

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
МЕЖОТРОСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
«МИКРОХИРУРГИЯ ГЛАЗА» ИМ. АКАД. С.Н. ФЁДОРОВА

На правах рукописи

ДЕМЧИНСКИЙ
Андрей Михайлович

**СУББОУМЕНОВЫЙ ФЕМТОКЕРАТОМИЛЕЗ С
ТКАНЕСОХРАНЯЮЩЕЙ АБЛЯЦИЕЙ В КОРРЕКЦИИ МИОПИИ**

14.01.07 – глазные болезни

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук,
Мушкова Ирина Альфредовна

Москва – 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Актуальность темы исследования.....	4
Цель работы.....	8
Для реализации поставленной цели были сформулированы следующие задачи исследования:	8
Научная новизна.....	9
Практическая значимость работы.....	10
Положения, выносимые на защиту.....	11
Степень достоверности и апробация результатов.....	11
Публикации.....	12
Глава 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	13
1.1. Проблема миопии в современном обществе.....	13
1.1.1. Современные представления о природе миопии.....	13
1.1.1.1. Теории прогрессирования миопии.....	13
1.1.1.2. Биомеханические аспекты миопии.....	16
1.1.2. Методы контроля прогрессирования миопии.....	21
1.2. Проблема миопии с относительно тонкой роговицей в практике кераторефракционной хирургии.....	25
1.2.1 Способы коррекции миопической рефракции.....	28
1.2.1.1. Нехирургические способы коррекции миопической рефракции.....	28
1.2.1.1.1. Очковая коррекция.....	28
1.2.1.1.2. Контактная коррекция.....	29
1.2.1.2. Хирургические способы коррекции миопической рефракции.....	30
1.2.1.2.1 Интраокулярная коррекция.....	30
1.2.1.2.2 Кераторефракционная хирургия.....	30
1.2.1.2.2.1 Методы поверхностной кератоабляции.....	32
1.2.1.2.2.2 Методы субламеллярной кератоабляции.....	32
1.2.1.2.2.3 Методы интрастромальной коррекции рефракционных нарушений.....	35

1.2.1.2.2.4 Тканесохраняющий алгоритм кератоабляции в коррекции миопической рефракции.....	36
Глава 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	40
2.1 Характеристика групп обследованных пациентов, методик их пред- и послеоперационного обследования и технологий кераторефракционных операций.....	40
2.1.1 Распределение пациентов по группам.....	41
2.1.2 Пред- и послеоперационное обследование.....	44
Глава 3 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОТБОРА ПАЦИЕНТОВ НА ТЕХНОЛОГИЮ «СУББОУМОНОВЫЙ «ФЕМТОКЕРАТОМИЛЕЗ С ТКАНЕСОХРАНЯЮЩЕЙ АБЛЯЦИЕЙ».....	50
3.1 Методика отбора пациентов на кераторефракционную хирургию, выполняемую по технологии Суббоуменовый фемтокератомилез.....	50
3.2 Разработка алгоритма отбора пациентов на проведение операций с использованием тканесохраняющего алгоритма абляции.....	54
3.2.1 Расчет параметров операции при использовании тканесохраняющего алгоритма абляции.....	55
3.2.2 Прогнозирование функциональных результатов на основе метрических параметров диаметра зрачка и расчетной оптической зоны.....	57
3.2.2.1 Оптическая зона кератоабляции: особенности формирования и прогностическая роль.....	59
3.2.2.2 Переходная зона кератоабляции: особенности формирования и прогностическая роль.....	60
3.2.3 Алгоритм отбора пациентов на проведение операций с использованием тканесохраняющего алгоритма абляции.....	61
Глава 4 ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ КОРРЕКЦИИ МИОПИИ ПО ТЕХНОЛОГИИ «СУББОУМОНОВЫЙ ФЕМТОКЕРАТОМИЛЕЗ С ТКАНЕСОХРАНЯЮЩЕЙ АБЛЯЦИЕЙ».....	64
4.1. Предоперационная подготовка пациентов с миопией, которым планируется коррекция миопии по технологии «Суббоуменовый фемтокератомилез с тканесохраняющей абляцией».....	64
4.2. Особенности хирургических этапов операции, проводимых при коррекции миопии по технологии «Суббоуменовый фемтокератомилез».....	65

4.3. Послеоперационное медикаментозное ведение пациентов после коррекции миопии по технологии «Суббоуменовый фемтокератомилез с тканесохраняющей абляцией»	67
4.3.1 Особенность медикаментозного сопровождения технологии СБФК в раннем послеоперационном периоде.....	67
4.3.2 Особенность медикаментозного сопровождения СБФК при коррекции миопии высокой степени на относительно тонких роговицах.	69
Глава 5. КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОРРЕКЦИИ МИОПИИ ПО ТЕХНОЛОГИЯМ «СУББОУМЕНОВЫЙ ФЕМТОКЕРАТОМИЛЕЗ С ТКАНЕСОХРАНЯЮЩЕЙ АБЛЯЦИЕЙ», «СУББОУМЕНОВЫЙ ФЕМТОКЕРАТОМИЛЕЗ СО СТАНДАРТНЫМ АЛГОРИТМОМ АБЛЯЦИИ» И «ИМПЛАНТАЦИЯ ЗАДНЕКАМЕРНЫХ ФАКИЧНЫХ ИНТРАОКУЛЯРНЫХ ЛИНЗ».....	72
5.1. Клинико-функциональные результаты коррекции миопии по технологиям «Суббоуменовый фемтокератомилез с тканесохраняющей абляцией» и «Суббоуменовый фемтокератомилез со стандартным алгоритмом абляции» при коррекции миопии средней степени (от -3,25 до -6,0 дптр).....	72
5.2 Клинико-функциональные результаты коррекции миопии по технологиям «Суббоуменовый фемтокератомилез с тканесохраняющей абляцией» и «Суббоуменовый фемтокератомилез со стандартным алгоритмом абляции» при коррекции миопии высокой степени (от -6,25 до -10,0 дптр).....	81
5.3. Клинико-функциональные результаты коррекции миопии по технологиям «Суббоуменовый фемтокератомилез с тканесохраняющей абляцией» и «Имплантация заднекамерных факичных интраокулярных линз» при коррекции миопии высокой степени (от -10,0 до -16,0 дптр)	112
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	123
ВЫВОДЫ	134
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	135
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	137
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	138

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

По данным Всемирной Организации Здравоохранения в последние десятилетия наблюдается устойчивая тенденция к увеличению количества людей с аномалиями рефракции. Распространенность миопии и миопического астигматизма в разных популяциях составляет от 0,8% до 96% [68]. Невозможность полноценной очковой коррекции, осложнения при ношении контактных линз, ограничения в выборе профессии и в повседневной жизни обуславливают актуальность разработки и совершенствования хирургических методов коррекции миопии.

Высокий уровень технологии современных кераторефракционных операций (КРО) позволяет говорить о них, как о безопасных, высоко прогнозируемых и эффективных методах коррекции аметропии, как в стандартных ситуациях, так и при индуцированных аномалиях рефракции после перенесенных ранее операций, травм или инфекционных поражений роговицы [33, 34].

Однако вопросы проведения КРО для коррекции миопии высокой степени (МВС) по сей день остаются актуальными. Выбор поверхностных методов абляции (фоторефракционная кератэктомия (ФРК), лазерный поверхностный кератомилез (эпи-ЛАСИК), лазерный субэпителиальный кератомилез (ЛАСЭК)) в таких случаях, сопровождаются высоким (до 30%) риском развития субэпителиальной фиброплазии и регрессом рефракционного эффекта [7, 8, 11, 12, 13, 41, 63].

Возможной альтернативой кераторефракционной хирургии в коррекции МВС (в том числе с астигматическим компонентом), позволяющей в 94% случаев

добиться высокого качества зрения, является имплантация факичных интраокулярных линз (ФИОЛ) [15, 16, 17, 18, 29, 36, 37, 38, 39, 47, 52, 54].

Однако, при данной технологии есть риск развития таких осложнений, как вторичные фиброзные изменения и нарушение кровоснабжения радужки (следствие давления гаптических элементов ИОЛ на угол передней камеры), подъем внутриглазного давления, синдром пигментной дисперсии, риск смещения или децентрации линзы по причине разрыва зонулярных волокон, индукция астигматизма, овализация зрачка, формирование передней полярной катаракты или ускорение ее развития, потеря эндотелиальных клеток и возможное развитие эпителиально-эндотелиальной дистрофии (ЭЭД) роговицы [28, 155]. Необходимо учесть и некоторые ограничения имплантации ФИОЛ различных дизайнов: глубина передней камеры не меньше 2,8 мм, диаметр роговицы не меньше 11,0 мм и плотность эндотелиальных клеток не менее 2000 кл/мм² (с учетом особенностей их морфологии) [155].

Проведение таких клапанных кераторефракционных операций как ЛАЗИК, может сопровождаться остаточной аметропией, связанной с необходимостью сохранения минимально безопасной толщины резидуальной стромы не меньше 300 микрон, что лимитирует объем операции, поскольку существует риск развития послеоперационных кератэктазий [237].

Коррекция миопии высокой степени при помощи субламеллярных технологий, таких как лазерный интрастромальный кератомилез (ЛАЗИК) со стандартным алгоритмом кератоабляции, может сопровождаться остаточными рефракционными нарушениями, обусловленными необходимостью сохранения минимальной толщины резидуальной стромы в 300 мкм, обеспечивающей достаточную биомеханическую резистентность роговицы. [104]. Кроме того, формирование роговичного клапана с помощью микрокератома предполагает грубую погрешность в толщине формируемого клапана, иногда достигающую 80 - 100 мкм [9, 24, 26], что не позволяет достоверно прогнозировать толщину резидуальной стромы после абляции, играющей ключевую роль в сохранении биомеханической стабильности роговицы, менискообразную форму, вероятность

развития интра- и послеоперационных осложнений: повреждений клапана, таких как “button hole”, неполный и полный срезы; микрострии, индуцирование аберраций, связанных с формированием клапана и снижающих качество зрения [30, 76, 182, 230, 234, 235, 237, 216]. Все это ограничивает применение технологии ЛАЗИК в коррекции миопии высокой степени.

Расширить возможности КРО для коррекции миопии высокой степени возможно тремя путями: уменьшением толщины формируемого роговичного клапана, применением тканесохраняющих алгоритмов абляции, экономно расходующих роговичную ткань в процессе коррекции рефракционных нарушений и использованием технологий коррекции без формирования клапана.

В связи с вышеизложенным, немалый интерес в качестве метода хирургической коррекции миопии высокой степени вызывало появление операции «суббоуменого ЛАЗИК» с клапаном 90-100 микрон, формируемым механическим микрокератомом [7]. Однако данная операция сохранила в себе недостатки механического формирования клапана: предсказуемость в широких пределах и менискообразную форму, которые уменьшают точность расчетов, а также возможность развития интра- и послеоперационных осложнений. По этим причинам технология не получила широкого распространения в роговичной рефракционной хирургии [109, 230].

С появлением в арсенале офтальмохирургов фемтосекундных лазеров (ФЛ), способных формировать равномерный клапан с высокой предсказуемостью по морфометрическим параметрам и минимизировать риски интра- и послеоперационных осложнений, связанных с клапаном, появилась возможность широкого использования технологии суббоуменого формирования клапана [11, 12, 78].

В настоящее время так же имеется возможность проведения кераторефракционных операций с более экономным расходом роговичной ткани путем модифицирования стандартного алгоритма абляции в тканесохраняющий, реализованного в таких программах как «Zyoptix® tissue-saving treatment mode» (Technolas 217z, Bausch & Lomb, США) и «Wavefront-

optimized algorithm» (WaveLight Allegretto; Alcon Laboratories, Inc., США) [103, 159]. В тоже время, совместными силами сотрудников рефракционного отдела ФГБУ МНТК МГ им. С.Н. Фёдорова (г. Москва) и Центра Физического Приборостроения Института Общей Физики РАН был разработан отечественный алгоритм «Тканесохраняющей абляции» (ТСА) с последующей его апробацией на установке «Микроскан-ЦФП» и внедрением в серийное производство на базе эксимерлазерной установки «Микроскан-Визум» (ООО «Оптосистемы», Россия). Технология тканесохраняющей кератоабляции позволяют не только расширить возможности кераторефракционной хирургии в степени корригируемой аметропии, но и сохранить бóльшую биомеханическую стабильность роговицы.

В кераторефракционной хирургии описаны клинические случаи, когда истончение резидуальной стромы не доходит до значений, принятых как минимальный порог (300 мкм), но при этом развивается ятрогенная кератэктазия [168, 169, 237]. В то же время приводятся примеры с противоположными ситуациями, когда при остаточной толщине резидуальной стромы ниже 250 мкм, роговица не меняет своей формы в течение длительного периода наблюдения, сохраняя каркасную функцию [22, 23]. Описанные явления диктуют необходимость перехода от стандартного подхода с расчетом на 300 мкм к персонализированному – с учетом индивидуальных анатомо-топографических параметров глаза пациента.

Таким образом, на сегодняшний день не имеют окончательного решения такие вопросы современной офтальмологии в области кераторефракционной хирургии, как выбор оптимального алгоритма кератоабляции, отбор пациентов на технологию тканесохранения, особенности пред- (состояние глазной поверхности как риск послеоперационных осложнений) и послеоперационного (повышение внутриглазного давления в ответ на стероидную противовоспалительную терапию) медикаментозного сопровождения, а также определение границ показаний и/или противопоказаний к коррекции высоких степеней миопии, поиску решений которых была посвящена данная исследовательская работа.

Цель работы

На основании комплекса математических и клинико-функциональных исследований разработать технологию суббоуменового фемтокератомилеза с тканесохраняющей абляцией в коррекции миопии высокой и средней степеней, оценить его эффективность, безопасность и стабильность, а также разработать алгоритм отбора пациентов на данную технологию.

Для реализации поставленной цели были сформулированы следующие **задачи** исследования:

1. На основании математических расчетов, учитывающих особенности формирования профиля роговицы при стандартном и тканесохраняющем алгоритмах абляции, а также метрических топографо-анатомических особенностей роговой оболочки и диаметра зрачка, разработать дифференциальную схему отбора пациентов для коррекции миопии по данным технологиям;
2. Оценить эффективность, стабильность и безопасность суббоуменового фемтокератомилеза с тканесохраняющим алгоритмом абляции в коррекции миопии средней степени у пациентов, которым для достижения полной коррекции рефракционных нарушений, центральная толщина роговицы не позволяет использовать стандартный алгоритм кератоабляции;
3. Провести сравнительный анализ клинико-функциональных результатов коррекции миопии высокой степени свыше $-10,0$ дптр методами суббоуменового фемтокератомилеза с тканесохраняющим алгоритмом абляции и имплантацией заднекамерных факичных интраокулярных линз, а также оценить их эффективность, стабильность и безопасность;
4. На основании отдаленных послеоперационных клинико-функциональных результатов оценить стабильность, эффективность и безопасность метода

суббоуменового фемтокератомелеза с тканесохраняющим алгоритмом абляции в коррекции миопии высокой степени

5. Разработать тактику медикаментозной подготовки и послеоперационного сопровождения пациентов, оперируемых по технологии суббоуменовой фемтокератомилез с тканесохраняющей абляцией

Научная новизна

1. На основании комплекса математических и клинико-функциональных исследований разработан метод суббоуменового фемтокератомилеза с тканесохраняющей абляцией в коррекции миопии высокой и средней степеней, а также разработан алгоритм отбора пациентов на данную технологию;
2. Доказана эффективность применения данной технологии в коррекции миопии средней степени у пациентов, которым для достижения полной коррекции рефракционных нарушений, центральная толщина роговицы не позволяет использовать стандартный алгоритм кератоабляции;
3. Доказана целесообразность применения технологии тканесохранения в качестве альтернативы имплантациям заднекамерных факичных интраокулярных линз.

Практическая значимость работы

1. В результате проведенного исследования разработан алгоритм отбора пациентов на проведение кераторефракционной хирургии по технологии суббоуменовый фемтокератомилез с тканесохраняющей абляцией;
2. Разработаны рекомендации по медикаментозной подготовке и послеоперационному сопровождению пациентов, оперируемых по технологии суббоуменовый фемтокератомилез с тканесохраняющей абляцией;
3. Доказана эффективность метода суббоуменого фемтокератомилеза с тканесохраняющей абляцией в коррекции миопии средней и высокой степени до -10,0 дптр;
4. Выявлена достоверная зависимость качества зрения от соотношения зоны абляции и максимального диаметра зрачка, что должно учитываться при планировании операции суббоуменого фемтокератомилеза с тканесохраняющей абляцией и прогнозировании отдаленных результатов вмешательства, особенно у пациентов, предъявляющих высокие требования к качеству сумеречного зрения;
5. Сформулированы рекомендации по применению метода пупиллометрии в выборе алгоритма абляции;
6. Доказана целесообразность применения технологии СБФКТСА в коррекции МВС свыше -10,0 дптр как альтернативного метода имплантации факичных ИОЛ;
7. Определены технические особенности хирургических манипуляций, снижающих вероятность интраоперационных осложнений при проведении кераторефракционной операции по технологии суббоуменовый фемтокератомилез.

Положения, выносимые на защиту

1. Разработанный метод тканесохранения является эффективным способом коррекции миопии средней степени в случае невозможности использования стандартного алгоритма кератоабляции для обеспечения полной коррекции аметропии в связи с недостаточной толщиной роговицы и/или необходимостью сужения эффективного диаметра оптической зоны меньше максимального диаметра зрачка пациента;
2. Разработанный метод тканесохранения при коррекции миопии высокой степени и недостаточной для использования стандартного алгоритма абляции толщины роговицы, позволяет достигать сопоставимых со стандартным алгоритмом оптических результатов и обеспечивает стабильную клинико-функциональную реабилитацию пациентов.

Степень достоверности и апробация результатов

Результаты исследования опубликованы в рецензированных научных изданиях.

Основные материалы работы доложены и обсуждены на заседаниях научных обществ, а также региональных, всероссийских и международных конференциях и конгрессах: Республиканской конференции с международным участием (Минск, 2014), VIII Российском общенациональном офтальмологическом форуме (Москва, 2015), XVI Научно-практической конференции с международным участием «Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии» (Москва, 2015), еженедельной пятничной научно-клинической конференции головной организации МНТК «Микрохирургия глаза» (Москва, 2015), ежегодном конгрессе Европейского общества Катарактальных и Рефракционных хирургов (ESCRS) (Barcelona -

2015), X Республиканской конференции с международным участием «Актуальные вопросы офтальмологии» (Минск, 2016), еженедельной пятничной научно-клиническая конференция головной организации МНТК «Микрохирургия глаза» (Москва, 2016), еженедельной пятничной научно-клиническая конференция головной организации МНТК «Микрохирургия глаза» (Москва, 2017).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 8 работ, из них 3 – в журналах, рецензируемых ВАК РФ.

Глава 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Проблема миопии в современном обществе

Миопия в последние десятилетия приобретает масштабы эпидемии, что подтверждается неуклонным ростом количества людей с данным видом рефракционных нарушений по всему миру. По данным ряда авторов, процент распространенности миопии в некоторых регионах Азии (Сингапур, Китай, Япония и Корея) колеблется в районе 80-90%, а в Сеуле достигает 96,5% [107]. Исследователи предсказывают, что к 2050 году половина населения мира (около 5 миллиардов человек), вероятно, будет иметь миопическую рефракцию, при этом пятая часть будет приходиться на миопию высокой степени. Похожие прогнозы дает и Brien A. Holden с соавт. [136], предполагая, что к 2050 году на Земле будет 4758 миллионов человек с миопией, среди которых на 938 млн. придется миопия высокой степени.

1.1.1. Современные представления о природе миопии

1.1.1.1. Теории прогрессирования миопии

Несмотря на более чем 150 лет научных исследований, до сих пор не были достоверно выявлены ни причины развития и прогрессирования миопии, ни методы ее предотвращения [194]. Отмечающийся внезапный рост близорукости в последние десятилетия, вероятно, связан с изменениями в образе жизни

современного человека [68]. Исследователями было выдвинуто множество теорий, пытающихся объяснить почему ухудшается зрение у детей, которые идут в школу [92, 94, 77, 198, 213, 65]. Было высказано предположение, разделяемое многими исследователями, о том, что провоцирующим фактором миопии может являться то, что в настоящее время современный человек тратит намного больше времени в помещении, рассматривая предметы, расположенные на близком расстоянии, чем в любой другой период истории человечества. Это связано с необходимостью нахождения за экраном компьютера или постоянного использования электронных гаджетов (на работе, в школе, либо просто ради удовольствия). Несмотря на, казалось бы, очевидные причины, связанные с активным развитием информационных технологий и цифровых устройств, рост близорукости в различных популяциях произошел задолго до того, как компьютеры и смартфоны стали повседневным явлением [68].

За всю историю изучения близорукости, было выдвинуто много теорий, объясняющих причины развития данной патологии. Так, Halen, живший во II веке нашей эры, связывал развитие миопии с малым количеством лучей, попадающих в глаз, а Albertus Magnus (1193-1280) и Felix Plater (1536-1614) причиной близорукости считали смещение хрусталика кзади. Первые обоснованные теории возникновения и патогенеза миопии появились только во второй половине XIX века после опубликования работ Helmholtz (1855) и Donders (1866), являющихся основоположниками учения о рефракции и аккомодации. Сущность патологии миопического глаза Donders видел в том, что в нем под влиянием неблагоприятных внешних условий или вследствие заболевания самого глаза происходят удлинение ПЗО и растяжение оболочек.

Причиной развития близорукости многие исследователи считали зрительную работу на близком расстоянии. Так, Страхов В.В. (2011), Lin Z. (2003), Nomura H. (2004), Schmidt K.L. (2003), Wong T.Y. (2003) и др. предполагали, что в это время повышается ВГД, что приводит к растяжению

задних оболочек глазного яблока. Ряд исследователей связывали повышение офтальмотонуса глаза с аккомодационной функцией, предполагая, что работа на близком расстоянии и продолжительное напряжение аккомодации вызывают приливы крови к глазу [114], однако опыты Hess и Heine (1898) убедили в том, что даже максимальное сокращение цилиарной мышцы не вызывает повышения ВГД, а дальнейшие их исследования продемонстрировали уменьшение офтальмотонуса в процессе аккомодации. Linden (1949) и Hervouet (1964) объясняли влияние длительной аккомодационной работы на прогрессирование миопии хориоидальной гиперемией и застоем крови, которые ведут к трансудации сыворотки в ткань склеры (особенно, к область заднего полюса), которая размягчается и подвергается растяжению под влиянием ВГД. Horner (1873) полагал, что аккомодационное напряжение в процессе зрительной работы вызывает натяжение и растяжение сосудистой оболочки, однако последующие экспериментальные исследования на животных доказали, что при напряжении цилиарной мышцы происходит лишь незначительное перемещение сосудистой оболочки в районе экватора, тогда как задний отдел глазного яблока остается неизменным. В то же время исследования О. Parsinen (1990) свидетельствуют о корреляции величины ВГД с рефракцией и длиной ПЗО глаза у детей со школьной миопией. Многие авторы отмечают тенденцию к повышению ВГД и период прогрессирования миопии.

В 1965 г. профессор Э.С. Аветисов [1] предложил новую трехкомпонентную теорию патогенеза миопии, в которой учитывается зрительная работа на близком расстоянии, наследственная предрасположенность и ослабленная склера.

Недавние исследования возродили старую теорию, связанную с дефицитом витамина D (в следствие недостаточной инсоляции), которая была популярна в 1890-е, и в которой утверждалось, что дети, проводящие на воздухе больше времени, имеют более низкие риски развития миопии. Доказательств, что дневной свет в классах предотвращает развитие миопии недостаточно, однако корреляция

между ними все же имеется. Витамин D стимулирует в сетчатке выработку дофамина, который препятствует осевому росту глаза, это косвенно подтверждается тем фактом, что близорукость, как и рахит, имеет тенденцию прогрессировать в зимний период [63].

1.1.1.2. Биомеханические аспекты миопии

Фиброзная оболочка глаза, состоящая из роговицы и склеры, является его основной опорной структурой, которая в норме обеспечивает стабильность оптической системы глаза, функциональность сенсорных и проводящих нервных путей, а также проходимость гидродинамической системы. Вязкоэластичные свойства роговой оболочки, обеспечивающие диссипацию энергии при ее внешнем притоке, впервые были описаны Freidenwald в 1937 г., а позже фундаментально изучены Woo [240]. В естественных условиях элементы фиброзной оболочки живого глаза находятся в некотором напряженно-деформированном состоянии, определяемом внутриглазным давлением и механическими свойствами склеральной и роговичной ткани, а также анизотропией и неоднородностью этих свойств [19]. Из этого следует, что любые нарушения ее целостности в той или иной степени приводят к изменениям, в следствие которых возможно развитие ряда патологических процессов, приводящих к потере зрительных функций.

Известно, что одним из ведущих патогенетических факторов возникновения и прогрессирования миопии, сопровождающегося удлинением глазного яблока в переднезаднем направлении, является растяжение и ослабление склеральной оболочки глаза, связанное с развитием в ее соединительной ткани дистрофического процесса [1].

В связи с этим, динамическая оценка прочностных характеристик роговой оболочки занимает важную позицию в кераторефракционной хирургии, позволяя прогнозировать риски развития патологических процессов, приводящих к потере зрительных функций и требующих принятия своевременных терапевтических мер.

Механические свойства упругих тканей принято описывать понятием биомеханики, которая, в свою очередь, может описываться как математически, так и метрически при проведении эксперимента или диагностического исследования. Каждый из этих методов имеет как свои преимущества, позволяющие делать прогнозы о влиянии того или иного воздействия на целостность фиброзной оболочки, так и недостатки, ограничивающие каждый из методов и вносящие в них определенную степень погрешности и относительности. Основным недостатком математического описания биомеханических свойств фиброзной оболочки является невозможность использования бесконечно малых размеров соединений при построении конечно-элементных моделей и невозможность учета в них всех возможных переменных (вследствие отсутствия о них информации и недостаточной мощности электронно-вычислительных машин) [163].

При оценке же биомеханических свойств с использованием метрических методов (модуль упругости, наблюдение за деформацией маркировок и т.д.), необходимость учета переменных пропадает, поскольку в эксперименте (*in vivo* или *ex vivo*) используется вся изучаемая ткань, содержащая как известные, так и не известные исследователям переменные. Однако при этом невозможно оценить степень нелинейности изменений деформирующих сил в конкретных зонах, поскольку в последних отсутствует какая-либо индикация [133, 221]. Исследования *ex vivo* позволили описать ряд важных биомеханических характеристик роговой оболочки:

1. Роговица демонстрирует нелинейный деформационный ответ при увеличении внешней нагрузки [206];
2. Роговица обладает нелинейным вязкоэластичным откликом с разными значениями гистерезиса на различные нагрузочные циклы [84];
3. Парацентральная и паралимбальная зоны роговицы обладают большей жесткостью, чем центральная, что объясняется разной пространственной ориентацией и количеством коллагеновых фибрилл [133];
4. Упругие силы роговицы являются функцией глубины – прочность уменьшается в направлении от передней стромы к задней [189];
5. Механические свойства роговицы имеют прямую зависимость от возраста пациента [107, 108].

Достоинством и преимуществом нехирургических методов коррекции миопии является отсутствие повреждающего воздействия на целостность фиброзной оболочки глаза, что невозможно избежать при выборе хирургической тактики коррекции (независимо от метода), затрагивающей фиброзную капсулу глаза и приводящую к ослаблению ее биомеханической резистентности. В связи с этим, необходим осознанный подход к выбору метода хирургического вмешательства у каждого конкретного пациента, для чего требуется понимание структурных изменений, характерных для развития миопии.

Ряд авторов, таких как Rada J.A. [187] McBrien N. [167], связывают изменения биомеханических свойств склеры при миопии с ее структурными и биохимическими нарушениями. При данном заболевании наблюдается пониженное содержание коллагена, гликозаминогликанов, интра- и интермолекулярных поперечных стабилизирующих связей, особенно выраженное в области экватора и заднего полюса, повышенное содержание растворимых фракций коллагена. Миопическая склера отличается от эметропической по составу микроэлементов. В ней отсутствуют три микроэлемента – бор, хром и алюминий, снижено содержание железа, меди, цинка, принимающих активное

участие в образовании перекрестных сшивок в коллагеновых волокнах [1, 19]. Согласно исследованию Curtin В.Ж. [98], при электронно-микроскопическом исследовании выявляются такие изменения ультраструктуры миопической склеры, как снижение диаметра коллагеновых фибрилл и волокон, их более рыхлое и беспорядочное расположение.

При миопии слабой степени иногда встречаются изменения коллагеновых фибрилл – их расщепление на более мелкие субъединицы, а также начальное разрушение протеогликановых комплексов. При средней степени заболевания процесс распада становится более распространенным, но сохраняет очаговое расположение. При миопии высокой степени, помимо расщепления фибрилл на субфибриллы, наблюдается и их зернистый распад. Также процесс деградации наблюдается и в основном веществе склеры. Отмечается активация фиброкластов, которые резорбируют обломки разрушенных фибрилл [1, 98, 162]. При миопии высокой степени, наряду с истончением склеры наблюдается также и снижение ее прочностных характеристик – модуль Юнга фиброзной капсулы заднего полюса в 1,2–1,3 раза ниже по сравнению с нормой [31, 135]. Диапазон обратимых упругих деформаций сокращается в 1,5-2 раза, а область необратимых пластических деформаций возрастает в 1,5-2,5 раза. При этом пороговые значения напряжений, при которых деформации становятся необратимыми, оказываются ниже, чем в норме [168, 20, 78]. Понимание биомеханических особенностей фиброзной оболочки глаз пациентов дает возможность осуществлять индивидуальный подход к выбору методов контроля прогрессирования миопии, а также прогнозировать исход хирургических вмешательств.

В настоящее время на рынке существует только два доступных прибора, предназначенных для прижизненной (*in vivo*) оценки биомеханических свойств роговицы – Ocular Response Analyzer (Reichert technologies, США) и Corvis ST (Oculus, США), при этом первый основан на детекции непрямого сигнала, а второй – на прямом анализе шеймпфлюг-изображений. Поскольку принцип

работы ORA основан на принятии датчиком узконаправленного когерентного сигнала, отраженного от роговицы во время воздушной аппланации, то конечные значения показателей биомеханики (корнеальный гистерезис и фактор резистентности роговицы) оказываются чувствительны к состоянию поверхности роговой оболочки, а также к положению глаза во время измерений. Описанные сложности нивелируются в приборе Corvis ST благодаря анализу профиля передней поверхности роговицы на зафиксированных томографических снимках. Однако оба прибора не позволяют оценивать локальные изменения в жесткости роговицы. Guillaume Lepert с соавт. [118] описывают метод растровой оценки биомеханических свойств на всем протяжении роговицы (от белого до белого) с помощью метода бриллюэновской спектроскопии (бриллюэновским микроскопом). Данный метод является мощным инструментом в оценке механических свойств упругих биологических тканей и предоставляет клиницистам информацию в виде биомеханической карты (срез) с шагом в 125 мкм по горизонтали и 20 мкм по вертикали. Однако в настоящее время все еще остается нерешенной проблема количественного определения абсолютной жесткости. Еще одним экспериментальным методом неинвазивной оценки биомеханических свойств роговицы является оценка сверхзвукового сдвига изображения (SSI) посредством ультразвукового воздействия [112, 162, 220], которое создает две интенсивные волны сдвига, распространяющиеся через среду и искажающиеся во времени неоднородностями ткани, однако клиническое применение данной технологии оказалось неэффективным. Grabner G. (2004) описывает технику, основанную на обработке изображений дисков Плачидо во время деформации роговицы индентором. При этом, полученные результаты сравниваются с данными референтных роговиц, на основании чего дается заключение о прочности ткани в месте изгиба. Метод эластографии, описанный в работе Ford M.R. [112], основан на анализе снимков оптической когерентной томографии, при котором смещение внутрироговичных пикселей после деформирующего воздействия (воздухом или механически) отслеживалось с помощью алгоритма 2D кросс-корреляции. При сопоставлении соседних ОКТ

сечений, каждому пикселю присваивался расчетный вектор смещения, на основании величины которого описывались вязкоэластичные свойства роговичной ткани. Метод имеет высокий диагностический потенциал, который должен быть подтвержден в ходе клинических испытаний. По мнению Cynthia Roberts [149], если перечислить факторы, влияющие на деформацию роговицы в порядке убывания их значимости, то они расположатся в следующем порядке: внутриглазное давление, особенности биомеханики роговицы, толщина роговицы и ее кривизна.

1.1.2. Методы контроля прогрессирования миопии

Наличие близорукости увеличивает риск развития таких глазных осложнений как глаукома [248, 190, 247, 239], катаракта [163, 171, 238, 248], отслойка сетчатки и различные дистрофии [99, 149, 188, 88], в связи с чем ученые всего мира пытались найти способы стабилизации прогрессирования и профилактики данного заболевания:

1. Недокоррекция миопической рефракции. «Традиционный» подход к стабилизации прогрессирования миопии путем недокоррекции рефракции уменьшает аккомодационные усилия и, следовательно, как полагали, замедляет прогрессирование миопии. В действительности же, согласно результатам ряда крупных исследований, такой подход либо увеличивает близорукость [97], либо не оказывает никакого влияния на патологический процесс [65], что доказывает несостоятельность данной теории.

2. Бифокальные и мультифокальные очки. Бифокальные и мультифокальные очковые линзы использовались в качестве стратегии против прогрессирования миопии начиная с 1950-х годов [118]. Верхняя часть бифокальных очков предназначена для коррекции аномалии рефракции в даль, а

нижняя имеет плюсовую добавку для снятия напряжения аккомодации при работе на близком расстоянии и усиления фузионной вергенции [179, 127, 122, 123]. Большое количество исследований было выполнено, чтобы изучить влияние бифокальных или мультифокальных очковых линз на прогрессирование близорукости [113, 122, 123, 93, 94]. По сравнению с монофокальными линзами, бифокальные могут замедлять прогрессирование близорукости, однако, разница в скорости прогрессирования не является клинически значимой [113, 122, 123]. Возможной причиной отсутствия значимого положительного эффекта могло быть неучтенное состояние вергентной системы [91].

3. Газопроницаемые жесткие контактные линзы (ЖГКЛ). Согласно ранним исследованиям, дневное ношение жестких газопроницаемых контактных линз способствовало замедлению прогрессирования близорукости, однако эти работы имели проблемы в своем дизайне, такие как неравная потеря пациентов в группах сравнения, участие пациентов с возрастом, выходящим за пределы ожидаемого возраста прогрессирования, а также отсутствие рандомизации и т.д. [117]. Два более поздних рандомизированных клинических исследования показали, что данные линзы не оказывают никакого эффекта на прогрессирование [150, 232]. В работе Walline J.J. было продемонстрировано более медленное прогрессирование близорукости в группе пользователей ЖГКЛ, однако терапевтический эффект был основан в основном на различии в кривизне роговицы в конце исследования, которая, как известно, при данном методе коррекции, носит временный характер, поэтому такими результатами можно было пренебречь.

4. Ортокератологические контактные линзы (ОКЛ). ОКЛ обеспечивают четкое зрение в даль без необходимости коррекции в течение дня и способны уменьшать прогрессирование близорукости [91, 92, 96, 202, 217, 233]. Эффект стабилизации, как предполагается, связан с исправлением периферического дефокуса, присущего другим видам коррекции и смещения его на сетчатку [212]. Первое рандомизированное клиническое исследование контроля миопии с помощью ОКЛ продемонстрировало значительно замедление увеличения осевой

длины глаз ($0,36 \pm 0,24$ мм) у детей в сравнении с монофокальной очковой коррекцией ($0,63 \pm 0,26$ мм, $P < 0,01$) [92]. Важно помнить, что поскольку ОКЛ носятся ночью, то они сопряжены с таким же уровнем риска развития кератита, что и обычные мягкие контактные линзы.

5. Мягкие бифокальные контактные линзы (МБКЛ). МБКЛ традиционно используются пациентами пресбиопического возраста с целью замены плюсовых очков. Однако наличие парацентральной аддидации в дизайне линз позволяет еще и замедлять прогрессирование миопии путем создания периферического миопического дефокуса [102]. Замедление прогрессирования было доказано несколькими нерандомизированными контролируемыми клиническими исследованиями, которые показали, что МБКЛ способны тормозить развитие миопии почти в 50% случаев [75, 224, 159, 201, 224].

6. Инстилляции фармакологических препаратов. Актуальным способом фармацевтического контроля прогрессирования близорукости у детей является использование антимускариновых глазных препаратов, которые применяются в рутинной практике с целью расширения зрачка. К офтальмологическим препаратам антимускаринового ряда относятся Атропин (неселективный М-холиноблокатор) и Пирензепин (селективный М1-холиноблокатор, воздействующий преимущественно на цилиарное тело и оказывающий минимальное дилатирующее воздействие на зрачок). Хотя точный механизм управления близорукостью с помощью антимускариновых агентов до сих пор не известен, исследования показывают, что данная группа препаратов очень эффективна в замедлении осевого роста глаз у детей [225, 245, 209, 210, 219, 241]. Однако Атропин назначают достаточно редко в связи с его возможными побочными эффектами, а Пирензепин не одобрен FDA и не является в настоящее время коммерчески доступным во всем мире. В то же время было доказано, что более низкие концентрации Атропина так же оказывают тормозящий эффект на прогрессирование близорукости при одновременном снижении до минимума вероятности развития нежелательных побочных эффектов [110, 205, 206, 241].

7. Склеропластика. Склеропластика, как метод контроля прогрессирования миопии был разработан Шевелевым М.М. в 1930 г. и с того времени претерпел несколько десятков модификаций, различающихся техникой проведения операций, объемом последних и склеропластическим материалом [1]. Анализ мировой литературы демонстрирует устойчивое снижение интереса к данной технологии в течение последних десяти лет, что связано с отсутствием рандомизированных контролируемых исследований, несопоставимости ожидаемого стабилизирующего эффекта фактическому [45, 49, 51], а также возможным осложнениям и экономическим затратам [99]. В настоящий момент лидерами по количеству проводимых склеропластических операций являются Россия и в Китай.

8. Очковые линзы с периферическим дефокусом. Данный подход к контролю прогрессирования миопии, так же, как и применение ОКЛ или МБКЛ, основан на концепции гиперметропического периферического дефокуса, способствующего увеличению осевой длины глаза и, по данным многих авторов, демонстрирует высокий стабилизирующий эффект [55, 179, 212, 213]. Кроме того, при использовании линз с периферической прогрессией, в момент верзионных движений глаз в горизонтальной плоскости, снижается стимул к аккомодации, что достигается за счет более сильного преломления на периферии линзы, а чередование видения через зону полной (осевой) и гиперкоррекции, в свою очередь, создает условия для тренировки аккомодации [201]. Тем не менее, ряд авторов указывает на недостаточную статистическую значимость результатов метода в сравнении с группами контроля, что требует дальнейшего его изучения [100, 142, 233].

На сегодняшний день существует несколько стратегий по контролю прогрессирования миопии, которые доказали свою эффективность (профилактическое лечение близорукости принято считать эффективным в том случае, если положительное действие метода превышает 50% случаев наблюдения): инстилляций антиму斯卡риновых препаратов (Атропин и

Пирензепин), использование ортокератологических и мягких бифокальных контактных линз. «Традиционные» варианты лечения, такие как недокоррекция, использование газопроницаемых контактных линз, а также бифокальных и мультифокальных очковых линз не показали свою неэффективность, тогда как самым эффективным является инстилляцией раствора Атропина 0,1%, который не зарегистрирован на территории РФ в качестве способа контроля прогрессирования близорукости, что создает предпосылки к увеличению количества пациентов с миопией различной степени.

1.2. Проблема миопии с относительно тонкой роговицей в практике кераторефракционной хирургии

Методологически, любая клапанная кераторефракционная операция включает в себя последовательность двух основных хирургических этапов – формирование поверхностного лоскута (микрокератомом или фемтолазером) и процесс фотоабляции (удаление роговичной ткани с целью конечного моделирования необходимого профиля). Как было сказано выше, роговица является частью фиброзной оболочки глаза, выполняющей ее каркасную функцию. При этом, стабильность последней напрямую зависит от сохранности коллагеновых волокон [98], которые повреждаются на обоих этапах проводимой операции и, при превышении индивидуального порога по глубине, может привести к критическому снижению резистентности роговицы и развитию послеоперационной кератэктазии [104]. В связи с этим, с целью обеспечения безопасности операции и стабильности послеоперационного рефракционного результата, были предприняты попытки определения факторов риска и расчета индексов минимизации частоты возникновения данного осложнения. Так, Randleman J.B. [193], совместно с Woodward M. [237] попытались систематизировать массив публикаций и разработали стратификационную модель

факторов риска с определением величины вклада каждого из них. Расчет вероятности развития послеоперационной кератэктазии был сведен к следующей бальной системе:

1. От 0 до 2 (низкий риск): выполнять LASIK можно.
2. 3 (умеренный риск): выполнять ЛАЗИК необходимо с осторожностью, при этом обратить внимание на степень астигматизма, топографическую асимметрию и семейный анамнез;
3. 4 (высокий риск): выполнять ЛАЗИК не рекомендуется.

Таким образом, возможность коррекции аномалий рефракции до целевой эмметропии (при условии отсутствия сопутствующей патологии) посредством проведения кераторефракционных операций, напрямую зависит от ряда независимых (степень корригируемой аметропии, толщина роговицы) и зависимых (вид хирургической операции, алгоритм кератоабляции) от хирурга факторов, при этом первые являются основой для определения тактики хирурга при выборе вторых.

Проведенный анализ мировой литературы за 2013 – 2016 гг. (57 источников в поисковой системе PubMed) демонстрирует широкое разнообразие подходов к коррекции миопии с относительно тонкой роговицей: ФРК с охлаждением (2%), Triple-A algoritm (2%), Aspheric aberration-free algoritm (2%), Wavefront-Guided algoritm (3%), ЛАСЕК (5%), Фемто ЛАЗИК (5%), ФРК (7%), ЛАЗИК (10%), RELEX SMILE (11%), фактоэмульсификация хрусталика с имплантацией ИОЛ (12%) и имплантация факичной ИОЛ (40%). Подобное распределение с преобладанием интраокулярной и разнообразием роговичной хирургии объясняется осторожным отношением мирового офтальмологического сообщества к ситуациям, при которых для полной коррекции хирург вынужден истончать роговицу до критических значений, и поиском безопасных методов моделирования роговицы соответственно.

В то же время, до сих пор не существует возможности точного определения значений минимально безопасной толщины резидуальной стромы для конкретного глаза, что связано с недостаточным пониманием биомеханических взаимоотношений структур глаза и технологическим уровнем оборудования, необходимого для получения исчерпывающих данных. Необходимость глубокого понимания биомеханики глаза диктуется опытом клинических ситуаций, когда соблюдение общепринятых стандартов [194] оказывается недостаточным и послеоперационный период сопровождается такими грозными осложнениями, как кератэкстазия [22, 23, 104, 183], а также обратных ситуаций, при которых истончение резидуальной стромы ниже «критических» значений не дает осложнений в долгосрочном периоде [22, 23].

Кроме того, на сегодняшний день остается проблемой диагностика внутриглазного давления (ВГД) после эксимерлазерных операций [77, 178] которое на фоне ослабления биомеханической резистентности роговицы после проведенной кераторефракционной хирургии является одной из причин возникновения послеоперационных осложнений. К последним можно отнести отек роговицы с последующим ее обводнением [215], формированием под клапаном кармана и врастанием в его полость эпителия или отложением неклеточных депозитов [125, 215], что, в ряде случаев, вводит хирургов в заблуждение из-за схожести картины с диффузным ламеллярным кератитом и приводит к назначению последними усиленной стероидной терапии с «неконтролируемым» прогрессированием индуцированной глаукомы [215].

