

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА»**

На правах рукописи

Трубилин Александр Владимирович

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ КЛИНИКО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
КАПСУЛОРЕКСИСА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ КАТАРАКТЫ НА ОСНОВЕ
ФЕМТОЛАЗЕРНОЙ И МЕХАНИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

14.01.07 – глазные болезни

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель

Доктор медицинских наук, профессор

М.Д.Пожарицкий

Москва, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	12
ГЛАВА I. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КАПСУЛОРЕКСИСА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ КАТАРАКТЫ (обзор литературы)	12
1.1. Методика факоэмульсификации как ведущий метод хирургического лечения катаракты на современном этапе развития офтальмологии	12
1.2. Анализ основных закономерностей проведения капсулорексиса на основе механической технологии.....	14
1.3. Фемтолазерные системы как новое направление в клинической офтальмологии	25
ГЛАВА II. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	40
2.1. Общая характеристика пациентов, методика проведения исследования и статистической обработки результатов	40
2.2. Методика проведения капсулорексиса на основе фемтолазерной и механических технологий	45
2.3. Методики обследования зрительных функций пациентов, морфологических характеристик капсулорексиса и экспертной оценки офтальмохирурга.....	50

ГЛАВА III. РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ АНАТОМО-ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ И КЛИНИКО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КАПСУЛОРЕКСИСА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ НА ОСНОВЕ ФЕМТОЛАЗЕРНОЙ И МЕХАНИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ	55
ГЛАВА IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИКИ КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КАПСУЛОРЕКСИСА НА ОСНОВЕ ФЕМТОЛАЗЕРНОЙ И МЕХАНИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	64
ГЛАВА V. РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КАПСУЛОРЕКСИСА НА ОСНОВЕ ФЕМТОЛАЗЕРНОЙ И МЕХАНИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	78
ВЫВОДЫ	88
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	90
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	91

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и степень разработанности темы

В настоящее время одной из наиболее часто выполняемых операций в офтальмологической практике является факоэмульсификация катаракты. Накопленный опыт свидетельствует, что данный вид хирургического вмешательства признается достаточно безопасным и результативным при требуемом опыте хирурга и наличии современных факоэмульсификаторов, позволяющих работать на максимально щадящих режимах (Першин К.Б., 2006; Трубилин В.Н. с соавт., 2010; Nagy Z., 2009 и др.).

Одним из наиболее актуальных направлений повышения клинической эффективности методики факоэмульсификации является совершенствование технологии капсулорексиса, как одного из базовых этапов хирургического вмешательства. При этом следует подчеркнуть, что формирование кругового непрерывного капсулорексиса является важным этапом операции, так как правильность выполнения капсулорексиса определяет не только комфортность выполнения последующих манипуляций, но и послеоперационный рефракционный результат. К примеру, слишком маленький капсулорексис, за счет фиброза передней капсулы в отдаленном послеоперационном периоде, может давать гиперметропический сдвиг, в тоже время слишком широкий капсулорексис может изменять угол наклона ИОЛ и создавать дополнительные абберации (Sanders D.R., 2006).

Накопленный клинический опыт показывает, что визуальное дозирование капсулотомии характеризуется недостаточной точностью и может являться фактором риска снижения клинической эффективности оперативного вмешательства и характеризуется пролонгированным реабилитационным периодом (Raviv T., 2009). Этот факт определяет

необходимость разработки методов совершенствования капсулорексиса, к числу которых, в частности, относятся использование капсульного пинцета с разметкой (Packer M., 2007), имплантация эластичных колец в переднюю камеру (Dick H.B., 2008; Tassignon M.J., 2006), применение роговичных разметчиков и шпателей с разметкой (Rajen F., 2003), трафаретных полуколец (Сиденко Т.Н., 2011) и ряда других инструментов и методов. Имеющиеся технологии в целом характеризуются высоким уровнем субъективности при оценке хирургом формируемого отверстия в передней капсуле хрусталика, что приводит к затруднению формирования его необходимого размера и расположения. Изложенные положения определяют актуальность совершенствования методов выполнения капсулорексиса определенной формы и размера на основе имеющихся механических технологий или разработки принципиально новых вариантов проведения этой хирургической процедуры.

Одним из самых современных направлений технического развития офтальмологического оборудования, является разработка фемтосекундных лазерных систем, обеспечивающих, вследствие технических характеристик, наиболее безопасное и точное выполнение отдельных этапов операционного вмешательства (M. Mrochen, A. Dongs, G. Korn M., 2006, Hild M. et al., 2008). Первые фемтолазеры применялись в кераторефракционной хирургии. Проведенные широкие клинико-морфологические исследования показали, что применение фемтосекундного лазерного воздействия обеспечивает малоинвазивное, прецизионное и безопасное формирование лоскута роговицы и характеризуется (по сравнению с традиционным механическим способом) рядом принципиальных преимуществ, связанных с обеспечением требуемой точности при определении глубины и профиля разреза и абляции роговицы (Трубилин В.Н., Пожарицкий М.Д., 2010, 2012; Faktorovich E.G., 2009; Tanna M., 2009). Изложенные положения определяют

актуальность оценки эффективности применения фемтолазерных систем в практике катарактальной хирургии на этапе проведения капсулорексиса. Следует отметить, что в литературе присутствуют отдельные исследования свидетельствующие, что капсулотомия, выполненная с помощью фемтосекундного лазера значительно точнее по размеру, форме и положению, чем традиционный круговой непрерывный капсулорексис, выполненный вручную (Friedman N.J. et al., 2011; Kranitz K. et al., 2011) В тоже время данные исследования носят единичный характер и не могут рассматриваться с позиций комплексной оценки эффективности выполнения этого этапа хирургии катаракты.

Цель работы – комплексная (анатомо-топографическая, морфологическая, клиничко-функциональная, субъективная) сравнительная оценка процедуры капсулорексиса на основе фемтолазерной и механических технологий.

Основные задачи работы:

1. Разработать технологию проведения капсулорексиса с нанесенной разметкой и оценить ее эффективность по сравнению с традиционной механической (пинцетной) технологией.
2. Провести сравнительную анатомо-топографическую и морфологическую оценку капсулорексиса при проведении факэмульсификации на основе фемтолазерной и механических технологий по показателям циркулярности, непрерывности, отклонения от заданного размера и состояния края разреза.
3. Оценить (на основе оригинального метода визуализации разреза) уровень вероятности формирования запланированного размера капсулорексиса (5,5мм) при различных технологиях проведения хирургической процедуры.

4. Изучить динамику клинико-функциональных показателей зрительной системы и частоту развития вторичной катаракты при выполнении капсулорексиса на основе фемтолазерной и механических технологий.
5. Оценить безопасность фемтолазерного сопровождения факоэмульсификации катаракты с позиций интраоперационных неблагоприятных клинических проявлений и экспертной оценки офтальмохирурга.
6. Провести медико-техническую сравнительную оценку применения фемтолазерных систем и механических технологий с позиции мощности и времени воздействия ультразвука, а также продолжительности интраокулярных манипуляций.

Основные положения, выносимые на защиту диссертационной работы:

1. Фемтолазерное сопровождение капсулорексиса при факоэмульсификации катаракты является безопасным и более эффективным (по сравнению с механическими технологиями) хирургическим вмешательством, что подтверждается статистически значимым повышением в раннем (1 месяц) отдаленном (6 месяцев) послеоперационном периодах клинических, функциональных и субъективных показателей зрительной системы.
2. Применение фемтолазерной технологии обеспечивает (по сравнению с механическими технологиями) существенное улучшение анатомо-морфологических и медико-технических параметров капсулорексиса, что выражается улучшением показателей циркулярности, неравномерности края и отклонения от заданного размера (как ведущих факторов достижения более точного рефракционного результата) а также уменьшением требуемой мощности ультразвука и сокращением продолжительности операции, что в

целом подтверждается результатами экспертной оценкой офтальмохирургов.

3. Практическое применение разработанной технологии предварительной разметки существенно улучшает (по сравнению с традиционной пинцетной технологией) анатомо-топографические характеристики капсулорексиса и способствует повышению функциональных результатов операции, что подтверждается более высоким уровнем вероятности формирования капсулорексиса планируемого размера, минимальным регрессом запланированной послеоперационной рефракции и более высокими значениями максимально скорректированной остроты зрения и «качества жизни» пациента в отдаленном послеоперационном периоде.

Научная новизна работы

Впервые в офтальмологической практике выполнена комплексная сравнительная оценка процедуры капсулорексиса при проведении факоэмульсификации катаракты на основе фемтосекундной лазерной системы и механических технологий.

Впервые в офтальмологической практике разработана и оценена клиническая эффективность механической технологии проведения капсулорексиса с предварительной разметкой.

Установлено, что применение капсулорексиса с использованием фемтолазерной системы обеспечивает более точный круговой разрез по сравнению с механической технологией с предварительной разметкой (на 4,1%, $p < 0,05$) и традиционной механической технологией (на 10,9%, $p < 0,05$), выраженное уменьшение отклонения от заданного размера (на 0,16 мм, $p < 0,001$ и 0,36 мм, $p < 0,001$ соответственно), а также формирование более ровного и гладкого края капсулорексиса с обеспечением его полной непрерывности во всех случаях наблюдения.

Выявлено, что фемтолазерное сопровождение позволяет выполнять запланированный капсулорексис во всех случаях с высоким показателем циркулярности ($0,98 \pm 0,01$ отн.ед.), и незначительным отклонением от заданного размера ($0,08 \pm 0,06$ мм); в условиях применения предварительной разметки вероятность формирования запланированного капсулорексиса выше (циркулярность $0,94 \pm 0,01$ отн.ед., отклонение от заданного размера $0,24 \pm 0,08$ мм) чем при традиционной механической (пинцетной) технологии, которая обеспечивает циркулярный капсулорексис $0,90 \pm 0,01$ отн.ед., с отклонением от заданного размера на $0,44 \pm 0,08$ мм.

Установлено, что фемтолазерное сопровождение капсулорексиса позволяет получить запланированную послеоперационную ($\pm 0,5$ дптр) рефракцию в отдаленном периоде (6 месяцев) с вероятностью 95,8%, что существенно отличается от результатов механической технологии с предварительной разметкой (77,2%) и традиционной механической технологией (67,0%) и в целом обеспечивает (по сравнению с механическими технологиями) более высокую максимально корригируемую остроту зрения вдаль (на $0,07-0,12$ отн.ед., $p < 0,05$ соответственно).

Теоретическая значимость работы заключается в обосновании механизмов совершенствования методики капсулорексиса на основании фемтолазерного сопровождения и механической технологии.

Практическая значимость работы заключается в разработке медицинских рекомендаций по применению фемтолазерных систем и методики предварительной разметки для проведения процедуры капсулорексиса в ходе операции факоэмульсификации катаракты.

Методология и методы исследования

В работе применялся комплексный подход оценки эффективности различных технологий проведения капсулорексиса, основанный на использовании клинических, морфологических, анатомо-топографических и экспертных методов.

Степень достоверности результатов

Степень достоверности результатов исследования основывается на общепризнанных апробированных методах сбора клинического материала (278 пациентов, 302 глаза), проведении адекватного количества анатомо-топографических (101) и морфологических (28) исследований, а также современных методов статистической обработки полученных данных.

Внедрение работы

Результаты диссертационной работы включены в материалы тематических, сертификационных циклов и циклов профессиональной переподготовки проводимых на кафедре офтальмологии ФГБОУ ДПО «Институт повышения квалификации Федерального медико-биологического агентства».

Апробация и публикация материалов исследования

Основные положения работы доложены и обсуждены на XXXI Конгрессе Европейского общества катарактальных и рефракционных хирургов (Амстердам, 2013 г.); 17-м Зимнем Конгрессе Европейского общества катарактальных и рефракционных хирургов (Варшава, 2013 г.); Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным

участием “Актуальные проблемы офтальмологии (Москва, 2013 г.; XIV Научно-практической конференции с международным участием «Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии» (Москва, 2013 г.); Второй конференции Российского общества катарактальных и рефракционных хирургов (Санкт-Петербург, 2013 г.), Заседании Ростовского регионального отделения общества офтальмологов России (Ростов-на-Дону, 2013г.).

Материалы диссертации представлены в 8 научных работах, в том числе в 3-х статьях, опубликованных в определенных ВАК РФ ведущих рецензируемых научных журналах. Опубликовано учебно-методическое пособие, получен патент РФ на полезную модель.

Объем и структура диссертации

Работа изложена на 107 страницах машинописного текста и состоит из введения, основной части (глав «Обзор литературы», «Методика исследования», трех глав результатов работы), заключения, выводов, списка сокращений и списка литературы. Диссертация иллюстрирована 11 таблицами и 27 рисунками. Список литературы включает в себя 169 источников, в том числе 51 отечественный и 118 зарубежных.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

ГЛАВА I. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КАПСУЛОРЕКСИСА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ КАТАРАКТЫ (обзор литературы)

1.1. Методика факоемульсификации как ведущий метод хирургического лечения катаракты на современном этапе развития офтальмологии

Катаракта является одной из главных причин слепоты в мире, однако, в отличие от других офтальмологических заболеваний слепота от катаракты носит обратимый характер. По данным ВОЗ, в настоящее время в мире насчитывается более 40 миллионов людей, страдающих от снижения зрения, и, в половине случаев, причиной этого является катаракта. Ежегодно в клиниках мира проводится около 10 млн. операций по удалению хрусталика. В Российской Федерации, в 2008 году в структуре операций по поводу катаракты удельный вес факоемульсификации впервые превысил 50%, в 2010 году выполнено около 335 000 операций с имплантацией 200 000 гибких и 135 000 жестких интраокулярных линз (ИОЛ), в 2013 году прооперировано 480 000 больных с катарактой, в том числе 75% методом факоемульсификации [32, 48, 50, 51, 53, 82, 99, 153].

В течение всей своей истории катарактальная хирургия претерпевала массу изменений, направленных на уменьшение травматичности вмешательства, сокращение сроков реабилитации пациентов после операции и повышение зрительных функций. В 1967 году американский офтальмолог Чарльз Кельман предложил оригинальную методику удаления

катаракты, названную факоэмульсификацией. Современный этап развития катарактальной хирургии характеризуется широким внедрением в практику и совершенствованием ультразвуковой факоэмульсификации с использованием низкоэнергетических методик, минимизацией операционного доступа, применением вискоэластиков, эластичных и ультратонких ИОЛ. Суть хирургии катаракты в наши дни состоит в том, что разрушение и удаление хрусталика производится через малый самогерметизирующийся разрез с последующей имплантацией интраокулярной линзы. Преимущества данной технологии заключаются в уменьшении травматичности хирургического вмешательства, снижении вероятности возникновения операционных и послеоперационных осложнений, сокращении сроков реабилитационного периода и в высокой стабильности функциональных результатов с первых дней после операции [4, 9, 14, 21, 31, 34, 35, 36, 90]. Более того, перечень показаний к факоэмульсификации хрусталика постоянно расширяется, что связано с проведением операции не только по удалению катаракты, но и в целях коррекции аметропии. В этой связи в настоящее время хирургия катаракты по качеству зрения, получаемого пациентом после операции, может относиться к рефракционному типу вмешательств. Этому способствуют инновационные технологии в офтальмохирургии и новые высококачественные интраокулярные линзы различного типа. Следует подчеркнуть, что интраокулярная коррекция афакии практически не имеет альтернативы, а факоэмульсификация катаракты с имплантацией гибкой ИОЛ является наиболее распространенной и социально-ориентированной операцией, широко выполняемой даже с учетом достаточно высокой стоимости хирургического вмешательства [7, 8, 11, 22, 24, 25, 26, 39, 77, 83, 113, 149].

1.2. Анализ основных закономерностей проведения капсулорексиса на основе механической технологии

Современный уровень хирургии катаракты стал возможен благодаря последовательному совершенствованию деталей каждого этапа хирургической техники. Одним из важнейших является передняя капсулотомия, основанная на процедуре капсулорексиса. При этом достаточно часто в литературе указывается необходимость капсулорексиса диаметром 5,0 - 5,5 мм, что составляет величину, меньшую 6-миллиметровой оптической части линзы. Наиболее оптимальным вариантом капсулотомии считается перекрывание оптики ИОЛ краем передней капсулы на 360° и размер капсулотомии на 0,25-0,5 мм меньше диаметра оптической части. Важно отметить, что по мнению большинства хирургов, заранее запланированный размер капсулорексиса может улучшить клинические результаты имплантации ИОЛ. Большой размер способствует развитию фиброзного процесса и склерозированию капсульного мешка, что может приводить к наклону линзы и ее ротации в течение первых трёх месяцев после операции и существенно снижать остроту зрения. Миграция клеток из ростковой зоны хрусталиковой сумки ведет к развитию вторичной катаракты. Барьерная функция края линзы в этом случае оказывается малоэффективной. Кроме того, увеличенный диаметр капсулорексиса по отношению к диаметру оптической части линзы, приводит к её проминированию вперёд и, в итоге, к смещению рефракции в сторону миопии. С другой стороны, недостаточное по размеру капсулотомическое отверстие повышает вероятность интраоперационного капсульного блока и является фактором, усложняющим процесс удаления ядра хрусталика. Наряду с этим, существует опасность развития в послеоперационном периоде фимоза капсульного мешка, который

приводит не только к снижению остроты зрения, но и ограничивает визуализацию периферии глазного дна, затрудняя диагностику и лечение заболеваний сетчатки [5, 18, 41, 96, 101, 112, 125, 150, 168, 169]. Развитие фимоза капсульной сумки, как правило приводит к смещению оптической части ИОЛ кзади, что ведет к гиперметропическому сдвигу рефракции. Особенно заметно влияние несоответствия размера капсулорексиса сказывается на результатах имплантации мультифокальных и торических линз, когда ротационная стабильность, функционирование всех зон оптики и попадание в заданную рефракцию имеют принципиальное значение.

Важно подчеркнуть, что практическое значение имеет не только размер, но и форма капсулорексиса. Силы ассиметричного сокращения капсулы могут привести к поздней дислокации ИОЛ и возникновению выраженных аберраций высокого порядка. Размер капсулорексиса оказывает влияние даже на внутриглазное давление и глубину передней камеры в послеоперационном периоде [20, 62, 72, 73, 74, 87, 115, 120, 136, 140, 145, 152, 160].

Современную историю развития техники капсулотомии следует рассматривать с 70-х годов прошлого столетия, когда отверстие в передней капсуле стало использоваться не только для удаления ядра и кортикальных масс, но и для подготовки капсульного мешка к имплантации заднекамерной ИОЛ. Этот этап развития катарактальной хирургии характеризуется активным поиском оптимального способа вскрытия передней капсулы хрусталика и появлением большого числа различных методик, к числу которых, в частности, относятся широкое иссечение передней капсулы в виде «рождественского дерева» («елочки»), «петлицы», «замочной скважины», «консервной банки», формирование с помощью иглы на экваторе хрусталика отверстия с зубчатыми краями, линейное вскрытие передней капсулы, выполнение капсулотомии диагональной

формы, или в виде перфораций. Техника вскрытия передней капсулы по типу «рождественского дерева» превалировала на первых этапах развития факоэмульсификации, что позволило существенно повысить безопасность и улучшить контроль над процедурой. Однако, вскоре на смену пришла технология вскрытия передней капсулы хрусталика по типу «консервной банки», которая подразумевала под собой круговую перфорацию капсулы при помощи цистотома с дальнейшим её удалением. Эта техника оставалась самой популярной долгие годы, так как позволяла относительно точно контролировать местоположение капсулотомического отверстия, его форму и размер. Техника вскрытия по типу «консервной банки» основывалась на выполнении капсулорексиса диаметром до 7-8 мм при максимально расширенном зрачке, однако дальнейшие исследования выявили, что эта зона является наиболее опасной для манипуляций, поскольку в этом месте передняя капсула тоньше и, соответственно, менее прочная. Кроме того, при большом диаметре капсулорексиса велика вероятность повреждения волокон цинновой связки, которые крепятся в этой зоне. Закономерно, велика вероятность таких осложнений как разрыв задней капсулы и выпадение стекловидного тела. Альтернативной технологией можно считать вскрытие передней капсулы по типу «почтового ящика», что по сути являлось просто её рассечением в парацентральной зоне. Преимуществом этой техники считалось меньшее воздействие на эндотелий роговицы в результате уменьшения объема манипуляций в передней камере глаза [12, 15, 39, 49, 65, 66, 92, 125, 126, 154].

Накопленный клинический опыт выполнения капсулотомии привел к пониманию его идеальных параметров. Капсулорексис должен быть с гладким, ровным, однородным краем, идеально круглой формы и контролируемого размера. В 1984 году, независимо друг от друга Howard Gimbel (Канада) и Thomas Neuhann (Германия) разработали метод, который

по существу представляет собой разрыв, а не прорезанное окно в передней капсуле хрусталика, завершение разрыва точно совпадало с его началом, что обеспечивало округлую форму с гладкими краями. Что касается самого термина «капсулорексис» - его автором считается Thomas Neuhann. Название подчеркивает то, что это не модификация капсулотомии, а именно новая технология. В дальнейшем было внесено уточнение и в настоящее время данный метод определяется как «круговой непрерывный капсулорексис» (ССС «continuous curvilinear capsulorhexis») [94,123]. В этой связи следует также подчеркнуть, что, несмотря на наличие большого отверстия в капсульном мешке, для удаления хрусталика и имплантации ИОЛ капсулорексис обеспечивает его механическую и структурную интактность в процессе интраокулярных манипуляций. При этом механическая прочность определяется гладкими краями капсулы. Важно отметить, что передний листок капсулы хрусталика может служить местом фиксации ИОЛ в случае осложнений, а оптическая часть линзы может быть зажата в капсулорексисе, обеспечив тем самым высокий и стабильный рефракционный результат [3, 55, 64, 69, 75, 76, 94, 95, 124, 128, 159, 166].

Изобретение непрерывного циркулярного капсулорексиса стало новым этапом в развитии хирургии катаракты малых разрезов и сыграло определяющую роль в развитии новых техник факоэмульсификации, разработке складывающихся интраокулярных линз и устройств для их имплантации [2]. В этой связи следует особо выделить «классическое» описание следующих преимуществ кругового отверстия в передней капсуле над другими техниками капсулотомии, которое было определено L.Buratto. Во время операции круговой непрерывный капсулорексис обеспечивает возможность выполнения эндокапсулярных методик факоэмульсификации; уменьшает риск радиальных разрывов; обеспечивает растяжение краев передней капсулы за счет ее эластичности; сводит к

минимуму давление на волокна цинновой связки, которое распределяется однородно вдоль экватора; локализует ирригационную турбулентность внутри капсульного мешка, облегчает аспирацию кортекса, поскольку при этой технике отсутствуют свободные лоскуты капсулы, которые могли бы закупорить аспирационное отверстие, препятствуя захвату хрусталиковых масс; обеспечивает надежную и симметричную имплантацию интраокулярной линзы в капсульный мешок, благодаря хорошей визуализации края капсулорексиса; служит опорой для имплантации ИОЛ в иридоцилиарную борозду в случае разрыва задней капсулы за счет оставшегося листка передней капсулы. После проведения операции круговой непрерывный капсулорексис обеспечивает равномерное распределение сил внутри хрусталиковой сумки таким образом, что ИОЛ занимает стабильное физиологическое положение и защищена от дислокации вследствие механического давления; положительно влияет на рефракционный результат за счет поддержания стабильности положения ИОЛ; ограничивает риск децентрации ИОЛ; снижает риск контакта с ресничным телом и радужкой, а следовательно, риск воспаления, гифемы и дисперсии пигмента; уменьшает риск иридокапсулярных синехий, которые могут привести к изменению формы зрачка и захвату им ИОЛ, за счет отсутствия свободных лоскутов капсулы [13].

