

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
«МИКРОХИРУРГИЯ ГЛАЗА» ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.Н. ФЕДОРОВА»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

БАЛАЛИН АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ

**ОПТИМИЗИРОВАННАЯ YAG-ЛАЗЕРНАЯ ТРАБЕКУЛОСТОМИЯ
И СЕЛЕКТИВНАЯ ЛАЗЕРНАЯ ТРАБЕКУЛОПЛАСТИКА
В КОМБИНИРОВАННОМ ЛЕЧЕНИИ ПЕРВИЧНОЙ
ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ**

Специальность: офтальмология

3.1.5

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор

Фокин Виктор Петрович

Волгоград – 2023

ВВЕДЕНИЕ	4
Актуальность темы исследования.....	4
Цель работы	7
Задачи.....	7
Научная новизна	8
Практическая значимость исследования.....	8
Положения, выносимые на защиту.....	9
Степень достоверности и апробация результатов	9
Публикации	10
Объем и структура диссертации	10
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	11
1.1. Анатомия дренажной системы глаза.....	11
1.2. Методы визуализации дренажной системы глаза.....	14
1.3. Лазерная хирургия первичной открытоугольной глаукомы. История и современные возможности	19
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	33
2.1. Характеристика групп обследованных пациентов	33
2.2. Методы офтальмологического обследования пациентов	36
2.2.1. Стандартные методы офтальмологического обследования.....	36
2.2.2. Дополнительные офтальмологические методы обследования	39
2.3. Методика выполнения селективной лазерной трабекулопластики по Latina M.A.	40
2.4. Методы статистической обработки полученных результатов	41
ГЛАВА 3. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ШЛЕММОВА КАНАЛА И КОЛЛЕКТОРНЫХ КАНАЛЬЦЕВ У ЗДОРОВЫХ ЛИЦ И У ПАЦИЕНТОВ С ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМОЙ	42
ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОПТИМИЗИРОВАННОЙ YAG- ЛАЗЕРНОЙ ТРАБЕКУЛОСТОМИИ В ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМОЙ	48
4.1. Разработка методики топографической оценки расположения коллекторных канальцев по данным оптической когерентной томографии переднего отрезка глаза и гониоскопии у больных первичной открытоугольной глаукомой	48

4.2. Разработка оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии с учетом топографии коллекторных канальцев	51
4.2.1. Разработка метода локализации лазерного воздействия при выполнении трабекулостомы	51
4.2.2. Подбор энергии лазерного импульса и количества трабекулостом при разработке оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии	52
ГЛАВА 5. АНАЛИЗ КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПТИМИЗИРОВАННОЙ YAG-ЛАЗЕРНОЙ ТРАБЕКУЛОСТОМИИ И СЕЛЕКТИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТРАБЕКУЛОПЛАСТИКИ В КОМБИНИРОВАННОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМОЙ	57
5.1. Результаты исследования клиничко-функциональных показателей при применении оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики в комбинированном лечении больных первичной открытоугольной глаукомой	57
5.1.1. Анализ эффективности и безопасности оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики в комбинированном лечении первичной открытоугольной глаукомой	58
5.2. Результаты исследования клиничко-функциональных показателей у больных первичной открытоугольной глаукомы при применении селективной лазерной трабекулопластики.....	75
5.3. Сравнительный анализ результатов применения селективной лазерной трабекулопластики и комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ в лечении первичной открытоугольной глаукомы.....	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	97
ВЫВОДЫ.....	110
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	112
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	113
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	114

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Лечение глаукомы является одной из актуальнейших проблем офтальмологии. Число больных глаукомой в мире в 2020 г. составило около 80 млн. человек, причем к 2040 году число таких больных может увеличиться до 112 млн. (Федеральные клинические рекомендации. Глаукома первичная открытоугольная, 2022; Tham Y.C., 2014). Полностью слепых от глаукомы на сегодняшний день более 11 млн. человек. В Российской Федерации среди причин слепоты и слабовидения глаукома занимает первое место (Либман Е.С., 2008; Мовсисян А.Б., 2022).

Нормализация офтальмотонуса является главной задачей в лечении глаукомы, оценка эффективности которой основывается на достижении индивидуального уровня внутриглазного давления (ВГД), стабилизации зрительных функций на основе результатов стандартной автоматизированной периметрии, отсутствии прогрессирования глаукомной оптической нейропатии (ГОН) по данным офтальмоскопии, оптической когерентной томографии (ОКТ) диска зрительного нерва и сетчатки (Национальное руководство по глаукоме для практикующих врачей, 2015, 2019; Фокин В.П., 2016). Несмотря на многообразие и гипотензивный эффект антиглаукомных препаратов, ведущая роль продолжает оставаться за лазерными и хирургическими методами лечения (Анисимова С.Ю., 2019, 2021; Еричев В.П., 2020; Карлова Е.В., 2019, 2021).

Одним из основных направлений лечения первичной открытоугольной глаукомы являются методики лазерной хирургии, направленные на снижение повышенного ВГД за счет улучшения оттока водянистой влаги по естественным путям – через трабекулярную сеть, Шлеммов канал и коллекторные каналы (Нестеров А.П., 2008; Иващенко Е.В., 2015).

Лазерная гониопунктура, предложенная академиком Красновым М.М. в 1972 г., использовалась для создания прямого сообщения между передней камерой глаза и эмиссариями. Офтальмотонус снижался в среднем на 12 мм рт.

ст., его нормализация отмечалась в 90% случаев, однако, избыточная лазерная энергия приводила к повреждению и последующему рубцеванию трабекулы, повышала риск возникновения гифемы в раннем послеоперационном периоде (Краснов М.М., 1972).

Методика аргон-лазерной трабекулопластики (АЛТ) появилась в 1979 г. и получила широкое распространение в офтальмологической практике, продемонстрировав высокую эффективность у больных первичной открытоугольной глаукомой (Wise J.B., 1979). Однако многочисленные морфологические исследования показали, что АЛТ приводит к коагулирующему разрушению трабекулярной сети в местах лазерных аппликаций (Kramer T.R., 2001; Best U., 2007).

С 1995 года по настоящее время активно используется методика селективной лазерной трабекулопластики (СЛТ) с использованием YAG-лазера (Latina M.A., 1995, 1997). Снижение ВГД после СЛТ происходит благодаря фототермолизису пигментированных клеток трабекулярной сети, являющимся биологическим ответом на лазерное воздействие: повышение экспрессии цитокинов (IL-1, IL-6, IL-8, ФНО- α), которые увеличивают активность матриксных металлопротеиназ, активируют миграцию макрофагов, что в итоге обуславливает фототермолизис пигментных гранул, ремоделирование экстрацеллюлярного матрикса и улучшение оттока внутриглазной жидкости.

Кочеткова Ю.А., Соколовская Т.В., Дога А.В., Магарамов Д.А. (2008, 2013) разработали способ лазерной активации трабекулы (ЛАТ). Данный метод основан на образовании под воздействием YAG-лазера ударной волны над поверхностью трабекулы, которая приводит в движение влагу передней камеры, осуществляя «промывание» трабекулярных щелей под давлением. Авторы не отметили существенной разницы в степени снижения ВГД в различные сроки после СЛТ и ЛАТ.

Дальнейшее совершенствование методики привело к разработке новых вариантов ее исполнения: селективная лазерная активация трабекулы (СЛАТ) и надпороговая СЛТ. СЛАТ используется для максимального очищения

трабекулярной сети угла передней камеры глаза за счет двукратного равномерного и плотного нанесения перекрывающих друг друга лазерных аппликатов, что обуславливает в 1,5-2 раза более выраженный и продолжительный гипотензивный эффект (Туманян Э.Р. и соавторы, 2010, 2014). При надпороговой СЛТ подбирается минимальная энергия, вызывающая эффект образования микрокавитационных пузырьков и дефрагментацию пигментных гранул трабекулы, обеспечивая последующий, более выраженный фототермолизис и улучшение оттока водянистой влаги (Фокин В.П. и соавторы, 2016).

Отсутствие стойкого гипотензивного эффекта лазерных операций привело к поиску новых методов с различным механизмом воздействия на трабекулу: комбинация трабекулопунктуры и лазерной трабекулопластики, СЛТ и ЛТП одномоментно, ЛТП и СЛТ через 4-6 недель (Салех Д.А., 2019). К недостаткам данных методов можно отнести: высокую мощность лазерной энергии, выполнение лазерных операций без учета топографии коллекторных канальцев. При наличии этапа лазерной трабекулопластики с коагулирующим эффектом увеличивался риск повышения ВГД в раннем послеоперационном периоде, формирования фиброваскулярной мембраны, гониосинехий и снижения эффективности при последующих повторных лазерных операциях, (Нестеров А.П., 2008; Егоров Е.А., 2013; SooHoo J.R., 2015).

Для достижения более выраженного гипотензивного эффекта представляется целесообразным использование СЛТ в сочетании с YAG-лазером и данных ОКТ переднего отрезка глаза, что позволит прецизионно создавать в проекции коллекторных канальцев устойчивые к рубцеванию перфорации в трабекуле в виде технологии – оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сочетании с СЛТ.

Цель работы

Разработать технологию оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики в комбинированном лечении первичной открытоугольной глаукомы.

Задачи

1. На основании данных оптической когерентной томографии переднего отрезка глаза определить топографические и морфометрические показатели Шлеммова канала и коллекторных канальцев у здоровых лиц и у больных первичной открытоугольной глаукомой.

2. На основании данных оптической когерентной томографии разработать метод YAG-лазерной трабекулостомии с учетом топографической оценки расположения коллекторных канальцев.

3. На основании анализа клинико-функциональных результатов оценить эффективность и безопасность оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики в лечении больных первичной открытоугольной глаукомой.

4. На основании комплексного офтальмологического обследования разработать морфофункциональные критерии для отбора больных первичной открытоугольной глаукомой для проведения комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики.

5. Провести сравнительный анализ клинико-функциональных результатов применения селективной лазерной трабекулопластики и комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики в лечении первичной открытоугольной глаукомы.

Научная новизна

Разработана методика топографической оценки расположения коллекторных канальцев.

Разработана комбинированная технология оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики в лечении больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы с учетом топографии коллекторных канальцев.

Разработаны морфофункциональные критерии отбора больных глаукомой для проведения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики в комбинированном лечении первичной открытоугольной глаукомы.

Практическая значимость исследования

Разработанный способ топографической оценки расположения коллекторных канальцев позволяет по диагностическим критериям отобрать пациентов с начальной и развитой стадиями глаукомы для выполнения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии.

Разработанная оптимизированная YAG-лазерная трабекулостомия и селективная лазерная трабекулопластика эффективна в комбинированном лечении больных с начальной и развитой стадиями глаукомы с более выраженным и стойким гипотензивным эффектом в сравнении с СЛТ.

Оптимизированная YAG-лазерная трабекулостомия позволяет прецизионно выполнять операцию, используя допустимые значения лазерной энергии.

Разработаны диагностические критерии для отбора пациентов с первичной открытоугольной глаукомой для выполнения комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики.

Проведенный анализ доказал безопасность комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики.

Положения, выносимые на защиту

Разработанная комбинированная технология оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики, заключающаяся в определении топографии и локации коллекторных канальцев относительно Шлеммова канала по данным оптической когерентной томографии переднего отрезка глаза, выполнении трабекулостом в проекции коллекторных канальцев в передней трети ширины Шлеммова канала, позволяет достигнуть гипотензивного эффекта за счет сформированных устойчивых к рубцеванию трабекулостом на следующие сутки и в течение двухлетнего периода наблюдений после операции, добиться стабилизации зрительных функций у больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы в 94,3% случаев.

Степень достоверности и апробация результатов

Большой объем исследований, проведенных с использованием известных и разработанных в рамках диссертационной работы методов, обеспечивает высокую достоверность результатов данной работы. Полученные выводы и практические рекомендации основаны на статистической обработке данных и соответствуют целям и задачам исследования.

Результаты исследования опубликованы в рецензируемых отечественных научных изданиях, а также зарубежной печати. Основные результаты и положения работы доложены и обсуждены: на III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Лечение глаукомы: инновационный вектор – 2022», Москва, 22-23.03.2022; на Заседании научного общества офтальмологов Астраханской области, в онлайн-формате, Астрахань, 11.03.2022; на Межрегиональной научно-практической конференции

«Инновационные технологии в офтальмологии», в онлайн-формате, Волгоград, 07-08.04.2022; на Республиканской научно-практической конференции «Новые технологии в офтальмологии 2022», посвященной 100-летию Республиканской клинической офтальмологической больницы имени профессора Е.В. Адамюка, в онлайн-формате, Казань, 15-16.04.2022; на пятничных конференция ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава РФ, Москва, 11.2022 г., 04.2023 г., в онлайн-формате, на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Федоровские чтения», в онлайн-формате, 06.06.2023 г.

Публикации

В рамках данной работы было опубликовано: 9 научных работ, включая 3 публикации в журналах, рекомендованных ВАК РФ, а также получен 1 патент РФ на изобретение.

Внедрение в практику

Результаты работы внедрены в лечебную практику Иркутского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России (акт внедрения от 2023 г.), Новосибирского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России (акт внедрения от 2023 г.), Чебоксарского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России (акт внедрения от 2023 г.), Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России (акт внедрения от 2023 г.).

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 134 страницах и состоит из введения, обзора литературы, 4 глав исследований, заключения и выводов. Список литературы содержит 186 источников, из них 79 публикаций отечественных и 107 – иностранных авторов.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Анатомия дренажной системы глаза

Для разработки технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в лечении первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) необходимо рассмотреть дренажную систему глаза, методы ее визуализации и основные пути оттока водянистой влаги.

Главным патогенетическим звеном ПОУГ является нарушение оттока водянистой влаги, который в норме, как известно, осуществляется по основным двум путям: трабекулярному и увеосклеральному [28]. Трабекулярный путь оттока более значим в гидродинамическом плане, так как именно через отходящие от него коллекторные каналы по дренажной системе глаза оттекает до 85% ВГЖ [185]. Водянистая влага продуцируется эпителиальными клетками внутреннего непигментированного слоя ресничных отростков цилиарного тела [25]. Трабекулярный путь оттока внутриглазной жидкости проходит через следующие морфологические структуры: трабекулу, Шлеммов канал, коллекторные каналы и системы интра- и эписклеральных венозных сосудов. Шлеммов канал представляет собой циркулярную щель, ограниченную с внутренней стороны трабекулой, а с наружной – склерой. Ширина его просвета составляет 300-500 мкм, а его высота – около 25 мкм. Просвет канала чаще одиночный, но может быть двойным и даже множественным [49]. Большинство коллекторных каналов (20-30) соединяются со Шлеммовым каналом в заднем его отделе, а затем впадают в эписклеральное венозное сплетение [22], которое связано с интрасклеральным венозным сплетением 25-30 анастомозами [49]. Отдельные крупные коллекторы (водяные вены) выходят на поверхность склеры и впадают в эписклеральные вены [110, 127]. Длина водяной вены колеблется от 0,1 до 10 мм и больше, ширина – между 0,01 и 0,1 мм [23, 86].

В составе трабекулярной сети различают 3 слоя: 1-й слой – увеальная сеть, являющаяся продолжением цилиарной мышцы в сторону роговицы. Он

состоит из 1-3 слоев пластин коллагеновой ткани, покрытых с обеих сторон базальной мембраной и эндотелием. В пластинах имеются большие отверстия, которые не могут оказать сопротивление оттоку внутриглазной жидкости, а между слоями пластин параллельно друг другу располагаются щели.

2-й слой – корнеосклеральная сеть (несколько слоев очень тонкой соединительной ткани). В этом слое отверстия меньше, редко накладываются друг на друга, сопротивление движению оттока внутриглазной жидкости выше.

3-й слой – эндотелиальная сеть (лежит между корнеосклеральной трабекулой и эндотелием внутренней стенки Шлеммова канала). Эта сеть состоит из соединительной ткани, 2-5 слоев фиброцитов и клеток, которые считают эндотелиальными. Внутриглазная жидкость проникает в Шлеммов канал благодаря двум разным механизмам: интра- и трансцеллюлярно [49].

Шлеммов канал расположен глубоко в лимбе и отделен от передней камеры трабекулярной сетью. В норме высота щелевидного просвета канала достигает 0,28 мм. Ему свойственна различная проекция на зону корнеосклеральной трабекулы. Чаще он расположен в центре, реже проецируется в верхних или нижних отделах этой зоны.

Трабекулярный путь оттока является основным для оттока внутриглазной жидкости из глаза, и именно этот путь оттока является наиболее значимым в патогенезе развития ПОУГ [92, 93, 167, 169]. По данным литературы в классификации ПОУГ выделяют четыре ее разновидности: хроническую (простую), глаукому с низким давлением, псевдоэксфолиативную и пигментную, где рассматривается основное место сопротивления для движения внутриглазной жидкости, а именно по отношению к трабекуле и Шлеммову каналу [1]. Так, при хронической (простой) глаукоме и глаукоме с низким давлением основным местом сопротивления оттоку является трабекулярная зона, при псевдоэксфолиативной и пигментной глаукоме – интрасклеральная зона, включая коллапс Шлеммова канала [46].

Во второй половине XX в. Bill A. и соавторы установили наличие оттока водянистой влаги также через цилиарную мышцу, хориоидею и склеру при исследовании глаз человекообразных обезьян с помощью введения в переднюю

камеру глаза альбумина, меченного изотопами йода [88-90]. Этот путь оттока был определен как увеосклеральный.

В настоящее время имеются работы, убедительно свидетельствующие о единстве и целостности системы оттока внутриглазной жидкости с учетом увеосклерального пути [28]. В 2006 г. Золотарев А.В. и соавторы на основании полученных результатов исследования перфузии аутопсированных человеческих глаз суспензией туши в условиях, приближенных к физиологическим, пришли к заключению, что путь оттока один, но имеет при этом две различные функциональные ветви. Первая – трабекулярная, реализуется благодаря множеству отверстий в трабекулярных пластинах, обеспечивающих ток жидкости «поперек» трабекулярной сети, т.н. транстрабекулярный. Вторая – увеосклеральная, обуславливается наличием межтрабекулярных щелей, продолжающихся в цилиарном теле в пространстве между пучками цилиарной мышцы, т.н. паратрабекулярный ток жидкости [41, 42]. Далее внутриглазная жидкость поступает в супрахориоидальное пространство, а затем вдоль водоворотных вен поступает в лимфатическую систему: в лимфатические сосуды орбиты и шеи.

Следует отметить важное свойство трабекулярного аппарата как «самоочищающегося» фильтра, обусловленного транстрабекулярным током жидкости, создающим предпосылки для прохождения относительно крупных конгломератов [80, 102]. Внутриглазная жидкость, проходящая по «увеосклеральной ветви», т.е. межтрабекулярно, подобных условий для содержащихся в ней форменных элементов не создает. «Возможность выхода больших белковых молекул из полости глазного яблока обусловлена необычно высокой проницаемостью сосудов склеры и хориоидеи благодаря сильно выраженному периваскулярному пространству. Крупные белковые молекулы удаляются из периваскулярных пространств посредством структур, гистохимически схожих с лимфатическими» [28]. Последние работы убедительно доказывают существование структур, характерных для лимфатической системы в сосудистой оболочке глаза, в том числе и в цилиарной мышце [75]. Лимфатическая система вносит свой вклад в отток

внутриглазной жидкости, и использование термина «увеолимфатический путь» является оправданным [182].

1.2. Методы визуализации дренажной системы глаза

Одним из важнейших и базовых исследований для оценки состояния угла передней камеры (УПК), венозного синуса является гониоскопия. Наиболее часто гониоскопию выполняют классическим мануальным методом с помощью гониолинзы [61]. Существует несколько видов гониоскопов, отличающихся друг от друга техническими особенностями, например, числом зеркал и линз, применяющихся в зависимости от цели исследования. К основным способам проведения исследования относят прямую (обзорную) и непрямую (уточняющую) гониоскопию [7].

Обзорная гониоскопия проводится при помощи выпуклой линзы, которая пропускает свет из УПК и создает угол преломления, равный примерно 90° . Прямые гониоскопы применяются в основном при хирургических вмешательствах, либо в тех случаях, когда требуется проведение исследования у пациента в лежачем положении [7].

При непрямой (уточняющей) гониоскопии угол наклона зеркала подобран таким образом, чтобы выходящие из УПК лучи света ориентировались параллельно анатомической оси глаза. Непрямые гониоскопы создают зеркальное отображение УПК. Удобство и возможность выполнения окулокомпрессионной пробы при использовании данной методики являются преимуществом в клинической практике офтальмолога [7].

По данным гониоскопии трабекулярная сеть расположена между склеральной шпорой и линией Швальбе. Зона корнеосклеральной трабекулы при осмотре ее со стороны передней камеры имеет вид довольно широкой бледно-серой или коричневой полосы с большей или меньшей степенью прозрачности. Передняя граница зоны корнеосклеральной трабекулы обычно гладкая, но может быть также волокнистой или неоднородной. Трабекула имеет пористое строение и напоминает губчатую ткань, которая в виде кольца

шириной от склеральной шпоры до линии Швальбе покрывает изнутри Шлеммов канал.

Внутриглазная жидкость просачивается сквозь трабекулярную сеть. Задняя часть зоны корнеосклеральной трабекулы более пигментирована, чем передняя часть. Большая часть темно-коричневого или черного пигмента расположена внутриклеточно, будучи поглощена посредством фагоцитоза. При этом может наблюдаться неравномерность пигментации трабекулярной сети. На отдельных участках она может быть более выраженной. Участки сгущения пигмента могут присутствовать и в окружности пигментированной трабекулярной сети. Они локализуются в зонах коллекторных канальцев и указывают на места, где ток внутриглазной жидкости выше, чем в менее пигментированных зонах [7].

С 2015 г. в практику врача-офтальмолога был внедрен медицинский прибор для проведения электронной автоматической гониоскопии – GS-1 (Nidek Co., Япония), включающий в себя 16-зеркальную вращающуюся оптическую контактную призму с подсветкой белой светодиодной лампой и встроенную высокоразрешающую цветную камеру. Камера выполняет 17 снимков, имитирующих непрямую статическую гониоскопию при различной глубине фокуса с каждой из фасеток [85, 98, 143, 149, 163, 164]. После выполнения обследования программное обеспечение прибора отображает выбранные изображения. Несмотря на то, что мануальная гониоскопия по-прежнему считается стандартом оценки УПК, электронная гониоскопия может представить дополнительный инструмент для быстрой визуализации УПК с сохранением изображений, объективизацией оценки и возможностью визуализировать изменение ширины УПК в динамике [60].

Также метод гониоскопии может быть использован для проведения компрессионной пробы на ретроградное заполнение Шлеммова канала кровью [46]. У здоровых лиц отмечается отчетливое по всей окружности заполнение Шлеммова канала кровью, а у больных первичной глаукомой из-за его сужения, функциональной или органической блокады отмечается отсутствие или частичное его заполнение кровью [4]. Вакуумная гониоскопическая проба была

предложена для локализации коллекторных канальцев по появлению крови в Шлеммовом канале у больных ПОУГ со слабой степенью пигментации для выполнения лазерного камерно-коллекторного анастомоза [3,4]. Однако у больных первичной открытоугольной глаукомой чаще встречается не слабая, а умеренная, выраженная или очень выраженная степень пигментации трабекулы. У этих пациентов точно определить расположение коллекторных канальцев по отношению к Шлеммову каналу с помощью гониоскопии из-за пигментации трабекулы становится невозможным.

Балльно-количественная оценка пигментации УПК была описана Нестеровым А.П. в 1995 г. [50, 60]:

- 0 – отсутствие пигмента в трабекуле,
- 1 – слабая пигментация задней части трабекулы,
- 2 – интенсивная пигментация задней части трабекулы,
- 3 – интенсивная пигментация всей трабекулярной зоны,
- 4 – интенсивная пигментация всей трабекулярной зоны и всех структур передней стенки УПК.

