

*На правах рукописи*

**Юссеф Саид Наим**

**СИСТЕМА ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ КАТАРАКТЫ НА  
ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ  
ТЕХНОЛОГИЙ УДАЛЕНИЯ ХРУСТАЛИКА**

14.01.07 – глазные болезни

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

доктора медицинских наук

Москва – 2019

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Научно-исследовательский институт глазных болезней».

**Научный консультант:**

доктор медицинских наук

**Воронин Григорий Викторович**

**Официальные оппоненты:**

**Лоскутов Игорь Анатольевич**, доктор медицинских наук, Научный клинический центр ОАО «Российские железные дороги», заведующий офтальмологическим отделением

**Пашинова Надежда Федоровна**, доктор медицинских наук, доцент, ООО «Современные медицинские технологии» офтальмологический центр «Эксимер», главный врач

**Трубилин Владимир Николаевич**, доктор медицинских наук, профессор, руководитель Центра офтальмологии ФМБА России, заведующий кафедрой офтальмологии Академии постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства»

**Ведущая организация:** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» Министерства науки и высшего образования РФ

Защита диссертации состоится «30» сентября 2019 г. в 14–00 на заседании диссертационного совета Д 001.040.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Научно-исследовательский институт глазных болезней» по адресу: 119021, г. Москва, ул. Россолимо, д.11, корпус А, Б.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте [www.niigb.ru](http://www.niigb.ru) Федерального государственного научного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт глазных болезней»

Автореферат диссертации разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор медицинских наук

**М.Н.Иванов**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы и степень её разработанности

Интенсивное развитие технологий катарактальной хирургии в последнее десятилетие сделало ультразвуковую факоэмульсификацию (ФЭ) современным стандартом хирургии хрусталика, позволяющим с высокой надежностью удалять катаракту любой степени плотности, в том числе в сочетании с другими заболеваниями глазного яблока. В то же время, несмотря на очевидные достижения в развитии ультразвуковой ФЭ, она сохраняет все недостатки, связанные с негативным влиянием ультразвука (УЗ) на ткани глаза, кавитацией, генерацией тепловой энергии (С.Э.Аветисов и соавт., 2004, 2005; С.Ю.Анисимова и соавт., 2016; В.Кумар и соавт., 2012; И.А.Лоскутов и соавт., 2002; Б.Э.Малюгин, 2002, 2014; В.Р.Мамиконян и соавт., 2010; К.Б.Першин, Н.Ф. Пашинова, 2007, 2008, 2015; Х.П.Тахчиди и соавт., 2008; М.А.Фролов и соавт., 2016; I.Bultanri et al., 2012; T.Kohnen, 2011; J.Zacharias, 2008, 2015).

В современной факохирургии отчетливо прослеживается тенденция к минимизации энергетического воздействия на ткани глаза за счет внедрения новых хирургических технологий, использующих комбинацию ультразвуковой и механической энергий (NeoSoniX), применение очень коротких микросекундных импульсов (WhiteStar), использование звуковой частоты колебаний наконечника (Sonic Wave). Однако как показала хирургическая практика, эти технологии, за исключением в какой-то степени технологии NeoSoniX, не дают ожидаемого эффекта при удалении плотного ядра хрусталика (Б.Э.Малюгин, 2010; В.Н.Трубилин, Т.Ю.Козиброда, 2003; I.Can et al., 2010; В.Elkady et al., 2009; Н.Fine et al., 2004; D.Tognetto et al., 2012).

Наиболее эффективной на сегодняшний день является торсионная ФЭ (технология OZil), в которой разрушение ядра хрусталика происходит за счет осцилляторных колебаний изогнутой факоиглы как в традиционном аксиальном направлении, так и в перпендикулярном, что значительно изменяет распределение энергии и процесс эмульсификации ядра хрусталика.

Основными преимуществами торсионной ФЭ являются максимальное использование движений факоиглы для разрушения ядра хрусталика, значительное снижение эффекта отталкивания фрагментов ядра в ходе эмульсификации, уменьшение турбулентности потока жидкости, существенное снижение температуры наконечника (И.Э.Иошин и соавт., 2011; Б.Э.Малюгин, 2010, 2014; P.Christakis, R.Braga-Mele, 2012; J.Davison, 2008; В.Jun et al., 2010; Y.Wang et al., 2009; J.Zacharias, 2015).

Альтернативой УЗ стала гидромониторная факофрагментация (ФФ), которая впервые была предложена в России Н.Э.Темировым (Н.Э.Темиров, 1979,1982, 1984). На современном технологическом уровне этот принцип реализован в технологии AquaLase факосистемы «Infiniti Vision System», в которой для фрагментации ядра применена подача высокочастотных импульсов раствора, что полностью предупреждает кавитацию, образование акустических волн, нагревание наконечника (P.Crozafon, 2004, 2005; R.Maskool, 2004). Определена перспективность применения гидромониторной ФФ при плотности ядра хрусталика I – III степени (М.Т.Азнабаев и соавт., 2007; Н.Э.Темиров, П.Б.Вакарев, 2010, 2012; S.Gierek-Ciaciura, 2004; N.Jiraskova et al., 2008).

Известные недостатки ультразвуковой ФЭ стали стимулом к поиску других источников энергетического воздействия на хрусталик, в том числе с применением лазера (Ю.В.Андреев, 2007; С.Ю.Копаяев, 2014; В.Г.Копаяева и соавт., 2011; С.Н.Федоров и соавт., 1998, 1999). Впервые в мире лазерная капсулотомия с помощью рубинового лазера была выполнена в клинике М.М.Красновым и В.С.Акопяном (М.М.Краснов, В.С.Акопян, 1976).

Важнейшим шагом в развития методов удаления хрусталика на современном этапе стало внедрение в факохирургию фемтосекундного лазера (ФСЛ), который имеет длину волны 1053 нанометра и работает в ближней инфракрасной части спектра.. Применение ФСЛ в сочетании с классической ультразвуковой ФЭ позволяет осуществлять ряд чреватых осложнениями этапов на «закрытом» глазном яблоке (гибридная ФЭ). В настоящее время в

факохирургии ФСЛ находит применение на трех ключевых этапах операции: выполнение тоннельного роговичного разреза, формирование кругового капсулорексиса и предварительная фрагментация ядра хрусталика (С.Ю.Анисимова и соавт., 2012; С.В.Костенев, В.В.Черных, 2012; T.Callou et al., 2016; K.Donaldson et al, 2013; Z.Nagy,2009, 2012; W.Scott et al., 2016).

Целесообразность применения ФСЛ для проведения тоннельного разреза является на сегодняшний день дискуссионным вопросом. Многие хирурги не находят каких-либо преимуществ выполнения роговичного разреза с помощью лазера, что ведет к значительному увеличению общей продолжительности операции. В то же время подавляющее большинство исследователей считает, что использование ФСЛ позволяет сделать капсулорексис гораздо более точным по размеру, форме и расположению. После лазерного воздействия формируется передняя капсулотомия идеально круглой формы, строго заданного диаметра, с максимально точной центрацией, что недостижимо при мануальной технике. Выполнение капсулотомии ФСЛ обеспечивает максимально высокую на сегодняшний день точность центрации ИОЛ и равномерность натяжения капсульного мешка. Это особенно важно при имплантации современных ИОЛ премиум-класса, существенно повышающих требования к точности рефракционного результата имплантации (С.Ю.Анисимова и соавт., 2012, 2016; A.Agarwal, S.Jacob, 2017; T.Chan et al., 2017; M.Packer et al.,2015; T.Peng et al., 2017; T.Roberts et al., 2015).

Современный ФСЛ может воздействовать на все слои ядра хрусталика с целью его предварительной фрагментации. Программное обеспечение позволяет производить фрагментацию ядра, как в радиальном направлении, так и в виде окружностей определенного диаметра, а также их комбинацию по желанию хирурга согласно имеющейся программе, что существенно уменьшает мощность и экспозицию УЗ при прочих равных условиях по сравнению с традиционными методами ФЭ (С.Ю.Анисимова и соавт., 2016; X.Chen et al., 2017; I.Conrad-Hengerer et al., 2012, W.Mayer et al., 2014).

Однако, несмотря на существенный прогресс в развитии фемтолазерной ФЭ, по данным литературы остается ряд проблем, требующих решения с целью повышения качества хирургического вмешательства (С.Ю.Анисимова и соавт., 2014, 2016; М.М.Бикбов и соавт., 2013, 2014; Б.Э.Малюгин, 2014, 2018; V.Diakonis et al., 2016; S.Ewe et al., 2015; J.Jun et al., 2015; В.Малюгин et al., 2016; Z.Nagy et al., 2014; V.Thompson et al., 2016; L.Toto et al., 2015).

Анализ мировой литературы обосновывает перспективность совершенствования фемтолазерной ФЭ, но при этом возникает необходимость проведения более углубленного изучения методов подготовки пациента к операции, хирургических приемов, применяемых в данной технологии, параметров лазерного энергетического воздействия на переднюю капсулу и ядро хрусталика с детальной оценкой результатов. Появление новых технологий повышает эффективность методов удаления хрусталика, но одновременно ставит вопрос об адекватном выборе соответствующей методики. В связи с этим является актуальным научное обоснование места каждой технологии в системе современных методов удаления хрусталика.

**Цель исследования.** Разработка системы современных хирургических технологий на основе гибридной ФЭ, низкоэнергетических технологий ультразвуковой ФЭ, гидромониторной ФФ, позволяющей повысить эффективность хирургического удаления хрусталика.

**Задачи исследования:**

1. Изучить в сравнительном аспекте результаты различных методик ФЭ (стандартная ФЭ, низкоэнергетические методы ФЭ, гидромониторная ФФ, гибридная ФЭ).
2. Разработать методику фрагментации и эмульсификации плотного ядра хрусталика при различных технологиях ФЭ.
3. Разработать методики применения низкоэнергетических ультразвуковых технологий в осложненных ситуациях (подвывих хрусталика, узкий ригидный зрачок).