Исследователями технологии капсулорексиса определяются две основные техники вскрытия передней капсулы - циркулярная, при которой сила, прикладываемая хирургом, концентрируется точно в месте разрыва, а направление прикладываемой силы совпадает с желаемым направлением разрыва и центростремительная, при которой сила, прикладывается перпендикулярно по отношению к желаемому направлению разрыва, в одной плоскости с капсулой. Для выполнения основных этапов капсулорексиса чаще всего используют первую технику. Преимуществом

второй техники является возможность резких изменений направления разрыва, однако при этом разрыв сложнее контролировать, а, следовательно, выше риск ухода капсулорексиса на периферию, что делает эту методику более рискованной, чем циркулярная. Существует два основных вида инструментов для выполнения капсулорексиса: цистотом с острой режущей кромкой и капсульный пинцет. При работе цистотомом, который может быть выполнен из инсулиновой иглы, учитывая профиль режущей кромки, разрыв капсулы осуществляется преимущественно тангенциально. Пинцетом же легче контролировать ход капсулорексиса [2, 16, 23, 33, 38, 43, 59, 70, 158, 163].

Неравномерные биомеханические свойства передней капсулы, неоднородность её структуры и толщины создают неодинаковые условия для формирования капсулотомического отверстия. Индивидуальные особенности строения передней капсулы делают невозможным выполнение стандартного круглого капсулорексиса заданного размера у всех пациентов без специальных приспособлений. Для этой цели были разработаны различные измерительные устройства. В наиболее стандартном варианте размер капсулорексиса может быть измерен во время операции с помощью калипера (циркуля), при этом бранши калипера помещаются на роговицу и измерение диаметра происходит при их совмещении с краями капсулорексиса, который визуализируется через роговицу (рисунок 1). Однако проецирование краев капсулорексиса на поверхность роговицы осуществляется с высокой субъективной погрешностью, и, кроме того, на результаты измерения может повлиять увеличение, даваемое роговицей. Одним из альтернативных вариантов является использование штапеля или пинцета (цангового или обычного) с нанесенными на поверхность их рабочих частей насечек на расстоянии 1 мм друг от друга или соответственно оптимальному диаметру капсулорексиса (рисунок 2).



Рисунок 1 - Контроль размера капсулорексиса при помощи калипера



Рисунок 2 - Контроль размера капсулорексиса при помощи пинцета с отметкой на браншах

Достоинством этой методики является то, что такие инструменты позволяют измерить диаметр капсулорексиса в нескольких меридианах, введением их через разные парацентезы или основной разрез. Диаметр капсулорексиса после имплантации также может быть измерен относительно оптической части ИОЛ, диаметр которой, составляет, как правило, 6,0 мм. Следует также подчеркнуть, что в литературе широко обсуждается актуальность разработки методики измерения капсулорексиса на основании применения фотографической техники. Наиболее перспективным направлением в совершенствовании технологии проведения переднего капсулорексиса является использование приборов визуализации в ходе операции факоемульсификации, например Intelligent Visualization Platform (TrueVision 3D Surgical, США), системы VERION с микроскопом LuxOR (Alcon Laboratories, США), CALLISTO eye (Carl Zeiss Meditec, Германия). Проецирование через микроскоп виртуального изображения в виде кольца заданного размера на выбранный участок поверхности передней капсулы хрусталика существенно облегчает выполнение механического капсулорексиса. А дополнительные функции облегчают верное позиционирование торических ИОЛ. [81, 132, 133, 134, 135, 136].

Рассматривая интраоперационные методы дозирования капсулорексиса, необходимо отметить, что к настоящему моменту существует целый ряд способов, инструментов и устройств, которые помогают хирургу во время операции выполнить капсулорексис заданного размера. Для дозирования капсулорексиса предложено имплантировать через основной разрез в переднюю камеру эластичное кольцо, которое затем расправляется в передней камере и служит проводником и ориентиром для хирургических манипуляций. После окончания процедуры кольцо извлекают пинцетом через основной разрез. Однако данный метод не получил широкого распространения, т.к. в ходе его выполнения, в ряде случаев, наблюдается

смещение кольца в передней камере отрываемым листком передней капсулы. Наряду с этим, предлагается отмечать окружность на поверхности роговицы с помощью окрашенного красителем роговичного разметчика, при этом под коаксиальным освещением микроскопа хирург выполняет капсулорексис, проецируя отмеченную на роговице окружность на поверхность передней капсулы хрусталика. Однако, при данном методе возможны погрешности, связанные с тем, что краситель расплывается по поверхности роговицы. Кроме этого, отмеченная окружность и выполняемый капсулорексис находятся в разных плоскостях, что также снижает точность метода. Предлагается осуществлять центрирование капсулорексиса с помощью механического прямого калипера, на рабочей части которого на расстоянии 2,5 мм друг от друга расположены три слегка заостренных выступа, соответствующих центру и диаметру капсулорексиса. Эти выступы обрабатываются красителем, после чего хирург тщательно центрирует инструмент, ориентируясь на положение зрачкового края или лимба, и ставит чернильные отметки непосредственно на поверхности передней капсулы. Однако, проведенный анализ литературных источников указывает на то, что основными недостатками существующих методов являются высокая степень субъективности оценки хирургом размера капсулорексиса и техническая сложность выполнения, что, в свою очередь, сопровождается недостаточной точностью его дозирования и развитием характерных интраоперационных осложнений [81, 105, 106, 129, 131, 152, 161].

Следует особо выделить ряд исследований отечественных авторов, рассматривающих разработку методов выполнения дозированного капсулорексиса с последующей оценкой клинической эффективности предлагаемых технологий. В частности, предложен вариант с использованием трафаретных полуколец с заостренной кромкой, вводимых

в переднюю камеру с фиксацией их на поверхности передней капсулы хрусталика глаза непосредственно в ходе этапа капсулотомии. Особо следует подчеркнуть, что авторами определена последовательная закономерность изменений передней капсулы хрусталика в отдаленные сроки после факоэмульсификации с имплантацией внутрикапсульной ИОЛ. По результатам исследования максимальное сокращение капсулотомического отверстия наблюдается в течение первого месяца после операции. По мнению авторов работы, точность выполнения капсулотомического отверстия является ведущим фактором клинической эффективности дальнейших этапов факоэмульсификации катаракты и течения послеоперационного периода. Идеальным вариантом капсулотомии является круглый, непрерывный, центрально расположенный капсулорексис определенного диаметра для разных клинических ситуаций. Однако формирование отверстия в передней капсуле хрусталика является очень деликатным процессом вследствие того, что все манипуляции проводятся в закрытом пространстве передней камеры на определенном расстоянии от роговицы. Исходя из данных положений, все инструменты, рекомендуемые для дозирования капсулорексиса, должны обладать следующими свойствами: технической простотой и безопасностью использования; обеспечением капсулорексиса заданного диаметра и формы, надежностью и прогнозируемостью результатов; сведением к минимуму риска появления радиальных разрывов передней капсулы; соответствия анатомо-топографическим параметрам структур глаза [10, 40, 42, 44, 137].

В заключение данного раздела следует отметить проведенные исследования, рассматривающие эффективность применения ряда альтернативных механическому методов выполнения капсулорексиса. Безусловно наиболее «простым» вариантом следует признать методику ультразвукового капсулорексиса, выполняемого наконечником

факоэмульсификатора, однако данный метод не получил широкого распространения в связи с возникновением серьезных клинических осложнений. Достаточно интересным представляется вакуумный способ капсулотомии, при котором используется пинцет или игла, создающие вакуумную тракцию и фиксирующие таким образом край отрываемой капсулы. Альтернативной методикой формирования круглого капсулотомического отверстия также является радиочастотная диатермия, в рамках которой локальное разрушение передней капсулы производится с помощью радиоимпульсов. Наряду с этим, к настоящему моменту в арсенале катарактальных хирургов имеются такие приборы для формирования капсулорексиса как плазменный Фуго-нож и Nd:YAG лазер с длиной волны 1064 Нм [17, 28, 54, 58, 63, 68, 71, 80, 85, 100, 103, 117, 118, 162, 164].

По данным литературы эффективность применения альтернативных механическому методу технологий капсулорексиса, представляется спорной. К примеру, по мнению ряда авторов, использование энергетического воздействия на капсулу хрусталика приводит к меньшей стабильности края капсулорексиса, что может являться причиной разрыва капсулы в ответственные моменты операции (при гидродиссекции, разломе ядра, имплантации ИОЛ) и, в целом, являться причиной клинических осложнений и (или) существенных затруднений при выполнении последующих этапов факоэмульсификации [27, 60, 61, 66, 82, 86, 98, 109, 110, 165]. В тоже время, согласно мнению других авторов, создание лазерных установок, обладающих возможностью производить почти все основные этапы микроинвазивной экстракции катаракты, является безусловно перспективным, особенно с учетом появления в клинической офтальмологии фемтосекундных лазерных систем [6, 19, 28, 33, 93, 105, 107].

1.3. Фемтолазерные системы как новое направление в клинической офтальмологии

Успешное использование фемтосекундных лазеров в офтальмологии и, в частности, в рефракционной хирургии, началось с появления в 2001 году первой установки под названием Intralase (IntraLase Corp., США), которая изначально предназначалась для замены механического микрокератома. В настоящее время для этой цели на рынке офтальмологической продукции представлены следующие фемтосекундные лазерные системы: WaveLight FS200 (Alcon Laboratories, США), Femto LDV (Ziemer, Швейцария), Intralase FS (Abbott Medical Optics, США), VICTUS (Bausch + Lomb, TPV, Германия), VisuMAX 500 (Carl Zeiss Meditec, Германия). По физическим принципам воздействия их можно разделить на три основные группы: характеризующиеся высокой энергией импульса (низкой частотой их испускания), низкой энергией импульса (высокой частотой их испускания) и средними характеристиками обоих параметров. В первой группе (лазеры WaveLight FS200, VICTUS и Intralase FS) энергия излучения на роговице составляет более 500 нДж, а частота находится в пределах 200 кГц, при этом процесс среза происходит «механически», путем отслоения ткани пузырьковым слоем. Во второй группе (лазер Femto LDV) энергия излучения на роговице составляет менее 100 нДж, а частота выше 1 МГц. Третья группа фемтосекундных лазерных систем (лазер VisuMax 500), характеризуется величиной энергии около 300 нДж, частотой испускания – сотни кГц. В целом следует подчеркнуть, что формируемое лазерное излучение проявляется в виде очень коротких сжатых импульсов, что позволяет достигать высокого уровня плотности энергии. В зоне фокусировки лазерного излучения биологическая ткань превращается в газообразную плазму. Микроскопические пузырьки газа нарушают целостность ткани, подвергшейся воздействию. Перемещение лазерного

луча приводит к необходимому разделению поверхности. Учитывая очень малую длительность лазерного импульса (1 фемтосекунда = 10^{-15} секунды) данная процедура получила название «фемтосекундного» лазерного разреза [37, 45, 102, 146, 147]. Лазеры для рефракционной хирургии роговицы рассчитаны на получение ровной и гладкой поверхности среза шириной около 10 мм. Для операции на хрусталике требуется наведение на участок до 7 мм в диаметре и до 4 мм в глубину, расположенный внутри глаза и скрытый за несколькими преломляющими поверхностями с разными показателями преломления. При необходимости получения большего объема фокуса лазера используется оптика с малой числовой апертурой. При этом увеличивается требуемая энергия импульса, и область фокуса увеличивается как в ширину, так и в глубину. Следует особо подчеркнуть, что современные лазеры, как и приборы для визуализации внутриглазных объектов оснащаются трехмерными сканирующими передающими системами, что позволяет одновременно использовать оба устройства в составе одной лазерной системы. Как следствие, можно одновременно визуализировать и облучать ткань-мишень без необходимости установки дополнительных сканирующих зеркал и линз. Возможно проведение ОКТ вдоль маршрута лазерного луча, позволяющее локализовать ткань-мишень перед операцией, чтобы навести на нее лазерный импульс. Большинство фемтосекундных лазеров первого поколения для хирургии катаракты оснащаются системами для ОКТ. Передающие системы также могут оснащаться приборами для конфокальной структурированной подсветки и конфокальной визуализации. Основные характеристики существующих в настоящее время фемтолазерных систем представлены в таблице 1 [29, 88, 89, 97, 119, 130, 142, 143, 144, 155].

Основными этапами операции экстракции катаракты с фемтолазерным сопровождением являются: стыковка (докинг), ОКТ-визуализация,

выполнение лазерного воздействия, ультразвуковая факоэмульсификация, аспирация кортикальных масс, имплантация ИОЛ.

Таблица 1 - Сравнительная оценка медико-технических характеристик современных фемтолазерных катарактальных систем

Тип лазера	«Victus»	«LensX»	«Catalys»	Femto LDV Z8	«Lensar»
Длина волны	1028 нм	1030 нм	1032 нм	1020-1060 нм	1030 нм
Длительность импульса	400-500 фс	600-800 фс	Менее 600 фс	Более 500 фс	1,5 пс
Макс энергия импульса	Менее 10 мДж	15 мДж	3-10 мДж	50 нДж – 2500 нДж	Нет информации
Частота импульсов	40, 80, 160 кГц	Не менее 50 кГц	120 кГц	100кГц - 10000 кГц	80 кГц
Тип лазера	Твердотельный с диодной накачкой	Твердотельный	Твердотельный с диодной накачкой	Твердотельный	Твердотельный
Визуализация	ОКТ	ОКТ	ОКТ	ОКТ	Шеймпфлюг камера
Интерфейс	“Dual modality”, аппланационный, полужидкий, 2 части	Softfit, изогнутая линза, аппланационный, 1 часть	Liquid Optics, Жидкий, без аппланации, 2 части	Жидкий, без аппланации, 2 части	Robosone, жидкий, без аппланации, 1 часть
Режимы	Парацентез, кератотомия, капсулотомия, фактофрагментация, флэп, интрастромальные тоннели	Парацентезы, кератотомии, капсулотомия, фактофрагментация, флэп	Парацентезы. Кератотомии, капсулотомия, фактофрагментация	Парацентезы, кератотомии, капсулотомия, фактофрагментация, флэп, интрастромальные тоннели, кератопластика.	Парацентезы, кератотомии, капсулотомия, фактофрагментация
Хирургический стол	да	нет	да	нет	нет

Стыковка или докинг – этап операции в ходе которого создается контакт лазера, интерфейса пациента и глаза пациента. Процедура стыковки требует, чтобы пациент находился на операционном столе с ровной поверхностью с минимальной поддержкой головы. Иногда вызывает затруднение проведения операции у пожилых пациентов с выраженным кифозом и сколиозом. Для хорошей аппланации голова должны быть немного развернутой в сторону оперированного глаза, чтобы не было упора в крыло носа. В течении нескольких минут пациент должен находиться в неподвижном состоянии для проведения точной фокусировки и выполнения лазерной процедуры. Представленные в таблице 1 фемтосекундные лазеры имеют индивидуальных интрефейсы пациента, которые делят на контактные (аппланационные) и бесконтактные (неаппланационные). Контактные системы имеют меньший диаметр и лучше подходят для маленьких орбит. Они больше адаптированы для создания роговичных разрезов, в том числе роговичного лоскута. Бесконтактные устройства меньше повышают ВГД, вызывают меньше субконъюнктивальных геморрагий и обеспечивают более широкое поле зрения. По данным литературы использование заполняемого жидкостью интерфейса повышает ВГД в среднем с $15,6 \pm 2,5$ мм рт.ст. до $25,9 \pm 5,0$ мм рт.ст. во время лазерного воздействия [141].

Определенный интерес представляет сравнение двух оптических интерфейсов разного дизайна с использованием контактной и жидкостной иммерсионной аппланации. Установлено, что контактный интерфейс вызывает появление роговичных складок, являющихся причиной не полной капсулотомии. При использовании жидкостного интерфейса появления складок не отмечается. Большой подъем ВГД и более выраженные субконъюнктивальные кровоизлияния так же чаще отмечаются в случаях использования контактной аппланации. Совершенствование конструкции интерфейса пациента в течении последних лет позволило уменьшить

давление на роговицу и формировать полноценный капсулорексис. Этап визуализации позволяет получить изображение основных структур глазного яблока, которые будут подвергаться лазерному воздействию. На данном этапе операции хирург корректирует план и объем вмешательства [108].

В этой связи следует подчеркнуть некоторые особенности применения фемтолазерных технологий. Все фемтосекундные лазерные платформы используют или спектральную оптическую когерентную томографию или принцип Шеймпфлюг-камеры для получения изображения глазных структур и планирования операции. Хорошая центрация в ходе аппланации очень важна, так как в случае децентрации роговичные разрезы и аркуатные насечки не будут позиционированы надлежащим образом. Особенно необходимо обращать внимание на этап центрации при проведении операции на глазах с астигматизмом. Кроме этого, децентрированная аппланация может привести к неправильному расположению капсулорексиса, что может стать причиной дислокации ИОЛ в послеоперационном периоде. Для оптимальной визуализации переднего сегмента глаза необходимо, чтобы роговица была прозрачной. Любые рубцы, отек или складки роговицы могут ухудшить качество изображения, что приводит к неэффективному лазерному воздействию [90, 125, 141, 151].

Особое внимание необходимо уделять процессу причаливания с использованием контактного интерфейса у пациентов крутой роговицей, в случаях, когда показатели кератометрии более 47 Дптр, т.к. возможно образование большего количества складок на эндотелии, влияющих на качество проведения капсулотомии [54]. По мнению авторов, наличие дистрофических заболеваний роговицы не являются противопоказанием к фемтолазерному сопровождению хирургии катаракты, так как данная технология позволяет снизить количество использованного ультразвука, тем самым сохранить эндотелиальный слой роговицы. В системах с жидкостным интерфейсом необходимо следить за отсутствием пузырьков

воздуха в рабочей зоне. Аппланационные линзы должны быть прозрачными и чистыми, без царапин и инородных включений. Во время фазы сканирования пациент должен находиться в неподвижном состоянии в течении нескольких минут для выполнения качественной фиксации. Хирург контролирует изображение, полученное системой визуализации для безопасного проведения процедуры и получения максимально высокого рефракционного результата. Очень важно, чтобы визуализация позволяла распознать наклон хрусталика, что обеспечивает эффективное выполнение капсулотомии и исключает вероятность повреждения задней капсулы. На этом этапе операции хирург выбирает тип паттерна фрагментации хрусталика модифицирует и переориентирует расположение основных разрезов. После этого происходит центрация капсулорексиса, как правило, относительно зрачкового края радужки. По умолчанию диаметр капсулорексиса составляет 5,0 мм, однако он может быть изменен в сторону увеличения или уменьшения, соответственно диаметру зрачка или дизайну ИОЛ.

Выбор паттерна фрагментации хрусталика базируется на степени плотности хрусталика или на предпочтении хирурга. Как правило хрусталик делят на 4, 6 или 8 сегментов с дальнейшим размягчением хрусталика путем деления на цилиндрические фрагменты или без него. Некоторые платформы позволяют провести размягчение в виде цилиндрического паттерна или паттерна в виде решетки. По умолчанию безопасную зону (500-800 мкн) лазер выставляет автоматически на основании изображения, полученного системой визуализации. Прежде, чем приступить к процедуре фрагментации хирург должен подтвердить установки или внести в них изменения. Следует подчеркнуть, что вследствие подъема ВГД, связанного с процедурой вакуумной аппланации, возникает риск появления субконъюнктивальных геморрагий, которые, как правило, рассасываются через несколько дней. На фоне приема антикоагулянтов степень

выраженности геморрагий может быть выше, однако необходимости отмены медикаментов нет. Несмотря на то, что уровень вакуума во время фемтолазерного этапа удаления катаракты меньше, чем при проведении фемтоласика, важно обращать внимание на пациентов с высоким риском осложнений (глаукома, сосудистые заболевания и пр.). В зависимости от вида платформы, степени плотности хрусталика и вида паттерна фемтолазерный этап экстракции катаракты длится от 30 секунд до 3-х минут.

Первым выполняется капсулорексис. При использовании разных моделей лазера этот этап длится от 1,5 до 18 секунд. После чего происходит фрагментация хрусталика и формирование роговичных разрезов. Если возникает потеря вакуума во время процедуры вакуумное кольцо может быть наложено повторно и операция закончена, кроме тех случаев, когда пузырьки газа нарушают видимость. Однако в тех случаях, когда потеря вакуума происходит в ходе выполнения капсулорексиса он должен быть закончен мануально. Далее происходит фрагментация хрусталика по заданному хирургом паттерну. Для большей степени размягчения ядра длительность лазерного воздействия может быть существенно увеличена (от 30 до 60 сек).

На заключительном этапе выполняются аркуатные разрезы, парацентезы и основной роговичный разрез. Послабляющие разрезы могут формироваться как на поверхности роговицы, так и интрастромально (на некоторых платформах) (таблица 1). По умолчанию аркуатные разрезы выполняются на глубину 80% толщины роговицы в паралимбальной зоне, однако глубина, размер и положение могут быть выбраны индивидуально. Изложенная тактика хирургического вмешательства представляется, по мнению ряда авторов, наиболее целесообразной. В тоже время, по мнению некоторых авторов, предпочтительнее механически открывать разрезы в ходе операции или в послеоперационном периоде (до 1 месяца после

вмешательства), основываясь на результатах исследования остроты зрения, рефракции и топографии роговицы. Номограммы расчета эффекта этих разрезов продолжают разрабатываться, но принято считать, что интрастромальные разрезы более прецизионные и обеспечивают больший послеоперационный комфорт пациентов [54, 78, 156].

После того, как фемтолазерный этап закончен уровень вакуума снижается, интерфейс пациента снимается, происходит расстыковка лазера. В зависимости от того где находится лазер (в основной операционной или вне ее) этап ультразвуковой факоэмульсификации может начинаться непосредственно сразу или спустя 2-3 часа. Некоторые системы используют интегрированный операционный стол для проведения фемтолазерного этапа хирургии катаракты. Однако, во всех случаях требуется транспортировка и перекладывание пациента на операционный стол. Сформированные лазером роговичные разрезы остаются герметичными до их механического вскрытия. Тем не менее, диаметр зрачка прогрессивно сужается со временем. В связи с этим, процедуру ультразвуковой факоэмульсификации рекомендуется производить не позже 20-30 минут после фемтолазерного этапа.

Достаточно большой объем исследований посвящен вопросу адаптации хирургов к факоэмульсификации катаракты с фемтолазерным сопровождением. При этом следует учитывать возможное снижение общего количества операций в день вследствие удлинения времени каждого вмешательства, а также вероятность сохранения субконъюнктивальных кровоизлияний в первые дни после операции. Кроме этого, необходимо внести определенные изменения в технику хирургического этапа операции, а так же может потребоваться поправка константы для расчета ИОЛ. В полостной операционной под микроскопом производят вскрытие парацентезов и основного разреза (если они были сформированы заранее), после чего в переднюю камеру вводятся вискоэластики. Во время их

введения необходимо контролировать движение сформированного фемтолазером лоскута передней капсулы хрусталика. В ряде случаев полностью отделенный лоскут самостоятельно смещается в момент введения вискоэластика. Если этого не происходит требуется его механическое удаление с использованием традиционного метода. По мере усовершенствования программного обеспечения и дизайна интерфейса качество выполнения капсулорексиса улучшается, вероятность формирования радиального разрыва капсулы и сохранения соединительных «мостиков» снижается [148, 151].