Высокоинформативным методом исследования переднего отрезка глаза, позволяющим визуализировать его структуры, является ультразвуковая биомикроскопия глаза (УБМ). Технология УБМ использует ультразвуковые частоты в диапазоне 35–100 МГц, что дает возможность неинвазивно *in vivo* визуализировать структурные детали переднего отрезка глаза и позволяет получить в оттенках серого исключительно подробные двумерные изображения различных структур переднего отрезка и оценить их количественно и качественно. УБМ использует сканирующий преобразователь с высокой частотой. Улучшенное разрешение достигается за счет уменьшения глубины проникновения ультразвукового луча (5 мм для прибора УБМ с частотой 50 МГц) [130].

С помощью прибора можно осуществлять видеозапись исследования и в режиме стоп-кадра выводить на экран интересующую зону для морфометрических измерений и исследования локального участка. Разрешение при УБМ меньше, чем при ОКТ, однако большим преимуществом данного

метода исследования является возможность ультразвука проникать через пигментный листок и визуализировать структуры за радужкой и цилиарным телом. Данный диагностический метод является ценным инструментом визуализации для оценки структур переднего отрезка глаза, классификации пациентов с глаукомой и определения механизма ее возникновения [117, 142, 179].

К объективным методикам компьютерной визуализации структур УПК и переднего отрезка глаза следует отнести также ОКТ. Данный метод диагностического исследования позволяет получать высококачественные, высокоточные изображения внутренней микроструктуры биологических тканей посредством измерения интенсивности и времени эхо-задержки света. Технология ОКТ первоначально применялась для визуализации заднего отрезка глаза, а именно сетчатки и диска зрительного нерва [5, 26, 27, 78]. Со временем технология совершенствовалась и позволила получать качественное изображение поверхности глаза и его переднего отрезка [66, 77, 81, 95, 101, 103, 111, 114, 136, 156, 158, 176, 181].

Методика ОКТ переднего отрезка глаза основана на интерферометрии с низкой когерентностью, которая измеряет задержку и интенсивность обратно рассеянного инфракрасного света с помощью суперлюминесцентного диода с длиной волны 1310 нм. Интерферометрия с низкой когерентностью измеряет интерференцию двух световых лучей, исходящих от одного и того же источника света, путем сравнения обратного рассеяния ткани со светом, который проходит по известному эталонному пути с эталонным зеркалом [100].

Кроме того, ОКТ переднего отрезка глаза имеет разрешение в 10-25 раз выше, чем ультразвуковая визуализация высокого разрешения. Однако глубина проникновения ОКТ меньше, чем у ультразвука. ОКТ сетчатки использует свет с длиной волны 830 нм. Большая длина волны (до 1310 нм), используемая в ОКТ переднего отрезка глаза, приводит к меньшему рассеянию светового потока в тканях, таких как склера и лимб, что увеличивает его проникновение и позволяет визуализировать роговицу, радужку, УПК и переднюю часть хрусталика через зрачок. Вода в глазных средах поглощает свет с большей

длиной волны, поэтому только 10% светового потока достигает глазного дна. ОКТ переднего отрезка глаза не может проникнуть через пигментный листок радужки, что ограничивает визуализацию цилиарного тела. Проходящий свет поглощается пигментным эпителием.

Первые ОКТ-изображения Шлеммова канала и трабекулярной сети были представлены в 2010 Kagemann L. и Ren J. с использованием системы Swept Source ОКТ, работающей на длине волны 1310 нм и подтверждающей осевое разрешение примерно 9 мкм [122, 152]. Тогда разрешение этой системы было недостаточно хорошим для визуализации деталей этой структуры или для количественной оценки размеров Шлеммова канала. В дальнейшем данный метод диагностики совершенствовался, что впоследствии привело к появлению новых работ с более четкой визуализацией Шлеммова канала, возможностью измерить его размеры, оценить площадь поперечного сечения Шлеммова канала, определить количество и локализацию коллекторных канальцев, расположение эмиссариев [82, 101, 103, 106, 109, 111, 115, 116, 122, 136, 139, 152, 156, 166, 177, 178].

На сагиттальных снимках ОКТ переднего отрезка глаза было выявлено достоверное различие в площади среза Шлеммова канала у пациентов ПОУГ и здоровых лиц, причем различие между значениями составило 2-4 раза [170, 180].

Представленные выше данные по топографии дренажной системы глаза, возможности инструментальной визуализации ее структур с проведением морфометрического анализа, с одной стороны, облегчают понимание техники выполнения лазерных и хирургических операций, механизм их гипотензивного действия, а с другой – позволяют разрабатывать новые подходы и технологии лечения больных первичной открытоугольной глаукомой [158].

1.3. Лазерная хирургия первичной открытоугольной глаукомы. История и современные возможности

К основным способам лечения ранних стадий ПОУГ относят методики лазерной хирургии, направленные на снижение повышенного офтальмотонуса за счет улучшения оттока внутриглазной жидкости через трабекулу [10, 15, 20, 29, 31, 35, 36, 39, 40, 51, 54, 55, 57, 58, 63, 71, 74, 135, 160].

Одним из первых разработчиков лазерных операций на трабекуле был академик Краснов М.М. (1972), предложивший выполнять гониопунктуру с помощью короткоимпульсного рубинового лазера [37]. Операция предполагала нанесение на трабекулу 20-25 лазерных импульсов за сеанс мощностью 0,05-0,25 Дж. Гипотензивный эффект данной технологии достигался за счет создания прямого сообщения между передней камерой глаза и эмиссариями. Внутриглазное давление снижалось в среднем на 12 мм рт. ст., нормализация офтальмотонуса отмечалась в 90% случаев, его компенсация наблюдалась в течение 5 лет. Однако избыточная лазерная энергия приводила к повреждению и последующему рубцеванию трабекулы, повышала риск возникновения гифемы в раннем послеоперационном периоде в 10-15% случаев [37, 38, 132].

В 1979 году была предложена аргон-лазерная трабекулопластика (АЛТ) Wise J.B. и Witter S.L. Данная методика получила широкое распространение в офтальмологической практике и, согласно мультицентровым исследованиям, продемонстрировала высокую эффективность у больных ПОУГ, сочетавших гипотензивную терапию с АЛТ. В ходе этой операции по всей окружности Шлеммова канала наносились 100 аппликаций, при которых диаметр наносимого пятна – 50 мкм, мощность – 400-1200 мВт, экспозиция – 0,1 с [173]. Гипотензивный эффект достигался за счет активного повреждения трабекулы с изменением ее натяжения (пластики), где ожоговые рубцовые изменения ткани натягивали трабекулярную сеть и улучшали ее проницаемость для водянистой влаги. При подборе мощности добивались очаговой депигментации, иногда с образованием пузырьков газа.

К осложнениям АЛТ относят реактивную гипертензию, которая возникает в 50% случаев и требует дополнительного гипотензивного лечения, асептический ирит, возникающий в 100% случаев, который купируется инстилляциями нестероидных противовоспалительных препаратов в течение 1 недели, гониосинехии [13, 17].

Однако многочисленные морфологические исследования показали, что АЛТ приводит к коагулирующему разрушению трабекулярной сети Шлеммова канала в местах лазерных аппликаций. Между ними впоследствии может формироваться фиброваскулярная мембрана, приводящая к снижению оттока внутриглазной жидкости, повышению офтальмотонуса и снижению эффективности при последующих повторных лазерных операциях.

Так, гистопатологический анализ и сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) энуклеированных глаз после АЛТ продемонстрировали образование кратеров и значительное разрушение трабекул [131].

В 1998 г. Нестеровым А.П., Новодережкиным В.В. и Егоровым Е.А. была предложена гидродинамическая активация оттока внутриглазной жидкости [20, 52]. Воздействие на зону трабекулы YAG-лазером осуществлялось следующими параметрами импульса: длина волны 1064 нм, 0,8-5,0 мДж, диаметр лазерного пятна 30-50 мкм, длительность импульса 30 пс, количество импульсов – 40-70 в одном секторе в 90°. Данная методика была эффективной у 75% больных ПОУГ в течение года наблюдения. Но операция не нашла широкого применения в клинической практике из-за нестабильного гипотензивного эффекта, наличия серьезных осложнений (выраженная реактивная гипертензия, воспаление, заполнение Шлеммова канала кровью и выход ее во влагу передней камеры) [20, 52, 119].

В 1995 году была предложена методика селективной лазерной трабекулопластики (селективного фототермолизиса) с использованием YAG-лазера (СЛТ), разработанная Latina M.A. и соавторами. При этом методе, используя неодимовый YAG-лазер с длиной волны 532 нм, импульсы диаметром 400 мкм наносятся на зону пигментированной трабекулы с охватом полуокружности – 180°. Количество импульсов колеблется от 50 до 70 за

операцию. Согласно предложенной методике, во время процедуры подбирается субпороговая максимальная энергия, которая не вызывает образования кавитационных пузырьков – «Champagne Bubbles». Средние значения энергии процедуры 0,5 мДж [135]. Снижение ВГД после СЛТ связано с разрушением пигментированных клеток трабекулярной сети и биологическим ответом на лазерное воздействие: повышение экспрессии цитокинов (IL-1, IL-6, IL-8, ФНО- α), которые увеличивают активность матриксных металлопротеиназ, активируют миграцию макрофагов, что в итоге обуславливает фототермолизис пигментных гранул, ремоделирование экстрацеллюлярного матрикса и улучшение оттока внутриглазной жидкости за счет очистки зоны трабекулы от дебриса [68, 105, 135].

СЛТ – менее травматичная операция среди всех видов трабекулопластик, практически не имеющая осложнений.

Так, гистопатологический анализ и сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) энуклеированных глаз после СЛТ показали лишь незначительное повреждение корнеосклеральной трабекулярной сети (ТС), с небольшим нарушением эндотелиальных внутриклеточных пигментных гранул [131].

SooHoo J.R. и др. (2015) описали результаты световой микроскопии, СЭМ и трансмиссионной электронной микроскопии срезов кадаверных глаз, обработанных СЛТ с использованием мощности от 0,4 до 2,0 мДж [159]. Глаза, обработанные СЛТ, показали нормальную архитектуру ТС на световой микроскопии, но трансмиссионная электронная микроскопия показала некоторое разрушение клеток ТС с трещинами внеклеточных пигментных гранул даже при низкой мощности. На СЭМ трабекулярной сети при лечении с высокой мощностью (2,0 мДж) наблюдалось более очевидное разрушение с прокручиванием тканей ТС. Это говорит о том, что лечение с помощью СЛТ действительно способно вызвать структурные повреждения ТС, а поэтому подбор дозы лазерного воздействия остается важным.

Безопасность технологии СЛТ обусловлена тем, что ультракороткие импульсы воздействуют только на пигментные гранулы трабекулы. Отсутствие ожогового повреждения ткани трабекулы связывают с короткой продолжительностью лазерного импульса – 3 нс, что значительно короче термической релаксации хромофора (1 мкс). Используя меньшую энергию на импульс и пятно большего размера, энергетическое воздействие на трабекулярную ткань в ходе СЛТ составляет 1/6000 от аналогичной при АЛТ [8, 43, 171].

Работы многих исследователей показали сопоставимую эффективность гипотензивного эффекта между АЛТ и СЛТ [12, 87, 105, 121, 150, 183].

У больных первичной открытоугольной глаукомой СЛТ обеспечивает значительный эффект снижения ВГД. В первом исследовании Latina M.A. и др. (1998) было продемонстрировано среднее снижение ВГД на 23,8% через 26 недель после однократного курса лечения [135].

С тех пор было проведено множество рандомизированных контролируемых исследований, в которых оценивалась долгосрочная эффективность СЛТ по снижению ВГД и сравнение этого эффекта с АЛТ и медикаментозной терапией. Долгосрочные исследования, оценивающие снижение ВГД с помощью СЛТ, показали среднее снижение ВГД от 21,8% до 29,4% через 6 месяцев, от 16,9% до 31,9% через 12 месяцев, от 7,7% до 27,8% через 2 года, от 24,5% до 25,1% через 3 года, от 23,1% до 29,3% через 4 года, от 17% до 32,1% через 5 лет, от 2,3% до 22,8% через 6 лет [99, 105, 108, 125, 126, 133, 138, 145, 153, 155, 161, 172, 175].

Mark S. Juzych и соавт. (2004) сравнили гипотензивный эффект у 154 больных ПОУГ, которым была выполнена АЛТ и у 41 пациента после СЛТ при динамическом наблюдении до 5 лет. Различие между группами по гипотензивному эффекту было статистически недостоверным (23,5% и 27,1%; $p > 0,05$) [120]. К аналогичным выводам пришли Popiela G. и соавт. в 2000 г. [150].

Best U., Domack H., Schmidt V. (2007) отметили более выраженный гипотензивный эффект при проведении АЛТ, чем при СЛТ, выполненной на

180° окружности [87]. Только СЛТ, которая выполнялась по всей окружности Шлеммова канала – на 360°, по гипотензивному эффекту соответствовала АЛТ.

По данным литературы эффективность гипотензивного эффекта после СЛТ в течение первого года наблюдения варьирует от 59 до 96%. Среднее снижение ВГД по сравнению с ВГД до лечения составило по данным различных авторов от 18 до 40% в течение периода наблюдения от 6 до 12 месяцев [6, 32, 76, 94, 98, 107, 112, 120, 123, 134, 135].

Селективная лазерная трабекулопластика снижает ВГД по крайней мере на 20% в 66,7-75% глаз через 6 месяцев, 58-94% через 12 месяцев, 40-85% через 2 года, 38-74% через 3 года, 38-68% через 4 года и 11,1-31% через 5 лет [91, 97, 108, 120, 121, 126, 138, 141, 145-148, 157, 172, 175, 184]. Анализ стабильности результатов показывает, что время, в течение которого у 50% глаз лечение становится неэффективным с помощью СЛТ, составляет приблизительно 2 года [70, 91, 172].

Многочисленные рандомизированные контролируемые исследования последовательно подтвердили отсутствие существенной разницы между показателями ВГД при СЛТ и АЛТ. Аналогично по данным двух недавних мета-анализов авторы пришли к выводу, что СЛТ не уступает ни АЛТ, ни топической медикаментозной терапии. Однако один мета-анализ показал, что СЛТ связана с большим снижением ВГД на фоне медикаментозного лечения по сравнению с АЛТ [137, 144, 174].

Поскольку СЛТ вызывает минимальные структурные изменения в трабекулярной сети (ТС), повторная СЛТ может быть применена для пациентов, которым необходимо более выраженное снижение ВГД. Многие исследователи отметили эффект снижения ВГД при повторной СЛТ [6, 57, 83, 96, 104, 113, 118, 129, 154].

Так, в исследовании Khoufi A.S. и соавторов (2014), 45 глаз 25 больных ПОУГ были пролечены повторной 360° СЛТ через $28,3 \pm 12,7$ месяцев после первой СЛТ [128]. Пациенты, получившие повторную СЛТ в этом исследовании, были включены независимо от их первоначального результата на СЛТ. Через 24 месяца после повторного лечения 29% пациентов достигли

снижения ВГД не менее чем на 20% и 39% глаз достигли снижения ВГД не менее чем на 15%, что существенно, по данным авторов, не отличалось от результатов, которые были получены через 24 месяца от первоначального применения лазерной хирургии.

В дальнейшем исследовании Khoufi A.S., Lin J. и соавторы пролечили больных ПОУГ (51 глаз) с помощью повторной 360° СЛТ в среднем через 26 месяцев после первоначального лечения [129]. Пациенты были разделены на 2 группы по результатам лечения: первая группа с успешным ответом на первоначальное лечение – снижение ВГД более 20%; и вторая группа с умеренным ответом на первоначальное применение СЛТ – снижение ВГД менее 20%. Через 12 месяцев после повторного выполнения СЛТ уровень ВГД значительно снизился в обеих группах, причем 52% в первой группе и 39% во второй группе достигли снижения ВГД более чем на 20%. Различие между группами по гипотензивному эффекту было статистически недостоверным ($p > 0,05$). Это говорит о том, что повторное применение СЛТ может быть рассмотрено даже у пациентов, которые имели лишь умеренное снижение ВГД.

Avery N. и соавторы (2013) обнаружили схожие результаты снижения ВГД у больных ПОУГ (42 глаза) при первичном и повторном применении СЛТ: на 20% и более от исходного уровня офтальмотонуса. При этом, средняя продолжительность успешного повторного лечения (13,1 месяца) была почти в два раза продолжительнее, чем после первичной СЛТ (6,9 месяца) [83].

Ayala M. (2014) сообщила о результатах проспективного рандомизированного клинического исследования для проверки влияния повторной процедуры СЛТ на снижение ВГД. Всем пациентам (40 глаз) первоначально проводилась СЛТ (СЛТ 1) на 180° в нижней половине ТС. Затем пациенты были разделены на 2 группы для проведения повторной СЛТ 2 в той же, уже обработанной области ТС, или СЛТ 2 в верхней, необработанной области ТС. ВГД измерялось до и через 2 часа, 1 месяц, 3 месяца и 6 месяцев после процедуры СЛТ 2. При проведении сравнительного исследования между двумя группами не было выявлено значительных различий в эффекте снижения

ВГД, что еще раз подтверждает вероятность того, что повторное лечение может обеспечить такой же эффект снижения ВГД, как и первичное лечение [84].

В 2015 г. при изучении отдаленной гипотензивной эффективности СЛТ у больных ПОУГ через 6 месяцев авторами были определены показания к повторному проведению сеанса в 12,8% случаев, выполнение антиглаукомной операции в 3,2%. В отдаленных сроках выявлено усиление гипотензивного режима для поддержания толерантного ВГД в 23,8% случаев [14].

К преимуществам лазерных операций при ПОУГ на примере СЛТ относят экономическую составляющую: затраты на лечение, необходимость в дальнейшей дорогостоящей хирургии глаукомы и катаракты, по полученным данным, меньше в группе пациентов с проведенным лазерным лечением. СЛТ возможна к применению в практике в качестве стартового метода лечения [21, 24, 33, 54, 56, 57, 63, 79, 151, 186].

Большим преимуществом СЛТ является возможность не только повторного, но и многократного повторения для усиления гипотензивного эффекта. Это особенно важно при выраженной и очень выраженной пигментации трабекулы, которая наблюдается у пациентов с пигментной глаукомой. Многократное выполненное СЛТ позволяет лучше выполнить фототермолизис пигментных гранул, максимально очистить трабекулу от пигмента и усилить гипотензивный эффект от операции. Авторы сообщили, что после проведения многоэтапной СЛТ у пациентов отмечалось достоверное снижение уровня истинного ВГД на 30%, улучшения оттока водянистой влаги на 72% [73].

Дальнейшее совершенствование методики СЛТ привело к разработке новых вариантов ее выполнения. Иванова Е.С., Туманян Э.Р. и соавт. (2012) для максимального очищения трабекулярной сети и улучшения оттока ВГЖ предложили применять селективную лазерную активацию трабекулы (СЛАТ). СЛАТ обеспечивала максимальное очищение трабекулярной сети угла передней камеры глаза за счет двукратного равномерного и плотного нанесения перекрывающих друг друга лазерных аппликаторов. Это обуславливало в 1,5-2 раза более выраженный и продолжительный гипотензивный эффект, чем у СЛТ

по стандартной методике [29]. При оценке гипотензивного эффекта лазерных операций у пациентов с ПОУГ в сочетании с интенсивной пигментацией УПК (3 балла) в зависимости от стадии глаукомного процесса в 2012 г. Иванова Е.С. и соавторы установили, что СЛАТ приводит к максимальному очищению трабекулярных щелей и, соответственно, более стойкой и продолжительной компенсации офталмотонуса. Через 1 мес. после операции показатели гидродинамики были в пределах нормы, однако после СЛАТ (P_0) в начальной стадии ПОУГ снизилось в среднем на 28,6% против 25% в группе, где пациентам выполняли только СЛТ [67-69].

Любимова Т.С. (2010), изучая эффективность СЛТ у 59 больных (59 глаз) и СЛАТ у 66 больных (66 глаз) первичной открытоугольной глаукомой отметила более выраженный гипотензивный эффект снижения уровня ВГД (P_0) при выполнении СЛАТ. Так, у больных с начальной стадией заболевания через 2 года наблюдения после СЛТ снижение уровня P_0 составило 17%, а при СЛАТ – 25%; при развитой стадии после СЛТ – 16%, а при СЛАТ – 22% [43].

Изучая безопасность лазерных операций, автор отметила на первые сутки после выполнения СЛТ наличие клинической картины ирита (перилимбальная инъекция, опалесценция влаги ПК) с повышенным уровнем ВГД на 9 глазах (15,3%), а при СЛАТ (66 глаз больных ПОУГ) – только на 2 глазах (3%). Любимова Т.С. выявила более выраженную реакцию по данным лазерной тиндалеметрии после СЛТ. Так, через 3 часа после СЛТ количество белка в передней камере увеличилось в 3 раза и составило $19,4 \pm 1,64$ ф/мс, а после СЛАТ только в 2 раза – $12,2 \pm 1,87$ ф/мс ($p < 0,05$) [43].

Кочеткова Ю.А. и соавт. (2013) обследовали 72 пациента (80 глаз) с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы в возрасте 43-80 лет. Все пациенты были разделены на 2 группы. В 1-ю группу вошли 30 пациентов (34 глаза) с отсутствием или слабой пигментацией структур УПК, лечение которых проводилось методом лазерной активации трабекулы (ЛАТ), предполагая нанесение 50-60 аппликаторов в проекции и перед Шлеммовым каналом по окружности 180° YAG-лазером с длиной волны 1064 нм, диаметром пятна 8-10 мкм, мощностью 0,8-1,1 мДж и экспозицией 3 нс. Это

приводило к образованию ударной волны над поверхностью трабекулы, которая осуществляла «промывание» трабекулярных щелей под давлением при движении влаги передней камеры. Во 2-ю группу вошли 46 глаз 42 пациентов с выраженной пигментацией структур УПК, которым была выполнена СЛТ по стандартной методике. У пациентов первой группы наблюдалось снижение ВГД от 2 до 5 мм рт. ст. (в среднем на $2,3 \pm 1,4$ мм рт. ст.) на следующие сутки после операции у 29 пациентов (32 глаза – 94%). Во второй группе наблюдалось снижение ВГД от 2 до 8 мм рт. ст. (в среднем на $3,1 \pm 2,2$ мм рт. ст.) у 40 пациентов (45 глаз – 97,8%) на следующие сутки после операции. В первые сутки после YAG-ЛАТ на 4 глазах (11,7%) исследователи отметили реактивный подъем ВГД на 4-6 мм рт. ст., купированный дополнительной гипотензивной терапией. Во 2-й группе после СЛТ реактивный подъем ВГД на 6-8 мм рт. ст. был отмечен на 7 глазах (15,2%), который был купирован назначением дополнительных гипотензивных средств с последующей их отменой. Авторы не отметили существенной разницы в степени снижения ВГД в различные сроки после СЛТ и YAG-ЛАТ. В отличие от СЛТ, YAG-лазерная активация трабекулы может использоваться для лечения «беспигментных форм» ПОУГ [34]. Морфологические исследования трабекулярной сети угла передней камеры после СЛТ и YAG – лазерной активации трабекулы по данным исследователей были сопоставимы, повреждений трабекулы не было выявлено [64].

В 2012 году авторы отметили отдаленные результаты YAG-лазерной активации трабекулы (от 12 до 24 мес.) у 46 пациентов (50 глаз) с начальной и развитой стадиями ПОУГ: уровень тонометрического ВГД, по сравнению с дооперационными значениями после YAG-ЛАТ, снизился в среднем на $6,7 \pm 1,2$ мм рт. ст. (25,3%) к концу срока наблюдения. В 16% случаев (8 глаз из 50) гипотензивные капли после лазерного лечения были отменены через 4-6 недель. Авторы пришли к заключению, что YAG-ЛАТ приводит к нормализации офтальмотонуса, стабилизации зрительных функций и показателей состояния зрительного нерва у подавляющего большинства пациентов после YAG-лазерной активации трабекулы, доказывает ее эффективность в лечении

пациентов с начальными стадиями ПОУГ при слабой пигментации структур дренажной зоны [62-65].

