

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-КЛИНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВИДОВ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ И
МЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ФЕДЕРАЛЬНОГО
МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА»**

На правах рукописи

Никулин Максим Евгеньевич

**РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА КЛИНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТЕХНОЛОГИИ ОПТИМИЗИРОВАННОЙ МИКРОТРАБЕКУЛОТОМИИ (AV
INTERNO) В КОМБИНИРОВАННОЙ ХИРУРГИИ ПЕРВИЧНОЙ
ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ И КАТАРАКТЫ (С УЧЁТОМ
ОТДАЛЁННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ)**

3.1.5. Офтальмология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель
Доктор медицинских наук
Д.И.Иванов

Москва – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА I. КОМБИНИРОВАННОЕ ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПРИ СОЧЕТАНИИ КАТАРАКТЫ И ГЛАУКОМЫ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	11
1.1. Основные направления хирургического лечения катаракты и глаукомы.....	11
1.2. Сравнение патогенетически ориентированных методов, направленных на активацию трабекулярного аппарата в хирургическом лечении глаукомы и катаракты.....	24
ГЛАВА II. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	36
2.1. Общая характеристика пациентов	36
2.2. Методы исследования	38
2.3. Методы статистической обработки результатов	40
ГЛАВА III. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОЙ ПРОТЯЖЁННОСТИ ВСКРЫТИЯ ШЛЕММОВА КАНАЛА И ВЫБОР ЛОКАЛИЗАЦИИ ОПТИМАЛЬНОЙ ЗОНЫ ВМЕШАТЕЛЬСТВА.....	41
3.1. Математическое обоснование максимального предела вскрытия трабекулярной диафрагмы для случаев с органической блокадой шлеммова канала.....	41
3.2. Математическое обоснование минимально достаточной протяжённости вскрытия трабекулярной диафрагмы для достижения гипотензивного эффекта.....	46
ГЛАВА IV ТРАБЕКУЛОТОМИЯ (AB INTERNO) В КОМБИНИРОВАННОЙ ХИРУРГИИ С ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИЕЙ И ИМПЛАНТАЦИЕЙ ИОЛ	50

4.1. Инструмент и техника трабекулотомии (ab interno) в комбинированной хирургии с факоэмульсификацией и имплантацией ИОЛ	50
4.1.1. Инструмент для выполнения трабекулотомии	50
4.1.2. Техника операции трабекулотомии (ab interno)	54
4.2. Сравнение эффективности двух различных модификации трабекулотомии ab interno и выбор оптимального варианта.	58
4.2.1. Непрерывная техника трабекулотомии	59
4.2.2. Техника Оптимизированной микротрабекулотомии	61
4.3. Осложнения после трабекулотомии, их проявления	65
4.3.1. Пути профилактики специфических послеоперационных осложнений для трабекулотомии (ab interno).....	68
4.4. Сравнительный анализ между ОМТ и МНГСЭ в сочетании с факоэмульсификацией и имплантацией ИОЛ	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
ВЫВОДЫ.	88
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.	90
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	91
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	92

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования.

Глаукома и катаракта являются наиболее частыми причинами потери зрения среди лиц старше 40 лет. Глаукома приводит к необратимой слепоте и является ведущей патологией органа зрения, приводящей к инвалидизации. По данным Всемирной организации здравоохранения (2020 год) насчитывается более 105 млн. человек с этим диагнозом, из них более 5,5 млн. имеют терминальную стадию на оба глаза. Сочетание глаукомы с катарактой, по данным различных авторов, составляет от 17 до 76% случаев [30]. В литературе имеется множество подтверждений, свидетельствующих о тесной взаимосвязи этих заболеваний. У лиц старше 50 лет, с диагнозом первичная открытоугольная глаукома, катаракта встречается в три раза чаще, чем у такой же возрастной группы без глаукомы, что обусловлено особыми патогенетическими механизмами [30]. Это объясняет тот факт, что у больных глаукомой, катаракта прогрессирует намного быстрее. Так же отмечено, что при псевдоэксфолиативной глаукоме частота встречаемости катаракты возрастает до 40-85% [38]. Частота катаракты значительно растёт и при далеко зашедшей стадии глаукомы, отмечено, что гипотензивная терапия, с которой встречаются почти все пациенты с глаукомой при длительном применении может приводить к развитию катаракты [30].

Частота встречаемости глаукомы и катаракты увеличивается с возрастом, при этом, с учётом увеличения продолжительности жизни во всём мире, число пациентов с сочетанной патологией будет расти [11].

Существуют различные подходы хирургического лечения, что вызывает затруднения в выборе тактики. Известен поэтапный подход, когда сначала выполняют антиглаукомную операцию, а через 2-3 месяца выполняют хирургию катаракты с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ) [16, 36, 37, 75]. Реже, при компенсированном на каплях внутриглазном давлении (ВГД), выполняют факоэмульсификацию с имплантацией ИОЛ, рассчитывая на гипотензивный

эффект факоэмульсификации, при декомпенсации ВГД выполняют антиглаукомную операцию. В последние годы широкое распространение получил комбинированный подход при наличии глаукомы и катаракты, так как современный уровень развития офтальмохирургии позволил эффективно осуществлять комплексное лечение таких пациентов [23,24,25,39,56,59,60,65,66,69,73,74,78,81,96,100].

Преимущества комбинированного подхода заключаются в восстановлении зрительных функций и снижении уровня офтальмотонуса в результате одного оперативного вмешательства. Кроме того, появляется возможность достоверной оценки стабилизации глаукомного процесса в послеоперационном периоде [49,56,59]. Удаление катаракты с помощью ультразвуковой факоэмульсификации признано большинством офтальмохирургов «золотым стандартом». Выбор антиглаукомного компонента комбинированной хирургии разнообразен по причине отсутствия оптимального, отвечающего всем требованиям варианта.

Ряд хирургов используют операции фильтрующего типа с созданием дополнительных путей оттока водянистой влаги в субтеноновое и субконъюнктивальное пространство [108,115,116,118]. Однако, применение хирургии фильтрующего типа не безопасно и в части случаев не обеспечивает высокого функционального результата и стойкого гипотензивного эффекта [59, 76, 80, 97, 107, 151]. Причина неудач кроется в развитии характерных для фильтрующей хирургии осложнений раннего послеоперационного периода, таких как: отслойка сосудистой оболочки, гипотония, синдром мелкой передней камеры, гифема, экссудативная реакция, наружная фильтрация [35]. Всё это значительно увеличивает сроки реабилитации пациентов. В позднем послеоперационном периоде снижение гипотензивного эффекта как правило связано с рубцеванием фильтрующей зоны [13, 19, 35].

Для снижения количества осложнений фильтрующей хирургии широкое распространение получили операции непроникающего типа (НГСЭ) [9, 29, 40,42,43]. Использование НГСЭ для снижения ВГД в комбинированной хирургии позволяет существенно снизить количество осложнений, но проведение второго

этапа десцеметогониопунктуры (необходимость до 60-70% в течение года) не всегда проводится своевременно, что в ряде случаев приводит к прогрессированию глаукомы [5,6,7].

Кроме создания дополнительных, хирургически сформированных путей удаления внутриглазной жидкости, в комбинации с факоэмульсификацией, применяются техники, направленные на активацию оттока по собственным дренажным путям. Большинство разработанных вмешательств связано с воздействием на трабекулярный аппарат. Существует два хирургических подхода при воздействии на трабекулу – *ab externo* и *ab interno*. К первому относятся вмешательства со вскрытием шлеммова канала наружным доступом, например: трабекулотомия с помощью микрокатетера *Glaucolight*, интраканальная трабекулэктомия [38, 52]. При втором подходе корнеосклеральная трабекула вскрывается со стороны передней камеры: транслюминальная трабекулотомия с помощью гониоскопии, трабекулотомия 360, каналопластика Виско 360, трабэктомия – устройством *Trabectom*, или с помощью двойного лезвия *Kahook*. При этом объём вскрытия шлеммова канала у представленных методик варьирует в диапазоне от 90° до 360°, что является чрезмерным и в ряде случаев приводит к геморрагическим осложнениям и увеличению восстановительного периода [70, 71, 74, 93, 102, 106,120,142,147, 152,153]. Наряду с этим, по данным ряда авторов, в сочетании с хирургией катаракты успешно применяются имплантация трабекулярных шунтов: *iStent (Glaukos)* [114,129,164], расширитель канала (*Grieshaber Ophthalmic Research*), внутриканальный имплантат *Hydrus (Ivantis)* [63, 90, 96, 104,105]. Благодаря микроинвазивности, данные вмешательства обеспечивают высокий профиль безопасности, однако высокая стоимость применяемого оборудования препятствует широкому распространению в офтальмологической клинической практике.

Таким образом, несмотря на внедрение в комбинированную хирургию глаукомы и катаракты ряда антиглаукомных методик, направленных на активацию естественного дренажного пути, вопрос о необходимой протяжённости вскрытия трабекулярной диафрагмы окончательно не решён. Значительное количество

геморрагических осложнений, при обширном вскрытии трабекулы, является препятствием на пути совершенствования этой патогенетически направленной операции. Разработка (в комбинированной хирургии с факоэмульсификацией) эффективного, доступного и малоинвазивного антиглаукомного вмешательства, обладающего патогенетической направленностью, является актуальной.

Цель работы

Разработать технологию оптимизированной микротрабекулотомии *ab interno* в комбинированной хирургии первичной открытоугольной глаукомы и катаракты и оценить её клиническую эффективность с учётом отдалённых результатов (7 лет).

Основные задачи работы:

1. Разработать математическую модель состояния офтальмотонуса в зависимости от протяженности вскрытия шлеммова канала.
2. Разработать хирургическую технику и инструментарий для проведения трабекулотомии *ab interno* в комбинированной хирургии первичной открытоугольной глаукомы и катаракты, обеспечивающие различную протяжённость вскрытия трабекулярной диафрагмы.
3. Провести сравнительную оценку клинической эффективности разработанных технологий трабекулотомии *ab interno* с различной протяжённостью вскрытия трабекулярной диафрагмы: непрерывной трабекулотомии со вскрытием более 13 мм, 120-180° (НТ) и «Оптимизированной микротрабекулотомии» со вскрытием до 1,5-2,0 мм, 15-18° (ОМТ) с позиции стабилизации офтальмотонуса, а также вероятности интра и послеоперационных осложнений.
4. Исследовать клиническую эффективность разработанного (ОМТ) и традиционного (микроинвазивная непроникающая глубокая склерэктомия, МНГСЭ) методов в комбинированной хирургии первичной открытоугольной глаукомы и катаракты (по показателям выраженности гипотензивного эффекта,

вероятности послеоперационных осложнений и продолжительности оперативного вмешательства).

5. Оценить отдаленные (7 лет) клинические результаты проведения разработанной (ОМТ) и традиционной (МНГСЭ) методик хирургии глаукомы (в сочетании с факоэмульсификацией) с позиции динамики внутриглазного давления (ВГД) и частоты выполнения повторной антиглаукомной хирургии.

Основные положения, выносимые на защиту диссертационной работы:

1. Разработана технология проведения трабекулотомии (ab interno) в комбинированной хирургии первичной открытоугольной глаукомы и катаракты, основанная на контролируемой и дозированной микротрабекулотомии (до 1,5-2,0 мм с использованием разработанных инструментов), обеспечивающая (по сравнению с традиционной непроникающей глубокой склерэктомией) минимизацию осложнений, повторных хирургических вмешательств и вероятности прогрессирования глаукомы как в раннем (3 месяца), так и позднем (7 лет) послеоперационных периодах.

2. Уровень снижения внутриглазного давления при предлагаемой технологии трабекулотомии (ab interno) не зависит от протяжённости вскрытого участка шлеммова канала, что доказывается разработанной математической моделью, отражающей зависимость снижения ВГД от протяжённости вскрытия и обосновывает клиническую эффективность уменьшения зоны воздействия (до 1,5-2 мм, не более 18°).

Научная новизна работы

Впервые в офтальмологической практике разработана технология проведения трабекулотомии (ab interno) в комбинированной хирургии первичной открытоугольной глаукомы и катаракты, основанная на контролируемой и дозированной микротрабекулотомии (до 1,5-2,0 мм с использованием разработанных инструментов).

Установлено (на основе разработанной математической модели) отсутствие взаимосвязи между уровнем снижения ВГД и протяженностью вскрытия трабекулярной диафрагмы.

Выявлено (на основании разработанной математической модели), что базовое снижение ВГД отмечается при вскрытии первой половины трабекулярной диафрагмы (не более 18° , 1,5-2,0 мм), при этом дальнейшее вскрытие практически не оказывает влияние на ВГД.

Определена более высокая (по сравнению с традиционной МНГСЭ) клиническая эффективность разработанной технологии проведения трабекулотомии (ab interno), что доказывается частотой повторных хирургических вмешательств в раннем (до 3-х месяцев) и позднем (7 лет) послеоперационном периодах (0% по сравнению с 13,9%, $p < 0,001$ и 8,0% по сравнению с 69,7%, $p < 0,001$ соответственно), а также вероятностью прогрессирования глаукомного процесса (4,76% по сравнению с 18,8%, $p < 0,001$).

Практическая значимость работы заключается в разработке медицинских рекомендаций и инструментария для практического применения технологии оптимизированной микротрабекулотомии с факоэмульсификацией и имплантацией ИОЛ у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой и катарактой.

Методология и методы исследования

В работе использован комплексный подход к оценке результатов, основанный на применении клинических и инструментальных показателей зрительной системы пациента.

Степень достоверности результатов

Степень достоверности результатов исследования основывается на адекватных и апробированных методах сбора клинического материала (266 пациентов (290 глаз) в рамках клинических серий исследования, а также применении современных методов статистической обработки.

Внедрение работы

Результаты диссертационной работы включены в материалы сертификационного цикла и цикла профессиональной переподготовки кафедры офтальмологии Академии постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА (г. Москва), в практическую деятельность АО «Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза» и в Санкт-Петербургском филиале «НМИЦ МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава РФ, клинике «АРТОПТИКА» г. Челябинск.

Апробация и публикация материалов исследования

VII Евро-азиатской конференции по офтальмохирургии, г. Екатеринбург (2015), 28 Международном конгрессе немецких офтальмохирургов, Лейпциг (2015), Конференции Фёдоровские чтения, Москва (2017), Ерошевских чтениях, Самара (2017), VIII Евро-азиатской конференции по офтальмохирургии, г. Екатеринбург (2018), 13 Европейском глаукомном конгрессе (2018), Флоренция, Мировом офтальмологическом конгрессе (2018), Барселона, XII Конгрессе Российского глаукомного общества (2019), Москва, 12 Съезде общества офтальмологов России (2020), Москва, I Дальневосточном офтальмологическом саммите. Пленум общества офтальмологов России (2022), Владивосток.

Диссертация апробирована на кафедре офтальмологии Академии постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России (22.03.2023 г.).

Материалы диссертации представлены в 4-х статьях, опубликованных в определенных ВАК РФ ведущих рецензируемых научных журналах, получено 3 патента на изобретения.

Структура диссертации

Диссертационная работа изложена на 108 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, 4 глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Работа иллюстрирована 37 рисунками, 10 таблицами. Список литературы содержит 166 источников, из которых 47 – отечественных авторов и 119 – иностранных.

ГЛАВА I. КОМБИНИРОВАННОЕ ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПРИ СОЧЕТАНИИ КАТАРАКТЫ И ГЛАУКОМЫ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1. Основные направления хирургического лечения катаракты и глаукомы

В современной офтальмологической практике при комбинированном хирургическом лечении катаракты и глаукомы удаление катаракты в подавляющем большинстве случаев выполняется с помощью ультразвуковой эмульсификации.

Сама по себе факоэмульсификация оказывает влияние на внутриглазное давление, особенно выраженное при комбинированной и закрытоугольной формах глаукомы. Есть целый ряд работ, посвящённый её влиянию на ВГД. Так, к примеру, было отмечено снижение ВГД на 3,9 мм.рт.ст в течение 18 месяцев наблюдения после факоэмульсификации в работе 2012 года Mansberger S.L, Gordon M.O. и соавт. на глазах с возрастной катарактой [130]. В работе отечественных авторов 2015 года (Югай М.П, Рябцева А.А, Ширинова У.А.) на 75 глазах с возрастной катарактой было отмечено снижение истинного ВГД через 3 месяца после факоэмульсификации на 3,23 мм.рт.ст. Авторы объясняют снижение ВГД анатомо-топографическими изменениями, такими как увеличение глубины передней камеры и вследствие этого натяжением трабекулярной ткани с увеличением её проницаемости [47]. Philip P Chen , Shan C Lin и соавторы в отчете Американской академии офтальмологии (2015) проанализировали результаты девяти исследований с общим количеством испытуемых 461 пациент и показали, что факоэмульсификация снижает ВГД при первичной открытоугольной глаукоме на 13%, а также снижает количество закапываемых гипотензивных капель на 12% в сроке наблюдения до 17 месяцев. При нормальном уровне ВГД до оперативного лечения, в данном исследовании, снижение офтальмотонуса на 13% составляет всего 2-3 мм.рт.ст., что коррелирует с данными других авторов. Чуть большим гипотензивным эффектом по их данным обладает факоэмульсификация при псевдоэксфолиативной глаукоме, где она компенсирует ВГД уже на 20% и снижает

зависимость от глаукомных препаратов на 35%. Эти данные были взяты из 5 исследований с общим количеством 132 пациента [141].

Заслуживает внимания статья Loïc Majstruk, Benjamin Leray с соавт., о долгосрочном влиянии факоэмульсификации на внутриглазное давление у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой. В исследовании приняло участие 70 глаз, прооперированных по стандартной методике факоэмульсификации с имплантацией заднекамерной ИОЛ. У всех пациентов была диагностирована ПОУГ, компенсированная на гипотензивной терапии, со средним ВГД $17 \pm 2,7$ мм рт.ст. Через год после факоэмульсификации, ВГД снизилось на $1,15 \pm 3$ мм рт.ст. ($6,8 \pm 18,1\%$). При этом количество используемых препаратов от глаукомы осталось неизменным. Важно, что через 1 и 7 дней после операции по удалению катаракты у 12,9 и 4,2% глаз были скачки ВГД более 30 мм рт. ст., что может привести к дополнительному повреждению зрительного нерва, особенно если речь идёт о далекозашедшей стадии глаукомы. Через год после операции по удалению катаракты 75,7% глаз с ПОУГ нуждались в таком же количестве гипотензивной терапии, как и до операции, в то время как 17,1% глаз были переведены на терапию с меньшим количеством капель от глаукомы, а 7,2% глаз требовали усиления терапии. В заключении авторы делают вывод, что у пациентов, компенсированных на гипотензивной терапии, легкой или средней степени тяжести ПОУГ, операция по удалению катаракты путем факоэмульсификации привела к клинически незначительному снижению ВГД и не снизила количество применяемых препаратов от глаукомы, в течении 1 года наблюдения [112].

Доктор Ingeborg Stalmans на XXXII Конгрессе ESCRS в Лондоне отметила, что по данным литературы в долгосрочной перспективе факоэмульсификация снижает ВГД на 1,0-5,0 мм рт. ст. у пациентов с ПОУГ. Thomas Ravi с соавторами, используя байесовский статистический анализ, установил, что вероятность снижения ВГД после факоэмульсификации на 2–3 мм рт.ст. или более составляет 32% и 7% соответственно в сроке наблюдения до 3 лет. Это означает, что, если пациент компенсирован на гипотензивной терапии и хирург считает, что стабильность может быть достигнута за счет снижения ВГД на 2 мм рт. ст., то

факоэмульсификация имеет всего лишь один из трёх шансов на достижение этой цели. А вероятность того, что факоэмульсификация может привести к снижению ВГД более или равному 5 мм рт. ст. составляет 0,12%. Кроме того, вероятность того, что ВГД останется прежним или увеличится после операции, составляет примерно 5% [113].

Исходя из вышесказанного факоэмульсификация не может рассматриваться в качестве самостоятельной гипотензивной операции. Для нормализации ВГД в комбинированной хирургии катаракты с глаукомой, большинство офтальмохирургов, в сочетании с факоэмульсификацией, применяют различные антиглаукомные вмешательства [23,24,25,39,56,59,60,65,66,69,73,74,78,81,96,100].

В качестве антиглаукомного компонента используются:

1. операции фильтрующего типа, когда создаются новые пути оттока водянистой влаги под конъюнктиву,
2. операции, воздействующие на цилиарное тело
3. операции, направленные на восстановление оттока внутриглазной жидкости по естественным путям:
 - вмешательства, направленные на активацию увеосклерального пути оттока
 - вмешательства, направленные на активацию трабекулярного пути оттока

1. Операции фильтрующего типа

К фильтрующим относятся операции на основе трабекулэктомии, выполненной J. Cairns (1968) и модифицированные М.М. Красновым, синустрабекулэктомия, синусотомия, трабекулотомия, [22,61]. Среди фильтрующих выделяют операции:

- проникающего типа
- непроникающего типа
- имплантация дренирующих устройств.

Из фильтрующих проникающих операций широкое распространение получила факотрабекулэктомия, термин, которой предложен W.Lyle и J. Jin в 1991

году. Гипотензивная эффективность от проникающей фильтрующей хирургии, такой как факотрабекулоэктомия или различные модификации синустрабекулоэктомии, при комбинированной хирургии в сочетании с факоэмульсификацией, признаны во всём мире. Однако, хирургия подобного типа является достаточно травматичной и связана с повышенным риском осложнений, таких как отслойка сосудистой оболочки, гипотония, синдром мелкой передней камеры, гифема, экссудативная реакция, наружная фильтрация [45,77,80,81,82,108,110]. Всё это явилось импульсом к использованию непроникающей хирургии глаукомы.

Непроникающая фильтрующая хирургия представлена непроникающей глубокой склерэктомией (НГСЭ), применяемой в сочетанной хирургии с факоэмульсификацией [29,30,40,65,75,86,104,119,140] и вискоканалостомией [50,123,127,137,138,157,158,159].

В 2001 году была внедрена в клиническую практику микроинвазивная непроникающая глубокая склерэктомия (МНГСЭ), разработанная в Екатеринбургском центре МНТК «Микрохирургия глаза». У МНГСЭ протяжённость конъюнктивального разреза составляет 1,5-2 мм, выполняется он в 0,5-1 мм от лимба, поверхностный склеральный лоскут выкраивается размером 2,5x2,5 мм., шов на поверхностный склеральный лоскут не накладывается. Остальные этапы, такие как формирование глубокого склерального лоскута, удаление наружной части трабекулы, отсечение глубокого склерального лоскута с роговичной тканью, укладка на место поверхностного склерального лоскута, наложение конъюнктивального шва отличались от классической НГСЭ только уменьшенными до 2,5 мм. размерами.

По данным авторов методика не уступает классической НГСЭ по эффективности. При проведении МНГСЭ объём повреждения тканей меньше, чем при классической методике, следовательно, воспалительная реакция тканей будет снижена. Благодаря уменьшению размера вмешательства, появляется возможность проведения дальнейшей антиглаукомной хирургии в интактных зонах, что повышает шансы на достижение гипотензивного эффекта [42,43]. Cillino S. с

соавторами описан сравнительный анализ результатов непроникающей глубокой склерэктомии (НГСЭ) и трабекулэктомии в сочетании с факоэмульсификацией катаракты. Полученные результаты свидетельствуют о том, что стойкое снижение офтальмотонуса в послеоперационном периоде было выявлено при обеих методиках, но более выраженное снижение ВГД было получено в группе факотрабекулэктомии при наблюдении до 30 мес. после операции. В пользу ФЭ с НГСЭ говорят, как более высокая острота зрения, так и меньшее число воспалительных реакций и признаков гипотонии в послеоперационном периоде. Аналогичные результаты получены другими авторами при сравнительном исследовании сочетания факоэмульсификации катаракты с НГСЭ и трабекулэктомией [82,118].

С.Ю. Анисимова сообщает, что около 30% больных спустя 2-3 года после проведения НГСЭ потребовалась реоперация [5,6,7,8]. Н.М. Сергиенко выявил зависимость эффективности НГСЭ от стадии заболевания ОУГ [37].

Несмотря на разработку множества путей повышения эффективности НГСЭ: лазерная десцеметогониопунктура, применение антиметаболитов, применение имплантов из различных материалов, очевидной становилась разработка методов совершенствования НГСЭ. Это привело к развитию модификаций операции, основанных на дилатации и дренировании шлеммова канала. Впервые идею перфузии шлеммова канала предложил Б.Н. Алексеев [1]. В 1989 г. R. Stegmann предложил введение вискоэластика (Healon GV) в оба выхода шлеммова канала протяженностью 4-6 мм для снятия его блокады и восстановления естественного оттока ВГЖ по вновь открытым выпускникам. Операция была названа Вискоканалостомия. Подход к шлеммову каналу осуществляется наружным доступом. Начальные этапы операции практически повторяют этапы НГСЭ. После выделения склерального синуса с помощью микроканюли в шлеммов канал вводят (вправо и влево) на расстояние 4-6 мм Healon GV® (Pharmacia & Upjohn) [50,123,127,137,138,157,158,159].

Недостатком вискоканалостомии является более высокая частота специфического для НГСЭ осложнения - отслойки десцеметовой мембраны,

поскольку площадь воздействия вискоэластика на нее значительно увеличивается, так как отсутствует должный контроль над глубиной введения вискоэластика в шлеммов канал; во-вторых – нет гарантии того, что препарат будет находиться в просвете шлеммова канала положенные 6 дней и не произойдет закрытия просвета канала в области оперативного вмешательства. В-третьих – возможность повышения ВГД в раннем послеоперационном периоде вследствие блокирования оттока водянистой влаги по вновь созданному пути вискоэластиком, находящимся под склеральным лоскутом. После рассасывания вискоэластика существует опасность срастания листков склеры вследствие «провисания» поверхностного лоскута [157,158,159]. По данным G. Sunaric-Megevand продолжительность гипотензивного эффекта вискоканалостомии в срок до 3 лет составила 59%, по данным T.Shoji et al.- 58% при сроке наблюдения 4 года [137].

Из дренирующих устройств, применяемых в комбинированной хирургии с факоэмульсификацией получил распространение мини шунт Ex-PRESS (Alcon), трубка из нержавеющей стали, 3 мм в длину, со скошенным дискообразным концом и шпорой для предотвращения дислокации.

По данным Özbilen K.T. мини шунт не уступает по эффективности классической трабекулотомии, однако этому типу присущи и традиционные осложнения фильтрующей хирургии. Так Graffi S. отмечает 27% воспаления после комбинированной хирургии с имплантацией минишунта Ex-PRESS в сравнении с факоэмульсификацией [81,134,135,143,150,155].

Заслуживает внимания ещё один вид фильтрующей хирургии, одобренный FDA в 2016 году, относящийся к микроинвазивной хирургии глаукомы MIGS. Это имплантация микрошунта XEN[®] Gel Stent (Allergan INC, Дублин, Ирландия) — это гибкий имплантат из коллагена, отводящий внутриглазную жидкость из передней камеры в субконъюнктивальное пространство через склеральный канал. XEN[®] Gel Stent состоит из свиного желатина, поперечно сшитого глутаральдегидом. Имплантируется посредством специального одноразового инжектора, в который он был предварительно загружен, по игле в 27ga. XEN[®] стент обычно имплантируют через доступ ab interno без рассечения

конъюнктивы. Процедура может выполняться как самостоятельная антиглаукомная операция, а также сочетаться с факоэмульсификацией катаракты. Часто при имплантации стента используют Митомицин С под конъюнктиву для снижения риска избыточного рубцевания. Заслуживает внимание исследование проведенное Kaweh Mansouri с соавторами. Срок наблюдения 24 месяца. 109 глаз (84 пациента; средний возраст 74,3 года), была выполнена операция XEN с факоэмульсификацией. 40 глаз (29 пациентов; средний возраст 74,7 года), была выполнена автономная операция с имплантацией XEN. Среднее ВГД составило $20,0 \pm 7,5$ мм рт.ст. до оперативного лечения с использованием гипотензивной терапии и $14,1 \pm 3,7$ мм рт.ст. через 2 года после операции ($P < 0,01$). Снижение ВГД составило 29,3%. Среднее количество гипотензивных препаратов снизилось с $2,0 \pm 1,3$ до операции до $0,6 \pm 0,9$ через 2 года ($P < 0,001$). Сочетание имплантации стента с введением Митомицина С было в 45% случаев. Повторные операции потребовались в 11,4% случаев.

