

На правах рукописи

ХАЛЕЦКАЯ АНАСТАСИЯ АНДРЕЕВНА

**МЕТОД ПРОФИЛАКТИКИ СИНДРОМА ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ
ДЕВИАЦИИ ИРРИГАЦИОННОГО ПОТОКА ПРИ
ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ КАТАРАКТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ**

3.1.5 – Офтальмология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Москва – 2024

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Научный руководитель: **Малюгин Борис Эдуардович**
доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, академик РАЕН, заслуженный деятель науки РФ, заместитель генерального директора по научной работе ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России

Официальные оппоненты: **Кожухов Арсений Александрович**
доктор медицинских наук, профессор, директор ООО «Офтальмологическая клиника Спектр»

Коновалов Михаил Егорович
доктор медицинских наук, профессор, главный врач клиники «Офтальмологический центр Коновалова»

Ведущая организация:
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт глазных болезней имени М.М. Краснова»

Защита диссертации состоится «24» июня 2024 г. в ___ часов на заседании диссертационного совета Д 21.1.021.01 при ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России по адресу: 127486, Москва, Бескудниковский бульвар, д. 59А.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-медицинской библиотеке ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России.

Автореферат разослан «___» _____ 2024 г.

Ученый секретарь диссертационного совета

доктор медицинских наук

И.А. Мушкова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Витрео-лентиккулярный интерфейс является зоной контакта анатомически сложных структур глаза, а именно капсульно-связочного аппарата хрусталика и переднего гиалоида стекловидного тела. Согласно традиционной концепции, витрео-лентиккулярный интерфейс формируется задней капсулой хрусталика спереди и ПГ сзади, между которыми находится узкое пространство, называемое пространством Бергера. Это пространство ограничено связкой Вигера, известной также как кольцо гиалоидно-капсулярной адгезии, за которой располагается щелевидный канал Пети. Первоначальное описание структур ВЛИ было сделано в работах Wieger G., Berger E. и Egger A. в XIX веке.

Пространство Бергера часто называют «возможным» поскольку его изучение *in vivo* у пациентов вызывает трудности. Однако, при патологическом скоплении жидкости в нем и/или гиперрефлективного материала при слабости Цинновой связки его визуализация становится допустимой (Bergua A, Kuchle M. 2002). Учитывая, что базовое анатомическое строение было установлено в XIX веке, витрео-лентиккулярный интерфейс продолжает оставаться малоисследованным из-за сложности его визуализации.

С возникновением метода оптической когерентной томографии открылись новые возможности более детальной диагностики ВЛИ в до-, интра- и послеоперационном периоде (Егорова Е.В. и соавт. 2020., Шаимова В.А. и соавт. 2021). А интегрированная в микроскоп ОКТ-система позволила подтвердить классическое строение ретролентального пространства (Tassignon M. 2011). Благодаря высокой скорости и разрешению интраоперационной оптической когерентной томографии появилась возможность детального изучения разных структур глаза во время факоэмульсификации катаракты. Пространство Бергера не визуализируется или имеет щелевидный профиль в случае, если наблюдается плотная взаимосвязь между передними кортикальными слоями стекловидного тела и задней капсулой хрусталика. Чаще всего оно просматривается, как

гипорефлективное пространство, но при развитии синдрома интраоперационной девиации ирригационных потоков в него могут попадать инородные частицы через зонулярную связку с током ирригационной жидкости (Анисимова Н.С. и соавт., 2020.) Фактором риска данного синдрома является выраженная несостоятельность связочного аппарата, поддерживающего хрусталик в правильном положении.

Факоэмульсификация катаракты с последующей имплантацией интраокулярной линзы приводит к изменению капсульно-связочного аппарата хрусталика (Гринев А.Г., 2008, Егорова Э.В. с соавт., 2011). В результате таких изменений происходит сдвиг задней капсулы хрусталика кпереди, это является особенностью интра- и послеоперационной трансформации структур витрео-лентикулярного интерфейса. Тем не менее, клинические исследования ретролентального пространства в доступной отечественной и мировой литературе весьма скудны.

Вышеизложенное делает акцент на необходимости поиска современных методов хирургического лечения с целью профилактики возникновения синдрома интраоперационной девиации ирригационного потока во время факоэмульсификации катаракты у пациентов с нарушением связочного аппарата хрусталика, что позволяет сформулировать цель и задачи настоящего исследования.

Цель исследования

На основе всестороннего экспериментального, математического и клинического анализа состояния витрео-лентикулярного интерфейса и с использованием оптического когерентного томографа, встроенного в операционный микроскоп, разработать метод факоэмульсификации катаракты, обеспечивающий профилактику синдрома интраоперационной девиации ирригационного потока.

Задачи исследования

1. На основании клинической оценки структур переднего отрезка глаза во время факоэмульсификации катаракты изучить диагностические возможности, клиническую значимость и последовательность применения метода интраоперационной оптической когерентной томографии.

2. Разработать математическую модель гидродинамических закономерностей взаимодействия ирригационного потока во время ультразвуковой факоэмульсификации с витрео-лентиккулярным интерфейсом при целостном и нарушенном связочном аппарате хрусталика.

3. На основании гистологического строения витрео-лентиккулярного интерфейса разработать экспериментальную модель синдрома интраоперационной девиации ирригационного потока на изолированных свиных глазах.

4. Разработать метод ультразвуковой факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ, обеспечивающий профилактику синдрома интраоперационной девиации ирригационных потоков.

5. С использованием интраоперационной оптической когерентной томографии изучить интраоперационные особенности состояния витрео-лентиккулярного интерфейса, частоту встречаемости отслойки переднего гиалоида и признаки синдрома интраоперационной девиации ирригационных потоков.