К сожалению, в таких случаях глаукома выявляется на этапе, когда имеется уже далеко зашедшая оптиконеуропатия [215], в связи чем, постоянно разрабатываются новые и совершенствуются существующие методы диагностики. При этом большинство авторов в качестве причин ошибок на первое место выводят послеоперационное изменение толщины роговицы, ее кривизны и биомеханики, которые являются основой для наиболее распространенных методов исследования ВГД [154].

Таким образом, вопрос кераторефракционной хирургии на относительно тонких роговицах остается открытым и представляет научный интерес в первую очередь на фундаментальном уровне, поскольку клинических наблюдений, сопряженных с вопросами медицинской этики, оказывается недостаточно. С практической же точки зрения представляют интерес технологии, позволяющие экономно в процессе кератоабляции расходовать роговичную ткань, и, тем самым, в большей степени сохранять прочностные свойства роговой оболочки, что закономерно повышает безопасность и стабильность результатов проводимых операций.

1.2.1 Способы коррекции миопической рефракции

Среди методов коррекции миопии выделяют нехирургические и хирургические. К первым относятся очковая и контактная коррекция, а ко вторым – интраокулярная и кераторефракционная хирургия.

1.2.1.1. Нехирургические способы коррекции миопической рефракции

1.2.1.1.1. Очковая коррекция

Очковая коррекция продолжает оставаться самым распространенным методом нехирургической коррекции зрения. Несмотря на значительный прогресс в изготовлении очковой оптики, данный вид коррекции имеет существенные ограничения при аметропиях высокой степени и анизометропии. Изменения величины ретинального изображения, явления анизоекнии и наличие

сферических аберраций при использовании очковых стекол большой диоптрийности, вызывает дезадаптацию пациентов и ограничивает их трудоспособность [11, 12, 35].

1.2.1.1.2. Контактная коррекция

«Контактная коррекция аметропии имеет косметические преимущества и более удовлетворительный рефракционный эффект по сравнению с очками. Показатели преломления полимерного материала контактной линзы, СЖ, заполняющей подлинзовое пространство, и самой роговицы, приблизительно равны между собой, поэтому лучи света преломляются только на передней поверхности линзы и в дальнейшем проходят в практически гомогенной оптической среде. Таким образом, контактная линза нейтрализует все неровности роговицы, существенно снижает степень аберраций и обеспечивает повышение качества зрения. Кроме того, в отличие от очков, контактная линза фактически не влияет на положение кардинальных точек оптической системы глаза (передней и задней главных плоскостей, переднего и заднего фокусных расстояний) и обеспечивает получение приближенных к реальным размерам ретинальных образов [62]. Также контактная линза не ограничивает поле зрения и, двигаясь синхронно с глазным яблоком, обеспечивает качественный обзор. Тем не менее нерешенными пока являются проблемы индивидуальной непереносимости, возможности токсико-аллергических реакций, инфекционных осложнений и деформации линзы [48].

Невозможность полноценной очковой коррекции, осложнения при ношении контактных линз, ограничения в выборе профессии и в повседневной жизни обуславливают актуальность разработки и совершенствования хирургических методов коррекции миопии» [12].

1.2.1.2. Хирургические способы коррекции миопической рефракции

1.2.1.2.1. Интраокулярная коррекция

Одним из методов коррекции миопической рефракции (распространённым преимущественно в зарубежных странах), позволяющим в 94% случаев добиться высокого качества зрения, является имплантация факичных интраокулярных линз (ФИОЛ) различного дизайна и фиксации [29] или замена нативного хрусталика мультифокальной ИОЛ [61]. Однако данные технологии сопровождаются риском развития таких осложнений, как вторичные фиброзные изменения и нарушение кровоснабжения радужки как следствие давления гаптических элементов ИОЛ на угол передней камеры, подъем внутриглазного давления, синдром пигментной дисперсии, риск смещения или децентрации линзы по причине разрыва зонулярных волокон, индукция астигматизма, овализация зрачка, индукция передней полярной катаракты или ускорение ее развития, потеря эндотелиальных клеток и возможное развитие ЭЭД роговицы [28, 155]. Необходимо учесть и некоторые ограничения имплантации ФИОЛ различных дизайнов: глубина передней камеры не меньше 2,8 мм, диаметр роговицы не меньше 11,0 мм и плотность эндотелиальных клеток не менее 2000 кл/мм² (с учетом особенностей их морфологии) [155]. В связи с этим данный вид рефракционной хирургии используется преимущественно в коррекции миопии свыше -6,00 дптр [145, 207].

1.2.1.2.2. Кераторефракционная хирургия

Эксимерлазерная коррекция аномалий рефракции является одной из самых высокотехнологичных хирургических методик, используемых в современной

офтальмологии. Основными достоинствами лазерной хирургии являются: бесконтактность воздействия (ФРК), высокая субмикронная точность, минимальная травматичность, высокая прогнозируемость рефракционного эффекта, проведение операций в амбулаторных условиях, бактерицидный эффект ультрафиолетового излучения [31, 33, 34].

Высокий уровень технологии современных кераторефракционных операций (КРО) позволяет говорить о них, как о безопасных, высоко прогнозируемых и эффективных методах коррекции аметропии, как в стандартных ситуациях, так и при индуцированных аномалиях рефракции после перенесенных ранее операций, травм или инфекционных поражений роговицы [33, 34, 42, 43,].

В современной кераторефракционной хирургии для лазерного перепрофилирования роговицы при коррекции всех видов аномалий рефракции основными лазерами являются эксимерные. Эксимерные лазеры – это группа лазеров, в которых активной средой является смесь инертного и галогенового газов. Термин “Эксимер” (от англ. «excited dimers» - возбуждённые димеры) означает нестабильное соединение, существующее только в возбуждённом электронном состоянии димеров этих газов. При переходе эксимерных молекул в основное состояние испускаются высокоэнергетичные фотоны ультрафиолетового излучения. При различных комбинациях инертного и галогенового газов эксимерные лазеры могут излучать наносекундные импульсы света на различных длинах волн ультрафиолетового спектра: аргон-фтор – 193 нм, криптон-хлор – 222 нм, криптон-фтор – 248 нм, ксенон-хлор – 308 нм, ксенон-фтор – 351 нм [86, 167]. Комплексные исследования показали, что только 2 волны этого диапазона: 193 и 223 нм могут быть применены для кераторефракционной хирургии [50, 58]. Следует отметить, что генерация на длине волны 193 нм эксимерного ArF лазера, возбуждаемого электрическим разрядом, на основе которого сегодня построены все офтальмологические эксимерлазерные системы для рефракционной хирургии, впервые была получена и описана А.М. Ражевым в 1976 году [27].

1.2.1.2.2.1. Методы поверхностной кератоабляции

К методам поверхностной кератоабляции относится фоторефрактивная кератэктомия (ФРК), являющаяся первой эксимерлазерной технологией коррекции аномалий рефракции. Технология ФРК позволяет корригировать до -28,00 дптр [21] при условии достаточной толщины роговицы и применения мультизональной кератоабляции, однако, она не лишена недостатков, к которым относятся болезненный послеоперационный период до двух суток, необходимость до трех месяцев после операции в инстилляциях препаратов, небезразличных для глаза, длительный период послеоперационных ограничений, относительно частое развитие субэпителиальной фиброплазии (имеющей обратную зависимость от возраста и прямую от величины корригируемой миопии), требующей рассасывающей терапии и, иногда, повторных оперативных вмешательств [7, 8, 11, 12, 13, 41, 63].

1.2.1.2.2.2. Методы субламеллярной кератоабляции

В 1986 В.В. Лантух, заведующий кафедрой офтальмологии Новосибирского государственного медицинского института, в соавторстве с учеными института лазерной физики СО РАН В.П. Чеботаевым и А.М. Ражевым нашли путь устранения недостатков классической ФРК ее совмещением с автоматизированной ламеллярной кератопластикой, предложенной в 1963 г. Джозе Барракером, проведя экспериментальную операцию, целью которой являлась коррекция близорукости высокой степени. Трепаном диаметром 5,0 была проведена круговая резекция роговицы и скальпелем срезан роговичный клапан с перешейком на 12-ти часах, а затем выполнена абляция на ультрафиолетовом эксимерном лазере с длиной волны 248 нм. В результате был

разработан новый метод моделирования рефракции глаза – лазерный интрастромальный кератомилез *in situ* (ЛАЗИК) [34, 185]. Основными его преимуществами являются: минимальная послеоперационная болезненность (в течение нескольких часов), быстрая зрительная и функциональная реабилитация, отсутствие субэпителиальных помутнений, широкий диапазон корригируемой аметропии, возможность повторных вмешательств в раннем послеоперационном периоде, что частично решило проблемы технологии ФРК [63]. Однако данная технология привела к появлению проблемы развития послеоперационной кератэктазии, наиболее частой причиной которой являются технологические погрешности. Как правило, это связано с чрезмерным истончением резидуальной стромы (менее 300 мкм) [237] из-за того, что вместо расчетных 100 - 130 мкм микрокератомы иногда формируют клапаны толщиной до 220 мкм [9, 24]. Это приводит к снижению биомеханической резистентности роговицы и может реализоваться в «выпячивании» роговицы, например, при подъеме внутриглазного давления, что особенно опасно у пациентов с миопией высокой степени, когда хирург заведомо работает «на пределе» и истончает роговицу до критических значений [8, 11, 12, 21, 22, 23].

Широкое распространение технологии ЛАЗИК связано также с появлением новых современных эксимерных лазеров сканирующего типа. Ее применение значительно сузило показания для других видов КРО, и в настоящее время показаниями к проведению ФРК являются: тонкая роговица, рецидивирующая эрозия роговицы, поверхностные помутнения и передние рубцы стромы роговицы, васкуляризации роговицы, необходимость оптической докоррекции после ЛАЗИК при наличии тонкого лоскута или недостаточной толщины стромы, узкая глазная щель при невозможности формирования роговичного лоскута с помощью микрокератома [3].

Несмотря на то, что в настоящее время ЛАЗИК является самым распространенным в мире методом хирургической коррекции миопии, его возможности в степени корригируемой аметропии лимитированы толщиной роговицы конкретного пациента. С целью расширения диапазона коррекции был

разработан фемтосекундный лазер (ФСЛ), позволяющий создавать более тонкий и равномерный по толщине клапан, что существенно повысило точность расчетов и, как следствие, эффективность, предсказуемость и безопасность кераторефракционных операций. Кроме того, ФСЛ позволяет выкраивать очень тонкие клапаны (90 мкм, при этом интерфейс располагается непосредственно под боуменовой мембраной), что позволяет успешно использовать в клинической практике технологию «суббоуменового фемтокератомилеза» (СБФК) [7, 11, 12, 23, 26].

Еще одним подходом, позволяющим расширить возможности кераторефракционной хирургии, является метод Epi-LASiK (epithelial laser in situ keratomileusis), разработанный профессором Иоаннисом Полликарисом с соавт. в 2003 году [184]. Данный метод технически занимает промежуточную позицию между технологиями ЛАЗИК и ЛАЗЕК (технология формирования эпителиального клапана посредством инстилляции спиртового раствора или других химических агентов, основными недостатками которой являются послеоперационный дискомфорт и длительное визуальное восстановление до момента закрытия эпителиального дефекта [220, 214] и позволяет обойти их недостатки, обеспечивая сохранность стромальной ткани и более быстрое функциональное восстановление соответственно. Однако Epi-LASiK не получил широкого практического применения в связи с более длительным чем при ЛАЗИKe периодом восстановления, высокой зависимостью максимального функционального результата от приверженности пациента к выполнению послеоперационных медикаментозных назначений и развития стойких субэпителиальных помутнений различной степени интенсивности [229].

1.2.1.2.2.3. Методы интрастромальной коррекции рефракционных нарушений

Еще одним относительно новым методом кераторефракционной хирургии, получающей в настоящее время все большее распространение, является технология «ReLEx», позволяющая использовать различные методы полностью фемтосекундной коррекции зрения с помощью установки VisuMax® Femtosecond laser (Carl Zeiss meditec, Germany) [53]. «ReLEx» является брендовым названием законченной процедуры лазерной коррекции зрения, включающей две эволюционные методики: «FLEx» (фемтосекундная экстракция лентикулы / femtosecond lenticule extraction) и «SmILE» (экстракция лентикулы через малый разрез / small incision lenticule extraction).

При выполнении кераторефракционной операции методом «FLEx», на первом этапе с помощью фемтосекундного лазера формируется поверхностный лоскут (клапан, флэп) и стромальная лентикула, соответствующей диоптрийности, после чего клапан поднимается и лентикула удаляется [85, 226, 111, 246, 252, 74, 90, 115, 187, 152]. Следующим поколением технологии «ReLEx» стала методика «SmILE», которая отличается от «FLEx» тем, что клапан формируется неполный, а стромальная лентикула удаляется из-под него через 2-4 миллиметровый туннельный разрез. Особенностью последней методики является отсутствие широкого краевого вреза клапана, что, снижает влияние операции на биомеханическую прочность роговицы за счет сохранения целостности коллагеновых волокон передних слоев роговицы.

Анализ литературы демонстрирует низкий процент осложнений, связанных с проведением операций по данной технологии. В большинстве случаев они включают в себя: нарушение целостности эпителиального покрова, мелкие шероховатости в зоне туннельного разреза и перфорация клапана, однако, ни одно из этих осложнений не влияло на послеоперационные визуальные результаты

[242]. Несмотря на минимальное биомеханическое влияние, в литературе все же описаны случаи развития послеоперационных кератэктазий, что говорит о многофакторности данной проблемы, требующей дальнейшего ее изучения [193, 197]. Возможности технологии «ReLEx» в настоящий момент ограничиваются следующими диапазонами: sph от -0,50 дптр до -10,00 дптр, cyl до 5,00 дптр и сферозэквивалент от -0,50 дптр до -12,50 дптр (FDA одобрена коррекция sph от -1,0 дптр до -8,00 дптр с cyl -0,50 дптр и сферозэквивалент до -8,25 дптр).

1.2.1.2.2.4. Тканесохраняющий алгоритм кератоабляции в коррекции миопической рефракции

Как уже упоминалось выше, для кераторефракционного хирурга высокий интерес представляют технологии, позволяющие экономно расходовать аблируемую роговичную ткань, что, с одной стороны, обеспечивает возможность коррекции более высоких диоптрийных значений аномалий рефракции, а с другой – создает условия для уверенности в стабильности послеоперационных результатов за счет уменьшения влияния на биомеханику роговой оболочки. В связи с этим, рядом производителей эксимерных лазеров велись разработки по созданию тканесохраняющих алгоритмов кератоабляции, результатом которых явились: «Zyoptix® tissue-saving treatment mode» (Technolas 217z, Bausch & Lomb, США) и «Wavefront-optimized algorithm» (WaveLight Allegretto; Alcon Laboratories, Inc., США). Первый основан на кератотопографических данных радиуса кривизны роговицы с последующим переводом их в шаблон, в то время как второй – на данных волнового фронта всей оптической системы глаза, кроме того, его особенностью является расчет карты кератоабляции на сохранение естественной асферичности роговицы кератоабляции [103, 159]. Согласно исследованию Nader Nassiri (2015), «Zyoptix® tissue-saving treatment mode»

позволяет экономить больший процент ткани, чем «Wavefront-optimized algorithm», однако последний индуцирует значимо меньше сферических aberrаций и обеспечивает более высокие показатели контрастной чувствительности, особенно в условиях пониженной освещенности.

Сотрудниками рефракционного отдела ФГБУ МНТК МГ им. С.Н. Фёдорова (г. Москва) совместно с Центром Физического Приборостроения Института Общей Физики РАН в течение долгого времени проводились совместные исследования по усовершенствованию алгоритмов сканирования эксимерного лазера «МикроСкан-ЦФП», направленные на экономное расходование роговичной ткани в процессе абляции. Это реализовалось в разработке программы «Тканесохраняющая абляция» (ТСА), которая была апробирована на установке «Микроскан-ЦФП» и внедрена в серийное производство при создании эксимерлазерной установки «Микроскан-Визум» (ООО «Оптосистемы», Россия).

Разработанный алгоритм позволил корригировать аметропии большей диоптрийности с одной и той же толщины роговицы, по сравнению со стандартным алгоритмом абляции. Так, например, при величине, корригируемой с помощью ТСА аметропии в -5,00 диоптрий, сохраняется достаточно ткани для коррекции еще одной, дополнительной диоптрии.

Предлагаемый способ экономичной эксимерлазерной абляции позволяет проводить коррекцию миопии при тонкой роговице и высокой степени миопии. Так как поверхность роговицы после абляции гладкая, а оптическая сила в оптической и субоптической зонах воздействия не имеет разрывов производной (рисунок 1), то качество зрения пациента после операции бывает предсказуемо высоким. Плавность роговицы также обеспечивает хорошее заживление роговицы и снижает вероятность возникновения осложнений в послеоперационном периоде.

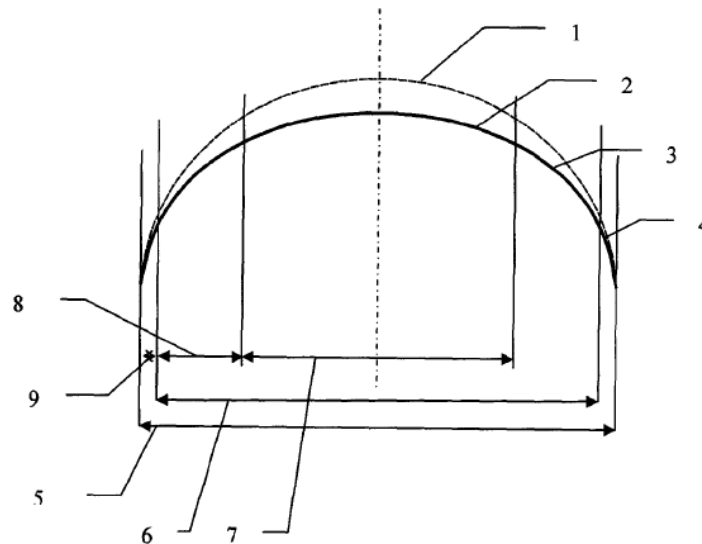


Рисунок 1 – На рисунке показано поперечное сечение внешней поверхности роговицы и ее профиль до абляции (1) и после (2,3,4). Оптическая ось глаза показана штрихпунктирной линией. Для оптимальной коррекции зрения выбирают размер оптической (7), субоптической зоны (8) и переходной (9) зон, а также оптическую силу глаза на границе субоптической и переходной зон. Производят расчет для определения остаточной толщины роговицы, проводят эксимерлазерную коррекцию так, что оптическая сила роговицы в оптической и субоптической зонах (6) после коррекции не имеет разрывов производной, роговица во всей зоне воздействия (5) не имеет резких границ.

К сожалению, сама технология ТСА предполагает компромисс: коррекция аметропии в полном объеме происходит только в центральной части роговицы, а по направлению к периферии за счет особой геометрии формируемых в процессе абляции микролинз, происходит индуцирование аберраций, негативно сказывающихся на качестве зрения [7, 11, 12]. Описываемые дефекты оптики зависят от диаметра зрачка, поэтому в условиях пониженной освещенности пациенты нередко ощущают нежелательные эффекты в виде «кругов светорассеяния» и «засветов», тогда как при хорошей освещенности качество зрения сопоставимо с результатом абляции по стандартному алгоритму и пациенты им полностью удовлетворены [7, 11].

Технология ТСА применяется в ФГАУ МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова Минздрава РФ с 2009 года для коррекции миопии высокой степени и, в том числе, «сверхвысокой миопии» (выше -10,00 дптр). Однако остался нерешенным вопрос о долгосрочной стабильности полученных результатов, субъективной удовлетворенности пациентов результатом коррекции и о перспективах дальнейшего усовершенствования технологии.

Глава 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Характеристика групп обследованных пациентов, методик их пред- и послеоперационного обследования и технологий кераторефракционных операций

В данное проспективно-ретроспективное исследование было включено 158 пациентов (158 глаз). Исследования проводили в ФГАУ МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова в период с 2014 по 2017 гг. Все пациенты дали письменное информированное добровольное согласие на диагностическое обследование и обработку персональных данных.

Критерии включения:

1. Подтвержденная стабилизированная миопия от -3,25 дптр. до -14,0 дптр;
2. Толщина роговицы в центре до операции не менее 460 микрон;
3. Отсутствие сопутствующей офтальмологической патологии;
4. Минимальный возраст пациентов – 18 лет;
5. Отсутствие сопутствующих соматических заболеваний;

Критерии исключения:

1. Кератоконус и другие дистрофические заболевания роговицы;
2. Астигматизм свыше -2,0 дптр;
3. Беременность на момент исследования.

2.1.1 Распределение пациентов по группам

В соответствии с поставленными задачами, все пациенты были разделены на три основные группы, каждая из которых включала по две подгруппы:

I группа (Миопия средней степени)

Целью формирования данной группы являлось подтверждение гипотезы о том, что применение ТСА может позволить повысить качество зрения (главным образом сумеречного) посредством расширения зоны абляции при выполнении операции на относительно тонкой роговице, достаточной для полной коррекции рефракционных нарушений с использованием СА только при минимальном диаметре оптической зоны (менее 6 мм). Было произведено сравнение клиничко-функциональных результатов суббоуменого фемтокератомилеза с тканесохраняющей абляцией (СБФКТСА) и суббоуменого фемтокератомилеза со стандартным алгоритмом кератоабляции (СБФКСА) при коррекции миопии от -3,25 до -6,0 дптр. Качественная характеристика группы представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика I группы

Параметр	СБФКТСА (подгруппа А)	СБФКСА (подгруппа Б)
Количество пациентов / глаз	31 / 31	34 / 34
Возраст (лет), $M \pm \delta$	$24,6 \pm 1,1$ (от 19 до 31)	$26,2 \pm 2,1$ (от 20 до 32)
Пол (М/Ж)	6 / 25	2 / 32
Сферозэквивалент рефракции (дптр), $M \pm \delta$	$-5,1 \pm 0,75$ (от -6,0 до -3,5)	$-4,85 \pm 0,8$ (от -6,0 до - 3,25)
Центральная толщина роговицы (мкм), $M \pm \delta$	$485 \pm 10,45$ (от 467 до 505)	$487,5 \pm 12,0$ (от 460 до 510)

II группа (Миопия высокой степени)

Целью формирования данной группы являлось проведение сравнительного исследования клинико-функциональных результатов коррекции миопии высокой степени по технологиям ТСА и СА при условии соблюдения разработанной технологии отбора и предоперационной подготовки пациентов. Критерием отбора пациентов в подгруппу ТСА была невозможность достижения полной коррекции рефракционных нарушений с помощью СА при сохранении достаточной оптической зоны. Было произведено сравнение результатов операций, проведенных по технологиям СБФКТСА и СБФКСА при коррекции миопии от -6,0 до -10,0 дптр. Качественная характеристика группы представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика II группы

Параметр	СБФКТСА (подгруппа А)	СБФКСА (подгруппа Б)
Количество пациентов / глаз	30 / 30	34 / 34
Возраст (лет), $M \pm \delta$	$25,5 \pm 3,2$ (от 18 до 36)	$26,6 \pm 2,9$ (от 23 до 33)
Пол (М/Ж)	6 / 24	11 / 23
Сферозквивалент рефракции (дптр), $M \pm \delta$	$-8,20 \pm 1,37$ (от -6,0 до - 10,0)	$-7,76 \pm 1,49$ (от -6,0 до - 10,0)
Центральная толщина роговицы (мкм), $M \pm \delta$	$542,2 \pm 18,4$ (от 501 до 583)	$582,4 \pm 41,6$ (от 526 до 636)

III группа («Сверхвысокая миопия»)

Целью формирования данной группы являлось определение возможности и целесообразности применения СБФКТСА в качестве альтернативы имплантации заднекамерных факичных ИОЛ (ЗФИОЛ) (ICL V4, STAAR Surgical Switzerland), а также ее эффективности, безопасности и сопоставимости достигнутых клинико-функциональных результатов при условии соблюдения разработанной технологии отбора пациентов. Было произведено сравнение клинико-функциональных результатов, проведенных СБФК с ТСА и ЗФИОЛ при коррекции миопии от -10,0 до -16,0 дптр. Качественная характеристика группы представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика III группы

Параметр	СБФКТСА (подгруппа А)	ЗФИОЛ (подгруппа Б)
Количество пациентов / глаз	22 / 22	15 / 15
Возраст (лет), $M \pm \delta$	$27,4 \pm 2,3$ (от 22 до 33)	$25,8 \pm 4,0$ (от 20 до 31)
Пол (М/Ж)	1 / 21	5 / 10
Сферозэквивалент рефракции (дптр), $M \pm \delta$	$-12,36 \pm 1,67$ (от -15,50 до -10,0)	$-11,66 \pm 1,59$ (от -15,50 до -10,25)
Центральная толщина роговицы (мкм), $M \pm \delta$	$546,5 \pm 19,28$ (от 519 до 583)	$494,53 \pm 30,27$ (от 450 до 561)

2.1.2 Пред- и послеоперационное обследование

Всем пациентам перед и в сроки от 1 дня по 12 месяцев после лазерной коррекции проводилось комплексное офтальмологическое обследование, включающее стандартные и специальные методы исследований.

Стандартное диагностическое обследование включало в себя:

1. Визометрию;
2. Авторефкератометрию;
3. Тонометрию;
4. Биомикроскопию;
5. Осмотр глазного дна в условиях медикаментозного мидриаза;
6. Ультразвуковую пахиметрию;
7. А-сканирование.

При проведении **визометрии** определялись некорректируемая острота зрения (НКОЗ) и максимально скорректированная острота зрения (МКОЗ) с помощью проектора знаков АСР-8 (Торсон, Япония), а также электронного фороптера CV-5000 (Торсон, Япония) и стандартного набора очковых линз (Торсон, Япония). При этом, в качестве основных контрольных тестов использовались: цифровые знаки для определения остроты зрения, лучистая фигура для определения наличия клинически-значимого астигматизма, зернистость для уточнения оси и силы астигматизма при использовании кроссцилиндров и дуохромный тест, основанный на чувствительности оптической системы глаза к хроматическим абберациям, для контроля соответствия фокуса плоскости макулы. Исследование базировалось на данных **авторефкератометра** RM-8900 (Торсон, Япония).

Тонометрия (измерение внутриглазного давления) проводилась с помощью бесконтактного компьютерного тонометра СТ-80 (Topcon, Япония) и дополнялась, в случае необходимости, аппланационным методом с использованием тонометра Маклакова весом 10 граммов и линейки Поляка.

Биомикроскопия переднего отрезка глаза и стекловидного тела проводилась с использованием щелевой лампы SL 120 (Carl Zeiss Meditec AG, Германия).

При **офтальмоскопии** глазного дна дополнительно использовались бесконтактная линза Ocular MaxField 78D (Ocular Instruments, США) и контактная линза Reichel-Mainster 1X (Ocular Instruments, США); исследование проводилось в условиях медикаментозного мидриаза.

Базовым методом для определения толщины роговицы, результаты которого использовались в расчетах операций, являлась **ультразвуковая пахиметрия** выполняемая с помощью прибора AL-100 (Tomey, Япония), при этом измерения производились в пяти точках: вершина роговицы, верхняя и нижняя средние периферии, а также височная и назальная средние периферии роговицы. Данный прибор в режиме **А-сканирования** также использовался для оценки осевой длины глаза.

Методы специальных диагностических исследований

Кератотопография. Всем пациентам проводилась компьютерная кератотопография на приборе TMS 4 (NIDEK, Япония), при этом оценивалась общая топографическая картина и математические расчетные индексы SRI (индекс регулярности роговицы) и SAI (индекс асферичности роговицы). Колориметрическая шкала использовалась в режиме «Absolut». В ряде случаев, когда картина кератотопограммы имела выраженные иррегулярности (рисунок 2), но при этом у пациента отсутствовали анамнестические (травмы, ожоги и т.п.) и

биомикроскопические признаки, очевидно приводящие к ней, в конъюнктивальную полость производилась однократная инстилляция слезозаместителей низкой вязкости с целью восстановления (протезирования) целостности слезной пленки, после чего (через 30 секунд) измерения выполнялись повторно.

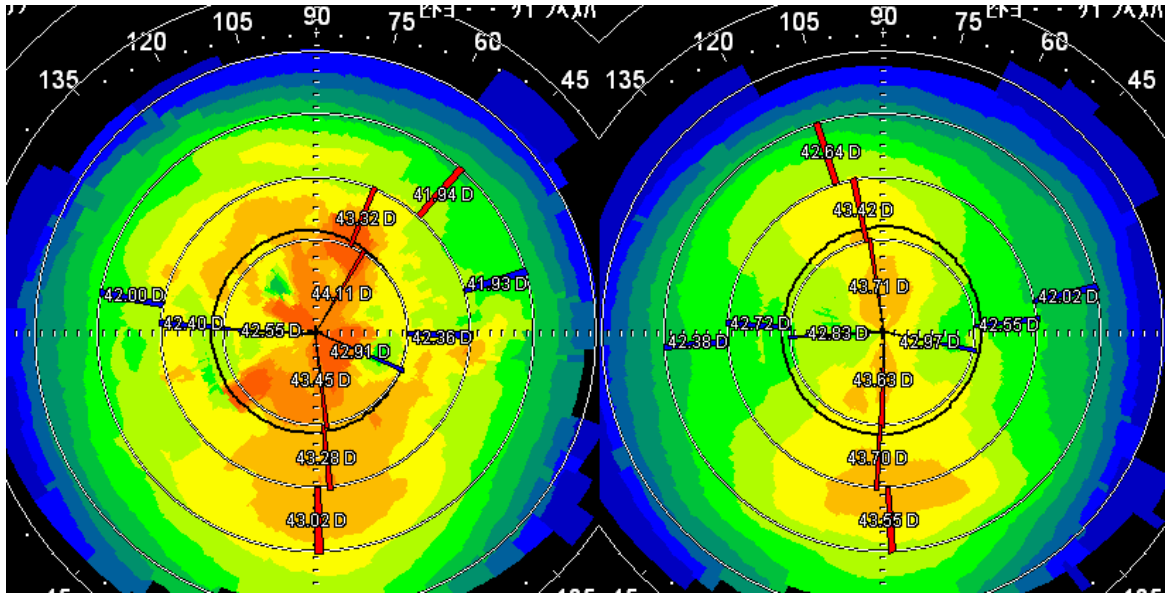


Рисунок 2. Кератотопограмма до (слева) и после (справа) инстилляции слезозаместителя низкой вязкости пациенту с выраженной иррегулярностью поверхности роговицы по причине синдрома «сухого глаза» (интервал 30 секунд)

Оптическая когерентная томография переднего отрезка глаза проводилась на приборе RTVue-100 XR (Optovue, США) для оценки структурных изменений роговицы с целью динамической оценки толщины клапана и его профиля. Измерения выполнялись в семи точках (центр, 1, 2 и 3 мм с височной и темпоральной сторон) на горизонтальной оси, проходящей через вершину роговицы. Данный метод выполнялся также для оценки толщины эпителия роговицы на этапе отработки алгоритма отбора пациентов на технологию суббоуменого фемтокератомилеза. Частота сканирования прибора, согласно техническому описанию производителя, составляет 70 000 сканов секунду, а повторяемость (погрешность) – в пределах 5 мкм.

Шеймпфлюг томография. Всем пациентам в сроки до и 12 месяцев после операции (в подгруппе А II группы: дополнительно в сроки 1, 3 и 6 месяцев) проводилась шеймпфлюг томография на топографе проекционного типа Pentacam (Oculus, США). По результатам обследования оценивались: элевация задней поверхности роговицы для выявления признаков начального кератоконуса до операции и признаков индуцированной кератэктазии после операции; индексы Df (отклонение кератометрической оптической силы), Db (отклонение разностной элевационной карты задней поверхности роговицы), Dp (отклонение средней пахиметрической прогрессии), Dt (отклонение минимальной толщины роговицы), Da (отклонение относительной пахиметрии по Амброзио) и D (значение общего отклонения), при этом статистической обработке подвергался только показатель Db в качестве индекса оценки кератэктазии; асферичность (Q-константа) передней и задней поверхностей роговицы.

Кроме того, в связи с ремоделированием профиля роговой оболочки, влияющем на послеоперационные показатели пневмотонометрии, в рамках данного исследования также использовались поправочные тонометрические коэффициенты (Ehlers, Shah, Dresden, Orssengo/Pye и Kohlhaas) с целью определения роговично-компенсированного внутриглазного давления. Данные поправочные формулы интегрированы в программную среду прибора Pentacam. В качестве входной переменной (вносимой для расчетов) использовались показатели пневмотонометрии (среднее значение из трех последовательных измерений).

Ehlers:

$$IOP = 0,071 * (545 - ЦТР_{изм})$$

Shah:

$$IOP = 0,05 * (550 - ЦТР_{изм})$$

Dresden:

$$IOP = 0,04 * (550 - ЦТР_{изм})$$

Kohlhaas (postLASIK):

$$IOP = \frac{(540 - ЦТР_{изм})}{71} + \frac{43 - K}{2,7 + 0,75}$$

Orssengo/Pye:

$$IOP_{corrected} = IOP_{true} * k$$

при этом:

$$k = \frac{B}{B_c - C_c + C}$$

$$B_c = \frac{0,6\pi R_c \left(R_c - \frac{t_c}{2}\right) \sqrt{1 - \nu_c^2}}{t_c^2} = 324,8117$$

$$C_c = \frac{\pi R_c \left(R_c - \frac{t_c}{2}\right)^2 (1 - \nu_c)}{A * t_c} = 176,7797$$

$$B = \frac{0,6\pi R \left(R - \frac{t}{2}\right) \sqrt{1 - \nu^2}}{t^2} = 176,7797$$

$$C = \frac{\pi R \left(R - \frac{t}{2}\right)^2 (1 - \nu)}{A * t}$$

где: IOP – внутриглазное давление; $ЦТР_{изм}$ – измеренная центральная толщина роговицы; K – средний радиус кривизны передней поверхности роговицы; k – корректировочный фактор; R_c – средний радиус кривизны на вершине = 7,8 мм; t_c – средняя толщина роговицы = 545 мкм; ν_c – коэффициент Пуассона = 0,49; A – уплощение поверхности роговицы = 7,35 мм²; R – измеренный радиус кривизны; t – измеренная толщина роговицы; $\nu_c = \nu$.

Аберрометрия. Аберрометрия выполнялась всем пациентам на приборе OPD-Scan (NIDEK, Япония) в сроки до и 12 месяцев после операции (в подгруппе А II группы: дополнительно в сроки 1, 3 и 6 месяцев) с последующей оценкой тотальных аберраций, аберраций высшего порядка, сферических аберраций, комы и RMS (root mean square). Данный метод исследования проводился для оценки качества оптической системы глаза в до и послеоперационные периоды.

Пространственная контрастная чувствительность. Всем пациентам в сроки до и 12 месяцев после операции (в подгруппе А II группы: дополнительно в сроки 1, 3 и 6 месяцев) проводилась оценка пространственной контрастной чувствительности на приборе Optec-6500 (Stereo Optical, США) в следующих режимах: фотопические и мезопические условия без засвета; фотопические и мезопические условия с засветом. Данный численный симуляционный метод исследования позволяет оценивать тонкие зрительные функции в зависимости от уровня фонового освещения и наличия интенсивных источников освещения, чего невозможно достичь при использовании традиционных методов оценки остроты зрения с помощью таблиц знаков. Кроме того, программное обеспечение прибора способно генерировать симуляционные изображения, показывающее как человек воспринимает окружающую действительность на момент исследования, что наглядно демонстрирует качество проведенной операции, клиническую значимость имеющихся aberrаций, а также их качественный вклад в конечное зрительное изображение.

Методы статистической обработки

При создании первичной базы данных, а также построении графиков использовался редактор электронных таблиц Excel из пакета приложений Microsoft Office 2016. Расчет необходимого объема выборки и статистическая обработка результатов клинического исследования осуществлялись с помощью программы STATISTICA 10 (StatSoft). Результаты описательной статистики представлены в виде $M \pm \sigma$, где M – среднее значение, а σ – стандартное отклонение. С учетом того, что все исследуемые показатели имели нормальное распределение, в работе были использованы параметрические методы статистики. Наличие выбросов проверялось методом «3-х сигм». Для определения различий между полученными результатами лечения в различные сроки наблюдения относительно исходных значений в каждой группе применяли t-критерий Стьюдента для повторных измерений (зависимых выборок). Максимальная статистическая значимость различий была принята за $p < 0,05$.

Глава 3 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОТБОРА ПАЦИЕНТОВ НА ТЕХНОЛОГИЮ «СУББОУМОНОВЫЙ «ФЕМТОКЕРАТОМИЛЕЗ С ТКАНЕСОХРАНЯЮЩЕЙ АБЛЯЦИЕЙ»

Целью данной главы являлась разработка алгоритма отбора пациентов на технологию «Суббоуменовой фемтокератомилез с тканесохраняющей абляцией» включала в себя:

1. Методику отбора пациентов на кераторефракционную хирургию, выполняемую по технологии Суббоуменовой фемтокератомилез;
2. Расчет параметров ТСА с разработкой алгоритма отбора пациентов на проведение операций с использованием тканесохраняющего алгоритма абляции.

3.1 Методика отбора пациентов на кераторефракционную хирургию, выполняемую по технологии Суббоуменовой фемтокератомилез

Известно, что возможность полной коррекции при выполнении кераторефракционной хирургии зависит от доступного количества роговичной ткани (толщины роговицы) конкретного пациента. Одним из подходов, позволяющих сохранить достаточно ткани, является формирование тонкого клапана, интерфейс которого формируется под боуменовой мембраной – технология суббоуменовой фемтокератомилеза (СБФК). При этом, выходная толщина клапана составляет 90 ± 5 мкм и включает в себя около 60 мкм эпителия роговицы, 10 мкм боуменовой мембраны и 20 мкм стромы (пропорция «60-10-20»). Изменение описанной структурной пропорции клапана возможно в сторону утолщения эпителия, поскольку боуменова мембрана и строма не подвержены

интраоперационным изменениям. Однако богатый опыт сотрудников отдела лазерной рефракционной хирургии ФГАУ МНТК МГ им. акад. С.Н. Фёдорова в проведении подобных операций показал, что технически не всегда формируемый при технологии СБФК клапан удавалось выполнить под боуменовой мембраной, что может быть причиной формирования такого осложнения как «button hole» или технического перехода на технологию эпиЛАЗИК.

В связи с этим на этапе отбора в клинические группы, всем пациентам с помощью оптического когерентного томографа выполнялось определение толщины роговичного эпителия (ТРЭ). При этом, из 167-ми глаз (167 пациентов) у 11-ти значения ТРЭ составляли выше 70 микрон, что прогностически не позволяло выполнить клапан под боуменовой мембраной и данные пациенты были исключены из настоящего исследования.

В рамках данной работы, в ряде случаев предоперационной оценки ТРЭ оказывалось недостаточно. Были определены факторы, способные влиять на значения данного показателя, один из которых - реакция со стороны роговичного эпителия в виде его отека при инстилляцией анестетиков.

С целью обоснования теории приводим следующий клинический пример: пациенту М была проведена кераторефракционная операция по технологии СБФК по поводу миопии высокой степени, при этом до операции толщина роговичного эпителия составляла 59 мкм. Послеоперационный период сопровождался мацерацией эпителия и длительным периодом заживления. При выполнении оптической когерентной томографии роговицы, подклапанный интерфейс визуализировался над боуменовой мембраной (рисунок 3). Так как на протяжении этапов вакуумной фиксации фемтосекундного лазера и формирования клапана каких-либо технических особенностей не наблюдалось, то было сделано заключение о реакции эпителия на инстилляцией анестетика во время операции.

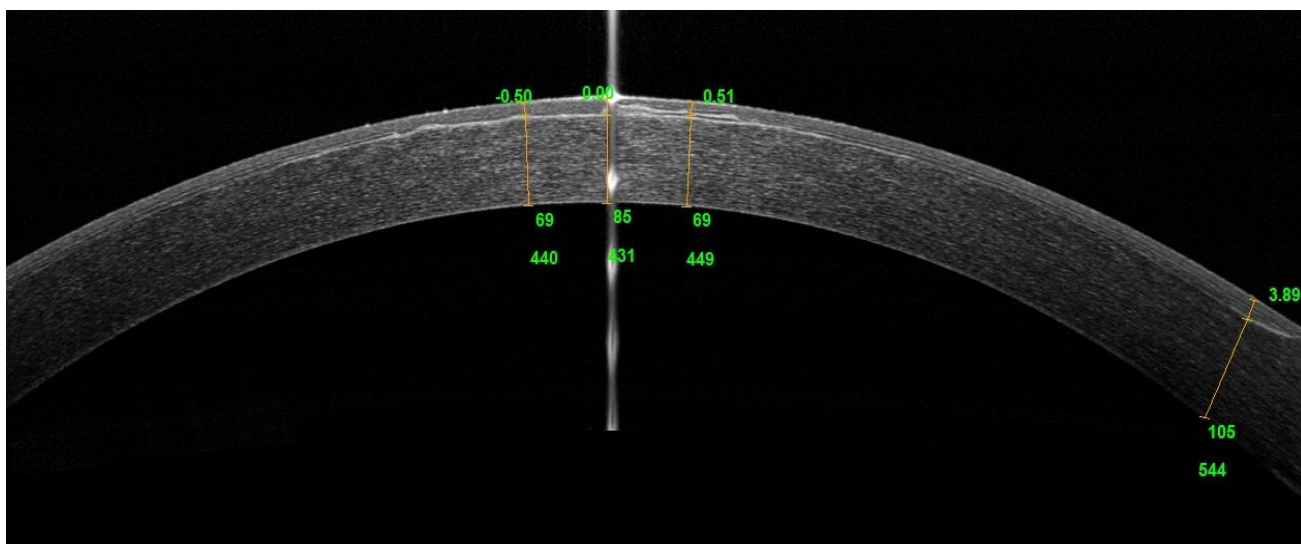


Рисунок 3 – Случай формирования клапана над боуеновой мембраной

Для исключения подобного осложнения, всем пациентам на этапе отбора выполнялась проба с оксипрокаином (далее, Инокаином), являющаяся имитацией интраоперационного медикаментозного сопровождения: после измерения ТРЭ в конъюнктивальную полость выполнялись инстилляции анестетика в объеме четырех капель, после чего, через три минуты измерения повторялись и оценивалась их разница. На рисунке 4 представлено распределение значений при проведении пробы с Инокаином из которого видно, что показатели после инстилляций в общей совокупности незначительно отличались от показателей до инстилляций. Из результатов, представленных в таблице 4 видно, что в 5-ти (3,2%) глазах отмечалось утолщение роговичного эпителия (отек), выходящее за границы 80 микрон, что являлось причиной исключения данных пациентов из настоящего исследования.