4. Разработать дифференцированную в зависимости от плотности ядра хрусталика технологию гидромониторной ФФ.

5. Разработать модифицированную методику гибридной ФЭ.

6. Провести клиническую оценку известной и предложенной методик гибридной ФЭ.

7. Провести сравнительную оценку морфологических и морфометрических показателей внутриглазных структур после гибридной ФЭ, низкоэнергетических методик ультразвуковой ФЭ и гидромониторной ФФ.

8. Разработать практические рекомендации по применению гибридной ФФ, низкоэнергетических ультразвуковых технологий ФЭ и гидромониторной ФФ в офтальмохирургической практике.

### **Научная новизна**

Впервые на основе комплекса клинических исследований и значительном однородном клиническом материале обосновано место гибридной ФЭ, низкоэнергетических технологий ультразвуковой ФЭ и гидромониторной ФФ в системе современных методов удаления хрусталика.

Предложена модифицированная методика гибридной ФЭ (Патент РФ № 2553503 от 25.06.2014; Патент РФ № 2553188 от 16.04.2014). Проведена сравнительная оценка предложенной и известной методик гибридной ФЭ, различных методов ультразвуковой ФЭ и гидромониторной ФФ.

Разработана методика фрагментации и эмульсификации плотных ядер хрусталика, которая позволяет значительно сократить эффективное время УЗ при различных технологиях ФЭ, что существенно снижает травматичность хирургического вмешательства.

Предложены методики ФЭ при слабости связочно-капсулярного аппарата хрусталика и узком ригидном зрачке.

Предложена дифференцированная методика удаления ядра хрусталика в ходе гидромониторной ФФ в зависимости от его степени плотности.

Впервые на значительном по объему однородном клиническом материале изучено в сравнительном аспекте влияние гибридной ФЭ, различных методик

ультразвуковой ФЭ и гидромониторной ФФ на задний эпителий роговицы (ЗЭР).

Впервые на основе морфометрических исследований параметров центральной зоны сетчатки доказана различная степень изменений макулярной области при низкоэнергетических ультразвуковых технологиях ФЭ, а также отсутствие влияния гидромониторной ФФ на состояние центральной области сетчатки.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Разработана и внедрена в клиническую практику система современных методов хирургического лечения катаракты, которая позволяет существенно уменьшить травматичность хирургического вмешательства, снизить количество осложнений, повысить анатомический и функциональный результат, сократить сроки реабилитации пациентов.

Определено, что применение гибридной ФЭ позволяет выполнять удаление хрусталика в целом и основные этапы хирургического вмешательства: переднюю капсулотомию, фрагментацию и эмульсификацию ядра на качественно новом уровне.

Определено, что применение предложенной методики гибридной ФЭ позволяет значительно уменьшить интраоперационный миоз, повысить качество выполнения гидродиссекции, упростить ирригацию-аспирацию кортикальных масс, сократить эффективное время УЗ.

Разработанная методика фрагментации и эмульсификации плотных ядер позволяет существенно уменьшать эффективное время УЗ и предупреждать возможные осложнения, при этом торсионная ФЭ наиболее эффективна.

Разработанные методики ФЭ при подвывихе хрусталика и узком ригидном зрачке малотравматичны, способствуют предупреждению осложнений, повышают функциональный результат, сокращают сроки реабилитации.

Определено, что гибридная ФЭ в наименьшей степени по сравнению с другими ультразвуковыми технологиями оказывает негативное влияние на плотность клеток ЗЭР.



Гидромониторная ФФ позволяет эффективно удалять ядро хрусталика I - III степени плотности и не влияет на толщину сетчатки в макулярной области.

Определены современные возможности, показания и противопоказания к применению различных технологий удаления хрусталика, в том числе в осложненных клинических ситуациях.

### **Положения, выносимые на защиту**

Собственные модификации гибридной ФЭ, ультразвуковой ФЭ и гидромониторной ФФ, которые повышают эффективность, снижают травматичность хирургического вмешательства и сокращают сроки реабилитации пациентов.

Разработанная методика фрагментации и эмульсификации плотного ядра хрусталика, позволяющая повысить эффективность ФЭ при различных ультразвуковых технологиях с одновременным снижением энергетической нагрузки на ткани глазного яблока.

Разработанные низкоэнергетические методики ультразвуковой ФЭ в осложненных клинических ситуациях у пациентов с подвывихом хрусталика I- II степени существенно повышают результаты хирургического вмешательства, обеспечивают возможность наиболее физиологичной внутрикапсульной имплантации ИОЛ и способствуют значительному снижению числа осложнений.

Разработанная методика гибридной ФЭ повышает эффективность хирургического вмешательства, в особенности при удалении плотных (IV степени плотности) катаракт, позволяет существенно снизить энергетическую нагрузку на ткани глазного яблока, что уменьшает травматичность операции и сокращает сроки реабилитации пациентов.

Как разработанная, так и известная методики гибридной ФЭ сопровождаются наименьшей потерей клеток ЗЭР по сравнению с другими низкоэнергетическими технологиями ультразвуковой ФЭ и гидромониторной ФФ при всех степенях плотности ядра хрусталика.

Предложенная методика гидромониторной ФФ в отличие от всех методик ультразвуковой ФЭ практически не оказывает какого-либо влияния на морфометрические параметры макулярной области.

### **Методология и методы диссертационного исследования**

Методологической основой диссертационной работы явилось использование комплекса методов и основных принципов научного познания. Работа выполнена в дизайне проспективного открытого сравнительного исследования с использованием клинических, аналитических и статистических методов.

### **Внедрение результатов исследования в практику**

Результаты исследования внедрены в клиническую практику ФГБНУ «НИИГБ». Результаты работы включены в учебную программу преподавания офтальмологии студентам, ординаторам и аспирантам ФГБНУ «НИИГБ» и кафедры глазных болезней ФГБОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М.Сеченова».

### **Личный вклад автора в проведенное исследование**

Личный вклад соискателя заключается в непосредственном участии в проведении всех хирургических вмешательств, клинических исследований, апробации результатов, подготовке публикаций и докладов по выполненной работе. Вся обработка и интерпретация результатов выполнена лично автором.

### **Степень достоверности и апробация работы**

Степень достоверности результатов исследования подтверждена достаточным и репрезентативным объемом выборок. Работа выполнена в стандартизированных условиях на материале, достаточном для выполнения поставленных задач. Анализ полученных клинических данных выполнен с применением современных методов сбора и обработки научных данных.

Основные положения на II Российском симпозиуме по рефракционной хирургии, Москва, 2000; XIX Congress of the ESCRS, Amsterdam, 2001; VIII Международном симпозиуме по рефракционной и катарактальной хирургии, Москва, 2003; Юбилейном симпозиуме ГУ «НИИГБ» РАМН, Москва, 2003; Научно-практической конференции «Современные технологии катарактальной

и рефракционной хирургии – 2008», Москва; Научно-практической конференции «Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии – 2009», Москва; IX Съезде офтальмологов России, Москва, 2010.

### **Публикации**

По теме диссертации опубликовано 27 научных работ, из них 14 - в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых журналов, рекомендованных ВАК. Получено 2 Патента РФ на изобретения.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация изложена на 282 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, материала и методов исследования, результатов собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка использованной литературы. Работа иллюстрирована 21 таблицей, 66 рисунками. Библиографический указатель содержит 552 источника (226 отечественных и 326 зарубежных).

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

#### **Общая характеристика больных**

Хирургическое лечение и обследование проведены 766 больным (940 глаз) в возрасте от 43 до 79 лет с катарактой различной степени зрелости, срок наблюдения – от 1 года до 12 лет. Больных с глаукомой, травматическими, осложненными, увеальными катарактами, а также пациентов, после перенесенных ранее офтальмохирургических вмешательств, в данное исследование не включали. Все больные были разделены на группы соответственно задачам исследования. Все группы пациентов сравнимы между собой по возрасту, степени зрелости катаракты, плотности ядра хрусталика по классификации Buratto ( $p>0,05$ ).

Первую группу пациентов составили 127 больных (148 глаз), которым была проведена стандартная ультразвуковая ФЭ.

Во вторую группу вошли 108 больных (133 глаза), которым выполняли ультразвуковую ФЭ по технологии NeoSoniX.

Третью группу составили 139 больных (169 глаз), которым была произведена торсионная ФЭ по технологии OZil.

В четвертую группу вошли 79 больных (86 глаз), которым была проведена гидромониторная ФФ по технологии AquaLase. Учитывая данные литературы, гидромониторную ФФ выполняли только при II и III степенях плотности ядра хрусталика, рассматривая IV степень плотности ядра, как противопоказание к применению данной хирургической технологии.

Пациенты с подвывихом хрусталика I и II степени (всего 315 больных, 407 глаз) составили 5-ю, 6-ю и 7-ю группы больных. Пациенты с выраженным подвывихом, разрывом цинновых связок протяженностью более  $180^\circ$  (III степень подвывиха хрусталика) и невозможностью вследствие этого выполнения бесшовной фиксации комплекса ИОЛ-капсульный мешок в данное исследование не включали. Степень выраженности подвывиха хрусталика оценивали по данным ультразвуковой биомикроскопии.

В 5-ю группу вошли 125 больных (153 глаза) со слабовыраженным подвывихом хрусталика (I степень), которым была выполнена ультразвуковая ФЭ с фиксацией капсульного мешка за край капсулорексиса с помощью крючков-ретракторов. Во всех случаях применяли модифицированную конструкцию крючков-ретракторов с тупоугольным изгибом в вертикальной плоскости, предложенную нами в ходе проведенного исследования, которая отличается от известных прямых крючков-ретракторов изгибом под углом  $45^\circ$  в 2 мм от его рабочего конца. (Рис. 1).



Рис. 1. Прямой (А) и изогнутый модифицированный крючок-ретрактор (Б).