6. На основании сравнительного анализа клинико-функциональных результатов пациентов, прооперированных стандартным способом факоэмульсификации катаракты и с использованием разработанного метода, доказать эффективность его применения в клинической практике.

Научная новизна

1. Впервые разработана математическая модель, описывающая закономерности гидродинамики и воздействия ирригационных потоков на витрео-лентиккулярный интерфейс во время ультразвуковой

факоэмульсификации при целостном и нарушенном связочном аппарате хрусталика. Обоснована возможность рестрикции проникновения ирригационной жидкости сквозь Циннову связку в пространство Бергера с использованием защитного слоя дисперсивного вискоэластика для обеспечения профилактики отслойки переднего гиалоида и сохранения интактным пространства Бергера.

2. Впервые детально изучены структуры витрео-лентикулярного интерфейса посредством интраоперационной оптической когерентной томографии в режиме реального времени и предложена последовательность применения данного метода для оценки структур переднего отрезка глаза во время факоэмульсификации.

3. Впервые разработан оригинальный хирургический метод разобщения переднего и заднего отрезков глазного яблока с использованием дисперсивного вискоэластика (Вискоблок), целесообразный для применения при факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ для профилактики синдрома интраоперационной девиации ирригационных потоков у пациентов группы риска.

Практическая значимость

1. Определена последовательность применения интраоперационной оптической когерентной томографии для оценки структур переднего отрезка глаза во время ультразвуковой факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ, обеспечивающая снижение интраоперационных осложнений, что позволяет рекомендовать его для использования в клинической практике.

2. Разработанный хирургический метод профилактики синдрома интраоперационной девиации ирригационных потоков с использованием дисперсивного вискоэластика при ультразвуковой факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ под контролем интраоперационной оптической когерентной томографии является безопасными и эффективными, позволяя предотвратить развитие признаков СИДИП у пациентов с нарушением связочного аппарата

хрусталика, что снижает риск развития интра- и послеоперационных осложнений.

Основные положения, выносимые на защиту

Разработанный на основе математического моделирования и изученный клинически метод хирургической профилактики синдрома интраоперационной девиации ирригационных потоков при ультразвуковой факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ, заключающийся во введении дисперсивного вискоэластика под радужку над Цинновой связкой на протяжении 360 угловых градусов под контролем интраоперационной оптической когерентной томографии, обеспечивает профилактику осложнений у пациентов с нарушениями связочного аппарата хрусталика и целесообразен для использования в клинической практике у пациентов группы риска.

Внедрение в практику

Разработанная методика внедрена в практическую деятельность головной организации и филиалов ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» МЗ РФ. Результаты и положения работы используются в учебном процессе Института непрерывного профессионального образования ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» МЗ РФ.

Апробация работы

Основные положения диссертации доложены и обсуждены на научно-практических конференциях МНТК «Микрохирургия глаза», на XXII-м и XXIII-м Всероссийском конгрессе с международным участием «Современные технологии катарактальной, рефракционной и роговичной хирургии» (Москва, 2022, 2023).

Публикации

По теме диссертации опубликована 1 печатная работа в журнале, рекомендованном ВАК РФ, принята к печати 1 работа в журнал, рекомендованный ВАК РФ, получено 2 патента РФ на изобретение: «Способ факоэмульсификации катаракты, обеспечивающий профилактику и купирование синдрома интраоперационной девиации ирригационного потока» №2754517 от 27.01.2021., «Способ факоэмульсификации катаракты у пациентов с помутнениями роговицы» №2758027 от 02.04.2021г.

Объем и структура диссертации

Диссертационное исследование изложено на 113 страницах машинописного текста, иллюстрировано 31 рисунком, 8 таблицами. Работа состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов, глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы, включающего 136 источников, из них 23 отечественных и 113 зарубежных.

Работа выполнена на базе отдела трансплантационной и оптико-реконструктивной хирургии переднего отрезка глаза ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава РФ, под руководством заместителя генерального директора по научной работе ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава РФ, доктора медицинских наук, профессора, член-корреспондента РАН, заслуженного деятеля науки РФ Малюгина Б.Э.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

Диссертационная работа представляет собой несколько этапов состоящих из математических, экспериментальных и клинических исследований.

Первый этап - определение последовательности применения иОКТ при ФЭК с имплантацией ИОЛ для оценки структур переднего отрезка глаза.

Второй этап - разработка математического моделирования с определением закономерностей гидродинамики и взаимодействия ирригационного потока с ВЛИ во время ультразвуковой ФЭК, при целостном и нарушенном связочном аппарате хрусталика. Возможности проникновения ирригационной жидкости сквозь ЦС в пространство Бергера при различной степени сохранности связочного аппарата и наличии вязкого защитного слоя - вискоэластика. Далее создание экспериментального моделирования СИДИП в энуклеированных свиных глазах с оценкой строения ВЛИ при помощи иОКТ во время ФЭК и гистологического исследования.

Математическое моделирование выполняли на базе Вычислительного центра ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России совместно с заведующим центром к.т.н. Бессарабовым А.Н.

Гистологическое изучение структур ВЛИ было выполнено на базе Лаборатории патологической анатомии и гистологии глаза ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России совместно с заведующей центром к.м.н. Шацких А.В. Отработана экспериментальная модель синдрома интраоперационной девиации ирригационного потока и проведена оценка состояния ВЛИ с помощью иОКТ на энуклеированных свиных глазах при ФЭК.

Третий этап - разработка хирургического метода, названного «Вискоблок». Полученные данные реализовывались в клинической практике. Пациентам с диагнозом осложненной катаракты, проводили операции по предложенному методу. Все исследования были выполнены под руководством и при непосредственном участии д.м.н., проф., чл.-корр. РАН Малюгиным Б.Э.

