Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Уральский государственный медицинский университет

На правах рукописи

ДАНИЛОВ АЛЕКСЕЙ МИХАЙЛОВИЧ

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА СПОСОБА ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С КАТАРАКТОЙ И АСТЕРОИДНЫМ ГИАЛОЗОМ

3.1.5. Офтальмология

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук, доцент
Гринев Андрей Григорьевич

Екатеринбург – 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

ГЛАВА 1. АСТЕРОИДНЫЙ ГИАЛОЗ: СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТЕКЛОВИДНОГО ТЕЛА, КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ И МЕТОДЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) 14

1.1. Анатомические, гистологические и морфологические изменения структуры стекловидного тела 14

1.2. Этиопатогенез, эпидемиология астероидного гиалоза 19

1.3. Астероидный гиалоз: клинические симптомы, особенности диагностики, влияние на качество жизни, зрительные функции 23

1.4. Визоконтрастометрия как метод исследования астероидного гиалоза . 30

1.5. Аберрометрия, аберрации высшего порядка 34

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ КЛИНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ 38

2.1. Дизайн клинического исследования 38

2.2. Характеристика функциональных результатов лечения катаракты при астероидном гиалозе с оценкой субъективного уровня качества жизни 40

2.3. Исследование влияния астероидного гиалоза на показатели пространственной контрастной чувствительности на основании визоконтрастометрии и ультразвукового исследования 45

2.4. Исследование внутренних аберраций при астероидном гиалозе 50

2.5. Хирургическое лечение пациентов с катарактой и астероидным гиалозом на основании предложенного алгоритма выбора метода лечения 51

2.6. Статистическая обработка данных 56

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ЗРИТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ И КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ПАЦИЕНТОВ С АСТЕРОИДНЫМ ГИАЛОЗОМ ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ КАТАРАКТЫ: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ 58

3.1. Функциональные результаты и оценка качества жизни пациентов с катарактой и астероидным гиалозом после экстракции 58

3.2. Результаты исследования влияния астероидного гиалоза на показатели пространственной контрастной чувствительности на основании визоконтрастометрии и ультразвукового исследования 63

3.2.1. Исследование показателей визоконтрастометрии у пациентов с астероидным гиалозом и без сопутствующей патологии стекловидного тела 64

3.2.2. Ультразвуковые исследования пациентов с астероидным гиалозом и рабочая классификация астероидного гиалоза 70

3.3. Результаты показателей внутренних аберраций у пациентов с астероидным гиалозом и без сопутствующей патологии стекловидного тела 72

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ВОЗРАСТНОЙ КАТАРАКТОЙ И АСТЕРОИДНЫМ ГИАЛОЗОМ И ОЦЕНКА ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ 75

4.1. Разработка показаний к факовитрэктомии при возрастной катаракте и астероидном гиалозе 75

4.2. Анализ результатов хирургического лечения пациентов с катарактой и астероидным гиалозом с учетом алгоритма выбора метода лечения 79

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 92

ВЫВОДЫ 102

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ 104

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ 105

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 106

ПРИЛОЖЕНИЯ 128

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и степень разработанности темы

Патологическое дегенеративное изменение стекловидного тела неясной этиологии с отложением в каркасе коллагеновых волокон минеральных кальций фосфолипидных отложений именуется в литературе как «астероидный гиалоз» [8, 46, 68, 76, 91, 92, 94, 100, 103, 115]. Впервые данное состояние было описано ирландским врачом-офтальмологом Альфредом Хью Бенсоном в 1984 году под термином астероидный гиалит, что, по ошибочному мнению доктора, имело воспалительный компонент [64]. В последующее время данное патологическое состояние стекловидного тела обозначалось как астероидная гиалопатия и затем как астероидный гиалоз.

С момента открытия и до текущего дня в научной литературе, несмотря на обширную научно-исследовательскую работу, отсутствует единое мнение об этиологическом факторе образования астероидных телец, как структурной единицы дегенеративного состояния стекловидного тела [46, 103].

Единые данные о глобальной распространенности астероидного гиалоза отсутствуют, однако уже выполнено несколько крупных исследований, которые позволяют оценить эпидемиологию состояния. Так, по данным Moss S.E. с соавт. (2001), в исследовании Beaver Dam, выполненного с 1988 по 1990 год, распространенность астероидного гиалоза составила в среднем 1,2%, но имела возрастную зависимость (от 0,2% среди населения 43-54 лет до 2,9% среди населения 75-86 лет) [112]. По данным исследования Australian Blue Mountains Eye Study (2003), распространенность астероидного гиалоза составила 2,1% среди лиц 75-97 лет с преимущественным поражением лиц мужского пола [110]. По данным крупнейшего ретроспективного исследования, выполненного в университете Калифорнии, частота астероидного гиалоза составила 1,96% [76]. Также стоит упомянуть о множестве теорий, приписывающих развитие астероидного гиалоза в зависимости от наличия соматического заболевания (сахарный диабет, артериальная гипертония, гиперхолестеринемия и др.) [87, 102, 103, 157].

Как правило, астероидный гиалоз не влияет самостоятельно на остроту зрения, однако вызывает зрительный дискомфорт и жалобы пациентов на «плавающие помутнения» [115]. В научной литературе все чаще стали встречаться статьи, описывающие снижение зрения на фоне астероидного гиалоза. По данным Ochi R. с соавт. (2017), снижение зрения в их клиническом случае обусловлено полной отслойкой задней гиалоидной мембраны с миграцией комплекса астероидных телец к задней капсуле хрусталика [117]. Другие статьи представляют клинические случаи снижения остроты зрения у пациентов, перенесших факоэмульсификацию катаракты, ввиду агрегации астероидных телец на поверхности силиконовой интраокулярной линзы (ИОЛ) [68, 100, 126, 148].

Выполнение стандартных офтальмологических обследований может быть также затруднено из-за астероидного гиалоза. По данным Allison K.L. с соавт. (1991), при расчете аксиальной длины глаза перед хирургией катаракты в 5 случаях (25%) из 20 была выявлена ложная гиперметропия в 1 миллиметр, что потенциально может быть причиной, неправильно подобранной ИОЛ и погрешности более чем в 2,5 диоптрии [58].

Выполнение офтальмоскопии структур глазного дна на фоне астероидного гиалоза сопряжено с определенными трудностями диагностики. В работе Wright A.D. с соавт. (2010), при обследовании пациентов с сахарным диабетом именно астероидный гиалоз был основной причиной невозможности правильной интерпретации снимков с фундус-камеры. Кроме того, наличие астероидного гиалоза может затруднять дифференцировку стадийности процесса или вовсе мешать выполнить лазерные манипуляции на заднем отрезке глаза [157].

Несмотря на отсутствие единой классификации астероидного гиалоза в научной литературе, в 2019 году Rani P.K. и Prajapati R.C. предложили классифицировать состояние по степени визуализации диска зрительного нерва (ДЗН) и порядка сосудов сетчатки [127]. Также, стоит отметить отсутствие единой системы оценки степени тяжести процесса, поэтому многие

ученые или клинические сотрудники используют тот или иной вариант офтальмологического опросника. В настоящее время существует множество опросников для оценки субъективного уровня качества жизни, они во многом универсальны и позволяют адаптировать их под разные глазные заболевания [82, 122,132, 159].

По данным различных авторов, астероидный гиалоз не имеет внушительного воздействия на остроту зрения, однако визоконтрастометрия, в сравнении с визометрией, является более детальным методом диагностики зрительной функции [4, 14, 18, 26]. Среди научных публикаций не встречаются исследования пространственной контрастной чувствительности и аберрометрии на фоне астероидного гиалоза. Хронология развития данного метода исследования привела к прикладному использованию компьютерных модулей, некоторыми из которых являются «Зебра» и Фрайбургский тест [14, 78, 106].

Аберрометрия как метод диагностики все больше становится популярным в клинических исследованиях аберраций высшего порядка [28, 57]. Среди научных публикаций, за последние 10 лет, опубликовано лишь две статьи, описывающие влияние астероидного гиалоза на формирование аберраций высшего порядка [133, 161].

Принимая во внимание возраст-ассоциированный фактор частоты встречаемости астероидного гиалоза и катаракты в настоящее время отсутствует единое научное мнение касаемо тактики лечения пациентов с астероидным гиалозом и катарактой. Нередко выполнение операции по поводу катаракты осложняется ввиду наличия сопутствующих помутнений в стекловидном теле, так выраженная деструкция стекловидного тела снижает во время операции визуализацию задней капсулы хрусталика, что сопряжено с повышенным риском ее травматизации и последующей люксацией фрагментов хрусталика в полость стекловидного тела. Одномоментное хирургическое лечение катаракты при деструкции стекловидного тела в основном выполняется по методике трехпортовой витрэктомии через pars

plana (транссклерально через плоскую часть цилиарного тела) и именуется как факовитрэктомия. Однако ранее уже был описан доступ к стекловидному телу через задний капсулорексис, что служит основанием оптимизации данного вмешательства.

Отсутствие в доступной литературе четких показаний для выбора технологии хирургического лечения пациентов с сочетанием катаракты и астероидного гиалоза - изолированной факоэмульсификации с имплантацией интраокулярной линзы или ее комбинации с витрэктомией - обусловило актуальность данного диссертационного исследования.

Цель работы - усовершенствовать диагностику и повысить эффективность хирургического лечения пациентов с катарактой в сочетании с астероидным гиалозом.

Задачи:

1. Проанализировать результаты факоэмульсификации катаракты у пациентов с астероидным гиалозом, включающие субъективный уровень качества жизни.
2. Исследовать влияние степени плотности астероидных телец на показатели пространственной контрастной чувствительности на основании визоконтрастометрии и ультразвуковой диагностики с разработкой рабочей классификации астероидного гиалоза.
3. Изучить влияние астероидного гиалоза на внутренние аберрации высшего порядка.
4. Разработать алгоритм хирургического лечения пациентов с катарактой и астероидным гиалозом.
5. Проанализировать результаты комбинированного хирургического лечения катаракты и астероидного гиалоза и оценить эффективность предлагаемого метода факовитрэктомии.

Научная новизна результатов исследования

1. Изучена субъективная оценка качества жизни пациентов с астероидным гиалозом после экстракции катаракты.

2. Определена взаимосвязь между плотностью астероидных телец, по данным ультразвукового исследования, и степенью снижения пространственной контрастной чувствительности.

3. Изучено и количественно охарактеризовано влияние астероидного гиалоза на внутренние аберрации высшего порядка.

4. Впервые разработаны показания к факовитрэктомии на основании данных визоконтрастометрии и площади астероидного гиалоза.

Теоретическая и практическая значимость работы

1. Исследование взаимосвязи субъективных показателей качества жизни, параметров пространственной контрастной чувствительности и внутренних аберраций высшего порядка позволяет лучше понять механизмы кратковременной зрительной адаптации к динамическому снижению контраста изображения на сетчатке, возникающему вследствие колебательных движений астероидных телец в стекловидном теле при движениях глазного яблока, что создает предпосылки для математического моделирования связи между субъективным динамическим восприятием качества изображения пациентом и методами объективной оценки работы зрительного анализатора.

2. Исследование влияния подвижных структурных изменений стекловидного тела в форме астероидного гиалоза на внутренние аберрации высшего порядка позволяет лучше понять механизм формирования волнового фронта оптической системы глаза и выделить вклад изменений стекловидного тела и его «динамических» аберраций в общие внутриглазные аберрации высшего порядка, что создает основу концепции многомерного анализа качества зрения.

3. Разработан и запатентован способ определения показаний к факовитрэктомии у пациентов с катарактой и астероидным гиалозом, внедрение которого в клиническую практику позволит объективизировать

показания к хирургическому лечению, а также оптимизирует принятие решения о потребности в сочетанном хирургическом лечении (Патент РФ на изобретение № 2835889 от 05.03.2025 «Способ определения показаний к факовитрэктомии при возрастной катаракте и деструкции стекловидного тела по типу астероидного гиалоза»).

4. Выявлена высокая эффективность предложенной технологии факовитрэтомии при лечении пациентов с катарактой и выраженным астероидным гиалозом со значительным улучшением остроты зрения, контрастной чувствительности и повышением качества жизни пациентов, что является методом выбора лечения пациентов с подобной патологией и обосновывает ее внедрение в клиническую практику.

Методология и методы исследования

Настоящее исследование является сравнительным проспективным исследованием. При создании протокола исследования мы руководствовались Хельсинской декларацией Всемирной Медицинской Ассоциации (пересмотр на 64-й Генеральной Ассамблее ВМА, Фортелаза, Бразилия, октябрь 2013 г.), а также «Международными этическими рекомендациями по проведению биомедицинских исследований с участием людей». Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО УГМУ (выписка из протокола №5 от 18 мая 2018 года). Для решения поставленных задач применены следующие методы: клинические (стандартный офтальмологический осмотр, дополненный оценкой субъективного уровня качества жизни с помощью офтальмологического опросника The Visual Function test – 14 (VF-14)), инструментальный (ультразвуковое A/B – сканирование, оптическая когерентная томография заднего отрезка глаза, визоконтрастометрия двумя методами, аберрометрия), лечебные (ультразвуковая факоэмульсификация катаракты, ультразвуковая факоэмульсификация катаракты с субтотальной витрэктомией через задний

капсулорексис). После формирования базы данных пациентов, выполнена статистическая обработка результатов.

В работе используется комплексный метод оценки повышения клинической эффективности и оптимизации хирургического лечения катаракты с сопутствующей патологией стекловидного тела (астероидный гиалоз), основанный на клинических и инструментальных исследованиях, разработанном способе определения показаний к факовитрэктомии, а также на медико-психологических показателях оценки качества жизни при помощи адаптированного офтальмологического опросника и показателях пространственной контрастной чувствительности.

Основные положения выносимые на защиту

1. Концентрация астероидных телец в структуре стекловидного тела ≥40% приводит к значительному снижению показателей пространственной контрастной чувствительности и усилению проявления внутренних аберраций.

2 Снижение контрастной чувствительности менее 1,6 logCS Weber и увеличение площади астероидных телец ≥ 40% у пациентов при сочетании катаракты и астероидного гиалоза отрицательно влияют на качество их жизни и являются показаниями к комбинированному хирургическому лечению (факовитрэктомии), что позволяет добиться высоких показателей остроты зрения и повысить значения пространственной контрастной чувствительности, улучшающих качество жизни.

Степень достоверности

Достоверность полученных результатов исследования, в ходе решения поставленных задач, обусловлена достаточным количеством клинических наблюдений (242 пациента), использованием стандартных методов исследования с применением сертифицированного офтальмологического оборудования и лицензированных программных модулей, а также анализом

первичной медицинской документации общепринятыми методами статистической обработки (параметрические, непараметрические): t-критерий Стьюдента для зависимых и независимых выборок, критерий Манна-Уитни, критерий Фридмана.

Внедрение результатов исследования

Представленные в исследовании теоретические и практические разработки успешно внедрены в практическую деятельность офтальмологических отделений Государственного автономного учреждения здравоохранения Свердловской области «Свердловская областная клиническая больница № 1», Государственного автономного учреждения здравоохранения Свердловской области «Свердловский областной клинический психоневрологический госпиталь для ветеранов войн», Государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Челябинская областная клиническая больница», а также в педагогическую деятельность кафедры офтальмологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный медицинский университет».

Апробация результатов исследования

Основные материалы научно-исследовательской работы были успешно доложены и обсуждены: на «VIII Евро-Азиатской конференции по офтальмохирургии» (Екатеринбург, 2018); на 37-м Конгрессе европейского общества катарактальных и рефракционных хирургов (The 37th Congress of the European Society of Cataract and Refractive Surgeons) (Париж, 2019); на XX Всероссийском конгрессе «Современные технологии катарактальной, роговичной и рефракционной хирургии» (Москва, 2019); на XXVII Научно-практической конференции офтальмологов (Екатеринбург, 2019); на XII Съезде общества офтальмологов России (онлайн, 2020); на VII Офтальмологической конференции «Ерошевские чтения» (Самара, 2023); на

VIII Офтальмологической конференции «Ерошевские чтения» (Самара, 2024); на Пироговском офтальмологическом форуме (Москва, 2024); на XXXII Научно-практической конференции офтальмологов Екатеринбургского центра МНТК «Микрохирургия глаз» (Екатеринбург, 2024), на международной офтальмологической конференции «Ерошевские чтения 2025» (Самара, 2025).

Личный вклад автора

В ходе выполнения научно-исследовательской работы автором был проведен анализ зарубежной и отечественной литературы, разработан план исследования, сформулированы цель и задачи. В рамках реализации работы автором выполнены все этапы исследования, включая отбор пациентов на амбулаторном приеме, офтальмологическое обследование с анкетированием, хирургическое лечение и наблюдение в период исследования. Также непосредственно автором выполнен анализ результатов обследования и лечения с последующей статистической обработкой данных. Во время выполнения научно-исследовательской работы автором выполнена подготовка текста диссертационной работы, презентация материалов на профильных конференциях, публикация статей по теме исследования.

Публикации

В ходе выполнения диссертационной работы автором подготовлены и опубликованы 5 печатных работ по теме диссертации (из них 3 опубликованы в журналах, включенных в перечень ВАК Минобрнауки РФ, в том числе 2 с индексацией в SCOPUS). По теме исследования получен патент Российской Федерации на изобретение №2835889 от 05.03.2025 г. «Способ определения показаний к факовитрэктомии при возрастной катаракта и деструкции стекловидного тела по типу астероидного гиалоза».

Структура и объем работы

Диссертация изложена на 129 страницах компьютерного текста, состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследования, двух глав результатов собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений, списка литературы и приложения. Диссертационная работа включает в себя 16 таблиц и 20 рисунков. Список литературы содержит 164 источников, из которых 56 отечественных авторов и 108 иностранных.

Исследование проведено на клинических базах кафедры офтальмологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской федерации (ФГБОУ ВО «УГМУ», г. Екатеринбург). В офтальмологических отделениях стационара и консультативно-диагностической поликлиники государственного автономного учреждения здравоохранения Свердловской области «Свердловская областная клиническая больница № 1» (ГАУЗ СО «СОКБ № 1», г. Екатеринбург) в научно-исследовательской работе принимали участие: врач-офтальмолог высшей категории, к.м.н. Крушинин Максим Валерьевич, врач-офтальмолог, к.м.н. Андреев Евгений Александрович. В офтальмологическом отделении поликлиники Государственного автономного учреждения здравоохранения Свердловской области «Свердловский областной клинический психо-неврологический госпиталь ветеранов войн» (ГАУЗ СО «СОКП ГВВ», г. Екатеринбург) в научно-исследовательской работе принимала участие врач-офтальмолог Ошуркова Татьяна Михайловна. В Екатеринбургском центре Межотраслевого научно-технического комплекса «Микрохирургия глаза» (АО «Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза», г. Екатеринбург) принимала участие врач-офтальмолог, к.м.н. Титаренко Елена Михайловна.

ГЛАВА 1. АСТЕРОИДНЫЙ ГИАЛОЗ: СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТЕКЛОВИДНОГО ТЕЛА, КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ И МЕТОДЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1. Анатомические, гистологические и морфологические изменения структуры стекловидного тела

Стекловидное тело (corpus vitreum) – сильно гидратированная бесцветная, прозрачная, гелеобразная структура, расположенная в полости глазного яблока. Заполняя 65% его полости, имеет шарообразную форму, слегка вогнутую в переднезаднем направлении со стороны хрусталика, образующую чашеобразную ямку (fossa patellaris). Во взрослом возрасте объем стекловидного тела составляет порядка 4,5 мл, масса – 4 г. Стекловидное тело ограничено спереди кольцевидной связкой Вигера, задней капсулой хрусталика, цинновой связкой и ресничными отростками цилиарного тела, с остальных сторон – сетчатой оболочкой [3, 6-9, 13, 15-17, 24, 33, 37, 38, 42 47, 52].

Позади задней капсулы хрусталика стекловидное тело имеет щелевидное пространство Бергера, которое по периферии ограничено кольцевидной связкой Вигера. Связка является условной границей в топографическом делении базальной мембраны стекловидного тела на позадихрусталиковую (ретролентальную) и зонулярную зону [17, 80, 90].

Основание стекловидного тела – это анатомическая область кольцевидной формы диаметром около 2,5 мм, расположенная вблизи зубчатой линии [42]. Выраженная адгезия стекловидного тела к сетчатке в этой зоне обусловлена радиальным направлением коллагеновых фибрилл, фиксированных к эпителию цилиарного тела и сетчатки [3, 7, 9, 11, 13, 119, 141].

Центральное стекловидное тело – структурно наибольшая часть от объема, где коллагеновые фибриллы ориентированы аксиально и имеют наименьшую концентрацию. В структуру центрального стекловидного тела

входит Клокетов канал, простирающийся от области Мартеджани до задней поверхности хрусталика, который является эмбриональным остатком артерии стекловидного тела (arteria hyaloidea) [83, 85].

Кора стекловидного тела (кортекс) структурно представлена тонким слоем коллагеновых фибрилл (примерно 100-200 мкм) большей концентрации, расположенным вокруг центрального стекловидного тела [123]. Кортекс стекловидного тела разделяют на передний и задний. Передний кортекс простирается между хрусталиком и плоской частью цилиарного тела. На его передней поверхности расположена чашеобразная ямка (fossa patellaris), которая топографически соответствует области задней капсулы хрусталика. Позади задней границы основания стекловидного тела расположен задний кортекс, коллагеновые фибриллы которого прикреплены к внутренней пограничной мембране сетчатки [20, 83].

Зоны поверхностного уплотнения стекловидного тела обозначают как гиалоидные мембраны. В зависимости от расположения, по отношению к зубчатой линии, выделяют переднюю и заднюю гиалоидную мембрану [9, 52]. Передняя гиалоидная мембрана расположена кпереди от зубчатой линии и состоит из ретролентальной и зонулярной области, границей между которыми служит гиалоднокапсулярная связка (связка Вигера). От зонулярной части передней гиалоидной мембраны начинаются задний и передний цилиарные тракты [15, 25]. Задняя гиалоидная мембрана располагается кзади от зубчатой линии и структурно обособлена от остальных отделов стекловидного тела, что обусловлено постепенным уменьшением плотности расположения пучков коллагеновых фибрилл по направлению от основания стекловидного тела [137].

В зависимости от топографических особенностей в витреальной полости выделяют ретроцилиарные, экваториальные и петалиформные (лепестковые) цистерны, также были описаны преоптическая и премакулярная сумки [50, 60, 101, 144].

Архитектоника стекловидного тела регулирует направленный ток жидкости между камерами стекловидного тела, что обеспечивает поддержку гидродинамического баланса между передними и задними камерами глаза [13, 25].

Основным компонентом структуры стекловидного тела является стекловидный гель, структура которого представлена сильно гидратированным (более 98% содержания водного компонента) внеклеточным матриксом. Структурированность стекловидного геля обеспечивается за счет множественных тонких (около 15 нанометров) разнородных по составу коллагеновых фибрилл [105, 131].

Концентрационное распределение коллагеновых фибрилл в структуре стекловидного тела неравномерно, оно максимально в основании, затем по направлении к периферии уменьшается и снова увеличивается в кортикальном отделе стекловидного тела, который прилежит к внутреннему слою сетчатой оболочки. Пространство между коллагеновыми фибриллами заполнено гиалуроновой кислотой, что представляет собой гликозаминогликан (полисахарид), обладающий адгезивными свойствами к водному компоненту. Коллагеновые волокна состоят из коллагена II, V/XI, IX типа. Коллагеновые волокна II и V/XI типа формируют ядро в форме веревки, в то время как молекулы коллагеновых волокон IX типа равномерно распределены вдоль фибриллярной поверхности. Коллагеновые волокна IX типа в своей структуре имеют хондроитин сульфат гликозаминогликановые цепи, расположенные вдали от фибриллярной поверхности, тем самым предотвращают агрегацию фибрилл [84]. Одиночные коллагеновые фибриллы организованны в небольшие пучки, а взаимосвязи между этими пучками позволяют формировать сеть, образующую гелеобразное состояние стекловидного тела [90]. Основными клеточными элементами в структуре стекловидного тела являются гиалоциты, которые составляют 80% от всех клеток. Гиалоциты стекловидного тела участвуют в синтезе коллагена, гиалуронана, гликопротеинов и осуществляют фагоцитоз [9, 16, 108]. В состоянии покоя

выполняют синтетическую функцию и могут быть подвержены пиноцитозу для новых реакций синтеза [155]. При активации и миграции медиаторов воспаления, гиалоциты выполняют фагоцитарную функцию [124].

Стекловидное тело на протяжении всей жизни человека видоизменятся за счёт двух процессов: синхизис (разжижение, оводнение) и синерезис (агрегация коллагеновых волокон в тяжи). Эти процессы постоянны, но неравномерны в различном возрасте: так синхизис усиливается в возрасте после 40 лет и уже к 80-90 годам около половины объема стекловидного тела занимает жидкость [8, 9]. Близорукость, помимо возрастных изменений, также является фактором усиления разжижения стекловидного тела [99, 101, 123].

Параллельно процессу синхизиса происходит постепенное ослабление взаимосвязи между внутренней пограничной мембраной сетчатки и кортикальным слоем стекловидного тела, что приводит к задней отслойке стекловидного тела (ЗОСТ) [67, 71, 141]. Начальная стадия развития задней отслойки стекловидного тела заключается в отделении задней гиалоидной мембраны (ЗГМ) от парафовеолярной зоны, что занимает значительное время. Процесс отделения ЗГМ от диска зрительного нерва, как правило, характеризуется острым течением с дебютом клинических симптомов «плавающих» помутнений различного контура и формы (кольцо Вейса) [60, 120, 139]. Задняя отслойка стекловидного тела также имеет зависимость развития от возраста пациента. По данным литературы, частота развития ЗОСТ в возрасте 50 лет составляет 53%, в возрасте старше 65 лет – 65% [24, 51, 125]. ЗОСТ является двусторонним процессом с частотой возникновения на парном глазу в течение 1,5 лет у 47% пациентов и у 90% пациентов в течение трех лет [114, 141, 143].

Процесс отслоения задней гиалоидной мембраны сопряжен с миграцией разжиженного стекловидного геля в ретрогиалоидное пространство, что, в свою очередь, сопровождается нарушением взаимосвязи между кортикальным слоем и клетками Мюллера, расположенными на внутренней пограничной мембране [19, 22, 146]. Непроизвольные быстрые согласованные движения

глазами (саккадические) являются фактором диффузии жидкой части стекловидного тела в ретрогиалодное пространство, тем самым выполняя механическое растяжение [23, 109, 150].

На сегодняшний день в научной литературе представлены различные варианты классификации ЗОСТ, в основном базирующиеся на морфологии и этиопатогенезе ее развития. Одна из первых классификаций ЗОСТ, предложенная K. Hruby (1967) [89] делит отслойку ЗГМ на следующие виды:

1) полная отслойка ЗГМ: простая, отслойка с коллапсом структур стекловидного тела, воронкообразная, атипичная;

2) частичная отслойка ЗГМ: верхняя, задняя, боковая, нижняя, атипичная.

В 1997 году была представлена новая классификация ЗОСТ, предложенная A. Kakehashi [96], которая включает в себя четыре типа в зависимости от определенных патологических состояний:

- 1 тип: полная отслойка ЗГМ (сопровождается высокой близорукостью без возрастной корреляции);

- 2 тип: полная отслойка ЗГМ без коллапса (характерна для пациентов с увеопатиями или нарушениями циркуляции крови в системе центральной вены сетчатки);

- 3 тип: частичная отслойка ЗГМ с уплотнением заднего кортекса (характерна для пациентов с пролиферативной диабетической ретинопатией);

- 4 тип: частичная отслойка ЗГМ без изменений заднего кортекса (характерна для возрастных изменений структуры стекловидного тела).

Благодаря техническому прогрессу аппаратных методик офтальмологического обследования, в 2001 году E. Uchino с соавт. представили классификацию ЗОСТ по данным оптической когерентной томографии заднего отрезка глаза, в которой выделяют пять стадий:

- 0 стадия – нет ЗОСТ;

- 1 стадия – неполная перифовеолярная отслойка ЗГМ, площадь которой до 3 квадрантов;

- 2 стадия – неполная ЗОСТ во всех квадрантах с сохраненной адгезией в области желтого пятна и диска зрительного нерва;

- 3 стадия – неполная ЗОСТ по всему заднему полюсу с сохраненной адгезией к диску зрительного нерва;

- 4 стадия – полная отслойка ЗГМ.

Предложенная классификация позволяет отразить хронологическую этапность развития ЗОСТ: первоначально отслойка ЗГМ частичная, затем расширяется с сохранением адгезии в фовеа и ДЗН, затем после открепления поэтапно от фовеа и далее от ДЗН происходит полная отслойка ЗГМ со смещением комплекса кпереди [147].

Наиболее современная практическая классификация ЗОСТ была предложена В.А. Шаимовой с соавт. (2023) [52], которая включает в себя 3 стадии:

- 0 стадия – отсутствие ЗОСТ;

- 1 стадия – частичная ЗОСТ:

- 1a стадия – частичная отслойка ЗГМ на периферии;

- 1b стадия – перифовеолярная отслойка ЗГМ с адгезией витреофовеолярной и витреопапиллярной зон;

- 1c стадия – фовеолярная и перифовеолярная отслойка ЗГМ с витреопапиллярной адгезией;

- 1d стадия – отслойка ЗГМ от диска зрительного нерва;

- 2 стадия – полная ЗОСТ.

1.2. Этиопатогенез, эпидемиология астероидного гиалоза

Астероидный гиалоз (АГ) – дегенеративное состояние стекловидного тела неизвестной этиологии, клинически проявляющееся в виде диффузно расположенных множественных кальций-фосфор липидных комплексов на поверхности коллагеновых волокон стекловидного тела [46, 47, 53, 58, 68, 75, 81, 94, 131].

В 1894 году ирландский офтальмолог Альфред Хью Бенсон (1852-1912) впервые описал состояние стекловидного тела как астероидный гиалит (asteroid hyalitis), поскольку визуально оно схоже со «звездами в ясную ночь» [64]. По мнению первооткрывателя, данное состояние является следствием воспалительного процесса, однако позже множество исследователей отвергали воспалительную природу заболевания [92, 136].

Описанный случай, по мнению автора, имеет ряд отличий данного состояния стекловидного тела от synchysis scintillans:

1) при астероидном гиалозе изображение схоже с картиной «ясного звездного неба»;

2) движение глаз и частиц в структуре стекловидного тела при астероидном гиалозе синхронно;

3) отсутствие падения частиц в структуре стекловидного тела, что характерно для synchysis scintillans;

4) при «synchysis scintillans» в спокойном, свободном положении пациента, частицы располагаются на так называемом пространственном дне стекловидной камеры [63, 118].

Во второй половине XX века (1961 г.) группа авторов во главе с H.I. Rodman предложили термин астероидная гиалопатия, однако спустя 8 лет в 1969 году году M. Luxenberg и D. Sime предложили термин астероидный гиалоз, который используется до настоящего времени в научной литературе [103].

Несмотря на множество выполненных исследований, в научной литературе нет единых данных, описывающих первопричину процесса формирования и структуры астероидных телец, как структурного элемента при астероидном гиалозе [70, 73, 81, 84, 110, 129, 163].

Первые результаты гистохимических исследований структуры стекловидного тела при астероидном гиалозе были представлены в первой четверти XX века, согласно которым состав схож с кальциевыми мылами с примесью иных веществ липидной природы [94, 129]. Последующие

результаты исследований структуры и состава астероидных телец подтверждали апатитоподобную структуру, а также наличие кальция и фосфора, как основных структурных элементов [95, 145, 158, 162].

Эпидемиология. На сегодняшний день в литературе описано несколько крупных исследований распространенности астероидного гиалоза.

Первое крупное исследование было выполнено в период с 1988 по 1990 год, в ходе которого было обследовано 4926 пациентов населенного пункта Beaver Dam (США, штат Висконсин) на предмет астероидного гиалоза по стереоскопическим фотографиям глазного дна, который по результатам исследования был выявлен у 1,2% населения. Стоит отметить, что распространенность астероидного гиалоза среди населения увеличивалась с возрастом: так у пациентов группы 43-54 лет частота встречаемости составила 0,2%, в возрастной группе 75-86 лет – 2,9% [112].

Исследование Australian Blue Mountains Eye включало обследование 3654 пациентов в возрасте от 49 до 97 лет. По полученным результатам, частота распространенности астероидного гиалоза составила от 0% в возрастной группе 49-55 лет до 2,1% в возрастной группе 75-97 лет, с большей частотой встречаемости у лиц мужского пола [110].

Наиболее крупное ретроспективное исследование было выполнено в Калифорнийском университете (Лос-Анджелес, США). В работе проведен анализ базы данных аутопсии глаз в период с 1965 по 2000 год, в котором обследован 10 801 пациент. По результатам работы частота распространенности астероидного гиалоза составила 1,96% [76].

Исследование Гутенберга (Gutenberg Health Study) - масштабное популяционное исследование в регионе Рейн-Майн (Германия), в ходе которого были сделаны снимки глазного дна 12 779 участников. По результатам работы у 61 пациента (0,5%) был выявлен астероидный гиалоз [75].

Во всех исследованиях распространенности астероидного гиалоза отмечается значительная тенденция к увеличению распространенности с

возрастом, так в ходе мета-анализа этот показатель колеблется от 0,3% у лиц в возрасте 0-39 лет до 3,1% у лиц в возрасте 80 лет и старше [72, 111].

Несмотря на то, что все крупные исследования подтверждают возраст зависимый фактор частоты встречаемости астероидного гиалоза, многие исследователи убеждены, что его развитие связано с сахарным диабетом, артериальной гипертензией, гиперхолестеринемией или повышенным уровнем кальция в сыворотке крови [87, 102, 138]. Наиболее часто в литературе приводится связь между астероидном гиалозом и сахарным диабетом. Данное убеждение противоречиво, так как при единой системе кровоснабжения астероидный гиалоз – чаще односторонний процесс. По данным ретроспективного исследования в Калифорнийском университете, двухсторонний процесс у пациентов с диабетом был выявлен только у 20 пациентов из 780 [76].

Исследованные факторы риска развития астероидного гиалоза (внутриглазное давление, аномалии рефракции, сопутствующие заболевания глаз) на сегодняшний день имеют противоречивый результат без четкой взаимосвязи с развитием дегенеративного состояния стекловидного тела [73, 87, 88]. Однако исследование, выполненное Y. Ikeda с соавт. (2010), представляет данные о распространенности астероидного гиалоза у пациентов с установленным диагнозом пигментный ретинит порядка 3,1%, что значительно отличается от средних показателей распространенности в популяции. В рамках исследования авторы выполнили витрэктомию у пациентов с астероидным гиалозом и пигментным ретинитом, сравнили полученные молекулярные компоненты с контрольной группой (витрэктомия у пациентов с эпиретинальной мембраной и макулярным разрывом). Полученный материал исследуемой группы имел статистически значимый более высокий уровень концентрации фосфора. Основываясь на полученных результатах, авторы предложили теорию, согласно которой дегенерация фоторецепторного слоя приводит к миграции остатков клеток и продуктов жизнедеятельности в стекловидное тело. Ключевым веществом остатков

фоторецепторного слоя сетчатки является фосфотидилэтаноламин, который может являться предиктором образования астероидных телец в структуре коллагенового каркаса стекловидного тела [91].