В ходе гидродиссекции необходимо удалить пузырьки воздуха из пространства между ядром и задней капсулой хрусталика. Как правило слабое надавливание на переднюю поверхность ядра хрусталика с небольшим его покачиванием и с введением раствора BSS под переднюю капсулу приводит к выходу пузырьков воздуха в переднюю камеру. Агрессивное выполнение гидродиссекции может привести к разрыву задней капсулы. Удаление хрусталика необходимо начинать с аспирации поверхностного кортекса, что позволяет визуализировать сформированные сегменты. На этом этапе может использоваться стандартная техника *divide-and-conquer*, однако формирование борозд может потребовать применения дополнительной ультразвуковой энергии. Ядро хрусталика легко разделяется на фрагменты по сформированным лазером бороздам, а фрагменты эмульсифицируются с использованием меньшего количества ультразвука. Стандартные техники – *Chop* или *Stop & Chop*, так же очень эффективны. Поскольку борозды, сформированные лазером очень узкие необходим адекватный выбор вспомогательного инструмента, например чопперов Akahoshi (Katena Products, Inc., Япония), Nagahara (Storz Ophthalmics, США), Cionni (Duckworth & Kent, Великобритания), Neuhann (Geuder AG, Германия). Удаление кортикальных масс представляет собой более сложную манипуляцию, чем при традиционной факоэмульсификации.

Когда лазер формирует капсулорексис, также происходит вырезание циркулярного диска в поверхностных слоях кортекса, который соответствует диаметру капсулорексиса. Вследствие этого, в ряде случаев, бывает сложно визуализировать границу между капсулой и поверхностным кортексом, что создает трудности при удалении кортикальных масс особенно в области основного разреза. По мере приобретения опыта проблемы с аспирацией кортекса снижаются. Бимануальная техника ирригации-аспирации может быть предпочтительней при затруднении удаления кортикальных масс из-под основного разреза. Следует также подчеркнуть, что наличие узкого зрачка создает серьезную проблему для хирургов выполняющих фемтолазерную хирургию катаракты, особенно на раннем этапе освоения методики. Ширина зрачка должна превышать размер выполняемого капсулорексиса, который в большинстве случаев составляет 5,0 - 5,5 мм. Однако размер капсулорексиса может быть уменьшен до 4,6 мм, чтобы компенсировать недостаточный мидриаз. Меньший диаметр капсулорексиса затрудняет проведение ультразвуковой факоэмульсификации. Зрачок может сокращаться и в процессе самой операции, как на этапе аппланации, так и в ходе лазерного воздействия. Необходимо контролировать ситуацию, избегая лазерного воздействия на край радужки. Такая проблема чаще имеет место в случаях большого временного интервала между лазерным и хирургическим этапами вмешательства. Кроме этого, вероятность интраоперационного сужения зрачка выше, в случае, когда край капсулорексиса находится в непосредственной близости от зрачкового края [86, 138, 139, 167].

В контексте альтернативных особенностей фемтолазерной хирургии катаракты, следует отметить, что согласно литературным данным имплантация кольца Малюгина перед лазерным вмешательством позволяет справиться с проблемой недостаточного мидриаза. Однако в таком случае, как правило, приходится отказываться от фемтосекундного проведения

парацентезов и выполнять их в ручную. Рекомендуется максимально заполнить переднюю камеру глаза раствором вискоэластика, удалив из нее пузырьки воздуха, которые могут блокировать ход лазерных лучей, а затем переходить к фемтолазерному этапу с целью формирования капсулотомии и фрагментации ядра. Некоторые авторы напротив рекомендуют удалять вискоэластик из передней камеры перед этапом стыковки с лазером. В качестве альтернативы механической дилатации зрачка можно использовать интенсивный капельный режим с применением 1,0% раствора атропина. В случае, когда миоз развивается после лазерного этапа, имплантировать кольцо можно и в ходе хирургического этапа непосредственно перед ультразвуковой факофрагментацией. При установке кольца в этом случае необходимо обращать особое внимание на край капсулорексиса, избегать его захвата спиральными элементами кольца. Альтернативным методом профилактики интраоперационного миоза является интракамеральное введение 1,5% раствора фенилэфрина. Кроме того, как и в случаях рефракционной фемтолазерной хирургии роговицы, в ходе фемтолазерного сопровождения хирургии катаракты имеют место случаи потери вакуума. Однако в отличие от рефракционной хирургии это не является большой проблемой, т.к. в последнем случае требуется сравнительно низкий уровень вакуума. Как правило внутриглазное давление повышается лишь на 10-20 мм рт.ст., что не вызывает ни дискомфорта ни временной потери зрения. Пациент видит фиксационную точку на протяжении всей процедуры. Тем не менее, он должен сохранять неподвижность на протяжении всей операции. Пациентам с нистагмом или расстройством внимания лазерное вмешательство противопоказано. Некоторые хирурги предпочитают в таких случаях применять перibuльбарную или ретробульбарную анестезию, однако хемоз конъюнктивы после инъекций может затруднить присасывание интерфейса пациента. Формирование капсулорексиса и роговичных разрезов занимает несколько секунд, поэтому на этом этапе

вероятность потери вакуума минимальна. Если же эта проблема все же возникла на этапе проведения капсулорексиса, хирургу стоит перейти на традиционную факоэмульсификацию, так как появляющиеся в ходе лазерного воздействия пузырьки воздуха затрудняют визуализацию и прохождение лазерных лучей для проведения последующих этапов операции. Если потеря вакуума наступила после выполнения капсулорексиса, дальнейшая лазерная фрагментация ядра хрусталика также невозможна из-за выплывающих в оптическую зону пузырьков воздуха. Однако, все же, после повторного наложения вакуумного кольца возможно проведение роговичных разрезов. Следует в целом подчеркнуть, что совершенствование программного обеспечения и модификация интерфейсов пациента позволили существенно снизить вероятность не выполнения полноценного капсулорексиса с 10,5% до 1,0% [54, 67, 104, 138, 139].

Необходимо учитывать тот факт, что радиальные разрывы капсулы в ряде случаев трудно диагностировать непосредственно после проведения капсулотомии, в связи с чем необходимо, чтобы на этапе перед ультразвуковой факоэмульсификацией хирург убедился в целостности края капсулорексиса. Особо настороженным надо быть, когда оперируются пациенты с наклоном хрусталика в случаях слабых цинновых связок и при наличии крутой роговицы (более 47 Дптр), когда высока вероятность появления складок роговицы в ходе аппланации. Хирург и пациент должны быть готовы к необходимости перехода к традиционному хирургическому вмешательству. Эти случаи должны быть оговорены в информируемом согласии, которое подписывает пациент перед операцией.

В заключение данного раздела следует подчеркнуть некоторые аспекты фемтолазерного сопровождения катарактальной хирургии. Ряд клинических исследований, выполненных *in vitro* и *in vivo* свидетельствуют, что капсулотомия, выполненная с помощью фемтосекундного лазера

значительно точнее по размеру и положению, чем традиционный круговой непрерывный капсулорексис, выполненный вручную. В результате выше рефракционный эффект операции, реже имеют место децентрация и наклон ИОЛ. В тоже время исследования о сравнительной оценке эффективности фемтолазерного сопровождения капсулорексиса и традиционной механической технологии носят единичный характер без учета клинко-морфологических особенностей [91,111]. Выполненная предварительно лазерная фрагментация хрусталика позволяет использовать значительно ниже уровень ультразвуковой энергии в ходе операции, снижается эффективное время факоэмульсификации, а меньшее использование ультразвуковой энергии дает лучший результат операции. Особо заметны преимущества использования фемтосекундного лазера в случае перезрелых катаракт и проблем с цинновыми связками. Быстрая работа фемтосекундного лазера и тот факт, что процедура проводится в герметичном пространстве (без вскрытия передней камеры глаза) не позволяет жидкой части кортекса смешаться с влагой передней камеры, и позволяет безопасно выполнить капсулотомию. Наряду с этим, исследование на трупных глазах показало большую стабильность и воспроизводимость роговичных разрезов, сформированных фемтосекундным лазером. Многие исследователи сообщают о высоких оптических результатах после факоэмульсификации катаракты с фемтолазерным сопровождением, однако при их сравнении с традиционной технологией эта оценка представляется не всегда статистически достоверной. Время хирургического вмешательства во многом зависит от организации работы операционной. Однако продолжительность операции может снижаться по мере набора опыта хирургом [52, 78, 91, 114, 116, 121, 125, 157].

Проведенный анализ литературы указывает на следующие основные положения:

- актуальным направлением повышения клинической эффективности методики факоэмульсификации является совершенствование технологии капсулорексиса, входящего в перечень базовых этапов хирургического вмешательства;
- формирование кругового непрерывного капсулорексиса представляет собой один из наиболее ответственных этапов операции, так как правильность его выполнения во многом определяет послеоперационный рефракционный результат;
- принципиально новым направлением технического развития офтальмологического оборудования, является разработка и внедрение фемтосекундного лазера, обеспечивающего, вследствие его технических характеристик, наиболее безопасное и точное операционное вмешательство;
- в литературе практически отсутствуют комплексные клинико-морфологические исследования, направленные на сравнительную оценку капсулорексиса, выполненного традиционным механическим способом и с применением фемтолазерных систем.

ГЛАВА II. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Общая характеристика пациентов, методика проведения исследования и статистической обработки результатов

Исследование выполнялось на базе кафедры офтальмологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Институт повышения квалификации Федерального медико-биологического агентства» и в офтальмологической клинике «Восток-прозрение» (г.Москва) в период 2012-2014 гг. Основным критерием включения пациентов в исследования явилась неосложненная катаракта преимущественно 2-3 степени плотности, отсутствие выраженных изменений со стороны зрительного нерва и сетчатки, роговичный астигматизм менее 1,0 Дптр., острота зрения с максимальной коррекцией не ниже 0,3 при прозрачном хрусталике и ожидаемая острота зрения не ниже 0,3 при катаракте, а также высокая мотивация пациентов на проведение хирургического вмешательства. Рефракцией цели у всех оперируемых больных была эметропия. Критериями исключения пациентов из исследования явилось наличие у пациента в анамнезе травмы глаза, воспалительных заболеваний переднего и (или) заднего отрезков глаза, величина зрачка менее 4,2 мм, а также наличие тяжелых общесоматических заболеваний. Распределение пациентов по возрасту и полу представлено в таблицах 2,3.

Всего обследовано 379 пациентов (402 глаза), разделенных на три сопоставимые по возрасту и состоянию зрения группы – основную, пациентам которым процедура капсулорексиса выполнялась на основе фемтолазерных технологий и две контрольных, пациентам которой процедура капсулорексиса выполнялась на основе традиционной механической (пинцетной) технологии с предварительной разметкой границ

Таблица 2 - Распределение пациентов по возрасту

группа	Возраст (годы)					Всего
	45-59	50-59	60-69	70-79	80-87	
Основная	12 (11,1%)	18 (16,7%)	29 (26,9%)	28 (25,9%)	21 (19,4%)	108 (100%)
Контрольная I	8 (9,3%)	15 (17,4%)	25 (29,1%)	20 (23,3%)	18 (20,9%)	86 (100%)
Контрольная II	6 (7,1%)	16 (19,0%)	18 (21,4%)	24 (28,6%)	20 (23,8%)	84 (100%)
Всего	26 (9,4%)	49 (17,6%)	72 (25,9%)	72 (25,9%)	59 (21,2%)	278 (100%)

Таблица 3 – Распределение пациентов по полу

Группа	Женщины	Мужчины	количество пациентов/глаз
Основная	63 (58,3%)	45 (41,7%)	108/116
Контрольная I	52 (60,5%)	34 (39,5%)	86/92
Контрольная II	47 (56,0%)	37 (44,0%)	84/94
Всего	162 (58,3%)	116 (41,7%)	278/302

капсулорексиса (контрольная группа I) и пациентам которой процедура капсулорексиса выполнялась на основе традиционной механической (пинцетной) технологии (контрольная группа II).

Проведено три серии исследований.

Первая серия была направлена на проведение сравнительной клинко-морфологической оценки капсулорексиса при факоэмульсификации на основе механической и фемтолазерной технологии по показателям циркулярности, непрерывности, отклонения от заданного размера и состояния края разреза. В исследовании участвовало 35 пациентов (35 глаз) основной группы, 34 пациента (34 глаза) контрольной группы I и 32 пациента (32 глаза) контрольной группы II, которым после проведения капсулорексиса было выполнено специальное фотографирование удаленных листков передней капсулы и их морфометрия.

Вторая серия исследований - сканирующая электронная микроскопия, выполнялась на 28 фрагментах передней капсулы, вырезанных фемтосекундным лазером и механическим (пинцетным) способом (соответственно 16 и 12 фрагментов).

Третья серия исследований была направлена на изучение динамики клинко-функциональных показателей зрительной системы при выполнении капсулорексиса на основе фемтолазерной и механических технологий, а так же динамики развития вторичной катаракты. В исследовании участвовало 108 пациентов (116 глаз) основной группы, 86 пациентов (92 глаза) контрольной группы I и 84 пациента (94 глаза) контрольной группы II, которым было выполнено стандартное офтальмологическое обследование до операции и через сутки, 7 дней, 1,3,6 месяцев после хирургического вмешательства. Отдельным направлением в рамках данной серии явилось проведение сравнительной экспертной оценки капсулорексиса (на основании специального анкетирования

офтальмохирургов) выполняемого на основе фемтолазерной технологии по сравнению с механическим методом. Объем и структура исследований представлена в таблице 4.

Таблица 4 - Объем и структура исследований

Направление исследований	Число пациентов (глаз) [фрагментов капсулы]
1. Проведение сравнительной клинимо-морфологической оценки капсулорексиса при факоэмульсификации на основе механических и фемтолазерной технологий по показателям циркулярности, непрерывности, отклонения от заданного размера и состояния края разреза	101 (101) 35 (35)-основная группа; 34 (34)-контрольная группа I; 32 (32)-контрольная группа II;
Итого:	101 (101)
2. Сканирующая электронная микроскопия, выполнялась на фрагментах передней капсулы, вырезанных фемтосекундным лазером и механическим (пинцетным) способом	[16] – фемтосекундная техника [12] – механическая (пинцетная)
Итого:	[28]
3. Исследование динамики клинимо-функциональных показателей зрительной системы и динамики развития вторичной катаракты при выполнении капсулорексиса на основе фемтолазерной и механической технологии	108 (116) – основная группа; 86 (92) – контрольная группа I; 84 (94) – контрольная группа II; экспертный опрос (16 офтальмохирургов)
Итого:	278 (302)

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием прикладной компьютерной программы Statistica 7.0 (StatSoft, Inc., США) на основе применения стандартных параметрических методов оценки среднего и ошибки среднего значения показателя ($M \pm m$), а также критерия Стьюдента.

2.2. Методика проведения капсулорексиса на основе фемтолазерной и механических технологий

Пациентам основной группы факоэмульсификация катаракты выполнялась с фемтолазерным сопровождением. Фемтолазерное воздействие осуществлялось на аппарате «VICTUS» (Bausch+Lomb, TPV, США), состоящего из рефракционного и катарактального модулей. После установки вакуумного фиксационного кольца и инстилляции на поверхность роговицы 5-6 капель физиологического раствора, лазер через одноразовый интерфейс состыковывали с глазом. Передняя капсулотомия проводилась под контролем ОКТ переднего сегмента глаза (рисунок 3). Диаметр формируемого капсулорексиса был в диапазоне от 5,0 до 5,5 мм и зависел от диаметра зрачка пациента в состоянии медикаментозного мидриаза на момент программирования фемтолазерного этапа операции непосредственно перед вмешательством.

При плотном ядре хрусталика фрагментацию проводили путем формирования 4-6 радиальных разрезов, по типу «pizza-cuts» (рисунок 4). При прозрачном хрусталике или начальной катаракте у пациентов в возрасте до 60 лет помимо радиальных разрезов проводили еще дополнительно 2-4 круговых разреза ядра хрусталика (рисунок 5), что сводило последующую факоэмульсификацию только к аспирации хрусталиковых масс.

Индивидуально на каждого пациента вводилась программа лазерного воздействия, при этом конкретные показатели мощности энергии определялись исходя из возраста пациента и клинической картины.

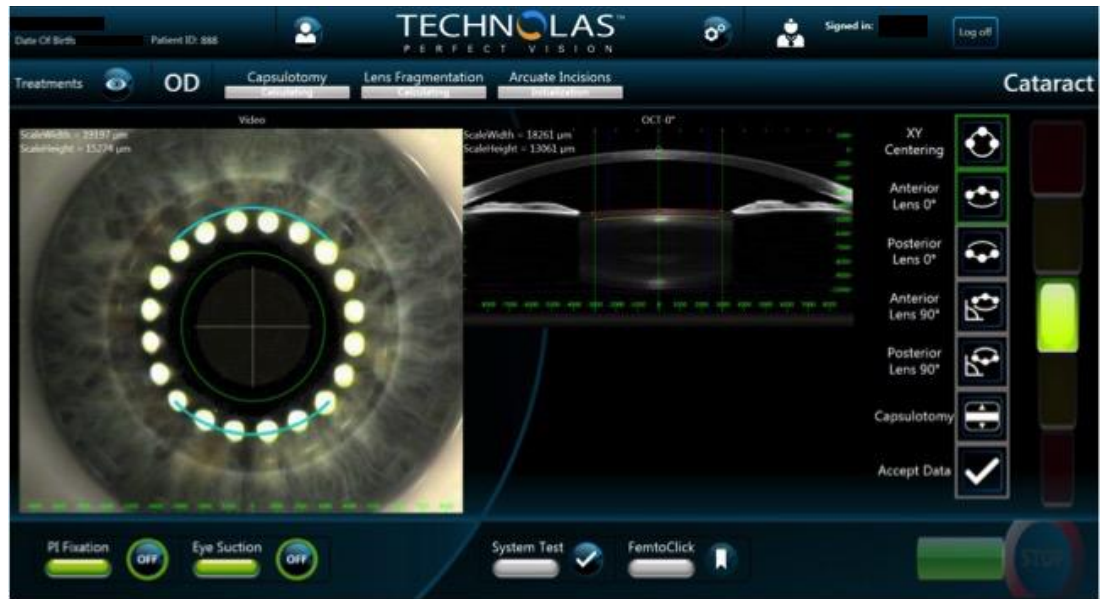


Рисунок 3 – Оптическая когерентная томография -визуализация переднего сегмента глаза (тест-глаз)

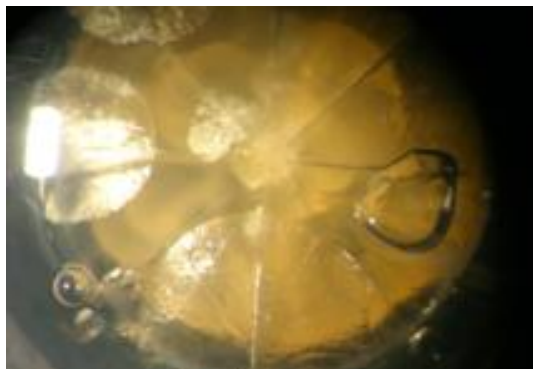


Рисунок 4 - Фрагментация ядра по типу «pizza-cuts»

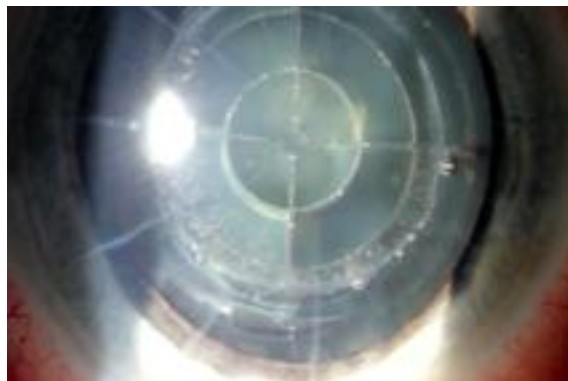


Рисунок 5 - Фрагментация ядра по типу циркулярных и радиальных насечек

Через 5 - 30 минут после фемтолазерного этапа приступали к этапу ультразвуковой факоэмульсификации на аппаратах «Stellaris PC» (Bausch+Lomb, США) или «Infinity» (Alcon, США). Операционное поле обрабатывали 5% раствором Бетадина с последующей эпибульбарной анестезией. В отдельных случаях для усиления обезболивания использовали субтентноновую инфузию 2% лидокаина (1,5 мл) в верхненаружном квадранте. Далее выполнялись разрезы в паралимбальной зоне роговицы (основной размером 2,2 мм на 10-11 часах и одном 1,0 мм парацентезе на 1-2 часах или двух 1,2 мм на 2-х и 8-и часах). В переднюю камеру вводили адгезивный и когезивный вискоэластики по технике «Soft-Shell», после чего сформированный лазером лоскут передней капсулы хрусталика удаляли путем аспирации факонконечником (в некоторых случаях капсульным пинцетом). Разделенное лазером ядро хрусталика фрагментировали, используя стандартную технику “Stop & Chop”. Для удаления хрусталиковых масс использовали бимануальную или коаксиальную аспирационно-ирригационную технику. После факоэмульсификации имплантировались ИОЛ – Acrysof IQ (Alcon Laboratories, США).

Техника операции, проводимой контрольной группе пациентов I отличалась тем, что после обработки операционного поля и наложения векорасширителя с помощью разметчика капсулорексиса без использования красителя путем компрессии на поверхности роговицы вызывали появление циркулярной борозды диаметром 5,5 мм в поверхностных слоях эпителиального слоя, концентричной лимбу (рисунки 6,7,8).



Рисунок 6 - Общий вид глаза перед операцией

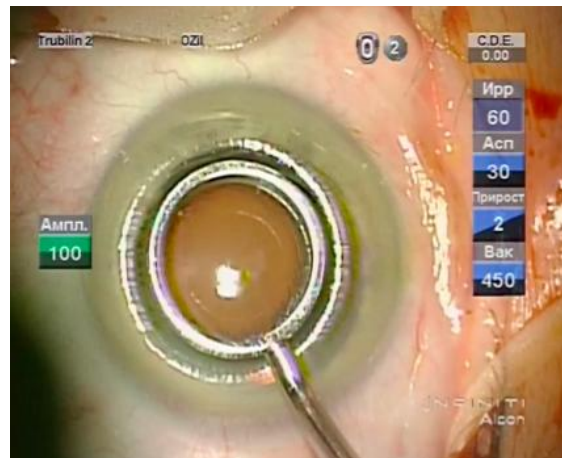


Рисунок 7 - Нанесение разметки зоны капсулорексиса на роговице



Рисунок 8 - Общий вид глаза с нанесенной разметкой зоны капсулорексиса

След от разметчика хорошо проявляется в проходящем свете на первых этапах операции, к ее окончанию становится малозаметным и исчезает в течение первого часа после вмешательства. После выполнения роговичных разрезов и введения в переднюю камеру вискоэластиков, капсульным пинцетом, введенным через основной разрез, перфорировали переднюю капсулу в центральной зоне, и расширяли сформированное отверстие путем тракции лоскута капсулы по спирали до совпадения границ сформированного капсулорексиса с проекцией борозды на эпителии роговицы. Далее проводили гидродиссекцию и гидроделинеацию хрусталика. Ультразвуковую факоэмульсификацию методом «Chop» или «Stop & Chop».