В 6-ю группу были включены 117 пациентов (141 глаз), со слабовыраженным подвывихом хрусталика (I степень), которым в ходе ФЭ выполняли имплантацию одного или двух незамкнутых ВКК из ПММА.

В 7-ю группу вошли 73 больных (113 глаз) с умеренно выраженным подвывихом хрусталика (II степень), которым в ходе ФЭ для стабилизации и центрации капсульного мешка применяли разработанную в ходе данного исследования комбинированную методику, включающую имплантацию одного или двух ВКК и фиксацию капсульного мешка за край капсулорексиса модифицированными крючками-ретракторами.

В 8-ю группу (контрольную) вошли 237 больных (278 глаз), которым была произведена гибридная ФЭ с фемтолазерным капсулорексисом и предварительной фемтолазерной фрагментацией ядра хрусталика по известной технологии, описанной в литературе (J.Chang et al., 2014; A.Day et al., 2014; K.Donaldson et al., 2013; Z.Nagy, 2009, 2014).

В 9-ю группу (основную) вошли 225 больных (267 глаз), которым была выполнена предложенная модифицированная гибридная ФЭ с фемтолазерным капсулорексисом и предварительной фемтолазерной фрагментацией ядра хрусталика по разработанной технологии.

### **Методы исследования**

Методы исследования во всех группах больных были одинаковыми с использованием одних и тех же диагностических приборов. Комплексное офтальмологическое обследование пациентов во всех случаях проводили до операции и на 1-й день, на 3-й день, на 7-й день, через 1 месяц, 3 месяца и через 1 год после операции. Максимальный срок наблюдения составил 12 лет. Помимо стандартного офтальмологического обследования, определяли степень плотности ядра хрусталика по классификации L.Buratto (1999).

Эхобиометрию и ультразвуковое исследование внутриглазных структур осуществляли на аппарате OcuScan (фирма «Alcon», США).

Ультразвуковую биомикроскопию с целью определения локализации и степени выраженности разрыва цинновых связок проводили на приборе ОТИ HF 35 – 50 Ultrasound System (Канада). Степень подвывиха хрусталика оценивали по современной классификации, основанной на данных клинического обследования и ультразвуковой биомикроскопии (Н.П.Паштаев, 1999, 2006; А.Р.Амбарцумян, 2013).

Для стандартизации параметров энергетического воздействия на ткани глазного яблока в ходе ФЭ применяли общепринятую методику вычисления эффективного времени УЗ, которую проводили по формуле:

$$T = P \times t / 100\% ,$$

где T – эквивалентное время ультразвука, P – мощность факосистемы в %, t – время в секундах (С.А.Лившиц, 1998; J.Davison, 2005; H.Fine et al., 2004).

На 1-й день после операции определяли процент случаев полностью прозрачной роговицы. Этот показатель в современной литературе считается интегральным клиническим критерием оценки травматичности удаления катаракты при сравнении различных факосистем (С.А.Шашорина, 2011; H.Fine et al., 2004).

Исследование состояния ЗЭР и измерение толщины роговицы в центральной зоне выполняли до- и через 3 месяца после операции с помощью бесконтактного микроскопа SP-3000P (фирма «Торсон», Япония).

Исследование центральной зоны сетчатки проводили методом ОКТ на приборе Cirrus OCT (Carl Zeiss, Германия) и на приборе OCT-3000 (фирма «Торсон», Япония) до и после выполнения ультразвуковой ФЭ и гидромониторной ФФ. Оценивали макулярный объем, среднюю толщину сетчатки в фовеа (окружность диаметром 1 мм), а также в 4 квадрантах внутренней и наружной кольцевидных зон макулярной области.

### **Основные методы хирургических вмешательств**

Ультразвуковую ФЭ выполняли с использованием установок «Infiniti Vision System» и «Legacy 20000 Advantec NeoSonix». Гидромониторную ФФ по технологии AquaLase проводили на установке «Infiniti Vision System». Во всех

случаях операцию делали с полностью роговичным тоннельным разрезом. Фрагментацию и эмульсификацию ядра хрусталика II и III степени плотности в 1-й, 2-й и 3-й группах больных выполняли по методике stop and chop с мощностью ультразвука от 10% до 70%. При IV степени плотности применяли разработанную методику фрагментации и эмульсификации плотных ядер.

Фемтолазерный капсулорексис и предварительную фемтолазерную фрагментацию ядра хрусталика выполняли с использованием фемтосекундного лазера VICTUS (Technolas Perfect Vision, Германия).

Для интраокулярной коррекции афакии у всех пациентов внутрикапсульно имплантировали эластичную гидрофобную акриловую ИОЛ.

### **Статистическая обработка результатов исследования**

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием параметрических и непараметрических методов статистического анализа. Для оценки корреляции вычисляли непараметрический коэффициент корреляции Спирмена (r). Использовали шкалу Чеддока со следующей зависимостью тесноты связи от коэффициента корреляции: 0,1-0,3 – слабая или отсутствует, 0,3-0,5 – умеренная, 0,5-0,7 – заметная, 0,7-0,9 – высокая, 0,9-0,99 – весьма высокая.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **Разработанные методики ультразвуковой ФЭ**

#### Разработанная технология ФЭ плотных катаракт.

С целью повышения эффективности и снижения энергетической нагрузки на ткани при проведении ультразвуковой ФЭ был разработан ряд хирургических приемов, которые позволяют уменьшить эффективное время УЗ, травматизацию внутриглазных структур и способствуют предупреждению возможных осложнений. После формирования роговичного разреза выполняли передний капсулорексис диаметром 5,0 – 6,0 мм. При мидриазе менее 4 мм у пациентов с узким ригидным зрачком для его расширения использовали разработанную в ходе исследования модель изогнутых крючков-

ретракторов (Рис. 1), которые вводили через 4 парацентеза роговицы по лимбу. Выполняли тщательную гидродиссекцию.

Для снижения травматичности ФЭ предложена и внедрена в клиническую практику новая методика фрагментации и эмульсификации плотных ядер хрусталика, получившая название «методики формирования пещеры», которую осуществляли следующим образом. В центре ядра выполняли глубокую узкую воронку в виде пещеры до задних слоев ядра, контролируя глубину появлением розового рефлекса на дне «пещеры». Мощность УЗ при этом была до 90%. При появлении розового рефлекса на дне выполненной «пещеры» ядро фиксировали на наконечнике, применяя максимально высокий уровень вакуума (до 600 мм рт. ст.), после чего чоппером производили несколько радиальных разломов ядра от центра к периферии. Полученные фрагменты ядра поочередно фиксировали наконечником и выводили в плоскость зрачка, где эмульсифицировали. При этом использовали максимальный уровень вакуума и стремились минимизировать мощность УЗ. Выполняли ирригацию-аспирацию хрусталиковых масс, имплантировали ИОЛ.

#### Разработанная технология ультразвуковой ФЭ при подвывихе хрусталика.

С целью обеспечения возможности внутрикапсульной имплантации ИОЛ и предупреждения осложнений у пациентов с подвывихом хрусталика была предложена технология ультразвуковой ФЭ в условиях подвывиха хрусталика.

В 5-й группе больных с подвывихом хрусталика I степени выполняли ультразвуковую ФЭ с фиксацией капсульного мешка за край капсулорексиса при помощи четырех крючков-ретракторов, разработанной конструкции (Рис. 1). Применение 4-х крючков-ретракторов обеспечивает более равномерное натяжение края капсулорексиса и в большей степени способствует предупреждению его надрывов по сравнению с использованием только 3-х крючков-ретракторов. После проведения кругового капсулорексиса выполняли гидродиссекцию.



Для снижения нагрузки на связочный аппарат хрусталика при его слабости, в том числе при миопии высокой степени, для малотравматичной эмульсификации ядра и предупреждения возможных осложнений была разработана методика «внекапсульной фрагментации двух полуядер», в ходе которой в центре ядра формировали узкую борозду на глубину 2/3 толщины ядра. Затем при использовании высокого уровня вакуума фиксировали ядро на наконечнике и острым чоппером делили его на две половины. В ходе формирования борозды и дальнейшей фрагментации двух полуядер применяли факоиглу с углом среза 45°. После разделения ядра на две половины факоиглу поворачивали в направлении одной из частей ядра таким образом, чтобы плоскость её среза плотно прилегала к поверхности разлома ядра. Используя высокий уровень вакуума, ротационными движениями выводили первую половину ядра в плоскость зрачка. Фрагментацию и эмульсификацию выполняли в плоскости зрачка по методу mini chop с применением максимального вакуума (до 600 мм рт. ст.) и минимальной мощности УЗ. Далее производили реверс наконечника, фиксировали, выводили и фрагментировали вторую половину ядра аналогичным способом. Благодаря применению разработанной методики, можно практически полностью избежать тракций цинновых связок.

В 6-й группе больных со слабо выраженным подвывихом хрусталика (I степень) в ходе ультразвуковой ФЭ для стабилизации и центрации капсульного мешка имплантировали одно или два незамкнутых ВКК из ПММА. При отсутствии требуемой стабилизации и центрации капсульного мешка после введения одного ВКК производили имплантацию второго кольца, которое вводили под край капсулорексиса в противоположную половину капсульного мешка с таким расчетом, чтобы незамкнутые отрезки ВКК были расположены после имплантации друг против друга.

У пациентов 7-й группы с подвывихом хрусталика II степени и значительной децентрацией капсульного мешка применяли разработанную комбинированную методику, которая заключается в использовании в ходе

одного и того же хирургического вмешательства крючков-ретракторов и одного или двух, а иногда и трех ВКК. После капсулорексиса диаметром не более 5 мм и максимально осторожной гидродиссекции фиксировали капсульный мешок поочередным введением 4-х крючков-ретракторов. Затем в экватор капсульного мешка вводили ВКК. При отсутствии требуемой стабилизации и центрации положения капсульного мешка второе ВКК вводили в противоположную сторону по отношению к первому.