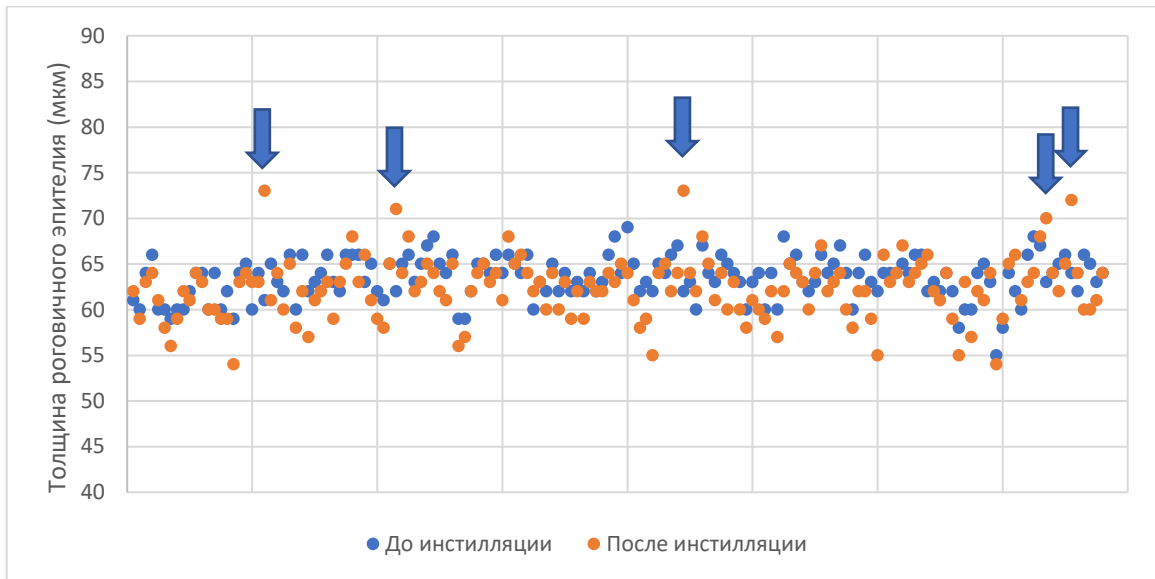


Рисунок 4 – Распределение значений толщины роговичного эпителия при проведении пробы с Инокаином. Стрелками указаны случаи отека эпителия.

Таблица 4 – Значения ТРЭ 156-ти глаз (156 пациентов) до и после инстилляций Инокаина, а также разница между ними

Исходная ТРЭ (мкм), М ± δ	ТРЭ после инстилляций Инокаином (мкм), М ± δ	Разница между значениями до и после инстилляций, М ± δ
63,4 ± 2,4 (от 55 до 69)	62,4 ± 3,4 (от 54 до 73)*	-1,1 ± 2,9 (от -7,0 до 12)

*Разница статистически не достоверна относительно значений, полученных до пробы, $p > 0,05$

Таким образом, исходя из технических особенностей формирования клапана при СБФК (90 ± 5 мкм \approx 60 мкм эпителия + 10 мкм боуеновой мембраны + 20 мкм стромальной ткани), индивидуальную вариабельность исходной толщины эпителия, а также возможный его отек в ответ на интраоперационное медикаментозное сопровождение, с целью минимизации послеоперационных осложнений, а также повышения качества конечного функционального результата и удовлетворенности им пациента, необходимо выполнять тщательный предоперационный отбор на данную технологию с учетом

описанных параметров, в связи с чем в список заявленных критериев включения были добавлены:

1. Исходная толщина роговичного эпителия не больше 80 мкм;
2. Толщина роговичного эпителия не больше 80 мкм после проведения пробы с Инокаином.

3.2 Разработка алгоритма отбора пациентов на проведение операций с использованием тканесохраняющего алгоритма абляции

Целью данной главы являлась разработка дифференциального алгоритма отбора пациентов на технологии ТСА и СА с учетом топографо-анатомических особенностей их глаз (центральная толщины роговицы, максимального диаметра зрачка и диаметра оптической зоны) и формируемого профиля абляции, необходимых для прогнозирования и, соответственно, повышения конечного функционального результата.

Для достижения данной цели было необходимо:

1. Определить разницу в глубине кератоабляции СА и ТСА при коррекции эквивалентных значений рефракции, выраженную в объеме сохраняемой ткани. Для этого были произведены расчеты параметров операции при использовании ТСА в сравнении со СА;
2. Описать способы прогнозирования послеоперационного функционального зрительного результата на основе особенностей формирования оптической и переходной зон кератоабляции и метрических параметров зрачка.

3.2.1 Расчет параметров операции при использовании тканесохраняющего алгоритма абляции

Кераторефракционный подход к коррекции миопической рефракции предполагал расчет параметров операции в трех тактических ситуациях:

1. Сравнительно низкая степень миопии, при которой расчетная толщина резидуальной стромы выше 300 мкм;
2. Сравнительно высокая степень миопии, при которой расчетная толщина резидуальной стромы меньше 300 мкм;
3. Сравнительно низкая степень миопии, при которой расчетная толщина резидуальной стромы меньше 300 мкм.

Следовательно, наличие миопии низкой и средней степеней не всегда является гарантией возможности достижения целевой эмметропической рефракции. Для упрощения дальнейшего описания двух последних ситуаций, было введено условное понятие «относительно тонкой роговицы» (ОТР), которое предполагало наличие такого соотношения «клиническая рефракция / центральная толщина роговицы», при которой последней оказывается недостаточно для достижения целевой эмметропии при условии сохранения 300 микрон резидуальной стромы.

Поскольку принципиальная возможность коррекции аметропий с расчетом на эмметропию напрямую зависит от исходной толщины роговицы, в рамках данной работы в программной среде «Microscan Visum» были произведены сравнительные расчеты глубины абляции для технологий ТСА и СА (при диаметре расчетной оптической зоны в 6,3 мм, кератометрии 45,00 / 45,00 и центральной толщины роговицы 500 мкм для диапазона аметропий от -2,0 до -16,0 дптр с шагом в одну диоптрию). Из результатов, представленных в таблице 5 видно, что значимый эффект тканесохранения проявлялся, начиная с миопии

средней степени, и имел четкую тенденцию к кумуляции эффекта (чем выше степень корригируемой миопии, тем больше сохраняется роговичной ткани) с увеличением корректируемой аметропии, составляя порядка 20% относительно стандартного алгоритма.

Так, например, по результатам проведенных расчетов, при коррекции -4,0 дптр, ТСА расходовалось 63 мкм ткани, тогда как при СА – 77 мкм. Получаемая при этом разница в 14 микрон была кратна коррекции одной диоптрии по технологии ТСА. При коррекции -8,0 дптр ткани сохраняется достаточно для коррекции двух диоптрий (146 мкм при ТСА против 28 мкм при СА), при -12,0 дптр – для трех (167 мкм при ТСА против 280 при СА) и четырех дополнительных, при коррекции -16,0 дптр (212 мкм при ТСА против 264 при СА).

Таблица 5 – Моделирование глубины абляции при расчете параметров операции по технологиям ТСА и СА при диаметре оптической зоны 6,3 мм, кератометрии 45,0 / 45,0 дптр и центральной толщины роговицы 500 мкм

Величина аметропии (дптр)	Расчетная глубина абляции		Количество сохраненной ткани	
	Тканесохраняющий алгоритм (мкм)	Стандартный алгоритм (мкм)		
			в мкм	в %
-2,0	33	40	7	16,7
-3,0	48	59	11	18,9
-4,0	63	77	14	20,0
-5,0	77	95	18	19,8
-6,0	91	112	21	20,6
-7,0	105	129	24	20,5
-8,0	118	146	28	20,5
-9,0	131	162	31	20,4
-10,0	143	178	35	20,5
-11,0	155	193	38	20,6
-12,0	167	208	41	20,7

-13,0	179	222	43	20,4
-14,0	190	236	46	20,6
-15,0	202	250	48	20,7
-16,0	212	264	52	20,7

Таким образом тканесохраняющий алгоритм кератоабляции может быть использован для коррекции миопии в случаях недостаточной толщины роговицы (особенно при высоких степенях аметропий) при использовании стандартного алгоритма с расчетом на целевую эмметропию, либо для уменьшения значений вынужденной остаточной аметропии.

3.2.2 Прогнозирование функциональных результатов на основе метрических параметров диаметра зрачка и расчетной оптической зоны

Как уже упоминалось выше, при расчете параметров операции учитывались такие переменные как центральная толщина роговицы, кератометрия, клиническая рефракция, а также диаметр оптической зоны (ДОЗ). Данный параметр описывается соотношением линейных значений центральной оптической зоны (ЦОЗ) и переходной зоны (ПЗ) и является определяющим фактором в качестве послеоперационного рефракционного и визуального результатов. В связи с этим, целью данного раздела явилось описание особенностей, формируемых при ТСА и СА, зон абляции, профиля их переходных зон, а также связь с метрическими параметрами зрачка и их влияние на конечный функциональный результат.

3.2.2.1 Оптическая зона кератоабляции: особенности формирования и прогностическая роль

Как известно, расчетный диаметр оптической зоны напрямую влияет на количество аблируемой роговичной ткани (чем больше ДОЗ, тем больше расхода ткани на одну диоптрию), в связи с чем, при условии относительно тонкой роговицы, хирург вынужден рассчитывать на узкую оптическую зону. Расходование меньшего количества роговичной ткани при использовании тканесохраняющего алгоритма должно расширять возможности коррекции аметропий за счет использования сохраненной ткани на увеличение расчетной оптической зоны, что, в свою очередь, предположительно должно повышать качество сумеречного зрения за счет выхода переходной зоны за пределы проекции зрачка.

Для подтверждения данной гипотезы, на доклиническом этапе были выполнены сравнительные расчеты для тканесохраняющего и стандартного алгоритмов с расчетом на 6,5 и 7,0 миллиметровые оптические зоны (при кератометрии 45,00 / 45,00 дптр и центральной толщине роговицы 500 мкм для -2,0, -6,0, -10,0 и -14,0 дптр). Из таблицы 6 видно, что при прочих равных условиях, расчетная оптическая зона тканесохраняющего алгоритма, равная 7,0 мм, действительно требует меньшего расхода роговичной ткани, чем 6,5 миллиметровая при стандартном алгоритме. Так, например, уже при коррекции миопии в -2,0 дптр, тканесохраняющий алгоритм позволяет использовать 7,0 миллиметровую оптическую зону, при этом расходуя фактически то же количество роговичной ткани, что и при использовании стандартного алгоритма, но рассчитанном на 6,5 мм зону. Возможность расширять оптическую зону позволяет управляемо влиять на конечный функциональный результат.

Таблица 6 – Моделирование глубины абляции при расчете параметров операции по технологиям ТСА и СА для 6,5 мм и 7,0 мм диаметров оптических зон при кератометрии 45,0 / 45,0 дптр и центральной толщине роговицы 500 мкм

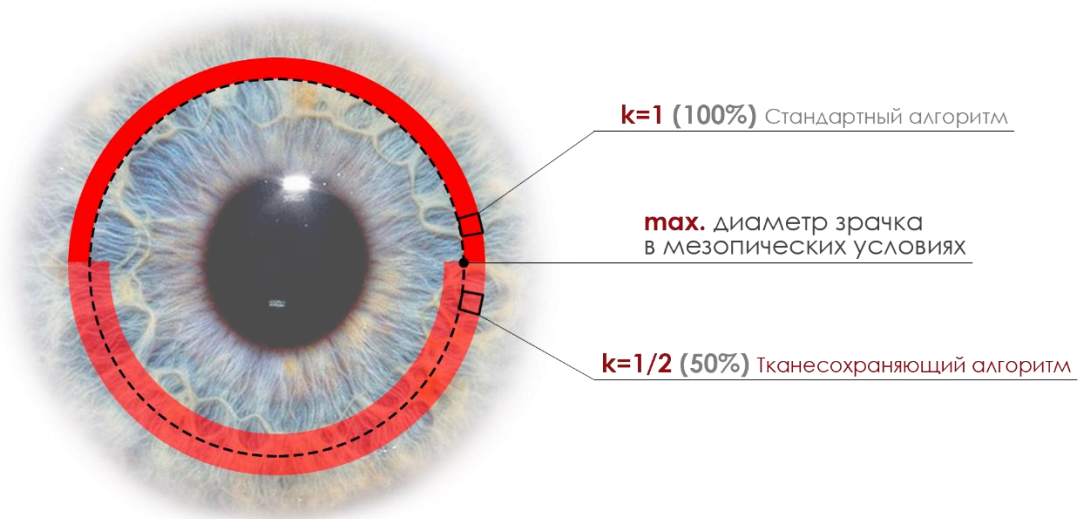
Величина аметропии (дптр)	Расчетная глубина абляции (мкм)			
	тканесохраняющий алгоритм		стандартный алгоритм	
	ДОЗ 6,5 мм	ДОЗ 7,0 мм	ДОЗ 6,5 мм	ДОЗ 7,0 мм
-2,0	35	41	42	49
-6,0	97	114	120	140
-10,0	153	180	189	220
-14,0	204	239	252	293

Таким образом, помимо возможности корригирования больших степеней аметропий, тканесохраняющий алгоритм позволяет формировать более широкую оптическую зону в сравнении со стандартным алгоритмом, что является прогностически более благоприятным условием для конечного функционального зрительного результата.

3.2.2.2 Переходная зона кератоабляции: особенности формирования и прогностическая роль

Помимо центральной оптической зоны (ЦОЗ), обеспечивающей конечную фокусировку изображения, в зоне эксимерлазерной абляции принято выделять так называемую переходную зону (ПЗ), которая не выполняет полезной оптической функции и топографически располагается по внешнему краю ЦОЗ. ПЗ соединяет центральную оптическую зону с интактной роговицей и является источником aberrаций.

Согласно патентному описанию, технология ТСА формирует более пологий профиль переходной зоны между ЦОЗ и интактной роговицей, чем СА. Данная особенность позволяет уменьшить суммарное количество индуцируемых aberrаций на единицу площади переходной зоны в сравнении со стандартным алгоритмом (рисунок 5). При расчете на максимальный послеоперационный функциональный результат, логично использовать ТСА в ситуациях, когда расчетный диаметр оптической зоны меньше максимального диаметра зрачка пациента. При этом, послеоперационные нежелательные оптические эффекты (глер и гало) в условиях пониженной освещенности (в условиях естественного мидриаза) должны быть ожидаемо менее выражены.



k – условная константа для единицы площади переходной зоны стандартного алгоритма, суммарные aberrации в которой приняты за 100%

Рисунок 5 – Сравнительное моделирование степени индукции aberrаций на единицу площади.

Таким образом, благодаря меньшей индукции aberrаций переходной зоны при ТСА в сравнении с СА, первый алгоритм может быть более предпочтительным в ситуациях, когда расчетная переходная зона частично попадает в проекцию максимально расширенного зрачка.

3.2.3 Алгоритм отбора пациентов на проведение операций с использованием тканесохраняющего алгоритма абляции

Положения, изложенные в разделах 3.1 и 3.2, диктуют необходимость индивидуального подхода к отбору претендентов на кераторефракционную операцию, выполняемую с использованием тканесохраняющего алгоритма. В связи с этим, на этапе подготовки данного исследования был разработан алгоритм последовательных диагностических манипуляций, позволяющий повысить вероятность достижения высоких послеоперационных клиничко-функциональных результатов (рисунок 6).

Данный алгоритм базировался на значениях клинической рефракции, центральной толщины роговицы, используемых при расчетах параметров операции в программной среде эксимерного лазера «Микроскан Визум», а также максимального диаметра зрачка (усредненного по меридианам на платформе WaveLight® Topolyzer™) (рисунок 6 «а»).

При выборе алгоритма в первую очередь оценивались глубина кератоабляции и возможность расчета коррекции ошибки рефракции на целевую эмметропию (рисунок 6 «б»). В случае невозможности использования СА (при превышении допустимого минимума резидуальной стромы в 300 мкм), принималось решение в пользу ТСА (рисунок 6 «в»).

В случае достаточной для СА толщины роговицы (рисунок 6 «г»), окончательный выбор алгоритма определялся по соотношению диаметра оптической зоны и максимального диаметра зрачка (рисунок 6 «д»). При этом, если толщины роговицы пациента было достаточно для формирования широкой оптической зоны, диаметр которой превышал максимальный диаметр зрачка, то абляция выполнялась с применением стандартного алгоритма (рисунок 6 «е»). В случае вынужденного расчетного сужения оптической зоны при использовании стандартного алгоритма по причине недостаточной толщины роговицы, операция выполнялась по тканесохраняющему алгоритму (рисунок 6 «ж»).

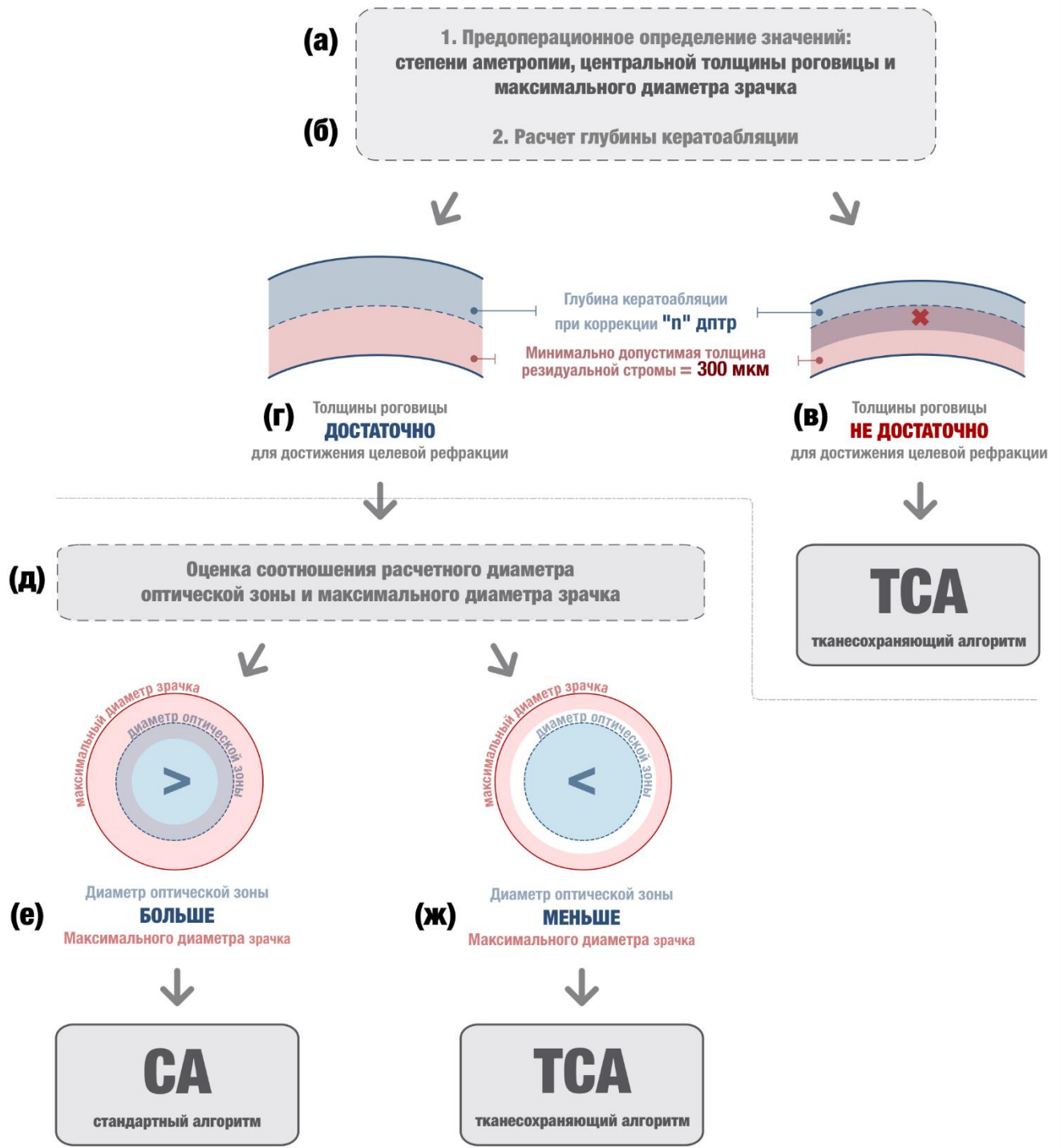


Рисунок 6 – Алгоритм предоперационного отбора пациентов на технологии ТСА и СА

Подводя итог к данной части работы можно заключить, что тканесохраняющий алгоритм кератоабляции, реализованный на отечественной установке «Микроскан Визум», имеет широкую область применения в коррекции миопической рефракции от средней степени и выше, включающую:

1. Возможность расширения оптической зоны кератоабляции в случаях, когда наличие относительно тонкой роговицы предполагает расчет на узкий диаметр оптической зоны при использовании стандартного алгоритма.
2. Возможность коррекции больших степеней аметропий в случаях недостаточной толщины роговицы для достижения целевой рефракции при использовании стандартного алгоритма.

Кроме того, при выборе технологии для проведения кераторефракционной операции, необходимо учитывать соотношение показателей центральной толщины роговицы, диаметра оптической зоны и максимального диаметра зрачка, что было реализовано в разработанном в рамках данной работы дифференциальном алгоритме отбора.

Глава 4 ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ КОРРЕКЦИИ МИОПИИ ПО ТЕХНОЛОГИИ «СУББОУМОНОВЫЙ ФЕМТОКЕРАТОМИЛЕЗ С ТКАНЕСОХРАНЯЮЩЕЙ АБЛЯЦИЕЙ»

Целью данной главы являлось описание комплексного подхода к разработке лечебно-диагностического алгоритма коррекции миопии по технологии «Суббоуменовой фемтокератомилез с тканесохраняющей абляцией», включающего вопросы дооперационной фармакологической подготовки, особенностей этапов хирургической техники при работе с клапанами в 90 микрон, а также особенностей послеоперационного медикаментозного сопровождения.

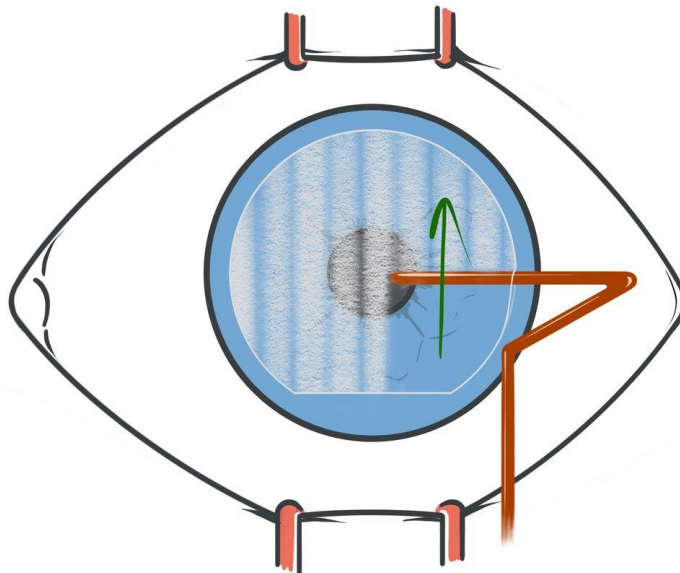
4.1. Предоперационная подготовка пациентов с миопией, которым планируется коррекция миопии по технологии «Суббоуменовой фемтокератомилез с тканесохраняющей абляцией»

В предоперационном периоде, с целью подготовки операционного рабочего поля, всем пациентам назначался двухдневный курс инстилляций препарата антисептического ряда – «Окомистина» (с кратностью три раза в день), поскольку он обладает выраженным антимикробным действием в отношении грамположительных и грамотрицательных, аэробных и анаэробных бактерий, в виде монокультур и микробных ассоциаций, включая госпитальные штаммы с полирезистентностью к антибиотикам.

4.2. Особенности хирургических этапов операции, проводимых при коррекции миопии по технологии «Суббуоуеновый фемтокератомилез»

Особенностью формируемого при СБФК роговичного клапана в 90 мкм является то, что он обладает более низким упругим ответом (требует меньше усилий для деформации) чем клапаны бóльших по толщине размеров. В связи с этим техника операции предполагает некоторые особенности на каждом этапе проводимой операции: диссекции сформированного клапана, работы эксимерного лазера и репозиции клапана.

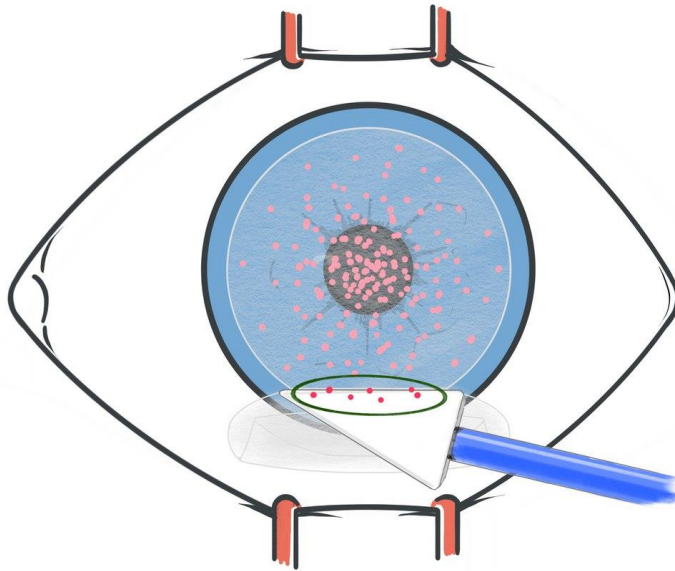
Так, по окончании работы фемтосекундного лазера и формирования клапана, диссекцию необходимо производить особенно аккуратно, что позволит избежать механического повреждения лоскута во время манипуляций. При этом, направления движения диссекционного инструмента рекомендуется ориентировать вдоль линий растровых борозд (рисунок 7), что несколько снижает натяжение клапана и облегчает процесс его отделения от стромального ложа.



Зеленой стрелкой указано направление движение диссекционного инструмента
вдоль растровых полос

Рисунок 7 – Техника выполнения диссекции

На этапе работы эксимерного лазера (кератоабляции) необходимо осуществлять протекцию основания ножки клапана тупфером с целью недопущения еще большего истончения клапана при попадании на него лазерного излучения и предотвращения интраоперационных осложнений на следующем этапе (рисунок 8).



Красными точками схематично показаны места воздействия лазерного излучения, в том числе попадающего на область клапана (интенсивно красные, обведены зеленым контуром)

Рисунок 8 – Протекция основания клапана тупфером от эксимерлазерного излучения

Поскольку сформированный при технологии СБФК клапан обладает низким упругим ответом, вероятность возникновения микрострий на этапе репозиции клапана оказывается несколько выше, чем при манипуляции с более толстыми роговичными лоскутами. В связи с этим, на этапе репозиции клапана и его разглаживания, необходимо осуществлять тщательный контроль за полным устранением всех складчатых образований. Кроме того, в раннем послеоперационном периоде имеются особенности медикаментозного сопровождения, позволяющие снизить риск формирования данного осложнения, которые будут описаны далее в разделе 4.3.1.

Расчет параметров операции как для стандартного, так и тканесохраняющего алгоритмов кератоабляции производился в среде программного обеспечения, разработанного Центром Физического Приборостроения Института Общей Физики РАН для эксимерлазерной установки «Микроскан-Визум» (ООО «Оптосистемы», Россия). Формирование клапана толщиной 90 мкм производилось на фемтосекундном лазере Femto LDV (Ziemer SIE AG Surgical Instrument Engineering, Switzerland).

4.3. Послеоперационное медикаментозное ведение пациентов после коррекции миопии по технологии «Суббоуменовый фемтокератомилез с тканесохраняющей абляцией»

Целью данного раздела являлось описание особенностей послеоперационного медикаментозного сопровождения при проведении кераторефракционных операций по технологии «Суббоуменовый фемтокератомилез с тканесохраняющей абляцией», включающего терапию раннего послеоперационного периода (этап адгезии клапана к стромальному ложу) и медикаментозную терапию при хирургии относительно тонких роговиц.

4.3.1 Особенность медикаментозного сопровождения технологии СБФК в раннем послеоперационном периоде

Как уже говорилось выше, одним из возможных осложнений технологии СБФК на этапах репозиции клапана и его адгезии к стромальному ложу (в раннем

послеоперационном периоде) является формирование микрострий, способных повлиять на качество послеоперационного функционального результата.

На этапе репозиции, с целью минимизации интраоперационного формирования микрострий клапана, придерживались техники проведения операции, описанной в разделе 4.2. Тем не менее, на этапе адгезии было возможно смещение и деформация роговичного лоскута при механическом давлении со стороны спазмированных век пациента, которое является следствием выраженного болевого синдрома в раннем послеоперационном периоде. Данный вывод основан на проведённом на этапе отработки технологии исследовании частоты смещения клапана и его деформации с последующим формированием микрострий.

В исследование вошло 56 глаз (56 пациентов), которым в раннем послеоперационном периоде не выполнялись инстилляции и 58 глаз (58 пациентов), которым инстиллировался нестероидный противовоспалительный препарат Акьюлар (кеторолакатрометамин). Все пациенты оперировались по технологии СБФК.

Из результатов исследования, представленных в таблице 7 видно, что в группе с дополнительными инстилляциями НПВС осложнений выявлено не было, в то время как в группе без анальгезирующего сопровождения, смещение клапана, требующее повторной репозиции, встречалось у 2-х пациентов. При этом болевые ощущения отмечали 51 пациент из группы без НПВС и 6 пациентов из группы с Акьюларом, тогда как блефароспазм наблюдался у 43-х и 1-го соответственно. Биомикроскопически значимые микрострии выявлялись у 4-х пациентов в группе без препарата и ни у одного в группе с НПВС.

Таблица 7 – Оценка частоты субъективных жалоб и осложнений клапана роговицы в раннем послеоперационном периоде

Группа	Боль после операции		Блефароспазм		Микрострии		Смещение клапана	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Стандартная схема (56 глаз)	51	91,1	43	76,8	4	7,1	2	3,6
«Акьюлар» (58 глаз)	6*	10,3*	1*	1,7*	0*	0*	0*	0*

*Разница статистически достоверна относительно стандартной схемы, $p < 0,5$

Таким образом, при использовании технологии СБФК формируется клапан с низким упругим ответом, имеющий тенденцию к деформации и формированию микрострий под действием блефароспазма. Назначение нестероидных противовоспалительных препаратов с целью обезболивания в раннем послеоперационном периоде позволяло значимо снизить риск развития данного осложнения.

4.3.2 Особенность медикаментозного сопровождения СБФК при коррекции миопии высокой степени на относительно тонких роговицах.

Известно, что при проведении лазерной кераторефракционной хирургии роговичная ткань оказывается в условиях биохимического «стресса», который тем больше, чем выше степень корригируемой аметропии. В связи с этим, ранний послеоперационный период требует пропорционального усиления противовоспалительного эффекта со стороны препаратов, нацеленных на блокировку арахидонового каскада. В этой связи, всем пациентам подгрупп с миопией высокой степени, курс стероидной противовоспалительной терапии

назначался по убывающей схеме, начиная с четырех кратных инстилляций, а не с трех, как при стандартной схеме лечения

К сожалению, стероидные противовоспалительные препараты обладают побочным эффектом, проявляющимся в транзиторном повышении внутриглазного давления, что может приводить к развитию отека роговицы, накоплению жидкости в подклапанном интерфейсе, повреждению нервных волокон (стероидная глаукома), а также возможности развития ятрогенной кератэктазии на фоне ослабленной, в результате проведенной операции, роговой оболочки. В связи с этим, на период назначения препаратов данной фармакологической группы, проводился тщательный мониторинг за уровнем ВГД с целью своевременной корректировки терапии и предотвращения осложнений. Однако, неинвазивного метода определения истинного внутриглазного давления на измененной роговой оболочке на сегодняшний день пока не существует.

В рамках данной работы была предпринята попытка подобрать поправочную формулу, способную корректировать послеоперационные пневмотонометрические значения, основываясь на моделируемых в процессе операции параметрах роговицы (толщины, кривизны и др.), поддающихся вычислению в программной среде прибора PentacamHR (подробные результаты изложены в разделе 5.2). По результатам данной части исследования был сделан вывод, что, к сожалению, ни одна из представленных в приборе поправок (Ehlers, Shah, Dresden, Orssengo/Pye и Kohlhaas) не может быть использована в качестве базовой при оценке уровня послеоперационного внутриглазного давления.

В связи с этим, с целью купирования возможного стероидиндуцированного повышения внутриглазного давления и профилактики послеоперационных осложнений, всем пациентам с толщиной резидуальной стромы меньше 330 мкм, в стандартную схему медикаментозного сопровождения дополнительно включался безконсервантный гипотензивный препарат ряда β -блокаторов (Арутимол 0,25%).

Также в послеоперационном периоде к предоперационным назначениям добавлялся препарат аминокликозидного ряда «Тобрекс», эффективный в

отношении большинства возбудителей послеоперационных инфекционных осложнений КРО.

Таким образом, разработанная в рамках данной работы тактика медикаментозного сопровождения в до- и послеоперационном периодах у пациентов, оперируемых по технологии суббоуменовый фемтокератомилез, учитывающая особенности упругих свойств формируемого клапана и влияние стероидных противовоспалительных препаратов на гидродинамику глаза, позволяет значительно снизить риск формирования микрострий, а также вероятность развития послеоперационных осложнений, связанных со стероидиндуцированной офтальмогипертензией.

Глава 5. КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОРРЕКЦИИ МИОПИИ ПО ТЕХНОЛОГИЯМ «СУББОУМЕНОВЫЙ ФЕМТОКЕРАТОМИЛЕЗ С ТКАНЕСОХРАНЯЮЩЕЙ АБЛЯЦИЕЙ», «СУББОУМЕНОВЫЙ ФЕМТОКЕРАТОМИЛЕЗ СО СТАНДАРТНЫМ АЛГОРИТМОМ АБЛЯЦИИ» И «ИМПЛАНТАЦИЯ ЗАДНЕКАМЕРНЫХ ФАКИЧНЫХ ИНТРАОКУЛЯРНЫХ ЛИНЗ»

5.1. Клинико-функциональные результаты коррекции миопии по технологиям «Суббоуменовый фемтокератомилез с тканесохраняющей абляцией» и «Суббоуменовый фемтокератомилез со стандартным алгоритмом абляции» при коррекции миопии средней степени (от -3,25 до -6,0 дптр)

Целью формирования данной группы являлось оценка значимости ТСА в повышении качества зрения (главным образом сумеречного) посредством расширения зоны абляции при работе на относительно тонкой роговице, достаточной для полной коррекции при использовании СА, но предполагающего расчет на минимальный диаметр оптической зоны. В данную проспективно-ретроспективную группу вошло 31 глаз (34 человека), прооперированных по технологии СБФКТСА (проспективная подгруппа) и 34 глаза (34 человека) – по технологии СБФКСА (ретроспективная контрольная подгруппа) со сферозэквивалентами в диапазоне от -3,25 до -5,75 дптр.

Оценка клинико-функциональных результатов выполнялась в следующие сроки: до операции, 1 день и 12 месяцев после операции. Оценивались острота зрения (МКОЗ и НКОЗ), сферозэквивалент рефракции, дооперационная ЦТР и резидуальная строма, кератотопографические индексы (SRI и SAI), пространственная контрастная чувствительность (ПКЧ) в различных условиях освещения (фотопическом и мезопическом), соотношение МДЗ и ДОЗ, коэффициенты эффективности и безопасности.

Высокий функциональный результат был достигнут сразу после операции у всех пациентов в обеих подгруппах. Численные значения НКОЗ и МКОЗ в различные сроки наблюдения представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Значения НКОЗ и МКОЗ в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА в сроки: до операции, 1 день и 12 месяцев после операции

Параметр	ТСА			СА		
	До операции, М ± δ	1 день, М ± δ	12 месяцев, М ± δ	До операции, М ± δ	1 день, М ± δ	12 месяцев, М ± δ
НКОЗ	0,03 ± 0,02 (от 0,01 до 0,09)	0,99 ± 0,08 (от 0,8 до 1,2)*	1,0 ± 0,08 (от 0,8 до 1,2)*	0,07 ± 0,05 (от 0,01 до 0,2)	0,99 ± 0,06 (от 0,8 до 1,2)*	0,99 ± 0,05 (от 0,9 до 1,2)*
МКОЗ	1,0 ± 0,08 (от 0,9 до 1,2)	1,02 ± 0,06 (от 0,9 до 1,2)	1,02 ± 0,06 (от 1,0 до 1,2)	1,0 ± 0,06 (от 0,9 до 1,2)	1,03 ± 0,08 (от 0,9 до 1,2)	1,03 ± 0,07 (от 1,0 до 1,2)

*Разница статистически достоверна относительно дооперационных значений, $p < 0,05$;

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$

Средний сферозэквивалент в группах СБФКТСА и СБФКСА (таблица 9) до операции составлял $-5,1 \pm 0,75$ (от $-6,0$ до $-3,5$ дптр) и $-4,85 \pm 0,8$ (от $-6,0$ до $-3,25$ дптр), а в срок 12 месяцев после операции $-0,6 \pm 0,14$ (от $-0,5$ до $-0,25$ дптр) и $-0,4 \pm 0,4$ (от $-0,5$ до $0,5$ дптр) соответственно. Разница в СЭ (рисунок 9) в дооперационном периоде между группами была статистически недостоверна ($p > 0,5$), также как и к году наблюдения.

Таблица 9 – Значения сферэквиалента в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА

Вид операции	До операции (дптр), M ± δ	1 день (дптр), M ± δ	12 месяцев (дптр), M ± δ
СБФКТСА	-4,98 ± 0,74 (от -6,0 до -3,5)	-0,08 ± 0,16 (от -0,5 до -0,25)*	-0,08 ± 0,15 (от -0,5 до 0,25)*
СБФКСА	-4,67 ± 0,8 (от -6,0 до -3,25)	-0,06 ± 0,15 (от -0,75 до 0,25)*	-0,06 ± 0,16 (от -0,5 до 0,25)*

*Разница статистически достоверна относительно дооперационных значений, $p < 0,05$

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$

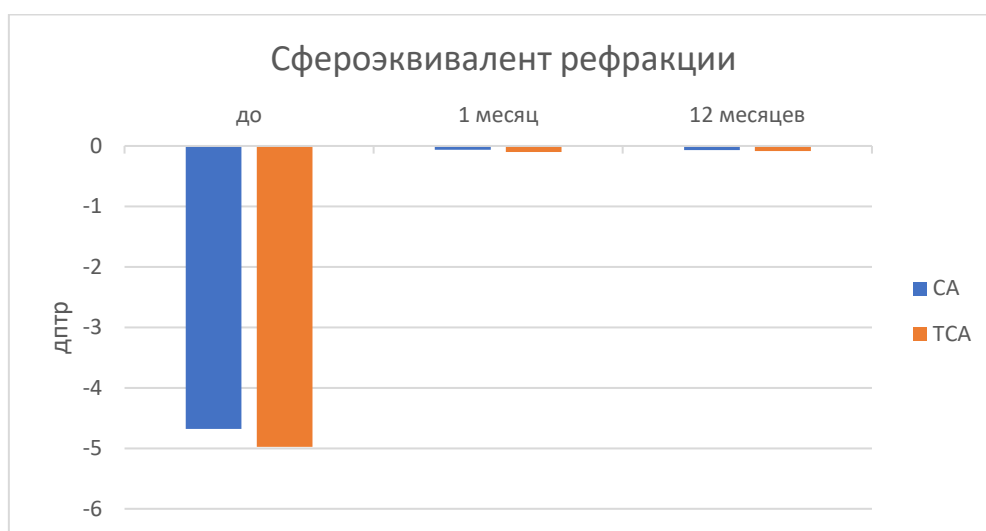


Рисунок 9 – Сравнительные значения сферэквиалента в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА

Процент глаз с изменением рефракции больше 0,5 дптр через год. для групп СБФКТСА и СБФКСА составил 3,2% (1 глаз) и 0% соответственно. Средние значения коэффициентов эффективности и безопасности рассчитывались по формулам:

$$\text{Коэффициент безопасности} = \frac{\text{Послеоперационная МКОЗ}}{\text{Послеоперационная НКОЗ}} * 100$$

$$\text{Коэффициент эффективности} = \frac{\text{Послеоперационная НКОЗ}}{\text{Дооперационная МКОЗ}} * 100$$

и представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Значения коэффициентов эффективности и безопасности для подгрупп СБФКТСА и СБФКСА

Коэффициенты	СБФКТСА	СБФКСА
Эффективности, $M \pm \delta$	$103 \pm 7,5$	$104 \pm 7,1$
Безопасности, $M \pm \delta$	$100 \pm 2,9^*$	$99 \pm 3,6^*$

*Разница статистически не достоверна относительно значений контрольной группы, $p > 0,5$

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$

Соотношение запланированной и достигнутой рефракций для обеих подгрупп представлено на рисунке 10.

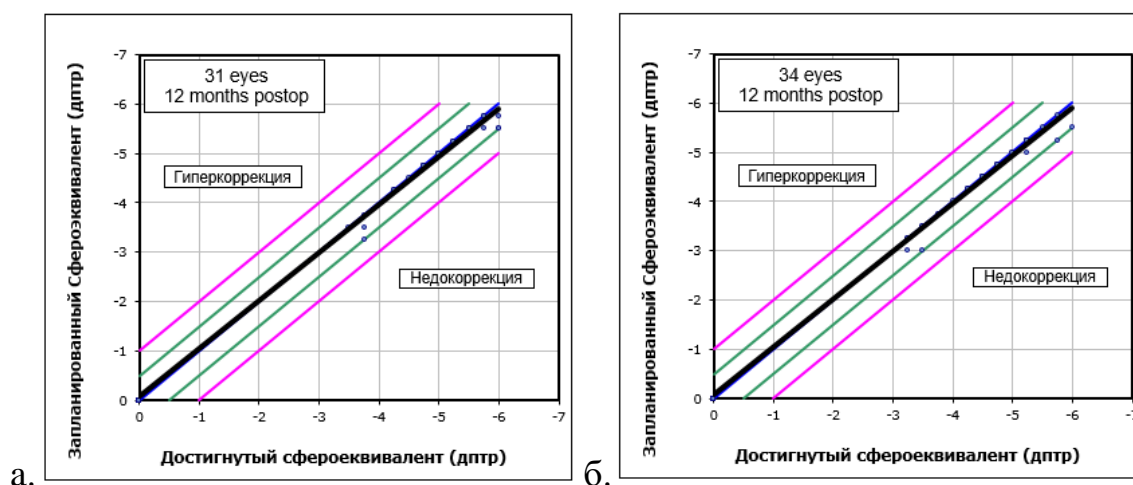


Рисунок 10 – Соотношение запланированной и достигнутой рефракций для подгрупп СБФКТСА (а) и СБФКСА (б)

К 12-ти месяцам наблюдения в обеих подгруппах у одного пациента из группы СБФКТСА наблюдалась потеря одной строки МКОЗ, связанная с послеоперационным инфекционным осложнением в связи с несоблюдением пациентом медикаментозного режима. Тем не менее, пациент остался доволен функциональным результатом, поскольку потеря строк МКОЗ была с 1,2 до 1,0. Процентные значения прибавки/потери строк в каждой подгруппе представлены

на рисунке 11. В обеих группах наблюдалась прибавка одной строки МКОЗ: в 25,8% в подгруппе СБФКТСА и 19,4% в подгруппе СБФКСА.