По данным авторов можно сделать вывод, что результаты хирургии с использованием XEN стента сопоставимы с результатами традиционной фильтрующей хирургии. Также в литературе описаны и характерные осложнения XEN имплантации, присущие всей этой группе, такие как гипотония, отслойка сосудистой оболочки, гифема, эндофтальмит. Есть и специфические осложнения, связанные с миграцией стента под конъюнктиву и в переднюю камеру глаза [48,65,100,117,128,131,146,165].

Таким образом, эффективность фильтрующей хирургии не зависит от состояния дренажной системы оперируемого глаза. С помощью этих операций можно снизить ВГД до нормального уровня в любой стадии глаукомы и при любом исходном значении офтальмотонуса. Вместе с тем всем фильтрующим операциям присущи и серьезные недостатки. У 20-30% оперированных больных в отдаленные сроки после операции возникает избыточное рубцевание зоны антиглаукомной операции [13, 19, 35]. Особенно часто это осложнение наблюдается у больных молодого, и среднего возраста. Повторные операции в таких случаях не всегда эффективны. Поэтому некоторые авторы предлагают для увеличения стойкости

гипотензивного эффекта использовать антиметаболиты. Первым из них был 5-фторурацил. Однако вскоре появились сообщения о серьезных осложнениях после применения этого препарата, связанных с токсическим действием на роговичный эпителий [13,76,108].

Позднее появились сведения о применении другого антиметаболита - митомицина С. Однако в ряде работ было отмечено, что несмотря на высокий гипотензивный эффект, использование митомицина С в ходе комбинированных вмешательств по поводу катаракты и глаукомы может приводить к избыточной фильтрации водянистой влаги в послеоперационном периоде, что является причиной снижения зрительных функций вследствие гипотонии и симптоматической макулопатии, кроме того повышается риск развития эндофтальмита, связанного с формированием тонкостенных аваскулярных фильтрационных подушек [13,59,64,80,97,107,151].

13.01.2021 Министерством здравоохранения Российской Федерации принято решение об отмене государственной регистрации и исключении из государственного реестра лекарственных средств для медицинского применения лекарственного препарата Митомицин-С Киова (Митомицин). Отказ от митомицина существенно снижает эффект гипотензивной терапии фильтрующих операции, особенно при повторной антиглаукомной хирургии.

2. Операции, воздействующие на цилиарное тело

К операциям, воздействующим на цилиарное тело, применяемым в комбинированной хирургии с катарактой, относятся вмешательства, ведущие к его абляции. В их ряду эндоскопическая циклофотокоагуляция (ЭЦФК), диодлазерная циклофотокоагуляция (ДЛЦФК) и ультразвуковая циклодеструкция (УЗЦД).

Трансклеральная циклодеструкция теряет свою популярность из-за высокой частоты осложнений, уступая своё место лазерной и ультразвуковой эндоциклодеструкции, а также ЭЦФК [10, 14, 18, 21].

В процессе её выполнения хирург с помощью оптоволоконного микрофталмозендоскопа визуализирует цилиарное тело и осуществляет лазеркоагуляцию его отдельных отростков, избегая повреждения окружающих тканей, при этом изображение зоны цилиарного тела находится на внешнем мониторе. После лазеркоагуляции отростки цилиарного тела сморщиваются и приобретают белый цвет. Уменьшение продукции внутриглазной жидкости и снижение ВГД достигается за счет разрушения эпителиальных клеток цилиарных отростков. Как правило, лазеркоагуляцию отростков проводят на 270-360°. В результате такого воздействия уровень ВГД уменьшается примерно на 15%. Эндоскопическую циклофотокоагуляцию можно проводить одновременно с эмульсификацией катаракты через те же самые разрезы.

Однако широкого распространения комбинированная методика не получила, из-за характерных для этого вида хирургии осложнений. Так, Lima F.E. в исследовании 368 глаз после ЭЦФК и факоемульсификации отметил следующие осложнения: подъём ВГД - 14,4%, фибринозный экссудат в передней камере - 7,06%, кистозный макулярный отек - 4,34%, гипотония - 2%. Термическое повреждение сосудистой оболочки может спровоцировать воспалительный процесс. По данным Куликова А.Н. количество воспалительных реакций у пациентов, которым была проведена ЭЦФК составило 43,3% в раннем послеоперационном периоде [23,46,59,66,73,89, 111, 124, 136].

4. Вмешательства, направленные на активацию увеосклерального пути оттока

К операциям, воздействующим на цилиарное тело, но приводящим не к снижению выработки внутриглазной жидкости, а к усилению оттока по увеосклеральному пути, в супрахориоидальное пространство, относится циклодиализ **ab interno**. С 1997 г. появляются сообщения о проведении циклодиализа **ab interno** в комбинации с экстракцией катаракты.

И.Б. Алексеевым разработан способ хирургического лечения больных с

сочетанием катаракты и глаукомы, согласно которому после экстракции катаракты выполняют локальный циклодиализ [3,4]. Циклодиализ производят под гониоскопическим контролем. Автором проведено исследование со сроком наблюдения до 5 лет.

Оказалось, что метод сравним с традиционными комбинированными вмешательствами. По истечении пятилетнего срока наблюдения компенсация ВГД была достигнута у 77% больных, у 13% потребовалось проведение повторной операции.

Кумар В., с соавторами докладывают о 40% нормализации ВГД без использования гипотензивных капель и о 60% нормализации ВГД с использованием медикаментозной терапии, на протяжении 24 месяцев в исследуемой группе из 14 человек после обратного меридионального циклодиализа *ab interno* [33].

Подобные технологические подходы сопряжены с развитием таких осложнений как стойкая гипотония, синдром мелкой передней камеры, гифема, экссудативная реакция, что ограничивает их применение в широкой офтальмохирургической практике [41].

Помимо создания циклодиализной расщелины, для улучшения оттока внутриглазной жидкости в супрахориоидальное пространство, применяют различные импланты.

Хорошо известен **CyPass Micro-Stent**, который представляет из себя перфорированную трубку из биосовместимого полиамидного материала. Этот стент был разработан компанией Transcend Medical, а в 2016 году приобретён компанией Alcon. Стент использовался с 2014 года, в 2016 году одобрен FDA. Он был разработан для создания постоянного канала от передней камеры к супрахориоидальному пространству. Имплантируется в супрацилиарное пространство через парацентез роговицы под гониоскопическим контролем. CyPass предназначен для использования в сочетании с хирургией катаракты или как самостоятельная процедура [53, 103].

В исследовании George Reiss и Bill Clifford с соавторами при использовании

стента совместно с факоэмульсификацией катаракты было показано снижение ВГД более чем на 20% в сроке наблюдения 5 лет в 46% случаев [133]. Однако 29 августа 2018 г. компания Alcon объявила о отзыве CyPass Micro-Stent с мирового рынка. Объявление было сделано после того, как исследователи обнаружили рост потери эндотелиальных клеток среди пациентов, получивших устройство во время операции по удалению катаракты 5 лет назад, по сравнению с пациентами, перенесшими только операцию по удалению катаракты.

Микро шунт SOLX® gold (GMS)(SOLX Ltd., Waltham, MA), изготовлен из 24-каратного (99,95%) чистого золота и представляет из себя две тонкие, прямоугольные пластины, соединённые перемычками, образующими каналы между пластинами. Исходный золотой микро шунт имел ширину 3,2 мм, длину 5,2 мм и вес 6,2 мг. Была выпущена обновленная модель (GMS Plus), которая немного длиннее (5,5 мм) и тяжелее (9,2 мг). Шунт вводится в супрахориоидальное пространство ab externo. Один конец пластины располагается в передней камере перед радужной оболочкой, а другой конец пластины остается в супрахориоидальном пространстве. Отверстия на обоих концах шунта позволяют внутриглазной жидкости перемещаться из передней камеры в супрахориоидальное пространство. Имплантация шунта выполняется как изолированная процедура, так же она может совмещаться с эмульсификацией катаракты. В исследовании Figus с соавторами показана эффективность GMS на 55 глазах с рефрактерной глаукомой. При 2-летнем наблюдении среднее ВГД снизилось с $27,6 \pm 6,9$ мм рт. ст. до $13,7 \pm 2,98$ мм рт. ст. 67,3% пациентов достигли компенсации ВГД после имплантации GMS на фоне приёма гипотензивной терапии, 5,5% из этой группы не использовали гипотензивную терапию. Из осложнений встречалась гифема в 12 случаях, отслойка хориоидеи в 6 случаях, отек роговицы в 2 случаях и гипотония в 1 случае. В тех случаях, когда ВГД не было компенсировано, установлено, что причиной этого стала пролиферация соединительной ткани, блокирующая каналы шунта. В дальнейшем эти выводы подтвердили в другом исследовании при гистологическом изучении удалённых микро шунтов [85, 99, 139, 68].

iStent Supra (Glaukos Corporation, Laguna Hills, Калифорния, США) - третье поколение устройств Glaukos, под названием iStent. iStent Supra разработан для усиления увеосклерального оттока. Он имплантируется доступом *ab interno*, может сочетаться с хирургией катаракты или применяться как отдельная процедура. Устройство представляет собой ребристую трубку с небольшим изгибом, длиной 4 мм. Изготовлен шунт из биосовместимого полимера - полиэфирсульфона и титана. Ребристая поверхность предназначена для улучшения фиксации имплантата в желаемом месте. Просвет шунта составляет 0,16-0,17 мм. По результатам научных исследований доктора Gerd U. Auffarth с соавторами было отмечено снижение ВГД на 50% от исходного в сроке наблюдения до 18 месяцев. Среднее ВГД было чуть более 12 мм.рт.ст. после операции, при исходном ВГД почти 25 мм.рт.ст. В другом исследовании у 73 пациентов среднее ВГД до операции на гипотензивных препаратах составляло 20,4 мм рт.ст., а исходное ВГД без капель - 24,8 мм рт. После установки стента и дополнительном назначении монотерапии Травопростом наблюдали за группой из 42 пациентов в течение 12 месяцев. Из этой группы 98% достигли снижения ВГД на 20% с помощью одного лекарства. Среднее ВГД снизилось на 47% до 13,2 мм рт. Не менее важно, что в ходе исследования не было зарегистрировано каких-либо побочных явлений. Кроме того, есть исследования, в которых описано успешное сочетание iStent Supra с трабекулярными шунтами, такими как iStent [125, 154].

Aquashunt (ОРКО Health Inc., Майами, Флорида, США) — это супрахориоидальное полипропиленовое устройство предназначено для введения доступом *ab externo*. Aquashunt немного изогнут, чтобы соответствовать изгибу глазного яблока. Ключевое различие между Aquashunt и микрошунт SOLX® gold – это наличие одного большого просвета у Aquashunt, вместо нескольких маленьких каналов у золотого импланта. В 2009 году ОРКО Health профинансировала клинические испытания Aquashunt в Доминиканской Республике. Результаты этого исследования не публиковались. Сообщается, что у первых 15 пациентов с рефрактерной открытоугольной глаукомой после имплантации были получены неоднозначные результаты. В настоящее время

клинические испытания по устройству Aquashunt не проводятся.

STARflo (iSTAR Medical, Иснес, Бельгия) - еще одно супрахориоидальное устройство. Это цельный пористый имплант, состоящий из 3 частей: головы, шеи и тела. Устройство STARflo получило одобрение маркировки CE в Европе в 2012 году. Оно изготовлено с использованием запатентованного силиконового микропористого материала (известного как STAR), предназначенного для уменьшения фиброзного ответа. Шунт STARflo имеет размеры 11 × 5 мм. Устройство вводится доступом *ab externo* в супрахориоидальное пространство. Было проведено клиническое исследование в Европе. В этом исследовании имплантат глаукомы STARflo был установлен в 40 глаз у 32 пациентов с рефрактерной глаукомой. Через 24 месяца 45% пролеченных глаз в исследовании потребовалась дополнительная процедура по поводу глаукомы, в то время как у 55% пациентов среднее количество глазных гипотензивных препаратов снизилось с 2,7 до операции до 1,2 через 24 месяца. К сожалению, исследование не продемонстрировало эффективного снижения ВГД через 24 месяца. Кроме того, у многих пациентов наблюдалось снижение количества эндотелиальных клеток, при этом декомпенсация роговицы наблюдалась в 5 глазах (12,5%) [126,145].

Еще одно супрацилиарное устройство - **Miniject** (iStar Medical). Это устройство изготовлено из запатентованного компанией материала Star, биосовместимого пористого силикона, который, как сообщается, способствует интеграции с окружающими тканями и снижает фиброзную пролиферацию. Miniject имплантируется через доступ *ab interno*, и только очень небольшая часть устройства открывается в переднюю камеру, чтобы уменьшить повреждение эндотелиальных клеток роговицы. В клиническое исследование было включено 25 пациентов с первичной открытоугольной глаукомой от легкой до умеренной степени тяжести, которым был имплантирована Miniject. Через 1 год снижение ВГД составило 32,6%, при этом 75% пациентов обходились без гипотензивных препаратов. Важно отметить, что серьезных побочных эффектов отмечено не было [91].

Подводя итог по группе имплантов, усиливающих увеосклеральный отток,

можно сделать вывод, что положительной стороной их использования является простота установки (это касается имплантов, которые устанавливаются *ab interno*), микроинвазивность процедуры, возможность сочетания их с трабекулярными имплантами. Из минусов: сложность при установке *ab externo*, низкая эффективность в отдалённом периоде, высокая вероятность развития эндотелиальной недостаточности, так же немаловажную роль играет стоимость операции.

Вмешательства, направленные на активацию трабекулярного пути оттока

К этой группе относятся операции, усиливающие основной трабекулярный путь оттока ВГЖ. Они подробно описаны в следующем разделе.

1.2. Сравнение патогенетически ориентированных методов, направленных на активацию трабекулярного аппарата в хирургическом лечении глаукомы и катаракты

Основной отток водянистой влаги из передней камеры осуществляется через трабекулярную сеть, шлеммов канал, коллекторные каналы, водянистые вены и эписклеральные вены (Leber (1873), Schwalbe (1870), Kneis (1875), Seidel (1921), Ascher (1942)). По данным Jed A. Lusthaus (et al.) самое большое количество коллекторных каналов (выпускников) расположено в верхне-носовом сегменте глаза, что демонстрирует трёхмерная микро-КТ-реконструкция шлеммова канала на 360°, с отходящими от него коллекторными каналами (рисунок 1). Обращает на себя внимание отсутствие равномерности их расположения по окружности [58].

Alex S. Huang (et al.) с помощью флюоресцентной водной ангиографии на Spectralis HRA+ОСТ (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany) показали преимущественное заполнение контрастом (флюоресцеином) выпускников и эписклерального венозного сплетения в верхне-носовой части глаза (рисунок 2). Исследование было выполнено во время операции по удалению катаракты с использованием 2% флюоресцеина, разведенного в сбалансированном солевом

растворе. В другом случае показана водная ангиография с использованием индоцианин зелёного 0,04%, который ввели во время операции по удалению катаракты (рисунок 3). Изображения сделаны через 176 секунд (B1) и 182 секунды (B2) после введения 0,04% индоцианина зеленого. На них видно распространение контраста в верхне-носовом секторе [57]. Исходя из вышесказанного активация трабекулярного аппарата является патогенетически наиболее обоснованным методом лечения первичной открытоугольной глаукомы [32].

Среди патогенетически ориентированных антиглаукомных методов, направленных на активацию трабекулярного аппарата, сочетающихся с эмульсификацией катаракты, выделяют следующие хирургические техники.

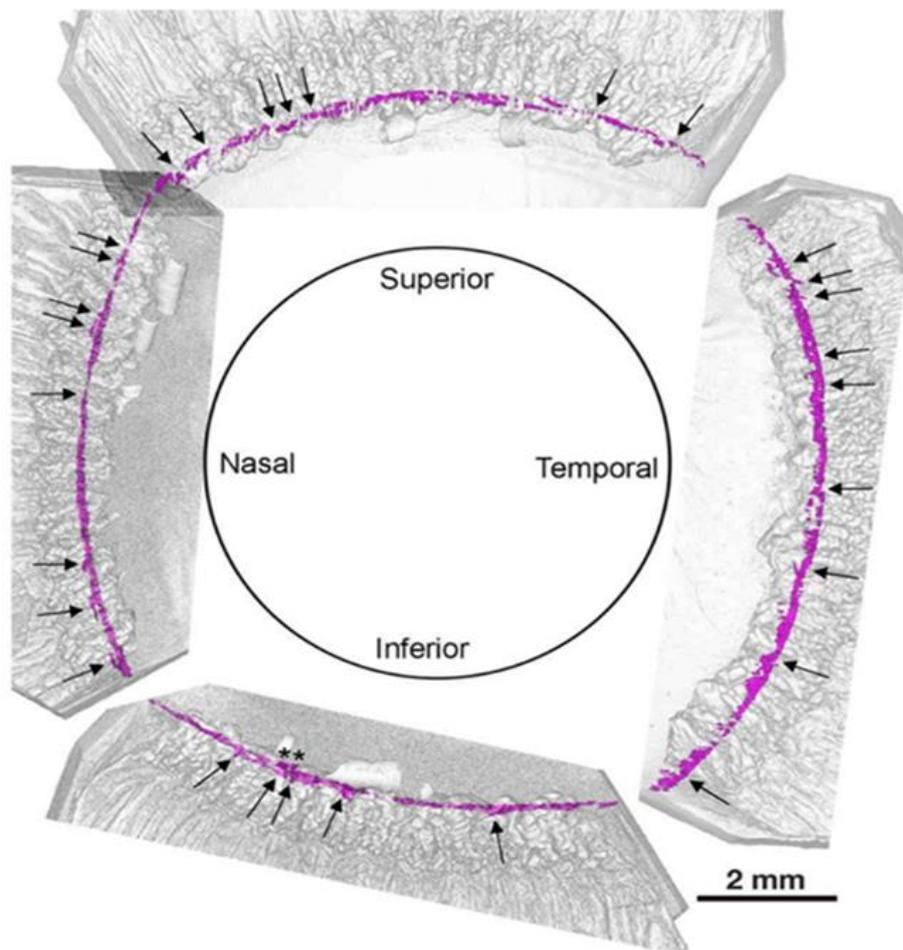


Рисунок 1 - Трёхмерная микро-КТ-реконструкция, демонстрирующая шлеммов канал, чёрными стрелками указаны коллекторные каналы, под звёздочкой в нижнем секторе указан сдвоенный коллекторный канал [58]

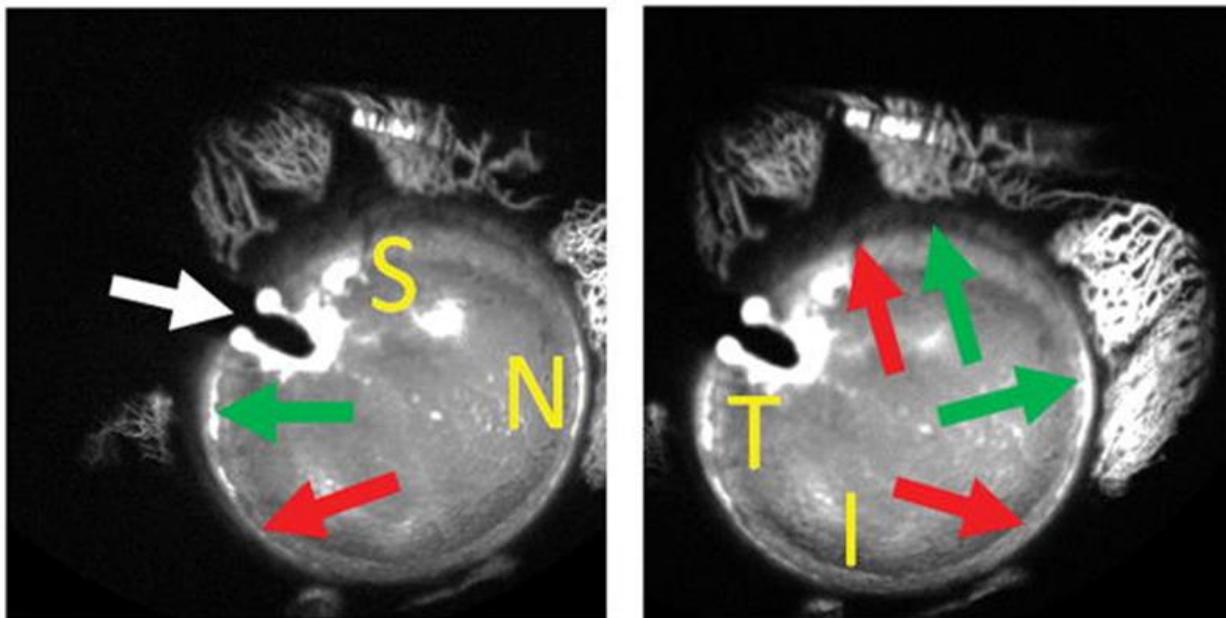


Рисунок 2 - водная ангиография во время операции по удалению катаракты с использованием 2% флуоресцеина [57]

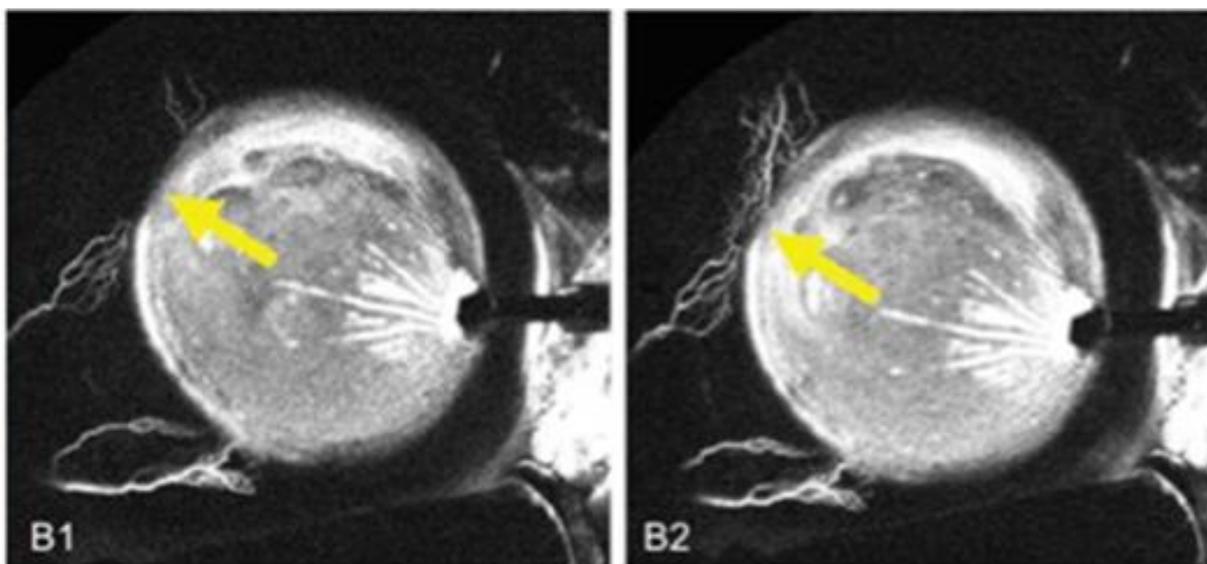


Рисунок 3 - водная ангиография, демонстрирующая усиление сигнала в верхне-назальном квадранте во время операции по удалению катаракты [57]

Трабекулотомия ab interno. Известен способ лечения катаракты и глаукомы (I-II стадия) посредством комбинированной хирургии [2]. Он состоит в экстракапсулярной экстракции катаракты с имплантацией интраокулярной линзы через корнеосклеральный разрез с 10 до 14 часов и хирургии глаукомы путем выполнения трабекулотомии ab interno. Трабекулотомию ab interno производят под

контролем прямой гониоскопии. Для этого используют предложенное автором металлическое зеркало размером 5×5 мм, укрепленное на рукоятке. Под прямым оптическим контролем под склеральный козырек в зону УПК вводят нож Сато, кончиком острия которого производят рассечение трабекулярной стенки склерального синуса. Процедуру рассечения трабекулярной стенки повторяют в пределах катарактального разреза. В результате трабекулярная стенка разрушается приблизительно на протяжении 90-100° гониосферы [1,2,54].

Данная технология обладает рядом недостатков: большой катарактальный разрез, большая вероятность послеоперационного астигматизма, необходимо наличие специально изготовленного зеркала для выполнения трабекулотомии *ab interno*, трабекулотомия может быть выполнена только в верхнем секторе, это затруднит при декомпенсации ВГД дальнейшее использование данной зоны в фильтрующей хирургии глаукомы, особенно если планируется непроникающая глубокая склерэктомия, трабекулотомия выполняется, используя нож Сато, с помощью которого трудно дозировать глубину проникновения в ткани, а следовательно, избежать излишней травматизации и рубцевания [15,36].

Трабектомия с использованием прибора Трабектом. Выполняется доступом *ab interno* аппаратом Trabectome (NeoMedix Corporation, Тастин, США). С его помощью можно одновременно разрушить трабекулу и внутреннюю стенку шлеммова канала и произвести их электрокоагуляцию, тем самым расширяя естественный путь для оттока жидкости. Ткани угла передней камеры испаряются с помощью генерации высокочастотных импульсов тепловой энергии. Сам прибор состоит из сменного наконечника и центральной консоли, содержащей электрокаутер и систему для ирригации-аспирации. Управление прибором выполняется при помощи трехходовой педали. С помощью прямой гониоскопической линзы визуализируются структуры угла передней камеры, и наконечник устройства через разрез 1.7 мм проводится к противоположному разрезу участку трабекулы и вводится сквозь нее непосредственно в шлеммов канал. После установки наконечника хирург нажимает педаль для активации аспирации и абляции. Величина зоны абляции варьируется от 60 до 120 градусов

по дуге окружности. Эта малоинвазивная операция эффективна при первичной открытоугольной глаукоме, её использование не исключает последующих антиглаукомных вмешательств. При сочетании с эмульсификацией катаракты эффективность трабекулотомии повышается, хотя и при более высоком риске геморрагических осложнений [125,144,148].

Из недостатков: использование прямой гониоскопии, что требует вынужденного положения головы пациента, с разворотом в 30° от хирурга и соответствующего наклона микроскопа, при дальнейших исследованиях было выявлено термическое повреждение глубжележащих тканей. Также имеет значение большая протяжённость удаления трабекулы, как следствие геморрагические осложнения [49,67,70,71,72,121]. Немаловажный фактор - высокая стоимость процедуры [149, 153, 61].

Трабекулотомия с помощью двойного лезвия Kahook (New World Medical, Калифорния) — это новый инструмент для трабекулотомии, который был разработан и одобрен FDA в 2015 году. В его конструкции есть площадка, расположенная под углом, с помощью которой он приподнимает и растягивает трабекулярную ткань, а также два параллельных лезвия, разрезающие трабекулярную стенку по краю шлеммова канала. При помощи этого одноразового инструмента выполняется удаление трабекулярной ткани под прямым гониоскопическим контролем на 90-150 градусов по длине окружности, в зависимости от предпочтений хирурга. По мнению авторов, анатомический результат сопоставим с таковым при воздействии аппаратом Trabectome.

Из недостатков: использование прямой гониоскопии, избыточность вскрытия трабекулярной диафрагмы, как следствие геморрагические осложнения [83,87,88,90,95,106,132,144].

Эндотрабекулэктомия выполняется при помощи гониолинзы Swan Jacobs 20D эндокоагулятором 23Ga фирмы Alcon, которым вскрывается трабекулярная ткань на протяжении 90-180° двумя линейными движениями по верхней и нижней части трабекулярной стенки, затем выполняется фактоэмульсификация с имплантацией ИОЛ. Авторы отмечают гипотензивный эффект в 82% случаев в

сроке наблюдения до 2 лет и снижение количества гипотензивных капель вдвое от исходного.