Разработанная комбинированная методика фиксации и центрации капсульного мешка позволяла достичь восстановления кругового контура экваториальной зоны капсульного мешка, его достаточно надежной фиксации и центрации, равномерного натяжения задней капсулы хрусталика даже при выраженных нарушениях связочного аппарата хрусталика. На основе более чем десятилетнего опыта можно сделать вывод о том, что выполнение комбинированной методики с внутрикапсульной имплантацией ИОЛ возможно даже в тех случаях, когда связки хрусталика разрушены на протяжении половины окружности капсульного мешка. При большей протяженности нарушения целостности цинновых связок комбинированная методика противопоказана. Проведенные клинические исследования показали значимость адекватного выбора методики фиксации и центрации капсульного мешка как основного способа предупреждения тяжелых осложнений, связанных с дислокацией капсульного мешка или фрагментов ядра.

#### **Разработанные методики гидромониторной ФФ**

Во всех случаях гидромониторную ФФ осуществляли с применением мощности импульсов от 0 до 100%, частотой импульсов – 50 в секунду. Хирургическая техника гидромониторной ФФ определялась степенью плотности ядра. При II степени плотности ядра гидромониторную ФФ выполняли в два этапа. В ходе первого этапа после удаления передних кортикальных слоев и эпинуклеуса раствор BSS веером вводили внутрь ядра в результате чего в нем образовывалось отверстие. Для проведения второго этапа уменьшали мощность струи жидкости и увеличивали уровень вакуума.

Фиксировали ядро на наконечнике в зоне сформированного на первом этапе отверстия за счет повышения уровня вакуума до 600+ мм рт. ст. и разделяли его на две части с последующим повторным выполнением этого хирургического приема до 4 – 8 раз с целью уменьшения объема фрагментов ядра. Мелкие фрагменты ядра эмульсифицировали при высоком уровне вакуума и низкой мощности (20-30%).

Для гидромониторной ФФ ядра III степени плотности была разработана методика, сходная с техникой mini chop при ультразвуковой ФЭ. После фиксации ядра на наконечнике за счет увеличения уровня вакуума до 600+ мм.рт.ст. и повышения мощности импульсов жидкости до 100% чоппером отделяли от него небольшие фрагменты. Количество сформированных фрагментов ядра варьировало от 8 до 16. Мелкие фрагменты ядра эмульсифицировали с применением максимально высокого уровня вакуума (600+ мм рт. ст.), а мощность импульсов жидкости уменьшали до 20-30%.

Принимая во внимание то, что гидромониторную ФФ ядра III степени плотности проводили при высоком уровне вакуума и низкой мощности импульсов, остатки ядра хрусталика удаляли в плоскости зрачка с целью снижения риска разрыва задней капсулы хрусталика. В капсульный мешок имплантировали ИОЛ. Дифференцированный подход к выбору хирургической техники гидромониторной ФФ способствовал предупреждению осложнений и минимизировал травматичность вмешательства, в частности для ЗЭР.

#### **Модифицированная методика гибридной факоэмульсификации**

Для уменьшения гиперемии глазного яблока и предупреждения сужения зрачка после фемтолазерного этапа вмешательства в основной группе больных (9-я группа больных) за 3 дня до операции назначали инстилляции ингибиторов синтеза простагландинов 3 раза в день, которые также инстиллировали троекратно утром перед операцией. В контрольной группе (8-я группа больных) проводили традиционную для гибридной ФЭ профилактику интраоперационного миоза путем троекратного закапывания ингибиторов синтеза простагландинов утром перед операцией. Во всех случаях интервал

между воздействием ФСЛ и началом эмульсификации ядра не превышал 15 минут (от 5 до 14 минут): в основной группе в среднем  $9,7 \pm 0,7$  минуты, в контрольной –  $9,3 \pm 0,6$  минуты, что также является важнейшим фактором предупреждения миоза.

Данные больного вводили в компьютер ФСЛ VICTUS и выбирали параметры работы системы, которые зависели от плотности ядра хрусталика. Во всех случаях и в основной (предложенная модифицированная методика), и в контрольной (известная методика) группах диаметр капсулорексиса был 5,0 - 5,2 мм. На глазное яблоко устанавливали вакуумное кольцо. На ФСЛ устанавливали интерфейс. Выполняли докинг интерфейса. Центрировали систему по зрачку. По сформированной ОКТ-картине производили разметку передней и задней капсул хрусталика и задавали параметры переднего капсулорексиса.

С целью предупреждения снижения прочности края капсулотомии, коагуляции лазером передних кортикальных слоев в зоне капсулорексиса и связанных с этим специфических для гибридной ФЭ проблем при выполнении разработанной методики уменьшали мощность ФСЛ, требующуюся для проведения капсулотомии, с 7000 нДж (в контрольной группе) до 6700 нДж (в основной группе). При перезрелой катаракте фемтосекундный лазер использовали только для выполнения переднего капсулорексиса (Патент РФ на изобретение № 2553188 от 16.04.2014). По полученной ОКТ-картине задавали параметры фрагментации ядра хрусталика (Патент РФ на изобретение № 2553503 от 25.06.2014). При II степени плотности ядра в основной группе в ходе предварительной фрагментации ядра ФСЛ формировали 8 радиальных сегментов ядра. Мощность импульсов ФСЛ при этом составляла 6700 нДж. В контрольной группе при II степени плотности разделяли ядро на 4 сегмента при мощности импульсов 7000 нДж.

При III степени плотности ядра в основной группе производили 4 радиальных разреза ядра лазером в комбинации с циркулярными разрезами (цилиндрами) диаметром от 1 до 7 мм с мощностью импульсов

фемтосекундного лазера 7000 нДж. Данная методика фрагментации ядра позволяла минимизировать мощность и экспозицию УЗ. В контрольной группе у больных с III степенью плотности ядра формировали 4 радиальных сегмента ядра, используя мощность импульсов 7300 нДж.

У пациентов с IV степенью плотности ядра согласно предложенной методике формировали лазером 4 радиальных сегмента ядра хрусталика в комбинации с циркулярным рассечением (цилиндры) от 1 до 7 мм с мощностью импульсов 7700 нДж. Для облегчения разделения задних плотных слоев ядра хрусталика, которое бывает весьма затруднительно в ряде случаев при известной фемтолазерной методике, в основной группе уменьшали расстояние от зоны фемтолазерной фрагментации до задней капсулы хрусталика с 700 мкм при известной технике фемтолазерной фрагментации до 500 мкм. В контрольной группе при IV степени плотности ядра хрусталика выполняли согласно известной методике 8 радиальных разрезов ядра с мощностью импульсов 8000 – 8300 нДж.

ФСЛ последовательно с интервалом в несколько секунд производил переднюю капсулотомию и фрагментацию ядра хрусталика, после чего больного переводили в другую операционную для выполнения эмульсификации сформированных фрагментов ядра и имплантации ИОЛ. При IV степени плотности эмульсификацию фрагментов ядра хрусталика на втором этапе начинали с его центральных отделов в зоне диаметром 3 мм, где было наиболее интенсивное воздействие лазером. При этом формировали глубокую выемку в среднем на 80 – 90% толщины ядра, после чего сформированные фрагменты ядра достаточно легко, зачастую самостоятельно, перемещались в центр капсульного мешка, где их можно было более быстро эмульсифицировать с существенным уменьшением эффективного времени УЗ. После завершения удаления фрагментов ядра выполняли ирригационно-аспирацию остатков кортикальных масс и имплантацию ИОЛ.

## Результаты применения разработанных методов гибридной ФЭ

Проведенное исследование показало, что гибридная ФЭ позволяет выполнять хирургическое вмешательство на новом качественном уровне, недостижимом для традиционных методов ультразвуковой ФЭ. Использование фемтосекундного лазера для выполнения передней капсулотомии позволило во всех случаях в 8-й и 9-й группах больных получить капсулотомию идеально круглой формы, точно запланированного диаметра, с абсолютной повторяемостью у всех пациентов.

Разрыв края передней капсулотомии после применения ФСЛ не отмечен ни в одном случае. При торсионной ФЭ с мануальным выполнением капсулорексиса данное осложнение было в 1 (0,6%) случае.

Сужение зрачка более чем на 2 мм после фемтолазерного этапа вмешательства при применении предложенной методики инстилляций ингибиторов синтеза простагландинов отмечали в 7,5%, а при использовании известной методики гибридной ФЭ в 10,4%. Частота аналогичного сужения зрачка в ходе торсионной ФЭ составила 6,5% ( $p > 0,05$ ), что доказывает эффективность предложенной предоперационной подготовки пациентов к гибридной ФЭ.

Незначительное повреждение края зрачка в ходе ФЭ отмечено в 3 (1,8%) случаях при традиционной торсионной ФЭ, в то время как после предложенной модификации гибридной ФЭ в 1 (0,4%) случае, а после известной методики гибридной ФЭ в 2 (0,7%) случаях ( $p < 0,05$ ).

Предложенный дифференцированный подход к предварительной фрагментации ядра фемтосекундным лазером в зависимости от степени его плотности, примененный в ходе модифицированной гибридной ФЭ, обеспечил существенное ( $p < 0,05$ ) уменьшение эффективного времени УЗ при всех степенях плотности ядра хрусталика (Табл. 1).

Разработанная методика удаления плотного ядра хрусталика (IV степень плотности) методом формирования глубокой выемки в его центре (на 80-90% толщины) с последующей эмульсификацией фрагментов, начиная с центральной

зоны, в ходе выполнения предложенной технологии гибридной ФЭ позволило помимо снижения энергетической нагрузки на ткани глаза существенно уменьшать продолжительность этого этапа операции (Табл. 2).

Существенное снижение энергетической нагрузки на ткани глаза и минимизация выброса простагландинов при использовании разработанной технологии гибридной ФЭ в значительной степени отразились на биомикроскопическом состоянии роговицы в раннем послеоперационном периоде. После разработанной модификации гибридной ФЭ (9-я группа больных) частота полностью прозрачной роговицы на 1-й день после операции была существенно ( $p < 0,05$ ) выше по сравнению с известной методикой гибридной ФЭ и в особенности по сравнению с торсионной ФЭ (Табл. 2).