1.3. Астероидный гиалоз: клинические симптомы, особенности диагностики, влияние на качество жизни, зрительные функции

Наиболее часто пациенты с астероидным гиалозом предъявляют жалобы на «плавающие мушки» перед глазами, без изменений остроты зрения. Характерные длительно существующие плавающие помутнения в пределах поля зрения в научной литературе обозначены термином миодезопсия [72, 115].

Однако в научной литературе описаны случаи снижения остроты зрения у пациентов с астероидным гиалозом. Например, клинический случай, описанный R. Ochi с соавт. (2017), представляет снижение зрения у пациента с астероидным гиалозом после стандартной факоэмульсификации катаракты. По данным автора, спустя некоторое время после операции, максимально корригируемая острота зрения существенно снизилась: с 0,2 до 0,02. Во время обследования пациента была обнаружена высокая концентрация астероидных телец вблизи передней гиалоидной мембраны, а также полная задняя отслойка стекловидного тела. Пациенту была выполнена трехпортовая витрэктомия через плоскую часть цилиарного тела. На четвертые сутки от операции острота зрения восстановилась до 0,7 [117].

Ряд авторов описывает клинические ситуации снижения остроты зрения у пациентов, ранее перенесших факоэмульсификацию катаракты с имплантацией силиконовой интраокулярной линзы. В ряде случаев была выполнена сканирующая электронная микроскопия, рентгеновская спектрометрия эксплантированной ИОЛ. Полученные данные свидетельствуют об отложениях кальция и фосфора, предположительно гидроксиапатитов, что соответствует составу астероидных телец [128, 154].

Отложение «астероидных» телец на силиконовых ИОЛ, вне зависимости от того была ли выполнена задняя капсулотомия или нет, приводит к существенному ухудшению как зрения, так и качества жизни, что безусловно требует определенных офтальмологических манипуляций [136, 160]. Ранее единственным решением данной проблемы являлась эксплантация силиконовой ИОЛ с последующей имплантацией ИОЛ из гидрофобного акрила. В тех случаях, когда у пациента уже была выполнена ND: YAG-лазерная дисцизия задней капсулы хрусталика, по причине развития вторичной катаракты, новую ИОЛ имплантировали в цилиарную борозду, что сопряжено с риском послеоперационных аномалий рефракции и потерей зонулярной стабильности. Также, данной категории пациентов перед имплантацией новой ИОЛ традиционно выполнялась частичная передняя витрэктомия [62].

Альтернативный подход к решению проблемы кальцификации ИОЛ у пациентов с астероидным гиалозом был предложен Y.J. Lee и S.B. Han (2019). В описанном авторами случае пациенту с отложением астероидных телец на задней поверхности силиконовой ИОЛ был выполнено лазерное лечение (Nd: YAG), что позволило достичь высокого показателя остроты зрения в период наблюдения. Однако авторы признают, что рецидив кальцификации задней поверхности ИОЛ возможен в отсроченном порядке и нельзя исключать вариант витрэктомии с эксплантацией ИОЛ как последующий более радикальный метод лечения [21, 100].

Выполнение витрэктомии в случаях кальцификации задней поверхности силиконовой ИОЛ у пациентов с астероидным гиалозом позволяет устранить симптомы миодезопсии и улучшить субъективный уровень качества жизни пациентов. Подобные случаи описаны D.I. Ullman и S. Gupta (2014), P.G. Rainsbury и J. Lockhead (2014), которыми были выполнены соответственно 23 Гейдж и 25 Гейдж витрэктомии. Однако, по данным авторов, попытки механически убрать субстраты с оптической части силиконовой ИОЛ

оказались безуспешны, по причине консистенции самих астероидных телец [126, 148].

При выполнении биомикроскопии у пациентов астероидным гиалозом четко визуализируются множественные мелкие диффузно-расположенные, зачастую несимметрично, белесовато-желтые блестящие образования, движение которых сопряжено с движением исследуемого глаза. Отличительной способностью астероидных телец является высокий показатель рефлективности падающего светового луча, что позволяет визуализировать астероидные тельца в высокой контрастности по отношению к самому стекловидному телу [47, 70, 104, 140].

Ультразвуковое исследование, как в режиме А, так и в режиме В, может быть использовано для амбулаторного осмотра пациентов с астероидным гиалозом, так и для пациентов в предоперационном обследовании перед хирургическим лечением катаракты.

Результатом ультразвукового исследования (А-режим) глаза с астероидным гиалозом является графическое изображение множественных высокоамплитудных пиков на фоне анэхогенного стекловидного тела [5, 56, 77].

При выполнении ультразвукового исследования (В-режим) глаза с астероидным гиалозом регистрируются множественные, диффузно расположенные, небольшого размера субстраты различной эхогенности в толще стекловидного тела. Ультразвуковое исследование зачастую выполняется в различных меридианах и осях, а также с направленным движением глаз пациента. Изменение направления глаза пациента вызывает смещение астероидных телец в толще стекловидного тела. Акустическая плотность исследуемых астероидных телец может быть подвергнута сравнительному анализу за счет использования серой шкалы [10, 36, 39, 45].

В научной литературе встречаются публикации, описывающие влияние астероидного гиалоза на ультразвуковую биометрию, что вносит помехи при расчётах интраокулярных линз. Одна из первых публикаций, относящихся к

вопросу ложной гиперметропии, выполнена K.L. Allison с соавт. в 1991 году. По данным авторов, при расчёте аксиальной длины глаза у пациентов с астероидным гиалозом перед хирургическим лечением катаракты, у 5 пациентов (25%) из 20 была выявлена ложная гиперметропическая длина глаза с погрешностью более чем 1,0 мм. Полученные ложные результаты могли стать причиной погрешности имплантированных линз более чем в 2,5 диоптрий [58]. Статистически значимые отклонения в средней аксиальной длине глаза у пациентов с астероидным гиалозом были зафиксированы Z. Yazar с соавт. (2001). По данным авторов, среднее отклонение аксиальной длины глаза в исследуемой группе составило 0,32±0,06 мм против 0,10±0,02 мм в контрольной группе ($p \leq 0,05$) [158].

Офтальмоскопия структур глазного дна у пациентов с астероидным гиалозом вызывает затруднения в детализации структур. Фотофиксация при помощи ретинальной камеры (фундус-камеры) при наличии астероидного гиалоза также не предоставит четкие изображения структур диска зрительного нерва, макулы и других областей.

В работе A.D. Wright с соавт. (2010), посвященной скринингу пациентов с диабетической ретинопатией, астероидный гиалоз был зафиксирован у 0,4% исследуемых пациентов, но был основной причиной невозможности интерпретации снимков с ретинальной камеры в 8,5% случае [157].

Отсутствие должной визуализации заднего отрезка глаза при наличии сопутствующей ретинальной патологии мешает адекватно дифференцировать стадийность патологического процесса или вовсе не позволяет выполнить ряд лазерных процедур, например при диабетической ретинопатии. Таким образом, с целью улучшения визуализации структур глазного дна, в ряде случаев приходится выполнять витрэктомию [98, 121, 133, 136].

Несмотря на длительную историю исследований астероидного гиалоза, на текущий день нет единой классификации данного патологического состояния стекловидного тела. Среди опубликованных работ зафиксирована одна классификация астероидного гиалоза, предложенная P.K. Rani и R.C.

Prajapati в 2019 году и основанная на возможности визуализации структур глазного дна. Она базируется на выполнении фотофиксации структур глазного дна при помощи ретинальной камеры (фундус-камеры) и выделяет следующие степени [127]:

- 1 степень – визуально определяется диск зрительного нерва и сосуды второго порядка;
- 2 степень – визуально определяется диск зрительного нерва и сосуды первого порядка;
- 3 степень – визуально определяется стушеванный диск зрительного нерва;
- 4 степень – не определяется диск зрительного нерва.

Качество жизни (КЖ) – собирательная характеристика, обобщающая физическое, психологическое, эмоциональное и социальное состояние индивидуума, основой которой является субъективное восприятие. Наибольшую часть информации об окружающем мире (95%) человек получает благодаря органу зрения, в связи с чем даже незначительные изменения качества зрения могут оказать существенно негативные влияния на качество жизни [31, 32, 82]. В зарубежных современных публикациях все чаще встречается термин Health Related Quality of Life (HRQOL – «качество жизни, коррелируемое со здоровьем»).

В настоящее время отсутствует единый стандарт оценки качества жизни пациентов. Исследование качества жизни преследует множество целей: анализ эффективности лечения и профилактических мероприятий; динамическая оценка состояния пациента. Практически повсеместно оно выполняется посредством заполнения специальных опросников, которые создаются на базе специальных научно-исследовательских институтов [79, 113, 122].

Каждый опросник является уникальной системой критериев и шкал оценки полученных результатов. Условная норма HRQOL различных регионов и стран может отличаться от иных, ввиду чего конечные результаты схожих исследований могут быть отличны друг от друга [82].

Для опросников имеются определенные требования:

- универсальность – включение всех характеристик здоровья;

- надежность – фиксация индивидуальных показателей здоровья у различных пациентов;

- чувствительность – лабильность к клинически значимым отклонениям показателей здоровья каждого пациента;

- воспроизводимость;

- простота реализации и краткость;

- стандартизация – один пул вопросов и ответов для всех групп пациентов;

- оценка – количественная характеристика параметров здоровья пациентов.

Среди офтальмологических опросников наибольшую популярность имеют следующие:

1. ADVS (Activities of Daily Vision Scale) – шкала ежедневной зрительной активности. Впервые был разработан в 1992 году для пациентов с катарактой, включает в себя 21 вопрос, которые относятся к субъективным зрительным функциям пяти различных областей (зрение в темное время суток, зрение в светлое время суток, зрение на дальней дистанции, зрение на близкой дистанции, пространственная контрастная чувствительность) [93, 113, 132];

2. NEI-VFQ (National Eye Institute Visual Function Questionnaire) – опросник зрительной функции Национального Института глаза (США), разработанный для отражения множества разнообразных изменений деятельности пациентов в зависимости от снижения зрительной функции. Опросник включает в себя 51 вопрос относительно тринадцати различных показателей качества жизни: общее здоровье, общее состояние зрительной функции, глазная боль, зрение на ближней и дальней дистанции, периферическое зрение, цветовосприятие, управление автотранспортом, социальная активность, изменение психического здоровья от зрительной функции, прогноз зрительной функции, ограниченность ежедневной

деятельности, зависимость от помощи окружающих. Ввиду большого объема в последующем были выпущены различные укороченные версии данного опросника [79, 135, 156];

3. VF-14 (Visual Function) – опросник «зрительной функции» включает в себя 18 вопросов относительно различных бытовых видов деятельности: чтение мелкого шрифта, чтение стандартного шрифта, возможность шитья, заполнение документов, чтение книг и газет, распознавание людей и дорожных знаков, участие в настольных играх, занятие спортом, приготовление пищи, просмотр телепередач, управление автотранспортом в условиях стандартной и сниженной освещенности. Заполнив опросник, выполняется подсчет баллов, которые эквивалентны определенному субъективному уровню качества жизни. Несмотря на то, что данный опросник исходно разрабатывался под профиль катарактальных пациентов, благодаря его краткости и удобству он нашел широкое применение при оценке пациентов с другими офтальмологическими заболеваниями [66, 151, 156].

Астероидный гиалоз является одной из ряда патологических состояний стекловидного тела, которые обозначаются собирательным термином «помутнения стекловидного тела». В современной научной литературе всё чаще стали публиковаться статьи на тему влияния плавающих помутнений стекловидного тела на субъективный уровень качества жизни пациентов.

Исследование, выполненное Blake F. Webb с соавт. (2013), описывает количественное определение симптома помутнений стекловидного тела. Опрос респондентов был выполнен посредством программы на смартфоне среди лиц старше 18 лет в различных странах (США 64%, Австралия, Израиль, Великобритания 10% и др.). В исследовании приняли участие 1098 человек, из которых 608 дали полезные ответы на заданные вопросы, их них 76% отметили наличие плавающих помутнений, 33% – дополнительно указали на ухудшение зрения. По данным исследования, пациентов с близорукостью, отметивших наличие плавающих помутнений, было в 3,5 раза больше

остальных. Недостатком данного исследования является то, что пациенты более старшей возрастной группы (старше 50 лет), составляют менее 5% от числа опрошенных [153].

В исследовании A.M. Wagle с соавт. (2011) рассмотрено влияние помутнений стекловидного тела на качество жизни у 266 пациентов, используя стандартизованный офтальмологический опросник. В исследуемой группе пациенты были готовы к 7% риску слепоты после лечения. В исследовании отмечается, что более молодые пациенты с симптомами плавающих помутнений готовы взять на себя больший риск послеоперационной слепоты, чем пациенты старшего возраста. Одним из ограничений исследования является то, что более чем у половины пациентов симптомы плавающих помутнений присутствовали менее чем 28 дней. Однако авторы считают, что витрэктомия как метод лечения может быть полезен как для пациентов с остро возникшими симптомами, так и для пациентов с хроническим течением. Стоит отметить, что большая часть пациентов с остро возникшими симптомами плавающих помутнений становятся менее восприимчивы к ним с течением времени [152].

1.4. Визоконтрастометрия как метод исследования астероидного гиалоза

Визоконтрастометрия – это метод исследования, позволяющий определить пространственно-контрастную чувствительность зрительной системы. Пространственная контрастная чувствительность (ПКЧ) — способность зрительного анализатора отмечать разницу объектов при малом отличии их яркости. Термин «визоконтрастометрия» был введен в СССР профессором В.В. Волковым в 1980-е годы [4, 26]. Визоконтрастометрия является более детальным методом диагностики зрительной функции по сравнению с классической визометрией по ряду причин:

- выполнение визометрии сопряжено с использованием максимально контрастных оптотипов, однако в реальных жизненных условиях работа органа зрения выполняется с различными условиями освещенности объектов;

- визоконтрастометрия определяет отдельно для каждого размера минимально необходимый контраст объектов из деталей этого размера, чтобы оставаться различимыми. Визометрия измеряет значение только самых мелких возбудительных и тормозных зон рецептивных полей нейронов, в то время как визоконтрастометрия исследует чувствительность множества нейронных структур с разными размерами возбудительных и тормозных зон рецептивных полей.

Первые упоминания о контрастной чувствительности обнаружены в трудах древнегреческого ученого Пифагора Самосского. Практическое применение контрастной чувствительности было начато в рядах македонской армии в качестве методики отбора военнослужащих, способных определить количество звезд в звездном скоплении Плеяды.

В новое время основоположником исследования контрастной чувствительности считается французский гидрограф Пьер Бугер [Bouguer, 1760], который первый представил формулу порогового контраста:

$$K_п = \Delta L / L,$$

где $K_п$ – пороговый контраст; L – яркость источника.

В своих экспериментах П. Бугер впервые смог установить дифференциальный порог контрастного восприятия (1,5-2%) [65].

В дальнейшем значительный вклад в исследовании контрастной чувствительности принесли немецкие ученые Эрнст Вебер [Weber, 1834] и Густаф Хефнер [Fechner, 1858]. Результатом их деятельности стало формирование «основного психофизического закона», согласно которому интенсивность ощущения стимула прямо пропорциональна логарифму интенсивности стимула:

$$\psi = a \log (L / L_o),$$

где ψ – интенсивность ощущения, а – константа, L – интенсивность стимула, L_o – абсолютный порог стимула.

В последующем многие авторы занимались изучением контрастной чувствительности и разрабатывали различные методики клинического применения данного метода [Donders, 1864; Snellen, Landolt, 1874].

Визоконтрастометрия как метод определения пространственной контрастной чувствительности сопряжена с такими параметрами, как: геометрический размер объекта, измеряемый в угловых величинах, и контраст объекта, измеряемый в единицах контраста. Описание размера объекта выражается через количество циклов в одном угловом градусе поля зрения. Данная величина обозначается как пространственная частота (цикл/град.) [44, 74]. Оценка контраста выполняется по формуле Майкельсона [Michelson, 1891]:

$$K = (L_1 — L_2) / (L_1 + L_2),$$

где K – контраст; L_1 – максимальная яркость стимулов; L_2 – минимальная яркость стимулов.

Исходя из формулы Майкельсона, максимально возможное значение контраста равно 1, минимальное 0.

Контрастная чувствительность здорового человека различна в разных диапазонах пространственных частот. Максимальный показатель ПКЧ в диапазоне 4-10 цикл/град. За пределами данной амплитуды показатели ПКЧ стремятся к минимальному значению [55, 107].

Для клинической практики в 1985 и 1987 гг. был разработан малый и большой атласы изображений для диагностики частотно пространственных характеристик зрения. Данные атласы содержат изображения синусоидальных решеток в диапазоне частот от 0,37 до 18 цикл/град. Изображение каждой синусоидальной решетки имеет переменную величину контраста от 0 до 1. Оценка ПКЧ выполняется посредством представления тестовых решеток в аппарате Рота с дистанции 1,5 метров. Отмечается величина порогового контраста, при которой пациент различает полосы, данные ответы заносятся в

бланк и формируется график, где ось абсцисс – пространственная частота, ось ординат – процент зрительной сохранности, относительно 100% контрастной чувствительности [4]. В дальнейшем благодаря техническому прогрессу был разработан и выпущен в производство аппаратно-диагностический комплекс «Эрготест-ДТ».

В современной практике наиболее часто применяются разработанные программные модули для персональных компьютеров, с возможностью калибровки под имеющееся техническое оснащение («Зебра», FrACT и др.).

Компьютерная программа «Зебра» для визоконтрастометрии реализуется при дистанции от 1,8 до 2,4 метра в зависимости от размера монитора с целью сохранения постоянства угловых размеров стимулов. В данной программе стимулами являются синусоидальные решетки ахроматические и хроматические (синие, зеленые, красные). Поле стимуляции составляет порядка 4,5 градусов. Измерения выполняются с низких частот в диапазоне от 0,5 до 16 цикл/град. с интервалом 0,5 или 1,0. Полученный результат отображается в виде графической кривой, которая подвергается сравнению с возрастной нормой [14, 41].

Фрайбургский тест – полуавтоматический комплекс визуальных тестов в формате компьютерного онлайн-модуля, который полностью соответствует международному стандарту по оценке остроты зрения (EN ISO 8596). Данный модуль требует однократной калибровки монитора для оптимизации разрешения, выводимого на экран изображения оптотипов (наиболее оптимален метод калибровки «пластиковой картой»). Требуемая яркость монитора должна составлять от 80 до 320 кд/м^2 (рекомендованная яркость порядка 200 кд/м^2). Визоконтрастометрия реализуется посредством четырёх возможных оптотипов: таблицы Слоана, кольца Ландольта, перевернутая буква Е, различно ориентированные решетки. Полученный результат исследования оценивается в формате контраст Вебера (логарифм и контраст Майкельсона (%) [78, 106].

1.5. Аберрометрия, аберрации высшего порядка

Современные потребности пациента, зачастую, не ограничиваются лишь высокой остротой зрения, но в то же время включают в себя комфортную зрительную работоспособность, которая обеспечивается качеством поступающего изображения в зрительный анализатор головного мозга. Практический любой глаз не является представителем «идеальной оптической системы», что обусловлено наличием различной степени выраженности оптических дефектов (аберраций). Аберрации зрительной системы обусловлены угловыми отклонениями параллельного пучка света от идеальной точки фокусировки (фовеа) после его преломления оптическими средами глаза. [1, 28, 29, 40].

Аберрометрия – компьютеризированный высокотехнологичный объективный метод исследования оптической системы глаза на предмет наличия оптических искажений (аберраций) как низших (астигматизм, гиперметропия, миопия), так и высших порядков (кома, трифойл, тетрафойл, вторичный астигматизм).

Технологический прогресс развития высокоточного оборудования в офтальмологической практике характеризуется постоянно пополняемым списком автоматизированных систем, зачастую имеющих различный принцип работы. Современные аберрометры имеют обширную линейку представленных моделей: OPD-SCAN III (Nidek, Япония), Keratron Onda (OPTIKON, Италия), KR-1W (Topcon Europe Medical, Япония), WaveLight® Analyzer II (Alcon, США), HRK-8000A (Huvitz, Южная Корея), QuickSee (Essilor instruments, Франция), Luxvision LRK-7800 (US Ophthalmic, США). Различные производители офтальмологического оборудования (аберрометров) используют разные принципы его работы: трассировка лучей, аберрометрия Чернинга, система Шака-Хартмана, с использованием автоматической ретиноскопии [29, 43, 69].

Предоставление информации о прохождении света от источника наиболее часто выполняется при помощи понятия волнового фронта. Применяя идеальную модель оптической системы, волновой фронт, проходя через все преломляющие среды, будет сфокусирован идеально в фовеа, что обеспечит максимально возможную четкость и контрастность изображения объекта [48, 86]. Количественная оценка ошибки волнового фронта измеряется в микронах и характеризует разницу между длиной оптического пути фактического волнового фронта и идеального.

Изменения формы волнового фронта ввиду глазных аберраций математически описываются при помощи многочленов (полиномов). Чаще всего для характеристики аберраций используются полиномы Цернике, где каждый одночлен (мода полинома Цернике) представляет определенный тип аберрации волнового фронта. Каждая мода (одночлен) Цернике состоит из двух компонентов: радиальный и меридионально-частотный. За счет имеющегося коэффициента C^{m}_{n} у каждой моды имеется возможность представить сложной формы волновой фронт как сумму базовых аберраций [104].

Наиболее часто работа офтальмолога и оптометриста связана с коррекцией аберраций волнового фронта низшего порядка (миопия, гиперметропия, астигматизм), которые составляют около 90% общей волновой аберрации глаза [2, 41].

Аберрации высшего порядка составляют около 10% от всех аберраций глаза и являются одной из ключевых тем в современной офтальмологии при рассмотрении различной патологии оптической системы глаза. Некорригируемые аберрации высшего порядка (кома, трифоил и сферическая аберрация) представляют клинический интерес и могут являться причиной возникновения жалоб пациентов на снижение контраста и четкости изображения [28, 57]. Величина аберраций высшего порядка имеет возраст ассоциированную прямую зависимость, а также зеркальную симметрию между правым и левым глазом [54, 59].

Кома (Z^{-1}_3, Z^1_3) – аберрация третьего порядка, характеризующаяся отсутствием симметрии расположения оптического центра роговицы и хрусталика с фовеолой. Сферическая аберрация (Z^0_4) – аберрация четвертого порядка, для которой характерно различие интенсивности преломления параллельных лучей, проходящих в параоптической зоне (периферии) и в центре. Трифойл (Z^{-3}_3, Z^3_3) – аберрация третьего порядка, реализуемая за счет иррегулярности периферических поверхностей оптических элементов глаза, ввиду чего формируется линейное оптическое изменение объекта (лучистость) [1].

Современные аберрометры позволяют получить данные аберраций не только роговичных и общеглазных, но и внутренних, обусловленных изменениями внутриглазных структур (хрусталик, капсула хрусталика, стекловидное тело, сетчатка). С возрастом происходят структурные изменения хрусталика, что в свою очередь, влияет на показатель его кривизны, а это имеет отношение к усилению внутренних аберраций (кома) [54, 164]. По данным различных авторов, развитие того или иного типа катаракты (ядерная, кортикальная, заднекапсулярная) может усиливать тот или иной тип аберрации. Например, кома более выражена при кортикальной катаракте, в то время как сферическая аберрация усиливается при ядерной катаракте [54, 116, 134]. Хирургическое лечение катаракты позволяет существенно уменьшить проявления аберраций высшего порядка и избавить пациента от клинических проявлений того или иного варианта аберрации.

В последнее время, по мере развития и модернизации диагностических модулей, все чаще в научное поле зрения входит исследование влияния помутнений стекловидного тела, в том числе астероидного гиалоза. По данным национальной медицинской библиотеки (National Library of Medicine, NLM) за последние 10 лет было опубликовано лишь две статьи, описывающие исследование влияния астероидного гиалоза на аберрации высшего порядка [133, 161].

Таким образом, полученные данные аберрометрии у пациентов с

астероидным гиалозом, перенесших хирургическое лечение катаракты, могут представлять научный и клинический интерес, а также являться основой для предложения комбинированного хирургического вмешательства.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ КЛИНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Дизайн клинического исследования

Выполненное исследование состоит из взаимосвязанных последовательных этапов.

Задачей первого этапа исследования являлся анализ функциональных результатов хирургического лечения пациентов с катарактой и астероидным гиалозом, а также субъективного уровня качества жизни (КЖ) посредством адаптированного офтальмологического опросника The Visual Function Index 14 (VF-14). Результаты проведенного анализа показали необходимость расширить комплекс диагностических исследований данной патологии для выработки алгоритма выбора метода хирургического лечения пациентов при сочетании катаракты и астероидного гиалоза.

Следующим этапом было проведено сравнительное исследование пространственной контрастной чувствительности (ПКЧ) у пациентов после хирургии катаракты с астероидным гиалозом с оценкой зависимости ПКЧ от степени концентрации астероидных телец по данным ультразвуковой диагностики или В-сканирования (патент РФ на изобретение № 2835889 от 05.03.2025 «Способ определения показаний к факовитрэктомии при возрастной катаракте и деструкции стекловидного тела по типу астероидного гиалоза»), а также у пациентов после хирургии катаракты без астероидного гиалоза.

Для объективизации результатов влияния астероидного гиалоза на функциональные возможности зрительной системы выполнен анализ функций зрения посредством анализатора зрительных функций Tracey VFA Visual Function Analyzer (США), модель iTrace, а именно анализ внутренних аберраций. Для сравнения анализ внутренних аберраций был проведен и у пациентов без астероидного гиалоза.

Полученные на предыдущих этапах исследования результаты послужили основой для выработки алгоритма хирургического лечения пациентов с катарактой и астероидным гиалозом, с последующим анализом результатов лечения по предложенной методике.

Графически дизайн исследования представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема дизайна исследования

2.2. Характеристика функциональных результатов лечения катаракты при астероидном гиалозе с оценкой субъективного уровня качества жизни

Первый этап исследования был проведен на базе первого офтальмологического отделения круглосуточного стационара ГАУЗ СО «Свердловская областная клиническая больница № 1». В исследовании приняли участие 98 пациентов (98 глаз) с установленным диагнозом: Незрелая возрастная катаракта. Астероидный гиалоз. Возраст пациентов варьировал от 62 до 77 лет, средний показатель составил 69,5(7,4) лет. Из 98 пациентов мужчин – 55 (56,1%), женщин – 43 (43,9%). Правый глаз – 51 (52%), левый глаз – 47 (48%). Задача данного этапа – оценить зрительные функции и уровень качества жизни пациентов с астероидным гиалозом после хирургического лечения катаракты.

Критерии включения пациентов в исследование: наличие незрелой сенильной катаракты (H25.1, H25.8, H26.2, H26.3, H26.8); астероидного гиалоза (H43.2); возможность послеоперационного наблюдения и обследования.

Критериями невключения пациентов в исследование являлись: наличие зрелой стадии катаракты, катаракты с 4-5 степенью плотности ядра, подвывиха хрусталика 2-3 степени, воспалительных заболеваний переднего и заднего отрезков глаза, состояние после витреоретинальной хирургии, диабетической ретинопатии, возрастной макулярной дегенерация, глаукомы, атрофии зрительного нерва, макулярного разрыва сетчатки, миопии высокой степени, роговичного астигматизма более 1,0 диоптрии, изменения структуры витреомакулярного интерфейса, кератоконуса, помутнения роговицы, дистрофических изменений роговицы, сопутствующей соматической патологии, в том числе мнестических изменений, не позволяющих выполнять адекватное обследование.

Критериями исключения пациентов из исследования являлись: собственное желание пациента прекратить участие в исследовании, травмы головы и глаза, острое нарушение мозгового кровообращения, изменения структуры витреомакулярного интерфейса, отслойка сетчатки, гемофтальм, воспалительная патология переднего и заднего отрезка глаза.

У 34 включенных в исследование (34,7%) диагностирована сопутствующая офтальмологическая патология: миопия 1 степени – у 13 (13,3%), миопия 2 степени – у 6 (6,1%), гиперметропия 1 степени – у 15 пациентов (15,3%).

Всем пациентам было выполнено комплексное офтальмологическое обследование в день поступления в отделение, на первые – третьи сутки после операции (день выписки), а также в срок 1, 3 и 6 месяцев после хирургического лечения.

В комплексное офтальмологическое обследование были включены следующие методы исследования: визометрия, кераторефрактометрия (Huvitz HRK-7000A, Южная Корея), периметрия (ПНР-2, ОАО ТочМедПрибор, Россия), тонометрия бесконтактная (Reichert® 7CR, США), в ряде случаев контактная аппланационная по Маклакову с массой грузика 10 гр., биомикроскопия переднего отрезка глаза (SL-2G, Topcon, Япония), офтальмоскопия глазного дна (BETA 200, Heine, Германия), (Поиск ТР, Россия), контактная биометрия с A/B сканированием (US-4000 Nidek, Япония), оптическая когерентная томография макулярной области и диска зрительного нерва (Cirrus™ HD-OCT 400, Carl Zeiss, Германия).

Исследование остроты зрения (визометрию) без коррекции и с максимальной коррекцией проводили в условиях кабинета офтальмолога при стандартном освещении с использованием аппарата Ротта (ЗМИ «Тепал» (Россия) и таблицы Сивцева-Головина на расстоянии 5 метров от пациента.

Для проведения кераторефрактометрии использовали авторефкератометр Huvitz HRK-7000A (Южная Корея) для каждого глаза пациента.

Периметрию выполняли при помощи периметра ПНР-2 (ОАО ТочМедПрибор, Россия) в 4 положениях (вертикально, горизонтально, наклон влево, наклон вправо) и белой метки диаметром 3 мм. Пациент в положении сидя, закрыв парный глаз, смотрел в центр дуги и отмечал появление и отсутствие белой метки при её движении.

Тонометрию проводили бесконтактным методом с использованием автоматического пневмотонометра (Reichert 7CR, Reichert ®, США). В ряде случаев выполняли контактную аппланационную тонометрию по Маклакову с массой грузика 10гр по стандартной методике, предварительно выполнив инсталляцию оксибупрокаина 0,4% («Иноакин», SENTISS PHARMA, Pvt.Ltd. (Индия)).

Биомикроскопию переднего отрезка и глубоких оптических сред выполняли с использованием щелевой лампы (SL-2G, Topcon, Япония).

Для офтальмоскопии структур глазного дна использовали офтальмологические диагностические линзы 15 и 60 диоптрий (Поиск ТР, Россия) и офтальмоскоп (BETA 200, Heine, Германия).

Контактную биометрию проводили с помощью аппарата ультразвукового сканирования (US-4000 Nidek, Япония). В режимах А- и В-сканирования измеряли внутриглазные структуры с точностью до 0,1 мм, глубину передней камеры, толщину хрусталика, величину переднезадней оси глазного яблока, визуализировали патологию стекловидного тела, заднюю отслойку стекловидного тела.

Оптическую когерентную томографию макулы и диска зрительного нерва выполняли при помощи томографа Cirrus™ HD-OCT 400 (Carl Zeiss, Германия). Для исследования макулы использовали режим «Macular cube 512x128», для исследования диска зрительного нерва – режим «Optical disc cube 200x200».

Дополнительным методом обследования пациентов являлось определение качества жизни с использованием офтальмологического опросника The Visual Function Index (VF – 14), разработанного Steinberg E.P.

(1994), адаптированного по формулировкам вопросов для пациентов Российской Федерации. Опросник представляет собой комплекс из 18 вопросов, касающихся качества зрительной функции пациентов в различных сферах ежедневной деятельности. Сумма ответов эквивалентна перерасчётным баллам опросника и отражает состояние зрительной функции пациента от отсутствия изменений до крайне выраженных изменений (приложение А). Медиана показателя оценки качества жизни пациентов составила 20,5(14,0;30,0) баллов, что, в основном, коррелирует с тяжелым изменениями зрения (VF диапазон баллов 10-29).

По данным оптической когерентной томографии макулярной зоны и диска зрительного нерва исследуемых пациентов, у 52 человек (53%) определялась неполная задняя отслойка гиалоидной мембраны с адгезией в области макулы и перипапиллярно, у 31 человека (31,6%) – полная задняя отслойка гиалоидной мембраны, у 15 человек (15,3%) - отсутствие данных за заднюю отслойку гиалоидной мембраны.

Основные данные клинического обследования пациентов до хирургического лечения катаракты на данном этапе исследования представлены в таблице 1. Показатели с нормальным распределением представлены средними значениями и стандартным отклонением – M(SD), показатели с распределением отличным от нормального – медианой, 1 и 3 квартилями – Me(Q1;Q3).

Таблица 1 – Описательная статистика группы из 98 пациентов до хирургического лечения катаракты

Показатели	Значения
M(SD)	
Возраст, лет	69,5(7,4)
ВГД, мм рт.ст. (Ро)	15,0(4,2)
Величина переднезадней оси глаза (ПЗО), мм	23,28(1,62)

Me(Q1;Q3)	
МКОЗ	0,20(0,20;0,25)
Баллы опросника VF-14	20,5(14,0;30,0)
Распространенность, %	
Мужчины / женщины	56,1 / 43,9
Правый глаз / левый глаз	52,0 / 48,0
Плотность катаракты	1 степень – 8,1%
	2 степень – 57,1%
	3 степень – 35%
Неполная отслойка ЗГМ с адгезией в макуле и перипапиллярно	53,0
Полная отслойка ЗГМ	31,6
Без отслойки ЗГМ	15,3

Хирургическое лечение пациентов данной группы заключалось в выполнении стандартной факоэмульсификации катаракты с имплантацией заднекамерной интраокулярной линзы в полость капсульного мешка. Операции были выполнены на факоэмульсификаторах Stellaris (Bausch + Lomb, США), Constellation Vision System (Alcon, США). Ширина основного разреза – 2,2 мм, линейный вакуум – 200-550 мм рт. ст., линейная аспирация – 5-25 $см^3$/мин. Всем пациентам были имплантированы заднекамерные интраокулярные линзы моделей «Аквамарин» (монофокальная асферическая заднекамерная интраокулярная линза из гидрофильного акрила, «НанОптика», Россия). Во всех случаях осложнения как интраоперационные, так и в послеоперационном периоде наблюдения отсутствовали.