При надпороговой СЛТ подбирается минимальная энергия, которая выше уровня пороговой энергии на 0,1-0,2 мДж, вызывающая эффект не только образования микрокавитационных пузырьков, но дефрагментацию крупных гранул пигмента, эффект выбивания пигмента из ячеек трабекулярной сети. Начальный уровень энергии при данной модификации СЛТ составляет 0,3 мДж, затем ее повышают на 0,1 мДж до порогового эффекта – появления микрокавитационных пузырьков. Затем значение энергии при надпороговой СЛТ повышают выше установленного порога всего на 0,1-0,2 мДж. В 2011 г. при оценке эффективности надпороговой СЛТ как метода лечения псевдоэксфолиативной ПОУГ авторы отметили наибольший гипотензивный эффект у пациентов с начальной стадией заболевания через 1 месяц после операции. Лазерная операция выполнялась с помощью YAG-лазера Selecta II фирмы Lumenis (США): 50 импульсов наносили по трабекулярной зоне в нижнем сегменте угла передней камеры глаза по дуге в 180°, энергия одного импульса – от 0,5 до 1,2 мДж. Снижение офтальмотонуса составило 7,1 мм рт. ст. Отмечалось увеличение средней величины оттока водянистой влаги до 0,19 мм³ / мм рт. ст. * мин [9, 11]. Данный метод обладает более глубоким воздействием лазерной энергии на пигментные гранулы, что приводит к более выраженному фототермолизису, более полному очищению трабекулярной ткани от пигментных гранул и улучшению оттока водянистой влаги [53, 124].

В таблице 1 представлены основные методы лазерной хирургии при ПОУГ. Из таблицы 1 видно, что первоначальные способы лазерного воздействия на трабекулу обладали более выраженным гипотензивным эффектом (8-12 мм рт. ст.), но оказывали повреждающее воздействие на трабекулярную сеть за счет значительно большей лазерной энергии, которая была в 50-100 раз выше в одном импульсе по сравнению с современными методиками лазерной хирургии (СЛТ, СЛАТ, ЛАТ).

Таблица 1 – Основные лазерные операции при первичной открытоугольной глаукоме

Авторы	Год	Операция	Энергия
Краснов М.М. и соавт.	1972	Гониопунктура: среднее снижение ВГД 12 мм рт. ст., эффективность 5 лет	20-25 лазерных импульсов за сеанс мощностью 0,05-0,25 Дж (50-250 мДж).
Акопян В.С.	1981	Камерно-коллекторный анастомоз: среднее снижение ВГД 8 мм рт. ст., эффективность 5 лет	20-25 лазерных импульсов за сеанс мощностью 0,05-0,25 Дж (50-250 мДж).
Wise J.B., Witter S.L.	1979	Аргоновая лазерная трабекулопластика – среднее снижение ВГД 4,9-5,9 мм рт. ст.	100 аппликаций, где диаметр наносимого пятна 50 мкм, мощность 400-1200 мВт, экспозиция 0,1 с. (40-120 мДж)
Latina M.A.	1995	СЛТ: среднее снижение ВГД 5,5 мм рт. ст.	Энергия процедуры 0,5-1,2 мДж, диаметр наносимого пятна 400 мкм, экспозиция 3 нс.
Магарамов Д.А., Дога А.В., Соколовская Т.В.	2005 2014	ЛАТ: среднее снижение ВГД 7,1 мм рт. ст. при 2 – х летнем наблюдении	Энергия процедуры – 0,8-1,1 мДж, диаметр пятна 8-10 мкм, экспозиция 3 нс.
Иванова Е.С., Туманян Э.Р., Любимова Т.С., Субхангулова Э.А.	2007 2012	СЛАТ: среднее снижение ВГД 7,4 мм рт. ст., а при СЛТ – 6,4 мм рт. ст. при начальной стадии	Энергия процедуры 0,5-1,2 мДж, диаметр наносимого пятна 400 мкм, экспозиция 3 нс.

Однако СЛТ эффективна не у всех пациентов, и ее эффект снижения ВГД у большинства пациентов со временем уменьшается. Отсутствие стойкого гипотензивного эффекта лазерных операций привело к поиску новых методов и комбинаций с различным механизмом воздействия на трабекулу. Известны работы исследователей, которые представлены в таблице 2, по применению комбинированных лазерных операций при первичной открытоугольной глаукоме (трабекулопунктура и аргоновая лазерная трабекулопластика, одномоментное или поэтапное выполнение СЛТ и ЛТП) [59].

По данным литературы выявлена зависимость гипотензивного эффекта от количества трабекулостом. Так, в хирургии Шлеммова канала при лечении первичной открытоугольной глаукомы применяется дренажное устройство

iStent, которое имплантируется ab interno через трабекулу в Шлеммов канал. Необходимо отметить, что внутренний диаметр канала iStent составляет 80 мкм. По данному каналу водянистая влага из передней камеры поступает в Шлеммов канал. При мета-анализе 114 публикаций по оценке гипотензивного эффекта после имплантации дренажного устройства iStent авторы отметили, что установка одного устройства приводит к снижению ВГД в среднем на 22%, двух – на 30% и 3 дренажных устройств на 40% через 6 месяцев после операции [140].

Таблица 2 – Комбинированные лазерные операции при первичной открытоугольной глаукоме

Авторы	Год	Операция
Исаков В.О., Панова И.Е.	2013	Трабекулопунктура + ЛТП (одномоментно), патент RU 2538233 1-й этап: рассечение трабекулы YAG-лазером с длиной волны 1064 нм импульсами 6-36 мВт в проекции одного или нескольких эмиссариев по данным биомикроскопии до появления крови из Шлеммова канала; 2-й этап: коагуляция трабекулярной ткани по внутренней стенке Шлеммова канала с помощью коагулирующего лазера с длиной волны 532 нм, диаметром пятна 50 мкм и экспозицией 0,2 сек до ее сморщивания по всей протяженности трабекулы количеством 90-120 коагулятов
Басинская Л.А., Арланова Т.И., Полапина А.А.	2015	СЛТ + ЛТП (одномоментно), патент RU 2626690 1-й этап: СЛТ с начальной установкой мощности от 0,6 мДж, с пошаговым увеличением мощности излучения на 0,1 мДж до 1,0 мДж при нанесении 40-50 аппликатов от верхненазальной области по дуге $180^{\circ} \pm 20^{\circ}$, 2-й этап: непосредственно после этого в той же последовательности по нижней дуге трабекулы выполняют ЛТП
Салех Д.А, Сидоренко Е.И., Новодережкин В.В.	2019	ЛТП + СЛТ (через 4-6 недель) 1-й этап: 70-75 коагулятов по окружности в 270° трабекулярного переплета со следующими параметрами излучения: длина волны 532 нм, мощность 250-500 мВт, экспозиция 0,10-0,20 сек, диаметр пятна 50 мкм. 2-й этап: через 4-6 недель СЛТ на протяжении 270° трабекулярного переплета с уровнем энергии, от 0,6 до 1,7 мДж. Размер аппликации был равен 400 мкм, экспозиция – 3 нс

Оценивая эффективность одномоментного проведения ДГП и СЛАТ в лазерном лечении пациентов с оперированной ПОУГ, Иващенко Е.В. и соавторы продемонстрировали возможность эффективного и безопасного применения комбинированных лазерных методик у больных ПОУГ [30].

Однако отсутствие стойкого гипотензивного эффекта лазерных операций привело к поиску новых методов и комбинаций с различным механизмом воздействия на трабекулу (комбинация трабекулопунктуры и ЛТП, СЛТ и ЛТП одномоментно, ЛТП и СЛТ через 4-6 недель). К недостаткам данных методов можно отнести: высокая суммарная мощность лазерной энергии, отсутствие стойкого гипотензивного эффекта, выполнение лазерных операций без учета топографии коллекторных канальцев. При наличии этапа лазерной трабекулопластики с коагулирующим эффектом увеличивался риск повышения ВГД в раннем послеоперационном периоде, формирования фиброваскулярной мембраны, гониосинехий и снижения эффективности при последующих повторных лазерных операциях.

В настоящее время для оценки воспалительных реакций многие исследователи применяют иммуноферментный анализ слезы с определением уровня провоспалительных и проангиогенных цитокинов. Ряд показателей локального интерлейкинового статуса слезной жидкости имеет высокую диагностическую значимость. В частности, у больных глаукомой после АГО отмечалось повышение ИЛ-6 и ИЛ-8, а также изоформ 121 и 165 VEGF-A в базальной слезе по сравнению с показателями до операции [2, 16, 19, 162, 168].

Таким образом, современный уровень знаний анатомии дренажной системы глаза и современные возможности точной визуализации Шлеммова канала и коллекторных канальцев по данным ОКТ переднего отрезка глазного яблока позволяют сопоставить данные ОКТ переднего отрезка с данными гониоскопии для определения точной локации коллекторных канальцев по отношению к Шлеммову каналу. Возможности лазерной хирургии на трабекуле позволяют разработать технологию лечения ПОУГ на основе применения селективной лазерной трабекулопластики и создания трабекулостом в проекции коллекторных канальцев. Поэтому в настоящее время для достижения более

выраженного гипотензивного эффекта является целесообразным использование СЛТ в сочетании с YAG-лазерной трабекулостомией и данными ОКТ переднего отрезка глаза, что может позволить прецизионно в проекции коллекторных канальцев создавать устойчивые к рубцеванию перфорации в трабекуле и в итоге разработать технологию для лечения первичной открытоугольной глаукомы: оптимизированную YAG-лазерную трабекулостомию в сочетании с СЛТ.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Характеристика групп обследованных пациентов

Исследование проведено в Клинике Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

В соответствии с поставленными задачами было обследовано 225 пациентов (225 глаз), которые составили 3 группы (таблица 3). В первую группу вошли 60 здоровых лиц (60 глаз) – 1-я контрольная группа. Средний возраст: $67,2 \pm 7,1$ лет ($M \pm \sigma$). Вторую группу составили 78 пациентов (78 глаз) с первичной открытоугольной глаукомой – 2-я контрольная группа до и после СЛТ. Средний возраст: $65,5 \pm 8,3$ лет ($M \pm \sigma$). В третью группу (основная группа) вошли 87 пациентов (87 глаз) с первичной открытоугольной глаукомой до и после оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии. Средний возраст: $68,8 \pm 7,7$ лет ($M \pm \sigma$).

Характеристика обследованных групп представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика обследованных групп

№	Группы	Количество глаз	%
1	1-я группа (контрольная) – здоровые лица	60	26,6
2	2-я группа (контрольная) – пациенты с начальной и развитой стадиями ПОУГ до и после СЛТ	78	34,7
3	3-я группа (основная) – пациенты с начальной и развитой стадиями ПОУГ до и после оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии	87	38,7
Итого		225	100

Все пациенты дали письменное информированное добровольное согласие на диагностическое обследование и обработку персональных данных.

Критериями отбора пациентов в основную и во вторую контрольную группы являлись:

- начальная и развитая стадии первичной открытоугольной глаукомы;
- снижение ВГД на фоне медикаментозной терапии до значений средней статистической нормы, но превышающее индивидуальные значения ВГД;
- пигментация угла передней камеры I-IV степени;
- визуализация Шлеммова канала и коллекторных канальцев по данным ОКТ.

Снижение ВГД на фоне медикаментозного лечения до значений среднестатистической нормы перед выполнением лазерной хирургии являлось одним из важных критериев включения, так как позволяло выполнить последующие динамические наблюдения за клинико-функциональными показателями у пациентов в послеоперационном периоде без риска ухудшения зрения. Известно, что максимальный гипотензивный эффект после СЛТ отмечается только через 1 месяц после процедуры и обусловлен к этому времени завершением фототермолизиса пигментных гранул трабекулы [135].

Критерии исключения: повышенное ВГД на фоне комбинированной медикаментозной терапии, закрытый угол передней камеры глаза, далеко зашедшая и терминальная стадии глаукомы, вторичная глаукома, буллезная кератопатия.

Пациенты с первичной открытоугольной глаукомой были распределены на подгруппы в зависимости от стадии заболевания (таблица 4): в основной группе начальная стадия на 50 глазах (57,5%) и развитая стадия на 37 глазах (42,5%); во 2-й контрольной группе – на 42 глазах (53,8%) и на 36 глазах (46,2%) соответственно.

Сроки наблюдения пациентов составили: через 1 неделю, а также через 1, 6, 12 и 24 месяцев после лазерной операции.

Таблица 4 – Характеристика больных первичной открытоугольной глаукомой в контрольной и основной группах в зависимости от стадии

Группы	Больные первичной открытоугольной глаукомой		Итого
	Начальная стадия	Развитая стадия	
2-я группа (контрольная)	42	36	78
3-я группа (основная)	50	37	87
Итого	92	73	165

Первая группа (контрольная, здоровые лица) была сформирована для сравнительного анализа с результатами показателей ОКТ переднего отрезка глаза, которые также были получены у больных первичной открытоугольной глаукомой (2-я контрольная и основная группы). Средний возраст пациентов в 1-й группе составил – $67,2 \pm 7,1$ лет ($M \pm \sigma$). Мужчин – 34 (56,7%), женщин – 26 (43,3%). Критериями включения в данную группу явились: отсутствие глаукомы, осложненной катаракты, псевдоэкзофолиаций, заболеваний сетчатки и зрительного нерва.

Вторая контрольная группа – больные с начальной и развитой стадиями заболевания до и после селективной лазерной трабекулопластики. Средний возраст пациентов составил – $65,5 \pm 8,3$ лет ($M \pm \sigma$). Мужчин – 43 (55,1%), женщин – 35 (44,9%). Характеристика по стадиям заболевания данной группы представлена в таблице 4.

Третья группа (основная) – больные с начальной и развитой стадиями заболевания до и после оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии. Средний возраст пациентов составил – $68,8 \pm 7,7$ лет ($M \pm \sigma$). Мужчин – 51 (58,6%), женщин – 36 (41,4%). Характеристика по стадиям заболевания 3-й группы представлена в таблице 4.

Различие между группами по гендерному признаку, а также между средними значениями возраста пациентов в 1-й, 2-й и 3-й группах было статистически недостоверным, что указывает на их однородность.

2.2. Методы офтальмологического обследования пациентов

2.2.1. Стандартные методы офтальмологического обследования

Всем 225 пациентам в Клинике Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России проводилось комплексное офтальмологическое обследование. Больным с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы (2-я контрольная и основная группы) обследование повторялось также и на указанных сроках наблюдения и включало визометрию (Reichert Inc., США), тонометрию (по Маклакову), стандартную автоматизированную периметрию (периметр 720i, Humphrey, США), тонографию (Глаутест 60, Спецмедприбор, РФ), авторефрактометрию (RK-F1, Canon, Япония), биомикроофтальмоскопию трехзеркальной линзой Гольдмана, оптическую когерентную томографию (ОКТ) диска зрительного нерва и переднего отрезка глаза (DRI OCT Triton, Япония), определение индивидуально переносимого ВГД (с учетом возраста и диастолического артериального давления в плечевой артерии), эндотелиальную микроскопию роговицы (EM-3000, Tomey, Япония) и иммуноферментный анализ слезы на провоспалительные интерлейкины 6 и 17, ФНО- α (Infinite F50 Tescan, Австрия).

Визометрия проводилась по общепринятой методике с помощью проектора знаков «Reichert AP 250» (Reichert Inc., США), электронного фороптера CV-5000 и стандартного набора очковых линз (Topcon, Япония) с определением некорректируемой (НКОЗ) и максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ) с субъективным определением манифестной рефракции методом подбора корректирующих линз.

Авторефрактометрия с определением величины сферозэквивалента рефракции (СЭР) проводилась на приборе «Canon RK-F1» (Canon, Япония).

Для динамического наблюдения за уровнем ВГД проводили тонометрию по Маклакову, а также исследовали показатели гидродинамики глаза с помощью тонографа Глаутест-60 (Спецмедприбор, РФ). Исследовали следующие основные показатели гидродинамики глаза: коэффициент легкости оттока (С, мм³ / мм рт. ст. * мин), минутный объем водянистой влаги (F, мм³ / мин), уровень истинного внутриглазного давления (P₀, мм рт. ст.).

Для определения индивидуально переносимого внутриглазного давления применяли таблицу (табл. 5), которая позволяет определить уровень толерантного истинного ВГД по уровню диастолического артериального давления (АД) в плечевой артерии и возрасту пациента [18, 72].

Таблица 5 – Определение толерантного истинного ВГД у больных ПОУГ с учетом возраста и диастолического артериального давления в плечевой артерии

АД диастол.	Возраст										
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
50	14,7	14,6	14,5	14,4	14,3	14,1	14,0	13,9	13,8	13,7	13,5
55	15,1	15,0	14,9	14,7	14,6	14,5	14,4	14,3	14,1	14,0	13,9
60	15,4	15,3	15,2	15,1	15,0	14,8	14,7	14,6	14,5	14,4	14,2
65	15,8	15,7	15,6	15,4	15,3	15,2	15,1	15,0	14,8	14,7	14,6
70	16,1	16,0	15,9	15,8	15,7	15,5	15,4	15,3	15,2	15,1	14,9
75	16,5	16,4	16,3	16,1	16,0	15,9	15,8	15,7	15,5	15,4	15,3
80	16,8	16,7	16,6	16,5	16,4	16,2	16,1	16,0	15,9	15,8	15,6
85	17,2	17,1	17,0	16,8	16,7	16,6	16,5	16,4	16,2	16,1	16,0
90	17,5	17,4	17,3	17,2	17,1	16,9	16,8	16,7	16,6	16,5	16,3
95	17,9	17,8	17,7	17,5	17,4	17,3	17,2	17,1	16,9	16,8	16,7
100	18,2	18,1	18,0	17,9	17,8	17,6	17,5	17,4	17,3	17,2	17,0
105	18,6	18,5	18,4	18,2	18,1	18,0	17,9	17,8	17,6	17,5	17,4
110	18,9	18,8	18,7	18,6	18,5	18,3	18,2	18,1	18,0	17,9	17,7
115	19,3	19,2	19,1	18,9	18,8	18,7	18,6	18,5	18,3	18,2	18,1
120	19,6	19,5	19,4	19,3	19,2	19,0	18,9	18,8	18,6	18,6	18,4

У всех пациентов исследовали поле зрения с помощью стандартной автоматизированной периметрии (периметр 720i, Humphrey, США).

Биомикроскопия переднего отрезка проводилась на щелевой лампе «Takagi SEIKO CO (SM-30N)» при 16-ти кратном увеличении (Takagi Seiko Co, Япония).

Биомикроофтальмоскопию выполняли при помощи трехзеркальной линзы Гольдмана под эпibuльбарной анестезией с использованием в качестве контактной среды глазного геля «Визитон-ПЭГ».

Оптическую когерентную томографию (ОКТ) диска зрительного нерва, сетчатки и переднего отрезка глаза выполняли на DRI OCT Triton (Япония). По результатам исследований определяли: площадь диска зрительного нерва, отношение площади экскавации к площади диска зрительного нерва (Э/Д), среднее значение общей толщины СНВС (мкм). С помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) переднего отрезка глаза (DRI OCT Triton, Япония) исследовали топографию, морфометрические показатели Шлеммова канала, коллекторных канальцев и трабекулу (рисунок 1).



Рисунок 1 – DRI OCT Triton для проведения ОКТ переднего отрезка глаза

При выполнении ОКТ переднего отрезка глаза с использованием специальной оптической насадки проводилось измерение большой и малой оси Шлеммова канала (мкм), диаметра коллекторных канальцев (мкм), толщины трабекулы (мкм).

При помощи ОКТ переднего отрезка глаза локализовали коллекторные канальцы относительно Шлеммова канала. Затем на серии снимков определяли диаметр коллекторного канальца, длину большой и малой осей Шлеммова

канала, а также производили расчет площади среза Шлеммова канала по формуле расчета площади эллипса: $S = \pi * a / 2 * b / 2$, где: S – площадь поперечного среза Шлеммова канала, π – математическая постоянная, равная отношению длины окружности к ее диаметру, a – длина большой оси Шлеммова канала, b – длина малой оси Шлеммова канала.

2.2.2. Дополнительные офтальмологические методы обследования

Для оценки плотности эндотелиальных клеток роговицы применяли эндотелиальный микроскоп EM-3000, Tomey, Япония.

Для оценки выраженности воспалительной реакции на лазерное воздействие до и после лечения (оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии) у больных глаукомой проводили иммуноферментный анализ слезы на провоспалительные интерлейкины 6 и 17, фактор некроза опухоли (ФНО- α) с помощью иммуноферментного анализатора Infinite F50, Tecan, Австрия (рисунок 2).



Рисунок 2 – Иммуноферментный анализатор Infinite F50 (Tecan, Австрия)

Забор слезы проводили до и после операции с последующим иммуноферментным анализом на интерлейкины 6 и 17 (пг/мл), ФНО- α (пг/мл). Забор слезной жидкости выполняли пипеточным одноканальным дозатором за 30 мин. до операции, через 1 неделю, через 1 и 3 месяца после операции. Слезу собирали из нижнего конъюнктивального мешка в стерильные пробирки в

объеме 100 мкл. Предварительную анестезию конъюнктивы и глазного яблока не проводили. Для стимуляции слезопродукции использовали порошок сульфацила натрия.

2.3. Методика выполнения селективной лазерной трабекулопластики по Latina M.A.

При отборе пациентов с начальной и развитой стадией первичной открытоугольной глаукомы для выполнения лазерной хирургии на трабекуле (СЛТ или оптимизированная YAG-лазерная трабекулостомия) учитывали снижение повышенного офтальмотонуса на фоне медикаментозной гипотензивной терапии до значений среднестатистической нормы, но превышающее индивидуально переносимое значение ВГД.

СЛТ выполнялась на комбинированной лазерной системе SLT&YAG Tango, Ellex, Австралия. После эпibuльбарной анестезии 0,5% раствором Проксиметакаина устанавливали на глаз гониоскопическую линзу Latina (SLT Gonio). Лазерный луч неодимового YAG-лазера с длиной волны 532 нм и диаметром пятна 400 мкм фокусировали на Шлеммов канал с захватом всей ширины трабекулы. Энергию лазерного импульса подбирали от значения 0,8 мДж с постепенным его уменьшением с шагом в 0,1 мДж до уровня минимальной энергии, вызывающей образование «пузырьков шампанского» – до уровня пороговой энергии.

Затем, снижали на 0,1 мДж от порогового значения и продолжали субпороговое лазерное воздействие – на энергии лечебной процедуры, наносили 50-70 неперекрывающихся лазерных импульсов на ТС по нижней полуокружности Шлеммова канала на протяжении 180°. Продолжительность импульса – 3 нс. Максимальный уровень энергии одного импульса не превышал 0,8 мДж.

После СЛТ пациентам назначали инстилляцию р-ра нестероидного противовоспалительного препарата 0,1% раствора Диклофенака по 1 капле 3 раза в день в оперированный глаз в течение 10 дней и 0,05% раствор

Пиклоксидина в течение 10 дней. Коррекция гипотензивного режима проводилась через 1 месяц после операции.

2.4. Методы статистической обработки полученных результатов

При обработке данных использованы методы вариационной статистики с определением при нормальном распределении, которое определялось по критерию Шапиро-Уилка, средней величины, среднего квадратичного отклонения, критерия Стьюдента и уровня значимости p . При данных, характеризующих ненормальное распределение, определяли медианы – Me , $[Q1; Q3]$ и $X_{min}-X_{max}$, а для сравнения независимых выборок U -критерий Манна-Уитни, для сравнительного анализа нескольких независимых групп учитывали критерий Краскела-Уоллиса (H), для зависимых переменных – критерий Уилкоксона. Различия оценивали как статистически значимыми при уровне значимости $p < 0,05$. Расчеты проводились в программах STATISTICA 10.0 (StatSoft, США) для Windows (Microsoft Corporation, США) и Numbers 13.0 для macOS (Apple Inc., США).

ГЛАВА 3. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ШЛЕММОВА КАНАЛА И КОЛЛЕКТОРНЫХ КАНАЛЬЦЕВ У ЗДОРОВЫХ ЛИЦ И У ПАЦИЕНТОВ С ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМОЙ

Для разработки комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сочетании с СЛТ необходимо было определить по данным оптической когерентной томографии переднего отрезка глаза топографические и морфометрические показатели Шлеммова канала и коллекторных канальцев у здоровых лиц и у больных первичной открытоугольной глаукомой.