Общая характеристика клинического материала

Данная часть работы базируется на изучении возможностей применения иОКТ при ФЭК с имплантацией ИОЛ 50 пациентов (50 глаз) – 1 группа исследования, а также анализе клинико-функциональных исследований и хирургического лечения 50 пациентов (50 глаз) с диагнозом осложненная катаракта - 2 А (основная) и 2 Б (контрольная) группы. Все пациенты, которые вошли в исследование, обратились в головную организацию ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» и МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава РФ с жалобами на выраженное снижение зрения. Все представленные операции были выполнены одним хирургом (проф. Малюгин Б.Э.). Сбор жалоб, анамнеза, проведение и анализ результатов дооперационных и послеоперационных исследований выполнены автором.

Группа исследования №1 - вошли 50 глаз 50 пациентов, у которых при проведении ультразвуковой ФЭК с имплантацией ИОЛ в капсульный мешок, использовалось иОКТ для изучения его диагностических возможностей и определения последовательности применения для осмотра переднего отрезка глаза в ходе хирургического лечения.

Группа №2 А (основная) - вошли 25 глаз 25 пациентов, которым была проведена модифицированная методика ультразвуковой ФЭК с имплантацией ИОЛ в капсульный мешок методом «Вискоблок».

Группа №2 Б (контрольная) - вошли 25 глаз 25 пациентов, которым была проведена ультразвуковая ФЭК с имплантацией ИОЛ в капсульный мешок в классическом её исполнении.

Всем пациентам, включенным в исследование, было проведено комплексное клинико-функциональное обследование. Помимо стандартных методов исследования (биомикроскопия, визометрия, авторефрактометрия, тонометрия, кератотопография, периметрия, офтальмоскопия, ультразвуковое В-сканирование) применяли и дополнительные методы исследования: ультразвуковая биомикроскопия (УБМ) и ОКТ переднего отрезка глаза. Во время хирургии катаракты применялось иОКТ.

Критериями включения пациентов в дальнейшее исследование были: средняя переднезадняя ось (ПЗО) глазного яблока, наличие катаракты, осложненной псевдоэксфолиативным синдромом (ПЭС) 1-2 степени, плотность ядра хрусталика 2-3 степени, подвывих хрусталика 1-2 степени, а именно наличие по данным УБМ дефекта в 3-4 исследуемых участках (на 12, 3, 6 и 9 часах) - частичный или полный отрыв задней порции волокон ЦС, передняя и средняя порции были сохранены; наличие по данным ОКТ SOLIX (Optovue, США) плотной адгезия ПГ к ЗКХ.

Критериями исключения были: дистрофии роговицы, подвывих хрусталика 3 степени, плотность ядра хрусталика 4-5 степени, глаукома, миопия и гиперметропия средней и высокой степени, отслойка сетчатки, пациенты с отслойкой ПГ, зафиксированной перед хирургическим лечением.

Статистическая обработка данных

Статистический анализ результатов исследований проводили на персональном компьютере с ПО Prisma 9.1.0. Для оценки полученных данных использовали методы параметрической и непараметрической описательной статистики с определением медианы (Me) и стандартного отклонения ($\pm\sigma$). Статистическую значимость различий между группами оценивали с использованием t-критерия для зависимых выборок. Различия сравниваемых показателей принимали достоверными при уровне значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для реализации поставленной цели работа была разделена на последовательные этапы, которые соответствовали задачам исследования.

Результаты изучения диагностических возможностей и определения последовательности применения иОКТ для оценки структур переднего отрезка глаза во время ФЭК

Данный этап работы был основан на анализе результатов стандартно выполненной ультразвуковой ФЭК с имплантацией ИОЛ у 50 пациентов (50 глаз)

с применением иОКТ на разных этапах хирургического лечения. В данной группе проводилось пошаговое применение иОКТ с оценкой структур переднего отрезка, а также регистрацией возникших признаков СИДИП и интраоперационных осложнений.

Последовательная оценка анатомических структур переднего отрезка глаза, проводимая при помощи иОКТ во время ФЭК, была структурирована и представлена в настоящей работе. Применение иОКТ при ФЭК являлось пошаговым, начиналось с передней поверхности глазного яблока и продвигалось к глубже лежащим структурам. А именно, вначале иОКТ оценивалась роговица, далее переходили к передней камере глаза и состоянию радужной оболочки, следом визуализировали хрусталик и его капсулу, в конце приступали к изучению ВЛИ и его передних структур.

В группе исследования №1 иОКТ были зафиксированы следующие признаки СИДИП: смещение ЗКХ до уровня переднего капсулорексиса в 34% случаях, а до уровня радужной оболочки и выше в 8% случаях; наличие хрусталикового детрита в ретролентальном пространстве в 24% случаях. Дополнительно методом иОКТ были зарегистрированы интраоперационные осложнения: разрыв ЗКХ в 4% случаях; выпадение радужной оболочки в хирургические доступы в 6% случаях; гидродиссекция, прошедшая между ядром и кортикальным слоем зафиксирована в 52% случаях.

Большая часть выявленных признаков СИДИП в группе исследования №1 зарегистрирована при помощи иОКТ в ходе хирургического лечения. Их современная визуализация дала возможность предпринять меры обеспечившие успешное завершение хирургического вмешательства.

Предложенная последовательность использования иОКТ при ФЭК дает хирургу четкое представление о передних структурах глаза, позволяет в полной мере визуализировать этапы операции на каждом уровне в режиме реального времени и отслеживать взаимодействие между хирургическими инструментами и оперируемой тканью, помогает предотвратить или обнаружить интраоперационные осложнения на ранних этапах.