2.3. Исследование влияния астероидного гиалоза на показатели пространственной контрастной чувствительности на основании визоконтрастометрии и ультразвукового исследования

В исследовании приняли участие 80 пациентов (80 глаз) из 98, ранее прооперированных по поводу возрастной катаракты с установленным диагнозом артифакия и астероидный гиалоз (исследуемая группа 1 (ИГ 1)) и 80 пациентов (80 глаз), прооперированных по поводу возрастной катаракты, но не имеющих патологических изменений стекловидного тела (астероидный гиалоз) – контрольная группа 1 (КГ 1). Характеристика исследуемой группы 1 и контрольной группы 1 представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Описательная статистика исследуемой группы 1 и контрольной группы 1

Показатели	Исследуемая группа 1 (n=80)	Контрольная группа 1 (n=80)
M(SD)		
Возраст, лет	69,9(7,1)	70,2(6,8)
ВГД, мм рт.ст. (Ро)	17,7(2,5)	18,3(2,2)
Величина переднезадней оси глаза (ПЗО), мм	23,31(1,42)	23,47(1,55)
Me(Q1;Q3)		
МКОЗ	0,75(0,74;0,80)	0,78(0,70;0,80)
Баллы опросника VF-14	71,0(69,0;72,0)	88,0(85,0;90,3)
Распространенность, %		
Мужчины / женщины	61,25 / 38,75	57,5 / 42,5
Неполная отслойка ЗГМ с адгезией в макуле и перипапиллярно	61,3	45,3
Полная отслойка ЗГМ	25,0	28,8

Без отслойки ЗГМ	13,8	15,0

Критерии включения пациентов на данном этапе исследования: артифакия (H27.0) (для исследуемой и контрольной группы 1), астероидный гиалоз (H43.2) (для исследуемой группы 1); возможность послеоперационного наблюдения и обследования.

Критериями невключения пациентов в исследование являлись: воспалительные заболевания переднего и заднего отрезков глаза, предшествующий подвывих хрусталика 2-3 степени, состояние после витреоретинальной хирургии, диабетическая ретинопатия, возрастная макулярная дегенерация, глаукома, атрофия зрительного нерва, макулярный разрыв сетчатки, миопия высокой степени, роговичный астигматизм более 1,0 диоптрии, изменения структуры витреомакулярного интерфейса, кератоконуса, помутнения роговицы, дистрофические изменения роговицы, сопутствующая соматическая патология, в том числе мнестические изменения, не позволяющие выполнять адекватное обследование.

Критериями исключения пациентов из исследования являлись: собственное желание пациента прекратить участие в исследовании, травмы головы и глаза, острое нарушение мозгового кровообращения, изменения структуры витреомакулярного интерфейса, отслойка сетчатки, гемофтальм, воспалительная патология переднего и заднего отрезка глаза.

Визоконтрастометрия была выполнена всем пациентам через 1 месяц после хирургического лечения катаракты с использованием двух компьютерных модулей: ПО «Зебра» (вер. 3.02, ООО «Астроинформ СПЕ», Москва) и Фрайбургского теста (Freiburg Visual Acuity and Contrast Test – FrACT).

Программа «Зебра» представляет собой компьютерную программу, которая позволяет исследовать контрастную чувствительность (ахроматическую и хроматическую) при различных пространственных

частотах синусоидальных стимулов, что позволяет оценить наличие функциональных изменений различных уровней зрительного анализатора.

Алгоритм исследования контрастной чувствительности при помощи ПО «Зебра» следующий. В рамках исследования были использованы ахроматические, хроматические синусоидальные решетки с вертикальной и горизонтальной ориентацией, амплитуда пространственных частот составляла от 0,5 до 16 цикл/град и эффективными угловыми размерами 3,1 х 3,1. Исследование ПКЧ выполнено монокулярно с переходом от низких частот к высоким, в мезопических условиях с постоянным неизменным уровнем освещения. Пациент располагался сидя на расстоянии 170 см от монитора. Каждому пациенту непосредственно перед исследованием ПКЧ предварительно предоставлены разъяснения о необходимых действиях, а именно: пациент должен отвечать, различает или не различает представленные синусоидальные решетки, в то время как исследователь фиксирует компьютерной мышью ответы исследуемого пациента. Результаты исследований были представлены в виде кривых зависимости пространственной контрастной чувствительности и ее сохранности (отклонения от нормы) от пространственной частоты.

Фрайбургский тест (Freiburg Visual Acuity and Contrast Test – FrACT) – это комплекс полуавтоматических визуальных тестов, где применены психометрические методы в сочетании со сглаживанием и дизерингом для самостоятельной оценки остроты зрения (Bach 1996), контрастной чувствительности (с оптотипами или решетками) и остроты зрения по Вернье. FrACT соответствует международному стандарту для проверки остроты зрения (EN ISO 8596) и является одним из «Рекомендуемых методов оценки остроты зрения» целевой группой по гармонизации результатов и конечных точек зрения в испытаниях по восстановлению зрения [61].

Для исследования ПКЧ посредством Фрайбургского теста использовались стандартные оптотипы в виде колец Ландольта в восьми возможных вариантах. Оценка ПКЧ выполняется монокулярно в

мезопических условиях с постоянным неизмененным уровнем освещения. Предварительно однократно проводится калибровка разрешения экрана с использованием интерфейса приложения (с помощью стандартной пластиковой карты) и дистанция измерений (50 см) при заданной яркости экрана в диапазоне 20-320 кд/м^2. Пациент располагается на заданной дистанции от монитора и при помощи компьютерной клавиатуры указывает направленность предлагаемых ему оптотипов или устно сообщает свой ответ исследователю, который нажимает соответствующую клавишу. Каждый тест включает в себя 18 последовательных ответов направленности заданных оптотипов. Результат теста представлен в числовом формате контраста Вебера (logCS Weber), условная норма контраста Вебера – 1,6 и больше.

Ультразвуковое исследование проводилось на ультразвуковом приборе для А/В-сканирования US-4000 (Nidek, Япония). Использовали зонд 10 МГц, с диаметром рабочей поверхности 1,8 см, разрешением по глубине – 0,15 мм, усиление в диапазоне от 30 до 50 дБ. Данный диапазон позволяет максимально уменьшить размытость акустической тени от включений (частиц) астероидного гиалоза и более правильно проводить диагностику. Исследование проводилось в положении больного сидя. Методика исследования контактная – через веки в аксиальном направлении. Для плотного контакта рабочей поверхности датчика с кожей использован акустический гель «АКУГЕЛЬ». Полученный акустический срез фиксировался.

Оценка вычисления площади астероидного гиалоза на полученном акустическом срезе выполнялась при помощи компьютерной программы Paint.net (версия 5.0.11). Алгоритм последовательности представлен ниже.

Запустить приложение paint.net (версия 5.0.11). Во вкладке «Файлы» – открыть нужный файл В-скана. Для выделения произвольной области в окне «Инструменты» выбирали «Лассо». С помощью инструмента «Лассо» с зажатой левой клавишей мыши непрерывно выполняли обводку двух зон поочередно: витреальной полости и астероидного гиалоза. Полученные зоны

выделения, исчисляемые в квадратных пикселях, соответствовали площади витреальной полости и астероидного гиалоза соответственно (рисунок 2 а, б).

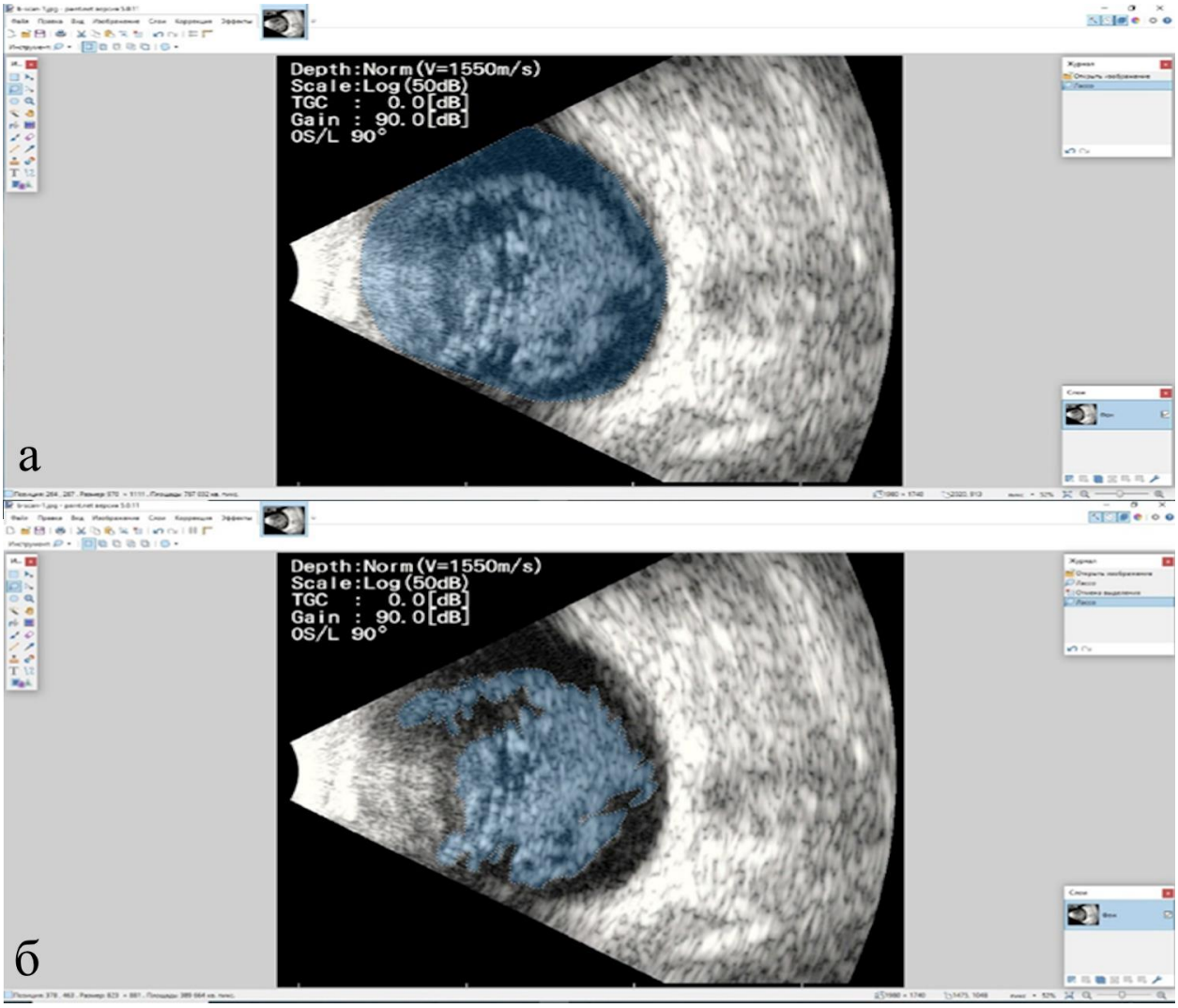


Рисунок 2 – Определение площади: а – витреальной полости;
б – астероидного гиалоза

Зафиксировали полученное значение. Выполняли расчёт площади астероидного гиалоза от общей площади витреальной полости по формуле:

$$X = 100 * S_{АГ} / S_{ВП},$$

где X = % площади астероидного гиалоза от общей площади витреальной полости;

$S_{АГ}$ = площадь астероидного гиалоза;

$S_{ВП}$ = площадь витреальной полости.

Методика измерения площади астероидного гиалоза по данным В-скана является одним из компонентов патента РФ на изобретение № 2835889 от 05.03.2025 «Способ определения показаний к факовитрэктомии при возрастной катаракте и деструкции стекловидного тела по типу астероидного гиалоза».

2.4. Исследование внутренних аберраций при астероидном гиалозе

Исследование внутренних аберраций было выполнено при помощи анализатора зрительных функций Tracey VFA Visual Function Analyzer, модель iTrace (Tracey Technologies, Хьюстон, Техас, США). Данное обследование выполнялось на базе Екатеринбургского центра Межотраслевого научно-технического комплекса «Микрохирургия глаза» (АО «Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза», г. Екатеринбург).

В исследовании приняли участие ранее прооперированные по поводу возрастной катаракты 160 пациентов (160 глаз), из них 80 пациентов (80 глаз) с артифакией и астероидным гиалозом (исследуемая группа 1) и 80 пациентов (80 глаз), не имеющих патологических изменений стекловидного тела (астероидный гиалоз) – контрольная группа 1.

Всем пациентам было выполнено обследование при помощи анализатора зрительных функций Tracey VFA Visual Function Analyzer (модель iTrace) в мезопических условиях при медикаментозном мидриазе с ограничением обследуемой зоны диаметром 4,5 мм в срок 1 месяца от операции. iTrace – офтальмологический диагностический аппарат, использующий трассировку лучей для анализа волнового фронта, он последовательно проецирует 256 параллельных световых лучей через вход зрачка и определяет, где каждый луч света попадает на сетчатку и сколько световой энергии передается. iTrace проецирует набор точек «на входе» в зрачок глаза и создается ретинальная точечная диаграмма (Retinal spot diagram, RSD) из волнового фронта «на выходе» из зрачка после достижения сетчатки.

Ретинальная точечная диаграмма содержит всю информацию, связанную с аберрацией глаза пациента.

Наиболее часто для оценки аберрограмм используется интегральный усредненный показатель степени деформации фронтовой волны (root mean square RMS), который вычисляется для всех глазных аберраций (Total RMS), состоящих из суммы роговичных аберраций (Cornea RMS) и внутренних аберраций (Internal RMS). В рамках данного этапа исследования каждому пациенту было выполнено 5 последовательных исследований с интервалом между эпизодами около 1 минуты. В последующем был выполнен сравнительный анализ диапазонов среднеквадратичных значений (root-mean-square RMS) внутренних аберраций высшего порядка (вертикальная кома (Z_3^{-1}), горизонтальная кома (Z_3^{1}), вертикальный трифоил (Z_3^{-3}), косой трифоил (Z_3^{3}), наклонный тетрафоил (Z_4^{-4}), вертикальный тетрафоил (Z_4^{4}) между пациентами исследуемой группы 1 и контрольной группы 1 с последующей статистической обработкой полученных результатов.

2.5. Хирургическое лечение пациентов с катарактой и астероидным гиалозом на основании предложенного алгоритма выбора метода лечения

Данный этап исследования был реализован на базе первого офтальмологического отделения круглосуточного стационара ГАУЗ СО «Свердловская областная клиническая больница № 1». В исследовании приняли участие 64 пациента (64 глаза) с незрелой возрастной катарактой и астероидным гиалозом. Возраст пациентов варьировал от 60 до 76 лет, средний показатель составил 68,9(8,7) лет. Из 64 пациентов мужчин – 39 (61%), женщин 25 (39%). Правый глаз – 43 (67,2%), левый глаз – 21 (32,8%).

Критерии включения пациентов в исследование незрелая сенильная катаракта (H25.1, H25.8, H26.2, H26.3, H26.8); астероидный гиалоз (H43.2); возможность послеоперационного наблюдения и обследования.

Критериями невключения пациентов в исследование являлись: наличие зрелой стадии катаракты, катаракты с 4-5 степенью плотности ядра, подвывиха хрусталика 2-3 степени, воспалительных заболеваний переднего и заднего отрезков глаза, состояние после витреоретинальной хирургии, диабетической ретинопатии, возрастной макулярной дегенерация, глаукомы, атрофии зрительного нерва, макулярного разрыва сетчатки, миопии высокой степени, роговичного астигматизма более 1,0 диоптрии, изменения структуры витреомакулярного интерфейса, кератоконуса, помутнения роговицы, дистрофических изменений роговицы, сопутствующей соматической патологии, в том числе мнестических изменений, не позволяющих выполнять адекватное обследование.

Критериями исключения пациентов из исследования являлись: собственное желание пациента прекратить участие в исследовании, травмы головы и глаза, острое нарушение мозгового кровообращения, изменения структуры витреомакулярного интерфейса, отслойка сетчатки, гемофтальм, воспалительная патология переднего и заднего отрезка глаза.

Для исследования были сформированы две равнозначные группы по 32 пациента в каждой (исследуемая 2, контрольная 2). Алгоритм выбора метода хирургического лечения у пациентов с катарактой и астероидным гиалозом включал предложенные нами диагностические критерии либо в пользу изолированной факоэмульсификации катаракты, либо комбинированного хирургического лечения – факовитрэктомии, на основании субъективного желания пациента устранить симптом «плавающих мушек», а также процентного соотношения площади астероидного гиалоза к площади витреальной полости.

Исследуемая группа 2 состояла из 32 пациентов (32 глаза) с установленным диагнозом: Незрелая возрастная катаракта. Астероидный гиалоз. Возраст пациентов варьировал от 60 до 76 лет. На рисунке 3 представлена серия снимков В-сканирования глазных яблок пациентов исследуемой группы 2.

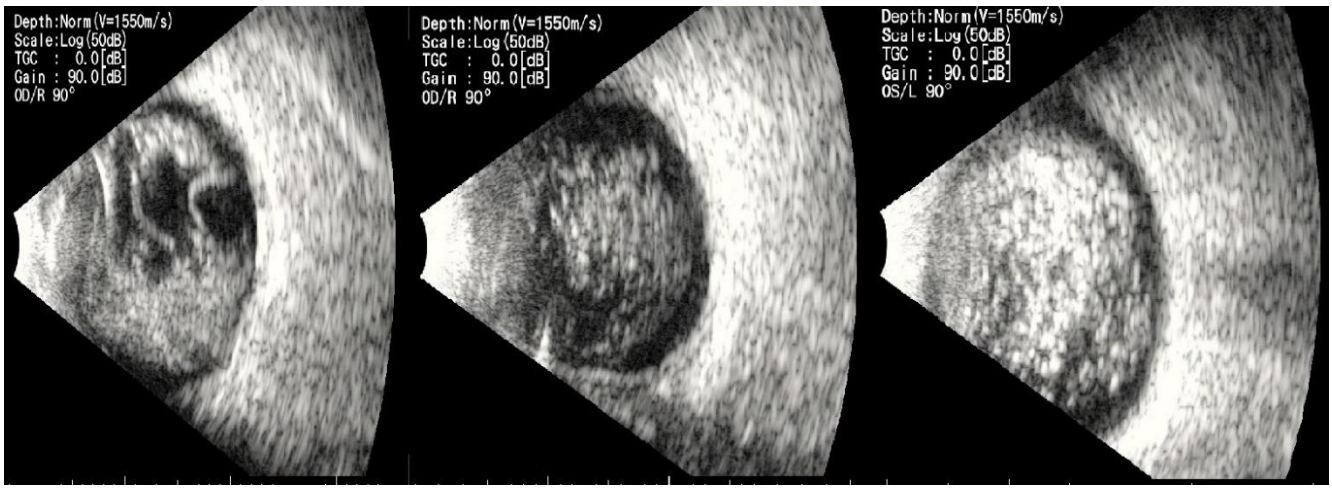


Рисунок 3 – Серия снимков В-сканирования глазных яблок пациентов исследуемой группы 2

Контрольная группа 2 состояла из 32 пациентов (32 глаза) с установленным диагнозом: Незрелая возрастная катаракта. Астероидный гиалоз. Возраст пациентов варьировал от 61 года до 76 лет. На рисунке 4 представлена серия снимков В-сканирования глазных яблок пациентов контрольной группы 2.



Рисунок 4 – Серия снимков В-сканирования глазных яблок пациентов контрольной группы 2

Сводные данные офтальмологического обследования пациентов исследуемой группы 2 и контрольной группы 2 представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные клинического обследования пациентов исследуемой группы 2 и контрольной группы 2

Показатель	Исследуемая группа 2 (n=32)	Контрольная группа 2 (n=32)
M(SD)		
Возраст, лет	69,3(7,6)	67,7(9,2)
ВГД, мм рт. ст.	19,5(2,4)	17,9(1,1)
$S_{АГ}$/ $S_{ВП}$ (X), %	49,7(10,5)	32,6(6,3)
Me(Q1;Q3)		
МКОЗ	0,20(0,10;0,40)	0,20(0,19;0,30)
Количество баллов VF-14	14,0(11,0;22,0)	18,0(14,8;21,0)
Распространенность, %		
Мужчины / женщины	59,4 / 40,6	62,5 / 37,5
Правый глаз / левый глаз	65,6 / 34,4	68,8 / 31,2

Всем пациентам исследуемой группы 2 проведена факоэмульсификация катаракты (ФЭК) с имплантацией заднекамерной интраокулярной линзы (ИОЛ) с последующим выполнением субтотальной витрэктомии через задний капсулорексис. Факоэмульсификация катаракты выполнена по стандартной методике «Stop and Chop», после чего капсульный мешок заполнен дисперсионным вискоэластичным раствором (Viscoat, Alcon, США) и при помощи пинцета (Grieshaber Revolution®, Alcon, США) или цангового пинцета выполнен дозированный радиальный задний капсулорексис диаметром около 3,0-3,5 мм (рисунок 5). После чего полость капсульного мешка заполнена вискоэластичным раствором и в капсульный мешок имплантирована заднекамерная интраокулярная линза «Аквамарин» (НанОптика, Россия). После удаления вискоэластичного раствора из передней камеры глаза и из-под интраокулярной линзы с помощью сбалансированного водно-солевого раствора (BSS), ирригационная линия оставалась включенной и функционировала через верхний парацентез. Через тоннельный доступ, под ИОЛ через задний капсулорексис введён витреотом 25 Гейдж с заданными настройками (5000 резов/мин, линейный вакуум до 200 мм рт.ст.), выполнена

передняя субтотальная витрэктомия с сохранением задней гиалоидной мембраны. Операция завершена гидратацией операционных доступов.

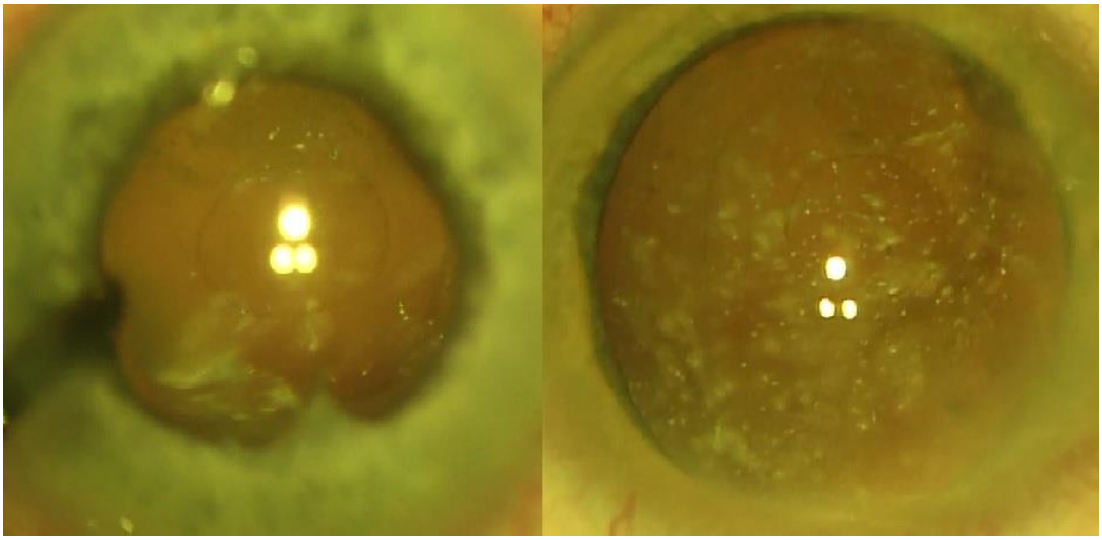


Рисунок 5 – Непрерывный задний капсулорексис

На рисунке 6 представлены основные этапы хирургического лечения пациентов исследуемой группы 2.

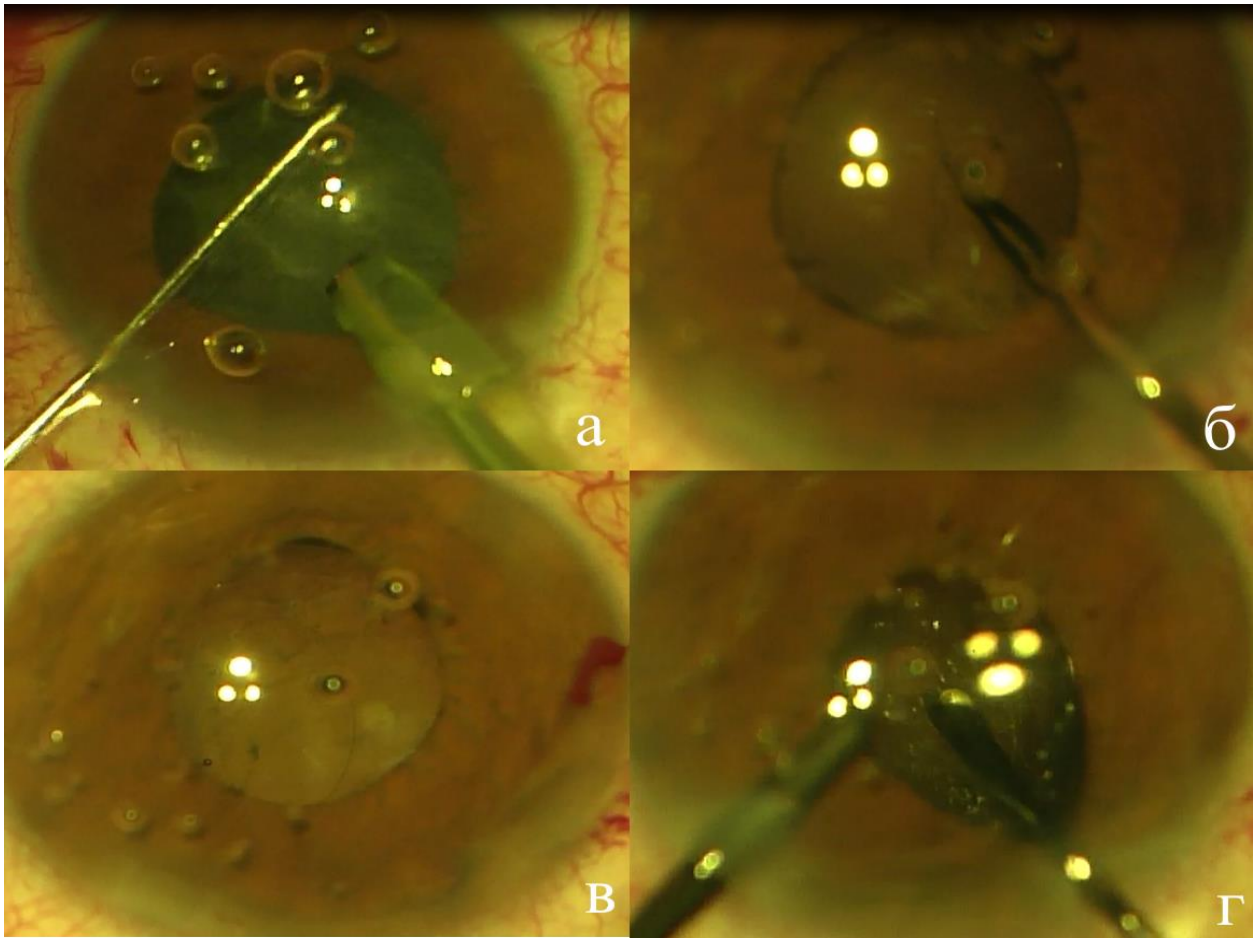


Рисунок 6 – Основные этапы хирургического лечения пациентов исследуемой группы 2: а – факоэмульсификация катаракты; б – непрерывный задний капсулорексис; в – имплантация заднекамерной интраокулярной линзы; г – субтотальная витрэктомия через задний капсулорексис

Всем пациентам контрольной группы 2 выполнена факоэмульсификация катаракты с имплантацией заднекамерной ИОЛ. Факоэмульсификация катаракты проведена по стандартной методике «Stop and Chop», после чего капсульный мешок заполнен дисперсионным вискоэластичным раствором (Viscoat, Alcon, США), выполнена имплантация аналогичной модели заднекамерной интраокулярной линзы в капсульный мешок. После удаления вискоэластичных сред из передней камеры глаза и из-под ИОЛ выполнена гидратация операционных доступов.

2.6. Статистическая обработка данных

Материалы исследования были подвергнуты статистической обработке с использованием методов параметрического и непараметрического анализа. Накопление, корректировка, систематизация исходной информации и визуализация полученных результатов осуществлялись в электронных таблицах Microsoft Office Excel 2016.

Выбор метода определялся типом исходных данных и видом их распределения. Использованы методы описательной статистики: средние значения и стандартное отклонение – M(SD) для показателей с нормальным распределением; медианы и квартили – Me(Q1;Q3) для показателей с распределением, отличным от нормального. Критерии Стьюдента, Манна-Уитни и Фридмана использовались для определения статистической значимости различий средних и медиан.

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.8.1 (разработчик – ООО «СтатТех», Россия). Статистическая значимость различий оценивалась на уровне значимости $\alpha = 0,05$.

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ЗРИТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ И КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ПАЦИЕНТОВ С АСТЕРОИДНЫМ ГИАЛОЗОМ ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ КАТАРАКТЫ: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ

3.1. Функциональные результаты и оценка качества жизни пациентов с катарактой и астероидным гиалозом после экстракции

Экстракция катаракты с имплантацией заднекамерной интраокулярной линзы у всех пациентов выполнена без интраоперационных осложнений. В первые двое суток после операции у 26 пациентов (26,5%) наблюдался незначительный десцеметит с легким отеком роговицы, что было успешно купировано стандартной противовоспалительной терапией (инстилляции в оперированный глаз Дексаметазон 0,1% 5 раз в день, антибиотик Ципрофлоксацин 0,3% 5 раз в день, Декспантенол 5% «Корнерегель» 3 раза в день, субконъюнктивальные инъекции Ципрофлоксацин 0,2 мл + Дексаметазон 0,3 мл 2 раза в день). У остальных 72 пациентов (73,5%) отсутствовали реактивные послеоперационные изменения тканей глаза, требующие усиления терапии.

Функциональные результаты хирургического лечения пациентов с катарактой и астероидным гиалозом представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Функциональные результаты хирургического лечения пациентов с катарактой и астероидным гиалозом (n=98)

Показатель	День поступления (1)	День выписки (2)	1 месяц после операции (3)	3 месяца после операции (4)	6 месяцев после операции (5)
МКОЗ	0,20 (0,20;0,25)	0,58 (0,45;0,70)*	0,80 (0,71;0,85)*	0,80 (0,75;0,85)*	0,75 (0,70;0,80)*
ВГД, мм рт.ст.	15,0(4,2)	15,8(3,9)	16,3(3,6)	15,8(4,0)	15,2(4,0)

Количество баллов VF-14	20,5 (14,0;30,0)	76,8 (74,8;78,7)*	70,9 (68,0;73,3)*	55,0 (51,6;57,8)*	50,0 (46,0;52,4)*

Примечание: * различие между показателями статистически значимо ($p<0,05$) по критерию Фридмана

За весь период наблюдения отмечено улучшение остроты зрения после операции в срок до 1 месяца с 0,20(0,20;0,25) в день поступления до 0,58(0,45;0,70) в день выписки, и 0,80(0,71;0,85) – в 1 месяц после операции. Обнаружены статистически значимые различия при сравнении значений остроты зрения в разные временные периоды по критерию Фридмана ($p<0,001$). Изменения остроты зрения при переходе от одного временного интервала к последующему (день поступления – день выписки – 1 месяц после операции и далее) являются статистически значимыми ($p<0,001$).

Показатель ВГД не имел статистически значимых различий средних значений при переходе от одного временного интервала к последующему ($p_{12}=0,161$; $p_{23}=0,375$; $p_{34}=0,291$; $p_{45}=0,213$).

Оценка субъективного уровня качества жизни посредством адаптированного офтальмологического опросника VF-14 характеризуется резким увеличением количества баллов в день выписки (с 20,5 до 76,8 – в 3,7 раз) с последующей устойчивой нисходящей тенденцией на протяжении всего срока наблюдения (с 76,8 до 50,0 – в 1,5 раза). Отмеченное снижение обусловлено персистирующими плавающими помутнениями на фоне улучшения остроты зрения за счет повышения прозрачности оптических сред, которое приводит к усилению симптомов «мелькания мушек» и пониженной контрастной чувствительности, особенно в условиях пониженной освещенности. Обнаружены статистически значимые различия при сравнении значений количества баллов в разные временные периоды по критерию Фридмана ($p<0,001$). Все последовательные временные изменения в количестве баллов имеют статистически значимые различия ($p<0,001$).

Стоит отметить, что у 5 пациентов снижение МКОЗ обусловлено полной отслойкой задней гиалоидной мембраны со смещением комплекса астероидных телец к иридохрусталиковой диафрагме.

Изменение положения комплекса астероидных телец в зависимости от степени прилегания задней гиалоидной мембраны представлено на рисунке 7.

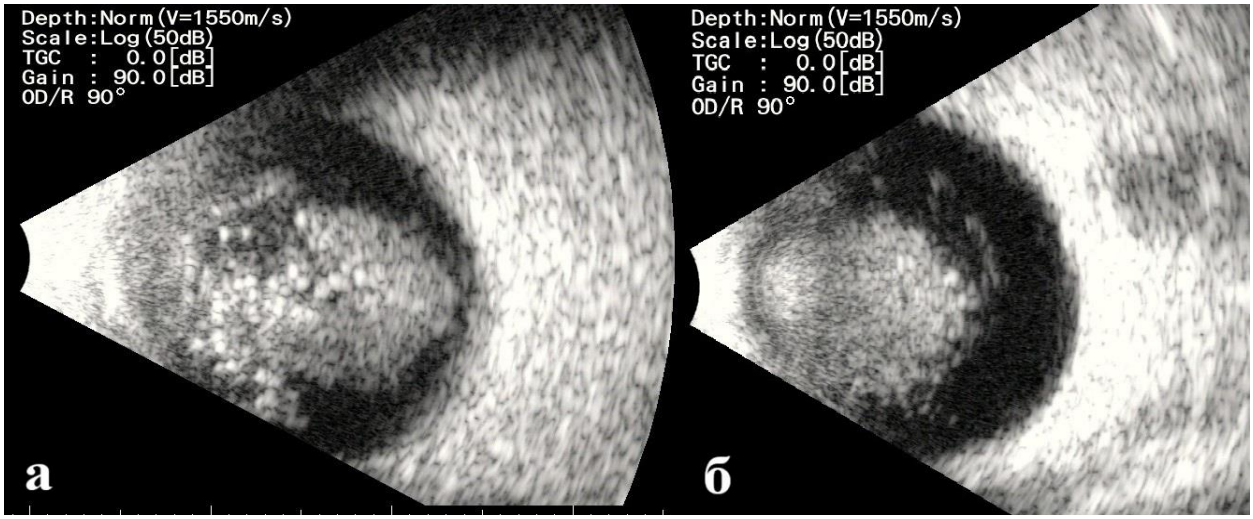


Рисунок 7 – Изменение положения комплекса астероидных телец в зависимости от степени прилегания задней гиалоидной мембраны:

а – неполная задняя отслойка задней гиалоидной мембраны;

б – полная задняя отслойка задней гиалоидной мембраны

Смещение стекловидного тела к иридохрусталиковой диафрагме, после полной отслойки задней гиалоидной мембраны, сопряжено с усилением плотности (кучности) астероидных телец в структуре стекловидного тела, что в свою очередь имеет определенное влияние на величину остроты зрения.