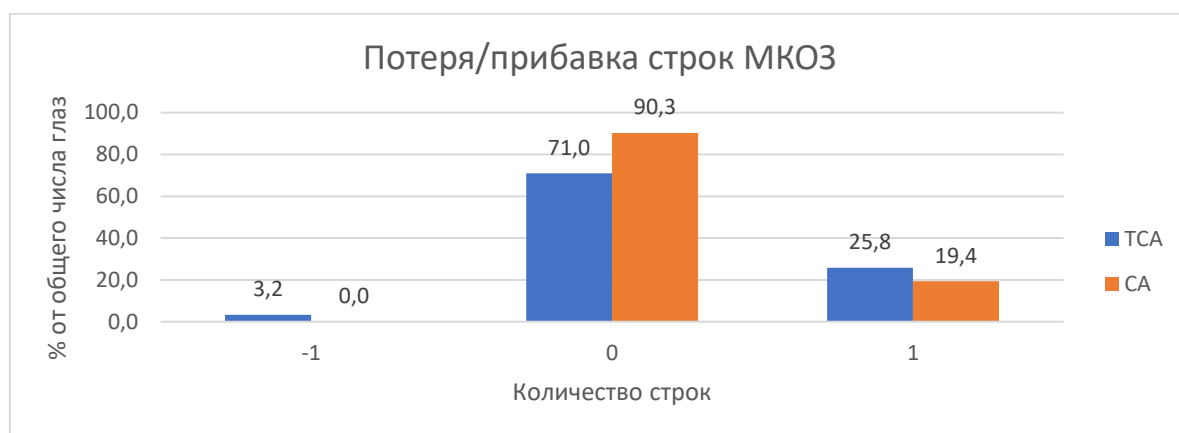


Рисунок 11 – Процентные значения потери/прибавки строк в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА

Значения кератотопографических индексов подгрупп представлены в таблице 11. У трех пациента в подгруппе СБФКТСА в дооперационном и у четырех в послеоперационных периодах индекс SRI имел пограничные значения в связи с выраженным синдромом «сухого глаза», который кератотопографически нивелировался инстилляциями препаратов «искусственной слезы» средней вязкости с повышением субъективной остроты зрения. У всех остальных пациентов в обеих подгруппах значения SRI и SAI не превышали значений референтной нормы.

Таблица 11 – Значения кератотопографических индексов для подгрупп СБФКТСА и СБФКСА

Параметр	ТСА		СА	
	До операции	12 месяцев	До операции	12 месяцев
SRI, $M \pm \delta$	0,10 \pm 0,15 (от 0,01 до 0,53)	0,10 \pm 0,10 (от 0,04 до 0,53)	0,10 \pm 0,10 (от 0,03 до 0,33)	0,10 \pm 0,08 (от 0,03 до 0,34)
SAI, $M \pm \delta$	0,3 \pm 0,09 (от 0,11 до 0,48)	0,3 \pm 0,08 (от 0,10 до 0,47)	0,3 \pm 0,07 (от 0,16 до 0,48)	0,3 \pm 0,09 (от 0,13 до 0,50)

*Разница статистически достоверна относительно дооперационных значений, $p < 0,5$

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$

Значения максимального диаметра зрачка (таблица 12) в обеих группах были сопоставимы и составляли $6,52 \pm 0,15$ мм (от 5,7 до 6,8 мм) и $6,44 \pm 0,21$ мм (от 5,7 до 6,9 мм) в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА соответственно, в то время как средний диаметр оптической зоны в подгруппе СБФКТСА был значимо больше, чем в подгруппе СБФКСА (рисунок 12): $6,65 \pm 0,17$ мм (от 6,4 до 7,0 мм) против $6,07 \pm 0,09$ мм (от 6,0 до 6,3 мм).

Таблица 12 – Значения диаметра оптической зоны и максимального диаметра зрачка в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА

Параметр	СБФКТСА	СБФКСА
Диаметр оптической зоны (мм), $M \pm \delta$	$6,65 \pm 0,17$ (от 6,4 до 7,0)**	$6,07 \pm 0,09$ (от 6,0 до 6,3)
Максимальный диаметр зрачка (мм), $M \pm \delta$	$6,52 \pm 0,15$ (от 5,7 до 6,8)	$6,44 \pm 0,21$ (от 5,7 до 6,9)*

*Разница статистически достоверна относительно диаметра оптической зоны значений, $p < 0,5$

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$

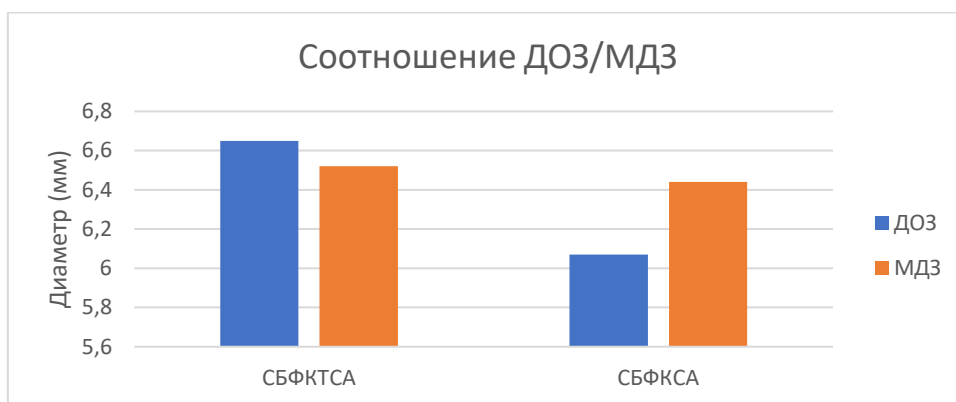


Рисунок 12 – Сравнительные значения ДОЗ и МДЗ в группах СБФКТСА и СБФКСА

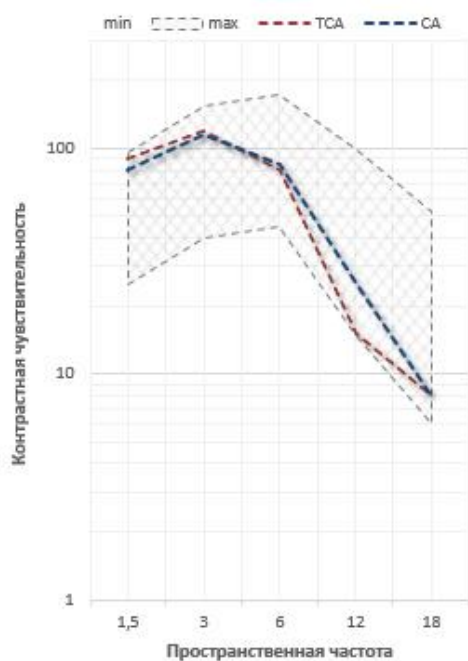
Пространственная контрастная чувствительность (таблица 13) в обеих группах была пропорционально увеличена и достигла значений нормы как на высоких, так и на низких частотах при любых условиях освещенности (рисунки 13 и 14). Использование широкой оптической зоны при ТСА позволило значительно повысить уровень контрастной чувствительности на низких пространственных частотах.

Таблица 13 – Значения пространственной контрастной чувствительности для подгрупп СБФКТСА и СБФКСА в сроки: до операции и 12 месяцев после операции

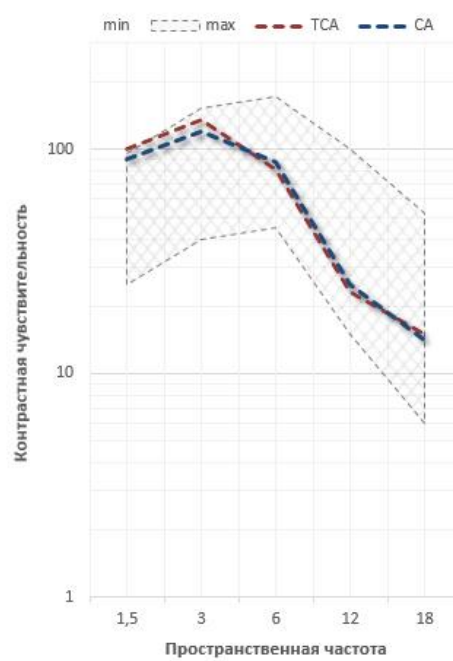
Пространственная частота (цикл/град)	СБФКТСА				СБФКСА			
	Фотопические условия		Мезопические условия		Фотопические условия		Мезопические условия	
	До	Год	До	Год	До	Год	До	Год
"1,5", $M \pm \delta$	90 ± 11	100 ± 10	45 ± 10	$60 \pm 12^*$	80 ± 9	$91 \pm 11^*$	50 ± 9	55 ± 13
"5", $M \pm \delta$	120 ± 14	$135 \pm 12^*$	32 ± 6	$48 \pm 10^*$	114 ± 9	120 ± 13	40 ± 9	50 ± 7
"6", $M \pm \delta$	80 ± 10	82 ± 9	44 ± 7	45 ± 10	85 ± 7	88 ± 12	$34 \pm 8^{**}$	45 ± 10
"12", $M \pm \delta$	15 ± 8	23 ± 6	10 ± 3	$20 \pm 5^*$	25 ± 7	25 ± 5	15 ± 4	20 ± 10
"18", $M \pm \delta$	8 ± 3	$15 \pm 5^*$	8 ± 3	$14 \pm 5^*$	8 ± 2	$14 \pm 5^*$	8 ± 2	$11 \pm 3^*$

*Разница статистически достоверна относительно дооперационных значений, $p < 0,5$

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$



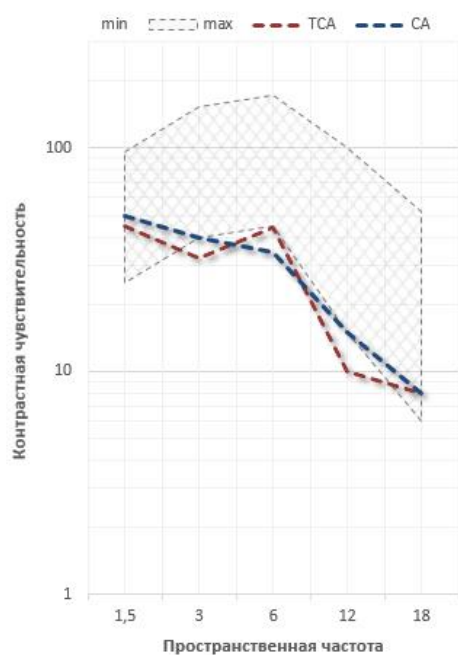
а.



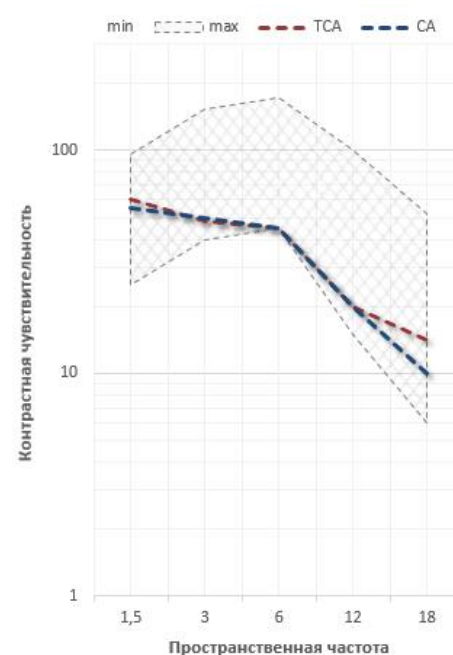
б.

а - до операции; б - через 12 месяцев после операции

Рисунок 13 – Сравнение пространственной контрастной чувствительности в фотопических условиях после СБФКТСА и СБФКСА



а.



б.

а - до операции; б - через 12 месяцев после операции

Рисунок 14 – Сравнение пространственной контрастной чувствительности в мезопических условиях после СБФКТСА и СБФКСА

5.2 Клинико-функциональные результаты коррекции миопии по технологиям «Суббоуменовый фемтокератомилез с тканесохраняющей абляцией» и «Суббоуменовый фемтокератомилез со стандартным алгоритмом абляции» при коррекции миопии высокой степени (от -6,25 до -10,0 дптр)

Целью формирования данной группы являлось выяснение сопоставимости клинико-функциональных результатов применения ТСА и СА при коррекции миопии от -6,0 до -10,0 дптр, когда толщины роговицы было недостаточно для достижения целевой эмметропии при использовании стандартного алгоритма кератоабляции. Группа формировалась из двух подгрупп, включающих 30 глаз (30 человек), прооперированных по технологии СБФКТСА и 34 глаза (34 человека) – по технологии СБФКСА (контрольная группа).

Оценка клинико-функциональных результатов пациентов в данной проспективной группе выполнялась в следующие сроки: до операции, 1 день, 3, 6 и 12 месяцев после операции. Оценивались острота зрения (МКОЗ и НКОЗ), сферэквивалент рефракции, дооперационная ЦТР и резидуальная строма, кератотопографические индексы (SRI и SAI), форма задней поверхности роговицы по индексу Db, пространственная контрастная чувствительность в различных условиях освещения (два фотопических и два мезопических режимов), Q-константа передней поверхности роговицы, соотношение МДЗ и ДОЗ, аберрации (сферические и высшего порядка), оценка ВГД с использованием поправочных коэффициентов (в программной среде кератотопографа Pentacam HR), коэффициенты эффективности и безопасности. Также, в отдаленные послеоперационные сроки всем пациентам проводилось анкетирование.

Численные значения динамики НКОЗ и МКОЗ обеих подгрупп в различные сроки наблюдения представлены в таблице 14. Из полученных данных видно, что очевидный прирост значений НКОЗ (рисунок 15) относительно дооперационных ($p < 0,5$), а также значительное увеличение МКОЗ (рисунок 16) относительно дооперационных значений, что, возможно, связано с увеличением размера

ретиального изображения после проведенной кераторефракционной операции. Последнее можно объяснить наличием воздушной среды между элементом оптической коррекции (минусовой очковой линзы в корректирующей пробной оправе) и оптической системой глаза, что приводит к значительному искажению светового пучка за счет присущих линзе aberrаций в виде дисторсии по типу «подушки».

Таблица 14 – Значения НКОЗ и МКОЗ в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА в сроки: до операции, 1 день, 3 месяца, 6 месяцев и 12 месяцев после операции

Вид операции	Острота зрения	До операции, М ± δ	1 день, М ± δ	1 месяц, М ± δ	3 месяца, М ± δ	6 месяцев, М ± δ	12 месяцев, М ± δ
СБФКТСА	НКОЗ	0,03 ± 0,01 (от 0,01 до 0,05)	0,79 ± 0,22 (от 0,1 до 1,0)*	0,87 ± 0,20 (от 0,4 до 1,0)*	0,97 ± 0,09 (от 0,7 до 1,2)*	0,91 ± 0,16 (от 0,6 до 1,2)*	0,95 ± 0,12 (от 0,7 до 1,2)*
	МКОЗ	0,88 ± 0,14 (от 0,5 до 1,0)	0,98 ± 0,10 (от 0,6 до 1,2)	1,02 ± 0,1 (от 0,8 до 1,2)	1,0 ± 0,08 (от 0,8 до 1,2)	1,03 ± 0,07 (от 1,0 до 1,2)	1,04 ± 0,09 (от 0,9 до 1,2)
СБФКСА	НКОЗ	0,03 ± 0,02 (от 0,02 до 0,1)	0,91 ± 0,13 (от 0,7 до 1,0)*	0,92 ± 0,09 (от 0,8 до 1,0)*	0,97 ± 0,05 (от 0,9 до 1,0)*	0,96 ± 0,11 (от 0,8 до 1,0)*	0,89 ± 0,13 (от 0,6 до 1,0)*
	МКОЗ	0,98 ± 0,06 (от 0,8 до 1,0)	1,02 ± 0,06 (от 1,0 до 1,2)	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,06 ± 0,09 (от 1,0 до 1,2)	1,01 ± 0,05 (от 1,0 до 1,2)

*Разница статистически достоверна относительно дооперационных значений, $p < 0,05$

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$

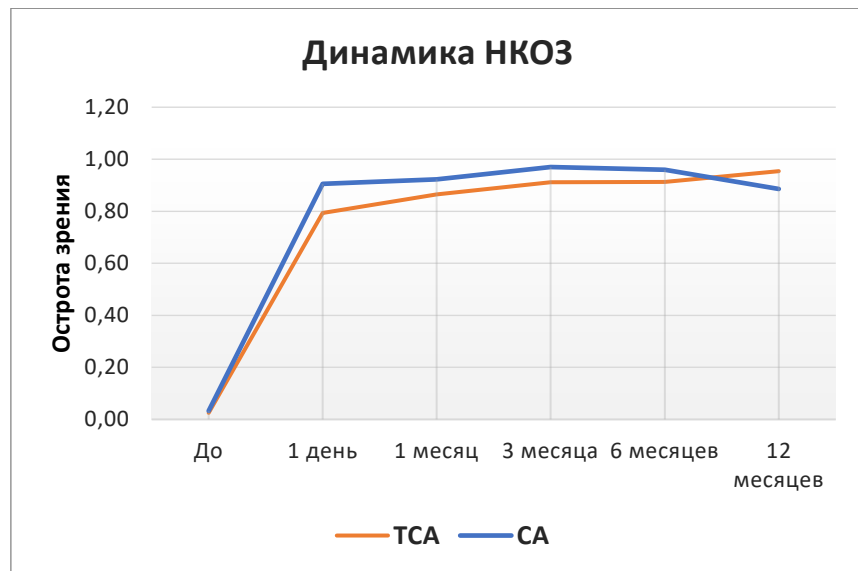


Рисунок 15 – Сравнительные значения НКОЗ в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА

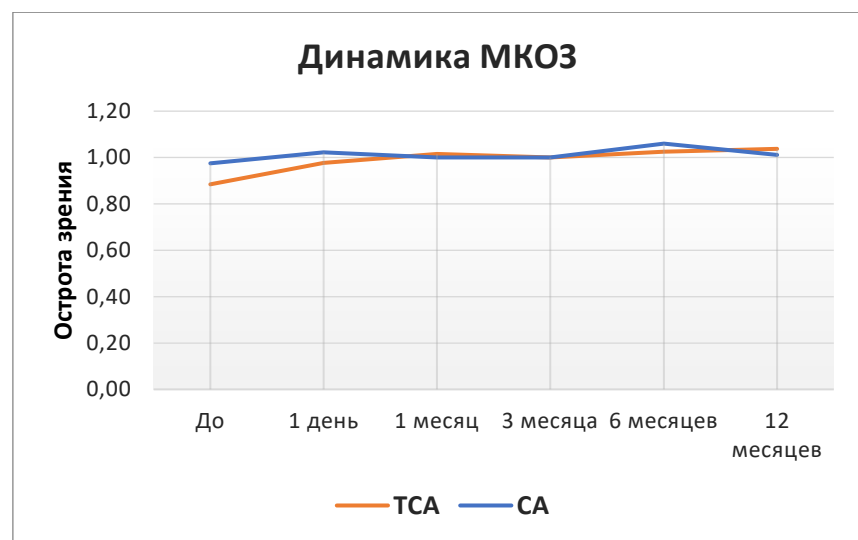


Рисунок 16 – Сравнительные значения МКОЗ в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА

Средний сферэквивалент в группах СБФКТСА и СБФКСА (таблица 15) до операции составлял $-8,20 \pm 1,37$ дптр (от $-6,0$ до $-10,0$ дптр) и $-7,76 \pm 1,51$ дптр (от $-6,0$ до $-10,0$ дптр), а в срок 12 месяцев после операции $-0,92 \pm 0,16$ дптр (от $0,00$ до $-0,75$ дптр) и $-0,82 \pm 0,26$ дптр (от $0,0$ до $-1,5$ дптр) соответственно. Разница в СЭ в дооперационном периоде между группами была статистически достоверна

($p < 0,5$), а к сроку наблюдения 12 месяцев значения были сопоставимые ($p = 0,05$).

Таблица 15 – Значения сферэквивалента в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА

Вид операции	До операции, $M \pm \delta$	1 день, $M \pm \delta$	1 месяц, $M \pm \delta$	3 месяца, $M \pm \delta$	6 месяцев, $M \pm \delta$	12 месяцев, $M \pm \delta$
СБФКТСА	$-8,20 \pm 1,37$ (от -6,0 до -10,0)	$-0,63 \pm 0,17$ (от 0,0 до -2,0)*	$-1,08 \pm 0,16$ (от 0,0 до -1,75)*	$-1,0 \pm 0,15$ (от 0,0 до -1,25)*	$-1,0 \pm 0,15$ (от 0,0 до -1,5)*	$-0,92 \pm 0,16$ (от 0,0 до -1,5)*
СБФКСА	$-7,76 \pm 1,49$ (от -6,0 до -10,0)	$-0,58 \pm 0,43$ (от 0,0 до -1,5)*	$-0,52 \pm 0,41$ (от 0,0 до -1,25)*	$-0,5 \pm 0,41$ (от 0,0 до -1,25)*	$-0,79 \pm 0,32$ (от 0,0 до -1,25)*	$-0,82 \pm 0,26$ (от 0,0 до -1,50)*

*Разница статистически достоверна относительно дооперационных значений, $p < 0,05$

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$

Процент глаз с изменением рефракции через год больше 0,5 дптр для групп СБФКТСА и СБФКСА составил 20% (6 глаз) и 21% (7 глаз) соответственно. Усредненные значения коэффициентов эффективности и безопасности представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Значения коэффициентов эффективности и безопасности для подгрупп СБФКТСА и СБФКСА

Коэффициенты	СБФКТСА	СБФКСА
Эффективности	$112 \pm 23,1^*$	$90 \pm 10,4$
Безопасности	$110 \pm 12,5^*$	$115 \pm 20,1$

*Разница статистически не достоверна относительно значений контрольной группы, $p > 0,05$

Соотношение запланированной и достигнутой рефракций для обеих подгрупп представлено на рисунке 17.

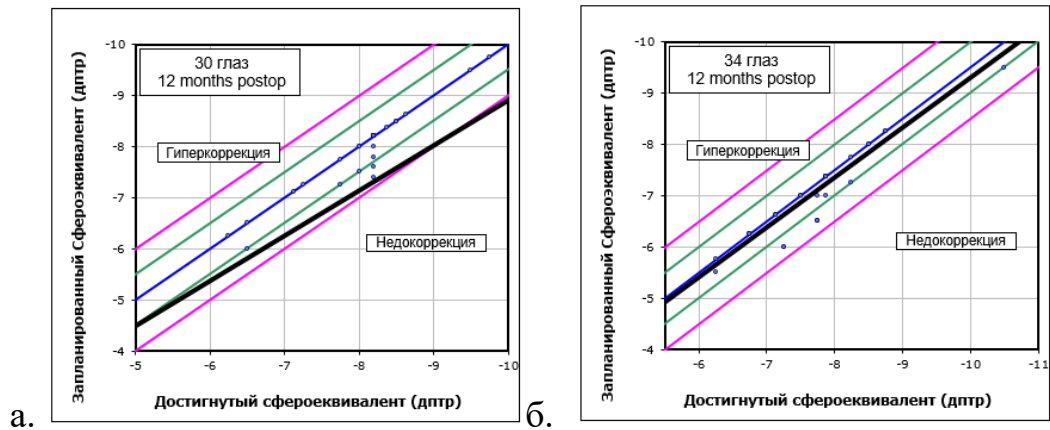


Рисунок 17 – Соотношение запланированной и достигнутой рефракций для подгрупп СБФКТСА (а) и СБФКСА (б)

К 12 месяцам наблюдения в обеих подгруппах ни у одного пациента не наблюдалось потери строк МКОЗ относительно дооперационных значений. Процентные значения прибавки строк в каждой подгруппе представлены на рисунке 18. В подгруппе СБФКТСА определялась значимо большая прибавка количества строк МКОЗ в сравнении с подгруппой СБФКСА.

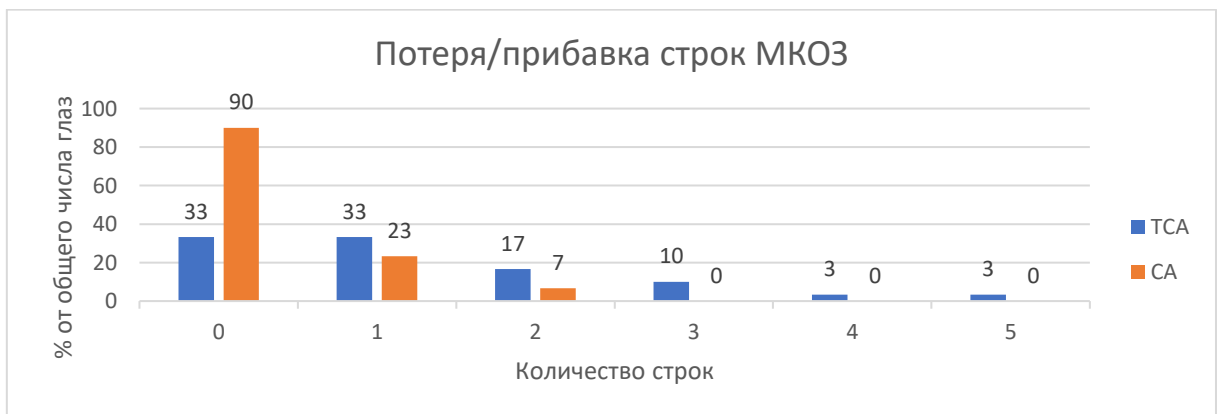


Рисунок 18 – Процентные значения потери/прибавки строк в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА

Значения кератотопографических индексов подгрупп представлены в таблице 17. Ни у одного пациента на протяжении всего срока наблюдения значения SRI (рисунок 19) и SAI (рисунок 20) не превышали значений референтной нормы.

Таблица 17 – Значения кератотопографических индексов для подгрупп СБФКТСА и СБФКСА

Вид операции	Параметр	До операции, M ± δ	1 день, M ± δ	1 месяц, M ± δ	3 месяца, M ± δ	6 месяцев, M ± δ	12 месяцев, M ± δ
СБФКТСА	SRI	0,21 ± 0,16 (от 0,01 до 0,73)	0,30 ± 0,21 (от 0,01 до 0,74)	0,31 ± 0,17 (от 0,03 до 0,54)	0,21 ± 0,22 (от 0,06 до 0,92)	0,12 ± 0,10 (от 0,05 до 0,33)	0,16 ± 0,17 (от 0,03 до 0,69)
	SAI	0,30 ± 0,11 (от 0,15 до 0,53)	0,52 ± 0,33 (от 0,18 до 1,52)*	0,50 ± 0,32 (от 0,18 до 4,52)*	0,43 ± 0,23 (от 0,12 до 1,11)*	0,35 ± 0,19 (от 0,18 до 0,82)	0,38 ± 0,16 (от 0,18 до 0,70)
СБФКСА	SRI	0,12 ± 0,08 (от 0,01 до 0,24)	0,12 ± 0,10 (от 0,02 до 0,32)	0,26 ± 0,31 (от 0,02 до 0,85)*	0,18 ± 0,14 (от 0,05 до 0,48)	0,15 ± 0,13 (от 0,05 до 0,48)	0,26 ± 0,28 (от 0,04 до 0,85)*
	SAI	0,26 ± 0,09 (от 0,17 до 0,48)	0,36 ± 0,13 (от 0,17 до 0,70)*	0,48 ± 0,23 (от 0,21 до 0,67)*	0,43 ± 0,19 (от 0,18 до 0,67)*	0,44 ± 0,21 (от 0,19 до 0,77)*	0,45 ± 0,17 (от 0,16 до 0,77)*

*Разница статистически достоверна относительно дооперационных значений, $p < 0,5$

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$

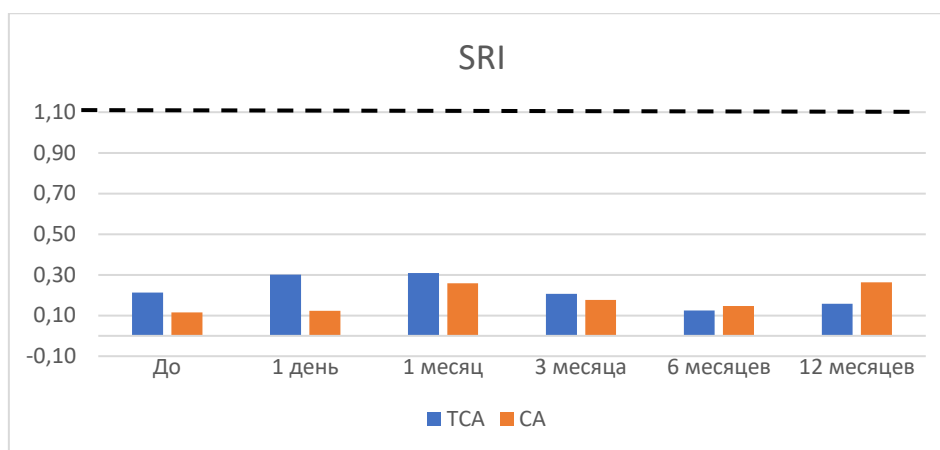


Рисунок 19 – Сравнительные значения SRI в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА. Пунктирной линией обозначена граница минимального значения нормы

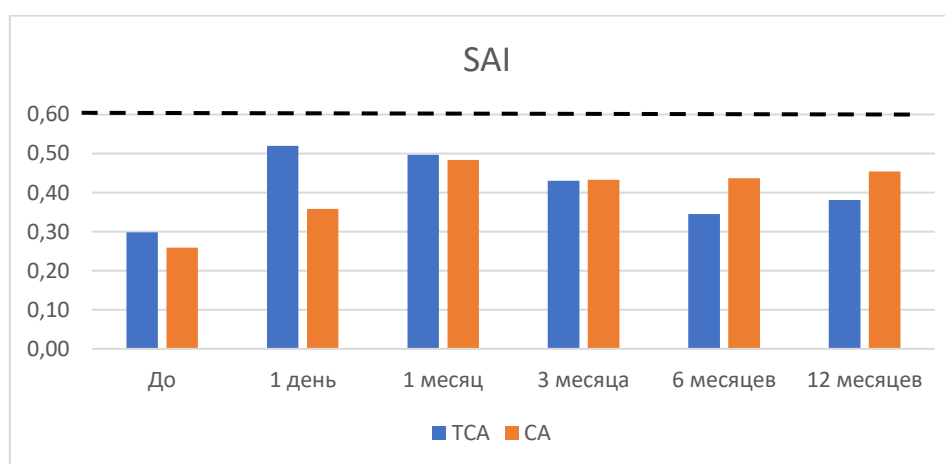


Рисунок 20 – Сравнительные значения индекса SRI в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА. Пунктирной линией обозначена граница минимального значения нормы

Для оценки биомеханической стабильности роговицы и мониторинга развития ятрогенной кератэктазии, использовался индекс Db, средние значения которого представлены в таблице 18. Ни в одной из групп не было отмечено превышения минимально допустимых референтных значений (рисунок 21), что говорит об отсутствии признаков биомеханических осложнений.

Таблица 18 – Значения индекса Db для подгрупп СБФКТСА и СБФКСА

Сроки наблюдения	СБФКТСА	СБФКСА
До оп., М ± δ	-0,18 ± 0,68 (от -1,22 до 0,89)	-0,19 ± 0,46 (от -1,15 до 0,42)
1 день, М ± δ	-0,53 ± 0,63 (от -1,48 до 0,58)	-0,56 ± 0,42 (от -1,13 до 0,32)
1 месяц, М ± δ	-0,28 ± 0,69 (от -1,41 до 1,05)	-0,42 ± 0,48 (от -1,12 до 0,35)
3 месяца, М ± δ	-0,29 ± 0,79 (от -1,46 до 1,47)	-0,33 ± 0,5 (от -1,05 до 0,67)
6 месяцев, М ± δ	-0,10 ± 0,82 (от -1,46 до 1,19)	-0,39 ± 0,56 (от -1,09 до 0,54)
12 месяцев, М ± δ	-0,24 ± 0,89 (от -1,46 до 1,48)	-0,33 ± 0,48 (от -1,12 до 0,97)

*Разница статистически достоверна относительно дооперационных значений, $p < 0,5$

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$

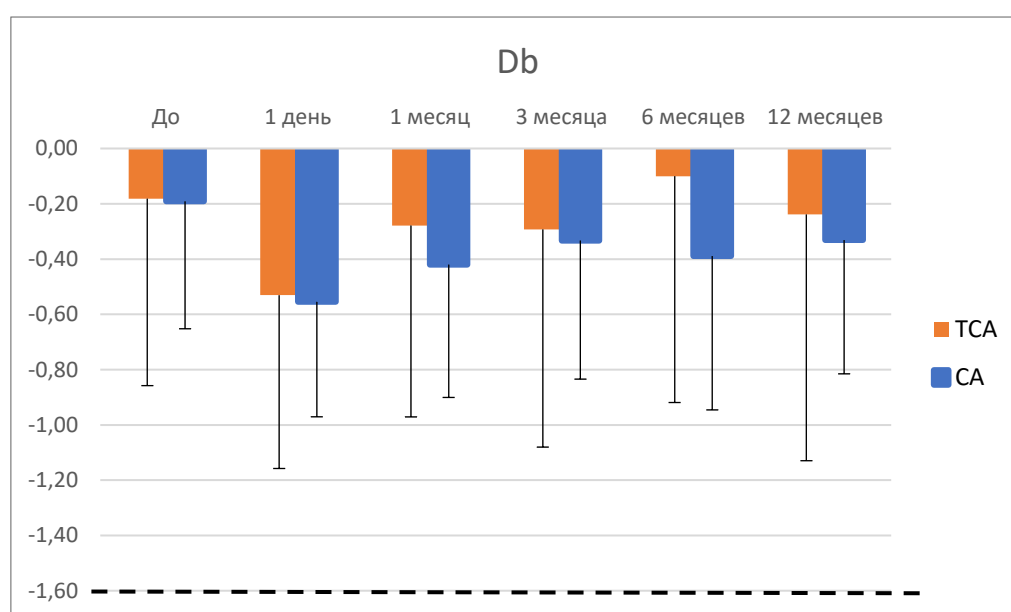


Рисунок 21 – Сравнительные значения Db в группах СБФКТСА и СБФКСА. Пунктирной линией обозначена граница минимального значения нормы

Значения конической константы (Q-константы) передней поверхности роговицы представлены в таблице 19. У всех пациентов в обеих группах наблюдалось увеличение показателя со смещением к положительным значениям. При этом, при фактически одинаковых предоперационных значениях ($-0,33 \pm 0,09$

(от -0,49 до -0,16) в подгруппе СБФКТСА и $-0,32 \pm 0,10$ (от -0,46 до -0,12) в подгруппе СБФКСА), в отдаленных сроках наблюдения, в группе СБФКТСА они имели более высокие значения и составляли $0,78 \pm 0,33$ (от 0,33 до 1,44) против $0,93 \pm 0,33$ (от 0,39 до 1,43) в подгруппе СБФКСА.

Таблица 19 – Значения конической константы передней поверхности роговицы для подгрупп СБФКТСА и СБФКСА

Сроки наблюдения	СБФКТСА	СБФКСА
До оп., $M \pm \delta$	$-0,33 \pm 0,09$ (от -0,49 до -0,16)	$-0,32 \pm 0,10$ (от -0,46 до -0,12)
1 день, $M \pm \delta$	$0,95 \pm 0,32$ (от 0,33 до 1,66)*	$0,81 \pm 0,26$ (от 0,37 до 1,15)*
1 месяц, $M \pm \delta$	$0,84 \pm 0,28$ (от 0,39 до 1,27)*	$0,88 \pm 0,29$ (от 0,46 до 1,24)*
3 месяца, $M \pm \delta$	$0,88 \pm 0,33$ (от 0,29 до 1,44)*	$1,14 \pm 0,17$ (от 0,86 до 1,30)*
6 месяцев, $M \pm \delta$	$0,76 \pm 0,29$ (от 0,23 до 1,12)*	$1,04 \pm 0,32$ (от 0,39 до 1,29)*
12 мес., $M \pm \delta$	$0,78 \pm 0,33$ (от 0,33 до 1,44)*	$0,93 \pm 0,33$ (от 0,39 до 1,43)*

*Разница статистически достоверна относительно дооперационных значений, $p < 0,05$

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$

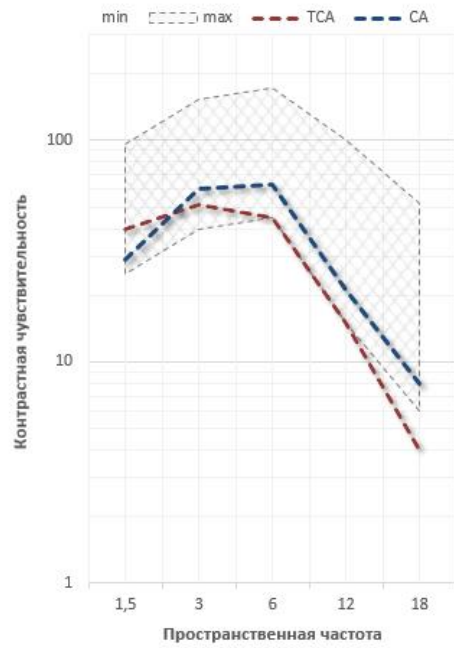
Показатели пространственной контрастной чувствительности (таблица 20) в фотопических условиях как с предъявлением засвета (рисунок 22), так и без него (рисунок 23) были увеличены пропорционально дооперационным (исходно ПКЧ в подгруппе СБФКСА была выше, чем в подгруппе СБФКТСА) и соответствовали интервалу референтной нормы. Показатели ПКЧ в условиях пониженной освещенности также возросли в послеоперационном периоде, однако не достигали значений нормы на высоких частотах без предъявления засвета (рисунок 24) и, дополнительно, на средних частотах при предъявлении последнего (рисунок 25).

Таблица 20 – Значения пространственной контрастной чувствительности для подгрупп СБФКТСА и СБФКСА в сроки: до операции и 12 месяцев после операции

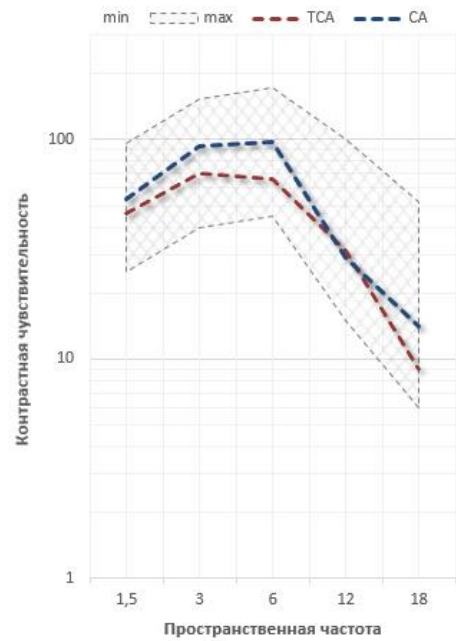
Сроки наблюдения	Пространственная частота (цикл/град)	СБФКТСА				СБФКСА			
		Фотопические условия		Мезопические условия		Фотопические условия		Мезопические условия	
		Без засвета	С засветом	Без засвета	С засветом	Без засвета	С засветом	Без засвета	С засветом
До операции	"1,5", М ± δ	40 ± 19	41 ± 20	46 ± 24	24 ± 18	29 ± 9	32 ± 13	49 ± 22	22 ± 11
	"5", М ± δ	51 ± 25	51 ± 24	45 ± 28	24 ± 16	60 ± 29	60 ± 20	52 ± 15	34 ± 21
	"6", М ± δ	45 ± 33	45 ± 39	30 ± 28	13 ± 17	63 ± 28	70 ± 25	41 ± 11	18 ± 18
	"12", М ± δ	15 ± 12	14 ± 13	5 ± 9	1 ± 4	21 ± 8	25 ± 10	5 ± 7	2 ± 5
	"18", М ± δ	4 ± 5	3 ± 5	1 ± 3	0 ± 1	8 ± 4	8 ± 6	1 ± 2	1 ± 3
12 месяцев	"1,5", М ± δ	46 ± 26	61 ± 32*	53 ± 29	46 ± 31*	54 ± 18*	60 ± 21*	58 ± 22	47 ± 14*
	"5", М ± δ	70 ± 39	88 ± 36*	66 ± 43	53 ± 35*	93 ± 25*	92 ± 22*	77 ± 22*	60 ± 26*
	"6", М ± δ	66 ± 38	78 ± 37	44 ± 23	32 ± 22*	98 ± 38	98 ± 33*	62 ± 27*	46 ± 18*
	"12", М ± δ	31 ± 29*	22 ± 16	14 ± 17*	7 ± 8*	29 ± 9	37 ± 14*	14 ± 7*	9 ± 6*
	"18", М ± δ	9 ± 7*	8 ± 8*	1 ± 3	1 ± 2	14 ± 5*	14 ± 5	3 ± 4	1 ± 2

*Разница статистически достоверна относительно дооперационных значений, $p < 0,5$

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$



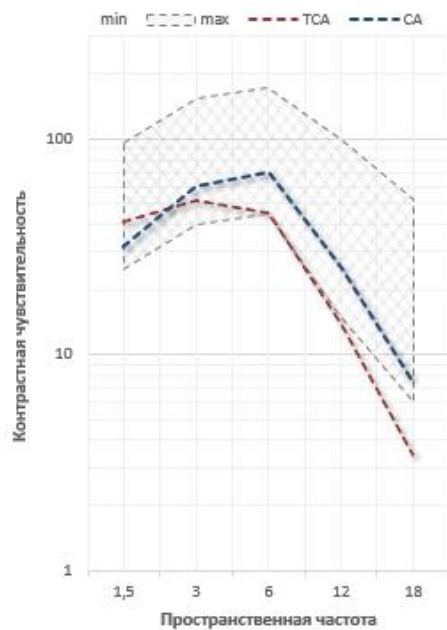
а.



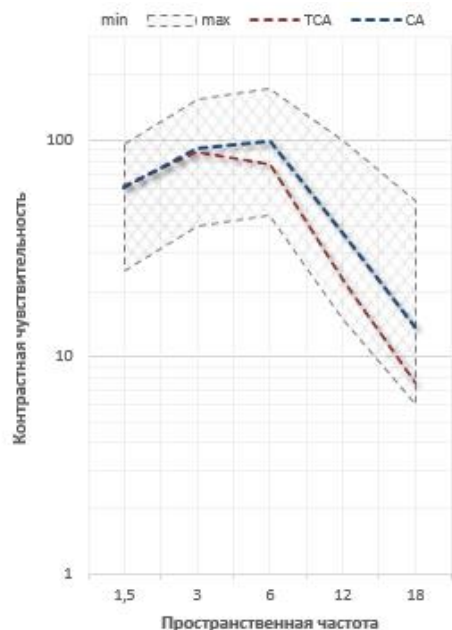
б.

а - до операции; б - через 12 месяцев после операции

Рисунок 22 – Сравнение пространственной контрастной чувствительности в фотопических условиях без засвета после СБФКТСА и СБФКСА



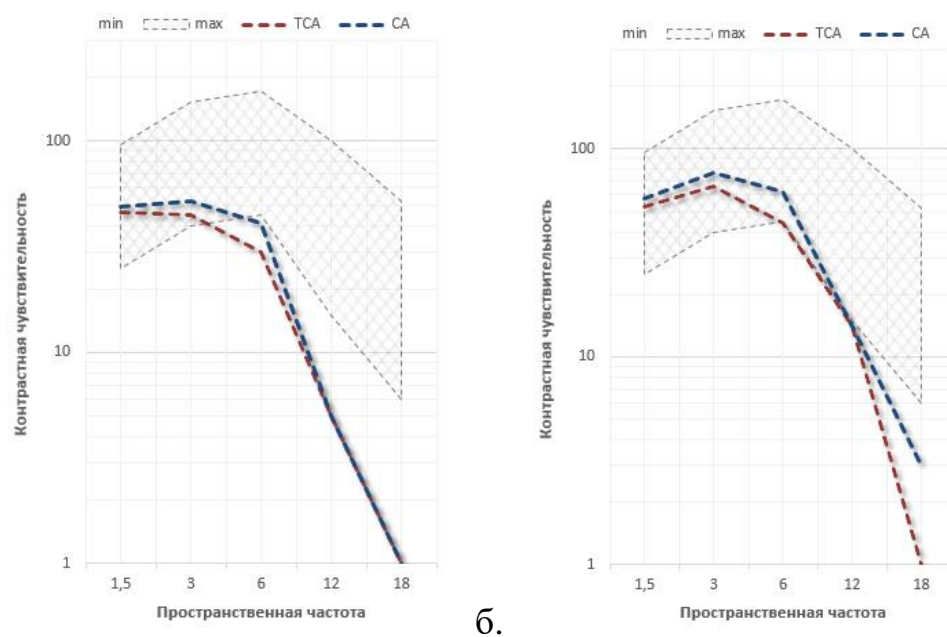
а.