Результаты математического моделирования

Путем математического моделирования определяли закономерности гидродинамического взаимодействия ирригационного потока с ВЛИ во время ультразвуковой ФЭК при целостном и нарушенном связочном аппарате хрусталика. Изучали возможности проникновения ирригационной жидкости сквозь ЦС в пространство Бергера при различной степени сохранности связочного аппарата и наличии вязкого защитного слоя – вискоэластика (ВЭ) с целью профилактики отслойки ПГ и сохранения Бергера пространства.

Полученные данные позволили рассчитать поток ирригационной жидкости при разном давлении водного столба, в соответствии с законом Дарси и уравнением Пуазейля, для сохранных ЦС, для нарушенных ЦС и для нарушенных ЦС, «покрытых» ВЭ. Были представлены зависимости доли прохождения ирригационного потока (в %) сквозь ЦС в пространство Бергера от коэффициента проницаемости при различных значениях давления ирригации. Значения коэффициента проницаемости ЦС рассматривали в диапазоне от 0,0010 до 0,0018 Д.

При помощи математического моделирования было выявлено, что ЦС в норме можно считать проницаемой мембраной с коэффициентом проницаемости 0,014 Д. При таком значении проницаемости ирригационная жидкость практически не проникает в пространство Бергера. Также доказано, что при нарушенном связочном аппарате, когда часть связок отсутствует и толщина ЦС уменьшена, ирригационная жидкость может частично попадать в пространство Бергера, что согласуется с клиническими данными. При нарушенном связочном аппарате защитный слой ВЭ снижает проникновение ее в пространство Бергера на 20%.

Результаты гистологического исследования и экспериментального моделирования СИДИП на свиных глазах

Несколько изолированных образцов с нативным хрусталиком были направлены на гистологическое исследование с целью изучения особенностей расположения анатомических структур ВЛИ (Рисунок 1). Полученные

результаты позволили сделать вывод о схожести анатомического строения ВЛИ свиного глаза и глаза человека. Но следует учитывать особенности строения ЗКХ свиного глаза (толщина ЗКХ свиньи составляет около 13 мкм, когда ЗКХ человека варьирует в пределах 7-8 мкм).

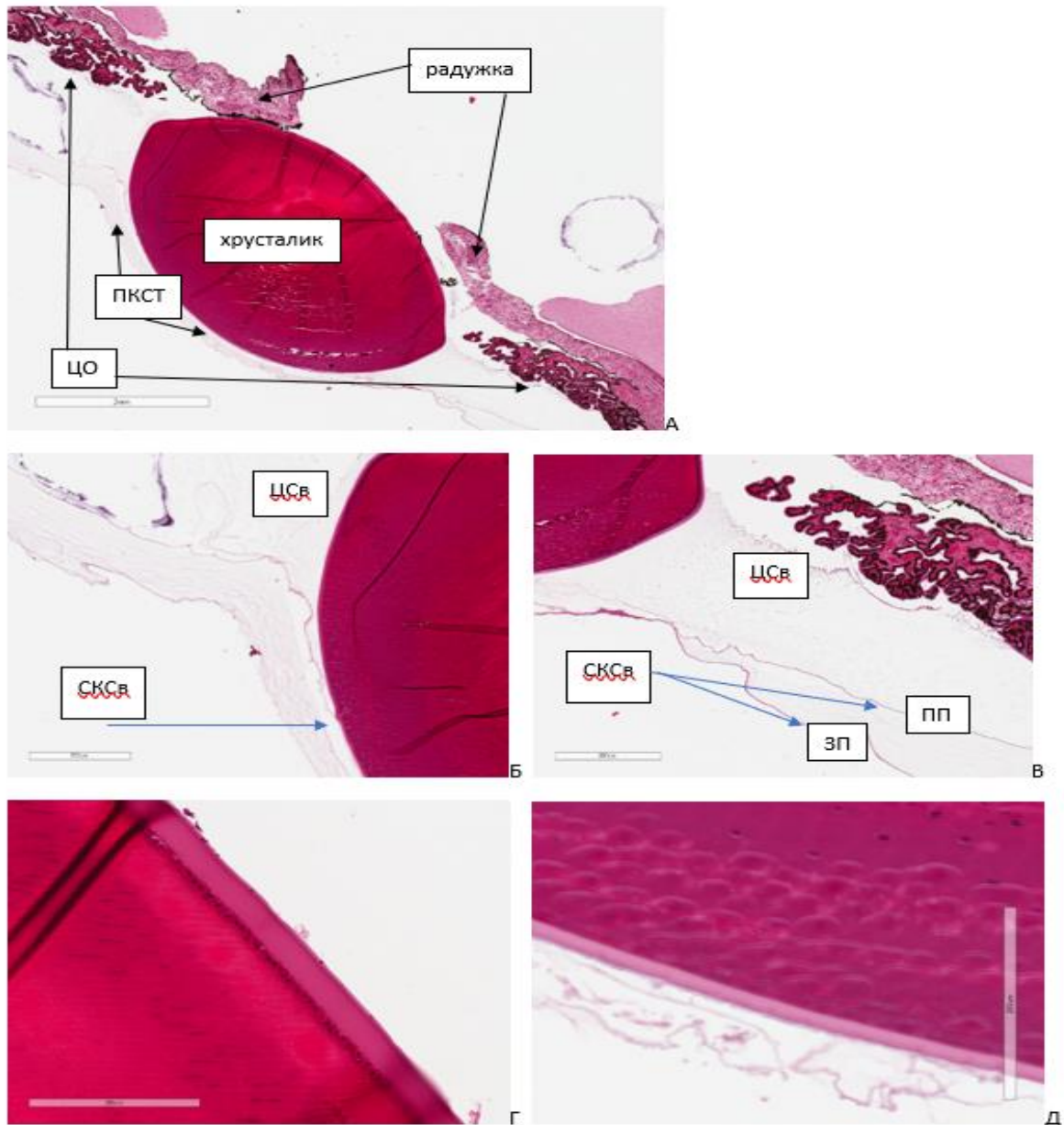


Рисунок 1 – Гистологическое строение свиного глаза

Структуры переднего отдела – хрусталик со связочным аппаратом, передние кортикальные слои стекловидного тела (ПКСТ), цилиарные отростки (ЦО), радужка, фрагмент роговицы (А) (гематоксилин-эозин, оригинальное увеличение $\times 2$). Хрусталик – передняя капсула с эпителиальными структурами на внутренней поверхности (Г) по толщине преобладает над задней (Д) (гематоксилин-эозин, оригинальное увеличение $\times 200$). Порции Цинновой связки (ЦСв) прикрепляются в экваториальной зоне линзы, в задних отделах выявлены особенности:

на границе между Цинновой связкой и передними кортикальными слоями стекловидного тела с двух сторон симметрично визуализируются уплотненные фиброзные структуры, что может соответствовать циркулярной стекловидно – капсулярной связке (*ligamentum hyaloideo – capsulare*) (СКСв). Крепление связки осуществляется на хрусталике в парацентральной зоне задней капсулы (**Б**) – указано стрелкой, а со стороны цилиарного тела, наблюдали ее раздвоение. Передняя порция (ПП) прикреплялась к цилиарным отросткам, задняя порция (ЗП) – в области зубчатого края (*ora serrata*) (**В**) (гематоксилин-эозин, оригинальное увеличение $\times 500$).

Далее была создана экспериментальная модель СИДИП на изолированных свиных глазах по методике аналогичной S. Kawasaki (2011). На семи изолированных свиных глазах под контролем иОКТ была проведена стандартная ФЭК без имплантации ИОЛ. Ни в одном глазу не было зафиксировано субъективных признаков СИДИП, таких как: флюктуация ЗКХ, смещение последней в сторону роговицы. Также интраоперационно при помощи иОКТ удалось визуализировать только одну частичную отслойку ПГ, которая в последующем была зафиксирована спектральным томографом SOLIX (Optovue, США) в режиме «FullRange AC». Для свиных глаз использовали параметры, применяемые для хирургического лечения пациентов: высота флакона с ирригационным раствором 75 см над уровнем глаз, вакуум 550 мм рт. ст., УЗ 35%, 160 пульсов/мин.

Учитывая щадящие настройки, используемые в настоящей работе при ФЭК и более плотные структуры свиного глаза, добиться наглядных результатов нарушения ВЛИ во время хирургических манипуляций не удалось. Опираясь на гистологические результаты и зафиксированную одну частичную отслойку ПГ, можно предположить, что использование более агрессивных настроек при ФЭК с резкими перепадами ВГД, можно добиться разрушения структур ВЛИ в изолированных свиных глазах подобно полученным S. Kawasaki. Однако, по нашему мнению, такие настройки не будут соответствовать реальным клиническим условиям и не могут быть в полной мере экстраполированы на реальную клиническую ситуацию.

Результаты разработки метода ультразвуковой ФЭК с имплантацией ИОЛ, обеспечивающего профилактику СИДИП

Следующим этапом исследования явилась разработка хирургического метода профилактики СИДИП при ФЭК на основе «блокирования» связочного аппарата хрусталика раствором дисперсивного вискоэластика.

Состояние связочного аппарата хрусталика и структур ВЛИ играет критически важную роль в хирургии катаракты. В настоящем исследовании важным критерием включения пациентов в основную и контрольную группы был дефект в 3-4 исследуемых участках (на 12, 3, 6 и 9 часах), а именно частичный или полный отрыв задней порции волокон ЦС, в то время как передняя и средняя порции были сохранены по данным УБМ. Также всем пациентам двух групп в дооперационном периоде проводили сканирование переднего отрезка глаза при помощи ОКТ SOLIX (Optovue, США) в режиме «FullRange AC» для визуализации плотной адгезии ПГ к ЗКХ, без исходной отслойки ПГ. В исследование вошло 50 пациентов (50 глаз), которые в последующем были рандомизированы на две группы: 2 А (основная) – 25 пациентов (25 глаз) и 2 Б (контрольная) – 25 пациентов (25 глаз). В основной группе проводили ФЭК с имплантацией ИОЛ и применением метода «Вискоблок», в контрольной группе ФЭК с имплантацией ИОЛ проводили по стандартной методике.

Для «Вискоблока» использовали дисперсивный вискоэластик - смесь 4% хондроитин сульфата и 3% гиалуроната натрия (Вискот, Alcon, США), имеющий меньшую скорость вымывания. По данным литературы Вискот облегчает проведение ФЭК благодаря поддержанию глубокой передней камеры во время операции, улучшению визуализации и защиты роговичного эндотелия. Таким образом, хирургия катаракты становится более атравматичной.

Особенностью метода «Вискоблок» является инъекция дисперсивного ВЭ под радужку по всей окружности ЦС непосредственно перед этапом выполнения капсулорексиса. При этом, через основной разрез вводили ВЭ в количестве 0,1-0,2 мл сначала в центр передней камеры, далее - под радужку, непосредственно

над ЦС с 12ч до 6ч на протяжении 180 угловых градусов. Через парацентез на 12ч ВЭ вводили с 6ч до 9ч на протяжении 90 угловых градусов и через парацентез на 6ч – с 9ч до 12ч, также на протяжении 90 угловых градусов. Таким образом, введенный ВЭ располагался в пространстве, ограниченным сверху радужкой, снизу хрусталиком и связочным аппаратом хрусталика с ресничными отростками и сбоку бороздой цилиарного тела в виде «бублика» на протяжении 360 угловых градусов.