Недостатком этого способа является использование прямой гониоскопии, избыточность удаления трабекулярной ткани, кроме того, эндокоагулятор имеет острый дистальный наконечник, которым трудно дозировать глубину проникновения, также с помощью электрокоагуляции можно термически повредить ткани расположенные за трабекулярной стенкой. Всё это повышает вероятность процессов рубцевания в послеоперационном периоде. Нет отдалённых данных в сроке более 2 лет [36].

Вакуумная трабекулопластика ab interno. Заслуживает внимание технология отечественных авторов, которая сочетает в себе вакуумную трабекулопластику ab interno с одномоментной факоэмульсификацией катаракты и имплантацией ИОЛ. Суть технологии в следующем: после стандартной факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ, производили воздействие на ткань радужки, вблизи иридокорнеального угла с помощью коаксиальной ирригационно-аспирационной системы. Воздействие производилось путем захвата стромы радужки и последующего механического вытягивания радужки от периферии к центру. Изогнутое строение канюли для ирригации-аспирации позволяло выполнить эту процедуру через один роговичный разрез на протяжении 340°. По мнению авторов при вакуумной трабекулопластике происходит очищение трабекулярной зоны. В позднем послеоперационном периоде, к концу второго года наблюдения, отмечено стойкое снижение офтальмотонуса на 15,4% по сравнению с дооперационным уровнем. А гипотензивный эффект составил 87,9%.

Из недостатков: технология разработана только для компенсированного и субкомпенсированного ВГД, пациенты с давлением выше 30 мм.рт.ст. исключались из исследования [44].

Ферментативный трабекулоклининг в сочетании с факоэмульсификацией катаракты и имплантацией ИОЛ. Суть предложенного метода состоит в следующем: с помощью ирригационного наконечника, направленной струёй жидкости (можно сравнить с мойкой высокого давления для мытья автомобилей),

а также с использованием аспирационного наконечника, проводят очистку трабекулы во всех секторах УПК, смывая с её поверхности пигментные отложения, псевдоэкзофолии, остатки вискоэластика, эритроциты и микрофрагменты хрусталика, затем в переднюю камеру вводят фермент Гемазу (500 ЕД) для ферментативной очистки трабекулы от фибронектина.

В отдалённом периоде наблюдения, через 2 года, авторы отмечают гипотензивный эффект в среднем выше гипотензивной эффективности факоэмульсификации в качестве единственной операции на 24,3% [24,25].

Каналоластика. Эта хирургическая технология относится к операциям непроникающего типа и направлена на усиление оттока внутриглазной жидкости по естественным путям (через трабекулу и Шлеммов канал). После проведения стандартной непроникающей глубокой склерэктомии выполняется катетеризация Шлеммова канала при помощи микрокатаетера Glaucolight на 360°. Устройство представляет собой световод диаметром 150 мкм с тупым атравматичным наконечником. Для того чтобы обеспечить стабильно расширенный Шлеммов канал и предотвратить его коллапс подшивается полипропиленовая нить 10-0. Имеются сообщения об односторонних результатах каналоластики в сочетании с эмульсификацией катаракты [102,109]. Эта операция не только эффективна, но и обладает лучшим профилем безопасности по сравнению с другими одномоментными хирургическими вмешательствами.

Из осложнений наиболее часто встречаются гифема, транзитное снижение зрения, гипотония, а также кровотечение из сосудов хориоидеи. Однако комбинация каналоластики с эмульсификацией катаракты вызывает опасения из-за большой длительности операции и достаточно выраженного послеоперационного воспаления [52, 92, 98, 133].

Каналоластика ab interno (в зарубежной литературе используется аббревиатура **ABiC**) (**iTrack, Ellex**). Суть этой технологии в следующем. Выполняется парацентез в височной части роговицы, он служит для введения и продвижения катетера. Затем выполняется основной разрез, обычно на 11 часах, шириной 1,5-1,8 мм, который служит для манипуляции через него цанговым

пинцетом. В переднюю камеру вводится вискоэластик, затем под прямой гониоскопией внутренняя стенка шлеммова канала вскрывается иглой 27 га на протяжении 1.0 мм. Через этот доступ вводится катетер, со светящейся точкой на его дистальном конце и с помощью цангового пинцета продвигается на 360° через весь шлеммов канал, затем катетер постепенно удаляют из канала, попутно вводя когезивный вискоэластик. Считается, что эта процедура разрушает спайки в шлеммовом канале, растягивает трабекулярные пластины и создает микроперфорации в его внутренней стенке, тем самым улучшая отток внутриглазной жидкости. Каналоластика *ab interno* может быть отдельной процедурой или проводиться в сочетании с хирургией катаракты при первичной и вторичной глаукоме. Каналоластика *ab interno* не показана для применения при закрытоугольной, неоваскулярной или травматической глаукоме. В сроке наблюдения через год после операции отмечается снижение среднего ВГД на 19,3%, и снижение количества гипотензивных препаратов на 1,4 чем до оперативного лечения. АViС в сочетании с хирургией катаракты может обеспечить снижение ВГД в среднем на 51,7% и на 1,4 уменьшить количество применяемых гипотензивных средств, в сроке наблюдения в течении года [74].

Недостатки: длительность и трудоёмкость выполнения, использование прямой гониоскопии.

Транслюминальная трабекулотомия с помощью гониоскопии. В зарубежной литературе это процедура обозначается аббревиатурой GATT (*Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy*).

Проводится оперативное вмешательство через роговичный парацентез, выполненный в темпоральной части глаза при помощи катетера iSciences (Ellex), диаметром 250 микрон, с подсветкой на его дистальном конце для лучшей его визуализации в просвете шлеммова канала. Вмешательство проводится под прямой гониоскопией. Хирург продвигает катетер при помощи цангового пинцета, войдя в шлеммов канал через дефект, выполненный в нём в носовой его части. После прохождения через весь канал дистальный конец катетера захватывают, а проксимальный конец выводят из глаза, разрезая таким образом трабекулярную

сеть на 360 градусов. Вместо катетера можно использовать шовный материал, нейлон или полипропилен 4.0 или 5.0. Это оперативное вмешательство выполняется как самостоятельная процедура на факичных или артификачных глазах, так и в сочетании с хирургией катаракты. Сообщается о снижении ВГД в среднем на 39,8% и на 1,1 меньше гипотензивных препаратов у послеоперационных пациентов с ПОУГ после процедуры транслюминальной трабекулотомии. Наиболее частым осложнением является послеоперационная гифема, которая проходит самостоятельно в течение месяца. К преимуществам можно отнести низкую стоимость при использовании шовного материала.

Из недостатков: достаточно высокая трудоёмкость, использование прямой гониоскопии, что требует вынужденного положения пациента и хирурга, длительная резорбция крови, из-за кругового вскрытия шлеммова канала [74,78,93,94,122, 142,163].

Трабекулотомия 360 или **Trab360** (в зарубежной литературе) (Sight Sciences, Menlo Park, California). Данную разновидность трабекулотомии выполняют через парацентез в височной части роговицы, через который, под прямым гониоскопическим контролем, вводят устройство Trab360 или OMNI. (OMNI – это устройство, объединяющее Trab360 и VISCO360). Наконечник этого устройства прорезает внутреннюю стенку шлеммова канала в носовой части и зонд, содержащийся внутри устройства, продвигается на 180 °. Затем хирург извлекает устройство из глаза, прорезая таким образом трабекулярную ткань на заданном протяжении. Хирург может втянуть зонд и использовать устройство для обработки оставшихся 180 ° с другой стороны. Трабекулотомия 360 может выполняться в сочетании с хирургией катаракты или как отдельная процедура. Сообщается о гипотензивном результате в 70% случаев, на глазах без предшествующей глаукомной хирургии.

Преимуществом данной технологии, в отличие от процедуры GATT, является относительная простота исполнения, так как не требуется второй инструмент для продвижения зонда, но недостатки те же: использование прямой гониоскопии, обширное вскрытие шлеммова канала, высокий риск

геморрагических осложнений. Так как трабекулярная ткань не разрезается, а разрывается изнутри, то повышается риск отслойки десцеметовой мембраны. Так же при использовании этой технологии, если вскрыты все 360° гониосферы, не представляется возможным в дальнейшем применить непроникающую фильтрующую хирургию глаукомы, такую как НГСЭ [62, 79, 152].

Каналопластика Виско360 (в зарубежной литературе **Visco360**) (**Sight Sciences**). Процедура, по сути, очень похожа на описанную выше Каналопластику *ab interno* (АВiС) (iTrack, Ellex). Она так же разработана, как и АВiС для вискодилатации шлеммова канала, но только выполняется с использованием устройства Visco360, которое входит в состав OMNI (OMNI 720). Катетер здесь выдвигается из носика загнутой металлической канюли с помощью прокрутки колёсика на корпусе. И в отличие от АВiС, выполнение этой манипуляции возможно без дополнительного доступа для цангового пинцета. Операция может осуществляться только через один парацентез под прямым гониоскопическим контролем. Выполняется как изолированно, так и в сочетании с хирургией катаракты [120]. Недостатки аналогичны предыдущей технологии.

Имплантация шунтов. Вследствие имплантации трабекулярных шунтов усиливается отток внутриглазной жидкости по естественным путям, т.е. через трабекулярную сеть и шлеммов канал.

Устройство iStent (Glaukos) представляет собой микрошунт из титана, вводимый в шлеммов канал *ab interno* через разрез роговицы шириной 1.5 мм. Он предназначен для улучшения оттока внутриглазной жидкости (ВГЖ) по естественным путям фильтрации, минуя трабекулярную сеть, которая является главным препятствием. Данное устройство показало рекордное снижение ВГД на протяжении более чем 2-х лет. Новое поколение устройства напоминает запонку, в отличие от ангулированной трубки – модели предыдущей генерации.

Устройство необходимо имплантировать вблизи больших коллекторных каналов, если оно будет слишком далеко от него, то коллапсированный шлеммов канал может перекрыть отток жидкости. Данная операция не только обеспечивает

бай-пасс трабекулярной сети, но также открывает шлеммов канал для циркулярного тока жидкости [96, 105].

Расширитель канала (эспандер), производимый компанией Grieshaber Ophthalmic Research, представляет собой перфорированную полиамидную трубку, вводимую в шлеммов канал в ходе операции вискоканалостомии. Поскольку он имплантируется с внешней стороны глазного яблока, его легко визуализировать в процессе установки. Трубка функционирует как опора, поддерживающая канал в расширенном состоянии и обеспечивая беспрепятственное прохождение камерной влаги к коллекторным канальцам [63].

Недостатки: низкая эффективность при блоке на уровне трабекулы, риск отслойки десцеметовой мембраны, аналогично технологии вискоканалостомии, кроме того, трудоёмкость и длительность процедуры снижают привлекательность оперативного лечения.

Внутриканальный имплантат Hydrus (Ivantis) представляет собой никель-титановую конструкцию длиной 8.0 мм имплантируемую в шлеммов канал при помощи инжектора под контролем гониоскопии. Данное устройство также позволяет поддерживать просвет шлеммова канала раскрытым и обеспечивает беспрепятственный ток ВГЖ. Jason Jones et al. в статье 2019 года на 219 глазах представили результаты имплантации внутриканального имплантата. Они отметили суточное снижение ВГД на 20% после оперативного лечения и отказ от гипотензивной терапии в 78,5% в сроке наблюдения до 2 лет [132]. Из недостатков: трудоёмкость и высокая стоимость импланта.

Известен способ **трабекулотомии ab interno**, заключающийся в том, что под местной анестезией формируют роговичный самогерметизирующийся парацентез в области лимба, через который в переднюю камеру глаза вводят вискоэластичный материал, например Healon, для углубления передней камеры. Далее вводят в переднюю камеру через парацентез нож (Сато) и производят рассечение трабекулы на участке, определенном на этапе дооперационного обследования, под гониоскопическим контролем. Затем вискоэластичный материал полностью заменяют физиологическим раствором, завершают операцию традиционно.

Известно, что такой способ хирургического лечения глаукомы может применяться как автономно, так и при одномоментном хирургическом лечении катаракты и глаукомы. Автор отмечает такие осложнения, как геморрагические проявления разной степени выраженности у всех пациентов исследуемой группы с трабекулотомией, кроме того, частота послеоперационной воспалительной реакции I степени (по классификации Фёдорова-Егоровой) у 96%, 4,2% иридоциклит, 8% десцеметит [15].

Резюме

Анализ литературных данных показывает, что в современных условиях одномоментная хирургия катаракты и глаукомы находит всё больше сторонников среди офтальмохирургов. Это связано с внедрением прежде всего факоэмульсификации, с появлением новых моделей ИОЛ, имплантируемых через микроразрезы, что позволило снизить частоту и степень тяжести осложнений, значительно сократив время операции. Если преимущества факоэмульсификации в настоящий момент практически не вызывает споров, то в отношении того каким должен быть глаукомный компонент существует множество вариантов.

Поиск эффективных, малотравматичных, патогенетически обоснованных, то есть физиологичных, технически простых и экономичных методов представляется актуальным.

ГЛАВА II. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Общая характеристика пациентов

Исследование проводилось на базе Екатеринбургского центра АО МНТК «Микрохирургия глаза» в городе Екатеринбург в период с 2014 по 2022 год. Всего в исследование было включено 266 пациентов, у которых было обследовано и прооперировано 290 глаз.

Пациенты были разделены по характеру поставленных задач на 3 группы.

I группа: 87 пациентов (100 глаз), с наличием катаракты в сочетании с первичной открытоугольной субкомпенсированной и декомпенсированной на медикаментозном режиме глаукомой, метод лечения - трабекулотомия с непрерывным максимальным вскрытием трабекулярной диафрагмы в комбинации с факоэмульсификацией и имплантацией ИОЛ (НТ). Факоэмульсификация была проведена по стандартной методике через разрез 2.2 мм на приборе Infiniti® Vision System (Alcon, США) по технологии OZil.

II группа: 96 пациентов (105 глаз), с наличием катаракты в сочетании с первичной открытоугольной субкомпенсированной и декомпенсированной на медикаментозном режиме глаукомой, метод лечения - Оптимизированная микротрабекулотомия в сочетании с факоэмульсификацией и имплантацией ИОЛ (ОМТ). Факоэмульсификация была проведена по стандартной методике через разрез 2.2 мм на приборе Infiniti® Vision System (Alcon, США) по технологии OZil.

III группа: 83 пациента (85 глаз), с наличием катаракты в сочетании с первичной открытоугольной субкомпенсированной и декомпенсированной на медикаментозном режиме глаукомой, метод лечения - Микроинвазивная непроникающая глубокая склерэктомия в сочетании с факоэмульсификацией и имплантацией ИОЛ (МНГСЭ)

Клиническая характеристика сравниваемых групп пациентов, их данные до оперативного вмешательства представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Клиническая характеристика сравниваемых групп пациентов МНГСЭ, НТ, ОМТ до оперативного лечения

Исходные данные		МНГСЭ 83 пациента, 85 глаз, (n, %)	НТ 87 пациентов, 100 глаз (n, %)	ОМТ 96 пациентов, 105 глаз, (n, %)
Пол	Жен	47(57%)	50 (57%)	54 (56%)
	Муж	36(43%)	37 (43%)	42 (44%)
Возраст, лет (M±m)		74±2,5 (от 53 до 86)	67±2,1 (от 51 до 82)	70±2,3 (от 57 до 81)
Стадии Глаукомы	I	23(27%)	33(33%)	32(30%)
	II	44(52%)	46(46%)	47(45%)
	III	18(21%)	21(21%)	26(25%)
Стадии глаукомы, MD	I	-3,16±1,7 dB	-3,12±1,5 dB	-3,18±1,6 dB
	II	-8,24±2,9dB	-8,13±2,3 dB	-9,13±3,4 dB
	III	-15,98±3,1dB	-16,54±2,7dB	-18,23±3,7 dB
ВГД, мм рт. ст. (M±m)		30±0,88 (от 21 до 38)	29±3,4 (от 22 до 37)	27,0±4,1 (от 23 до 38)
МКОЗ (M±m)		0,25±0,02 (от 0,005 до 0,5)	0,27±0,21 (от 0,005 до 0,4)	0,33±0,15 (от 0,005 до 0,6)
Количество пациентов на гипотензивном режиме		67(79%)	68(68%)	67(70%)
Количество гипотензивных препаратов		2,1±0,7	2,4±1,2	2,0±1.2
Достоверность различий		p>0,05		
			p>0,05	

Критерии включения пациентов в группы исследования:

- наличие катаракты различной степени зрелости и наличие первичной открытоугольной глаукомы, субкомпенсированной или декомпенсированной на гипотензивном режиме;
- отсутствие воспалительных заболеваний переднего и заднего отрезка глаза в анамнезе (увеит, хориоретинит) -
- отсутствие офтальмологических операций в анамнезе
- отсутствие травматических повреждений глаза в анамнезе
- отсутствие неоваскуляризации в углу передней камеры и на радужке
- отсутствие артериальной гипертензии III степени, тяжёлого течения
- отсутствие декомпенсированного сахарного диабета
- отсутствие приёма непрямых антикоагулянтов (Варфарин)

Таким образом, пациенты всех групп исследования были статистически однородны и сопоставимы по полу, возрасту, остроте зрения, уровню ВГД и стадиям глаукомного процесса ($p > 0,05$).

2.2. Методы исследования

Инструментальному обследованию пациентов предшествовал сбор анамнеза с выяснением сроков возникновения глаукомы и катаракты, количеству и частоте применяемых гипотензивных капель, наличию воспалительных заболеваний глаза в анамнезе, наличию травматических воздействий на глаз и ранее проводимой хирургии глазного яблока. Выяснялась общесоматическая патология, с акцентом на наличие сахарного диабета и его компенсации, наличие и степень тяжести артериальной гипертензии. Так же проводился опрос о приёме влияющих на реологические свойства крови препаратов, таких как «Варфарин», «Тромбо АСС» и «Кардиомагнил».

Для оценки глаукоматозного процесса больным проводили следующие исследования:

- определение остроты зрения с помощью автоматического фороптера Topcon Compu-Vision CV-5000, Tomey Tap-2000 с высококонтрастным цветным

монитором высокого разрешения для предъявления тестовых знаков СС100 ХР (Япония). При отсутствии форменного зрения исследовали светоощущение и определяли характер светопроекции;

– рефрактометрию с помощью автокераторефрактометров Topcon KR-1, KR-8900, KR-800, Tomey RS 5000 (Япония).

– исследование полей зрения с помощью периметра Ферстера объектом белого цвета диаметром 3, 5, 10 мм по общепринятой методике;

– оптическую биометрию и расчёт ИОЛ (для определения переднезадней оси глаза, толщины роговицы, толщины хрусталика и глубины передней камеры с одновременной кератометрией и расчетом силы ИОЛ) с помощью биометров Zeiss Meditec IOLMaster 700 (Германия), Tomey OA 2000 (Япония). Полученные данные используются прибором для расчета ИОЛ по формулам SRK/T, Haigis, Holladay, Hoffer Q.

– биомикроскопию наружных отделов глаза, оптических сред и радужки

– на щелевой лампе фирмы «Zeiss»;

– гониоскопию с помощью линзы Гольдмана и щелевой лампы. При гониоскопии оценивали степень открытия угла передней камеры, пигментацию зоны трабекулярного аппарата, наличие на структурах угла передней камеры псевдоэксфолиативного материала.

– офтальмоскопию в прямом и обратном виде с оценкой состояния диска зрительного нерва с помощью электроофтальмоскопа фирмы «Heine», а также офтальмоскопию проводили с помощью высокодиптрийных линз (60, 90 диоптрий) за щелевой лампой фирмы «Zeiss».

– для определения локализации, размеров и глубины дефектов поля зрения использовали квантитативную пороговую периметрию, что помогало при постановке диагноза. Исследование проводили на периметрах Zeiss Meditec Humphrey Field Analyzer HFA-750i (Германия).

– анализ пространственной контрастной чувствительности на приборе Octopus 600 HaagStreit (Швейцария) помогал в уточнении стадии глаукомного процесса. Прибор позволяет проводить анализ топографии пространственной

контрастной чувствительности в диапазоне от 0 до 30 градусов.

– для наблюдения за изменениями в зрительном нерве использовали оптическую когерентную томографию заднего отрезка глаза на приборе Avanti RTVue XR Optovue (США).

– измерение ВГД проводили с помощью возвратной индукционной тонометрии ICARE IC100 (Финляндия).

Форму глаукомы, оценку уровня ВГД определяли, основываясь на классификации Нестерова А.П. (1975). Стадию заболевания оценивали по модифицированной классификации (E. Hodapp, R. Parrish и D. Anderson) используя метод статической периметрии.

Контрольные проверки остроты зрения, ВГД и офтальмологического статуса проводили в первый день, через неделю, 1 месяц, 3 месяца, 6 месяцев, 12, 24, 36, 60, 72 и 84 месяцев с использованием методов указанных выше.

2.3. Методы статистической обработки результатов

Результативность проводимого лечения определялась исходя из уровня зрительных функции и стабилизации ВГД.

Статистическая обработка результатов исследования осуществлена в программе Statistica v. 8.0 (StatSoft Inc., США). Для выбора метода сравнения и описательных статистик использовали критерий Колмогорова-Смирнова согласованности с нормальным распределением. Подавляющее большинство выборочных данных согласовались с нормальным распределением согласно критерию Колмогорова-Смирнова, поэтому рассчитывались среднее значение показателей и его ошибку ($M \pm m$). Для оценки значимости различий использовали параметрический критерий - двусторонний критерий Стьюдента. Критический уровня достоверности (p) при проверке статистических гипотез принимали равными 0,05 ($p < 0,05$) с учетом оценки возможного $p < 0,01$ и $p < 0,001$.

ГЛАВА III. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОЙ ПРОТЯЖЁННОСТИ ВСКРЫТИЯ ШЛЕММОВА КАНАЛА И ВЫБОР ЛОКАЛИЗАЦИИ ОПТИМАЛЬНОЙ ЗОНЫ ВМЕШАТЕЛЬСТВА

3.1. Математическое обоснование максимального предела вскрытия трабекулярной диафрагмы для случаев с органической блокадой шлеммова канала

В настоящий момент в мировой офтальмологической практике вопрос о необходимой протяжённости вскрытия трабекулярной диафрагмы для активации естественных путей оттока ВГЖ окончательно не решён. Часть методик направлена на вскрытие шлеммова канала полностью - Транслюминальная трабекулотомия (GATT), Трабекулотомия 360, (Sight Sciences, Menlo Park, California). В других случаях утверждается, что достаточно всего лишь 90-180° - Trabectome (NeoMedix Corporation, Тастин, США), трабекулотомия с помощью двойного лезвия Kahook (New World Medical, Калифорния). Отечественные авторы предлагают вскрывать шлеммов канал на 120-180° (Введенский А.С.). Противоположного подхода придерживаются коллеги, имплантирующие в шлеммов канал различные стенты - iStent (Glaukos), внутриканальный имплантат Hydrus (Ivantis), вскрывая при этом лишь небольшой участок трабекулярной диафрагмы.

Протяженность вскрытия трабекулярной диафрагмы оказывает существенное влияние на количество интраоперационных и послеоперационных осложнений. Поэтому актуальным становится решение задачи, которая связана с определением и математическим обоснованием максимального предела вскрытия трабекулярной диафрагмы, превышение которого уже не несёт в себе усиления гипотензивного эффекта, а лишь повышает вероятность связанных с этим осложнений. Математический расчёт был произведён совместно с УрФУ г.

Екатеринбург.

При повышении ВГД в передней камере, из-за сопротивления оттоку внутриглазной жидкости на уровне трабекулярной диафрагмы, в соответствии с законом Пуазейля и на основании расчётов А.П. Нестерова, возникает градиент давления и как следствие этого смещение трабекулярной диафрагмы, сужение просвета шлеммова канала с его дальнейшим полным закрытием. Возникает так называемый блок шлеммова канала. Изначально блок является функциональным, но при длительном существовании он может стать органическим. При органическом блоке шлеммова канала при вскрытии трабекулярной диафрагмы могут функционировать только те венозные выпускники, в проекции которых она была открыта. Кроме того, может существовать частичная органическая блокада самих выпускных коллекторов, поэтому объём вскрытия трабекулярной диафрагмы должен быть в данном случае достаточным. С другой стороны, при большой протяжённости вскрытия внутренней стенки шлеммова канала повышается вероятность осложнений, как во время проведения трабекулотомии, так и в послеоперационном периоде.

Основное уравнение гидродинамики внутриглазной жидкости представлено уравнением (Нестеров А.П. 1974):

$$P_0 = \frac{F}{C} + P_v \quad (1)$$

где P_0 – текущее значение ВГД (внутриглазного давления) (мм.рт.ст.);

F – величина продукции водянистой влаги (в.в.) ($\text{мм}^3/\text{мин}$);

C – коэффициент легкости оттока в.в. ($\text{мм}^3/\text{мин}$ (мм.рт.ст.))

P_v – давление в эписклеральных венах (мм.рт.ст.)

Уравнение определяет условия равновесия между притоком и оттоком водянистой влаги в глазу и уровнем ВГД.

Величина ВГД, которая зависит от протяжённости открытия трабекулярной диафрагмы - переменная x – аргумент подобранной функции.

Величина x отсчитывается в относительных единицах или в процентах от общей

длины открытия.

Величина x меняется в пределах от $0 \leq x \leq 1$, т.е. от отсутствия до полного кругового вскрытия трабекулярной диафрагмы.

Подобранная функция, которая должна удовлетворять граничным значениям аргумента x , описывается формулой:

$$P_0(x) = \left(\frac{F_0}{C_0} + P_v \right) - \frac{F_0 \cdot k e^{\lambda \sqrt{x}}}{C_0 \cdot e^{\lambda x}} \quad (2)$$

где $P_0(x)$ – текущее значение ВГД в зависимости от величины вскрытия трабекулярной диафрагмы

F_{0v} – значение продукции внутриглазной влаги до операции (т.е. при значении $x=0$);

P_v – давление в эписклеральных венах (считается постоянной величиной, не зависящей от величины x);

k, λ – постоянные коэффициенты;

x – величина вскрытия трабекулярной диафрагмы

Подставим граничные значения x :

$$\text{если } x = 0, P_0(0) = \left(\frac{F_0}{C_0} + P_v \right) = P_0^{max}$$

$$\text{при } x = 1, P_0(1) = \left(\frac{F_0}{C_0} + P_v \right) - k \frac{F_0}{C_0}$$

При $x=1$ внутриглазное давление P_0 равно P_v , т.е. давлению в эписклеральных венах, тогда значение постоянного коэффициента k описывается формулой:

$$\left(\frac{F_0}{C_0} + P_v \right) - k \frac{F_0}{C_0} = P_v$$

$$\frac{F_0}{C_0} (1 - k) = 0 \quad \text{или } k=1$$

Уравнение (2) преобразуется к виду:

$$P_0(x) = \left(\frac{F_0}{C_0} + P_v \right) - \frac{F_0}{C_0} \sqrt{x} e^{\lambda(1-x)} \quad (3)$$

Величина $\left(\frac{F_0}{C_0} + P_v\right)$ принимает максимальное значение P_0^{max} при $x=0$ (т.е. до операции)

$$\left(\frac{F_0}{C_0} + P_v\right) = P_0^{max} \text{ или } \frac{F_0}{C_0} = (P_0^{max} - P_v).$$

Уравнение (3) можно описать следующей формулой:

$$P_0(x) = P_0^{max} - (P_0^{max} - P_v)\sqrt{x} e^{\lambda(1-x)} \quad (4)$$

Данная функция имеет экстремум (минимум), координата которого зависит от значения коэффициента λ . Значение производной обращается в нуль в точке координаты экстремума. Приравняв функцию к нулю, получим значение координаты x в функции от величины λ .

$$dP_0/dx = 0, (1 - 2\lambda x) = 0, x = 1/2\lambda, \text{ или } \lambda = 1/2x.$$

Поскольку экстремум (в данном случае – минимум) должен находиться при $x = 1$, т.е. при полном вскрытии трабекулярной диафрагмы, то величина λ равна: $\lambda = 1/2x = 1/2$. Тогда уравнение для P_0 описывается следующей формулой:

$$P_0(x) = P_0^{max} \left(1 - \sqrt{x e^{(1-x)}}\right) + P_v \sqrt{x e^{(1-x)}} \quad (5)$$

$$\text{при } x = 0, P_0(0) = P_0^{max} \cdot (1 - 0) + 0 = P_0^{max}$$

$$\text{при } x = 1, P_0(1) = P_0^{max} \cdot (1 - 0) + P_v \cdot 1 = P_v.$$

При ВГД равном 30 мм.рт.ст., давление в эписклеральных венах равно 10 мм.рт.ст. и $\lambda=0,5$. При этом формула примет вид:

$$P_0(x) = 30 \left(1 - \sqrt{x e^{(1-x)}}\right) + 10 \sqrt{x e^{(1-x)}} \quad (6)$$

График этой функции для $\lambda = 1/2$ представлен верхней кривой на рисунке 4. Аналогичные расчеты и графики можно сделать и для любых других значений P_0^{max} и P_v .