На рисунке 8 графически представлена динамика изменения показателей МКОЗ и качества жизни пациентов с астероидным гиалозом после хирургического лечения катаракты.

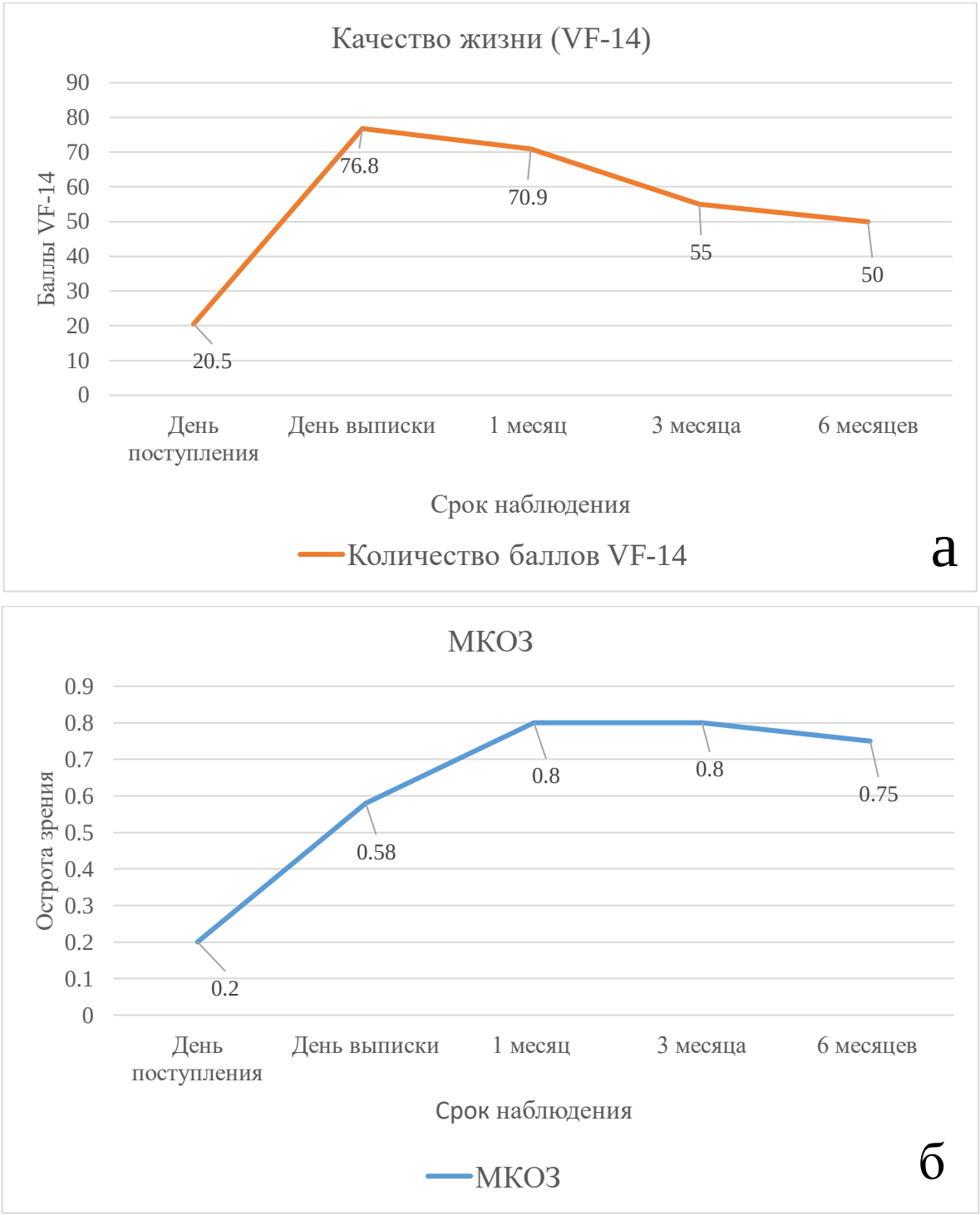


Рисунок 8 – Динамика изменений показателей у пациентов с астероидным гиалозом после хирургического лечения катаракты:
а – качества жизни; б – МКОЗ

У 5 пациентов (5,1%) к 6-му месяцу наблюдения произошло полное отслоение задней гиалоидной мембраны, что привело не только к относительному падению МКОЗ с 0,80 до 0,70 (на 10 %), но и к существенному

изменению субъективного уровня качества жизни с 73,0 баллов (1 месяц после операции) до 43,0 баллов (на 41,1%). Изменения показателей МКОЗ и субъективного уровня качества жизни (VF-14) у пациентов с реализованной полной задней отслойкой гиалоидной мембраны к 6 месяцам после операции представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Изменение показателей МКОЗ и качества жизни у пациентов с астероидным гиалозом после хирургического лечения катаракты с реализованной полной задней отслойкой гиалоидной мембраны к 6 месяцам наблюдения (n=5)

Показатель	День выписки (1)	1 месяц (2)	3 месяца (3)	6 месяцев (4)
МКОЗ	0,50 (0,50;0,60)	0,80 (0,70;0,80) *	0,80 (0,80;0,90) *	0,70 (0,60;0,70) *
Количество баллов VF-14	73,0 (72,0;74,0)	73,0 (72,0;76,0)	58,0 (55,0;59,0) *	43,0 (42,0;43,0) *

Примечание: * различие между показателями статистически значимо ($p < 0,05$) по критерию Фридмана

Обнаружены статистически значимые различия при сравнении значений остроты зрения в разные временные периоды по критерию Фридмана ($p=0,003$). Изменения остроты зрения при переходе от одного временного интервала к последующему являются статистически значимыми ($p_{12}=0,025$; $p_{23}=0,046$; $p_{34}=0,025$).

Обнаружены статистически значимые различия при сравнении значений количества баллов в разные временные периоды по критерию Фридмана ($p=0,004$). Все последовательные временные изменения в количестве баллов имеют статистически значимые различия, кроме периода «день выписки – 1 месяц после операции» ($p_{12}=0,655$; $p_{23}=0,025$; $p_{34}=0,025$).

Из указанных выше 5 пациентов (5,1%), три пациента (3,06%) обратились повторно за медицинской помощью в различные сроки после

периода наблюдения по причине жалоб на снижение зрения и персистирующие «летающие мушки» перед глазами. Этим пациентам была выполнена тотальная трехпортовая витрэктомия через плоскую часть цилиарного тела (pars plana).

Данные ультразвукового исследования глаза пациента К. 70 лет (повторно обратился за медицинской помощью) до и после операции представлены на рисунке 9.

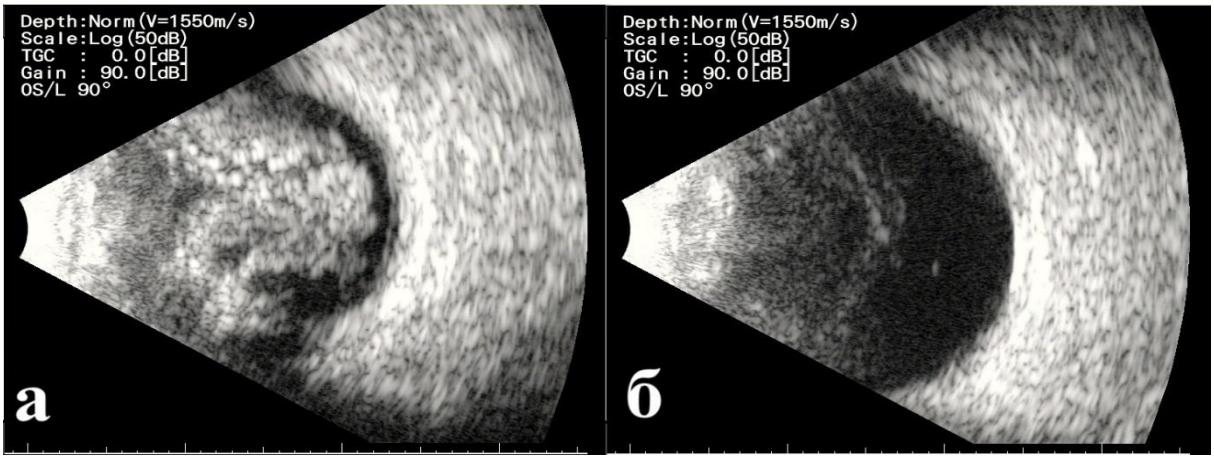


Рисунок 9 – Данные ультразвукового исследования глаза пациента К. 70 лет: а – до операции; б – после операции

После повторной операции вновь обратившиеся пациенты отметили улучшение качества жизни за счет отсутствия жалоб на «летающие мушки» перед глазами и улучшение остроты зрения, а именно: увеличение количества баллов VF-14 до 70,1(70,0;71,5) (улучшение в 1,63 раза), увеличение МКОЗ – до 0,80(0,80;0,85) (улучшение в 1,15 раза).

3.2. Результаты исследования влияния астероидного гиалоза на показатели пространственной контрастной чувствительности на основании визоконтрастометрии и ультразвукового исследования

На данном этапе клинического исследования были проанализированы результаты визоконтрастометрии и ультразвукового исследования 80 пациентов (80 глаз) с астероидным гиалозом, ранее прооперированных по

поводу возрастной катаракты (исследуемая группа 1), а также 80 пациентов (80 глаз) после хирургического лечения катаракты без сопутствующей патологии стекловидного тела (контрольная группа 1).

3.2.1. Исследование показателей визоконтрастометрии у пациентов с астероидным гиалозом и без сопутствующей патологии стекловидного тела

Визоконтрастометрия была выполнена всем пациентам после хирургического лечения катаракты через 1 месяц после операции при помощи двух компьютерных модулей: ПО «Зебра» (вер. 3.02, ООО «Астроинформ СПЕ», Москва) и Фрайбургского теста (Freiburg Visual Acuity and Contrast Test – FrACT).

В таблице 6 представлены показатели пространственной контрастной чувствительности пациентов исследуемой группы 1 и контрольной группы 1 к ахроматическим и хроматическим стимулам, полученные при помощи ПО «Зебра».

Таблица 6 – Данные пространственной контрастной чувствительности (дБ) пациентов исследуемой и контрольной групп 1 к ахроматическим и хроматическим стимулам, полученные при помощи ПО «Зебра»

Стимул / Группа	Цикл / градусы	Исследуемая группа 1 (n=80)	Контрольная группа 1 (n=80)	p-значение
Ахроматический	0,5	20,64(2,11)	31,55(2,15)	<0,001
	1	27,24(2,37)	34,83(1,29)	<0,001
	2	30,97(2,69)	39,28(1,40)	<0,001
	4	33,12(2,57)	42,71(0,82)	<0,001
	8	31,56(2,02)	41,83(1,79)	<0,001
	16	19,63(2,91)	28,52(3,29)	<0,001
Синий	0,5	21,29(2,44)	29,60(2,36)	<0,001
	1	25,96(1,81)	33,25(2,77)	<0,001
	2	29,65(2,05)	38,74(2,90)	<0,001
	4	31,86(1,43)	37,71(1,99)	<0,001

	8	27,35(1,74)	34,59(2,44)	<0,001
	16	20,22(4,23)	27,85(4,53)	<0,001
Зеленый	0,5	20,85(1,95)	30,32(1,88)	<0,001
	1	26,31(1,33)	34,15(1,83)	<0,001
	2	32,23(2,18)	37,37(2,32)	<0,001
	4	34,27(3,36)	38,63(2,75)	<0,001
	8	33,18(3,55)	38,03(4,26)	<0,001
	16	22,28(4,59)	30,27(5,87)	<0,001
Красный	0,5	20,59(5,99)	30,67(3,48)	<0,001
	1	22,25(3,38)	33,97(2,53)	<0,001
	2	27,87(2,21)	36,35(1,70)	<0,001
	4	30,32(3,13)	38,47(1,83)	<0,001
	8	28,98(2,89)	37,45(3,12)	<0,001
	16	20,59(5,54)	30,33(5,42)	<0,001

Примечание: статистически значимые различия между показателями рассчитаны по t-критерию Стьюдента

Графическая интерпретация данных пространственной контрастной чувствительности пациентов исследуемой группы 1 к ахроматическим и хроматическим стимулам представлена на рисунке 10.

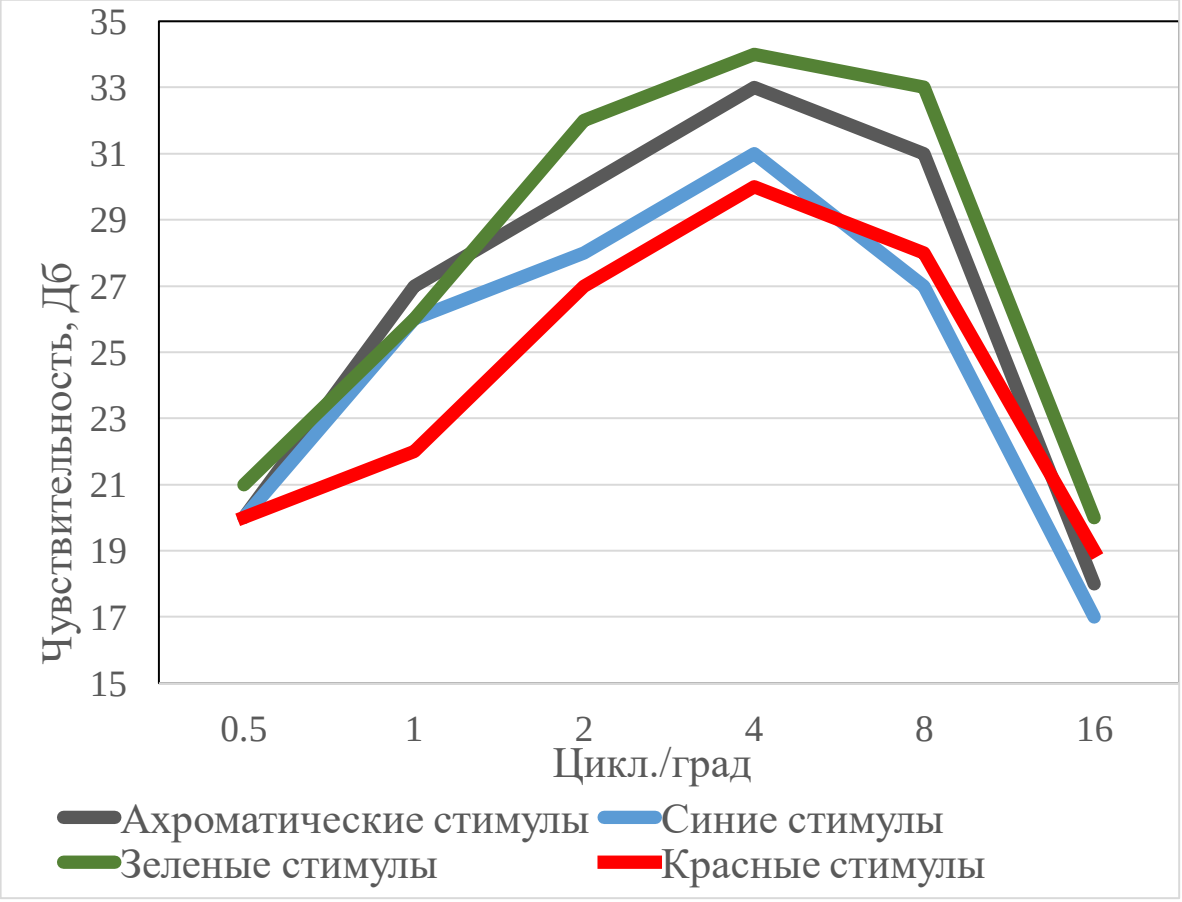


Рисунок 10 – Графическая интерпретация данных пространственной контрастной чувствительности пациентов исследуемой группы 1 (n=80)

Графическая интерпретация данных пространственной контрастной чувствительности пациентов контрольной группы 1 к ахроматическим и хроматическим стимулам представлена на рисунке 11.

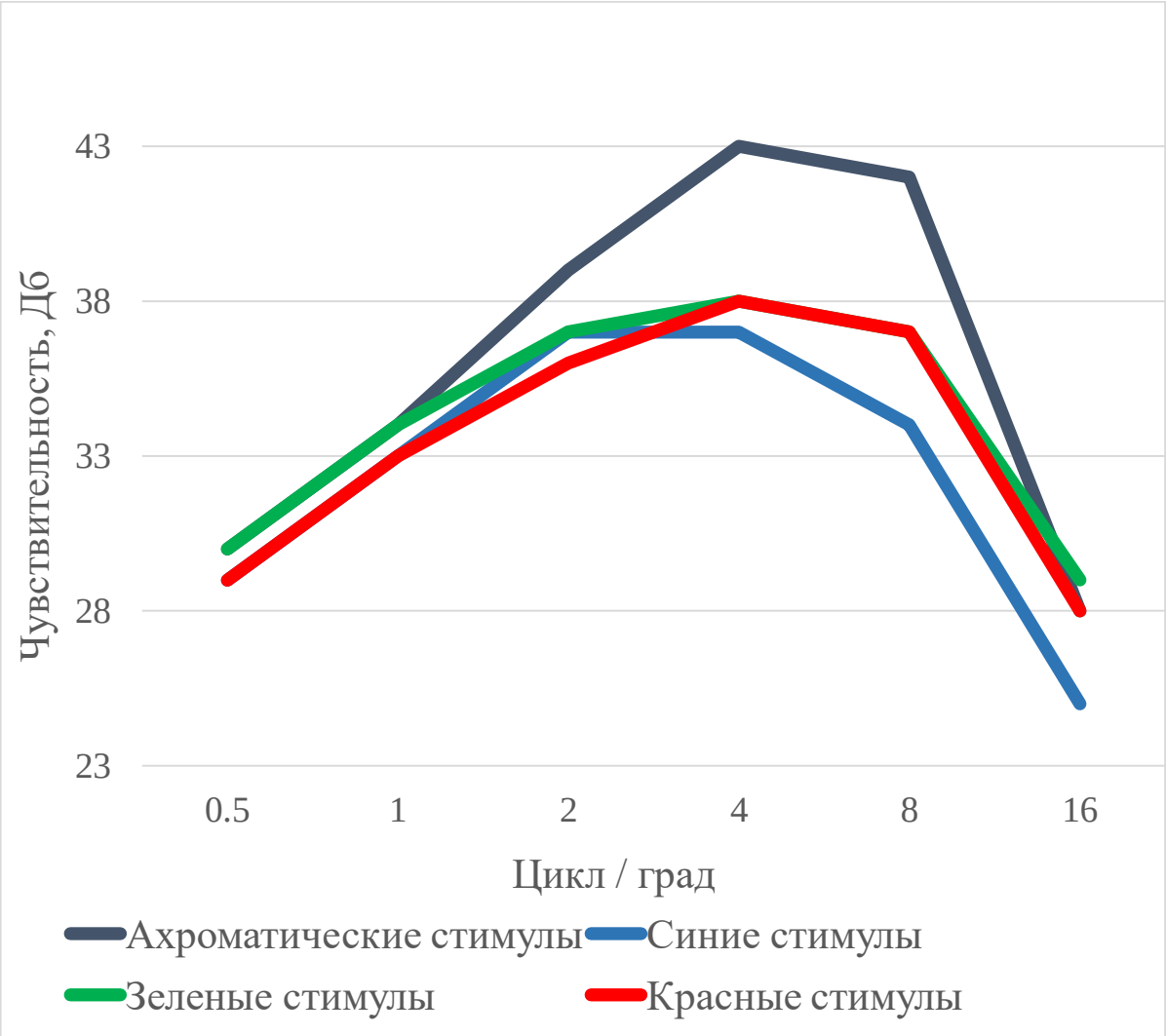
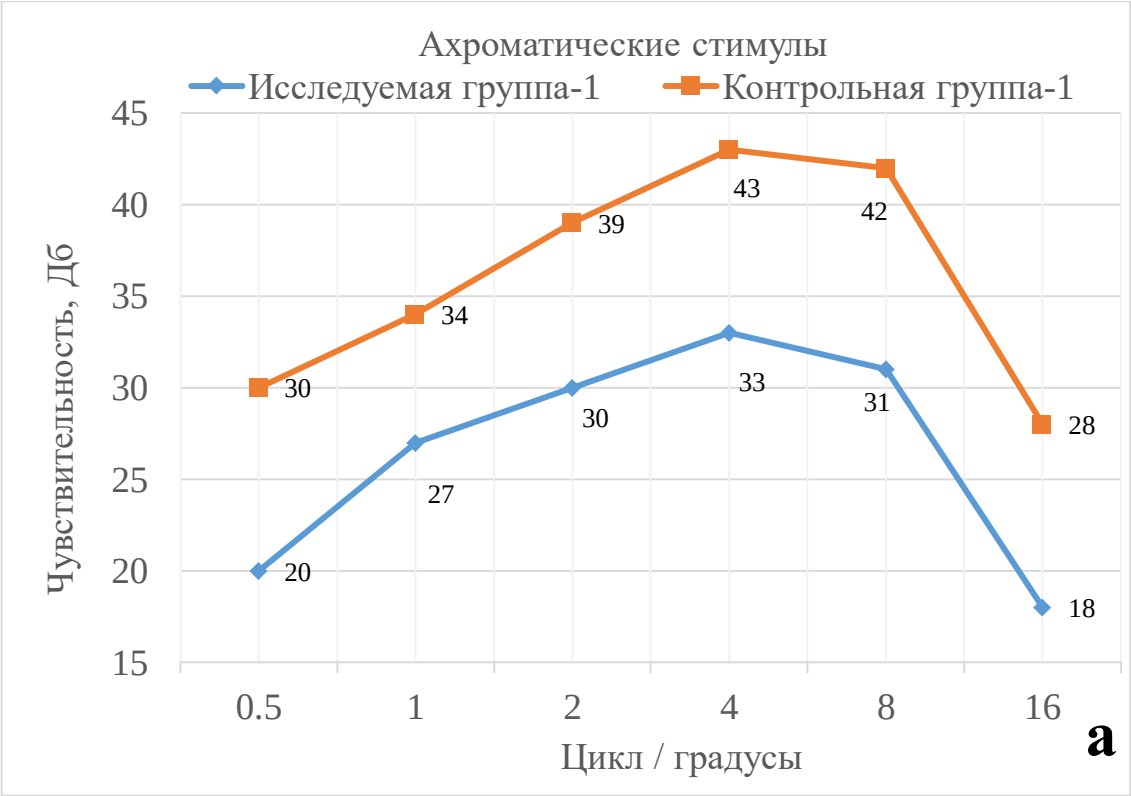
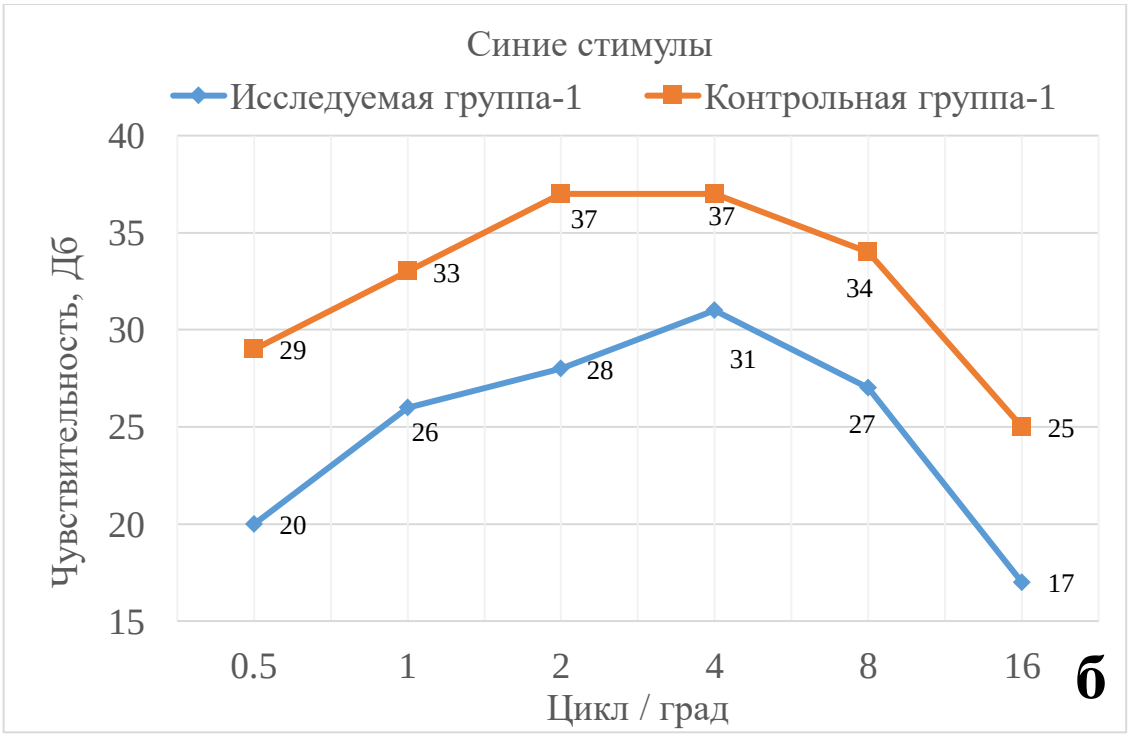
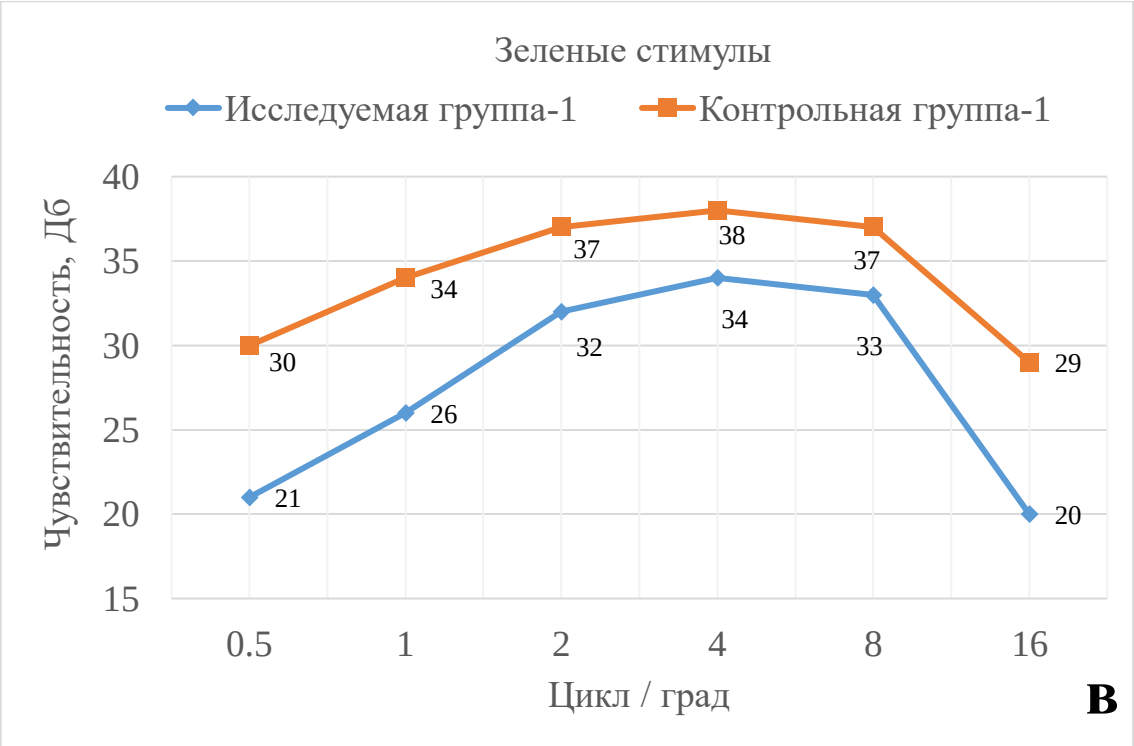


Рисунок 11 – Графическая интерпретация данных пространственной контрастной чувствительности пациентов контрольной группы 1 (n=80)

На рисунке 12 а-г представлены сводные графики данных пространственной контрастной чувствительности пациентов исследуемой группы 1 и контрольной группы 1 к ахроматическим и хроматическим стимулам.


Ахроматические стимулы
Исследуемая группа-1
Контрольная группа-1
Чувствительность, Дб
45
40
35
30
25
20
15
0.5
1
2
4
8
16
Цикл / градусы
20
27
30
33
31
18
30
34
39
43
42
28
а


Синие стимулы
Исследуемая группа-1
Контрольная группа-1
Чувствительность, Дб
40
35
30
25
20
15
0.5
1
2
4
8
16
Цикл / град
20
26
28
31
27
17
29
33
37
37
34
25
б



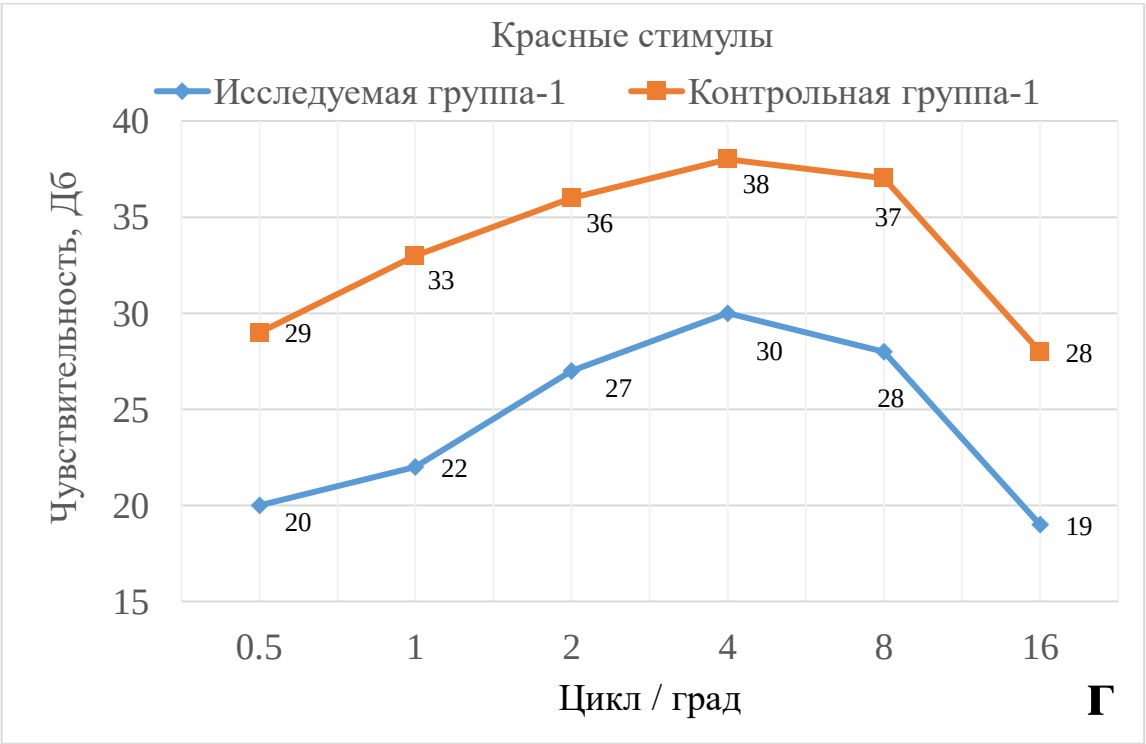


Рисунок 12 – Сводные графики данных пространственной контрастной чувствительности пациентов исследуемой и контрольной групп 1:
а – ахроматические стимулы; б – синие стимулы;
в – зеленые стимулы; г – красные стимулы

Полученные показатели пространственной контрастной чувствительности пациентов исследуемой и контрольной групп 1 имели статистически значимые различия (p<0,001) во всем диапазоне пространственных частот.

Средние значения показателя ПКЧ, оцененные при помощи Фрайбургского теста, среди пациентов исследуемой группы 1 составил Log CS (Weber) 1,28(0,08), среди пациентов контрольной группы 1 – Log CS (Weber) 1,87(0,05). Графическое представление – рисунок 13.

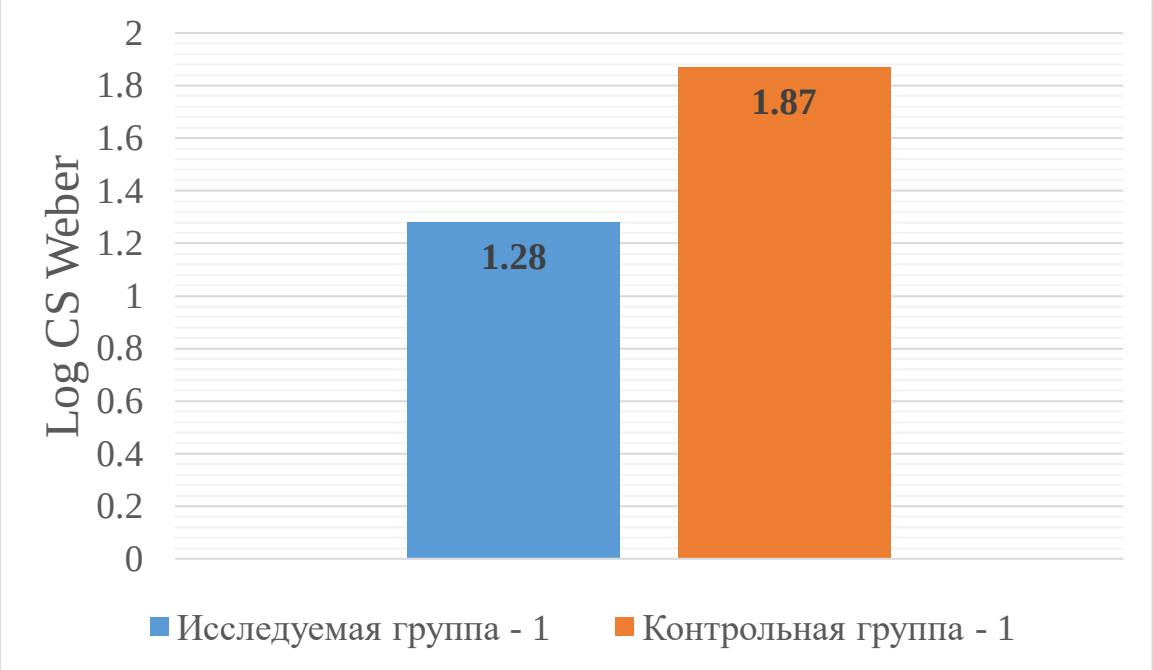


Рисунок 13 – Показатель ПКЧ исследуемой и контрольной групп 1, полученные при помощи Фрайбургского теста острота зрения и контрастности

Показатель ПКЧ в двух группах имеет статистически значимые различия (p<0,001) по t-критерию Стьюдента.