Пациентам контрольной группы II операцию выполняли по аналогичной (контрольной группе I) методике без предварительной разметки на поверхности роговицы. Контроль диаметра и положения капсулорексиса в этом случае проводился путем их соотношения с диаметром роговицы и окружностью лимба.

Медикаментозная предоперационная подготовка во всех группах пациентов включала инстилляцию (за час до операции) мидриатиков, антибиотиков и нестероидных противовоспалительных препаратов. В послеоперационном периоде также во всех группах пациентов применялась стандартная медикаментозная терапия, включающая стероидные препараты в сочетании с антибиотиками (1-2 недели), нестероидные противовоспалительные препараты (4 недели), гипотензивные (ингибиторы карбоангидразы, 1-2 недели), протекторы роговицы глаза (1-2 месяца).

2.3. Методики исследования зрительных функций пациентов, морфологических характеристик капсулорексиса и экспертной оценки офтальмохирурга

Комплексное обследование пациентов выполнялось до операции, через сутки, 7 дней, 1, 3 и 6 месяцев после хирургического вмешательства и включало в себя монокулярную визометрию вдаль, определение субъективной и объективной рефракции, офтальмометрию, биомикроскопию, офтальмоскопию, ультразвуковые исследования (эхобиометрия, В-сканирование), оптическую интерферометрию, тонометрию и оптическую когерентную томографию. Остроту центрального зрения вдаль исследовали, используя проектор испытательных знаков фирмы CP-30 (Shin-Nippon, Япония). Остроту зрения на близком и промежуточном расстояниях определяли по стандартной методике с помощью таблицы для проверки зрения вблизи. Рефрактометрию и офтальмометрию выполняли с помощью автокераторефрактометра KW-2000 (Kowa, Япония). Биомикроскопию проводили по стандартной методике с помощью щелевой лампы SL-1E (Торсон, Япония). Фотографирование в условиях медикаментозного мидриаза выполнялось на щелевой лампе SL-45 (Carl Zeiss Meditec, Германия) со встроенной цифровой фотокамерой (Nikon, Япония). Офтальмоскопия осуществлялась при достаточной прозрачности оптических сред по общепринятым методикам с помощью прямого офтальмоскопа NT (Heine, Германия) и обратного офтальмоскопа 500 (Omega, Германия). Ультразвуковую биометрию проводили с помощью прибора AL-3000 (Томеу, Япония) и оценивали линейные параметры глазного яблока: глубину передней камеры, толщину и положение хрусталика, аксиальную длину глазного яблока. При плотных катарактах состояние сетчатки и стекловидного тела исследовалось с помощью

ультразвукового В-сканирования на приборе UD-1000 (Tomey, Япония). Тонometriю выполняли пневмотонометром AT 555 (Reichert, США), а также контактным методом по Маклакову с применением тонометра массой 10,0 гр.. ОКТ переднего отрезка глаза исследовали на аппарате Visante (Carl Zeiss Meditec Германия).

Расчет силы имплантируемой ИОЛ осуществлялся методом оптической интерферометрии на приборе IOL MASTER (Carl Zeiss Meditec, Германия) с дублированием расчета на эхобиометре по формулам третьего поколения (SRK-T, Holladay, Hoffer Q, Haigis). Рефракцией цели во всех случаях являлась эмметропия.

Клинико-морфологическое исследование включало в себя извлечение капсулы хрусталика с последующим прокрашиванием для обеспечения оптимальной визуализации. Подготовленная для анализа капсула расправлялась под операционным микроскопом, рядом размещалась эталонная линейка с миллиметровыми делениями и производилась фотосъемка. Полученные снимки анализировались по разработанной в рамках настоящего исследования методике на компьютере в графическом редакторе «Adobe Photoshop CS2» (рисунки 9,10). Для этих целей с помощью программы «Pixelruler», измеряли в пикселях 1 миллиметр на эталонной линейке (рисунок 9), после этого измеряли капсулу в двух направлениях, соответствующих максимальному и минимальному диаметру (рисунок 10). Полученные данные в пикселях при окончательных расчетах переводились в миллиметры по формуле:

$$X = \frac{A}{B} \times Y,$$

где X - длина диска капсулы в мм; A – эталонная длина деления линейки в мм; B – эталонная длина линейки в пикселях; Y – длина диска капсулы в

пикселях.

Циркулярность капсулорексиса определялась по формуле:

$$C = \frac{D_{\min}}{D_{\max}},$$

где C – циркулярность (отн. ед.), D_{\min} – минимальный диаметр (мм), D_{\max} – максимальный диаметр (мм).

Морфологическое состояние края капсулорексиса оценивалось под сканирующим электронным микроскопом «Quanta 3D Feg» (FEI, США).

Экспертная оценка офтальмохирурга выполнялась на основе специально разработанной анкеты, оценивающей в баллах (от 1 до 10, где 10 баллов соответствует оптимальной оценке) их отношение к ключевым моментам фемтолазерного сопровождения капсулорексиса. Вопросы анкеты представлены в таблице 5. В исследовании приняло участие 16 офтальмохирургов в возрасте от 30 до 55 лет (средний возраст $39,4 \pm 2,6$ лет), выполнивших не менее 100 процедур капсулорексиса по традиционной механической технологии и не менее 10 – по фемтолазерной технологии.

Кроме того, до и после операции выполнялась оценка «качества жизни» пациентов с использованием стандартного опросника «VF-14» (visual function/зрительные функции), включающего 18 вопросов, оценивающих различные аспекты повседневной деятельности [56].

Таблица 5 – Параметры экспертной оценки проведения капсулорексиса

Параметры экспертной оценки капсулорексиса	Баллы (от 1 до 10)
Время проведения	
Программируемость диаметра	
Возможность расширения	
Непрерывность	
Частота «убегания»	
Программируемость формы	
Удобность проведения при помутнении роговицы	
Удобность проведения при задних синехиях и (или) плохо расширяемом зрачке	
Удобность проведение при мелкой передней камере и (или) набухающей катаракте	
Возможность проведения у пациентов с маленькой глазной щелью и (или) выступающими надбровными дугами	

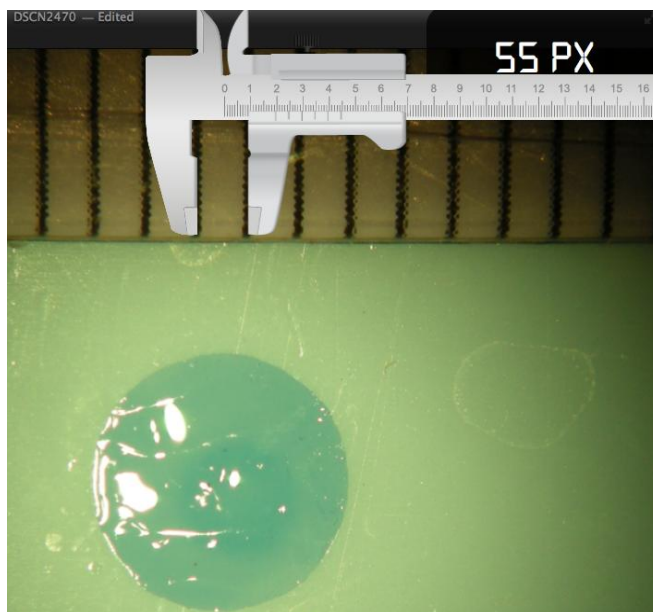


Рисунок 9 - Измерение в пикселях 1 мм на эталонной линейке

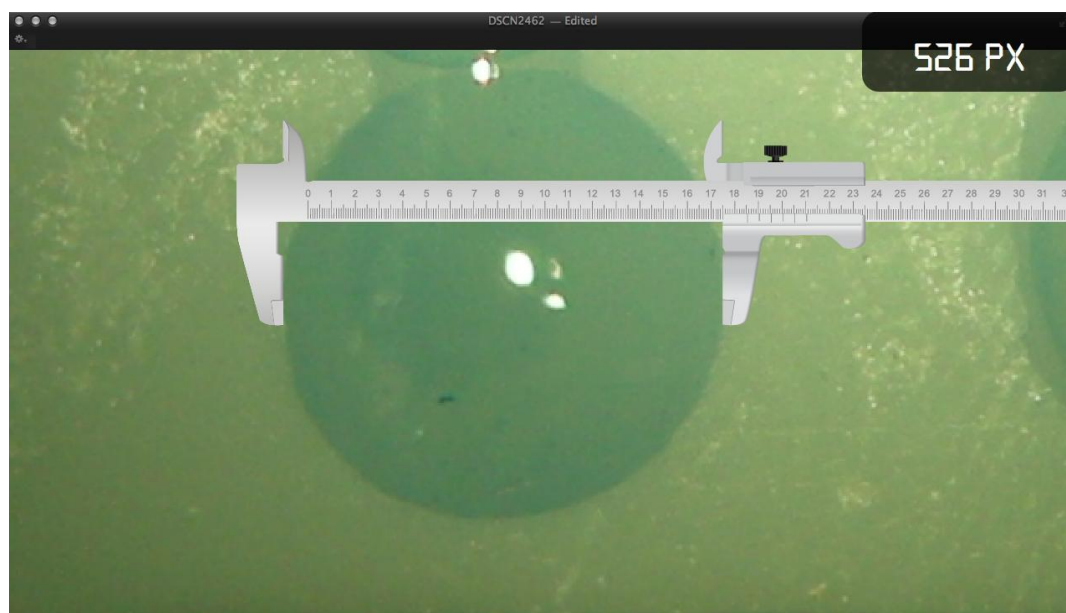


Рисунок 10 - Измерение диаметра капсулы

ГЛАВА III РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ АНАТОМО- ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ И КЛИНИКО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КАПСУЛОРЕКСИСА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ НА ОСНОВЕ ФЕМТОЛАЗЕРНОЙ И МЕХАНИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Результаты измерения геометрических параметров удаленных фрагментов передней капсулы хрусталика после проведения капсулорексиса на основе фемтолазерной и механических технологий представлены в таблице 6 и на рисунке 11. Полученные данные свидетельствуют, что во всех случаях, независимо от технологии хирургии, удалось сформировать круговой, непрерывный капсулорексис (показатель непрерывности составлял 100%). В тоже время отмечались статистически значимые различия по показателю циркулярности, указывающие, что проведение фемтолазерного капсулорексиса обеспечивает на 4,1% - 8,2% ($p < 0,05$) более точный круговой разрез по сравнению с механическими технологиями. При этом выявлено, что предлагаемая механическая технология с разметкой обеспечивает также более циркулярный разрез по сравнению с традиционной механической технологией (на 4,3%, $p < 0,05$). Особенно важно отметить выраженные различия по показателю отклонения от заданного размера, при этом фемтолазерное сопровождение капсулорексиса обеспечивало в среднем на 0,16-0,36 мм ($p < 0,05$) более точное проведение капсулорексиса по сравнению с механическими технологиями. В этой связи следует также подчеркнуть различия между механическими технологиями, показавшие, что применение разметки обеспечивает уменьшение (на 0,20 мм, $p < 0,05$) отклонения от заданного размера по сравнению с традиционной технологией.

Таблица 6 - Результаты измерения циркулярности, непрерывности и отклонения от заданного размера фрагментов передней капсулы после проведения капсулорексиса на основе фемтолазерной и механических и технологий ($M \pm m$)

Примечание: * - $p < 0,05$ при фемтолазерной технологии по сравнению с механическими технологиями;

** - $p < 0,05$ при механической технологии с предварительной отметкой по сравнению с традиционной механической

Показатель	Фемтолазерный капсулорексис	Механический капсулорексис с предварительной отметкой	Механический капсулорексис
Минимальный диаметр (D_{\min}), мм	5,3	4,8	4,5
Максимальный диаметр (D_{\max}), мм	5,7	6,1	6,4
Циркулярность (D_{\min}/D_{\max}), отн.ед.	$0,98 \pm 0,01^*$	$0,94 \pm 0,01^{**}$	$0,90 \pm 0,01$
Непрерывность, %	100	100	100
Отклонение от заданного размера, мм	$0,08 \pm 0,06$	$0,24 \pm 0,08$	$0,44 \pm 0,08$

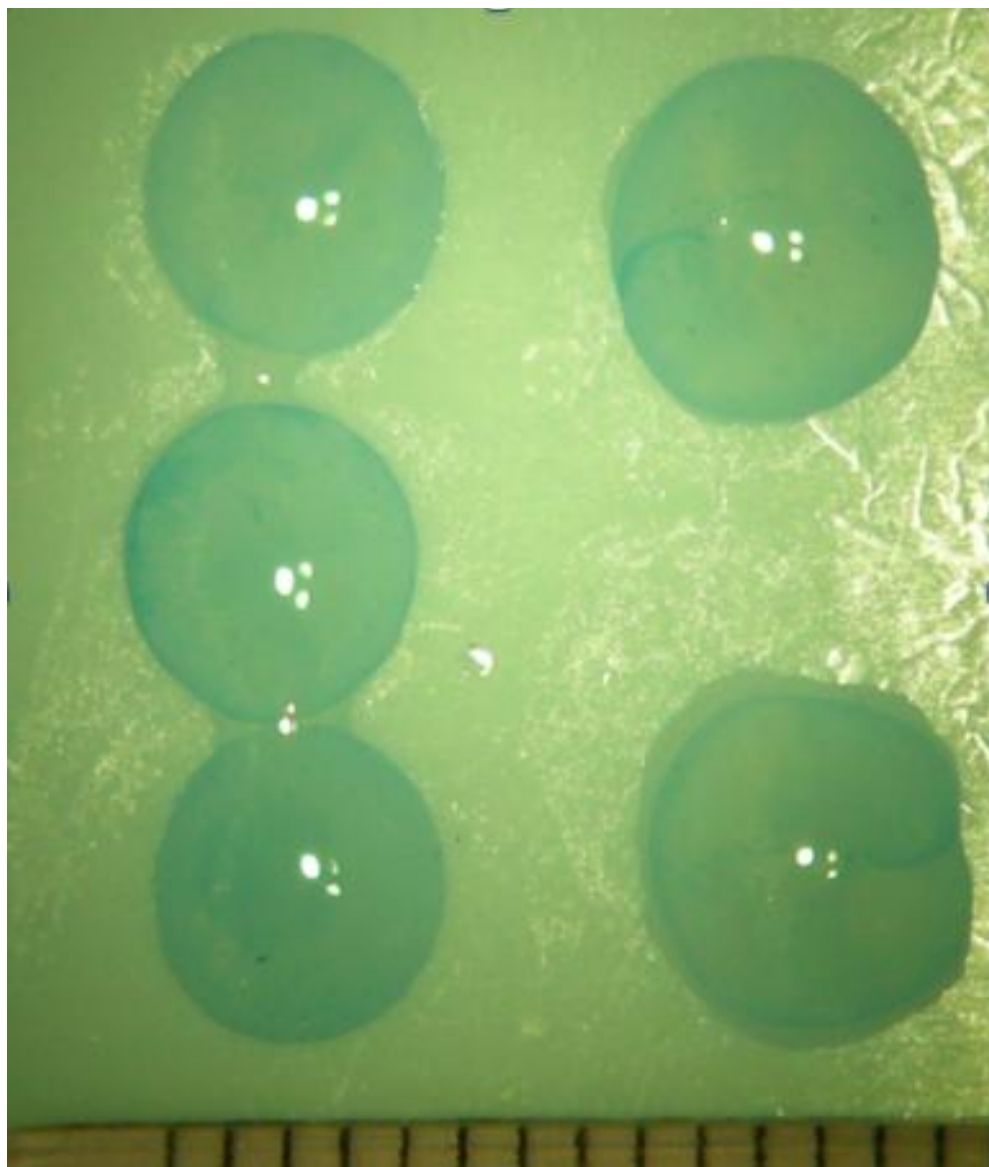


Рисунок 11 - Общий вид удаленных фрагментов передней капсулы при формировании капсулорексиса фемтолазерной системой (слева) и механическим путем (справа)

Сформированный ФЛ капсулорексис во всех случаях соответствовал требуемому стандарту, не превышал диаметр оптики линзы (6,0 мм) и не был меньше, рекомендованного значения – 5,0 мм. В то же время капсулорексис выполненный механическим путем, в значительном количестве случаев (22,0%) не соответствовал заданному диапазону, превышая диаметр оптики или перекрывал ее значительную часть. В случае с предварительной разметкой такая ситуация имела место лишь в 12,5% случаев.

Результаты сканирующей электронной микроскопии капсулы, извлеченной после капсулорексиса, представлены на рисунках 12,13,14,15. Полученные данные свидетельствуют, что после ручной процедуры край капсулы был практически идеально ровным, без признаков надрыва. Однако обращает на себя внимание неравномерность толщины капсулы, линейное «разволоknение». Невозможность полностью расправить удаленный фрагмент передней капсулы на предметном столике микроскопа не позволяет с точностью оценить степень отклонения толщины по всей окружности. Неравномерность толщины и линейное разволоknение передней капсулы, вероятно, связаны с тракционным воздействием в ходе выполнения капсулорексиса. В тоже время края капсулы после фемтосекундного сопровождения были чуть менее ровными, визуализировались следы от лазерных импульсов в виде единичной «завубренности», однако, ожидаемая равномерная «фестончатость» или вид края капсулы по типу «почтовой марки» отсутствовали. При большом увеличении по краю капсулы отсутствовали признаки грубой деформации, отмечались единичные гладкие микроборозды, на плоскости капсулы единичные выемки. Однако визуальный осмотр всего края удаленного диска показал более равномерную его толщину.

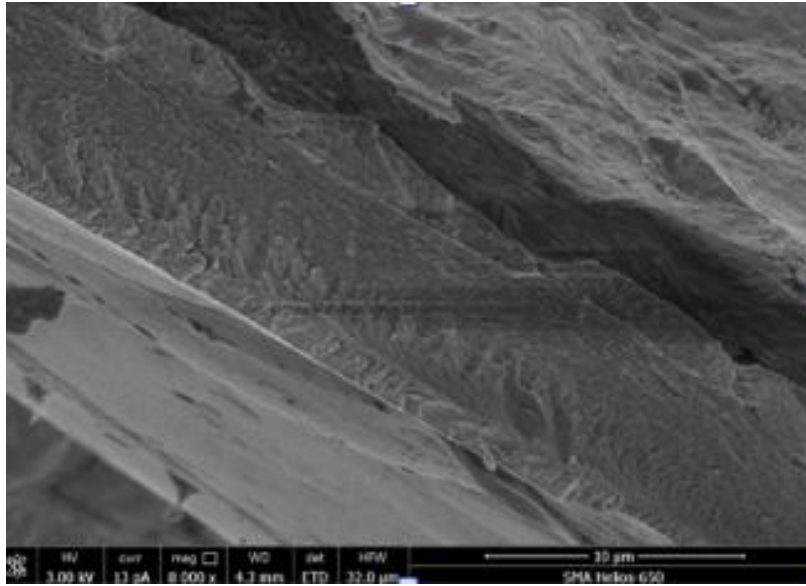


Рисунок 12 - Сканирующая электронная микроскопия края фрагмента капсулы, сформированного фемтолазерной системой (увеличение 8000х)

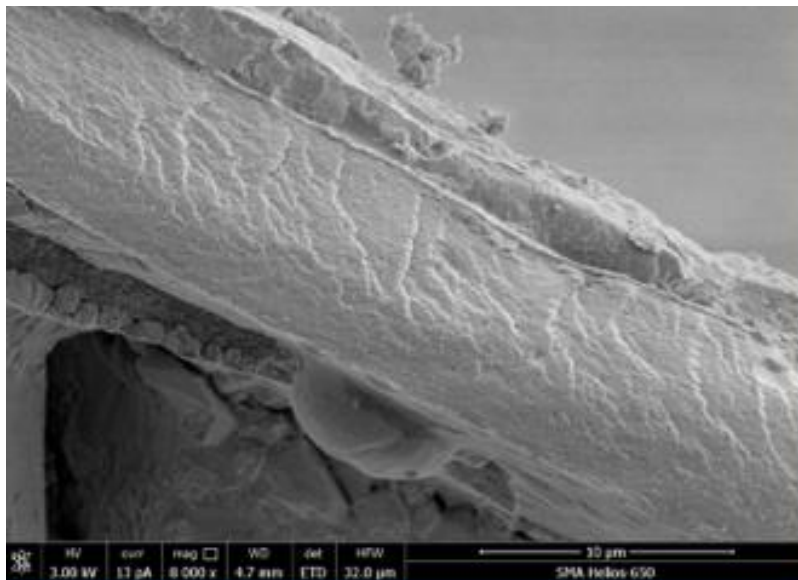


Рисунок 13 - Сканирующая электронная микроскопия края фрагмента капсулы, сформированного механическим путем с предварительной разметкой (увеличение 8000х)

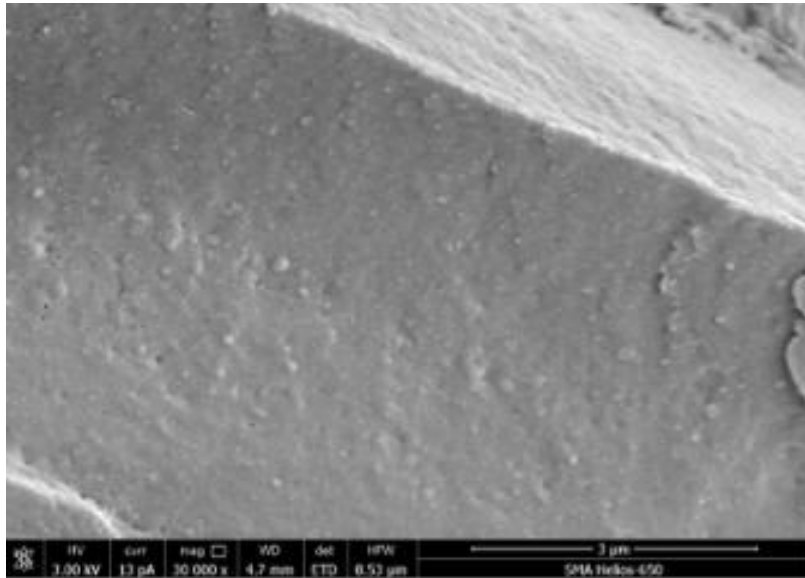


Рисунок 14 - Сканирующая электронная микроскопия края фрагмента капсулы, сформированного фемтолазерной системой (увеличение 30000x)

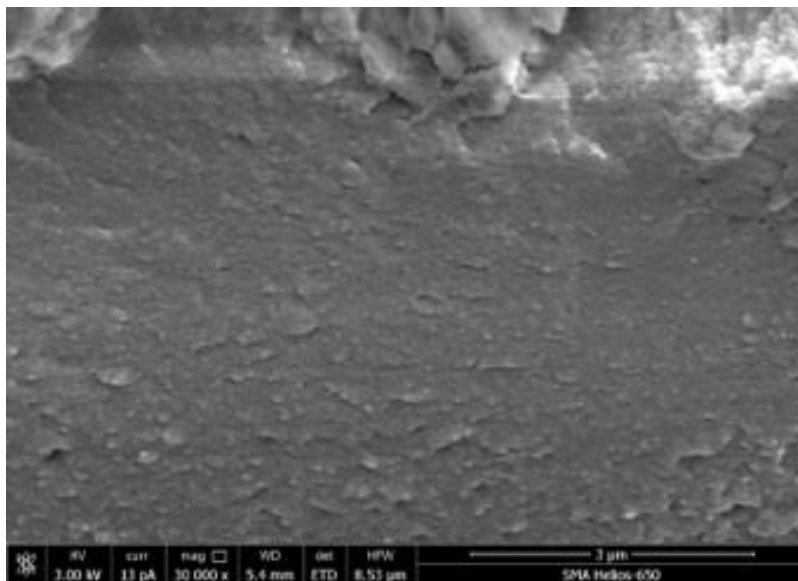


Рисунок 15 - Сканирующая электронная микроскопия края фрагмента капсулы, сформированного механическим путем по традиционной технологии (увеличение 30000x)

Обсуждая полученные результаты, следует подчеркнуть, что формирование кругового непрерывного капсулорексиса является одним из наиболее ответственных и тяжелых этапов факоэмульсификации катаракты не только для начинающих, но и для опытных хирургов, что связано с тем, что от правильности выполнения капсулорексиса зависит не только удобство выполнения последующих манипуляций, но и послеоперационный рефракционный результат. Неправильное положение линзы в капсульном мешке является одной из главных причин рефракционной ошибки. По данным литературы около 35% послеоперационных рефракционных ошибок связано именно с эффективным положением линзы [74]. В частности, изменение в пределах 0,5 мм от правильного положения интраокулярной линзы вызывает характерный рефракционный сдвиг в пределах 1 дптр [79]. К сожалению, даже у самого опытного хирурга наблюдаются отклонения в размерах и центрации капсулорексиса при ручном его выполнении. Так, слишком маленький капсулорексис за счет фиброза передней капсулы в отдаленном послеоперационном периоде может давать гиперметропический сдвиг, а слишком широкий капсулорексис может изменять угол наклона ИОЛ и создавать дополнительные абберации.