Экспериментально установлено, что максимальное снижение давления ВГЖ наблюдается при $x = 1/2$ т.е. при половине открытия УПК [20], или в случае половины вскрытия трабекулярной диафрагмы при условии, что блок шлеммова канала органический. Если $x = 1/2$, значение λ описывается формулой:

$$\lambda = \frac{1}{2x} = \frac{1}{2 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{1}{1} = 1$$

При $\lambda=1$ в формуле (4) значение $P_0(x)$:

$$\begin{aligned} P_0(x) &= P_0^{max} - (P_0^{max} - P_v)\sqrt{x} e^{\lambda(1-x)} = \\ &= P_0^{max} - P_0^{max} \cdot \sqrt{x} e^{\lambda(1-x)} + P_v \cdot \sqrt{x} e^{\lambda(1-x)} \end{aligned}$$

$$P_0(x) = P_0^{max} \left(1 - \sqrt{x} e^{(1-x)}\right) + P_v \cdot \sqrt{x} e^{\lambda(1-x)} \quad (7)$$

Проверим соответствие полученной функции граничным условиям решаемой задачи:

$$\text{при } x = 0, P_0(0) = P_0^{max} \cdot (1 - 0) + 0 = P_0^{max};$$

$$\text{при } x = 1, P_0(1) = P_0^{max} \left(1 - \sqrt{1 \cdot e^0}\right) + P_v \sqrt{x} \cdot e^{(1-x)} = P_v$$

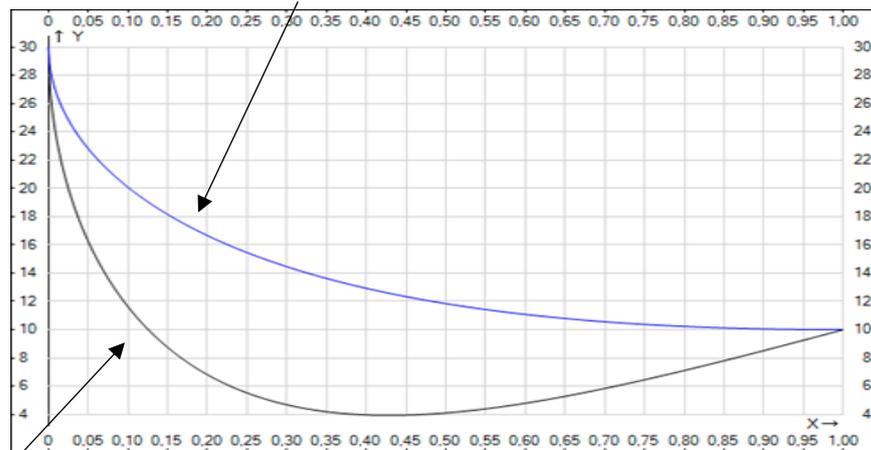
График функции (7) при $P_0^{max} = 30$ мм.рт.ст. и $P_v = 10$ мм.рт.ст., имея в виду, что в этом случае экстремум функции (8) будет при $x = 1/2$, т.е. при половинном вскрытии трабекулярной диафрагмы будет описываться следующей формулой:

$$P_0(x) = 30 \left(1 - \sqrt{x} e^{(1-x)}\right) + 10\sqrt{x} e^{(1-x)} \quad (8) \quad \text{График}$$

этой функции для $\lambda=1$ представлен нижней кривой на рисунке 33.

$$\lambda=1/2$$

ВГД (мм рт.ст.)



$\lambda=1$ Протяжённость вскрытия трабекулярной диафрагмы (от 0 до 1, где 0 - отсутствие вскрытия, а 1 - вскрытие на протяжении 360°)

Рисунок 4 - Зависимость ВГД от протяженности вскрытия трабекулярной диафрагмы и значений коэффициента λ

В области между этими двумя кривыми, лежат все кривые из семейства кривых для ($1/2 \leq \lambda \leq 1$), отражающих изменение ВГД при вскрытии трабекулярной диафрагмы в зависимости от физиологических особенностей каждого больного, т.е. от значения λ , принимающих бесчисленное количество значений в пределах отрезка $[1/2; 1]$.

Таким образом математическая формула, описывает экспериментально наблюдаемую зависимость ВГД от протяжённости вскрытия трабекулярной диафрагмы при открытоугольной глаукоме с органическим блоком шлеммова канала. Определено семейство кривых, описывающих динамику изменения ВГД в зависимости от физиологических особенностей пациента и от протяженности вскрытия трабекулярной диафрагмы. Показано, что для всего семейства кривых реальное снижение ВГД наблюдается уже при вскрытии половины протяженности трабекулярной диафрагмы, причем для самого наихудшего случая при $\lambda = 1/2$ величина снижения ВГД при вскрытии на протяжении 180° трабекулярной диафрагмы составляет 60%. Дальнейшее вскрытие трабекулярной диафрагмы незначительно влияет на снижение ВГД.

Из приведённых выше математических вычислений определено максимальное вскрытие трабекулярной диафрагмы при органической блокаде шлеммова канала, которое не должно превышать 180° , так как дальнейшее рассечение трабекулы уже не будет существенно влиять на снижение ВГД. Таким образом вскрытие шлеммова канала на всем протяжении в отношении эффекта снижения ВГД не целесообразно.

3.2. Математическое обоснование минимально достаточной протяжённости вскрытия трабекулярной диафрагмы для достижения гипотензивного эффекта

Известно, что 75-80% внутриглазной жидкости оттекает через трабекулярный аппарат в венозные выпускники и далее в кровеносную систему.

Нарушение оттока на уровне трабекулярного аппарата – основная причина повышения внутриглазного давления. Количество венозных выпускников по данным разных авторов колеблется от 20 до 30 штук. Причём 2/3 от их количества в большинстве случаев приходится на верхне-носовой сектор, а 1/3 на остальную (дистальную) часть [53, 55, 56]. Длина шлеммова канала известна и составляет по данным литературы в среднем 40 мм [30]. Необходимо найти количество задействованных выпускников в зависимости от длины вскрытой части трабекулы в верхне-носовом секторе и в дистальной части.

Длина окружности, приходящаяся на верхний носовой сектор.

$$L_{\text{в.н.с.}} = \frac{40\text{мм.} \times 90^{\circ}}{360^{\circ}} = \frac{40}{4} = 10\text{мм.}$$

Длина окружности, приходящаяся на дистальную часть.

$$L_{\text{д.}} = 40\text{мм} - 10\text{мм} = 30\text{мм.}$$

Количество выпускников в верхнем носовом секторе (исходя из условия, что в среднем, количество всех выпускников равно минимальному их количеству, $n=21$).

$$n_{\text{в.н.с.}} = \frac{2}{3} \times 21 = 14.$$

Количество выпускников на дистальной части.

$$n_{\text{д.}} = \frac{1}{3} \times 21 = 7$$

Частота расположения выпускников в верхнем носовом секторе

$$\omega_{\text{в.н.с.}} = \frac{n_{\text{в.н.с.}}}{L_{\text{в.н.с.}}} = \frac{14\text{шт.}}{10\text{мм}} = 1,4\text{мм}^{-1}$$

Частота расположения выпускников в дистальной части.

$$\omega_{\text{д.}} = \frac{n_{\text{д.}}}{L_{\text{д.}}} = \frac{7\text{шт.}}{30\text{мм}} = 0,23\text{мм}^{-1}$$

Расстояние (период) между двумя последовательно расположенными выпускниками в верхнем носовом секторе.

$$L_{\text{т.в.н.с.}} = \frac{1}{\omega_{\text{в.н.с.}}} = \frac{1}{1,4\text{мм}^{-1}} = 0,714\text{мм}$$

Расстояние (период) между двумя последовательно расположенными выпускниками в дистальной части.

$$L_{\tau_0} = \frac{1}{\omega} = \frac{1}{0,23 \text{ мм}^{-1}} = 4,348 \text{ мм}$$

Если предположить, что выпускники расположены на одинаковом расстоянии друг от друга по всему периметру верхнего носового сектора и дистальной части, то функциональная зависимость длины разреза от числа “раскрытых” (без трабекулярной ткани перед ними) выпускников будет следующей:

а) для верхнего носового сектора

$L_{\text{разреза}} = 0,714 \times K$, где K – число “раскрытых” выпускников, а L разреза – протяжённость вскрытия трабекулярной диафрагмы.

б) для дистальной части

$$L_{\text{разреза}} = 4,348 \times K \text{ (мм)}$$

Зависимость количества открытых выпускников от протяжённости вскрытия трабекулярной диафрагмы для верхне-носового сектора показано на рисунке 5.

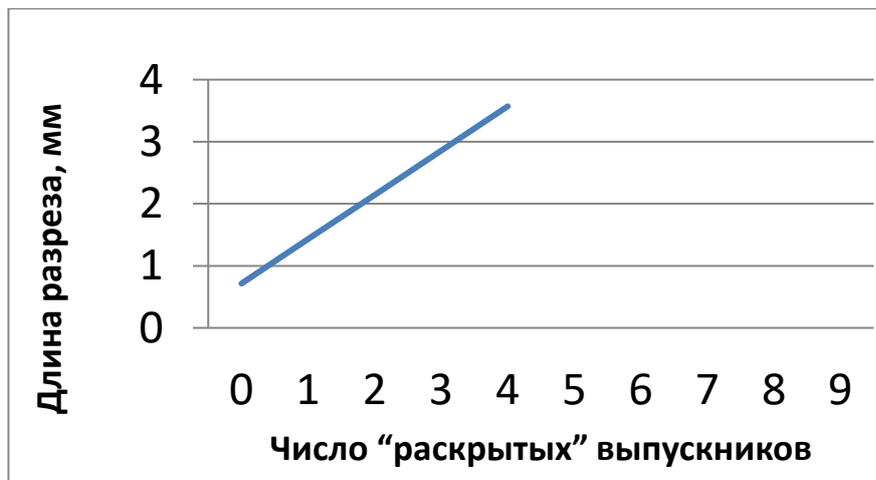


Рисунок 5 - Зависимость количества «раскрытых» выпускников (коллекторов) от протяжённости вскрытия трабекулярной диафрагмы (длины разреза)

Для снижения ВГД, необходимо открыть как минимум один выпускник (коллектор). Для этого нам потребуется вскрыть трабекулярную диафрагму в верхне-носовом секторе на протяжении 0,714 мм (это при условии, что выпускники расположены равномерно). С учётом того, что в реальных условиях выпускники расположены в основном не равномерно, объём вскрытия трабекулярной

диафрагмы необходимо увеличить в 2-3 раза, что составляет 1,5 – 2 мм.

Обсуждая представленные результаты, следует отметить, что в подавляющем большинстве случаев при первичной открытоугольной глаукоме встречается функциональный блок шлеммова канала, когда при вскрытии даже точечного участка начинает функционировать весь канал, приводя к снижению ВГД. На этом принципе работает хирургия с применением трабекулярного дренажа I-Stent. Клиническое подтверждение вышеизложенному наглядно демонстрируется на снимке до микротрабекулотомии и после (рисунок 6, рисунок 7). Протяженность вскрытия 1,5 мм в верхне-носовом секторе обеспечивает устранение блока шлеммова канала на протяжении всей его окружности с полным восстановлением естественного оттока ВГЖ. Эти же снимки подтверждают патогенетичность предлагаемой операции.

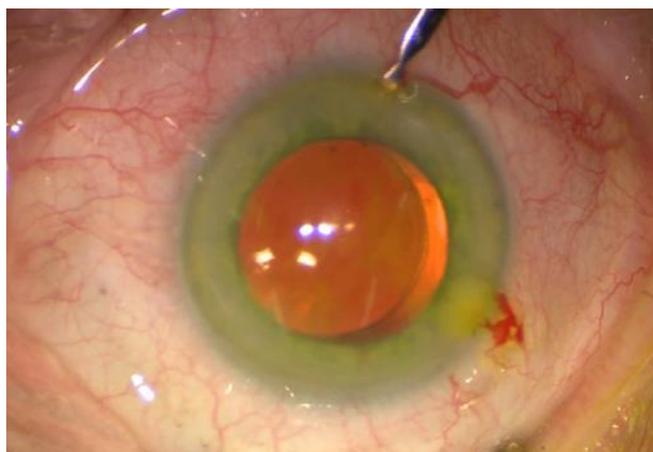


Рисунок 6 - Отсутствие контраста в системе оттока ВГЖ (венозных сплетениях), после его введения в переднюю камеру и до микротрабекулотомии

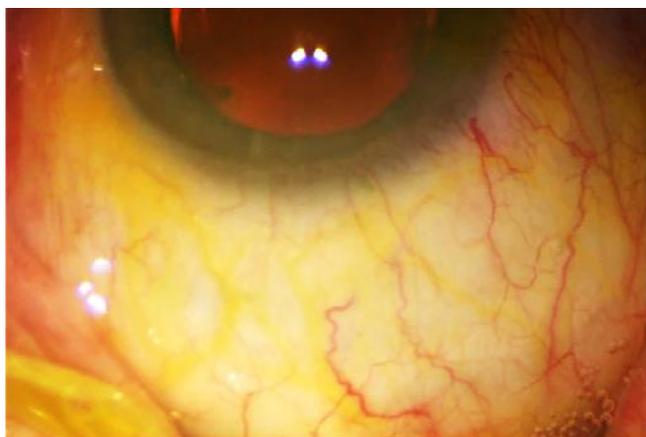


Рисунок 7 - Распространение контраста по выпускникам во всех секторах, после микротрабекулотомии

ГЛАВА IV ТРАБЕКУЛОТОМИЯ (AB INTERNO) В КОМБИНИРОВАННОЙ ХИРУРГИИ С ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИЕЙ И ИМПЛАНТАЦИЕЙ ИОЛ

4.1. Инструмент и техника трабекулотомии (ab interno) в комбинированной хирургии с факоэмульсификацией и имплантацией ИОЛ

4.1.1. Инструмент для выполнения трабекулотомии

Трабекулотомия может проводиться как с использованием вискоэластических препаратов, так и без. Для проведения трабекулотомии с вискоэластиком был разработан специальный инструмент – трабекулотом (патент RU2389456C1 от 2009 года). Для проведения трабекулотомии без использования вискоэластичных препаратов был разработан ирригационный трабекулотом (патент RU109662U1 от 2011 года). Трабекулотом содержит рукоятку, переходную часть и рабочую часть в виде плоского микрошпателя (рисунок 8, рисунок 9, рисунок 10).

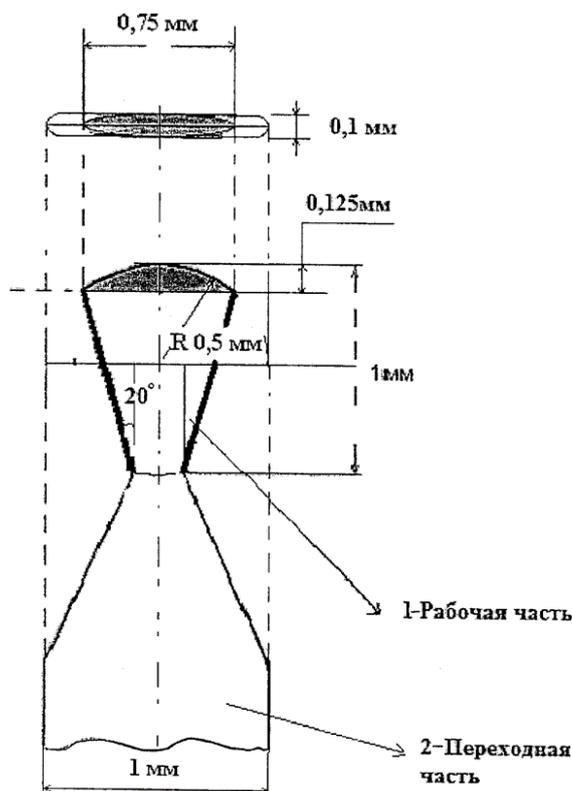
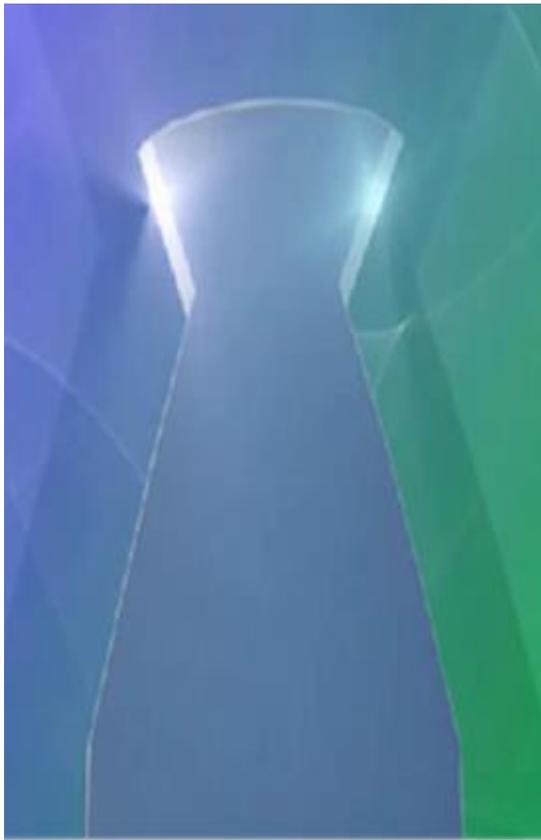


Рисунок 8 - Схема-чертёж трабекулотома



← Рабочая часть

← Переходная часть

Рисунок 9 - Трабекулотом (рабочая и переходная часть)



Рисунок 10- Трабекулотом (фото)

Трабекулотом имеет боковые обоюдоострые режущие кромки. Рабочая часть выполнена симметрично расширяющейся в сторону дистального конца. Последний выполнен тупым в форме дуги радиусом 0,5 мм со скругленными гранями, при этом боковые режущие кромки не доходят до вершины дистального конца вдоль продольной оси инструмента 0,125 мм., а образуют с продольной осью инструмента угол 20° , при этом толщина рабочей части инструмента составляет 0,1 мм., что соразмерно ширине шлеммова канала. Дистальный конец трабекулотома представляя собой округлую форму («пяточку») и упираясь в наружную стенку шлеммова канала, легко скользит по ней, не травмируя ткань. При этом скольжении по дуге боковая режущая кромка трабекулотома рассекает трабекулу. Это происходит в результате того, что конструктивно заложено, что боковые режущие кромки не доходят до вершины дистального конца вдоль продольной оси инструмента 0,125 мм, при том, что глубина шлеммова канала в среднем составляет 0,15 мм. Боковые режущие кромки образуют с продольной осью инструмента угол 20° . Этот небольшой угол позволяет слегка утопить режущие грани за дистальным концом в сторону рукоятки, но, в то же время, этот наклон граней позволяет эффективно осуществлять первый вкол в трабекулярную сеть, а затем также эффективно и атравматично рассекать трабекулу (как в одну, так и в другую сторону). Дистальный конец трабекулотома в форме дуги с радиусом 0,5 мм — это оптимальный размер, позволяющий рабочей части оставаться небольшой по ширине и, в то же время, атравматичной для наружной стенки шлеммова канала.

Ирригационный трабекулотом — представляет из себя полую трубку калибром 27 G, с боковыми обоюдоострыми режущими кромками на дистальном конце, через которую возможна подача ирригационного раствора. Наружный диаметр ирригационного трабекулотома равен 0,4 мм, а внутренний 0,3 мм. Ирригационный трабекулотом имеет две основных части: рукоятку и рабочую часть. Дистальный конец рабочей части выполнен тупым, а боковые грани острые. Между рабочей частью и рукояткой имеется изгиб $130-140^\circ$. Ширина тупой дистальной части составляет 0,15 мм (рисунок 11, рисунок 12, рисунок 13).

Позволяет эффективно и атравматично вскрывать трабекулярную стенку без использования вязкоэластичных препаратов.



Рисунок 11 - Канюля-трабекулотом на ручке ирригационной системы факоемульсификатора (фото)

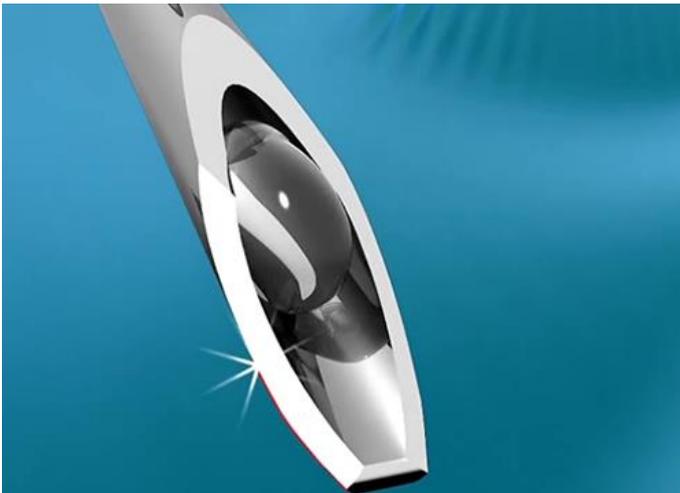


Рисунок 12 - Рабочая часть ирригационного трабекулотома



Рисунок 13 - Ирригационный трабекулотом (фото-общий вид)

4.1.2. Техника операции трабекулотомии (ab interno)

Перед оперативным вмешательством за 5-10 минут до операции выполнялась ретробульбарная анестезия 2 мл лидокаина 2,5% и 2 мл ропивакаина 0,75% с лидазой 64УЕ («НПО Микроген»). Оперативное лечение начиналось с выполнения парацентеза шириной 1,2 мм на 3 часах для манипулятора и парацентеза на 5 часах для трабекулотома на левом глазу и на 3 и 8 часах на правом глазу, где доступ на 3 часах использовался для манипулятора, а доступ на 8 часах для трабекулотома. Следующим этапом формировали основной разрез на 11 часах шириной 2,2 мм. В переднюю камеру вводили адгезивный вискоэластик для поддержания глубины передней камеры и защиты эндотелия, щипцами 25g выполняли круговой непрерывный капсулорексис диаметром 5-5,5 мм., выполняли гидродиссекцию и гидроделинеацию хрусталика. Этап ультразвуковой эмульсификации проходил по методике горизонтальный «Phaco chop» с использованием торсионного ультразвука по технологии Ozil IP в импульсном режиме на факомашине Infiniti® Vision System (Alcon, США). Кортикальные массы хрусталика удалялись по технологии «сухой» аспирации с использованием полимерного офтальмологического аспирационного устройства – канюли Симко, под защитой вискоэластичного препарата на основе метилцеллюлозы. Имплантация ИОЛ проводилась под защитой когезивного вискоэластика. При имплантации ИОЛ диоптрийностью свыше 24 D основной разрез расширяли до ширины 2,4 мм. Следующим этапом выполнялся глаукомный компонент – трабекулотомия ab interno. При использовании трабекулотома для проведения трабекулотомии, в верхне-носовом секторе на заданном протяжении вскрывалась внутренняя стенка трабекулы, обеспечивая тем самым доступ ВГЖ к выпускникам. Вскрытие проходило под защитой когезивного вискоэластика. Верхний сектор с 11 до 13 часов оставляли интактным на случай необходимости выполнения фильтрующей глаукомной хирургии. Трабекулотом вводился через, ранее выполненный роговичный парацентез в нижневисочном секторе на 8 часах при выполнении операции на правом глазу либо через ранее выполненный парацентез

на 5 часах на левом глазу, затем проводился в угол передней камеры непосредственно к трабекуле. Трабекулотомия производилась под непрямым гониоскопическим контролем с использованием гониолинзы (рисунок 14).



Рисунок 14 - Гониолинза для непрямой гониоскопии

Вискоэластик из глаза полностью вымывался и замещался на физиологический раствор (рисунок 15, рисунок 16).

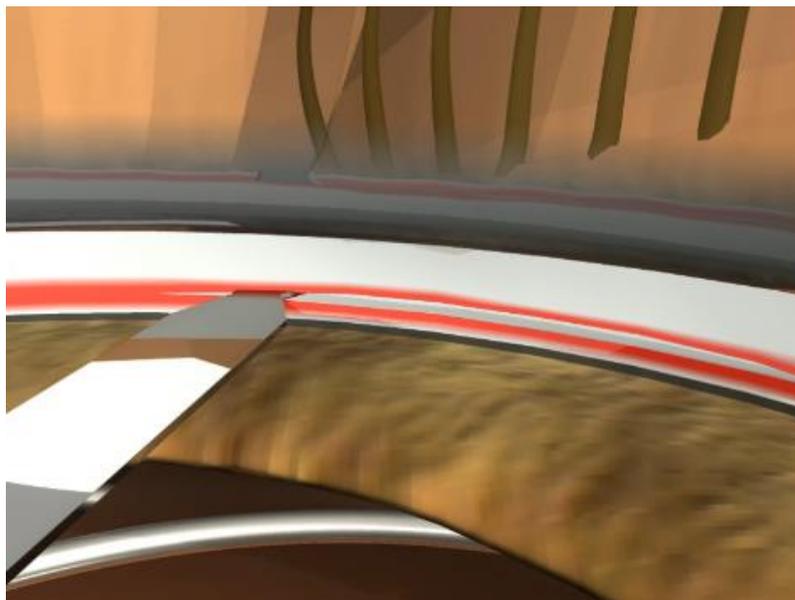


Рисунок 15 - Схема трабекулотомии с использованием микрошпателя-трабекулотома



Рисунок 16 - Гониоскопическая картина вскрытого шлеммова канала

При использовании ирригационного трабекулотома для проведения трабекулотомии, после удаления хрусталика и замены его на ИОЛ вископротектор тщательно удалялся из передней камеры. Передняя камера заполнялась физиологическим раствором. Далее ирригационный трабекулотом подсоединялся к ирригационной системе факоэмульсификатора. Затем трабекулотом вводился в переднюю камеру через парацентез в нижневисочном квадранте на 8 часах на правом глазу либо через парацентез выполненный на 5 часах на левом глазу, рабочую часть подводили непосредственно к шлеммову каналу в верхневнутреннем секторе и проводили вскрытие трабекулярной диафрагмы на заданном протяжении (рисунок 17).



Рисунок 17 - Рабочая часть трабекулотома с постоянной подачей жидкости для стабильной глубины передней камеры

При этом через канюлю непрерывно шла подача физиологического раствора, чем обеспечивалась постоянная глубина передней камеры (рисунок 18).

