

**АКАДЕМИЯ ПОСТДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-КЛИНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВИДОВ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ И
МЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ФЕДЕРАЛЬНОГО МЕДИКО-
БИОЛОГИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА РОССИИ»**

На правах рукописи

Никитин Владимир Николаевич

**ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ
ДИСЛОКАЦИИ КОМПЛЕКСА
ИНТРАОКУЛЯРНАЯ ЛИНЗА–ФИБРОЗИРОВАННЫЙ
КАПСУЛЬНЫЙ МЕШОК МЕТОДОМ ШОВНОЙ ФИКСАЦИИ
К РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКЕ**

3.1.5 Офтальмология

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель
Доктор медицинских наук
Д.И. Иванов

Москва – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава I ПРОБЛЕМА ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПРИ ДИСЛОКАЦИИ КОМПЛЕКСА ИНТРАОКУЛЯРНАЯ ЛИНЗА–ФИБРОЗИРОВАННЫЙ КАПСУЛЬНЫЙ МЕШОК МЕТОДОМ ШОВНОЙ ФИКСАЦИИ К РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКЕ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ХИРУРГИИ ПЕРЕДНЕГО ОТРЕЗКА ГЛАЗА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	12
1.1 Определение, частота и сроки развития фиброзных изменений капсульного мешка	12
1.2 Этиология фиброзно-пластической трансформации капсульного мешка. Общие и местные предрасполагающие факторы.....	14
1.2.1 Материал интраокулярной линзы	16
1.2.2 Дизайн и профиль края интраокулярной линзы	18
1.2.3 Размер кругового капсулорексиса	21
1.3 Патогенез фибропластической трансформации капсульного мешка	22
1.4 Современные диагностические возможности по определению слабости связочного аппарата и изменений структуры капсульного мешка.....	26
1.5 Технические принципы и особенности инструментального определения положения интраокулярной линзы	28
1.6 Аберрометрия: классификация, методы определения	29
1.7 Методы профилактики возникновения и прогрессирования фиброза капсульного мешка	33
1.8 Современные методы лечения фиброзных изменений капсульного мешка	34
1.8.1 Фиксация комплекса ИОЛ–капсульный мешок к радужной оболочке ...	36

1.8.2 Склеральная фиксация комплекса ИОЛ–капсульный мешок	37
1.9 Резюме	41
Глава II МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	42
2.1 Общая характеристика клинического материала	42
2.2 Основные и вспомогательные методы диагностики	45
2.3. Оборудование, инструментарий и материалы, применяемые во время операций.....	47
2.4. Анестезиологическое пособие	48
2.5 Методы статистической обработки материала	49
Глава III РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	51
3.1 Методы хирургического лечения пациентов с дислокацией комплекса ИОЛ– фиброзированный капсульный мешок.....	51
3.1.1 Тактика 1: подшивание КИфКМ к радужной оболочке на опорной игле	51
3.1.2 Тактика 2: подшивание КИфКМ/ИОЛ к радужной оболочке в сочетании с различными манипуляциями направленными на частичное/полное удаление фиброза капсульного мешка.	53
3.1.3 Техники поддержки КИфКМ.	57
3.1.4 Техники освобождения ИОЛ от фиброзных тканей капсульного мешка	59
3.1.5 Метод склеральной шовной фиксации дислоцированного комплекса ИОЛ-фиброзированный капсульный мешок с погружением узлов в склеральные карманы Хоффмана.....	61
3.2 Клинико-функциональный анализ результатов.....	62
3.2.1 Интраоперационные осложнения и послеоперационное течение в основной группе	67
3.2.2 Интраоперационные осложнения и характер послеоперационного течения в группе сравнения	68

3.3 Показания для предложенных методов с их обоснованием	69
Глава IV РАЗРАБОТКА СОБСТВЕННОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ИНТРАОКУЛЯРНОЙ ЛИНЗЫ ПРИ ПОМОЩИ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ	76
4.1 Оборудование с описанием принципов работы и характеристиками	76
4.2 Метод определения наклона и децентрации интраокулярной линзы при помощи оптической когерентной томографии	78
4.3 Результаты сравнительной оценки положения ИОЛ в исследуемых группах в послеоперационном периоде.....	83
4.4 Результаты сравнительной оценки влияния положения ИОЛ на наличие и выраженность аберраций волнового фронта в послеоперационном периоде	85
4.5 Результаты сравнительной оценки пупиллометрии в исследуемых группах	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	92
ВЫВОДЫ.....	105
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	106
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	107
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	109

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и степень разработанности темы

По данным ВОЗ в структуре слепоты и слабовидения катаракта является основным заболеванием, превосходящим суммарно частоту всех прочих. Развитие технологий за последнее время позволяет рассматривать факоэмульсификацию как прогнозируемое высокоэффективное малоинвазивное вмешательство, предполагающее низкую частоту интраоперационных осложнений и быструю реабилитацию [59, 102, 123, 163, 187, 197].

Успешное завершение хирургического этапа обеспечивает правильное расположение интраокулярной линзы (ИОЛ) за счет центрирования оптики внутри капсульного мешка. В раннем послеоперационном периоде, в течение 1–1,5 мес., происходит смыкание переднего и заднего листков капсулы с образованием капсульного перегиба по краю оптики интраокулярной линзы (ИОЛ), также определенным образом изменяется передняя гиалоидная мембрана, что приводит к формированию новой структуры, которая в дальнейшем рассматривается как единое целое – комплекс ИОЛ-капсульный мешок (КИКМ) [11, 25, 26, 196, 210].

В ряде случаев в отдаленном послеоперационном периоде происходит фиброзно-пластическая трансформация капсульного мешка. Незначительное проявление данного процесса является естественной реакцией соединительной ткани на изменение гомеостаза витреолентикулярного интерфейса связанного с уменьшением объема капсульного мешка и контакта с ИОЛ. Однако у некоторых пациентов данный процесс проявляется патологически избыточно и приводит к снижению прозрачности капсульных листков, с развитием контрактонного рубцевания отверстия капсулорексиса нарушая при этом правильное положение оптики ИОЛ вызывая её наклон и децентрацию, приводя к дислокации всего комплекса ИОЛ-фиброзированный капсульный мешок (КИфКМ). [8, 63, 82, 130, 147].

В клинической практике совокупность симптомов характерных крайней выраженности фиброзного процесса объединяют, используя единый термин «контракционный капсулярный синдром» (ККС). Частота встречаемости фиброзных изменений варьирует от 10 до 58,5%, в сроки от 3-х месяцев до 5 лет после факоэмульсификации [17, 80, 82].

Этиологически развитие ККС является многофакторным [90, 108, 169]. К общим факторам относятся: возраст пациентов, общесоматическое состояние и некоторые хронические заболевания, наличие псевдоэксфолиативного синдрома [3]. Местными факторами, способствующими развитию ККС являются материал ИОЛ, тип и конструкция ИОЛ, размер и форма капсулорексиса [50, 87, 124, 145, 160].

Учет всех факторов риска, однако, не дает гарантии отсутствия фиброзирования капсульного мешка у конкретного пациента. Также на сегодняшний день нет действенных методов профилактики и этиотропного лечения данного состояния [46, 92, 93, 164, 181, 195, 208].

В клинической практике фиброзные изменения капсульного мешка часто сочетаются с нарушением сохранности связочного аппарата. При этом степень выраженности каждого из патологических процессов может варьировать. Общим итогом является нарушение правильного расположения ИОЛ вследствие дислокации комплекса ИОЛ-фиброзированный капсульный мешок (КИФКМ), при сочетании двух механизмов: спонтанная дислокация и фиброз капсульного мешка [12,23, 55].

Существуют два основных направления связанных с хирургическим лечением при дислокации КИФКМ – это шовная фиксация к радужной оболочке [38, 61, 64] и к склере [16, 104, 212]. Оба направления, однако, не предполагают манипуляций с фиброзными тканями капсульного мешка.

Шовная фиксация КИФКМ к радужной оболочке обладает меньшим риском осложнений и повторных дислокаций по сравнению со склеральной фиксацией, а также обеспечивает преимущественно правильное положение ИОЛ и меньший

риск наклона оптики ИОЛ за счет соответствия плоскости радужки и комплекса ИОЛ–капсульный мешок при фиксации [21, 27, 74, 118, 146, 155, 174, 175, 199].

Также метод хирургического лечения при дислокации КИКМ должен обеспечивать не только стабильную фиксацию, но и приближенное к анатомическому положение ИОЛ, т.к. наклон более 3° [41] и децентрация более 400 мкм [89] от зрительной оси снижают качество зрения вызывая оптические aberrации, дефокусировку, астигматизм, не поддающиеся очковой коррекции [2, 19, 20, 77].

Таким образом, на сегодняшний день хирургическое лечение дислокации КИКМ, сочетающее проявления инволюционного разрушения связочного аппарата и фиброзного изменения капсульного мешка различной степени выраженности является актуальной проблемой, связанной с ростом частоты фиброзирования капсульного мешка, отсутствием системного подхода при выборе метода лечения, и высокой инвазивностью некоторых вмешательств, связанных с заменой ИОЛ. Также использование технологии шовной фиксации к радужной оболочке при дислокации КИКМ, осложнённой фиброзом капсульного мешка, требует дифференцированного подхода при выборе метода хирургического лечения в зависимости от проявления патологического процесса.

Цель работы

Разработка дифференцированной тактики хирургического лечения дислокации комплекса ИОЛ-фиброзированный капсульный мешок на основе технологии шовной фиксации к радужной оболочке.

Основные задачи работы:

1. Провести анализ и систематизировать основные диагностические признаки, влияющие на тактику хирургического лечения дислокации КИфКМ.
2. Разработать методы хирургического лечения пациентов с дислокацией КИфКМ с учетом обоснования критериев дифференцированного подхода к тактике оперативного вмешательства.

3. Провести оценку безопасности (по критериям интра и послеоперационных осложнений, плотности эндотелиальных клеток, продолжительности операции) проведения хирургического вмешательства при разработанных методах хирургического лечения пациентов с дислокацией комплекса ИОЛ-фиброзированный капсульный мешок, основанных на подшивании к радужной оболочке КИфКМ без манипуляций на капсульном мешке (Тактика-1) или КИфКМ/ИОЛ в сочетании с различными манипуляциями на капсульном мешке (Тактика-2) по сравнению с традиционным подшиванием к склере.
4. Провести оценку клинической эффективности (по динамике показателей НКОЗ, МКОЗ, ВГД в раннем (5–7 дней) и отдаленном (4–6 лет) послеоперационном периодах) хирургического вмешательства при разработанных методах хирургического лечения пациентов с дислокацией комплекса ИОЛ-фиброзированный капсульный мешок по сравнению с традиционным подшиванием к склере.
5. Разработать на основе оптической когерентной томографии бесконтактный метод определения положения ИОЛ и провести сравнительную (Тактика-1; Тактика-2; подшивание к склере) оценку анатомо-топографических результатов технологии шовной фиксации ИОЛ по разработанным (угол наклона, децентрация) и традиционным (аберрометрия, пупиллометрия) параметрам.

Основные положения, выносимые на защиту диссертационной работы:

1. Разработанная дифференцированная тактика хирургического лечения при дислокации комплекса ИОЛ-фиброзированный капсульный мешок, основанная на дозированном иссечении измененных тканей капсульного мешка, снижающих прозрачность оптических сред и нарушающих внутрикапсульное положение ИОЛ, обеспечивает (на основании 5-летнего наблюдения) достижение требуемого уровня безопасности, высокого клинико-функционального результата, а также оптимального и стабильного положения различных моделей ИОЛ при снижении длительности операции и объема внутриглазных манипуляций.

2. Разработана (на основе данных оптической когерентной томографии) методика определения положения ИОЛ, характеризующаяся принципами объективности, бесконтактности и симметричности, обеспечивающая эффективную оценку анатомо-топографических результатов хирургического вмешательства с позиций угла наклона и децентрации различных моделей ИОЛ.

Научная новизна работы

Впервые в офтальмологической практике предложена дифференцированная тактика хирургического лечения дислокации КИфКМ с различной степенью выраженности капсульного мешка, на основании технологии шовной фиксации к радужной оболочке.

Установлено, что разработанный метод по определению положения ИОЛ при помощи оптической когерентной томографии характеризуется высокой точностью измерения наклона ИОЛ (с шагом измерения 1°) и децентрации ИОЛ (с шагом измерения 1 мкм), универсальностью (применим с различными типами ИОЛ), а также соответствует требованиям воспроизводимости и достоверности.

Определено, что шовная фиксация КИфКМ обеспечивает положение оптики ИОЛ приближенное к анатомическому (наклон оптики ИОЛ сопоставим с наклоном при неосложненной артифакции, децентрация в вертикальном меридиане при фиксации к радужной оболочке на 21,2% меньше, чем при фиксации к склере).

Определено, что меньшая децентрация при шовной фиксации КИфКМ к радужной оболочке обеспечивает снижение среднеквадратичного значения суммарных аберраций на 45% по сравнению со склеральной фиксацией.

Выявлено, что шовная фиксация КИфКМ к радужной оболочке, предлагаемыми методами, позволяет сохранить диафрагмальную функцию зрачка, а также его округлую форму (экскурсия зрачка при фиксации к радужной оболочке 13,3%, экскурсия зрачка при фиксации к склере 11,7%; при норме 21,1% (неосложненная артифакция).

Теоретическая значимость работы заключается в обосновании основных механизмов разработанных методах хирургического лечения пациентов с дислокацией комплекса ИОЛ-фиброзированный капсульный мешок.

Практическая значимость работы заключается в разработке дифференцированной тактики хирургического лечения дислокации КИФКМ с различной выраженностью фиброза капсульного мешка, а также определения показаний для предлагаемых методов шовной фиксации.

Методология и методы исследования

В работе использован комплексный подход к оценке результатов, основанный на применении клинико-функциональных и анатомо-топографических показателей.

Степень достоверности результатов

Степень достоверности результатов исследования основывается на адекватных и апробированных методах сбора клинического материала (222 глаза), а также применения современных методов статистической обработки.

Внедрение работы

Теоретические и практические положения, разработанные в диссертационном исследовании, внедрены в практическую деятельность АО «Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза».

Апробация и публикация материалов исследования

Основные материалы диссертационной работы были доложены и обсуждены на XXVII, XXVIII и XXIX научно-практических конференциях офтальмологов Екатеринбургского центра МНТК «Микрохирургия глаза» (Екатеринбург, 2019, 2020, 2021); XI и XII конференциях по офтальмологии «Восток-Запад - 2022» (Уфа, 2021, 2022); конференции «Белые ночи» (Санкт-Петербург, 2021); 21-ом Всероссийском конгрессе с международным участием «Современные технологии катарактальной роговичной и рефракционной хирургии» (Москва, 2021).

Апробация результатов диссертационного исследования проведена на кафедре офтальмологии Академии постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России (15.06.2022г).

Материалы диссертации представлены в 6 научных работах, в том числе в 6 статьях, опубликованных в определенных ВАК РФ ведущих рецензируемых научных журналах. По теме диссертационной работы получено 2 патента РФ (№ 2740330, № 2472736), одна заявка на патент №2021121464.

Структура диссертации

Диссертация написана на русском языке, состоит из введения, обзора литературы, двух глав собственных исследований, заключения, выводов и списка использованной литературы. Работа изложена на 129 страницах машинописного текста, иллюстрирована 15 таблицами, 23 рисунками. Список литературы включает 212 источников, из них 34 отечественных и 178 зарубежных.

Глава I ПРОБЛЕМА ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПРИ ДИСЛОКАЦИИ КОМПЛЕКСА ИНТРАОКУЛЯРНАЯ ЛИНЗА–ФИБРОЗИРОВАННЫЙ КАПСУЛЬНЫЙ МЕШОК МЕТОДОМ ШОВНОЙ ФИКСАЦИИ К РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКЕ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ХИРУРГИИ ПЕРЕДНЕГО ОТРЕЗКА ГЛАЗА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1 Определение, частота и сроки развития фиброзных изменений капсульного мешка

Фиброзом называют гистологические изменения соединительной ткани, сопровождающиеся рубцовыми процессами. Несмотря на технически безупречное проведение факоэмульсификации, в отдаленном периоде, в ряде случаев, возникают изменения структуры капсульного мешка.

Технология факоэмульсификации в настоящее время стандартизирована и предполагает внутрикапсульную имплантацию ИОЛ после удаления катаракты. Обеспечение правильного анатомического расположения ИОЛ в таком случае происходит за счет формирования единого комплекса ИОЛ–капсульный (КИКМ) [26].

Различная степень выраженности фиброза ткани капсульных листков приводит к уплотнению, снижению прозрачности и контракционному воздействию на весь капсульный мешок. Учитывая, что капсульный мешок образует единый комплекс с ИОЛ, происходит её деформация, дислокация (децентрация и наклон). Это в совокупности приводит к дислокации всего КИКМ вследствие тракционного разрушения цинновой связки.

Впервые комплексное описание указанных симптомов и выделение их в отдельный синдром осуществили S. Hansen и J. Davison в 1993 году,

предложив систематизирующее определение данному осложнению как контракционный капсулярный синдром (ККС) [82, 101].

Клинические проявления описываемого состояния разнообразны и зависят как от выраженности патологического процесса, так и от его локализации.

С анатомической точки зрения фиброзу изменению в капсульной сумке могут подвергаться изолированно как передняя, так и задняя капсула, либо их сочетание.

Вариабельность фиброзного процесса и отсутствие классического стадийного течения, позволяет говорить о вариантах проявления при ККС:

- 1) уплотнение края капсулорексиса в некоторых местах;
- 2) уплотнение всего переднего капсулорексиса в месте контакта с оптикой ИОЛ;
- 3) дополнительно формирование капсульных складок;
- 4) чрезмерный/ассиметричный фиброз в сочетании с эксцентрическим смещением капсулорексиса, фимоз капсулорексиса и сокращение капсулы.

Клинически значимым контракционный капсулярный синдром становится при помутнении передней и/или задней капсулы в оптическом центре, деформации оптики ИОЛ и/или её галтических элементов, наклоне и/или децентрации ИОЛ в капсульном мешке, дислокации комплекса ИОЛ–фиброзированный капсульный мешок.

Lanzl L. с соавт. описывал случаи развития гипотонии у пациентов вследствие развития цилио-хориоидальной отслойки. Данный механизм возможен при развитии контракционного фиброза капсульного мешка и сохранной зонулярной связке, когда тракционное воздействие при фимозе переднего капсулорексиса передается через связочный аппарат на цилиарное тело. По этой же причине, пациентов данной группы часто беспокоят жалобы характерные для цилиарной болезненности [117, 172].

Частота встречаемости контракционного капсулярного синдрома колеблется от 10 до 58,5%. Особенность развития фиброзных изменений капсульного мешка состоит в том, что данные изменения чаще развиваются на

переднем листке капсулы, а затем на заднем. Данное явление объясняется различным гистологическим строением листков капсульного мешка и полиморфизмом клеточного состава эпителиальных клеток на внутренней его поверхности.

Сроки развития фиброзных изменений весьма вариабельны и составляют от 3-х месяцев до 5 лет, по информации некоторых авторов, данное осложнение развивалось спустя 10 лет после факоэмульсификации [17, 115].

Сроки появления первых изменений на передней капсуле колеблются от 1 месяца до 3–6 месяцев после факоэмульсификации, тогда как задняя капсула реагирует спустя 10–22 месяца [47, 111].

В литературе приводятся данные, согласно которым с увеличением срока послеоперационного наблюдения, увеличивается частота встречаемости фиброзных изменений капсульного мешка хрусталика [79].

1.2 Этиология фиброзно-пластической трансформации капсульного мешка. Общие и местные предрасполагающие факторы

По определению, причиной возникновения патологического состояния считается фактор, без которого оно не может возникнуть ни при каких условиях. В таком представлении причина не отождествляется с условиями возникновения. Давыдовский И.В. описывал развитие патологии не только с точки зрения идентификации этиологического фактора, а в совокупном многообразии взаимодействия между этим фактором и живым организмом.

Со стороны организма это взаимодействие состоит в том, чтобы при изменениях условий и влиянии патогенов сохранить гомеостаз внутренней среды. Поэтому процесс фиброза, как разрастание соединительной ткани с появлением рубцовых изменений, является общей реакцией организма и направлен на изолирование пораженного участка ткани от общего кровотока.

Агентами, нарушающими постоянство внутренней среды, могут выступать различные физико-химические, инфекционно-аллергические процессы, травма.

Поэтому, формирование новой анатомической структуры комплекс ИОЛ–капсульный мешок можно рассматривать с точки зрения изменения регуляторных механизмов, поддерживающих физиологическое состояние тканей и свойства клеток капсульного мешка [69, 159].

Контракционный капсулярный синдром в связи с отсутствием единой этиологической первопричины рассматривается как патологический процесс, на развитие и течение, которого большое влияние оказывают сопутствующие условия, являясь, таким образом, многофакторным [90, 108, 169].

Внутренние факторы, предрасполагающие к фиброзу капсульного мешка, условно, можно разделить на общие и местные. К общим относятся: возраст пациентов, общесоматическое состояние и некоторые хронические заболевания, наличие псевдоэксфолиативного синдрома.

Отмечено, что у пациентов среднего возраста (45–59 лет) фиброзирование капсулы встречается чаще, что объясняется высокой регенераторной активностью капсулярного эпителия, тогда как у пациентов старше 60 лет такая вероятность уменьшается в 3 раза [3, 49].

По литературным данным наличие у пациентов сахарного диабета, в сочетании с диабетической ретинопатией, коррелирует с повышенной частотой сокращения переднего капсулорексиса и фиброзом капсульного мешка, по причине слабого гематоофтальмического барьера [50, 114].

Описаны случаи децентрации и наклона ИОЛ у пациентов с пигментным ретинитом по причине выраженного контракционного воздействия на переднюю капсулу [44].

Хронический воспалительный процесс по типу увеита, несмотря на неактивность процесса, также способен увеличивать риск развития фиброзных контрактур капсульного мешка [82].

Некоторыми авторами сообщается о возможном развитии ККС при хронических системных заболеваниях, в том числе миотонической дистрофии, синдроме Марфана [33, 42, 66].

Одним из основных факторов, способствующих развитию фиброза капсульного мешка, является псевдоэксфолиативный синдром, что зачастую приводит к сочетанному механизму дислокации комплекса ИОЛ–фиброзированный капсульный мешок, по причине прогрессирующего разрушения связочного аппарата при данном состоянии [5, 10, 30, 34].

Влияние таких аспектов как тип и конструкция ИОЛ, размер и форма капсулорексиса на развитие ККС можно условно рассматривать как местные предрасполагающие факторы.

Доказанным является различная частота встречаемости ККС в зависимости от материала ИОЛ. Клинически отмечено влияние на активность и степень выраженности фиброза: размера оптической части ИОЛ, профиля её края и конструкции платформы ИОЛ [85, 133, 204].

1.2.1 Материал интраокулярной линзы

Linnolla R. предложил теорию, объясняющую влияние материала ИОЛ на развитие процесса фиброза. Ключевым аспектом, по его мнению, является различная степень сродства эпителиальных клеток, находящихся на внутренней поверхности передней капсулы к гидрофильным или гидрофобным полимерам. Взаимосвязь коллагеновых структур эпителиальных клеток, а также фибронектина и ламинина передней капсулы с поверхностью ИОЛ, приводит к формированию трехслойной «сэндвич-микроструктуры» (Капсула хрусталика – монослой эпителиальных клеток – поверхность ИОЛ). Должная адгезия перечисленных элементов препятствует пролиферации эпителиальных клеток и клеточной трансформации, запускающей процесс фиброза. [124]

Экспериментально выявлены более высокие показатели биоадгезии фибронектина с поверхностью гидрофобного акрила по сравнению с другими материалами, в том числе ПММА. [145]

Linnolla R. с соавт. оценивали сродство фибронектина, ламинина, витронектина и коллагена IV типа (основных белков адгезии) к различным материалам ИОЛ: полиметилметакрилату, силикону, гидрофобному акрилу и гидрогелю. Авторы сделали заключение о формировании более стойких биоактивных связей капсулы хрусталика с поверхностью ИОЛ из гидрофобного акрила, в сравнении с ИОЛ из других материалов [39, 40].

Данная особенность в клинической практике обуславливает более низкую частоту развития помутнения капсулы хрусталика, а также низкую вероятность YAG-лазерной дисцизии вторичной катаракты, у пациентов с ИОЛ из гидрофобного акрила [37, 71, 122].

Bourdiol Ducasse A. с соавторами оценивали частоту случаев лазерной капсулотомии Nd: YAG после внутрикапсульной имплантации монофокальных ИОЛ из различных видов акрила (гидрофильный/гидрофобный – запатентованных материалов AcrySof, Hoya, Akreos) в сроках 2 года. Исследователи, проанализировав данные 300 пациентов, пришли к выводу, что гидрофобный акрил (AcrySof) уменьшает частоту необходимости лазерной капсулотомии в 1,7 раза по сравнению с акрилом (Hoya) и в 3,5 раза по сравнению с гидрофильным акрилом (Akreos) [70].

Laurent G. исследовал группы пациентов с имплантированными гидрофобными ИОЛ (80 человек) и гидрофильными ИОЛ (76 человек) на предмет развития помутнения задней капсулы хрусталика, требовавшей лазерной капсулотомии. По данным автора спустя 18 мес. после операции необходимость капсулотомии потребовалась 4,4% пациентов из группы с имплантированными ранее гидрофобными ИОЛ и 14,6% в группе с гидрофильными ИОЛ. Через 24 мес. данные показатели составили 8,8% и 37,2% соответственно. Таким образом, в сроке наблюдения 2 года, частота развития

значимого помутнения капсулы хрусталика у пациентов с гидрофильными ИОЛ в 4,5 раза превосходила таковую у пациентов с гидрофобными ИОЛ [138].

Особенностью развития помутнения капсулы хрусталика после имплантации гидрофильных акриловых ИОЛ (включая гидрофильные ИОЛ с гидрофобной поверхностью) и ИОЛ из ПММА, является большая степень фиброза, по сравнению с гидрофобным материалом. Это объясняется миграцией эпителиальных клеток из экваториальной области капсульного мешка к его оптическому центру из-за не высокой адгезивной способности материала [158].

Отличительным свойством силиконовых ИОЛ, является эффективное ингибирование помутнения и фиброза капсулы, что не исключает появления кольца Земмеринга, вследствие поздней пролиферации экваториальной порции эпителиальных клеток [169].

При уплотнении и дальнейшем фиброзировании передней капсулы в отдаленном послеоперационном периоде происходит уменьшение размера и площади капсулорексиса. Park T. с соавт. исследовали шестьдесят пять глаз пациентов с артификацией (16 – монолитные акриловые ИОЛ, 26 – трехчастные акриловые ИОЛ, 23 – силиконовые ИОЛ) после факэмульсификации. Дизайн исследования предполагал оценку размера капсулорексиса через 1 день, 1,2,3,6 и 12 мес. после операции. Уменьшение размера капсулорексиса наблюдалось в сроках от 1 дня до 3 месяцев после операции и было наибольшим у пациентов с силиконовыми ИОЛ. В течение всего периода наблюдения существенной разницы по площади капсулотомического отверстия между двумя типами акриловых ИОЛ не было [148].

1.2.2 Дизайн и профиль края интраокулярной линзы

Hayashi K. и Hayashi H. в своих исследованиях показали, что наряду с материалом ИОЛ, большое значение в развитии помутнения как задней, так и передней капсулы имеет дизайн края ИОЛ.

Ряд авторов оценивали влияние края ИОЛ (острого или округлого) на вероятность контрактационного уменьшения площади переднего капсулорексиса, а также помутнения задней капсулы.

Hayashi К. для повышения достоверности использовал метод исследования, который предполагал имплантацию одному пациенту ИОЛ с различной оптической конструкцией края в парные глаза. Результатом анализа клинического материала, полученного при исследовании 331 пациента (662 глаза), явилось отсутствие значительной разницы в процентном уменьшении площади переднего капсулорексиса между пациентами с ИОЛ с закругленным и острым краем.[103] Также отмечена сильная корреляция с вероятностью помутнения задней капсулы у пациентов с ИОЛ имеющая округлый край.

Cheng J. с группой авторов провели систематический обзор и метаанализ оценки эффективности различных материалов интраокулярных линз и конструкции оптических краев в предотвращении помутнения задней капсулы. Анализировались данные 23 рандомизированных контролируемых исследований.

Совокупные различия в риске лазерной капсулотомии, в зависимости от материала составили 24% (от 20%–29%) при сравнении линз из акрила и полиметилметакрилата; при сравнении линз из силикона и ПММА 9% (от 1% – 17%); при сравнении гидрогелевых линз с линзами из ПММА 14% (8% – 36%); при сравнении силиконовых ИОЛ с акриловыми линзами 4% (2% – 10%); при сравнении гидрогеля с акриловыми линзами 19% (8% – 30%); при сравнении гидрогеля с силиконовыми линзами 28% (10% – 46%).

При сравнении дизайна ИОЛ с острым краем и дизайна с закругленными краями различия в совокупном риске необходимости капсулотомии составили 47% (от 17%–77%) для линз из ПММА; 22% для акриловых ИОЛ (от 2%–47%); 9% для силиконовых ИОЛ (0,5%–17%).

Таким образом, авторы делают вывод о том, что линзы из акрила и силикона, а также линзы с острым оптическим краем значимо снижают частоту помутнения задней капсулы и необходимости лазерной капсулотомии [90].

Изучением аспекта предотвращения помутнения задней капсулы за счет барьерного эффекта имплантированной внутрикапсульно ИОЛ занимался коллектив авторов под руководством Peng Q. Проводя морфологический анализ гистологических срезов 150 глаз были выделены 2 основные категории строения комплексов ИОЛ–капсульный мешок. Первая – такие КИКМ, в которых хрусталиковые клетки в экваториальной части капсульного мешка отсутствовали или имелись в минимальном количестве и вторая – КИКМ, в которых хрусталиковый материал образовывал экваториальное кольцо Земмеринга.

Первый тип строения наблюдался чаще при имплантации ИОЛ с классической двояковыпуклой оптикой и округлым краем. Напротив, ИОЛ с усеченной оптикой и квадратным относительно толстым краем давали эффект барьера для миграции клеток от центра к периферии и их дальнейшей пролиферации. Также у данного типа КИКМ отсутствовали хрусталиковые клетки на задней капсуле, по всей площади контакта с оптикой ИОЛ. Данная особенность объясняется более плотным капсулярным контактом с квадратным краем ИОЛ, как на стороне передней капсулы, так и со стороны заднего листка – образуя двойной барьер [179].

При внутрикапсульном положении ИОЛ в капсульном мешке находятся не только оптическая часть линзы, но и ее опорные гаптические элементы.

Поэтому ряд авторов сообщает о влиянии конфигурации ИОЛ на вероятность развития ККС. Определенное значение имеют платформа ИОЛ (монолитная или трехчастная), наличие оптико-гаптической ангуляции, ширина оптико-гаптического перехода. Так монолитные ИОЛ без ангуляции гаптических элементов чаще приводят к развитию помутнения и фиброзу задней капсулы в сравнении с трехчастными моделями ИОЛ имеющими ангуляцию [153, 160, 72, 176, 186].

Имеются данные о влиянии конфигурации ИОЛ на вероятность развития ККС. Choi M., исследовав 236 глаз у 202 пациентов, пришел к заключению, что ИОЛ с двумя гаптическими элементами в случае слабости связочного аппарата чаще приводит к контрактационному уменьшению диаметра переднего

капсулорексиса и фиброзированию передней капсулы по сравнению с моделями ИОЛ имеющие 4 гаптических элемента.