Проведенные в рамках настоящей работы морфологические исследования выявили, что показатель циркулярности в группе фемтолазерного сопровождения капсулорексиса составила в среднем величину, равную 0,98, что является более точным по сравнению с ранее проведенными исследованиями. Капсулорексис, выполненный с помощью фемтосекундного лазера, позволяет сформировать достаточно ровный и гладкий край, что, на наш взгляд, снижает риск неконтролируемого разрыва края передней капсулы. Это особенно важно для уверенной работы начинающих хирургов, которые не имеют постоянного навыка выполнения

капсулорексиса, особенно в осложненных случаях, сопровождающихся набуханием катаракты, псевдоэкзофолиативным синдромом, подвывихом хрусталика и т.п. Таким образом, капсулорексис выполненный при помощи фемтосекундного лазера является более точным, прогнозируемым по сравнению с механическими технологиями. Минимальные отклонения от заданных параметров могут рассматриваться как ведущий фактор достижения более точного рефракционного результата. Наряду с этим, следует подчеркнуть, что разработанная в рамках настоящего исследования механическая технология проведения капсулорексиса с предварительной разметкой обеспечивает более циркулярный разрез (на 4,3%, $p < 0,05$) и уменьшение (на 0,20 мм, $p < 0,05$) отклонения от заданного размера по сравнению с традиционной механической технологией.

Результаты сравнения соответствия диаметра капсулорексиса диаметру оптической части ИОЛ непосредственно во время операции и в отдаленном (6 месяцев) послеоперационном периоде свидетельствуют, что при фемтолазерном сопровождении лишь в 3-х случаях (2,6%) через 6 месяцев после операции было выявлено, что край линзы частично не покрыт листком передней капсулы, что, по-видимому, может быть связано или с первоначальной децентрацией капсулорексиса в связи с децентрированным положением зрачка (капсулотомия на фемтосекундном лазере VICTUS жестко привязана к краю радужки; механически невозможно изменить положение капсулотомии в плоскости передней капсулы), с неравномерным фиброзом капсульной сумки на фоне слабости цинновых связок, или наличием остатков кортикальных масс. При применении механических технологий данное состояние возникало в 22,4% случаев в условиях традиционной технологии и в 12,8% случаев при применении технологии предварительной разметки. Капсулорексис меньшего диаметра (меньше 5,0 мм), чем планировался в группе с фемтолазерным сопровождением

отмечался только в 4,3% случаев, в то время как после выполнения капсулорексиса с предварительной разметкой такая ситуация имела место в 17,4% случаев, без разметки – 26,6%. Характерные примеры общего вида капсулорексиса при различных технологиях представлены на рисунках 16,17,18.



Рисунок 16 – Общий вид капсулорексиса, сформированного на основе фемтолазерного сопровождения

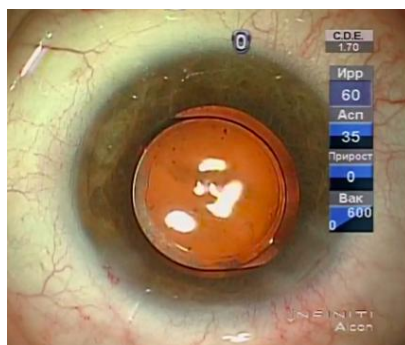


Рисунок 17 – Общий вид капсулорексиса, сформированный механическим путем с предварительной разметкой



Рисунок 18 – Общий вид капсулорексиса, сформированного традиционным механическим путем

**ГЛАВА IV РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИКИ КЛИНИКО-
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КАПСУЛОРЕКСИСА НА ОСНОВЕ
ФЕМТОЛАЗЕРНОЙ И МЕХАНИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Результаты динамики величины максимально корригированной остроты зрения вдаль у пациентов с капсулорексисом сформированным с помощью фемтолазерной и механических технологий, до и через 6 месяцев после операции представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты динамики максимально корригированной остроты зрения вдаль ($M \pm m$, отн.ед.) у пациентов основной и контрольных групп до и в течение 6 месяцев после операции

Срок обследования	Фемтолазерный капсулорексис	Механический капсулорексис с предварительной разметкой	Механический капсулорексис
До операции	0,28±0,03	0,29±0,03	0,30±0,03
1 день	0,91±0,04	0,89±0,04	0,89±0,04
7 дней	0,86±0,04	0,85±0,04	0,84±0,04
1 месяц	0,96±0,02*	0,86±0,02	0,82±0,02
3 месяца	0,95±0,02*	0,88±0,02**	0,83±0,02
6 месяцев	0,95±0,02*	0,88±0,02 **	0,83±0,02

Примечание: * - $p < 0,05$ в основной группе по сравнению с контрольными группами; ** - $p < 0,05$ в контрольной группе I по сравнению с контрольной группой II

Полученные данные свидетельствуют, что у пациентов основной группы по сравнению с пациентами контрольных групп через месяц после операции отмечается статистически значимое повышение величины максимально корригируемой остроты зрения вдаль, которое по абсолютным максимальным значениям было выше в среднем, на 0,1-0,14 отн.ед. ($p < 0,05$). Наряду с этим, определены различия по данному показателю в контрольной группе пациентов I по сравнению с контрольной группой пациентов II, составляющие 0,04 отн. ед ($p < 0,05$).

Результаты анализа точности рефракционного эффекта представлены на рисунках 19,20,21,22. Полученные данные свидетельствуют, что через месяц после операции соответствие рефракционного эффекта в пределах $\pm 0,5$ дптр было отмечено у всех пациентов, оперированных с использованием фемтолазерной системы, в то время, как операция, выполненная на основе механических технологий капсулорексиса обеспечивает максимально возможную вероятность попадания в планируемую рефракцию лишь в пределах $\pm 1,5$ дптр., при этом следует отметить, что в ранние сроки после операции ведущим рефракционным сдвигом являлся гиперметропический.

Результаты исследования через 6 месяцев после операции показали, что у пациентов основной группы и контрольной группы I не отмечалось статистически значимого снижения рефракционного результата от полученного к первому месяцу после операции, в то время как как в группе пациентов с традиционным механическим капсулорексисом наблюдалось дальнейшее отклонение от планируемого рефракционного эффекта преимущественно миопического характера. Результаты дальнейшего анализа представлены на рисунках 23,24.

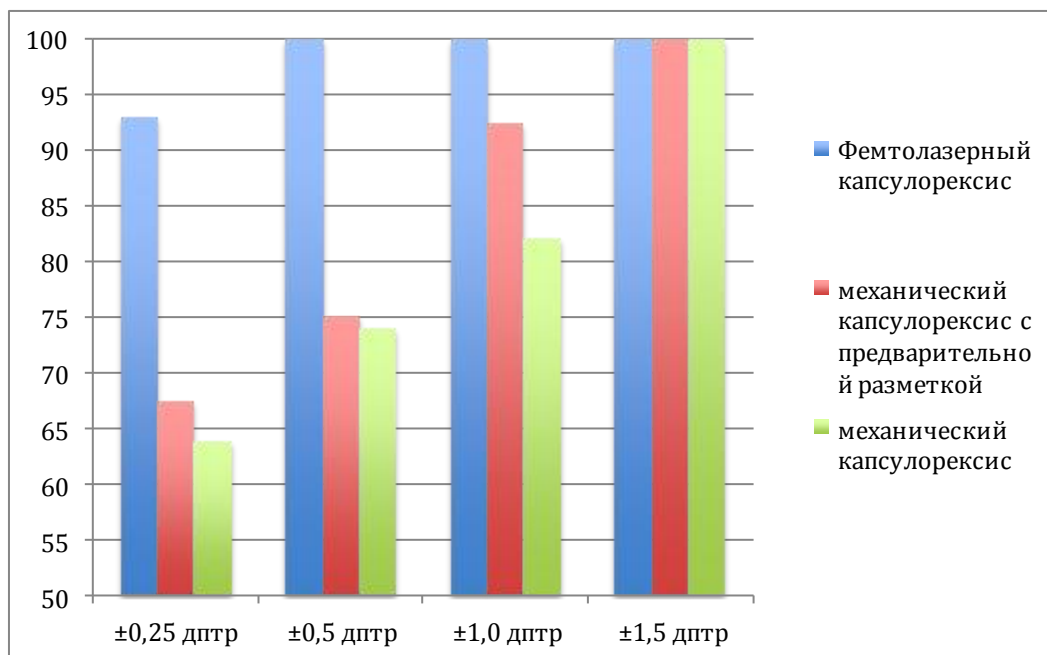


Рисунок 19 – Вероятность рефракционного эффекта при различных технологиях проведения капсулорексиса через 1 месяц после оперативного вмешательства (в % от общего числа глаз)

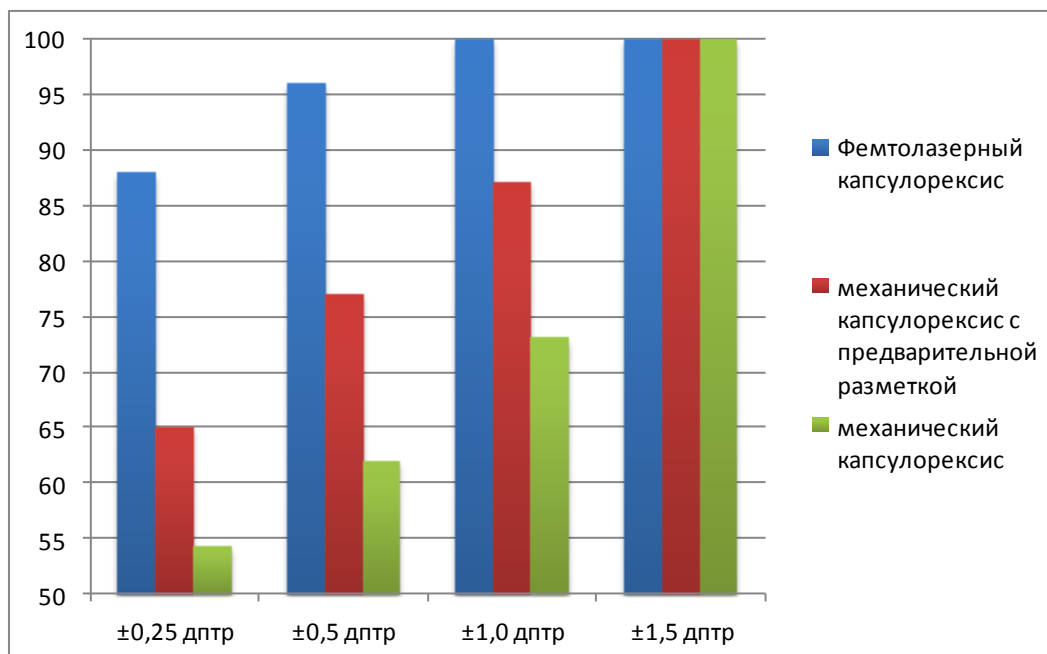


Рисунок 20 - Вероятность рефракционного эффекта при различных технологиях проведения капсулорексиса через 6 месяцев после оперативного вмешательства (в % от общего числа глаз)

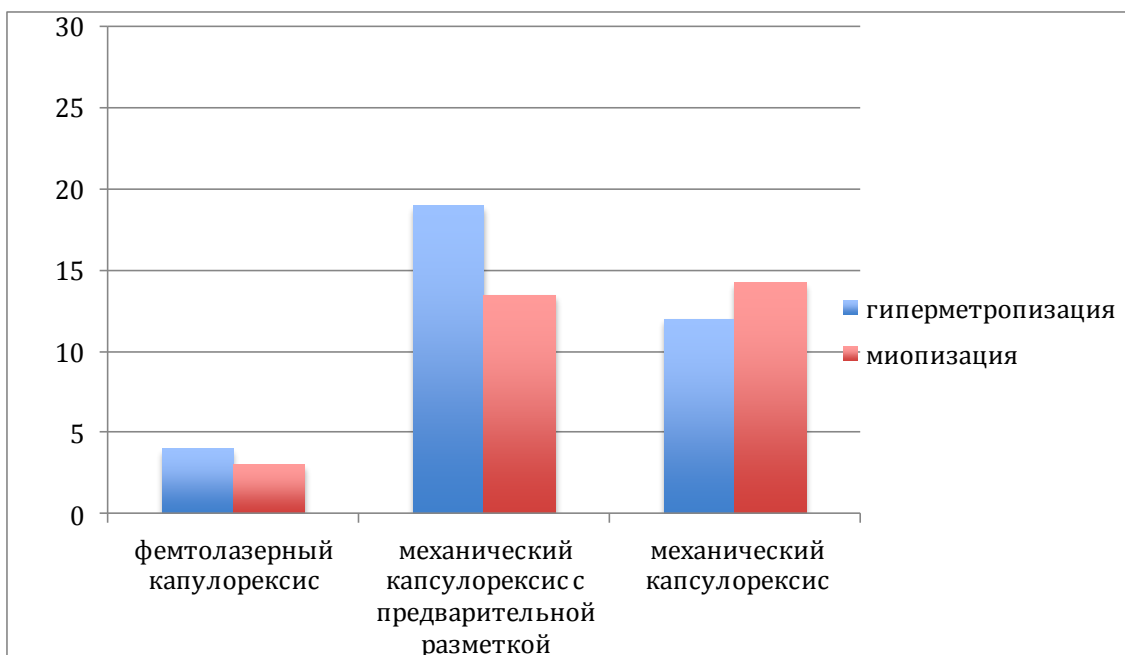


Рисунок 21 – Вероятность смещения от планируемого рефракционного результата $\geq 0,25$ дптр в сторону гиперметропии или миопии при различных технологиях проведения капсулорексиса через 1 месяц после оперативного вмешательства (в % от общего числа глаз)

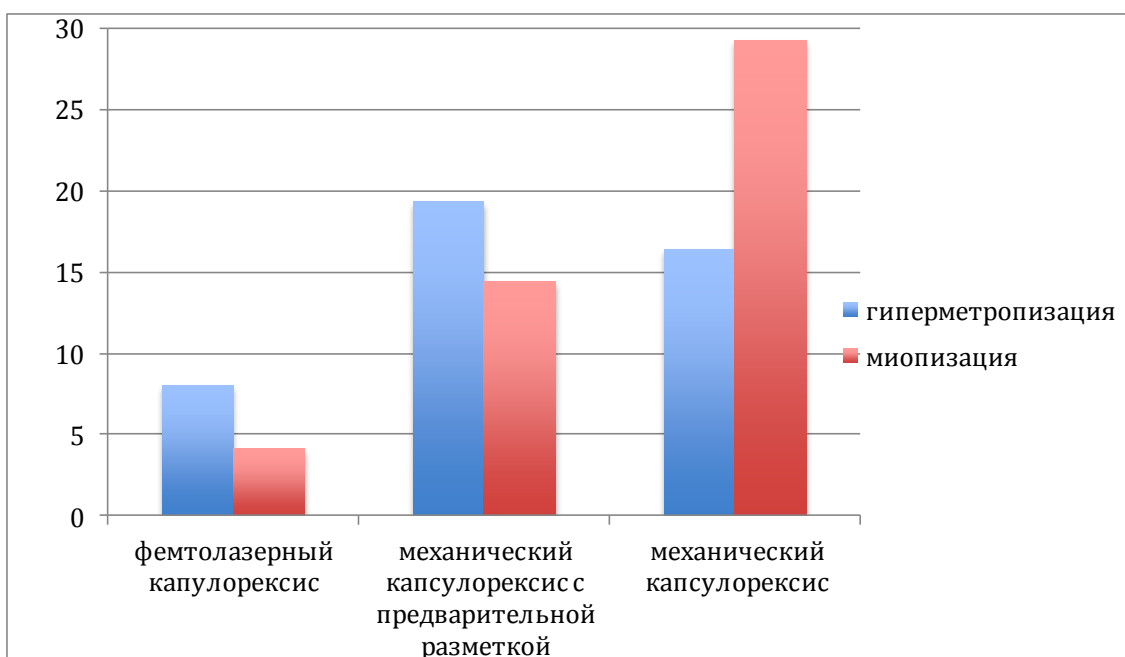


Рисунок 22 - Вероятность смещения от планируемого рефракционного результата $\geq 0,25$ дптр в сторону гиперметропии или миопии при различных технологиях проведения капсулорексиса через 6 месяцев после оперативного вмешательства (в % от общего числа глаз)

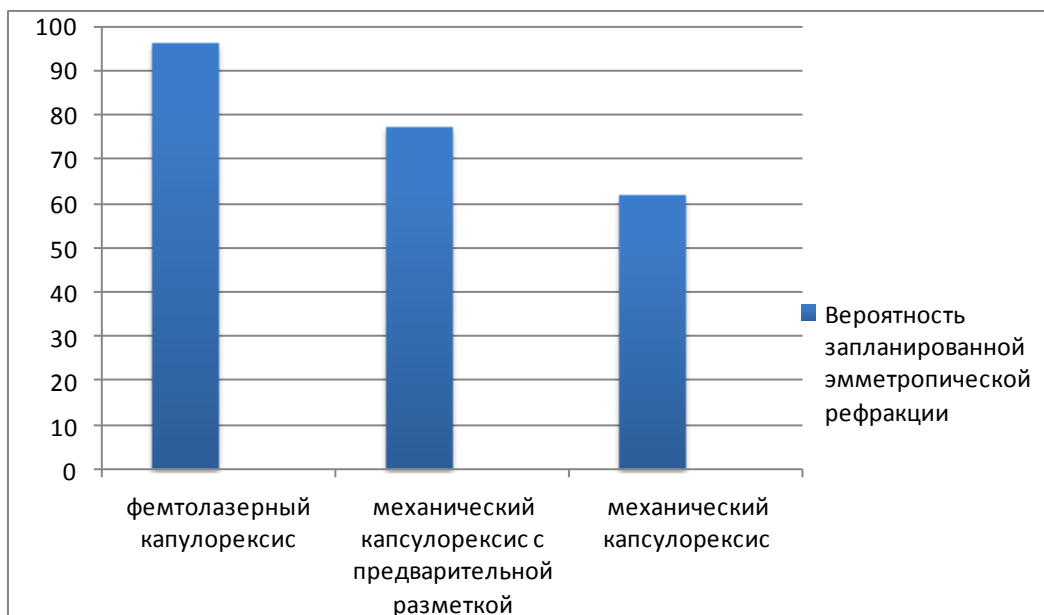


Рисунок 23 – Вероятность запланированной послеоперационной эмметропической ($\pm 0,5$ дптр) рефракции в отдаленном (6 месяцев) периоде при различных технологиях проведения капсулорексиса (в % от общего числа глаз)

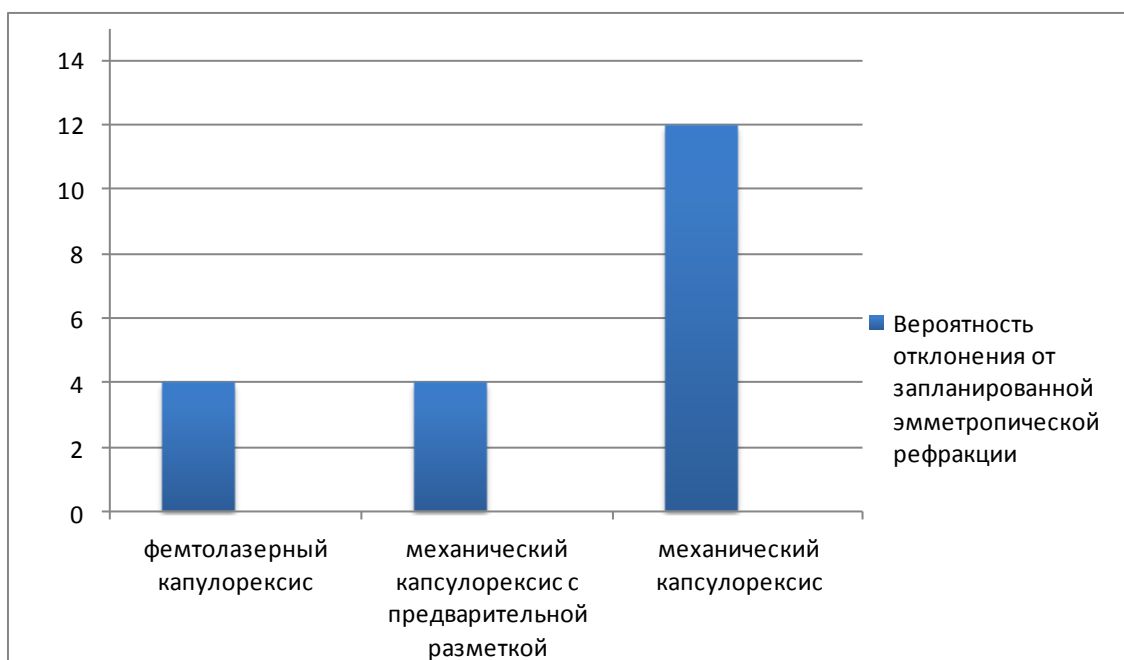


Рисунок 24 – Вероятность отклонения от запланированной послеоперационной эмметропической ($\pm 0,5$ дптр) рефракции в течение 1-6 месяца при различных технологиях проведения капсулорексиса (в % от общего числа глаз)

Приняв за основу планируемую через 6 месяцев после операции эмметропическую рефракцию ($\pm 0,5$ дптр), следует отметить выраженные различия в данном показателе между обследуемыми группами пациентов. Установлено, что фемтолазерное сопровождение капсулорексиса обеспечивает практически максимальную (95,8%) вероятность запланированной послеоперационной эмметропической ($\pm 0,5$ дптр) рефракции в отдаленном (6 месяцев) периоде, что существенно отличается от механической технологии с предварительной разметкой (77,2%) и традиционной механической технологии (67,0%). При этом применение предварительной разметки обеспечивает минимальный регресс планируемой рефракции в течение 6 месяцев наблюдения (4% случаев), что в полном объеме сопоставимо с применением для проведения капсулорексиса фемтолазерных систем (4%) случаев и существенно отличается от традиционной пинцетной технологии (12% случаев).