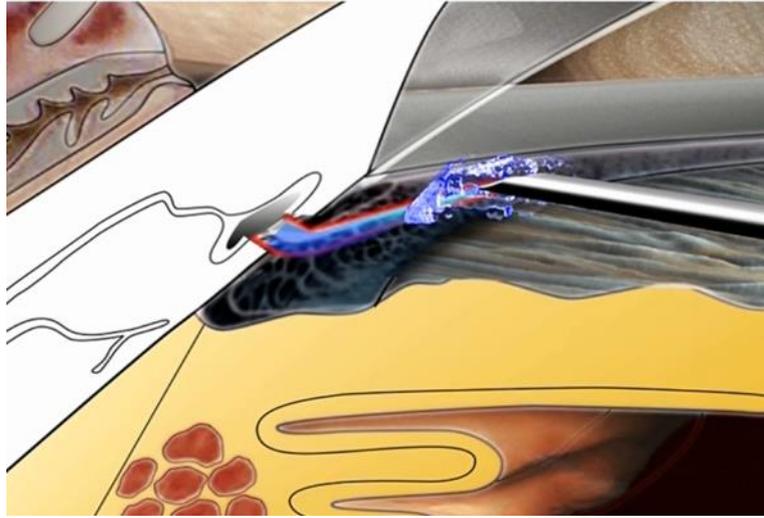


Рисунок 18 - Подача физиологического раствора через ирригационный трабекулотом (схема)

При появлении крови из вскрытого участка склерального синуса (шлеммова канала), ирригационным потоком кровь удалялась из зоны видимости, что позволяло контролировать проведение манипуляций в углу передней камеры.

4.2. Сравнение эффективности двух различных модификации трабекулотомии *ab interno* и выбор оптимального варианта.

Для снижения количества геморрагических осложнений трабекулотомии со временем были разработаны её модификации. Для выявления оптимального варианта трабекулотомии ретроспективно проанализированы результаты двух однородных групп пациентов с разными модификациями трабекулотомии *ab interno* в комбинированной хирургии глаукомы и катаракты, прооперированных с 2014 по 2015 год (таблица 2).

Таблица 2 - Исходные данные по группам НТ и ОМТ

Исходные данные	1 группа НТ, n-100	2 группа ОМТ, n-105	p
муж	37 (43%)	42 (44%)	p>0,05
жен	50 (57%)	54 (56%)	
Возраст (M±m)	67±11	70±7,7	p>0,05
Стадии глаукомы			
I	33	32	p>0,05
II	46	47	p>0,05
III	21	26	p>0,05
ВГД (M±m)	29±3,4	27,0±4,1	p>0,05
Острота зрения (M±m)	0,27±0,21	0,33±0,15	p>0,05
Гипотензивные капли %	68%	70%	p>0,05
Количество закапываемых препаратов	2,4±1.2	2,0±1.2	p>0,05

Примечание: НТ-непрерывная трабекулотомия, ОМТ-оптимизированная микротрабекулотомия

Критерии отбора пациентов были следующие: наличие катаракты в сочетании с первичной открытоугольной субкомпенсированной и декомпенсированной на медикаментозном режиме глаукомой. Стадии: начальная, развитая и далеко зашедшая. В группы не входили пациенты ранее оперированные

по поводу глаукомы. Исключалась вторичная, закрытоугольная, ювенильная глаукома.

Все пациенты проходили стандартное офтальмологическое обследование: проверку остроты зрения, измерение внутриглазного давления индукционным тонометром iCare, оценку полей зрения на периметре Ферстера, для установления стадии глаукомы проводили анализ пространственной контрастной чувствительности на приборе Octopus 600 HaagStreit (Швейцария), биомикроскопию на щелевой лампе, офтальмоскопию с оценкой экскавации ДЗН (при возможности), гониоскопию с линзой Гольдмана. Оценивался гипотензивный капельный режим. После операции проводилась проверка офтальмологического статуса, ВГД и остроты зрения на первые сутки, через неделю, 1 месяц, 3 месяца, 6 месяцев, 12, 24, 36, 60, 72 и 84 месяца.

Первая группа 87 пациентов (100 глаз) с обширным непрерывным вскрытием трабекулы на протяжении от 120° до 180° - **НТ**.

Вторая группа 96 пациентов (105 глаз), оперированных по технологии оптимизированной микротрабекулотомии, с объёмом вскрытия до 15-18° - **ОМТ**.

Оценка гипотензивного эффекта проводилась в сроки не менее 7 лет.

4.2.1. Непрерывная техника трабекулотомии

НТ (I группа) выполнялась после стандартной факоемульсификации и имплантации ИОЛ (по технологии, описанной в разделе 4.1.2). Внутренняя стенка трабекулы вскрывалась непрерывно на протяжении 13-20 мм (120°-180°) в носовом и верхне-носовом квадранте под защитой когезивного вискоэластика (рисунок 19).

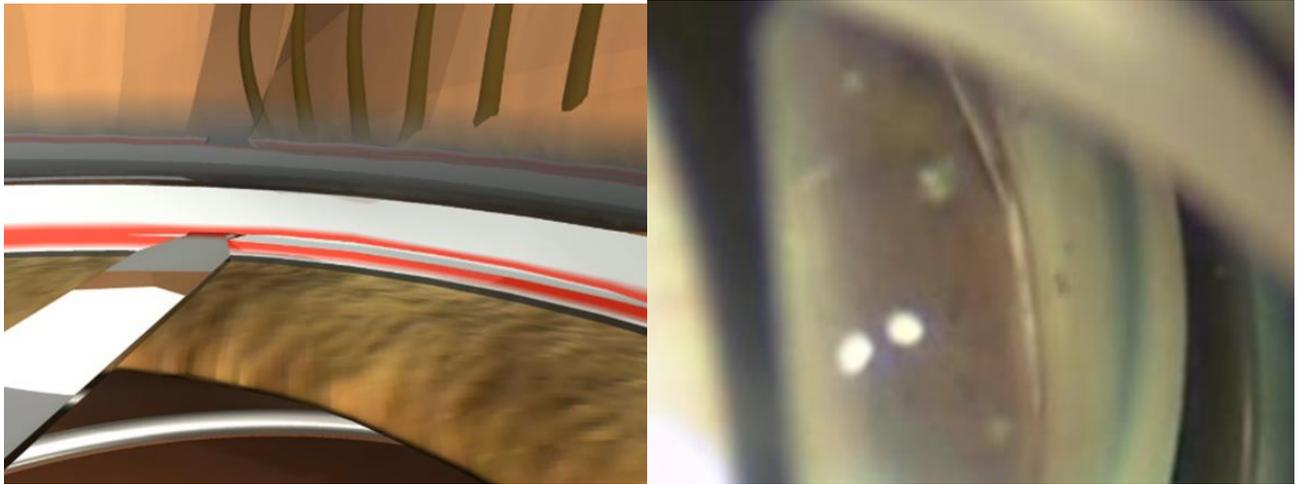


Рисунок 19 - Непрерывная трабекулотомия на протяжении 13-20 мм (120°-180°)

Осложнения в ходе операции наблюдались редко, возникали из-за механического повреждения структур передней камеры. Отмечены повреждения сосудов прикорневой части радужки с незначительным кровотечением, которое купировалось офтальмогипертензией, созданной путем введения вязкоэластика в переднюю камеру. Локальный циклодиализ без специфической симптоматики, лечения не требовал. Локальная отслойка десцеметовой мембраны, как правило также дополнительного лечения не требовала. В дальнейшем для снижения количества интраоперационных и послеоперационных осложнений была разработана техника «селективной» трабекулотомии (рисунок 20, рисунок 21).

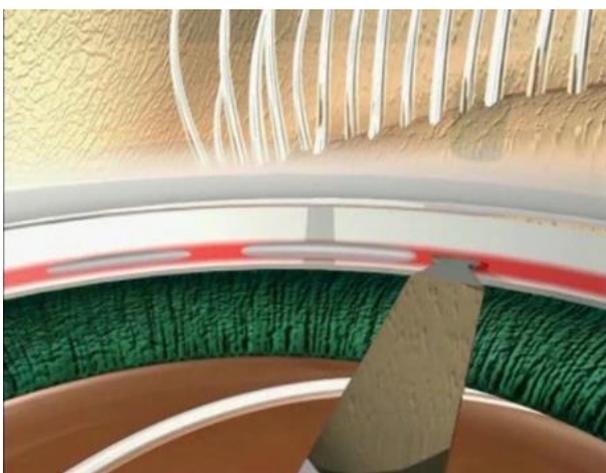


Рисунок 20- Схема «селективной» трабекулотомии

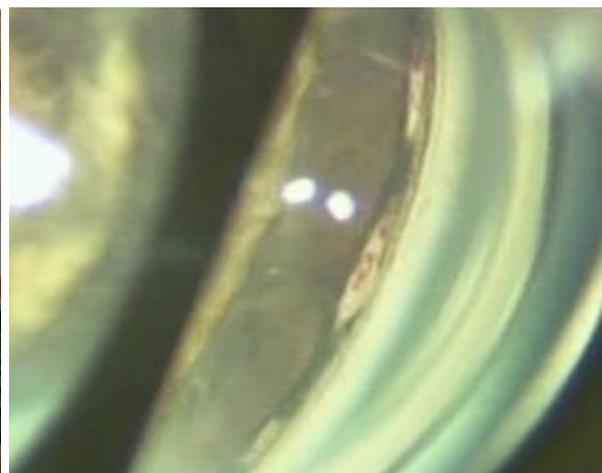


Рисунок 21 - Гониоскопическая картина «селективной» трабекулотомии

Выполнялась она после стандартной факоэмульсификации и имплантации ИОЛ, в переднюю камеру вводили когезивный вискоэластик. В отличие от «традиционной» базовой техники внутренняя стенка шлеммового канала вскрывалась трабекулотомом (модифицированным микрошпателем) прерывисто, на протяжении 1,5-2х мм через равные промежутки. Выполнялось два, три таких участка вскрытия. Применение этой техники позволило снизить количество повреждений сосудов проходящих непосредственно через шлеммов канал, уменьшить частоту и площадь локальных отслоек десцеметовой мембраны, локального циклодиализа. Эта техника явилась предтечей создания ОМТ.

4.2.2. Техника Оптимизированной микротрабекулотомии

ОМТ (II группа) выполняли после стандартной факоэмульсификации и имплантации ИОЛ. Отличие её от «традиционной» и селективной техники в том, что вскрытие склерального синуса производилось на протяжении 1,5-2 мм в верхне-носовом секторе (рисунок 22, рисунок 23). Для проведения трабекулотомии использовали трабекулотом на основе модифицированного микрошпателя, а также ирригационный трабекулотом, который был разработан для проведения трабекулотомии без использования вискоэластичных препаратов. Интраоперационных осложнений при использовании микротрабекулотомии не наблюдалось.

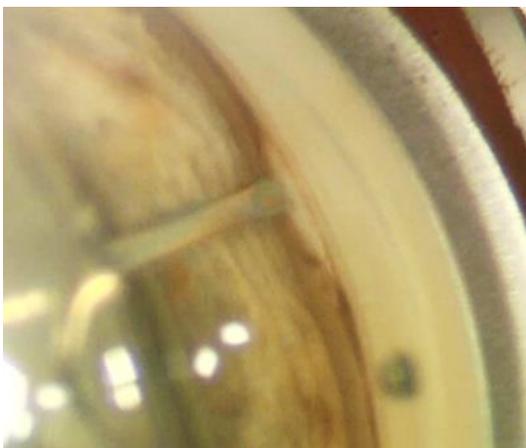


Рисунок 22 - Гониоскопическая картина после ОМТ

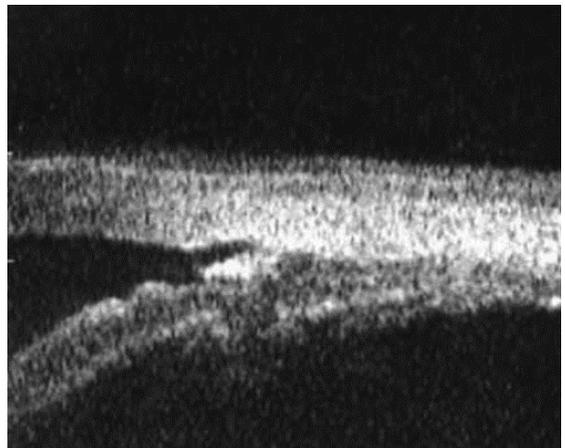


Рисунок 23 - УБМ- картина после ОМТ

Ранние послеоперационные осложнения НТ и ОМТ представлены в таблице 3.
Таблица 3 - Ранние послеоперационные осложнения различных модификаций трабекулотомии (НТ и ОМТ)

Осложнения	I группа НТ, 100 глаз	II группа ОМТ, 105 глаз	p
Взвесь форменных элементов крови в передней камере	58 (58%)	5 (4,7%)	p<0,001
Гифема	14 (14%)	0	p<0,001
Геморрагический экссудат	4 (4%)	0	p<0,001
Гипертензия	16 (16%)	2 (2%)	p<0,01
Гипотония	2 (2%)	1 (1%)	p>0,05
Воспалительная реакция	6 (6 %)	0	p<0,001
Временное снижение зрения (более 3 дней)	32 (32%)	4 (3,8%)	p<0,001

Гипотензивный и функциональный эффекты оценивали в обеих группах в сроках не менее семи лет. Данные по гипотензивным результатам различных модификаций трабекулотомии представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Отдалённые (7 лет) гипотензивные результаты различных модификаций трабекулотомии (НТ и ОМТ)

Гипотензивный эффект	I группа НТ 100 глаз, (n,%)	II группа ОМТ 105 глаз, (n,%)	p
ВГД ниже 21 мм рт. ст. без применения гипотензивных капель	75(75%)	81(77%)	p>0,05
ВГД ниже 21 мм рт. ст. без и с применением гипотензивных капель	88(88%)	95(90%)	p>0,05
Процент снижения ВГД от исходного уровня	32%	30%	p>0,05

На графиках показана динамика остроты зрения и ВГД после различных модификаций трабекулотомии (рисунок 24, рисунок 25).

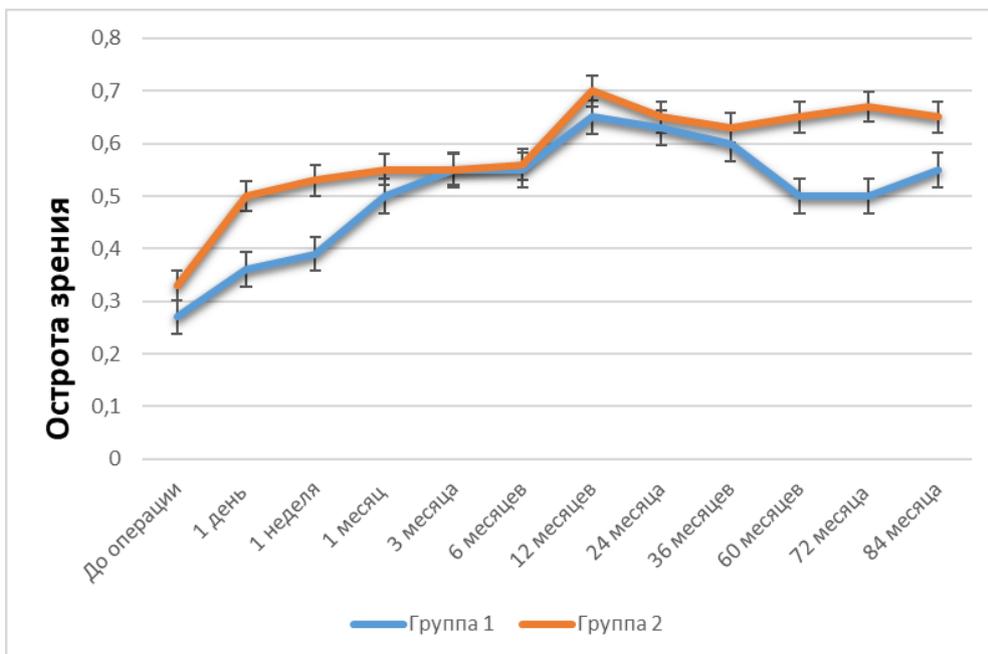


Рисунок 24 - Динамика МКОЗ в течение 84-х месяцев наблюдения, $M \pm m$, отн.ед. (I группа – НТ; II группа - ОМТ)

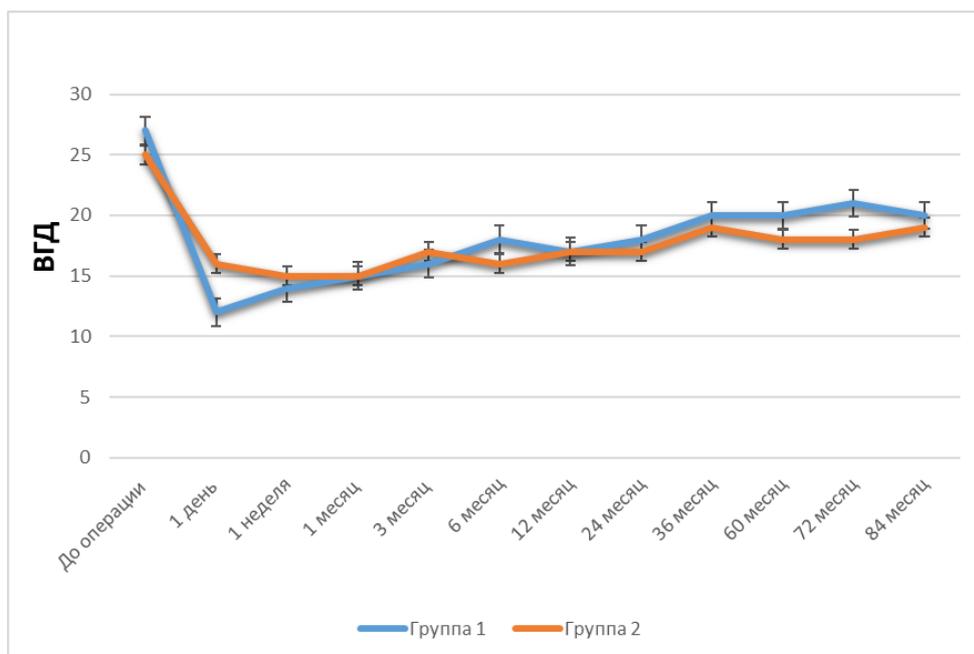


Рисунок 25 - Динамика ВГД в течение 84-х месяцев наблюдения, $M \pm m$, мм.рт.ст. (I группа – НТ; II группа - ОМТ)

Режим закапываемых капель после операции к финалу периода наблюдения представлен в таблице 5.

Таблица 5 - Количество глаз на гипотензивной терапии и количество закапываемых препаратов после различных модификации трабекулотомии (НТ - I группа и ОМТ - II группа)

Данные	1 группа (НТ) n – 100	2 группа (ОМТ) n - 105	p
Гипотензивные капли, (n, %)	43(43%)	(67)64%	$p > 0,05$
Количество закапываемых препаратов	$1,2 \pm 0,7$	$1,7 \pm 1,0$	$p > 0,05$

Статистическая оценка динамики остроты зрения и ВГД анализируемых групп показали отсутствие достоверных различий. Таким образом, техника трабекулотомии не оказывает влияния на отдаленные результаты.

Для расширения угла передней камеры и просвета шлеммова канала всем пациентам назначался пилокарпин, либо препараты, содержащие пилокарпин 1% или 4% на 6 недель. После отмены пилокарпина, в случае повышения ВГД вновь назначали гипотензивные капли.

4.3. Осложнения после трабекулотомии, их проявления

Вскрытие шлеммова канала со стороны передней камеры (трабекулотомия *ab interno*) сопряжено с характерными для этого вида хирургии геморрагическими осложнениями. Возникают они из-за разницы давления в передней камере и венозных сплетениях глаза. В норме давление в эписклеральных венозных сплетениях составляет 8-12 мм.рт.ст. (Волков В.В., 2001), при снижении давления ВГЖ в передней камере ниже этих значений и при условии наличия вскрытого участка трабекулярной диафрагмы, возникает ретроградный ток крови из венозных сплетений.

На этапах внедрения трабекулотомии (при непрерывной техники со вскрытием 13-20 мм (120-180°) трабекулярной диафрагмы) в первые сутки после операции наблюдали высокий процент геморрагических осложнений (до 60%), связанных с ретроградным током крови из венозных сплетений через выпускники, шлеммов канал в переднюю камеру (рисунок 26, рисунок 27).



Рисунок 26 - Взвесь форменных элементов крови в передней камере

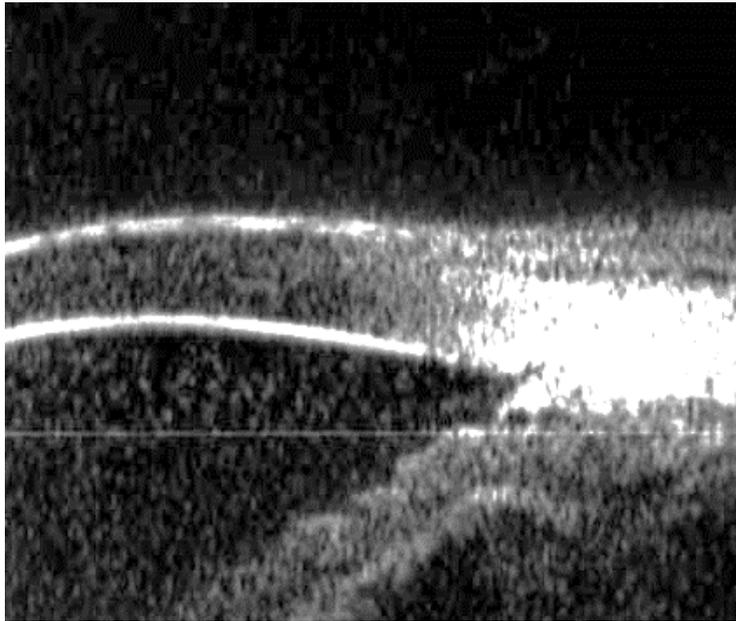


Рисунок 27 - Взвесь форменных элементов крови в передней камере (УБМ снимок)

В 40% случаев эти проявления представляли из себя небольшую взвесь форменных элементов крови разной степени выраженности. В 14% случаев встречалась гифема, в 4% - геморрагический экссудат.

Несмотря на то, что снижение зрения было временным и форменные элементы крови в подавляющем большинстве случаев элиминировались из передней камеры на 3-4 сутки, это вызывало состояние волнения и тревоги у пациентов, особенно с единственным глазом.

После того, как была предложена модификация селективной трабекулотомии количество осложнений снизилось почти в 2 раза, но оставалось относительно частым (14% - временное снижение зрения).

Гифема является результатом ретроградного тока крови в переднюю камеру глаза. В группе «селективной» трабекулотомии наблюдалась в три раза реже, чем в группе непрерывной трабекулотомии. При ОМТ случаев гифемы отмечено не было (рисунок 28).

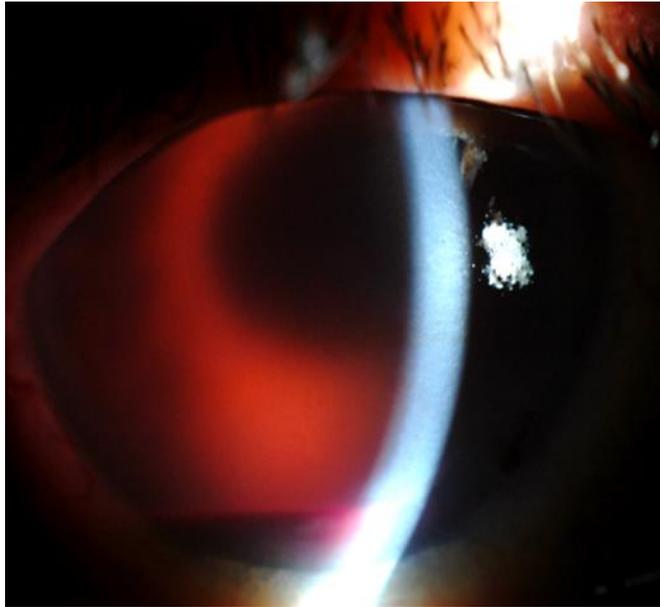


Рисунок 28 - Взвесь форменных элементов крови в передней камере, гифема

Геморрагический экссудат редкое осложнение (4-5%). Возникает из-за повреждения артерий, проходящих в непосредственной близости или через шлеммов канал. Отмечалось в группах непрерывной и «селективной» трабекулотомии. В случаях если сгусток занимал более половины объема передней камеры, или третью часть, но с повышением ВГД требовалась его удаление, в ряде случаев с антиглаукомной операцией (рисунок 29).

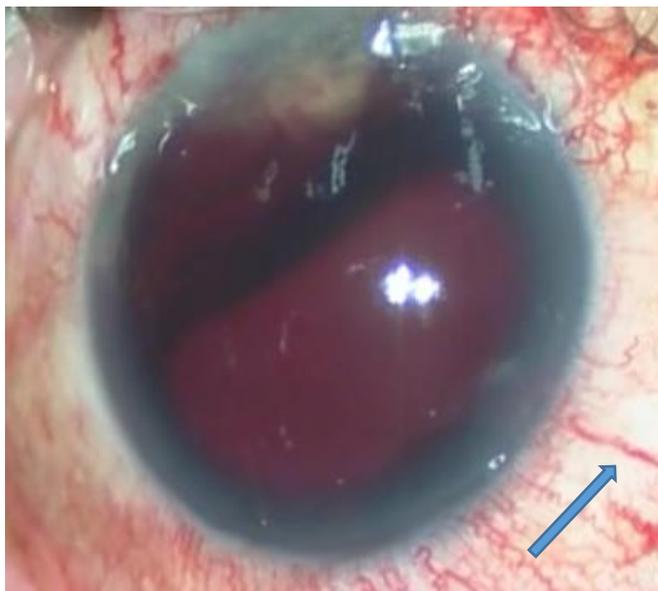


Рисунок 29 - Геморрагический сгусток, стрелкой указан поврежденный сосуд, проходящий через зону вскрытия трабекулы

Кроме геморрагических проявлений, на этапах внедрения трабекулотомии (при непрерывной трабекулотомии) были отмечены следующие осложнения: гипертензия – 16%, гипотония – 2%, воспалительная реакция – 6%, временное снижение зрения (более 3 дней) - 32%.

Послеоперационная гипертензия с развитием технологии стала встречаться значительно реже. Возможно, связана с травматическим отеком тканей глаза, наличием хрусталиковых клеток, остатков вискоэластика в передней камере, то есть механической блокадой путей оттока. Разрешается как правило на фоне усиления гипотензивного и противовоспалительного лечения.

Гипотония. Причины не ясны. Циклодиализ у пациентов анализируемых групп не встречался. Нарушение гидродинамики могло быть, вызвано реактивным ответом цилиарного тела на оперативное вмешательство.

Воспалительная реакция чаще наблюдалась у пациентов с сахарным диабетом, и в глазах с наличием задних синехий на фоне предыдущих лазерных вмешательств.

Временное снижение зрения (более трех дней) могло возникнуть как результат любого из вышеописанных осложнений.

4.3.1. Пути профилактики специфических послеоперационных осложнений для трабекулотомии (ab interno)

Венозная кровь в передней камере. Для исключения ретроградного тока крови в переднюю камеру необходимо не допустить снижения ВГД ниже 8-12 мм рт. ст. Изменение отношения к герметичности глазного яблока в послеоперационном периоде и возможности снижения ВГД до критического уровня (8-12 мм), позволили снизить это явление, то есть требования к основному разрезу изменились. Длину разреза увеличили с 2 мм до 2,2–2,4 мм. Из особенностей хирургической техники следует отметить отличие в аспирации хрусталиковых масс. Аспирация проводилась на вискоэластике с помощью пластиковой канюли «Симко». Для сохранения геометрии тоннеля не

использовали традиционную бимануальную систему, не использовали коаксиальный наконечник факоемульсификатора, так как при работе с первой периодически отмечается зияние вспомогательных парацентезов, а в другом случае – основного доступа. В случаях имплантации объемных интраокулярных линз с диоптрийностью более 23 дптр. ширину разреза увеличивали с 2,2 мм до 2,4 мм, что позволило избежать деформации тоннеля в ходе имплантации. Кроме того, исключили такой прием, как наружная гидратация тоннеля с целью герметизации (рисунок 30).