Так в сроках наблюдения от 1 недели до 2 месяцев размер капсулотомического отверстия у пациентов с ИОЛ, имеющей 2 гаптических элемента (Ophtec Precizon, монофокальная гидрофильная ИОЛ) уменьшился на $3,53 \pm 3,31$ мм ($17,06\% \pm 15,99\%$), а у пациентов имеющих четырехгаптическую ИОЛ (Microflex, Lucid Korea монофокальная гидрофильная ИОЛ) уменьшение произошло на $0,62 \pm 1,32$ мм ($2,87\% \pm 6,03\%$). Choi. М таким образом показал, что равномерная поддержка зонулярной связки обусловленная правильным распределением усилий по натяжению капсульного мешка интраокулярной линзой может играть роль в стабильности передней капсулы и капсульного мешка в целом [87].

Группа авторов во главе с Joseph M., сравнивая частоту помутнения задней капсулы у пациентов с имплантированными ранее ИОЛ: Natural SN60AT (монофокальная сферическая группа) или IQ SN60WF (монофокальная асферическая группа), исследовали по 75 человек в каждой из групп со сроком наблюдения 1,5–2 года и выяснили, что помутнение задней капсулы в группе монофокальной асферической формы развилось в 14,7%, а в группе монофокальной сферической формы в 28,0% [73].

Также отмечено влияние размера оптической части ИОЛ на частоту помутнения задней капсулы. Так при сравнении, в сроке наблюдения 1 год, вероятность помутнения капсулы у пациентов с диаметром оптики 5,5 мм составляет 6,9%, а у пациентов с диаметром оптики 6 мм – 1,5% [88].

1.2.3 Размер кругового капсулорексиса

Техника непрерывной циркулярной капсулотомии, разработанная в 1984 году Gimbel H. и Neuhann T. имеет ряд отличительных преимуществ:

- ровный край капсулорексиса, за счет чего происходит снижение риска радиализации, а также равномерное распределение нагрузки на цинновую связку [99];
- стабильное положение и долгосрочная центрация ИОЛ [23];
- внутрикапсульное положение ИОЛ создает барьер для миграции эпителиальных клеток, уменьшая частоту помутнения задней капсулы [184].

Однако некоторые авторы связывают увеличение частоты ККС именно с переходом к непрерывному круговому капсулорексису. Объясняя это контактом края капсулорексиса с поверхностью ИОЛ [130, 137].

Поэтому отмечается большое влияние размера капсулорексиса на вероятность контрактного капсулярного синдрома. Так при его диаметре менее 5,0 мм образуется большая площадь контакта передней капсулы и оптики ИОЛ, что способствует развитию фиброзных и контрактных изменений [29].

Определенное значение для стабильного внутрикапсульного положения ИОЛ и создания «барьер-эффекта» имеет правильная округлая форма капсулорексиса, а также его центральное расположение [162].

1.3 Патогенез фибропластической трансформации капсульного мешка

Эпителий хрусталика – это слой клеток, находящихся на внутренней поверхности капсулы хрусталика, основными функциями которых являются трофическая, барьерная и камбиальная. Капсула является базальной мембраной для данных клеток.

По морфологической классификации данные клетки относятся к эпителиальным клеткам сквамозного типа. Особенностью однослойного плоского эпителия, выстилающего внутреннюю поверхность капсульной сумки, является топографическая неравномерность его распределения и различная морфология. Основная часть эпителия, расположенного на внутренней

поверхности передней капсулы, представляет уплощенные клетки, плотно прилегающие друг к другу. К экватору происходит уменьшение размера клеток, а также увеличение их высоты до призматического. Экваториальная зона является «ростковой» для формирования хрусталиковых волокон.

Ограничение миграции эпителия, вследствие замкнутой анатомической структуры капсульного мешка, приводит к образованию двух субпопуляций, выполняющих в норме разные функции.

Центральную субпопуляцию клеток, находящуюся центрально на внутренней поверхности переднего листка капсулы, принято называть «А-клетки», а экваториальную «Е – клетки».

Основные отличия данных субпопуляций в том, что А-клетки могут подвергаться миофибробластической трансдифференцировке, тогда как Е-клетки имеют тенденцию к миграции на заднюю капсулу с дальнейшей пролиферацией [111, 46].

Эпителиально-мезенхимальное взаимодействие в норме регулируется по паракринному типу между эпителием и стромальными фибробластами и значительно нарушается в процессе развития фиброза.

Клеточным механизмом, запускающим каскад фиброзного процесса капсульного мешка является потеря дифферона эпителиоцитов с трансформацией в клетки веретенообразной формы, содержащими повышенное количество гладкомышечного α -актина, а также потерей эпителиальных маркеров (цитокератин, Е-катгерин) [195].

Одновременно происходит экспрессия транскрипционных факторов (Snai1, Snai2 и Twist).

Потеря основных комплексов клеточной адгезии, находящихся в клеточной стенке эпителиоцитов (цитокератин, Е-катгерин), приводит к потере апикально-базальной полярности и изменению фенотипа [205].

Данные изменения описаны в литературе как эпителиально-мезенхимальная трансформация (ЭМТ). Биохимическая обоснование клеточной пластичности было описано позже, чем изучение фенотипа эпителиальных

клеток, поэтому в литературе встречается различная терминология, искажающая истинный смысл процессов [140]. Так термин, трансформация, в основном используется в онкологии, описывая механизм, в процессе которого опухолевая клетка отделяется от эпителиального пласта и приобретает подвижность [112, 136, 171]. Термины дифференцировка или трансдифференцировка, классически используются в литературе при описании процесса превращения одних дифференцированных клеток в другие. Однако, до конца не ясно, являются ли фибробласты средней остановленной формой дифференцировки, либо ее конечным этапом, поэтому, употребление данных терминов не совсем точно [93]. Наиболее правильным является понятие эпителиально-мезенхимального перехода (ЭМП).

Общий принцип ЭМП заключается в дезагрегации эпителиальных клеток с изменением их формы и появлением возможности к миграции.

ЭМП инициируется комбинацией цитокинов связанных с разрушением мембран, на которых расположен эпителий (металлопротеиназы, ингибиторы сборки мембран) [164, 165, 208].

Локальная экспрессия факторов роста (TGF- β , EGF, IGF-II или FGF-2) способствует индукции ЭМП за счет связывания с рецепторами эпителиальных клеток и опосредованной лиганд-индуцированной активации внутриклеточных ферментов [189, 168].

Эпителиальные клетки, подвергшиеся ЭМП, получают способность к синтезу белков внеклеточного матрикса (коллагена I, IV типа; фибронектина). Накопление указанных белковых структур приводит к формированию напластований на поверхности капсулы в виде бляшек [92, 181, 190].

Taddei M. и соавт. указывают на то, что ЭМП происходит по причине активации основных факторов транскрипции (TWIST1, Snai, Slug, ZEB 1/2). Как следствие, происходит разрыв межклеточных соединений из-за протеолиза катгеринов [177, 135].

Ряд авторов связывает ЭМП с аберрантной передачей сигналов различными трансформирующими факторами роста (трансформирующий

фактор роста бета (TGF β), эпидермальный фактор роста (EGF), фактор роста фибробластов (FGF), инсулиноподобный фактор роста (IGF-II), фактор роста гепатоцитов (HGF) и Notch).[78, 98, 131, 173]

Отмечается большое влияние трансформирующего фактора роста бета (TGF β) на процесс перестройки и дальнейшего фиброза капсулы хрусталика [91, 144, 182, 188].

TGF β индуцирует экспрессию α -актина гладких мышц (α SMA), фибронектина, коллагена и снижает экспрессию виментина, Snai, и E-кадгерина [120, 211].

При переходе эпителиальной клетки в фибробласты меняется белковый состав клеток. Фундаментальное изменение белкового состава, сопровождающего эпителиально мезенхимальный переход, называют протеомом.

В результате ЭМП из хрусталикового эпителия образуются интерстициальные фибробласты [93]. Традиционно считается, что фибробласты представляют собой тип клеток с ограниченным полиморфизмом (форма, структура цитоскелета, секреция интерстициальных коллагенов, подвижность).

Однако гипотеза ЭМП оспаривает данное понятие, так как исследования показывают, что фибробласты способны не только к фенотипической изменчивости [161], но и имеют биохимические различия, а также по-разному реагируют на цитокины [57, 97]. Оценка транскриптома фибробластов указывает на топографическую дифференциацию и гетерогенность [84].

Таким образом, очевидна роль ЭМП, при повреждении тканей, приводящего к фиброзному процессу (отложение коллагенов, эластина, тенацина и других молекул межклеточного матрикса).

Экваториальные эпителиальные клетки, которые не подвергаются ЭМП способны формировать вещество хрусталика в виде волокон, что приводит к появлению в экваторе капсульного мешка кольцевидного образования, называемого «кольцо Soemmering», в свою очередь эпителиальные клетки,

мигрировавшие на заднюю капсулу, образуют шаровидные структуры «шары Эльшнига» [201].

Таким образом, ЭМП изначально являясь механизмом, способствующим восстановлению локального повреждения за счет формирования миофибробластов на определенном этапе, становится избыточным и патологическим [100].

В сравнительном исследовании структуры фиброзно измененных и интактных участков капсульного мешка при помощи спектрометрии обнаружено повышенное содержание в фиброзной ткани серы и фосфора. Накопление данных элементов свидетельствует о высокой регенераторной активности. С.Э. Аветисов с соавт. данный процесс формирования фиброзной ткани обозначили как субституция, по причине неполноценности формирования и отличия от исходной ткани хрусталика [18].

1.4 Современные диагностические возможности по определению слабости связочного аппарата и изменений структуры капсульного мешка

На сегодняшний день существуют различные классификации дислокаций КИКМ, используемые для определения степени выраженности и тяжести данного состояния [1,83]

Поскольку система классификации должна быть связана с предполагаемой хирургической тактикой, то градация только по топографическому положению КИКМ малоинформативна.

Кроме учета степени разрушения зонулярной связки нужно иметь в виду важные особенности структуры комплекса ИОЛ-капсульный мешок. Следует отметить, что КИКМ больше по размеру и массе чем ИОЛ, имеет определенную архитектуру, и может содержать внутрикапсульное кольцо с определенным

количеством экваториальных хрусталиковых масс (Кольцо Земмеринга), а также различную степень фиброзирования капсульных листков.

В клинической практике часто, без дополнительных методов исследования, не удастся точно определить истинное состояние связочного аппарата хрусталика [58].

При биомикроскопии переднего отрезка глаза возможно лишь выявить некоторую слабость цинновой связки при имеющемся иридофакоденезе [22].

При более обширных дефектах необходимо проводить оценку топографии КИКМ при положении пациента сидя за щелевой лампой, а также в положении пациента, лежа на спине, так как при сохранности верхних порций связки в вертикальном положении может создаться впечатление о правильном положении комплекса. Однако, при переводе пациента в горизонтальное положение, выявляется выраженное смещение ИОЛ, вплоть до фронтального наклона в средние слои гиалоида. Также необходим достаточный мириаза, для возможности визуализации капсульных листков, с целью оценки снижения их прозрачности, наличия уплотнения и степени фиброза капсульных листков [62]. При наличии ПЭС, и возможных задних синехиях, получить достаточный мириаза не представляется возможным. В таком случае наиболее информативным и универсальным методом оценки состояния связочного аппарата и уплотнения капсульных листков является УБМ.

Метод УБМ позволяет наглядно оценить признаки нарушения положения КИКМ, выраженность наклона и децентрации, а с учетом природы ультразвука не зависит от прозрачности сред и способен дать изображение всего переднего отрезка глаза. За счет чего дает возможность проследить анатомо-топографические взаимодействия с соседними структурами (радужная оболочка, отростки цилиарного тела, передняя гиалоидная мембрана). Использование свойства ультразвука по определению акустической плотности ткани дает сведения о структуре капсульного мешка, наличии контрактур, размере задних синехий, а также о размере и протяженности экваториального кольца Земмеринга. При оценке наличия признаков УБМ, свойственных фиброзным

изменениям (увеличение толщины КИКМ, увеличение акустической плотности капсульных листков, фронтальный наклон с изменением профиля радужки) и степени разрушения связочного аппарата и его протяженности, позволяет определить преобладающий механизм дислокации КИКМ [25,83].

1.5 Технические принципы и особенности инструментального определения положения интраокулярной линзы

Особенностью процесса фиброзирования капсульного мешка является отсутствие классической стадийности, когда патологический процесс переходит последовательно из одной стадии в другую. Так фиброзирование может закончиться на этапе формирования уплотнения передней капсулы по всей окружности капсулорексиса, а может дойти до контракционного капсулярного синдрома с фиброзированием всего капсульного мешка, вплоть до отрыва не изменённых порций зонулярной связки. Поэтому, несмотря на проведенную репозицию и фиксацию дислоцированного комплекса, нет полной уверенности, что в отдаленном периоде не произойдет его повторное смещение за счет возможного прогрессирования фиброза капсульного мешка, а также увеличения хрусталиковых масс кольца Земмеринга.

В литературе при описании нарушения положения ИОЛ рассматриваются наклон оптики ИОЛ и её децентрация. Наклон и децентрация являются основными параметрами для оценки и сравнения при рассмотрении правильного положения ИОЛ. При дислокации ИОЛ происходит снижение качества зрения: появляется индуцированный внутренний астигматизм, дефокусировка, снижение контрастности, увеличение внутренних aberrации волнового фронта [77]. Поэтому точное измерение данных параметров имеет решающее значение для оценки влияния на зрительные функции.

На сегодняшний день имеются различные приборы, позволяющие определять параметры положения ИОЛ. Работа данных устройств базируется на

определенных принципах и алгоритмах, однако основные их различия состоят в использовании отличных друг от друга опорных осей (ось плоскости зрачка/ зрительная ось/ оптическая ось). Осью константой в данном случае будет являться линия, относительно которой происходит измерение всех других параметров наклона и децентрации. Поэтому, сравнивать данные, полученные на различных приборах некорректно.

При контрактном капсулярном синдроме, в большей степени происходит нарушение привычных анатомических взаимоотношений структур переднего отрезка глаза. Фиброз капсульного мешка приводит к выраженному фронтальному наклону ИОЛ, с контактом к радужной оболочке и в некоторых случаях к изменению ее профиля (Рисунок 1). Поэтому, использование плоскости радужки как оси константы в данном случае не корректно и имеет низкую достоверность при определении параметров наклона и децентрации.

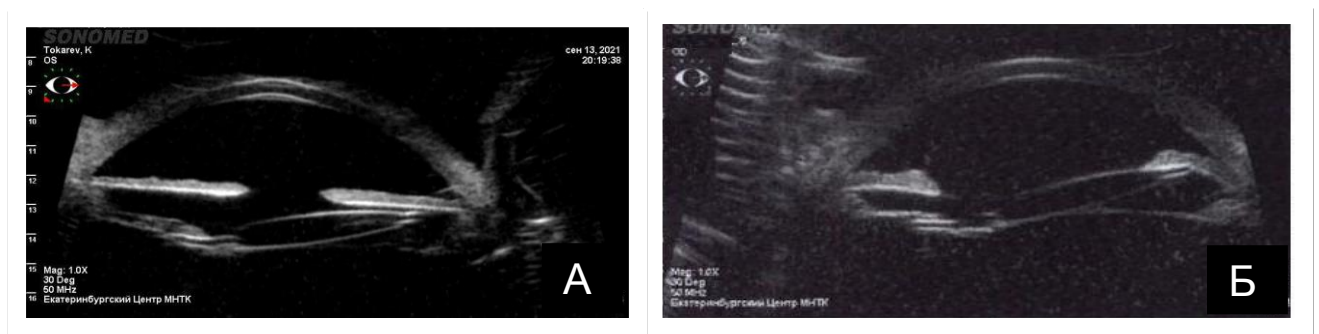


Рисунок 1 - Фронтальный наклон КИФКМ при контрактном капсулярном синдроме без изменения (А) и с изменением (Б) профиля радужной оболочки

1.6 Аберрометрия: классификация, методы определения

Достигая определенного анатомического положения ИОЛ после её фиксации и оценивая результаты хирургического лечения при использовании определенного метода, врач также должен учитывать такие важные элементы как контрастная чувствительность, глубина фокуса при зрении вдаль/вблизи, различные фотические феномены при разном уровне освещения, являющиеся

показателями качества зрительных функций [105]. Оптические aberrации, возникающие при нарушении правильного положения ИОЛ, негативно влияют на зрительные функции.

Аберрация – это любое угловое отклонение узкого параллельного пучка света от точки идеального пересечения с сетчаткой в центре фовеолы при его прохождении через всю оптическую систему глаза [65]. Другими словами, оптическая aberrация возникает в результате искажения изображения, когда лучи света не подчиняются законам, описывающим идеальные оптические системы.

Глаз человека не является безупречным с точки зрения оптики и даже при остроте зрения 1,0 на сетчатке может формироваться более крупное и ассиметричное изображение, вызванное различным диаметром зрачка [142]. С увеличением размера зрачка растет количество aberrаций.

Также особенностью строения глаза с точки зрения оптической системы является:

- несовпадение оптической и зрительной оси («угол альфа» около 5 градусов);
- наклон и децентрация оптических центров роговицы и хрусталика;
- подвижность глаза, изменение размера зрачка связанного с различным уровнем освещения и аккомодацией, а также изменение положения центра зрачка, сопровождающее эти явления.

При прохождении идеального сферического волнового фронта через такую несовершенную оптическую систему происходит его изменение.

Волновая aberrация — это разница между сферическим волновым фронтом и реальным волновым фронтом. Сравнение параметров этих волн как правило осуществляется на уровне зрачка. Если реальный волновой фронт опережает идеальный, волновая aberrация считается положительной, в противном случае – отрицательной [52]. Волновые aberrации являются небольшими величинами и обычно выражаются в микрометрах.

Чтобы стандартизировать и иметь возможность сравнивать различные aberrации волнового фронта, принято представлять их в виде ряда математических полиномиальных функций разных порядков. Наиболее часто используют полиномиальные ряды Цернике и Тейлора [53].

Интегральной количественной характеристикой погрешностей оптической системы является RMS (Root mean square) – среднеквадратичное значение aberrаций, показывающее отклонение реального волнового фронта от идеального. Данный параметр включает в себя все aberrации глаза и позволяет оценить их тяжесть [76].

Основные aberrации глаза подразделяются на aberrации низшего порядка (дефокус, регулярный астигматизм) и aberrации высшего порядка (сферическая aberrация, искажение, кома, косой астигматизм, другие aberrации высшего порядка), а также на монохроматические и хроматические aberrации [52].

Aberrации низшего порядка (дальнозоркость, миопия и обычный астигматизм) можно исправить при помощи очковой/контактной коррекции. Тогда как расфокусировка, размытие изображения, снижение контрастности, возникающие при aberrациях высшего порядка, не поддаются традиционной коррекции [128].

Высокое качество оптической системы возможно, если коэффициенты Цернике близки к нулю, а среднеквадратичное значение ошибок волнового фронта меньше $1/14$ длины волны [128].

Несмотря на исторические знания о влиянии aberrаций высшего порядка, с XIX века длительное время отсутствовала инструментальная возможность измерения данной погрешности оптической системы, и только начиная с 1990 года появились датчики, способные оценивать данные параметры [52].

На сегодняшний день существуют точные анализаторы волнового фронта, основанные на разных принципах [1].

Первый принцип — это анализ ретинального изображения (retinal imaging aberrometry), получаемого при проецировании лазерных лучей различной длины волны на сетчатку, которые проходят через все оптические среды глаза,

и в дальнейшем обрабатывается и анализируется компьютером. На данном принципе основана работа aberрометра Allegro Analyzer, а также aberрометр iTrace [156, 157].

Второй принцип – анализ отраженных от сетчатки лучей (out going refraction aberrometry), которые пройдя через все среды глаза, воспринимаются специальной матрицей, разделяющей лучи на подвергшиеся абберрации и неизменные. Дальнейшая обработка полученных данных позволяет строить карты абберраций. На данном принципе работают KP-9000 PW (Topcon), Zywave (Bausch&Lomb), Wasca-CR (Carl Zeiss), Ladarwave (Alcon) [185].

Третий принцип (Ingoing Adjustable Refractometry) основан на анализе необходимой корректировки попадающего на глазное дно светового пучка, положение которого сравнивается с контрольным лучом. Степень абберрации в данном случае оценивается как угловая разница между двумя этими лучами [60]. Данный принцип применяется в некоторых моделях ручных aberрометров.

Четвертый принцип основан на скиаскопии, совмещенной с возможностью её оценки при различных угловых положениях, за счет имеющейся камеры подобной Шеймпфлюгу [126]. По этому принципу работает aberрометр OPD-Scan III (Nidek).

С учетом вышеизложенного представляется актуальным оценка результата хирургического лечения с точки зрения влияния положения ИОЛ (наклон и децентрация) на внутренние абберрации, что позволит рассматривать эффективность конкретного метода лечения не только с позиции анатомического восстановления и стабильности положения, но и на более высоком уровне, определяющем качество зрения.

1.7 Методы профилактики возникновения и прогрессирования фиброза капсульного мешка

Патогенетическим субстратом эпителиально-мезенхимального перехода являются эпителиальные клетки, находящиеся на внутренней поверхности передней капсулы. По данным Sacu S. полировка передней капсулы по типу «пилинга» во время проведения факоэмульсификации уменьшает вероятность развития фиброзных осложнений со стороны капсульного мешка на 52%. Исследование включало 104 глаза, в которые были имплантированы одинаковые типы ИОЛ в парные глаза, отличием являлось выполнение на одном из глаз полировки передней капсулы. Так в сроке наблюдения 4 года, в группе, где не производился пилинг эпителиальных клеток, фиброзные изменения развились в 26% случаев, в группе с полировкой передней капсулы в 17% случаев [86]. Однако, тщательное удаление эпителиальных клеток в некоторых случаях может приводить к уменьшению адгезии передней капсулы с поверхностью ИОЛ, что является причиной ротаторной нестабильности ИОЛ в раннем послеоперационном периоде.

Использование внутрикапсульных колец (ВКК) позволяет равномерно распределить нагрузку на экватор капсульного мешка и увеличить адгезию капсульных листков к передней и задней поверхности ИОЛ. Несмотря на этот факт, данные по снижению вероятности фиброзных осложнений со стороны капсульного мешка при имплантации ВКК противоречивы. Также имплантация данных колец не исключает в отдаленном периоде риск спонтанных дислокаций блока «капсульный мешок – ИОЛ – внутрикапсульное кольцо» в стекловидное тело [14, 15, 116].

Для профилактики фимоза капсулорексиса и фиброзных изменений капсульного мешка, в целом, предлагается использование послабляющих насечек на передней капсуле. Данная манипуляция может быть выполнена как первично, во время факоэмульсификации, так и в отдаленном

послеоперационном периоде при помощи YAG-лазерного воздействия [24, 48, 154]. Однако повсеместное выполнение данной манипуляции может привести к ряду осложнений, связанных с выпадением стекловидного тела при радиализации капсулорексиса во время первичной хирургии. В свою очередь, YAG-лазерное воздействие в редких случаях может привести к повреждению ИОЛ, транзиторному повышению ВГД, развитию кистозной макулопатии, отслойке сетчатки [56].

1.8 Современные методы лечения фиброзных изменений капсульного мешка

При лечении осложнений, связанных с фиброзным изменением капсульного мешка, применяют лазерные и хирургические методы лечения, а также их сочетания. Применение определенного метода лечения зависит от локализации и интенсивности фиброзных изменений.

Лазерные методы лечения используют при умеренном проявлении фиброза капсульного мешка без признаков фимоза капсулорексиса и контракции капсульного мешка. Общепринятым является метод устранения уплотнения и фиброза задней капсулы при помощи YAG-дисцизии.

Лазерная капсулотомия принята в качестве стандартного лечения при помутнении задней капсулы [96, 139, 203].

С выходом нового поколения лазерных установок с возможностью фемтосекундного воздействия появляются публикации о лечении контрактонных изменений переднего капсулорексиса при помощи данного лазерного воздействия [45, 106].

Выбор в пользу хирургического подхода в лечении данного осложнения принимается при далекозашедших вариантах фиброза, классическом проявлении ККС в сочетании с дислокацией ИОЛ.

Принятие решения о выборе метода хирургического лечения зависит от многих факторов: наличия и степени дислокации КИКМ, сохранности связочного аппарата, локализации и выраженности фиброзных изменений (передней/задней капсулы), платформы (модели и материала) ИОЛ, наличия и размера кольца Земмеринга.

При сохранном связочном аппарате и правильном внутрикапсульном положении ИОЛ, хирургические техники направлены на удаление изменённых тканей из оптического центра и зависят от выраженности фиброза передней капсулы, а также наличия фимоза капсулорексиса.

Так, при незначительной степени фиброза, сообщается о применении диатермического эндокоагулятора используемого для управляемого сокращения передней капсулы после создания линейных надрезов цанговыми ножницами, либо витреотомом [209].

При более плотной структуре фиброза передней капсулы, в сочетании с фимозом капсулорексиса, описаны варианты, заключающиеся в иссечении передней капсулы в пределах зрачка либо, рассечении капсулорексиса в одном или двух меридианах с формированием центрально расположенного отверстия в передней капсуле [31]. Данные манипуляции в некоторых случаях приходится осуществлять при помощи витреотома, а также использовать бимануальную технику с применением цанговых инструментов.

Вариабельность фиброзных изменений приводит к необходимости, в некоторых случаях, использовать сочетание лазерных и хирургических методов лечения [9].

Прогрессирующий фиброз капсульного мешка с контракционным воздействием на капсулорексис приводит к натяжению и дальнейшему разрушению зонулярных волокон, что вызывает дислокацию комплекса ИОЛ-фиброзированный капсульный мешок. Данный механизм у возрастных пациентов может сочетаться с разрушением связки хрусталика, вследствие псевдоэкзофолиативного синдрома, присущего спонтанным дислокациям.

Дислокации КИКМ, при сочетании двух механизмов, требуют не только иссечения фиброзных тканей с освобождением оптического центра, но и дальнейшей репозиции с фиксацией КИКМ [23, 55].

Единого подхода в решении данного вопроса на сегодняшний день нет. Наравне друг с другом существуют следующие тактические подходы: первый, менее трудозатратный и менее инвазивный заключается в репозиции и фиксации дислоцированного КИКМ к радужной оболочке, либо трансклерально. Второй, более травматичный, с риском некоторых осложнений, заключается в замене, дислоцированной ИОЛ на модель с альтернативным видом фиксации (в углу передней камеры, в области зрачка, «iris-clow», в цилиарной борозде) [32, 38].

1.8.1 Фиксация комплекса ИОЛ–капсульный мешок к радужной оболочке

Шовная фиксация к радужной оболочке заднекамерных ИОЛ впервые предложена Mc-Cannel M. в 1976 году, с этого времени изменена лишь использованием узлов Sipster. Принцип метода заключается в фиксации гаптических элементов ИОЛ к радужной оболочке, используя шовный материал полипропилен 9-0 или 10-0. Обязательным условием для выполнения данного метода - это наличие неизменной ткани радужки, которая является опорой для фиксации ИОЛ [64].

Иванов Д.И. с соавт. в 2011 году представили технику репозиции и фиксации дислоцированного комплекса ИОЛ-капсульный мешок к радужной оболочке. В качестве инструмента для репозиции и поддержки КИКМ предложено использовать иглу 30G, которая вводится в плоской части цилиарного тела (*pars planum*), трансконъюнктивально, трансклерально и подводится под заднюю поверхность ИОЛ, обеспечивая надежную опору при транскорнеальной бимануальной шовной фиксации к радужной оболочке КИКМ. Преимуществами данного метода являются простота и скорость

выполнения, а также надежность и удобство в сочетании с малой инвазивностью (малые самогерметизирующиеся лимбальные разрезы роговицы, интактность конъюнктивы и склеры в месте прокола иглой 30G – с отсутствием рубцевания). Также отмечен низкий риск интраоперационных осложнений – единичные варианты геморрагических осложнений. Позже авторами данная технология оптимизирована для дислокаций КИКМ с гидрофильными монолитными ИОЛ, сочетая все её преимущества [13].

Некоторые типы фиксации к радужной оболочке не могут быть использованы, так как архитектура КИКМ априори предполагает наличие внутрикапсульно определенной модели заднекамерной ИОЛ. Также, техники зрачковой фиксации «Artisan iris-claw», без замены ИОЛ, не применимы.

1.8.2 Склеральная фиксация комплекса ИОЛ–капсульный мешок

В литературе описаны следующие типы склеральной фиксации, используемые при дислокации комплекса ИОЛ–капсульный мешок: шовная трансклеральная, шовная склерокорнеальная фиксация, бесшовная интрасклеральная фиксация.

Традиционно методы трансклеральной шовой фиксации делятся, в зависимости от направления проведения иглы, на 2 группы: «ab externo» (прокол снаружи) и «ab interno» (прокол изнутри).

Malbran E. с соавт. в 1986 году впервые описал методику ab externo трансклеральной шовой фиксации ИОЛ для коррекции афакии после интракапсулярной экстракции катаракты, которая, в различных модификациях, является прообразом склеральной фиксации КИКМ и на сегодняшний день [127, 152].

Также были описаны и основные риски осложнений, связанные с данным типом фиксации: прорезывание узлов через конъюнктиву с появлением входных

ворот для инфекции, и появлением случаев послеоперационного эндофтальмита [113, 174, 175].

Решения данной проблемы, по всей видимости, заключалось в погружении склеральных узлов. Поэтому Lewis J. предложил выкраивать в зоне шовной фиксации поверхностные склеральные лоскуты, с целью размещения узлов под ними [121].

Однако данная техника имеет ряд недостатков, связанных с рубцеванием в зоне отсепаровки конъюнктивы с дальнейшей сложностью в проведении возможных антиглаукомных вмешательств, а также имеет большой объем инвазии, сложность в мануальном исполнении, а также продолжительна по времени.

Техники склеральной фиксации, при которых проведение иглы осуществляется со стороны передней камеры (*ab interno*) также не лишены недостатков. Так как прокол осуществляется в зоне цилиарной борозды (наличие большого артериального круга) без прямого визуального контроля, высок риск геморрагических осложнений. Вариабельность анатомического положения цилиарной борозды (различная дистанция при измерении от лимба, а также неравномерность дистанции от лимба в различных секторах) создает непредсказуемый результат положения гаптических элементов ИОЛ в плоскости и соответственно риск наклона оптической части ИОЛ. Это определяет возможность вывиха и повторной дислокации. Перфорация крупных сосудов цилиарного тела может приводить к значительным кровотечениям, а захват цилиарных отростков - к риску развития вторичной глаукомы [178].

В 2006 году Hoffman R., предложил погружать узлы шовного материала, образующиеся при трассклеральной шовной фиксации ИОЛ, в интрасклеральные карманы, формируемые от лимба. Преимуществом данной техники является отсутствие перитомии конъюнктивы и надежное покрытие узлов [104].

Поиски оптимального метода погружения шовного материала и снижения риска прорезывания шва через конъюнктиву продолжались и в 2010 году

Szurman P. представил метод трансклеральной шовной фиксации при помощи Z-образного безузлового шва. Однако данный шов требует обширной перитомии конъюнктивы с высоким риском рубцевания в зоне фиксации [212].

Изящный метод склерокорнеальной шовной фиксации, предложенный Кожуховым А.А., сочетает надежность склеральной фиксации, отсутствие перитомии конъюнктивы, а также формирование стопорных узлов в аваскулярной зоне парацентезов роговицы [16].

Трансклеральная шовная фиксация дислоцированных комплексов ИОЛ-капсульный мешок имеет риски определенных осложнений: повторная дислокация ИОЛ в послеоперационном периоде и её наклон [118, 180, 199], кровотечения (супрахориоидальное, гипемиа, гемофтальм) [74, 155], отслоение сетчатки [146], эндофтальмит [174], офтальмогипертензия [175], кистозный макулярный отек [74]. По литературным данным частота осложнений связанных с трансклеральной шовной фиксацией варьируется и составляет от 10% до 54% [191].