Результаты динамики внутриглазного давления у обследуемых пациентов до и в течение 6 месяцев после операции представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Результаты динамики внутриглазного давления ($M \pm m$, мм рт.ст.) у пациентов основной и контрольных групп до и в течение 6 месяцев после операции

Срок обследования	Фемтолазерный капсулорексис	Механический капсулорексис с предварительной разметкой	Механический капсулорексис
До операции	15,8 \pm 0,4	16,3 \pm 0,4	16,5 \pm 0,3
1 день	22,3 \pm 0,3	21,2 \pm 0,3	20,8 \pm 0,3
7 дней	20,5 \pm 0,3	18,5 \pm 0,4	19,7 \pm 0,3
1 месяц	17,0 \pm 0,3	15,0 \pm 0,4	15,4 \pm 0,4
3 месяца	15,1 \pm 0,4	15,5 \pm 0,4	16,0 \pm 0,3
6 месяцев	15,6 \pm 0,3	15,3 \pm 0,3	16,1 \pm 0,3

Представленные в таблице 8 данные свидетельствуют, что динамика ВГД в обеих группах была идентична и в целом соответствовала накопленному опыту оценки данного показателя у пациентов после факоэмульсификации неосложненной катаракты [46,47].

В сроки через 1,3 и 6 месяцев после операции факоэмульсификации катаракты проводилось обследование пациентов для определения состояния задней капсулы хрусталика. У подавляющего числа пациентов задняя капсула была прозрачной, равномерно натянутой плотно прилегающей к задней поверхности ИОЛ. В отдельных случаях отмечалось наличие признаков клеточной пролиферации, более выраженные в периферических отделах, неравномерные складки задней капсулы, явления фиброза. Количественная оценка состояния задней капсулы хрусталика в группах пациентов с фемтолазерным и механическими методами выполнения капсулорексиса представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Динамика помутнения задней капсулы у пациентов основной и контрольных групп.

Срок обследования	Фемтолазерный капсулорексис (116 глаз)	Механический капсулорексис с предварительной разметкой (92 глаза)	Механический капсулорексис (94 глаза)
1 месяц	0 (0%)	0	0
3 месяца	0 (0%)	2 (2,1%)	3 (3,2%)
6 месяцев	2 (1,7%)	3 (3,3%)	7 (7,4%)

Полученные данные свидетельствуют, что у пациентов как основной так и контрольной групп в течении первого месяца после операции отсутствовали признаки развития вторичной катаракты. По достижению трех месяцев после операции у 2-х пациентов I контрольной группы (2,1%) и 3-х II контрольной группы (3,2%) появились признаки развития вторичной

катаракты в виде небольшой пролиферации клеточных элементов на периферии у края оптической части ИОЛ. К шести месяцев после операции начальные признаки развития вторичной катаракты также наблюдались в 2-х случаях (1,7%) в основной группе и в 3-х (3,3%) и 7 (7,4%) в контрольных группах. Однако следует отметить, что субъективные жалобы на снижение остроты зрения у большинства пациентов с биомикроскопически видимыми помутнениями задней капсулы отсутствовали. Лишь два пациента II контрольной группы к 6 месяцев наблюдения предъявили жалобы на снижение остроты зрения вдаль, ухудшение сумеречного зрения. При исследовании визометрии выявилась потеря на 0,1 от максимально корригируемой остроты зрения. При осмотре на щелевой лампе этих пациентов обращала на себя внимание складчатость задней капсулы, а также неравномерно распределенные регенерирующих хрусталиковых волокон, которые имели тенденцию к слиянию в парацентральных отделах задней капсулы. Биомикроскопия с широким зрачком показала, что неравномерность натяжения задней капсулы был обусловлен несимметричным натяжением листков капсулы хрусталика, вследствие несоответствия размера и положения зоны капсулорексиса по отношению к оптической части ИОЛ.

Результаты анализа основных неблагоприятных интраоперационных клинических проявлений связанных с этапом капсулорексиса и возникших при его выполнении с помощью фемтолазера, механическим путем с предварительной разметкой и без нее представлены в таблице 10.

Таблица 10 - Частота возникновения основных неблагоприятных интраоперационных клинических проявлений капсулорексиса (число случаев и в % от общего числа случаев)

Осложнение	Фемтолазерный капсулорексис n=116	Механический капсулорексис с предварительной отметкой n=92	Механический капсулорексис n=94
Разрыв передней капсулы	0	(1) 1,1	(4) 4,3
Незавершенный капсулорексис или мостики	(2) 1,7	0	0
Капсулорексис неправильной формы	0	(6) 6,5	(18) 19,1
Итого:	1,7	7,6	23,4

Представленные в таблице 10 данные свидетельствуют в целом о низком уровне риска возникновения основных неблагоприятных интраоперационных клинических проявлений, возникающих при выполнении капсулорексиса по все исследуемым технологиям. В тоже время применение фемтолазерной технологии обеспечивает более безопасное проведение капсулорексиса, что подтверждается значительно меньшей (на 5,9% - 21,7%) частотой возникновения неблагоприятных клинических проявлений. В этой связи следует особо отметить, что лишь в 2-х случаях применения фемтолазера были отмечены признаки неполного переднего капсулорексиса (неразделенных участков в линии разреза передней капсулы), потребовавшие дополнительных механических манипуляций. Даже в сложных случаях капсулорексис был абсолютно правильной округлой формы заданных размеров, что значительно облегчало

работу хирурга. Разрыв передней капсулы имел место при использовании механических технологий. При этом его перехода на заднюю капсулу и, как следствие, дислокации ядра или его фрагментов в стекловидное тело отмечено не было.

Результаты исследования «качества жизни» через 6 месяцев после оперативного вмешательства представлены на рисунке 25.

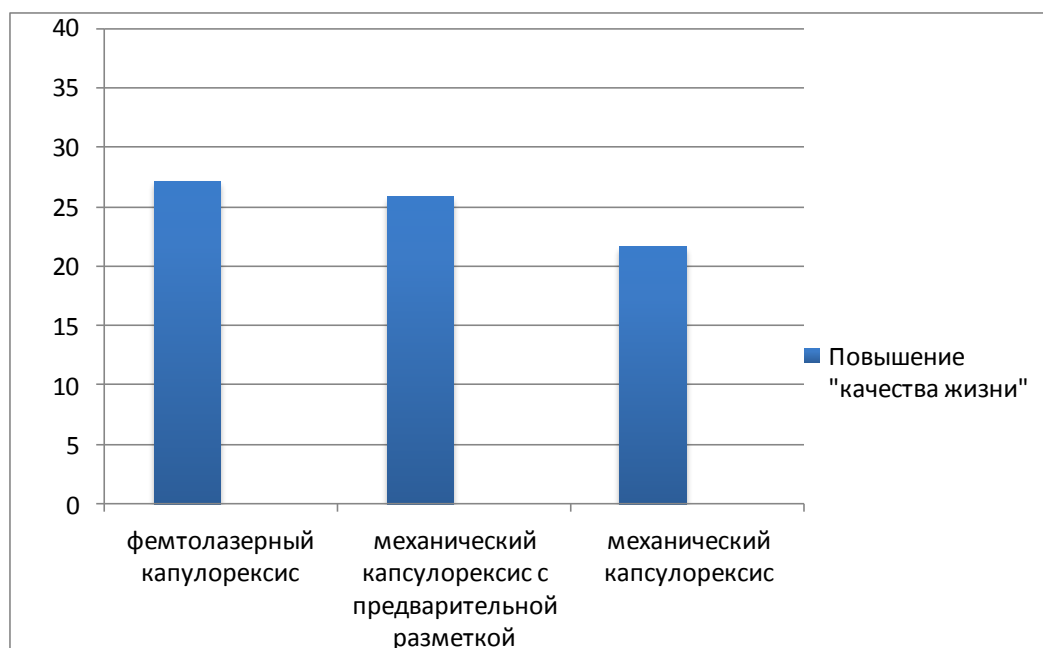


Рисунок 25 – Повышение показателя «качества жизни» пациента через 6 месяцев после факоэмульсификации катаракты при различных технологиях проведения капсулорексиса (в % от обследования до операции)

Представленные на рисунке 25 данные свидетельствуют, что согласно суммарному индексу тестирования по тесту «VF-14» наиболее выраженное повышение «качества жизни» отмечалось при фемтолазерном сопровождении капсулорексиса и составляла 27,2% ($p < 0,01$ по сравнению с данными до операции). Применение механических технологий капсулорексиса также сопровождалось статистически достоверным (по сравнению с предоперационными показателями) повышением «качества

жизни», однако в меньших пределах (24,8% при механической технологии с предварительной разметкой и 21,6% с традиционной пинцетной технологией).

ГЛАВА V РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КАПСУЛОРЕКСИСА НА ОСНОВЕ ФЕМТОЛАЗЕРНОЙ И МЕХАНИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Результаты оценки мощности ультразвука и временных параметров оперативного вмешательства при выполнении факофрагментации на основе фемтолазерной и механической технологии представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Мощность ультразвука ($M \pm m, \%$), время воздействия ультразвука и время интраокулярных манипуляций и ($M \pm m, \text{сек}$) при выполнении капсулорексиса на основе фемтолазерной и механической технологии

	Фемтолазерный капсулорексис + фемтолазерная факофрагментация	Механический капсулорексис с предварительной разметкой	Механический капсулорексис
Мощность ультразвука, %	6,1 \pm 0,4*	16,2 \pm 0,4	17,4 \pm 0,5
Время воздействия ультразвука, сек	2,2 \pm 0,8*	4,3 \pm 0,8	4,1 \pm 0,9
Время интраокулярных манипуляций (капсулорексис + факофрагментация + удаление ядра)	45,2 \pm 4,4*	102,2 \pm 4,4	109,6 \pm 4,6

Примечание: * - $p < 0,01$; по сравнению с группами механокапсулорексис

Представленные в таблице 11 данные свидетельствуют, что практически по всем оцениваемым медико-техническим показателям отмечаются выраженные, статистически значимые различия между проведением операции с фемтолазерным сопровождением и стандартной факоэмульсификации с предварительной разметкой капсулорексиса и без нее. В первую очередь, следует подчеркнуть снижение на 11,3% и 10,1% ($p < 0,01$) мощности и на 2,1 сек и 1,9 сек ($p < 0,01$) времени работы ультразвука соответственно. Наряду с этим, определено выраженное на 64,4 сек и 57,0 сек ($p < 0,01$) уменьшение времени интраокулярных манипуляций (капсулорексис + факофрагментация + удаление ядра).

Результаты экспертной оценки проведения различных технологий капсулорексиса представлены на рисунке 26.

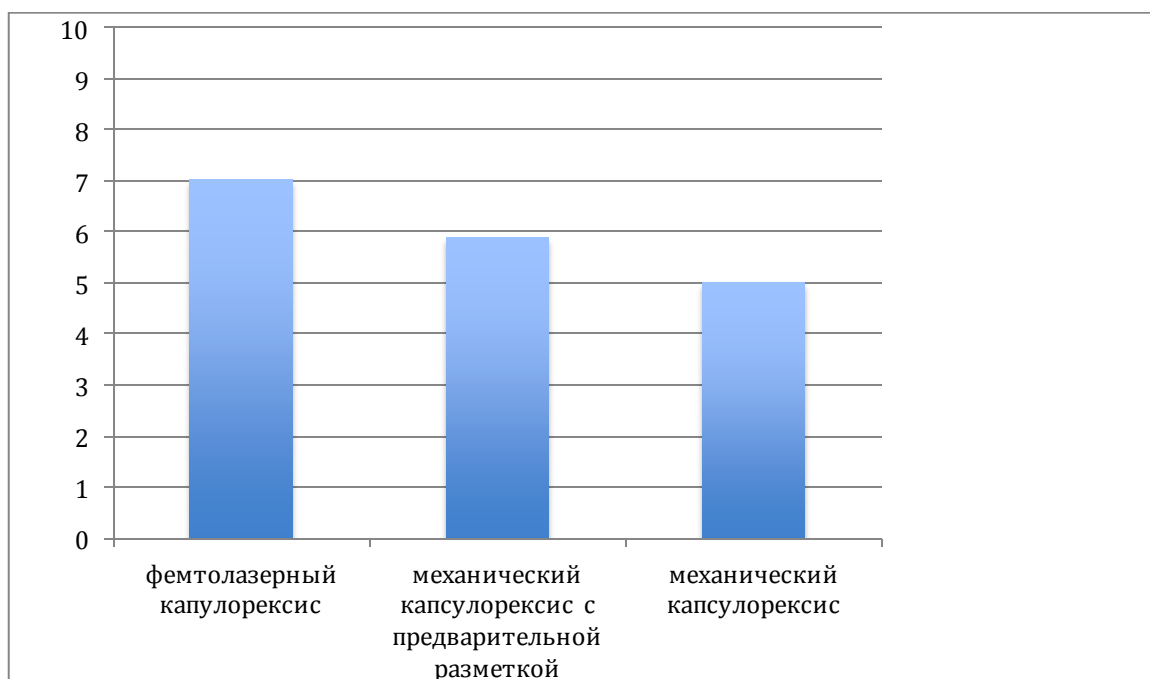


Рисунок 26 - Результаты экспертной оценки проведения различных технологий капсулорексиса (баллы)

Представленные на рисунке 26 данные свидетельствуют, что, по-мнению практикующих врачей-офтальмохирургов, фемтолазерное сопровождение процедуры капсулорексиса является более предпочтительным (в среднем, на 12,5% - 16,1%, $p < 0,05$). При этом наиболее показательными были различия в ответах на вопросы о времени проведения, возможности расширения, а также программируемости формы и диаметра капсулорексиса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время одной из наиболее часто выполняемых операций в офтальмологической практике является факоемульсификация катаракты. Одним из наиболее актуальных направлений повышения клинической эффективности методики факоемульсификации является совершенствование технологии капсулорексиса, как входящего в перечень базовых этапов хирургического вмешательства. При этом следует подчеркнуть, что формирование кругового непрерывного капсулорексиса является одним из наиболее ответственных этапов операции, так как правильность выполнения капсулорексиса определяет не только комфортность выполнения последующих манипуляций, но и послеоперационный рефракционный результат. Проведенный анализ литературы указывает на постоянную разработку различных методов совершенствования капсулорексиса, к числу которых, в частности, относятся использование капсульного пинцета с разметкой, имплантация эластичных колец в переднюю камеру, применение роговичных разметчиков и шпателей с разметкой, трафаретных полуколец и ряда других, которые в целом характеризуются достаточно высоким уровнем субъективной оценки хирургом размера отверстия передней капсулы хрусталика. Изложенные положения определяют актуальность совершенствования выполнения капсулорексиса определенного размера на основе механических технологий и разработку принципиально новых медицинских технологий проведения хирургической процедуры. В этой связи следует подчеркнуть, что одним из принципиально новых направлений технического развития приборного оборудования, применяемого в офтальмологии, является разработка и внедрение в практику фемтосекундных лазерных систем, обеспечивающих, вследствие

технических характеристик, наиболее безопасное и точное операционное вмешательство.

Изложенные положения послужили основой для проведения настоящего исследования, направленного на комплексную (анатомо-топографическую, клинико-морфологическую, субъективную) сравнительную оценку процедуры капсулорексиса на основе фемтосекундной лазерной и механических технологий.

Исследование выполнялось на базе кафедры офтальмологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Институт повышения квалификации Федерального медико-биологического агентства» и в офтальмологической клинике «Восток-прозрение» (г. Москва) в период 2012-2014 гг. Основным критерием включения пациентов в исследования явилась неосложненная катаракта преимущественно 3-4 степени плотности, наличие бинокулярного зрения, отсутствие выраженных изменений со стороны зрительного нерва и сетчатки, острота зрения с максимальной коррекцией не ниже 0,3 при прозрачном хрусталике и ожидаемая острота зрения не ниже 0,3 при катаракте, а также высокая мотивация пациентов на проведение хирургического вмешательства. Критериями исключения пациентов из исследования явилось наличие у пациента в анамнезе травмы глаза, воспалительных заболеваний переднего и (или) заднего отрезков глаза, роговичного астигматизма больше 1,0 Дптр., величина зрачка менее 4,2 мм, а также наличие тяжелых общесоматических заболеваний. Распределение пациентов по возрасту и полу представлено в таблицах 2,3.

Всего обследовано 379 пациентов (403 глаза), разделенных на три сопоставимые по возрасту и состоянию зрения группы – основную, пациентам которым процедура капсулорексиса выполнялась на основе

фемтолазерных технологий и две контрольные, пациентам которой процедура капсулорексиса выполнялась на основе традиционной механической (пинцетной) технологии с предварительной разметкой границ капсулорексиса (контрольная группа I) и пациентам которой процедура капсулорексиса выполнялась на основе традиционной механической (пинцетной) технологии (контрольная группа II).

Проведено три серии клинических исследований. Первая серия была направлена на сравнительную клинико-морфологическую оценку капсулорексиса при факоэмульсификации на основе механической и фемтолазерной технологии по показателям циркулярности, непрерывности, отклонения от заданного размера и состояния края разреза. Исследованию 35 удаленных фрагментов капсулы (35 глаз) у пациентов из основной группы, 34 фрагмента (34 глаза) контрольной группы I и 32 фрагмента (32 глаза) контрольной группы II, которым после проведения капсулорексиса было выполнено специальное фотографирование капсулы морфометрическое исследование.

Вторая серия исследований была направлена на изучение фрагментов удаленных листков передней капсулы с помощью электронной микроскопии. Всего исследовано 28 образцов, 16 из них вырезанных при помощи фемтолазера, 12 – механическим путем.

Целью третьей серии исследования была оценка динамики клинико-функциональных показателей зрительной системы при выполнении капсулорексиса на основе фемтолазерной и механических технологий, а также динамики развития вторичной катаракты. В исследовании участвовало 108 пациентов (116 глаз) основной группы, 86 пациентов (92 глаза) контрольной группы I и 84 пациента (94 глаза) контрольной группы II, которым было выполнено стандартное офтальмологическое обследование

до операции и через сутки, 7 дней, 1,3,6 месяцев после хирургического вмешательства. Отдельным направлением в рамках данной серии явилось проведение сравнительной оценки экспертных (на основании специального анкетирования офтальмохирургов) и технических (мощность и длительность воздействия ультразвука) характеристик капсулорексиса и процедуры факофрагментации выполняемых на основе фемтолазерной технологии по сравнению с механическими методами.

Фемтолазерное воздействие осуществлялось на аппарате «VICTUS» (Bausch+Lomb, TPV, США), состоящего из рефракционного и катарактального модулей. Техника операции, проводимая в I контрольной группе пациентов отличалась тем, что после обработки операционного поля и наложения векорасширителя с помощью разметчика капсулорексиса, без использования красителя, путем компрессии на поверхности роговицы вызывали появление циркулярной борозды диаметром 5,5 мм в поверхностных слоях эпителиального слоя, концентричной лимбу. Пациентам контрольной группы II операцию выполняли по аналогичной (контрольной группе I) методике без предварительной разметки на поверхности роговицы. Контроль диаметра и положения капсулорексиса в этом случае проводился путем их соотношения с диаметром роговицы и окружностью лимба. Расчет силы имплантируемой ИОЛ осуществлялся на приборе IOL MASTER (Carl Zeiss Meditec, Германия), при этом рефракцией цели являлась эмметропия.

Комплексное обследование пациентов выполнялось до операции, через сутки, 7 дней, 1, 3 и 6 месяцев после хирургического вмешательства и включало в себя исследование клинических, функциональных и субъективных показателей зрительной системы. Клинико-морфологическое исследование основывалось на оригинальной методике, заключающейся в прокрашивании капсулы хрусталика с последующей визуализацией под

операционным микроскопом рядом с эталонной линейкой. Полученные снимки анализировались по разработанной в рамках настоящего исследования методике на компьютере в графическом редакторе «Adobe Photoshop CS2». Субъективная оценка выполнялась с использованием опросника «VF-14» по показателю «качества жизни» пациента, а также специально разработанной для офтальмохирургов анкеты.

Результаты измерения геометрических параметров удаленных фрагментов передней капсулы хрусталика после проведения капсулорексиса на основе фемтолазерной и механических и технологий свидетельствуют, что во всех случаях, независимо от технологии хирургии, удалось сформировать круговой, непрерывный капсулорексис (показатель непрерывности составлял 100%). В тоже время отмечались статистически значимые различия по показателю циркулярности, указывающие, что проведение фемтолазерного капсулорексиса обеспечивает на 4,1% - 8,2% ($p < 0,05$) более точный круговой разрез по сравнению с механическими технологиями. При этом выявлено, что предлагаемая механическая технология с разметкой обеспечивает также более круговой разрез по сравнению с традиционной механической технологией (на 4,3%, $p < 0,05$). Особенно важно отметить выраженные различия по показателю отклонения от заданного размера, при этом фемтолазерное сопровождение капсулорексиса обеспечивало в среднем на 0,16-0,36 мм ($p < 0,05$) более точное проведение капсулорексиса по сравнению с механическими технологиями. В этой связи следует также подчеркнуть различия между механическими технологиями, показавшие, что применение разметки обеспечивает уменьшение (на 0,20 мм, $p < 0,05$) отклонения от заданного размера по сравнению с традиционной технологией.

Изучение результатов, полученных в ходе сканирующей электронной микроскопии свидетельствует, что после ручной процедуры край капсулы

был практически идеально ровным, без признаков надрыва. В то же время обращает на себя внимание неравномерность толщины капсулы, линейное «разволоknение» вероятно связанные с тракционнм воздействием в ходе выполнения капсулорексиса. В тоже время края капсулы после фемтосекундного сопровождения были чуть менее ровными, визуализировались следы от лазерных импульсов в виде единичной «засубренности», однако, ожидаемой «фестончатости» или вида края капсулы по типу «почтовой марки» отсутствовали. Признаки грубой деформации края капсулы отсутствовали даже при большом увеличении, отмечались лишь единичные гладкие микроборозды, на плоскости капсулы и единичные выемки. В то же время визуальный осмотр всего края удаленного диска показал более равномерную его толщину. Таким образом, капсулорексис выполненный при помощи фемтосекундного лазера является более точным, прогнозируемым по сравнению с механическими технологиями. Минимальные отклонения от заданных параметров могут рассматриваться как ведущий фактор достижения более точного рефракционного результата. В этой связи следует особо подчеркнуть результаты сравнительной оценки точности проведения капсулорексиса при различных технология, представленные на рисунке 27.