б.

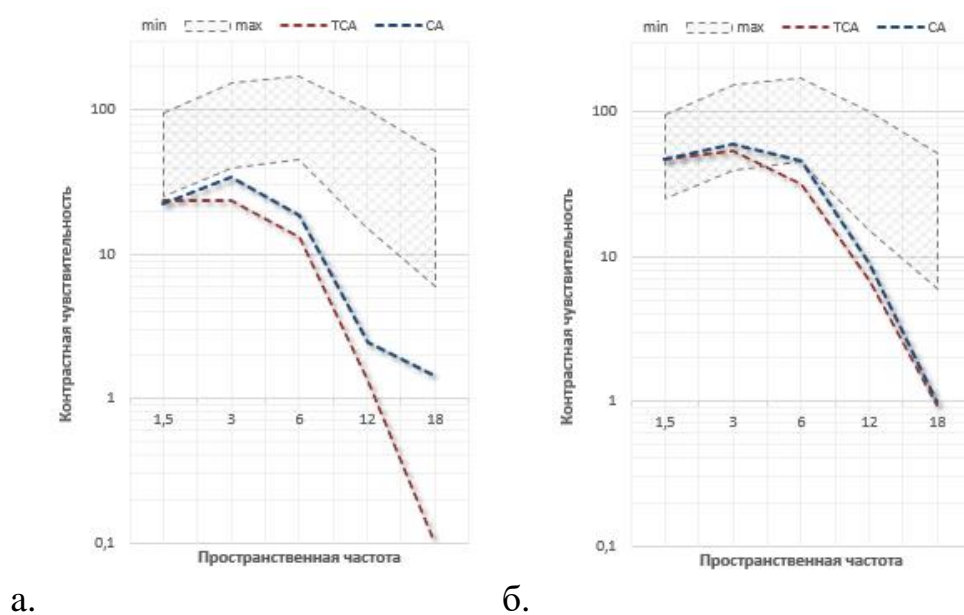
а - до операции; б - через 12 месяцев после операции

Рисунок 23 – Сравнение пространственной контрастной чувствительности в фотопических условиях с засветом после СБФКТСА и СБФКСА



а - до операции; б - через 12 месяцев после операции

Рисунок 24 – Сравнение пространственной контрастной чувствительности в мезопических условиях без засвета после СБФКТСА и СБФКСА



а - до операции; б - через 12 месяцев после операции

Рисунок 25 – Сравнение пространственной контрастной чувствительности в мезопических условиях с засветом после СБФКТСА и СБФКСА

Предоперационные значения центральной толщины роговицы в подгруппах были статистически несопоставимы и были ниже в подгруппе СБФКТСА, что объясняется невозможностью расчета целевой рефракции на эмметропию при имеющихся у пациентов значениях: $542,2 \pm 18,4$ (от 501 до 583) против $582,4 \pm 41,6$ (от 526 до 636) в группе СБФКСА. Значения резидуальной стромы были сопоставимы и представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Значения предоперационной центральной толщины роговицы и резидуальной стромы для подгрупп СБФКТСА и СБФКСА

Параметр	СБФКТСА	СБФКСА
ЦТР до операции (мкм), M ± δ	$542,2 \pm 18,4$ (от 501 до 583)**	$582,4 \pm 41,6$ (от 526 до 636)
Толщина резидуальной стромы (мкм), M ± δ	$311,2 \pm 11,8$ (от 295 до 340)*	$328,9 \pm 31,8$ (от 300 до 384)*

*Разница статистически достоверна относительно дооперационных значений, $p < 0,5$

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$

Значения ДОЗ и МДЗ (таблица 22) в обеих группах были сопоставимы и составляли $6,5 \pm 0,3$ мм (от 6,0 до 7,0 мм) и $6,5 \pm 0,2$ мм (от 6,2 до 7,0 мм), $6,5 \pm 0,3$ мм (от 5,9 до 7,0 мм) и $6,6 \pm 0,3$ мм (от 6,0 до 7,1 мм) в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА соответственно.

Таблица 22 – Значения диаметра оптической зоны и максимального диаметра зрачка в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА

Параметр	СБФКТСА	СБФКСА
Диаметр оптической зоны (мм), M ± δ	$6,5 \pm 0,3$ (от 6,0 до 7,0)	$6,5 \pm 0,2$ (от 6,2 до 7,0)
Максимальный диаметр зрачка (мм), M ± δ	$6,5 \pm 0,3$ (от 5,9 до 7,0)	$6,6 \pm 0,3$ (от 6,0 до 7,1)

*Разница статистически достоверна относительно диаметра оптической зоны, $p < 0,5$

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$

Значения аберраций высшего порядка и сферических аберраций колебались в течение всех сроков наблюдения (таблица 23) и трудно поддавались качественному анализу. Тем не менее, построение линии тренда (по линейному алгоритму) на рисунках 26 и 27 позволяет выявить общую тенденцию, которая указывает на более высокие значения индуцированных аберраций при выполнении операции по технологии СБФКТСА.

Таблица 23 – Значения аберраций высшего порядка и сферических аберраций для подгрупп СБФКТСА и СБФКСА

Сроки наблюдения	СБФКТСА		СБФКСА	
	Аберрации высшего порядка (мкм), $M \pm \delta$	Сферические аберрации (мкм), $M \pm \delta$	Аберрации высшего порядка (мкм), $M \pm \delta$	Сферические аберрации (мкм), $M \pm \delta$
До операции	$0,23 \pm 0,20$ (от 0,11 до 1,43)	$0,01 \pm 0,06$ (от -0,18 до 0,18)	$0,20 \pm 0,07$ (от 0,11 до 0,38)	$-0,01 \pm 0,05$ (от -0,09 до 0,07)
1 день	$0,36 \pm 0,27$ (от 0,12 до 1,50)	$0,03 \pm 0,13$ (от -0,17 до 0,36)	$0,24 \pm 0,09$ (от 0,12 до 0,45)	$-0,02 \pm 0,03$ (от -0,06 до 0,02)
1 месяц	$0,36 \pm 0,16$ (от 0,14 до 0,86)	$0,07 \pm 0,13$ (от -0,20 до 0,39)*	$0,34 \pm 0,27$ (от 0,08 до 1,04)*	$-0,06 \pm 0,10$ (от -0,26 до 0,07)*
3 месяца	$0,43 \pm 0,64$ (от 0,11 до 3,62)*	$0,06 \pm 0,15$ (от -0,42 до 0,31)	$0,31 \pm 0,16$ (от 0,20 до 0,42)*	$0,03 \pm 0,01$ (от 0,02 до 0,04)
6 месяцев	$0,46 \pm 0,69$ (от 0,11 до 3,62)*	$0,06 \pm 0,14$ (от -0,42 до 0,22)	$0,35 \pm 0,28$ (от 0,08 до 1,04)*	$0,01 \pm 0,17$ (от -0,20 до 0,30)
12 месяцев	$0,47 \pm 0,68$ (от 0,11 до 3,62)*	$0,05 \pm 0,23$ (от -0,80 до 0,31)	$0,34 \pm 0,29$ (от 0,08 до 1,04)*	$-0,02 \pm 0,11$ (от -0,20 до 0,20)

*Разница статистически достоверна относительно дооперационных значений, $p < 0,5$

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$

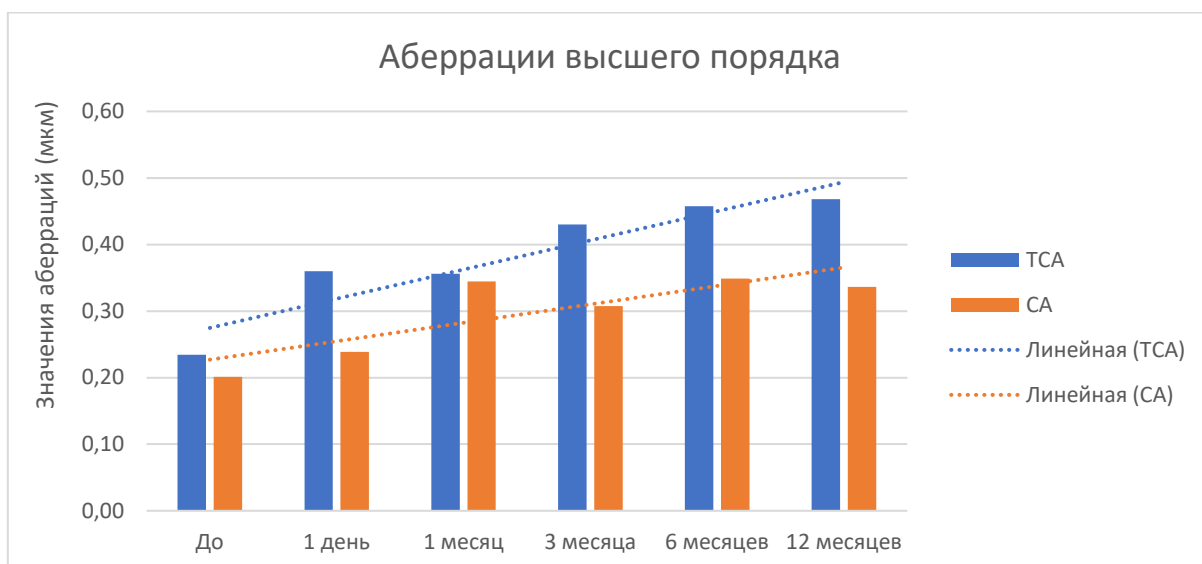


Рисунок 26 – Сравнительные значения аберраций высшего порядка в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА. Пунктиром построены линии трендов (по линейному алгоритму)

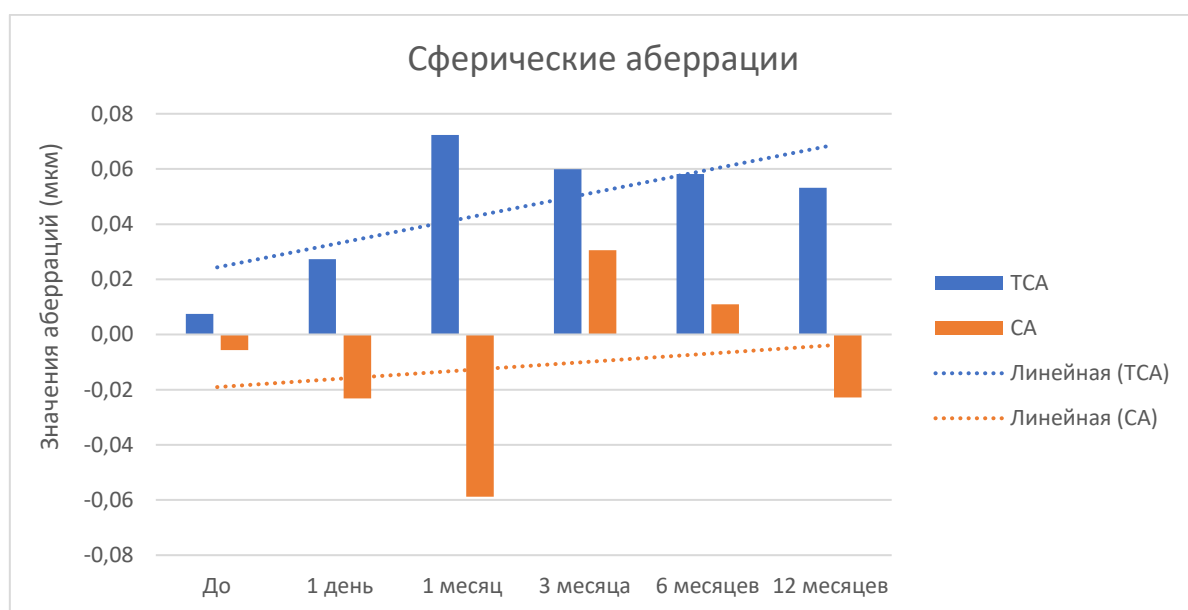


Рисунок 27 – Сравнительные значения сферических аберраций в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА. Пунктиром построены линии трендов (по линейному алгоритму)

Проведенное в отдаленные сроки анкетирование показало общую высокую удовлетворенность пациентов результатами операций в обеих подгруппах (таблица 24). В то же время, в каждой группе имелись пациенты со средним

уровнем удовлетворенности, связанным появлением паразитных засветов, которые имелись у 56,3% и 56,4% опрошенных и мешали восприятию визуальной информации у 25% и 26,3% в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА соответственно.

Таблица 24 – Результаты анкетирования пациентов в подгруппах СБФКТСА и СБФКСА в отдаленном послеоперационном периоде

Вопрос		СБФКТСА (%)	СБФКСА (%)
1. Позволила ли проведенная операция избавиться от очков?	Да	100	100
	Нет	-	-
2. Испытываете ли Вы нежелательные оптические явления («круги светорассеяния», «засветы»)?	Нет	43	43,8
	Редко	50	43,8
	Часто	-	6,3
	Постоянно	6,3	6,3
3. Насколько оптические эффекты мешают Вашему зрению?	Не мешают	56,3	50
	Привык к ним, и они меня не беспокоят	18,8	18,8
	Мешают только в определенных условиях освещения	25	25
	Сильно затрудняют восприятие и мешают только в определенных условиях освещения	-	6,3
	Сильно затрудняют восприятие	-	-
4. Удовлетворены ли	Да	87,5	81,2

Вы результатом операции	Частично	12,5	18,8
	Нет	-	-
5. Повторили бы вы операцию сейчас, если бы знали о сегодняшнем результате?	Да	93,8	100
	Нет	6,3	-

Таким образом, субъективная оценка зрительных функций показала достаточно высокие показатели удовлетворенности пациентами от полученного рефракционного результата как при ТСА, так и СА, что может говорить о высокой эффективности данных технологий. Тем не менее, существует риск возникновения нежелательных оптических эффектов в условиях пониженной освещенности, что следует учитывать при планировании хирургии с использованием данных технологий.

С целью поиска метода достоверной послеоперационной оценки ВГД было проведено исследование значимости поправочных формул, представленных в программном обеспечении кератотопографа Pentacam HR. В исследование вошло 54 глаза (54 человека) из трех подгрупп с миопией от -6,0 диоптрий и выше, в которых толщина резидуальной стромы составила ниже 330 мкм. Все повторные измерения внутриглазного давления выполнялись через месяц после операции на одном приборе и в первой половине дня (в промежутки с 9:00 до 11:00 часов). Измерения у каждого пациента повторялись трёхкратно с получением усредненного значения.

Из таблицы 25 видно, что во всех случаях послеоперационные значения пневмотонометрии были меньше дооперационных, что указывает на очевидную связь принципа работы устройства со структурными и/или геометрическими особенностями роговицы. При этом, минимальные отклонения имела поправочная формула Ehlers: $0,6 \pm 2,4$ (от -5,8 до 5,2). На рисунке 28 представлено процентное соотношение степени отклонения послеоперационных значений

относительно дооперационной пневмотонометрии, на котором можно увидеть, что в 94% случаев послеоперационные значения пневмотонометрии имели разницу относительно дооперационных в 4 и более единиц. Если учесть измерительную погрешность прибора, то минимальные отклонения имели поправочные формулы Ehlers и Shah (61,1% и 59,3% в пределах двух мм.рт.ст соответственно). В то же время полученных значений недостаточно для использования данных поправок в качестве контрольных в мониторинге изменений ВГД.

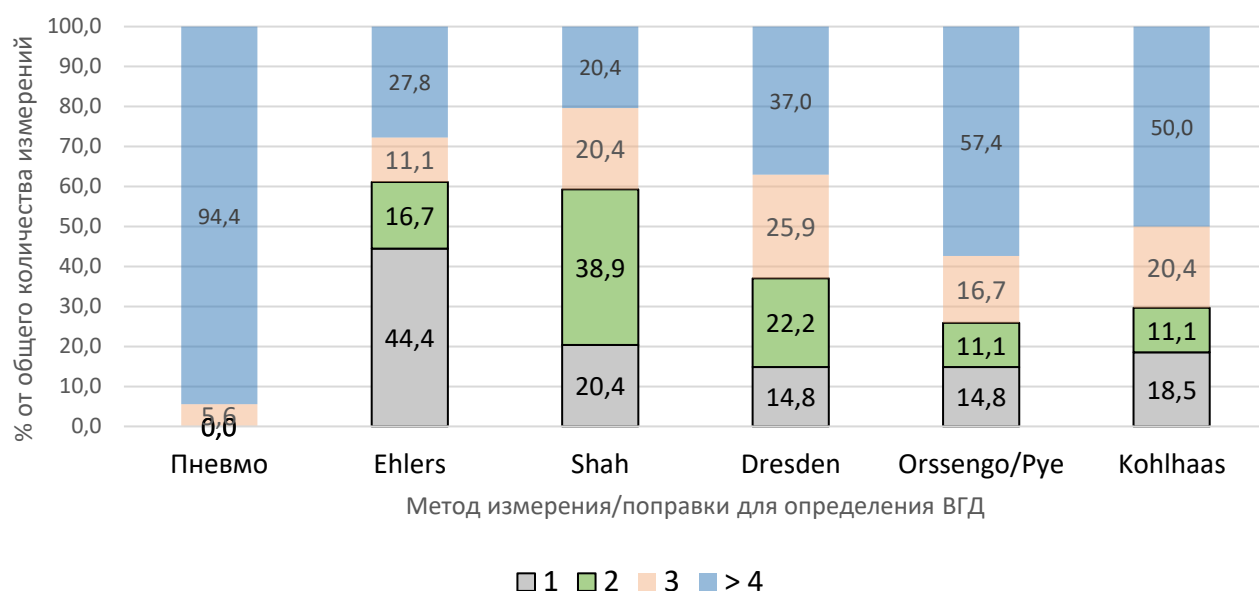


Рисунок 28 – Процентное отклонение послеоперационных показателей ВГД (на 0-1, 2, 3 или 4 и больше мм.рт.ст) с поправками и без относительно предоперационных значений пневмотонометрии. В рамку заключена доля минимальных отклонений относительно дооперационных (в пределах погрешности работы прибора)

Таблица 25 – Отклонение послеоперационных показателей ВГД с поправками и без относительно дооперационных значений пневмотонометрии ($17,2 \pm 2,6$ (от 11 до 23 мм рт.ст)).

Пневмотонометрия (мм рт.ст), $M \pm \delta / Me$	Поправочные формулы (мм рт.ст), $M \pm \delta / Me$				
	Ehlers	Shah	Dresden	Orssengo/Pye	Kohlhaas
$-7,2 \pm 2,2$ (от -12,0 до -3,0) / -7,0	$0,6 \pm 2,4$ (от -5,8 до 5,2) / 0,55*	$-1,5 \pm 2,3$ (от -7,4 до 3,0) / -1,55*	$-2,6 \pm 2,2$ (от -8,3 до 1,8) / -2,75	$-3,2 \pm 2,5$ (от -9,1 до 1,8) / -3,6	$-3,0 \pm 2,0$ (от -8,5 до 0,4) / -3,05

*Разница статистически не достоверна относительно дооперационных значений, $p > 0,05$

Таким образом, к сожалению, ни одна из представленных в приборе Pentacam HR поправок (Ehlers, Shah, Dresden, Orssengo/Pye и Kohlhaas) не может быть использована в качестве базовой при оценке уровня послеоперационного внутриглазного давления. Отсутствие достоверных методов оценки истинного внутриглазного давления после проведенных кераторефракционных вмешательств является основанием для рекомендации дополнительного назначения пациентам с толщиной резидуальной стромы меньше 330 мкм медикаментозного сопровождения в виде гипотензивных препаратов.

С целью практической демонстрации применения технологии суббоуменового фемтокератомилеза с тканесохраняющей абляцией, а также разработанной методики дифференцированного подхода к отбору кандидатов на данную технологию, приводим клинический пример хирургического лечения пациента А, оперированного по технологии СБФКТСА и пациента Б – по технологии СБФКСА.

На дооперационном этапе (следуя положениям, изложенным в главах 2.1.2 и 3.1) оба пациента, помимо базовых диагностических исследований (рефрактометрия, визометрия, пневмотонометрия, ультразвуковая пахиметрия),

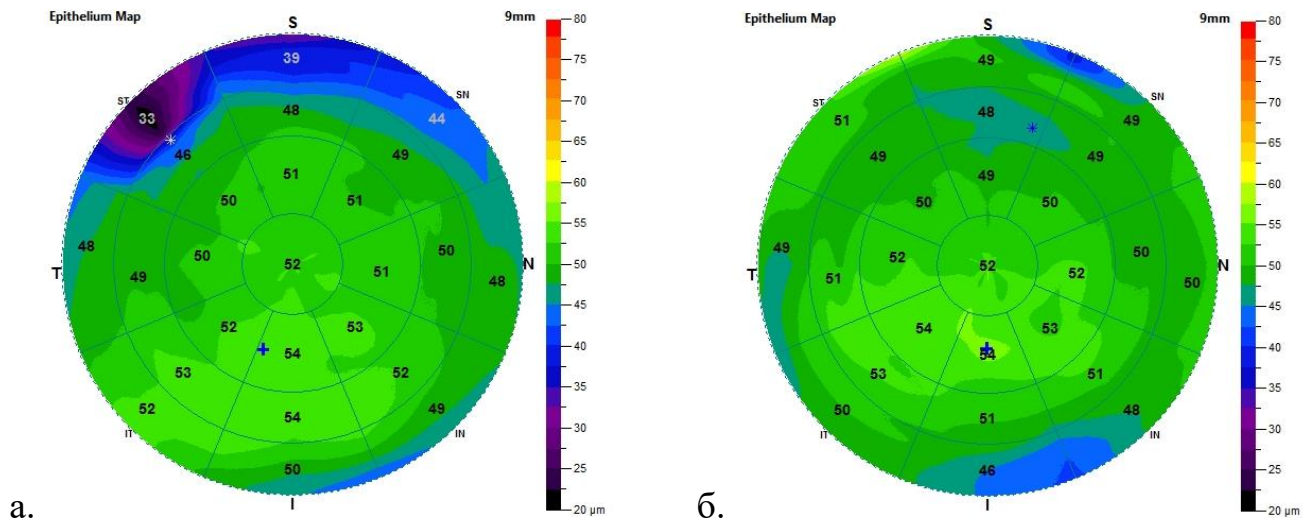
проходили комплекс специфических, включающих компьютерную кератотопографию, Шеймпфлюг томографию и оптическую когерентную томографию, результаты которых представлены в сводной таблице 26.

Таблица 26 – Результаты диагностических обследований пациентов А и Б, оперированных по технологиям СБФКТСА и СБФКСА

Параметр	СБФКТСА	СБФКСА
Глаз	ОД	ОД
Возраст / Пол	32 год / Ж	35 лет / Ж
Vis до операции	0,03 <i>sph</i> -7,0 <i>cyl</i> -0,5 <i>ax</i> 145 = 1,0	0,03 <i>sph</i> -7,25 <i>cyl</i> -1,0 <i>ax</i> 175 = 1,0
Центральная толщина роговицы (А-скан / ОКТ) до операции	524 / 525 мкм	566 / 559 мкм
Центральная толщина эпителия до операции	52 мкм	52 мкм
Пневмотонометрия (до- / через год после операции)	18 / 11 мм рт. ст.	17 / 11 мм рт. ст.
Проба с Инокаином (изменение ЦТЭ)	4 мкм	5 мкм
Средняя рефракция роговицы до операции	41,25 дптр	44,75 дптр
Расчетная рефракция глаза	<i>sph</i> -7,0 <i>cyl</i> -0,5 <i>ax</i> 145	<i>sph</i> -7,0 <i>cyl</i> -1,0 <i>ax</i> 175
Расчетная оптическая зона	6,5 мм	6,5 мм
Расчетная глубина кератоабляции	117 мкм	155 мкм

Резидуальная строма (расчетная / фактическая после операции по ОКТ)	307 / 316 мкм	311 / 304 мкм
Объективная рефракция через год	<i>sph</i> -0,25 <i>cyl</i> -0,25 <i>ax</i> 50	<i>sph</i> 0 <i>cyl</i> -0,25 <i>ax</i> 175
НКОЗ после операции	1,0	1,0
Диаметр зрачка (мин / макс)	1,9 / 6,7 мм	2,1 / 6,5 мм

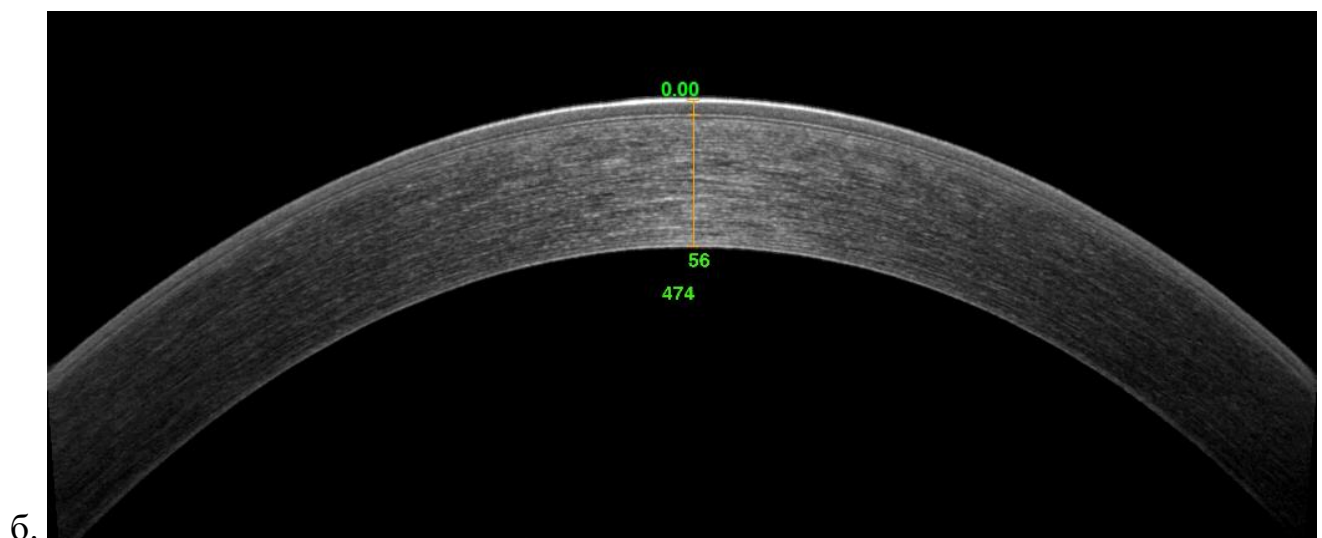
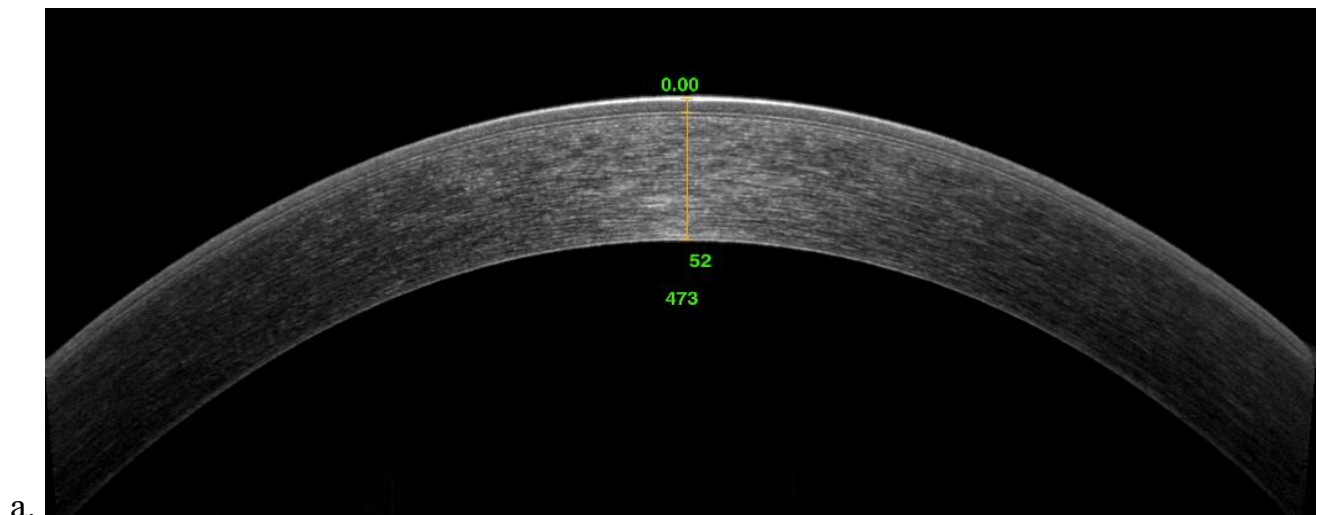
Для определения принципиальной возможности проведения СБФК, при помощи оптической когерентной томографии были получены данные о толщине роговичного эпителия (рисунок 29), который в центре роговицы составлял 52 мкм у обоих пациентов, что соответствовало критериям включения на данную технологию.

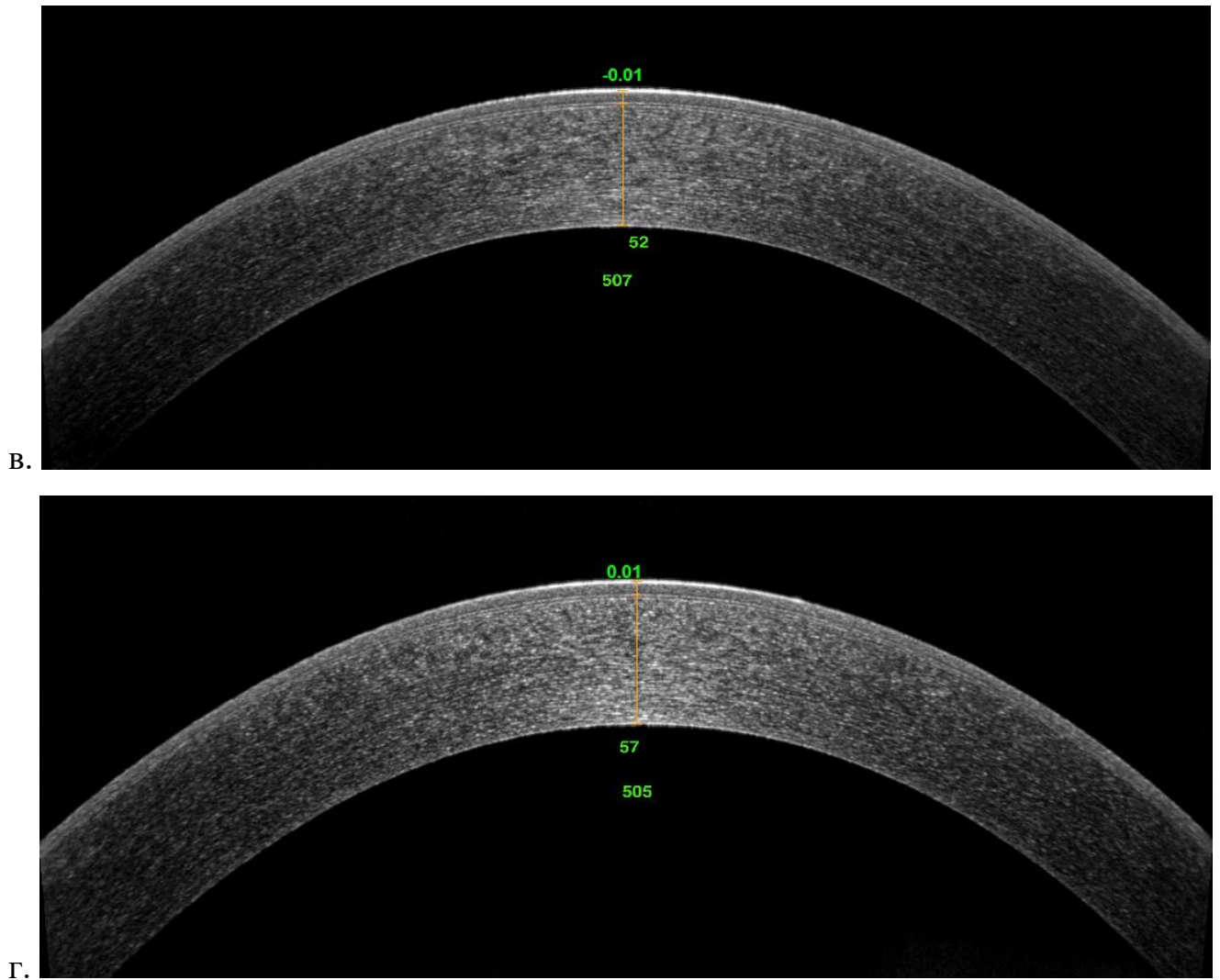


а – пациент А (СБФКТСА); б – пациент Б (СБФКСА)

Рисунок 29 – Дооперационные эпителиальные карты пациентов, оперированных по технологиям СБФКТСА и СБФКСА

С целью исключения интра- и послеоперационных осложнений, связанных с формированием клапана на уровне боуеновой мембраны и выше (глава 3.1), пациентам была проведена проба с Инокаином (рисунок 30), по результатам которой ЦТЭ у пациента А возросла на 4 мкм, а у пациента Б – на 5 мкм (предел измерительной погрешности прибора). Полученные результаты позволили сделать заключение о принципиальной возможности проведения кераторефракционной операции у данных пациентов с формированием клапана, расчетная толщина которого составляет 90 мкм.





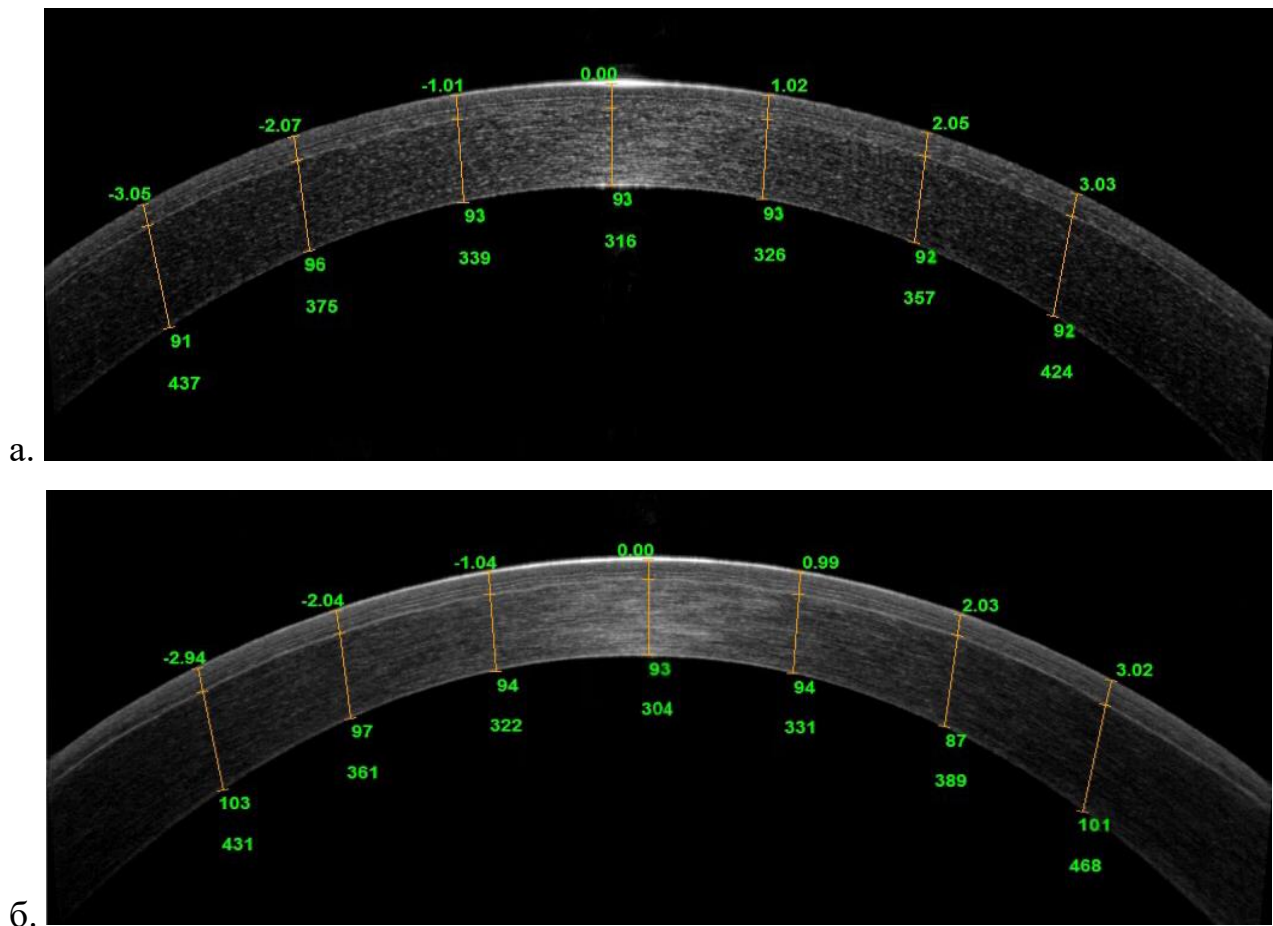
а – пациент А до инстилляции; б – пациент А после инстилляции; в –
 пациент Б до инстилляции; в – пациент Б после инстилляции

Рисунок 30 – Центральная толщина эпителия до и после пробы с Инокаином

Базируясь на разработанном и описанном в рамках главы 3.2.3 (рисунок б) алгоритме отбора, пациенту А было решено выполнить кераторефракционную операцию с использованием ТСА, поскольку расчетная толщина резидуальной стромы ($524 \text{ мкм (ЦТР)} - 90 \text{ мкм (расчетная толщина клапана)} - 150 \text{ мкм (расчетная глубина кератоабляции)} = 284 \text{ мкм (расчетная толщина резидуальной стромы)}$) не позволяла безопасно осуществлять оптическую коррекцию с расчетом на аметропию при использовании стандартного алгоритма кератоабляции, в то время как тканесохраняющий алгоритм позволял рассчитывать на **307 мкм** остаточной роговичной ткани. Фактически, по данным

ОКТ (в срок 12 месяцев после операции), толщина резидуальной стромы составляла 316 мкм (рисунок 31а).

Пациенту Б операция проводилась с использованием СА, т.к. толщины его роговицы было достаточно для полной миопической коррекции при использовании данной технологии ($566 \text{ мкм (ЦТР)} - 90 \text{ мкм (расчетная толщина клапана)} - 155 \text{ мкм (расчетная глубина кератоабляци)} = 321 \text{ мкм (расчетная толщина резидуальной стромы)}$). По данным ОКТ толщина резидуальной стромы пациента Б в срок 12 месяцев после операции была равна 304 мкм (рисунок 31 б).



а – пациент А (СБФКТСА); б – пациент Б (СБФКСА)

Рисунок 31 – Толщина резидуальной стромы и роговичного клапана пациентов, оперированных по технологиям СБФКТСА и СБФКСА

Дооперационный сферэквивалент у пациентов А и Б составлял $-7,25$ и $-7,50$ дптр, а послеоперационный $-0,25$ и $0,0$ дптр соответственно. НКОЗ после операции у обоих была равна $1,0$ (коэффициент эффективности = 100). Внутриглазное давление до операции по данным пневмотонометрии имело значения 18 и 17 мм рт. ст. у пациентов А и Б соответственно и 11 мм рт. ст. через 12 месяцев после операции у обоих, что согласовалось со средним снижением значений данного метода после кераторефракционной хирургии.

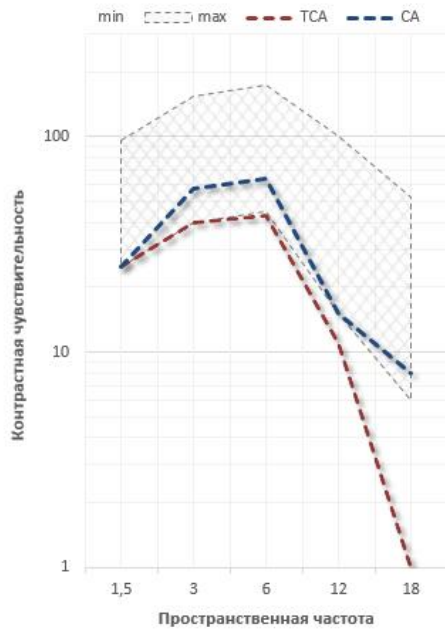
Показатели пространственной контрастной чувствительности (таблица 27) в фотопических условиях как с предъявлением засвета (рисунок 33), так и без него (рисунок 32) были увеличены у обоих пациентов и соответствовали интервалу референтной нормы. Тем не менее, у пациента А в сравнении с пациентом Б в условиях усиленного освещения наблюдалась инверсия показателей контрастной чувствительности на низких частотах и некоторое падение значений на высоких, что, предположительно, могло быть связано с более узким зрачком ($1,9$ мм у пациента А против $2,1$ мм у пациента Б, рисунок 36 а, в), который, с одной стороны, увеличивал глубину резко изображаемого пространства, а с другой – индуцировал дифракционные aberrации, ухудшающие контраст мелких деталей.

Показатели ПКЧ в условиях пониженной освещенности также возросли в послеоперационном периоде, однако не достигали значений референтной нормы на высоких частотах как с предъявлением засвета (рисунок 35), так и без него (рисунок 34). Несколько бóльшая контрастная чувствительность на высоких частотах у пациента Б могла быть связана с меньшим количеством индуцированных переходной зоной оптических aberrаций в силу меньшего диаметра зрачка в мезопических условиях по сравнению с пациентом А ($6,5$ против $6,7$ мм соответственно, рисунок 36 б, г).

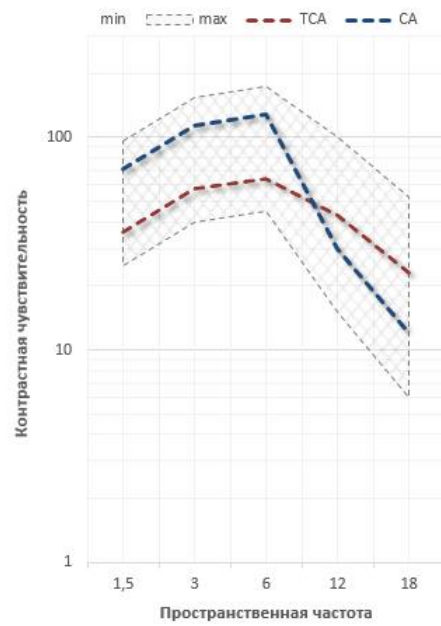
Таблица 27 – Значения пространственной контрастной чувствительности для пациентов, оперированных по технологиям СБФКТСА и СБФКСА в сроки: до операции и 12 месяцев после операции

Сроки наблюдения	Пространственная частота (цикл/град)	СБФКТСА				СБФКСА			
		Фотопические условия		Мезопические условия		Фотопические условия		Мезопические условия	
		Без засвета	С засветом	Без засвета	С засветом	Без засвета	С засветом	Без засвета	С засветом
До операции	1,5	25	50	25	13	25	25	36	25
	5	40	57	29	29	57	29	57	40
	6	43	45	33	16	64	45	45	33
	12	11	22	0	0	15	30	11	0
	18	0	8	0	0	8	6	4	0
12 месяцев	1,5	36	100	36	36	71	36	36	50
	5	57	114	40	40	114	57	57	40
	6	64	45	45	45	128	64	33	33
	12	43	22	8	11	30	22	11	15
	18	23	0	0	0	12	12	4	4

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$



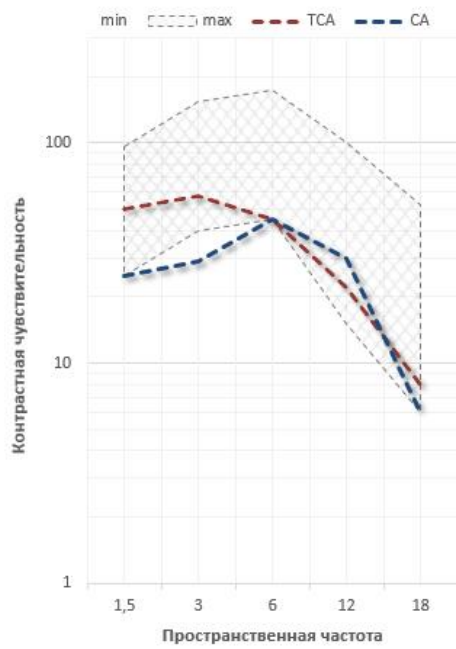
а.