Осложнения, как правило, возникают на этапе наложения шва из-за неточности в определении проекции цилиарной борозды, отсутствия визуализации крупных сосудов цилиарной зоны, а также вероятной интрасклеральной биодеградации шовного материала в послеоперационном периоде. Также особенностью шовной фиксации дислоцированного вследствие ККС комплекса ИОЛ-капсульный мешок, является нетривиальность прокола иглой капсульного мешка в связи с разной степенью выраженности фиброзных изменений в сочетании со слабостью связочного аппарата.

Альтернативой шовной фиксации явился метод, предложенный в 2007 году Gabor S., заключающийся в фиксации гаптических элементов фибриновым клеем [95]. Agarwal A. в 2008 году представил результаты после использования данного метода у 735 пациентов, согласно которым послеоперационно отмечались единичные осложнения в виде эрозии гаптического элемента, кровоизлияний в стекловидное тело и повышения ВГД.

В результатах авторы отмечают о высоких функциональных показателях и низком проценте осложнений [94, 143].

Scharioth G. в 2010 году дал описание авторской техники интрасклеральной бесшовной фиксации. Принцип состоит в использовании портов 23G, для выведения гаптических элементов трехчастной ИОЛ, которые в дальнейшем погружались в интрасклеральные карманы, также сформированные при помощи порта [107].

Еще одна модификация техники бесшовной интрасклеральной фиксации предложена в 2014 году Yamane S. После имплантации трехчастной ИОЛ, в переднюю камеру используется игла 27G для формирования склерального тоннеля на расстоянии 1,7 мм от лимба, затем гаптический элемент помещается в просвет иглы 27G и выводится вместе с иглой трансклерально, после выведения второго гаптического элемента с противоположной стороны, по тому же принципу, концы гаптических элементов коагулировались, и погружались в интрасклеральные тоннели. Ряд авторов отмечает техническую сложность, послеоперационную гипертензию, а также необходимость в большинстве случаев проведения передней витрэктомии [207].

Наряду с описанными методами и авторскими техниками для фиксации комплекса ИОЛ–капсульный мешок к склере применяют различные «девайсы» для фиксации.

В 1995 году Cionni R. и Osher R. предложили модифицированное внутрикапсульное кольцо с дополнительными 1 либо 2 петлями для возможности фиксации КИКМ к склере [67, 68]. Предложены различные типы капсульных сегментов, разработанные авторами Ahmed I. (2003), Yaguchi S. (2006), Assia E. (2009), а также капсульных якорей-клипс [28, 51, 206].

На сегодняшний день имеется большой арсенал как технических средств и устройств, так и различных методов и техник, что говорит о продолжающемся поиске оптимального хирургического подхода. Более того, по данным американской академии офтальмологов, не выявлено достаточных данных, свидетельствующих о превосходстве одного типа фиксации над другим [109].

1.9 Резюме

Таким образом, несмотря на появление новых материалов, совершенствование платформ и создание различных моделей ИОЛ, использование фемтолазерных возможностей в хирургии катаракты, применение микроинвазивных техник – фиброзные изменения капсульного мешка различной степени выраженности продолжают встречаться. Изученные звенья патогенеза, а также некоторые методы профилактики данного состояния не дают полную гарантию отсутствия развития данного осложнения.

В условиях клинической практики наравне с надежностью и низким риском осложнений, учитывая использование различных авторских техник, большое значение имеет техническая простота выполнения, время операции, а также комфорт и удобство для хирурга.

Нарушение правильного расположения ИОЛ внутри глаза при дислокации КИКМ негативно влияет на зрительные функции, снижая, в том числе остроту зрения. Восстановление, близкого к анатомическому, положения дислоцированного КИКМ, является основной целью оперативного лечения у пациентов с данной патологией. Однако общеизвестно, что нарушение правильного расположения ИОЛ внутри глаза (наклон и децентрация) снижает и качество оптической системы [77]. Поэтому, технология должна, по всей видимости, обеспечивать не только надежную и стабильную фиксацию КИКМ, но и обеспечивать его оптимальное положение для наилучшего функционирования с позиции оптических свойств.

Разработка собственных методов хирургического лечения дислокации КИКМ, осложненных различными проявлениями фиброза капсульного мешка, а также комплексная оценка результатов клинико-функционального состояния и анатомо–топографического положения КИФКМ, а также его влияния на волновой фронт позволит наглядно доказать эффективность предлагаемых методов лечения.

Глава II МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Общая характеристика клинического материала

Исследование выполнялось на базе АО Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза» в период 2014–2021 г.г.

На первом этапе выделены 222 пациента, прооперированные в 2014-2016г.г. по поводу дислокации КИКМ. Все оперативные вмешательства выполнены одними хирургами (к.м.н. О.В. Шиловских; д.м.н. Д.И. Ивановым; В.Н. Никитиным), сертифицированными для выполнения данной операции. Пациенты были разделены на четыре группы:

Основная группа – 100 пациентов (100 глаз), метод лечения - шовная фиксация к радужной оболочке за 2 дужки. Пациенты основной группы также были разделены по типу применяемой тактики лечения:

Тактика 1 - подшивание КИКМ к радужной оболочке на опорной игле без манипуляций с капсульным мешком 52 пациента (52 глаза);

Тактика 2 - подшивание ИОЛ к радужной оболочке в сочетании с различными манипуляциями на капсульном мешке, направленными на частичное или полное удаление фиброзной ткани 48 пациентов (48 глаз).

Группа сравнения – 56 пациентов (56 глаз), прооперированных методом шовной фиксации к склере с применением метода погружения узлов в склеральные карманы Хоффмана (Hoffman R., 2006). Средний возраст группы составлял $78,4 \pm 1,2$ года, женщин - 36 мужчин - 20. Данная группа выделена для сравнения предлагаемой технологии с альтернативным методом.

При сборе данных катамнеза в 2021 году анализировались основные анатомо-топографические показатели у пациентов обеих групп, включающие: тип и модель ИОЛ, сохранность связочного аппарата, степень дислокации, локализацию и степень фиброзных изменений капсульного мешка, влияние

уплотнения капсульного мешка на положение ИОЛ и расположение гаптических элементов.

Все пациенты в 2021 году прошли повторное комплексное обследование для оценки функционального состояния, анатомо-топографического расположения КИКМ, а также показателей качества зрения в отдаленном послеоперационном периоде. Для оценки правильности топографии ИОЛ дополнительно проведено определение положения ИОЛ (наклон и децентрация), при помощи оптической когерентной томографии (Optovue, AS-OCT).

Оценка качества зрения проводилась с учетом полученных данных aberromетрии (OPD-Scan III).

Таким образом, общий срок наблюдения в обеих группах составил от 4 до 6 лет. Срок наблюдения в послеоперационном периоде обусловлен литературными данными, согласно которым наибольший срок после хирургического лечения, когда отмечались продолжающиеся фиброзные изменения капсульного мешка, составляет 5 лет [115].

В Таблице 1 представлена возрастная характеристика и половая принадлежность пациентов исследуемых групп.

Таблица 1 - Распределение пациентов в клинических группах

	Основная группа, n=100	Группа сравнения, n=56
Средний возраст, лет ($M \pm \sigma$)	75,7 $\pm$ 1,3	78,4 $\pm$ 1,2
Мужчины	48 (48%)	20 (35%)
Женщины	52 (52%)	36 (65%)

В Таблице 2 представлена общая клиническая характеристика пациентов исследуемых групп. Обозначены используемые классификации по стадии дислокации КИКМ, а также степени выраженности кольца Земмеринга.

Таблица 2 - Клиническая характеристика пациентов исследуемых групп

		Основная группа. n=100 Шовная фиксация к радужной оболочке		Группа сравнения. n=56 Шовная фиксация к склере
		Тактика 1 n=52	Тактика 2 n=48	
Возраст, лет		75,5±2,1	75,6±1.3	78,4±1,2
Пол (Мужчины/Женщины)		30/22	18/30	20/36
Материал ИОЛ	Гидрофильный	16	30	32
	Гидрофобный	28	16	10
	ПММА	8	2	14
Платформа ИОЛ	Монолитная	30	32	38
	Трехчастная	22	16	18
Средний срок от ФЭК+ИОЛ до развития дислокации, лет		7,23±0,7	6,8±0,7	8,2±0,8
Степень дислокации (по Lorente R.)	1 степень	12	4	4
	2 степень	38	44	46
	3 степень	2	0	6

Для определения степени дислокации комплекса ИОЛ-капсульный мешок использовали классификацию Lorente R. 2008 года [83].

Положение КИКМ оценивается при положении пациента сидя.

1 степень – выраженный псевдофакоденез;

2 степень – дислокация КИКМ с положением верхнего края ИОЛ выше оптической оси (сохранна нижняя порция зонулярных волокон и частично сохранна верхняя порция);

3 степень – дислокация КИКМ с положением верхнего края ИОЛ ниже оптической оси (верхняя порция зонулярных волокон разрушена, КИКМ поддерживается остаточными передними порциями зонулярных волокон).

Также была выделена контрольная группа – 66 пациентов (66 глаз), неосложненная артифакция без сопутствующей глазной патологии. Показатели данной группы использовались для сравнения анатомо-топографических результатов относительно нормы.

В Таблице 3 представлена возрастная характеристика и половая принадлежность пациентов, а также материал и платформа имплантированных ранее ИОЛ в группе контроля.

Таблица 3 – Характеристика группы контроля

		Группа контроля n = 66
Возраст, лет		70,1±1,6
Пол	Мужчины	26 (39,4%)
	Женщины	40 (60,6%)
Материал ИОЛ	Гидрофильный	36
	Гидрофобный	30
Платформа ИОЛ	Монолитная	62
	Трехчастная	4

2.2 Основные и вспомогательные методы диагностики

Комплексное обследование, проводимое всем пациентам, включало общепринятые стандартные методики обследования, а также некоторые специальные методы.

Объем стандартного обследования включал: визометрию, автокератометрию, тонометрию, динамическую периметрию, УЗ-сканирование в А и В режимах, офтальмоскопию с использованием бесконтактных высокодиоптрийных линз для осмотра центральных и периферических отделов глазного дна.

Остроту зрения оценивали по десятичной системе на форопторе Topcon CV 5000 (Япония) без коррекции и с максимально возможной коррекцией.

Кератометрию и рефрактометрию проводили при помощи автоматического кераторефрактометра IOL Master 700 Zeiss, сочетающего возможности бесконтактной биометрии, пахиметрии, определения глубины передней камеры и преимущества технологии total keratometry.

Тонометрию проводили при помощи портативного офтальмологического тонометра Icare ic100, оснащенного системой интеллектуального позиционирования и работающего по возвратно-рикошетному принципу.

Периметрия проводилась на настольном офтальмологическом периметре, (ПНА-002, МНТК «Микрохирургия глаза») работающем по принципу динамической периметрии в полуавтоматическом режиме.

УЗ-сканирование в А и В режимах осуществлялось при непрозрачности оптических сред на ультразвуковом офтальмологическом сканере Tomey UD-8000, с возможностью оценки ПЗО (передне-задняя ось) в А-режиме.

Биомикроскопия проводилась с использованием щелевой лампы «SL 130» (Carl Zeiss, Германия), с оценкой состояния переднего отрезка глаза, в том числе положения ИОЛ.

Офтальмоскопия глазного дна проводилась в обратном виде при помощи щелевой лампы и бесконтактной высокодиптрийной линзы Ocular MaxField 78D (Ocular Instruments, США).

Для определения топографического расположения ИОЛ при положении пациента лёжа на кушетке, использовался налобный непрямой офтальмоскоп OMEGA 500 HEINE.

Специальные методы дополнительно исследования включали:

- определение количества эндотелиальных клеток роговицы на приборе Specular Microscope EM-4000 (Tomey, Japan);
- ультразвуковую биомикроскопию переднего отрезка глаза на приборе («SONOMED» Vu Max 2, США);
- определяли положения ИОЛ при помощи оптической когерентной томографии (Optovue, USA), с дополнительной насадкой для AS-OCT, в протоколе сканирования cornea cross line;
- определение аберраций волнового фронта проводили на абберрометре OPD-Scan III, Nidek, работающего по принципу скиаскопии, в виде сканирующего щелевого рефрактометра, позволяющего дифференцировать роговичные и внутренние аберрации.

2.3. Оборудование, инструментарий и материалы, применяемые во время операций

Применялся высокоточный цанговый инструмент (пинцеты и ножницы), разработанный специально для хирургии переднего отрезка глаза (производство ООО «Медин-Урал»). Данный инструмент позволяет значительно снижать инвазивность вмешательства.

На рисунке 2 представлен цанговый пинцет диаметром 25G, со сменными концевыми частями, позволяющий через малые разрезы выполнять сложные манипуляции, связанные с иссечением фиброзированных участков капсульного мешка, внутри полости глаза. Бимануальное использование данного инструмента позволяет значительно снижать инвазивность вмешательства, обеспечивая комфорт для хирурга, а также сокращая время всей операции.

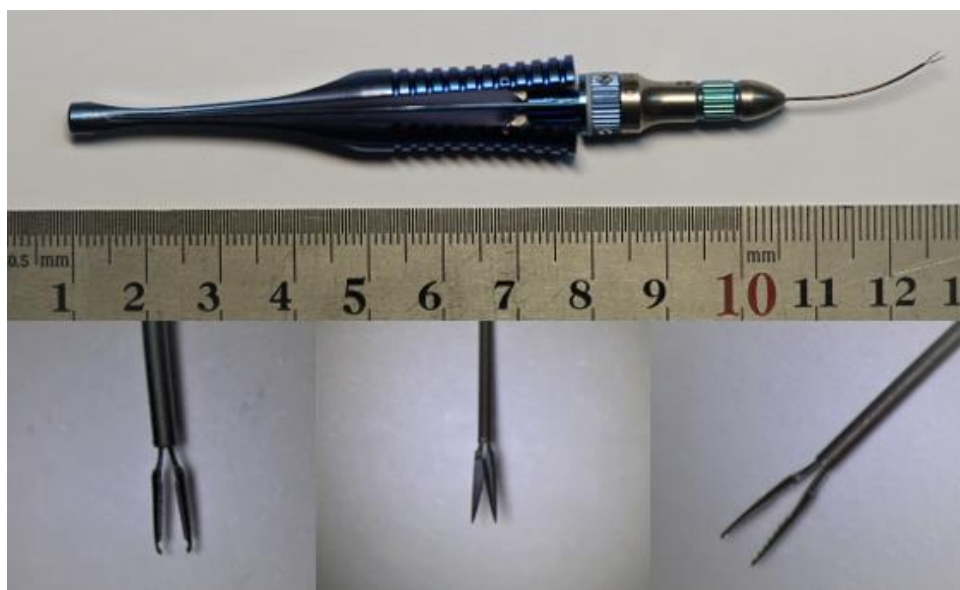


Рисунок 2 - Цанговый инструмент 25G для переднего отрезка глаза

На рисунке 3 представлены ножницы для разрезания ИОЛ в полости глаза (Geuder AG, Germany), используемые при необходимости замены гидрофильной ИОЛ. Отличительной чертой данного инструмента является насечки на режущей поверхности, что исключает «эффект отталкивания».

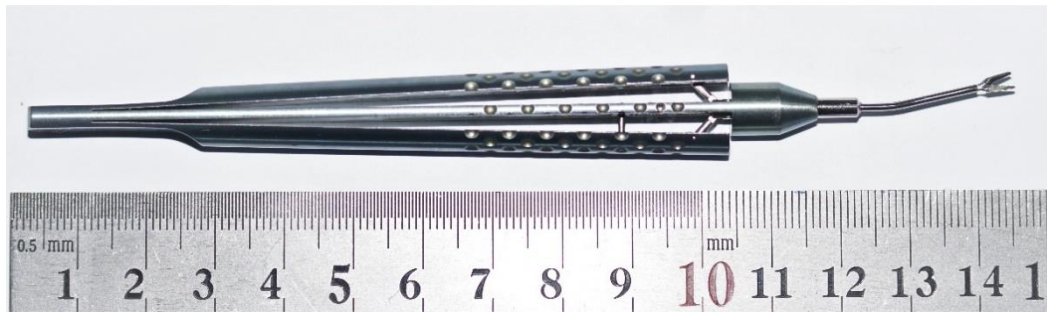


Рисунок 3 - Ножницы «Snyder-Osher» для внутриглазной фрагментации ИОЛ

Для шовной фиксации дислоцированных комплексов ИОЛ-капсульный мешок, у всех пациентов, использовался шовный материал полипропилен, метрическим размером 10-0 (Mani, Япония). Для поддержки и репозиции КИКМ (pars planum) использовалась инъекционная игла 30G.

2.4. Анестезиологическое пособие

У пациентов основной группы (тактика1 и тактика2) и группы сравнения применялся регионарный тип анестезии (по типу ретробульбарной). За 10 минут до операции ретробульбарно вводится 2 мл лидокаина 2,5% и 2 мл ропивакаина (наропина) 0,75% с лидазой 4УЕ, выполняется окулопрессия 3–5 минут. Данный тип обезболивания позволяет сохранять сознание пациента, поддерживать стабильные показатели гемодинамики (АД и ЧСС), а также низкие показатели интенсивности боли по вербальной шкале (Ohnhaus E, Adler R., 1975). В случаях необходимости проводится внутривенное потенцирование регионарной анестезии. Также несомненным преимуществом данного вида обезболивания является: адекватный уровень анестезии, возможность применения у пациентов с «полным желудком», отсутствие необходимости длительного послеоперационного наблюдения и инфузионной терапии, снижение риска когнитивных расстройств [150].

2.5 Методы статистической обработки материала

В работе использовались основные, наиболее часто используемые статистические процедуры: средства описательной статистики, критерии различия, корреляционные и другие методы, позволяющие проводить необходимый статистический анализ клинического типа данных. Для количественных признаков рассчитывались их среднее значение $\bar{x}$ и стандартная ошибка среднего $m_{\bar{x}}$:

$$\bar{x} \pm m_{\bar{x}} \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad m_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

где: n – количество чисел в вариационном ряду,

x_i – текущее значение показателя.

Сравнение средних в сравниваемых группах проводилось с использованием t -критерия Стьюдента и критерия Крамера–Уэлча.

t -критерий Стьюдента вычислялся по формуле:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{m_{\bar{x}_1}^2 + m_{\bar{x}_2}^2}}$$

Значение критерия Крамера–Уэлча ($T_{эмт}$) вычислялось по формуле:

$$T_{эмт} = \frac{\sqrt{N_x N_y} \cdot |\bar{x} - \bar{y}|}{\sqrt{N_y \cdot S_x^2 + N_x \cdot S_y^2}}$$

где: N_x и N_y – размер (численность) сравниваемых групп,

S_x^2 и S_y^2 – выборочные дисперсии сравниваемых групп.

Сравнение долей вариантов (процентов) проводилось с использованием U -критерия. Рассчитывалась U -статистика:

$$U = (\varphi_x - \varphi_y) \sqrt{\frac{N_x \cdot N_y}{N_x + N_y}}$$

где: φ – угловое преобразование Фишера

$$\varphi_x = 2 \arcsin \sqrt{P_x} \qquad \varphi_y = 2 \arcsin \sqrt{P_y}$$

где: P_x и P_y – доли вариант (процентов) в сравниваемых группах,

N_x и N_y – размер (численность) сравниваемых групп.

Различия считались существенными для 5%, 1%, 0,1% уровней значимости, при этом пользовались таблицей критических значений критерия Стьюдента. Достоверными признавались различия в случае $t > t_{кр}$, $T_{эмп} > t_{кр}$, $U > t_{кр}$.

Достоверность отличия коэффициентов $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ от нуля проверялась с помощью критерия Стьюдента. Если $p > 0,05$, коэффициент считается нулевым, то есть влияние соответствующей независимой переменной на зависимую переменную достоверно, и эта независимая переменная может быть исключена из уравнения [6].

Глава III РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Методы хирургического лечения пациентов с дислокацией комплекса ИОЛ– фиброзированный капсульный мешок

Предлагаются следующие варианты тактик хирургического лечения при помощи шовной фиксации к радужной оболочке:

- подшивание КИфКМ к радужной оболочке на опорной игле без манипуляций на капсульном мешке (тактика 1)
- подшивание КИфКМ/ИОЛ к радужной оболочке в сочетании с различными манипуляциями на фиброзном капсульном мешке (тактика 2).

3.1.1 Тактика 1: подшивание КИфКМ к радужной оболочке на опорной игле

Применялась в случаях, когда преобладала недостаточность связочного аппарата (разрушение зонулярной связки более чем на 1/3 по данным УБМ), и присутствовал незначительный фиброз капсульного мешка без контракционного воздействия по типу уплотнения всего капсулорексиса в месте контакта с оптикой ИОЛ, прозрачной задней капсулы, отсутствия грыжи стекловидного тела (ГСТ), и наличия кольца Земмеринга без риска выхода из экватора.

Принцип репозиции ИОЛ, дислоцированной вместе с капсульным мешком, заключается в шовной фиксации комплекса «ИОЛ–капсульный мешок» к радужке за 2 дужки. Для центрации и поддержки используется инъекционная игла 30G, которую подводят под КИКМ через плоскую часть цилиарного тела. Поддавливая комплекс вверх, обнаруживают локализацию опорных элементов и с помощью изогнутой шовной иглы производят последовательное наложение

транскорнеальных фиксирующих швов на один, а затем на другой опорные элементы на расстоянии 2,5–3,5 мм от края зрачка (рисунок 4), после чего нить, проходящую снаружи между швами, рассекают, концы нитей выводят в парацентезы, выполненные в проекции наложения швов, и завязывают узлы (Патент РФ № 2 444 339, 26.11.2010).

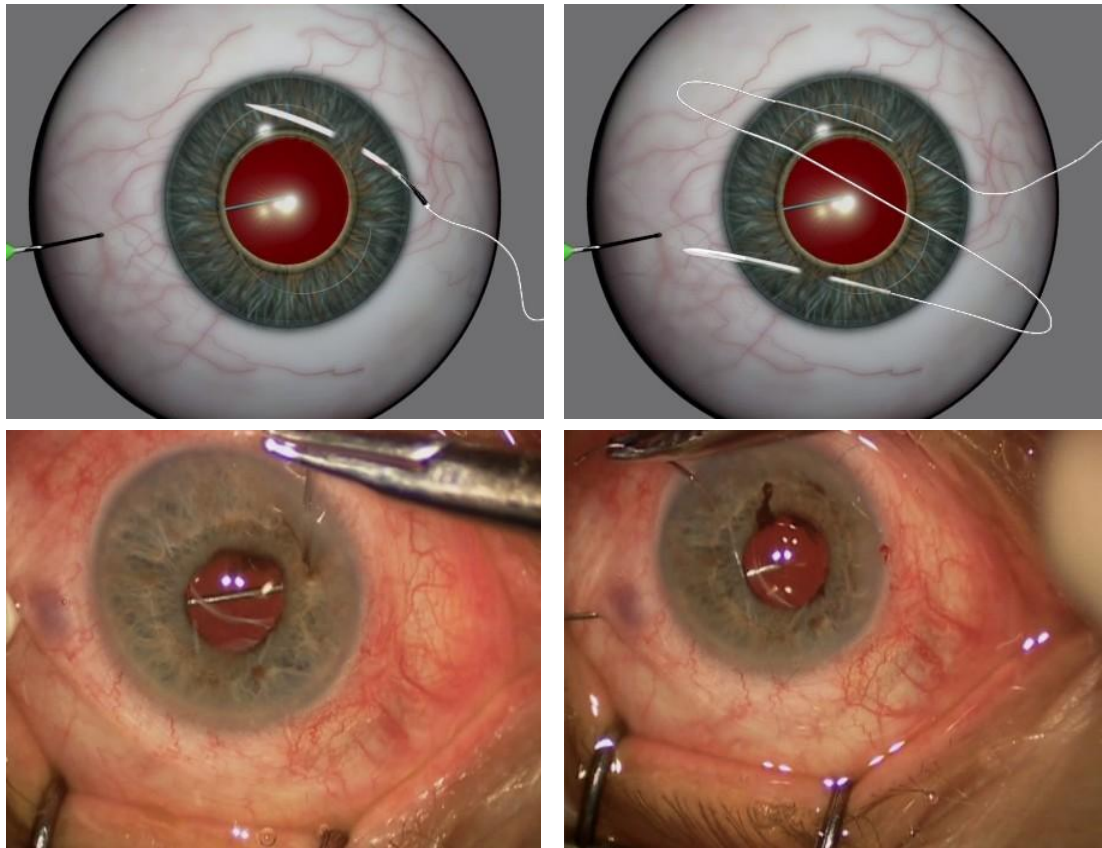


Рисунок 4 - Техника шовной фиксации на опорной игле 30G

Инъекционная игла 30G введенная pars planum выполняет одновременно несколько функций: позволяет мобилизовать и центрировать ИОЛ, определять локализацию гаптических элементов, и стабилизировать КИфКМ в момент шовной фиксации. В случае затруднения определения местоположения гаптических элементов, комплекс подшивают за фиброзированный мешок широкими петлями 2 мм. Прошивание гаптических элементов применялось также при наличии, монолитных ИОЛ различных моделей, с условием их внутрикапсульного расположения.

3.1.2 Тактика 2: подшивание КИфКМ/ИОЛ к радужной оболочке в сочетании с различными манипуляциями направленными на частичное/полное удаление фиброза капсульного мешка.

У пациентов данной группы выполнялись следующие виды вмешательств:

- подшивание КИфКМ на опорной игле + хирургическое удаление вторичной катаракты/иссечение фимоза передней капсулы/частичная витрэктомия,
- подшивание ИОЛ к радужке + удаление капсульного мешка,
- подшивание ИОЛ к радужке + удаление капсульного мешка + удаление хрусталиковых масс.

Рассмотрим каждую из этих методик подробнее.

1) Подшивание КИфКМ на опорной игле + хирургическое удаление вторичной катаракты/иссечение фимоза передней капсулы/частичная витрэктомия.

По мере прогрессирования фиброзных изменений переднего или заднего листка капсулы, без изменения положения ИОЛ внутри капсульного мешка вследствие контракционного воздействия, наряду с фиксацией КИфКМ, осуществляется иссечение фиброзированной передней/задней капсулы, а при наличии ГСТ (грыжа стекловидного тела) выполняется дополнительно передняя витрэктомия. Репозиция КИфКМ осуществляется путем шовной фиксации блока ИОЛ–капсульный мешок к радужке со стороны задней камеры. В проекции плоской части цилиарного тела устанавливают порт 25G, через который вводят витреотом которым центрируют комплекс. Затем поддавливая его вверх, визуализируют контуры опорных элементов на радужке, и накладывают транскорнеальный шов на один опорный элемент, а во время наложения шва на второй опорный элемент, производят временную жесткую фиксацию этого опорного элемента с помощью иглы, для чего выполняют транскорнеальный вкол шовной иглой, схватывание иглой опорного элемента и неполный выкол:

дистальный и проксимальный конец иглы остаются при этом снаружи глаза. Таким образом, КИФКМ временно фиксирован шовной иглой транскорнеально, что позволяет проводить дальнейшие манипуляции с фиброзированными тканями капсульного мешка, используя все преимущества бимануальной техники, в том числе, используя цанговый инструмент. Затем при помощи витреотома иссекают фиброзно-измененные ткани задней капсулы (рисунок 5). Те же манипуляции при необходимости проводят с передней капсулой, вводя витреотом в переднюю камеру через парацентез, при этом подачу раствора BSS для поддержания нормотонуса глаза осуществляют через парацентез. Завершив удаление фиброзных тканей капсульного мешка, выводят наконечник витреотома, удаляют порт, затем полностью выкалывают из роговицы атравматическую иглу, рассекают нить, проходящую снаружи между швами, и фиксируют каждый опорный элемент к радужке при помощи узлов. (Патент РФ 2524195, 26.02.2013)

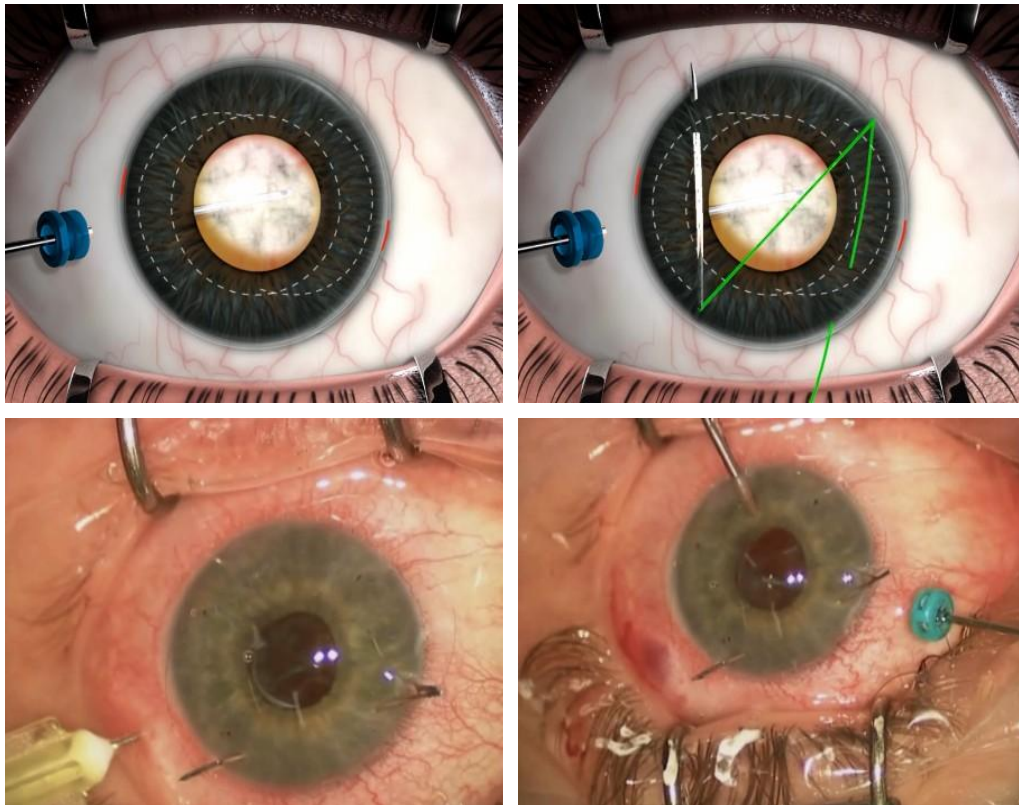


Рисунок 5 - Техника хирургического удаления фиброзированной задней капсулы

2) Подшивание ИОЛ к радужке + удаление капсульного мешка. Применялась при преобладании фиброзных изменений капсульного мешка, и вариантах классического контракционного капсулярного синдрома в сочетании с разрушением зонулярной связки более чем на 1/3 по данным УБМ, контракционном фиброзе капсульного мешка, фимозе отверстия переднего капсулорексиса, приводящего к фронтальному наклону ИОЛ, завороту гаптических элементов до оптического центра, отсутствия ГСТ, и единичных проявлениях кольца Земмеринга без риска выхода из экватора (рисунок 6). Принцип метода заключается в полном освобождении ИОЛ от фиброзно-изменённых тканей капсульного мешка. Для выполнения данной техники осуществляется постановка четырехугольного зрачкового ретрактора («Кольцо Малюгина Б.Э.»), облегчающего выведения комплекса ИОЛ–фиброзированный капсульный мешок в переднюю камеру, а также выполняющего опорно-каркасную функцию при манипуляциях с тканями капсульного мешка. После полного удаления измененных тканей капсульного мешка осуществляется подшивание ИОЛ к радужной оболочке, причем ретрактор во время подшивания остаётся в зрачке, позволяя четко визуализировать прикорневую ресничную часть радужки, оставляя интактным зрачковый край, для сохранения диафрагмальной функции и правильной формы зрачка (Патент РФ 2 740 330, 13.01.2021)



Рисунок 6 - Состояние переднего отрезка глаза при выраженном ККС. Фимоз капсулорексиса, загиб гаптических элементов, фронтальный наклон оптики ИОЛ.