Послеоперационный период протекал гладко, за исключением четырех случаев транзиторного повышения внутриглазного давления, контролируемого медикаментозно (ингибиторами карбоангидразы) в течение недели. В послеоперационном периоде всем пациентам была назначена стандартная антибактериальная и противовоспалительная терапия в течении 4 недель, а также на первые сутки после операции гипотензивная терапия (ингибиторы карбоангидразы).

Разработанный оригинальный метод «Вискоблок», заключающийся в разобщении переднего и заднего отрезков глазного яблока при помощи дисперсивного вискоэластика в ходе ультразвуковой ФЭК для профилактики СИДИП, позволяет ограничить распространение ирригационного потока в пространство Бергера сквозь нарушенные ЦС. Так вводимый ВЭ, покрывает сверху ЦС в виде «бублика» на протяжении 360 угловых градусов, тем самым профилактирует нарушение целостности структур ВЛИ во время хирургического лечения.

Результаты изучения состояния ВЛИ при помощи иОКТ в ходе ультразвуковой ФЭК в двух группах

В соответствии с задачами настоящего исследования далее было необходимо проанализировать полученные при помощи иОКТ данные о целостности ВЛИ во время ФЭК в двух группах. При выполнении стандартного алгоритма ФЭК с сохранением интактной ЗКХ возможно два варианта повреждения ВЛИ: полная и частичная отслойка ПГ. Эти скрытые осложнения

могут быть индуцированы чрезмерной ирригацией растворов в переднюю камеру глаза, нестабильностью интраоперационной гидродинамики, а также избыточной гидродиссекцией кортикальных слоев хрусталика.

В настоящей работе применение иОКТ на разных этапах хирургического лечения позволило оценить целостность ВЛИ, а также визуализировать наличие или отсутствие полной или частичной отслойки ПГ. Полную отслойку ПГ в группе №2 А (основной) наблюдали в 5 (20%) случаях, в №2 Б (контрольной) - 8 (32%) случаях, а частичную – в группе №2 А - в 1 (4%) случае, в №2 Б - в 6 (24%) случаях. Наличие микрочастиц хрусталика на поверхности ПГ и в пространстве Бергера зафиксировали в 4 (16%) случаях в группе №2 А, в группе №2 Б - в 5 (20%) случаях.

Как уже было отмечено, развитие СИДИП в ходе ФЭК может повлечь за собой ряд интра- и послеоперационных осложнений, а его профилактикой является раннее разобщение ретролентального пространства и передней камеры, которое подтверждается проведенной иОКТ. Количество отслоек ПГ в контрольной группе составило 56%. При применении иОКТ визуализировали нарушение гидродинамики и развитие СИДИП. В опытной группе, где применяли «Вискоблок», отслойку ПГ наблюдали почти в два раза реже – в 24% случаев ($p=0,0421$). На сегодняшний день методов интраоперационной профилактики развития СИДИП в литературе не описано.

Вышеизложенное позволяет сделать заключение об актуальности и значимости профилактики отслойки ПГ и, соответственно, развития СИДИП, представляется более перспективным направлением, нежели попытка борьбы с его последствиями. Применение иОКТ во время ультразвуковой ФЭК с имплантацией ИОЛ позволило изучить интраоперационные особенности состояния ВЛИ, выявить частичную или полную отслойку ПГ и признаки СИДИП, таких как флюктуация ЗКХ, прогиб ее впереди, хрусталиковый детрит в ретролентальном пространстве, а также вовремя оценить интраоперационные осложнения, такие как разрыв ЗКХ, что было зафиксировано в 4% случаев в описанном исследовании.

Анализ клинико-функциональных результатов в послеоперационном периоде

Был проведен сравнительный анализ ближайших и отдаленных клинико-функциональных результатов хирургического лечения катаракты у пациентов основной и контрольной групп, прооперированных классическим способом ультразвуковой ФЭК и с разработанным методом «Вискоблок».

В раннем послеоперационном периоде (первые сутки после операции) в обеих группах при помощи ОКТ SOLIX (Optovue, США) в режиме «FullRange AC» были подтверждены только те отслойки ПГ, что визуализировались интраоперационно.

На первые сутки после операции у четырех пациентов было зафиксировано повышение ВГД более 27 мм рт.ст., что было купировано медикаментозно (ингибиторами карбоангидразы) в течение недели. После проведенного хирургического лечения у всех пациентов улучшились клинические и функциональные параметры, данные приведены в Таблице 1.

Таблица 1 - Данные максимально корригированной остроты зрения и внутриглазного давления у пациентов двух групп до операции и в послеоперационном периоде

Сроки	Группа 2А (основная), (n=25)	Группа 2Б (контрольная), (n=25)
МКОЗ M±SD		
До операции	0,3±0,1	0,4±0,1
1 мес. п/о	0,8±0,1	0,9±0,1
3 мес. п/о	0,9±0,1	0,9±0,1
ВГД мм рт.ст M±SD		
До операции	16,5±2,9	16,0±2,7
1 мес. п/о	15,8±2,4	15,8±2,0
3 мес. п/о	16,1±2,8	15,8±2,0

Проводили оценку МКОЗ вдаль и ВГД до и после проведенного хирургического вмешательства через 1 и 3 месяца. При сравнении средних значений МКОЗ в основной группе была увеличена с $0,3 \pm 0,1$ дооперационных данных до $0,8 \pm 0,1$ на первый месяц после операции и $0,9 \pm 0,1$ на третий месяц после операции ($p < 0,0001$). В контрольной группе – с $0,4 \pm 0,1$ дооперационных данных до $0,9 \pm 0,1$ на первый месяц после операции и $0,9 \pm 0,1$ на третий месяц после операции ($p < 0,0001$). Во всех случаях удалось добиться высокой послеоперационной остроты зрения. Также оценивали ВГД в основной группе до операции $16,5 \pm 2,9$ мм рт. ст., в первый месяц после операции $15,8 \pm 2,4$ мм рт. ст., на третий месяц после операции $16,1 \pm 2,8$ мм рт. ст. В контрольной группе – до операции $16,0 \pm 2,7$ мм рт. ст., в первый месяц после операции $15,8 \pm 2,0$ мм рт. ст., на третий месяц после операции $15,8 \pm 2,0$ мм рт. ст. При попарном сравнении в различных точках исследования не было выявлено статистически значимых различий ВГД.