Таким образом оба метода визоконтрастометрии подтверждают наличие статистически значимых различий пространственной контрастной чувствительности между пациентами исследуемой группой 1 и контрольной группой 1 (p<0,001).

3.2.2. Ультразвуковые исследования пациентов с астероидным гиалозом и рабочая классификация астероидного гиалоза

Всем пациентам исследуемой группы 1 выполнено ультразвуковое В-сканирование при помощи аппарата US-4000 (Nidek, Япония) с зондом 10 МГц, усиление в диапазоне 30-50 дБ. Полученные результаты ультразвукового исследования и предварительно полученные данные визоконтрастометрии были сопоставлены между собой. По результатам ультразвукового В-сканирования, условно все исследованные глаза в группе 1 можно разделить на три условные группы, в зависимости от объема (плотности), занимаемого астероидными тельцами в структуре стекловидного тела: низкая плотность, умеренная плотность и высокая плотность. На рисунке 14 а-в представлены результаты В-сканирования, графические отражающие различные уровни плотности расположения астероидных телец.

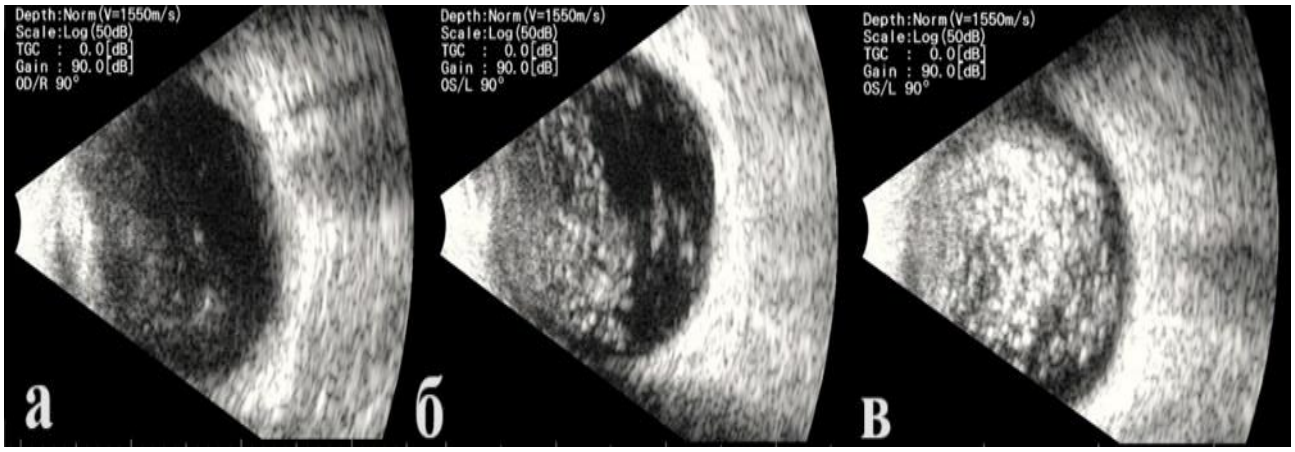


Рисунок 14 – Результаты В-сканирования, графически отражающие различные уровни плотности расположения астероидных телец:
а – низкая плотность; б – умеренная плотность; в – высокая плотность

Представленные варианты плотности астероидных телец в структуре стекловидного тела являются основой рабочей классификации астероидного гиалоза: I – астероидный гиалоз низкой плотности (от 1 до 29% от объема витреальной полости); II – астероидный гиалоз умеренной плотности (от 30%

до 60% от объема витреальной полости); III – астероидный гиалоз высокой плотности (свыше 60% от объема витреальной полости).

Сравнительная оценка показателя контраста Вебера в зависимости от уровня плотности астероидных телец приведена в таблице 7 и на рисунке 15.

Таблица 7 – Среднее значение и 95% ДИ контраста Вебера при разных уровнях плотности астероидных телец

Уровень плотности астероидных телец	Контраст Вебера (LogCS Weber)			p
	M(SD)	95% ДИ	n	
Низкая плотность (I)	1,61(0,02)	1,59 – 1,63	9	$p_{12}< 0,001$ $p_{13}< 0,001$ $p_{23}< 0,001$
Умеренная плотность (II)	1,27(0,03)	1,26 – 1,28	49	
Высокая плотность (III)	1,05(0,04)	1,03 – 1,07	22	

Примечание: различия рассчитывались по t-критерию Стьюдента

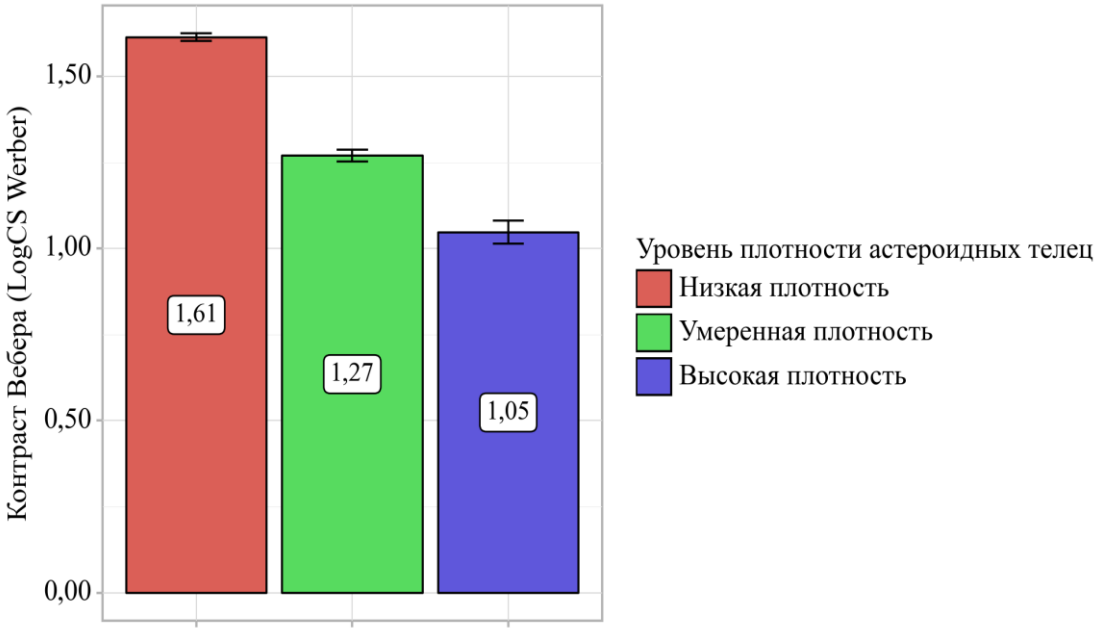


Рисунок 15 – Показатель контраста Вебера в зависимости от уровня плотности астероидных телец

Выявлена зависимость между плотностью астероидных телец в структуре стекловидного тела и показателем визоконтрастометрии (LogCS

Weber). Чем выше плотность астероидных телец, тем ниже показатель контраста Вебера.

В соответствии с представленными данными в таблице 7 и на рисунке 15 при оценке показателя контраста Вебера в зависимости от уровня плотности астероидных телец, нами были выявлены статистически значимые различия ПКЧ ($p<0,001$) между всеми группами.

3.3. Результаты показателей внутренних аберраций у пациентов с астероидным гиалозом и без сопутствующей патологии стекловидного тела

Полученные результаты аберрометрии у пациентов исследуемой группы 1 (ИГ 1) (80 пациентов) и контрольной группы 1 (КГ 1) (80 пациентов) были подвергнуты статистической обработке с последующим анализом.

Результаты исследования в формате диапазона значений (от минимального до максимального) среди 5 последовательных исследований пациентов каждой группы представлены в таблице 8.

Статистическая обработка полученных данных заключалась в сравнении средних показателей минимальных и максимальных значений между исследуемой и контрольной группами 1 для каждой исследуемой аберрации.

Таблица 8 – Сравнительный анализ средних значений минимальных и максимальных величин между исследуемой и контрольной группами 1 для каждой исследуемой аберрации

Вид аберрации	Минимальное значение (μm, мкм)			Максимальное значение (μm, мкм)		
	ИГ 1	КГ 1	p-значение	ИГ 1	КГ 1	p-значение
Вертикальная кома (Z_3^{-1})	0,046 (0,015)	0,031 (0,004)*	<0,001	0,201 (0,014)	0,132 (0,016)*	<0,001

Горизонтальная кома (Z_3^1)	0,020 (0,008)	0,017 (0,004)	0,262	0,282 (0,047)	0,158 (0,021)*	<0,001
Вертикальный трифоил (Z_3^{-3})	0,024 (0,007)	0,013 (0,004)*	<0,001	0,539 (0,055)	0,273 (0,019)*	<0,001
Косой трифоил (Z_3^3)	0,092 (0,012)	0,060 (0,008)*	<0,001	0,428 (0,021)	0,187 (0,018)*	<0,001
Наклонный тетрафоил (Z_4^{-4})	0,011 (0,004)	0,011 (0,004)	0,595	0,327 (0,031)	0,184 (0,021)*	<0,001
Вертикальный тетрафоил (Z_4^4)	0,006 (0,005)	0,012 (0,005)*	<0,001	0,236 (0,021)	0,166 (0,013)*	<0,001

Примечание: * различие между показателями статистически значимо (p <0,05) по t-критерию Стьюдента

На рисунке 16 графически отражен превалирующий диапазон всех аберраций пациентов исследуемой группы 1 над пациентами контрольной группы 1.

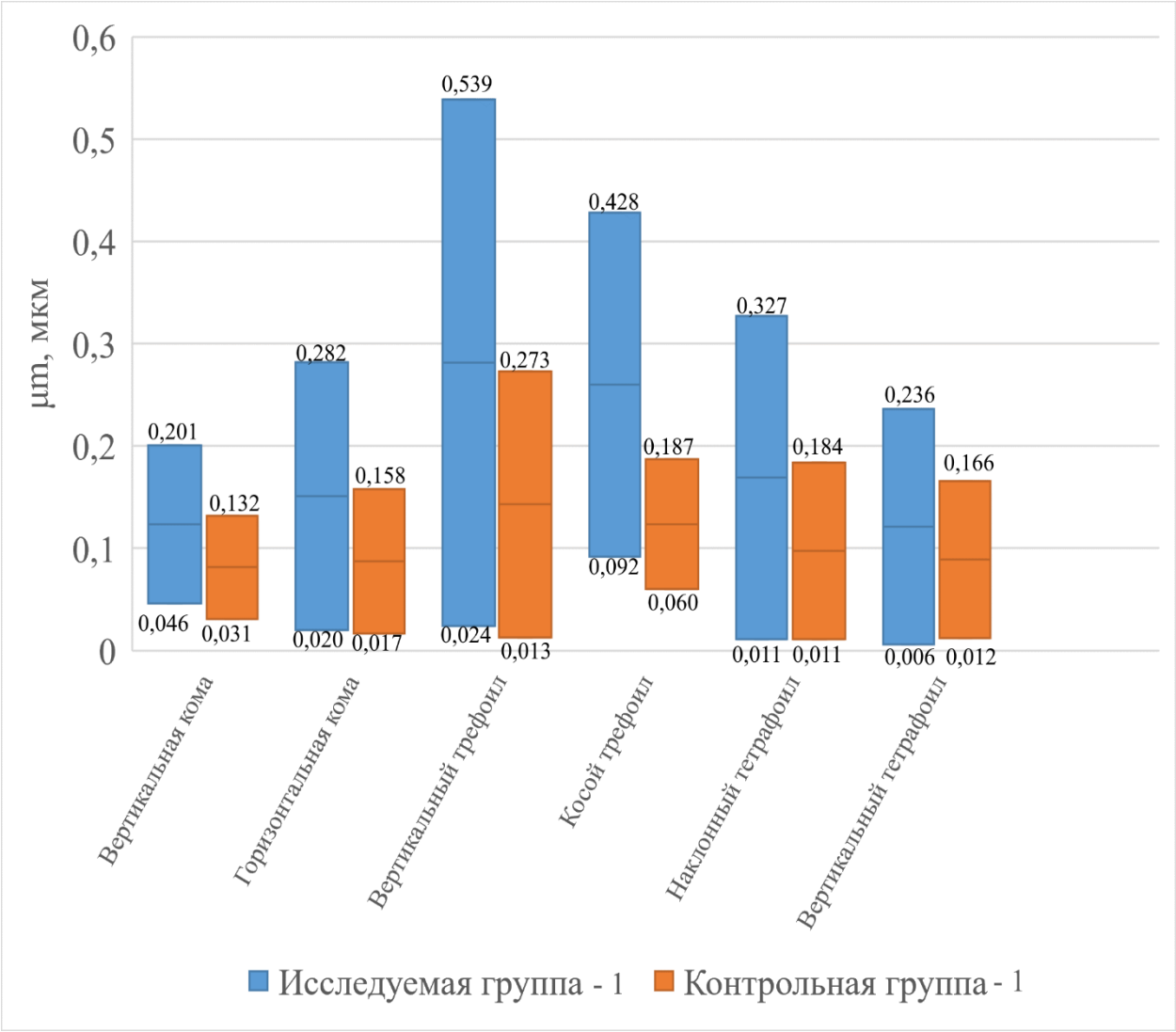


Рисунок 16 –Графическое отражение полученных диапазонов аберраций высшего порядка пациентов исследуемой и контрольной групп 1

Результаты сравнительного анализа показали отсутствие статистически значимых различий между средними минимальными значениями горизонтальной комы (Z_3^1) и наклонного тетрафоила (Z_4^{-4}) в исследуемой и контрольной группах 1. В то же время отмечены статистически значимые различия между средними значениями максимальных величин исследуемой группы 1 и контрольной группы 1 во всех аберрациях ($p<0,001$).

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ВОЗРАСТНОЙ КАТАРАКТОЙ И АСТЕРОИДНЫМ ГИАЛОЗОМ И ОЦЕНКА ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ

4.1. Разработка показаний к факовитрэктомии при возрастной катаракте и астероидном гиалозе

В случаях, когда у пациента диагностируется катаракта различной степени зрелости и деструкция по типу «астероидного гиалоза», возможно выполнение комбинированной методики хирургического лечения, а именно факоэмульсификации катаракты с имплантацией заднекамерной интраокулярной линзы в полость капсульного мешка и субтотальной или тотальной витрэктомией. В научной литературе данная комбинированная методика хирургического лечения обозначается как факовитрэктомия [12, 27, 37].

Существуют различные методы определения показаний к факовитрэктомии. Известен способ определения показаний к витрэктомии Махачевой З.А., Узунян Д.Г. (1991). При ультразвуковом исследовании стекловидного тела определяют топографию задней гиалоидной мембраны и при ее смещении от сетчатки не более чем на 1/3 аксиальной длины витреальной полости считают показанной заднюю витрэктомию, от 1/3 до 2/3 – среднюю и заднюю, более 2/3 – субтотальную витрэктомию. Однако этот способ не учитывает интенсивность деструкции или помутнения стекловидного тела количественно [35].

Другим способом является способ определения показаний к витрэктомии с экстракцией возрастной катаракты Федорова С.Н., Махачевой З.А. (1991), при котором выполняют исследование на ультразвуковом приборе В-скан-3000 СОНОМЕД (США) методом В-сканирования в положении больного лежа на спине. Подсчет акустических включений в стекловидном теле производят в фиксированных акустических средах в режиме обработки.

Сканирование осуществляют в вертикальной и горизонтальной проекциях в аксиальном направлении и в четырех плоскостях по меридианам 3, 6, 9 и 12 часов. Акустические срезы фиксируют на экране дисплея и в каждом из них производят подсчет включений с учетом мертвой зоны используемого зонда. Затем высчитывают среднеарифметическое количество акустических включений в стекловидном теле. При среднеарифметическом количестве акустических включений более 20 считают показанной витрэктомию одномоментно с экстракцией катаракты [34].

Поскольку при астероидном гиалозе наличие достаточно большого количества включений не всегда вызывает снижение остроты зрения, то недостатком данного метода является лишь только количественная оценка акустических включений без определения качественной оценки функции зрения, например пространственной контрастной чувствительности, и зависимости последней от интенсивности и концентрации акустических включений, а также занимаемой ими площади в сравнении с неизмененным стекловидным телом.

Задачей предложенного нами способа является разработка критериев оценки состояния деструкции стекловидного тела пациента, которые позволят определить возможность проведения факовитрэктомии при возрастной катаракте и астероидном гиалозе, а также снизить количество интра- и послеоперационных осложнений.

Техническим результатом является повышение точности диагностики, выявление диагностических критериев определения показаний к факовитрэктомии при возрастной катаракте и астероидном гиалозе.

Согласно полученным данным исследования ПКЧ у пациентов, ранее прооперированных по поводу катаракты, с астероидным гиалозом (группа исследования 1) и без астероидного гиалоза (контрольная группа 1), показатели визоконтрастометрии имели статистически значимые различия как к ахроматическим, так и к хроматическим стимулам, в том числе при оценке оптотипов в ПО «Фрайбургский тест». В группе исследования 1 выявлена

зависимость изменения показателя визоконтрастометрии от интенсивности, плотности (площади) акустических включений (астероидных телец).

Предлагаемый нами способ осуществляется следующим образом.

Исследование ПКЧ проводится с помощью компьютерной программы «Фрайбургский тест» с использованием стандартных оптотипов в виде колец Ландольта в восьми возможных положениях. Оценка ПКЧ выполняется монокулярно в мезопических условиях с постоянным неизмененным уровнем освещения. Предварительно однократно выполняется калибровка разрешения экрана с использованием интерфейса приложения (с помощью стандартной пластиковой карты) и дистанцией измерений 50 см при заданной яркости экрана в диапазоне 20-320 кд/м^2. Пациент располагается на заданной дистанции от монитора и при помощи компьютерной клавиатуры указывает направленность предлагаемых ему оптотипов. Каждый тест включает в себя 18 последовательных ответов направленности заданных оптотипов. Результат теста представлен в числовом формате контраста Вебера (logCS Weber). Условная норма контраста Вебера – 1,6 и больше.

Ультразвуковое исследование проводится на ультразвуковом приборе для A/B-сканирования US-4000 (Nidek, Япония). При этом используется зонд 10 МГц, с диаметром рабочей поверхности 1,8 см, разрешение по глубине 0,15 мм, усиление в диапазоне от 30 до 50 дБ. Данный диапазон позволяет максимально уменьшить размытость акустической тени от включений (частиц) астероидного гиалоза и более правильно проводить диагностику.

Исследование проводится в положении пациента сидя. Методика исследования контактная – через веки в аксиальном направлении. Для плотного контакта рабочей поверхности датчика с кожей используется акустический гель «АКУГЕЛЬ». Фиксируется акустический срез.

Далее производится вычисление площади помутнения (астероидного гиалоза) по В-скану. При этом используется программное обеспечение – paint.net (версия 5.0.11). Запуск приложения paint.net (версия 5.0.11). Во вкладке «Файлы» открывается нужный файл В-скана. Для выделения

произвольной области в окне «Инструменты» выбирается «Лассо». С помощью инструмента «Лассо» с зажатой левой клавишей мыши непрерывно выполняется обводка по границе склеры с витреальной полостью. Получив зону выделения, которая соответствует витреальной полости, получают числовое значение, которое расположено в нижне-левом углу с наименованием «площадь». Полученное значение исчисляется квадратными пикселями. Полученное значение $S_{ВП}$ фиксируется. С помощью инструмента «Лассо» с зажатой левой клавишей мыши непрерывно выполняется обводка по границе гиперэхогенных структур (астероидного гиалоаза). Полученное значение $S_{АГ}$ фиксируется. Выполняется расчет площади астероидного гиалоза от общей площади витреальной полости по формуле:

$$X = 100 * S_{АГ} / S_{ВП},$$

где X = % площади астероидного гиалоза от общей площади витреальной полости;

$S_{АГ}$ = площадь астероидного гиалоза;

$S_{ВП}$ = площадь витреальной полости.

Полученные данные площади астероидного гиалоза соотносятся с показателем ПКЧ, и при logCS Weber < 1,6 и X ≥ 40% считают факовитрэктомию показанной.

Разработанный способ определения показаний к факовитрэктомии при возрастной катаракте и деструкции стекловидного тела по типу астероидного гиалоза позволяет повысить точность диагностики, снизить количество интра- и послеоперационных осложнений, повысить уровень удовлетворенности результатами хирургического лечения. На разработанный способ определения показаний к факовитрэктомии при возрастной катаракте и астероидном гиалозе получен патент Российской Федерации на изобретение № 2835889 от 05.03.2025 года.

4.2. Анализ результатов хирургического лечения пациентов с катарактой и астероидным гиалозом с учетом алгоритма выбора метода лечения

Данный этап исследования заключался в выполнении хирургического лечения пациентов с катарактой и астероидным гиалозом с последующим анализом полученных результатов. В исследуемую группу 2 вошли 32 пациента, которым была выполнена факовитрэктомия через задний капсулорексис. Контрольную группу 2 составили также 32 пациента с проведением изолированной факоэмульсификации катаракты.

Исходя из предложенного алгоритма выбора метода хирургического лечения, стоит отметить числовой показатель площади астероидного гиалоза. В исследуемой группе 2 он составил 49,7(10,5) %, в контрольной группе 2 – 32,6(6,3) % соответственно.

Функциональные результаты лечения (МКОЗ) пациентов исследуемой группы 2 и контрольной группы 2 представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Динамика функциональных результатов лечения (МКОЗ) пациентов исследуемой и контрольной групп 2

Группа	До операции (1)	После операции (2)	Через 1 месяц (3)	Через 3 месяца (4)	Через 6 месяцев (5)
Исследуемая группа 2 (n=32)	0,20 (0,10;0,40)	0,60 (0,50;0,60)	0,80 (0,80;0,90)	0,83 (0,80;0,90)	0,80 (0,80;0,90)
Контрольная группа 2 (n=32)	0,20 (0,19;0,30)	0,50 (0,50;0,53) *	0,80 (0,80;0,90)	0,80 (0,80;0,80) *	0,70 (0,70;0,80)*
p-значение	0,687	0,044	0,692	0,006	<0,001

Примечание: * различия между показателями статистически значимы (p <0,05) по критерию Манна-Уитни

Статистически значимые различия между исследуемой и контрольной группами 2 отмечены в периоды: после операции, через 3 и 6 месяцев. Медианное значение МКОЗ в эти периоды выше в исследуемой группе 2.

Изменение медианного значения остроты зрения пациентов контрольной группы 2 обусловлено двумя факторами. Одной из причин являлось клиническое проявление патогномоничных признаков вторичной катаракты – шары Адамюка-Эльшнига у 4 пациентов (12,5%), второй причиной оказалась реализованная полностью задняя отслойка стекловидного тела с последующим усилением кучности астероидных телец, что было зафиксировано у 2 пациентов (6,25%).

Анализ динамики МКОЗ внутри каждой представленной группы заключался в улучшении остроты зрения к 1 месяцу от операции с дальнейшей стабилизацией. По критерию Фридмана выявлены статистически значимые различия МКОЗ в обеих группах ($p<0,001$). При попарном сравнении в исследуемой группе 2 отмечены статистически значимые различия остроты зрения в период до 1 месяца ($p_{12}<0,001$, $p_{23}<0,001$) и отсутствие статистически значимых различий в дальнейший период ($p_{34}=0,108$, $p_{45}=0,593$). В контрольной группе 2 отмечены статистически значимые различия на протяжении практически всего периода наблюдения ($p_{12}<0,001$, $p_{23}<0,001$, $p_{45}<0,001$) за исключением периода от 1-го до 3-го месяца ($p_{34}=0,467$).

Таким образом, в отношении МКОЗ как критерия оценки функционального результата лечения пациентов с катарактой и астероидным гиалозом, можно заключить, что острота зрения у пациентов исследуемой и контрольной групп 2 сопоставима между собой в срок 1 месяца с момента операции, с течением времени проявление фиброза задней капсулы хрусталика и / или полная отслойка ЗГМ могут ухудшать остроту зрения.

Субъективный уровень качества жизни пациентов был оценен посредством адаптированного офтальмологического опросника The Visual Function-14 (VF-14) и представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Субъективный уровень качества жизни пациентов исследуемой и контрольной групп 2 в различные сроки наблюдения согласно адаптированному офтальмологическому опроснику VF-14 (в баллах)

Группа	До операции (1)	После операции (2)	Через 1 месяц (3)	Через 3 месяца (4)	Через 6 месяцев (5)
Исследуемая группа 2 (n=32)	14,0 (11,0;22,0)	72,5 (69,0;76,0)	86,5 (85,0;89,0)	90,0 (89,0;91,0)	90,0 (89,0;92,0)
Контрольная группа 2 (n=32)	18,0 (14,8;21,0)	72,0 (68,8;74,0)	81,5 (79,0;88,0) *	87,0 (81,0;90,3) *	87,0 (82,0;90,3)*
p-значение	0,165	0,477	0,041	0,001	0,001

Примечание: * различия между показателями статистически значимы (p <0,05) по критерию Манна-Уитни

Статистически значимые различия между исследуемой и контрольной группами 2 отмечены в периоды: через 1, 3 и 6 месяцев. Медианное значение уровня качества жизни в эти периоды выше в исследуемой группе 2.

Анализ динамики уровня качества жизни внутри каждой представленной группы характеризует улучшение качества жизни на протяжении всего периода наблюдения. По критерию Фридмана выявлены статистически значимые различия количества баллов в обеих группах ($p<0,001$). При попарном сравнении по опроснику качества жизни с течением времени в обеих группах отмечены статистически значимые различия в период до 3-х месяцев (ИГ2: $p_{12}<0,001$, $p_{23}<0,001$ $p_{34}<0,001$; КГ2: $p_{12}<0,001$, $p_{23}<0,001$, $p_{34}<0,001$), за исключением периода от 3-го к 6-му месяцам (ИГ2: $p_{45}=0,178$; КГ2: $p_{45}=0,231$).

Высокие и стабильные значения уровня качества жизни в сроки 1, 3, 6 месяцев после операции обусловлены уменьшением плотности астероидных телец у пациентов исследуемой группы 2 и исходно незначительной плотностью астероидных телец у пациентов контрольной группы 2.

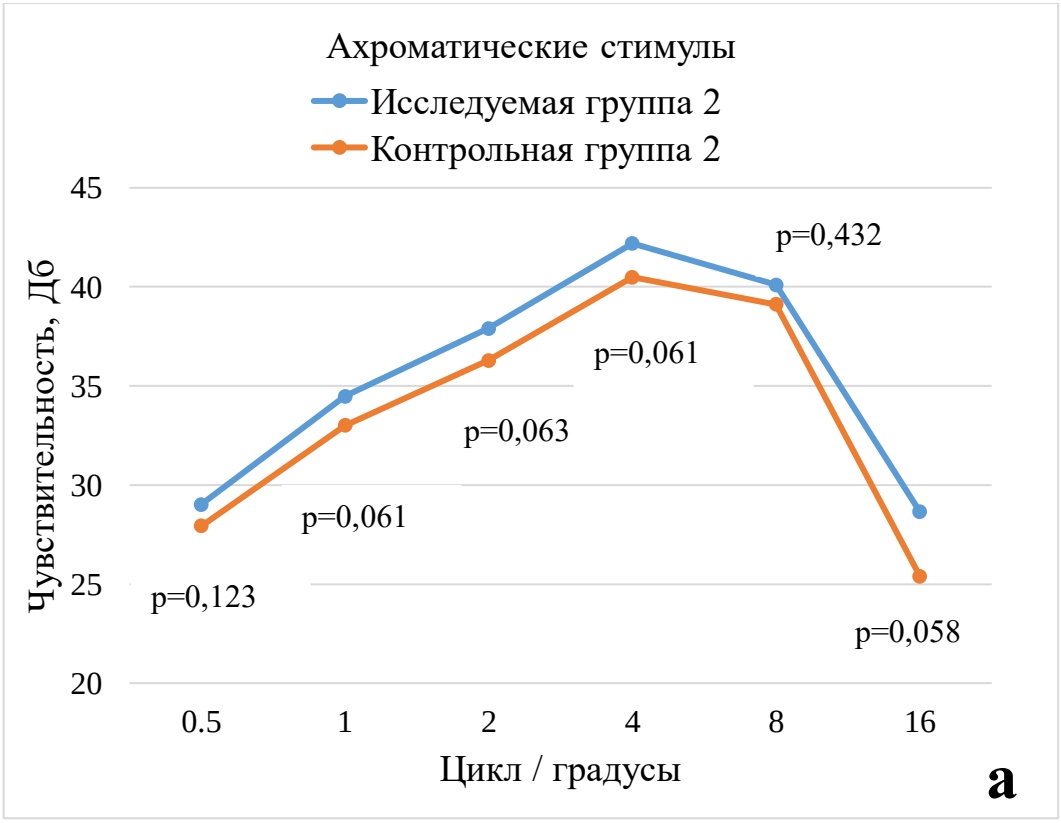
Всем пациентам исследуемой группы 2 и контрольной группы 2 была выполнена визоконтрастометрия (Фрайбургский тест) в срок 3 месяцев после операции, результаты которой отражены в таблице 11.

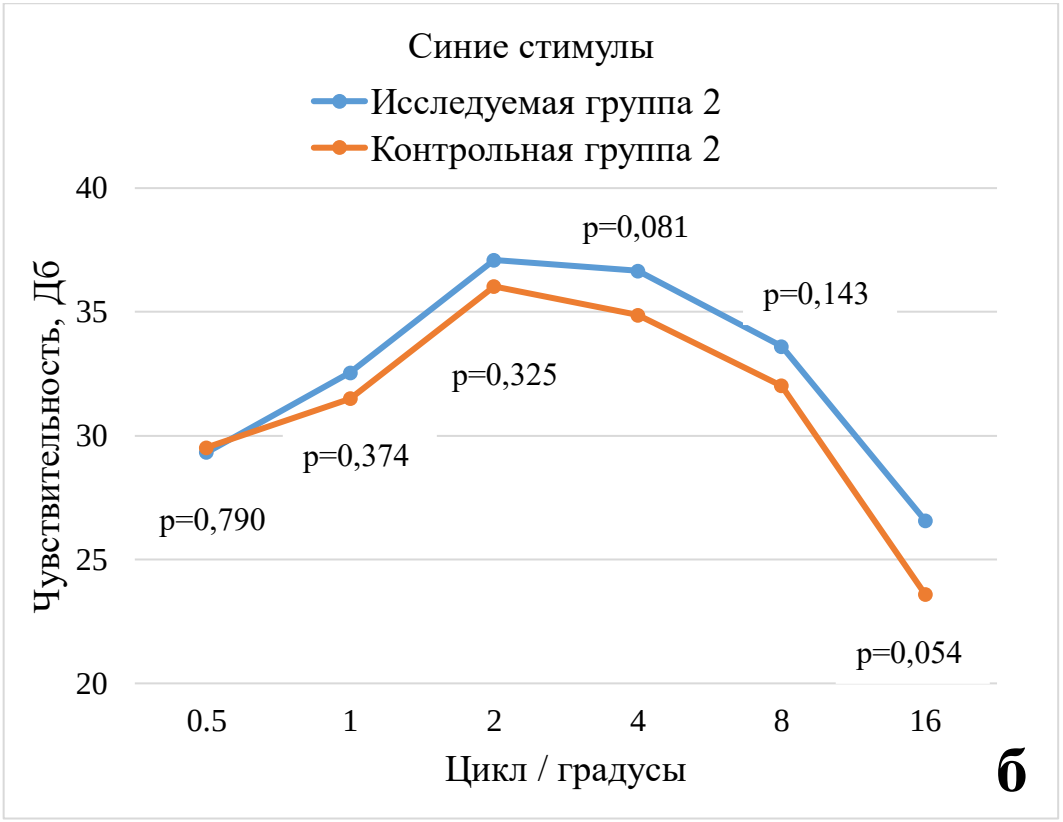
Таблица 11 – Результаты визоконтрастометрии (Фрайбургский тест) пациентов исследуемой и контрольной групп 2 после операции

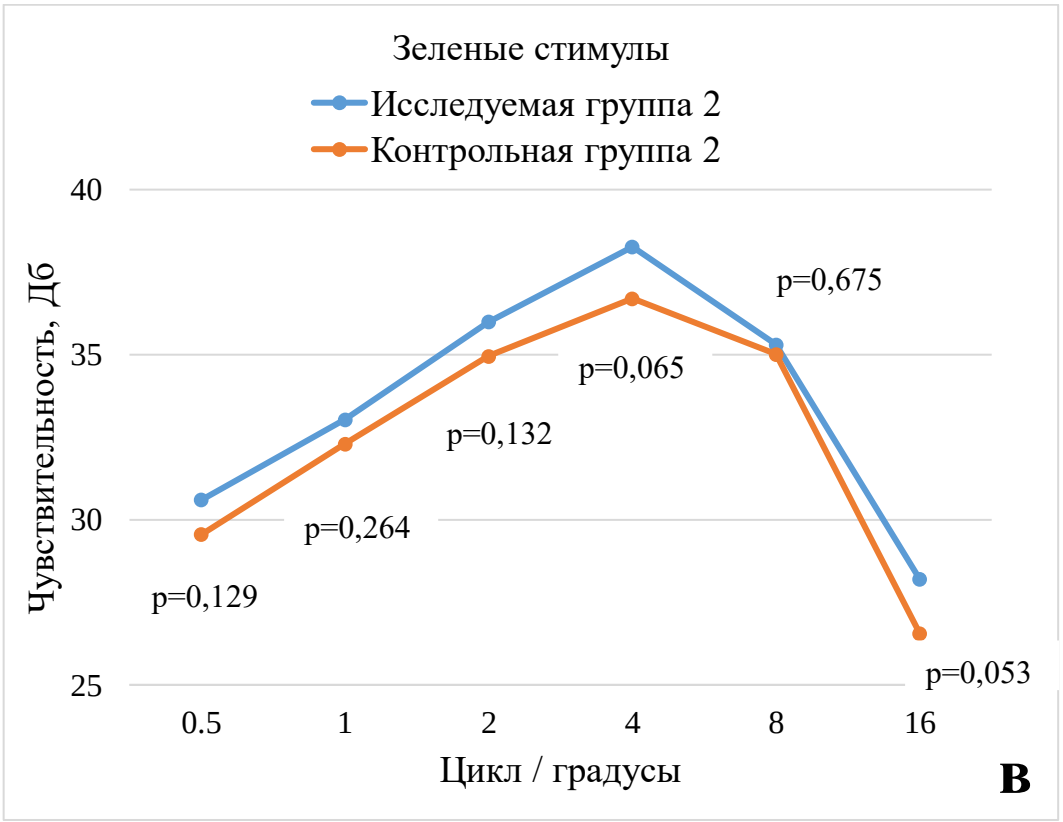
Группа	Контраст Вебера (log CS Weber) через 3 месяца
Исследуемая группа 2	1,75(0,10) LogCS Weber
Контрольная группа 2	1,80(0,10) LogCS Weber

Статистически значимых различий средних значений (log CS Weber) между группами выявлено не было (p=0,06, t-критерий Стьюдента).