Вариант замены монолитной гидрофильной/гидрофобной ИОЛ на 3-частную модель, с дальнейшей шовной фиксацией к радужной оболочке, после удаления фиброзных тканей капсульного мешка, осуществлялся при невозможности обеспечить внутрикапсульное положение ИОЛ при шовной фиксации к радужке, из-за риска развития вторичной глаукомы вследствие дисперсии пигмента.

В случае принятия решения о замене ИОЛ и наличия внутрикапсульного кольца первоначально проводилось его удаление при положении КИфКМ в задней камере глаза. Данная манипуляция приводила к уменьшению диаметра всего комплекса и облегчала этап выведения КИфКМ в переднюю камеру (рисунок 7).

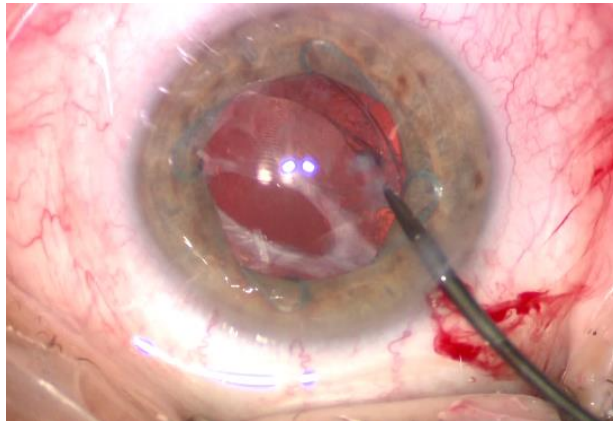


Рисунок 7 - Этап удаления внутрикапсульного кольца

Экваториальная часть капсульного мешка в месте проекции концевой части кольца рассекалась, и производилось извлечение внутрикапсульного кольца цанговым пинцетом. Наличие установленного зрачкового кольца в данном случае улучшает визуализацию и обеспечивает возможность большего объема манипуляций.

3) Подшивание ИОЛ к радужке + удаление капсульного мешка + удаление хрусталиковых масс. Клинические проявления, обуславливающие предыдущий метод лечения, а также наличие массивного кольца Земмеринга с риском выхода из экватора капсульного мешка во время шовной фиксации к радужной оболочке с нарушением архитектоники всего комплекса ИОЛ-капсульный мешок,

требовали дополнительного выделения и удаления имеющихся экваториальных хрусталиковых масс.

3.1.3 Техники поддержки КИфКМ.

Для осуществления описанных тактик хирургического лечения использовались определенные техники поддержки КИКМ при шовной фиксации и техники иссечения фиброзно измененных тканей капсульного мешка.

1) Техника поддержки иглой 30G (рисунок 8).

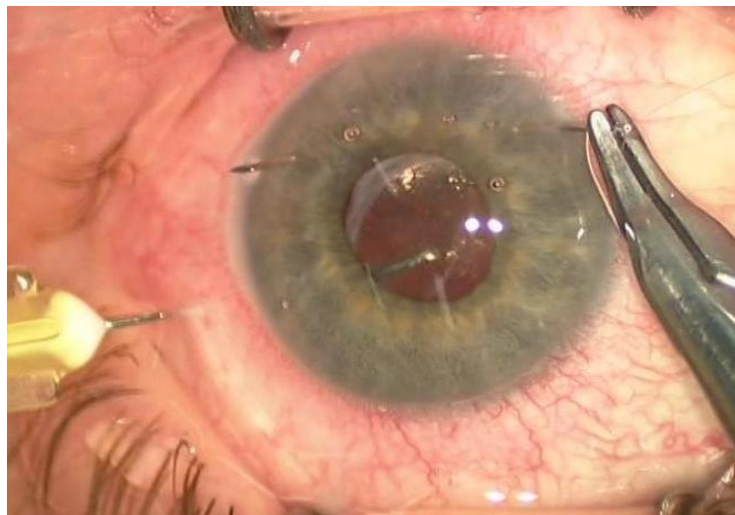


Рисунок 8 - Использование инъекционной иглы 30G для репозиции и поддержки КИКМ во время шовной фиксации

Иссечение фиброзного капсульного мешка требует сочетания эффективной репозиции дислоцированного КИКМ относительно проекции зрачка с возможностью поддержки. Для этого инъекционная игла 30G проводится в проекции плоской части цилиарного тела, которая предварительно загибается под углом 120-140°. Игла подводится под КИфКМ, позволяя осуществить его репозицию, а также надежно контролировать его положение во время манипуляций с тканями капсульного мешка.

2) Техника «третьей руки» (рисунок 9).

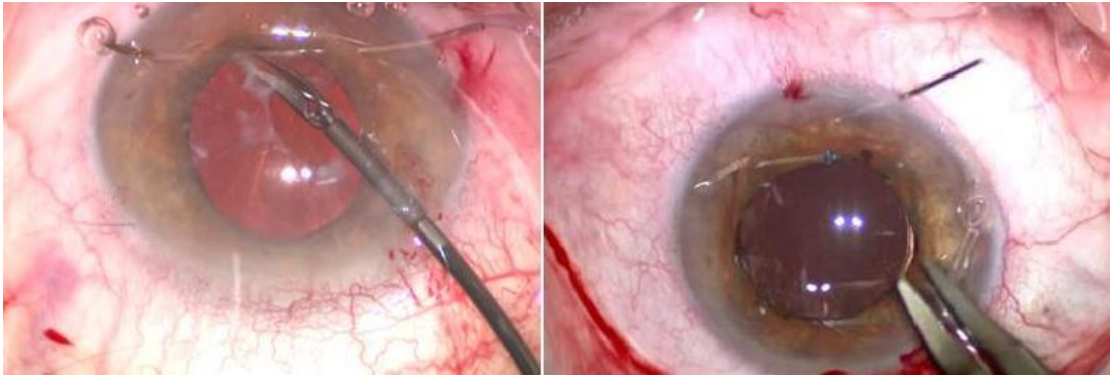


Рисунок 9 - Этап рассечения fimоза капсулорексиса. Положение КИфКМ стабильно за счет временной транскорнеальной фиксации шовной иглой.

В клинической практике, при сочетании фиброзных изменений капсулы со слабостью связочного аппарата хрусталика, манипуляции с тканями капсульного мешка, осложнены высокой подвижностью комплекса, а также ограниченным объемом, связанным с анатомией задней камеры. Техническим решением в данной ситуации является использование изогнутой шовной иглы, вкол которой, осуществляется транскорнеально через радужную оболочку, перфорируя капсульный мешок с одной стороны гаптического элемента, прошивая, таким образом, гаптический элемент вместе с капсульным мешком, и через радужную оболочку и роговицу осуществляется неполный выкол с другой стороны. Таким образом, шовная игла временно надёжно фиксирует комплекс транскорнеально, позволяя использовать эффективно бимануальную технику.

3) Техника «страховочного шва» (рисунок 10). Выраженный дефицит связочного аппарата хрусталика, в сочетании с отсутствием поддержки со стороны передней гиалоидной мембраны, приводит к тому, что при положении пациента лёжа КИфКМ оказывается в вертикальной плоскости. Для всех дальнейших манипуляций необходимо перевести его в горизонтальную плоскость задней камеры. Для этого используется изогнутая шовная игла, которая проводится через плоскую часть цилиарного тела, в зоне остаточной поддержки связок, под КИфКМ, приводя его в горизонтальную плоскость

и выводится с противоположной стороны оптики ИОЛ через капсульный мешок, радужную оболочку, роговицу. Затем производится узловая фиксация нити, которая таким образом временно поддерживает КИфКМ.



Рисунок 10 - Перевод КИфКМ в горизонтальную плоскость и временная его шовная фиксация

3.1.4 Техники освобождения ИОЛ от фиброзных тканей капсульного мешка

Далее представлены основные техники, позволяющие осуществлять разделение измененных фиброзом тканей капсульного мешка на фрагменты, для их дальнейшей элиминации из полости глаза.

1) Техника разделения капсульного мешка на два фрагмента

На рисунке 11 представлены основные этапы механического фрагментирования капсульного мешка.

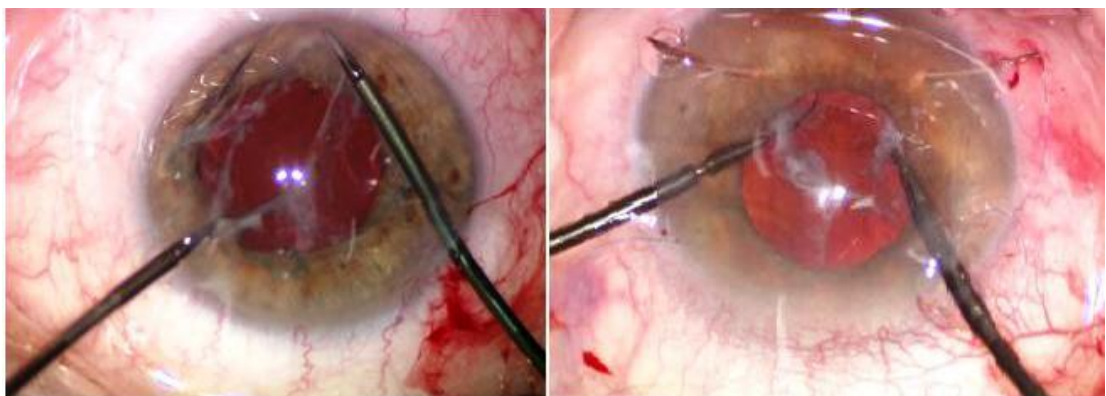


Рисунок 11 - Этап разделения фиброзно-измененного капсульного мешка на крупные фрагменты

Цанговыми ножницами в нижнем секторе производится рассечение фимоза переднего капсулорексиса и фиброзированной передней капсулы, затем бимануально цанговыми пинцетами осуществляют захват каждой из половин

переднего листка капсулы и разделяют капсульный мешок, прилагая вектор силы в противоположных направлениях. Рексис мешка при этом осуществляется в продолжение сформированного ранее надреза. Крупные фрагменты капсульного мешка выводятся в переднюю камеру и извлекаются механически при помощи пинцетов, либо с использованием наконечника факоэмульсификатора, при наличии кольца Земмеринга. Просвет зрачка при этом перекрыт оптической частью ИОЛ, что препятствует попаданию фрагментов капсульного мешка и остатков хрусталиковых масс в витреальную полость.

2) Техника удаления изменённых тканей единым конгломератом (рисунок 12).

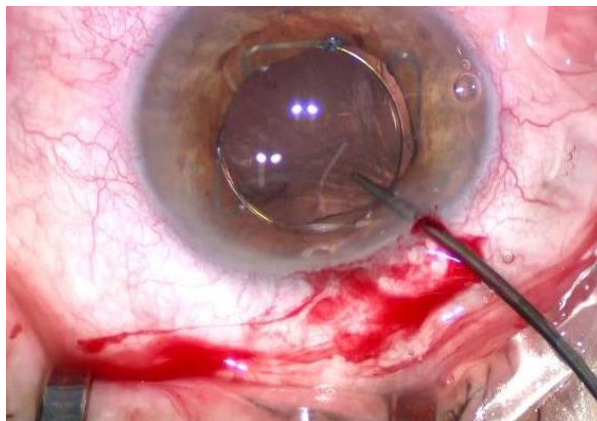


Рисунок 12 - Удаление фиброзированного капсульного мешка цанговым пинцетом через основной разрез

Умеренная степень выраженности фиброза и незначительное количество хрусталиковых масс в экваторе капсульного мешка позволяют одномоментно освободить ИОЛ от капсульного мешка. Для этого верхняя часть оптики ИОЛ вывихивается из капсульного мешка в проекции зрачка в переднюю камеру, затем цанговым пинцетом захватывается дубликатура передней и задней капсул на расстоянии достаточном для создания надёжного тракционного воздействия, капсульный мешок «снимается чулком» с ИОЛ и извлекается из полости глаза. На рисунке 16 изображен данный этап операции.

3.1.5 Метод склеральной шовной фиксации дислоцированного комплекса ИОЛ-фиброзированный капсульный мешок с погружением узлов в склеральные карманы Хоффмана

Данный метод применялся у пациентов группы сравнения при наличии внутрикапсульного кольца, либо ИОЛ с замкнутой гаптикой (Т-26 или Т-28).

Предварительно от лимба формировались склеральные карманы в противоположных секторах (на 6 и 12 ч). Далее игла с нитью проводилась трансклерально через карман в проекции цилиарной борозды (2,2 мм от лимба) снизу капсульного мешка и дужки ИОЛ или внутрикапсульного кольца. Конец иглы выводился через зрачок в канюлю 20G, введенную через роговичный парацентез с противоположной стороны. Затем игла выводилась из передней камеры и через тот же парацентез уводилась под радужку, но сверху от гаптического элемента/капсульного кольца, и осуществлялся выкол иглы *ab interno*, в проекции склерального кармана. Те же манипуляции повторялись с другой стороны. Нити выводились из склерального кармана и завязывались с образованием погружных узлов (рисунок 13).

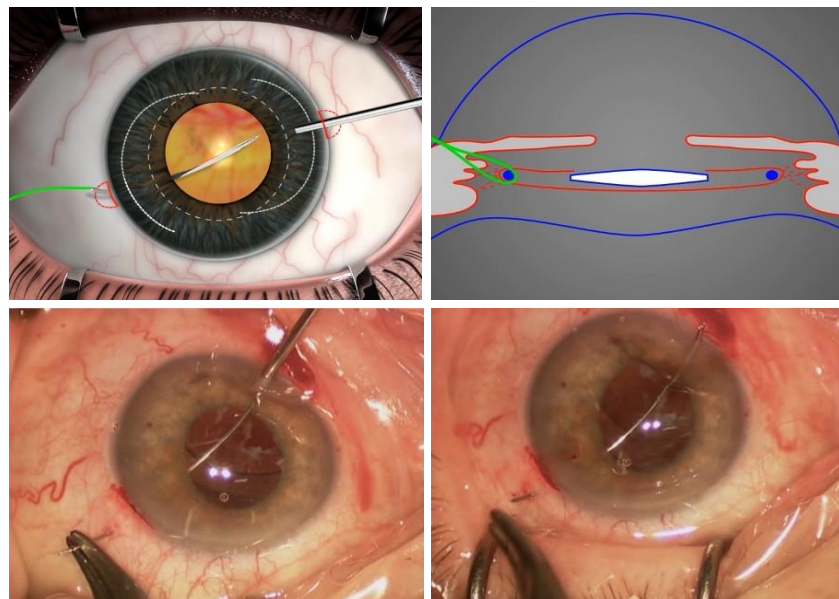


Рисунок 13 - Принцип склеральной фиксации с использованием карманов Хоффмана

3.2 Клинико-функциональный анализ результатов

На рисунке 14 показаны функциональные показатели (максимально корригируемая острота зрения и ВГД) в основной группе, которая включала пациентов с шовной фиксацией КИфКМ к радужной оболочке на опорной игле.

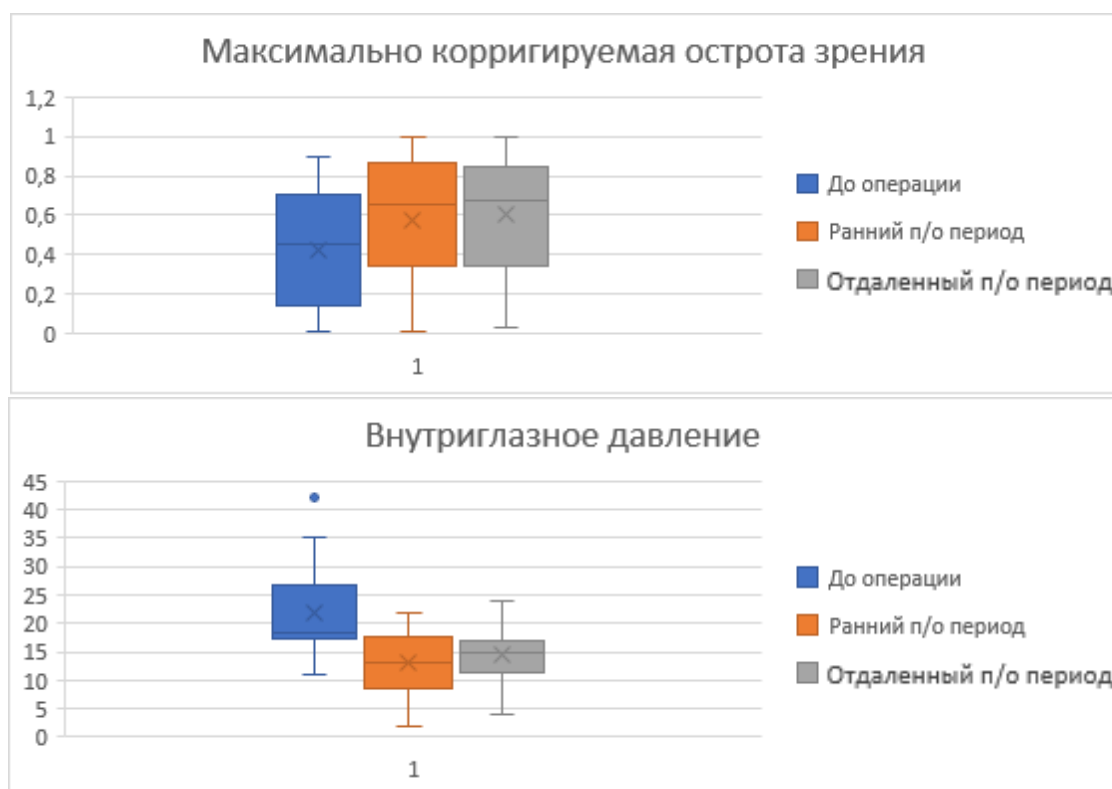


Рисунок 14 - Функциональные показатели. Основная группа (Тактика 1) подшивание КИфКМ к радужной оболочке на опорной игле

Из таблицы 4 видно, что не корригируемая острота зрения (НКОЗ) увеличилась более чем в 2 раза, средний прирост максимально корригируемой остроты зрения (МКОЗ) составил 26% в раннем и 30% в отдаленном послеоперационном периоде, по сравнению с дооперационными показателями. Показатели ВГД в послеоперационном периоде имели тенденцию к снижению средних значений по группе.

Таблица 4 – Исследуемая группа Тактика 1. Динамика функциональных показателей. ($M \pm m$), $n = 52$

	НКОЗ	МКОЗ	ВГД
До оперативного лечения	0,21±0,03	0,42±0,05	22,5±1,9
Ранний послеоперационный период	0,28±0,03	0,57±0,06	13±1,1
Отдаленный послеоперационный период	0,3±0,05	0,6±0,06	14,4±0,8

Плотность эндотелиальных клеток до операции составляла в среднем 1920 ± 84 в 1 мм^2 , в послеоперационном периоде составило 1751 ± 91 , что соответствует 9% потери. В таблице 5 представлена сопутствующая глазная патология у пациентов данной группы.

Таблица 5 - Сопутствующая глазная патология у пациентов 1 группы

	До операции	Отдаленный послеоперационный период (новые случаи)
Глаукома	—	—
• начальная	8	4
• развитая	10	—
• далекозашедшая	22	—
Макулодистрофия		
• «сухая»	10	—
• «влажная»	—	—
• рубцовая	2	—

На рисунке 15 показаны функциональные показатели (максимально корригируемая острота зрения и ВГД) основной группы (Тактика 2), которая включала пациентов с шовной фиксацией КИфКМ к радужной с дополнительными манипуляциями на капсульном мешке, направленных на частичное, либо полное иссечение измененных тканей.

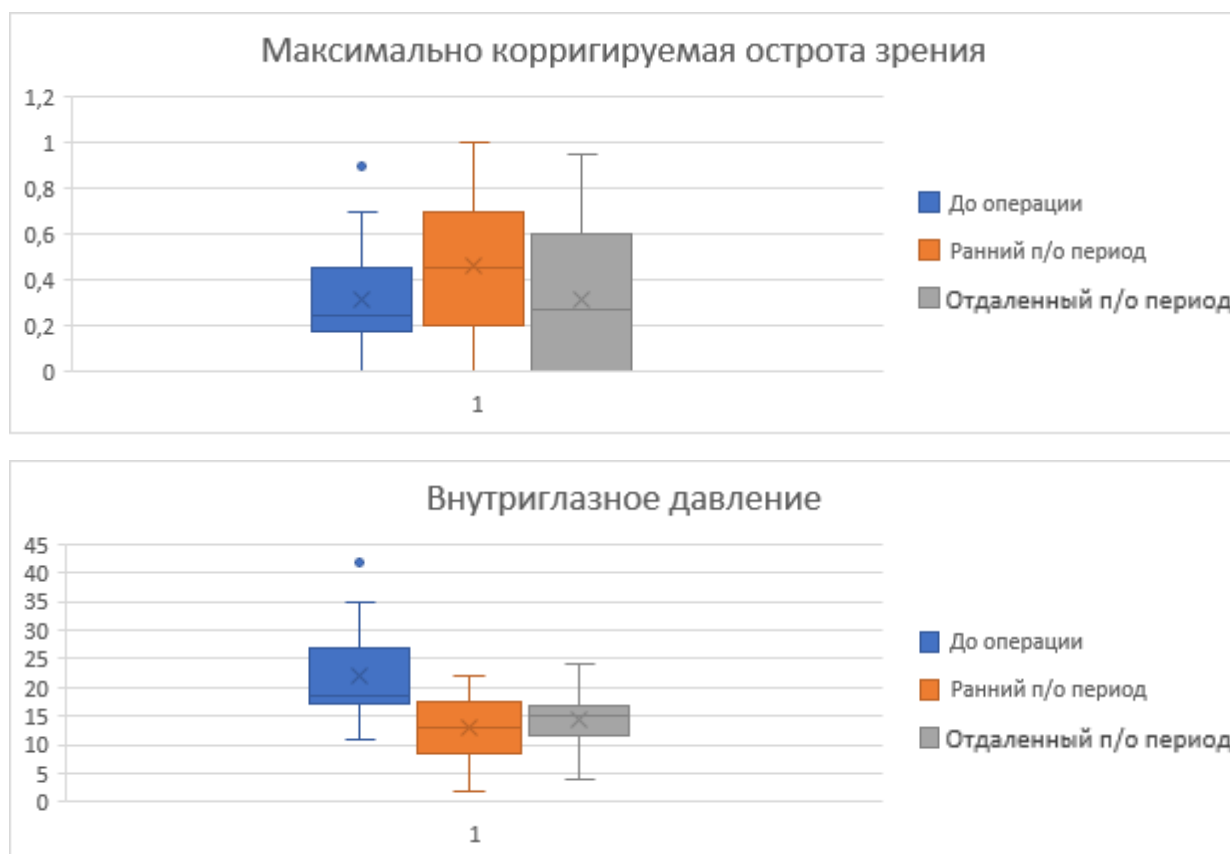


Рисунок 15 - Функциональные показатели. Основная группа (Тактика 2).

Подшивание ИОЛ к радужной оболочке в сочетании с манипуляциями, направленными на частичное или полное удаление фиброза капсульного мешка

В таблице 6 представлены количественные функциональные показатели (НКОЗ, МКОЗ и ВГД) пациентов основной группы (Тактика 2).

Таблица 6 – Исследуемая группа Тактика 2. Динамика функциональных показателей. ($M \pm m$), $n = 48$

	НКОЗ	МКОЗ	ВГД
До оперативного лечения	$0,14 \pm 0,03$	$0,32 \pm 0,04$	$19,2 \pm 1,7$
Ранний послеоперационный период	$0,21 \pm 0,02$	$0,48 \pm 0,05$	$11,3 \pm 1,1$
Отдаленный послеоперационный период	$0,2 \pm 0,03$	$0,5 \pm 0,05$	$14,9 \pm 1,1$

НКОЗ увеличилась на 70%, средний прирост МКОЗ составил 33% в раннем и 36% в отдаленном послеоперационном периодах, по сравнению с

дооперационными показателями. Показатели ВГД в послеоперационном периоде имели тенденцию к снижению средних значений по группе.

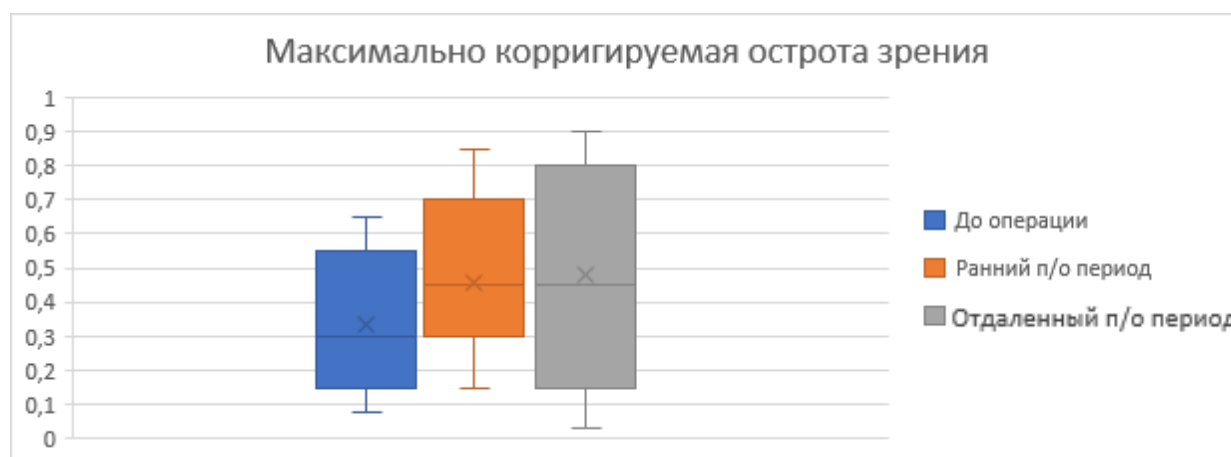
Количество эндотелиальных клеток на 1 мм² до операции составляло в среднем 1644±85, в послеоперационном периоде составило 1438±84, что соответствует 12,5% потери.

В таблице 7 представлена сопутствующая глазная патология у пациентов исследуемой группы (Тактика 2), значимо влияющая на остроту зрения.

Таблица 7 - Сопутствующая глазная патология у пациентов исследуемой группы (Тактика 2)

	До операции	Отдаленный послеоперационный период (новые случаи)
Глаукома		
• начальная	8	—
• развитая	10	—
• далекозашедшая	10	—
Макулодистрофия	—	—
• «сухая»	18	12
• «влажная»	—	—
• рубцовая	2	—

На рисунке 16 представлены функциональные показатели (максимально корригируемая острота зрения и ВГД) в группе сравнения, которая включала пациентов с шовной фиксацией КИфКМ к склере с применением карманов Хоффмана для погружения сформированных узлов.



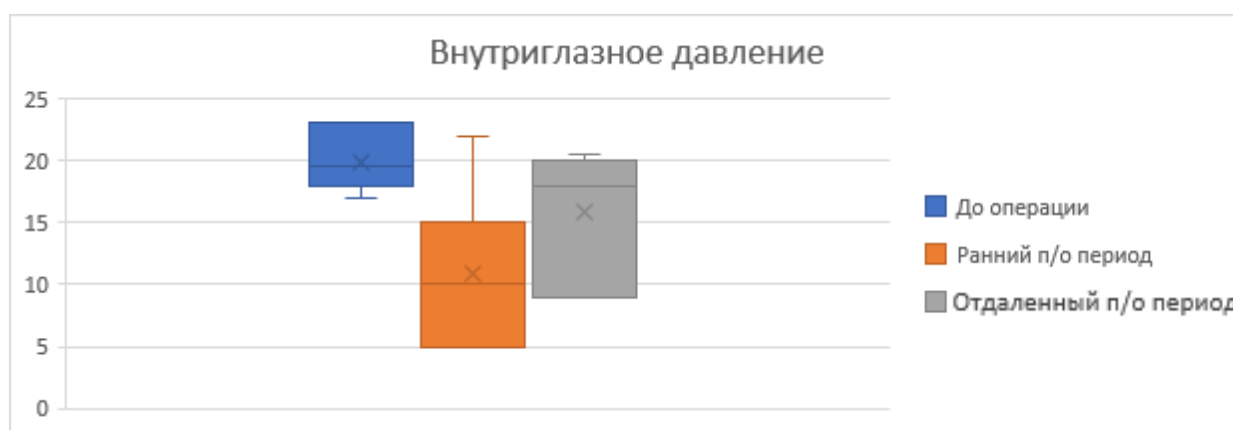


Рисунок 16 - Функциональные показатели. Группа сравнения. Шовная фиксация к склере с применением карманов Хоффмана

В таблице 8 представлены количественные показатели НКОЗ, МКОЗ, а также ВГД у пациентов группы сравнения в различные периоды наблюдения.

Таблица 8 – Группа сравнения. Склеральная фиксация. Динамика функциональных показателей. ($M \pm m$), $n = 56$

	НКОЗ	МКОЗ	ВГД
До оперативного лечения	$0,14 \pm 0,02$	$0,33 \pm 0,03$	$19,9 \pm 0,4$
Ранний послеоперационный период	$0,25 \pm 0,02$	$0,48 \pm 0,04$	$10,8 \pm 1,1$
Отдаленный послеоперационный период	$0,19 \pm 0,03$	$0,55 \pm 0,05$	$15,7 \pm 0,88$

НКОЗ увеличилась на 44%, средний прирост МКОЗ составил 31% в раннем и 40% в отдаленном послеоперационном периодах, по сравнению с дооперационными показателями. Показатели ВГД в послеоперационном периоде имели тенденцию к снижению средних значений по группе.

Количество эндотелиальных клеток на 1 мм^2 до операции составляло в среднем 1628 ± 50 , в послеоперационном периоде составило 1348 ± 25 , что соответствует 17% потери. В таблице 9 представлена сопутствующая глазная патология у пациентов в группе сравнения.

**Таблица 9 – Сопутствующая глазная патология у пациентов группы
сравнения**

	До операции	Отдаленный послеоперационный период (новые случаи)
Глаукома	–	–
• начальная	12	6
• развитая	4	2
• далекозашедшая	2	–
Макулодистрофия	–	–
• «сухая»	12	2
• «влажная»	–	–
• рубцовая	–	–

3.2.1 Интраоперационные осложнения и послеоперационное течение в основной группе

У пациентов основной группы (Тактика 1) интраоперационно не встречалось кровотечений при введении иглы 30G в проекции (pars planum) цилиарного тела. При шовной фиксации к радужной оболочке в 4 случаях (7,6 %) имелось незначительное кровотечение из сосудов корня радужки, в 2-х случаях возникло субконъюнктивальное кровоизлияние в месте прокола иглой 30G. В раннем послеоперационном периоде в 8 случаях (15,3%) у пациентов сформировались складки десцеметовой оболочки, потребовавший более длительного лечения (положительная динамика, спустя 1 месяц). У 2 пациентов (3,8%) во время стационарного наблюдения имелся геморрагический феномен Тиндаля 2 степени (с положительной динамикой в течение 1 месяца). У 4-х пациентов (7,6%) с исходной глаукомой развилось стойкое повышение ВГД, потребовавшее усиление гипотензивной терапии. В одном случае (1,9%) был диагностирован кистозный макулярный отек.

У пациентов основной группы (Тактика 2) интраоперационно в 4 случаях (8,3%) развилось незначительное кровотечение из сосудов корня радужки, в 4

случаях (8,3%) потребовалась не запланированная передняя витрэктомия (по причине развития ГСТ). В раннем послеоперационном периоде у 2 пациентов (4,1%), во время стационарного наблюдения, имелся геморрагический феномен Тиндаля 2 степени (с положительной динамикой в течение 1 месяца), офтальмогипертензия развилась у 2 пациентов (4,1%), складки десцеметовой оболочки у 8 пациентов (16,6%), кистозный макулярный отек в одном случае (4,1%).

Следует обратить внимание, что в основной группе с шовной фиксацией комплекса к радужной оболочке в послеоперационном периоде (Тактика-1, Тактика-2) не встречалось такого осложнения как синдром Эллингсона (синдром «uveitis-glaucoma-hyphema»).