Вероятнее всего, в ходе операции под действием ирригационных потоков наряду с отслойкой ПГ также происходит и расширение ретролентального пространства. Определенный научный интерес представляет изучение состояния ВЛИ у пациентов после экстракции катаракты и имплантации ИОЛ в капсульный мешок. Всем пациентам было выполнено измерение расстояния «ЗКХ-ПГ» в 3-х точках. По центру за ИОЛ и отступая по 3 мм вправо и влево от центральной точки. Сканирование проводили многократно в горизонтальном и вертикальном направлениях, при учете изменения положения СТ при движении глаз «вправо и влево», а также «вверх и вниз», по возвращению СТ в исходное положение, удалось получить среднее значение показателей расстояния «ЗКХ-ПГ» по центру за ИОЛ $825,1 \pm 118,6$ мкм, на расстоянии в 3 мм от центральной точки вправо $708,7 \pm 115,2$ мкм и влево $791,4 \pm 115,6$ мкм у пациентов 2 А группы. У пациентов 2 Б группы расстояние «ЗКХ-ПГ» по центру за ИОЛ составило в среднем $827,3 \pm 120$ мкм, на расстоянии в 3 мм от центральной точки вправо $747,2 \pm 112,2$ мкм и влево $758,7 \pm 79,1$ мкм. Исходя из полученных данных, при

зафиксированной отслойке ПГ после ФЭК применение метода «Вискоблок» на дистанцию «ЗКХ-ПГ» не влияет.

На основании сравнительного анализа клинико-функциональных результатов пациентов, прооперированных стандартным способом ФЭК и с использованием разработанного метода, доказана безопасность применения метода «Вискоблок». Во всех случаях в послеоперационном периоде отмечалась высокая острота зрения и стабильное ВГД в течение 3-х месяцев наблюдения. Разработанный хирургический метод позволяет разобщить переднюю и заднюю камеру и, тем самым снизить риски возникновения СИДИП, а также интра- и послеоперационных осложнений, связанных с разрывом связки Вигера и отслойкой ПГ. Данные иОКТ убедительно показали возможность профилактики отслойки ПГ, которая встречалась в основной группе почти в два раза реже (24%), чем в контрольной (56%). Однако, не исключены и недостатки данного метода, к ним относится выпадение радужной оболочки в операционную рану, что в представленном исследовании отмечено в 8% случаев, но данное осложнение не повлекло за собой развитие в послеоперационном периоде передних синехий и деформации зрачка.

ВЫВОДЫ

1. Доказано, что интраоперационная оптическая когерентная томография - важный метод дополнительной уточняющей визуализации операционного поля, обеспечивающий оценку взаимоотношений задней капсулы хрусталика и переднего гиалоида, целостности витрео-ленткулярного интерфейса и задней капсулы хрусталика, локализацию волны гидродиссекции, а также позволяющий верифицировать наличие и расположение хрусталикового детрита в пространстве Бергера. К недостаткам метода относятся невозможность изучения геометрических размеров структур в режиме реального времени, а также увеличение продолжительности оперативного вмешательства, что нивелируется вышеперечисленными преимуществами. Отработана оптимальная последовательность изучения структур переднего отрезка глаза с использованием иОКТ во время ультразвуковой ФЭК с имплантацией ИОЛ и даны практические рекомендации по данному вопросу.

2. Математическое моделирование показало, что Циннову связку в норме можно считать частично проницаемой мембраной с коэффициентом равным 0,014 Д. При таком значении ирригационная жидкость минимально проникает в пространство Бергера. Однако, при нарушенном связочном аппарате, когда часть Цинновых связок отсутствует, а толщина других уменьшена, ирригационная жидкость может частично (до 20% объема) попадать в ретролентальное пространство, что приводит к прогибу задней капсулы вперед. Защитный слой вискоэластика снижает проникновение ирригационной жидкости в пространство Бергера на 20% и создает предпосылки для безопасного проведения ультразвуковой ФЭК с имплантацией ИОЛ.

3. Гистологическое изучение строения переднего отрезка свиного глаза выявило плотную адгезию структур витрео-ленткулярного интерфейса и толщину задней капсулы хрусталика в 2 раза превышающей таковую у человека. В силу этого, экспериментальное моделирование синдрома девиации ирригационного потока в ходе экспериментальной ФЭК под контролем иОКТ и с использованием гидродинамических настроек, применяемых во время ФЭК в

реальной клинической практике не обеспечило нарушения ВЛИ на экспериментальном глазу, а применение форсированной инъекции ирригационного раствора позволило получить частичную отслойку переднего гиалоида лишь в одном случае из семи.

4. Разработан хирургический метод профилактики СИДИП во время ФЭК, обеспечивающий разобщение переднего и заднего отрезков глазного яблока, названный «Вискоблок», и заключающийся в инъекции дисперсивного вязкоэластика под радужку по всей окружности ЦС непосредственно перед этапом выполнения капсулорексиса и выполняемый под контролем иОКТ. Введенный ВЭ, располагается в пространстве, ограниченном сверху радужкой, снизу хрусталиком и связочным аппаратом хрусталика с ресничными отростками и снаружи - бороздой цилиарного тела, что ограничивает попадание тока ирригационной жидкости из передней камеры глаза в пространство Бергера.