Таблица 1. Среднее эффективное время УЗ по группам в секундах.

Степень плотности ядра хрусталика	Технология удаления катаракты		
	Модифицированная гибридная ФЭ	Известная методика гибридной ФЭ	Торсионная ФЭ
II степень	0,56±0,11	0,83±0,17*	2,78±0,51**
III степень	2,04±0,37	2,97±0,53*	4,59±0,91**
IV степень	3,95±0,81	5,11±1,03*	8,37±1,73**

Примечание: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ .

Таблица 2. Число случаев полностью прозрачной роговицы на 1-й день в %.

Степень плотности ядра хрусталика	Технология удаления катаракты		
	Модифицированная гибридная ФЭ	Известная методика гибридной ФЭ	Торсионная ФЭ
II степень	94,2	90,5*	85,1*
III степень	90,4	84,1*	81,0*
IV степень	82,5	77,3*	71,1*

Примечание: \*  $p < 0,05$ .

Полная прозрачность роговицы способствовала раннему восстановлению зрительных функций и значительному сокращению сроков реабилитации пациентов. При отсутствии патологических изменений сетчатки и зрительного нерва острота зрения с наилучшей очковой коррекцией во всех случаях составила уже в первые дни после операции 0,8 – 1,0.

Частота умеренной транзиторной гипертензии (внутриглазное давление больше 22 мм рт. ст.) на 1-й день после операции не имела существенных различий и составила 21,4% после предложенной методики гибридной ФЭ, 24,1% после известной методики гибридной ФЭ и 23,1% после торсионной ФЭ. Во всех случаях внутриглазное давление нормализовалось на 2-е или 3-и сутки после операции. Данный факт подтверждает кратковременность и, соответственно, безопасность возможного повышения внутриглазного давления при гибридной ФЭ вследствие наложения вакуумного кольца.

Клиническое исследование показало преимущества гибридной ФЭ в обеспечении более стабильного положения ИОЛ в капсульном мешке по сравнению с мануальным методом капсулорексиса вследствие практически идеальной формы и центрации капсулотомии, её максимально точного соотношения по диаметру с оптикой ИОЛ, что особенно важно при имплантации ИОЛ премиум-класса с повышенными требованиями к рефракционному результату. Новое качество выполнения хирургического вмешательства методом гибридной ФЭ явилось решающим фактором в повышении анатомического и функционального результата операции.

### **Функциональные результаты разработанной технологии гибридной ФЭ**

Клинические исследования показали, что модифицированная гибридная ФЭ обеспечивает высокие и стабильные функциональные результаты. Более быстрое восстановление остроты зрения, как без коррекции, так и с наилучшей очковой коррекцией получено после использования обеих методик гибридной ФЭ (Табл. 3). Динамика остроты зрения через 3 месяца после операции показала незначительные различия в остроте зрения с наилучшей очковой коррекцией во всех группах оперированных больных ( $p > 0,05$ ) (Табл. 4).



Клинических признаков отека макулярной области в послеоперационном периоде не отмечено ни в одном случае во всех группах пациентов. Частота и степень выраженности индуцированного астигматизма не имели существенных отличий.

Таблица 3. Острота зрения с наилучшей очковой коррекцией по группам оперированных больных на 3-й день после операции. Число случаев (%).

Острота зрения	Технология удаления катаракты		
	Модифицированная гибридная ФЭ	Известная методика гибридной ФЭ	Торсионная ФЭ
0,8 – 1,0	209 (78,3%)	214 (76,9%)	109 (64,5%)
0,5 – 0,7	57 (21,3%)	62 (22,4%)	59 (34,9%)
0,3 – 0,4	1 (0,4%)	2 (0,7%)	1 (0,6%)

Таблица 4. Острота зрения с наилучшей очковой коррекцией по группам оперированных больных через 3 месяца после операции. Число случаев (%).

Острота зрения	Технология удаления катаракты		
	Модифицированная гибридная ФЭ	Известная методика гибридной ФЭ	Торсионная ФЭ
0,8 – 1,0	241 (90,3%)	249 (89,6%)	151 (89,3%)
0,5 – 0,7	25 (9,3%)	27 (9,7%)	17 (10,1%)
0,3 – 0,4	1 (0,4%)	2 (0,7%)	1 (0,6%)

Таким образом, предложенная методика гибридной ФЭ существенно повышает эффективность удаления хрусталика. Дифференцированный подход к выполнению предварительной фемтолазерной фрагментации ядра хрусталика в зависимости от его плотности существенно уменьшает энергетическую нагрузку на ткани глазного яблока и, соответственно, травматичность операции.

### **Сравнительная оценка результатов применения гидромониторной ФФ**

Клинические исследования показали, что гидромониторная ФФ является высокоэффективной и малотравматичной методикой удаления хрусталика с ядром II и III степени плотности. Количество операционных осложнений во всех сравниваемых группах пациентов было минимальным. В 1 (0,7%) случае

при стандартной ФЭ, в 1 (0,8%) случае после ФЭ по технологии NeoSoniX и в 1 (0,6%) случае после торсионной ФЭ отмечен надрыв края капсулорексиса без его распространения к экватору хрусталика ( $p > 0,05$ ). При гидромониторной ФФ данное осложнение не отмечено ни в одном случае. Незначительное повреждение края зрачка выявлено в 3 (2,0%) случаях после стандартной ФЭ, в 2 (1,5%) случаях при ФЭ по технологии NeoSoniX, в 3 (1,8%) случаях после торсионной ФЭ и в 1 (1,2%) случае в при гидромониторной ФФ ( $p > 0,05$ ).

Таблица 5. Частота случаев полностью прозрачной роговицы на 1-й день после операции в %.

Степень плотности ядра хрусталика	Технология удаления катаракты			
	Стандартная ФЭ	ФЭ по технологии NeoSoniX	Торсионная ФЭ (технология OZil)	Гидромониторная ФФ
II степень	77,7	79,4	85,1*	85,7*
III степень	72,0	73,5	81,0*	75,6

Примечание: \*  $p < 0,05$ .

Таблица 6. Острота зрения с наилучшей очковой коррекцией на 3-й день после операции. Число случаев (%).

Острота зрения	Технология удаления катаракты			
	Стандартная ФЭ	ФЭ по технологии NeoSoniX	Торсионная ФЭ (технология OZil)	Гидромониторная ФФ
0,8 – 1,0	87 (58,8%)	79 (59,4%)	109 (64,5%)	57 (66,3%)
0,5 – 0,7	60 (40,5%)	52 (39,1%)	59 (34,9%)	29 (33,7%)
0,3 – 0,4	1 (0,7%)	2 (1,5%)	1 (0,6%)	-

Таблица 7. Острота зрения с наилучшей очковой коррекцией через 3 месяца после операции. Число случаев (%).

Острота зрения	Технология удаления катаракты			
	Стандартная ФЭ	ФЭ по технологии NeoSoniX	Торсионная ФЭ (технология OZil)	Гидромониторная ФФ
0,8 – 1,0	132 (89,2%)	118 (88,7%)	151 (89,3%)	77 (89,5%)
0,5 – 0,7	15 (10,1%)	14 (10,6%)	17 (10,1%)	9 (10,5%)
0,3 – 0,4	1 (0,7%)	1 (0,7%)	1 (0,6%)	-

Наибольшая частота полностью прозрачной роговицы на 1-й день после операции отмечена после выполнения гидромониторной ФФ (Табл. 5). Это было определяющим фактором более быстрого восстановления остроты зрения после гидромониторной ФФ у пациентов с II степенью плотности ядра хрусталика (Табл.6,7). При III степени плотности частота полностью прозрачной роговицы после гидромониторной ФФ была сравнима с методами ультразвуковой ФЭ, в результате чего и динамика восстановления зрительных функций также была практически одинаковой. Проведенное исследование подтвердило положение о том, что III степень плотности ядра хрусталика является основным фактором, ограничивающим применение гидромониторной ФФ в хирургии катаракты.

### **Результаты применения разработанных методов ультразвуковой ФЭ при подвывихе хрусталика**

Успехи в развитии ультразвуковой ФЭ привели к возможности её выполнения с высокими результатами и минимальным количеством осложнений в так называемых осложненных клинических ситуациях, которые в прежние годы считались противопоказанием к её использованию. Прежде всего, это относится к удалению хрусталика при его подвывихе.

Разработанная модификация крючков-ретракторов с тупоугольным изгибом в вертикальной плоскости позволяет с минимальной травматичностью выполнять тракции в плоскости радужной оболочки. В результате этого до минимума снизилось число случаев разрыва края капсулорексиса, который отмечен в 5-й группе пациентов в 1 (0,7%) случае. Ни у одного пациента не отмечено дислокации ядра или его фрагментов в стекловидное тело. Выпадение стекловидного тела произошло в 2 (1,3%) случаях и не стало препятствием для внутрикапсульной имплантации ИОЛ после выполнения передней витрэктомии. На 1-й день в 71,2% случаев роговица была полностью прозрачной после стандартной ФЭ и в 79,1% после применения технологии OZil ( $p < 0,05$ ).

Применение внутрикапсульного кольца позволило во всех случаях в 6-й группе больных выполнить внутрикапсульную имплантацию ИОЛ. У 1 (0,7%) пациента возник ограниченный разрыв края капсулорексиса без

распространения к экватору (Табл. 8). Выпадение незначительной порции стекловидного тела произошло в 3 (2,1%) случаях и не стало препятствием для внутрикапсульной фиксации ИОЛ после проведения витрэктомии. Повреждение сфинктера зрачка после операций с применением ВКК встречалось значительно реже по сравнению с использованием крючков-ретракторов – в 3 (2,1%) случаях ( $p < 0,05$ ) (Табл. 8). Однако необходимо отметить, что при имплантации внутрикапсульного кольца у всех пациентов был достаточный мидриаз, в то время как при использовании крючков-ретракторов, наоборот, во всех случаях подвывих хрусталика сочетался с недостаточным мидриазом.