3.2.2 Интраоперационные осложнения и характер послеоперационного течения в группе сравнения

В группе сравнения, у пациентов с шовной фиксацией КИФКМ к склере интраоперационно развились 4 случая (7,1%) кровотечения из зоны цилиарной борозды в месте вкола иглой в заднюю камеру. Незапланированная витрэктомия потребовалась в 6 случаях (10,7%) из них в 4 случаях по причине развития ГСТ и в 2 случаях из-за сложности выделения КИКМ из передних отделов стекловидного тела. В раннем послеоперационном периоде встречался пигментный феномен Тиндаля 1 степени в одном случае (3,5%). У 10-и пациентов (15,1%) имелись складки десцеметовой оболочки, потребовавшие дополнительного лечения (с положительной динамикой к 1 месяцу), у 2 пациентов развилась ЭЭД роговицы (3,5%), в двух случаях был диагностирован кистозный макулярный отек (3,5%).

3.3 Показания для предложенных методов с их обоснованием

При анализе наиболее часто встречающихся клинических признаков у пациентов при сочетанном механизме дислокации КИКМ, включающего слабость связочного аппарата и фиброзирование капсульного мешка, с различной степенью выраженности каждого из них, а также для возможности выбора определенной тактики хирургического лечения, предлагается выделить основные критерии, которые позволят стандартизировать клиническую симптоматику и структурировать данный этап с точки зрения практической методологии.

Для этого предлагается объединить наиболее важные из признаков, свойственных каждому из механизмов дислокаций, в единую структуру диагностических критериев.

С учетом вышеизложенного предлагается выделить основные клинические критерии, используемые для выбора хирургической тактики при сочетанном механизме дислокации КИФКМ:

1. Целостность цинновой связки.
2. Проявление фиброза капсульного мешка (фимоз переднего капсулорексиса, фиброз задней капсулы).
3. Фиброз, вызывающий изменение правильного положения ИОЛ (фронтальный наклон ИОЛ, заворот гаптических элементов до оптической зоны).
4. Наличие ГСТ.
5. Кольцо Земмеринга с высоким риском выхода хрусталиковых масс.

Первый критерий является основным при спонтанных дислокациях, второй и третий являются проявлением фиброзного изменения капсульного мешка, четвертый и пятый возможны при обоих механизмах дислокации.

Далее проводился статистический анализ предложенных критериев, используемых для определения тактики лечения. Исследование некоторых

основных признаков было предпринято с целью оценки их информативности для выбора тактики хирургического лечения. Причем, учитывали их влияние на нескольких различных уровнях их градации степени выраженности.

Сравнивали различия процента (частоты) встречаемости в разных группах (с использованием «U – критерия»), что позволило статистически рассчитать наиболее значимые признаки, определяющие тактику.

В таблице 10 представлены данные частоты встречаемости каждого из предложенных признаков с учетом достоверности различий.

Таблица 10 – Частота (%) встречаемости признаков, влияющих на выбор хирургической тактики

Признак	Градация признака	Тактика операции		Уровень значимости различий, р
		Тактика 1 n=52	Тактика 2 n=48	
Локализация фиброзных изменений	передняя капсула	73,1	50	p>0,05
	задняя капсула	7,7	12,5	p>0,05
	смешанная	15,4	37,5	p>0,05
Вариант проявления фиброза	единичные уплотнение края капсулорексиса	80	8,3	p<0,001
	уплотнение капсулорексиса по всей площади контакта с оптикой ИОЛ	–	75	p<0,001
	дополнительные складки передней капсулы	–	12,5	p<0,05
	фиброз всего листка капсулы	20	4,1	p>0,05
Дислокация по Lorente R.	1 степень	23,1	8,3	p>0,05
	2 степень	73,1	91,6	p>0,05
	3 степень	3,8	–	p>0,05
Кольцо Земмеринга	незначительное	96,2	50	p<0,001
	умеренное	3,8	45,8	p<0,001
	выраженное	–	4,1	p>0,05
УБМ признаки нарушения внутрикапсульного положения ИОЛ	Загиб гаптического элемента	-	41,6	p<0,001
	Фронтальный внутрикапсульный наклон ИОЛ	-	25	p<0,001

Выраженность кольца Земмеринга определялась по классификации David J., 2000 года [81]. С учетом данных УБМ выраженность кольца Земмеринга соответствовала:

- Незначительная при 1 ст. помутнения и 1 ст. распространения;
- Умеренная при 2 ст. помутнения и 2ст. распространения;
- Выраженная при 3–4 ст. помутнения и 3-4ст. распространения

На основании анализа достоверности различий частот встречаемости клинических и анатомических признаков (выделенных ранее как критерии) можно сделать следующие выводы.

1. Локализация фиброза не значительно влияет на выбор тактики лечения.
2. Большое значение имеет вариант проявления фиброза, то есть на сколько выражены изменения структуры соединительной ткани капсульного мешка. Достоверно, чаще при использовании тактики 2 (шовная фиксация ИОЛ к радужке с дополнительными манипуляциями на капсульном мешке) встречались признаки, характеризующие развитое и/или далеко зашедшее проявление фиброзного процесса в капсульном мешке (Уплотнение капсулорексиса по всей площади контакта с оптикой ИОЛ, дополнительные складки передней капсулы)
3. Степень дислокации носит чисто качественный характер, определяющий общую целесообразность хирургии.
4. Наличие, выраженность и протяженность кольца Земмеринга, а также определенный риск выхода из экватора капсульного мешка с дальнейшим попаданием в витреальную полость, требующих в некоторых случаях его удаления, достоверно отличает тактический подход.

Интерпретируя полученные статистические данные, можно сказать следующее. Предложенные критерии для выбора тактики хирургического лечения у пациентов со смешанным типом дислокации ИОЛ являются значимыми. Патогенетически фиброзные изменения при ККС начинаются с передней капсулы хрусталика за счет клеточного полиморфизма и проявляют свою клиническую значимость, когда снижают прозрачность оптических сред, нарушают топографию оптики ИОЛ, либо приводят к загибу гаптических

элементов, поэтому в данных случаях требуют частичного или полного удаления измененных тканей.

Важной особенностью капсульного мешка является определённая прочность капсульных листков, которые подверглись некоторой фиброзно-пластической трансформации, что позволяет осуществлять их прокол иглой при шовной фиксации к радужной оболочке без риска распространения разрыва от места прокола, как это бывает во время первичной хирургии при факоэмульсификации. Данное свойство позволяет фиксировать КИфКМ к радужной оболочке без риска его денеза, за счет эластичности и упругости измененной ткани капсульного мешка.

В ряде случаев кольцо Земмеринга формируется неравномерно, что при фиксации может привести к фронтальному наклону ИОЛ. Также наличие кольца Земмеринга, в зависимости от его объема и протяженности, увеличивает размер и массу всего КИфКМ, а также меняет профиль передней поверхности комплекса, что имеет значение при конгруэнтности к поверхности пигментного листка радужной оболочки. Однако, если шовную фиксацию провести относительно широкими петлями, то исключается компрессия ткани капсульного мешка, с созданием вала вокруг гаптического элемента, и отсутствует чрезмерный контакт КИфКМ, и пигментного листка радужки. Интраоперационно также нужно учитывать, имеется ли риск выхода хрусталиковых масс из экватора мешка, с нарушением его архитектоники, после удаления фиброзно измененных участков передней капсулы. В случаях иссечения большей части передней капсулы необходимо также выделить и удалить данные хрусталиковые массы с целью минимизации риска их дальнейшего попадания в переднюю камеру, либо в витреальную полость.

В настоящее время основным принципом лечения дислокации КИКМ при фиброзных изменениях капсульного мешка является анатомическое восстановление положения КИфКМ, причем используются различные методы фиксации к склере и радужной оболочке.[104, 212, 16, 110]

Рассматривая методы склеральной фиксации дислоцированных КИфКМ, нужно отметить, что отсутствие визуализации цилиарной борозды, а также вариабельность ее локализации по окружности относительно лимба создает риски непредсказуемого положения гаптических элементов и как следствие нарушения положения ИОЛ. Berler D. по результатам УБМ задней камеры, после склеральной фиксации ИОЛ в цилиарную борозду обнаружил, что анатомическая точность достигается лишь в 55-73% случаев [54]. При анализе причин неправильного положения ИОЛ, отмечал изменчивость проекции цилиарной борозды на склеру, и отличный от прямого угол прокола иглой склеры.

В отдаленном послеоперационном периоде у пациентов исследуемых групп имелось стабильное положение ИОЛ, без случаев повторной дислокации.

Для оптимального положения ИОЛ нужно стремиться к ее центрированию относительно зрачка. Для правильного позиционирования предлагается использовать инъекционную иглу 30G, которую проводят трансклерально в проекции плоской части цилиарного тела. Подводя иглу под комплекс и поддавливая его вверх, становится возможной визуализация оптической части и гаптических элементов ИОЛ. Также рекомендуется отказаться от интраоперационных мидриатиков для более точного позиционирования ИОЛ (Патент РФ № 2527912, от 18.07.2013).

Отличием шовной фиксации КИфКМ к радужной оболочке от склеральных методов является меньший риск наклона оптики ИОЛ, так как при фиксации, плоскость радужки и комплекса ИОЛ–капсульный мешок совпадают.

Таким образом определены показания для каждого из предлагаемых методов, которые зависят от наличия и сочетания предлагаемых критериев.

Показания к тактике 1. Фиброз капсульного мешка без контракционного фимоза отверстия капсулорексиса, прозрачная задняя капсула, правильное внутрикапсульное положение ИОЛ, отсутствие ГСТ.

Показания к тактике 2. Фиброз капсульного мешка, снижающий прозрачность оптического центра, загиб гаптических элементов, фронтальный

наклон оптики ИОЛ, наличие ГСТ, кольцо Земмеринга с риском выхода хрусталиковых масс из экватора.

Схематично в таблице 11 представлен выбор определенной тактики в зависимости от сочетания предлагаемых критериев.

Таблица 11 – Выбор тактики хирургического лечения в зависимости от предоперационных критериев

			Т-1*	Т-2**		
				Т 2-1	Т2-2	Т2-3
Проявление фиброза капсульного мешка	Фимоз переднего капсулорексиса	ДА		✓	✓	✓
		НЕТ	✓			
	Фиброз задней капсулы	ДА		✓	✓	✓
		НЕТ	✓			
Влияние фиброзных изменений на положение ИОЛ	Фронтальный наклон или децентрация	ДА			✓	✓
		НЕТ	✓	✓		
	Заворот гаптических элементов	ДА			✓	✓
		НЕТ	✓	✓		
Наличие ГСТ		ДА		✓		
		НЕТ	✓		✓	✓
Кольцо Земмеринга с риском выхода хрусталиковых масс из экватора		ДА				✓
		НЕТ	✓	✓	✓	

* Тактика 1 (Т-1): Подшивание КИфКМ к радужной оболочке на опорной игле без манипуляций с капсульным мешком.

** Тактика 2 (Т-2): Подшивание ИОЛ к радужной оболочке в сочетании с различными манипуляциями на капсульном мешке (направленными на частичное/полное удаление фиброзной ткани):

- Разновидность вмешательства (Т 2–1): подшивание КИфКМ на опорной игле и хирургическое удаление вторичной катаракты или иссечение фимоза передней капсулы и/или частичная витрэктомия.
- Разновидность вмешательства (Т 2–2): подшивание ИОЛ к радужке и удаление капсульного мешка
- Разновидность вмешательства (Т 2–3): подшивание ИОЛ к радужке и удаление капсульного мешка и хрусталиковых масс.

Глава IV РАЗРАБОТКА СОБСТВЕННОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ИНТРАОКУЛЯРНОЙ ЛИНЗЫ ПРИ ПОМОЩИ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ

4.1 Оборудование с описанием принципов работы и характеристиками

Основные принципы, используемые в современных устройствах для определения положения ИОЛ, следующие: метод Пуркинье [192], исследование по Шеймпфлюгу [134], ультразвуковая биомикроскопия [43] и оптическая когерентная томография переднего отрезка глаза (AS-OCT) [202].

Метод Пуркинье, предложенный в 1988 году, основан на построении изображения структур переднего отрезка глаза при помощи специальной коаксиальной камеры. Принцип формирования изображения заключается в определении положения узловых точек по передней и задней поверхности роговицы, а затем по передней и задней поверхности оптики ИОЛ. Соотношение этих двух величин в каждом измеряемом меридиане позволяет определить положение ИОЛ. Дальнейший учет нескольких таких снимков позволяет произвести более точный расчет локализации ИОЛ. Данное исследование требует наличие широкого зрачка, а также хорошей фиксации взора пациента, так как критично к положению глазного яблока [62, 151].

Исследование по Шеймпфлюгу, в общих чертах схоже с предыдущим, однако за счет преимущества «Шеймпфлюг-камеры» позволяет получить в автоматическом режиме большее количество фронтальных срезов переднего отрезка глаза в различных меридианах. Дальнейшая автоматическая обработка при помощи встроенного программного обеспечения позволяет получать трехмерное изображение ИОЛ с привязкой к основным осям. Также имеются алгоритмы для определения центра зрачка и отдельно плоскости передней поверхности ИОЛ. За эталонную принимается условная ось, соединяющая верхушку роговицы с центром зрачка, также измерение при помощи данного

метода требует мидриаза. За счет этой особенности снижается достоверность измерения положения ИОЛ, так как, во-первых, сам зрачок не всегда имеет идеально округлую форму, а также может располагаться парацентрально относительно геометрического центра, более того при изменении его диаметра происходит изменение положения центра. Поэтому смещение опорной оси приводит к искажению получаемой информации [141, 194, 170].

Ультразвуковые методы исследования имеют несомненные преимущества, так как позволяют получать изображение анатомических структур глаза с высоким разрешением и большой точностью. Однако, по природе ультразвука, этот метод является контактным, а применительно к переднему отрезку глаза требует постановки специальной ванночки, заполняемой иммерсионным раствором для возможности проведения исследования. Данная особенность требует положения пациента лежа на кушетке, что, несомненно, влияет на изменение топографии комплекса ИОЛ–капсульный мешок по сравнению с положением пациента сидя. Поэтому в клинической практике данный метод широко применяется для определения стабильности положения ИОЛ в динамике, т.е. качественно, и реже для количественного измерения и сравнения наклона и децентрации ИОЛ [129, 166, 193, 167].

Оптическая когерентная томография переднего отрезка глаза (ОСТ-AS) эволюционно является более эффективным методом измерения положения ИОЛ, поскольку использует зрительную ось. Высокая повторяемость данного метода заключается в том, что при должной фиксации взора указанная ось каждый раз будет неизменна. ОСТ-AS исследование на немидриатических зрачках позволяет увеличить точность измерений т. к. исключает влияние различного тонуса цилиарных мышц при определении наклона ИОЛ и смещением центра зрачка при определении децентрации [202].

Существуют когерентные томографы переднего отрезка глаза, которые могут автоматически рассчитывать наклон и децентрацию ИОЛ (Casia2, TOMEY GmbH). Использование универсальных томографов (RTVue, Optovue Inc) для

определения положения ИОЛ требует предварительно компьютерной обработки изображения и дальнейшего расчета.

На сегодняшний день существуют различные модели томографов, некоторые из которых позволяют проводить исследование только переднего отрезка глаза, другие являются универсальными с возможностью исследования, в том числе, структур глазного дна.

4.2 Метод определения наклона и децентрации интраокулярной линзы при помощи оптической когерентной томографии

С учетом бесконтактного измерения, высокой воспроизводимостью данных при повторных исследованиях, отсутствие влияния размера и формы зрачка, использование метода оптической когерентной томографии для определения положения ИОЛ удобно и предпочтительно в клинической практике [183].

Прибор Optovue, используя протокол переднего отрезка Cornea Crossline, позволяет получать фронтальные изображения ИОЛ в перпендикулярных меридианах, с возможностью выбора шага в 5 градусов, с дальнейшей возможностью обработки изображения, используя встроенные утилиты.

Для определения степени дислокации КИКМ необходимо использовать встроенные инструменты, позволяющие измерить наклон и децентрацию ИОЛ. Однако для определения угла наклона ИОЛ необходимо точно знать плоскость ИОЛ, потому что функции автоматического определения плоскости ИОЛ у данного прибора нет. Поэтому данную ось плоскости ИОЛ нужно выставить в ручном режиме. Особенностью использования изображения получаемого ОКТ RTVue (Optovue, USA) является то, что видимый срез ИОЛ ограничен размером зрачка, т. к. прибор является оптическим. Следовательно, нельзя провести линию, соединяющую края ИОЛ, которая явилась бы линией плоскости ИОЛ. Более того, различные модели ИОЛ имеют различный профиль, так

асферическая оптика имеет более плоскую переднюю поверхность, по сравнению с задней, у данных линз их плоскость с небольшой погрешностью будет совпадать с передней поверхностью. Однако у сферических линз и передняя и задняя поверхности ИОЛ имеют определенный радиус, поэтому в данном случае определение плоскости ИОЛ затруднительно, более того при увеличении диоптрийности, радиус передней и задней поверхности уменьшается (ИОЛ становится более выпуклой). Оптический профиль различных моделей ИОЛ представлен на рисунке 17.

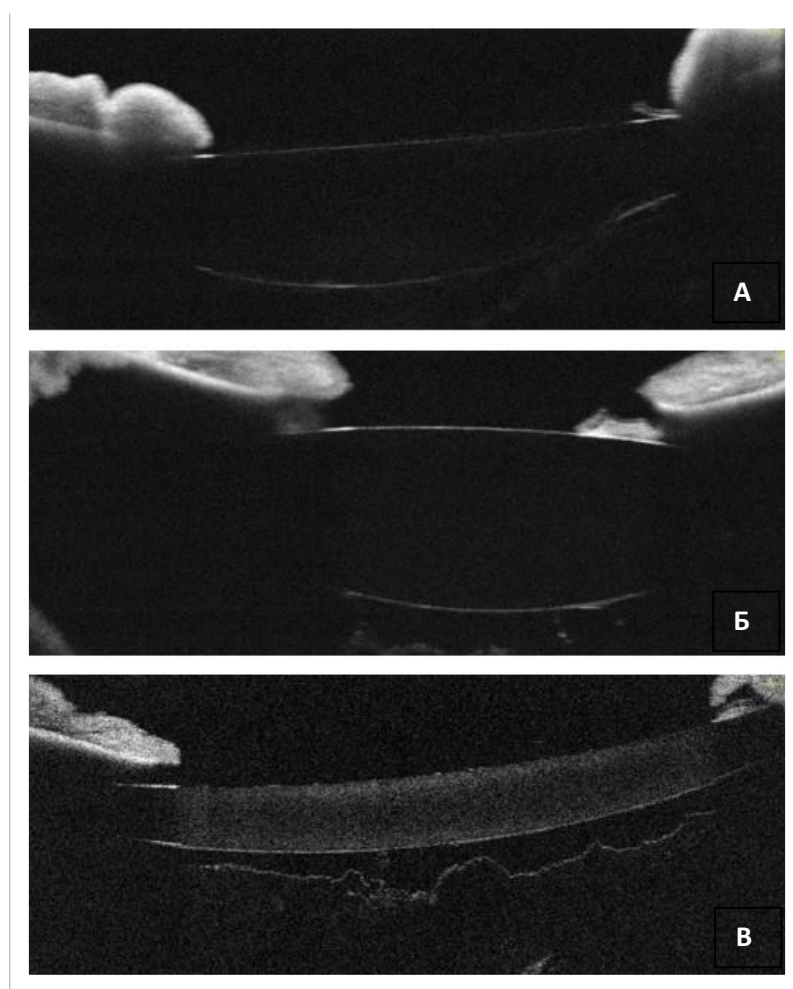


Рисунок 17 - ОСТ изображения профилей различных ИОЛ: асферическая (А), сферическая (Б), малой диоптрийности (В)

Поэтому, для оценки положения ИОЛ, был предложен метод по определению плоскости ИОЛ, основанный на принципе геометрической соразмерности и пропорциональной форме интраокулярной линзы. Согласно данному принципу, каждому отрезку заданной длины, определяющему

толщину ИОЛ в границах видимого среза, будет соответствовать такой же симметрично расположенный отрезок с другой стороны, относительно центра. (Заявка на патент №2021121464 от 19.07.2021).

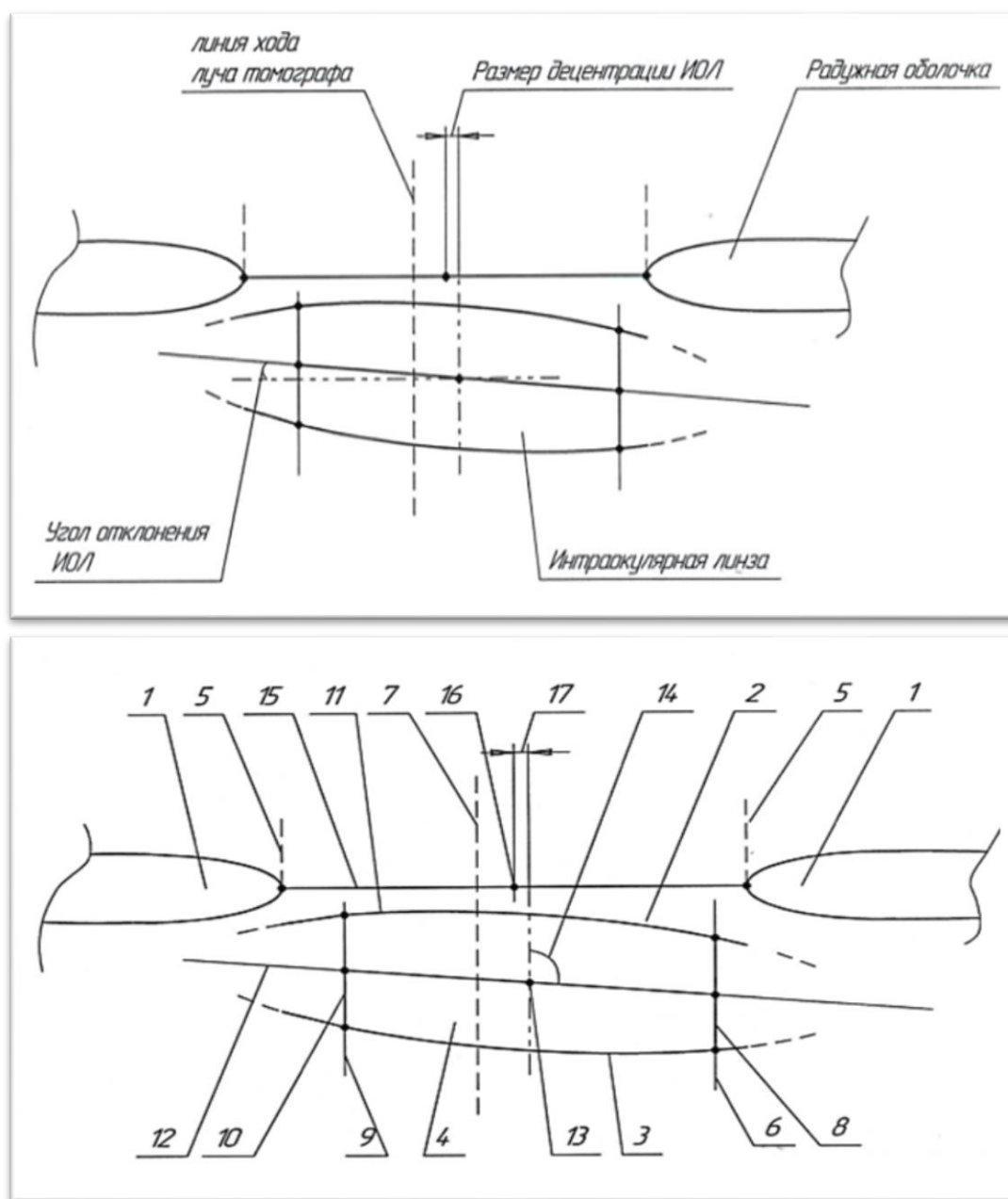


Рисунок 18 - Схема определения положения интраокулярной линзы

Используя рисунок 18, можно проиллюстрировать способ определения положения ИОЛ. Проводят оптическую когерентную томографию переднего отрезка глаза на приборе Optovue (USA), используя протокол сканирования Cornea Crossline, позволяющий получить изображение профиля радужки 1, передней 2 и задней 3 поверхностей интраокулярной линзы 4. Далее при обзоре

снимка View B-scan производят поочередно открытие изображений, полученных в противоположных меридианах. При работе с изображением используют измерения в меню Analyze. В пределах видимого среза интраокулярной линзы 4, ближе к зрачковому краю 5 при помощи инструмента измерения Point Line строят линию 6 параллельно ходу луча 7 томографа, на которой от передней 2 поверхности ИОЛ 4 до задней 3 отмечают первый отрезок 8 и определяют его длину. Затем у другого зрачкового края параллельно ходу луча 7 томографа отмечают линию 9, на которой расстояние от переднего 2 до заднего 3 края интраокулярной линзы равно по длине первому отрезку 8. Строят второй отрезок 10. Далее определяют середины первого 8 и второго 10 отрезков, соединяют их третьим отрезком 11, через который проходит плоскость 12 интраокулярной линзы 4. Середина 13 третьего отрезка 11 является центром интраокулярной линзы 4. Далее определяют положение интраокулярной линзы 4. Для этого первым этапом определяют угол 14 между плоскостью 12 интраокулярной линзы 4 и контрольной линией 7 хода луча томографа (зрительная ось). Вторым этапом определяют размер децентрации относительно середины диаметра зрачка в исследуемом меридиане. Для этого определяют размер отрезка 15, построенного по зрачковому краю в исследуемом меридиане. Определяют середину 16 данного отрезка 15, что соответствует центру зрачка в исследуемом меридиане. Определяют расстояние 17 между центром зрачка и центром интраокулярной линзы.

Для определения угла наклона ИОЛ, производится измерение угла между контрольной линией хода луча томографа (зрительная ось) и плоскостью ИОЛ. Углом наклона будет считаться разница между полученным значением и прямым углом 90° (Рисунок 19).

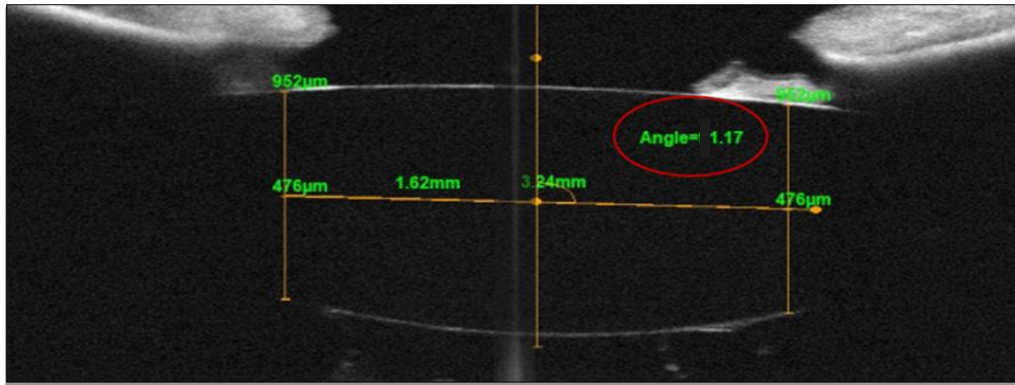


Рисунок 19 – Наклон ИОЛ относительно зрительной оси 1,17°

После определения центра ИОЛ определяют величину децентрации относительно середины диаметра зрачка в исследуемом меридиане (рисунок 20).

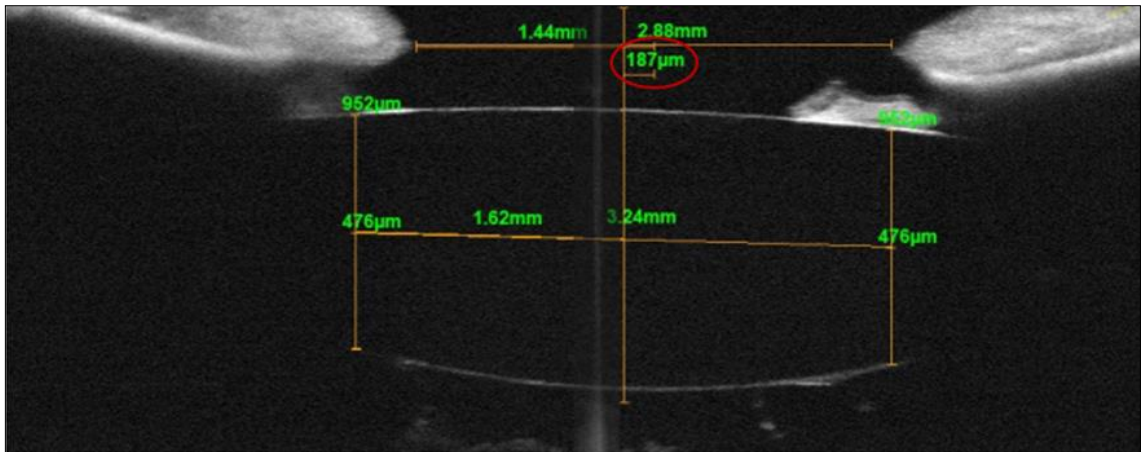


Рисунок 20 – Децентрация ИОЛ в исследуемом меридиане 187 мкм

Данный способ позволяет оценить плоскость и центр различных моделей ИОЛ, необходимых для определения угла наклона и децентрации ИОЛ.

Принято определять наклон ИОЛ как угол между эталонной осью и плоскостью ИОЛ, а децентрацию ИОЛ как дистанцию между центром ИОЛ и эталонной осью. Нами предложено определять и исследовать децентрацию относительно центра зрачка, так как практически интраоперационно хирург не может визуализировать оптическую ось и, следовательно, ориентироваться на неё. Зрачок в этом смысле является тем ориентиром, относительно которого возможно позиционирование и центрирование оптики ИОЛ во время шовной фиксации дислоцированного КИФКМ.

4.3 Результаты сравнительной оценки положения ИОЛ в исследуемых группах в послеоперационном периоде

Определение положения ИОЛ производилась в отдаленном послеоперационном периоде, спустя не менее 5 лет. Оценивались результаты у пациентов исследуемой группы и группы сравнения, а также у пациентов контрольной группы.

По предложенному методу произведено исследование наклона и децентрации при помощи оптической когерентной томографии (Optovue, AS-OCT), используя протокол сканирования Cornea Crossline. Измерение данных параметров производилось в двух меридианах (горизонтальный и вертикальный).

В таблице 12 представлены значения наклона и децентрации у пациентов исследуемых групп. Значения наклона соответствуют разнице между углом в 90° (от оси «константы» - зрительная ось) и имеющейся плоскостью оптики ИОЛ. Значения децентрации представлены в миллиметрах и показывают расстояние от центра зрачка до геометрического центра оптики ИОЛ в исследуемом меридиане. Также представлены данные группы контроля (пациенты с артификацией и высокой НКОЗ), для наглядной оценки в части относительной нормы.

Таблица 12 – Параметры положения ИОЛ в исследуемых группах

Сравниваемые группы Положение ИОЛ		Основная группа		Группа сравнения (n=56)	Группа контроля (n=66)	Уровень значимости различий, р
		Тактика операции				
		T1 (n=52)	T2 (n=48)			
		1	2	3	4	
Наклон (градусы)	Горизонтальный меридиан	3,17° ±0,35	3,11° ±0,27	2,78° ±0,24	3,11° ±0,27	р _{1,2,3-4} >0,05
	Вертикальный меридиан	2,38° ±0,26	2,56° ±0,14	2,28° ±0,29	2,56° ±0,14	р _{1,2,3-4} >0,05
Децентрация (миллиметры)	Горизонтальный меридиан	0,38 ±0,03	0,16 ±0,02	0,35 ±0,03	0,16 ±0,02	р ₁₋₄ <0,001 р ₂₋₃ <0,001
	Вертикальный меридиан	0,44 ±0,04	0,23 ±0,02	0,74 ±0,08	0,23 ±0,02	р ₁₋₃ <0,001 р ₂₋₃ <0,001

Сравнение показателей наклона ИОЛ в двух меридианах в исследуемых группах говорят о незначительной разнице данных параметров. Что свидетельствует о правильном фронтальном положении оптики ИОЛ. Из таблицы видно, что имеются некоторые различия по параметрам децентрации ИОЛ по вертикальному меридиану в исследуемых группах и группе контроля.