5. Применение метода «Вискоблок» во время ФЭК у пациентов с исходным нарушением целостности связочного аппарата хрусталика эффективно ограничивает проникновение ирригационного потока сквозь ЦС до 24% по сравнению с 56% в контроле. К недостатку метода «Вискоблок» относится повышенный риск выпадения радужной оболочки в операционную рану, что в исследовании отмечено в 8% случаев, однако оно было своевременно купировано и не повлекло за собой развития в послеоперационном периоде воспалительных осложнений, образования передних синехий или деформации зрачка.

6. У пациентов, оперированных с использованием метода «Вискоблок», не было отмечено дисрегуляции офтальмотонуса в послеоперационном периоде, высокая максимально скорректированная острота зрения констатирована на всех сроках наблюдения, также отмечено, что при наличии интраоперационной отслойки ПГ применение метода «Вискоблок» не влияло на величину дистанции «ЗКХ-ПГ» которая в послеоперационном периоде составила $825,2 \pm 118,6$ мкм и $827,3 \pm 120$ мкм в основной и контрольной группах соответственно.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для оценки структур переднего отрезка глаза рекомендовано последовательное использование иОКТ во время ультразвуковой ФЭК с имплантацией ИОЛ. А именно, вначале иОКТ визуализируется роговица, передняя камера глаза и состояние радужной оболочки, следом хрусталик и его капсула, далее ВЛИ и его передние структуры. Представленная в работе последовательность оценки структур переднего отрезка глаза с его использованием обеспечивает снижение рисков возникновения интра- и послеоперационных осложнений.

2. Для повышения анатомических и клинико-функциональных результатов хирургического лечения катаракты, осложненной ПЭС и нарушением целостности ЦС, рекомендован к применению, разработанный хирургический метод «Вискоблок» с использованием дисперсивного вискоэластика. После введения вискоэластика над ЦС рекомендовано приступать к ФЭК не сразу, а после его перераспределения. Также обязательным является назначение гипотензивного режима (ингибиторов карбоангидразы) всем пациентам в первые сутки после операции.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Малюгин Б.Э., **Халецкая А.А.**, Антонова О.П., Узунян Д.Г., Островский Д.С. Оценка метода профилактики девиации ирригационного потока при факоэмульсификации с использованием дисперсивного вискоэластика (Вискоблок) в аспекте состояния витреолентикулярного интерфейса. Офтальмохирургия. 2023;3S: 5–15.

2. Малюгин Б.Э., Калининкова С.Ю., Ткаченко И.С., **Халецкая А.А.**, Меловацкий П.Д. Клинический случай замены торической ИОЛ на монофокальную после удаления парацентральной субэпителиальной фиброплазии у пациента с радиальной кератотомией // Принята к печати в журнал Офтальмологические ведомости. - 2024.

ПАТЕНТЫ РФ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Малюгин Б.Э., Мельник М.А., Анисимова Н.С., **Халецкая А.А.**, Ткаченко И.С. // Патент РФ №2754517 от 27.01.2021 «Способ факоэмульсификации катаракты, обеспечивающий профилактику и купирование синдрома интраоперационной девиации ирригационного потока»

2. Малюгин Б.Э., **Халецкая А.А.**, Гелястанов А.М. // Патент РФ №2758027 от 02.04.2021г «Способ факоэмульсификации катаракты у пациентов с помутнениями роговицы»

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- ВОЗ** – Всемирная Организация Здравоохранения
- ВЛИ** – витреолентикулярный интерфейс
- ВГД** – внутриглазное давление
- ВЭ** – вискоэластик
- ДЗН** – диск зрительного нерва
- ДМ** – Десцеметова мембрана
- ЗКХ** – задняя капсула хрусталика
- ИОЛ** – интраокулярная линза
- иОКТ** – интраоперационная оптическая когерентная томография
- Me** – медиана
- МКОЗ** – максимально скорректированная острота зрения
- ОКТ** – оптическая когерентная томография
- ПГ** – передний гиалоид
- ПЗО** – переднезадняя ось
- ПЭС** – псевдоэкзофолический синдром
- СИДИП** – синдром интраоперационной девиации ирригационного потока
- СТ** – стекловидное тело
- УБМ** – ультразвуковая биомикроскопия
- УЗ-игла** – ультразвуковая игла
- ФЭК** – факэмульсификация катаракты
- ЦС** – Циннова связка
- BSS** – сбалансированный солевой раствор
- IFIS** – синдром «хлопающей» радужки
- PPV** – витрэктомия pars plans

Биографические данные

Халецкая Анастасия Андреевна, 1994 года рождения, в 2018 году окончила ФГБОУ ВО СТГМУ Минздрава России по специальности «Педиатрия». С 2019 по 2021 гг. проходила ординатуру по специальности «Офтальмология» на базе ФГАУ «НМИЦ «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России. С 2021 по 2024 гг. проходила аспирантуру по направлению «Глазные болезни» на базе отдела трансплантационной и оптико-реконструктивной хирургии переднего отрезка глазного яблока Главной организации ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России.

Является автором и соавтором 5 печатных работ, рекомендованных ВАК РФ. Соавтор 9 патентов РФ на изобретение, в том числе 2 патента по теме исследовательской работы. По теме диссертации опубликована 1 печатная работа в журнале, рекомендованном ВАК РФ, принята к печати 1 работа в журнале, рекомендованном ВАК РФ. Докладчик на научно-практических конференциях МНТК «Микрохирургия глаза», на XXII-м и XXIII-м Всероссийском конгрессе с международным участием «Современные технологии катарактальной, рефракционной и роговичной хирургии» (Москва, 2022, 2023).