Исследование топографии и морфометрических показателей Шлеммова канала и коллекторных канальцев выполнено у 60 здоровых лиц (60 глаз) и у больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы: 2-я контрольная (78 пациентов, 78 глаз) и основная (87 пациентов, 87 глаз) группы.

У 60 здоровых лиц (1-я контрольная группа) отсутствовали заболевания органа зрения. Клинико-функциональные показатели у пациентов 1-й контрольной группы представлены в таблице 6.

Максимальная корригированная острота зрения у всех лиц данной группы была равна 1,0. Аметропия не превышала $\pm 3,0$ дптр. При автоматизированной статической периметрии патологические изменения в поле зрения (парацентральные скотомы, расширение слепого пятна, назальная ступенька) не обнаружены. При биомикроскопии у лиц данной группы дистрофические изменения в переднем отрезке глаза не выявлены: пигментный листок радужки сохранен, экзогенной пигментации и псевдоэксфолиаций на радужке и хрусталике не выявлено. При гониоскопии угол передней камеры был средней ширины или широкий, открыт, экзогенной пигментации, псевдоэксфолиаций и гониодизгенеза у лиц 1-й контрольной группы не выявлено.

При офтальмоскопии у лиц 1-й контрольной группы ДЗН бледно-розовый, границы четкие. Нейроглиальный ободок ДЗН не изменен: его прогиба (западения) не выявлено. В центральной области сетчатки фовеолярный и макулярный рефлекс были сохранены, патологических изменений не выявлено.

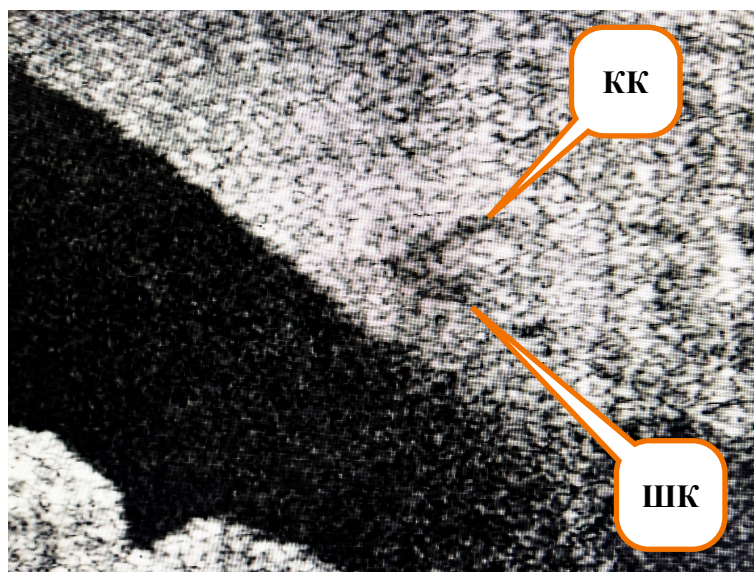
Таблица 6 – Средние значения клинко-функциональных показателей у пациентов 1-й контрольной группы (60 здоровых лиц, 60 глаз), $M \pm \sigma$

Показатели	До лечения
МКОЗ	$0,67 \pm 0,19$
Тонометрическое ВГД, мм рт. ст.	$20,2 \pm 2,4$
ВГД (P ₀), мм рт. ст.	$14,8 \pm 2,1$
C, мм ³ / мм рт. ст. * мин	$0,26 \pm 0,04$
F, мм ³ / мин	$1,2 \pm 0,4$
КБ	$63,6 \pm 18,1$
MD	$0,6 \pm 0,8$
PSD	$0,5 \pm 0,6$
Площадь ДЗН, мм ²	$1,83 \pm 0,36$
Э/Д	$0,22 \pm 0,13$
Средняя общая толщина СНВС, мкм	$99,8 \pm 2,2$
ПЭК, кл / мм ²	$2480 \pm 211,5$

У 95% лиц 1-й контрольной группы истинное внутриглазное давление не превышало 18,5 мм рт. ст. Среднее значение показателя легкости оттока водянистой влаги составляло $0,26 \pm 0,04$ мм³ / мм рт. ст. * мин, а диапазон значений коэффициента Беккера – от 27,5 до 99,8.

Морфометрические показатели Шлеммова канала и коллекторных канальцев определяли по меридианам на 2-3-4 и 8-9-10 часах.

На рисунке 3 представлены топография и морфометрические показатели Шлеммова канала у пациента К., 65 лет, правого глаза, 1-я контрольная группа.



ШК – Шлеммов канал;

КК – коллекторный каналец

Рисунок 3 – Горизонтальный сагиттальный срез Шлеммова канала и коллекторного канальца у пациента К., 65 лет

Морфометрические показатели Шлеммова канала у пациента К., 65 лет, составили: большая ось – 347 мкм, малая ось – 90 мкм; площадь Шлеммова канала: 24 515 мкм², диаметр коллекторного канальца – 190 мкм.

Следует отметить, что все 3 группы (1-я контрольная, 2-я контрольная и основная группы) были сопоставимы по возрасту и гендерному признаку (Глава 2. С. 36-37).

В таблице 7 представлены средние значения клинико-функциональных показателей у больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы: у пациентов 2-й контрольной и основной групп до выполнения лазерной хирургии на фоне медикаментозной терапии.

Различия между исходными средними значениями клинико-функциональных показателей у пациентов основной (87 глаз) и 2-й контрольной (78 глаз) групп были статистически недостоверными.

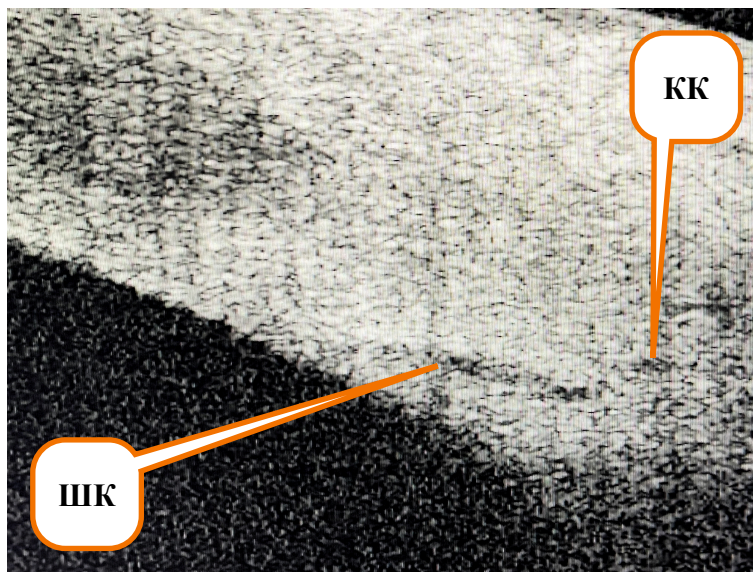
Таблица 7 – Средние значения клинико-функциональных показателей у пациентов 2-й контрольной и основной групп до выполнения лазерной хирургии на фоне медикаментозной терапии, $M \pm \sigma$

Показатели	2-контрольная группа	Основная группа	t	p
МКОЗ	$0,7 \pm 0,23$	$0,68 \pm 0,26$	0,5	$> 0,05$
Тонометрическое ВГД, мм рт. ст.	$22,3 \pm 2,3$	$22,9 \pm 2,5$	1,6	$> 0,05$
ВГД (P_0), мм рт. ст.	$16,8 \pm 2,8$	$17,7 \pm 3,5$	1,8	$> 0,05$
Индивидуально переносимое ВГД ($P_{0\text{и}}$), мм рт. ст.	$15,4 \pm 1,3$	$15,1 \pm 1,15$	1,56	$> 0,05$
C, $\text{мм}^3 / \text{мм рт. ст.} \cdot \text{мин}$	$0,13 \pm 0,04$	$0,12 \pm 0,04$	1,6	$> 0,05$
MD	$-4,68 \pm 1,8$	$-4,42 \pm 1,7$	0,96	$> 0,05$
PSD	$2,98 \pm 0,8$	$2,82 \pm 0,7$	1,36	$> 0,05$
Площадь ДЗН, мм^2	$1,84 \pm 0,48$	$1,87 \pm 0,43$	0,7	$> 0,05$
Э/Д	$0,49 \pm 0,13$	$0,48 \pm 0,11$	0,4	$> 0,05$
Средняя общая толщина СНВС, мкм	$90,8 \pm 4,2$	$91,6 \pm 3,9$	1,27	$> 0,05$
ПЭК, кл / мм^2	$2320 \pm 231,4$	$2290 \pm 220,3$	0,85	$> 0,05$

На рисунке 4 представлены топография и морфометрические показатели Шлеммова канала у пациента Т., 64 года, основная группа, диагноз: Первичная открытоугольная начальная глаукома правого глаза. Морфометрические показатели Шлеммова канала у пациента Т., 64 года, составили: большая ось – 395 мкм, малая ось – 28 мкм; площадь Шлеммова канала: 8 682 мкм², диаметр коллекторного канальца – 60 мкм.

Результаты ОКТ переднего отрезка глаза у больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы (2-я контрольная и

основная группы) и у пациентов 1-й контрольной группы представлены в таблице 8.



ШК – Шлеммов канал; КК – коллекторный каналец

Рисунок 4 – Горизонтальный сагиттальный срез Шлеммова канала и коллекторного канальца у пациента Т., 64 года

Из таблицы видно, что у пациентов 1-й контрольной группы, не страдающих глаукомой, достоверно отмечались большие значения малой и большой осей Шлеммова канала, площади сагиттального среза Шлеммова канала, а также диаметра коллекторного канальца ($p < 0,05$).

При проведении сравнительного анализа между данными показателями у пациентов 2-й контрольной и основной групп (больные с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы) различие между средними значениями было статистически недостоверным ($p > 0,05$). Полученные результаты указывали на то, что у больных первичной открытоугольной глаукомой отмечалось достоверное сужение Шлеммова канала и коллекторных канальцев ($p < 0,001$).

Таблица 8 – Средние значения показателей оптической когерентной томографии переднего отрезка глаза у больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы и у пациентов 1-й контрольной группы, M, Me [Q1; Q3]

Показатели	1-я контрольная группа (60 глаз)	2-я контрольная группа (78 глаз)	3-я группа основная (87 глаз)	Критерий Краскела-Уоллиса H (p)
Большая ось Шлеммова канала, мкм Me [Q1; Q3]	320 [267; 374]	227 [202; 265]	220 [198; 245]	H _{1;2} = 43,1 (p _{1;2} < 0,0001) H _{1;3} = 58,2 (p _{1;3} < 0,0001) H _{2;3} = 2,3 (p _{2;3} = 0,13)
Малая ось Шлеммова канала, мкм Me [Q1; Q3]	66 [37; 95,2]	29 [22; 37]	28 [21; 36]	H _{1;2} = 44,3 (p _{1;2} < 0,0001) H _{1;3} = 50,3 (p _{1;3} < 0,0001) H _{2;3} = 0,4 (p _{2;3} > 0,52)
Сагиттальная площадь Шлеммова канала, мкм ² Me [Q1; Q3]	13 671 [12727;14560]	5 880 [5475; 6130]	5 845 [4580; 6500]	H _{1;2} = 100,2 (p _{1;2} < 0,0001) H _{1;3} = 103,8 (p _{1;3} < 0,0001) H _{2;3} = 1,2 (p _{2;3} = 0,27)
Диаметр коллекторного канальца, мкм Me [Q1; Q3]	276 [227,5; 325]	64,4 [45; 82]	63 [45; 80]	H _{1;2} = 101,0 (p _{1;2} < 0,0001) H _{1;3} = 105,8 (p _{1;3} < 0,0001) H _{2;3} = 0,31 (p _{2;3} = 0,58)

Таким образом, применение ОКТ переднего отрезка глаза позволило визуализировать Шлеммов канал и коллекторные канальцы, определить их топографию, а также морфометрические показатели: большую и малую ось Шлеммова канала, его площадь, диаметр крупных коллекторных канальцев, выявить достоверные различия в морфометрических показателях Шлеммова канала и коллекторных канальцев между группами здоровых лиц и больных первичной открытоугольной глаукомой, что было использовано для разработки метода оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии, в определении критериев отбора пациентов на лазерную хирургию.

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОПТИМИЗИРОВАННОЙ YAG-ЛАЗЕРНОЙ ТРАБЕКУЛОСТОМИИ В ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМОЙ

Целью настоящей главы явилась разработка комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики для лечения больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы.

Для достижения поставленной цели необходимо было:

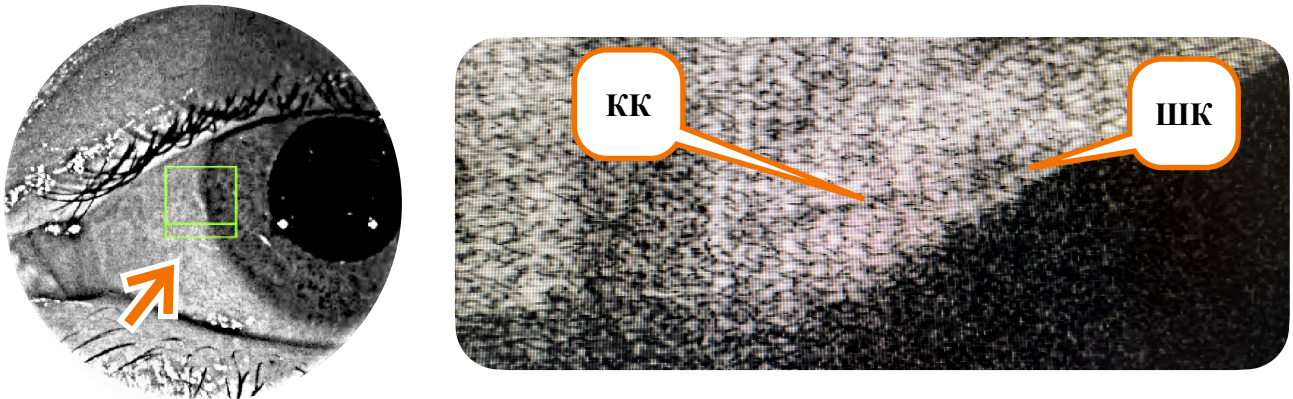
- разработать методику топографической оценки расположения коллекторных канальцев;
- разработать методику локализации лазерного воздействия на трабекулярную сеть относительно Шлеммова канала, подбора энергии лазерного импульса и формирования необходимого количества трабекулостом для выполнения YAG-лазерной трабекулостомии;
- разработать технологию оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии с учетом топографии коллекторных канальцев.

4.1. Разработка методики топографической оценки расположения коллекторных канальцев по данным оптической когерентной томографии переднего отрезка глаза и гониоскопии у больных первичной открытоугольной глаукомой

Выполнение комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ у больных первичной открытоугольной глаукомой возможно во время интраоперационной гониоскопии при условии предварительной точной топографической оценки расположения коллекторных канальцев относительно Шлеммова канала.

Топографическая оценка расположения коллекторных канальцев относительно Шлеммова канала проводится по данным ОКТ переднего отрезка глаза. После выполнения томограмм на серии снимков определяется локализация коллекторных канальцев относительно Шлеммова канала и лимба

(рисунок 5). Горизонтальная зеленая полоска в зеленом квадрате зоны сканирования отражает топографию коллекторного каналца по отношению к лимбу. Проекция расположения коллекторного каналца фиксируется на анфас-снимке, а затем с помощью метки, нанесенной пациенту у лимба (рисунок 6).



ШК – Шлеммов канал; КК – коллекторный каналец

Рисунок 5 – Проекция расположения коллекторного каналца на анфас-снимке (стрелка) по отношению к лимбу, на горизонтальном сагиттальном срезе – по отношению к Шлеммову каналу при выполнении ОКТ переднего отрезка глаза

На рисунке 6 отражена разметка топографии коллекторного каналца относительно лимба.

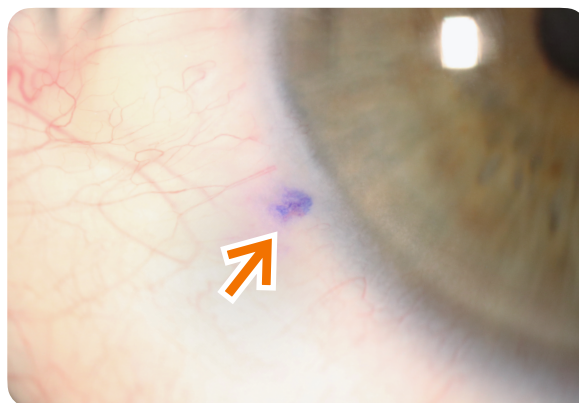


Рисунок 6 – Разметка топографии коллекторного каналца относительно лимба

В ходе операции проекцию метки удобно локализовать по наклоненной световой щели от щелевой лампы при гониоскопии через метку и центр зрачка на угол передней камеры. Проекция световой щели на угол передней камеры

будет отражать положение проекции коллекторного канальца относительно Шлеммова канала для выполнения трабекулостомы (рисунок 7).

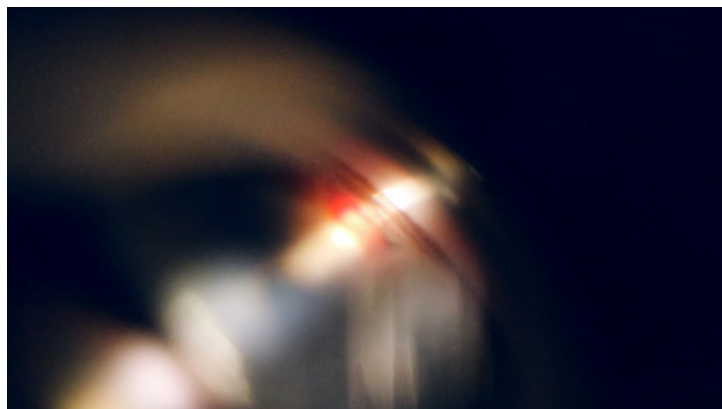


Рисунок 7 – Проекция световой щели на угол передней камеры в зоне локализации коллекторного канальца относительно Шлеммова канала

На основании выполненных исследований у 87 больных первичной открытоугольной глаукомой (87 глаз), основная группа, были определены зоны лучшей визуализации коллекторных канальцев при выполнении ОКТ переднего отрезка глаза (рисунок 8).

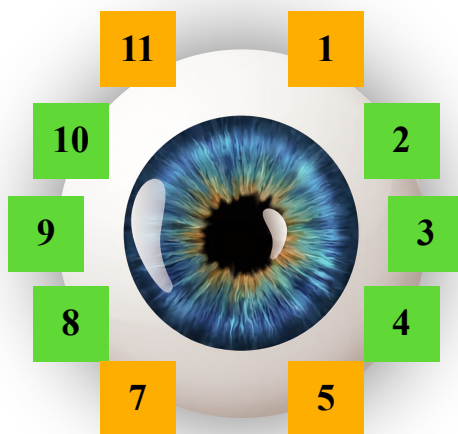


Рисунок 8 – Зоны лучшей визуализации коллекторных канальцев по отношению к Шлеммову каналу и лимбу

Зоны лучшей визуализации отмечены на рисунке зеленым цветом – на 2, 3, 4, 8, 9 и 10 часах. Это обусловлено техническими особенностями оптического когерентного томографа OCT DRI Triton, который позволяет выполнять сканирование переднего отрезка глаза с визуализацией Шлеммова канала и коллекторных канальцев только по горизонтальной плоскости.

4.2. Разработка оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии с учетом топографии коллекторных канальцев

Разработка хирургического этапа проходила в направлении разработки метода локализации лазерного воздействия и подбора энергии лазерного импульса и количества трабекулостом при выполнении оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии.

4.2.1. Разработка метода локализации лазерного воздействия при выполнении трабекулостомы

При определении локализации лазерного воздействия для формирования трабекулостомы были учтены анатомические особенности трабекулы (рисунок 9). Трабекулярная сеть тоньше в передней трети относительно Шлеммова канала.

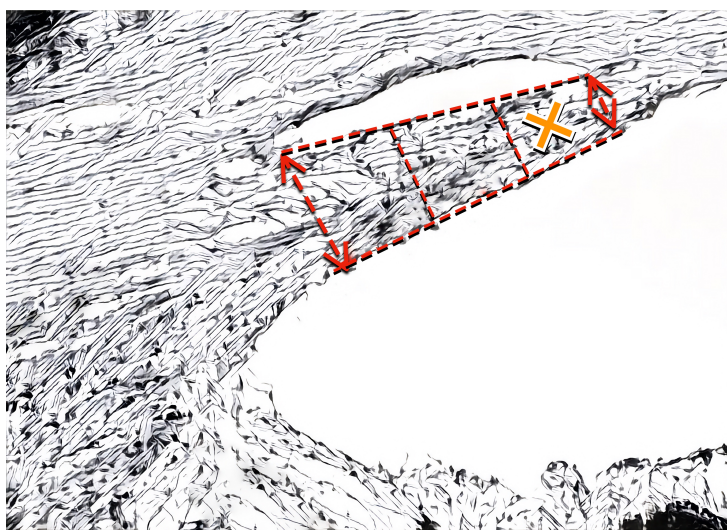


Рисунок 9 – Выбор участка трабекулярной сети для формирования трабекулостомы (×)

По данным исследования, выполненного у 87 пациентов (87 глаз) основной группы, среднее значение толщины ТС в передней трети Шлеммова канала составляло $46,7 \pm 8,8$ мкм ($M \pm \sigma$), а в задней его трети – $154,5 \pm 16$ мкм ($M \pm \sigma$). Различие между средними значениями было статистически достоверным ($Z = -11,4$; $p < 0,001$). Это означает, что формирование трабекулостомы будет более предпочтительным в передней трети ТС, так как

потребуется меньше суммарной лазерной энергии для формирования трабекулостомы (рисунок 10).

Выполнение трабекулостомы в задней трети ТС потребует с одной стороны больше суммарной лазерной энергии, а с другой стороны – может сопровождаться более выраженной воспалительной реакцией из-за более близкого расположения к корню радужки и цилиарному телу. Это подчеркивает необходимость формирования трабекулостомы в передней трети ТС.



Рисунок 10 – Трабекулостома сформирована в передней трети трабекулярной сетки

4.2.2. Подбор энергии лазерного импульса и количества трабекулостом при разработке оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии

Для необходимого уровня лазерного импульса подбиралась минимальная по величине энергия, позволяющая сформировать трабекулостому в передней трети ТС при минимальном количестве импульсов. Для формирования трабекулостом использовался YAG-лазер с длиной волны 1064 нм, диаметром пятна 10 мкм, экспозицией лазерного импульса 3 нс.

Для участия в исследовании были отобраны 40 глаз больных с начальной стадией первичной открытоугольной глаукомы, которые были разделены на 2 группы. В первой группе (20 глаз) применялась энергия от 0,5 до 1,0 мДж, во второй группе (20 глаз) применялась энергия от 1,0 до 2,0 мДж. В первой группе для создания трабекулостомы потребовалось в среднем $10,3 \pm 1,37$ импульсов ($M \pm \sigma$) с необходимостью повышения энергии от 0,5 мДж до 1,0 мДж в процессе выполнения процедуры, ($M \pm \sigma$). Среднее значение энергии

лазерного импульса составило $0,68 \pm 0,2$ мДж, ($M \pm \sigma$). Среднее значение суммарной лазерной энергии составило $6,8 \pm 1,7$ мДж, ($M \pm \sigma$). При формировании трабекулостомы у одного пациента отмечалось появление точечной геморрагии в зоне лазерного воздействия (5%). В процессе выполнения пациенты отметили кратковременные ощущения в виде «покалывания» в 20% случаев.

Во второй группе для создания трабекулостомы потребовалось в среднем $3,5 \pm 1,2$ импульсов. Среднее значение энергии лазерного импульса составило $1,6 \pm 0,29$ мДж, ($M \pm \sigma$). Среднее значение суммарной лазерной энергии составило $5,1 \pm 1,0$ мДж, ($M \pm \sigma$). Во время процедуры в 10% случаев отмечались незначительные кратковременные ощущения в виде «покалывания». Появление геморрагии в зоне трабекулостомы отмечалось у одного пациента (10%). Различие между значениями суммарной лазерной энергии между первой и второй группами было статистически достоверным ($U = 85,5$; $Z = 3,08$; $p = 0,002$). На основании достоверного различия по значениям суммарной энергии был установлен оптимальный диапазон энергии лазерного импульса для выполнения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии от 1,0 до 2,0 мДж.