В литературе имеются различные данные относительно возможного изменения положения ИОЛ без ущерба качеству зрения. Ale J. [41] сообщает о допустимом наклоне на 2-3° и децентрации 200–300 мкм. Lawu T. [89] сообщает о децентрации в 500 мкм, вызывающей визуальные симптомы, более ранние данные компьютерного моделирования демонстрируют значимые зрительные нарушения и появление косого астигматизма при наклоне более 5° и децентрации в 1 мм [75]. (Madrid-Costa D., 2012) считает значение 400 мкм децентрации пограничным и отмечает, что более критичны к изменению положения мультифокальные ИОЛ и асферические ИОЛ, по сравнению со сферическими ИОЛ. Нужно также отметить, что данные параметры касаются положения ИОЛ, оцениваемых после первичной хирургии катаракты.

Полученные параметры децентрации в исследуемой группе хотя и отличаются от контрольной, однако укладываются в значения параметров, которые по литературным данным не влияют значительно на качество оптики. Тогда как в группе сравнения, децентрация ИОЛ в вертикальном меридиане достоверно отличается более чем на 40%. По всей видимости данная особенность связана с невозможностью точно центрировать оптику ИОЛ относительно зрачка за счет дозированного натяжения нитей при склеральной фиксации. Также нужно отметить, что именно в вертикальном меридиане проходила ось фиксации, так как карманы Хоффмана формировались на 6 и 12 часах.

Предлагаемые методы хирургического лечения шовной фиксации к радужной оболочке позволяют с большей вероятностью обеспечить правильное фронтальное положение оптики ИОЛ за счет меньшего риска наклона оптики ИОЛ, так как при шовной фиксации к радужной оболочке плоскость радужки и комплекса ИОЛ–капсульный мешок совпадают.

4.4 Результаты сравнительной оценки влияния положения ИОЛ на наличие и выраженность aberrаций волнового фронта в послеоперационном периоде

Аберрометрия проводилась на приборе OPD-Scan III, позволяющем дифференцировать роговичные и внутренние aberrации, что принципиально, так как именно показатели внутренних aberrаций указывают на влияние положения оптики ИОЛ. Измерение aberrаций проводили при естественном освещении без мидриаза.

Так как ранее были выявлены различия при оценке положения ИОЛ относительно группы сравнения, то была проведена сравнительная оценка влияния децентрации ИОЛ на показатели аберрометрии в отдаленном послеоперационном периоде у пациентов исследуемых групп.

Выполнялось определение таких показателей волнового фронта как: среднеквадратичная ошибка суммарного волнового фронта (Total RMS), а также внутренние aberrации различных порядков (абберации наклона «tilt», суммарные aberrации высшего порядка «high», включающие aberrации кома, трифойл, сферические). В таблице 13 представлены используемые для оценки качества зрения параметры aberрометрии.

Таблица 13 – Показатели исследуемых aberrаций ($M \pm m$)

Показатели aberрометрии		Основная группа		Группа сравнения (n=56)	Группа контроля (n=66)	Уровень значимости различий, p
		T-1 (n=52)	T-2 (n=48)			
		1	2			
Total RMS		0,48 $\pm$ 0,05	0,53 $\pm$ 0,04	0,87 $\pm$ 0,11	0,29 $\pm$ 0,03	$P_{1-3,4} < 0,05$ $P_{2-3,4} < 0,05$
Внутренние aberrации	Общие	1,31 $\pm$ 0,26	0,97 $\pm$ 0,04	1,82 $\pm$ 0,15	0,66 $\pm$ 0,08	$P_{1-3,4} < 0,01$ $P_{2-3,4} < 0,05$
	«High»	0,54 $\pm$ 0,09	0,29 $\pm$ 0,02	0,88 $\pm$ 0,11	0,19 $\pm$ 0,07	$P_{1-3,4} < 0,01$ $P_{2-3,4} < 0,05$
	«Coma»	0,22 $\pm$ 0,03	0,20 $\pm$ 0,02	0,32 $\pm$ 0,02	0,09 $\pm$ 0,01	$P_{1-3,4} > 0,05$ $P_{2-3,4} > 0,05$

Так как полученные ранее значения наклона ИОЛ в исследуемых группах и группе контроля незначительно отличались между собой, далее был проведен корреляционный анализ данных, для определения взаимосвязи параметров децентрации ИОЛ и количественных характеристик aberrаций волнового фронта в исследуемой группе. В таблице 14 представлены значения рассчитанных коэффициентов корреляции между параметрами децентрации и выявленными aberrациями.

Таблица 14 – Значение коэффициента корреляции (децентрация ИОЛ/абберация)
в исследуемых группах

		Шовная фиксация к радужной оболочке				Шовная фиксация к склере (n=56)	
		T-1 (n=52)		T-2 (n=48)		Горизонт меридиан	Вертик меридиан
Децентрация		Горизонт меридиан	Вертик. меридиан	Горизонт меридиан	Вертик меридиан	Горизонт меридиан	Вертик меридиан
Total RMS		0,06	0,23	0,23	0,32	0,26	0,85
Внутренние абберации	Общие	0,48	0,19	0,23	0,3	0,22	0,31
	«High»	0,6	0,24	0,04	0,01	0,21	0,93
	«Coma»	0,27	0,17	0,27	0,2	0,09	0,11

Значимыми считали значения коэффициента корреляции больше $-0,8$ и меньше $0,8$.

В исследуемой группе (Тактика 1) имелась положительная корреляция внутренних аббераций высшего порядка «High» и децентрации в горизонтальном меридиане. У пациентов (Тактика 2) не обнаружено корреляционных зависимостей между значениями децентрации и показателями аббераций.

В группе пациентов с фиксацией к склере выявлена положительная корреляция между децентрацией в вертикальном меридиане с интегральным показателем RMS, а также с внутренними абберациями высшего порядка «High», что говорит об определенном влиянии выявленной децентрации на волновой фронт, и как следствие, на качество оптической системы.

Нужно отметить, что пациенты субъективно не предъявляли жалоб на фотические феномены, свойственные абберационному влиянию, такие как двоение, искажения, туман и размытость изображения, описываемые в литературе как эффекты «halo», «glare», «starbursts».

Для итоговой оценки влияния выявленных значений абберационных показателей на зрительные функции проверялась корреляционная зависимость среднеквадратичного значения ошибок волнового фронта (RMS) и максимально

корректированной остроты (с учетом пределов погрешности в %). На представленных ниже рисунке 21 и рисунке 22 наглядно показано влияние полученных интегральных значений аберраций на итоговую МКОЗ у пациентов исследуемых групп.

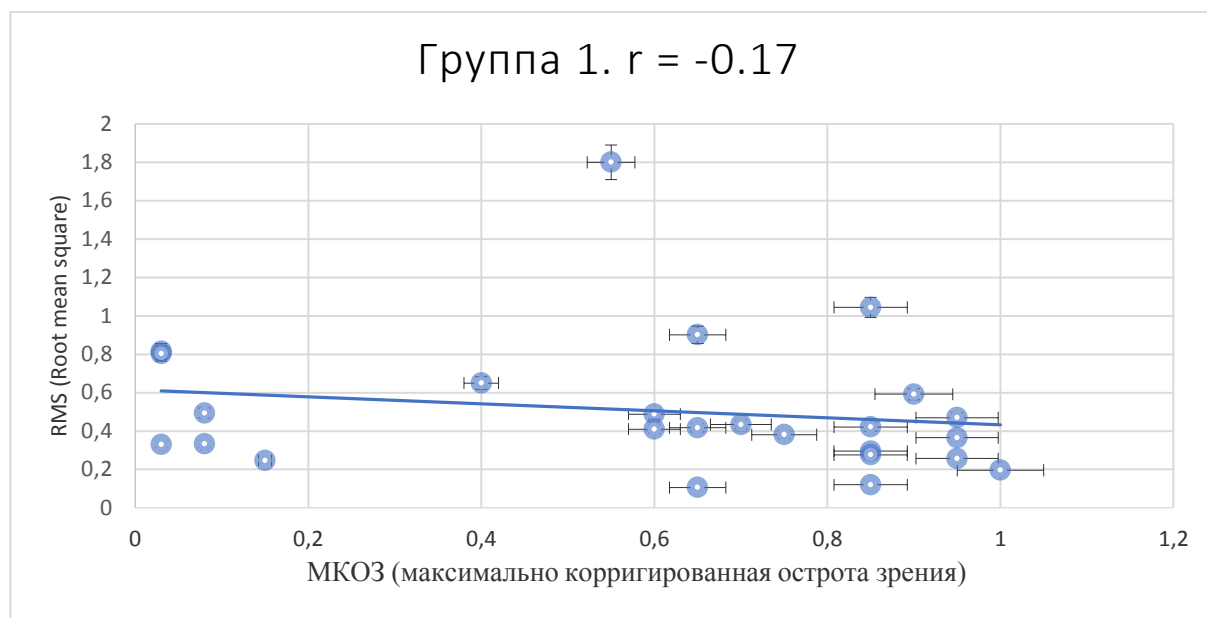


Рисунок 21 - Влияние среднеквадратичного значения аберраций (RMS) на максимально скорректированную остроту зрения у пациентов исследуемой группы Тактика 1

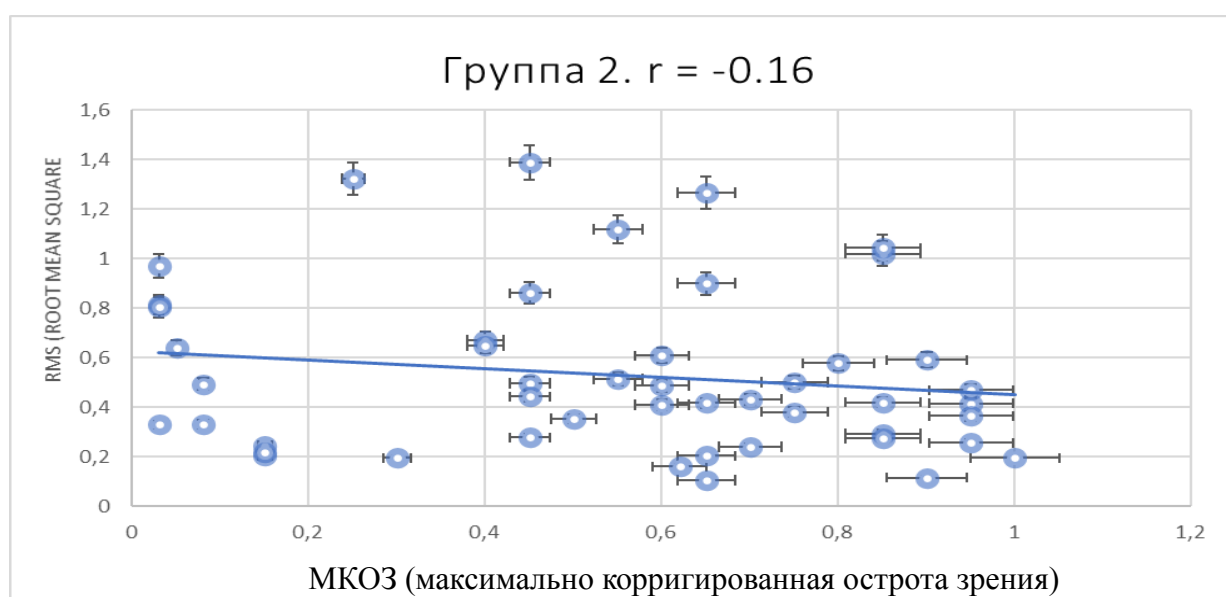


Рисунок 22 - Влияние среднеквадратичного значения aberrаций (RMS) на максимально корригированную остроту зрения у пациентов исследуемой группы Тактика 2

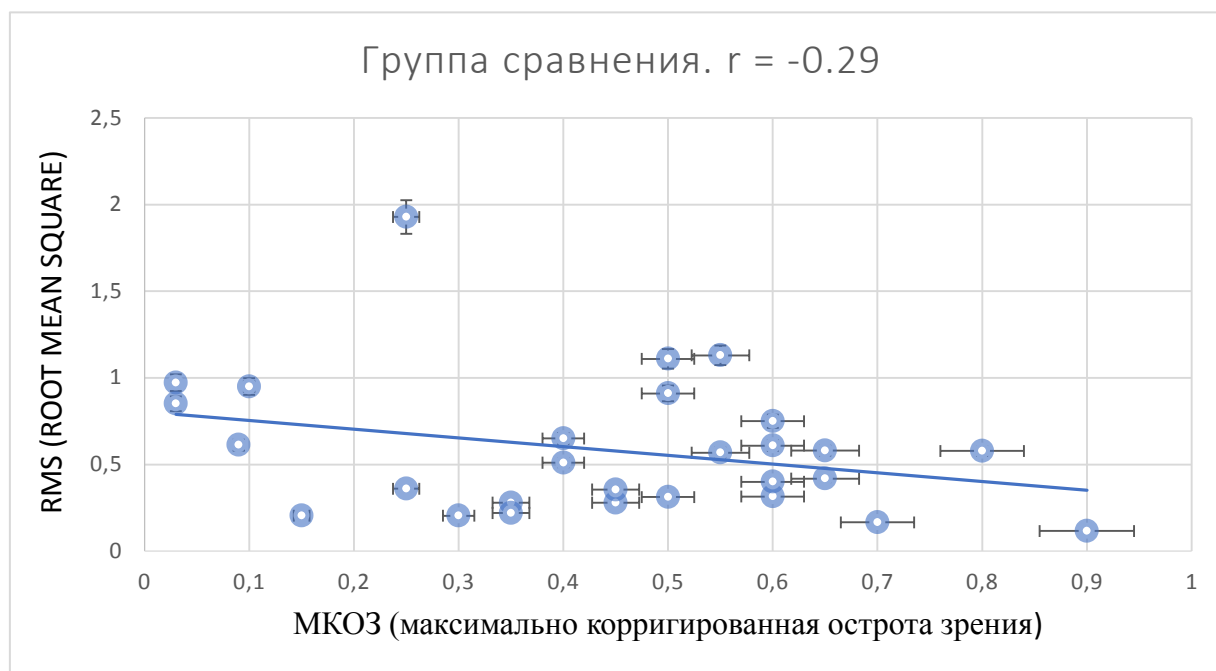


Рисунок 23 - Влияние среднеквадратичного значения aberrаций (RMS) на максимально корригированную остроту зрения у пациентов группы сравнения

Из представленных диаграмм видна слабая отрицательная зависимость между указанными параметрами в исследуемых группах, что говорит о низком влиянии погрешностей оптической системы на итоговые функциональные показатели.

Таким образом правильное центральное положение ИОЛ снижает aberrации волнового фронта и обеспечивает высокое качество зрения. Наклон и децентрация ИОЛ являются ключевыми параметрами, которые влияют на появление aberrаций.

4.5 Результаты сравнительной оценки пупиллометрии в исследуемых группах

Немаловажным фактором является сохранность должного размера и диафрагмальной функции зрачка после шовной фиксации КИКМ к радужной оболочке. Так, например, увеличение размера зрачка в 2 раза, увеличивает сферическую аберрацию в 16 раз [89]. Поэтому, у пациентов обеих групп проведена пупиллометрия при фотопических и мезопических условиях. Данные измерения проводили с целью оценки размера и формы зрачка, а также сохранности его диафрагмальной функции после проведенной репозиции и фиксации ИОЛ предложенными методами.

В таблице 15 представлены количественные показатели размера зрачка при различном уровне освещения у исследуемых пациентов.

Таблица 15 – Параметры размера и экскурсии зрачка ($M \pm m$)

		Основная группа		Группа сравнения (n=56)	Группа контроля (n=66)	Уровень значимости различий, p
		T-1 (n=52)	T-2 (n=48)			
		1	2			
Размер зрачка (мм)	Фотопические условия	3,46 $\pm 0,2$	3,57 $\pm 0,08$	3,99 $\pm 0,11$	3,35 $\pm 0,09$	$p_{1,2,3-4} > 0,05$
	Мезопические условия	4,0 $\pm 0,1$	4,11 $\pm 0,09$	4,52 $\pm 0,12$	4,25 $\pm 0,11$	$p_{1,2,3-4} > 0,05$

Диафрагмальная функция рассчитывалась как разница в % между размером зрачка при фотопических и мезопических условиях. В исследуемой группе экскурсия составила 13,5% (Тактика 1), во второй 13,1% (Тактика 2), и 11,7% в группе сравнения. Экскурсия в группе контроля составила 21,1%.

Как видно из полученных данных, экскурсия зрачка у пациентов является сохранной. Также не отмечено нарушения округлой формы зрачка. Не выявлено достоверных различий по размеру, форме и экскурсии зрачка у пациентов с шовной фиксацией дислоцированного КИфКМ к радужной оболочке и к склере.

В современных условиях офтальмохирург при выборе техники лечения пациентов с дислокацией КИфКМ, должен учитывать не только возможность анатомического восстановления положения ИОЛ, но и стремиться к достижению наилучшего качества зрения. Не оптимальное положение ИОЛ приводит к снижению контрастной чувствительности, появлению положительных и отрицательных дисфотопсий, а также аббераций волнового фронта. Возможность определения положения ИОЛ и внутренних аббераций при помощи современного оборудования позволяет оценивать результат хирургии на более высоком уровне.

Техника шовной фиксации ИОЛ к радужной оболочке, предложенная Ивановым Д.И. (патент РФ 2402997 от 25.06.2009), позволяет обеспечить правильную округлую форму зрачка, сохранить диафрагмирующую функцию радужки, за счет должного позиционирования шва на радужке и дозированного натяжения при формировании узла (шов располагается на расстоянии 2,5–3,5 мм от зрачкового края, длина стяжка 1–1,5 мм) который располагается вне сфинктера зрачка. Полученные данные пупиллометрии в исследовании получили инструментальное подтверждение. Незначительная разница по экскурсии зрачка между группами скорее всего связана с высокой частотой проявления псевдоэксфолиативного синдрома у пациентов с дислокацией КИфКМ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным ВОЗ в структуре слепоты и слабовидения катаракта является основным заболеванием, превосходящим суммарно частоту всех прочих.

Развитие технологий за последнее время позволяют рассматривать факоэмульсификацию как прогнозируемое высокоэффективное малоинвазивное вмешательство, предполагающее низкую частоту интраоперационных осложнений и быструю реабилитацию.

Успешное завершение хирургического этапа обеспечивает правильное расположение оптики ИОЛ за счет центрирования внутри капсульного мешка. В раннем послеоперационном периоде в течение 1–1,5 мес. происходит смыкание переднего и заднего листков капсулы, формирование капсульного перегиба по краю оптики ИОЛ, таким образом формируется новая структура, которая в дальнейшем рассматривается как единое целое – Комплекс ИОЛ-капсульный мешок (КИКМ) [26]

В ряде случаев в отдаленном послеоперационном периоде происходит гистологическое изменение структуры соединительной ткани капсульного мешка с развитием фиброзно-пластической трансформации. Данный процесс приводит к уплотнению и снижению прозрачности капсульных листков, а развитие контрактонного рубцевания и фимоза отверстия капсулорексиса нарушает правильное положение оптики ИОЛ вызывая её наклон и децентрацию, иногда заканчивающиеся дислокацией всего комплекса ИОЛ–фиброзированный капсульный мешок (КИфКМ).[101, 82, 130]

В клинической практике совокупность симптомов характерных крайней выраженности фиброзного процесса объединяют, используя единый термин – Контракционный капсулярный синдром (ККС) [82].

Важной отличительной особенностью данного патологического состояния является отсутствие классической стадийности. Основными клиническими проявлениями фиброза капсульного мешка являются:

- уплотнение края капсулорексиса в некоторых местах;
- уплотнение всего переднего капсулорексиса в месте контакта с оптикой ИОЛ;
- дополнительно формирование капсульных складок;
- чрезмерный/ассиметричный фиброз в сочетании с эксцентрическим смещением капсулорексиса, фимоз капсулорексиса и сокращение капсулы

Частота встречаемости фиброзных изменений капсульного мешка колеблется от 10 до 58,5%, в сроках от 3-х месяцев до 5 лет после факоэмульсификации [17].

Этиологически развитие ККС является многофакторным [108, 90, 169]. К общим факторам относятся: возраст пациентов, общесоматическое состояние и некоторые хронические заболевания, наличие псевдоэксфолиативного синдрома [3]. Местными факторами способствующими развитию ККС, являются материал ИОЛ, тип и конструкция ИОЛ, размер и форма капсулорексиса [145, 39, 40, 103, 160, 87, 137].

Определенное значение в профилактике данного состояния имеет полировка передней капсулы по типу «пилинга» с целью удаления эпителиальных клеток с внутренней поверхности передней капсулы во время проведения факоэмульсификации, т. к. уменьшается количество патогенетического субстрата [86].

Использование внутрикапсульных колец (ВКК) также в некоторой степени позволяет уменьшить вероятность чрезмерного фиброза капсульного мешка за счет более плотной адгезии передней и задней капсулы и равномерного распределения нагрузки на экватор капсульного мешка [14, 15, 116].

В ряде случаев, при имеющихся признаках контракционного воздействия на передний капсулорексис, используются радиальные послабляющие насечки при помощи YAG-лазера [154, 24].

Несмотря на изученные патогенетические механизмы данного процесса, заключающегося в эпителиально-мезенхимальном переходе клеток, располагающихся на внутренней поверхности капсульного мешка, а также их

дальнейшей миграции и пролиферации, не существует этиотропного лечения данного состояния [46, 195, 93, 208, 164, 165, 92, 181, 190, 18].

В клинической практике фиброзные изменения капсульного мешка сочетаются с нарушением сохранности связочного аппарата. При этом степень выраженности каждого из механизмов может варьировать.

Общим итогом является нарушение правильного расположения комплекса ИОЛ–фиброзированный капсульный мешок, вследствие сочетания двух механизмов (спонтанная дислокация и фиброз капсульного мешка) [23, 55].

Существуют два основных направления, связанных с хирургическим лечением при дислокации КИКМ – это шовная фиксация к склере [104, 212, 16] и к радужной оболочке [38, 64, 13]. Также зарубежные авторы в некоторых случаях применяют замену дислоцированной ИОЛ на модели с «iris-clow» фиксацией, что является более инвазивным вмешательством [38].

Шовная фиксация КИКМ к радужной оболочке обладает меньшим риском осложнений и повторных дислокаций, по сравнению со склеральной фиксацией. Правильное внутрикапсульное положение ИОЛ обеспечивает соответствие плоскости радужки и комплекса ИОЛ–капсульный мешок при шовной фиксации к радужной оболочке, что обеспечивает преимущественно низкий риск наклона оптики ИОЛ [74, 118, 146, 155, 174, 180, 199].

Метод хирургического лечения при дислокации КИКМ должен обеспечивать не только стабильную фиксацию, но и приближенное к анатомическому положение ИОЛ, т.к. наклон более 3° [41] и децентрация более 400 мкм [89] от зрительной оси снижают качество зрения, вызывая оптические aberrации, дефокусировку, астигматизм, не поддающиеся очковой коррекции.

На сегодняшний день хирургическое лечение дислокации КИКМ, сочетающей проявления инволюционного разрушения связочного аппарата и фиброзного изменения капсульного мешка различной степени выраженности, является актуальной проблемой. Использование технологии шовной фиксации к радужной оболочке при дислокации КИКМ, осложнённой фиброзом

капсульного мешка, требует дифференцированного подхода при выборе метода хирургического лечения в зависимости от проявления патологического процесса.

Это послужило причиной для постановки цели данного исследования: разработка дифференцированного подхода для выбора метода хирургического лечения дислокации комплекса ИОЛ–фиброзированный капсульный мешок на основе технологии шовной фиксации к радужной оболочке.

На первом этапе было выделено две группы пациентов, прооперированных в период с 2014–2016 годы по причине дислокации КИКМ

Основная группа – 100 пациентов (100 глаз), прооперированных методом шовной фиксации к радужной оболочке за 2 дужки, средний возраст группы составлял $75,7 \pm 1,3$ года, женщин было 52, мужчин – 48.

Пациенты данной группы были разделены по типу применяемой тактики лечения:

- Тактика 1. Подшивание КИКМ к радужной оболочке на опорной игле без манипуляций с капсульным мешком 52 пациента (52 глаза).
- Тактика 2. Подшивание ИОЛ к радужной оболочке в сочетании с различными манипуляциями на капсульном мешке, направленными на частичное или полное удаление фиброзной ткани 48 пациентов (48 глаз).

Группа сравнения 56 пациентов (56 глаз), прооперированных методом шовной фиксации к склере («ab externo»), с применением метода погружения узлов в склеральные карманы ХOFFмана, средний возраст группы составлял $78,4 \pm 1,2$ года, женщин было 18 мужчин – 10.

В дальнейшем, на этапе сравнительной оценки результатов лечения, в дополнение к группе сравнения, выделена контрольная группа 66 пациентов (66 глаз), прооперированных в 2014–2016 годах, по поводу неосложненной возрастной катаракты (критерием отбора явилось отсутствие сопутствующей глазной патологии и высокая НКОЗ = 0,8–1,0). Полученные результаты при обследовании пациентов данной группы использовались как вариант нормы, при сравнении различных функциональных и анатомических показателей, а также

значений аберрометрии. Средний возраст в группе составлял $70,1 \pm 1,6$ года, женщин было 20, мужчин 13.

Стадию дислокации КИКМ определяли по классификации (Lorente R., 2008 года) [83]. Согласно данной градации в исследуемой группе выявлена следующая частота дислокаций: 1 стадия – 16%, 2 стадия – 82%, 3 стадия – 2%, в группе сравнения 1 стадия – 7%, 2 стадия – 82%, 3 стадия – 11%.

Средний срок от момента имплантации ИОЛ до развития дислокации КИКМ составил в основной группе: тактика 1 – $7,23 \pm 0,7$ года, тактика 2 – $6,8 \pm 0,7$ года, в группе сравнения $8,2 \pm 0,8$ года.

С учетом катamnестических данных, у пациентов основной группы, была определена совокупная частота проявления фиброза капсульного мешка, а также его варианты и преимущественная локализация (передняя капсула 62%, задняя капсула 10%, смешанная 28%); степень выраженности фиброза (единичные уплотнение края капсулорексиса 8%, уплотнение капсулорексиса по всей окружности 80%, дополнительные складки передней капсулы 8%, фиброз всего листка капсулы 4%).

Полученные данные согласуются с имеющимися в литературе описаниями более частого развития фиброзного процесса по переднему листку капсульного мешка [101, 82], что подтверждается патогенетическим механизмом эпителиально-мезенхимального перехода «А-клеток». Редко встречающиеся варианты контракционного капсулярного синдрома, были выявлены только у 12% из основной группы, у более чем 80% пациентов наблюдался умеренный фиброз передней капсулы со снижением её прозрачности, однако данные изменения не носили контракционный характер fimоза переднего капсулорексиса и не доходили до оптического центра.

Для лечения пациентов с дислокацией комплекса ИОЛ-фиброзированный капсульный мешок применялись следующие авторские методы, используемые в АО Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза»

В основной группе пациенты были поделены на 2 подгруппы по типу используемой хирургической тактики.

Тактика 1 (52 глаза) была проведена шовная фиксация КИКМ к радужной оболочке за 2 дужки, на опорной игле 30G, без дополнительных манипуляций на капсульном мешке (Патент РФ № 2444339, от 26.11.2010). Были получены следующие функциональные результаты ($M \pm m$): до оперативного лечения НКОЗ=0,21±0,03, МКОЗ=0,42±0,05, ВГД 22,5±1,9 мм.рт.ст; в раннем послеоперационном периоде (3-5 сутки после операции): НКОЗ=0,28±0,03; МКОЗ=0,57±0,06; ВГД 13±1,1 мм.рт.ст. Таким образом средний прирост МКОЗ в раннем послеоперационном периоде составил 26%. Не отмечено повышения ВГД после операции, более того имелась тенденция к снижению средних значений по группе. Количество эндотелиальных клеток на 1 мм² до операции составляло в среднем 1920±84, в послеоперационном периоде составило 1751±91, что соответствует 9% потери.

Встречавшиеся осложнения: интраоперационные - кровотечение в п/к из сосудов корня радужки 4 (7,6%), послеоперационные – геморрагический феномен Тиндаля (2-3ст) 2 (3,8%), офтальмогипертензия 4 (7,6%), складки десцеметовой оболочки 8 (15,3%), кистозный макулярный отек 1 (1,9%).

Тактика 2 (48 глаз) была проведена шовная фиксация дислоцированной ИОЛ к радужной оболочке за 2 дужки, однако дополнительно в зависимости от выраженности фиброза капсульного мешка осуществлялось его дозированное иссечение:

- Подшивание КИКМ на опорной игле с хирургическим удалением вторичной катаракты и иссечением фимоза передней капсулы и/или частичная витрэктомия (24 глаз) (Патент РФ 2524195, от 26.02.2013).
- Подшивание ИОЛ к радужке с удалением капсульного мешка (14 глаз) (Патент РФ 2740330, от 13.01.2021).
- Подшивание ИОЛ к радужке с удалением капсульного мешка и удалением экваториальных хрусталиковых масс (кольцо Земмеринга) (10 глаз).

Получены следующие функциональные результаты ($M \pm m$): до оперативного лечения НКОЗ=0,14±0,03, МКОЗ=0,32±0,05, ВГД 19,2±1,7 мм.рт.ст; в раннем послеоперационном периоде (3-5 сутки после

операции): НКОЗ=0,21±0,02; МКОЗ=0,48±0,05; ВГД 11,3±1,1 мм.рт.ст. Средний прирост МКОЗ в раннем послеоперационном периоде составил 33%. Не отмечено повышения ВГД после операции. Количество эндотелиальных клеток на 1 мм² до операции составляло в среднем 1644±85, в послеоперационном периоде составило 1438±84, что соответствует 12,5% потери.

Встречавшиеся осложнения: интраоперационные - кровотечение в п/к из сосудов корня радужки 4 (8,3%), незапланированная витрэктомия 4 (8,3%), послеоперационные – геморрагический феномен Тиндаля (2-3ст) 2 (4,1%), складки десцеметовой оболочки 8 (16,6%), кистозный макулярный отек 1 (4,1%).

В описании методов также приводятся оригинальные технические решения, касающиеся интраоперационной поддержки и репозиции дислоцированного КИКМ (техника «третьей руки», техника «страховочного шва», использование иглы 30G), а также техники освобождения ИОЛ от фиброзированных тканей капсульного мешка (техника разделения капсульного мешка на 2 фрагмента, техника удаления капсульного мешка единым конгломератом).

В группе сравнения (56 глаз) у пациентов с шовной фиксацией к склере дислоцированного комплекса ИОЛ–капсульный мешок применялась техника («ab externo») с погружением узлов в склеральные карманы Хоффмана. Получены следующие функциональные результаты (М±m): до оперативного лечения НКОЗ=0,14±0,02, МКОЗ=0,33±0,03, ВГД 19,9±0,4 мм.рт.ст; в раннем послеоперационном периоде (3-5 сутки после операции): НКОЗ=0,25±0,02; МКОЗ=0,48±0,04; ВГД 10,8±1,1 мм.рт.ст. Средний прирост МКОЗ составил 31% в раннем и 40% в отдаленном послеоперационном периоде по сравнению с дооперационными показателями. Не отмечено повышения ВГД после операции. Количество эндотелиальных клеток на 1 мм² до операции составляло в среднем 1628±50, в послеоперационном периоде 1348±25, что соответствует 17% потери.