Всем пациентам исследуемой и контрольной групп 2 на 6-м месяце наблюдения была выполнена визоконтрастометрия при помощи ПО «Зебра». Результат исследования представлен в виде сводного графика на рисунке 17 а-г.




Синие стимулы
Исследуемая группа 2
Контрольная группа 2
Чувствительность, Дб
40
35
30
25
20
p=0,790
p=0,374
p=0,325
p=0,081
p=0,143
p=0,054
0.5
1
2
4
8
16
Цикл / градусы
б


Зеленые стимулы
Исследуемая группа 2
Контрольная группа 2
Чувствительность, Дб
40
35
30
25
p=0,129
p=0,264
p=0,132
p=0,065
p=0,675
p=0,053
0.5
1
2
4
8
16
Цикл / градусы
В

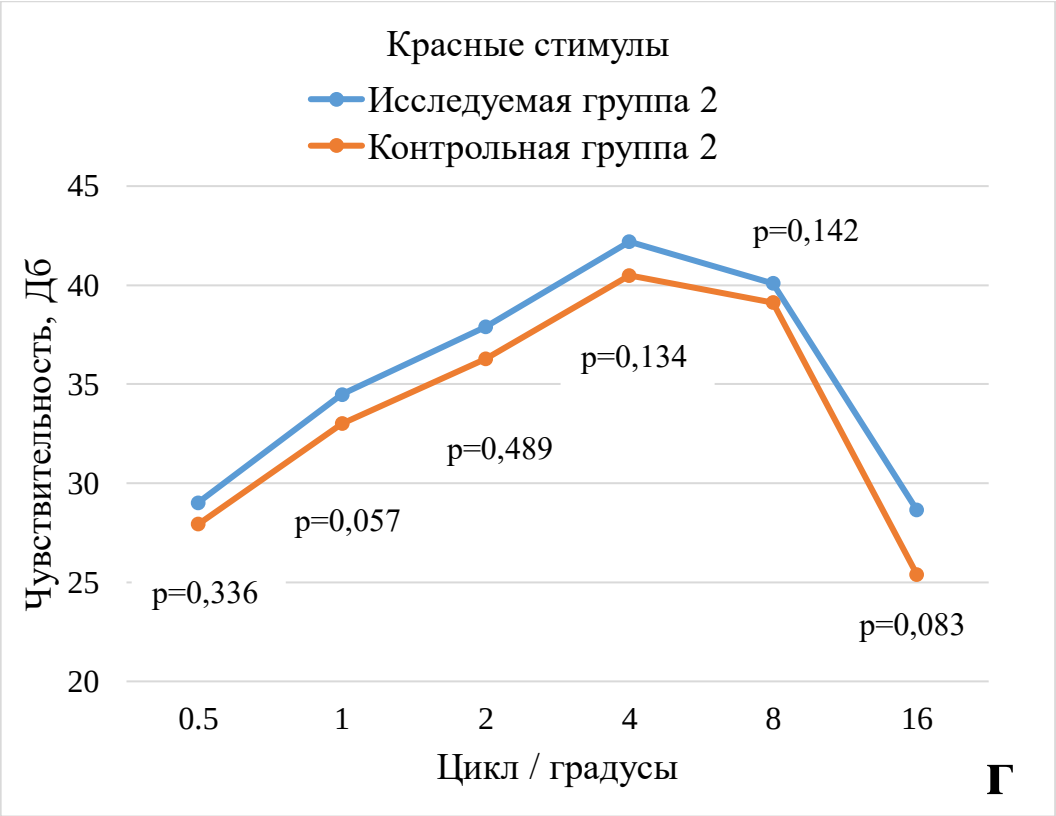


Рисунок 17 – Результаты визоконтрастометрии исследуемой и контрольной групп 2 при помощи ПО «Зебра»: а – ахроматические стимулы; б – синие стимулы; в – зеленые стимулы; г – красные стимулы

Полученные показатели пространственной контрастной чувствительности пациентов исследуемой группы 2 и контрольной группы 2 не имеют статистически значимых различий во всем диапазоне пространственных частот как при ахроматических, так и при хроматических стимулах ($p>0,05$, t-критерий Стьюдента).

На рисунке 18 представлена серия снимков ультразвукового исследования (В-скан) глаз пациентов исследуемой группы 2 после хирургического лечения.

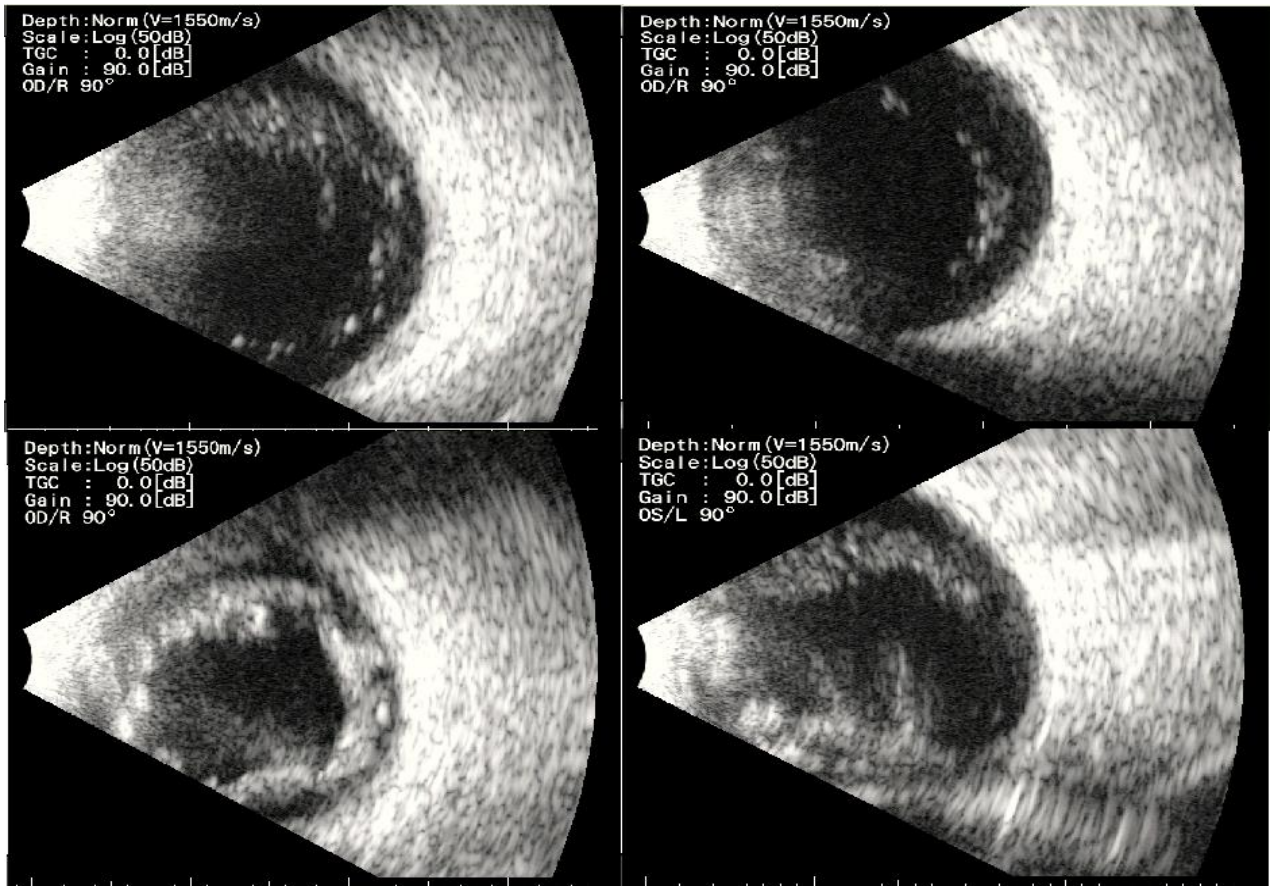


Рисунок 18 – Серия снимков ультразвукового исследования глаз пациентов исследуемой группы 2 после хирургического лечения

На серии снимков визуально определяется существенное уменьшение плотности астероидных телец за счет отсутствия передней гиалоидной мембраны и центральной зоны стекловидного тела, как следствие выполненной витрэктомии.

Полученные результаты исследования остроты зрения, субъективного уровня качества жизни и визоконтрастометрии (Фрайбургский тест) у пациентов исследуемой группы 2 и контрольной группы 1 (артифакия без патологии стекловидного тела) представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Функциональные показатели и субъективная оценка качества жизни пациентов контрольной группы 1 и исследуемой группы 2 в срок 6 месяцев после операции

Сравниваемые группы	МКОЗ	ПКЧ (Фрайбургский тест), logCS Weber	Качество жизни (VF-14), баллы

Контрольная группа 1 (n=80)	0,78(0,70;0,80)	1,87(0,05)	88,0(85,0;90,3)
Исследуемая группа 2 (n=32)	0,80(0,80;0,90)*	1,75(0,10)+	90,0(89,0;92,0)*

Примечание: * различия между показателями статистически значимы (p <0,05) по критерию Манна-Уитни; + различия между показателями статистически значимы (p <0,001) по t критерию Стьюдента.

При сравнении значений МКОЗ и качества жизни отмечены более высокие значения в исследуемой группе 2 по сравнению с контрольной группой 1. Выявлены статистически значимые различия для МКОЗ (p<0,001) и качества жизни (p=0,007). Функциональные показатели в обеих группах находились на высоком уровне и свидетельствуют о качестве выполненного лечения.

Принятое нормативом для показателя ПКЧ (LogCS Weber) в Фрайбургском тесте является значение равное или превышающее 1,60. Несмотря на то, что различия в исследуемых группах являются статистически значимыми по t-критерию Стьюдента (p<0,001), порог норматива превышен в обеих группах.

Таким образом, на основании улучшения функциональных (МКОЗ, пространственная контрастная чувствительность) и субъективных (VF-14) показателей, полученных после лечения в обеих группах, установлено, что использование критериев выбора способа хирургического лечения пациентов с учетом площади астероидного гиалоза и данных визоконтрастометрии позволяет достичь высоких результатов у пациентов с катарактой и астероидным гиалозом.

Клинические примеры

Клинический пример 1.

Пациент К., 78 лет, поступил в 1-е офтальмологическое отделение «СОКБ № 1» с жалобами на снижение зрения, мелькание «мушек» и

установленным диагнозом: Незрелая ядерная катаракта, астероидный гиалоз правого глаза. В день госпитализации пациенту был выполнен полный объем стандартного офтальмологического обследования, дополненный анкетированием по вопросу качества жизни (VF-14), оптической когерентной томографией заднего отрезка глаза (макула, ДЗН), определением пространственной контрастной чувствительности (Фрайбургский тест). Полученные данные пациента представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Предоперационные данные комплексного обследования пациента К.

Параметр	Значение
МКОЗ	0,35 н/к
ВГД, мм рт.ст.	15,5
ПЗО, мм	22,98
VF-14 (баллы)	32
Плотность катаракты	2 степень
Состояние ЗГМ на основании ОКТ	Полная отслойка ЗГМ
Фрайбургский тест, logCS Weber	1,25

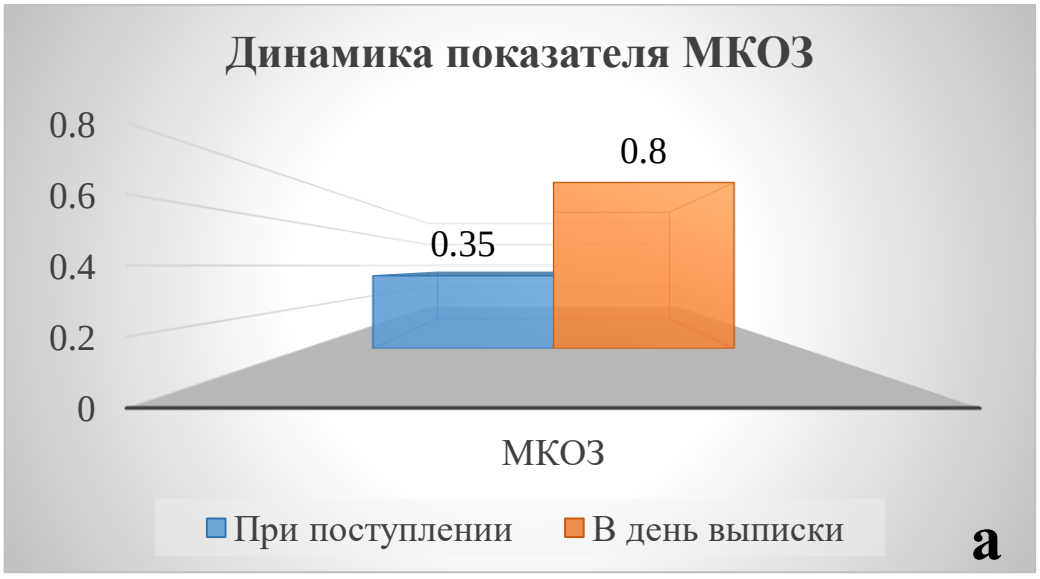
Полученное изображение В-скана правого глаза было использовано в ПО paint.net (версия 5.0.11). По разработанному алгоритму была определена площадь астероидного гиалоза, которая составила 48,5% от общей площади витреальной полости.

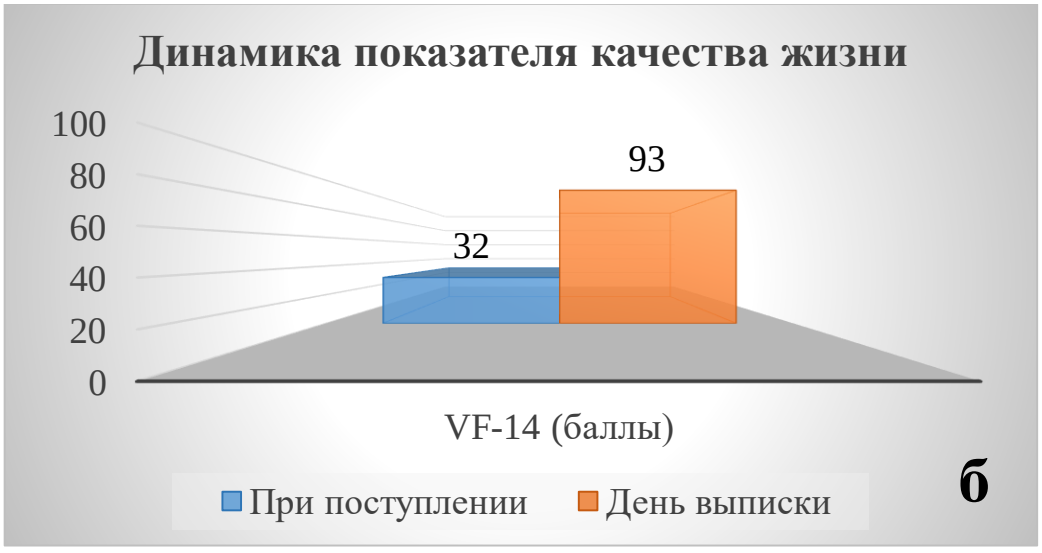
Суммируя полученные данные предоперационной диагностики, пациенту были даны разъяснения о предполагаемом методе лечения – факовитрэктомии. На вторые сутки выполнена факовитрэктомия с имплантацией ИОЛ. В день выписки (пятые сутки) выполнено исследование функциональных и субъективных зрительных функций, через 3 месяца после операции проведено исследование пространственной контрастной чувствительности. Полученные результаты отражены в таблице 14.

Таблица 14 – Функциональные и субъективные результаты после хирургического лечения пациента К.

Параметр	Значение
МКОЗ	0,8 н/к
VF-14 (баллы)	93
Фрайбургский тест, logCS Weber	1,8

Графическое отражение динамики показателей отражено на рисунке 19 а-в.





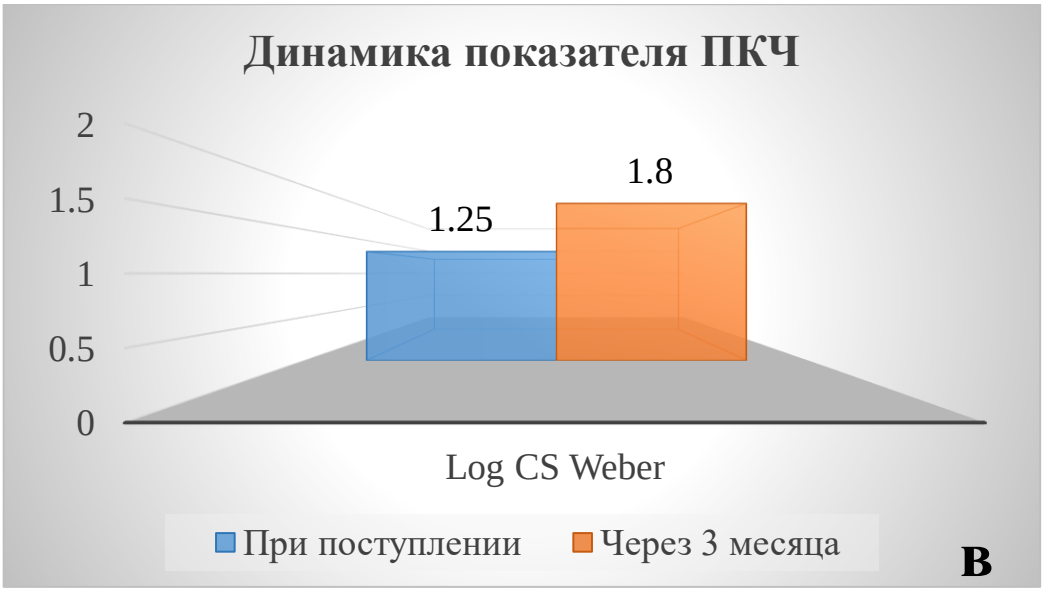


Рисунок 19 – Динамика показателей: а – МКОЗ; б – качества жизни; в – ПКЧ

Клинический пример 2.

Пациент С., 76 лет, поступил в 1-е офтальмологическое отделение «СОКБ № 1» с жалобами на снижение зрения и установленным диагнозом: Незрелая ядерная катаракта, астероидный гиалоз левого глаза. В день госпитализации пациенту был выполнен полный объем стандартного

офтальмологического обследования, дополненный анкетированием по вопросу качества жизни (VF-14), оптической когерентной томографией заднего отрезка глаза (макула, ДЗН), определением пространственной контрастной чувствительности (Фрайбургский тест). Полученные данные пациента представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Предоперационные данные комплексного обследования пациента С.

Параметр	Значение
МКОЗ	0,4 н/к
ВГД, мм рт.ст.	17,5
ПЗО, мм	23,3
VF-14 (баллы)	36
Плотность катаракты	2 степень

Состояние ЗГМ на основании ОКТ	Полная отслойка ЗГМ
Фрайбургский тест, logCS Weber	1,6

Полученное изображение В-скана правого глаза было использовано в ПО paint.net (версия 5.0.11). По разработанному алгоритму была определена площадь астероидного гиалоза, которая составила 28,7% от общей площади витреальной полости.

Суммируя полученные данные предоперационной диагностики, пациенту были даны разъяснения о предполагаемом методе лечения – факоэмульсификации катаракты. На вторые сутки выполнена факоэмульсификация с имплантацией ИОЛ. В день выписки (пятые сутки) выполнено исследование функциональных и субъективных зрительных функций, через 3 месяца от операции проведено исследование пространственной контрастной чувствительности. Полученные результаты отражены в таблице 16.

Таблица 16 – Функциональные и субъективные результаты после хирургического лечения пациента С.

Параметр	Значение
МКОЗ	0,8 н/к
VF-14 (баллы)	90
Фрайбургский тест, logCS Weber	1,78

Графическое отражение динамики показателей отражено на рисунке 20 а-в.

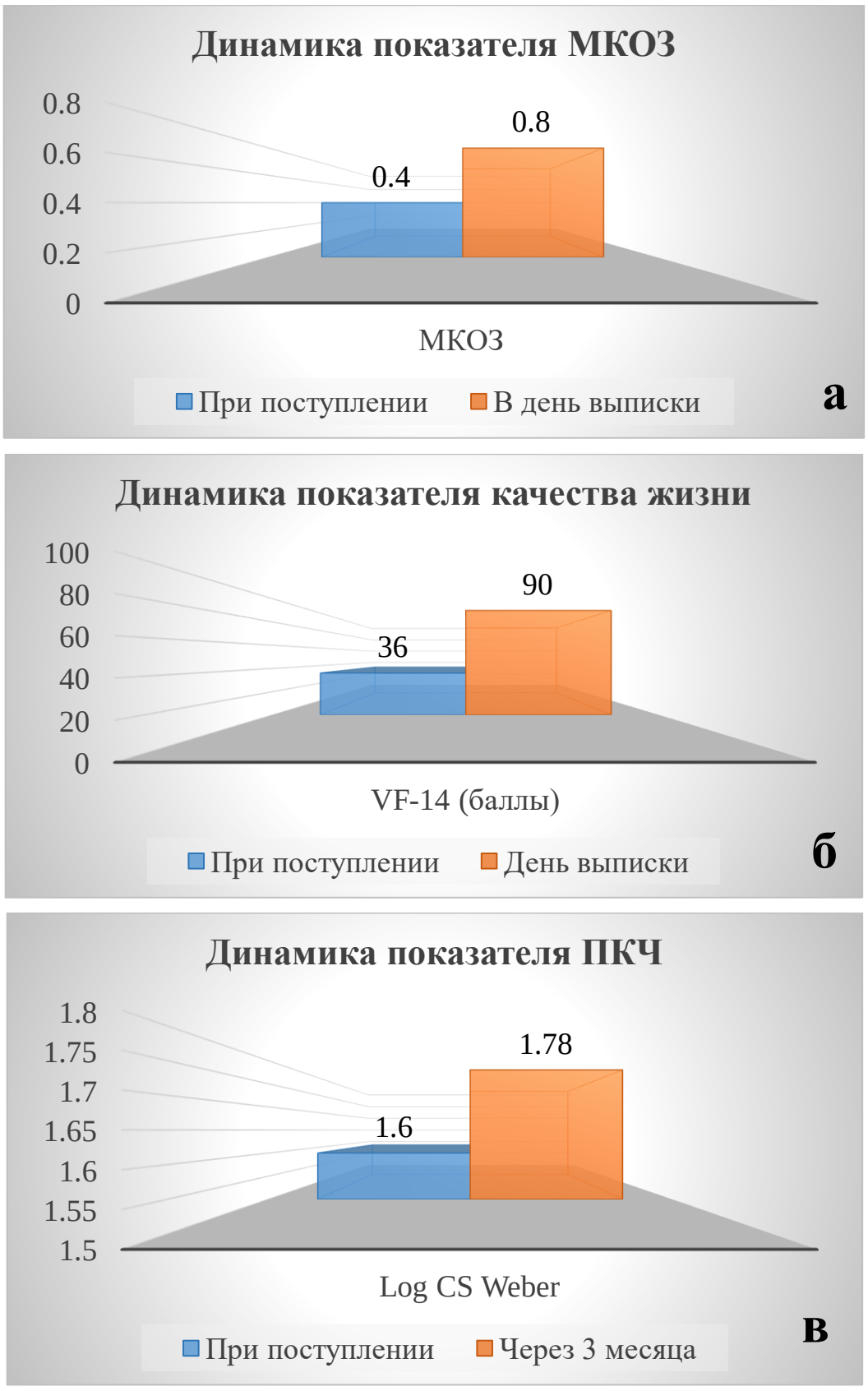


Рисунок 20 – Динамика показателей: а – МКОЗ; б – качества жизни; в – ПКЧ

Полученные функциональные и субъективные результаты в клинических примерах, представленных выше, сопоставимы между собой и не имеют статистически значимых различий ($p>0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Катаракта по-прежнему занимает одну из лидирующих позиций в структуре офтальмологической патологии как первопричина слабовидения и обратимой слепоты, так как наблюдается у каждого шестого пациента в возрасте старше 40 лет и подавляющей части населения в возрасте 80 лет. В настоящее время по всему миру насчитывается более 2,2 миллиарда человек, имеющих нарушение зрительной функции, из них более 65 миллионов по причине катаракты [149].

Дегенеративная патология стекловидного тела с образованием кальций-фосфор липидных комплексов на поверхности коллагеновых волокон в настоящее время именуется как «астероидный гиалоз». Несмотря на стремительно развивающуюся отрасль производства высокотехнологичного диагностического офтальмологического оборудования, а также на накопленный научный задел в изучении первопричин развития данного заболевания, этиология астероидного гиалоза всё так же остается до конца не изученной [46, 47, 53, 58, 68, 75, 81, 94, 131].

Возраст-зависимая распространенность является общей характеристикой для астероидного гиалоза и катаракты. По данным исследования Thomas Berner Moller-Lorentzen с соавт. (2020), распространенность астероидного гиалоза в популяции возраста 0-39 лет составила 0,27% и постепенно увеличивалась до 3,07% среди населения 80 лет и старше. По прогнозу Thomas Berner Moller-Lorentzen с соавт. (2020) глобальная распространенность астероидного гиалоза в 1950 году составляла порядка 10,7 миллионов человек. По прогностической модели число пациентов с астероидным гиалозом в 2020 году достигло 41,5 миллионов человек, а к 2100 году составит около 91,2 миллионов человек [111].

Клинические проявления развития катаракты заключаются в снижении показателей не только остроты зрения, но и контрастной чувствительности, цветовосприятия и световосприятия [97]. В свою очередь астероидный гиалоз

как патологическое изменение стекловидного тела, в большинстве случаев, не имеет существенного влияния на остроту зрения, однако может существенно мешать диагностике и лазерному лечению заболеваний глазного дна [49, 92, 136]. Несмотря на отсутствие выраженного снижения остроты зрения ввиду дегенеративных изменений стекловидного тела, в научной литературе приводятся данные о влиянии астероидного гиалоза на показатель пространственной контрастной чувствительности и внутренние аберрации волнового фронта, а также о субъективном дискомфорте пациентов по причине «летающих мушек» [133].

Принимая во внимание сохранение тенденции увеличения продолжительности жизни, особенно в экономически развитых странах, а также возраст-ассоциированную зависимость развития заболеваний, стоит предположить, что с течением времени число людей с катарактой и астероидным гиалозом будет неизменно расти. Классический метод комбинированного лечения пациентов с катарактой и деструкцией стекловидного тела, в том числе по типу астероидного гиалоза, заключается в последовательном выполнении факоэмульсификации катаракты, имплантации ИОЛ и выполнении тотальной трехпортовой витрэктомии через плоскую часть цилиарного тела (pars plana), что обозначается термином «факовитрэктомия». Альтернативный метод, описанный ранее в научной литературе, предполагает доступ к стекловидному телу через задний капсулорексис, что ставит хирурга перед выбором, а также возможностью оптимизации данного вмешательства [12, 130].

Объем выполненных ранее исследований, посвященных катаракте и астероидному гиалозу, имеет большое научное и практическое значение, но все еще не был реализован в унифицированный алгоритм, который мог бы позволить с высокой степенью достоверности определить показания к изолированной ФЭК с имплантацией ИОЛ и факовитрэктомии. Таким образом, цель данного исследования заключалась в повышении эффективности хирургического лечения пациентов с катарактой в сочетании с

астероидным гиалозом на основе разработанного алгоритма хирургического лечения.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: проанализированы результаты факоэмульсификации катаракты у пациентов с астероидным гиалозом, включающие субъективный уровень качества жизни; исследовано влияние степени плотности астероидных телец на показатели пространственной контрастной чувствительности на основании визоконтрастометрии и ультразвуковой диагностики с разработкой рабочей классификации астероидного гиалоза; изучено влияние астероидного гиалоза на внутренние аберрации высшего порядка; разработан алгоритм хирургического лечения пациентов с катарактой и астероидным гиалозом; проанализированы результаты комбинированного хирургического лечения катаракты и астероидного гиалоза и выполнена оценка эффективности предлагаемого метода факовитрэктомии.

Проведенное диссертационное исследование состоит из трех последовательных, взаимосвязанных этапов, выполненных на следующих клинических базах: офтальмологическое отделение стационара и консультативно-диагностической поликлиники государственного автономного учреждения здравоохранения Свердловской области «Свердловская областная клиническая больница № 1» (ГАУЗ СО «СОКБ № 1», г. Екатеринбург); офтальмологическое отделение поликлиники Государственного автономного учреждения здравоохранения Свердловской области «Свердловский областной клинический психо-неврологический госпиталь ветеранов войн» (ГАУЗ СО «СОКП ГВВ», г. Екатеринбург); Екатеринбургский центр Межотраслевого научно-технического комплекса «Микрохирургия глаза» (АО «Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза», г. Екатеринбург).

Первый этап исследования заключался в оценке субъективного уровня «качества жизни» пациентов с астероидным гиалозом и его влияния на функциональные результаты хирургического лечения по поводу катаракты. В

рамках данной задачи были обследованы и прооперированы (факоэмульсификация катаракты с имплантацией ИОЛ) 98 пациентов (98 глаз) с сочетанной патологией хрусталика и стекловидного тела. Средний возраст пациентов составил 69,5(7,4) лет, мужчин 55 человек (56,1%), женщин – 43 (43,9%).

Показатель МКОЗ составил 0,20(0,20;0,25), ВГД 15,0(4,2) мм рт.ст., количество баллов по офтальмологическому опроснику VF-14 – 20,5(14,0;30,0), аксиальная длина глаза (ПЗО) – 23,28(1,62) мм. По плотности катаракты из 98 пациентов 1 степень выявлена у 8 человек (8,1%), 2 степень – у 56 (57,1%), 3 степень – у 34 человек (35%). По состоянию задней гиалоидной мембраны из 98 пациентов у 52 человек (53%) определена неполная отслойка ЗГМ с адгезией к макуле и перипапиллярно, у 31 человека (31,6%) – полная отслойка ЗГМ, у 15 человек (15,3%) выявлено отсутствие отслойки ЗГМ.

Всем пациентам в различные сроки наблюдения (день поступления, день выписки, 1, 3, 6 месяцев после операции) был выполнен комплекс офтальмологических исследований, включающий: визиометрию, кераторефрактометрию (Huvitz HRK-7000A, Южная Корея), периметрию (ПНР-2, ОАО ТочМедПрибор, Россия), тонометрию бесконтактную (Reichert® 7CR, США.), в ряде случаев контактную аппланационную по Маклакову, биомикроскопию переднего отрезка глаза (SL-2G, Topcon, Япония), офтальмоскопию глазного дна (BETA 200, Heine, Германия), (Поиск ТР, Россия), контактную биометрию с A/B сканированием (US-4000 Nidek, Япония), оптическую когерентную томографию макулярной области и диска зрительного нерва (Cirrus™ HD-OCT 400, Carl Zeiss, Германия). Оценка качества жизни была выполнена посредством анкетирования пациентов с использованием адаптированного офтальмологического опросника The Visual Function Index (VF – 14).

Результатом хирургического лечения катаракты, проведенного у 98 пациентов (98 глаз), стало улучшение остроты зрения с 0,20(0,20;0,25) в день поступления до 0,58(0,45;0,70) в день выписки, и 0,80(0,71;0,85) – в 1 месяц

после операции. Изменения остроты зрения при переходе от одного временного интервала к последующему (день поступления – день выписки – 1 месяц после операции и далее) являются статистически значимыми ($p<0,05$). Полученные результаты полностью подтверждают отсутствие выраженного влияния астероидного гиалоза на МКОЗ и схожи с литературными данными по срокам реабилитации пациента после изолированной экстракции катаракты [30].

Что касается результатов анкетирования пациентов с использованием адаптированного офтальмологического опросника The Visual Function Index (VF – 14), то они не однозначны. После операции фиксируется резкое увеличение количества баллов (с 20,5 до 76,8) с последующей устойчивой нисходящей тенденцией на протяжении всего срока наблюдения (с 76,8 до 50,0). Отмеченное снижение обусловлено персистирующими плавающими помутнениями на фоне улучшения остроты зрения за счет повышения прозрачности оптических сред, которое приводит к усилению симптомов «мелькания мушек» и пониженной контрастной чувствительности, особенно в условиях пониженной освещенности. Все последовательные временные изменения в количестве баллов имеют статистически значимые различия ($p<0,05$).

Однако, из 98 исследованных у 5 пациентов (5,1%) к 6-му месяцу наблюдения зафиксировано снижение МКОЗ с 0,80 до 0,70 и субъективного уровня качества жизни – с 73,0 до 43,0 баллов (на 41,1%), что по данным обследования являлось результатом отслоения задней гиалоидной мембраны с миграцией комплекса астероидных телец в направлении задней капсулы хрусталика. Данное изменение анатомического взаимоотношения внутриглазных структур, сопряженное со снижением зрительной функции, отражено в литературных данных [117, 142, 145]. Среди указанных пациентов, трое (3,06%) обратились за медицинской помощью в различные сроки после периода наблюдения с жалобами на «летающие мушки». Данным пациентам была выполнена тотальная трехпортовая витрэктомия через плоскую часть

цилиарного тела (pars plana), в результате чего пациенты отметили существенное улучшение качества жизни и отсутствие прежних жалоб: увеличение количества баллов VF-14 до 70,1(70,0;71,5) (улучшение в 1,63 раза), увеличение МКОЗ – до 0,80(0,80;0,85) (улучшение в 1,15 раза).

Второй этап исследования заключался в проведении ультразвукового исследования, визоконтрастометрии у пациентов с астероидным гиалозом, ранее прооперированных по поводу катаракты (исследуемая группа 1, 80 глаз) и у пациентов после хирургии катаракты без сопутствующей патологии стекловидного тела (контрольная группа 1, 80 глаз).

В исследуемой группе 1 было 49 (61,25%) мужчин, 31 (38,75%) женщина, средний возраст – 69,9(7,1) лет. Показатель МКОЗ – 0,75(0,74;0,80), ВГД – 17,7(2,5) мм рт.ст., балл опросника VF-14 71,0(69,0;72,0), по состоянию задней гиалоидной мембраны из 80 пациентов у 49 человек (61,3%) выявлена неполная задняя отслойка ЗГМ с адгезией в макуле и перипапиллярно, у 20 человек (25,0%) – полная отслойка ЗГМ, у 11 человек (13,8%) – без отслойки ЗГМ.