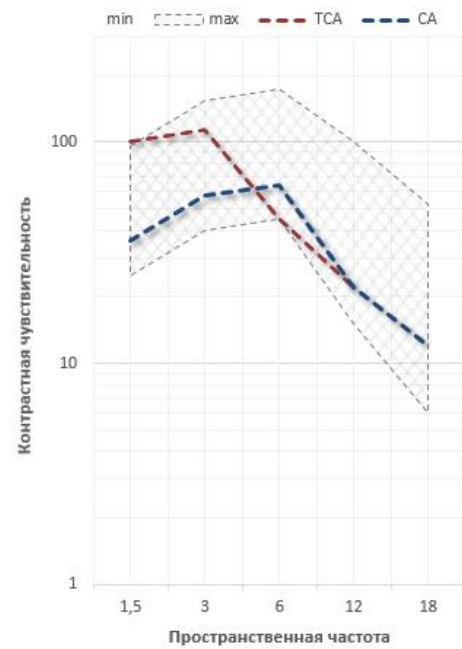
б.

а - до операции; б - через 12 месяцев после операции

Рисунок 32 – Сравнение пространственной контрастной чувствительности в фотопических условиях без засвета после СБФКТСА и СБФКСА



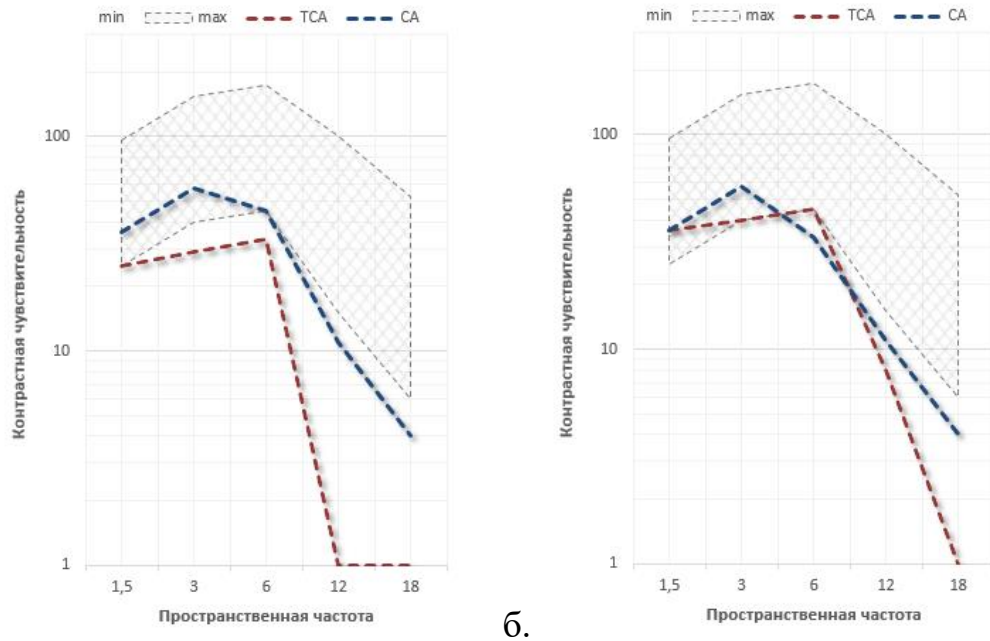
а.



б.

а - до операции; б - через 12 месяцев после операции

Рисунок 33 – Сравнение пространственной контрастной чувствительности в фотопических условиях с засветом после СБФКТСА и СБФКСА

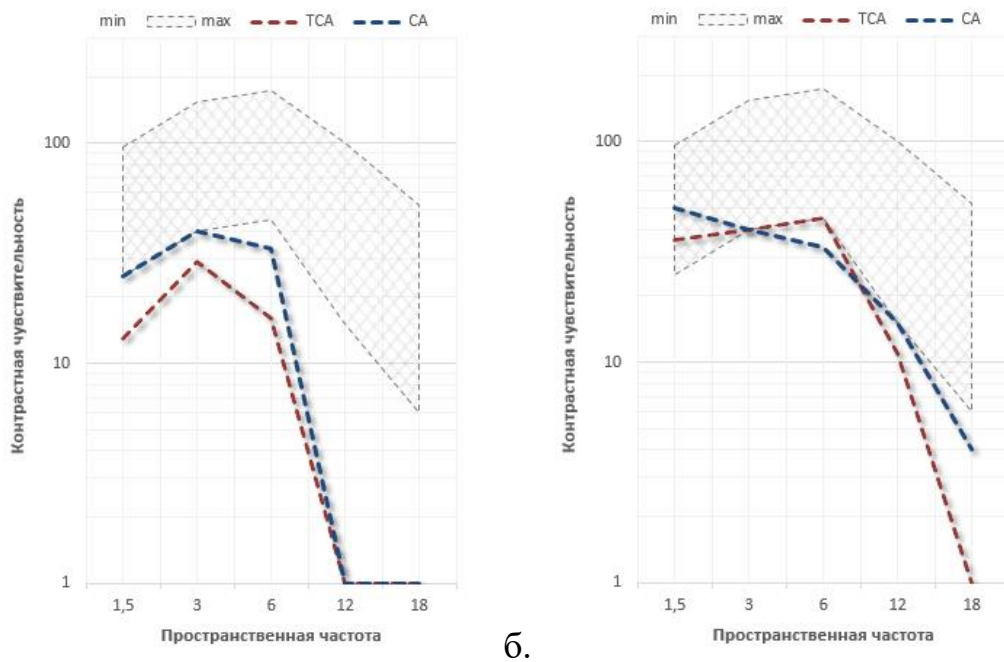


а.

б.

а - до операции; б - через 12 месяцев после операции

Рисунок 34 – Сравнение пространственной контрастной чувствительности в мезопических условиях без засвета после СБФКТСА и СБФКСА

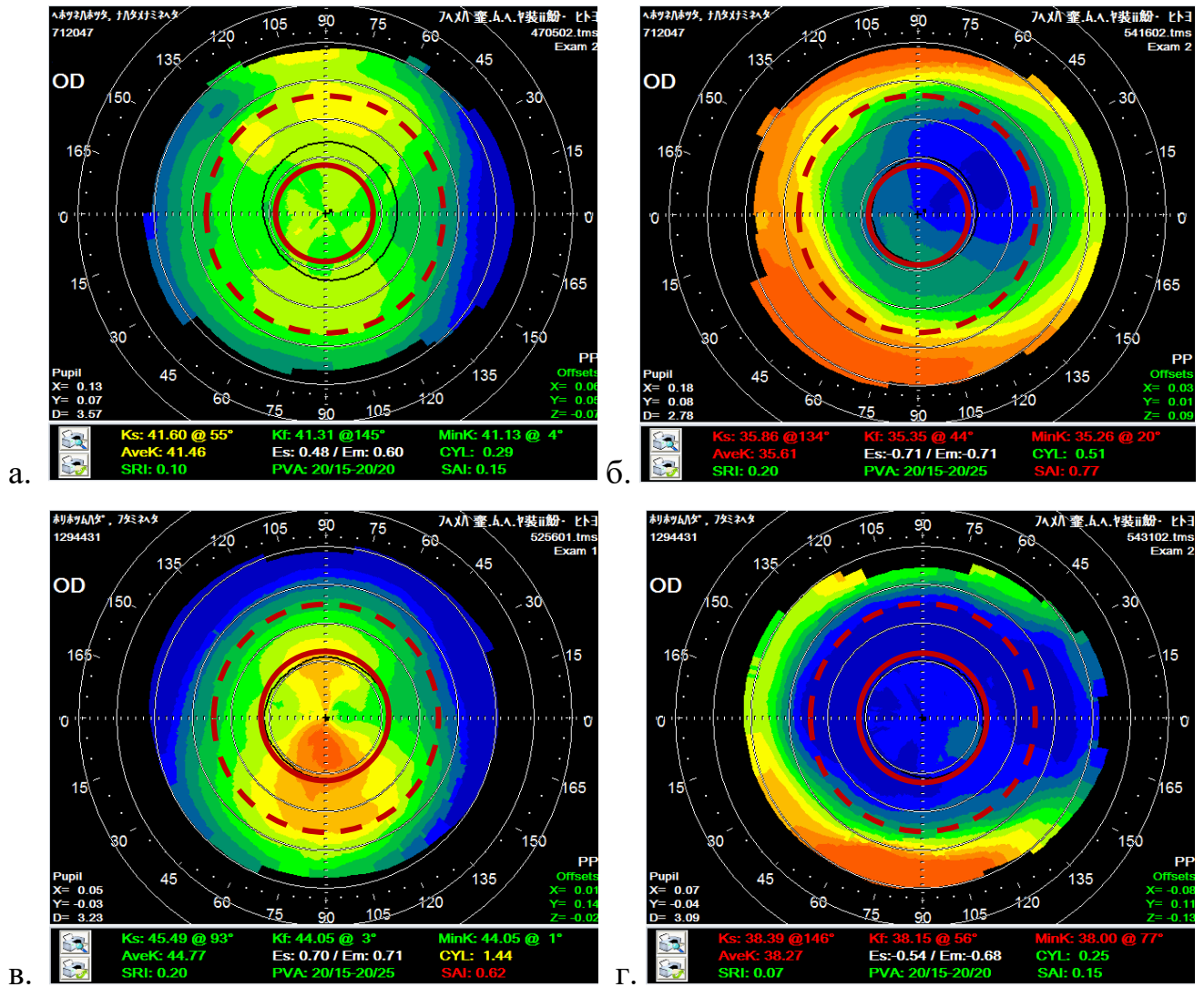


а.

б.

а - до операции; б - через 12 месяцев после операции

Рисунок 35 – Сравнение пространственной контрастной чувствительности в мезопических условиях с засветом после СБФКТСА и СБФКСА

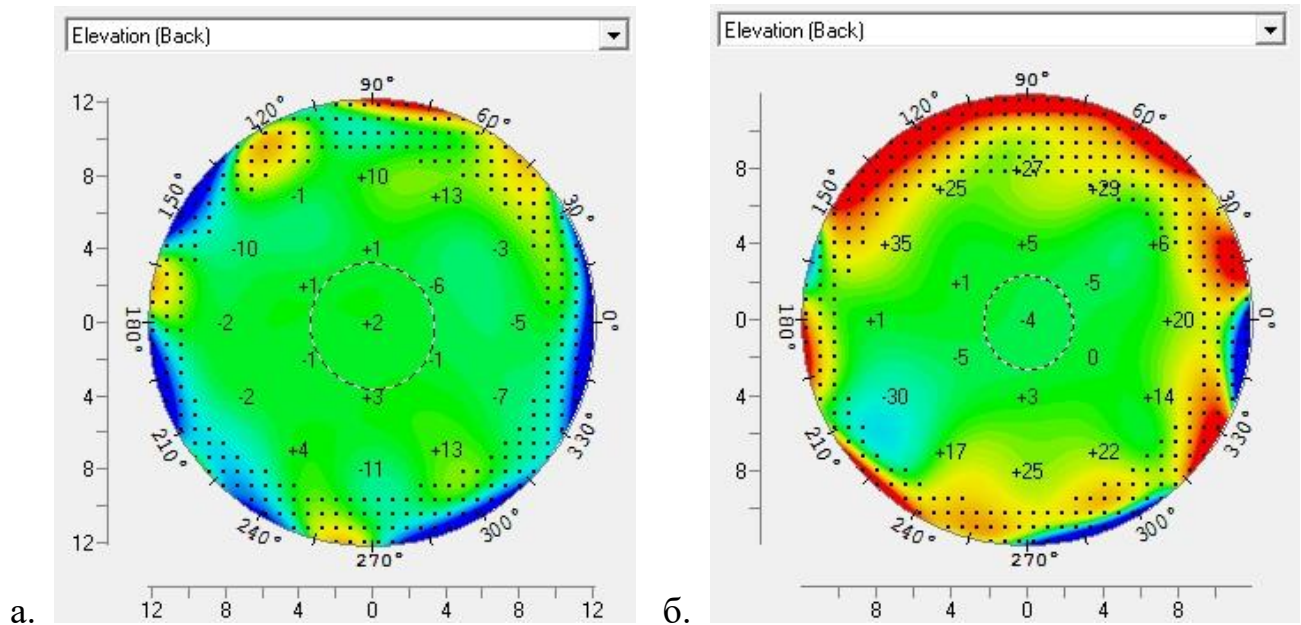


а – пациент А (СБФКТСА) до операции; б – пациент А (СБФКТСА) через 12 месяцев после операции; в – пациент Б (СБФКСА) до операции; г – пациент Б (СБФКСА) через 12 месяцев после операции. Сплошная линия соответствует максимальному диаметру зрачка, пунктирная – минимальному.

Рисунок 36 – Компьютерные кератотопограммы пациентов в до и послеоперационном периодах, оперированных по технологиям СБФКТСА и СБФКСА

Биомеханическая стабильность роговицы оценивалась на основании динамического наблюдения (1, 3, 6 и 12 месяцев после операции) за показателями элевации задней поверхности роговицы. На рисунке 37 представлены

дифференциальные карты (difference map display) данного показателя (сравнение значений в сроки до и 12 месяцев после операции), из которых видно, что изменения в центральной зоне у обоих пациентов не носят патологического характера и варьируют в пределах измерительной погрешности прибора ($\pm 7,0$).



а - пациент А (СБФКТСА); б - пациент Б (СБФКСА)

Рисунок 37 – Дифференциальные карты (до операции и через 12 месяцев после операции) элевации задней поверхности роговицы пациентов, оперированных по технологиям СБФКТСА и СБФКСА

Данный клинический пример демонстрирует состоятельность разработанного алгоритма дифференциального отбора пациентов на технологию ТСА при коррекции миопии высокой степени, а также сопоставимость клинико-функциональных результатов с технологией СА в случаях, когда толщины роговицы пациента не достаточно для полной коррекции аметропии при использовании стандартного алгоритма кератоабляции.

5.3. Клинико-функциональные результаты коррекции миопии по технологиям «Суббоуменовый фемтокератомилез с тканесохраняющей абляцией» и «Имплантация заднекамерных факических интраокулярных линз» при коррекции миопии высокой степени (от -10,0 до -16,0 дптр)

Целью формирования данной группы являлось определение целесообразности применения СБФКТСА в качестве альтернативы имплантации ЗФИОЛ, ее эффективности, безопасности и сопоставимости достигнутых клинико-функциональных результатов. В группу исследования вошло 22 глаза, оперированных по технологии СБФКТСА (проспективная подгруппа) и 15 глаз с имплантированными ЗФИОЛ (ретроспективная контрольная подгруппа), исходно имеющими рефракцию в диапазоне от -10,0 до -16,0 дптр.

Оценка клинико-функциональных результатов пациентов в данной проспективно-ретроспективной группе выполнялась в следующие сроки: до операции и 12 месяцев после операции. Оценивались острота зрения (МКОЗ и НКОЗ), сферэквивалент рефракции, дооперационная ЦТР и резидуальная строма, форма задней поверхности роговицы по индексу Db, пространственная контрастная чувствительность в различных условиях освещения (два фотопических и два мезопических режимов), Q-константа передней поверхности роговицы, соотношение МДЗ и ДОЗ, коэффициенты эффективности и безопасности.

Численные значения динамики НКОЗ и МКОЗ обеих подгрупп в различные сроки наблюдения представлены в таблице 28. Из полученных данных мы видим очевидный прирост значений НКОЗ (рисунок 38) относительно дооперационных ($p < 0,5$), а также увеличение МКОЗ (рисунок 39) относительно дооперационных значений, что, как и во второй группе, вероятно, связано с увеличением размера ретинального изображения.

Таблица 28 – Значения НКОЗ и МКОЗ в подгруппах СБФКТСА и ЗФИОЛ в сроки: до операции и 12 месяцев после операции

Вид операции	Острота зрения	До операции, М ± δ	12 месяцев, М ± δ
СБФКТСА	НКОЗ	0,01 ± 0,01 (от 0,01 до 0,03)	0,74 ± 0,28 (от 0,1 до 1,0)*
	МКОЗ	0,86 ± 0,15 (от 0,6 до 1,0)	0,97 ± 0,06 (от 0,8 до 1,0)
ЗФИОЛ	НКОЗ	0,03 ± 0,01 (от 0,01 до 0,05)	0,84 ± 0,16 (от 0,5 до 1,0)*
	МКОЗ	0,84 ± 0,16 (от 0,5 до 1,0)	0,96 ± 0,07 (от 0,8 до 1,0)

*Разница статистически достоверна относительно дооперационных значений, $p < 0,05$

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$



Рисунок 38 – Сравнительные значения НКОЗ в подгруппах СБФКТСА и ЗФИОЛ

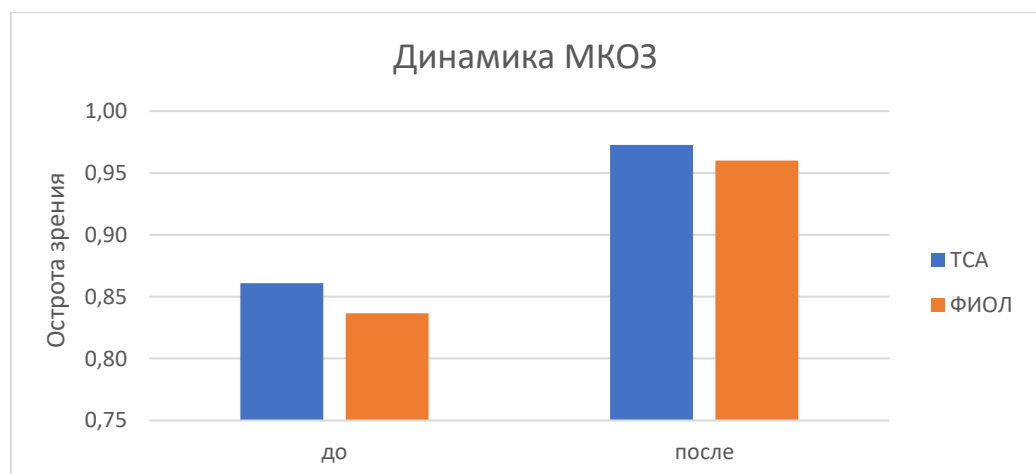


Рисунок 39 – Сравнительные значения МКОЗ в подгруппах СБФКТСА и ЗФИОЛ

Средний сферэквивалент в подгруппах СБФКТСА и ЗФИОЛ (таблица 29) до операции был сопоставим и составлял $-12,36 \pm 1,67$ дптр (от $-15,88$ до $-10,0$ дптр) и $-11,66 \pm 1,59$ дптр (от $-15,50$ до $-10,25$ дптр). В то время как в срок 12 месяцев после операции остаточный СЭ имел большие значения в подгруппе СБФК $-1,24 \pm 1,43$ дптр (от $-4,0$ до $-0,5$ дптр), а в подгруппе ЗФИОЛ: $-0,89 \pm 0,66$ дптр (от $-2,25$ до $0,0$ дптр), что объясняется лимитированием технологии СБФКТСА толщиной роговицы конкретного пациента и невозможностью в ряде случаев рассчитывать на целевую эмметропию. Разница в СЭ в дооперационном периоде между группами была статистически достоверна ($p < 0,5$).

Таблица 29 – Значения сферэквивалента в подгруппах СБФКТСА и ЗФИОЛ

Вид операции	Сферэквивалент (дптр), $M \pm \delta$	
	До операции	12 месяцев
СБФКТСА	$-12,36 \pm 1,67$ (от $-15,88$ до $-10,0$)	$-1,24 \pm 1,43$ (от $-4,0$ до $-0,5$)*
ЗФИОЛ	$-11,66 \pm 1,59$ (от $-15,50$ до $-10,25$)	$-0,89 \pm 0,66$ (от $-2,25$ до $0,0$)*

*Разница статистически достоверна относительно дооперационных значений, $p < 0,05$

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$

Процент глаз с изменением рефракции больше $0,5$ дптр через год для групп СБФКТСА и ЗФИОЛ составил $18,2\%$ (4 глаза) и $13,3\%$ (2 глаза) соответственно. Усредненные значения коэффициентов эффективности и безопасности представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Значения коэффициентов эффективности и безопасности для подгрупп СБФКТСА и ЗФИОЛ

Коэффициенты	СБФКТСА	ЗФИОЛ
Безопасность, $M \pm \delta$	$128 \pm 32^*$	148 ± 101
Эффективность, $M \pm \delta$	$92 \pm 18^*$	96 ± 44

*Разница статистически не достоверна относительно значений контрольной группы, $p > 0,05$

Соотношение запланированной и достигнутой рефракций для обеих подгрупп представлено на рисунке 40.

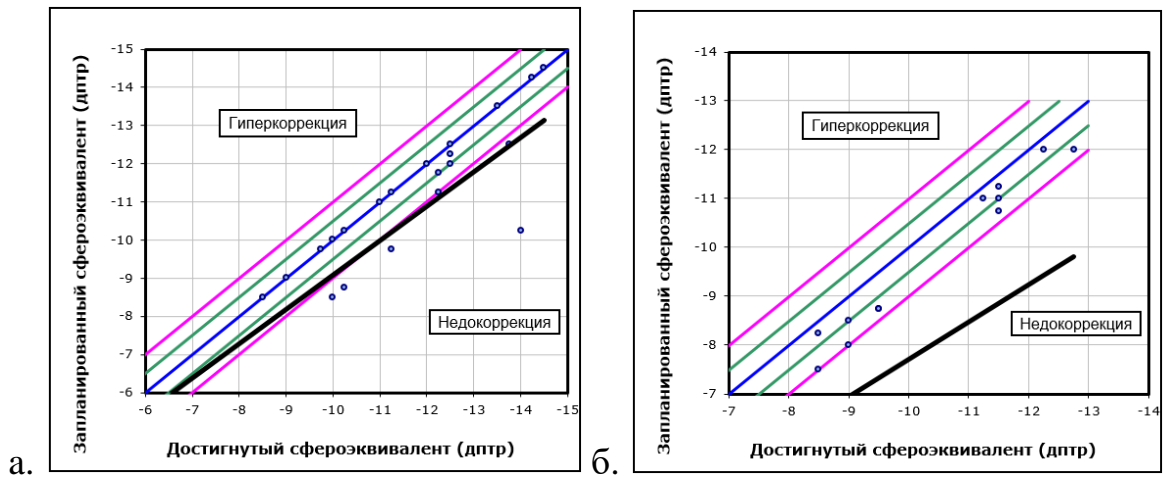


Рисунок 40 – Соотношение запланированной и достигнутой рефракций для подгрупп СБФКТСА (а) и ЗФИОЛ (б)

К 12 месяцам наблюдения в обеих подгруппах ни у одного пациента не наблюдалась потери строк МКОЗ относительно дооперационных значений. Процентные значения прибавки строк в каждой подгруппе представлены на рисунке 41. В подгруппе ЗФИОЛ определялась значимо большая прибавка количества строк МКОЗ в сравнении с подгруппой СБФКТСА.

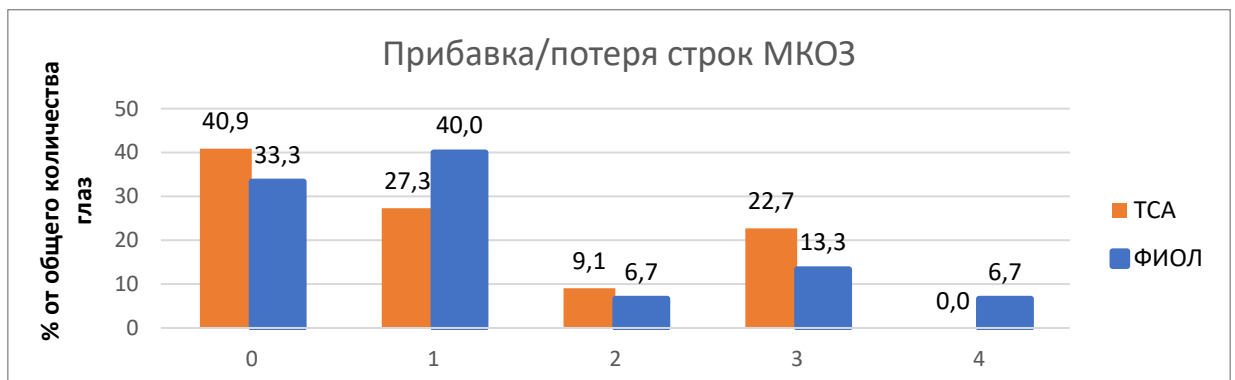


Рисунок 41 – Процентные значения потери/прибавки строк в подгруппах СБФКТСА и ЗФИОЛ

Значения параметра Db для ранней диагностики и предупреждения развития ятрогенной кератэктазии измерялись исключительно в подгруппе СБФКТСА и представлены в таблице 31, поскольку в ретроспективной подгруппе ЗФИОЛ эти данные отсутствовали. За весь период наблюдения не было выявлено ни одного пациента, значения Db которого выходили бы за границы референтной нормы (рисунок 42).

Таблица 31 – Значения индекса Db для подгруппы СБФКТСА

Параметр Bellin/Ambrosio	До операции	1 день	1 месяц	3 месяца	6 месяцев	12 месяцев
Db, M ± δ	-0,61 ± 0,49 (от - 1,38 до 0,42)	-0,65 ± 0,51 (от -1,44 до 0,58)*	-0,55 ± 0,41 (от -1,15 до 0,40)*	-0,75 ± 0,48 (от -1,19 до 0,60)*	-0,72 ± 0,57 (от -1,42 до 0,60)*	-0,75 ± 0,50 (от -1,39 до 0,60)*

*Разница статистически не достоверна относительно значений контрольной группы, $p > 0,5$

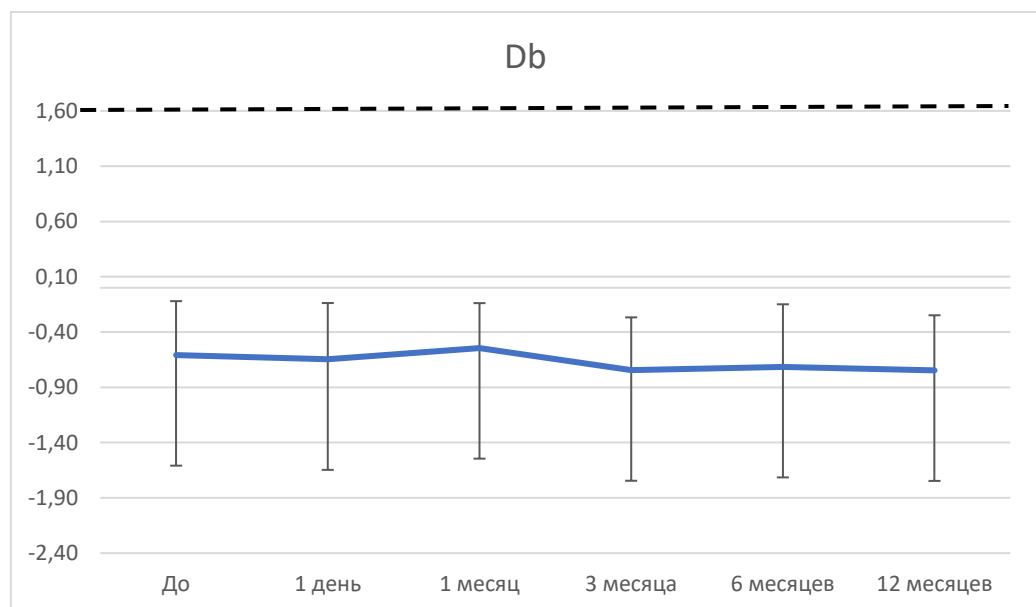


Рисунок 42 – Значения коэффициента Db в подгруппе СБФКТСА. Пунктирной линией обозначена граница минимального значения нормы

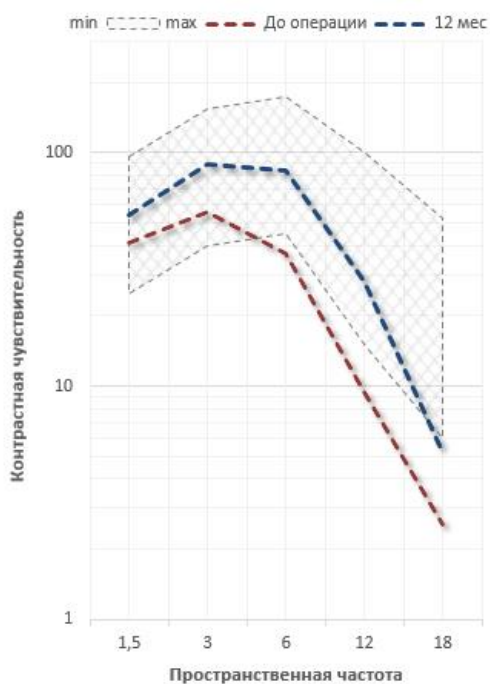
Показатели пространственной контрастной чувствительности (таблица 32) в фотопических (рисунок 43) и мезопических (рисунок 44) условиях как с предъявлением засвета, так и без него в до и послеоперационных периодах представлены только для проспективной группы СБФКТСА, которая демонстрирует прирост показателей на всех частотах. Что касается сравнительной характеристики между группами, то данные ПКЧ в группе СБФКТСА были значимо выше, чем в группе с имплантированными ЗФИОЛ (рисунок 45), особенно в условиях пониженной освещенности (рисунок 46).

Таблица 32 – Значения пространственной контрастной чувствительности для подгруппы СБФКТСА в сроки: до операции и 12 месяцев после операции, а также подгруппы ЗФИОЛ в срок 12 месяцев после операции

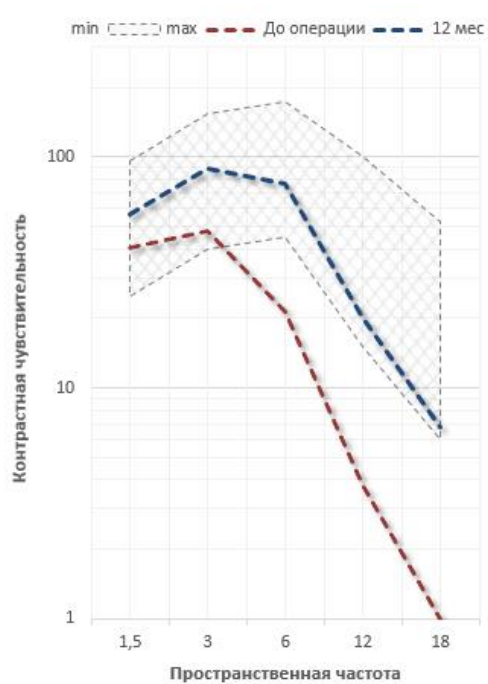
Сроки наблюдения	Пространственная частота (цикл/град)	СБФКТСА				ЗФИОЛ			
		Фотопические условия		Мезопические условия		Фотопические условия		Мезопические условия	
		Без засвета	С засветом	Без засвета	С засветом	Без засвета	С засветом	Без засвета	С засветом
						м	а	м	
До операции	"1,5", М ± δ	41 ± 8	40 ± 6	55 ± 10	19 ± 4	-	-	-	-
	"5", М ± δ	56 ± 10	48 ± 9	59 ± 11	20 ± 4	-	-	-	-
	"6", М ± δ	37 ± 10	21 ± 8	28 ± 6	5 ± 2	-	-	-	-
	"12", М ± δ	9 ± 3	4 ± 2	4 ± 2	2 ± 1	-	-	-	-
	"18", М ± δ	3 ± 1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	-	-	-	-
12 месяцев	"1,5", М ± δ	54 ± 8**	56 ± 8*,**	58 ± 10**	49 ± 11*,**	37 ± 5	32 ± 4	28 ± 4	19 ± 4
	"5", М ± δ	89 ± 13*,**	89 ± 10*,**	73 ± 6**	60 ± 10*,**	36 ± 7	43 ± 10	27 ± 5	14 ± 6
	"6", М ± δ	84 ± 9*,**	77 ± 7*,**	50 ± 6*,**	39 ± 8*,**	26 ± 10	42 ± 13	10 ± 4	7 ± 2
	"12", М ± δ	28 ± 5*,**	20 ± 5*,**	18 ± 5*,**	8 ± 3*,**	8 ± 2	5 ± 2	0 ± 0	1 ± 0
	"18", М ± δ	5 ± 2*,**	7 ± 2*,**	2 ± 1*,**	1 ± 0	0 ± 0	2 ± 1	0 ± 0	0 ± 0

*Разница статистически достоверна относительно дооперационных значений, $p < 0,05$

**Разница статистически достоверна относительно значений контрольной группы, $p < 0,05$



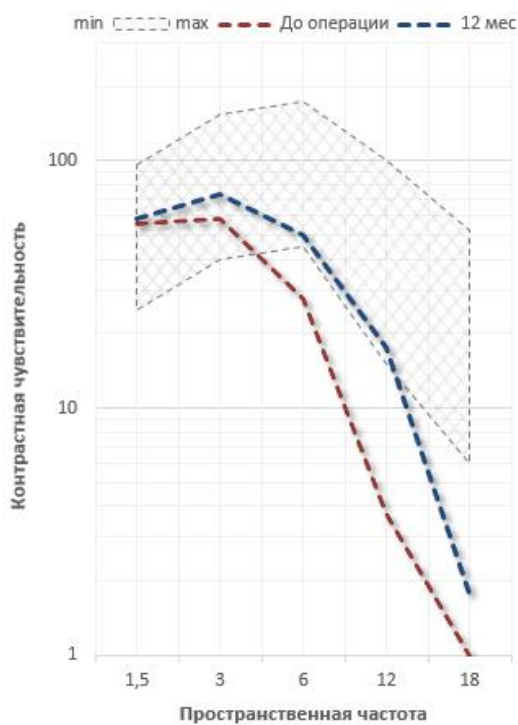
а.



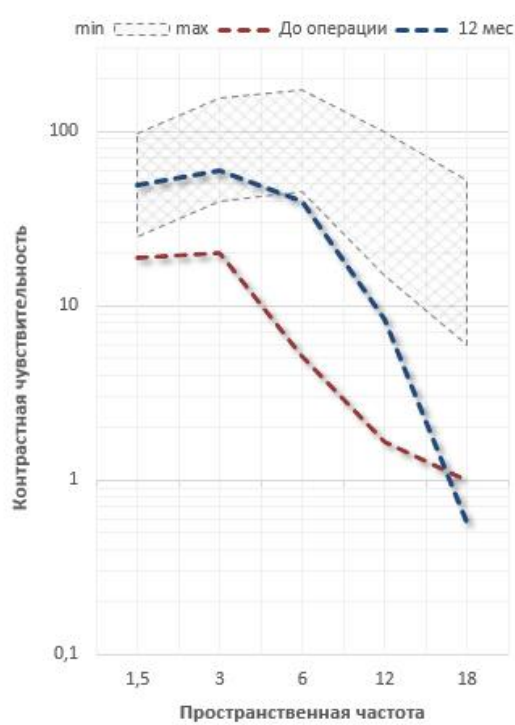
б.

а – без засвета, б – с засветом

Рисунок 43 – Сравнение пространственной контрастной чувствительности в фотопических условиях после СБФКТСА до и через 12 месяцев после операции



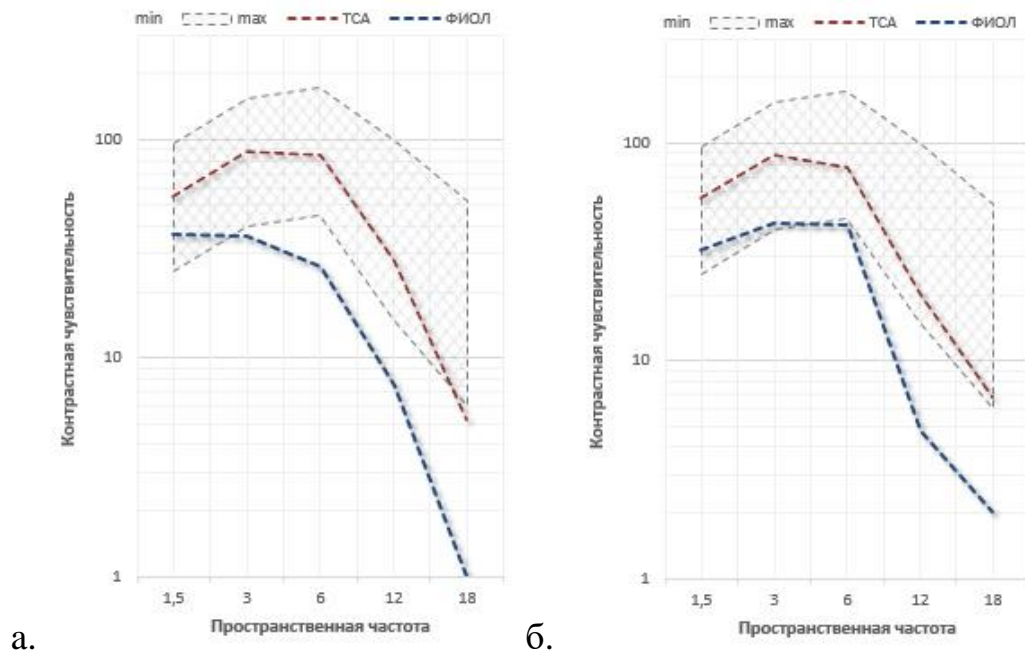
а.



б.

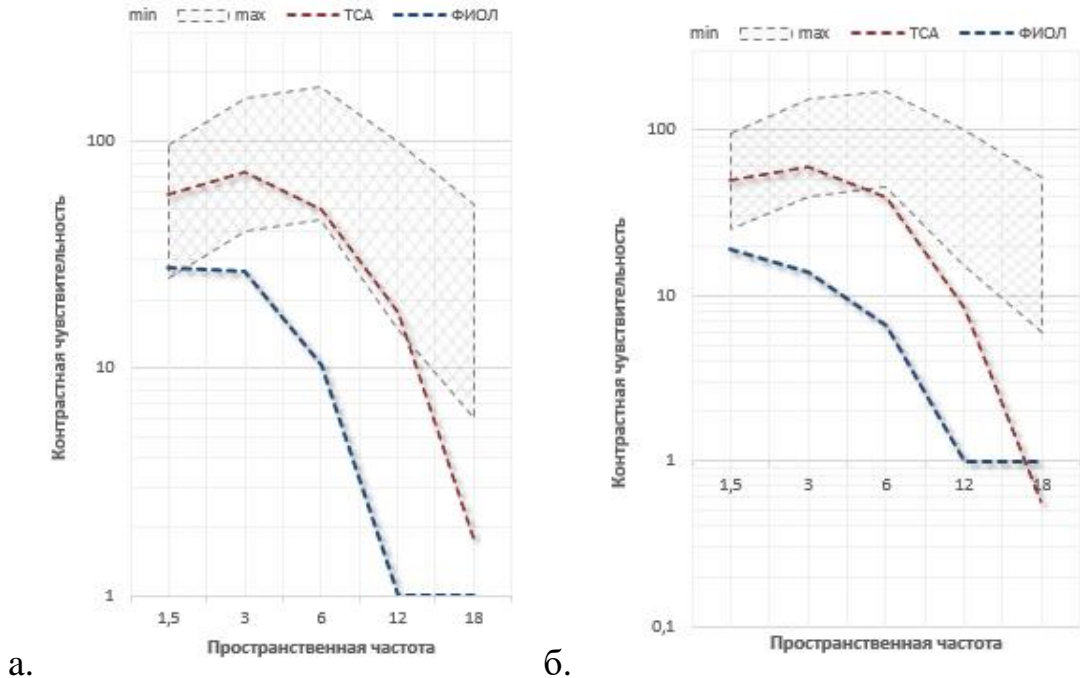
а – без засвета, б – с засветом

Рисунок 44 – Сравнение пространственной контрастной чувствительности в мезопических условиях после СБФКТСА до и через 12 месяцев после операции



а – без засвета, б – с засветом

Рисунок 45 – Сравнение пространственной контрастной чувствительности в фотопических условиях после СБФКТСА и имплантации ЗФИОЛ через 12 месяцев после операции



а – без засвета, б – с засветом

Рисунок 46 – Сравнение пространственной контрастной чувствительности в мезопических условиях после СБФКТСА и имплантации ЗФИОЛ через 12 месяцев после операции

Значения максимального диаметра зрачка (таблица 47) в обеих группах были сопоставимы и составляли $7,03 \pm 0,35$ мм (от 6,46 до 7,59 мм) и $6,44 \pm 0,47$ мм (от 5,58 до 7,2 мм) в подгруппах СБФКТСА и ЗФИОЛ соответственно, в то время как средний диаметр оптической зоны в подгруппе СБФКТСА был значимо больше, чем фиксированный в подгруппе ЗФИОЛ (рисунок 38): $6,18 \pm 0,33$ мм (от 6,0 до 7,0 мм) против 5,5 мм.

Таблица 33 – Значения диаметра оптической зоны и максимального диаметра зрачка в подгруппах СБФКТСА и ЗФИОЛ

Вид операции	Оптическая зона (мм), $M \pm \delta$	Максимальный диаметр зрачка (мм), $M \pm \delta$
СБФКТСА	$6,18 \pm 0,33$ (от 6,0 до 7,0)**	$7,03 \pm 0,35$ (от 6,46 до 7,59)*
ЗФИОЛ	5,5	$6,44 \pm 0,47$ (от 5,58 до 7,2)*

*Разница статистически достоверна относительно диаметра оптической зоны, $p < 0,05$

**Разница статистически достоверна относительно значений контрольной группы, $p < 0,05$

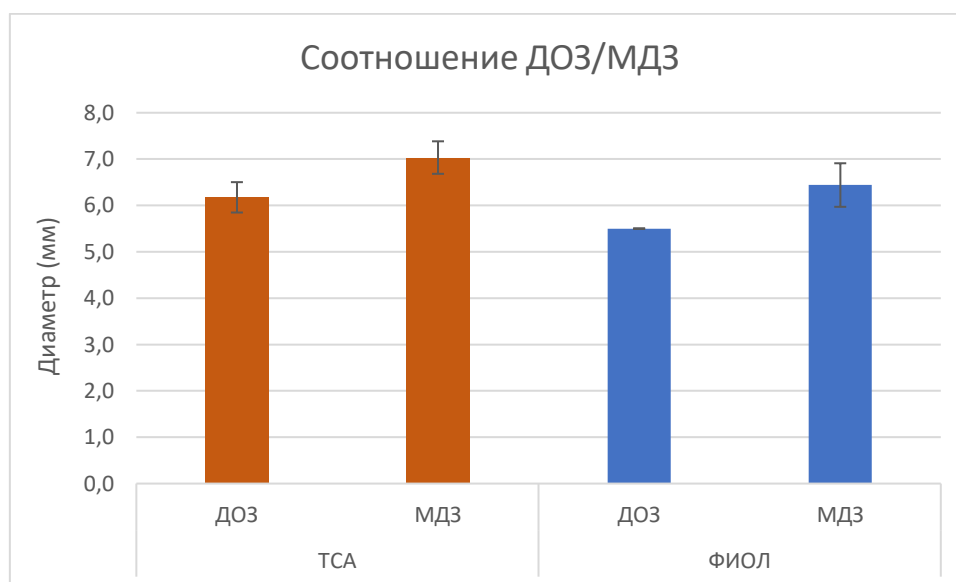


Рисунок 47 – Сравнительные значения ДОЗ и МДЗ в группах СБФКТСА и ЗФИОЛ

Значения конической константы (Q-константы) передней поверхности роговицы представлены в таблице 34. У всех пациентов в подгруппе СБФКТСА наблюдалось увеличение показателя со смещением к положительным значениям: $-0,34 \pm 0,14$ (от $-0,48$ до $-0,07$) в дооперационном периоде против $1,46 \pm 0,43$ (от $0,80$ до $2,07$) в послеоперационном. При этом, в подгруппе ЗФИОЛ у всех сохранялись отрицательные значения.