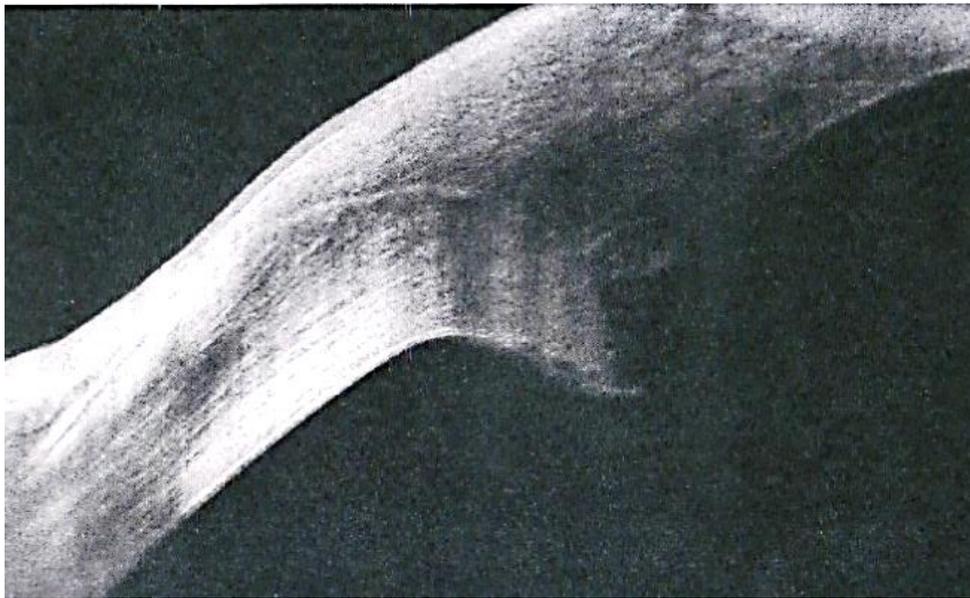


Рисунок 30 - Состояние роговичного тоннеля после наружной гидратации (зияние внутренней части тоннеля после использования коаксиального наконечника для аспирации хрусталиковых масс)

Как показал опыт, отек роговичной ткани в ряде случаев уменьшался в течение первых суток, герметичность нарушалась, ВГД снижалось до уровня меньше 10 мм Нг, начинался ретроградный ток венозной крови в переднюю камеру с вытекающими последствиями.

Контроль герметичности проводили следующим образом. После нагнетания физиологического раствора через роговичный парацентез происходило спонтанное закрытие основного разреза, если тоннель был герметичным гидратация тоннеля (отек стромы роговицы) наблюдалась со стороны передней камеры. В тех случаях,

когда имела место фильтрация из передней камеры на основной разрез накладывался узловый нейлоновый шов 10,0. Контроль наружной фильтрации через парацентезы проводили в самом конце операции с помощью микротупферов.

Пациенты второй группы были прооперированы с учетом вышеизложенных требований к послеоперационной герметичности (рисунок 31).



Рисунок 31 - Полная герметичность тоннеля (для аспирации хрусталиковых масс использовалась пластиковая канюля)

Геморрагический сгусток. Чтобы избежать осложнения данного типа необходимо перед проведением трабекулотомии внимательно осмотреть зону вмешательства и сместить в сторону от сосудов зону вскрытия шлеммова канала. Стрелкой на рисунке 29 с геморрагическим сгустком показан сосуд, поврежденный в результате трабекулотомии.

4.4. Сравнительный анализ между ОМТ и МНГСЭ в сочетании с факоемульсификацией и имплантацией ИОЛ

Для оценки эффективности и безопасности предлагаемой технологии проведён ретроспективный рандомизированный анализ результатов ОМТ с

«традиционной» МНГСЭ в комбинированной хирургии с факоэмульсификацией и имплантацией ИОЛ. Исходные данные представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Клиническая характеристика сравниваемых групп пациентов МНГСЭ и ОМТ

Исходные данные		МНГСЭ 83 пациента, 85 глаз, (n, %)	ОМТ 96 пациентов, 105 глаз, (n, %)	p
Пол	Жен	47(57%)	54 (56%)	p>0,05
	Муж	36(43%)	42 (44%)	p>0,05
Возраст, лет (M±m)		74±2,5 (от 53 до 86)	70±2,3 (от 57 до 81)	p>0,05
Стадии Глаукомы,	I	23(27%)	32(30%)	p>0,05
	II	44(52%)	47(45%)	p>0,05
	III	18(21%)	26(25%)	p>0,05
ВГД, мм рт. ст. (M±m)		30±0,88 (от 21 до 38)	27,0±4,1 (от 23 до 38)	p>0,05
МКОЗ (M±m)		0,25±0,02 (от 0,005 до 0,5)	0,33±0,15 (от 0,005 до 0,6)	p>0,05
Количество пациентов на гипотензивном режиме		67(79%)	67(70%)	p>0,05
Количество гипотензивных препаратов		2,1±0,7	2,0±1.2	p>0,05

По исходным данным: полу, возрасту, формам глаукомы, стадиям глаукомного процесса, уровню внутриглазного давления (ВГД) и остроте зрения (МКОЗ) группы были однородны (p>0,05).

Для оценки отдалённой эффективности операций пациенты активно вызывались на осмотр в Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза» (АО ЕЦ МНТК «МГ»). Срок наблюдения после операции составлял 7 лет. Оценивали ВГД, остроту зрения, количество закапываемых гипотензивных капель, частоту выполнения повторной хирургии глаукомы, прогрессирование

глаукомного процесса. Кроме того, в группе с МНГСЭ(ф) отмечали факт и сроки проведения лазерной десцеметогониопунктуры.

В группе с МНГСЭ факоэмульсификация с имплантацией ИОЛ выполнялась первым этапом. МНГСЭ выполнялась по стандартной технологии (патент RU2184514C1 от 2001 г., Х.П. Тахчиди, Д.И. Иванов, Н.В. Стренев (рисунок 32, рисунок 33)).

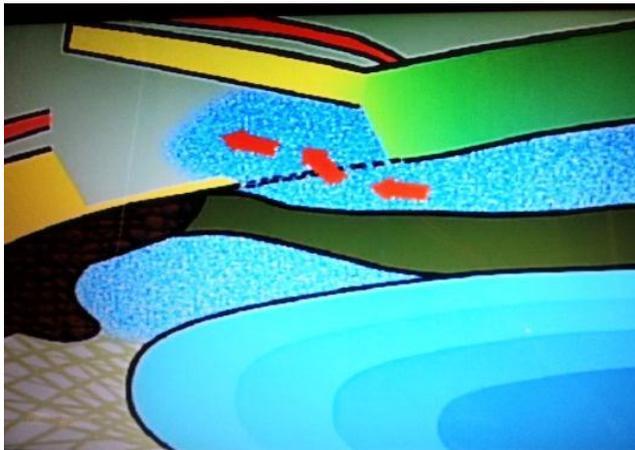


Рисунок 32 - Схема МНГСЭ

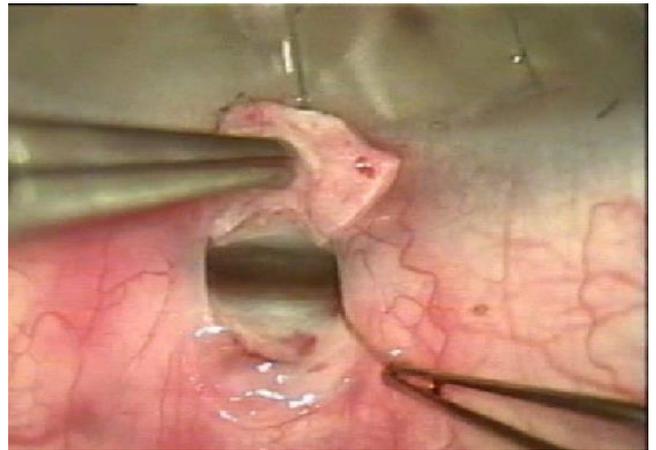


Рисунок 33 - Внешний вид зоны операции в момент удаления наружной части трабекулы

В группе с ОМТ сначала выполнялась факоэмульсификация с имплантацией ИОЛ. Затем через роговичный парацентез в нижневисочном квадранте с помощью специально разработанных трабекулотомов (микрошпателя-трабекулотома либо ирригационного трабекулотома), под гониоскопическим контролем производили механическое рассечение трабекулы, на протяжении от 15° до 18° (1,5-2,0 мм) в верхне-носовом секторе (рисунок 34).



Рисунок 34 – ОМТ

При использовании микрошпателя-трабекулотома трабекулотомию выполняли под защитой вискоэластичного препарата. При использовании ирригационного трабекулотома, вископротектор тщательно удалялся, передняя камера заполнялась физиологическим раствором. Далее ирригационный трабекулотом подсоединялся к ирригационной системе факоемульсификатора. Затем через парацентез подводили его рабочую часть непосредственно к шлеммову каналу и проводили вскрытие трабекулярной диафрагмы на заданном протяжении. При этом через канюлю непрерывно шла подача физиологического раствора, чем обеспечивалась постоянная глубина передней камеры.

Зону с 11 до 13 часов оставляли интактной, на случай необходимости выполнения операции фильтрующего типа, при недостаточности гипотензивного эффекта от трабекулотомии.

Результаты

При проведении сравнительного ретроспективного анализа групп ОМТ и МНГСЭ в отдалённом периоде наблюдения (7 лет) получены результаты, представленные в таблице 7.

Таблица 7 - Результаты в отдаленном периоде наблюдения группы МНГСЭ в сравнении с группой ОМТ

Группы	ВГД до операции (M±m)	МКОЗ до операции (M±m)	ВГД после операции через 7 лет (M±m)	МКОЗ после операции, через 7 лет (M±m)	p
МНГСЭ n=85	30±0,88	0,25±0,02	18,98±0,44	0,51±0,27	p<0,05
ОМТ, n=105	27,0±4,1	0,33±0,15	19,53±0,16	0,63±0,02	p<0,05

В результате сравнительного анализа разработанной ОМТ и «традиционной» МНГСЭ в составе комбинированной хирургии с факоемульсификацией и имплантацией ИОЛ отмечалось статистически достоверное снижение уровня ВГД и повышение остроты зрения относительно показателей до операции.

Отдалённые гипотензивные результаты (7 лет) с учётом и без гипотензивной терапии представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Отдалённые (7 лет) гипотензивные результаты МНГСЭ и ОМТ

Гипотензивный эффект	МНГСЭ, 85 глаз (n, %)	ОМТ, 105 глаз (n,%)	p
ВГД ниже 21 мм рт. ст. без применения гипотензивных препаратов	69 (81%)	81 (77%)	p =0,705
ВГД ниже 21 мм рт. ст. без и с применением гипотензивных препаратов	76 (89%)	95 (90%)	p =0,467
Процент снижения ВГД от исходного уровня	32%	30%	p =0,742

Группа МНГСЭ: гипотензивный эффект достигнут в 76-и из 85-и глаз (89% случаев). Из них в 7-и глазах (8%) на фоне закапывания гипотензивных капель. На 4-х глазах ВГД было компенсировано на двух препаратах (4,7%). Группа ОМТ: гипотензивный эффект без капель достигнут в 81-м из 105-и глаз (77% случаев). С гипотензивными каплями в 14-и глазах (13%), нормализации ВГД удалось добиться в 90%. Во всех 14-и случаях пациенты были на 2-х препаратах.

В результате сравнительного анализа установлено, что проведение комбинированной операции с ОМТ достоверно занимает меньше времени, чем с МНГСЭ ($16,47 \pm 2,5$ мин., против $27,13 \pm 2,3$ мин.), $p < 0,05$. Данные по продолжительности оперативного вмешательства групп ОМТ и МНГСЭ представлены на рисунке 35.

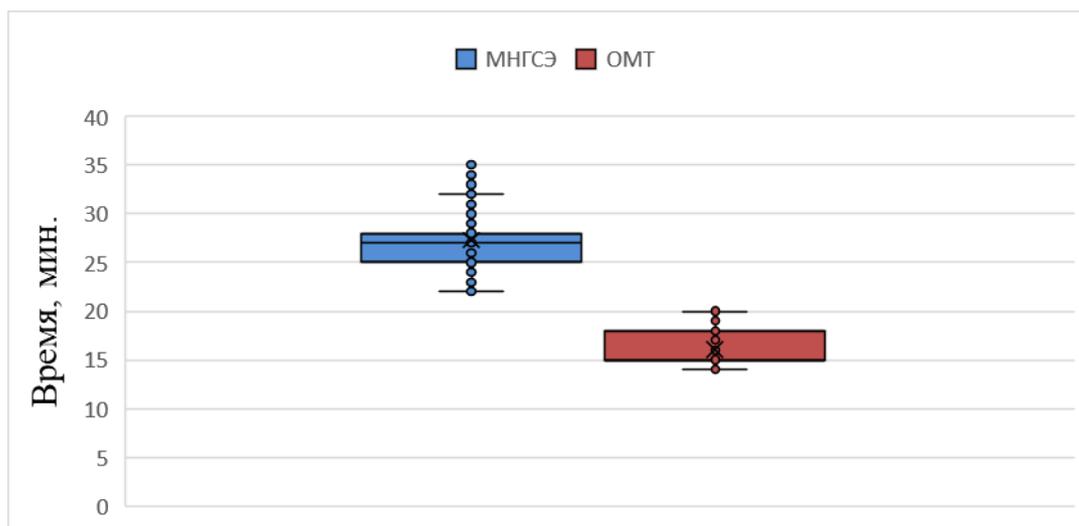


Рисунок 35 – Продолжительность комбинированной операции групп МНГСЭ и ОМТ, $M \pm m$, мин.

По уровню ВГД и остроте зрения, по окончании срока наблюдения, группы статистически не отличались ($p > 0,05$).

Данные представлены на рисунке 36 и 37.

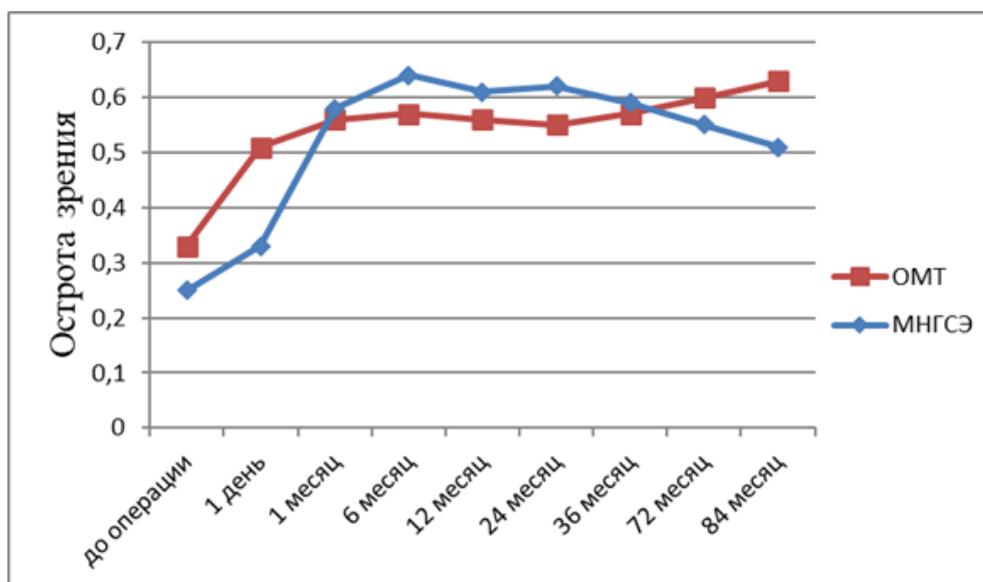


Рисунок 36 - Динамика МКОЗ в группах МНГСЭ и ОМТ, $M \pm m$, отн.ед.

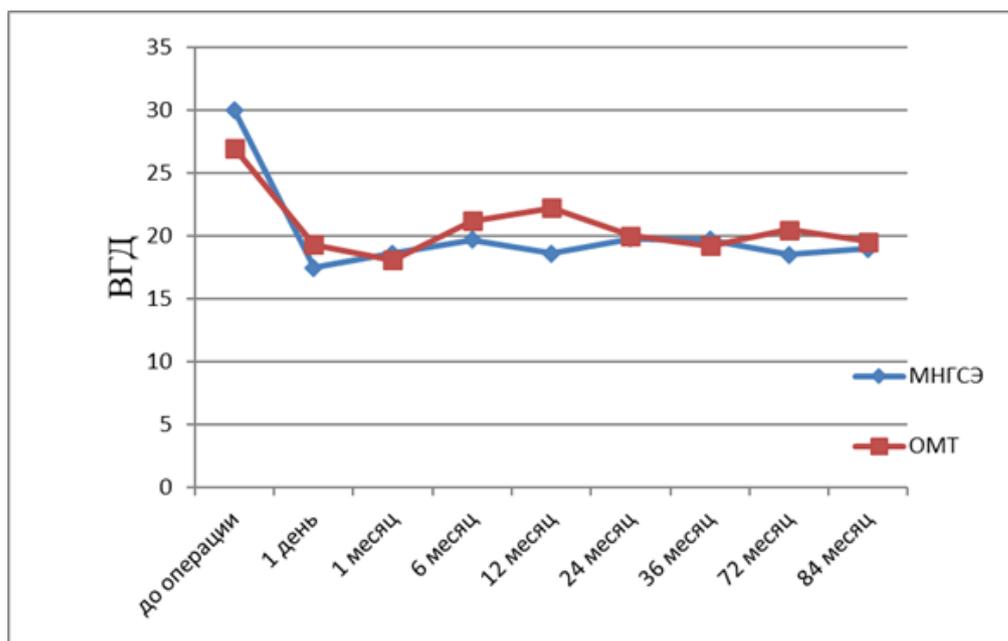


Рисунок 37 - Динамика ВГД группы МНГСЭ и ОМТ, $M \pm m$, мм рт.ст.

В группе с МНГСЭ и группе с ОМТ наблюдались осложнения, представленные в таблице 9.

Таблица 9 - Осложнения в раннем послеоперационном периоде после МНГСЭ в сравнении с ОМТ

Осложнения	МНГСЭ 85 глаз (n, %)	ОМТ 105 глаз (n, %)	p
Гипотония	8 (9)	1(1)	p<0,001
Гипертензия	16(19)	2(2)	p<0,001
Наличие клеточных элементов крови в передней камере	5(6)	5 (4,7%)	p>0,05
Временное снижение зрения	7(8)	4 (3,8%)	p<0,05
Воспалительная реакция	10(12)	0	p<0,001

По результатам сравнительного анализа в группах наблюдалось статистически значимое различие по количеству случаев гипотонии, гипертензии, временному снижению зрения, а также по количеству воспалительных реакций в

раннем послеоперационном периоде. Их статистически выше было в группе МНГСЭ. По другим типам осложнений статистически достоверных отличий не было ($p > 0,05$).

В группе с МНГСЭ в раннем послеоперационном периоде потребовалось выполнить дополнительные хирургические вмешательства: задняя трепанация склеры (ЗТС) на 2-х глазах (2,4%), лазерная десцеметогониопунктура (ЛДГП) на 7-и глазах (8%). До трех месяцев на 3-х глазах (3,5%) была сделана пластика кистозной фильтрационной подушки.

В сроке до 84 месяцев (в среднем 22 ± 17 мес.) для нормализации ВГД на 55-и глазах (65%) потребовалось выполнение ЛДГП. На 4-х глазах (4,7%) из-за отсутствия компенсации ВГД после ЛДГП и от гипотензивной терапии, потребовалось выполнение повторной МНГСЭ.

Осложнения в группе с ОМТ купировались в течение 2-3 дней на фоне консервативного лечения. За весь период наблюдения в группе с ОМТ, из-за отсутствия компенсации ВГД на фоне гипотензивной терапии потребовалась повторная МНГСЭ на 7-и глазах (8%).

В группе с МНГСЭ (в сроке наблюдения 7 лет) количество глаз с далеко зашедшей стадией развития глаукомы увеличилось на 89%, а в группе с ОМТ (в сроке наблюдения до 7 лет) количество глаз с далеко зашедшей стадией развития глаукомы увеличилось на 19%, по данным квантитативной пороговой периметрии и оптической когерентной томографии зрительного нерва (таблица 10).

Таблица 10 - Распределение по стадиям глаукомного процесса в группах МНГСЭ и ОМТ до и после операции через 7 лет

Группы	До операции: n, (%), MD	Через 7 лет, n (%), MD	p
МНГСЭ, 85 глаз	I стадия – 23(27) (-3,16±1,7 dB)	I стадия – 16(19) (-3,28±1,7 dB)	p>0,05
	II стадия – 44(52) (-8,24±2,9 dB)	II стадия – 35(41) (-8,15±2,9 dB)	p>0,05
	III стадия – 18(21) (-15,98±3,1 dB)	III стадия – 34(40) (-17,98±3,1 dB)	p>0,05
ОМТ, 105 глаз	I стадия – 32(30,5) (-3,18±1,6 dB)	I стадия – 30(28,5) (-4,02±1,5 dB)	p>0,05
	II стадия – 47(45) (-9,13±3,4 dB)	II стадия – 44(42) (-7,26±2,3 dB)	p>0,05
	III стадия – 26(24,5) (-18,23±3,7 dB)	III стадия – 31(29,5) (-17,54±2,7 dB)	p>0,05

По результатам сравнительного анализа установлено, что количество повторных вмешательств (с учётом лазерных вмешательств) в группе с МНГСЭ статистически больше, чем в группе с ОМТ ($p < 0,01$). Из изложенного выше видно, что несвоевременность выполнения второго лазерного этапа, который требуется в большинстве случаев в группе с МНГСЭ, привело к прогрессированию глаукомы, что оказалось достоверно чаще, чем в группе с ОМТ.

Из 55 ЛДГП (65%) в 15 (18%) случаях лазерный этап был проведён только благодаря активному вызову пациентов. Пациенты после МНГСЭ должны периодически показываться к врачу офтальмологу в сроке не более чем через 2-3 месяца. Особенно это касается пациентов с развитой и далеко зашедшей стадией.

Резюме

Ретроспективный анализ показал, что ОМТ в качестве антиглаукомного компонента в комбинированной хирургии с факоэмульсификацией является эффективным и безопасным способом компенсации внутриглазного давления, благодаря уменьшению протяженности вскрытия склерального синуса до 1,5-2 мм (15-18°), а также повышенному вниманию к герметичности всех роговичных разрезов, удалось значительно снизить количество интраоперационных и ранних послеоперационных осложнений.

ОМТ в качестве антиглаукомного компонента служит более надежным и безопасным способом снижения давления в сравнении с МНГСЭ, так как не требует второго лазерного этапа. Небольшой процент временного снижения зрения после трабекулотомии связан с наличием форменных элементов крови в передней камере, что свидетельствует о проходимости трабекулярного пути. Для снижения частоты временной потери зрения необходимо обеспечить полную герметизацию роговичных разрезов. Как показал наш опыт использования трабекулотомии, в случае если венозная кровь появилась в передней камере, специального лечения не требуется. В течение 3-4 дней она элиминируется самостоятельно.

В отдалённом периоде у пациентов с трабекулотомией в 23 % случаев может возникнуть рецидив подъёма ВГД. Наиболее эффективно снижается ВГД после закапывания комбинации тимолола 0,5% и пилокарпина 4%. Пилокарпин, воздействуя на прикорневую часть радужки, расширяет угол передней камеры глаза и увеличивает просвет вскрытых участков шлеммова канала, что усиливает отток жидкости в венозные сплетения.

К достоинствам ОМТ в сравнении с МНГСЭ можно отнести техническую простоту исполнения и время её проведения (16,47±1,99 мин., против 27,13±3,94 мин.), $p < 0,05$). Использование обратной гониоскопии позволяет проводить манипуляцию без изменения положения микроскопа и хирурга.

Из преимуществ ОМТ перед МНГСЭ следует отметить ее патогенетическую

направленность, так как в результате вскрытия трабекулы устраняется функциональный блок шлеммова канала. После ОМТ внутриглазная жидкость оттекает по естественным путям, как через разблокированный шлеммов канал, так и непосредственно через обнаженные выпускники в зоне вскрытых участков. Для снижения возможности блокады области вскрытого шлеммова канала рекомендуется назначать в период активной фазы формирования грануляций и ангиогенеза, на 4-6 недель, пилокарпин 4% со стероидными и нестероидными противовоспалительными препаратами.

Гипотензивный эффект после операций с ОМТ в итоге без дополнительных вмешательств оказался более стабильным на протяжении семилетнего периода, а это в свою очередь позволяет увеличить время между контрольными осмотрами пациентов. Небольшая частота наличия клеточных элементов крови в передней камере, которые могут приводить к временному снижению зрения в раннем послеоперационном периоде не влияет на окончательный функциональный результат и гипотензивный эффект.

ОМТ в комбинированной хирургии с факоэмульсификацией и имплантацией ИОЛ является патогенетически направленным хирургическим вмешательством, не требует повторных этапов и может быть рекомендована как операция выбора в хирургическом лечении катаракты и первичной открытоугольной субкомпенсированной и декомпенсированной глаукомы различных стадий и уровней исходного ВГД.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комбинированное хирургическое лечение катаракты и первичной открытоугольной глаукомы в настоящий момент является актуальной проблемой современной офтальмологии. Связано это с высокой частотой распространения двух этих заболеваний, которые в большом количестве случаев сопровождают друг друга, приводя к быстрому снижению качества жизни и инвалидизации. Глаукома, непосредственно влияя на обменные процессы в глазу, нарушая циркуляцию и отток внутриглазной жидкости, приводит к накоплению продуктов обмена и запуску катарактогенных процессов. Так же глаукомная патология часто сопряжена с развитием псевдоэкзофалиативного синдрома, который в свою очередь непосредственно приводит к нарушению обмена в связочном аппарате хрусталика и лизису волокон цинновой связки с возникновением факодонеза. Это вызывает сложности при хирургии катаракты. Развитие катаракты затрудняет своевременную диагностику глаукомы и может повлиять на выбор правильного тактического решения для стабилизации глаукомного процесса. Известно, что в лечении глаукомы первостепенно достижение индивидуального толерантного внутриглазного давления. Оптическая когерентная томография волокон зрительного нерва, сетчатки и контроль за состоянием экскавации диска зрительного нерва позволяют дать оценку динамического состояния глаукомного процесса. При наличии катаракты возможность получить достоверный результат от этого исследования снижается. Помимо этого, при наличии катаракты снижается достоверность исследования поля зрения.

При поэтапном подходе к хирургическому решению этих заболеваний существует ряд нерешённых проблем. Если на первом этапе выполнять хирургию глаукомы, то часто это приводит к ускорению прогрессирования катаракты, снижая качество жизни пациента и затрудняя диагностику изменений зрительного нерва в дальнейшем. А выполненная вторым этапом хирургия катаракты приводит к блокаде зоны антиглаукомной операции, из-за активации воспаления и как следствие репаративных процессов. Если на первом этапе выполнять хирургию

катаракты, то это может привести к росту ВГД и как следствие этого к повреждению волокон зрительного нерва и сетчатки со стойким снижением зрительных функций [11,16,35,36,72,75].

В связи с вышесказанным существует актуальность решения проблемы этих заболеваний комбинированным хирургическим подходом. Что обеспечит быструю реабилитацию пациентов и возможность адекватного динамического наблюдения за глаукомным процессом. Поэтому в настоящее время комбинированный подход в хирургии глаукомы и катаракты набирает популярность среди офтальмохирургов, но выбор антиглаукомного компонента вызывает вопросы. В последнее десятилетие наряду с традиционными операциями, такими как синустрабекулэктомия, непроникающая глубокая склерэктомия, факотрабекулэктомия и другие, стали популярны подходы MIGS хирургии глаукомы, которые лишены традиционных минусов фильтрующих методик. Однако в большинстве случаев широкому распространению их в современной отечественной практике препятствовало наличие характерных для этой группы геморрагических осложнений, а также высокая стоимость лечения.

Изложенные положения определили необходимость настоящей работы, целью которой стала разработка и поиск оптимальной модификации трабекулотомии (*ab interno*) с изучением её эффективности и безопасности в качестве глаукомного компонента в комбинированном лечении первичной открытоугольной глаукомы и катаракты.