В контрольной группе 1 было 46 (57,5%) мужчин, женщин – 34 (42,5%), средний возраст – 70,2(6,8) лет. Величина МКОЗ – 0,78(0,70;0,80), ВГД – 18,3(2,2) мм рт.ст., балл опросника VF-14 88,0(85,0;90,3), по состоянию задней гиалоидной мембраны из 80 пациентов у 45 человек (45,3%) выявлена неполная отслойка ЗГМ с адгезией в макуле и перипапиллярно, у 23 человек (28,8%) – полная отслойка ЗГМ, у 12 человек (15,0%) – без отслойки ЗГМ.

Всем пациентам исследуемой группы 1 и контрольной группы 1 была выполнена визоконтрастометрия через 1 месяц после операции с использованием ПО «Зебра» (вер. 3.02, ООО «Астроинформ СПЕ», Москва) и Фрайбургского теста (Freiburg Visual Acuity and Contrast Test – FrACT). Полученные результаты визоконтрастометрии при помощи ПО «Зебра» имеют статистически значимые различия ($p<0,001$) во всем диапазоне пространственных частот. Полученные результаты визоконтрастометрии при помощи Фрайбургского теста (Freiburg Visual Acuity and Contrast Test –

FrACT) подтверждают статистически значимые различия (p<0,01) числового показателя logCS Weber между пациентами исследуемой группы 1 (1,28(0,08)) и контрольной группы 1 (1,87(0,05)).

Всем пациентам исследуемой группы 1 (80 глаз) через 1 месяц после операции было выполнено ультразвуковое В-сканирование на аппарате US-4000 (Nidek, Япония) с зондом 10 МГц, усиление в диапазоне 30-50 дБ. Полученные снимки ультразвукового исследования отражают градацию плотности астероидных телец, что является основой разработанной нами рабочей классификации: I (от 1 до 29% от объема витреальной полости) - астероидный гиалоз низкой плотности; II (от 30 до 60% от объема витреальной полости) – астероидный гиалоз умеренной плотности; III (свыше 60% от объема витреальной полости) – астероидный гиалоз высокой плотности.

Результаты В-сканирования были сопоставлены с результатами визоконтрастометрии (Фрайбургского теста для удобства), в результате чего была выявлена зависимость изменения пространственной контрастной чувствительности от плотности расположения астероидных телец в структуре стекловидного тела. Таким образом, исследуемые пациенты были разделены на три условные подгруппы:

– низкая плотность астероидных телец (9 глаз, 11,25%), logCS Weber 1,61(0,02);

– умеренная плотность астероидных телец (49 глаз, 61,25%) logCS Weber 1,27(0,03);

– высокая плотность астероидных телец (22 глаза, 27,5%) logCS Weber 1,05(0,04).

Среди общедоступных научных публикаций не было найдено ранее проведенного исследования зависимости пространственной контрастной чувствительности от плотности («кучности») астероидных телец, что явилось одной из наших задач.

В рамках второго этапа пациентам исследуемой группы 1 и контрольной группы 1 проведены исследования внутренних аберраций волнового фронта

(кома, трифоил, тетрафоил) с использованием анализатора зрительных функций iTrace (Tracey Technologies, Техас, США). Для каждого из пациентов была выполнена серия 5 исследований, результаты которых отражают минимальные и максимальные зафиксированные значения для каждого типа аберраций. Выявлены статистически значимые различия ($p<0,05$) для всех максимальных и большей части минимальных зафиксированных значений для каждой из аберраций между пациентами исследуемой и контрольной групп 1. В научной литературе стали встречаться публикации, подтверждающие влияние астероидного гиалоза на усиление внутренних аберраций [133, 162].

На основании анализа результатов изолированной ФЭК с имплантацией ИОЛ был предложен способ определения показаний к факовитрэктомии при возрастной катаракте и астероидном гиалозе. Данный способ подразумевает оценку результатов визоконтрастометрии и площади астероидного гиалоза при помощи программного обеспечения paint.net (версия 5.0.11). При уменьшении показателя logCS Weber $\leq 1,6$ и площади астероидного гиалоза $\geq$ 40% от общей площади витреальной полости – факовитрэктомия считается показанной. Получен патент Российской Федерации на изобретение № 2835889 от 05.03.2025 года.

Третий этап исследования заключался в оценке результатов хирургического лечения пациентов с катарактой и астероидным гиалозом с учетом представленных диагностических критериев и субъективного желания пациента избавиться от симптома «плавающих мушек». В рамках третьего этапа, согласно разработанному на втором этапе алгоритму (патент РФ № 2835889), были сформированы две равнозначные группы (исследуемая 2 и контрольная 2) по 32 пациента (32 глаза) в каждой с установленным диагнозом катаракта и астероидный гиалоз, срок наблюдения 6 месяцев.

На момент поступления в клинику в исследуемой группе 2 было 19 (59,4%) мужчин и 13 (40,6%) женщин (средний возраст 69,3(7,6) лет), правый глаз был прооперирован у 21 (65,6%), левый глаз – у 11 (34,4%) пациентов. Величина МКОЗ – 0,20(0,10;0,40) ВГД – 19,5(2,4) мм рт.ст., количество баллов

по офтальмологическому опроснику VF-14 – 14,0(11,0;22,0) баллов, средний показатель площади астероидного гиалоза по данным акустического среза (В-скана) – 49,7(10,5) %.

В контрольной группе 2 мужчин было 20 (62,5%), женщин – 12 (37,5%), средний возраст 67,7(9,2) лет, Величина МКОЗ – 0,20(0,19;0,30), ВГД – 17,9(1,1) мм рт.ст., количество баллов по офтальмологическому опроснику VF-14 – 18,0(14,8;21,0) баллов, средний показатель площади астероидного гиалоза по данным акустического среза (В-скана) – 32,6(6,3) %.

Согласно разработанному алгоритму выбора способа лечения, пациентам исследуемой группы 2 выполнена факовитрэктомия через задний капсулорексис, пациентам контрольной группы 2 – изолированная факоэмульсификация катаракты.

Показатель МКОЗ имел статистически значимые различия между группами в периоды после операции, через 3 и 6 месяцев. Стоит отметить, что к 6-му месяцу наблюдения у 6 пациентов контрольной группы 2 отмечено снижение зрения, из них у 2 (6,25%) это было обусловлено реализованной полной отслойкой задней гиалоидной мембраны с миграцией комплекса астероидных телец, у оставшихся 4 (12,5%) – развитием вторичной катаракты.

Сравнительный анализ показателя «качества жизни» при помощи адаптированного опросника VF-14 между пациентами исследуемой группы 2 и контрольной группы 2 выявил статистически значимые различия в периоды 1, 3 и 6 месяцев после операции.

Исследование пространственной контрастной чувствительности в срок 3 месяца после операции посредством Фрайбургского теста не выявило статистически значимых различий показателя исследуемой группы 2 (1,75(0,10) LogCS Weber) от контрольной группы 2 (1,80(0,10) LogCS Weber). Визоконтрастометрия при помощи ПО «Зебра» не выявила статистически значимых различий между группами во всем диапазоне пространственных частот как при ахроматических, так и при хроматических стимулах.

Сравнительный анализ функциональных результатов (МКОЗ, ПКЧ) и субъективного качества жизни (VF-14) исследуемой группы 2 и контрольной группы 1 выявил наличие статистически значимых различий.

Суммируя вышеизложенные результаты хирургического лечения пациентов с катарактой и астероидным гиалозом, можно отметить следующие положения:

- стабильность показателя остроты зрения после факовитрэктомии обусловлена двумя компонентами. Выполнение заднего капсулорексиса, согласно методике операции, исключает возможность развития вторичной катаракты в будущем. Выполнение субтотальной витрэктомии без удаления задней гиалоидной мембраны способствует существенному уменьшению плотности астероидных телец, что позволяет достичь высоких результатов МКОЗ и снижает вероятность ухудшения зрения по причине полной отслойки ЗГМ с миграцией комплекса в направлении капсульного мешка;

- отбор пациентов согласно предложенному алгоритму выбора метода хирургического лечения позволяет достичь высокого показателя «качества жизни»;

- выполнение факовитрэктомии позволяет существенно повысить показатель контрастной чувствительности, что немаловажно для пациентов, ведущих активный образ жизни;

- выполнение единовременного комбинированного вмешательства снижает не только психоэмоциональную нагрузку на пациента, но и экономические затраты медицинской организации за счет уменьшения количества обращений в медицинское учреждение и снижение потребления расходных материалов, в случаях этапного хирургического лечения.

ВЫВОДЫ

1. По результатам научной работы проведено усовершенствование диагностики и повышение эффективности хирургического лечения пациентов с катарактой в сочетании с астероидным гиалозом.

2. Хирургия катаракты у пациентов с выраженным астероидным гиалозом (II-III степени) не позволяет достичь устойчивого улучшения качества жизни, а в ряде случаев (5,1%) стабильного показателя остроты зрения. За 6 месяцев наблюдения за пациентами с астероидным гиалозом после факоэмульсификации катаракты определено улучшение показателя остроты зрения в 3,75 раза (с 0,20 до 0,75) и при этом снижение показателя качества жизни в 1,54 раза (со дня выписки 76,8 до 50,0 баллов VF-14 на момент наблюдения 6 месяцев после операции).

3. Выявлены статистически значимые различия пространственной контрастной чувствительности у пациентов с астероидным гиалозом ($p<0,001$) от пациентов с интактным стекловидным телом как при ахроматических, так и при хроматических стимулах на всем диапазоне пространственных частот (ПО «Зебра»), а также посредством Фрайбургского теста (1,28 против 1,87 LogCS Weber, $p<0,001$). Выявлена прямая зависимость изменения показателя пространственной контрастной чувствительности (Фрайбургский тест, logCS Weber) от плотности (концентрации) расположения астероидных телец в структуре стекловидного тела.

4. Изучено влияние астероидного гиалоза при артифакии на усиление внутренних аберраций высшего порядка (кома, трифоил, тетрафоил). Среднее максимальное значение вертикальной комы (Z_3^{-1}) у пациентов с астероидным гиалозом составило 0,201 мкм, у пациентов без астероидного гиалоза – 0,132 мкм, горизонтальной комы (Z_3^{1}) – 0,282 мкм против 0,158 мкм, вертикального трифоила (Z_3^{-3}) – 0,539 мкм против 0,273 мкм, косого трифоила (Z_3^{3}) – 0,428 мкм против 0,187 мкм, наклонного тетрафоила (Z_4^{-4}) – 0,327 мкм

против 0,184 мкм, вертикального тетрафоила (Z_4^4) – 0,236 мкм против 0,166 мкм.

5. Разработан алгоритм определения показаний к проведению ФЭК с имплантацией ИОЛ в комбинации с витрэктомией через задний капсулорексис у пациентов с катарактой и астероидным гиалозом на основании изучения данных визоконтрастометрии и площади астероидного гиалоза. Факовитрэктомия считается показанной при площади астероидного гиалоза от 40% и более, при снижении LogCS Weber менее 1,6 и наличии субъективных жалоб пациента.

6. Внедрение в практику нового алгоритма выбора показаний к факовитрэктомии показало сопоставимость результатов хирургического лечения пациентов с катарактой и астероидным гиалозом в зависимости от его площади. Острота зрения у пациентов после факовитрэктомии улучшилась в 4 раза, у пациентов после факоэмульсификации – в 3,5 раза, качество жизни – улучшилось в 6,4 раза и в 4,8 раза соответственно. Сравнительный анализ визоконтрастометрии (Фрайбургский тест) показал отсутствие статистически значимых различий между группами (исследуемая группы 2 и контрольная группа 2).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При планировании хирургии катаракты у пациента с выраженным астероидным гиалозом необходимо уведомлять его о возможности снижения качества зрения, в том числе контрастной чувствительности, с усилением эффекта «плавающих мушек», что может быть причиной повторного хирургического лечения.

2. Определение технологии хирургического лечения пациентов с катарактой и астероидным гиалозом должно базироваться на субъективном желании пациента, а также объективных данных визоконтрастометрии с оценкой площади астероидного гиалоза по данным ультразвукового исследования.

3. Определение плотности расположения астероидных телец в структуре стекловидного тела по данным В-сканирования позволяет прогнозировать степень снижения контрастной чувствительности.

4. Разработанный алгоритм определения показаний к факовитрэктомии у пациентов с катарактой и астероидным гиалозом (патент РФ на изобретение № 2835889 от 05.03.2025 года) может быть применен в рядовой практике врача-офтальмолога.

5. Факовитрэктомия как комбинированная методика хирирургического лечения катаракты и выраженного астероидного гиалоза является преимущественной с точки зрения психоэмоциональной нагрузки на пациента и экономической составляющей медицинской организации.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВГД – внутриглазное давление

ДЗН – диск зрительного нерва

ИОЛ – интраокулярная линза

МКОЗ – максимальной корригированной остроты зрения

ОКТ – оптическая когерентная томография

ПЗО – передне-задняя ось глаза

ЗГМ – задняя гиалоидная мембрана

ЗОСТ – задняя отслойка стекловидного тела

КЖ – качество жизни

ПКЧ – пространственная контрастная чувствительность

ФЭК – факоэмульсификация катаракты

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверич, В. В. Оптические аберрации глаза при кератоконусе / В. В. Аверич, Г. Б. Егорова // Клиническая офтальмология. — 2022. — Т. 22, № 3. — С. 168–174. — DOI: 10.32364/2311-7729-2022-22-3-168-174.

2. Аветисов, С. Э. Влияние хрусталикового компонента на формирование общего регулярного астигматизма / С. Э. Аветисов, А. Н. Евдокимова, Г. В. Воронин [и др.] // Вестник офтальмологии. — 2025. — Т. 141, № 5. — С. 38–45. — DOI: 10.17116/oftalma202514105138.

3. Акимов, П.А. Биохимический анализ стекловидного тела глаза при сахарном диабете / П.А. Акимов, Н.А. Терехина // Российский общенациональный офтальмологический форум : сб. материалов. – 2025. – Т. 1. – С. 228–231.

4. Ахмадеев, Р. Р. Пространственная контрастная чувствительность при зрительных нагрузках, вызванных мобильными цифровыми устройствами. Часть 1. Показатели визоконтрастометрии / Р. Р. Ахмадеев, Т. Р. Мухамадеев, А. Р. Хусниярова, Р. Р. Зинатуллин // Медицинский вестник Башкортостана. — 2024. — Т. 19, № 2. — С. 5–9.

5. Бедретдинов, А. Н. Стандартизированная А-эхография в диагностике заболеваний глаз / А. Н. Бедретдинов, Т. Н. Киселева // Офтальмологические ведомости. — 2024. — Т. 17, № 3. — С. 59–67. — DOI: 10.17816/OV383558.

6. Бейсекеева, Ж. С. Биохимические и гистологические аспекты мембранноглимфатической теории этиопатогенеза первичной глаукомы / Ж. С. Бейсекеева, А. И. Самойленко, С. А. Кочергин, Д. Е. Кулумбетова // Медицинский вестник Башкортостана. — 2022. — Т. 17, № 4. — С. 60–71.

7. Белянина, С.И. Роль задней отслойки стекловидного тела при сосудистых и дегенеративных заболеваниях сетчатки / С.И. Белянина, П.Л. Володин // Медицинский вестник Башкортостана. – 2022. – Т. 17, № 3(99). – С. 50–55.

8. Веселов, А. А. Частичная витрэктомия в лечении астероидного гиалоза / А. А. Веселов, Т. Н. Юрьева, С. В. Ликонцева [и др.] // Офтальмология. — 2024. — Т. 21, № 4. — С. 688–694. — DOI: 10.18008/1816-5095-2024-4-688-694.

9. Володин, П. Л. Острая задняя отслойка стекловидного тела / П. Л. Володин, С. И. Белянина // Клиническая офтальмология. — 2022. — Т. 22, № 4. — С. 247–253. — DOI: 10.32364/2311-7729-2022-22-4-247-253.

10. Дворцевой, С. Н. Ультразвуковое исследование при повреждениях глаза (обзор литературы с собственными клиническими наблюдениями) / С. Н. Дворцевой, С. В. Чевычелов, И. С. Обельчак // Вестник Медицинского института непрерывного образования. — 2022. — № 1. — С. 40–43.

11. Егорова, Е. В. Синдром девиации инфузионных потоков: современное состояние вопроса / Е. В. Егорова, И. С. Ребриков // Офтальмохирургия. — 2022. — № 4. — С. 74–84. — DOI: 10.25276/0235-4160-2022-4-74-84.

12. Егорова, Е. В. Первичный задний капсулорексис: исторические аспекты и современное состояние вопроса / Е. В. Егорова, А. О. Диреев // Офтальмохирургия. — 2024. — Т. 2, № 139. — С. 116–123. — DOI: 10.25276/0235-4160-2024-2-116-123.

13. Еричев, В. П. Роль стекловидного тела в патогенезе глаукомы / В. П. Еричев, Р. П. Полева, Х. Р. Хдери // Вестник офтальмологии. — 2021. — Т. 137, № 5(2). — С. 323–330. — DOI: 10.17116/oftalma2021137052323.

14. Исследование периферической пространственной контрастной чувствительности глаз / Е. П. Тарутта, С. Э. Кондратова, С. В. Милаш, Н. А. Тарасова // Российская педиатрическая офтальмология. — 2023. — Т. 18, № 1. — С. 21–27. — DOI: 10.17816/rpoj138658.

15. Казаков, И.С. Современные представления о строении цилиоретинальной зоны / И.С. Казаков, А.В. Золотарев // Вестник медицинского института «Реавиз». – 2019. – № 38. – С. 162-167.

16. Киселева, Т. Н. Анатомо-топографические особенности и

структурные характеристики стекловидного тела / Т. Н. Киселева, Е. К. Елисеева, А. Л. Баталова // Российский офтальмологический журнал. — 2025. — Т. 18, № 4. — С. 178–184. — DOI: 10.21516/2072-0076-2025-18-4-178-184.

17. Кислицына, Н. М. Макромикроскопическое исследование топографической анатомии стекловидного тела / Н. М. Кислицына, А. В. Шацких, С. М. Дибирова [и др.] // Офтальмология. — 2022. — Т. 19, № 1. — С. 123–132. — DOI: 10.18008/1816-5095-2022-1-123-132.

18. Ковалевская, М. А. Контрастная чувствительность и контрастность как критерии утраты качества зрения при некоторых заболеваниях сетчатки / М. А. Ковалевская, О. А. Евдокимова, В. В. Сорокин [и др.] // Современные технологии в офтальмологии. — 2024. — № 1(53). — С. 208–214. — DOI: 10.25276/2312-4911-2024-1-208-214.

19. Колесник, С. В. Удаление внутренней пограничной мембраны при патологии витреомакулярного интерфейса: за и против / С. В. Колесник, А. И. Колесник, А. В. Миридонова [и др.] // Офтальмохирургия. — 2021. — № 3. — С. 83–88. — DOI: 10.25276/0235-4160-2021-3-83-88.

20. Коновалова, К. И. Этапное хирургическое лечение далекозашедшей пролиферативной диабетической ретинопатии и осложнённой начальной катаракты как вариант щадящей хирургии: обоснование, отдалённые результаты / К. И. Коновалова, М. М. Шишкин // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н. И. Пирогова. — 2022. — Т. 17, № S4-2. — С. 19–21. – DOI:10.25881/20728255_2022_17_4_S1_19.

21. Крылова, И. А. Оценка эффективности лазерного витреолизиса плавающих помутнений стекловидного тела / И. А. Крылова // Современные проблемы науки и образования. — 2025. — № 1. — С. 8. — DOI: 10.17513/spno.33854.

22. Кудрявцева, Ю. В. Патогенетические аспекты развития и течения регматогенной отслойки сетчатки на фоне пролиферативной витреоретинопатии. Обзор литературы / Ю. В. Кудрявцева, А. Н. Семёнов //

Офтальмология. — 2023. — Т. 20, № 4. — С. 624–633. — DOI: 10.18008/1816-5095-2023-4-624-633.

23. Малюгин, Б. Э. Оценка метода профилактики девиации ирригационного потока при факоэмульсификации с использованием дисперсивного вискоэластика (Вискоблок) в аспекте состояния витреолентикулярного интерфейса / Б. Э. Малюгин, А. А. Халецкая, О. П. Антонова [и др.] // Офтальмохирургия. — 2023. — № 3S. — С. 5–15. — DOI: 10.25276/0235-4160-2023-3S-5-15.

24. Матющенко, А. Г. Современные представления о структурных и биохимических свойствах стекловидного тела в норме и при увеличении аксиальной длины глаза / А. Г. Матющенко, М. В. Будзинская, Д. В. Петрачков // Вестник офтальмологии. — 2021. — Т. 137, № 4. — С. 110–115. — DOI: 10.17116/oftalma2021137041110.

25. Матющенко, А. Г. Современные представления о структурных и биохимических свойствах стекловидного тела / А. Г. Матющенко, Ю. Аль-Харки // Современные технологии в офтальмологии. — 2024. — № 2(54). — С. 99–100. — DOI: 10.25276/2312-4911-2024-2-99-100.

26. Методы визоконтрастометрии / В.В. Волков, Л.Н. Колесникова, Ю.И. Левкович [и др.] // Физиология человека. – 1983. – Т. 9, № 6. – С. 1030-1035.

27. Молокотин, Е. М. Способ лечения персистирующего макулярного отёка после факовитрэктомии / Е. М. Молокотин, Ю. И. Малахова // Современные технологии в офтальмологии. — 2021. — № 5(40). — С. 57–61.

28. Нероев, В. В. Аберрации оптической системы глаза при миопии различной степени / В. В. Нероев, Е. П. Тарутта, А. Т. Ханджян [и др.] // Вестник офтальмологии. — 2021. — Т. 137, № 5. — С. 14–21. — DOI: 10.17116/oftalma202113705114.

29. Нероев, В. В. Анатомо-оптические параметры и аберрации оптической системы глаза при анизометропической миопии / В. В. Нероев, Е. П. Тарутта, Н. В. Ходжабекян [и др.] // Российский офтальмологический

журнал. — 2023. — Т. 16, № 2. — С. 47–53. — DOI: 10.21516/2072-0076-2023-16-2-47-53.

30. Николаенко, В. П. Клинические особенности и лечение эндофтальмита после хирургии катаракты / В. П. Николаенко, Д. Ф. Белов // Вестник офтальмологии. — 2023. — Т. 139, № 2. — С. 52–60. — DOI: 10.17116/oftalma202313902152.

31. Новик, А.А. Руководство по исследованию качества жизни в медицине / А.А. Новик, Т.И. Ионова ; под редакцией Ю.Л. Шевченко. – Москва : РАЕН, 2021. – 664 с. – Текст : непосредственный.

32. Овечкин, И. Г. Пути совершенствования исследования качества жизни пациента в офтальмологии — мировые тенденции и собственный опыт / И. Г. Овечкин, Н. И. Овечкин, Д. Ф. Покровский [и др.] // Национальный журнал Глаукома. — 2022. — Т. 21, № 3. — С. 58–63. — DOI: 10.53432/2078-4104-2022-21-3-58-63.

33. Панова, И. Г. Антиоксиданты в стекловидном теле глаза плодов человека / И. Г. Панова, Ю. В. Сухова, А. С. Татиколов [и др.] // Известия РАН. Серия биологическая. — 2021. — № 6. — С. 588–593. — DOI: 10.31857/S1026347021050115.

34. Патент № 2006213 Российская Федерация, Способ определения показаний к витрэктомии с экстракцией возрастной катаракты : № 4952906/14 : заявл. 28.06.1991 : опубл. 30.01.1994 / Федоров С.Н., Махачева З.А., Узунян Д.Г. // Google Patents. URL : https://patents.google.com/patent/RU2006213C1/ru (дата обращения: 23.09.2022).

35. Патент № 2028131 Российская Федерация, Способ определения показаний к витрэктомии : № 4952921/14 : заявл. 28.06.1991 : опубл. 09.02.1995 / Махачева З.А., Узунян Д.Г. // Google Patents. URL : https://patents.google.com /patent/RU2028131C1/ru (дата обращения: 23.09.2022).

36. Сакалова, Е. Д. Современные ультразвуковые методы исследования биомеханических свойств хрусталика. Обзор литературы /

Е. Д. Сакалова, И. В. Андреева, Я. М. Аль-Махдар // Офтальмология. — 2021. — Т. 18, № 3S. — С. 688–694. — DOI: 10.18008/1816-5095-2021-3S-688-694.

37. Сдобникова, С.В. Критерии успеха хирургии пролиферативной диабетической ретинопатии / С.В. Сдобникова, Л.Е. Сдобникова, С.Г. Касян // Современные технологии в офтальмологии. – 2020. – № 4(35). – С. 284-285. – DOI 10.25276/2312-4911-2020-4-284-285.

38. Сдобникова, С.В. Целесообразность новой классификации диабетической ретинопатии / С.В. Сдобникова, Л.Е. Сдобникова, Н.А. Троицкая // Современные технологии в офтальмологии. – 2020. – № 4(35). – С. 285-286. – DOI 10.25276/2312-4911-2020-4-285-286.

39. Синг, А.Д. Ультразвуковая диагностика в офтальмологии / А.Д. Синг, Б.К. Хейден. – Москва : МЕДпресс-информ, 2021. – 280 с. – Текст : непосредственный.

40. Сорокин Е.Л. Современные методы исследования в офтальмологии (обзор литературы) / Е.Л. Сорокин, А.А. Филь, А.Г. Таболова // Дальневосточный медицинский журнал. – 2022. – № 3. – С. 119-128. http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2022-3-19.

41. Сорокин, Е. Л. Углубленные методы исследования состояния внутриглазных структур / Е. Л. Сорокин, М. В. Пшеничнов, А. Г. Таболова // Точка зрения. Восток - Запад. – 2022. – № 4. – С. 45-53. – DOI 10.25276/2410-1257-2022-4-45-53. – EDN BBKBZK.

42. Стебнев, С. Д. Возрастные изменения стекловидного тела / С. Д. Стебнев, В. С. Стебнев, И. В. Малов [и др.] // Казанский медицинский журнал. — 2019. — Т. 100, № 1. — С. 170–174. — DOI: 10.17816/KMJ2018-170.

43. Титаренко, Е. М. Современные подходы к хирургии катаракты на основании анализа волнового фронта / Е. М. Титаренко, О. В. Шиловских, Д. И. Иванов, А. Н. Ульянов // Офтальмохирургия. — 2023. — № 1. — С. 90–96. — DOI: 10.25276/0235-4160-2023-1-90-96.

44. Того, Е. С. Изменение пространственно-контрастной чувствительности органа зрения у пациентов с миопией после

кераторефракционной хирургии в раннем послеоперационном периоде / Е. С. Того, Э. В. Бойко, А. Б. Качанов [и др.] // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н. И. Пирогова. — 2025. — Т. 20, № S4. — С. 135–138. — DOI: 10.25881/20728255_2025_20_4_S1_135. — EDN: EAMEJQ.

45. Харлап, С.И. Биометрические соотношения и гемодинамические характеристики сосудистой системы глаза и орбиты в норме и при патологии по результатам современных методов ультразвукового клинического пространственного анализа : специальность 14.00.08 «Глазные болезни» : диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Харлап Сергей Иванович ; ФГБНУ НИИ «Глазных болезней». – Москва. – 2003. – 294 с.

46. Харлап, С. И. Астероидный гиалоз / С. И. Харлап, А. Р. Салихова, Н. В. Мирошник, Л. В. Шерстнева // Вестник офтальмологии. — 2019. — Т. 135, № 5(2). — С. 286–292. — DOI: 10.17116/oftalma2019135052286.

47. Харлап, С.И. Особенности структуры стекловидного тела при астероидном гиалозе / С.И. Харлап, А.Р. Салихова, Н.В. Мирошник [и др.] // Вестник офтальмологии. – 2020. – Т. 136, № 4. – С. 26-36. – DOI 10.17116/oftalma202013604126.

48. Хван, Д. А. Аберрации высшего порядка — выбор оптимальной интраокулярной коррекции при хирургическом лечении катаракты. Обзор литературы / Д. А. Хван, Г. А. Федяшев // Офтальмология. — 2024. — Т. 21, № 1. — С. 51–57. — DOI: 10.18008/1816-5095-2024-1-51-57.

49. Хзарджан, Ю. Ю. Оптимизированная технология YAG-лазерного витреолизиса помутнений стекловидного тела / Ю. Ю. Хзарджан, В. П. Фокин, А. С. Балалин, С. В. Балалин // Офтальмохирургия. — 2021. — № 3. — С. 55–64. — DOI: 10.25276/0235-4160-2021-3-55-64.

50. Шаимова, В. А. ОКТ-ассоциированная визуализация гипорефлективной лакуны в ретролентальном пространстве / В. А. Шаимова, В. Н. Трубилин, Т. С. Дмух [и др.] // Вестник офтальмологии. — 2021. — Т. 137, № 6. — С. 45–52. — DOI: 10.17116/oftalma202113706145.

51. Шаимова, В. А. Самопроизвольный отрыв клапана от тракционного разрыва после лазерной ретинопексии во время острой задней отслойки стекловидного тела / В. А. Шаимова, В. Н. Трубилин, Г. Р. Исламова [и др.] // Офтальмология. — 2022. — Т. 19, № 3. — С. 687–691. — DOI: 10.18008/1816-5095-2022-3-687-691.

52. Шаимова, В. А. Возрастные изменения стекловидного тела / В. А. Шаимова, С. Х. Кучкильдина, Г. Р. Исламова [и др.] // Вестник офтальмологии. — 2023. — Т. 139, № 3. — С. 106–111. — DOI: 10.17116/oftalma2023139031106.

53. Шаимова, В. А. Лазерный витреолизис симптоматических плавающих помутнений стекловидного тела по типу кольца Вейса. Сообщение 1. Ретроспективный анализ / В. А. Шаимова, С. Х. Кучкильдина, Т. Б. Шаимов [и др.] // Офтальмология. — 2025. — Т. 22, № 3. — С. 531–537. — DOI: 10.18008/1816-5095-2025-3-531-537.

54. Шиловских, О. В. Современные подходы к хирургии катаракт с высокой остротой зрения на основании анализа волнового фронта / О. В. Шиловских, Д. И. Иванов, Е. М. Титаренко, А. Н. Ульянов // Офтальмохирургия. — 2023. — № 4. — С. 29–35. — DOI: 10.25276/0235-4160-2023-4-29-35.

55. Шошина, И. И. Контрастная чувствительность зрительной системы в условиях 5-суточной «сухой» иммерсии с курсом высокочастотной электромиостимуляции / И. И. Шошина, И. С. Зеленская, В. Ю. Карпинская, Е. С. Томиловская // Физиология человека. — 2022. — Т. 48, № 2. — С. 42–50. — DOI: 10.31857/S0131164622020138. — EDN: JDSSBW.

56. Юнусова, Э. М. Диаметр оболочек зрительного нерва при хронических миелопролиферативных заболеваниях / Э. М. Юнусова, Т. Р. Мухамадеев, Б. А. Бакиров // РМЖ. Клиническая офтальмология. – 2024. – Т. 24, № 2. – С. 55-59. – DOI 10.32364/2311-7729-2024-24-2-2. – EDN CWNPAR.

57. Adelberg, D.A. Wavefront aberrometry in pseudophakic patients before and after vitrectomy for bothersome floaters / D.A. Adelberg, M.T. Parsons //

Journal of vitreoretinal diseases. – 2025. – Vol. 4. – P. 24-29. – DOI: 10.1177/24741264251333200.

58. Allison, K.L. Asteroid hyalosis and axial length measurement using automated biometry / K.L. Allison, J. Price, L. Odin // J Cataract Refract Surg. – 1991. – Vol. 17, № 2. – P. 181-186. – DOI: 10.1016/s0886-3350(13)80248-9.

59. Ang, R.E.T. Higher-order aberrations and spherical aberration in various age groups after LASIK and cataract surgery / R.E.T. Ang, P.L. Lee, R.S. Torres [et al.] // BMC Ophthalmol. – 2025. – Vol. 25. – P. 271. – DOI: 10.1186/s12886-025-04069-w.

60. Ayalon, A. A journey through the world of vitreous / A. Ayalon, J.A. Sahel, J. Chhablani // Survey of Ophthalmology. – 2024. – Vol. 69, № 6. – P. 957-966. – DOI: 10.1016/j.survophthal.2024.06.004.

61. Ayton, L.N. HOVER International Taskforce. Harmonization of outcomes and vision endpoints in vision restoration trials: Recommendations from the International HOVER Taskforce / L.N. Ayton, J.F. Rizzo 3rd, I.L. Bailey [et al.] // Transl Vis Sci Technol. – 2020. – Vol. 9, № 8. – P. 25. doi: 10.1167/tvst.9.8.25. PMID: 32864194; PMCID: PMC7426586.

62. Bahrami, B. Increasing intraocular lens exchange rates in Australia 2003–2022 / B. Bahrami, C. Macri, A. Esterman [et al.] // Clinical & Experimental Ophthalmology. — 2025. — Vol. 53, № 6. — P. 702–709. — DOI: 10.1111/ceo.14512.

63. Bayraktar, S. A rare association: neovascular glaucoma accompanying anterior chamber synchysis scintillans / S. Bayraktar, A. Acar, M. A. Şekeroğlu // Turkish Journal of Ophthalmology. — 2024. — Vol. 54, № 1. — P. 49–51. — DOI: 10.4274/tjo.galenos.2023.39016.

64. Benson, A. Diseases of the vitreous: a case of ‘monocular asteroid hyalitis’/ A. Benson // Transactions of the Ophthalmological Societies of the United Kingdom. – 1984. – Vol. 14. – P. 101.

65. Bouguer, P. Treatise on optics on the gradation of light / P. Bouguer // Toronto : University of Toronto Press. – 1961. – 265 p. – Text : direct.

66. Chen, B.S. Psychometric validity of the visual function index in Leber hereditary optic neuropathy / B.S. Chen, P. Yu-Wai-Man, M. Horton // Translational Vision Science and Technology. – 2023. – Vol. 12, № 1. – P. 23. – DOI: 10.1167/ tvst.12.1.23.

67. Chen, F. T. Spontaneous closure of myopic macular hole twice without posterior vitreous detachment / F. T. Chen // Retina Cases & Brief Reports. — 2023. — Vol. 17, № 5. — P. 554–556. — DOI: 10.1097/ICB.0000000000001235.

68. Chychko, L. Material analysis of explanted calcified silicone intraocular lenses in association with asteroid hyalosis / L. Chychko, R. Khoramnia, H.S. Son [et al.] // Ophthalmology and Therapy. – 2024. – Vol. 13, № 3. – P. 791-800. – DOI: 10.1007/s40123-023-00872-0.

69. Dong, S. Comparisons of biometric parameters measurements by OPD-SCAN III and Pentacam in cataract / S. Dong, R. Xu, Y. Wang [et al.] // Photodiagnosis and Photodynamic Therapy. – 2024. – Vol. 45. – P. 103911. – DOI: 10.1016/ j.pdpdt.2023.103911.

70. Doshi, S. Asteroid hyalosis prolapse in the anterior chamber after cataract surgery / S. Doshi, A. Pathengay, S. Sane, M. Saldanha // BMJ Case Reports. – 2019. – Vol. 12, № 4 – P. 4-12. – DOI: 10.1136/bcr-2019-230076.