Таблица 34 – Значения конической константы передней поверхности роговицы для подгрупп СБФКТСА и ЗФИОЛ

Параметр	СБФКТСА		ЗФИОЛ
	До операции	После операции	После операции
Q, M ± δ	$-0,34 \pm 0,14$ (от $-0,48$ до $-0,07$)	$1,46 \pm 0,43$ (от $0,80$ до $2,07$)*,**	$-0,17 \pm 0,08$ (от $-0,32$ до $0,0$)

*Разница статистически достоверна относительно дооперационных значений, $p < 0,05$

** Разница статистически достоверна относительно контрольной группы, $p < 0,05$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Миопия является глобальной социальной проблемой и, по данным мировой литературы, тенденция к прогнозированию уменьшения ее распространенности пока не наблюдается. Более того, ряд авторов считают, что к 2020 году процент близоруких людей возрастет до половины населения Земли [106, 134]. За более чем 150 лет исследований, было предложено множество теорий, в той или иной степени объясняющих природу данного заболевания [45, 49, 51, 55, 65, 75, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 102, 113, 117, 118, 122, 123, 127, 142, 150, 179, 212, 224, 225, 232, 233, 245], однако, ни одна из них не является универсальной. Это свидетельствует о необходимости многофакторного и глубокого подхода к пониманию ее этиопатогенеза и, в тоже время, поиска безопасных и эффективных методов коррекции, до тех пор, пока проблема лечения миопической болезни не будет решена.

Современные технологии предлагают широкий выбор методов коррекции рефракционных нарушений, среди которых традиционно выделяют нехирургические и хирургические. Значительное разнообразие подходов к коррекции аметропий объясняется несовершенством технологий и ограничениями, лежащими в основе их применения. К нехирургическим методам относятся очковая и контактная коррекция, обеспечивающие высокую остроту зрения, не оказывая при этом моделирующего эффекта на анатомические структуры глаза. Однако невозможность полноценной очковой коррекции при аметропиях высоких степеней и анизометропии, риск осложнений при ношении контактных линз, ограничения в выборе профессии и в повседневной жизни обуславливают актуальность разработки и совершенствования хирургических методов коррекции миопии [11, 12, 35, 48].

К хирургическим методам коррекции относятся интраокулярные и роговичные вмешательства. При этом в интраокулярной хирургии выделяют

имплантацию переднекамерных, заднекамерных и зрачковых факичных ИОЛ [29], либо замену нативного хрусталика различными типами ИОЛ [61]. Из методов интраокулярной хирургии наибольшее распространение у пациентов молодого возраста приобрели различные варианты имплантации факичных ИОЛ, которые обеспечивают высокие клиничко-функциональные результаты, однако, сопровождаются риском развития таких осложнений, как вторичные фиброзные изменения и нарушение кровоснабжения радужки, подъем внутриглазного давления, синдром пигментной дисперсии, смещение или децентрация линзы по причине разрыва зонулярных волокон, индуцирование астигматизма, овализация зрачка, формирование передней полярной катаракты или ускорение ее развития, потеря эндотелиальных клеток и возможное развитие эпителиально-эндотелиальной дистрофии роговицы [16, 17, 18, 28, 155]. Необходимо также принять во внимание и некоторые ограничения имплантации ИОЛ различных дизайнов, такие как глубина передней камеры (не меньше 2,8 мм), диаметр роговицы (не меньше 11,0 мм при имплантации факичных линз) и плотность эндотелиальных клеток (не менее 2000 кл/мм² с учетом особенностей их морфологии) [145, 155, 207].

В роговичной лазерной хирургии, успешно применяемой во всем мире на протяжении последних десятков лет, принято рассматривать поверхностные, клапанные и интрастромальные методы коррекции [21, 33, 34, 42, 43]. Данные операции позволяют обеспечивать высокие клиничко-функциональные результаты в стандартных ситуациях, однако, не лишены и ряда специфических осложнений (поверхностные помутнения, длительный период заживления и строгие ограничения после ФРК; “button hole”, неполный и полный срез, при ЛАЗИК и др.) [7, 8, 11, 12, 13, 41, 63, 237]. Кроме того, коррекционные возможности кераторефракционной хирургии лимитированы толщиной роговицы каждого конкретного пациента. Расширить эти возможности позволяет технология формирования тонкого клапана с помощью фемтосекундного лазера, а также использование тканесохраняющих алгоритмов абляции, экономно расходующих роговичную ткань [103, 159]. В нашей стране разработкой подобного алгоритма

занимались специалисты рефракционного отдела головной организации МНТК «МГ» совместно с инженерами института общей физики РАН.

В то же время, остаются открытыми вопросы отбора пациентов на данную технологию, выбора оптимального алгоритма кератоабляции, медикаментозного сопровождения, а также определение границ показаний и противопоказаний к коррекции высоких степеней миопии. В связи с чем, целью данной работы являлось разработка технологии суббоуменого фемтокератомилеза с тканесохраняющей абляцией в коррекции миопии высокой и средней степеней, оценка ее эффективности, безопасности и стабильности, а также разработка алгоритма отбора пациентов на данную операцию.

В рамках данной исследовательской работы на этапе включения было обследовано 167 пациентов (167 глаз), планировавших кераторефракционную хирургию по технологии суббоуменовой фемтокератомилез с экимерлазерной коррекцией миопии. Дополнительно были проанализированы и подвергнуты сравнительному анализу результаты клиничко-функциональных результатов 15-ти пациентов (15 глаз), оперированных ранее по технологии имплантации заднекамерных факичных интраокулярных линз (ICL V4, STAAR Surgical Switzerland).

Технология суббоуменого фемтокератомилеза предполагает формирование клапана толщиной порядка 90 мкм, который структурно состоит из эпителия, толщина которого в среднем составляет 60 мкм, 10 мкм боуменовой мембраны и 20 мкм стромы. Опыт сотрудников отдела лазерной рефракционной хирургии головной организации МНТК показал, что технически не всегда формируемый клапан удается выполнить под боуменовой мембраной, что может быть причиной такого осложнения как «button hole» или технического перехода на технологию эпиЛАЗИК. В связи с этим, в рамках выполнения данного исследования была предложена методика отбора пациентов на технологию суббоуменого фемтокератомилеза, учитывающая толщину эпителия по данным оптической когерентной томографии переднего отрезка глаза высокого разрешения. При этом, если его значения превышали 70 микрон, то пациентам не

выполняли формирование роговичного клапана по технологии суббоуменового фемтокератомилеза. В данном исследовании 11-ти пациентам из 167 было отказано в проведении операции по технологии СБФК по причине исходно толстого эпителия (они были исключены из дальнейшего анализа и коррекция миопии им была выполнена по другим технологиям).

Клинический опыт показал, что в ряде случаев предоперационной оценки толщины эпителия оказалось недостаточно, поскольку интраоперационно выявлялась возможность его утолщения в ответ на плановые инстилляций анестетика (оксибупрокаина («Инокаина»)) с развитием выше описанных осложнений. В связи с этим, была усовершенствована технология прогнозирования осложнений на этапе формирования ультратонкого клапана: всем пациентам проводилась проба с инстилляцией раствора оксибупрокаина и дальнейшим измерением толщины эпителия по данным оптической когерентной томографии переднего отрезка глаза высокого разрешения, по результатам которой в 5-ти (3,2%) из 156 глаз было выявлено утолщение, превышающее 70 микрон и пациенты также были исключены из данного исследования. Таким образом, суммарно, 16-ти пациентам было отказано в проведении операции по технологии СБФК.

Основной принцип тканесохраняющей технологии, реализованной в экмерном лазере Микроскан-Визум (ООО «Оптосистемы»), использованном в данном исследовании, основан на формировании более пологого перехода от зоны абляции к интактной роговице. Согласно проведенным расчетам, полезный эффект тканесохранения можно ожидать при коррекции миопии от -3,5 дптр и выше. Кроме возможности коррекции бóльших степеней миопии в сравнении со стандартным алгоритмом абляции, сохраненную ткань можно использовать на расширение эффективной оптической зоны в случаях, когда при использовании стандартного алгоритма хирург вынужден значительно «зауживать» диаметр зоны абляции [7, 11].

На основании данных расчетов, а также оптометрических показателей, таких как степень миопии, центральная толщина роговицы, максимальный

диаметр зрачка, а также расчетная глубина абляции, был разработан алгоритм отбора пациентов на технологию суббоуменовый фемтокератомилез с тканесохраняющей абляцией и суббоуменовый фемтокератомилез со стандартным алгоритмом абляции:

1. В случае недостаточной для стандартного алгоритма кератоабляции толщины роговицы, требуемой для полной коррекции миопии, но достаточной для полной коррекции миопии по технологии СБФКСТА, предпочтение отдавали технологии тканесохранения;

2. При наличии достаточной для стандартного алгоритма кератоабляции толщины роговицы, далее выполнили оценку соотношения расчетного диаметра оптической зоны кератоабляции и максимального диаметра зрачка и при условии попадания края расчетной оптической зоны за пределы проекции максимально широкого зрачка (измеренного в скотопических условиях), операцию следует проводить по стандартному алгоритму;

3. Если край расчетной оптической зоны при стандартном алгоритме кератоабляции попадает в проекцию максимального диаметра зрачка (измеренного в скотопических условиях), то операцию рассчитывали с использованием тканесохраняющего алгоритма, позволяющего формировать более широкую оптическую зону при той же глубине аблированной ткани в центре.

Известно, что технология выполнения операции суббоуменого фемтокератомилеза представляет достаточные трудности, особенно на этапе освоения, обусловленные сложностями при манипуляциях на тонком клапане, а также более высокой вероятностью его смещения в послеоперационном периоде.

Поскольку известно, что ультратонкий 90-микронный роговичный клапан, формируемый при технологии суббоуменого фемтокератомилеза, имеет тенденцию к интраоперационному повреждению, обусловленному сниженным упругим ответом, в рамках данной работы были разработаны рекомендации по технике выполнения отдельных хирургических этапов. Так, для минимизации

вероятности его разрыва, диссекцию осуществляли вдоль направления растровых борозд, а в процессе эксимерлазерного воздействия клапан экранировали тупфером, что исключало возможность истончения лоскута и его возможный разрыв на этапе репозиции.

Также было проведено исследование по оптимизации медикаментозного сопровождения коррекции миопии по технологии суббоуменого фемтокератомилеза, включающее обезболивание раннего послеоперационного периода и профилактического назначения гипотензивных препаратов.

На этапе отработки технологии суббоуменого фемтокератомилеза было показано, что одним из факторов, отрицательно влияющих на результирующее качество зрения, является формирование микрострий роговичного клапана, которые, могут быть результатом блефароспазма на фоне болевого синдрома в раннем послеоперационном периоде. Данный вывод был основан на результатах исследования частоты послеоперационного смещения клапана и его деформации у пациентов с обезболиванием раннего послеоперационного периода путем однократной инстилляцией раствора кеторолака 0,4% и без обезболивания. Было показано, что инстилляцией нестероидных противовоспалительных препаратов позволяют свести к минимуму болевой синдром (10,3 % (58 глаз)) против 91,1% (56 глаз) в группе без обезболивания, блефароспазм (1,7% против 76,8%) и минимизировать вероятность формирования микрострий (0% против 7,1%) и смещения роговичного клапана (0% против 3,6%). Таким образом, всем пациентам, которым проводилась коррекция миопии по технологии суббоуменого фемтокератомилеза была рекомендована однократная инстилляцией раствора кеторолака 0,4% через 15-20 минут после завершения операции для купирования болевого синдрома и снижения вероятности формирования микрострий и смещения роговичного клапана.

Известно, что при проведении лазерной рефракционной хирургии роговичная ткань оказывается в условиях биохимического «стресса», который тем больше, чем выше степень корригируемой аметропии. В связи с этим, ранний

послеоперационный период требует пропорционального усиления кортикостероидной терапии, нацеленной на блокировку арахидонового каскада, лежащего в основе асептической воспалительной реакции. Вместе с тем, известно, что стероидные противовоспалительные препараты обладают побочным эффектом, проявляющимся в транзиторном повышении внутриглазного давления, что может приводить к развитию отека роговицы [115], накоплению жидкости в подклапанном интерфейсе [126], а также возможности развития ятрогенной кератэктазии [80]. Это актуализирует необходимость контроля внутриглазного давления в послеоперационном периоде. Однако, на сегодняшний день не существует приборов, достоверно определяющих истинное внутриглазное давление на измененной роговой оболочке.

Проведенная в рамках данной работы попытка подобрать поправочную формулу, способную корректировать послеоперационные пневмотонометрические значения, основываясь на параметрах роговицы, используемых в программной среде прибора Pentacam, показала, что ни одна из представленных поправок не может быть использована в качестве базовой при оценке уровня послеоперационного давления, поскольку не обладает достаточным уровнем повторения предоперационных значений. Так, отклонение от дооперационных значений пневмотонометрии поправки Ehlers составляло $0,6 \pm 2,4$ мм рт.ст (от -5,8 до 5,2 мм рт.ст), Shah $-1,5 \pm 2,3$ мм рт.ст (от -7,4 до 3,0 мм рт.ст), Dresden $-2,6 \pm 2,2$ мм рт.ст (от -8,3 до 1,8 мм рт.ст), Orssengo/Pye $-3,2 \pm 2,5$ мм рт.ст (от -9,1 до 1,8 мм рт.ст) / $-3,6$, а Kohlhaas $-3,0 \pm 2,0$ мм рт.ст (от -8,5 до 0,4 мм рт.ст). В этой связи, с целью купирования возможного стероидиндуцированного повышения давления и профилактики послеоперационных осложнений, всем пациентам с толщиной резидуальной стромы меньше 330 мкм, в стандартную схему медикаментозного сопровождения дополнительно включался бесконсервантный гипотензивный препарат.

На основании положений описанного выше алгоритма отбора пациентов на технологии СБФКТСА и СБФКСА, было сформировано три клинические группы

исследования. Все пациенты основных групп были прооперированы с учетом модифицированной хирургической тактики и медикаментозного сопровождения.

В **I группу** вошли пациенты с миопией средней степени (от -3,25 до -6,0 дптр), оперированные по технологиям СБФКТСА (основная подгруппа) и СБФКСА (контрольная подгруппа, ретроспективная). Подгруппы были сопоставимы по степени аметропии, возрасту, количеству глаз и показателям пахиметрии, при этом в группе ТСА средний диаметр оптической зоны составлял $6,65 \pm 0,17$ мм (от 6,4 до 7,0 мм), а в группе СА – $6,07 \pm 0,09$ мм (от 6,0 до 6,3 мм).

В данной группе у всех пациентов были достигнуты высокие функциональные зрительные результаты независимо от используемого алгоритма кератоабляции: НКОЗ составляла $1,0 \pm 0,08$ (от 0,8 до 1,2) против $0,99 \pm 0,05$ (от 0,9 до 1,2), а МКОЗ $1,03 \pm 0,07$ (от 1,0 до 1,2) против $1,02 \pm 0,06$ (от 1,0 до 1,2) в подгруппах ТСА и СА соответственно. Средний послеоперационный СЭ составил $-0,08 \pm 0,15$ дптр (от -0,5 до 0,25 дптр) и $-0,06 \pm 0,16$ дптр (от -0,5 до 0,25 дптр) в подгруппах ТСА и СА соответственно. Анализ тонких зрительных функций посредством определения уровня контрастной чувствительности показал незначительное увеличение значений в фотопических условиях в обеих подгруппах и статистически значимое в мезопических в подгруппе СБФКТСА на низких и высоких частотах, что, вероятно, может быть связано с формированием широкой оптической зоны абляции, диаметр которой превышает максимальный диаметр зрачка пациентов ($6,52 \pm 0,15$ (от 5,7 до 6,8) против $6,44 \pm 0,21$ (от 5,7 до 6,9) в подгруппах ТСА и СА соответственно). В обеих группах был достигнут стабильный рефракционный результат и получены сопоставимо высокие значения коэффициентов эффективности $103 \pm 7,5$ против $100 \pm 2,9$ и безопасности $104 \pm 7,1$ против $99 \pm 3,6$ в подгруппах ТСА и СА соответственно.

В **группу II** вошли пациенты с миопией от -6,0 до -10,0 дптр, оперированные по технологиям СБФКТСА (основная подгруппа) и СБФКСА (контрольная подгруппа). Подгруппы были сопоставимы по степени аметропии, возрасту, количеству глаз и значениям диаметра оптической зоны, при этом

средняя центральная толщина роговицы в подгруппе ТСА была меньше и составляла $542,2 \pm 18,4$ мкм (от 501 до 583 мкм), тогда как в подгруппе СА она имела среднее значение $582,4 \pm 41,6$ мкм (от 526 до 636 мкм).

В обеих подгруппах наблюдалась значительная прибавка строк максимально корригируемой остроты зрения, однако, в большей степени в подгруппе ТСА, что, вероятно, было связано с возможностью тканесохраняющего алгоритма экономить достаточное количество ткани для расширения диапазона коррекции относительно стандартного алгоритма абляции. МКОЗ к 12 месяцам наблюдения составляла $1,04 \pm 0,09$ (от 0,9 до 1,2) и $1,01 \pm 0,05$ (от 1,0 до 1,2), а НКОЗ $0,95 \pm 0,12$ (от 0,7 до 1,2) и $0,89 \pm 0,13$ (от 0,6 до 1,0) в подгруппах ТСА и СА соответственно.

Показатели пространственной контрастной чувствительности были пропорционально увеличены в обеих подгруппах, но не достигали средних референтных значений на высоких частотах в условиях пониженной освещенности, что, с высокой долей вероятности, можно было объяснить положительной инверсией Q-константы передней поверхности роговицы ($0,78 \pm 0,33$ (от 0,33 до 1,44) и $0,93 \pm 0,33$ (от 0,39 до 1,43) в подгруппах ТСА и СА соответственно), а также фактически нулевым отношением диаметра оптической зоны ($6,5 \pm 0,3$ (от 6,0 до 7,0) против $6,5 \pm 0,2$ (от 6,2 до 7,0) в подгруппах ТСА и СА соответственно) к максимальному диаметру зрачка ($6,5 \pm 0,3$ (от 5,9 до 7,0) против $6,6 \pm 0,3$ (от 6,0 до 7,1) в подгруппах ТСА и СА соответственно) и, соответственно, увеличением аберраций высшего порядка за счет вынужденного использования узкой оптической зоны.

В обеих подгруппах был достигнут умеренно стабильный рефракционный результат: в отдаленные послеоперационные сроки регресс свыше $-0,5$ дптр наблюдался у 6-ти пациентов в подгруппе ТСА и у 7-ми – в подгруппе СА, но не превышал одной диоптрии ни у одного пациента. При этом регресс не был связан с развитием ятрогенной кератэктазии, что подтверждалось нормальными референтными значениями (до $-1,60$) кератотопографического индекса кератоконуса – Db ($-0,24 \pm 0,89$ (от $-1,46$ до $1,48$) и $-0,33 \pm 0,48$ (от $-1,12$ до $0,97$) в

подгруппах ТСА и СА соответственно). Также в обеих подгруппах были получены сопоставимо высокие значения коэффициентов эффективности $112 \pm 23,1$ против $90,4 \pm 10,4$ и безопасности $110 \pm 12,5$ против $115 \pm 20,1$ в подгруппах ТСА и СА соответственно.

Пациенты данной группы дополнительно проходили анкетирование с целью оценки влияния нежелательных оптических эффектов («круги светорассеяния», «засветы», и др.) на качество повседневной жизни, которое показало, что в подгруппе СА засветы встречались реже, но, в то же время, чаще были более выраженными и значимыми, чем в подгруппе ТСА. Тем не менее, результаты опроса показали высокий общий уровень удовлетворенности полученными результатами.

В III группу вошли пациенты с миопией высокой степени (от -10,0 до -16,0 дптр) и оперированные по технологиям СБФКТСА (основная подгруппа) и имплантация заднекамерных факичных ИОЛ (контрольная подгруппа, ретроспективная). Подгруппы были сопоставимы по степени аметропии и возрасту. При этом в подгруппе ТСА средняя ЦТР была больше и составляла $546,5 \pm 19,28$ мкм (от 519 до 583 мкм), а в подгруппе ЗФИОЛ она имела значение $494,53 \pm 30,27$ мкм (от 450 до 561 мкм); оптическая зона в подгруппе ТСА составляла $6,18 \pm 0,33$ мм (от 6,0 до 7,0 мм), а в подгруппе ЗФИОЛ – 5,5 мм.

В обеих подгруппах наблюдалось значимое повышение НКОЗ ($0,74 \pm 0,28$ (от 0,1 до 1,0) против $0,84 \pm 0,16$ (от 0,5 до 1,0) в подгруппах ТСА и ЗФИОЛ соответственно), и значительная прибавка количества строк МКОЗ, но больше в подгруппе с ЗФИОЛ (4 против 3-х в подгруппах ЗФИОЛ и ТСА соответственно), что объяснялось невозможностью (лимитированием) в ряде случаев расчета кераторефракционной операции на целевую эмметропию по причине недостаточной толщины роговицы. В отдаленные послеоперационные сроки регресс свыше -0,5 дптр наблюдался у 4-х пациентов в подгруппе ТСА и у 2-х – в подгруппе ЗФИОЛ. При этом показатель Dv в подгруппе ТСА не выходил за

пределы референтных значений на протяжении всех сроков наблюдения и к 12-ти месяцам составлял $-0,75 \pm 0,50$ (от $-1,39$ до $0,60$).

Послеоперационные значения пространственной контрастной чувствительности в подгруппе ТСА были значимо выше, чем в подгруппе ЗФИОЛ, что могло быть связано с наличием осложнений, ухудшающих троссировку лучей через оптическую систему глаза за счет формирования фиброза в проекции зрительной оси в месте контакта ЗФИОЛ с передней капсулой хрусталика, а также формированием оптически неактивной зоны между краем ЗФИОЛ и краем максимально расширенного зрачка, в то время как, в случае ТСА, индуцирование аберраций ограничивалось пологим профилем переходной зоны кератоабляции.

В обеих подгруппах был достигнут стабильный рефракционный результат и получены сопоставимо высокие значения коэффициентов эффективности 92 ± 18 против 96 ± 28 и безопасности 128 ± 32 против 148 ± 10 в подгруппах ТСА и ЗФИОЛ соответственно.

Таким образом, на основании клинико-функциональных результатов, полученных и проанализированных в рамках данной исследовательской работы, было доказано, что субббоуменовый фемтокератомилез с тканесохраняющей абляцией, при условии соблюдения разработанного алгоритма отбора пациентов и медикаментозного сопровождения, является эффективной и безопасной технологией в коррекции средней и высокой степеней миопии, позволяющей не только расширить диапазон корригируемой аметропии, но и повысить качество тонких зрительных функций за счет увеличения диаметра зоны абляции, а также использоваться в качестве альтернативной к технологии имплантации ЗФИОЛ при наличии достаточно для коррекции толщины роговицы и может существенно повысить медико-социальную реабилитацию пациентов с миопией.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная дифференциальная схема отбора пациентов, оперируемых по технологии суббоуменовый фемтокератомилез, позволяет повысить клиничко-функциональные результаты коррекции миопии за счет учета особенностей профиля формирования роговицы при стандартном и тканесохраняющем алгоритмах абляции, а также метрических топографо-анатомических особенностей роговой оболочки и диаметра зрачка;

2. Разработанная тактика медикаментозной подготовки и послеоперационного сопровождения пациентов, оперируемых по технологии суббоуменовый фемтокератомилез, позволяет снизить процент интраоперационных, ранних и отдаленных послеоперационных осложнений, повысив качество выполняемых по данной технологии операций;

3. Тканесохраняющий алгоритм кератоабляции является эффективным и безопасным методом коррекции миопии средней степени в случае невозможности использования стандартного алгоритма кератоабляции в связи с недостаточной толщиной роговицы и/или необходимостью критического сужения эффективного диаметра оптической зоны с целью обеспечения полной коррекции аметропии;

4. Тканесохраняющий алгоритм кератоабляции позволяет достичь сопоставимых со стандартным алгоритмом результатов при коррекции миопии высокой степени до -10,0 дптр, обеспечивая возможность стабильной клиничко-функциональной реабилитации пациентов в случае недостаточной ждя использования стандартного алгоритма ьлщины роговицы;

5. Тканесохраняющий алгоритм кератоабляции обеспечивает сопоставимые с технологией имплантации факичных ИОЛ клиничко-функциональные результаты при коррекции миопии от -10,0 до -16,0 дптр. использование тканесохраняющего алгоритма в качестве альтернативного метода

коррекции является целесообразным при условии наличия достаточной толщины роговицы.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В случае планирования кераторефракционной хирургии при миопии средней степени на «относительно тонкой роговице», с целью повышения качества результирующих тонких зрительных функций и минимизации индуцирования паразитных засветов в условиях пониженной освещенности, рекомендуется комплексно оценивать соотношение значений степени аметропии, центральной толщины роговицы и максимального диаметра зрачка: в случае невозможности формирования широкой оптической зоны при использовании стандартного алгоритма кератоабляции, при котором расчетная переходная зона попадает в проекцию зрачка в условиях мидриаза, следует отдать предпочтение тканесохраняющему алгоритму с более широким диаметром оптической зоны.

2. Тканесохраняющий алгоритм кератоабляции рекомендуется использовать в случаях, когда применение стандартного алгоритма предполагает необходимость расчета на остаточную аметропию по причине недостаточной толщины роговицы, что позволяет выполнять коррекцию аномалий рефракции с расчетом на эметропию. При этом, послеоперационная противовоспалительная стероидная терапия должна сопровождаться прикрытием гипотензивными препаратами с целью минимизации возможного деформирующего влияния на механически ослабленную роговицу со стороны стероидоиндуцированной офтальмогипертензии и риска развития ятрогенной кератэктазии.

3. Выбор тканесохраняющего алгоритма кератоабляции при коррекции миопии свыше $-10,0$ дптр в качестве альтернативы имплантации ФИОЛ должен основываться на четком понимании высокого риска развития ятрогенной кератэктазии в связи с абляцией значительного процента стромы роговицы и, соответственно, ожидаемого ослабления ее биомеханических свойств, в связи с

чем, послеоперационная противовоспалительная стероидная терапия в обязательном порядке должна сопровождаться назначением гипотензивных препаратов. Также следует учитывать состояние прозрачности хрусталика с прогнозированием целесообразности выполнения кераторефракционной хирургии.

4. С целью минимизации риска формирования клапана над бауменовой мембраной и связанного с ним послеоперационных осложнений, необходимо оценивать исходную толщину роговичного эпителия. Также рекомендуется проведение пробы с анестетиком для оценки реакции (предоперационного моделирования) роговичного эпителия на инстилляцию данного препарата в виде формирования его отека, что также может привести к осложнениям, характерными для исходно высокого эпителия.

5. С целью профилактики ятрогенной кератэктазии на фоне стероидной терапии в роговицах с резидуальной стромой менее 330 мкм, стандартную схему послеоперационного медикаментозного ведения следует дополнять инстилляциями бесконсервантных гипотензивных препаратов.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ДОЗ – диаметр оптической зоны

ЗФИОЛ – заднекаменная факичная ионтраокулярная линза

МДЗ – максимальный диаметр зрачка

МКОЗ – максимально корригируемая острота зрения

НКОЗ – некорригируемая острота зрения

ОТР – «относительно тонкая роговица»

ПЗ – переходная зона

СА – стандартный алгоритм

СБФКСА – суббоуменовый фемтокератомилез со стандартным алгоритмом кератоабляции

СБФКТСА – суббоуменовый фемтокератомилез с тканесохраняющим алгоритмом кератоабляции

СПВП – стероидный противовоспалительный препарат

СЭ – сферозэквивалент

ТРЭ – толщина роговичного эпителия

ТСА – тканесохраняющий алгоритм

ФИОЛ – факичная интраокулярная линза

ФЛ – фемтосекундный лазер

ЦОЗ – центральная оптическая зона

ЭЭД – эпителиально-эндотелиальная дистрофия

Db – отклонения разностной элевационной карты задней поверхности роговицы

Q-константа – коническая константа

SAI – индекс асферичности роговицы

SRI – индекс регулярности роговицы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аветисов Э.С. Близорукость.– М.: Медицина, 2002. С. 228
2. Агафонова В.В. Коррекция аметропий интраокулярными факичными линзами: Дис. д-ра мед. наук. 2000. С. 57-72
3. Балашевич Л.И. Рефракционная хирургия.– СПб, 2002. С. 154
4. Баринов Э.Ф., Агафонова В.В., Маршава Д.О. и др. Морфо-клинические параллели развития осложнений, возникающих в глазах после имплантации факичных ИОЛ // Вестник ОГУ. 2007. № 78. С. 50-54
5. Бранчевский С.Л., Иванов Д.В. Результаты роговичной и интраокулярной хирургической коррекции миопии высокой степени // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии – 2011: Материалы науч.-практ. конф. М., 2011. С. 60-63
6. Дога А.В., Качалина Г.Ф., Кишкин Ю.И., Майчук Н.В., Кистень Ю.А. Фемтосекундный лазер – новые возможности в рефракционной хирургии // Сборник тезисов по материалам конференции. Федоровские чтения. 2009. С. 184
7. Дога А.В., Кистень Ю.А., Каримова А.Н. Функциональные результаты суббоуменового фемтокератомилеза (СБФК) с тканесохраняющим алгоритмом абляции (ТСА) // IX съезд офтальмологов России. 2010. С. 28
8. Дога А.В., Кишкин Ю.И., Майчук Н.В. Коррекция «сверхвысокой» миопии методом ФемтоЛАЗИК // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии – 2011: Сб. науч. ст. – М, 2011. – С. 227 —231
9. Дога А.В., Кишкин Ю.И., Майчук Н.В., Кондакова О.И. Сравнительный анализ гистоморфологии роговиц *in vivo* после формирования поверхностного клапана с помощью механического микрокератома и фемтосекундного лазера // Сборник научных статей. Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии. 2009. С. 142

10. Дога А.В., Майчук Н.В., Кондакова О.И. Клинико —диагностический алгоритм оценки состояния глазной поверхности у пациентов с длительным ношением контактных линз // Офтальмология. – М., 2011. – Т. 8, № 1. – С. 15 —19.
11. Дога А.В., Мушкова И.А., Кишкин Ю.И., Майчук Н.В., Каримова А.Н. Пятилетние результаты коррекции «сверхвысокой» миопии с помощью операции суббоуменового фемтокератомилеза с тканесохраняющей абляцией // Современные технологии в офтальмологии. 2014. № 3. С. 129
12. Дога А.В., Мушкова И.А., Кишкин Ю.И., Майчук Н.В., Каримова А.Н. Пятилетние результаты коррекции «сверхвысокой» миопии с помощью операции суббоуменового фемтокератомилеза с тканесохраняющей абляцией // Современные технологии в офтальмологии. 2014. С. 129
13. Дутчин И.В., Васильева И.В. Отдаленные результаты коррекции миопии методом ФРК у пациентов с исходно тонкой роговицей // Сборник научных работ. Новые технологии диагностики и лечения заболеваний органа зрения в Дальневосточном регионе 2012. 2012. С. 134
14. Жукова О.В., Смирницкая Е.Ю., Акимова Т.Ф. Эффективность склероукрепляющих операций в зависимости от метода операции и вида биоматериала // Тезисы докладов VIII съезда офтальмологов России. М. 2005. С. 719
15. Зуев В.К. Современные аспекты хирургической коррекции миопии высокой степени: Автореф. Дис. д-ра мед. наук. М, 1995. С. 40
16. Зуев В.К., Сороколетов Г.В., Туманян Э.Р., и др. Коррекция миопии высокой степени отечественной интраокулярной факичной линзой // Современные технологии в офтальмологии. 2016. № 5. С. 144 – 147
17. Зуев В.К., Туманян Э.В., Франковска-Герляк М.З., и др. Отдаленные результаты имплантации эластичной «реверсной» ИОЛ после ФЭК на глазах с миопией высокой степени» // X Съезд офтальмологов России. 2015. С. 234
18. Зуев В.К., Туманян Э.Р., Сороколетов Г.В., и др. Опыт имплантации отечественной заднекамерной факичной интраокулярной линзы фИОЛ-3 при

- миопии высокой степени – предварительное сообщение // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии. 2013. С. 70
- 19.Иомдина Е.Н. Биомеханика склеральной оболочки глаза при миопии: диагностика нарушений и их экспериментальная коррекция // Дис. ... докт. биол. наук, М., 2000. С. 103-118
- 20.Иомдина Е.Н., Фридман Ф.Е., Шамхалова Э.Ш., Биомеханическое состояние склеры и эффективность склеропластики при прогрессирующей миопии // Функциональная реабилитация в офтальмологии. 1991. С. 111-115.
- 21.Ищенко В.Н. Мощная сверхсветимость эксимеров ArF, KrF, XeF / В.Н. Ищенко, В.Н. Лисицын, А.М. Ражев // Письма в ЖТФ. – 1976. – Т. 2, вып. 18. – С. 839-842.
- 22.Качалина Г.Ф. Хирургическая технология трансэпителиальной фоторефрактивной кератэктомии при миопии на эксимерлазерной установке «Профиль —500»: Дис. ... канд. мед. наук. – М., 2000. – 134 с.
- 23.Качалина Г.Ф., Кишкин Ю.И., Майчук Н.В. Послеоперационная эктазия роговицы: мифы и реальность // Международн. науч. —практ. конф. «Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии – 2010», 9 —я: Материалы. – М., 2010. – 398 с.
- 24.Качалина Г.Ф., Кишкин Ю.И., Майчук Н.В., Кистень Ю.А., Кондакова О.И. Профилактика дисрегенераторных послеоперационных осложнений суббуоменового фемтокератомилеза (СБФК) // Сборник тезисов. IX съезд офтальмологов России. 2010. С. 58
- 25.Качалина Г.Ф., Майчук Н.В., Кишкин Ю.И. Использование современных методов визуализации переднего отрезка глаза в исследовании роговичных клапанов, формируемых различными микрокератомами // Сборник научных статей. Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии. 2008. С. 167
- 26.Кишкин Ю.И., Качалина Г.Ф., Майчук Н.В. Оптимизированная эксимерлазерная коррекция аметропий на установке «Микроскан-ЦФП»

- (Россия) // Сборник научных статей. Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии. 2009. С. 89
27. Кишкин Ю.И., Майчук Н.В., Кистень Ю.А., Дорри А.М. Сравнительный анализ методик формирования роговичного клапана для суббоуменого кератомилеза // Сборник научных статей. Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии. 2010. С. 273
28. Ковалевский Е.И., Дубовская Л.А., Мишустин В.В. и др. Результаты хирургической профилактики прогрессирования близорукости у детей // Близорукость. Патогенез, профилактика прогрессирования и осложнений: Материалы междунар. симпоз. М., 1990. С. 150-152
29. Кожухов А.А., Возможности защиты эндотелия роговицы при фемтолазерной факоэмульсификации у пациентов с первичной ЭЭД роговицы // Современные технологии в офтальмологии. 2017. № 3. С. 293-294
30. Коновалов М.Е., Молокотин Е.М., Способ лечения осложненной катаракты у пациентов после факичной коррекции // Сборник научных статей под редакцией Тахчиди Х.П. Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии. 2010. С. 100
31. Костенев С.В., Черных В.В., Фемтосекундная лазерная хирургия. Принципы и применение в офтальмологии – М.: Новосибирск «Наука», - 2012. 105 с.
32. Куренков В.В. Руководство по эксимерлазерной хирургии роговицы. – М.: РАМН, 2002. – 397 с.
33. Либман Е.С. Шахова Е.В., Мирошникова Е.К., Причины слепоты и слабовидения, потребность в медицинской реабилитации детей школьного возраста // Офтальмол. журн. 1994. № 1. С. 5-7.
34. Макаров Р.А., Мушкова И.А., Кишкин Ю.И. и др. Трансэпителиальная топографически ориентированная фоторефрактивная кератэктомия в лечении стромальных помутнений роговицы в сочетании с иррегулярным астигматизмом // Современные технологии в офтальмологии. 2016. №4. С. 137-139

- 35.Макаров Р.А., Мушкова И.А., Майчук Д.Ю. и др., Клинический случай выполнения топографически ориентированной фоторефрактивной кератэктомии для лечения глубокого постинфекционного помутнения роговицы // Современные технологии в офтальмологии. 2015. №3. С. 96
- 36.Малюгин Б.Э., Качалина Г.Ф., Соболев Н.П., Мушкова И.А., Каримова А.Н., Майчук Н.В., Патахова Х.М. Оценка результатов применения комбинированной методики в хирургическом лечении миопии высокой степени // Современные технологии в офтальмологии. № 3 2014. С. 179
- 37.Малюгин Б.Э., Соболев Н.П., Покровский Д.Ф., и др. Первый опыт клинического применения переднекамерной факичной ИОЛ ACRYSOF® SACHET ТМ в хирургической коррекции миопии высокой степени // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии. 2011. С. 213
- 38.Малюгин Б.Э., Узунян Д.Г., Покровский Д.Ф. Наш опыт использования факичных ИОЛ ICL Staar для коррекции миопии высокой степени // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии. 2008. С. 49
- 39.Малюгин Б.Э., Шпак А.А., Узунян Д.Г., и др. Выбор размера заднекамерной факичной ИОЛ. Сообщение 1. Разработка способа оценки диаметра цилиарной борозды методом оптической когерентной томографии // Офтальмохирургия. 2013. № 3. С. 31
- 40.Малюгин Б.Э., Шпак А.А., Узунян Д.Г., и др. Выбор размера заднекамерной факичной ИОЛ. Сообщение 2. Исследование эффективности метода оценки диаметра цилиарной борозды // Офтальмохирургия. 2013. № 3. С. 36
- 41.Мушкова И.А., Дорри А.М., Майчук Н.В., Пахомова А.Л., Каримова А.Н. Дифференцированный подход к слезозамещающей терапии после кераторефракционных операций // Современные технологии в офтальмологии. 2014. № 3. С. 187
- 42.Мушкова И.А., Кишкин Ю.И., Захарова И.А., Майчук Н.В., Каримова А.Н., Семенов А.Д. Фармакологическое сопровождение стандартной

- кераторефракционной операции // Современные технологии в офтальмологии. 2014. № 3. С. 191
43. Мушкова И.А., Кишкин Ю.И., Майчук Н.В. и др., Совершенствование диагностической и хирургической тактики при коррекции посткератотомических рефракционных нарушений (клинический случай) // Современные технологии в офтальмологии. 2015. №4. С. 168
44. Мушкова И.А., Майчук Н.В., Майчук Д.Ю. и др. Новые методы диагностики и лечения стромальных помутнений роговицы в сочетании с рефракционными нарушениями // Современные технологии в офтальмологии. 2015. №4. С. 172
45. Мушкова И.А., Майчук Н.В., Тахчиди Е.Х., Васютин П.Ю., Усанова Г.Ю. Оценка состояния глазной поверхности (ГП) у пациентов с компенсированной первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) // Сборник научных работ. X Съезд офтальмологов России. 2015. С. 93
46. Обрубов С.А., Сидоренко Е.И., Учаева Н.С. и др. Дистракционная склеропластика: от теории к практике (медицинская технология) // Российская детская офтальмология. 2012. № 1. С. 76
47. Петрович Ю.А., Майчук Н.В., О.И. Кондакова Новый биохимический коэффициент прогнозирования осложнений кераторефракционных операций (КРО) у пациентов, пользующихся контактными линзами (КЛ) // Сборник тезисов. IX съезд офтальмологов России. 2010. С. 45-46
48. Покровский Д.Ф. Оптимизация хирургической коррекции миопии высокой степени заднекамерными факичными интраокулярными линзами. Клинико-экспериментальное исследование: Дис. кандидата мед. наук. М., 2011. С. 86 – 145
49. Рябина М.Ю., Пашкина Е.П., Кобякова Н.К., и др. Полимеризационноспособная композиция для окрашивания контактных линз // Пластические массы. 2009. № 11. С. 45-48.
50. Савиных В.И., Татарникова Г.Н., Столяренко О.В. Отдалённые результаты простой склеропластики при прогрессирующей близорукости // Офтальмол. журн. 1988. № 8. С. 459-461

51. Семенов А.Д. Лазеры в оптико-реконструктивной микрохирургии глаза // автореф. дисс. ... д-ра мед. наук., 1994. С. 43
52. Сидоренко Е.И., Обрубков С.А., Древаль А.А., Фёдорова В.Н. О причинах недостаточной эффективности коллагенопластики (экспериментальное исследование) // Вестн. офтальм. Т. 3. № 1. 1995. С. 4-6
53. Соболев Н.П., Малюгин Б.Э., Покровский Д.Ф., и др. Опыт клинического применения переднекамерной факичной ИОЛ AcrySof Cachet для хирургической коррекции миопии высокой степени // Офтальмохирургия. 2013. № 4. С. 20
54. Соломатин И., Гертнер Я., SMILE – новейшая малоинвазивная технология полностью фемтосекундной коррекции зрения. Результаты 6 месяцев наблюдения // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии. 2011. С. 64
55. Сороколетов Г.В., Зуев В.К., Туманян Э.Р., и др. Первый опыт имплантации заднекамерной факичной интраокулярной линзы «фИОЛ-3» при миопии высокой степени 25 // Офтальмохирургия. 2013. № 4. С. 25
56. Тарутта Е. П. Индуцированный очками "PERIFOCAL - M" периферический дефокус и прогрессирование миопии у детей // Российская педиатрическая офтальмология. 2015. № 2. С. 33 – 37
57. Тарутта Е.П. Склероукрепляющее лечение и профилактика осложнений прогрессирующей близорукости у детей и подростков: Дис. ... д-ра мед. наук. М., 1993. С. 321
58. Тахчиди Н.Х., Качалина Г.Ф., Майчук Н.В., Дорри А.М., Бранчевская Е.С. Сравнительный анализ восстановления «тонких зрительных функций» после операций ЛАЗИК и ФемтоЛАЗИК // Сборник научных работ. Актуальные проблемы офтальмологии. 2012. С. 200
59. Тахчиди Х.П., Костенев С.В., Черных В.В. и др., Клинико-патофизиологический анализ применения эксимерных лазеров с длинами волн 193 нм и 223 нм в рефракционной хирургии // Офтальмохирургия. 2006. №1. С. 9 – 13