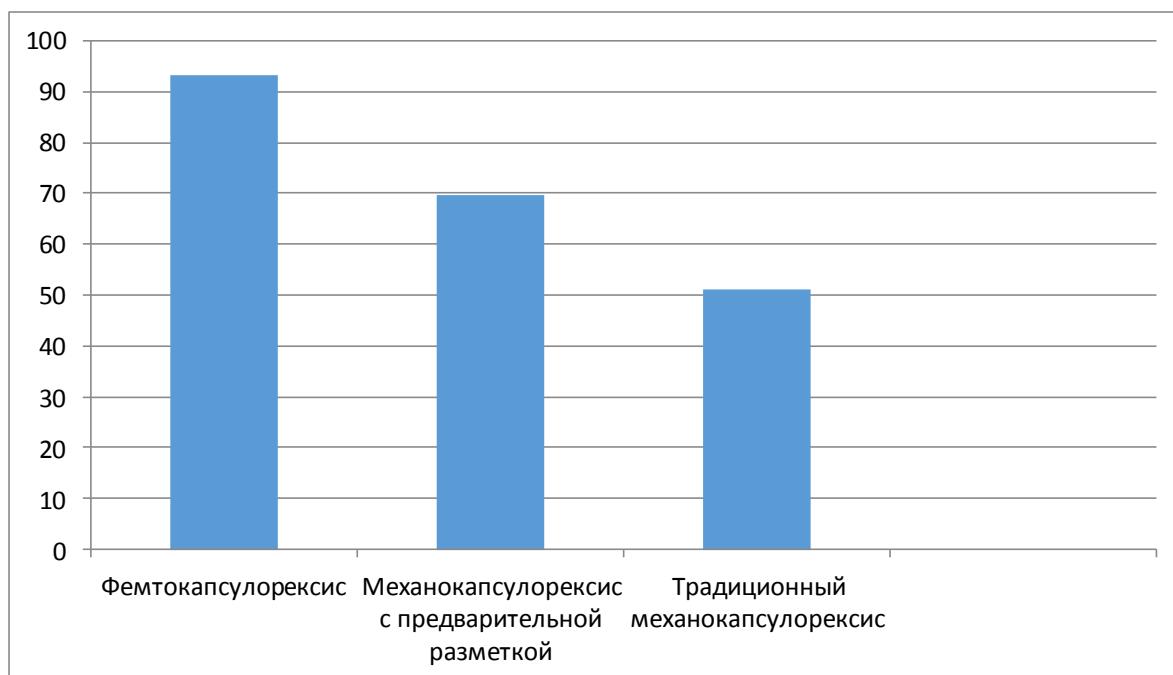


Рисунок 27 – Вероятность запланированного (5,5 мм) капсулорексиса при различных технологиях проведения

Полученные данные свидетельствуют, что фемтолазерное сопровождение обеспечивает запланированный капсулорексис в 93,1% случаев (в 2,6% случаев выявлен капсулорексис большего диаметра, в 4,3% - меньшего). В условиях применения предварительной разметки вероятность запланированного капсулорексиса составляет 69,8% (12,8% - увеличенный; 17,4% - капсулорексис меньшего диаметра). Традиционная пинцетная механическая технология обеспечивает капсулорексис планируемого размера лишь в 51% случаев (в 22,4% отмечался капсулорексис большего диаметра, в 26,6% - меньшего).

Результаты анализа точности рефракционного эффекта свидетельствуют, что фемтолазерное сопровождение капсулорексиса обеспечивает практически максимальную (95,8%) вероятность запланированной послеоперационной эмметропической ($\pm 0,5$ дптр) рефракции в отдаленном (6 месяцев) периоде, что существенно отличается

от механической технологии с предварительной разметкой (77,2%) и традиционной механической технологии (67,0%). Применение предварительной разметки обеспечивает минимальный регресс планируемой рефракции в течение 6 месяцев наблюдения (4% случаев), что в полном объеме сопоставимо с применением для проведения капсулорексиса фемтолазерных систем (4%) случаев и существенно отличается от традиционной пинцетной технологии (12% случаев).

Результаты анализа основных неблагоприятных интраоперационных клинических проявлений связанных с этапом капсулорексиса и возникших при его выполнении свидетельствуют, что применение фемтолазерной технологии обеспечивает более безопасное проведение капсулорексиса, что подтверждается значительно меньшей (на 5,9% - 21,7%) частотой возникновения неблагоприятных клинических проявлений.

Результаты динамики величины максимально корригированной остроты зрения вдаль показали, что в группе пациентов с фемтолазерным сопровождением капсулорексиса по сравнению с пациентами контрольных групп через месяц после операции отмечается статистически значимое повышение величины максимально корригируемой остроты зрения вдаль, которое по абсолютным максимальным значениям составляло в среднем, на 0,1-0,14 отн.ед. ($p < 0,05$). Наряду с этим, определены различия по данному показателю в контрольной группе пациентов I по сравнению с контрольной группой пациентов II, составляющие 0,04 отн. ед ($p < 0,05$). Представляется достаточно очевидным, что выявленные различия непосредственно связаны с изложенными ранее результатами оценки точности послеоперационного рефракционного эффекта и подтверждаются выявленной динамикой субъективного показателя «качества жизни» пациента. В этой связи следует отметить, что согласно суммарному индексу тестирования по тесту «VF-14» наиболее выраженное повышение «качества жизни» отмечалось при фемтолазерном сопровождении капсулорексиса и составляла 27,2% ($p < 0,01$

по сравнению с данными до операции). Применение механических технологий капсулорексиса также сопровождалось статистически достоверным (по сравнению с предоперационными показателями) повышением «качества жизни», однако в меньших пределах (24,8% при механической технологии с предварительной разметкой и 21,6% с традиционной пинцетной технологией).

Результаты медико-технической оценки показали, что статистически значимые различия между проведением стандартного механического капсулорексиса и фемтолазерного сопровождения факоэмульсификации. В первую очередь, следует подчеркнуть снижение 11,3% и 10,1% ($p < 0,01$) мощности и времени ультразвука на 2,1 сек и 1,9 сек ($p < 0,05$). Кроме этого, определено выраженное (на 64,2 сек и 57,0 сек, $p < 0,01$) уменьшение времени интраокулярных манипуляций (капсулорексис + факофрагментация + удаление ядра).

Экспертная оценка офтальмохирургов свидетельствует, что фемтолазерное сопровождение процедуры капсулорексиса является более предпочтительной технологией, в среднем на 12,5% - 16,1% ($p < 0,05$). При этом наиболее показательными были различия в ответах на вопросы о времени проведения, возможности расширения, а также программируемости формы и диаметра капсулорексиса. Наряду с этим, предварительная разметка зоны капсулорексиса является более предпочтительнее, чем традиционная пинцетная технология (на 14,9%, $p < 0,05$).

В заключение следует подчеркнуть, что результаты проведенного исследования свидетельствуют, что фемтолазерное сопровождение капсулорексиса при факоэмульсификации катаракты является безопасным и более эффективным хирургическим вмешательством по сравнению с механическими технологиями что подтверждается статистически значимым

повышением в отдаленном (6 месяцев) послеоперационном периоде клинических, функциональных и субъективных показателей зрительной системы. Практическое применение разработанной технологии предварительной разметки существенно улучшает (по сравнению с традиционной пинцетной технологией) анатомо-топографические характеристики капсулорексиса и способствует повышению функциональных результатов операции. Это подтверждается более высоким уровнем вероятности выполнения капсулорексиса планируемого размера, минимальным регрессом запланированной послеоперационной рефракции и более высокими значениями максимально корригированной остроты зрения и «качества жизни» пациента в отдаленном послеоперационном периоде.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная в рамках настоящего исследования технология механического капсулорексиса на основе предварительной разметки обеспечивает (по сравнению с традиционной пинцетной технологией) улучшенные параметры разреза (по показателям циркулярности на 4,3%, $p < 0,05$ и отклонения от заданного размера на 0,20мм, $p < 0,05$), повышение уровня вероятности выполнения планируемых размеров капсулорексиса (на 18,8%) и рефракционного эффекта (на 15,0%), что в целом сопровождается повышением остроты зрения вдаль (на 0,04 отн.ед., $p < 0,05$) и субъективного показателя «качества жизни» (на 3,2%) пациента в отдаленном (6 месяцев) послеоперационном периоде.

2. Результаты сравнительной клинико-морфологической оценки капсулорексиса при проведении факоэмульсификации на основе механической и фемтолазерной технологии показали, что фемтолазерное сопровождение обеспечивает более точный (на 5,3% - 10,0%, $p < 0,05$) круговой разрез, выраженное (на 0,16-0,36 мм, $p < 0,001$) уменьшение отклонения от заданного размера, а также формирование более ровного и гладкого края капсулы с учетом полной непрерывности капсулорексиса во всех группах пациентов.

3. Фемтолазерное сопровождение обеспечивает (в соответствии с анализом результатов оценки оригинальной методики визуализации разреза) запланированный размер капсулорексиса в 93,1% случаев, что существенно выше, чем проведение традиционной пинцетной механической технологии и применение предварительной разметки (51,0 % и 69,8% случаев соответственно).

4. Результаты сравнительного исследования динамики клинико-функциональных показателей зрительной системы свидетельствуют, что фемтолазерное сопровождение капсулорексиса обеспечивает (по сравнению с механическими технологиями) более высокую вероятность достижения планируемого рефракционного результата (на 18,6% - 28,8%), что в целом сопровождается повышением максимально корригируемой остроты зрения вдаль (в среднем, на 0,1 – 0,14 отн.ед., $p < 0,05$) и субъективного показателя «качества жизни» (на 2,4% - 5,6%) в отдаленном (6 месяцев) послеоперационном периоде. Фемтолазерное сопровождение капсулорексиса снижает риск развития вторичной катаракты в отдаленном (6 месяцев) послеоперационном периоде (1,7%) по сравнению с механическими технологиями (3,3% - 7,4%).

5. Практическое применение фемтолазерных систем обеспечивает более безопасное проведение капсулорексиса, что подтверждается значительно меньшей (на 5,9% - 21,7%) частотой возникновения интраоперационных неблагоприятных клинических проявлений и подтверждается более высокой (на 12,5% - 16,1%, $p < 0,05$) удовлетворенностью офтальмохирурга в соответствии со специально проведенным анкетированием.

6. Результаты медико-технической оценки показали, что фемтолазерное сопровождение факоэмульсификации обеспечивает снижение (по сравнению с механическими вариантами капсулорексиса (на 11,3% - 10,1%, $p < 0,01$) мощности и времени ультразвука (на 1,9 – 2,1 сек, $p < 0,05$), а также выраженное (на 57,0 - 64,2 сек, $p < 0,01$) уменьшение времени интраокулярных манипуляций (капсулорексис + факофрагментация + удаление ядра).

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АК – автокератометрия;

ВГД – внутриглазное давление;

ДЗН – диск зрительного нерва

дптр – диоптрии;

ИОЛ – интраокулярная линза;

мкм - микрометры

мм – миллиметры;

мм рт. ст. – миллиметров ртутного столба;

ФЭК – факоэмульсификация катаракты;

ОКТ – оптическая когерентная томография

ЭКФС –экстракция катаракты с фемтолазерным сопровождением

ФЛ –фемтосекундный лазер

ЗЭР- задний эпителий роговицы

BSS - сбалансированный солевой раствор (balanced salt solution)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азербает Т.Э. Комплексная оценка отдаленных результатов хирургической коррекции близорукости методами ФРК и ЛАСИК: Автореферат дис. ... канд. мед. наук / Т.Э. Азербает. – Москва, 2003. – 19с.
2. Азнабаев Б.М. Ультразвуковая хирургия катаракты — факоэмульсификация. М., 2005. - 130с.
3. Алексеев Б.Н. Микрохирургическая техника экстракапсулярной экстракции катаракты и интракапсулярной имплантации искусственного хрусталика. - В кн.: Реконструктивная офтальмохирургия, М., 1976. - С. 100- 107.
4. Алиев А.Д., Исмаилов М.И. Аберрации оптической системы глаза при имплантации искусственного хрусталика. // Москва, 2000- с.141.
5. Ананин В.Ф. Теоретические обоснования наиболее рационального положения интраокулярной линзы. // Офтальмологический журнал. - 1980. - №3.- С.166-169.
6. Анисимова С.Ю., Анисимов С.И., Трубилин В.Н., Новак И.В. Факоэмульсификация катаракты с фемтолазерным сопровождением. Первый отечественный опыт. Катарактальная и рефракционная хирургия.- 2012.- Т. 12, № 3. - С. 7-10.
7. Балашевич Л.И. Первый опыт клинического применения мультифокальных интраокулярных линз AcrySof ReSTOR / Л.И. Балашевич, Ю.В. Тахтаев // Офтальмохирургия. – 2004. - № 3. – С. 18-21.
8. Балашевич Л.И. Рефракционная хирургия / Л.И. Балашевич.– Спб.: Издательский дом СПбМАПО, 2002. – 238 с.
9. Баян М.Г. Профилактика послеоперационных осложнений при

- факоэмульсификации катаракты у больных с псевдоэкссфолиативным синдромом: Автореф. дис.... канд. мед. наук. - Ереван, 2007. - 20с.
10. Барабаш Н.С., Сиденко Т.Н. Изменение капсулы хрусталика после комбинированной операции факоэмульсификации катаракты и эндовитреального вмешательства с тампонадой витреальной полости силиконовым маслом // Современные технологии лечения витреоретинальной патологии. - 2011: Сб. тезисов по матер, научно-практ. конф. - М. 2011. - С. 42-45.
 11. Бикбов М.М. Изменение контрастной чувствительности в результате коррекции гиперметропической анизометропии высокой степени у детей методом рефракционной ленсэктомии с имплантацией ИОЛ / М.М. Бикбов, А.А. Бикбулатова // Материалы юбилейной конференции «Федоровские чтения – 2007». – 150 с.
 12. Бочаров В.Е. О возможности усовершенствования техники экстракапсулярной экстракциикатаракты.// Вестник офтальмологии.- 1977. -№1.-С. 18-20.
 13. Буратто Л. Хирургия катаракты. Переход от экстракапсулярной экстракции катаракты к факоэмульсификации. — Fabiano editore, 1999. - 474с.
 14. Веселовская З.Ф., Блюменталь М., Боброва Н.Ф. Катаракта. Монография под редакцией Веселовской З.Ф. М., 2002. — 208с.
 15. Волков В.В. Об отношении к капсуле хрусталика при экстракции катаракты. // Офтальмологический журнал. - 1977. - №6. - С.466-467.
 16. Гундорова Р.А., Нероев В.В., Антонюк СВ. Факоэмульсификация травматических катаракт. М., 2003. - 192с.
 17. Дрягина О.Б., Копаева В.Г., Шацких А.В., Копаев С.Ю., Пыцкая Н.В. Новые функциональные возможности лазерной энергии при экстракции катаракты - проведение лазерного капсулорексиса. // Офтальмология. - 2008. -Том 5.- № 3. - С.29-34.

18. Егорова Э.В., Коростелева Н.Ф., Сушкова Н.А. Струсова Н.А. Децентрация заднекамерных интраокулярных линз и ее влияние на функциональные исходы операции□. // Вестн. офтальмологии. - 1986. - №5. - С.25-27.
19. Егорова Э.В., Малюгин Б.Э., Морозова Т.А., Полянская Е.Г., Узунян Д.Г. Анатомо-топографические особенности переднего сегмента артефакичного глаза по результатам исследования методом ультразвуковой биомикроскопии. // Офтальмохирургия. - 2010. - №5. — С.4-9.
20. Ерошевская Е.Б. Интраокулярная коррекция афакии у больных первичной□ открытоугольной□ глаукомой□. Дис. ...д-ра. мед. наук. - Самара, 1998.-240с.
21. Иванов М.И., Бочаров В.Е., Шевелев А.Ю., Столяренко Г.Е., Ганцовский П.И. Формула расчета оптической силы интраокулярных линз. // Вестник офтальмологии. 2000 №1 - с. 3941.
22. Ивашина А.И. Опыт рефракционной ленсэктомии при миопии и гиперметропии высокой степени / А.И. Ивашина, В.В. Агафонова, Е.Н. Пантелеев // Современные технологии хирургии катаракты-2003: Науч.-практ.конфер.: Сб. науч. ст. – М., 2003. – С. 121-126.
23. 14 Кански Д. Клиническая офтальмология. Систематизированный подход. - М.: Логосфера, 2006. - 744с.
24. Карамян А.А. Мультифокальные интраокулярные линзы, современные аспекты коррекции афакии. // Автореферат дис. д-ра. мед. наук., Москва 1993. - с. 40.
25. Коновалов М.Е. Возможность кераторефракционной хирургии при сверхвысокой миопии (предварительное сообщение) / М.Е. Коновалов, С.В. Милова // Науч.-практ . конфер. «Федоровские чтения-2002»: Тез. докл. – М., 2002. – С. 205-207.

26. Коновалов М.Е. Клинические результаты рефракционной лентэктомии с имплантацией мультифокальной ИОЛ ReSTOR для коррекции аметропии у пациентов старшего возраста / М.Е. Коновалов, М.Л. Зенина, С.В. Милова // Актуальные проблемы офтальмологии. – Москва, 2006. – С. 43–46.
27. Копаева В.Г., Андреев Ю.В., Кравчук О.В. Потеря клеток заднего эпителия роговицы после хирургии катаракты Nd:YAG-лазером, имеющим длину волны 1,44 мкм. // Вестник офтальмологии. 2004. №2. - с. 5-8.
28. Копаева В.Г., Рожуан Якуб, Пыцкая Н.В., Узунян Д.Г. Лазерная экстракция осложненных катаракт у пациентов с ПЭС при использовании Nd: Yag лазера с длиной волны 1,44мкм. // Офтальмохирургия. - 2008. - №2. -С.10-13.
29. Корниловский И.М. Механизм лазериндуцированного рефракционного кератомоделирования и его новые возможности при интрастромальном воздействии излучением фемтосекундного лазера. / И.М. Корниловский // Рефракционная хирургия и офтальмология. – 2009. – Т.9, №2. – С. 4-12.
30. Логай И.М., Мальцев Э.В., Усов В.Я. Имплантация заднекамерных интраокулярных линз при повреждении и отсутствии задней капсулы хрусталика. //Офтальмохирургия. 1997. - №3. - с.33-39.
31. Лоскутов И., Митяева Е., Расческов А., Хисамиев Р. Помутнения задней капсулы хрусталика после факоемульсификации на глазах с первичной глаукомой. 2008.
32. Малюгин Б.Э. Хирургия катаракты и интраокулярная коррекция: итоги и перспективы / Б.Э. Малюгин // IX Съезд офтальмологов России: Тез. докл. – М., 2010. – С. 192–195.
33. Малюгин Б.Э., Шацких А.В., Головин А.В. К вопросу о клинико-морфологических аспектах формирования контрактуры капсульного

- мешка при артрафии. // Офтальмохирургия. - 2010. — №2. — С.45-50.
34. Паштаев Н.П. Хирургия подвывихнутого и вывихнутого в стекловидное тело хрусталика. - Чебоксары, 2006. — 92с.
35. Першин К.Б. Занимательная факоэмульсификация. Записки катарактального хирурга / К.Б. Першин. – СПб: Борей Арт, 2007, 133 с.
36. Першин К.Б. Рефракционная замена хрусталика / К.Б. Першин, Н.Ф. Пашинова // Материалы юбилейной конференции «Федоровские чтения – 2007»: Тез. докл. – М., 2007. – С. 217-218.
37. Пожарицкий М.Д., Трубилин В.Н. Фемтоласик.-М.:Апрель, 2012.-93 с
38. Сергиенко Н.М. Хирургия катаракты: тенденции и перспективы /Н.М. Сергиенко // Междунар. мед. журн. 1998. - 4. - № 1. - С. 77-80
39. Тахтаев Ю. В. Интраокулярная коррекция аметропий и пресбиопии : дис. . д-ра мед. наук / Ю. В. Тахтаев // СПб., 2008. 295 с.
40. Тахчиди Х.П., Агафонова В.В., Верзин А.А., Сиденко Т.Н. Дозирование капсулорексиса: клинико-экспериментальное исследование // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии — 2010: Сб. науч. ст. по матер. XI Международной научно-практ. конф. — М., 2010. — С. 186-191.
41. Тахчиди Х.П., Агафонова В.В., Верзин А.А., Сиденко Т.Н. Передний капсулорексис: история появления, способы выполнения и дозирования (обзор литературы) // Офтальмохирургия. – 2010. - № 5. – С. 47 – 51.
42. Тахчиди Х.П., Барабаш Н.С., Шацких А.В., Сиденко Т.Н. Оценка изменения капсулы хрусталика после комбинированной операции факоэмульсификации катаракты и эндовитреального вмешательства с тампонадой витреальной полости силиконовым маслом // Офтальмологические ведомости. — Сп-б., 2011. — №3. — С. 47-51.

43. Тахчиди Х.П., Егорова Э.В., Толчинская А.И. Интраокулярная коррекция в хирургии осложненных катаракт. - Москва, 2004. - 170с.
44. Тахчиди Х.П., Сиденко Т.Н., Верзин А.А., Латыпов И.А. Дозирование капсулорексиса с помощью трафаретных полуколец: экспериментальное исследование // Офтальмохирургия. — М., 2011. — №3. — С. 10-15.
45. Трубилин В.Н., Пожарицкий М.Д., Булаич С. Оценка структурных особенностей лоскута роговицы при применении фемтосекундного лазера на основе данных оптической когерентной томографии // Офтальмология. – 2010. – Т.7. – № 2. – С. 14-17.
46. Трубилин, В.Н. Первый опыт применения факоэмульсификации с вакуумной трабекулопластикой *ab interno* при сочетании катаракты и глаукомы / В.Н. Трубилин, Н.А. Каира, А. В. Трубилин // Офтальмология. - 2012.- Т.9, №2.- С. 11-14.
47. Трубилин, В.Н. Новая комбинированная методика одномоментной факоэмульсификации и вакуумной трабекулопластики *ab interno* / В.Н. Трубилин, Н.А. Каира // Офтальмология.- 2014.- Т.11 №1.- С.28-36.
48. Федоров С.Н. Основные тенденции современной хирургии катаракты //Съезд офтальмологов России, 7-ой: Тез.докл. -М.,- 2000.- С. 11-14.
49. Федоров С.Н., Егорова Э.В. Ошибки и осложнения при имплантации искусственного хрусталика. - М.: Медицина, 1992. - 247с.
50. Федоров С.Н., Захаров В.Д. Развитие способов фиксации интраокулярных линз. - В кн.: Оптикореконструктивные операции и аллопластика в офтальмологии., М., 1974. - с.43-44.
51. Ходжаев Н.С. Хирургия катаракты с использованием малых разрезов: клиничко-теоретическое обоснование. //Автореф. дисс., д.м.н. М., 2000. -47с.

52. Abell RG, Kerr NM, Vote BJ. Femtosecond laser-assisted cataract surgery compared with conventional cataract surgery. *Clin Exp Ophthalmol* 2013; 41:455–462
53. Abraham AG, Condon NG, West Gower E. The new epidemiology of cataract. *Ophthalmol Epidemiology North Am.* 2006; 19,(4): 415-425.
54. Agarwal A. Foreword. In: Krueger RR, Talamo JH, Lindstrom RL, eds, *Textbook of Refractive Laser Assisted Cataract Surgery (ReLACS)*. New York, NY, Springer, 2013 VII–VIII.
55. Albinet P. Original technique of double capsulorhexis // *J Fr Ophtalmol.* - 1994. - Vol.17. -No2. -P.124-128.
56. Alonso, J. International applicability of the VF-14. An index of visual function in patients with cataracts. /J. Alonso,[et al.]// *Ophthalmology.*- 1997 May.- V.104, №5.- P.799-807.
57. Andreo L.K., Wilson M.E., Apple D.J. Elastic properties and scanning electron microscopic appearance of manual continuous curvilinear capsulorhexis and vitrectorhexis in an animal model of pediatric cataract. // *J Cataract Refract Surg.* - 1999. - Vol.25. - P.534-539.
58. Andrioli L.L. Irrigating chopper and¹ vacuum capsulorhexis: a new technique in phacoemulsification // *J Cataract Refract Surg.* - 2004. - Vol.30. - №11. - P.2262-2264.
59. Apple DJ., Legler U.F., Assia E.I. Comparison of various capsulectomy techniques in cataract surgery. An experimental study // *Ophthalmologie.* - 1992. - Vol.89.-No4.-P .301-304.
60. Aron-Rosa D. Influence of picosecond and nanosecond YAG laser capsulotomy on intraocular pressure // *Amer.Intraocular Implant.Soc.J.*- 1985. -Vol.11. №.3. -P.249-252.
61. Aron-Rosa D. Use of pulsed neodymium YAG laser for anterior capsulotomy before extra capsular lens extraction // *Amer.Intra-Ocular.Implant.SocJ.* -1981. Vol.7. -P.332-333.