Таблица 9 – Размеры трабекулостом через 1 месяц после оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии у 40 больных первичной открытоугольной глаукомой (40 глаз)

Показатели	Через 1 мес.
Среднее значение диаметра трабекулостомы, мкм	$118,6 \pm 21,4$
Максимальный диаметр, мкм	161,5
Минимальный диаметр, мкм	78

Результаты исследования диаметра трабекулостом у 40 больных первичной открытоугольной глаукомой (40 глаз) представлены в таблице 9. С помощью ОКТ переднего отрезка глаза были выполнены измерения диаметра

трабекулостом у больных первичной открытоугольной глаукомой в первой и второй группах. Среднее значение диаметра трабекулостом в первой группе (20 глаз) составило $116,7 \pm 24,7$ мкм, а во второй группе (20 глаз) – $120,4 \pm 23,2$ мкм. Различие между значениями диаметра трабекулостом в группах было статистически недостоверным ($U = 180,5$; $Z = -0,51$; $p = 0,6$).

Для подтверждения гипотензивного эффекта были проведены клинические исследования по оценке влияния количества трабекулостом на гипотензивный эффект у 87 больных ПОУГ (87 глаз, основная группа) на следующие сутки после операции.

Была установлена зависимость между количеством трабекулостом и гипотензивным эффектом операции у больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы на следующие сутки после операции представлена на рисунке 11. Отмечается достоверная корреляционная зависимость:

$$y = -3,0584 - 0,5744 \cdot x, \text{ где } x \text{ – количество трабекулостом.}$$

Коэффициент корреляции ($r_{x/y}$) равен 0,28 ($p = 0,008$).

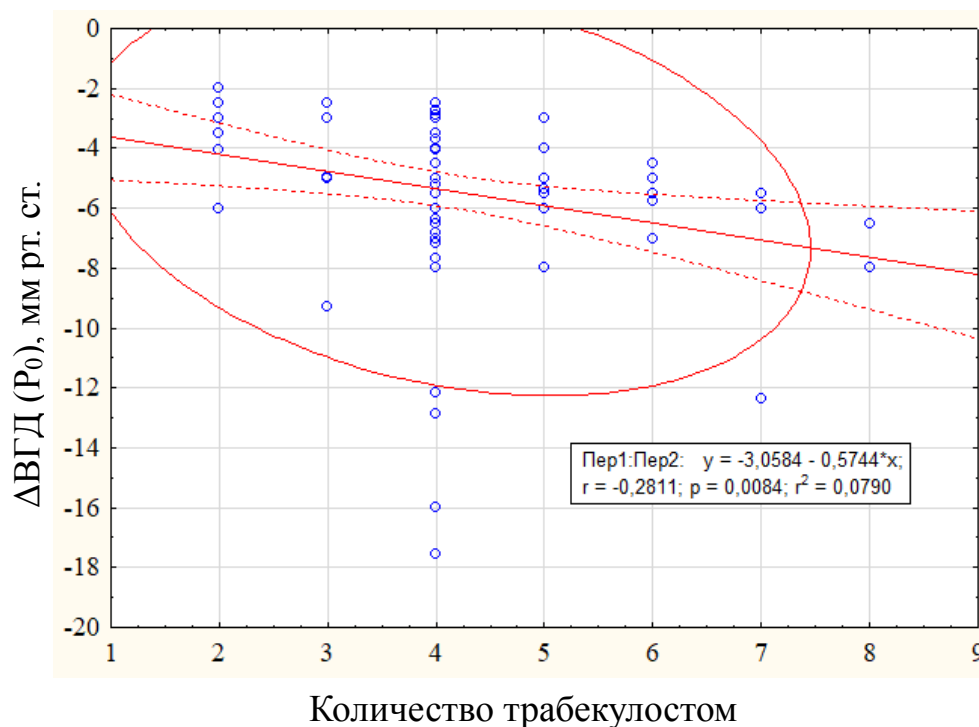


Рисунок 11 – Зависимость между количеством трабекулостом и гипотензивным эффектом операции у больных первичной открытоугольной глаукомой (основная группа) на следующие сутки после операции

Учитывая, что в критерии отбора для выполнения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии включали больных первичной открытоугольной глаукомой на фоне медикаментозного лечения с достижением значений среднестатистической нормы ВГД, но превышающих значение индивидуальной нормы, необходимо было снизить офтальмотонус у данных пациентов на 5 мм рт. ст. от значения верхней границы нормы (тонометрическое ВГД равно 25 мм рт. ст., а значение истинного внутриглазного давления (P_0) – 21 мм рт. ст.) для достижения целевого давления. Известно, что целевое тонометрическое ВГД для больных с начальной и развитой стадиями глаукомы равно 20 мм рт. ст. (истинное ВГД (P_0) = 15 мм рт.ст.) Из рисунка 11 и корреляционной зависимости видно, что данный гипотензивный эффект (-5,3 мм рт.ст.) достигался при создании 4-х трабекулостом.

Таким образом, на основании представленного выше способа топографической оценки расположения коллекторных канальцев с помощью ОКТ переднего отрезка глаза и проекционной гониоскопии у больных ПОУГ позволил разработать оптимизированную технологию YAG-лазерной трабекулостомии, которая включала 2 этапа:

I этап направлен на отсроченное по времени (от 1 недели до 1 мес.) улучшение оттока водянистой влаги за счет фототермолизиса пигментных гранул трабекулы, которое достигается при выполнении СЛТ по стандартной методике Latina M.A. Для этого используется YAG-лазер «Tango» Ellex (Австралия) со следующими параметрами: длина волны 532 нм, диаметр пятна 400 мкм, экспозиция 3 нс, по нижнему сектору угла передней камеры глаза по дуге 180°, линза Latina, с подбором минимального уровня лечебной энергии;

II этап направлен на немедленное (через 1 сутки) улучшение оттока водянистой влаги за счет формирования 4-х трабекулостом в проекции коллекторных канальцев с нанесением от 2 до 5 лазерных аппликатов в передней трети ширины трабекулы до получения одной трабекулостомы (появление белесого пятна – визуализация участка склеры в проекции трабекулостомы). YAG-лазерная трабекулостомия выполнялась на комбинированной лазерной системе SLT&YAG Tango, Ellex, Австралия.

Лазерный луч неодимового YAG-лазера с длиной волны 1064 нм, диаметром пятна 10 мкм, с энергией лазерного импульса от 1,0 до 2,0 мДж, экспозицией 3 нс фокусировали на переднюю треть ТС. Энергию лазерного импульса подбирали от 1,0 до 2,0 мДж. На данную технологию: «Способ лазерного хирургического лечения пациентов с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы» получен патент № 2788105 РФ от 04 февраля 2022 г. Применение ОКТ для исследования переднего отрезка глазного яблока позволило определить морфометрические показатели Шлеммова канала и коллекторных канальцев, топографию коллекторного канальца относительно Шлеммова канала и лимба, выполнить разметку по лимбу в точках проекции коллекторных канальцев, определить локацию коллекторного канальца относительно Шлеммова канала при проекционной гониоскопии, разработать комбинированную технологию оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ для лечения больных с начальной и развитой стадиями ПОУГ.

ГЛАВА 5. АНАЛИЗ КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПТИМИЗИРОВАННОЙ YAG-ЛАЗЕРНОЙ ТРАБЕКУЛОСТОМИИ И СЕЛЕКТИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТРАБЕКУЛОПЛАСТИКИ В КОМБИНИРОВАННОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМОЙ

Целью настоящей главы явился анализ клинико-функциональных результатов с оценкой эффективности оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики (СЛТ) в комбинированном лечении больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомой.

Для достижения выше указанной цели было необходимо:

- оценить на основании анализа клинико-функциональных результатов эффективность и безопасность оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ в лечении больных первичной открытоугольной глаукомой;
- на основании комплексного офтальмологического обследования разработать морфофункциональные критерии для отбора больных первичной открытоугольной глаукомой для проведения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ;
- провести сравнительный анализ клинико-функциональных результатов применения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ в лечении первичной открытоугольной глаукомы.

5.1. Результаты исследования клинико-функциональных показателей при применении оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики в комбинированном лечении больных первичной открытоугольной глаукомой

В данном разделе проводился анализ результатов клинико-функциональных показателей, основанного на применении технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ, для оценки

эффективности и безопасности комбинированного лечения больных с начальной и развитой стадиями ПОУГ и разработки морфофункциональных критериев отбора пациентов.

5.1.1. Анализ эффективности и безопасности оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики в комбинированном лечении первичной открытоугольной глаукомой

Технология оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ выполнена у 87 больных (87 глаз) с начальной и развитой стадией глаукомы.

Данная технология включала в себя следующие этапы:

1) проведение комплексного диагностического обследования пациента, в том числе осуществление гониоскопии для оценки угла передней камеры глаза и выявления степени экзогенной пигментации,

2) выполнение ОКТ переднего отрезка глаза для локализации коллекторных канальцев относительно Шлеммова канала и лимба,

3) фиксацию топографии коллекторных канальцев как на анфас-снимке ОКТ переднего отрезка глаза, так и в виде нанесенной пациенту метке у лимба,

4) выполнение СЛТ по методике Latina M.A. по нижней половине окружности Шлеммова канала по дуге 180° в виде первого этапа операции, при следующих параметрах: длина волны 532 нм, диаметр пятна 400 мкм, экспозиция 3 нс, линза Latina, «Tango» Ellex (Австралия), 50-70 импульсов.

5) выполнение оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии: формирование не менее 4-х трабекулостом в проекции коллекторных канальцев с нанесением от 2 до 5 лазерных аппликатов до получения трабекулостомы (визуально это появление белесого пятна – визуализация участка склеры в проекции трабекулостомы; длина волны 1064 нм, диаметр пятна 8-10 мкм, мощность 1,0-2,0 мДж, экспозиция 3 нс, линза Latina, «Tango» Ellex (Австралия)).

В таблице 10 представлены клинико-функциональные показатели пациентов основной группы до операции. До назначения медикаментозного лечения среднее значение истинного внутриглазного давления было равно $23,6 \pm 2,8$ мм рт. ст. ($M \pm \sigma$), а тонометрическое ВГД соответствовало $29,2 \pm 3,1$ мм рт. ст. ($M \pm \sigma$). Показатели автоматизированной периметрии у пациентов основной группы соответствовали начальной и развитой стадии глаукомы: значения MD были от -7,8 до -1,0 дБ; PSD от 1,4 до 4,2 дБ. По данным ОКТ ДЗН показатель Э/Д был от 0,26 до 0,7, а среднее значение толщины СНВС от 83,8 до 99,4 мкм.

Таблица 10 – Средние значения клинико-функциональных показателей основной группы пациентов до выполнения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии на фоне медикаментозной терапии, $M \pm \sigma$

Показатели	До лечения
МКОЗ	$0,68 \pm 0,26$
Тонометрическое ВГД, мм рт. ст.	$21,9 \pm 2,5$
ВГД (P_0), мм рт. ст.	$17,7 \pm 3,5$
Индивидуально переносимое ВГД ($P_0 tl$), мм рт. ст.	$15,1 \pm 1,15$
C, мм ³ / мм рт. ст. * мин	$0,12 \pm 0,04$
F, мм ³ / мин	$1,2 \pm 0,41$
КБ	$160,9 \pm 51,9$
MD	$-4,42 \pm 1,7$
PSD	$2,82 \pm 0,7$
Площадь ДЗН, мм ²	$1,87 \pm 0,43$
Э/Д	$0,48 \pm 0,11$
Средняя общая толщина СНВС, мкм	$91,6 \pm 3,9$
ПЭК, кл / мм ²	$2290 \pm 220,3$

На фоне медикаментозной гипотензивной терапии тонометрическое ВГД было от 17 до 26 мм рт. ст. Среднее значение показателя легкости оттока водянистой влаги было сниженным по отношению к пациентам 1-й контрольной группы ($0,26 \pm 0,03$ мм³ / мм рт. ст. * мин, $M \pm \sigma$) ($t = 28,0$; $p < 0,001$). Среднее значение индивидуально переносимого истинного ВГД было равно $15,1 \pm 1,15$ мм рт. ст.

Исходная медикаментозная терапия включала применение преимущественно комбинированного лечения – на 70 глазах (80,5%), монотерапия проводилась на 17 глазах (19,5%). Среднее число применяемых лекарственных препаратов составило $2,1 \pm 0,86$, а среднее количество инстилляций в данной группе было $2,57 \pm 1,16$.

По данным гониоскопии у всех пациентов угол передней камеры был средней ширины, открыт, степени экзогенной пигментации соответствовали от I до IV, составляя в среднем $1,9 \pm 0,94$. На 62 глазах (в 71,3% случаев) отмечалась деструкция пигментной каймы с наличием псевдоэксфолиативного материала по зрачковому краю радужки и передней поверхности хрусталика.

У всех пациентов была выполнена ОКТ переднего отрезка глаза с измерением морфометрических показателей Шлеммова канала, определением диаметра коллекторных канальцев и их локализации относительно лимба, а также фиксация топографии коллекторных канальцев как на анфас-снимке ОКТ переднего отрезка глаза, так и в виде нанесенной разметки по лимбу.

Средние значения морфометрических показателей Шлеммова канала и коллекторных канальцев у пациентов основной группы до лазерной хирургии представлены в таблице 8 (С. 47). Полученные средние значения морфометрических показателей Шлеммова канала и коллекторных канальцев достоверно ($p < 0,001$) отличались от здоровых пациентов (1-я контрольная группа).

На следующие сутки после применения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии внутриглазное давление (P_0) снизилось до $12,4 \pm 2,8$ мм рт. ст. – на 30% от исходного уровня за счет улучшения оттока водянистой влаги до $0,26 \pm 0,06$ мм³ / мм рт. ст. * мин – на 117% от исходного значения.

В послеоперационном периоде пациентам назначали инстиллянии 0,1% раствора противовоспалительного препарата (Диклофенак) по 1 капле 3 раза в день в оперированный глаз в течение 10 дней и 0,05% раствора Пиклоксидина по 1 капле 3 раза в оперированный глаз в течение 10 дней. Коррекция гипотензивного режима проводилась у пациентов через 1 месяц после операции.

В таблице 11 представлены средние значения клинико-функциональных показателей у пациентов основной группы до и через 1, 3, 6 мес., 1 и 2 года после применения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ. Через 1 мес. после применения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ ВГД (P_0) снизилось до $12,4 \pm 2,6$ мм рт. ст. – на 30% от исходного уровня за счет улучшения оттока водянистой влаги до $0,25 \pm 0,06$ мм³ / мм рт. ст. * мин – на 108% от исходного значения. Средние значения показателей гидродинамики глаза находились в пределах значений среднестатистической нормы. Через 3 мес. после операции у пациентов сохранялся гипотензивный эффект: среднее значение P_0 составляло $12,5 \pm 2,4$ мм рт. ст., а коэффициент легкости оттока водянистой влаги – $0,24 \pm 0,05$ мм³ / мм рт. ст. * мин. Через 6 мес. после проведения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ ВГД (P_0) снизилось до $12,3 \pm 2,5$ мм рт. ст. – на 30,5% от исходного уровня за счет улучшения оттока водянистой влаги до $0,26 \pm 0,05$ мм³ / мм рт. ст. * мин – на 117% от исходного значения. По данным автоматизированной статической периметрии у пациентов основной группы отмечалась стабилизация зрительных функций. По данным ОКТ ДЗН и сетчатки отрицательной динамики также не выявлено. Через 1 год среднее значение истинного ВГД (P_0) было равно $12,4 \pm 2,6$ мм рт. ст., а среднее значение коэффициента легкости оттока водянистой влаги составляло $0,25 \pm 0,05$ мм³ / мм рт. ст. * мин. Гипотензивный эффект операции составил 30% за счет улучшения оттока внутриглазной жидкости на 108,3%. Через 2 года среднее значение истинного ВГД (P_0) повысилось до $13,1 \pm 2,7$ мм рт. ст., гипотензивный эффект составил 26%. Различие между средними значениями P_0 через 1 и 2 года было статистически недостоверным ($t = 1,75$; $p > 0,05$).

Таблица 11 – Средние значения клинико-функциональных показателей у пациентов основной группы до и после комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ, $M \pm \sigma$, 87 глаз

Показатели	До лечения	Через 1 мес.	Через 3 мес.	Через 6 мес.	Через 1 год	Через 2 года	p
МКОЗ	$0,68 \pm 0,26$	$0,69 \pm 0,25$	$0,69 \pm 0,25$	$0,68 \pm 0,26$	$0,68 \pm 0,27$	$0,65 \pm 0,28$	$> 0,05$
ВГД (P ₀), мм рт. ст.	$17,7 \pm 3,5$	$12,4 \pm 3,2$	$12,5 \pm 2,4$	$12,3 \pm 2,5$	$12,3 \pm 2,6$	$13,1 \pm 2,7$	$< 0,01$
C, мм ³ / мм рт. ст. × мин	$0,12 \pm 0,04$	$0,25 \pm 0,06$	$0,24 \pm 0,05$	$0,26 \pm 0,05$	$0,24 \pm 0,05$	$0,25 \pm 0,09$	$< 0,01$
F, мм ³ /мин	$1,2 \pm 0,41$	$0,97 \pm 0,4$	$0,85 \pm 0,4$	$0,63 \pm 0,3$	$0,73 \pm 0,4$	$0,84 \pm 0,41$	$> 0,05$
КБ	$190,9 \pm 141,9$	$56,2 \pm 29,8$	$59,9 \pm 34,3$	$47,0 \pm 30$	$48,7 \pm 32$	$52,0 \pm 33$	$< 0,01$
MD	$-4,42 \pm 1,7$	$-4,49 \pm 1,9$	$-4,44 \pm 1,8$	$-4,48 \pm 1,9$	$-4,49 \pm 1,85$	$-4,51 \pm 1,8$	$> 0,05$
PSD	$2,82 \pm 0,7$	$2,9 \pm 0,8$	$2,88 \pm 0,75$	$2,86 \pm 0,8$	$2,9 \pm 0,8$	$3,0 \pm 0,9$	$> 0,05$
Площадь ДЗН, мм ²	$1,87 \pm 0,43$	$1,87 \pm 0,45$	$1,86 \pm 0,48$	$1,87 \pm 0,44$	$1,86 \pm 0,46$	$1,88 \pm 0,48$	$> 0,05$
Э/Д	$0,48 \pm 0,11$	$0,47 \pm 0,1$	$0,47 \pm 0,12$	$0,46 \pm 0,11$	$0,47 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,12$	$> 0,05$
Средняя общая толщина СНВС, мкм	$91,6 \pm 3,9$	$90,9 \pm 4,2$	$92,2 \pm 4,1$	$90,9 \pm 4,2$	$90,8 \pm 4,3$	$85,8 \pm 6,3$	$> 0,05$
ПЭК, кл/мм ²	2290 ± 220	2194 ± 232	2234 ± 220	2188 ± 241	2204 ± 237	2210 ± 224	$> 0,05$

Различия между средними значениями МКОЗ, MD и PSD за 2 года наблюдений были статистически недостоверными ($p > 0,05$), что указывало на стабилизацию зрительных функций. Отсутствовало достоверное различие между средними значениями площади ДЗН, отношения площади экскавации к площади ДЗН (Э/Д), средней общей толщины СНВС, что подтверждало отсутствие прогрессирования глаукомной оптической нейропатии у пациентов основной группы.

Гипотензивный эффект операции сохранялся за счет улучшения оттока водянистой влаги в течение 2 лет. Это было обусловлено сохранностью трабекулостом при динамическом наблюдении после выполнения YAG-лазерной трабекулостомии (таблица 12).

Таблица 12 – Размеры трабекулостом и сагиттальной площади Шлеммова канала после оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ у пациентов основной группы

Показатели	До лечения	После лечения (через 1 мес.)	После лечения (через 3 мес.)	После лечения (через 6 мес.)	После лечения (через 1 год)	После лечения (через 2 года)
Среднее значение диаметра трабекулостомы, мкм, Z (p)	–	124,2 ± 21,1	119,6 ± 18,6 7,2 ($<0,001$)	116,2 ± 23,3 6,87 ($<0,001$)	114,9 ± 18,9 6,5 ($<0,001$)	112,5 ± 20,7 7,0 ($<0,001$)
Максимальный диаметр, мкм	–	164	159	162	157	158
Минимальный диаметр, мкм	–	84	79	69	77	76
Сагиттальная площадь Шлеммова канала, мкм ² , Z (p)	5620 ± 1533	7654 ± 2087 8,1 ($< 0,001$)	7418 ± 2023 8,1 ($< 0,001$)	7137 ± 1946 8,1 ($<0,001$)	6967 ± 1900 8,1 ($< 0,001$)	6 856 ± 1870 8,1 ($< 0,001$)

При динамическом наблюдении отмечалось сужение диаметра (на 9,5%) и уменьшение площади Шлеммова канала на 10,5% ($p < 0,001$).

Для оценки выраженности воспалительной реакции после применения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ были определены значения интерлейкинов 6 и 17, ФНО-альфа у основной группы пациентов до и после оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии (таблица 13).

Таблица 13 – Средние значения интерлейкинов 6 и 17, ФНО-альфа у пациентов основной группы до и после оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ, $M \pm \sigma$, 87 глаз

Показатели	До лечения	После лечения (через 1 нед.)	После лечения (через 1 мес.)	После лечения (через 3 мес.)
Интерлейкин 6, пг/мл Me [Q1; Q3] Z (p)	49,9 ± 5,7 50,2 [38,5; 61,3] –	100,4 ± 13,0 100,9 [77,4; 143] 8,1 (<0,001)	352,3 ± 41,4 356 [273; 440] 8,1 (<0,001)	51,9 ± 13,4 47,8 [38; 100,4] 0,48 (0,63)
Интерлейкин 17, пг/мл Me [Q1; Q3] t (p)	762,1 ± 374,1 780 [560; 935] –	765,5 ± 371,6 800 [570; 935] 0,06 (>0,05)	841,3 ± 498,3 856 [614; 1025] 1,29 (>0,05)	820 ± 397,9 839 [603; 1006] 0,99 (>0,05)
ФНО-α, пг/мл Me [Q1; Q3] Z (p)	360 ± 170,3 365 [280; 420] –	709,4 ± 335,9 740 [545; 840] 7,78 (<0,001)	624,6 ± 295,2 630 [490; 730] 8,1 (<0,001)	361,9 ± 174,7 365 [280; 420] 1,34 (0,18)

Через 1 неделю и 1 мес. отмечалось достоверное повышение уровня интерлейкина 6 и ФНО с последующим снижением через 3 мес. после операции.

В таблице 14 представлены средние значения показателей гидродинамики глаза у пациентов основной группы с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы до лазерной хирургии.

У больных с развитой стадией ПОУГ достоверно отмечались более высокий уровень ВГД и более низкое значение показателя легкости оттока водянистой влаги в отличие от пациентов с начальной стадией глаукомы.

Таблица 14 – Средние значения показателей гидродинамики глаза у больных с начальной (50 глаз) и развитой (37 глаз) стадиями первичной открытоугольной глаукомы до операции, $M \pm \sigma$

Показатели	Начальная стадия	Развитая стадия	t	p
ВГД (P_0), мм рт. ст.	$16,8 \pm 2,6$	$18,5 \pm 2,7$	2,95	$< 0,01$
C, $\text{мм}^3 / \text{мм рт. ст.} \cdot \text{мин}$	$0,13 \pm 0,02$	$0,1 \pm 0,02$	6,9	$< 0,001$
F, $\text{мм}^3 / \text{мин}$	$1,49 \pm 0,9$	$1,1 \pm 0,56$	2,48	$< 0,05$
КБ	$136 \pm 37,9$	$194,2 \pm 33,4$	7,5	$< 0,001$

На рисунке 12 представлены изменения средних значений истинного ВГД (P_0) у больных с начальной и развитой стадиями глаукомы после оптимизированной YAG-трабекулостомии и СЛТ при динамическом наблюдении.