Исследование выполнялось на базе АО Екатеринбургского центра «МНТК «Микрохирургия глаза». В соответствии с задачами было проведено три этапа.

На первом этапе работы была поставлена задача провести математическое обоснование максимального и минимально достаточного, для возникновения необходимого гипотензивного эффекта, объёма вскрытия трабекулярной диафрагмы в комбинированной хирургии с факоемульсификацией. Также требовалось обосновать локализацию оптимальной зоны для вмешательства.

Проведённые математические вычисления подтвердили достаточность вскрытия трабекулярной диафрагмы в верхне-носовом секторе на протяжении 1,5

– 2 мм для доступа к необходимому количеству венозных коллекторов и возникновению гипотензивного эффекта. При органическом блоке шлеммова канала и венозных выпускников определено, что максимальное вскрытие трабекулярной диафрагмы не должно превышать 180°, так как дальнейшее рассечение трабекулы уже не будет существенно влиять на снижение ВГД.

На втором этапе была поставлена задача разработать хирургическую технику и инструментарий для проведения трабекулотомии *ab interno* в комбинированной хирургии первичной открытоугольной глаукомы и катаракты, обеспечивающие максимальную и минимальную протяжённость вскрытия трабекулярной диафрагмы. Был разработан специальный инструмент: микрошпатель-трабекулотом для вскрытия склерального синуса под защитой высокоэластичного препарата и ирригационный трабекулотом для трабекулотомии при постоянной подаче ирригационного раствора.

Микрошпатель-трабекулотом представляет из себя модифицированный шпатель с боковыми обоюдоострыми режущими кромками на рабочей части и затуплённым торцевым концом. Ирригационный трабекулотом – представляет из себя полую трубку калибром 27 G с боковыми обоюдоострыми режущими кромками на дистальном конце, через которую возможна подача сбалансированного раствора. Трабекулотомию выполняли после факоэмульсификации и имплантации ИОЛ, через роговичный парацентез, расположенный в нижневисочном квадранте. Вскрытие трабекулярной диафрагмы на заданном протяжении проводили под гониоскопическим контролем, используя разработанные инструменты.

На третьем (клиническом) этапе были поставлены задачи:

- провести сравнительный анализ разработанной непрерывной трабекулотомии, обеспечивающую максимальную протяжённость вскрытия трабекулярной диафрагмы с Оптимизированной микротрабекулотомией, обеспечивающую минимальную протяжённость вскрытия трабекулярной диафрагмы
- провести сравнительный анализ разработанной ОМТ с общепринятой

МНГСЭ в комбинированной хирургии первичной открытоугольной глаукомы и катаракты.

В рамках третьего этапа обследовано 266 пациентов (290 глаз). Комбинированное оперативное лечение проводилось по поводу наличия катаракты в сочетании с первичной открытоугольной субкомпенсированной и декомпенсированной на медикаментозном режиме глаукомой с 2014 по 2015 год. Проводилась стандартная факоэмульсификация в сочетании с различной по протяжённости трабекулотомией *ab interno* и МНГСЭ. Факоэмульсификация была проведена по стандартной методике «Phaco chop» в импульсном режиме через разрез 2.2 мм на приборе Infiniti® Vision System (Alcon, США) по технологии OZil IP. Имплантировались модели гидрофильных или гидрофобных ИОЛ. Все оперативные вмешательства выполнены одними хирургами (д.м.н. Д.И. Ивановым; М.Е. Никулиным), сертифицированными для выполнения данной операции.

Для проведения сравнительного анализа НТ и ОМТ выделены 183 пациента (205 глаз). Была проведена факоэмульсификация катаракты с имплантацией ИОЛ и одна из двух модификаций трабекулотомии *ab interno*. В исследование вошло две группы:

-пациенты, которым была выполнена НТ – непрерывное вскрытие трабекулярной диафрагмы на протяжении 120-180°(13-20мм) в сочетании с факоэмульсификацией и имплантацией ИОЛ - 87 пациентов (100 глаз). Средний возраст пациентов составил $67 \pm 2,1$ лет.

- пациенты, которым была выполнена техника ОМТ на протяжении 1,5-2 мм в сочетании с факоэмульсификацией и имплантацией ИОЛ - 96 пациентов (105 глаз). Средний возраст пациентов составил $70 \pm 2,3$. Всем пациентам проводили комплексное офтальмологическое обследование в первый день, через неделю, 1 месяц, 3 месяца, 6 месяцев, 12, 24, 36, 60, 72 и 84 месяца. Статистическую обработку результатов исследования проводили, используя параметрический критерий - двусторонний критерий Стьюдента. Критический уровень достоверности (p) при проверке статистических гипотез принимали равными 0,05 ($p < 0,05$) с учетом оценки возможного $p < 0,01$ и $p < 0,001$. В обеих группах

отмечалось статистически достоверное снижение уровня ВГД и повышение остроты зрения относительно показателей до операции.

По результатам оценки динамики ВГД в группах не выявлено существенных различий на протяжении всего периода наблюдения ($p > 0,05$). При оценке остроты зрения спустя 1 месяц после оперативного лечения и на протяжении всего периода наблюдения также не наблюдалось существенных различий в группах ($p > 0,05$). Острота зрения в первый день и в первую неделю была выше в группе с ОМТ ($p < 0,05$), а к месяцу различий между группами уже не было. Существенные различия по рассматриваемым группам проявились в количестве ранних послеоперационных осложнений.

В первой группе наблюдались такие осложнения как: взвесь форменных элементов крови в передней камере 58%, гифема 14%, геморрагический экссудат 4%, гипертензия 16%, гипотония 2%, воспалительная реакция 6%, временное снижение зрения (более 3 дней) 32%

Во второй группе с ОМТ выявлены следующие осложнения: взвесь форменных элементов 4,7% ($p < 0,001$), гипертензия 2% ($p < 0,001$), гипотония 1% ($p > 0,05$), временное снижение зрения (более 3 дней) 3,8% ($p < 0,001$), воспалительная реакция отсутствовала ($p < 0,001$).

В группе с ОМТ ранних послеоперационных осложнений было существенно меньше (геморрагических осложнений на 94% ($p < 0,001$), гипертензии на 87,5% ($p < 0,001$), временного снижения зрения на 88% ($p < 0,001$), воспалительная реакция отсутствовала, против 6% в группе с НТ ($p < 0,001$)).

Снижение количества ранних послеоперационных осложнений в группе с ОМТ связано с повышенным вниманием к герметичности всех роговичных доступов, а также с уменьшением протяженности вскрытия склерального синуса до 1,5-2 мм. Небольшой объём вскрытия трабекулы позволил обходить сосуды проходящие через зону вскрытия шлеммова канала, не повреждая их.

Таким образом разработанные модификации трабекулотомии *ab interno* с различной протяжённостью вскрытия трабекулярной диафрагмы, в комбинированной хирургии катаракты и глаукомы, показали свою высокую

эффективность и в целом небольшое количество осложнений. Стоит отметить, что большинство осложнений купировалось на фоне консервативной терапии и при контрольной явке через 1 месяц существенных отличий по группам уже не было. Статистически не было выявлено различий между группами по гипотензивной эффективности и функциональному результату в отдалённом периоде наблюдения.

Для проведения сравнительного анализа разработанной ОМТ с общепринятой МНГСЭ, были выделены 83 пациента (85 глаз), которым провели традиционное лечение – МНГСЭ в сочетании с факоэмульсификацией и имплантацией ИОЛ.

В группах с МНГСЭ и группах с ОМТ наблюдались такие осложнения как: взвесь форменных элементов крови в передней камере 6% и 4,7% соответственно, гипертензия 19% и 2% соответственно, гипотония 9% и 1 % соответственно, воспалительная реакция 12% и 0% соответственно, временное снижение зрения (более 3 дней) 8% и 3,8% соответственно.

По результатам сравнительного анализа в группе ОМТ ранних послеоперационных осложнений было существенно меньше (гипотонии на 89% ($p < 0,001$), гипертензии на 89,5% ($p < 0,001$), временного снижения зрения на 52,5% ($p < 0,001$), воспалительная реакция отсутствовала, против 12% в группе МНГСЭ, $p < 0,001$).

В группе с МНГСЭ в раннем послеоперационном периоде потребовалось выполнить дополнительные хирургические вмешательства: задняя трепанация склеры (ЗТС) на 2-х глазах (2,4%), ЛДГП на 7-и глазах (8%). До трех месяцев на 3-х глазах (3,5%) была сделана пластика кистозной фильтрационной подушки. В сроке до 84 месяцев (в среднем 22 ± 17 мес.) для нормализации ВГД на 55-и глазах (65%) потребовалось выполнение ЛДГП. На 4-х глазах (4,7%) из-за отсутствия компенсации ВГД после ЛДГП и от гипотензивной терапии, потребовалось выполнение повторной МНГСЭ.

Осложнения в группе с ОМТ купировали в течение 2-3 дней на фоне консервативного лечения. В группе с МНГСЭ (в сроке наблюдения до 7 лет)

увеличилось количество глаз с далеко зашедшей стадией развития глаукомы на 89% (с 18-и до 34-х глаз), а в группе ОМТ на 19% (с 26-и до 31-о глаза), по данным квантитативной пороговой периметрии и оптической когерентной томографии зрительного нерва

За весь период наблюдения в группе с ОМТ, из-за отсутствия компенсации ВГД на фоне гипотензивной терапии потребовалась повторная МНГСЭ на 7-и глазах (8%).

По результатам сравнительного анализа установлено, что количество повторных вмешательств (с учётом лазерных вмешательств) в группе с МНГСЭ статистически больше, чем в группе с ОМТ ($p < 0,01$). Из изложенного выше видно, что несвоевременность выполнения второго лазерного этапа, который требуется в большинстве случаев в группе с МНГСЭ, привело к прогрессированию глаукомы, что оказалось достоверно чаще, чем в группе с ОМТ.

Из 55 ЛДГП (65%) в 15 (18%) случаях лазерный этап был проведён только благодаря активному вызову. Пациенты после МНГСЭ должны периодически показываться к врачу офтальмологу в сроке не более чем через 2-3 месяца. Особенно это касается пациентов с развитой и далеко зашедшей стадией.

В заключении следует отметить, что во всех группах трабекулотомия *ab interno* в комбинированной хирургии с факоэмульсификацией и имплантацией ИОЛ показала себя как эффективная и безопасная процедура. Она является патогенетически направленным хирургическим вмешательством, не требует повторных этапов и может быть рекомендована как операция выбора в хирургическом лечении катаракты и первичной открытоугольной субкомпенсированной и декомпенсированной глаукомы различных стадий и уровней исходного ВГД.

ВЫВОДЫ.

1. Разработана математическая модель состояния офтальмотонуса в зависимости от протяженности вскрытия шлеммова канала, доказывающая, что базовое снижение ВГД отмечается при вскрытии первой половины трабекулярной диафрагмы (не более 18° , 1,5-2,0 мм), при этом дальнейшее вскрытие практически не оказывает влияние на ВГД.
2. Разработана хирургическая технология проведения трабекулотомии (ab interno) в комбинированной хирургии первичной открытоугольной глаукомы и катаракты, включающая факоэмульсификацию с имплантацией ИОЛ и трабекулотомию, отличающаяся от предложенных ранее аналогов тем, что трабекулотомия выполняется с помощью специально разработанных инструментов (трабекулотомов) путём механического вскрытия трабекулярной диафрагмы под непрямым гониоскопическим контролем в верхневнутреннем секторе на протяжении от 15° до 18° .
3. Результаты сравнительной оценки разработанных технологий трабекулотомии ab interno с различной протяжённостью вскрытия трабекулярной диафрагмы свидетельствуют о более высокой клинической эффективности ОМТ со вскрытием до 1,5-2,0 мм, $15-18^\circ$ (по сравнению с НТ со вскрытием более 13 мм, $120-180^\circ$), что проявляется (при сходном гипотензивном эффекте) минимизацией вероятности послеоперационных геморрагических осложнений (4,7% по сравнению с 76,0%, $p < 0,001$ соответственно).
4. Разработанная технология ОМТ обеспечивает (по сравнению с традиционной МНГСЭ), существенно более высокую клиническую эффективность в комбинированном хирургическом лечении катаракты и глаукомы, что доказывается статистически значимым снижением вероятности гипотонии (на 89%, $p < 0,001$), гипертензии (на 89,5%, $p < 0,001$), временного снижения зрения (на 52,5%, $p < 0,05$), а также отсутствием воспалительной реакции и уменьшением продолжительности оперативного вмешательства (на 11,0 мин., $p < 0,05$), при

сопоставимом гипотензивном эффекте (30% снижения ВГД от исходного уровня против 37%, $p > 0,05$ соответственно).

5. Результаты анализа отдаленных (7 лет) клинических результатов свидетельствуют, что проведение ОМТ обеспечивает (по сравнению с традиционной МНГСЭ) минимизацию вероятности повторной антиглаукомной хирургии (частота проведения задней трепанации склеры, пластики кистозной подушки, лазерной десцеметогониопунктуры составляет 0% по сравнению с 2,4%; 3,5 и 65,0% соответственно) при практически сходном уровне компенсации ВГД (90 и 89% случаев соответственно).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.

Технология комбинированной операции факоэмульсификации с имплантацией ИОЛ и ОМТ разработана для лечения катаракты и открытоугольной глаукомы. Необходимый специальный инструментарий: микрошпатель-трабекулотом, либо ирригационный трабекулотом, гониолинза для непрямой гониоскопии. Первым этапом выполняется факоэмульсификация по стандартной технологии с имплантацией ИОЛ. Если глаз левый, то выполняется парацентез на 3 часах для манипулятора, парацентез на 5 часах для трабекулотома и основной разрез на 11 часах. Если глаз правый, то выполняется парацентез под манипулятор на 3 часах и парацентез в нижневисочном секторе на 7-8 часах для микрошпателя-трабекулотома или ирригационного трабекулотома. Основной разрез выполняется на 11 часах. Парацентез для ирригационного трабекулотома необходимо выполнять трапециевидной формы, с диаметром в узком месте 0,4 мм, что соответствует толщине рабочей части инструмента. Это необходимо для поддержания максимальной глубины передней камеры глаза при низкой высоте ирригационного раствора. При использовании микрошпателя-трабекулотома вскрытие трабекулы проводится под защитой вископротектора. Если использовать ирригационный трабекулотом вископротектор тщательно удаляется из передней камеры, ирригационный трабекулотом подсоединяем к ирригационной системе факоэмульсификатора. Трабекулотомию проводим под непрямым гониоскопическим контролем используя гониолинзу. Для проведения трабекулотомии на правом глазу вскрытие трабекулы выполняем правой рукой, фиксируя гониолинзу левой рукой, при выполнении трабекулотомии на левом глазу вскрытие трабекулы выполняем левой рукой, держа при этом гониолинзу правой рукой. Перед проведением трабекулотомии необходимо осмотреть зону верхневнутреннего сектора.

Если обнаружены крупные артериальные сосуды, проходящие в непосредственной близости к локализации шлеммова канала, необходимо проведение трабекулотомии сместить вверх или вниз от сосуда.

Наличие гифемы и взвеси форменных элементов крови в передней камере специфического лечения не требует. Кровь рассасывается самостоятельно в течение нескольких дней.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВГД - внутриглазное давление

ЗТС – задняя трепанация склеры

ИОЛ- интраокулярная линза

ЛДГП - лазерная десцеметогониопунктура

МКОЗ – максимально корригируемая острота зрения вдаль

МНГСЭ - микроинвазивная непроникающая глубокая склерэктомия в сочетании с факоэмульсификацией и имплантацией ИОЛ

НТ - трабекулотомия с непрерывным вскрытием трабекулярной диафрагмы на протяжении 120-180° (13-20 мм) в сочетании с факоэмульсификацией и имплантацией ИОЛ

ОМТ – Оптимизированная микротрабекулотомия со вскрытием трабекулярной диафрагмы на протяжении 15-18° (1,5-2 мм) в сочетании с факоэмульсификацией и имплантацией ИОЛ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Алексеев, Б. Н. Диагностическое значение перфузии шлеммова канала в микрохирургии открытоугольной глаукомы /Б. Н. Алексеев, Г. В. Басов, С. Ф. Писецкая. // Вестник офтальмологии. - 1981. - № 5. - С.6-8.
2. Алексеев, Б. Н. Трабекулотомия ab interno в комбинации с одномоментной экстракцией катаракты / Б.Н. Алексеев, А.П. Ермолаев // Вестн. офтальмологии. – 2003. - № 4. - С.7-10.
3. Алексеев, И.Б. Клинико-морфологический анализ экстракции катаракты в комбинации с циклодиализом ab interno / И.Б. Алексеев, А.Х. Монгуш // VII Съезд офтальмологов России: Тез. докл. Ч.1. - М., 2000. – С.560
4. Алексеев, И.Б. Пятилетний опыт применения циклодиализа ab interno в качестве антиглаукоматозного компонента в ходе экстракции катаракты с имплантацией ИОЛ / И.Б. Алексеев // VIII съезд офтальмологов России: Тез. докл. - М. - 2005. - С.144-145.
5. Анисимова, С.Ю. Новый не рассасываемый коллагеновый дренаж для повышения эффективности непроникающей глубокой склерлимбэктомии / С.Ю. Анисимова // Глаукома. – 2003. – № 1. – С.19-24.
6. Анисимова, С.Ю. Новые подходы к амбулаторному хирургическому лечению открытоугольной глаукомы и сочетания ее с катарактой: автореферат дис. д-ра мед. наук. / С.Ю. Анисимова. – М., 2006. – 56 с.
7. Анисимова, С.Ю. Результаты комбинированной факоэмульсификации катаракты, непроникающей глубокой склерэктомии и выбор интраокулярной линзы у больных глаукомой /С.Ю.Анисимова, С.И. Анисимов, Л.В.Загребельная // Глаукома: проблемы и решения: Сб. науч. ст. - М., 2004.- С.343-348.
8. Анисимова, С.Ю. Факоэмульсификация и сравнительный анализ применения различных ИОЛ при сочетании катаракты и глаукомы / С.Ю. Анисимова, С.И. Анисимов, Л.В. Загребельная// Современные технологии хирургии катаракты: Сб. науч. ст. - М., 2003. - С.41 - 49.

9. Антонюк, С.В. Хирургическое лечение пациентов с первичной открытоугольной глаукомой методом эксимерлазерной непроникающей глубокой склерэктомии: автореф. дис. канд. мед. наук / С.В. Антонюк. – М., 1999. – 24 с.
10. Бабушкин, А.Э. Циклодеструктивные вмешательства в лечении рефрактерной глаукомы (обзор литературы) /А.Э. Бабушкин // Точка зрения. Восток-Запад. – 2014. – № 2. – С.16–18
11. Бадимова, А.В. Особенности эпидемиологии заболеваемости и инвалидности в связи с болезнями органов зрения в России и за рубежом /А.В. Бадимова // Наука молодых (Eruditio Juvenium). - 2020.-Т.8, №2 – С.261-268.
12. Бессонов, И. Л. Исследование эффективности метода комбинированного хирургического лечения открытоугольной глаукомы и осложнённой катаракты с использованием модифицированной техники имплантации металлического мини-шунта: специальность 14.01.07: диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Бессонов Игорь Леонидович. – М., 2014. – 107 с.
13. Бикбов, М.М. Современные возможности профилактики избыточного рубцевания после антиглаукомных операций с использованием антиметаболитов / М.М. Бикбов, А.Э. Бабушкин, О.И. Оренбуркина// Национальный журнал Глаукома. – 2019. – Т.18, №3. – С.55-60.
14. Бойко, Э.В. Лазерная циклодеструкция: термотерапия или коагуляция / Э.В. Бойко, А.Н. Куликов, В.Ю. Скворцов // XII Всероссийская школа офтальмолога; Москва, 14 - 17 март 2013 г. – М., 2013. – С.45–55.
15. Введенский, А.С. Система комбинированного патогенетически ориентированного хирургического лечения катаракты и открытоугольной глаукомы: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2011. – 40 с.
16. Джндоян, Г.Т. Лечение больных открытоугольной глаукомой и осложненной катарактой методом факоэмульсификации с имплантацией заднекамерной ИОЛ и одномоментной непроникающей тоннельной склерэктомией: Дис. ... канд.мед. наук / Г.Т. Джндоян. - М., 1998. – С.12-15

17. Добромыслов, А.Н. Экстракция катаракты после антиглаукоматозной операции /А.Н. Добромыслов, М.Д. Квасова, М.М. Правосудова // Вестник офтальмологии. -1986. - Т. 103. - № 3. - С.20-21.
18. Дробница, А.А. Оптимизация технологии контактной транссклеральной диодлазерной циклофотокоагуляции на основе оценки анатомо-функциональных изменений глаза у пациентов при терминальной болящей глаукоме: Автореф. дис. ... канд. мед. наук /А.А. Дробница. – М., 2015. – 26 с.
19. Жигальская, Т.А. Применение цитостатиков в хирургии рефрактерной глаукомы / Т.А. Жигальская, О.И. Кривошеина // Российский офтальмологический журнал. – 2018. – Т.11, № 3. – С.71-75.
20. Иванов Д.И. Система диагностики и патогенетически-ориентированных методов лечения закрытоугольной глаукомы с органической блокадой угла передней камеры: Автореф.дис....док. мед. наук / Д.И. Иванов. – М., 2010.- 40 с.
21. Клиническая эффективность применения транссклеральной циклофотокоагуляции для купирования высокого уровня внутриглазного давления при факоморфической глаукоме, обусловленной набуханием хрусталика /А.В. Поступаев [и др.] // Офтальмохирургия. - 2015. - № 1. - С.23-26.
22. Краснов, М. М. Синусотомия при глаукоме /М. М. Краснов// Вестн. офтальмологии. - 1986. - № 3. - С.3-8.
23. Куликов, А.Н. Безопасность и эффективность эндоскопической лазерной циклодеструкции при комбинированном хирургическом лечении глаукомы и катаракты /А.Н. Куликов, В.Ю. Скворцов, Д.В. Тулин //Современные технологии в офтальмологии. – 2018. - №5. – С.74 – 76.
24. Лапочкин, А.В. Новый способ хирургического лечения первичной глаукомы на глазах с катарактой — ферментативный трабекулоклининг. Техника операции / А.В. Лапочкин, В.В. Нероев, В.И. Лапочкин //Катарактальная и рефракционная хирургия. - 2012. - Т.9, № 4. - С.23-26.
25. Лапочкин, А.В. Ферментативный трабекулоклининг - новый способ хирургического лечения глаукомы на глазах с катарактой / А.В. Лапочкин, В.В. Нероев // Вестн. РГМУ. - 2010. - №6. - С.50-54.

26. Малюгин, Б.Э. Современные аспекты хирургического лечения сочетания глаукомы и катаракты / Б.Э.Малюгин, Г.Т.Джндоян //Глаукома: проблемы и решения: Всерос. научно-практ. конф.: Тез. докл. - М., 2004. - С.373 - 377.
27. Микроимпульсная транссклеральная циклофотокоагуляция в комбинированном хирургическом лечении рефрактерной глаукомы: предварительные результаты / М.А. Елисеева [и др.]// Современные технологии в офтальмологии. - 2019. - №4. – С. 95-98.
28. Монгуш, А.Х.О. Клинико-морфологическое обоснование операции экстракции катаракты в комбинации с циклодиализом ab interno: Дисс. канд. мед. наук / А.Х.О. Монгуш // - М., 2000. – 115с.
29. Непроницающая глубокая склерэктомия при открытоугольной глаукоме / С.Н. Фёдоров [и др.] // Офтальмохирургия. - 1989. - № 3-4. - С.52-55
30. Национальное руководство по глаукоме для практикующих врачей. Издание 4-е, исправленное и дополненное /Е.А. Егорова [и др.] // М., 2019. - 384с.
31. Нестеров, А. П. Новая антиглаукоматозная операция на дренажном аппарате глаза /А. П. Нестеров, Ю. Е. Батманов // Военно-мед. журнал. - 1977. - № 4. - С.23-25.
32. Нестеров, А.П. Глаукома /А.П.Нестеров. - М., 1995. – 256 с.
33. Обратный меридиональный циклодиализ ab interno в хирургическом лечении глаукомы различной этиологии: отдаленные результаты / В. Кумар [и др.] // Национальный журнал глаукома. - 2018. – Т.17, № 4. – С.63-73.
34. Петров, С.Ю. Волжанин А.В. Синустрабекулэктомия: история, терминология, техника / С.Ю. Петров, А.В. Волжанин //Национальный журнал Глаукома. – 2017. – Т.16, № 2. - С.82-91.
35. Петров, С.Ю. Современная концепция борьбы с избыточным рубцеванием после фистулизирующей антиглаукомной операции. Факторы риска и антиметаболические препараты /С.Ю. Петров // Офтальмология. – 2017. – Т.14, №1. – С.5–11.

36. Самойленко, А.И. Новый метод комбинированной операции при катаракте и первичной открытоугольной глаукоме /А.И. Самойленко, И.Б. Алексеев, Ж.С. Бейсекеева // Глаукома. – 2011. – №2. – С.38-43.
37. Сергиенко, Н.М. Гидродинамические и функциональные показатели после экстракции катаракты с имплантацией ИОЛ в глазах с ранее оперированной глаукомой / Н.М. Сергиенко, Ю.Н. Кондратенко Збитнева С.В. // Офтальмол. журн. – 2000. – №2. – С.61-62.
38. Современные методики одномоментных сочетанных операций по поводу глаукомы и катаракты. Обзор литературы / Ю.А. Гусев [и др.]// Катарактальная и рефракционная хирургия. – М., 2013. - №3.- С.4-8.
39. Современные подходы к хирургическому лечению сочетанной патологии глаукомы и катаракты /С.И. Анисимов [и др.] // Национальный журнал Глаукома. – 2019. – Т. 19, №1. - С.86-95.
40. Стренев, Н. В. 10-летний опыт непроникающей хирургии глаукомы / Н.В. Стренев, Д. И. Иванов // VII съезд офтальмологов России: Тез. докл. - Москва, 2000. - Т.1. - С.198-199.
41. Тауфик Салех, М. Дайбан. Факоэмульсификация катаракты в комбинации с циклодиализом "ab interno" у больных с первичной открытоугольной глаукомой: дис. ...канд. мед. наук / М. Дайбан. Тауфик Салех. - М., 2008. – 97с.
42. Тахчиди, Е.Х. Клинико-патогенетическое обоснование микроинвазивной непроникающей глубокой склерэктомии в хирургии первичной открытоугольной глаукомы: дис. ... канд. мед. наук / Е.Х. Тахчиди. - М., 2008. – 111с.
43. Тахчиди, Х.П. Отдаленные результаты микроинвазивной непроникающей глубокой склерэктомии / Х. П. Тахчиди, Д. И. Иванов, Д. Б.Бардасов // Офтальмохирургия. – 2003. – № 3. – С.14-17.
44. Трубилин, В.Н. Новая комбинированная методика одномоментной факоэмульсификации и вакуумной трабекулопластики ab interno / В.Н.Трубилин, Н.А. Каира // Офтальмология. – 2014. – Т.11, №1. – С.28-37.