- 60.Туманян Э.Р. Клинико-функциональное состояние глаз с миопией высокой степени после имплантации отрицательных ИОЛ: Дис. д-ра мед. наук. М., 1998. С. 16-74
- 61.Учаева Н.С. Экспериментально-клиническое обоснование применения дистракционной склеропластики в лечении прогрессирующей близорукости у детей: Автореф. дис. канд. мед. наук. М., 2010. С. 25
- 62.Федорова И.С., Копаев С.Ю., Кузнецова Т.С., и др., Интраокулярная коррекция аметропий крайних степеней с применением индивидуальных мультифокальных ИОЛ LentisMplus // Офтальмохирургия. 2013. № 3. С. 46
- 63.Шенгеля Т.Т. Состояние зрительных функций у больных миопией, корригированных контактными линзами // Вестник офтальмологии. 1986. Т. 6. № 3. С. 41-42.
- 64.Эскина Э.Н., Паршина В.А., Степанова М.А. Результаты коррекции миопии высокой степени методом трансэпителиальной ФПК на установке SCHWIND AMARIS // Современные технологии в офтальмологии. 2014. № 3. С. 239
- 65.Adib-Moghaddam S., Soleyman-Jahi S., Adili-Aghdam F. Single-step transepithelial photorefractive keratectomy in high myopia: qualitative and quantitative visual functions // Int. J. Ophthalmol. 2017. Vol. 3. P. 445 – 452
- 66.Adler D., Millodot M. The possible effect of undercorrection on myopic progression in children // Clin Exp Optom. 2006. Vol. 89. P. 315–321
- 67.Alfonso J.F., Baamonde B., FernandezVega L. et al. Posterior chamber collagen copolymer phakic intraocular lenses to correct myopia: five year follow-up // J. Cataract Refract. Surg. 2011. Vol. 37. P. 873-880
- 68.Alfonso J.F., Fernandez-Vega L., Lisa C. et al. Central vault after phakic intraocular lens implantation: Correlation with anterior chamber depth, white-to-white distance, spherical equivalent, and patient age // J. Cataract Refract. Surg. 2012. Vol. 38. P. 46-53
- 69.Alicja R. Rudnicka., Venediktos V. Kapetanakis., Andrea K. Wathern. Global variations and time trends in the prevalence of childhood myopia, a systematic

- review and quantitative meta-analysis: implications for aetiology and early prevention // *BMJ J. Ophthalmology*. 2016. P. 356
70. Alió J.L., Plaza-Puche A.B., Cavas F., et al. An angle-supported foldable phakic intraocular lens for correction of myopia: A five-year follow-up // *Arch. Soc. Esp. Oftalmol*. 2017. P. 4 – 11
71. Alió J.L., Soria F., Abbouda A., et al. Laser in situ keratomileusis for -6.00 to -18.00 diopters of myopia and up to -5.00 diopters of astigmatism: 15-year follow-up // *J. Cataract. Refract. Surg*. 2015. Vol. 1. P. 33 – 40
72. Aller T., Wildsoet C.. Results of a one-year prospective clinical trial (CONTROL) of the use of bifocal soft contact lenses to control myopia progression // *Ophthalmic Physiol Opt*. 2006. Vol. 26. P. 8–9
73. Aller T.A., Wildsoet C. Bifocal soft contact lenses as a possible myopia control treatment: a case report involving identical twins // *Clin Exp Optom*. 2008. Vol. 91. P. 394–399
74. Althomali T.A. Reproducibility of flap thickness in sub-Bowman keratomileusis using a mechanical microkeratome // *J. Cataract. Refract. Surg*. 2014. Vol. 40. Issue 11. P. 1828 – 1833
75. Ang M., Mehta J.S., Chan C., et al. Refractive lenticule extraction: Transition and comparison of 3 surgical techniques // *J. Cataract. Refract Surg*. 2014. Vol. 9. P. 1415 – 1424
76. Anstice N.S., Phillips J.R.. Effect of dual-focus soft contact lens wear on axial myopia progression in children // *Ophthalmology*. 2011. Vol. 118. Issue 6. P. 1152–1161
77. Arora T., Sharma N., Arora S., Fulminant herpetic keratouveitis with flap necrosis following laser in situ keratomileusis: Case report and review of literature // *J. Cataract. Refract. Surg*. 2014. Vol. 40. Issue 12. P. 2152-2156
78. Audrey Chia, Qing-Shu Lu, Donald Tan et al. Five-Year Clinical Trial on Atropine for the Treatment of Myopia 2 // *Ophthalmology*. 2016. Vol. 123. Issue 2. P. 391-399

79. Azar D.T., Ghanem R.C., de la Cruz J., Thin-flap (sub-Bowman keratomileusis) versus thick-flap laser in situ keratomileusis for moderate to high myopia: case-control analysis // *J. Cataract. Refract. Surg.* 2008. Vol. 34. Issue 12. P. 2073-2078
80. Bamashmus M.A., Saleh M.F. Post —LASIK interface fluid syndrome caused by steroid drops // *Saudi J Ophthalmol.* – 2013. – № 27, Vol. 2. – P. 125 —128.
81. Barsam A., Allan B.D. Excimer laser refractive surgery versus phakic intraocular lenses for the correction of moderate to high myopia // *Cochrane Database Syst. Rev.* 2014. Vol. 4. P. 178
82. Barsam A., Allan B.D. Excimer laser refractive surgery versus phakic intraocular lenses for the correction of moderate to high myopia // *Cochrane Database Syst Rev.* 2010. Vol. 12. P. 5.
83. Bhandari V., Karandikar S., Reddy J.K., et al. Implantable collamer lens V4b and V4c for correction of high myopia // *J. Curr. Ophthalmol.* 2016. Vol. 3. P. 76 – 81
84. Bohac M., Anticic M., Draca N., et al. Comparison of Verisyse and Veriflex Phakic Intraocular Lenses for Treatment of Moderate to High Myopia 36 Months after Surgery // *Journal Seminars in Ophthalmology.* 2015. P. 1 – 9
85. Boyce B.L., Jones R.E., Nguyen T.D., Grazier J.M. Stress-controlled viscoelastic tensile response of bovine cornea // *Journal of biomechanics* 2007. Vol. 40. Issue 11. P. 2367-2376
86. Burazovitch J, Naguzeswski D, Beuste T. Predictability of SMILE over four years in high myopes // *J. Fr. Ophtalmol.* 2017. Vol. 6. P. 201 – 209
87. Burratto L., Brint S. Preperation for surgery // In: Burratto L., Brint S. Custom LASIK. SLACK Inc. Thorofare. 2003. P. 35-37
88. Camille Yvon, Timothy J. Archer, Marine Gobbe, et al. Comparison of Higher-Order Aberration Induction Between Manual Microkeratome and Femtosecond Laser Flap Creation // *Journal of Refractive Surgery.* 2015. Vol. 31. Issue 2. P. 130 – 135
89. Celorio J.M., Pruett R.C. Prevalence of latticedegeneration and its relation to axial length in severemyopia // *Am. J. Ophthalmol.* 1991. Vol. 111. P. 20–23

- 90.Chan T.C., Yu M.C., Mak S., et al. Longitudinal comparison of femtosecond-assisted sub-Bowman keratomileusis versus photorefractive keratectomy for high myopia // *Br. J. Ophthalmol.* 2016. P. 146
- 91.Chan T.C., Yu M.C., Ng A., et al. Early outcomes after small incision lenticule extraction and photorefractive keratectomy for correction of high myopia // *Scientific Reports.* 2016. Vol. 6. P. 145
- 92.Charm J., Cho P. High myopia-partial reduction ortho-k: a 2-year randomized study // *Optom. Vis. Sci.* 2013. Vol. 90. Issue 6. P. 530–539
- 93.Chen C., Cheung S.W., Cho P. Myopia control using toric orthokeratology (TO-SEE study) // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2013. Vol. 54. Issue 10. P. 6510–6517
- 94.Cheng D., Schmid K.L., Woo G.C. The effect of positive-lens addition and base-in prism on accommodation accuracy and near horizontal phoria in Chinese myopic children // *Ophthalmic Physiol Opt.* 2008. Vol. 28. P. 225–237
- 95.Cheng D., Schmid K.L., Woo G.C., Drobe B. Randomized trial of effect of bifocal and prismatic bifocal spectacles on myopic progression: two-year results // *Arch Ophthalmol.* 2010. Vol. 128. P. 12–19
- 96.Chia-Ching Yang, I.-Jong Wang, Yue-CuneChang, et al. A Predictive Model for Postoperative Intraocular Pressure Among Patients Undergoing Laser in Situ Keratomileusis (LASIK) // *American Journal of Ophthalmology.* 2006. Vol. 141. Issue 3. P. 530-536
- 97.Cho P., Cheung S.W. Retardation of myopia in Orthokeratology (ROMIO) study: a 2-year randomized clinical trial // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2012. Vol. 53. Issue 11. P. 7077–7085
- 98.Chung K., Mohidin N., O’Leary D.J. Undercorrection of myopia enhances rather than inhibits myopia progression // *Vision Res.* 2002. Vol. 42. P. 2555–2559
- 99.Cynthia Roberts. Biomechanics of the Cornea and Wavefront-guided Laser Refractive Surgery // *Journal of Refractive Surgery.* 2002. Vol. 18. Issue 5. P. 589 – 292

100. Curtin B.J. Iwamoto T., Renaldo D.P., Normal and staphylomatous sclera of high myopia. An electron microscopic study // Arch. Ophthalmol. 1979. Vol. 97. P. 912-915
101. David A. Berntsen, Christopher D. Peripheral Defocus and Myopia Progression in Myopic Children Randomly Assigned to Wear Single Vision and Progressive Addition Lenses // Invest Ophthalmol Vis Sci. 2013. Vol. 54. Issue 8. P. 5761 – 5770
102. Dawson D.G., Schmack I., Holley G.P. Interface fluid syndrome in human eye bank corneas after LASIK: causes and pathogenesis // Ophthalmology. 2007. Vol. 114. Issue 10. P. 1848 – 1859
103. Desmond Cheng, George C. Woo, Katrina L. Schmid. Bifocal lens control of myopic progression in children // Clin Exp Optom. 2011. Vol. 94. Issue 1. P. 24–32
104. E. Pacella F., Pacella S., Abdolrahimzadeh et al. Photorefractive Keratectomy in the Management of High Myopic Defects. Tissue-Saving vs Planoscan // ARVO Annual Meeting Abstract. 2006. Vol. 47. Issue 13
105. Edwards M.H., Kent D., McGhee C.N.J. Keratectasia (iatrogenic keratoconus) following laser refractive surgery // J CME Ophthalmol. 2001.- Vol. 50.- P. 70–73.
106. Edwards M.H., Li R., Lam C., et al. The Hong Kong progressive lens myopia control study: study design and main findings // Invest Ophthalmol Vis Sci. 2002. Vol 43. P. 2852–2858
107. Elie Dolgin. The myopia boom. Short-sightedness is reaching epidemic proportions. Some scientists think they have found a reason why // Nature. 2015. Vol. 519. Issue 7543.
108. Elsheikh A., Alhasso D., Rama P. Biomechanical properties of human and porcine corneas // Experimental eye research 2008. Vol. 86. Issue 5. P. 783-790
109. Elsheikh A., Wang D., Brown M., et al. Assessment of corneal biomechanical properties and their variation with age // Current eye research 2007. Vol. 32. Issue 1. P. 11-19
110. Estopinal C.B., Mian S.I., LASIK Flap: Postoperative Complications // Int. Ophthalmol. Clin. 2016. Vol. 56 Issue 2. P. 67-81

111. Fang P.C., Chung M.Y., Yu H.J., Wu P.C.. Prevention of myopia onset with 0.025% atropine in premyopic children // *J Ocul Pharmacol Ther.* 2010. Vol. 26. Issue 4. P. 341–345
112. Fernández J., Valero A., Martínez J., et al. Short-term outcomes of small-incision lenticule extraction (SMILE) for low, medium, and high myopia // *Eur. J. Ophthalmol.* 2017. Vol. 2. P. 153 – 159
113. Ford M.R., Dupps W.J., Jr., Rollins A.M., et al. Method for optical coherence elastography of the cornea // *Journal of biomedical optics.* 2011. Vol. 16. Issue 1. P. 57
114. Fulk G.W., Cyert L.A., Parker D.E. A randomised trial of the effect of single vision vs. bifocal lenses on myopia progression in children with esophoria // *Optom Vis Sci.* 2000. Vol. 77. P. 396–401
115. Galal A., Artola A., Belda J., et al. Interface corneal edema secondary to steroid-induced elevation of intraocular pressure simulating diffuse lamellar keratitis // *J Refract Surg.* 2006. Vol. 22. Issue 5. P. 4441 – 4447
116. Ganesh S., Brar S., Relekar K.J. Epithelial Thickness Profile Changes Following Small Incision Refractive Lenticule Extraction (SMILE) for Myopia and Myopic Astigmatism // *J. Refract. Surg.* 2016. Vol. 7. P. 473 – 482
117. Gimbell H., Probst L. The LASIK complications // *OSN.* 2001. – p. 54.
118. Grosvenor T., Perrigin D.M., Perrigin J., et al. Houston Myopia Control Study: A randomised clinical trial. Part II. Final report by the patient care team // *Am. J. Optom. Physiol. Opt.* 1987. Vol. 64. P. 482–498
119. Greene P.R., Mechanical considerations in myopia: relative effects of accommodation, convergence, intraocular pressure and the extraocular muscles // *Am. J. Optom. Physiol. Opt.* 1980. Vol. 57. P. 902–914
120. Guillaume E.S., Iomdina E.N., Biochemical, morphological and biomechanical properties of sclera and their changes in progressive myopia // *Exp. Eye Res.* 1998. Vol. 67, Suppl 1. Abstr. of XIII ICER, Paris. P. 263.

121. Guillaume Lepert, Ricardo M. Gouveia, Che J. Connon et al. Assessing corneal biomechanics with Brillouin spectro-microscopy // *The Royal Society of Chemistry*. 2016. Vol. 187. P. 415 – 428
122. Gustavo K. Marino, Marcony R. Santhiago, Andre A. M. Torricelli, et al. Corneal Molecular and Cellular Biology for the Refractive Surgeon: The Critical Role of the Epithelial Basement Membrane // *Journal of Refractive Surgery*. 2016. Vol. 32. Issue 2. P. 188 – 125
123. Gwiazda J., Hyman L., Hussein M., et al. A randomised clinical trial of progressive addition lenses versus single vision lenses on the progression of myopia in children // *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2003. Vol. 44. P. 1492–1500
124. Gwiazda J., Hyman L., Norton T.T., et al. Accommodation and related risk factors associated with myopia progression and their interaction with treatment in COMET // *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2004. Vol. 45. P. 2143–2151
125. Hamilton D.R., Johnson R.D., Lee N., et al. Differences in the corneal biomechanical effects of surface ablation compared with laser in situ keratomileusis using a microkeratome or femtosecond laser // *J. Cataract. Refract. Surg*. 2008. Vol. 34. Issue 12. P. 2049 – 2056
126. Hamilton D.R., Manche E.E., Rich L.F., et al. Steroid-induced glaucoma after laser in situ keratomileusis associated with interface fluid // *Ophthalmology*. 2002. Vol. 109. Issue 4. P. 659 – 665
127. Hansen R.S., Lyhne N., Grauslund J., et al. Four-year to seven-year outcomes of advanced surface ablation with excimer laser for high myopia // *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol*. 2015. Vol. 7. P. 1027 – 1033
128. Hasebe S., Nakatsuka C., Hamasaki I., et al. Downward deviation of progressive addition lenses in a myopia control trial // *Ophthalmic Physiol. Opt*. 2005. Vol. 25. P. 310–314
129. Hasebe S., Ohtsuki H., Nonaka T., et al. Effect of progressive addition lenses on myopia progression in Japanese children: a prospective, randomised, double-masked, crossover trial // *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2008. Vol. 49. P. 2781–2789

130. Hashemi H., Ghaffari R., Miraftab M., et al. Femtosecond laser-assisted LASIK versus PRK for high myopia: comparison of 18-month visual acuity and quality // *Int. Ophthalmol.* 2016. P. 1 – 7
131. Hashemi H., Miraftab M., Ghaffari R., et al. Femtosecond-Assisted LASIK Versus PRK: Comparison of 6-Month Visual Acuity and Quality Outcome for High Myopia // *Eye Contact Lens.* 2016. Vol. 6. P. 354 – 357
132. Hashemi H., Salimi Y., Pir P. Photorefractive Keratectomy With Mitomycin-C for High Myopia: Three Year Follow-Up Results // *Acta Medica Iranica.* 2017. Vol. 1. P. 42 – 48
133. Hassan Hashemi, Ebrahim Jafarzadehpur, Shiva Mehravaran et al. Corneal resistance factor and corneal hysteresis in a 6- to 18-year-old population // *Journal of Refractive Surgery.* 2014. Vol. 40. Issue 9. P. 1446 – 1453
134. Hidenaga Kobashi. Long-term quality of life after posterior chamber phakic intraocular lens implantation and after wavefront-guided laser in situ keratomileusis for myopia // *J. Cataract. Refract. Surg.* 2014. Vol. 40. Issue 12. P. 2019 – 2024
135. Hjortdal J.O. Regional elastic performance of the human cornea // *J Biomech.* 1996. Vol. 29. Issue 7. P. 931 – 942
136. Holden B.A., Fricke T.R., Wilson D.A., et al. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050 // *Ophthalmology.* 2016. Vol. 5. P. 1036 – 1042
137. Iomdina E.N., Vinetskaya M.I., The content of trace elements of the sclera and its elastic properties in myopia // *Exp. Eye Res.* Vol. 67, suppl 1. Abstr. of XIII ICER, Paris. 1998. P. 68.
138. Jacobs J.M., Taravella M.J. Incidence of intraoperative flap complications in laser in situ keratomileusis // *J. Cataract Refract. Surg.* 2002. Vol. 28. No. 1. P. 23-28.
139. Jérôme C. Vryghem, Steven Heireman, Thibaut Devogelaere. Thin-flap LASIK with a High-frequency, Low-energy, Small Spot Femtosecond Laser – Effectiveness and Safety // *European Ophthalmic Review.* 2014. Vol. 8. Issue 2. P. 99 – 103

140. Jiang B.C., Bussa S., Tea Y.C., Seger K. Optimal dioptric value of near addition lenses intended to slow myopic progression // *Optom Vis Sci.* 2008. Vol. 85. P. 1100–1105
141. Jiang B.C., Tea Y.C., O'Donnell D. Changes in accommodative and vergence responses when viewing through near addition lenses // *Optometry* 2007. Vol. 78. P. 129–134
142. Jonatán D. Galletti, Pablo R. Ruiseñor Vázquez, Natalia Minguez, et al. Corneal Asymmetry Analysis by Pentacam Scheimpflug Tomography for Keratoconus Diagnosis // *Journal of Refractive Surgery.* 2015. Vol. 31. Issue 2. P. 116 – 123
143. Jones-Jordan LA, Sinnott LT, Cotter SA, et al. Time outdoors, visual activity, and myopia progression in juvenile-onset myopes // *Invest Ophthalmol. Vis. Sci.* 2012. Vol. 53. Issue 11. P. 7169–7175
144. Jorge L., Felipe Soria. Laser in situ keratomileusis for –6.00 to –18.00 diopters of myopia and up to –5.00 diopters of astigmatism: 15-year follow-up // *J. Cataract. Refract. Surg.* 2015. Vol. 41. Issue 1. P. 33 – 40
145. Jose Luiz Branco Ramos, Sheng Zhou, Christopher Yo, et al. High-resolution Imaging of Complicated LASIK Flap Interface Fluid Syndrome // *Ophthalmic Surg Lasers Imaging.* 2008. Vol. 39. Issue 4. P. 80 – 82
146. Kamiya K, Shimizu K, Igarashi A. Posterior chamber phakic intraocular lens implantation: comparative, multicentre study in 351 eyes with low-to-moderate or high myopia // *Br. J. Ophthalmol.* 2017. P. 189
147. Kanellopoulos A.J, Asimellis G. Refractive and keratometric stability in high myopic LASIK with high-frequency femtosecond and excimer lasers // *J Refract Surg.* 2013. Vol. 12. P. 832 – 837
148. Karandikar S, Bhandari V, Reddy J. Outcomes of implantable collamer lens V4 and V4c for correction of high myopia - a case series // *Nepal J. Ophthalmol.* 2015. Vol. 14. P. 164 – 172
149. Karl Stoneciphera, Teresa S. Ignaciob, Megan Stonecipher. Advances in refractive surgery: microkeratome and femtosecond laser flap creation in relation to

- safety, efficacy, predictability, and biomechanical stability // *Curr. Opin. Ophthalmol.* 2006. Vol. 17. P. 368 – 372
150. Karlin D.B., Curtin B.J., Peripheral chorioretinal lesions and axial length of the myopic eye // *Am. J. Ophthalmol.* 1976. Vol. 81. P. 625–635
151. Katz J., Schein O.D., Levy B., et al. A randomized trial of rigid gas permeable contact lenses to reduce progression of children's myopia // *Am. J. Ophthalmol.* 2003. Vol. 136. Issue 1. P. 82-90
152. Kerautret J., Colin J., Touboul D., Roberts C. Biomechanical characteristics of the ectatic cornea // *Journal of cataract and refractive surgery.* 2008. Vol. 34. Issue 3. P. 510-513
153. Kim J.R., Kim B.K., Mun S.J., et al. One-year outcomes of small-incision lenticule extraction (SMILE): mild to moderate myopia vs. high myopia // *BMC Ophthalmol.* 2015. P. 125
154. Kocová H., Vlková E., Michalcová L. Implantation of posterior chamber phakic intraocular lens for myopia and hyperopia - long-term clinical outcomes // *J Fr Ophthalmol.* 2017. Vol. 3. P. 215 – 223
155. Kohlhaas M., Spoerl E., Boehm A.G., et al. A correction formula for the real intraocular pressure after LASIK for the correction of myopic astigmatism // *J. Refract. Surg.* 2006. Vol. 22. Issue 3. P. 263-267
156. Kohnen T., Knorz M.C., Cochener B., Gerl R.H., Arne J.L., Colin J., Alio J.L., Bellucci R., Marinho A. AcrySof phakic angle —supported intraocular lens for the correction of moderate —to —high myopia: one —year results of a multicenter European study // *Ophthalmology.* 2009. Vol. 116, № 7. P. 1314 —1321.
157. Kohnen T., Maxwell W.A., Holland S. Correction of Moderate to High Myopia with a Foldable, Angle-Supported Phakic Intraocular Lens: Results from a 5-Year Open-Label Trial // *Ophthalmology.* 2016. Vol. 5. P. 1027 – 1035
158. Kotecha A. What biomechanical properties of the cornea are relevant for the clinician? // *Survey of ophthalmology* 2007. Vol. 52. P.109-114
159. Kouroshe Sheibani, Javad Heravian Shandiz, AbbasAli Yekta et al. Refractive Outcomes, Contrast Sensitivity, HOAs, and Patient Satisfaction in Moderate

- Myopia: Wavefront-Optimized Versus Tissue-Saving PRK // *Journal of refractive surgery*. 2015. Vol. 31. Issue 10. P. 683 – 690
160. Lam C.S., Tang W.C., Tse D.Y., et al. Defocus Incorporated Soft Contact (DISC) lens slows myopia progression in Hong Kong Chinese schoolchildren: a 2-year randomised clinical trial // *Br J Ophthalmol*. 2014. Vol. 98. Issue 1. P. 40–45
161. Lee J.K., Nkyekyer E.W., Chuck R.S. Microkeratome complications // *Curr. Opin. Ophthalmol*. 2009. Vol. 20. No. 4. P. 260-263.
162. Leslie Goldberg. The Flap Over LASIK // *Ophthalmology Management*. 2009. Issue 2009
163. Leung J.T.M., Brown B. Progression of myopia in Hong Kong Chinese schoolchildren is slowed by wearing progressive lenses // *Optom Vis Sci*. 1999. Vol. 76. P. 346–354
164. Lim, R., Mitchell, P., Cumming, R. G. (1999) Refractive associations with cataract: the blue mountains eye study // *Invest. Ophthalmol*. 1999. Vol. 40. P. 3021–3026.
165. Liu K.R., Chen M.S., Ko L.S., Electron microscopic studies of the scleral collagen fiber in excessively high myopia // *J. Formosan. Med. Assoc*. 1986. Vol. 85. P. 1032-1038
166. Luce D.A. Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer // *Journal of cataract and refractive surgery* 2005. Vol. 31. Issue 1. P. 156-162
167. Luis Alberto Carvalho, Marcelo Prado, Rodivaldo H. Cunha, et al. Keratoconus prediction using a finite element model of the cornea with local biomechanical properties // *Arq. Bras. Oftalmol*. 2009. Vol. 72. Issue 2
168. Machat, JJ. Fundamental concepts and principles of the excimer laser and LASIK // in: J.J. Machat, S.G. Slade, L.E. Probst (Eds.) *The Art of LASIK*. second ed. Slack, Inc, New Jersey. 1999. P. 43
169. Marcony R. Santhiago, David Smadja, Beatriz F. Gomes, et al. Association Between the Percent Tissue Altered and Post–Laser In Situ Keratomileusis Ectasia

- in Eyes With Normal Preoperative Topography // AJO. 2014. Vol. 158. Issue 1. P. 87 – 91
170. Marcony R. Santhiago, David Smadja, Steven E. Wilson, et al. Role of Percent Tissue Altered on Ectasia After LASIK in Eyes With Suspicious Topography // Journal of Refractive Surgery. 2015. Vol. 31. Issue 4. P. 258 – 265
171. McBrien N., Gentle A., Role of the sclera in the development and pathological complications of myopia // Prog. Retin. Eye Res. 2003. Vol. 22. P. 307-338.
172. McCarty C.A., Mukesh B.N., Fu C.L. et al. The epidemiology of cataract in Australia // Am. J.Ophthalmol. 1999. Vol. 128. P. 446–465.
173. McLeod S.D., Kislak T.A., Caro N.C. et al. Iatrogenic keratoconus: corneal ectasia following laser in situ keratomileusis for myopia // Arch Ophthalmol 2000.- Vol. 118.- P. 282-284.
174. Meek K.M., Tuft S.J., Huang Y., et al. Changes in collagen orientation and distribution in keratoconus corneas // Investigative ophthalmology & visual science. 2005. Vol. 46. Issue 6. P. 1948-1956
175. Mehrdad Mohammadpour, Hassan Hashemi, Mahmoud Jabbarvand. Safety, Efficacy, Predictability and Stability Indices of Photorefractive Keratectomy for Correction of Myopic Astigmatism with Plano-Scan and Tissue-Saving Algorithms // Iranian Journal of Ophthalmology. 2013. Vol. 25. Issue 3. P. 227 – 237
176. Mirafteb M., Hashemi H., Asgari S. Matched optical quality comparison of 3-year results of PRK-MMC and phakic IOL implantation in the correction of high myopia // Eye (Lond). 2015. Vol. 7. P. 926 – 931
177. Mitchell P., Hourihan F., Sandbach J. et al., The relationship between glaucoma and myopia: the bluemountains eye study // Ophthalmology. 1999. Vol. 106. P. 2010–2015
178. Moller-Pedersen T., Cavanagh H.D., Petroll W.M., et al. Stromal wound healing explains refractive instability and haze development after photorefractive keratectomy: a 1-year confocal microscopic study // Ophthalmology. 2000. Vol. 107. Issue 7. P. 1235-1245

179. Montés-Micó R., Charman W.N., Intraocular pressure after excimer laser myopic refractive surgery // *Ophthalmic. Physiol. Opt.* 2001. Vol. 21. Issue 3. P. 228-235
180. Mutti D.O., Hayes J.R., Mitchell G.L., et al. Refractive error, axial length and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007. Vol. 48. P. 2510–2519
181. Neetens A., Evens P. The use of bifocals as an alternative in the management of low grade myopia // *Bull Soc Belge Ophtalmol* 1985. P. 79–85
182. Oakley K.H., Young F.A. Bifocal control of myopia // *Am J Optom Physiol Opt.* 1975. Vol. 52. P. 758–764
183. Ortega-Usobiaga J., Llovet-Osuna F., Katz T. et al. Comparison of 5468 retreatments after laser in situ keratomileusis by lifting the flap or performing photorefractive keratectomy on the flap // *Arch. Soc. Esp. Oftalmol.* 2017. Vol. 17. P. 30161-30162
184. Ortiz D., Pinero D, Shabayek M.H., Arnalich-Montiel F., Alio J.L. Corneal biomechanical properties in normal, post-laser in situ keratomileusis, and keratoconic eyes // *Journal of cataract and refractive surgery.* 2007. Vol. 33. Issue 8. P. 1371-1375
185. Pallikaris I.G., Naoumidi I.I., Kalyvianaki M.I. et al. Epi-LASIK: comparative histological evaluation of mechanical and alcohol-assisted epithelial separation // *J. Cataract. Refract. Surg.* 2003. Vol. 29. Issue 8. P. 1496-1501
186. Pallikaris I.G., Papatzanaki M.E., Stathi E.Z., et al. Laser in situ keratomileusis // *Lasers Surg. Med.* 1990. Vol. 10. Issue 5. P. 463-468
187. Pechmeja J., Guinguet J., Colin J., Binder P.S. Severe endothelial cell loss with anterior chamber phakic intraocular lenses // *J. Cataract Refract. Surg.* 2012. Vol. 38. P. 1288-1292
188. Pedersen I.B., Ivarsen A., Hjortdal J. Three-Year Results of Small Incision Lenticule Extraction for High Myopia: Refractive Outcomes and Aberrations // *J. Refract. Surg.* 2015. Vol. 11. P. 719 – 724
189. Pierro L., Camesasca F.I., Mischi M., et al. Peripheral retinal changes and axial myopia // *Retina.* 1992. Vol. 12. P. 12–17.

190. Pinsky P.M., Datye D.V. A microstructurally-based finite element model of the incised human cornea // *J Biomech.* 1991. Vol. 24. Issue 10. P. 907 – 922
191. Ponte F., Giuffre G., Giammanco R. et al., Risk factors of ocular hypertension and glaucoma. The casteldaccia eye study // *Doc. Ophthalmol.* 1994. Vol. 85. P. 203–210
192. Por Yong Ming. What is the tissue saving option in LASIK surgery? // *Quora.* 2016. P. 1 – 4
193. Rada J.A.S., Shelton S., Norton T.T., The sclera and myopia // *Exp. Eye Res.* 2006. Vol. 82. P. 185-200
194. Randleman J. Bradley. Ectasia After Corneal Refractive Surgery: Nothing to SMILE About // *Journal of Refractive Surgery.* 2016. Vol. 32. Issue 7. P. 434 – 435
195. Randleman J.B., Dawson D.G., Grossniklaus H.E., et al. Depth-dependent cohesive tensile strength in human donor corneas: implications for refractive surgery / *Journal of refractive surgery* 2008. Vol. 24. Issue 1. P. S85-89
196. Raouf D., Pineda R., Dry eye after laser in-situ keratomileusis // *Semin Ophthalmol.* 2014. Vol. 29. Issue 5. P. 358-362
197. Razhev A.M. Cornea microsurgery by UV radiation from an excimer laser // *Summaries of papers. Conference CLEO-88.* – Anaheim, California, 1988. – P. 334.
198. Reinstein D.Z., Carp G.I., Archer T.J., et al. Long-term Visual and Refractive Outcomes After LASIK for High Myopia and Astigmatism From -8.00 to -14.25 D // *J. Refract. Surg.* 2016. Vol. 5. P. 290 – 307
199. Remy M., Kohnen T. Corneal ectasia after femtosecond laser-assisted small-incision lenticule extraction in eyes with subclinical keratoconus/forme fruste keratoconus // *J. Cataract. Refract. Surg.* 2015. Vol. 7. P. 1551 – 1552
200. Richard Hobday. Myopia and daylight in schools: a neglected aspect of public health? // *Perspectives in Public Health.* 2016. Vol. 136. Issue 1
201. Ronald R. Krueger. Biomechanical Manipulation: The Next Frontier in Corneal Refractive Surgery // *Journal of Refractive Surgery.* 2009. Vol. 25. Issue 10. P. 837 – 840

202. Samuel Arba-Mosquera., Diego de Ortueta., Jesús Merayo-Llves. Tissue-Saving Zernike Terms Selection in Customized Treatments for Refractive Surgery // *J. Optom.* 2009. Vol. 2. P. 182-196
203. Sankaridurg P., Holden B., Smith E., et al. Decrease in rate of myopia progression with a contact lens designed to reduce relative peripheral hyperopia: one-year results // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011. Vol 52. Issue 13. P. 9362–9367
204. Santodomingo-Rubido J., Villa-Collar C., Gilmartin B., et al. Myopia control with orthokeratology contact lenses in Spain (MCOS): refractive and biometric changes // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2012. Vol. 53. Issue 8. P. 5060–5065
205. Sedaghat M., Zarei-Ghanavati M., Ansari-Astaneh M.R. et al. Evaluation of sterile uveitis after iris-fixated phakic intraocular lens implantation // *Middle East Afr. J. Ophthalmol.* 2012. Vol. 19. P. 199-203
206. Shajari M., Scheffel M., Koss M.J., et al. Dependency of endothelial cell loss on anterior chamber depth within first 4 years after implantation of iris-supported phakic intraocular lenses to treat high myopia // *J. Cataract Refract. Surg.* 2016. Vol. 11. P. 1562 – 1569
207. Shih Y.F., Chen C.H., Chou A.C., et al. Effects of different concentrations of atropine on controlling myopia in myopic children // *J Ocul Pharmacol Ther.* 1999. Vol. 15. Issue 1. P. 85–90
208. Shih Y.F., Hsiao C.K., Chen C.J., et al. An intervention trial on efficacy of atropine and multi-focal glasses in controlling myopic progression // *Acta Ophthalmol Scand.* 2001. Vol. 79. P. 233–236
209. Shimizu K., Kamiya K., Igarashi A., et al. Long-Term Comparison of Posterior Chamber Phakic Intraocular Lens With and Without a Central Hole (Hole ICL and Conventional ICL) Implantation for Moderate to High Myopia and Myopic Astigmatism: Consort-Compliant Article // *Medicine (Baltimore).* 2016. P. 334
210. Shin T.J., Vito R.P., Johnson L.W. The distribution of strain in the human cornea // *J Biomech.* 1997. Vol. 30. Issue 5. P. 497 – 503
211. Siatkowski R.M., Cotter S., Miller J.M., et al. Safety and efficacy of 2% pirenzepine ophthalmic gel in children with myopia: a 1-year, multicenter, double-

- masked, placebo-controlled parallel study // *Arch Ophthalmol.* 2004. Vol. 122. Issue 11. P. 1667–1674
212. Siatkowski R.M., Cotter S.A., Crockett R.S., et al. Two-year multicenter, randomized, double-masked, placebo-controlled, parallel safety and efficacy study of 2% pirenzepine ophthalmic gel in children with myopia // *J AAPOS.* 2008. Vol. 12. Issue 4. P. 332–339
213. Slade SG. Thin-Flap Laser-Assisted in Situ Keratomileusis // *Curr. Opin. Ophthalmol.* 2008. Vol. 19. Issue 4. P. 325-329
214. Smith E.L. 3rd, Hung L.F., Huang J. Relative peripheral hyperopic defocus alters central refractive development in infant monkeys // *Vision Res.* 2009. Vol. 49. P. 2386–2392
215. Smith E.L. Prentice Award Lecture 2010: a case for peripheral optical treatment strategies for myopia // *Optom Vis Sci.* 2011. Vol. 88. P. 1029–1044
216. Soma T., Nishida K., Yamato M. et al. Histological evaluation of mechanical epithelial separation in epithelial laser in situ keratomileusis // *J. Cataract. Refract Surg.* 2009. Vol. 35. Issue 7. P. 1251-1259
217. Stahl J., Vold S., Effect of corneal thickness on the accuracy of intraocular pressure measurement in rabbits after excimer laser photoablation // *J. Cataract Refract. Surg.* 2000. Vol. 26. Issue 5. P. 736-743
218. Sutton G., Lawless M., Hodge C., Laser in situ keratomileusis in 2012: a review // *Clin. Exp. Optom.* 2014. Vol. 1. P. 18-29
219. Swarbrick H.A., Alharbi A., Watt K., et al. Myopia control during orthokeratology lens wear in children using a novel study design // *Ophthalmology.* 2015. Vol. 122. Issue 3. P. 620–630
220. Taixiang Liu, Tingting Dan, Yan Luo. Small Incision Lenticule Extraction for Correction of Myopia and Myopic Astigmatism: First 24-Hour Outcomes // *Journal of Ophthalmology.* 2017. Vol. 2017. P. 6
221. Tan D.T., Lam D.S., Chua W.H., et al. Asian Pirenzepine Study G One-year multicenter, double-masked, placebo-controlled, parallel safety and efficacy study

- of 2% pirenzepine ophthalmic gel in children with myopia // *Ophthalmology*. 2005. Vol. 112. Issue 1. P. 84–91
222. Taneri S., Zieske J.D., Azar D.T. Evolution, techniques, clinical outcomes, and pathophysiology of LASEK: review of the literature // *Surv. Ophthalmol.* 2004. Vol. 49. Issue 6. P. 576-602
223. Tanter M., Touboul D., Gennisson J.L., et al. High-resolution quantitative imaging of cornea elasticity using supersonic shear imaging // *IEEE transactions on medical imaging*. 2009. Vol. 28. Issue 12. P. 1881-1893
224. Thomas Kohnen. Refractive corneal lenticule extraction // *Journal of Refractive Surgery*. 2014. Vol. 40. Issue 9. P. 1399 – 1400
225. Tian Y., Jiang HB., Jiang J. Comparison of Implantable Collamer Lens Visian ICL V4 and ICL V4c for high myopia: A cohort study // *Medicine (Baltimore)*. 2017. P. 96
226. Anstice A., Walline J.J.. Peripheral optics with bifocal soft and corneal reshaping contact lenses // *Optom Vis Sci*. 2013. Vol. 90. Issue 1. P. 3–8
227. Tong L., Huang X.L., Koh A.L., et al. Atropine for the treatment of childhood myopia: effect on myopia progression after cessation of atropine // *Ophthalmology*. 2009. Vol. 116. Issue 3 P. 572–579
228. Toroky M.A., Alzafiri Y.A. Visual and refractive outcomes of small-incision lenticule extraction in mild, moderate, and high myopia: Six-month results // *J. Cataract Refract. Surg.* 2017. Vol. 4. P. 459 – 465
229. Toso A., Morselli S. Visual and aberrometric outcomes in eyes with an angle — supported phakic intraocular lens // *J. Cataract Refract. Surg.* 2012. Vol. 38, № 9. P. 1590 —1594.
230. Touboul D., Roberts C., Kerautret J., et al. Correlations between corneal hysteresis, intraocular pressure, and corneal central pachymetry // *Journal of cataract and refractive surgery*. 2008. Vol. 34. Issue 4. P. 616-622
231. Trattler W.B., Barnes S.D., Current trends in advanced surface ablation // *Curr. Opin. Ophthalmol.* 2008. Vol. 19. Issue 4. P. 330-334

232. Tse S.M., Farley N.D., Tomasko K.R., et al., Intraoperative LASIK Complications // *Int. Ophthalmol. Clin.* 2016. Vol. 56 Issue 2. P. 47-57
233. Vesaluoma M., Perez-Santonja J., Petroll W.M. et al. Corneal stromal changes induced by myopic LASIK // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2000. Vol. 41.- P. 369–376.
234. Walline J.J., Greiner K.L., McVey M.E., et al. Multifocal contact lens myopia control // *Optom Vis Sci.* 2013. Vol. 90. Issue 11. P. 1207–1214
235. Walline J.J., Jones L.A., Sinnott L.T. Corneal reshaping and myopia progression // *Br J Ophthalmol.* 2009. Vol. 93. P. 1181–1185
236. Weissman H.M., Randleman J.B., Therapeutic flap amputation for atypical LASIK flap and interface abnormalities // *J. Cataract. Refract. Surg.* 2015. Vol. 31. Issue 1. P. 61-67
237. Wilkinson J.M., Cozine E.W., Kahn A.R., Refractive Eye Surgery: Helping Patients Make Informed Decisions About LASIK // *Am. Fam. Physician.* 2017. Vol. 95. Issue 10. P. 637-644
238. William W. Culbertson. When Is SBK Better Than LASIK? // *Cataract and Refractive Surgery Today.* 2007. P. 23
239. Wolle M.A., Randleman J.B., Woodward M.A., Complications of Refractive Surgery: Ectasia After Refractive Surgery // *Int. Ophthalmol. Clin.* 2016. Vol. 56. Issue 2. 127-139
240. Wong T.Y., Klein B.E., Klein R., et al. Refractive errors and incident cataracts: the beaver dam eye study // *Invest. Ophthalmol.* 2001. Vol. 42. P. 1449–1454
241. Wong T.Y., Klein B.E., Klein R., et al. Refractive errors, intraocular pressure, and glaucoma in a white population // *Ophthalmology.* 2003. Vol. 110. P. 211–217
242. Woo S.L., Kobayashi A.S., Lawrence C., et al. Mathematical model of the corneo-scleral shell as applied to intraocular pressure-volume relations and applanation tonometry // *Annals of biomedical engineering.* 1972. Vol. 1. P. 87-98
243. Wu P.C., Yang Y.H., Fang P.C.. The long-term results of using low-concentration atropine eye drops for controlling myopia progression in schoolchildren // *J Ocul Pharmacol Ther.* 2011. Vol. 27. Issue 5. P. 461–466

244. Xu Y., Zhou X., Wang L., et al. A morphological study of corneal flap after thin-flap laser-assisted in situ keratomileusis by anterior segment optical coherence tomography // *J. Int. Med. Res.* 2010. Vol. 6. P. 1952 – 1960
245. Yang R.B., Zhao S.Z. AcrySof phakic angle-supported intraocular lens for the correction of high to extremely high myopia: one-year follow-up results // *Int. J. Ophthalmol.* 2012. Vol. 5. P. 360 – 365
246. Yang Z., Lan W., Ge J., et al. The effectiveness of progressive addition lenses on the progression of myopia in Chinese children // *Ophthalmic Physiol Opt.* 2009. Vol. 29. P. 41–48
247. Yen M.Y., Liu J.H., Kao S.C. Comparison of the effect of atropine and cyclopentolate on myopia // *Ann Ophthalmol.* 1989. Vol. 21. P. 180–187
248. Yıldırım Y, Alagöz C, Demir A., et al. Long-term Results of Small-incision Lenticule Extraction in High Myopia // *Turk J Ophthalmol.* 2016. Vol. 5. P. 200 – 204
249. Yoshida M., Okada E., Mizuk, N., et al. Age-specific prevalence of open-angle glaucoma and its relationship to refraction among more than 60,000 asymptomatic Japanese subjects // *J. Clin. Epidemiol.* 2001. Vol. 54. P. 1151–1158
250. Younan C., Mitchell P., Cumming R.G., et al., Myopia and incident cataract and cataract surgery: the blue mountains eye study // *Invest. Ophthalmol.* 2002 Vol. 43. P. 3625–3632
251. Zhang J., Zhang S.S., Yu Q. Comparison of visual effects of FS-LASIK for myopia centered on the coaxially sighted corneal light reflex or the line of sight // *Int. J. Ophthalmol.* 2017. Vol. 4. P. 624 – 631
252. Zheng K., Han T., Zhou X. Accommodative changes after SMILE for moderate to high myopia correction // *BMC Ophthalmol.* 2016. Vol. 1. P. 173