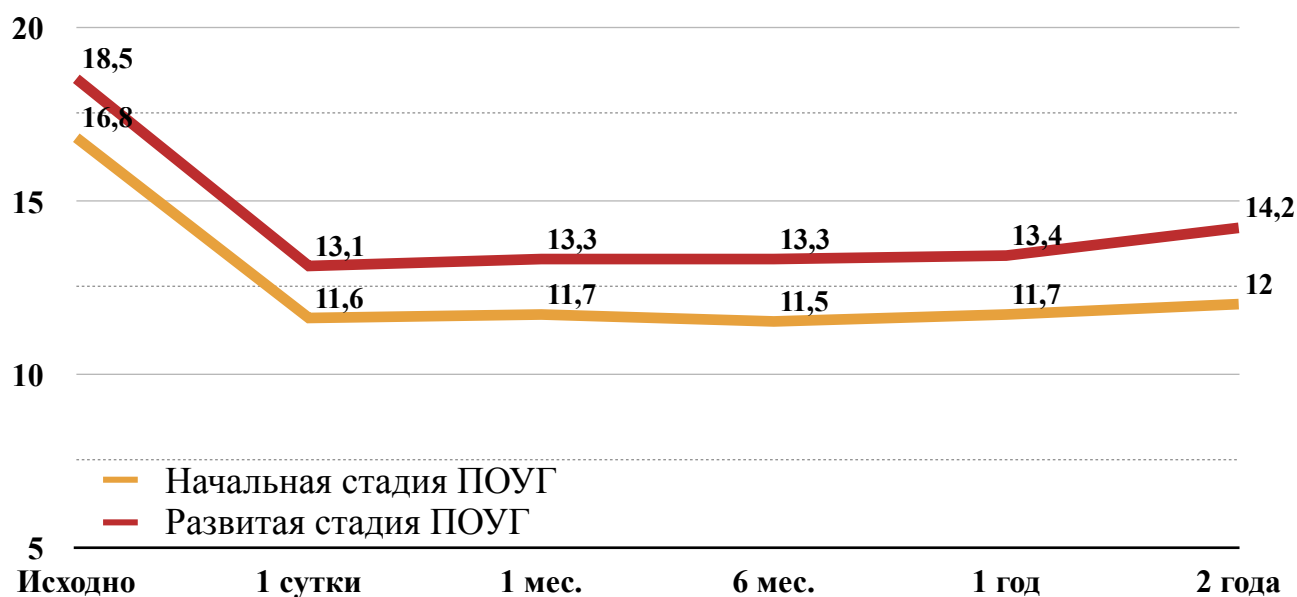


Рисунок 12 – Изменение истинного ВГД (P_0 , мм рт. ст.) после оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии у больных с начальной и развитой стадиями ПОУГ

При начальной стадии на следующие сутки после операции уровень ВГД (P_0) снизился до $11,6 \pm 2,0$ мм рт. ст. ($M \pm \sigma$) – на 31,0%, а при развитой стадии

до $13,1 \pm 2,2$ мм рт. ст. ($M \pm \sigma$) – на 29,2%. Данные изменения были статистически достоверными ($p < 0,05$). Различие между исходными средними значениями P_0 до и через 1 сутки статистически достоверны: при начальной ($t = 11,3$; $p < 0,001$) и развитой ($t = 9,47$; $p < 0,001$) стадиях глаукомы.

Через 1 месяц после оптимизированной YAG-трабекулостомии и СЛТ офтальмотонус снизился при начальной стадии глаукомы на 30,4% от исходного уровня – до $11,7 \pm 2,2$ мм рт. ст., а при развитой стадии – на 28,1% (до $13,3 \pm 2,4$ мм рт. ст.).

Достоверное различие отмечалось также между средними значениями ВГД (P_0) через 1 месяц после операции при начальной и развитой стадиях первичной открытоугольной глаукомы ($t = 3,2$; $p < 0,01$). Наиболее низкие значения ВГД после операции отмечались у больных с начальной стадией глаукомы, у них же отмечался более выраженный гипотензивный эффект операции.

Через 6 месяцев более выраженный гипотензивный эффект после оптимизированной YAG-трабекулостомии и СЛТ также был отмечен у больных с начальной стадией глаукомы. Среднее значение ВГД (P_0) при начальной стадии снизилось от исходного уровня на 31,5% и было равно $11,5 \pm 2,2$ мм рт. ст., а при развитой стадии – на 28,1% и соответствовало $13,3 \pm 2,3$ мм рт. ст. Различие между средними значениями статистически достоверно ($t = 3,6$; $p < 0,001$).

Через 1 год после операции среднее значение офтальмотонуса (P_0) снизилось при начальной стадии от исходного уровня на 30,4% – до $11,7 \pm 2,3$ мм рт. ст., а при развитой стадии – на 27,6%, до $13,4 \pm 2,3$ мм рт. ст. Различие между средними значениями статистически достоверно ($t = 3,4$; $p < 0,01$).

Через 2 года после оптимизированной YAG-трабекулостомии и СЛТ среднее значение офтальмотонуса (P_0) было ниже исходного уровня при начальной стадии на 28,6% – до $12,0 \pm 2,4$ мм рт. ст., а при развитой стадии – на 23,2%, до $14,2 \pm 2,5$ мм рт. ст. Различие между средними значениями статистически достоверно ($t = 4,1$; $p < 0,001$). Полученные результаты указывают на то, что на наилучший гипотензивный эффект после операции

отмечался у больных с начальной стадией первичной открытоугольной глаукомы.

В основной группе (87 глаз) у пациентов интра- и послеоперационных осложнений не выявлено.

Клинический пример.

Пациент К., 60 лет, обратился с жалобами на постепенное снижение зрения правого глаза. В поликлинике по месту жительства было выявлено повышение тонометрического ВГД на правом глазу до 30 мм рт. ст. и назначены инстилляции в правый глаз Sol. Tafluprosti 0,0015% 1 раз вечером и Sol. Dorzolamidi 2% 2 раза в день (утром и вечером) постоянно.

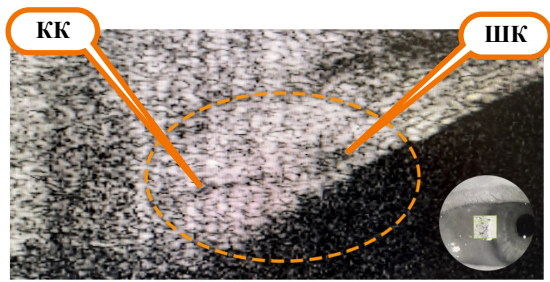
АД = 120/80 мм рт. ст.

Пациенту К., 60 лет, выполнено диагностическое обследование.

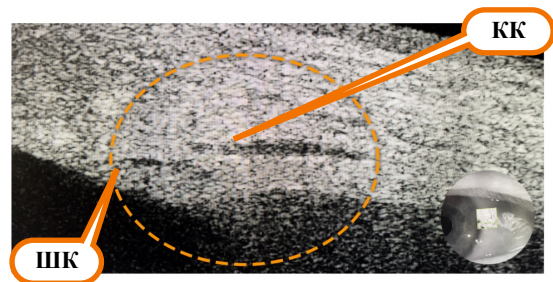
VOD = 0,7 н/к; VOS = 1,0. Внутриглазное давление: TOD = 24 мм рт. ст., TOS = 20 мм рт. ст. Стандартная автоматизированная периметрия (Humphrey) OD: MD = -7,2 дБ, PSD = 5,17 дБ; OS: MD = 1,2 дБ, PSD = 0,3 дБ.

При биомикроскопии на обоих глазах роговица прозрачная, передняя камера средней глубины. На OD выявлена деструкция пигментной каймы радужки. На OS пигментная кайма радужки сохранена, в хрусталике начальные субкапсулярные помутнения. По данным гониоскопии: угол передней камеры на обоих глазах средней ширины, открыт. На OD выявлена II степень экзогенной пигментации. Офтальмоскопия: OD – диск зрительного нерва деколорирован, границы четкие. Э/Д = 0,6; краевая экскавация по височному сегменту ДЗН. Ход сосудов не изменен. В макуле незначительная диспигментация. OS – диск зрительного нерва бледно-розовый, границы четкие; нейроглиальный ободок в норме. Э/Д = 0,2; физиологическая экскавация. Ход сосудов не изменен. Макула в норме, физиологические рефлексы сохранены.

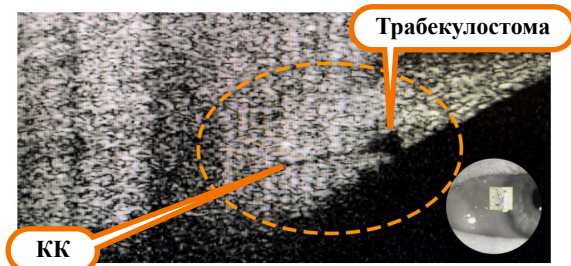
Пациенту выполнена тонография OD: $P_0 = 20,6$ мм рт. ст., $C = 0,13$ мм³ / мм рт. ст. * мин, $F = 1,13$ мм³ / мин, КБ = 164. OS: $P_0 = 15,0$ мм рт. ст., $C = 0,25$ мм³ / мм рт. ст. * мин, $F = 1,2$ мм³ / мин, КБ = 60. Индивидуально переносимое истинное ВГД (P_0 tl) на правом глазу с учетом возраста и уровня



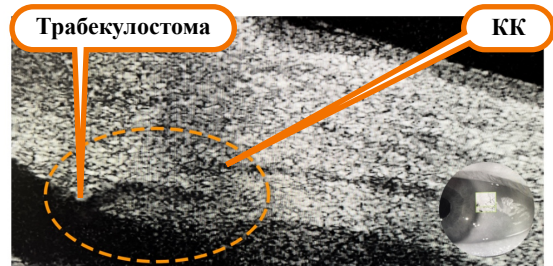
1a



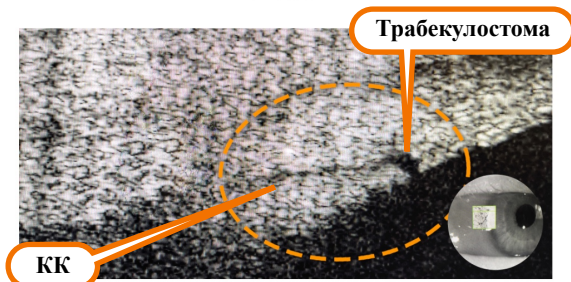
1b



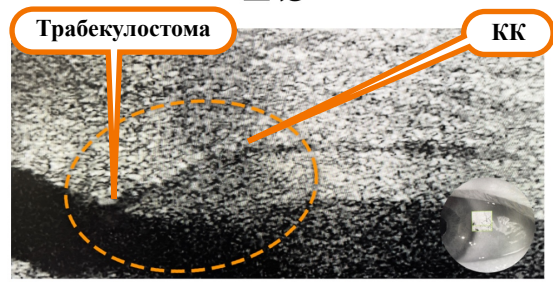
2a



2b



3a



3b

ШК – Шлеммов канал;

КК – коллекторный каналец;

1a, 2a, 3a – ОКТ переднего отрезка на 3 часа до, через 1 мес. и через 1 год после операции соответственно;

1b, 2b, 3b – ОКТ переднего отрезка на 10 часа до, через 1 мес. и через 1 год после операции соответственно

Рисунок 13 – ОКТ переднего отрезка правого глаза у пациента К., 60 лет, до и после оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии
 диастолического артериального давления составило 16,4 мм рт. ст., а индекс интолерантности (I_{int}) = 4,2 мм рт. ст.

На основании выше указанных данных выставлен диагноз OD: Первичная развитая открытоугольная глаукома (II a-b), начальная катаракта. OS – Начальная катаракта.

Пациенту была выполнена ОКТ переднего отрезка правого глаза, по данным которой определялись зоны визуализации коллекторных канальцев у Шлеммова канала на 3, 4, 8 и 10 часах. Большая ось (ширина) Шлеммова канала 220 мкм, малая ось (высота) – 38 мкм, сагиттальная площадь Шлеммова канала – 6563 мкм² (рисунок 13).

Первым этапом пациенту выполнили СЛТ по методике Latina M.A.: длина волны 532 нм, диаметр пятна 400 мкм, энергия импульса 0,6 мДж, количество импульсов 50, в нижнем сегменте угла передней камеры до 180° по трабекуле (линза Latina, «Tango» Laserex (Австралия)).

После селективной лазерной трабекулопластики вторым этапом провели оптимизированную YAG-лазерную трабекулостомию: длина волны 1064 нм, диаметр пятна 10 мкм. Энергия лазерного импульса 1,5 мДж, экспозиция – 3 нс, количество импульсов – 14, сформированы 4 трабекулостомы на 3, 4, 8 и 10 часах (линза Latina, «Tango» Laserex (Австралия)). Интраоперационных и послеоперационных осложнений не выявлено.

На 1 сутки после операции: VOD = 0,7 н/к; VOS = 1,0. ТонOMETрическое ВГД: TOD = 16 мм рт. ст., TOS = 20 мм рт. ст. Данные тонографии: OD – P₀ = 14,0 мм рт. ст. (-32%), C = 0,36 мм³ / мм рт. ст. * мин (+176%), F = 2,0 мм³ / мин (+77%), КБ = 43,8 (-73,3%). Площадь Шлеммова канала, согласно данным ОКТ переднего отрезка, на правом глазу увеличилась: большая ось (ширина) Шлеммова канала 275 мкм, малая ось (высота) – 51 мкм, сагиттальная площадь Шлеммова канала – 11010 мкм². Учитывая, что P₀ < P₀ t₁, медикаментозное гипотензивное лечение было отменено.

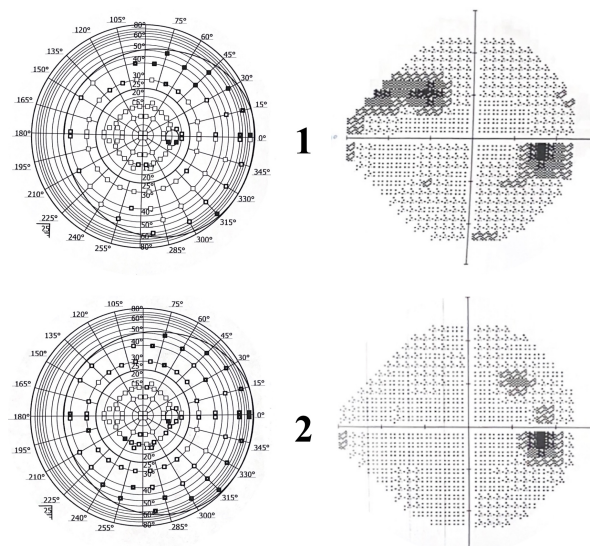
Через 1 месяц: VOD = 0,7 н/к; VOS = 1,0. ТонOMETрическое ВГД: TOD = 16 мм рт. ст., TOS = 17 мм рт. ст. Данные тонографии на OD: P₀ = 11,7 мм рт. ст., C = 0,28 мм³ / мм рт. ст. * мин, F = 0,49 мм³ / мин, КБ = 41.

Через 6 месяцев: VOD = 0,7 н/к; VOS = 1,0. ТонOMETрическое ВГД: TOD = 17 мм рт. ст., TOS = 17 мм рт. ст. Данные тонографии на OD: P₀ = 13,8 мм рт. ст., C = 0,26 мм³ / мм рт. ст. * мин, F = 0,87 мм³ / мин, КБ = 53.

Через 1 год: VOD = 0,7 н/к; VOS = 1,0. ТонOMETрическое ВГД: TOD = 16 мм рт. ст., TOS = 20 мм рт. ст. Показатели тонографии на OD: $P_0 = 13,3$ мм рт. ст., $C = 0,26$ мм³/мм рт. ст. * мин, $F = 1,71$ мм³/мин, КБ = 51.

Через 2 года: VOD = 0,7 н/к; VOS = 1,0. ТонOMETрическое ВГД: TOD = 18 мм рт. ст., TOS = 20 мм рт. ст. Данные тонографии на правом глазу: $P_0 = 13,9$ мм рт. ст., $C = 0,27$ мм³/мм рт. ст. * мин, $F = 1,2$ мм³/мин, КБ = 52.

На рисунке 14 представлены данные автоматизированной периметрии у пациента К., 60 лет, до и через 2 года после применения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ: отмечена стабилизация зрительных функций на правом глазу.



1 – до операции (MD -7,2 дБ, PSD 5,17 дБ);

2 – через 2 года после операции (MD -4,18 дБ, PSD 2,96 дБ)

Рисунок 14 – Данные периметрии пациента К., 60 лет

При исследовании эффективности комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ у пациентов основной группы (87 глаз) через 1 месяц после операции был отмечен абсолютный успех на 16 глазах (достижение индивидуально переносимого давления без применения медикаментозного лечения) в 18,4% случаев (рисунок 15).

Через 1 месяц медикаментозная терапия была сокращена: применение комбинированного лечения выполнялось на 46 глазах (52,9%), монотерапия – 25 глазах (28,7%). Среднее число применяемых лекарственных препаратов достоверно уменьшилось и составило $1,4 \pm 0,9$ ($p < 0,05$), а среднее количество инстилляций в данной группе также достоверно уменьшилось до $2,14 \pm 0,95$ ($p < 0,05$).

Через 6 месяцев комбинированная терапия проводилась на 29 глазах (33,3%), монотерапия – на 40 глазах (46,0%), отмена медикаментозного лечения произведена на 18 глазах (20,7%). Среднее число применяемых лекарственных препаратов уменьшилось и составило $1,13 \pm 0,8$ ($p < 0,05$), а среднее количество инстилляций в данной группе сократилось до $1,4 \pm 0,7$ ($p < 0,05$). В послеоперационном периоде отмечена стабилизация зрительных функций, средний уровень внутриглазного давления (P_0) не превышал уровень индивидуально переносимого давления ($15,1 \pm 1,15$ мм рт. ст.). Уровень офтальмотонуса (P_0) достоверно снизился от исходного уровня на 30,5% ($p < 0,05$).

Через 12 месяцев комбинированная терапия проводилась на 22 глазах (25,3%), монотерапия – на 45 глазах (51,7%), отмена медикаментозного лечения имело место на 20 глазах (23%). Среднее число применяемых лекарственных препаратов уменьшилось и составило $1,0 \pm 0,7$ ($p < 0,05$), а среднее количество инстилляций в данной группе сократилось до $1,14 \pm 0,85$ ($p < 0,05$).

Через 2 года комбинированная терапия применялась – на 25 глазах (28,7%), монотерапия – на 46 глазах (52,9%), отмена медикаментозного лечения произведена на 16 глазах (18,4%). Среднее число применяемых лекарственных препаратов составило $1,1 \pm 0,66$ ($p < 0,05$), а среднее количество инстилляций в данной группе – $1,35 \pm 1,07$ ($p < 0,05$).

За 2 года наблюдения в послеоперационном периоде у пациентов основной группы отмечена стабилизация зрительных функций, средний уровень внутриглазного давления (P_0) не превышал уровень индивидуально переносимого давления ($15,1 \pm 1,15$ мм рт. ст.). Уровень офтальмотонуса (P_0) достоверно снизился от исходного уровня за 2 года на 26,2% ($p < 0,05$).

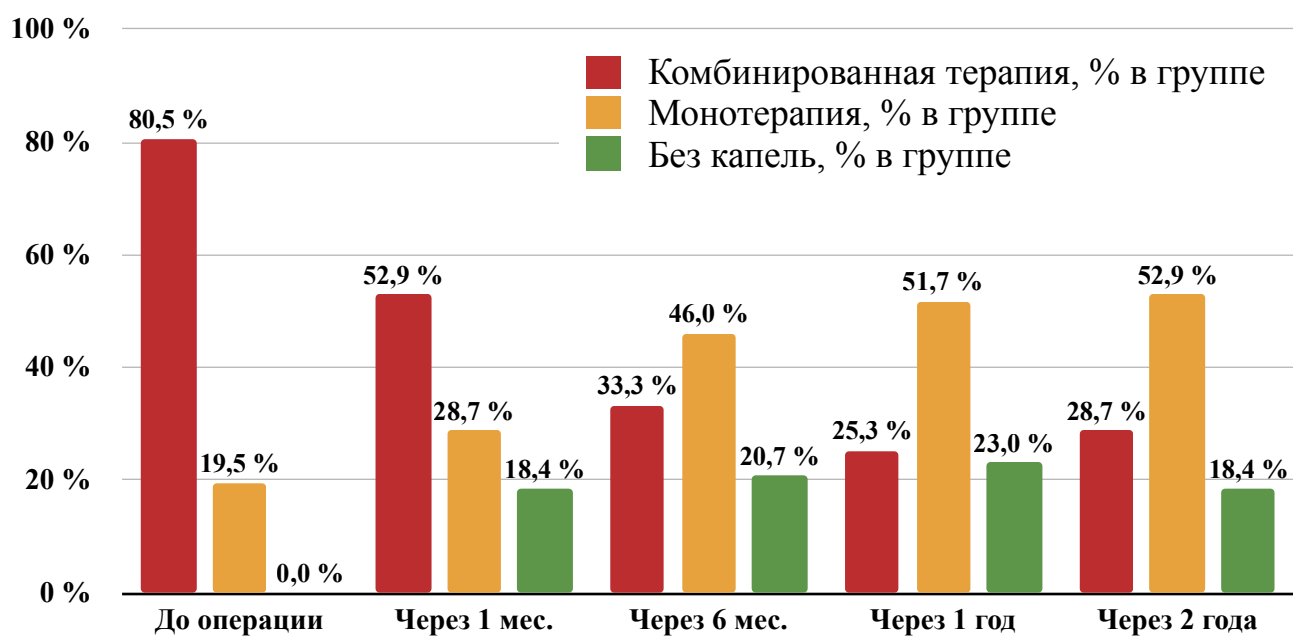


Рисунок 15 – Медикаментозная гипотензивная терапия у пациентов основной (оптимизированная YAG-лазерная трабекулостомия) группы

Для достижения индивидуально переносимого уровня ВГД за период от 6 месяцев до 2 лет наблюдения была выполнена повторная СЛТ на 8 глазах – в 9,2% случаев (рисунок 16).

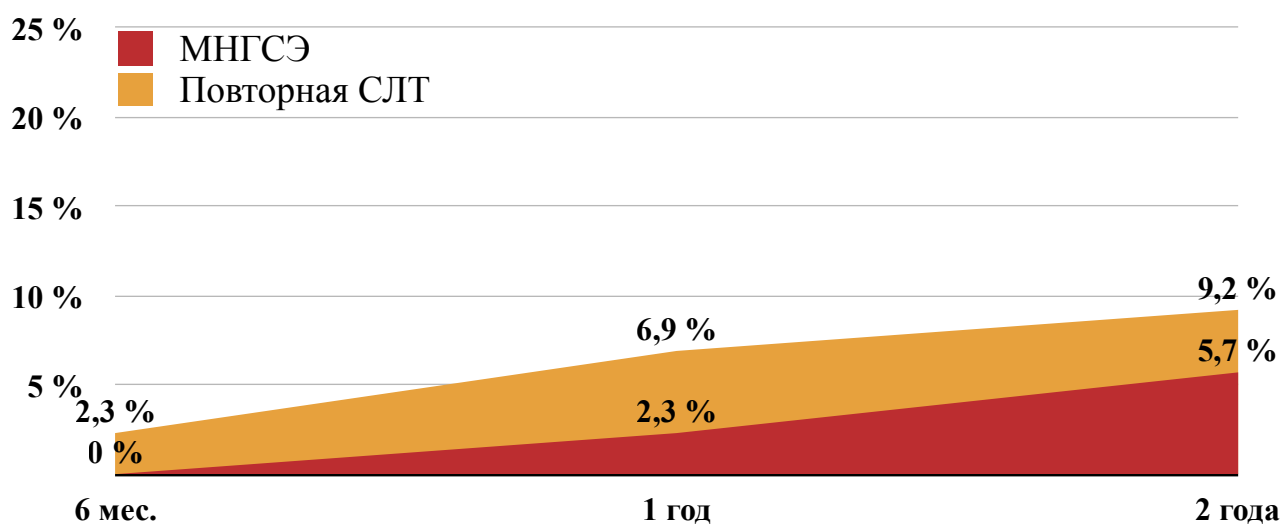


Рисунок 16 – Частота выполнения повторной СЛТ и хирургического лечения глаукомы (МНГСЭ) у пациентов основной группы

При повышении офтальмотонуса выше индивидуально переносимого уровня ВГД на максимальной гипотензивной медикаментозной терапии и прогрессировании глаукомной оптической нейропатии по данным автоматизированной статической периметрии и ОКТ ДЗН выполнено

хирургическое лечение глаукомы в течение 1 года наблюдений – на 2 глазах (2,3%), в течение 2 лет – на 5 глазах (5,7%). Все операции МНГСЭ выполнены у пациентов с развитой стадией первичной открытоугольной глаукомы.