Встречавшиеся осложнения: интраоперационные - кровотечение из цилиарного тела 4 (7,1%), незапланированная витрэктомия 6 (10,7%),

послеоперационные – геморрагический феномен Тиндаля (2-3ст) 1 (3,5%), складки десцеметовой оболочки 10 (15,1%), развитие эпителиально эндотелиальной дистрофии роговицы 2 (3,5%), кистозный макулярный отек 2 (3,5%).

Также нужно отметить, что время проведения оперативного лечения значительно отличается и составляет при шовной фиксации КИФКМ к радужной оболочке 10 минут, и 30–40 минут при фиксации к склере.

Далее был проведен статистический анализ наиболее часто встречающихся клинических проявлений у пациентов в основной группе, с формированием единой структуры диагностических критериев. Предложены следующие признаки, используемые для выбора хирургической тактики при сочетанном механизме дислокации КИКМ:

1. Проявление фиброза капсульного мешка (фимоз переднего капсулорексиса, фиброз задней капсулы).
2. Влияние изменения структуры капсульного мешка на правильное положение ИОЛ (фронтальный наклон ИОЛ, заворот гаптических элементов до оптической зоны).
3. Наличие ГСТ.
4. Кольцо Земмеринга с высоким риском выхода хрусталиковых масс.

Определены показания для каждого из предлагаемых методов, которые зависят от наличия и сочетания предлагаемых критериев.

Показания к тактике 1. Фиброз капсульного мешка без контракционного фимоза отверстия капсулорексиса, прозрачная задняя капсула, правильное внутрикапсульное положение ИОЛ, отсутствие ГСТ.

Показания к тактике 2. Фиброз капсульного мешка, снижающий прозрачность оптического центра, загиб гаптических элементов, фронтальный наклон оптики ИОЛ, наличие ГСТ, кольцо Земмеринга с риском выхода хрусталиковых масс из экватора.

Следующим этапом исследования являлось определение эффективности и надежности представленных технологий в отдаленном периоде. Для этого

было определен срок послеоперационного наблюдения от 4–6 лет. Данный период выбран с учетом некоторых литературных данных, согласно которым наибольший срок после операции, когда продолжались фиброзные изменения капсульного мешка, составляет 5 лет, что может привести к риску повторного нарушения положения ИОЛ [115].

Функциональные показатели в основной группе, отдаленный послеоперационный период:

- Тактика 1: показатели НКОЗ= $0,3\pm 0,05$, МКОЗ= $0,6\pm 0,06$, ВГД $14,4\pm 0,8$ мм.рт.ст..
- Тактика 2: показатели НКОЗ= $0,2\pm 0,03$, МКОЗ= $0,5\pm 0,05$, ВГД $14,9\pm 1,1$ мм.рт.ст..

В группе сравнения:

- показатели НКОЗ= $0,19\pm 0,03$, МКОЗ= $0,55\pm 0,05$, ВГД $15,7\pm 0,88$ мм.рт.ст..

В основной группе у 5 пациентов обнаружена вновь выявленная псевдоэкссфолиативная первичная открытоугольная глаукома, купированная гипотензивными каплями (2 пациента – при тактике 1, 3 пациента – при тактике 2). У всех пациентов наблюдались стабильные показатели зрительных функции, отсутствие дисперсии пигмента на радужной оболочке, пигментация структур угла передней камеры соответствовала дооперационной. За указанный период не было отмечено случаев повторных дислокаций.

В группе сравнения у 4 пациентов обнаружена вновь выявленная первичная открытоугольная глаукома, 2 случая купированы гипотензивными каплями, в 2-х случаях потребовалось хирургическое лечение глаукомы.

Далее, для объективности при сравнительной оценке анатомо-топографических показателей в исследуемых группах выделена контрольная группа – 66 глаз, прооперированных в 2014–2016 годы, по поводу неосложненной возрастной катаракты (критерием отбора явилось отсутствие сопутствующей глазной патологии и высокая НКОЗ= $0,8–1,0$). Показатели

данной группы принимались за вариант нормы при оценке положения ИОЛ, а также значений aberрометрии.

Определение положения ИОЛ проводилось методом оптической когерентной томографии на приборе RTVue (Optovue, USA) по протоколу Cornea Cross Line являющимся на сегодняшний день наиболее точным [183].

Разработан способ позволяющий определять положения различных моделей ИОЛ (Заявка на патент №2021121464 от 19.07.2021), за счет точного определения плоскости ИОЛ и её геометрического центра. Предложенным способом производились измерения наклона относительно зрительной оси и децентрации ИОЛ относительно центра зрачка.

Применяя данный способ с исследуемых групп получены следующие результаты:

У пациентов с шовной фиксацией комплекса ИОЛ-капсульный мешок без манипуляций с тканями капсульного мешка (Тактика 1): наклон в горизонтальном меридиане $3,17 \pm 0,35^\circ$, наклон в вертикальном меридиане $2,38 \pm 0,26^\circ$; децентрация в горизонтальном меридиане $0,38 \pm 0,03$ мм, децентрация в вертикальном меридиане $0,44 \pm 0,05$ мм;

У пациентов с шовной фиксацией комплекса ИОЛ-фиброзированный капсульный мешок к радужной оболочке в сочетании с частичным, либо полным удалением фиброзной ткани (Тактика 2): наклон в горизонтальном меридиане $2,39 \pm 0,43^\circ$, наклон в вертикальном меридиане $2,48 \pm 0,36^\circ$; децентрация в горизонтальном меридиане $0,38 \pm 0,04$ мм, децентрация в вертикальном меридиане $0,46 \pm 0,06$ мм;

В группе сравнения: наклон в горизонтальном меридиане $2,78 \pm 0,24^\circ$, наклон в вертикальном меридиане $2,28 \pm 0,29^\circ$; децентрация в горизонтальном меридиане $0,35 \pm 0,03$ мм, децентрация в вертикальном меридиане $0,74 \pm 0,08$ мм;

В группе контроля: наклон в горизонтальном меридиане $3,11 \pm 0,27^\circ$, наклон в вертикальном меридиане $2,56 \pm 0,14^\circ$; децентрация в горизонтальном меридиане $0,16 \pm 0,02$ мм, децентрация в вертикальном меридиане $0,23 \pm 0,02$ мм;

Оценивая полученные результаты, отмечено правильное фронтальное положение оптики ИОЛ в исследуемой группе. Отличие по параметрам децентрации ИОЛ между пациентами с шовной фиксацией к радужной оболочке и шовной фиксацией к склере составила: у пациентов с применением тактики 1 – по децентрации в горизонтальном меридиане 30 мкм, в вертикальном меридиане 300 мкм: по наклону в горизонтальном меридиане $0,39^\circ$, в вертикальном меридиане $0,1^\circ$; у пациентов с применением тактики 2 – по децентрации в горизонтальном меридиане 30 мкм, в вертикальном меридиане 280 мкм: по наклону в горизонтальном меридиане $0,39^\circ$, в вертикальном меридиане $0,2^\circ$.

По имеющимся в литературе данным относительно возможного изменения положения ИОЛ без ущерба качеству зрения, Ale J. сообщает о допустимом наклоне на $2-3^\circ$ и децентрации 200–300 мкм [41]. Lawu T. [89] сообщает о децентрации в 500 мкм, вызывающей визуальные симптомы, более ранние данные компьютерного моделирования демонстрируют значимые зрительные нарушения и появление косого астигматизма при наклоне более 5° и децентрации в 1 мм [75]. Madrid-Costa D. пограничным считает значение 400 мкм децентрации. Таким образом, полученные данные положения ИОЛ после шовной фиксации КИКМ к радужной оболочке согласуются с литературными.

В группе сравнения отмечаются достоверно большие значения децентрации в вертикальном меридиане.

Следующим этапом исследования являлось определение качества зрения пациентов с учетом полученных данных о наклоне и децентрации ИОЛ с целью оценки предлагаемых технологий не только с позиции достижения анатомического результата, но и как прецизионные вмешательства, позволяющие обеспечить высокое качество оптики. Для этого пациентам исследуемых групп проводилась аберрометрия на приборе OPD-Scan III (Nidek, Japan), дифференцирующего внутренние аберрации, что позволило оценить влияние положения оптики ИОЛ на волновой фронт. Выполнялось определение основных показателей волнового фронта: среднеквадратичная ошибка

суммарного волнового фронта (Total RMS), внутренние аберрации различных порядков (суммарные аберрации высшего порядка «high» - включающие аберрации кома, трифойл, сферические). Нами выбраны данные показатели как наиболее часто вызывающие дисфотопсии, двоение, искажения, туман и размытость изображения, описываемые в литературе как эффекты «halo», «glare», «starbursts».

Получены следующие достоверные отличия по параметрам аберрометрии. Суммарная среднеквадратичная ошибка волнового фронта (RMS): в основной группе $0,48 \pm 0,05$ при тактике 1 и $0,53 \pm 0,04$ при тактике 2; в группе сравнения $0,87 \pm 0,11$; в группе контроля $0,29 \pm 0,03$.

Общие внутренние аберрации: в исследуемой группе $1,31 \pm 0,26$ при тактике 1 и $0,97 \pm 0,04$ при тактике 2; в группе сравнения $1,82 \pm 0,15$; в группе контроля $0,66 \pm 0,08$.

Суммарные внутренние аберрации высшего порядка: в исследуемой группе $0,54 \pm 0,09$ при тактике 1 и $0,29 \pm 0,02$ при тактике 2; в группе сравнения $0,88 \pm 0,11$; в группе контроля $0,19 \pm 0,07$.

При проведении корреляционного анализа полученных значений аберраций и параметров децентрации обнаружено, что в группе сравнения имелась положительная связь между децентрацией в вертикальном меридиане и показателем RMS, а также с суммарными аберрациями высшего порядка.

При оценке показателей аберрометрии отмечены их не высокие значения, а также доказана низкая корреляция между данными аберрометрии и итоговой МКОЗ в исследуемой группе (Тактика 1: $r = -0,17$; Тактика 2: $r = -0,16$). В группе сравнения прослеживается слабо отрицательная корреляционная зависимость $r = -0,29$

Для оценки влияния предлагаемой технологии шовной фиксации КИфКМ к радужной оболочке на дифрагмальную функцию зрачка, проводилась пупиллометрия, также оценивались размер и форма зрачка, на приборе OPD-Scan III.

Получены следующие данные в исследуемой группе: Тактика 1 при фотопических условиях размер зрачка составил $3,46 \pm 0,2$ мм, при мезопических $4,0 \pm 0,1$ мм; Тактика 2 при фотопических условиях $3,57 \pm 0,08$ мм, при мезопических $4,11 \pm 0,09$ мм; в группе сравнения $3,99 \pm 0,11$ мм и $4,52 \pm 0,12$ мм, в группе контроля $3,35 \pm 0,09$ мм и $4,25 \pm 0,11$ мм соответственно.

В исследуемых группах отличие по экскурсии зрачка составляло в среднем 13%, что говорит о незначительной разнице и подтверждает сохранность анатомической функции зрачка в обеих группах после шовной фиксации КИКМ.

Таким образом, в данной работе были изучены варианты фиброза капсульного мешка, их частота и выраженность при дислокациях КИКМ. Предложены методы хирургического лечения дислокации КИКМ, основанные на принципе шовной фиксации к радужной оболочке. Определены клинические критерии, позволяющие осуществлять выбор тактики лечения. Проведена сравнительная клинико-функциональная, анатоми-топографическая оценка результатов лечения с альтернативным методом шовной фиксации к склере. На основании проведенного анализа полученных данных, а также показателей аберрометрии доказана преимущественная эффективность, надежность и прецизионность метода шовной фиксации к радужной оболочке при дислокации комплекса ИОЛ-фиброзированный капсульный мешок.

ВЫВОДЫ

1. Основными диагностическими признаками, влияющими на тактику хирургического лечения дислокации КИфКМ, являются изменения капсульного мешка (фимоз отверстия переднего капсулорексиса, снижение прозрачности передней и (или) задней капсулы), а также различные нарушения правильного положения ИОЛ (внутрикапсульный фронтальный наклон, заворот гаптических элементов до оптической зоны), вероятность возникновения которых составляет 7,7–26% от общего числа обследованных пациентов.
2. Разработаны методы шовной фиксации к радужной оболочке при дислокации комплекса ИОЛ-капсульный мешок, основанные на подшивании к радужной оболочке КИфКМ без манипуляций на капсульном мешке (Тактика 1) или КИфКМ/ИОЛ (в сочетании с различными манипуляциями на капсульном мешке, направленными на удаление фиброзной ткани (Тактика-2). При этом основными критериями дифференцированного подхода к тактике оперативного вмешательства являются: фиброз капсульного мешка без контракционного фимоза отверстия капсулорексиса, прозрачная задняя капсула, правильное внутрикапсульное положение ИОЛ, отсутствие ГСТ (применительно к Тактике 1) и фиброз капсульного мешка, снижающий прозрачность оптического центра, загиб гаптических элементов, фронтальный наклон оптики ИОЛ, наличие ГСТ, кольцо Земмеринга с риском выхода хрусталиковых масс из экватора (применительно к Тактике 2).
3. Уровень безопасности предлагаемых методов хирургического лечения пациентов с дислокацией комплекса ИОЛ-фиброзированный капсульный мешок сопоставим с традиционным подшиванием к склере, что подтверждается сходной частотой возникновения интра и послеоперационных осложнений (кровотечение - 7,6; 8,3; 7,1%); складки десцеметовой оболочки (15,3; 16,6; 15,1%); геморрагический феномен Тиндаля (2 ст. – 3,8; 4,1; 3,5%); кистозный макулярный отек (1,9; 4,1; 3,5%), а также уменьшением плотности эндотелиальных клеток (на

9,0;12,5;17,0%) при применении Тактики-1, Тактики-2 и склеральной фиксации соответственно. При этом разработанные тактики обеспечивают выраженное (в среднем, на 71,4% ($p<0,01$) по сравнению со склеральной фиксацией) уменьшение объема манипуляций и длительность операции.

4. Результаты оценки клинической эффективности проведения хирургического вмешательства при разработанных методах хирургического лечения пациентов с дислокацией комплекса ИОЛ-фиброзированный капсульный мешок (Тактика-1;Тактика-2) не выявили существенных различий по сравнению с традиционным подшиванием к склере как в раннем (5-7 дней, повышение МКОЗ на 26;33;31% соответственно, $p>0,05$), так и отдаленном (4-6 лет) периоде (НКОЗ - $0,3\pm0,05$; $0,2\pm0,03$; $0,19\pm0,03$, $p>0,05$; МКОЗ - $0,6\pm0,06$; $0,5\pm0,05$; $0,55\pm0,05$, $p>0,05$; ВГД - $14,4\pm0,8$; $14,9\pm1,1$; $15,7\pm0,88$, $p>0,05$ соответственно).

5. Разработан (на основе оптической когерентной томографии) бесконтактный метод определения положения ИОЛ, практическое применение которого (в совокупности с данными aberromетрии и пупиллометрии) указывает на существенные преимущества предлагаемых Тактик1,2 (по сравнению с подшиванием к склере), что доказывается меньшими величинами децентрации в вертикальном меридиане ($0,44\pm0,04$; $0,23\pm0,02$ по сравнению с $0,74\pm0,08$ мм, $p<0,001$) и суммарным среднеквадратичным значением аберраций волнового фронта ($0,48\pm0,05$; $0,53\pm0,04$ по сравнению с $0,87\pm0,11$, $p<0,001$) при сходных величинах размера зрачка (в фотопических условиях - $3,46\pm0,2$; $3,57\pm0,08$; $3,99\pm0,11$ мм, $p>0,05$; в мезопических условиях - $4,0\pm0,1$; $4,11\pm0,09$; $4,52\pm0,12$ мм, $p>0,05$) и в целом свидетельствует, что предлагаемая фиксация к радужке обеспечивает положение оптики ИОЛ, максимально приближенное к анатомическому.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В целях повышения эффективности хирургического лечения дислокации комплекса ИОЛ-фиброзированный капсульный мешок следует применять

дифференцированный подход, основанный на необходимости дозированного иссечения изменённых тканей капсульного мешка в зависимости от проявления патологического процесса и включающий разработанные методы шовной фиксации к радужной оболочке:

- Тактика 1 - подшивание КИфКМ к радужной оболочке, без манипуляций на капсульном мешке.
- Тактика 2 - подшивание КИфКМ/ИОЛ к радужной оболочке в сочетании с различными манипуляциями на капсульном мешке (направленными на частичное или полное удаление фиброзной ткани).

2. В целях точного определения положения ИОЛ после шовной фиксации КИфКМ следует применять разработанный и предложенный метод для измерения угла наклона и децентрации ИОЛ при помощи оптической когерентной томографии.

3. В целях оценки эффективности после хирургического лечения дислокации комплекса ИОЛ-фиброзированный капсульный мешок, следует применять метод аберрометрии для определения качественных характеристик зрения.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АД – артериальное давление

ВГД – внутриглазное давление

ВКК – внутрикапсульное кольцо

ГСТ – грыжа стекловидного тела

ДЗН – диск зрительного нерва

ИОЛ – интраокулярная линза

КИКМ – комплекс интраокулярная линза капсульный мешок

КИфКМ – комплекс интраокулярная линза фиброзированный капсульный мешок

ККС – контракционный капсулярный синдром

МКОЗ – максимально скорригированная острота зрения

НКОЗ – не скорригированная острота зрения

ОКТ – оптическая когерентная томография

ПЗО – переднезадняя ось

ПЭС – псевдоэксфолиативный синдром

УБМ – ультразвуковая биомикроскопия

ЧСС – частота сердечных сокращений

ЭМП – эпителиально мезенхимальный переход

ЭМТ – эпителиально мезенхимальная трансформация

RMS – «Root mean square», среднеквадратичное значение аббераций волнового фронта

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балашевич, Л. И. Рефракционная хирургия / Л. И. Балашевич. – Санкт-Петербург, 2002. - С. 285.
2. Белоноженко, Я.В. Возможности профилактики дислокации комплекса «ИОЛ – капсульный мешок» у больных с легкой степенью подвывиха хрусталика при выполнении факоэмульсификации возрастной катаракты/ Я.В. Белоноженоко, Е.Л. Сорокин// Офтальмологические ведомости. – 2012. - №5. – С.42–47.
3. Белый Ю.А. Профилактика помутнений задней капсулы хрусталика после хирургии катаракты: обзор/Ю.А. Белый, М.В. Терещенко// Рефракционная хирургия и офтальмология. – 2009. – Т.3, - С.4-10.
4. Большая Медицинская Энциклопедия (БМЭ), под редакцией Петровского Б.В., 3-е издание, том 28.
5. Брежнев, А.Ю. Клинический портрет пациента с псевдоэкзофолиативным синдромом/ А.Ю. Брежнев// Медицинский вестник Башкортостана. - 2015. – Т.2, №10. – С.45-47.
6. В.Ю. Юрбах, Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях. М.Медицина, 1975г. 224стр.
7. ВГД (клинический случай)/ М.А. Фролов, П.А. Гончар, А.М. Фролов// Современные технологии в офтальмологии. – 2014. - №3. – С.107.
8. Гамидов, А.А. Морфологические особенности передней капсулы хрусталика при контракционном капсулярном синдроме/ А.А. Гамидов, А.А. Федоров, Е.А. Аверкина// Точка зрения. Восток-Запад. – 2017. - №4. – С.60-63.
9. Городничий, В.В. Хирургическая тактика при фиброзе капсулярного мешка после факоэмульсификации (клинические случаи)/ В.В. Городничий// Клиническая офтальмология. – 2014. - №3. – С.164-166.
10. Егоров, В.В., Региональные особенности эпидемиологии псевдоэкзофолиативного синдрома при возрастной катаракте у жителей

Хабаровского края/ В. В. Егоров, Г.А. Федяшев, Г.П. Смолякова// Офтальмология. – 2009. - №4. – С.24-28.

11. Егорова, Е.В. Витреолентикулярный интерфейс/ Е.В. Егорова, А.К. Лазарева// Офтальмохирургия. – 2019. - №4. – С. 60-66.

12. Егорова, Е.В. Поздние дислокации ИОЛ. Ретроспективное исследование/ Е.В. Егорова и [др.]// Офтальмохирургия. – 2021. - №1. – С. 17-21.

13. Иванов, Д.И. Технология и результаты лечения люксированных и сублюксированных комплексов интраокулярной линзы с капсульным мешком/ Д.И. Иванов, М.В. Кремешков, Д.Б. Бардасов// Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии. – 2011. - №2. - С.23-24.

14. Иошин, И.Э. Внутрикапсульное кольцо -профилактика осложнений экстракции катаракты при подвывихе хрусталика/ И.Э. Иошин, Э.В. Егорова, С.Н. Багров// Офтальмохирургия. – 2002. - №1. – С.25-28.

15. Ковылина, И.В. Оценка факторов риска отрыва капсулярного мешка от цинновых связок при экстракции катаракты у больных псевдоэкзофолиативным синдромом/ И.В. Ковылина, С.К. Дмитриев, Н.Ф. Леус// Офтальмологический журнал. – 2005. - №3. – С.18-20.

16. Кожухов, А.А. Наш опыт фиксации заднекамерной ИОЛ после факоэмульсификации катаракты, осложненной нарушением капсульной поддержки хрусталика. Клинические случаи/ А.А. Кожухов, Д.О. Капранов, М.В. Казакова// Росс. офтальмолог. журн. – 2018. – Т.11, №2. – С.54-57.

17. Кокорев, В.Л, Анализ факторов, влияющих на риск развития послеоперационного фиброза капсулы/ В. Л. Кокорев, М. А. Ковалевская, А. С. Коцинян// Российский офтальмологический журнал. - 2013. – Т.2, №6. -С.33-36.

18. Комплексная морфологическая оценка передней капсулы хрусталика при капсулярном контракционном синдроме (клиническое наблюдение)/ С. Э. Аветисов [и др.]// Вестник офтальмологии. – 2018. – Т.134. - №3. – С.57-64.

19. Куликов, А.Н. Исследование положения интраокулярной линзы с помощью оптической когерентной томографии и связанных с ним изменений

рефракции после факоэмульсификации / А.Н. Куликов, Е.В. Кокарева, А.А. Дзилихов// Офтальмохирургия. – 2018. – № 2. – С. 10-15.

20. Куликов, А.Н. Оценка влияния имплантации внутрикапсульного кольца на положение интраокулярной линзы в отдаленном периоде после неосложненной факоэмульсификации/ А.Н. Куликов, Е.В. Даниленко Е.В., А.А. Дзилихов// Офтальмология. – 2021. - №4. – С. 827-832.

21. Куликов, А.Н. Эффективная позиция линзы. Обзор/ А.Н. Куликов, Е.В. Кокарева, А.А. Дзилихов// Офтальмохирургия. – 2018. - №1. – С.92-97.

22. Малюгин, Б. Э. Хирургия катаракты и интраокулярная коррекция на современном этапе развития офтальмохирургии / Б. Э. Малюгин // Вестник офтальмологии. – 2014. – Т. 130, № 6. – С. 80–88.

23. Малюгин, Б.Э. К вопросу о клинко-морфологических аспектах формирования контрактуры капсульного мешка при артифакции/ Б.Э. Малюгин, А.В. Шацких, А.В. Головин// Офтальмохирургия. – 2010. - №2. – С.45-50.

24. Нарбут, Н.П. Способ профилактики фиброза передней капсулы хрусталика после экстракции катаракты и имплантации интраокулярной линзы/ Н.П. Нарбут// Вестник офтальмологии. - 2013. – Т.129, №2. – С.56-57.

25. Оценка состояния капсульного мешка и положения ИОЛ после факоэмульсификации катаракты с имплантацией ИОЛ методом ультразвуковой биомикроскопии/ Э. В. Егорова [и др.]// Офтальмохирургия. – 2011. – №2.– С.54-58.

26. Паштаев, Н.П. Отдаленные результаты 1000 операций удаления катаракты с имплантацией, комбинированной ИОЛ/ Н.П. Паштаев, С.В. Сусликов// Офтальмохирургия. – 1997. – N2. – С.20-24.

27. Псевдофакичная глаукома и сублюксация интраокулярной линзы/ С.Ю. Анисимова [и др.]// Российский офтальмологический журнал. – 2022. – № S2. – С. 17-23.

28. Сергиенко, Н. М. Устройство для фиксации капсульного мешка / Н. М. Сергиенко, Ю. Н. Кондратенко, А. К. Якимов// Офтальмохирургия. – 2009. - №3. – С.40.

29. Спанг, К.М. Полная окклюзия отверстия переднего капсулорексиса: клиникopatологическая корреляция/ К.М. Спанг// Новое в офтальмологии. – 2000. – №1. – С.36-37.
30. Факторы риска и осложнения, возникающие при поздних спонтанных дислокациях комплекса «заднекамерная ИОЛ – капсульный мешок» в стекловидное тело/ А.Г. Щуко [и др.]// Офтальмохирургия. – 2017. №1. – С.21-25.
31. Фимоз кольца капсулорексиса/ В.М. Малов [и др.]// Точка зрения. Восток-Запад. – 2016. - №3. – С.40-41.
32. Фролов, М.А. Репозиция дислоцированной ИОЛ в сочетании со стойким повышением ВГД (клинический случай)/ М.А. Фролов, П.А. Гончар, А.М. Фролов// Современные технологии в офтальмологии. – 2014. – С.107.
33. Школяренко, Н.Ю. Изменения капсульного мешка хрусталика после экстракции катаракты/ Н.Ю. Школяренко, Ю.Н. Юсеф// Вестник офтальмологии. – 2005. - №3. – С.40-43.
34. Юрьева, Т.Н. Закономерности и механизмы формирования билатерального псевдоэксфолиативного синдрома/ Т.Н. Юрьева// Офтальмохирургия. – 2011. - №2. – С.74-80.
35. A classification system of intraocular lens dislocation sites under operating microscopy, and the surgical techniques and outcomes of exchange surgery/ K. Hayashi [et al.]// Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. – 2016. – Vol.254. - P.505–513.
36. A multicenter prospective cohort study on refractive surgery in 15 011 eyes/ K. Kamiya [et al.]// Am. J. Ophthalmol. – 2017. – Vol.175. – P.159–168. doi: 10.1016/j.ajo.2016.12.009.
37. Abhilakh Missier, K. Posterior capsule opacification: silicone platehaptic versus AcrySof intraocular lenses/K. Abhilakh Missier, R. Nuijts, K. Tjia// Journal of Cataract & Refractive Surgery. – 2003. – Vol.29, №8. – P.1569–1574.
38. ACIOL, sutured PCIOL, or glued IOL: Where do we stand?/ D. Holt [et al.]// Current Opinion in Ophthalmology. – 2012. – Vol.23. – P.62-67.

39. Adhesion of fibronectin, vitronectin, laminin, and collagen type IV to intraocular lens materials in pseudophakic human autopsy eyes/ R. Linnola [et. al.]//Journal of Cataract & Refractive Surgery. – 2000. – Vol.26, №12. – P.1807–1818.
40. Adhesion of soluble fibronectin, laminin, and collagen type IV to intraocular lens materials/ R. Linnola [et. al.] // Journal of Cataract & Refractive Surgery. – 1999. – Vol.25, №11. – P.1486–1491.
41. Ale, J., Intraocular lens tilt and decentration: A concern for contemporary IOL designs/ J. Ale// J. Ophthalmol. – 2011. – Vol.3. – P.68–77.
42. Alintaş, A. Capsule contraction syndrome in Behcet's disease/ A. Alintaş, D. Dal// Int J Ophthalmol. – 2010. – Vol.3, №4. – P.358-360.
43. Ang, G. Ultrasound biomicroscopic study of the stability of intraocular lens implants after phacoemulsification cataract surgery/ G. Ang, L. Duncan, H. Atta// Acta Ophthalmol. -2012. – Vol.90. – P.168–172.
44. Anterior capsule contraction and intraocular lens dislocation after implant surgery in eyes with retinitis pigmentosa/ K. Hayashi [et. al.]// Ophthalmology. – 1998. – Vol.105, №7. – P.1239–1243.
45. Anterior capsule contraction treated by femtosecond laser capsulotomy/ C. Schweitzer [et al.]// J. Refract Surg. – 2015. – Vol.31, №3. – P.202-204.
46. Anterior capsule opacification in monkey eyes with posterior chamber intraocular lenses/ T. Ishibashi T [et al.]// Archives of Ophthalmology. – 1993. – Vol.111, №12. – P.1685–1690.
47. Anterior capsule opacification: a histopathological study comparing different IOL styles/ L. Werner [et al.]// Ophthalmology. – 2000. – Vol.107, №3. - P463 - 471.
48. Anterior capsule relaxing incisions with neodymium:YAG laser for patients at high-risk for anteriorcapsule contraction/ K. Hayashi K [et al.]// J. Cataract Refract Surg. – 2011. – Vol.37, №1. – P.97-103.
49. Apple, D. Surgical prevention of posterior capsule opacification/ D. Apple// J. Cataract. Refract. Surg. – 2000. – Vol.26. – P.180-197.

50. Area reduction in the anterior capsule opening in eyes of diabetes mellitus patients/ H. Hayashi [et. al.] // J. Cataract. Refract. Surg. – 1998 – Vol.24, №8. – P.1105–1110.
51. Assia, E. Capsule anchor to manage subluxated lenses: initial clinical experience/ E. Assia// Journal of Cataract & Refractive Surgery. – 2009. – Vol.35, №8. – P.1372–1379.
52. Atchison, D. Recent advances in representation of monochromatic aberrations of human eyes/ D. Atchison// Clin Exp Optom. – 2004. - Vol.87, №3. – P.138-148.
53. Azar, D.T. [et al.] /Refractive surgery //T.D. Azar. – Philadelphia, 2007. – P.10-150.
54. Berler, D. Scleral fixation of posterior chamber intraocular lens implants combined with vitrectomy/ D. Berler, M. Friedberg// Trans Am Ophthalmol Soc. – 1991. – Vol. 89 – P. 215–234.
55. Bhattacharjee, H. Pathology and immunohistochemistry of capsular bag in spontaneously late dislocated capsular bag-intraocular lens complex/ H. Bhattacharjee, K. Bhattacharjee, D. Das// Indian J. Ophthalmol. – 2017. – Vol.65, №10. - P.949–954.
56. Billotte, C. Adverse clinical consequences of neodymium:YAG laser treatment of posterior capsule opacification/ C. Billotte, G. Berdeaux// Journal of Cataract & Refractive Surgery. – 2004 - Vol.30, №10. – P.2064–2071.
57. Biosynthetic and proliferative characteristics of tubulointerstitial fibroblasts probed with paracrine cytokines/ R. Alvarez [et al.]// Kidney Int. – 1992. – V.41. – P.14–23.
58. Bosnar, D. Optical low-coherence reflectometry enables preoperative detection of zonular weakness in pseudoexfoliation syndrome / D. Bosnar [et al.] // Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. – 2012. – Vol.250, № 1. – P. 87-93.
59. Brian, G. Cataract blindness--challenges for the 21st century/ G. Brian, H. Taylor// Bull World Health Organ. – 2001. – Vol.79. – P.249-256.
60. Burns, S. The Spatially Resolved Refractometer / S. Burns // J. Refract. Surg. – 2000. – Vol. 16, № 5 – P. 566–569.