Таблица 8. Операционные и послеоперационные осложнения по группам оперированных больных. Число случаев (%).

Осложнение	Методика фиксации капсульного мешка		
	Крючки-ретракторы	Внутрикапсульное кольцо	Комбинированная методика
Разрыв края капсулорексиса	1 (0,7%)	1 (0,7%)	1 (0,9%)
Повреждение сфинктера зрачка	11 (7,2%)	3 (2,1%)	12 (10,6%)
Выпадение стекловидного тела	2 (1,3%)	3 (2,1%)	11 (9,7%)
Транзиторная гипертензия	48 (31,4%)	41 (29,1%)	38 (33,6%)
Иридоциклит	9 (5,9%)	7 (5,0%)	9 (8,0%)

Таблица 9. Острота зрения с наилучшей очковой коррекцией по группам оперированных больных через 3 месяца после операции. Число случаев (%).

Острота зрения	Методика фиксации капсульного мешка		
	Крючки-ретракторы	Внутрикапсульное кольцо	Комбинированная методика
0,8 – 1,0	135 (88,2%)	121 (85,8%)	91 (80,5%)
0,5 – 0,7	17 (11,1%)	18 (12,8%)	21 (18,6%)
0,3 – 0,4	1 (0,7%)	2 (1,4%)	1 (0,9%)

Частота случаев полностью прозрачной роговицы на 1-й день после операции с использованием внутрикапсульного кольца составила 70,2% после стандартной ФЭ и 77,3% после торсионной ФЭ ( $p < 0,05$ ). Частота

послеоперационных осложнений и острота зрения были сравнимы с применением крючков-ретракторов (Табл. 8,9).

В результате применения комбинированной методики фиксации в 7-й группе больных было обеспечено равномерное натяжение задней капсулы и достаточно надежная стабилизация положения капсульного мешка, которые при нарушениях связочного аппарата хрусталика являются основными мерами предупреждения тяжелых операционных и послеоперационных осложнений. Разработанная комбинированная методика фиксации капсульного мешка обеспечила возможность выполнения во всех случаях внутрикапсульной имплантации ИОЛ со стабильной послеоперационной фиксацией. Разрыв края капсулорексиса без его распространения к экватору капсульного мешка отмечен в 1(0,9%) случае. Незначительное повреждение сфинктера зрачка, практически не отразившееся на его диафрагмальной функции, существенно сниженной до операции у этой категории пациентов, выявлено в 12 (10,6%) случаях (Табл. 8).

Выпадение стекловидного тела в ходе операции в 7-й группе отмечено в 11 (9,7%) случаях (Табл. 8). После передней витрэктомии всем этим больным проведена внутрикапсульная имплантация ИОЛ. Децентрация ИОЛ при сроке наблюдения до 10 лет, потребовавшая её дополнительной шовной фиксации, отмечена у данной наиболее тяжелой категории пациентов лишь в 8 (7,1%) случаях. Частота случаев полностью прозрачной роговицы на 1-й день после операции при использовании комбинированной методики составила 56,6% после стандартной ФЭ и 62,8% после торсионной ФЭ. Биомикроскопически выявляемые признаки послеоперационного иридоциклита выявлены в 9 (8,0%) случаях (Табл. 8).

При проведении ФЭ в условиях подвывиха хрусталика равномерное натяжение капсулы и тщательно выполненная фиксация капсульного мешка являются основными мерами предупреждения тяжелых осложнений. Предложенные хирургические методики позволили во всех случаях выполнить внутрикапсульную имплантацию ИОЛ. Результаты проведенного исследования

показали важность дифференцированного подхода к выбору тех или иных хирургических приемов в ходе ФЭ при подвывихе хрусталика.

### **Сравнительное исследование ЗЭР при гибридной ФЭ**

Результаты проведенного исследования показали, что наименьшая травматизация ЗЭР при одинаковой степени плотности ядра хрусталика имеет место при гибридной ФЭ (Табл. 10, 11).

Таблица 10. Средняя потеря клеток ЗЭР через 3 месяца в %.

Степень плотности ядра	Технология удаления катаракты		
	Модифицированная гибридная ФЭ	Известная методика гибридной ФЭ	Торсионная ФЭ
II степень	3,3±1,1	3,7±1,2	4,3±1,2*
III степень	5,1±1,4	5,7±1,5	7,2±1,7*
IV степень	8,9±2,1	10,1±2,3	13,3±2,5*

Примечание: \*  $p < 0,05$ .

Полиморфизм и полимегатизм ЗЭР после торсионной ФЭ были выражены в большей степени, чем при обеих методиках гибридной ФЭ. Пахиметрическое исследование до- и через 3 месяца после операции показали несущественное увеличение толщины роговицы во всех группах (менее 0,01 мм).

### **Сравнительное исследование состояния заднего ЗЭР при различных методиках ультразвуковой ФЭ и гидромониторной ФФ**

Наиболее эффективной и одновременно наименее травматичной для ЗЭР ультразвуковой технологией являлась торсионная ФЭ (технология OZil), с которой при II степени плотности ядра сравнима гидромониторная ФФ (технология AquaLase) (Табл. 11). После гидромониторной ФФ хрусталика с ядром III степени плотности потеря клеток ЗЭР была существенно ( $p < 0,05$ ) выше по сравнению с торсионной ФЭ и сравнима ( $p > 0,05$ ) со стандартной ФЭ и ФЭ по технологии NeoSoniX (Табл. 11). С учетом потери клеток ЗЭР III степень плотности ядра хрусталика является основным фактором, ограничивающим современные возможности применения гидромониторной ФФ.

Наименьшая потеря клеток ЗЭР у больных с IV степенью плотности ядра была при использовании торсионной ФЭ ( $p < 0,05$ ) (Табл. 11), в особенности при комбинации торсионной ФЭ с разработанной «методикой формирования

пещеры» для удаления плотного ядра. Использование предложенного способа фрагментации ядра позволило снизить эффективное время УЗ в среднем на 21,3% при применении технологии NeoSoniX и на 17,7% при применении технологии OZil. Потеря клеток ЗЭР составила при торсионной ФЭ в комбинации с «методикой формирования пещеры»  $10,9 \pm 2,3\%$ , что существенно ( $p < 0,05$ ) меньше по сравнению с методом stop and chop –  $13,3 \pm 2,4\%$ , а при применении технологии NeoSoniX, соответственно,  $13,7 \pm 2,5\%$  и  $17,5 \pm 2,7\%$  ( $p < 0,05$ ). Однако при различных методах фрагментации ядра она оставалась при технологии NeoSoniX достоверно выше ( $p < 0,05$ ), чем при торсионной ФЭ.

Таблица 11. Средняя потеря клеток ЗЭР через 3 месяца после операции в %.

Степень плотности ядра	Технология удаления катаракты			
	Стандартная ФЭ	ФЭ по технологии NeoSoniX	Торсионная ФЭ (технология OZil)	Гидромониторная ФФ
II степень	$6,3 \pm 1,6$	$5,7 \pm 1,5$	$4,3 \pm 1,2^*$	$4,7 \pm 1,3^*$
III степень	$10,8 \pm 2,3$	$9,7 \pm 1,9$	$7,2 \pm 1,7^*$	$10,7 \pm 2,1^*$
IV степень	$19,7 \pm 2,9$	$17,5 \pm 2,7$	$13,3 \pm 2,5^*$	–

Примечание: \*  $p < 0,05$ .

Данные пахиметрического исследования до- и через 3 месяца после операции выявили во всех группах незначительное ( $p > 0,05$ ) увеличение толщины роговицы (менее 0,01 мм). Результаты исследования подтвердили существенные различия во влиянии современных методик ультразвуковой ФЭ и гидромониторной ФФ на степень потери клеток ЗЭР, а также важность минимизации энергетического воздействия в ходе операции.

### **Сравнительное исследование состояния ЗЭР при ультразвуковой ФЭ у больных с подвывихом хрусталика**

Послеоперационное состояние ЗЭР у пациентов с подвывихом хрусталика зависело с одной стороны от степени плотности ядра хрусталика, а с другой от объема манипуляций, которые требовались для надежной фиксации капсульного мешка. Потеря клеток ЗЭР при применении внутрикапсульного кольца не имела

существенных отличий ( $p > 0,05$ ) от группы больных с использованием крючков-ретракторов при всех степенях плотности ядра хрусталика (Табл. 12).

Таблица 12. Средняя потеря клеток ЗЭР через 3 месяца в %.

Степень плотности ядра	Методика фиксации капсульного мешка		
	Крючки-ретракторы	Внутрикапсульное кольцо	Комбинированная методика
II степень	7,3±1,7	7,7±1,8	11,6±2,7*
III степень	11,1±2,5	11,3±2,7	14,1±2,8*
IV степень	20,7±3,1	20,5±2,9	25,7±3,9

Примечание: \*  $p < 0,05$ .

Комбинированная методика, связанная с большим объемом манипуляций, была сопряжена с существенно большей потерей ЗЭР (Табл. 12). Применение торсионной ФЭ позволило уменьшить эффективное время УЗ в данной группе пациентов в среднем на 25,1% и соответственно этому существенно снизить потерю клеток ЗЭР, которая составила 8,7±1,7% при II степени плотности ядра хрусталика, 10,5±2,3% при III степени плотности, 19,2±2,7% у больных с IV степенью плотности ядра ( $p < 0,05$ ). Данные пахиметрического исследования не показали каких-либо различий до- и через 3 месяца после хирургического вмешательства ( $p > 0,05$ ).

Результаты проведенного исследования ЗЭР позволяют сделать вывод о наименьшей травматичности предложенной модификации гибридной ФЭ по сравнению с другими известными на сегодняшний день хирургическими методиками удаления хрусталика. Торсионная ФЭ является наименее травматичной для ЗЭР современной ультразвуковой технологией удаления катаракты, в том числе и у пациентов с подвывихом хрусталика.