На основании полученных клинико-функциональных результатов можно заключить, что комбинированная технология оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ является эффективной и безопасной в лечении больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы: гипотензивный эффект операции составил на следующие сутки и через 1 год 30%, через 2 года – 26% от исходного уровня ВГД, обусловленный достоверным улучшением показателя легкости оттока водянистой влаги (на 117% от исходного уровня) за счет сформированных устойчивых к рубцеванию трабекулостом, что позволяет достигнуть стабилизации зрительных функций в 94,3% случаев в течение двухлетнего периода наблюдений с отменой медикаментозной терапии в 18,4% случаев, уменьшением частоты применения комбинированной терапии на 51,8% (с 80,5% до 28,7%).

На основании полученных клинико-функциональных результатов следует отметить, что абсолютный успех, который не требовал в послеоперационном периоде назначения медикаментозной гипотензивной терапии, был отмечен на 16 глазах – 18,4%.

Относительный успех, когда для достижения индивидуального уровня внутриглазного давления требовалось назначение медикаментозной гипотензивной терапии, наблюдался на 66 глазах – в 75,9% случаев.

Общий успех, который включал абсолютный и относительный успех, был отмечен в 94,3% случаев при динамическом наблюдении в течение двух лет.

В таблице 15 представлены средние, а также максимальные и минимальные значения показателей легкости оттока внутриглазной жидкости и сагиттальной площади Шлеммова канала у больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы до выполнения лазерной хирургии.

Таблица 15 – Эффективность оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии у больных с первичной открытоугольной глаукомой в зависимости от коэффициента легкости оттока внутриглазной жидкости (С) и сагиттальной площади Шлеммова канала через 2 года наблюдений (87 глаз), $M \pm \sigma$

Показатели	N (%)	С, мм ³ / мм рт. ст. * мин	Сагиттальная площадь Шлеммова канала, мкм ²
Абсолютный успех	16 (18,4%)	0,14 ± 0,02 (0,1-0,18)	7137 ± 1815 (3507-10767)
Относительный успех	66 (75,9%)	0,11 ± 0,01 (0,09-0,13)	5514 ± 1437 (2640-8388)
Неуспех	5 (5,7%)	0,07 ± 0,01 (0,05-0,09)	1641 ± 256,7 (1127-2154)

Из представленных в таблице 15 результатов следует, что для достижения абсолютного или относительного успеха в лечении больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы при использовании технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ следует учитывать минимальные значения следующих диагностических критериев отбора: коэффициент легкости оттока внутриглазной жидкости должен быть свыше 0,09 мм³ / мм рт. ст. * мин, а сагиттальная площадь Шлеммова канала свыше 2640 мкм². Именно при этих минимальных значениях показателей наблюдался относительный успех разработанной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ в комбинированной лечении ПОУГ. Неуспех лазерной хирургии отмечался при значениях коэффициента легкости оттока водянистой влаги от 0,05 до 0,09 мм³ / мм рт. ст. * мин, а сагиттальная площадь Шлеммова канала от 1127 до 2154 мкм².

Таким образом, на основании полученных клинико-функциональных результатов определены диагностические критерии отбора больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомой для проведения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ: по данным оптической когерентной томографии переднего сегмента глаза сагиттальная

площадь Шлеммова канала должна быть свыше 2640 мкм², а показатель легкости оттока внутриглазной жидкости – свыше 0,09 мм³ / мм рт. ст. * мин., а также достижение до лазерной хирургии значений среднестатистической нормы ВГД на фоне комбинированной медикаментозной терапии, но превышающих уровень индивидуально переносимого давления.

5.2. Результаты исследования клинико-функциональных показателей у больных первичной открытоугольной глаукомы при применении селективной лазерной трабекулопластики

Целью данного раздела главы является проведение анализа эффективности и безопасности селективной лазерной трабекулопластики. Для этого необходимо было первоначально исследовать результаты клинико-функциональных показателей у пациентов 2-й контрольной группы до и после СЛТ.

Перед проведением СЛТ было выполнено комплексное диагностическое обследование у 78 больных первичной открытоугольной глаукомой, в том числе проведение гониоскопии для оценки угла передней камеры глаза и выявления степени экзогенной пигментации. До назначения медикаментозного лечения среднее значение истинного внутриглазного давления было равно $23,3 \pm 2,6$ мм рт. ст., а тонометрическое ВГД соответствовало $28,5 \pm 2,8$ мм рт. ст. ($M \pm \sigma$).

В таблице 16 представлены клинико-функциональные показатели пациентов 2-й контрольной группы до выполнения СЛТ.

На фоне медикаментозной гипотензивной терапии тонометрическое ВГД было снижено и составляло от 16 до 25 мм рт. ст. (среднее значение $21,3 \pm 2,3$ мм рт. ст., $M \pm \sigma$). Среднее значение показателя легкости оттока водянистой влаги было сниженным ($0,14 \pm 0,03$ мм³ / мм рт. ст. * мин, $M \pm \sigma$) и достоверно отличалось от результата 1-й контрольной группы ($0,26 \pm 0,03$ мм³ / мм рт. ст. * мин, $M \pm \sigma$) ($t = 24,0$; $p < 0,001$). Среднее значение индивидуально переносимого истинного ВГД было равно $15,4 \pm 1,3$ мм рт. ст.

Таблица 16 – Средние значения клинико-функциональных показателей у пациентов 2-й контрольной группы до выполнения СЛТ на фоне медикаментозной терапии, $M \pm \sigma$

Показатели	До лечения
МКОЗ	$0,7 \pm 0,23$
Тонометрическое ВГД, мм рт. ст.	$21,3 \pm 2,3$
ВГД (P_0), мм рт. ст.	$16,8 \pm 2,8$
Индивидуально переносимое ВГД ($P_0 tl$), мм рт. ст.	$15,4 \pm 1,3$
C, мм ³ / мм рт. ст. * мин	$0,13 \pm 0,04$
F, мм ³ / мин	$1,3 \pm 1,2$
КБ	$141 \pm 43,9$
MD	$-4,68 \pm 1,8$
PSD	$2,98 \pm 0,8$
Площадь ДЗН, мм ²	$1,84 \pm 0,48$
Э/Д	$0,49 \pm 0,13$
Средняя общая толщина СНВС, мкм	$90,8 \pm 4,2$
ПЭК, кл / мм ²	$2320 \pm 231,4$

Показатели автоматизированной периметрии у пациентов 2-й контрольной группы соответствовали начальной и развитой стадиям глаукомы: значения MD были от -8,3 до -1,1 дБ; PSD от 1,1 до 4,6 дБ. По данным ОКТ ДЗН показатель Э/Д был от 0,22 до 0,75, а среднее значение толщины СНВС от 82,4 до 99,2 мкм.

По данным гониоскопии у всех пациентов угол передней камеры был средней ширины, открыт, степени экзогенной пигментации по балльно-количественной оценке соответствовали от I до IV, составляя в среднем $1,8 \pm 0,9$ балла. На 54 глазах отмечалась деструкция пигментной каймы с наличием

псевдоэксфолиативного материала по зрачковому краю радужки и передней поверхности хрусталика в 69,2% случаев.

У всех пациентов (78 глаз) было выполнено ОКТ переднего отрезка глаза с измерением морфометрических показателей Шлеммова канала, а также диаметра коллекторных канальцев (таблица 8, С. 47). Полученные средние значения морфометрических показателей Шлеммова канала и коллекторных канальцев достоверно отличались от здоровых пациентов (1-й контрольная группа): отмечалось достоверное уменьшение большой и малой осей Шлеммова канала, его сагиттальной площади, а также уменьшение среднего значения диаметра коллекторных канальцев ($p < 0,001$).

Исходная медикаментозная терапия включала применение преимущественно комбинированного лечения – на 60 глазах (76,9%), монотерапия проводилась на 18 глазах (23,1%). Среднее число применяемых лекарственных препаратов составило $1,9 \pm 0,7$, а среднее количество инстилляций в данной группе было $2,4 \pm 1,2$.

СЛТ выполнена у 78 больных (78 глаз) с начальной и развитой стадией первичной открытоугольной глаукомы.

Во 2-й контрольной группе (78 глаз) у пациентов интра- и послеоперационных осложнений не выявлено. Через 1 час после СЛТ на 8 глазах отмечалось реактивное повышение ВГД свыше 3 мм рт. ст., которое потребовало усиления медикаментозного лечения после операции – в 10,3% случаев.

На следующие сутки после выполнения СЛТ внутриглазное давление (P_0) снизилось до $16,2 \pm 2,9$ мм рт. ст. – на 5,4% от исходного уровня, показатель легкости оттока водянистой влаги составил $0,15 \pm 0,03$ мм³ / мм рт. ст. * мин – на 7,1% от исходного значения. Данные изменения были статистически недостоверны ($p > 0,05$).

Через 1 месяц после СЛТ ВГД (P_0) достоверно снизилось до $13,2 \pm 2,3$ мм рт. ст. – на 21,4% от исходного уровня за счет улучшения оттока водянистой влаги до $0,18 \pm 0,03$ мм³ / мм рт. ст. * мин – на 28,7% от исходного значения, коэффициент Беккера (КБ) уменьшился на 57,1% ($p < 0,05$). Средние значения

показателей гидродинамики глаза определялись в пределах значений среднестатистической нормы (таблица 17).

Через 6 мес. после операции у пациентов сохранялся гипотензивный эффект: среднее значение P_0 составляло $13,8 \pm 2,4$ мм рт. ст. – от исходного уровня уменьшилось на 18,9% ($p < 0,05$), а коэффициент легкости оттока водянистой влаги – $0,19 \pm 0,03$ мм³ / мм рт. ст. * мин. Данные изменения статистически достоверны ($p < 0,05$) в сравнении с исходными значениями. За 6 мес. наблюдения в послеоперационном периоде у пациентов 2-й контрольной группы отмечена стабилизация зрительных функций. Средний уровень внутриглазного давления (P_0) не превышал уровень индивидуально переносимого давления ($15,4 \pm 1,3$ мм рт. ст.).

Через 1 год ВГД (P_0) составляло $13,9 \pm 2,6$ мм рт. ст. – от исходного уровня снизилось на 17,3% ($p < 0,05$).

Из представленных данных в таблице 17 видно, что гипотензивный эффект операции за счет улучшения оттока водянистой влаги сохранялся в течение 1 года, в последующие 2 года зафиксировано повышение истинного ВГД до $14,7 \pm 2,6$ мм рт. ст. за счет снижения коэффициента легкости оттока водянистой влаги до $0,16 \pm 0,04$ мм³ / мм рт. ст. * мин. Если через 1 год после СЛТ гипотензивный эффект составлял 17,3% от первоначального уровня, то через 2 года гипотензивный эффект был равен только 12,5%.

Наиболее наглядно применение медикаментозного лечения у больных глаукомой при динамическом наблюдении представлено на рисунке 17.

Через 1 месяц медикаментозная терапия была сокращена: применение комбинированного лечения продолжалось на 38 глазах (48,7%), монотерапия – на 30 глазах (38,5%), отмена медикаментозного лечения произведена на 10 глазах (12,8%). Среднее число применяемых лекарственных препаратов достоверно уменьшилось с $1,9 \pm 0,7$ до $1,65 \pm 0,7$ ($t = 2,25$; $p < 0,05$), а среднее количество инстилляций в данной группе также достоверно снизилось с $2,4 \pm 1,2$ до $2,0 \pm 0,93$ ($t = 2,35$; $p < 0,05$).

Таблица 17 – Средние значения показателей гидродинамики глаза у пациентов 2-й контрольной группы до и после СЛТ, $M \pm \sigma$

Показатели	До лечения	Через 1 мес.	Через 6 мес.	Через 1 год	Через 2 года
ВГД (P ₀), мм рт. ст.	16,8 ± 2,8 *	13,2 ± 2,3 **	13,8 ± 2,4 **	13,9 ± 2,6 **	14,7 ± 2,6 **
C, мм ³ / мм рт. ст. × мин	0,13 ± 0,04 *	0,18 ± 0,03 **	0,19 ± 0,03 **	0,18 ± 0,04 **	0,16 ± 0,04 **
F, мм ³ / мин	1,3 ± 1,2	0,6 ± 0,4	0,8 ± 0,39	0,8 ± 0,39	0,82 ± 0,4
КБ	170,9 ± 133,9 *	73,3 ± 41,3 **	74,6 ± 42,5 **	75,2 ± 42,5 **	91,8 ± 45,8 **

Различия между средними значениями, отмеченные знаками * и **, статистически достоверны ($p < 0,01$)

Через 6 месяцев комбинированная терапия проводилась на 35 глазах (44,9%), монотерапия – на 31 глазу (39,7%), отмена медикаментозного лечения имела место на 12 глазах (15,4%). Среднее число применяемых лекарственных препаратов от исходных данных уменьшилось с $1,9 \pm 0,7$ до $1,6 \pm 0,8$ ($t = 2,5$; $p < 0,05$), а среднее количество инстилляций в данной группе снизилось с $2,4 \pm 1,2$ до $1,8 \pm 0,7$ ($t = 3,8$; $p < 0,001$).

Через 1 год комбинированная медикаментозная терапия проводилась на 38 глазах (48,7%), монотерапия – на 31 глазу (39,8%), отмена медикаментозного лечения отмечалась на 9 глазах (11,5%). Среднее число применяемых лекарственных препаратов составило $1,41 \pm 0,9$ ($t = 2,0$; $p < 0,05$), а среднее количество инстилляций в данной группе было равно до $2,2 \pm 1,27$ ($t = 1,76$; $p > 0,05$).

Через 2 года комбинированная терапия применялась на 44 глазах (56,4%), монотерапия – на 26 глазах (33,3%), отмена медикаментозного лечения отмечалась на 8 глазах (10,3%). Среднее число применяемых лекарственных препаратов повысилось до $1,42 \pm 0,74$ ($t = 0,8$; $p > 0,05$), а среднее количество инстилляций в данной группе составило $2,1 \pm 1,2$ ($t = 1,3$; $p > 0,05$). Различие с исходными средними значениями данных показателей было недостоверным ($p > 0,05$).

В таблице 18 представлены средние значения клинико-функциональных показателей у пациентов 2-й контрольной группы (78 глаз) до СЛТ и через 1 и 6 мес., а также через 1 и 2 года после лазерной хирургии. Стабилизация зрительных функций и морфометрических показателей ДЗН была отмечена на 66 глазах (в 84,6% случаев).

Таблица 18 – Средние значения клинко-функциональных показателей до лечения и после СЛТ у пациентов 2-й контрольной группы

Показатели	До лечения	Через 1 мес.	Через 3 мес.	Через 6 мес.	Через 1 год	Через 2 года	p
МКОЗ	0,7 ± 0,23	0,69 ± 0,24	0,68 ± 0,25	0,7 ± 0,24	0,7 ± 0,24	0,66 ± 0,28	> 0,05
MD	-4,68 ± 1,8	-4,65 ± 1,7	-4,63 ± 1,9	-4,67 ± 1,8	-4,74 ± 1,9	-4,78 ± 1,9	> 0,05
PSD	2,98 ± 0,8	2,8 ± 0,85	2,82 ± 0,83	2,89 ± 0,9	2,97 ± 0,9	3,2 ± 0,85	> 0,05
ВГД (P ₀), мм рт. ст.	16,8 ± 2,7	13,2 ± 3,7	13,4 ± 3,6	13,8 ± 3,4	13,9 ± 3,6	14,7 ± 3,2	< 0,05
Площадь ДЗН, мм ²	1,84 ± 0,48	1,83 ± 0,47	1,82 ± 0,49	1,83 ± 0,5	1,83 ± 0,5	1,84 ± 0,5	> 0,05
Э/Д	0,49 ± 0,13	0,48 ± 0,11	0,46 ± 0,13	0,47 ± 0,14	0,51 ± 0,15	0,54 ± 0,16	> 0,05
Средняя общая толщина СНВС, мкм	90,8 ± 4,2	90,9 ± 4,4	90,8 ± 4,3	90,7 ± 4,3	90,5 ± 4,4	90,3 ± 4,5	> 0,05
ПЭК, кл / мм ²	2320 ± 231,4	2312 ± 240,6	2298 ± 239,7	2325 ± 222,6	2290 ± 291,3	2260 ± 229,2	> 0,05

Для оценки выраженности воспалительной реакции после СЛТ у пациентов 2-й контрольной группы были определены значения интерлейкинов 6 и 17, ФНО-альфа, которые представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Средние значения интерлейкинов 6 и 17, ФНО- у пациентов 2-й контрольной группы до и после СЛТ, $M \pm \sigma$, 78 глаз

Показатели	До лечения	После лечения (через 1 нед.)	После лечения (через 1 мес.)	После лечения (через 3 мес.)
Интерлейкин 6, пг/мл Me [Q1; Q3] Z (p)	49,5 ± 6,0 50,2 [45,8; 53,2] –	99,5 ± 13,0 101 [91,3; 107] 7,67 (<0,001)	350,1 ± 41,7 354 [320; 380] 7,7 (<0,001)	50,8 ± 12,1 47,6 [42,8; 55,1] 0,35 (0,72)
Интерлейкин 17, пг/мл Me [Q1; Q3] t (p)	772,1 ± 383,9 780 [560; 935] –	775,6 ± 385,7 800 [570; 935] 0,06 (>0,05)	849,3 ± 422,3 858 [616; 1028] 1,2 (>0,05)	830,8 ± 413,1 839 [603; 1006] 0,92 (>0,05)
ФНО-α, пг/мл Me [Q1; Q3] Z (p)	356,3 ± 172,5 365 [270; 420] –	703,3 ± 345,3 732,5 [530; 840] 7,34 (<0,001)	629 ± 306,5 637,5 [470; 730] 7,67 (<0,001)	368 ± 183,8 365 [270; 432] 0,4 (>0,05)

После СЛТ через 1 неделю и 1 мес. отмечалось достоверное повышение уровня интерлейкина 6 и ФНО с последующим снижением их значений через 3 мес. после операции.

В таблице 20 представлены средние значения показателей гидродинамики глаза у больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы до лазерной хирургии (2-я контрольная группа).

Таблица 20 – Средние значения показателей гидродинамики глаза у больных 2-й контрольной группы с начальной (42 глаза) и развитой (36 глаз) стадиями первичной открытоугольной глаукомы до СЛТ, $M \pm \sigma$

Показатели	Начальная стадия	Развитая стадия	t	p
ВГД (P_0), мм рт. ст.	$15,9 \pm 2,1$	$18,2 \pm 2,3$	4,6	< 0,001
C, мм ³ / мм рт. ст. * мин	$0,15 \pm 0,012$	$0,12 \pm 0,011$	11,5	< 0,001
F, мм ³ / мин	$0,87 \pm 0,25$	$1,1 \pm 0,4$	2,9	< 0,05
КБ	$112 \pm 37,9$	$156,5 \pm 33,4$	5,5	< 0,001

У больных с развитой стадией ПОУГ достоверно отмечались более высокий уровень ВГД и более низкое значение показателя легкости оттока водянистой влаги в отличие от пациентов с начальной стадией глаукомы.

На рисунке 18 представлены изменения средних значений истинного ВГД (P_0) у больных с начальной и развитой стадиями глаукомы после СЛТ при динамическом наблюдении.

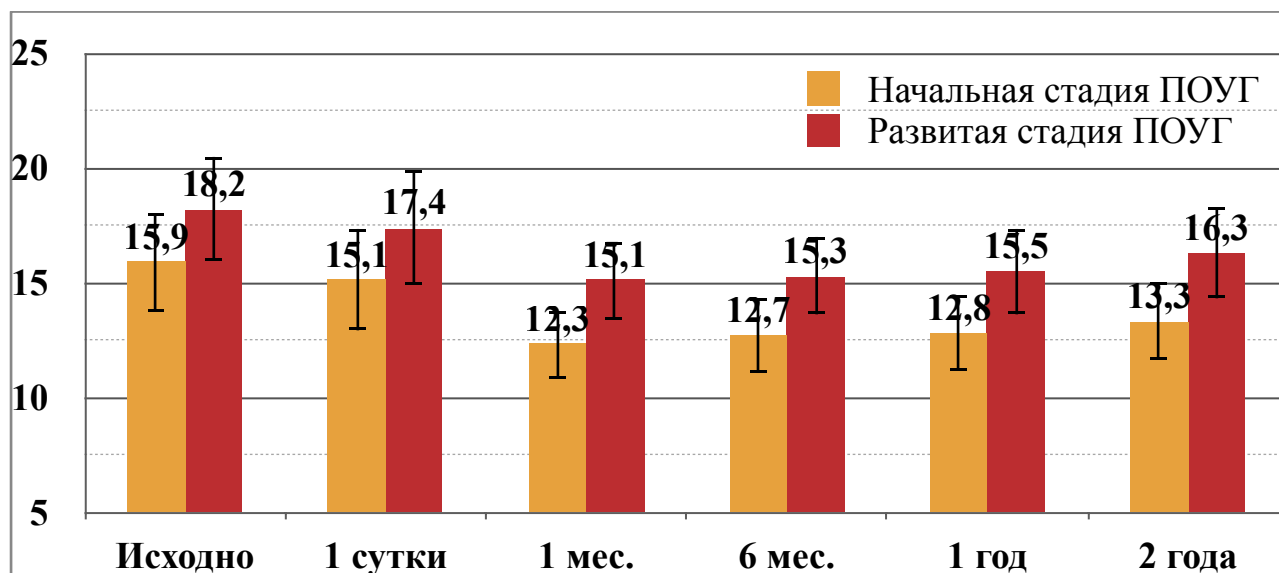


Рисунок 18 – Изменение истинного ВГД (P_0 , мм рт. ст.) после СЛТ у пациентов 2-й контрольной группы

При начальной стадии на следующие сутки после операции уровень ВГД (P_0) снизился до $15,1 \pm 2,2$ мм рт. ст. ($M \pm \sigma$) – на 5,0%, а при развитой стадии до $17,4 \pm 2,3$ мм рт. ст. ($M \pm \sigma$) – на 4,4%. Данные изменения были статистически недостоверными ($p > 0,05$).

Максимальный гипотензивный эффект после СЛТ был выявлен через 1 месяц: при начальной стадии глаукомы офтальмотонус снизился на 22,5% от исходного уровня – до $12,3 \pm 2,4$ мм рт. ст., а при развитой стадии – на 20% (до $15,1 \pm 2,5$ мм рт. ст.). Различия между исходными средними значениями P_0 до и через 1 месяц после СЛТ статистически достоверны: при начальной ($t = 7,35$; $p < 0,001$) и развитой ($t = 5,47$; $p < 0,001$) стадиях глаукомы. Достоверное различие отмечалось также после СЛТ между средними значениями ВГД (P_0) при начальной и развитой стадиях первичной открытоугольной глаукомы ($t = 5,0$; $p < 0,001$). Это означает, что наиболее низкие значения ВГД после операции, более выраженный гипотензивный эффект, зафиксированы у больных с начальной стадией глаукомы.

Более выраженный гипотензивный эффект через 6 мес. после СЛТ также был отмечен у больных с начальной стадией глаукомы. Среднее значение ВГД (P_0) при начальной стадии снизилось от исходного уровня на 20,1% и было равно $12,7 \pm 2,3$ мм рт. ст., а при развитой стадии – на 16% и соответствовало $15,3 \pm 2,3$ мм рт. ст. Различия между средними значениями статистически достоверно ($t = 4,9$; $p < 0,001$).