61. Caporossi, T. IOL repositioning using iris sutures: a safe and effective technique/ T. Caporossi [et al.]// *Int J Ophthalmol.* – 2019. - Vol.12. – P.1972-1977.
62. Castro, A. Tilt and decentration of intraocular lenses in vivo from Purkinje and Scheimpflug imaging/ A. Castro, P. Rosales, S. Marcos// *J. Cataract Refract. Surg.*— 2007.— Vol. 33.— № 3.— P. 418–429.
63. Celik, E. Indications and clinical outcomes of capsular tension ring implantation in phacoemulsification surgery at a tertiary teaching hospital: A review of 4316 cataract surgeries/ E. Celik [et al.]// *Journal francais d'ophtalmologie.* – 2015. – Vol.38, №10. – P.955–959.
64. Chang, D. Siepser slipknot for McCannel iris-suture fixation of subluxated intraocular lens/ D. Chang// *J. Cataract. Refract. Surg.* – 2004. – Vol.30. – P.1170–1176.
65. Charman, W. Optics of human eye / W. Charman// *Visual optics and instrumentation.* - 1991. – Vol. 1. – P.1-26.
66. Chawla, J. Neodymium: YAG laser parabolic anterior capsulotomy in extreme capsule contraction syndrome/ J. Chawla, M. Shaikh// *J. Cataract Refract Surg.* – 1999. – Vol.25, №10. – P.1415-1417.
67. Cionni R., Endocapsular ring approach to the subluxated cataractous lens/ R. Cionni// *J. Cataract. Refract. Surg.* – 1995. – V.21. – P.245–249.
68. Cionni, R. Modified capsular tension ring for patient with congenial loss 130 of zonular support/ R. Cionni// *J. Cataract. Refract. Surg.* – 2003. – Vol.29. – P.1668–1673.
69. Clark, A. Whole population trends in complications of cataract surgery over 22 years in Western Australia / A. Clark, N. Morlet, J.Q. Ng // *Ophthalmology.* – 2011. – Vol.18. – P. 1055-1061.
70. Comparison of clinical efficacy: Nd: YAG laser rates after implantation of AcrySof® SN60WF, Akreos® AO-MI60 and Hoya® YA-60BB/ A. Bourdiol [et. al.]// *Journal Français d'Ophtalmologie.* – 2013. – Vol.36, №7. – P.575–582.
71. Comparison of Nd: YAG capsulotomy rates following phacoemulsification with implantation of PMMA, silicone, or acrylic intraocular lenses in four European

countries/ G. Auffarth [et.al.]// Ophthalmic Epidemiology. – 2004. – Vol.11, №4. – P.319– 329.

72. Comparison of posterior capsule opacification between the 1-piece and 3-piece Acrysof intraocular lenses: two-year results of a randomized trial/ S. Sacu [et. al.]// Ophthalmology. – 2004. – Vol.111, №10. – P.1840–1846.

73. Comparison of the incidence and visual significance of posterior capsule opacification between multifocal spherical, monofocal spherical, and monofocal aspheric intraocular lenses/ J. Biber [et al.]// Journal of Cataract & Refractive Surgery. – 2009. – Vol.35, №7. – P.1234–1238.

74. Complications after primary and secondary transsclerally sutured posterior chamber intraocular lens implantation/ T. Filipovic [et al.]// Coll Antropol. – 2005. – Vol.29, №1. – P.37–40.

75. Computer modeling of visual impairment caused by intraocular lens misalignment/ J. Korynta [et al.]// J. Cataract Refract. Surg. – 1999. – Vol.25. – P.100–105.

76. Corneal first surface optical aberrations and visual performance. / R. Applegate [et al.]// J. Refract Surg. – 2000. - Vol.16, №5. – P.507-514.

77. Correlation between pupillary size and intraocular lens decentration and visual acuity of a zonal-progressive multifocal lens and a monofocal lens/ K. Hayashi [et al.]// Ophthalmology. – 2001. -Vol.108. – P.2011–2017.

78. Cvekl, A. The cellular and molecular mechanisms of vertebrate lens development/ A. Cvekl, R. Ashery-Padan// Development. – 2014. – Vol.141. – P.4432–4447.

79. Dabrowska-Kloda, K. Incidence and risk factors of late in-the-bag intraocular lens dislocation: evaluation of 140 eyes between 1992 and 2012/ K. Dabrowska-Kloda, T. Kloda// J. Cataract Refract. Surg. – 2015. - №41. – P.1376–1382.

80. Darian-Smith, E. Lens Epithelial Cell Removal in Routine Phacoemulsification: Is It Worth the Bother?/ E. Darian-Smith [et al.]// American journal of ophthalmology. – 2022. – Vol.239. – P.1–10.

81. David, J. Surgical prevention of posterior capsule opacification/ J. David, M. Apple// J Cataract Refract Surg. - 2000. - Vol.26. - P.180-197.
82. Davison, J. Capsule contraction syndrome/ J. Davison// J. Cataract Refract Surg. - 1993. - Vol.19, №5. – P.582-589.
83. del Cristalino Luxacion tardia del complejo saco capsular y lente intraocular/ R. Lorente [et al.]// Sociedad Espanola de Oftalmologia. – 2008. - Vol.2. - P.1751–1767.
84. Diversity, topographic differentiation, and positional memory in human fibroblasts/ H. Chang [et al.]// Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. – 2002. – Vol.99. – P.12877–12882.
85. Doan, K. Survey of intraocular lens material and design/ K. Doan, R. Olson, N. Mamalis// Current Opinion in Ophthalmology. – 2002. – Vol.13, №1. – P.24–29.
86. Effect of anterior capsule polishing on fibrotic capsule opacification: three-year results/ S. Sacu [et al.]// J. Cataract Refract Surg. – 2004. – Vol.30, №11. – P.2322-2327.
87. Effect of number and position of intraocular lens haptics on anterior capsule contraction: a randomized, prospective trial/ M. Choi [et al.]// BMC Ophthalmol. – 2018. – Vol.18. – P.78.
88. Effect of optic size on posterior capsule opacification: 5.5 mm versus 6.0 mm AcrySof intraocular lenses/ W. Meacock [et al.]// Journal of Cataract & Refractive Surgery. – 2001. – Vol.27, №8. – P.1194–1198.
89. Effects of decentration and tilt on the optical performance of 6 aspheric intraocular lens designs in a model eye/ T. Lawu [et al.]// J. Cataract Refract. Surg. – 2019. – Vol.45. – P.662–668.
90. Efficacy of different intraocular lens materials and optic edge designs in preventing posterior capsular opacification: a meta-analysis/ J. Cheng [et al.] R. Wei, J. Cai// American J Ophtalmol. – 2007. – Vol.143. – P.428-436.
91. Eldred, J. The lens as a model for fibrotic disease/ J. Eldred, L. Dawes, I. Wormstone// Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci. – 2011. – Vol.366. – P.1301–1319.

92. Epithelial - mesenchymal transitions in development and disease/ J. Thiery [et al.]// *Cell*. – 2009. – Vol.139. - P.871–890.
93. Evidence that fibroblasts derive from epithelium during tissue fibrosis/ M. Iwano [et al.]// *J. Clin. Invest.* - 2002. – Vol.110. – P.341–350.
94. Fibrin glue-assisted sutureless posterior chamber intraocular lens implantation in eyes with deficient posterior capsules/ A. Agarwal A [et al.]// *J. Cataract. Refract. Surg.* – 2008. – Vol.34, №9. – P.1433–1438.
95. Gabor, S. Sutureless intrascleral posterior chamber intraocular lens fixation/ S. Gabor, M. Pavlidis// *J. Cataract. Refract. Surg.* – 2007. – Vol.33. – P.1851–1854.
96. Gardner, K. Neodymium:YAG laser posterior capsulotomy: the first 100 cases at UCLA/ K. Gardner, B. Straatsma, T. Pettit// *Ophthalmic Surg.* – 1985. – Vol.16, №1. – P.24–28.
97. Garrett, D. Fibroblast-like cells from embryonic chick cornea, heart, and skin are antigenically distinct/ D. Garrett, G. Conrad// *Dev. Biol.* – 1979. – Vol.70. – P.50–70.
98. Genetic epistasis between heparan sulfate and FGF-Ras signaling controls lens development/ X. Qu [et al.]// *Dev Biol.* – 2011. – Vol.355. – P.12–20.
99. Gimbel, H. Continuous curvilinear capsulorhexis/ H. Gimbel H., T. Neuhann// *Cataract Refract. Surg.* – 1991. – Vol.17. - P110–111.
100. Gould, S. Exaptation — a missing term in the science of form/ S. Gould S, E. Vrba// *Paleobiology*. – 1982. Vol.8. – P.4–15.
101. Hansen, S. Progressive constriction of the anterior capsular opening following intact capsulorhexis/S. Hansen, A. Crandall, R. Olson// *J. Cataract Refract Surg.* – 1993. - Vol.19, №1. – P.77-82.
102. Hashemi, H. Global and regional prevalence of age-related cataract: a comprehensive systematic review and meta-analysis/ H. Hashemi [et al.]// *Eye (Lond)*. – 2020. – Vol.34, №8. – P.1357-1370.
103. Hayashi, K. Intraocular lens factors that may affect anterior capsule contraction/ K. Hayashi, H. Hayashi// *Ophthalmology*. – 2005. – Vol.112, №2. – P.286–292.

104. Hoffman, R. Scleral fixation without conjunctival dissection/ R. Hoffman, I. Fine, M. Packer// J. Cataract Refract. Surg. – 2006. – Vol.32, №11. – P.1907–1912.
105. Holladay, J. Quality of Vision: Essential Optics for the Cataract and Refractive Surgeon/ J. Holladay// Slack Incorporated. – 2006. – Vol.15. – P.2–5.
106. Ibarz, M. Femtosecond laser-assisted capsulotomy for treatment of bilateral anterior capsule contraction/ M. Ibarz, M. Marta, J. Luis// Journal of Cataract & Refractive Surgery. – 2017. – Vol.43, №2. – P.289-292.
107. Intermediate results of sutureless intrascleral posterior chamber intraocular lens fixation/ G. Scharioth [et al.]// J. Cataract Refract Surg. – 2010. – Vol.36, №2. – P.254–259.
108. Interventions for preventing posterior capsule opacification/ O. Findl [et al.] // Cochrane Database of Systematic Reviews. - 2010. – Vol.2.
109. Intraocular lens implantation in the absence of capsular support/ M. Wagoner// Ophthalmology. – 2003. – Vol.110, №4. – P.840 – 859.
110. Iris suture fixation of subluxated intraocular lenses/ U. Soiberman [et al.]// Am. J. Ophthalmol. – 2015. – V.159. – P.353–359.
111. Joo, C. Capsular opening contraction after continuous curvilinear capsulorhexis and intraocular lens implantation/ C Joo, J Shin, J Kim// J. Cataract Refract Surg. - 1996. – Vol.22, №5. – P.585-590.
112. Kalluri, R. Epithelial - mesenchymal transition and its implications for fibrosis/ R. Kalluri, E. Neilson// J. Clin Invest. – 2003. – Vol.112. – P.1776–84.
113. Kang, H. Late-onset Citrobacter koseri endophthalmitis with suture exposure after secondary intraocular lens implantation/ H. Kang, E. Chung// Korean J. Ophthalmol. – 2011. – Vol.4, №25. – P.285–288.
114. Kato, S. Anterior capsular contraction after cataract surgery in eyes of diabetic patients/ S. Kato., T. Oshika, J. Numaga// The British Journal of Ophthalmology. – 2001. – Vol.85, №1. – P.21–23.
115. Kato, S. Risk factors for contraction of the anterior capsule opening after cataract surgery/ S. Kato, Y Suzuki// J. Cataract Refract. Surg. – 2002. – Vol.1, №28. – P.109–112.

116. Klysik, A. Axial Length of the Eyeball Is Important in Secondary Dislocation of the Intraocular Lens, Capsular Bag, and Capsular Tension Ring Complex/ A. Klysik// J. Ophthalmology. - 2016. - №5. – P.1-5.
117. Lanzl, I. Ciliary body detachment caused by capsule contraction/I. Lanzl, C Kopp// J. Cataract Refract Surg. – 1999. – Vol.25, №10. – P. 1412-1414.
118. Late dislocation of scleral-sutured posterior chamber intraocular lenses/ M. Price M [et al.]// J. Cataract Refract Surg. – 2005. – Vol.31, №7. – P.1320– 1326.
119. Late endophthalmitis after transscleral fixation of a posterior chamber intraocular lens/ T. Heilskov [et al.]// Arch. Ophthalmol. – 1989. – Vol.107, №10. – P.1427.
120. Lee, J. The epithelial - mesenchymal transition: new insights in signaling, development, and disease/ J. Lee J [et al.]// Cell Biol. – 2006. Vol.172. – P.973–981.
121. Lewis, J. Sulcus fixation without flaps/ J. Lewis// Ophthalmology. – 1993. – Vol.100, №9. – P.1346–1350.
122. Leydolt, C. Posterior capsule opacification with the iMics1 NY-60 and AcrySof SN60WF 1-piece hydrophobic acrylic intraocular lenses: 3-year results of a randomized trial/ C. Leydolt [et. al.] // American Journal of Ophthalmology. – 2013. – Vol.156, №2. – P.375–381.
123. Limburg, H. Review of recent surveys on blindness and visual impairment in Latin America/ H. Limburg [et al.]// Br. J. Ophthalmol. – 2008. – Vol.92. – P.315-319.
124. Linnola, R. Sandwich theory: bioactivity-based explanation for posterior capsule opacification/ R. Linnola// Journal of Cataract & Refractive Surgery. – 1997. – Vol.23, №10. – P.1539–1542.
125. Luk, A. Long-term outcome of scleral-fixated intraocular lens implantation/ A. Luk, A. Young, L. Cheng// Br. J. Ophthalmol. – 2013. – Vol.97, №10. – P.1308–1311.
126. MacRae, S. Slit Skiascopic-guided Ablation Using the Nidek Laser / S. MacRae, M. Fujieda // J. Refract. Surg. – 2000. – Vol. 16, № 5. – P. 576-580.

127. Malbran, E. Lens guide suture for transport and fixation in secondary IOL implantation after intracapsular extraction/ E. Malbran, I. Negri// *Int. Ophthalmol.* – 1986. – Vol.2-3, №9. – P. 151–160.
128. Marcos, S. Image quality of the human eye/ S. Marcos// *Int Ophthalmol Clin.* – 2003 Vol.43, №2. – P.43-62.
129. Marianelli, B. Observational study of intraocular lens tilt in sutureless intrascleral fixation versus standard transscleral suture fixation determined by ultrasound biomicroscopy/ B. Marianelli [et al.]// *Int. J. Retina Vitreous.* - 2019. – Vol.5. – P.33.
130. Masket, S. Postoperative complications of capsulorhexis/ S. Masket// *J. Cataract Refract Surg.* -1993. – Vol.19, №6. – P.721-724.
131. Massague, J. Transcriptional control by the TGF-beta/Smad signaling system/ J. Massague, D. Wotton// *EMBO Journal.* – 2000. – Vol.19. – P.1745–54.
132. McAllister, A. Visual outcomes and complications of scleral-fixated posterior chamber intraocular lenses/ A. McAllister, L. Hirst// *J. Cataract Refract Surg.* – 2011. – Vol.37, №7. – P.1263–1269.
133. McCulley, J. Biocompatibility of intraocular lenses / J. McCulley// *Eye & Contact Lens.* – 2003. – Vol.29, №3. – P.155–163.
134. Measurement of postoperative intraocular lens tilting and decentration using Scheimpflug images/ K. Sasaki K [et al.]// *J. Cataract Refract. Surg.* – 1989. – Vol.15. – P.454–457.
135. Mesenchymal to amoeboid transition is associated with stem-like features of melanoma cells/ M. Taddei [et al.]// *Cell Commun Signal.* – 2014. – Vol.12. – P.24.
136. Micalizzi, D. Epithelial-Mesenchymal Transition in Cancer: Parallels between Normal Development and Tumor Progression/ D. Micalizzi, S. Farabaugh. H. Ford// *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia.* – 2010. - Vol.15. – P.117-134.
137. Moreno-Montanes, J. Complete anterior capsule contraction after phacoemulsification with acrylic intraocular lens and endocapsular ring implantation/ J. Moreno-Montanes, H. Sanchez-Tocino, R. Rodriguez-Conde// *J. Cataract Refract Surg.* – 2002. – Vol.28, №4. – P.717-719.

138. Neodymium: YAG laser rates after bilateral implantation of hydrophobic or hydrophilic multifocal intraocular lenses: twenty-four month retrospective comparative study/ L. Gauthier [et. al.]// Journal of Cataract & Refractive Surgery. – 2010. – Vol.36, №7. – P.1195–1200.

139. Neodymium:YAG lasers An FDA report/ W. Stark W [et al.]// Ophthalmology. – 1985. – Vol.92, №2. – P.209–212.

140. Nieto, M. The snail superfamily of zinc-finger transcription factors/ M. Nieto// Nat. Rev. Mol. Cell Biol. – 2002. - №3. – P.155–166.

141. Nishi, Y. Reproducibility of intraocular lens decentration and tilt measurement using a clinical Purkinje meter/ Y. Nishi [et al.]// J. Cataract Refract. Surg. – 2010. – Vol.36. – P.1529–1535.

142. Objective measurement of wavefront aberrations with and without accommodation/ L. Pallikaris [et al.]// J. Refract Surg. – 2001. - Vol.17, №5. – P.602–607.

143. Oh, S. Comparision of surgical outcomes of intraocular lens refixation and intraocular lens exchange with perfluorocarbon liquid and fibrin glue-assisted sutureless scleral fixation/ S. Oh, S. Lee, J. Park// Eye (Lond). – 2015. – Vol.29, №6. – P.757–763.

144. Oligonucleotide microarray analysis of human lens epithelial cells: TGF beta regulated gene expression/ L. Dawes [et al.]// Mol Vis. – 2007. – Vol.17. - P1181–1197.

145. Ong, M. Fibronectin adhesive properties of various intraocular lens materials/ M. Ong, L. Wang, M. Karakelle// Investigative Ophthalmology & Visual Science. – 2013. – Vol.54, №15. – P.819.

146. Outcomes of scleral-sutured conventional and aniridia intraocular lens implantation performed in a university hospital setting/ D. Lockington [et al.]// J. Cataract Refract Surg. – 2014. – Vol.40, №4. – P.609–617.

147. Page, T. A stepwise approach for the management of capsular contraction syndrome in hinge-based accommodative intraocular lenses/ T. Page [et al.]// Clinical ophthalmology (Auckland, N.Z.). – 2016. Vol.10. – P.1039–1046.

148. Park, T. Changes in the area of the anterior capsule opening after intraocular lens implantation/ T. Park, S. Chung, N. Baek// *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. – 2002. - Vol.28, №9. – P.1613–1617.

149. Patient outcomes following implantation with a trifocal toric IOL: twelve-month prospective multicentre study/ M. Piovella [et al.]// *Eye (Lond)*. – 2019. – Vol.33, №1. – P.144–153. doi: 10.1038/s41433018-0076-5.

150. Periocular versus general anesthesia for ocular enucleation/ K. Yen [et al.]// *Ophtal Plast Reconstr Surg*. – 2008. - Vol.24, №1. – P.24-28.

151. Phillips, P. Measurement of intraocular lens decentration and tilt in vivo/ P. Phillips [et al.]// *J. Cataract Refract. Surg*. – 1988. – Vol.14. – P.129– 135.

152. Por, Y. Techniques of intraocular lens suspension in the absence of capsular/zonular support/ Y. Por, M. Lavin// *Surv. Ophthalmol*. – 2005. – Vol.50. – P.429–462.

153. Posterior capsule opacification in silicone and hydrophobic acrylic intraocular lenses with sharp-edge optics six years after surgery/ L. Vock [et. al.]// *American Journal of Ophthalmology*. -2009. - Vol.47, №4. – P.683–690.

154. Prevention of anterior capsule contraction by anterior capsule relaxing incisions with neodymium:yttrium– aluminum–garnet laser/ K. Hayashi [et al.]// *American Journal of Ophthalmology*. – 2008. – Vol.146, №1. – P.23–30. e1.

155. Price, F. Suprachoroidal hemorrhage after placement of a scleralfixated lens/ F. Price, W. Whitson// *J. Cataract Refract Surg*. – 1990. – Vol.16, №4. – P.514–515.

156. Principles of Ray Tracing Aberrometry / V. V. Molebny [et al.] // *J. Refract. Surg*. – 2000. – Vol.16, № 5. – P. 572-575.

157. Principles of Tscherning Aberrometry / M. Mrochen [et al.] // *J. Refract. Surg*. – 2000. – Vol. 16, № 5. – P. 570-571.

158. Proposed pathogenesis for the delayed postoperative opacification of the hydroview hydrogel intraocular lens/M. Dorey M [et. al.]// *American Journal of Ophthalmology*. – 2003. – Vol.135, №5. – P.591–598.

159. Pueringer, S. Risk of late intraocular lens dislocation after cataract surgery, 1980– 2009: a populationbased study/ S. Pueringer, D. Hodge, J. Erie// *Am. J. Ophthalmol.* – 2011. – Vol. 152. – P. 618-623.

160. Randomized intraindividual comparison of posterior capsule opacification between a microincision intraocular lens and a conventional intraocular lens/ G. Cleary [et. al.]// *Journal of Cataract & Refractive Surgery.* – 2009. – Vol.35, №2. – P.265–272.

161. Rat fibroblasts cultured from various organs exhibit differences in alpha-smooth muscle actin expression, cytoskeletal pattern, and adhesive structure organization/ V. Dugina V [et al.]// *Exp. Cell. Res.* – 1998. – Vol.238. – P.481– 490.

162. Raviv, T. The perfectly sized capsulorhexis/ T. Raviv// *J. Cataract Refract. Surg.*– 2009.– №4.– P. 37-41.

163. Reis, T. Cataract as a Cause of Blindness and Vision Impairment in Latin America: Progress Made and Challenges Beyond 2020/ T. Reis [et al.]// *Am J Ophthalmol.* - 2021. – Vol.225. – P.1-10.

164. Renal fibrosis. Extracellular matrix microenvironment regulates migratory behavior of activated tubular epithelial cells/ M. Zeisberg [et al.]// *Am. J. Pathol.* – 2002. – Vol.160. – P.2001–2008.

165. Renal fibrosis: collagen composition and assembly regulates epithelial-mesenchymal transdifferentiation/ M. Zeisberg [et al.]// *Am. J. Pathol.* – 2001. – Vol.159. – P.1313–1321.

166. Research on calculation of the IOL tilt and decentration based on surface fitting/ L. Li [et al.]// *Computational and Mathematical Methods in Medicine.* – 2013. – Vol.1. – P.2

167. Retrospective ultrasound biomicroscopic analysis of single-piece sulcus-fixated acrylic intraocular lenses/ A. Vasavada [et al.]// *Cataract Refract. Surg.* – 2010. – Vol.36. – P.771–777.

168. Role of basic fibroblast growth factor-2 in epithelial-mesenchymal transformation/ F. Strutz [et al.]// *Kidney Int.*- 2002. – Vol.61. – P.1714–1728.

169. Ronbeck, M. Posterior capsule opacification with 3 intraocular lenses: 12-year prospective study/ M. Ronbeck, M. Kugelberg// J. Cataract. Refract. Surg. – 2014. – Vol.40, №1. – P.70–76.

170. Rosales, P. Intraocular lens alignment from purkinje and Scheimpflug imaging/ P. Rosales P [et al.]// Clin. Exp. Optom. – 2010. – Vol.93. – P.400–408.

171. Said, N. Cells Tissues Organs/ N. Said, E. Williams// - 2011. - Vol. 193. - №1–2. - P. 85–97.

172. Salzmann, J. Choroidal effusions and hypotony caused by severe anterior lens capsule contraction after cataract surgery/ J Salzmann, P Khaw, A Laidlaw// Am. J. Ophthalmol. - 2000. – Vol.129, №2. – P.253-254.

173. Savagner, P. The zinc-finger protein slug causes desmosome dissociation, an initial and necessary step for growth factor-induced epithelial - mesenchymal transition/ P. Savagner, K. Yamada, J. Thiery// Journal of Cell Biology. – 1997. - Vol.137. – P.1403–19.

174. Schechter, R. Suture-wick endophthalmitis with sutured posterior chamber intraocular lenses/ R. Schechter// J. Cataract. Refract Surg. – 1990. – Vol.16, №6 - P.755–756.

175. Scleral fixation of intraocular lenses using Gore-Tex suture: clinical outcomes and safety profile/ M. Khan [et al.]// Br. J. Ophthalmol. – 2016. – Vol.100, №5. – P.638– 643.

176. Single-piece hydrophobic acrylic intraocular lens explanted within the capsular bag: case report with clinicopathological correlation/ A. Izak [et. al.]// J Cataract Refract Surg. – 2004. - Vol.30. – P.1356-1361.

177. Spatiotemporal regulation of epithelial mesenchymal transition is essential for squamous cell carcinoma metastasis/ J. Tsai [et al.]// Cancer Cell. – 2012. - Vol.22. - P.725–736.

178. Sugiura, T. Ciliary sulcus suture fixation of intraocular lens using an auxiliary device/ T. Sugiura, Y. Kaji, T. Yoshikazu// Journal of Cataract & Refractive Surgery. – 2019. – Vol.45, №6. - P.711-718.

179. Surgical prevention of posterior capsule opacification. Part 3: intraocular lens optic barrier effect as a second line of defense/ Q. Peng [et. al.]// Journal of Cataract & Refractive Surgery. - 2000. – Vol.26, №2. – P.198–213.

180. Teichmann, K. The torque and tilt gamble/ K. Teichmann, I. Teichmann// J. Cataract Refract Surg. – 1997. – Vol.23, №3. – P.413–418.

181. Temporal changes in MMP mRNA expression in the lens epithelium during anterior subcapsular cataract formation/ Z. Nathu Z [et al.]// Exp Eye Res. – 2009. – Vol.88. – P.323–330.

182. TGF beta receptor expression in lens: implications for differentiation and cataractogenesis/ C. Gordon-Thomson [et al.]// J. Exp Eye Res. - 2001a. – Vol.72. – P.649–59.

183. The characteristics and factors associated with intraocular lens tilt and decentration after cataract surgery/ X. Chen [et al.]// J. Cataract Refract. Surg. – 2020. – Vol.46. - P1126–1131.

184. The effect of capsulorhexis size on development of posterior capsule opacification: small (4.5 to 5.0 mm) versus large (6.0 to 7.0 mm)/ U. Aryan [et al.]// Eur. J. Ophthalmol. – 2003. – Vol.13, №6. – P.541-545.

185. Thibos, L. Principles of Hartmann-Shack Aberrometry / L. Thibos // J. Refract. Surg. – 2000. – Vol.16, № 5. – P. 563-565.

186. Titiyal, J. Bent haptic of a single-piece AcrySof intraocular lens implantation from capsular contraction/ J. Titiyal, R. Sinha, K. Verma// J. Cataract Refract Surg. - 2004. – Vol.30. – P.1812-1813.

187. Tognetto, D. Artificial intelligence applications and cataract management: A systematic review/ D. Tognetto [et al.]// Surv Ophthalmol. – 2022. – Vol.67, №3. – P.817-829.

188. Transforming growth factor-beta in human aqueous humor/ H. Jampel [et al.]// Curr. Eye Res. -1990. - Vol.9. – P.963–9.

189. Transforming growth factor-beta regulates tubular epithelialmyofibroblast transdifferentiation in vitro/ J. Fan [et al.]// Kidney Int. – 1999. – Vol.56. – P.1455–1467.

190. Transforming growth factor-beta-induced epithelial - mesenchymal transition in the lens: a model for cataract formation/ R. De Iongh [et al.]// *Cells Tissues Organs*. – 2005. – Vol.179. - P.43–55.
191. Transscleral fixation of closed loop haptic acrylic posterior chamber intraocular lens in aphakic nonvitrectomized eyes/ S. Agrawal [et al.]// *J. Ophthalmol*. – 2015. – Vol.63, №8. – P.649–653.
192. Turuwhenua, J. Reconstructing ocular surfaces by Purkinje images using an exact ray approach: Estimating IOL decenter and tilt/ J. Turuwhenua// *Ophthalmic Physiol. Opt.* – 2010. – Vol.30. – P.43–54.
193. Ultrasound biomicroscopic analysis of iris-sutured foldable posterior chamber intraocular lenses/ J. Mura [et al.]// *Am. J. Ophthalmol.* – 2010. – Vol.149. – P.245–252.
194. Uzel, M. Decentration and tilt of intraocular lens after posterior capsulotomy/ M. Uzel [et al.]// *Semin. Ophthalmol.* – 2018. – Vol.33. – P.766– 771.
195. Van Roy, F. The cell-cell adhesion molecule E-cadherin/ F. Van Roy, G. Berx// *Cellular & Molecular Life Sciences*. – 2008. - №65. – P.3756–88.
196. Vanags, J. Anterior Capsule Opening Contraction and Late Intraocular Lens Dislocation after Cataract Surgery in Patients with Weak or Partially Absent Zonular Support/ J. Vanags [et al.]// *Medicina (Kaunas, Lithuania)*. - 2021. - Vol.57. – P.35.
197. Vasavada, A. Phacoemulsification of white mature cataracts/ A. Vasavada, R. Singh, J. Desai// *J Cataract Refract Surg*. – 1998. – Vol.24, №2. – P.270-277.
198. Visual acuity after trans-scleral sutured posterior chamber intraocular lens/ S. Mahmood [et al.]// *J. Coll Physicians Surg Pak*. – 2014. – Vol.24, №12. – P.922–926.
199. Visual outcomes of posterior chamber intraocular lens intrascleral fixation in the setting of postoperative and posttraumatic aphakia/ D. Haszcz [et al.]// *BMC Ophthalmol*. – 2016. – Vol.16, №1. – P.50.
200. Visual performance with bifocal and trifocal diffractive intraocular lenses: a prospective three-armed randomized multicenter clinical trial/ H. Kaymak [et al.]// *J. Refract Surg*. – 2017. – Vol.33, №10. – P.655–662.

201. Wang, Q. Growth factor signaling in vitreous humor-induced lens fiber differentiation/ Q. Wang, J. McAvoy, F. Lovicu// Invest Ophthal & Vis Sci. – 2010. – Vol.51. – P.3599–3610.
202. Wang, X. IOL tilt and decentration estimation from 3 dimensional reconstruction of OCT image/ X. Wang, J. Dong, Q. Wu// PLoS ONE. – 2013. – Vol.8. – P.59-69.
203. Wasserman, E. Neodymium:YAG laser posterior capsulotomy/ E. Wasserman, J. Axt, J. Sheets// J. Am. Intraocul Implant Soc. – 1985. – Vol.11, №3. - P.245–248.
204. Werner, L. Biocompatibility of intraocular lens materials/ L. Werner// Current Opinion in Ophthalmology. – 2008. – Vol.19, №1. – P.41–49.
205. Wijnhoven, B. E-cadherin-catenin cell-cell adhesion complex and human cancer/ B. Wijnhoven, W. Dinjens, M. Pignatelli// British Journal of Surgery. – 2000. - №87. – P.992–1005.
206. Yaguchi, S. Foldable acrylic intraocular lens with distended haptics for transscleral fixation/ S. Yaguchi// J. Cataract. Refract. Surg. – 2009. – Vol.35. - P.2047–2050.
207. Yamane, S. Sutureless 27-gauge needle-guided intrascleral intraocular lens implantation with lamellar scleral dissection/ S. Yamane [et al.]// Ophthalmology. – 2014. – Vol.121, №1. – P.61–66.
208. Yang, J. Dissection of key events in tubular epithelial to myofibroblast transition and its implications in renal interstitial fibrosis/ J. Yang, Y. Liu// Am. J. Pathol. – 2001. – Vol.159. – P.1465–1475.
209. Yeh, P. Managing anterior capsule contraction by mechanical widening with vitrector-cut capsulotomy/ P. Yeh, K. Goins, W. Lai// J. Cataract Refract Surg. – 2002. – Vol.28. – P.217–20.
210. Yi, Q. Single-string, closed-loop fixation modification to reposit a dislocated triple-looped haptic intraocular lens/ Q. Yi [et al.]// Journal of cataract and refractive surgery. – 2022. – Vol.48, №7. – P.859–862.

211. Zeisberg, M. Biomarkers for epithelial - mesenchymal transitions/ M. Zeisberg, E. Neilson// Journal of Clinical Investigation. – 2009. – Vol.119. – P.1429–1437.
212. Szurman, P. A new knotless technique for transscleral suture fixation of intraocular implants/ P. Szurman [et al.]// Br. J. Ophthalmol. – 2010. – Vol.94, №2. – P.167–169.