### **Результаты морфометрического исследования центральной области сетчатки при современных методах удаления хрусталика**

Проведенное исследование показало, что ультразвуковые технологии ФЭ, в том числе низкоэнергетические, и гидромониторная ФФ имеют существенные различия во влиянии на послеоперационное состояние макулярной области сетчатки. После выполнения гидромониторной ФФ отмечено минимальное изменение морфометрических показателей макулярной области сетчатки,



которые были значительно менее выраженными ( $p < 0,05$ ) по сравнению с торсионной ФЭ и в особенности со стандартной ФЭ (Табл. 13,14). При этом торсионная ФЭ вызывала существенно меньшее ( $p < 0,05$ ) увеличение толщины макулярной области по сравнению со стандартной ФЭ (Табл. 14).

Таблица 13. Морфометрические показатели центральной области сетчатки до операции, через 3 дня и 1 месяц после гидромониторной ФФ и торсионной ФЭ.

Показатель морфометрии сетчатки	Технология удаления катаракты					
	Гидромониторная ФФ			Торсионная ФЭ		
	до	3 дня	1 месяц	до	3 дня	месяц
Толщина в фовеа в $\mu\text{m}$	196,7 $\pm$ 51,2	197,4 $\pm$ 51,9	197,8 $\pm$ 51,6	197,1 $\pm$ 51,5	203,2 $\pm$ 54,4	207,1 $\pm$ 53,7
Средняя толщина макулы в $\mu\text{m}$	266,9 $\pm$ 61,4	267,4 $\pm$ 61,9	268,1 $\pm$ 61,7	265,7 $\pm$ 1,2	277,7 $\pm$ 67,1	283,4 $\pm$ 65,3
Объем в $\text{мм}^3$	7,63 $\pm$ 1,11	7,67 $\pm$ 1,11	7,65 $\pm$ 1,12	7,64 $\pm$ 1,11	7,75 $\pm$ 1,13	7,87 $\pm$ 1,13

Таблица 14. Морфометрические показатели центральной области сетчатки до операции, через 3 дня и 1 месяц после торсионной ФЭ и стандартной ультразвуковой ФЭ.

Показатель морфометрии сетчатки	Технология удаления катаракты					
	Торсионная ФЭ			Стандартная ФЭ		
	до	3 дня	месяц	до	3 дня	месяц
Толщина в фовеа в $\mu\text{m}$	197,1 $\pm$ 51,5	203,2 $\pm$ 54,4	207,1 $\pm$ 53,7	196,3 $\pm$ 51,1	207,2 $\pm$ 53,7	226,7 $\pm$ 55,2
Средняя толщина макулы в $\mu\text{m}$	265,7 $\pm$ 61,2	277,7 $\pm$ 67,1	283,4 $\pm$ 65,3	266,3 $\pm$ 61,3	291,7 $\pm$ 67,1	301,3 $\pm$ 69,7
Объем в $\text{мм}^3$	7,64 $\pm$ 1,11	7,75 $\pm$ 1,13	7,87 $\pm$ 1,13	7,66 $\pm$ 1,12	8,11 $\pm$ 1,17	8,47 $\pm$ 1,19

Таким образом, данные исследования морфометрических показателей центральной области сетчатки показали, что гидромониторная ФФ в отличие от всех методов ультразвуковой ФЭ в меньшей степени оказывают влияние на морфометрические параметры макулярной области. Результаты проведенного исследования позволяют рекомендовать проведение гидромониторной ФФ у пациентов с наличием патологии макулярной области или риском её развития.

## ВЫВОДЫ

1. Проведенные клинические исследования и хирургическое лечение катаракты 766 больным (940 глаз) позволили изучить в сравнительном аспекте результаты различных методик ФЭ и разработать систему современных хирургических технологий на основе гибридной ФЭ, низкоэнергетических технологий ультразвуковой ФЭ, гидромониторной ФФ, которая повышает эффективность хирургического удаления хрусталика и сокращает сроки реабилитации пациентов. Предложены собственные модификации гибридной ФЭ, ультразвуковой ФЭ и гидромониторной ФФ.

2. Разработана новая методика фрагментации и эмульсификации плотного ядра хрусталика, позволяющая повысить эффективность ультразвуковой ФЭ с одновременным снижением энергетической нагрузки на ткани глазного яблока.

2.1. Использование предложенного способа фрагментации ядра позволило снизить эффективное время УЗ в среднем на 21,3% при применении технологии NeoSoniX и на 17,7% при применении торсионной ФЭ.

2.2. Потеря клеток ЗЭР составила при торсионной ФЭ в комбинации с «методикой формирования пещеры»  $10,9 \pm 2,3\%$ , что существенно ( $p < 0,05$ ) меньше по сравнению с методом stop and chop –  $13,3 \pm 2,4\%$ , а при применении технологии NeoSoniX, соответственно,  $13,7 \pm 2,5\%$  и  $17,5 \pm 2,7\%$  ( $p < 0,05$ ).

3. Разработаны методики применения низкоэнергетических ультразвуковых технологий в осложненных клинических ситуациях у пациентов с подвывихом хрусталика I-II степени, в том числе при узком ригидном зрачке, с использованием внутрикапсульных колец, крючков-ретракторов собственной модификации, а также их комбинации, которые позволяют существенно повысить результаты хирургического вмешательства, обеспечивают возможность наиболее физиологичной внутрикапсульной имплантации ИОЛ и снижение числа осложнений.

4. Предложен дифференцированный подход к выбору техники выполнения гидромониторной ФФ, разработаны хирургические приемы её выполнения в

зависимости от плотности ядра хрусталика и определены современные возможности данной хирургической технологии в клинической практике.

5. Разработана модифицированная технология гибридной ФЭ, обоснован дифференцированный подход к выбору мощности фемтосекундного лазера и паттерна фрагментации в зависимости от плотности ядра хрусталика.

6. Разработана методика гибридной ФЭ при перезрелой катаракте, расширяющая возможности использования фемтосекундного лазера в хирургии катаракты, существенно повышающая анатомический и функциональный результат вмешательства и обеспечивающая реабилитацию данной категории больных на качественно новом уровне.

7. Применение разработанной технологии гибридной ФЭ повышает эффективность хирургического вмешательства, в особенности при удалении плотных (IV степени плотности) катаракт, позволяет существенно снизить энергетическую нагрузку на ткани глазного яблока, сокращает сроки реабилитации пациентов.

7.1. Среднее эффективное время УЗ составило у больных с II степенью плотности ядра  $0,56 \pm 0,11$  секунд при применении разработанной методики гибридной ФЭ и  $0,83 \pm 0,17$  секунд при известной методике ( $p < 0,05$ ); у больных с III степенью плотности ядра, соответственно,  $2,04 \pm 0,37$  и  $2,97 \pm 0,53$  ( $p < 0,05$ ); у больных с IV степенью плотности ядра –  $3,95 \pm 0,81$  при использовании разработанной методики и  $5,11 \pm 1,03$  ( $p < 0,05$ ) при известной методике гибридной ФЭ.

7.2. Полностью прозрачная роговица на 1-й день после хирургического вмешательства получена при II степени плотности ядра хрусталика в 94,2% случаев после разработанной методики гибридной ФЭ и в 90,5% случаев после известной методики; при III степени плотности, соответственно, в 90,4% и 84,1%; при IV степени плотности, соответственно, в 82,5% и 77,3% случаев.

8. Гибридная ФЭ сопровождается наименьшей потерей клеток ЗЭР по сравнению с другими известными методиками ультразвуковой ФЭ и гидромониторной ФФ при всех степенях плотности ядра хрусталика. При этом

гидромониторная ФФ сравнима по степени потери клеток ЗЭР с методиками ультразвуковой ФЭ только при I и II степенях плотности ядра хрусталика и связана с большей потерей ЗЭР при III степени плотности ядра, что является основным фактором, ограничивающим её применение.

9. По данным ОКТ гидромониторная ФФ в отличие от всех методик ультразвуковой ФЭ в наименьшей степени оказывает негативное влияние на морфометрические параметры макулярной области сетчатки ( $p < 0,05$ ).

10. Проведенные исследования показали, что применение гибридной ФЭ, в особенности в комбинации с торсионной ФЭ, позволяет выполнять удаление хрусталика на качественно новом технологическом уровне, недостижимом при мануальной технике, существенно снижать травматичность вмешательства. Гидромониторная ФФ является оптимальной хирургической технологией для больных с I – II степенью плотности ядра, так как минимизирует в этих случаях травматичность операции для тканей глазного яблока по сравнению со всеми известными на сегодняшний день методиками ультразвуковой ФЭ.

11. На основе комплексного клинического исследования разработана система современных методов хирургического лечения катаракты, при которой выбор хирургической технологии обосновывается степенью плотности ядра хрусталика, состоянием связочно-капсулярного аппарата хрусталика и радужной оболочки.

### **Практические рекомендации**

Выбор хирургической технологии удаления хрусталика обосновывается, прежде всего, степенью плотности ядра хрусталика, состоянием связочно-капсулярного аппарата хрусталика и радужной оболочки.

При удалении плотных катаракт (IV степени плотности) целесообразно использовать при фрагментации и эмульсификации ядра разработанную методику формирования пещеры, которая сокращает эффективное время УЗ и способствует минимальной по сравнению с другими способами травматизации ЗЭР.

Разработанная технология гибридной ФЭ повышает эффективность хирургического вмешательства, в особенности при удалении плотных катаракт (IV степени плотности), позволяет существенно снизить энергетическую нагрузку на ткани глазного яблока, сокращает сроки реабилитации пациентов.