45. Федоров, С.Н. Глубокая склерэктомия: техника и механизм новой антиглаукоматозной операции / С.Н.Федоров, Д.И. Иоффе, Т.И. Ронкина //Глаукома. - 1984. - № 6. - С.281 -283.
46. Ходжаев, Н.С. Микроимпульсная циклофотокоагуляция в комбинированном лечении неоваскулярной глаукомы / Н.С. Ходжаев, А.В. Сидорова, М.А. Елисеева // Новости глаукомы. – 2020. – Т.1, № 53. - С.71-75.
47. Югай, М.П. Особенности анатомо-топографических и гидродинамических параметров глаза после факоэмульсификации катаракты / М.П Югай, А.А. Рябцева, У.А. Ширинова // Альманах клинической медицины. - 2015. - №36. - С.9 - 12.
48. A multicentre interventional case series of 259 ab-interno Xen gel implants for glaucoma, with and without combined cataract surgery / A. Karimi [et al.] // Eye (Lond). – 2019. – Vol.33, №3. - P.469–477.
49. A new surgical triple procedure in pseudoexfoliation glaucoma using cataract surgery, Trabectome, and trabecular aspiration / R.A. Widder [et al.] // Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. – 2014. – Vol.252, №12. - P.1971-1975.
50. A prospective randomized trial of viscocanalostomy versus trabeculectomy in open-angle glaucoma: a 1-year follow-up study / C. Luke [et al.] // J. Glaucoma. – 2002. – Vol.11, № 4. – P.294–299.
51. Ab interno trabeculectomy: outcomes in exfoliation versus primary open-angle glaucoma / J.L. Ting [et al.] // J. Cataract Refract. Surg. – 2012. – Vol.38. – P.315–23.
52. Ab interno vs. ab externo microcatheter-assisted circumferential trabeculotomy in treating patients with primary open-angle glaucoma /W.Zhang [et al.] //Frontiers in medicine. – 2021. - Vol.8.
53. Alcon. CyPass Micro-Stent Instructions for Use, Alcon, Ft. Worth, Texas. – 2016.
54. Alexeev, B. Trabeculotomia ab interno under the gonioscopic control simultaneous to cataract extraction and IOL implantation / B. Alexeev, A. Ermolaev. // International Glaucoma Symposium, 2nd. — Jerusalem. - 1998. - P.213.
55. Anatomic Changes in Schlemm's Canal and Collector Channels in Normal and Primary Open-Angle Glaucoma Eyes Using Low and High Perfusion Pressures. /C. R. Hann [et al.] // Invest Ophthalmol Vis Sci. – 2014. - Vol.55, № 9. - P.5834–5841.

56. Ansari, E. 5-year outcomes of single iStent (G1) trabecular microbypass implantation with phacoemulsification in moderately advanced primary open angle glaucoma / E. Ansari // PLoS One. – 2021. - Vol.16, №9.
57. Aqueous Angiography: Aqueous Humor Outflow Imaging in Live Human Subjects /A. S. Huang [et al.]// Ophthalmology. – 2017. – Vol.124, № 8. - P.1249–1251.
58. Aqueous outflow imaging techniques and what they tell us about intraocular pressure regulation / J. A. Lusthaus [et al.]// Eye (Lond). – 2021. - Vol.35, №1. – P.216–235.
59. Bakr, M. A. Long-term Surgical Outcomes of Phacoemulsification with Endoscopic Cyclophotocoagulation vs Phacoemulsification with Trabeculectomy and Mitomycin in Cataract and Glaucoma Patients / M. A Bakr, N. K Al-Mutairi // Clin. Ophthalmol. – 2021. – Vol.15. – P.3573-3580.
60. Bartelt-Hofer, J. Comparative efficacy and cost-utility of combined cataract and minimally invasive glaucoma surgery in primary open-angle glaucoma / J.Bartelt-Hofer, S. Flessa // J. International ophthalmology. – 2020. – Vol.40, №6. – P.1469-1479.
61. Cairns, J.E. F.R.C.S.Trabeculectomy: Preliminary Report of a New Method / J.E. Cairns // American Journal of Ophthalmology. – 1968. – Vol.66, №4. - P.673-679.
62. Canaloplasty and Trabeculotomy with the OMNI System in Pseudophakic Patients with Open-Angle Glaucoma: The ROMEO Study. / S.D. Vold [et al.] // Ophthalmol. Glaucoma. – 2021. – Vol.4. – P.173-181.
63. Canaloplasty with Stegmann Canal Expander for primary open-angle glaucoma: two-year clinical results / M. C. Grieshaber [et al.]// Acta Ophthalmol. - 2017. – Vol.95, №5. – P.503-508.
64. Casson, R. Long-term results and complications of trabeculectomy augmented with low dose mitomycin C in patients at risk for filtration failure. / R. Casson, R. Rahman, J.F. Salmon – Text : electronic // Brit Ophthalmol. – 2001. – Vol.85, №6. – P.686–688.
65. Cataract and glaucoma combined surgery: XEN® gel stent versus nonpenetrating deep sclerectomy, a pilot study / V. Theillac [et al.]// BMC Ophthalmol. – 2020. – Vol.20, №1. - P.231.

66. Cataract and glaucoma surgery: endoscopic cyclophotocoagulation versus trabeculectomy / S. Marco [et al.] // Middle East African journal of ophthalmology. – 2017. - Vol.24, №4. - P.177–182.
67. Characteristics of glaucoma patients with intraocular pressure elevation early after trabectome surgery / Y. Kono [et al.] // Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. – 2022. – Vol.260, №2. – P.537-543.
68. Clinical and morphological evaluation of gold micro shunt after unsuccessful surgical treatment of patients with primary open-angle glaucoma / M. Rekas [et al.] // Eye (Lond). – 2013. – Vol.27. - P.1214–1217.
69. Clinical outcomes of viscocanalostomy and phacoviscocanalostomy in primary open angle glaucoma: Two years follow-up / R. Soltani-Moghadam [et al.] // Eur. J. Ophthalmol. - 2022. – Vol.32, №5. - P.2880-2885.
70. Clinical results of ab interno trabeculotomy using the trabectome for open-angle glaucoma: the Mayo Clinic series in Rochester, Minnesota. / Y. Ahuja [et al.] // Am. J. Ophthalmol. – 2013. – Vol.156, №5. – P.927-935
71. Combined analysis of trabectome and phaco-trabectome outcomes by glaucoma severity / Y. Dang [et al.] // F1000Research. – 2016. – Vol.5. – P.762.
72. Combined cataract extraction and trabeculotomy by the internal approach for coexisting cataract and open-angle glaucoma: initial results / B. Francis [et al.] // J. Cataract Refract. Surg. - 2008 - Vol. 34. - P.1096 -1103.
73. Combined glaucoma and cataract surgery: Comparison of viscocanalostomy, endocyclophotocoagulation, and ab interno trabeculectomy/ S. Moghimi [et al.] // J. Cataract Refract. Surg. – 2018. - Vol.44, №5. – P.557-565.
74. Combined gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy (GATT) with ab interno canaloplasty (ABiC) in conjunction with phacoemulsification: 12-month outcomes / A. Al Habash [et al.] // Clinical ophthalmology. - 2020. - Vol.14. - P.2491–2496.
75. Combined non-penetrating deep sclerectomy with phacoemulsification versus non-penetrating deep sclerectomy alone / G.Bilgin [et al.] // Semin. Ophthalmol. – 2014. – Vol.29, №3. – P.146-150.

76. Combined treatment with bevacizumab and 5-fluorouracil attenuates the postoperative scarring response after experimental glaucoma filtration surgery /A. How [et al.] // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. - 2010. - Vol.51, №2. - P.928–932.
77. Comparative Efficacy of Phacotrabeculectomy versus Trabeculectomy with or without Later Phacoemulsification: A Systematic Review with Meta-Analyses / A. Ahmadzadeh [et al.] // - J. Ophthalmol. - 2021.
78. Comparison of 1-year surgical outcomes of combined cataract surgery and gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy (GATT) versus cataract surgery and iStent Inject / H. Hamze [et al.] // Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. – 2021. – Vol. 259, №10. - P.3035-3044.
79. Comparison of surgical outcomes of 360° circumferential trabeculotomy versus sectoral excisional goniotomy With The Kahook Dual Blade At 6 Months / M.T. Hirabayashi [et al.] // Clin. Ophthalmol. – 2019. – Vol.13. - P.2017-2024
80. Comparison of Surgical Outcomes of Sponge Application versus Subconjunctival Injection of Mitomycin-C during Combined Phacoemulsification and Trabeculectomy Surgery in Asian Eyes /W. Chiew [et al.] // J. Curr. Ophthalmol. – 2021. – Vol.33, №3. - P.253-259.
81. Comparison of the 1-year postoperative results of phacoemulsification-trabeculectomy and phacoemulsification - ExPRESS miniature shunt combined surgeries / K.T. Özbilen [et al.] // Int. Ophthalmol. 2020. – Vol.40, №6. - P.1517-1529.
82. Deep sclerectomy versus punch trabeculectomy with and without phacoemulsification: a randomised clinical trial / S. Cillino [et al.] // J. Glaucoma. – 2004. – Vol.13. – №6. – P.500–506.
83. Dorairaj, S. T. Twelve-month outcomes of excisional goniotomy using the Kahook Dual Blade® in eyes with angle-closure glaucoma / S. T. Dorairaj, G.K. Balasubramani // Clin Ophthalmol. – 2019. – Vol.13. – P.1779-1785.
84. Efficacy and safety of a single-use dual blade goniotomy: 18-month results / S.M. Wakil [et al.] // J. Cataract Refract Surg. – 2020. – Vol.46, №10. - P.1408-1415.

85. Efficacy and safety of gold micro shunt implantation to the supraciliary space in patients with glaucoma: A pilot study / S. Melamed [et al.] // Arch. Ophthalmol. - 2009. – Vol.127. – P.264–269.
86. Efficacy and safety of non-penetrating glaucoma surgery with phacoemulsification versus non-penetrating glaucoma surgery: a Meta-analysis / J.Y. Xiao [et al.] // Int. J. Ophthalmol. – 2021. - Vol.14, №12. - P.1970-1978.
87. Efficacy of goniotomy with Kahook Dual Blade in patients with uveitis-associated ocular hypertension / V.J. Miller [et al.] // J. Glaucoma. – 2019. – Vol.28, № 8. – P.744-748.
88. ElMallah, M.K. Twelve-Month Outcomes of Stand-Alone Excisional Goniotomy in Mild to Severe Glaucoma / M.K. ElMallah, J.P. Berdahl, B.K. Williamson // Clin. Ophthalmol. – 2020. – Vol.14. – P.1891-1897.
89. Endoscopic cyclophotocoagulation (ECP) in the management of uncontrolled glaucoma with prior aqueous tube shunt /B.A. Francis [et al.] // J. Glaucoma. – 2011. – Vol.20, №8. – P.523-527.
90. Excisional goniotomy vs trabecular microbypass stent implantation: a prospective randomized clinical trial in eyes with mild to moderate open-angle glaucoma / S. Falkenberry [et al.] // J. Cataract Refract Surg. – 2020. - Vol.46, № 8. – P.1165-1171.
91. Fea, A. Miniject: Harnessing the Drainage Power of the Supraciliary Space /A. Fea // - Glaucoma Today. – 2021. - September / October.
92. Gallardo, M. Viscodilation of Schlemm’s Canal for the Reduction of IOP Via an Ab-interno Approach /M. Gallardo, R. Supnet, I.I. Ahmed // Clinical Ophthalmology. – 2018. – Vol.12. – P. 2149-2155.
93. Gonioscopy assisted transluminal trabeculotomy: an ab interno circumferential trabeculotomy for the treatment of primary congenital glaucoma and juvenile open angle glaucoma / D.S. Grover [et al.] // Br. J. Ophthalmology. – 2015. – Vol. 99. – P.1092-96
94. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy following failed iStent surgery / M. Sigona [et al.] // J. Glaucoma. - 2022. - Vol.10.
95. Goniotomy using the Kahook Dual Blade in severe and refractory glaucoma: 6-month outcomes / L. Salinas [et al.] // J. Glaucoma. – 2018. – Vol.27, №10. – P. 849-855.

96. Guedes, R. One-Year Comparative Evaluation of iStent or iStent inject Implantation Combined with Cataract Surgery in a Single Center / R.Guedes, D. M. Gravina, J. C. Lake // *Advances in therapy.* – 2019. - Vol. 36, №10. – P.2797-2810.
97. Gutierrez-Ortiz, C. Prospective evolution of preoperative factors associated with successful mitomycin C needling of failed filtration blebs / C. Gutierrez-Ortiz, C. Cabarga, M.A. Teus // *Glaucoma.* – 2006. – Vol.15, №2. – P.98–102.
98. Haus, A. Catheter-independent suture probe canaloplasty with suprachoroidal drainage / A. Haus, P. Szurman, A-M. Seuthe // *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* – 2019. - Vol.257, №1. - P.169–173.
99. Histological findings of failed gold micro shunts in primary open-angle glaucoma. / L. Agnifili [et al.] // *Graefes Arch. Clin.Exp. Ophthalmol.* - 2012. - Vol.250, №1. - P.143-149.
100. Hohberger, B. MIGS: therapeutic success of combined Xen Gel Stent implantation with cataract surgery / B. Hohberger, U.C. Welge-Lüssen, R. Lämmer // *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* - 2018. – Vol.256, №3. - P.621–625.
101. Huang, A. S. Structural and Functional Imaging of Aqueous Humor Outflow /A. S. Huang, B. A. Francis, R. N. Weinreb // *Clin. Exp. Ophthalmol.* – 2018. – Vol.46, №2. – P. - 158–168.
102. Hughes, T. Clinical results of ab interno canaloplasty in patients with open-angle glaucoma / T. Hughes, M.Traynor // *Clin. Ophthalmol.* – 2020. – Vol.14. - P. 3641-3650.
103. Initial clinical experience with the CyPass micro-stent: safety and surgical outcomes of a novel supraciliary microstent / H. Hoeh [et al.] // *J. Glaucoma.* - 2016. – Vol. 25, №1. – P. 106–112.
104. Istent Inject (Second-generation trabecular microbypass) versus nonpenetrating deep sclerectomy in association with phacoemulsification for the surgical treatment of open-angle glaucoma and cataracts: 1-year results / R.A. Paletta Guedes [et al.] // *J. Glaucoma.* – 2020. - Vol.29, №10. – P. 905-911.
105. IStent inject study group. Prospective randomized, controlled pivotal trial of an ab interno implanted trabecular micro-bypass in primary open-angle glaucoma and cataract:

two-year results. / T. Samuelson [et al.] // *Ophthalmology*. – 2019. – Vol.126, №6. – P. 811-821.

106. KDB Goniotomy Study Group. 12-Month Retrospective Comparison of Kahook Dual Blade Excisional Goniotomy with IStent Trabecular Bypass Device Implantation in Glaucomatous Eyes at the Time of Cataract Surgery / M.K. ElMallah [et al.] // *Adv Ther.* – 2019. – Vol. 36, № 9. – P. 2515-2527.

107. Khairy, H.F. Trabeculectomy with mitomycin C versus trabeculectomy with amniotic membrane transplant: A medium-term randomized, controlled trial / H.F. Khairy, V.F. Elsave // *Glaucoma*. – 2015. – Vol. 2, №7. - P. 556–559.

108. Kim, H.Y. Long-term comparison of primary trabeculectomy with 5-fluorouracil versus mitomycin C in West Africa / H.Y. Kim, P.R. Egbert, K. Singh // *Glaucoma*. – 2008. – Vol.2, №4. - P. 266–270.

109. Körber, N. Ab interno canaloplasty for the treatment of glaucoma: a case series study / N. Körber // *Spektrum Augenheilkd.* – 2018. – Vol.32. – P. 223–227.

110. Lam, D. Five-Year Outcomes of Trabeculectomy and Phacotrabeculectomy. D. Lam, D.Z. Wechsler // *Cureus*. – 2021. – Vol.13, №1.

111. Lima, F.E. Phacoemulsification and endoscopic cyclophotocoagulation as primary surgical procedure in coexisting cataract and glaucoma / F.E. Lima, D.M. Carvalho, M.P. Avila // *Arq. Bras. Oftalmol.* – 2010. – Vol. 73, № 5. – P. 419-422.

112. Long term effect of phacoemulsification on intraocular pressure in patients with medically controlled primary open-angle glaucoma / L. Majstruk [et al.] // *BMC Ophthalmology*. – 2019. – Vol.19, №1. – P.149.

113. Lowering of intraocular pressure after phacoemulsification in primary open-angle and angle-closure glaucoma: a bayesian analysis / T. Ravi [et al.] // *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*. – 2016. – Vol.5, №1. – P. 79-84.

114. Manning, D. Real-world case series of iStent or iStent inject trabecular micro-bypass stents combined with cataract surgery / D. Manning // *Ophthalmol. Ther.* - 2019. - Vol.8, №4. – P. 549-561.

115. Meta-analysis of 1-versus 2-site phacotrabeculectomy / G. A. Gdih [et al.] // *J.Ophthalmology*. - 2011. - Vol.118, №1.- P.71-76.

116. Mid-term effects of two-site phacotrabeculectomy with limbal-based conjunctival flap and microincision trabeculectomy with adjustable sutures / Y. Lteif [et al.] // *J. Fr. Ophthalmol.* - 2008. - Vol.31, №4. - P. 397-404.
117. Minimally invasive combined glaucoma and cataract surgery: clinical results of the smallest ab interno gel stent / A. de Gregorio [et al.] // *Int. Ophthalmol.* - 2018. - Vol.38, № 3. - P. 1129–1134
118. Nonpenetrating deep sclerectomy versus trabeculectomy in bilateral primary open-angle glaucoma / F. E. Sayyad [et al.] // *Ophthalmology.* - 2000. - Vol. 107, № 9. - P. 1671–1674.
119. Non-penetrating phaco-deep sclerectomy with SkGel implantation — long-term observations / K. Lewczuk [et al.] // *Ophthalmology.* - 2017. - Vol.1. - P.115-123.
120. Ondrejka, S. 360° ab-interno Schlemm's canal viscodilation in primary open-angle glaucoma / S. Ondrejka, K. Norbert // *Clinical ophthalmology.* - 2019. - Vol. 13. - P.1235-1246.
121. Outcomes of ab interno trabeculectomy with the trabectome by degree of angle opening / I.I. Bussel [et al.] // *Br. J. Ophthalmol.* - 2015. - Vol. 99, №7. - P. 914–919.
122. Outcomes of Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy (GATT) in eyes with prior incisional glaucoma surgery / D.S. Grover [et al.] // *J. Glaucoma.* - 2017. - Vol. 26. - P. 41-45.
123. Outcomes of phaco-viscocanalostomy in primary open angle glaucoma versus pseudoexfoliation glaucoma / E. Azaripour [et al.] // *J. Ophthalmic Vis. Res.* - 2021. - Vol.16, №4. - P. 566-573.
124. Phacoemulsification plus endoscopic cyclophotocoagulation versus phacoemulsification alone in primary open-angle glaucoma / B. F. Pérez Rodrigues [et al.] // *Eur. J. Ophthalmol.* - 2018. - Vol. 8, №2. - P.168-174.
125. Prospective Evaluation of Two iStent® Trabecular Stents, One iStent Supra® Suprachoroidal Stent, and Postoperative Prostaglandin in Refractory Glaucoma: 4-year Outcomes / G. Auffarth [et al.] // *Advances in therapy.* - 2018. - Vol.35, №3. - P. 395–407.

126. Pourjavan, S. STARflo™ Glaucoma Implant: 12 month clinical results / S. Pourjavan, N. Collignon, V. De Groot // *Acta. Ophthalmol. (Copenh)*. – 2013.
127. Primary viscocanalostomy versus trabeculectomy for primary open-angle glaucoma: three-year prospective randomized clinical trial / I. S. Yalvac [et al.] // *J.Cataract Refract. Surg.* – 2004. – Vol. 30, №10. – P. 2050–2057.
128. Prospective evaluation of standalone XEN gel implant and combined phacoemulsification-XEN gel implant surgery: 1-year results / K. J. Mansouri [et al.] // *Glaucoma*. – 2018. – Vol. 27, № 2. – P.140–147.
129. Randomized evaluation of the trabecular micro-bypass stent with phacoemulsification in patients with glaucoma and cataract / T. Samuelson // *J. Ophthalmology*. – 2011. – Vol.118. – P. 459-467.
130. Reduction in intraocular pressure after cataract extraction: the ocular hypertension treatment study, for the ocular hypertension treatment study (OHTS) Group / S. L. Mansberger [et al.] // *Ophthalmology*. – 2012. - Vol.119, №9. – P. 1826–1831.
131. Retrospective Analysis of Safety and Efficacy of XEN 45 Microstent Combined Cataract Surgery in Open-Angle Glaucoma over 24 Months/ S. Subaşı [et al.] // *Turk. J. Ophthalmol.* – 2021. – Vol.51, № 3. – P.139-145.
132. Results from the United States cohort of the HORIZON trial of a Schlemm canal microstent to reduce intraocular pressure in primary open-angle glaucoma / J. Jones [et al.] // *Journal of cataract and refractive surgery*. – 2019. - Vol.45, №9.- P. 1305–1315.
133. Safety and Effectiveness of CyPass Supraciliary Micro-Stent in Primary Open-Angle Glaucoma: 5-Year Results from the COMPASS XT Study / G. Reiss [et al.] *Am. J. Ophthalmol.* – 2019. – Vol.208. – P. 219-225.
134. Sarkisian, S.R. The Ex-PRESS mini glaucoma shunt: technique and experience / S.R. Sarkisian // *Middle East Afr. J. Ophthalmol.* – 2009. – Vol.16, № 3. – P. 134-137.
135. Short-term anterior chamber inflammation in phacoemulsification with and without Ex-Press glaucoma implant / S. Graffi [et al.] // *Eur. J. Ophthalmol.* - 2020. - Vol.30, №3. - P.533-537.

136. Smith, M. Phacoemulsification and endocyclophotocoagulation in uncontrolled glaucoma: Three-year results / M. Smith, D. Byles, L. A. Lim // *Journal of cataract and refractive surgery*. – 2018. – Vol. 44, №9. – P. 1097–1102.
137. Stangos, A. N. Primary viscocanalostomy for juvenile open-angle glaucoma / A. N. Stangos, A. R. Whatham, G. Sunaric-Megevand // *Am. J. Ophthalmol.* - 2005. - Vol. 140, № 3. - P. 490–496.
138. Stegmann, R. Viscocanalostomy for open-angle glaucoma in black African patients / R. Stegmann, A. Pienaar, D. Miller // *J. Cataract Refract. Surg.* - 1999. –Vol. 25, №3. – P. 316-322.
139. Supraciliary shunt in refractory glaucoma / M. Figus [et al.] // *Br. J. Ophthalmol.* – 2011. – Vol. 95. – P. 1537–1541.
140. Systematic overview of the efficacy of nonpenetrating surgery in the treatment of open angle glaucoma / J.W. Cheng [et al.] // *Med. Sci. Monit.* - 2011. - Vol. 17, № 7. - P. 110-115.
141. The effect of phacoemulsification on intraocular pressure in glaucoma patients: a report by the American academy of ophthalmology / Philip P Chen [et al.] // *Ophthalmology*. – 2015. – Vol.122, №7. – P. 1294-1307.
142. The efficacy of gonioscopy-assisted transluminal trabeculectomy combined with phacoemulsification / E.Bozkurt [et al.] // *Int. Ophthalmol.* – 2021. – Vol. 41, №1. – P. 35-43.
143. The EX-PRESS glaucoma shunt versus nonpenetrating deep sclerectomy with Esnoper implant in combined surgery for open-angle glaucoma: a prospective randomized study / M. Muñoz [et al.] // *Acta. Ophthalmol.* – 2019. –Vol. 97, № 7. - P. 952- 961.
144. The Safety of the Kahook Dual Blade in the Surgical Treatment of Glaucoma / M. Barry [et al.] // *Cureus*. - 2020. – Vol.12, №1.
145. The STARflo™ glaucoma implant: a single-centre experience at 24 months / S. Fili [et al.] // *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* - 2019. - Vol. 257, №12. – P. 2699-2706.

146. The XEN45 Gel Stent as a minimally invasive procedure in glaucoma surgery: success rates, risk profile, and rates of re-surgery after 261 surgeries / R.A. Widder [et al.] // *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* – 2018. – Vol.256, №4. - P. 765–771.
147. Tojo, N. Comparison of trabectome and microhook surgical outcomes / N. Tojo, M. Otsuka, A. Hayashi // *International ophthalmology.* – 2021. – Vol.41. - P. 21–26.
148. Trabectome (Trabeculectomy – internal approach): additional experience and extended follow-up. / D. Minckler [et al.] // *Trans. Am. Ophthalmol. Soc.* - 2008. – Vol.106. – P. 149–160.
149. Trabectome surgery for primary and secondary open angle glaucoma / J.F. Jordan [et al.] // *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* – 2013. – Vol. 251. – P.2753–60.
150. Trabeculectomy versus Ex-PRESS glaucoma filtration device in silicomacrophagocytic open-angle glaucoma secondary to silicone oil emulsification. / D. Errico [et al.] // *Middle East Afr. J. Ophthalmol.* – 2016. – Vol.23, № 2. - P.177-182.
151. Trabeculectomy with mitomycin C: outcomes and risk factors for failure in phakic open angle glaucoma / H. Fontana [et al.] // *Ophthalmology.* – 2006. - Vol. 113, № 6. – P. 930-936.
152. Tracer, N. Circumferential Viscodilation Ab Interno Combined with Phacoemulsification for Treatment of Open-Angle Glaucoma: 12-Month Outcomes / N. Tracer, J.E. Dickerson, N.M. Radcliffe // *Clinical ophthalmology (Auckland, N.Z.).* – 2020. - Vol. 14. - P. 1357-1364.
153. Training Strategies and Outcomes of Ab Interno Trabeculectomy with the Trabectome / K. Fallano [et al.] // *F1000Research.* - 2017. - Vol. 6. - P. 67.
154. Two-year COMPASS trial results: supraciliary microstenting with phacoemulsification in patients with open-angle glaucoma and cataracts / S. Vold [et al.] // *Ophthalmology.* – 2016. – Vol.123, №10. – P. 2103–2112.
155. Vetrugno, M. Ex-PRESS miniature glaucoma device in vitrectomized eyes / M. Vetrugno, P. Ferreri, C. Sborgia. – *Eur. J. Ophthalmol.* - 2010. – Vol. 20. – P. 945-947.
156. Vinod, K. Safety profile of minimally invasive glaucoma surgery / K. Vinod, J. G. Steven // *Current opinion in ophthalmology.* – 2021. - Vol. 32, №2. – P.160-168.

157. Viscocanalostomy versus trabeculectomy in patients with bilateral high-tension glaucoma / A. Yarangumeli [et al.] // *Int. Ophthalmol.* – 2004. – Vol. 25, №4. – P. 207–213.
158. Viscocanalostomy versus trabeculectomy in which adults affected by open angle glaucoma: a 2-year randomised controlled trial / R. G. Carassa [et al.] // *Ophthalmology.* – 2003. – Vol. 110
159. Viscodilation of Schlemm's canal and trabeculotomy combined with cataract surgery for reducing intraocular pressure in open-angle glaucoma / R.H. Brown [et al.] *J. Cataract Refract Surg.* - 2020. - Vol.46. – P. 644-645.
160. Visualization of blebs using anterior-segment optical coherence tomography after glaucoma drainage implant surgery / K. Jung [et al.] // *Ophthalmology.* - 2013. – Vol.120. – P. 978-983.
161. Vold, S. Impact of preoperative intraocular pressure on Trabectome outcomes: a prospective, non-randomized, observational, comparative cohort outcome study / S. Vold // *Clin. Surg. Ophthalmol.* - 2010. – Vol. 28. – P. 11.
162. Vold, S. Study: Lower IOP, medication burden in OAG patients / S. Vold // *Ophthalmology Times.* - 2021.
163. Wan, Y. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy (GATT) combined phacoemulsification surgery: outcomes at a 2-year follow-up / Y. Wan, K. Cao, J. Wang // *Eye (Lond).* – 2022. – Vol.10.
164. Weiner, A. J. Intraocular pressure after cataract surgery combined with ab interno trabeculectomy versus trabecular micro-bypass stent: an intrasubject same-surgeon comparison / A.J.Weiner, Y.Weiner, A.Weiner // *J Glaucoma.*-2020. - Vol.29, №9. - P.773-782.
165. XEN glaucoma implant with mitomycin C 1-year follow-up: result and complications / A. Galal [et al.] // *J. Ophthalmol.* – 2017. – Vol. 2017.
166. Yook, E. Complications of micro-invasive glaucoma surgery / E. Yook, K. Vinod, J. F. Panarelli // *Current opinion in ophthalmology.* – 2018. – Vol.29, №2. – P.147–154.