62. Aryan U., Bilge A.H., Karadayi K., Akin T. The effect of capsulorhexis size on development of posterior capsule opacification: small (4.5 to 5.0 mm) versus large (6.0 to 7.0 mm) // *Eur. J. Ophthalmol.* - 2003. - Vol. 13. - № 6. - P. 541 - 545.
63. Aslam TM, Devlin H, Dhillon B. Use of Nd:YAG laser capsulotomy. // *Surv Ophthalmol.* - 2003. - Vol.48. - №6. - P.594-612.
64. Assia E., Apple D.J., Tsai J.C., Lim E.S. The elastic properties of the lens capsule in capsulorexis // *Am. J. Ophthalmol.* -1991. -Vol.III. -№.5. -P.628-631.
65. Assia E.I., Apple DJ., Barden A., Tsai J.C., Castaneda V.E., Hoggatt J.S. An experimental study comparing various anterior capsulectomy techniques // *Arch Ophthalmol.* - 1991. - Vol.109. - №5. - P.642-647.
66. Assia E.I., Cahane M., Blumenthal M. Effect of capsulorhexis diameter on glare disability // *J Cataract Refract Surg.* - 1996. - Vol.22. - №7. - P.947-950.
67. Bali SJ, Hodge C, Lawless M, Roberts TV, Sutton G. Early experience with the femtosecond laser for cataract surgery. *Ophthalmology* 2012; 119:891–899
68. 54 Bao G. Diathermic high-frequency capsulorhexis in cataract surgery // *Yan Ke Xue Bao.* - 1999. - Vol.15. - №2. - P.121-123.
69. Bhattachajee K., Bhattacharjee H., Goswami B., Sarma P. Capsulorhexis in intumescent cataract // *J.Cataract Refract.surg.* -1999. Vol. 25. -P. 1045-1047.
70. Blumenthal M., Allarakhia b . New disposable cystotome for capsulorhexis // *J Cataract Refract Surg.* - 1989. - Vol.15. - No6. - P.707-709.
71. Brierley L. Vacuum capsulorhexis // *J Cataract Refract Surg.* - 1995. - Vol.21. -№1.-P.13-15.
72. Carifi G. Oval capsulorhexis and its advantages // *J Cataract Refract. Surg.* – 2012. – Vol. 38. - № 1. – P. 184 – 185.

73. Cekic O., Batman C. Effect of capsulorhexis size on postoperative intraocular pressure // J Cataract Refract Surg. - 1999. - Vol.25. - №3. - P.416-419.
74. Cekic O., Batman C. The relationship between capsulorhexis size and anterior chamber depth relation // Ophthalmic Surg Lasers. - 1999. - Vol.30. - №3.-P.185-190.
75. Chercota V. Capsulorhexis. // Oftalmologia. - 2005. - Vol.49. - No1. - P.8-11.
76. Cijevchi I., Costin D. Cataract surgery. Anterior capsulorhexis technique. // Oftalmologia. - 2002. -Vol.53. -No2. - P.14-16.
77. Coexistent primary open-angle glaucoma and cataract: interim analysis of a trabecular micro-bypass stent and concurrent cataract surgery / D. Spiegel [et al.] // Eur. J. Ophthalmol. - 2009. – V.19, №. 3. - P. 393-399.
78. Conrad-Hengerer I, Hengerer FH, Shultz T, Dick HB. Effect of femtosecond laser fragmentation of the nucleus with different softening grid sizes on effective phaco time in cataract surgery. J Cataract Refract Surg 2012; 38:1888–1894
79. Cullen K, Hall M, Golosinskiy A. Ambulatory surgery in the United States, 2006. [Last Accessed on 2011 Jul 7];Nat Health Stat Rep. 2009 28:1–25.
80. Delcoigne C.D., Hennekes R. Circular continuous anterior capsulotomy with high frequency diathermy // Bull Soc Belge Ophtalmol. -1993. - Vol.249. -P.67-72.
81. Dick H.B., Pena-Aceves A., Manns M., Krummenauer F. New technology for sizing the continuous curvilinear capsulorhexis: prospective trial // J Cataract Refract Surg. - 2008. - Vol.34. - №7. - P.1136-1144.
82. Drews R.C. Anterior capsulotomy with the neodymium:YAG laser: Results and opinions // Am. Intra-Ocular. Implant. Soc. J. -1985. Vol.11. -№ 5. - P.240-244.
83. Ehrnrooth P.,Phacoemulsification in trabeculectomized eyes/ P. Ehrnrooth

- [et al.] // Act Ophthalmol. Scand.-2005.- Vol. 83,№5.- P. 561-566.
84. Erie J. C, Baratz KH. Incidence of cataract surgery from 1980 till 2004 year. J. Cataract and Refractive Surgery. 2007; 33,(7): 1273-1275.
 85. Esente S., Meucci G., Esente I. The ultrasound anterior capsulotomy // Impl. in Ophthalmology. -1988. -Vol.2. -P.214-215.
 86. Faktorovich E.G. Femtodinamics. / E.G. Faktorovich – San Francisco, SLACK Inc, 2009. – 239 p.
 87. Felipe A., Artigas J.M., Díez-Ajenjo A., García-Domene C. et al. Modulation transfer function of a toric intraocular lens: evaluation of the changes produced by rotation and tilt // J Refract Surg. – 2012. – Vol. 28. - № 5. – P. 335 - 340.
 88. Femtosecond laser for glaucoma treatment: a study on ablation energy in pig iris. / B.K. Ngoi [et al.] // Lasers Med Sci. – 2005. – V.19, №4. – P. 218-222.
 89. Femtosecond laser-assisted retinal imaging and ablation: experimental pilot study / Hild M., Krause M., Riemann I. et al.// Curr. Eye Res. – 2008. – Vol. 33, №1. – P. 1-13
 90. Filkorn T, Kovacs I, Takacs A, Horvath E, Knorz MC, Nagy ZZ. Comparison of IOL power calculation and refractive outcome after laser refractive cataract surgery with a femtosecond laser versus conventional phacoemulsification. J Refract Surg 2012; 28:540–544
 91. Friedman NJ, Palanker DV, Schuele G, Andersen D, Marcellino G, Seibel BS, Batlle J, Feliz R, Talamo JH, Blumenkranz MS, Culbertson WW. Femtosecond laser capsu- lotomy. J Cataract Refract Surg 2011; 37:1189–1198
 92. Galand A., Van Cauwenberge F., Moossavi J. Le capsulorhexis posterieur chez l'adulte.// J Fr Ophtalmol. - 1996. - Vol. 19. - №10. - P.571-575.
 93. Garrott H.M., Walland M.J., O'Day J. Recurrent posterior capsular opacification and capsulorhexis contracture after cataract surgery in

- myotonic dystrophy. // *Clin Experiment Ophthalmol.* - 2004. - Vol.32. - №6. - P:653-655.
94. Gimbel H.V., Neuhann T. Continuous curvilinear capsulorhexis (letter) // *J. Cataract Refract. Surg.*— 1991.— Vol. 17.— P. 110–111.
 95. Gimbel H.V., Neuhann T. Development, advantages, and methods of the continuous circular capsulorhexis technique. // *J. Cataract Refract. Surg.* – 1990.- Vol. 16.- P. 31-37.
 96. Gimbel H.V., Sun R. Role of capsular tension rings in preventing capsule-contraction // *J Cataract Refract Surg.* - 2000. - Vol.26. - №6. - P.791-792.
 97. H. Kaz Soong. Femtosecond Lasers in Ophthalmology./ H. Kaz Soong, J. Baptista Malta // *Am. Journal of Ophthalmology.* - 2008.-Vol.147, №2. - P.189-197
 98. He S., Li X., Li Z. A comparison study of various anterior capsulectomies // *Zhonghua Yan Ke Za Zhi.* - 1995. - Vol.31. - №1. - P.22-24.
 99. Hennig A., Kumar J., Singh AK., Ansari A., Singh S., Gurung R., Foster A. World Sight Day and cataract blindness. // *Br J Ophthalmol.* - 2002. - Vol.86. - №7.-P.830-831.
 100. Hoffmann F. Capsulorhexis using an ultrasound-controlled cannula // *Ophthalmologe.* - 1992. - Vol.89. - №4. - P.349-351.
 101. Hohn S., Spraul C.W. Complete occlusion of the frontal capsule after cataract-operation in a patient with pseudoexfoliation syndrome—a case report and review of literature // *Klin Monatsbl Augenheilkd.* - 2004. - Vol.221. - №6. -P.495-497.
 102. Huang S.C. Overview of laser refractive surgery. / S.C. Huang, H.C. Chen // *Chang Gung Med J.* – 2008. – V.31, №3. – P. 237-252.
 103. Izak A.M., Werner L., Pandey S.K., Apple D.J., Izak M.G. Analysis of the capsule edge after Fugo plasma blade capsulotomy, continuous curvilinear capsulorhexis, and can-opener capsulotomy // *J Cataract Refract Surg.* - 2004. -Vol.30. - №12. - P.2606-2611.

104. Keates R.M., Mc-Govan K.A. The effect of topical indomethacin ophthalmic solution in maintaining mydriasis during cataract surgery // *Am. Ophthalmol.* -1984. -Bd.16. -№.12. -S.1116-1121.
105. Kellen R.I. Capsulotomy diameter mark. // *J Cataract Refract Surg.* - 2004. - Vol.30. - №10. - P.2031-2032.
106. Kimura W., Yamanishi S., Kimura T., Sawada T., Ohte A. Measuring the anterior capsule opening after cataract surgery to assess capsule shrinkage // *J Cataract Refract Surg.* - 1998. - Vol.24. - №9. - P.1235-1238.
107. Kleinmann G., Chew J., Apple D.J., Assia E.I., Mamalis N. Br Suturing a tear of the anterior capsulorhexis // *J Ophtalmol.* - 2006. - Vol.90. - №4. - P.423-426.
108. Kohnen T. Interface for femtosecond laser–assisted lens surgery [editorial]. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39:491–492
109. Krag S., Andreassen T.T.. Mechanical properties of the human posterior lens capsule.// *Invest Ophthalmol Vis Sci.* - 2003. - Vol.44. - P. 691-696.
110. Krag S., Thim K., Corydon L. Diathermic capsulotomy versus capsulorhexis: a biomechanical study // *J Cataract Refract Surg.* - 1997. - Vol.23. -№1.-P.86-90.
111. Kranitz K, Takacs A, Miha_ltz K, Kova_cs I, Knorz MC, Nagy ZZ. Femtosecond laser capsulotomy and manual continuous curvi- linear capsulorrhesis parameters and their effects on intraocular lens centration. *J Refract Surg* 2011; 27:558–563
112. Lee J.E., Ahn J.H., Kim W.S., Jea S.Y. Optic capture in the anterior capsulorhexis during combined cataract and vitreoretinal surgery // *J Cataract Refract Surg.* – 2010. – Vol. 36. – P. 1449 – 1452.
113. Malot J. Cost of cataract surgery in public hospital . *Fr Ophttal.* 2011; 34(1): 10-16.

114. Masket S, Sarayba M, Ignacio T, Fram N. Femtosecond laser- assisted cataract incisions: architectural stability and reproducibility. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36:1048–1049
115. Mester U., Heinen S., Kaymak H. Clinical results of the aspheric intraocular lens FY-60AD (Hoya) with" particular respect to decentration and tilt. // *Ophthalmologe.* - 2010. - Vol. 107. - №9. - P.831-836.
116. Mihaltz K, Knorz MC, Alio JL, Takacs AI, Kranitz K, Kovacs I, Nagy ZZ. Internal aberrations and optical quality after femtosecond laser anterior capsulotomy in cataract surgery. *J Refract Surg* 2011; 27:711–716
117. Moreno-Montanes J., Sanchez-Tocino H., Rodriguez-Conde R. Complete anterior capsule contraction after phacoemulsification with acrylic intraocular lens and endocapsular ring implantation. // *J Cataract Refract Surg.* - 2002. - Vol.28. -№4.-P.717-719.
118. Morgan J.E., Ellingham R.B., Young R.D. The mechanical properties of the human lens capsule following capsulorhexis or radiofrequency diathermy capsulotomy. // *Arch Ophthalmol.* -1996. - Vol.114. - P.1110-1115.
119. Mrochen M. Femtosecond laser for refractive corneal surgery: foundations, mode of action and clinical applications. / M. Mrochen, A. Donges, G. Korn // *Ophthalmologe.* – 2006. – V.103, №12. – P.1005-1013.
120. Nagata M., Matsushima H., Senoo T. Accurate continuous circular capsulorhexis is important to prevent posterior capsular opacification // *Congress of the ESCRS, 30th: Abstracts.* – Milan, 2012. – P. 119.
121. Nagy ZZ, Ecsedy M, Kovacs I, Takacs A, Tatrai E, Somfai GM, Cabrera DeBuc D. Macular morphology assessed by optical coherence tomography image segmentation after femtosecond laser-assisted and standard cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38:941–946
122. Nagy ZZ, Kranitz K, Takacs AI, Mihaltz K, Kovacs I, Knorz MC. Comparison of intraocular lens decentration parameters after femtosecond and manual capsulotomies. *J Refract Surg* 2011; 27:564–569

123. Neuhann T. Theory and surgical technic of capsulorhexis // *Klin Monatsbl Augenheilkd.* - 1987. - V ol.190. - No6. - P.542-545.
124. Neuhann T. When posterior capsule tears, use capsulorhexis for IOL fixation. // *Phaco and Foldables.* - 1991. - V ol.4. - No6. - P. 1-3.
125. Nishi O. Extracapsular cataract extraction with keyhole capsulorhexis and lens epithelial cell removal // *J Cataract Refract Surg.* - 1990. - Vol.16. - №2. -P.249-252.
126. Nishi O., Nishi K. Endocapsular phacoemulsification following buttonhole anterior capsulotomy: a preliminary report // *J Cataract Refract Surg.* - 1990. -Vol.16.-№6.-P.757-762.
127. O'Doherty M. Five year follow up of laser in situ keratomileusis for all levels of myopia. / M. O'Doherty, M. O'Keefe, C. Kelleher // *Br J Ophthol.* – 2006. – V.90. – P. 20-23.
128. Olali C.A., Ahmed S., Gupta M. Surgical outcome following breach rhexis // *EurJOPhthalmol.*-2007.-Vol.17.-No4.- P.565-570.
129. Packer M., Fine H., Hoffman R.S. Creating capsulorhexis through microincisions // *J Cataract Refract Surg.* - 2007. - OCT. - P.52-54.
130. Palanker DV, Blumenkranz MS, Anderson D, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery with integrated optical coherence tomography. *Sci Trans Med.* 2010;2:58ra85.
131. Panagopoulos A., Chalioulias K., Kirkby G.R.. A new approach in the surgical management of anterior capsular phimosis syndrome. // *Ophthalmic Res.* -2009. - Vol.42. - №4. - P.221-223.
132. Pandey SK, Apple DJ, Werner L, Maloof AJ, Milverton EJ. Posterior capsule opacification: a review of the aetiopathogenesis, experimental and clinical studies and factors for prevention. // *Indian J Ophthalmol.* - 2004. - Vol.52. - №2. -P.99-112.
133. Park T.K., Chung S.K., Baek N.H. Changes in the area of the anterior capsule opening after intraocular lens implantation // *J Cataract Refract*

- Surg. -2002.-P.1613-1617.
134. Raj en Fogla, Srinivas R. India¹ Device for intraoperative measurement of capsulorhexis dimensions // J Cataract Refract Surg. - 2003. - Vol.29. - P. 1644-1644.
 135. Ravalico G., Tognetto D., Palomba M., Busatto P., Baccara F. Capsulorhexis size and posterior capsule opacification // J Cataract Refract Surg. -1996. - Vol.22. - №1. - P.98-103.
 136. Raviv T. The perfectly sized capsulorhexis // J Cataract Refract. Surg. - 2009. - June. – P. 37 - 41.
 137. Reyentjens B., Tassingnon M.-J., Van Marck E. Capsular peeling in anterior capsule contraction syndrome. Surgical approach and histopathological aspects. // J Cataract Refract Surg. - 2004. - Vol.4. - P.908-912.
 138. Roberts TV, Lawless M, Bali SJ, Hodge C, Sutton G. Surgical outcomes and safety of femtosecond laser cataract surgery; a prospective study of 1500 consecutive cases. *Ophthalmology* 2013; 120:227–233
 139. Roberts TV, Sutton G, Lawless MA, Jindal-Bali S, Hodge C. Capsular block syndrome associated with femtosecond laser– assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37:2068–2070
 140. Sanders DR, Higginbotham RW, Opatowsky IE, Confino J. Hyperopic shift in refraction associated with implantation of the single-piece Collamer intra- ocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32:2110–2112
 141. Schultz et al. Schultz T, Conrad-Hengerer I, Hengerer FH, Dick HB. Intraocular pressure variation during femtosecond laser–assisted cataract surgery using a fluid-filled interface. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39:22–27
 142. Schumacher S. Femtosecond laser induced flexibility change of human donor lenses. / S. Schumacher, U. Oberheide, M. Fromm // *Vision Res.* – 2009. – V.49, №14. – P. 1853-1859.

143. Schumacher S. In vivo application and imaging of intralenticular femtosecond laser pulses for the restoration of accommodation. / S. Schumacher, M. Fromm, U. Oberheide // J. Refract. Surg. – 2008. – V.24, №9. – P. 991-995
144. Sekundo W. First efficacy and safety study of femtosecond lenticule extraction for the correction of myopia: six-month results. / W. Sekundo, K. Kunert, C. Russmann // J. Cataract Refract. Surg. – 2008. – V.34, №9. – P. 1513-1520
145. Singh K., Mittal V., Kaur H. Oval capsulorhexis for phacoemulsification in posterior polar cataract with preexisting posterior capsule rupture // J Cataract Refract Surg. – 2011. – Vol. 37. – P. 1183 – 1188.
146. Soong H. K.,. Malta J.B. Femtosecond Lasers in Ophthalmology // Am. Journal of Ophthalmology., V.147.- № - 2.- P. 189-197
147. Srinivasan S. Anterior chamber gas bubble formation during femtosecond laser flap creation for LASIK. / S. Srinivasan, D.S. Rootman // J Refract Surg. – 2007. – V.23, №8. – P. 828-830.
148. Sutton G, Bali SJ, Hodge C. Femtosecond cataract surgery: transitioning to laser cataract. Curr Opin Ophthalmol 2013; 24:3–8
149. Tabin G., Chen M., Espandar L. Cataract surgery for the developing world. // Curr Opin Ophthalmol. - 2008. - Vol.19. - №1. - P.55-59.
150. Tak H. Comparison of sequential 2 stage vs single stage 5 mm capsulorhexis in intumescent cataracts // Congress of the ESCRS, 30th: Abstracts. – Milan, 2012. - P. 124.
151. Talamo JH, Gooding P, Angeley D, Culbertson WW, Schuele G, Andersen D, Marcellino G, Essock-Burns E, Battle J, Feliz R, Friedman NJ, Palanker D. Optical patient interface in femto- second laser–assisted cataract surgery: contact corneal appplanation versus liquid immersion. J Cataract Refract Surg 2013; 39:501–510

152. Tassignon M.J., Rozema J.J., Gobin L. Ring-shaped caliper for better anterior capsulorhexis sizing and centration // *J Cataract Refract. Surg.* - 2006. - Vol. 32. - № 8. - P. 1253 - 1255.
153. Theodoropoulou S, Theodossiadis P. The epidemiology of cataract. *Acta Ophthalmol.* 2011; 89 (2); 167-173.
154. Titiyal J.S., Sinha R., Sharma N., Vajpayee R.B. Postage stamp multiple anterior capsulorhexisotomies in pediatric cataract surgery // *BMC Ophthalmol.* - 2005.- Mar.-P. 8;5:3.
155. Toropygin S. Femtosecond scanning microscopy and surgery of the retinal internal limiting membrane: pilot study. / S. Toropygin, K. Koenig, K. Hille // 103-rd Annual Meeting of the German Ophthalmologic Society in conjunction with the 15-th European Ophthalmologic Society Congress. – Berlin, 2005. – Electronic abstrc. – P. 2909-2911
156. Trikha S, Turnbull AM, Morris RJ, Anderson DF, Hossain P. The journey to femtosecond laser-assisted cataract surgery: new beginnings or false dawn? *Eye* 2013; 27:461–473
157. Uy HS, Edwards K, Curtis N. Femtosecond phacoemulsification: the business and the medicine. *Curr Opin Ophthalmol* 2012; 23:33–39
158. Van der Meulen I.J., Engelbrecht L.A., Van Riet T.C., Lapid-Gortzak R., Nieuwendaal CP., Mounts M.P., van den Berg T.J. Contributions of the 152 capsulorrhexis to straylight. // *Arch Ophthalmol.* - 2009. - Vol.127. - №10. P.1290-1295.
159. Vasavada A., Desai J. Capsulorhexis: its safe limits. // *Indian J Ophthalmol.* -1995.-V ol.43.-No4.-P .185-190.
160. Waheed K., Eleftheriadis H., Liu C Anterior capsular phimosis in eyes with a capsular tension ring // *J Cataract Refract Surg.* - 2001. - Vol.27. - №10. - P.1688-1690.
161. Wallace R.B. 3rd. Capsulotomy diameter mark. // *J Cataract Refract Surg.* - 2003. - Vol.29. - №10. - P.1866-1868.

162. Weiblinger RP. Review of the clinical-literature on, the use of the Nd:YAG laser for posterior capsulotomy. // J Cataract Refract Surg. - 1986. - Vol.12. - №2. -P.162-170.
163. Wilson E.D.: Capsulorhexis tools—from fancy forceps to mock pizza cutters, ASCRS Ophthalmic Services Corp. - 1997.
164. Wilson M.E Jr. Anterior lens capsule management in pediatric cataract surgery // Trans Am Ophthalmol Soc. - 2004. - Vol. 102. - P.391-422.
165. Wilson M.E., Saunders R.A., Roberts EX., Apple D.J. Mechanized anterior capsulectomy as an alternative to manual capsulorhexis in children undergoing intraocular lens implantation // J Pediatr Ophthalmol Strabismus. - 1996. - Vol.33. -No4.-P .237-240.
166. Wu M.C., Bhandari A. Managing the broken capsule // Curr Opin Ophthalmol. - 2008. - V ol.19. - No1. - P.36-40.
167. Yeoh R. Hydrorupture of the posterior capsule in femtosecond- laser cataract surgery [letter]. J Cataract Refract Surg 2012; 38:730; reply by TV Roberts, G Sutton, MA Lawless, S Bali- Jindal, C Hodge,730
168. Zambarakji H.J., Rauz S., Reynolds A., Joshi N. et al. Capsulorhexis phymosis following uncomplicated phacoemulsification surgery // Eye. - 1997. - 11 (Pt. 5). - P. 635 - 638.
169. Zarranz-Ventura J., Moreno-Montañés J., Caire Y., González-Jáuregui J. et al. Acrysof toric intraocular lens implantation in cataract surgery // Arch Soc Esp Oftalmol. - 2010. – Vol. 85. - № 8. – P. 274 - 277.