У пациентов с подвывихом хрусталика I-II степени, в том числе при узком ригидном зрачке, рекомендовано применять предложенные хирургические технологии с использованием ВКК, крючков-ретракторов собственной модификации, а также комбинации крючков-ретракторов и одного или двух ВКК одновременно с разработанной методикой внекапсульной фрагментации двух полуядер, что позволяет повысить эффективность хирургического вмешательства, обеспечивает возможность внутрикапсульной имплантации ИОЛ и снижение числа осложнений.

Основным показанием к использованию гидромониторной ФФ является катаракта I - II степени плотности, в особенности при наличии сопутствующей патологии макулярной области сетчатки. III степень плотности ядра хрусталика является основным фактором, ограничивающим современные возможности применения гидромониторной ФФ.

#### **Список работ, опубликованных по теме диссертации**

1. Краснов М.М., Мустаев И.А., Каспаров А.А., Юсеф Н.Ю., Мамиконян В.Р., Введенский А.С., Юссеф С.Н., Школяренко Н.Ю., Мутонен Н.В., Гусева Е.В. Методика внекапсульной фрагментации полуядер при факоэмульсификации плотных катаракт // Российский симпозиум по рефракционной хирургии, 2-й: Тез. докл. – М., 2000. – С. 50.
2. Youssef Y.N., Vvedensky A.S., Youssef S.N. Technique of phacoemulsification of subluxated crystalline lens // XIX Congress of the ESCRS. – Amsterdam., 2001. – P. 252–253.
3. Youssef Y.N., Vvedensky A.S., Youssef S.N. Out-capsule phacoemulsification of semi-nuclei of dense cataracts // XIX Congress of the ESCRS. – Amsterdam., 2001. – P. 252–253.
4. Аветисов С.Э., Юсеф Н.Ю., Мамиконян В.Р., Введенский А.С., Юссеф С.Н., Мутонен Н.В. Оригинальный метод внекапсульной фрагментации ядра хрусталика при факоэмульсификации // **Вестник офтальмологии.** – 2002. - № 5. – С. 18–21.

5. Аветисов С.Э., Юсеф Ю.Н., Мамиконян В.Р., Юссеф С.Н., Школярченко Н.Ю., Введенский А.С. Анализ отдаленных изменений капсулы хрусталика после факоэмульсификации и экстракапсулярной экстракции катаракты с имплантацией различных типов ИОЛ // Российский симпозиум по рефракционной и пластической хирургии, 4-й : Тез. докл. – М., 2002. – С. 133 – 137.
6. Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р., Юсеф Н.Ю., Юсеф С.Н., Школярченко Н.Ю., Введенский А.С. Влияние изменений капсулы хрусталика на остроту зрения в зависимости от типа имплантируемой ИОЛ и метода экстракции катаракты // VIII Международный симпозиум по рефракционной и катарактальной хирургии: Тез. докл. – М., 2003. – С. 52.
7. Мамиконян В.Р., Юсеф Н.Ю., Введенский А.С., Юссеф С.Н., Резникова Е.В. Сравнительный анализ изменений эндотелия роговицы после факоэмульсификации катаракты у пациентов с миопией высокой степени // VIII Международный симпозиум по рефракционной и катарактальной хирургии: Тез. докл. – М., 2003. – С. 53.
8. Юсеф Н.Ю., Введенский А.С., Юссеф С.Н., Резникова Е.В. Особенности факоэмульсификации катаракты у пациентов с высокой степенью миопии // Юбилейный симпозиум ГУ НИИГБ РАМН: Тез. докл. – М., 2003. – С. 318.
9. Юсеф Н.Ю., Юсеф С.Н., Амбарцумян А.Р., Введенский А.С., Резникова Е.В. Факоэмульсификация катаракты у пациентов с высокой степенью миопии // Современные аспекты офтальмологии: Сб. науч. трудов. – Казань, 2004. – С. 200 – 204.
10. Мамиконян В.Р., Аветисов С.Э., Юсеф Н.Ю., Введенский А.С., Юссеф С.Н., Резникова Е.В. Новый метод макрофрагментации плотных хрусталиковых ядер с помощью петлевого фрагментатора // **Вестник офтальмологии.** – 2004. - № 2. – С. 3–5.
11. Мамиконян В.Р., Юсеф Н.Ю., Юссеф С.Н., Резникова Е.В., Амбарцумян А.Р., Введенский А.С. Факоэмульсификация катаракты у пациентов с высокой степенью миопии // **Вестник офтальмологии.** – 2004. - № 6. – С. 3–5.
12. Юсеф Н.Ю., Юссеф С.Н., Резникова Е.В., Введенский А.С. Хирургия катаракты у пациентов с высокой близорукостью // **Вестник офтальмологии.** – 2005. - № 6. – С. 47–49.
13. Юсеф Н.Ю., Юссеф С.Н., Макаров И.А., Амбарцумян А.Р., Школярченко Н.Ю. Эргономические аспекты при помутнениях задней капсулы после факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии – 2005: Сб. науч. статей. – М., 2005 – С. 319 – 324.
14. Юсеф Н.Ю., Касьянов А.А., Юссеф С.Н., Иванов М.Н., Шевелев А.Ю., Шашорина С.А. Особенности расчета оптической силы интраокулярных линз при микрофтальме // **Вестник офтальмологии.** – 2006. - № 5. – С. 38–39.
15. Юсеф Н.Ю., Введенский А.С., Юссеф С.Н., Шарнина Т.В. Антиглаукоматозные операции в комбинации с факоэмульсификацией // Евро-Азиатская конференция по офтальмохирургии, 4-я: Тез. докл. - Екатеринбург, 2006. - С. 83.

16. Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р., Юсеф Ю.Н., Юссеф С.Н., Казарян Э.Э., Галоян Н.С., Шашорина С.А. Сравнительная оценка влияния гидромониторной факофрагментации и ультразвуковой факоэмульсификации на морфометрические параметры центральной области сетчатки. // **Вестник офтальмологии.** – 2008. - №1. – С.8-11.
17. Юсеф Н.Ю., Шашорина С.А., Юссеф С.Н., Казарян Э.Э., Галоян Н.С. Сравнительное исследование морфометрических параметров центральной области сетчатки после гидромониторной факофрагментации и ультразвуковой факоэмульсификации. // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии – 2009 (Сб. науч. работ). – М., 2009 – С. 240 – 244.
18. Мамиконян В.Р., Юсеф Н.Ю., Введенский А.С., Юссеф С.Н., Казарян Э.Э., Галоян Н.С., Татевосян А.А. Результаты комбинированного хирургического лечения пациентов с сочетанием открытоугольной глаукомы и катаракты // **Вестник офтальмологии.** – 2010. – № 4. – С. 3–6.
19. Юсеф Н.Ю., Введенский А.С., Юссеф С.Н. Микроинвазивная факохирургия в осложненных ситуациях // Съезд офтальмологов России, 9-й: Тез. докл. – М., 2010. – С. 229.
20. Юсеф С.Н., Юссеф Н.Ю. Сравнительная оценка новой методики фрагментации ядра хрусталика при факоэмульсификации плотных катаракт // **Вестник офтальмологии.** – 2012. - №5. – С.18 - 20.
21. Юссеф С.Н. Сравнительное исследование состояния заднего эпителия роговицы при применении различных технологий факоэмульсификации // **Вестник офтальмологии.** – 2012. - №6. – С.34 - 37.
22. Юссеф С.Н., Юсеф Ю.Н., Иванов М.Н. Некоторые особенности факоэмульсификации при подвывихе хрусталика // **Вестник офтальмологии.** – 2013. - №3. – С. 12 - 15.
23. Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р., Юсеф Ю.Н., Юссеф С.Н., Иванов М.Н., Аветисов К.С. Гибридная факоэмульсификация – новый этап в совершенствовании хирургии катаракты (?) // **Вестник офтальмологии.** – 2014. - № 2. – С. 4 - 7.
24. Юсеф Ю.Н., Юссеф С.Н., Аветисов К.С., Иванов М.Н. Гибридная факоэмульсификация – современный этап совершенствования хирургического лечения катаракты // Съезд офтальмологов России, 10-й: Тез. докл.. – М., 2015. – С. 250.
25. Юссеф С.Н. Модифицированная технология гибридной факоэмульсификации // **Вестник офтальмологии.** – 2015. - №3. – С. 56 - 60.
26. Аветисов К.С., Иванов М.Н. Юсеф Ю.Н. Юссеф С.Н., Асламазова А.Э., Фокина Н.Д. Морфологические и клинические аспекты передней капсулотомии в факохирургии с применением фемтосекундного лазера // **Вестник офтальмологии.** – 2017. - №4. – С. 83 - 88.
27. Аветисов С.Э., Юсеф Ю.Н., Юссеф С.Н., Аветисов К.С., Иванов М.Н., Фокина Н.Д., Асламазова А.Э., Алхарки Л. Современные возможности хирургии старческой катаракты // **Клиническая геронтология.** – 2017. - № 11 – 12. – С. 84 – 91.

### **Список изобретений по теме диссертации**

1. Юсеф Ю.Н., Юссеф С.Н., Введенский А.С., Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р., Иванов М.Н., Аветисов К.С., Школяренко Н.Ю., Рыжкова Е.Г. Способ факоэмульсификации перезрелой катаракты // Патент РФ на изобретение № 2553188 от 16.04.2014.
2. Юсеф Ю.Н., Юссеф С.Н., Введенский А.С., Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р., Иванов М.Н., Аветисов К.С., Школяренко Н.Ю., Рыжкова Е.Г. Способ гибридной факоэмульсификации катаракты при узком ригидном зрачке и иридохрусталиковых синехиях // Патент РФ на изобретение № 2553503 от 25.06.2014.

### **Список сокращений**

ФЭ – факоэмульсификация  
ФФ – факофрагментация  
УЗ – ультразвук  
ИОЛ – интраокулярная линза  
ФСЛ – фемтосекундный лазер  
ЗЭР – задний эпителий роговицы  
ОКТ – оптическая когерентная томография  
ВКК – внутрикапсульное кольцо  
ПММА - полиметилметакрилат