71. Driban, M. Clinical findings in acute posterior vitreous detachment / M. Driban, J. Chhablani // Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology. – 2022. – Vol. 260, № 11. – P. 3465-3469. – DOI: 10.1007/s00417-022-05708-4.

72. Duong, R. Asteroid hyalosis: an update on prevalence, risk factors, emerging clinical impact and management strategies / R. Duong, A. Abou-Samra, J. D. Bogaard, Y. Shildkrot // Clinical Ophthalmology. — 2023. — Vol. 17. — P. 1739–1754. — DOI: 10.2147/OPTH.S389111.

73. Duong, R. Prevalence of asteroid hyalosis and systemic risk factors in United States adults / R. Duong, X. Cai, N. Ambati [et al.] // Eye. — 2023. — Vol. 37, № 8. — P. 1678–1682. — DOI: 10.1038/s41433-022-02214-z.

74. Ebrahimi, F. Effect of polarized sunglasses on visual functions / F.

Ebrahimi, H. Kangari, A. Akbarzadeh-Bagheban, S. Rahmani // International Journal of Ophthalmology. — 2025. — Vol. 18, № 12. — P. 2325–2330. — DOI: 10.18240/ijo.2025.12.14.

75. Elbaz, H. Epidemiologic analysis of asteroid hyalosis and associations: The Gutenberg Health Study / H. Elbaz, A.K. Schuster, S. Nickels [et al.] // Ophthalmology. – 2021. – Vol. 128, № 2. – P. 328-330. – DOI: 10.1016/ j.ophtha. 2020.07.008.

76. Fawzi, A.A. Asteroid hyalosis in an autopsy population: The University of California at Los Angeles (UCLA) experience / A.A. Fawzi, B. Vo, R. Kriwanek [et al.] // Archives of Ophthalmological Research. – 2005. – Vol. 123, № 4. – P. 486-490. – DOI: 10.1001/archopht.123.4.486.

77. Feng, L. Applying deep learning to recognize the properties of vitreous opacity in ophthalmic ultrasound images / L. Feng, Y. Zhang, W. Wei [et al.] // Eye. — 2024. — Vol. 38, № 2. — P. 380–385. — DOI: 10.1038/s41433-023-02705-7.

78. Goh, W.N. The effectiveness of laser vitreolysis for vitreous floaters in posterior vitreous detachment / W.N. Goh, M. Mustapha, S.Z.S. Zakaria, M.C. Bastion // Indian Journal Ophthalmol. – 2022. – Vol. 70, № 8. – P. 3026-3032. – DOI: 10.4103/ ijo.IJO_3198_21.

79. Goldstein, J.E. The NEI VFQ-25C: Calibrating items in the national eye institute visual function questionnaire-25 to enable comparison of outcome measures / J.E. Goldstein, C. Bradley, A.L. Gross [et al.] // Translational Vision Science and Technology. – 2022. – Vol. 11, № 5. – P. 10. – DOI: 10.1167/tvst.11.5.10.

80. Goudot, M. Retinal and vitreous changes associated with spontaneous improvement in myopic macular schisis / M. Goudot, A. Couturier, W. Beaumont [et al.] // Ophthalmology Retina. — 2024. — Vol. 8, № 12. — P. 1192–1199. — DOI: 10.1016/j.oret.2024.06.017.

81. Gros, E.C. Asteroid hyalosis: A mimicker of vitreous hemorrhage on point of care ultrasound. a case report / E.C. Gros, L.R. Mccafferty // POCUS Journal. – 2023. – Vol. 8, № 2. – P. 113-115. – DOI: 10.24908/pocus.v8i2.16391.

82. Gupta, P. Single and multiple visual function impairments and

associated vision-related quality of life impact in older adults aged 60 to 100 years / P. Gupta, T. A. Vu, C. M. J. Wong [et al.] // Investigative Ophthalmology & Visual Science. — 2025. — Vol. 66, № 2. — Art. 18. — DOI: 10.1167/iovs.66.2.18.

83. Gurung, R. L. Connecting the dots: the role of genetics in posterior vitreous detachment / R. L. Gurung, S. Lake, S. Durkin [et al.] // Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology. — 2025. — Vol. 263, № 9. — P. 2475–2483. — DOI: 10.1007/s00417-025-06869-8.

84. Hammer, M. Forward light scattering of the vitreous gel after enzymatic aging: an in vitro model to study vitreous opacification / M. Hammer, M. Muuss, S. Schickhardt [et al.] // Investigative Ophthalmology & Visual Science. – 2024. – Vol. 65, № 3. – P. 36. – DOI: 10.1167/iovs.65.3.36.

85. Han, L. Multimodal imaging of a micro-anatomical structure in the vitreous base / L. Han, Z. Ma // BMC Ophthalmology. — 2023. — Vol. 23, № 1. — Art. 284. — DOI: 10.1186/s12886-023-03029-6.

86. Hastings, G. D. Wide-field optical eye models for emmetropic and myopic eyes / G. D. Hastings, P. Tiruveedhula, A. Roorda // Journal of Vision. — 2024. — Vol. 24, № 7. — Art. 9. — P. 1–26. — DOI: 10.1167/jov.24.7.9.

87. Hatfield, R.E. Asteroid bodies in the vitreous: relationship to diabetes and hypercholesterolemia / R.E. Hatfield, C.F. Gastineau C.F., C.W. Rucker // Proc Staff Meet Mayo Clin. – 1962. – Vol. 37. – P. 513–514.

88. Healy, D. Development and persistence of patient-reported visual problems associated with serotonin reuptake inhibiting antidepressants / D. Healy, D. Mangin, J. Lochhead // International Journal of Risk and Safety in Medicine. — 2022. — Vol. 33, № 1. — P. 37–47. — DOI: 10.3233/JRS-210018.

89. Hruby, K. Slitlamp examination of vitreous and retina / K. Hruby. – Baltimore : Lippincott Williams and Wilkins, 1967. – 89 p. – Text : direct.

90. Hwang, E.S. Confocal reflectance microscopy for mapping collagen fiber organization in the vitreous gel of the eye / E.S. Hwang, D.J. Morgan, J. Sun [et al.] // Biomedical Optics Express. – 2023. – Vol. 14, № 2. – P. 932-944. – DOI: 10.1364/ BOE.480343.

91. Ikeda, Y. Retinitis pigmentosa asso-ciated with asteroid hyalosis / Y. Ikeda, T. Hisatomi, Y. Murakami // Ophthalmology Retina. – 2010. – Vol. 30, № 8. – P. 1278-1281. – DOI: 10.1097/IAE.0b013e3181dcfc0a.

92. Janetos, T. M. The use of multimodal imaging in the evaluation of a patient with central retinal artery occlusion in the setting of asteroid hyalosis: a case report / T. M. Janetos, O. German, R. Mirza // Journal of Medical Case Reports. — 2021. — Vol. 15, № 1. — Art. 145. — DOI: 10.1186/s13256-021-02774-w.

93. Jensen, A. N. Community-based interventions to detect visual impairment in community-dwelling older adults aged ≥ 75 years: a systematic review / A. N. Jensen, B. B. Højsted, V. Eichel [et al.] // BMC Public Health. — 2025. — Vol. 25, № 1. — P. 1913. — DOI: 10.1186/s12889-025-23112-5.

94. Jeyabalan, R. Clinical profile of cataract patients with asteroid hyalosis in a tertiary care centre: a retrospective observational study / R. Jeyabalan, T. Sangeetha, T. Kavya // Journal of Clinical and Diagnostic Research. — 2025. — Vol. 19, № 8. — P. NC01–NC04. — DOI: 10.7860/JCDR/2025/79939/21306.

95. Jones, C. H. Hyalocytes in proliferative vitreo-retinal diseases / C. H. Jones, W. Gui, R. G. Schumann [et al.] // Expert Review of Ophthalmology. — 2022. — Vol. 17, № 4. — P. 263–280. — DOI: 10.1080/17469899.2022.2100764.

96. Kakehashi, A. Variations of posterior vitreous detachment / A. Kakehashi, M. Kado, J. Akiba, H. Hirokawa // British Journal of Ophthalmology. – 1997. – Vol. 81, № 7. – P. 527-532. – DOI: 10.1136/bjo.81.7.527.

97. Kamiya, K. Factors influencing contrast sensitivity function in eyes with mild cataract / K. Kamiya, F. Fujimura, T. Kawamorita [et al.] // Journal of Clinical Medicine. – 2021. – Vol. 10, № 7. – P. 1506. – DOI: 10.3390/jcm10071506.

98. Karunatilake, M. Outcomes of pars plana vitrectomy for visually significant floaters in Northern Alberta / M. Karunatilake, B. Fijardo, E. Michael, R. Somani // International Journal of Retina and Vitreous. — 2025. — Vol. 11, № 1. — P. 54. — DOI: 10.1186/s40942-025-00676-3.

99. Kuzan, B. N. Evaluation of age-related changes in the vitreous using magnetic resonance imaging / B. N. Kuzan, T. Y. Kuzan, O. Buğdaycı // European

Research Journal. — 2023. — Vol. 9, № 1. — P. 66–72. — DOI: 10.18621/eurj.1134577.

100. Lee, Y.J. Laser treatment of silicone intraocular lens opacification associated with asteroid hyalosis / Y.J. Lee, S.B. Han // Taiwan Journal of Ophthalmology. – 2019. – Vol. 9, № 1. – P. 49-52. – DOI: 10.4103/tjo.tjo_65_18.

101. Leong, B.C.S. OCT en face analysis of the posterior vitreous reveals topographic relationships among premacular bursa, prevascular fissures, and cisterns / B.C.S. Leong, S. Fragiotta, T.R. Kaden [et al.] // Ophthalmology Retina. – 2020. – Vol. 4, № 1. – P. 84-89. – DOI: 10.1016/j.oret.2019.09.002.

102. Lu, S. Analysis of risk factors for vitreous hemorrhage and recurrent hemorrhage after vitrectomy in patients with diabetic retinopathy / S. Lu, H. Li, C. Ma, X. Li // BMC Ophthalmology. — 2025. — Vol. 25, № 1. — Art. 274. — DOI: 10.1186/s12886-025-04112-w.

103. Luxenberg, M. Relationship of asteroid hyalosis to diabetes mellitus and plasma lipid levels / M. Luxenberg, D. Sime // American Journal of Ophthalmology. –1969. – Vol. 67, № 3. – P. 406-413. – DOI: 10.1016/0002-9394(69)92056-x.

104. Mahajan, V.N. Zernike coefficients from wavefront curvature data / V.N. Mahajan, E. Acosta // Applied Optics. – 2020. – Vol. 59, № 22. – P. 120-128. – DOI: 10.1364/AO.391958.

105. Marlow, E. Vitrectomy for symptomatic asteroid hyalosis / E. Marlow, T. Hassan, L. Faia, K. Drenser, B. Garretson // Journal of Vitreoretinal Diseases. — 2021. — Vol. 5, № 5. — P. 420–424. — DOI: 10.1177/2474126421998606.

106. Marx, S. The ability of a virtual implantation device to evaluate two intraocular lens designs / S. Marx, O. Kolbe, M. Gerlach, S. Schallhorn, W. Sickenberger // Journal of Refractive Surgery. – 2024. – Vol. 40, № 12. – P. 911-915. – DOI: 10.3928/1081597X-20240923-01.

107. McAnany, J. J. A chart-based test of contrast sensitivity in noise: reference ranges, effects of age and optical abnormality / J. J. McAnany, F. T.

Collison // Clinical & Experimental Optometry. — 2025. — Vol. 108, № 6. — P. 738–743. — DOI: 10.1080/08164622.2024.2402834.

108. Migacz, J. V. Imaging of vitreous cortex hyalocyte dynamics using non-confocal quadrant-detection adaptive optics scanning light ophthalmoscopy in human subjects / J. V. Migacz, O. Otero-Marquez, R. Zhou [et al.] // Biomedical Optics Express. — 2022. — Vol. 13, № 3. — P. 1755–1773. — DOI: 10.1364/BOE.449417.

109. Mishra, D. Vitreous humor: composition, characteristics and implication on intravitreal drug delivery / D. Mishra, S. Gade, K. Glover [et al.] // Current Eye Research. — 2023. — Vol. 48, № 2. — P. 208–218. — DOI: 10.1080/02713683.2022.2119254.

110. Mitchell, P. Asteroid hyalosis in an older population: the Blue Mountains Eye Study / P. Mitchell, M.Y. Wang, J.J. Wang // Ophthalmic Epidemiol. – 2003. – Vol. 10, № 5. – P. 331-335. – DOI: 10.1076/opep.10.5.331.17324.

111. Moller-Lorentzen, T.B. Global prevalence of asteroid hyalosis and projection of its future burden: a systematic review and meta-analysis / T.B. Moller-Lorentzen, C. Eckmann-Hansen, C. Faber [et al.] // Acta Ophthalmologica. – 2020. – Vol. 98, № 8. – P. 755-762. – DOI: 10.1111/aos.14465.

112. Moss, S.E. Asteroid hyalosis in a population: the Beaver Dam eye study / S.E. Moss, R. Klein, B.E. Klein // American Journal of Ophthalmology. – 2001. – Vol. 132, № 1 – P. 70-75. – DOI: 10.1016/s0002-9394(01)00936-9.

113. Nguyen, J. H. Vitreous Floaters Functional Questionnaire for Vision-Degrading Myodesopsia from Vitreous Floaters / J. H. Nguyen, S. K. Boneva, J. Nguyen-Cuu [et al.] // JAMA Ophthalmology. — 2025. — Vol. 143, № 11. — P. 925–931. — DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2025.3369

114. Nixon, T. R. W. Ultrastructural investigation of the posterior hyaloid membrane in posterior vitreous detachment / T. R. W. Nixon, M. J. Hayes, D. Snead, M. P. Snead // Eye. — 2025. — Vol. 39, № 1. — P. 179–184. — DOI: 10.1038/s41433-024-03407-4.

115. Noda, S. Patients with asteroid hyalosis and visible floaters / S. Noda, S. Hayasaka, T. Setogawa // Japanese Journal of Ophthalmology. – 1993. – Vol. 37, № 4. – P. 452-455.

116. Ntatsis, K. Deep learning ocular aberration retrieval from simulated retinal images under straylight / K. Ntatsis, D. Christaras, P. Artal, H. Ginis // Biomedical Optics Express. — 2025. — Vol. 16, № 7. — P. 2709–2718. — DOI: 10.1364/BOE.559749.

117. Ochi, R. Case of asteroid hyalosis that developed severely reduced vision after cataract surgery / R. Ochi, B. Sato, S. Morishita [et al.] // BMC Ophthalmology. – 2017. – Vol. 17, № 1. – P. 68. – DOI: 10.1186/s12886-017-0467-6.

118. Ortega-Usobiaga, J. Phacoemulsification with implantation of a trifocal intraocular lens in eyes with asteroid hyalosis and synchysis scintillans / J. Ortega-Usobiaga, R. Bilbao-Calabuig, F. Gonzalez-Lopez [et al.] // French Journal of Ophthalmology. – 2024. – Vol. 47, № 4. – P. 104-105. – DOI: 10.1016/ j.jfo. 2024. 104105.

119. Paniagua-Diaz, A. M. Light scattering by vitreous of humans with vision degrading myodesopsia from floaters / A. M. Paniagua-Diaz, J. H. Nguyen, P. Artal [et al.] // Investigative Ophthalmology & Visual Science. — 2024. — Vol. 65, № 5. — Art. 20. — DOI: 10.1167/iovs.65.5.20.

120. Patel, P.R. Analysis of posterior vitreous detachment and development of complications using a large database of retina specialists / P.R. Patel, J. Minkowski, O. Dajani [et al.] // Ophthalmology Retina. – 2023. – Vol. 7, № 3. – P. 203-214. – DOI: 10.1016/j.oret.2022.11.009.

121. Patel, S. B. Combined phacoemulsification surgery with multifocal intraocular lens implantation and pars plana vitrectomy for symptomatic vitreous opacities / S. B. Patel, M. E. Snyder, C. D. Riemann [et al.] // Retinal Cases & Brief Reports. — 2021. — Vol. 15, № 6. — P. 724–729. — DOI: 10.1097/ICB.0000000000000873.

122. Perez-Mana, L. Validation of the Spanish version of the Low Vision Quality of Life Questionnaire / L. Perez-Mana, G. Cardona, Y. Pardo-Cladellas [et al.] // Journal of Optometry. – 2022. – Vol. 15, № 3. – P. 199-209. – DOI: 10.1016/ j.optom.2021.01.004.

123. Phillips, J. D. Structure and mechanics of the vitreoretinal interface / J. D. Phillips, E. S. Hwang, D. J. Morgan [et al.] // Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials. — 2022. — Vol. 134. — Art. 105399. — DOI: 10.1016/j.jmbbm.2022.105399.

124. Popescu, S. I. Role of the vitreous in retinal pathology: a narrative review / S. I. Popescu, M. Munteanu, C. Patoni [et al.] // Cureus. — 2023. — Vol. 15, № 8. — Art. e43990. — DOI: 10.7759/cureus.43990.

125. Rabbani, M. A retrospective study of posterior vitreous detachment in patients with non-arteritic anterior ischemic optic neuropathy referred to Rasoul Akram Hospital in 2022–2023 / M. Rabbani, M. S. Sanjari, A. Sadeghi [et al.] // BMC Ophthalmology. — 2025. — Vol. 25, № 1. — Art. 264. — DOI: 10.1186/s12886-025-04099-4.

126. Rainsbury, P.G. Pars plana vitrectomy for posterior surface calcification in a silicone intraocular lens in asteroid hyalosis – a report of mistaken identity? / P.G. Rainsbury, J. Lochhead // Clinical Ophthalmology. – 2014. – Vol. 8. – P. 2239-2241. – DOI: 10.2147/OPTH.S74532.

127. Rani, P.K. Role of OCT angiography in the detection of retinal vascular and macular abnormalities in subjects with asteroid hyalosis / P.K. Rani, R.C. Prajapati // Seminars in Ophthalmology. – 2019. – Vol. 34, № 1. – P. 42-46. – DOI: 10.1080/08820538.2018.1551497.

128. Renschler, A. Complications of foldable intraocular lenses requiring explantation or secondary intervention: 2022 survey with update of long-term trends / A. Renschler, N. Kelkar, K. Eid [et al.] // Journal of Cataract & Refractive Surgery. – 2024. – Vol. 50, № 4. – P. 394-400. – DOI: 10.1097/j.jcrs.0000000000001371.

129. Rodman, H.I. New histopathological and histochemical observations concerning asteroid hyalosis / H.I. Rodman, F.B. Johnson, L.E. Zimmerman //

Archives of Ophthalmological Research. – 1961. – Vol. 66. – P. 552-563. – DOI: 10.1001/ archopht. 1961.00960010554019.

130. Rozegnal-Madej, A. Limbal approach phacovitrectomy to treat cataract with clinically significant asteroid hyalosis-presentation of the technique and preliminary results / A. Rozegnal-Madej, A. Wlaz, T. Zarnowski // Journal of Clinical Medicine. – 2021. – Vol. 10, № 15 – P. 3338. – DOI: 10.3390/jcm10153338.

131. Saeed, O. Asteroid hyalosis migration into the anterior chamber during cataract surgery / O. Saeed, J. Bloom, B. Mihok // Case Reports in Ophthalmology. — 2023. — Vol. 14, № 1. — P. 245–249. — DOI: 10.1159/000529929.

132. Şahli, E. Comparison of quality of life questionnaires in patients with low vision / E. Şahli, S.A. Idil // Turkish Journal of Ophthalmology. – 2021. – Vol. 51, № 2. – P. 83-88. – DOI: 10.4274/tjo.galenos.2020.99975.

133. Sato, T. Impact of asteroid hyalosis on internal higher-order aberrations in eyes with cataract accompanied by acoustic shadows on swept-source optical coherence tomography examination / T. Sato, S. Koh, R. Mori [et al.] // Journal of Cataract & Refractive Surgery. – 2020. – Vol. 46, № 12. – P. 1-4. – DOI: 10.1097/ j.jcrs. 0000000000000303.

134. Saxena, D. Impact of cataract surgery on higher order aberrations and comparative analysis using Scheimpflug imaging and ray-tracing technology / D. Saxena, V. Kanaujia, A. Ranjan [et al.] // Romanian Journal of Ophthalmology. — 2025. — Vol. 69, № 1. — P. 60–67. — DOI: 10.22336/rjo.2025.11.

135. Schaal, L.F. NEI VFQ-25 questionnaire is an excellent option to evaluate the quality of life of Brazilian patients with cataract? / L.F. Schaal, R.L.S.F. Meneghim, A.C.L. Rodrigues [et al.] // Arquivos Brasileiros de Oftalmologia. – 2020. – Vol. 83, № 5. – P. 447-448. – DOI: 10.5935/0004-2749.20200103.

136. Scott, D.A.R. Spotlight on asteroid hyalosis: A clinical perspective / D.A.R. Scott, T.B. Moller-Lorentzen, C. Faber, J. Wied // Clinical Ophthalmology. – 2021. – Vol. 15. – P. 2537-2544. – DOI: 10.2147/OPTH.S272333.

137. Sebag, J. Vision degrading myodesopsia from posterior vitreous detachment floaters / J. Sebag // Journal of Vitreoretinal Diseases. — 2024. — Vol.

8, № 5. — P. 498–499. — DOI: 10.1177/24741264241267072.

138. Senra, H. Personality traits and symptoms of anxiety and depression in patients with primary vitreous floaters / H. Senra, Z. Ali, T. Aslam, N. Patton // Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. — 2024. — Vol. 262, № 10. — P. 3153–3160. — DOI: 10.1007/s00417-024-06477-y.

139. Shah, C.P. Long-term follow-up of efficacy and safety of YAG vitreolysis for symptomatic weiss ring floaters / C.P. Shah, J.S. Heier // Ophthalmic Surgery, Lasers and Imaging Retina. – 2020. – Vol. 51, № 2. – P. 85-88. – DOI: 10.3928/ 23258160-20200129-04.

140. Shaikh, N. Vitreous hemorrhage — causes, diagnosis, and management / N. Shaikh, R. Srishti, A. Khanum [et al.] // Indian Journal of Ophthalmology. — 2023. — Vol. 71, № 1. — P. 28–38. — DOI: 10.4103/ijo.IJO_928_22.

141. Smiddy, W.E. Posterior vitreous detachment: be vigilant! / W.E. Smiddy // Ophthalmology Retina. – 2023. – Vol. 7, № 3. – P. 201-202. – DOI: 10.1016/ j.oret. 2022. 08.015.

142. Snehi, S. Galactic vision: asteroid hyalosis in vitreous with moonlit optic disc / S. Snehi, P. H. Bang, N. Mamtani, K. Singh // BMJ Case Reports. — 2024. — Vol. 17, № 5. — P. e260387. — DOI: 10.1136/bcr-2024-260387.

143. Sood, S. Non-funduscopic slit lamp assessment of the posterior hyaloid membrane: a simpler and more effective way of clinically diagnosing posterior vitreous detachments / S. Sood, T. A. Barra, R. T. Duong [et al.] // Ophthalmology Retina. — 2025. — Vol. 9, № 9. — P. 892–898. — DOI: 10.1016/j.oret.2025.02.027.

144. Spaide, R.F. Imaging the vitreous with a novel boosted optical coherence tomography technique: vitreous degeneration and cisterns / R.F. Spaide, P. Valmaggia, P.M. Maloca // Ophthalmology Retina. – 2022. – Vol. 42, № 8. – P. 1425-1432. – DOI: 10.1097/ IAE.0000000000003500.

145. Tracy, M.S. Asteroid hyalosis in the National Health and Nutrition Examination Survey 2005 to 2008 / M.S. Tracy, M.V. Boland, I. Oke // Ophthalmology Retina. – 2023. – Vol. 7, № 1. – P. 94-96. – DOI:

10.1016/j.oret.2022.08.006.

146. Tran, T. M. Spontaneous separation of epiretinal membrane following acute posterior vitreous detachment captured on OCT: a case report / T. M. Tran, R. Duong, M. Cusick // Case Reports in Ophthalmology. — 2025. — Vol. 16, № 1. — P. 784–790. — DOI: 10.1159/000548674.

147. Uchino, E. Initial stages of posterior vitreous detachment in healthy eyes of older persons evaluated by optical coherence tomography / E. Uchino, A. Uemura, N. Ohba // Archives of Ophthalmological Research. – 2001. – Vol. 119, № 10. – P. 1475-1479. – DOI: 10.1001/archopht.119.10.1475.

148. Ullman, D.I. Pars plana vitrectomy for dystrophic calcification of a silicone intraocular lens in association with asteroid hyalosis / D.I. Ullman, S. Gupta // Journal of Cataract & Refractive Surgery. – 2014. – Vol. 40, № 7. – P. 1228-1231. – DOI: 10.1016/j.jcrs.2014.04.022.

149. Vashist, P. Cataract surgical coverage in Indian population aged 50 years and above / P. Vashist, S. Sarath, V. Gupta [et al.] // Indian Journal of Ophthalmology. — 2025. — Vol. 73, № 3. — P. 347–351. — DOI: 10.4103/IJO.IJO_1398_24.

150. Velentza-Almpani, A. Effects of flow hydrodynamics and eye movements on intraocular drug clearance / A. Velentza-Almpani, N. Ibeanu, T. Liu [et al.] // Pharmaceutics. – 2022. – Vol. 14, № 6. – P. 1267. – DOI: 10.3390/ pharmaceutics14061267.

151. Vinnett, A. Eye disease prevalence and vf-14 validation among patients experiencing homelessness and presenting for ophthalmic examination in Baltimore, Maryland / A. Vinnett, Z. Tariq, J.A. Alvarez [et al.] // Translational Vision Science and Technology. – 2023. – Vol. 12, № 11. – P. 7. – DOI: 10.1167/tvst.12.11.7.

152. Wagle, A.M. Utility values associated with vitreous floaters / A.M. Wagle, W.Y. Lim, T.P. Yap, K. Neelam, K.G. Au Eong // American Journal of Ophthalmology. – 2011. – Vol. 152, № 1. – P. 60-65. – DOI: 10.1016/j.ajo.2011.01.026.

153. Webb, B. F. Prevalence of vitreous floaters in a community sample of smartphone users / B. F. Webb, J. R. Webb, M. C. Schroeder, C. S. North // International Journal of Ophthalmology. — 2013. — Vol. 6, № 3. — P. 402–405. — DOI: 10.3980/j.issn.2222-3959.2013.03.27.

154. Werner, L. 3D X-ray computed tomography in the analyses of intraocular lenses explanted because of postoperative opacification / L. Werner, C. Wallace-Carrete, N. Kelkar [et al.] // Journal of Cataract and Refractive Surgery. — 2024. — Vol. 50, № 9. — P. 970–975. — DOI: 10.1097/j.jcrs.0000000000001519.

155. Wieghofer, P. Hyalocyte origin, structure, and imaging / P. Wieghofer, M. Engelbert, T.Y. Chui [et al.] // Expert Review of Ophthalmology. – 2022. – Vol. 17, № 4. – P. 233-248. – DOI: 10.1080/17469899.2022.2100762.

156. Woudstra-de Jong, J. E. Assessment of patient-reported outcomes in vitreomacular interface disorders: a systematic literature review / J. E. Woudstra-de Jong, J. J. Busschbach, S. S. Manning-Charalampidou [et al.] // Survey of Ophthalmology. — 2025. — Vol. 70, № 4. — P. 685–694. — DOI: 10.1016/j.survophthal.2024.08.004.

157. Wright, A.D. Asteroid hyalosis and photographic diabetic retinopathy screening / A.D. Wright, Y.C. Yang, P.M. Dodson // Diabetic Medicine. – 2010. – Vol. 27, № 9. – P. 1093. – DOI: 10.1111/j.1464-5491.2010.03038.x.

158. Yazar, Z. Asteroid hyalosis / Z. Yazar, S. Hanioglu, G. Karakoç, E. Gursel // European Journal of Ophthalmology. – 2001. – Vol. 11, № 1. – P. 57-61. – DOI: 10.1177/112067210101100111.

159. Ye, V. The unified visual function scale assessments show inter- and intraobserver agreement and correlate with patient quality of life in skull base parasellar tumors / V. Ye, S. Makarenko, P. A. Gooderham, R. Akagami // Journal of Neurological Surgery. Part B: Skull Base. — 2021. — Vol. 83, № 4. — P. 343–349. — DOI: 10.1055/a-1680-1429.

160. Yildirim, T. M. Establishing an objective decision criterion for intraocular lens exchange due to homogeneous calcification: a prospective clinical

analysis / T. M. Yildirim, G. Łabuz, N. Henningsen [et al.] // Eye and Vision. — 2024. — Vol. 11, № 1. — Art. 46. — DOI: 10.1186/s40662-024-00415-z.

161. Yokoyama, S. Increased internal higher-order aberrations as a useful parameter for indication of vitrectomy in three asteroid hyalosis cases / S. Yokoyama, T. Kojima, T. Kaga, K. Ichikawa // BMJ Case Reports. – 2015. – Vol. 23. – P. 21174. – DOI: 10.1136/bcr-2015-211704.

162. Zaher, E. The lack of floater perception in eyes with asteroid hyalosis and its direct implications on laser vitreolysis / E. Zaher, Y. Blumenthal, E. Z. Blumenthal // International Journal of Retina and Vitreous. — 2024. — Vol. 10, № 1. — Art. 80. — DOI: 10.1186/s40942-024-00601-0.

163. Zhang, C. Prevalence and associations of asteroid hyalosis: the Beijing Eye Study / C. Zhang, L. Shao, L. Dong, W. Da Zhou, R.H. Zhang, W.B. Wei // BMC Ophthalmology. – 2022. – Vol. 22, № 1. – P. 360. – DOI: 10.1186/s12886-022-02586-6.

164. Zhou, S. Characteristics and influencing factors of corneal higher-order aberrations in patients with cataract / S. Zhou, X. Chen, J. Ortega-Usobiaga [et al.] // BMC Ophthalmology. – 2023. – Vol. 23, № 1. – P. 313. – DOI: 10.1186/s12886-023-03067-0.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ «А» – адаптированный офтальмологический опросник The Visual Function Index (VF – 14)

«VF-14 Опросник» часто используется для определения уровня функциональных нарушений зрения у пациентов с катарактой.

Пожалуйста, обведите один ответ для каждого вопроса

Ф.И.О. пациента: _____

Образование: _____

Дата: _____

1) Имеются ли у вас затруднения, при чтении мелкого шрифта, например, на этикетках медикаментов или этикеток пищевых продуктов?

4.Нет	3.Незначительные трудности	2.Умеренные трудности	1.Значительные трудности	0.Невозможно выполнить

2) Есть ли у вас какие-либо трудности, читая газету или книгу?

4.Нет	3.Незначительные трудности	2.Умеренные трудности	1.Значительные трудности	0.Невозможно выполнить

3) Есть ли у вас какие-либо трудности при чтении крупномасштабной печати, названий газет, журналов, книг?

4. Нет	3.Незначительные трудности	2.Умеренные трудности	1.Значительные трудности	0.Невозможно выполнить

4) Есть ли у вас какие-либо трудности, при распознавании лиц людей, когда они находятся рядом с вами?

4.Нет	3.Незначительные трудности	2.Умеренные трудности	1.Значительные трудности	0.Невозможно выполнить

5) Есть ли у вас какие-либо трудности, при опознании ступеней, лестниц или бордюров?

4.Нет	3.Незначительные трудности	2.Умеренные трудности	1.Значительные трудности	0.Невозможно выполнить

6) Имеются ли у вас затруднения, при чтении дорожных знаков, рекламных щитов или названий магазинов?

4. Нет	3.Незначительные трудности	2.Умеренные трудности	1.Значительные трудности	0.Невозможно выполнить

7) Имеются ли у вас затруднения, занимаясь тонкой ручной работой, как шитье, вязание, или столярные работы?

4.Нет	3.Незначительные трудности	2.Умеренные трудности	1.Значительные трудности	0.Невозможно выполнить

8) Имеются ли у вас затруднения, при заполнении документов или при разгадывании кроссвордов?

4.Нет	3.Незначительные трудности	2.Умеренные трудности	1.Значительные трудности	0.Невозможно выполнить

9) Имеются ли у вас затруднения при игре в лото, домино, карточные игры?

4.Нет	3.Незначительные трудности	2.Умеренные трудности	1.Значительные трудности	0.Невозможно выполнить

10) Имеются ли у вас затруднения, при опознавании номера маршрута общественного транспорта?

4.Нет	3.Незначительные трудности	2.Умеренные трудности	1.Значительные трудности	0.Невозможно выполнить

11) Имеются ли у вас затруднения, при приготовлении пищи?

4.Нет	3.Незначительные трудности	2.Умеренные трудности	1.Значительные трудности	0.Невозможно выполнить

12) Имеются ли у вас затруднения, при просмотре телевизора?

4.Нет	3.Незначительные трудности	2.Умеренные трудности	1.Значительные трудности	0.Невозможно выполнить

13) В настоящее время управляете ли вы автомобилем?

1. Да	2. Нет

14) Имеются ли у вас затруднения при вождении автомобиля в дневное время из-за зрения?

1. Нет	2.Незначительные затруднения	3. Умеренные затруднения	4. Значительные затруднения

15) Имеются ли у вас затруднения при вождении автомобиля в ночное время из-за зрения?

1. Нет	2.Незначительные затруднения	3. Умеренные затруднения	4. Значительные затруднения

16) Вы управляли автомобилем раньше, но сейчас прекратили?

1. Да	2. Нет

17) Когда вы перестали управлять автомобилем?

1. Менее 6 месяцев назад	2. От 6 до 12 месяцев назад	3. Более 12 месяцев назад

18) Почему вы перестали управлять автомобилем?

1. Плохое зрение	2. Другое заболевание	3. Другая причина

Сумма баллов: _____

Сумма очков	Степень снижения зрения	VF оценка
От 0 до 5	очень серьезное нарушение	0-9
От 6 до 16	тяжелое нарушение	10-29
От 17 до 41	умеренное нарушение	30-74
От 42 до 51	незначительное нарушение	75-92
От 52 до 54	минимальное нарушение	93-98
От 55 до 56	нет нарушения зрения	99-100

Хирургическое лечение катаракты в большинстве случаев может быть отложено ввиду субъективной удовлетворенности зрением

Если очки не улучшают ваше зрение и единственный способ помочь вам лучше видеть это хирургическое лечение катаракты, оцениваете ли вы ваше зрение неудовлетворительным, чтобы сейчас рассмотреть операцию по удалению катаракты?

1) Да я ощущаю, что моё зрение достаточно низко, в связи с чем согласен на оперативное лечение катаракты.

2) Нет, уровень моего зрения не значительно снижен, в связи с чем я не могу согласиться на оперативное лечение катаракты сейчас.