Через 1 год после СЛТ среднее значение офтальмотонуса (P_0) снизилось от исходного уровня на 19,5% – до $12,8 \pm 2,2$ мм рт. ст., а при развитой стадии – на 14,8%, до $15,5 \pm 2,4$ мм рт. ст. Различия между средними значениями статистически достоверно ($t = 5,1$; $p < 0,001$).

Через 2 года после СЛТ среднее значение офтальмотонуса (P_0) у пациентов с начальной стадией было ниже исходного уровня на 16,4% – до $13,3 \pm 2,4$ мм рт. ст., а при развитой стадии – на 11,5%, до $16,3 \pm 2,5$ мм рт. ст. Различия между средними значениями статистически достоверно ($t = 5,3$; $p < 0,001$). Полученные результаты указывают, что наилучший гипотензивный эффект после СЛТ отмечался у больных с начальной стадией первичной открытоугольной глаукомы.

Для достижения индивидуально переносимого уровня ВГД за период от 6 месяцев до 2 лет наблюдения была выполнена повторная СЛТ (рисунок 19):

через 6 месяцев после операции – в 8,9% случаев (на 7 глазах), через 1 год – в

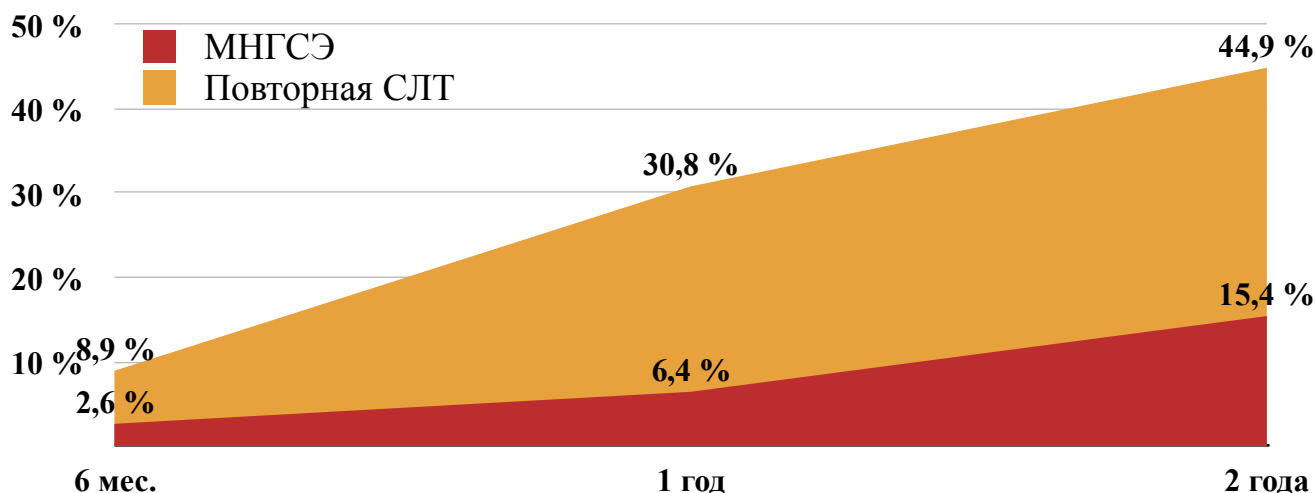


Рисунок 19 – Частота выполнения повторной СЛТ и хирургического лечения глаукомы (МНГСЭ) у пациентов 2-й контрольной группы 30,8% (на 24 глазах) и через 2 года – 44,9% случаев (на 35 глазах).

При повышении офтальмотонуса выше индивидуально переносимого уровня ВГД на максимальной гипотензивной медикаментозной терапии и при прогрессировании глаукомной оптической нейропатии по данным автоматизированной статической периметрии и ОКТ ДЗН выполнено хирургическое лечение глаукомы (МНГСЭ) в течение 2 лет наблюдений (рисунок 13): через 6 мес. – в 2,6% случаев (на 2 глазах), через 1 год – в 6,4% (на 5 глазах) и через 2 года – на 12 глазах (15,4%). Все операции МНГСЭ были выполнены у пациентов с развитой стадией первичной открытоугольной глаукомы. Стабилизация зрительных функций и морфометрических показателей ДЗН отмечена на 66 глазах (в 84,6% случаев).

Таким образом, в настоящее время «золотым стандартом» лазерной хирургии ПОУГ является селективная лазерная трабекулопластика. Однако гипотензивный эффект СЛТ может быть недостаточным для достижения индивидуально переносимого значения ВГД, особенно в первые сутки после операции. Это связано с тем, что снижение ВГД после СЛТ обусловлено улучшением оттока ВГЖ за счет фототермолизиса пигментных гранул в зоне трабекулы. Фототермолиз пигментных гранул проходит в течение месяца и поэтому максимальный гипотензивный эффект отмечался только через 1 месяц

после операции. Кроме того, достигаемый результат после СЛТ может быть нестойким, из-за чего необходимо дополнительное проведение СЛТ уже через 6 мес. после операции – в 8,9% случаев, через 1 год – в 30,8%, а через 2 года – в 44,9% случаев.

Это обусловлено тем, что при динамическом наблюдении выявлено снижение гипотензивного эффекта СЛТ вследствие ухудшения оттока водянистой влаги, особенно через 1 и 2 года наблюдения. Стабилизация зрительных функций и морфометрических показателей ДЗН отмечена после СЛТ на 66 глазах (в 84,6% случаев).

5.3. Сравнительный анализ результатов применения селективной лазерной трабекулопластики и комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ в лечении первичной открытоугольной глаукомы

Целью данного раздела является сравнительная оценка эффективности и безопасности применения СЛТ и комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сочетании с СЛТ в лечении пациентов с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы.

Следует отметить, что до проведения лазерной хирургии группы были сопоставимы по возрасту и гендерному признаку (Глава 2. С. 36-37).

Различия между исходными средними значениями клинико-функциональных показателей у пациентов основной (87 глаз) и 2-й контрольной (78 глаз) групп были статистически недостоверными (Глава 3, С.44).

Различие в медикаментозной терапии до выполнения лазерной хирургии между основной и 2-й контрольной группами было также недостоверным (таблица 21).

Таблица 21 – Частота применения и средние значения количества инстилляций и применяемых лекарственных препаратов у пациентов 2-й контрольной и основной групп до выполнения лазерной хирургии, $M \pm \sigma$

Показатели	2-я контрольная группа	Основная группа	t	p
Комбинированная терапия	76,9 %	80,5 %	0,56	> 0,05
Монотерапия	23,1 %	19,5 %	0,56	> 0,05
Среднее значение количества лекарственных препаратов	$1,9 \pm 0,7$	$2,1 \pm 0,86$	1,6	> 0,05
Среднее количество инстилляций в день	$2,4 \pm 1,2$	$2,57 \pm 1,16$	0,9	> 0,05

У всех пациентов было выполнено ОКТ переднего отрезка глаза с измерением морфометрических показателей Шлеммова канала, а также диаметра коллекторных канальцев и определена их локализация относительно лимба. Различия между значениями морфометрических показателей Шлеммова канала и коллекторных канальцев у пациентов основной и 2-й контрольной групп до лазерной хирургии были статистически недостоверны (таблица 8, с. 47), что указывало на однородность групп по данным показателям.

У пациентов 2-й контрольной группы (78 глаз) через 1 час после СЛТ на 8 глазах (10,3%) отмечалось реактивное повышение ВГД свыше 3 мм рт. ст., которое требовало усиления медикаментозного лечения после операции. У пациентов основной группы реактивного повышения ВГД не отмечалось, что было обусловлено созданием трабекулостом и значительным улучшением оттока водянистой влаги уже на следующие сутки после операции.

Так, на следующие сутки после применения комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сочетании с СЛТ внутриглазное давление (P_0) снизилось с $17,7 \pm 3,5$ мм рт. ст. до $12,4 \pm 2,8$ мм рт. ст. – на 30% от исходного уровня за счет улучшения оттока водянистой влаги до $0,26 \pm 0,07$ мм³ / мм рт. ст. * мин – на 117% от исходного значения

Таблица 22 – Средние значения показателей гидродинамики у пациентов 2-й контрольной (78 глаз) и основной (87 глаз) групп после лазерной хирургии, $M \pm \sigma$

Показатели	Через 1 мес. 2-я контрольная группа	Через 1 мес. основная группа	Через 6 мес. 2-я контрольная группа	Через 6 мес. основная группа	Через 1 год 2-я контрольная группа	Через 1 год основная группа	Через 2 года 2-я контрольная группа	Через 2 года основная группа
P_0 , мм рт. ст.	13,2 (11-21,6)	12,4 (10,5-15,3)	13,8 (9,8-21,3)	12,3 (10,0-14,3)	13,9 (10,2-21,3)	12,3 (9-15,5)	14,7 (11-21,6)	13,1 (11,0-17,3)
Me [Q1; Q3]	13,15 [12;14]	12,2 [11,4; 13,2]	13,6[12,4; 14,7]	13,2[11,6; 13,0]	13,65 [12,8; 14,6]	12,1 [11,7; 13]	14,5[12,5; 16,3]	12,9[12,3; 13,7]
Z (p)		3,69 (<0,001)		6,13 (<0,001)		6,34 (<0,001)		4,32 (<0,001)
C_s , ммз / мм рт. ст. * мин	0,18 (0,12-0,25)	0,25 (0,16-0,36)	0,19 (0,13-0,24)	0,26 (0,15-0,36)	0,18 (0,13-0,23)	0,24 (0,16-0,36)	0,16 (0,09-0,29)	0,25 (0,15-0,35)
Me [Q1; Q3]	0,18 [0,16; 0,2]	[0,22; 0,27]	0,19 [0,17; 0,21]	0,25[0,23; 0,28]	0,18 [0,16; 0,2]	[0,22; 0,27]	0,16 [0,13; 0,2]	[0,22; 0,26]
Z (p)		-8,47 (<0,001)		-9,7 (<0,001)		-9,05 (<0,001)		-8,08 (<0,001)
F_s , ммз / мин	0,6 (0,2-2,2)	0,97 (0,3-2,1)	0,8 (0,35-2,1)	0,63 (0,3-1,0)	0,75 (0,35-1,8)	0,73 (0,3-1,3)	0,82 (0,2-2,1)	0,84 (0,3-1,4)
Me [Q1; Q3]	0,55 [0,4; 0,7]	0,9 [0,8; 1,2]	0,7[0,6; 0,8]	0,67[0,5; 0,78]	0,7 [0,6; 0,9]	0,7 [0,6; 0,9]	0,75[0,6; 1,0]	0,84[0,7; 1,0]
Z (p)		-7,2 (<0,001)		2,0 (0,043)		-0,54 (0,58)		-1,45 (0,14)
КБ, Me [Q1; Q3]	74,5 (15,6-115,4)	56,2 (34,3-89)	74,5 (48-136)	47,0 (30-82)	75,2 (48-125,3)	48,7 (30-91)	91,7 (31-212)	52,0 (30-106)
Z (p)	74 [65; 82]	54 [48; 62]	73,3 [64; 83]	46 [41; 52]	74 [65; 83]	48 [42; 53]	84,5 [69; 109]	51 [44; 58]
		7,1 (<0,001)		9,8 (<0,001)		9,3 (<0,001)		8,26 (<0,001)

(рисунки 20, 21). Различие между средними значениями данных показателей до и через 1 сутки после операции в основной группе были статистически достоверны ($t = 11,0$; $p < 0,001$).

У пациентов 2-й контрольной группы на следующие сутки после операции ВГД снизилось с $16,8$ мм рт. ст. до $16,2 \pm 2,9$ мм рт. ст. – только на $5,4\%$, коэффициент легкости оттока водянистой влаги улучшился с $0,14$ мм³ / мм рт. ст. * мин до $0,15 \pm 0,03$ мм³ / мм рт. ст. * мин – только на 7% от исходного уровня. Данные изменения были статистически недостоверными ($p > 0,05$).

Различия между средними значениями P_0 и средними значениями коэффициента легкости оттока (С) через 1 сутки после операций у пациентов основной и 2-й контрольной групп были статистически достоверными: $t = 8,5$; $p < 0,001$ и $t = 13,3$; $p < 0,001$ соответственно.

Наиболее наглядно изменение уровня ВГД (P_0) и коэффициента легкости оттока у пациентов основной и 2-й контрольной групп представлены на рисунках 20 и 21.

После СЛТ максимальный гипотензивный эффект у пациентов 2-й контрольной группы при динамическом наблюдении наблюдался через 1 мес. после операции (рисунок 20) и составлял $21,5\%$. Однако среднее значение ВГД было достоверно больше ($Z = 3,69$; $p < 0,001$), а среднее значение коэффициента легкости оттока водянистой влаги достоверно меньше ($Z = -8,47$; $p < 0,001$) результатов, которые были получены у пациентов основной группы, (таблица 21).

Наиболее наглядно изменение уровня ВГД (P_0) и коэффициента легкости оттока у пациентов основной и 2-й контрольной групп представлены на рисунках 20 и 21.

После СЛТ максимальный гипотензивный эффект у пациентов 2-й контрольной группы при динамическом наблюдении наблюдался через 1 мес. после операции (рисунок 20) и составлял 21,5%. Однако среднее значение ВГД было достоверно больше ($Z = 3,69$; $p < 0,001$), а среднее значение коэффициента легкости оттока водянистой влаги достоверно меньше ($Z = -8,47$; $p < 0,001$) результатов, которые были получены у пациентов основной группы, (таблица 21).

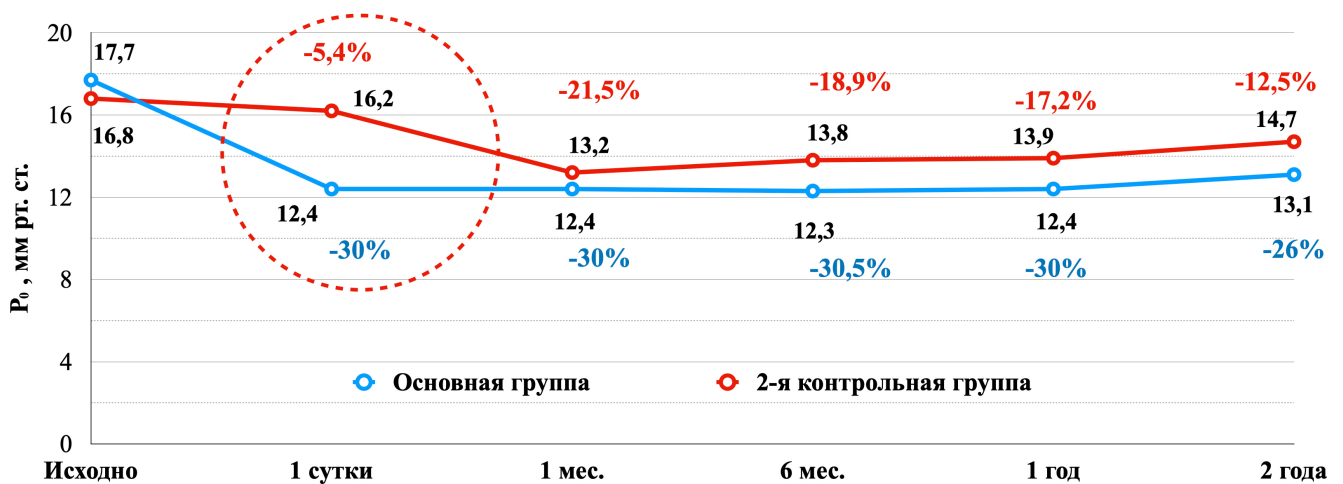


Рисунок 20 – Динамика ВГД (P_0) в основной и 2-й контрольной группах

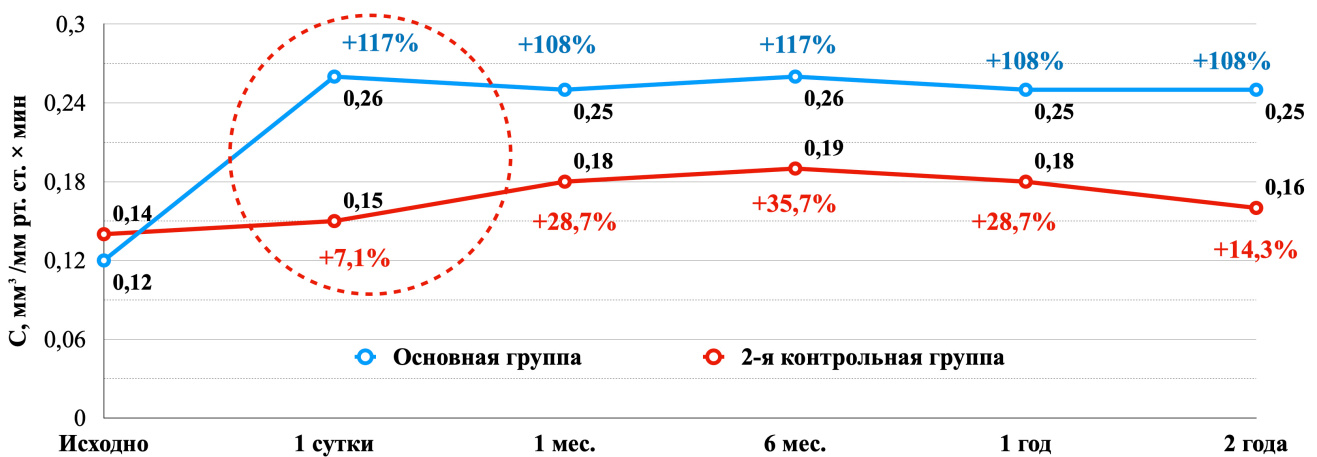


Рисунок 21 – Динамика коэффициента легкости оттока водянистой влаги в основной (оптимизированная YAG-лазерная трабекулостомия) и 2-й контрольной (СЛТ) группах

Через 1 месяц после применения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сочетании с СЛТ у пациентов основной группы P_0 снизилось до 12,4 мм рт. ст. – на 30% от исходного уровня за счет улучшения оттока водянистой влаги до 0,25 мм³ / мм рт. ст. * мин – на 108% от исходного значения

(таблица 21). Различие между медианами коэффициента легкости оттока водянистой влаги у пациентов основной 0,25 [0,22; 0,27] и 2-й контрольной групп 0,18 [0,16; 0,2] было статистически достоверным ($Z = -8,47$; $p < 0,001$).

Через 6 месяцев после операции у пациентов основной группы сохранялся гипотензивный эффект: среднее значение P_0 составляло 12,3 мм рт. ст. – снизилось на 30,5% от исходного уровня, а коэффициент легкости оттока водянистой влаги – 0,26 мм³ / мм рт. ст. * мин – на 117% от исходного значения. Полученные результаты у пациентов основной группы достоверно отличались по уровню P_0 ($Z = 6,13$; $p < 0,001$) и значению коэффициента легкости оттока ($Z = -9,7$; $p < 0,001$) от 2-й контрольной группы. Гипотензивный эффект СЛТ у пациентов 2-й контрольной группы был равен 18,9%.

Через 1 год после СЛТ отмечалось постепенное снижение гипотензивного эффекта до 17,2% (13,9 мм рт. ст.). После оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сочетании с СЛТ сохранялся гипотензивный эффект, который был равен 30% (12,4 мм рт. ст.). Различие между группами статистически достоверно ($Z = 6,34$; $p < 0,001$).

Через 2 года снижение ВГД после СЛТ составило 12,5% (до 14,7 мм рт. ст.), а после применения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сочетании с СЛТ – до 26 % (до 13,1 мм рт. ст.). Различие между группами статистически достоверно ($Z = 4,32$; $p < 0,001$).

При анализе гипотензивного эффекта лазерной хирургии в зависимости от стадии глаукомы следует отметить достоверный ($p < 0,05$) более выраженный эффект снижения ВГД (P_0) у пациентов основной группы (рисунок 22). Через 2 года наблюдений гипотензивный эффект операции у больных основной группы был более выраженным в начальной ($t = 3,1$; $p < 0,01$) и развитой стадиях ($t = 3,6$; $p < 0,001$) при сравнении с результатами 2-й контрольной группы.

У пациентов основной группы через 1 год комбинированная терапия применялась только на 22 глазах (25,3%), монотерапия – на 45 глазах (51,7%), отмена медикаментозного лечения (абсолютный успех) имела место на 20 глазах (23,0%). Среднее число применяемых лекарственных препаратов

составило $1,0 \pm 0,7$ ($p = 0,002$), а среднее количество инстилляций в данной группе уменьшилось до $1,14 \pm 0,85$ ($p < 0,001$).

В отличие от 2-й контрольной группы при сравнении процентного соотношения применяемого гипотензивного режима (монотерапия, комбинированная терапия, отмена гипотензивных средств) у основной группы через 1 год наблюдений было на 23,4% достоверно меньше случаев применения комбинированных средств ($t = 3,19$; $p < 0,01$) и отмена гипотензивной терапии в 23% случаев в отличие от контрольной группы – 11,5% случаев (рисунок 24).

У пациентов основной группы через 2 года комбинированная терапия применялась – только на 25 глазах (28,7%), монотерапия – на 46 глазах (52,9%), отмена медикаментозного лечения (абсолютный успех) имела место на 16 глазах (18,4%). Среднее число применяемых лекарственных препаратов составило $1,1 \pm 0,66$ ($p < 0,001$), а среднее количество инстилляций в данной группе было равно $1,35 \pm 1,07$ ($p = 0,003$). В отличие от 2-й контрольной группы при сравнении процентного соотношения применяемого гипотензивного режима (монотерапия, комбинированная терапия, отмена гипотензивных средств) у основной группы через 2 года наблюдений было на 27,7% достоверно меньше случаев применения комбинированных средств ($t = 3,74$; $p < 0,001$) и отмена гипотензивной терапии в 18,4% случаев в отличие от контрольной группы, что отмечалось только в 10,3% случаев (рисунок 22).

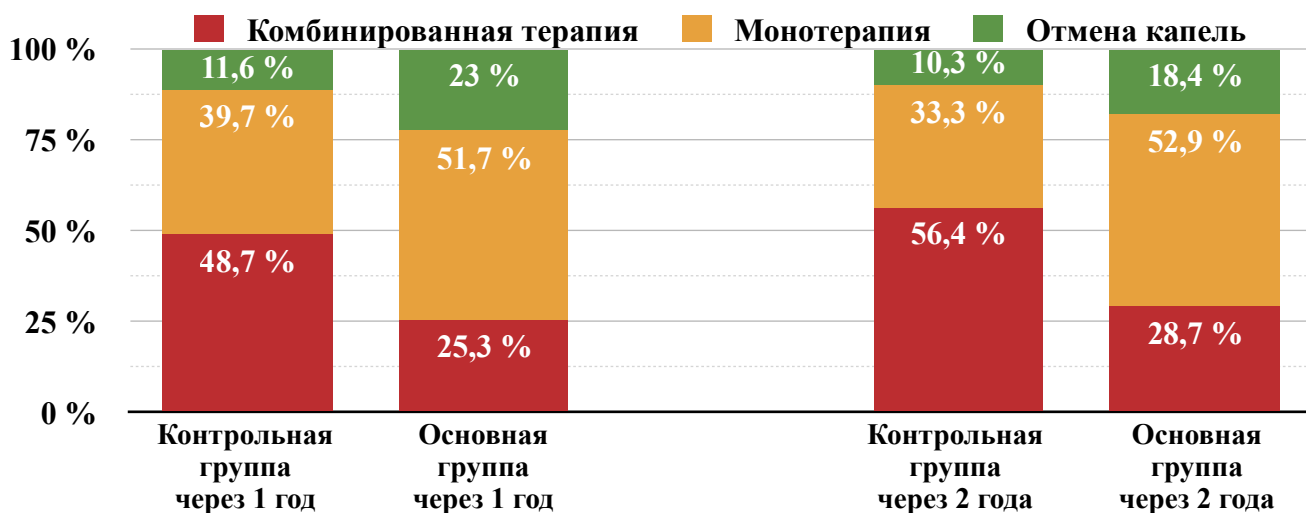


Рисунок 22 – Медикаментозная гипотензивная терапия у пациентов основной и 2-й контрольной группы через 1 и 2 года после лазерной хирургии

В таблицах 23 и 24 представлены средние значения количества применяемых лекарственных препаратов и их инстилляций у пациентов основной и контрольной групп через 1 и 2 года после лазерной хирургии.

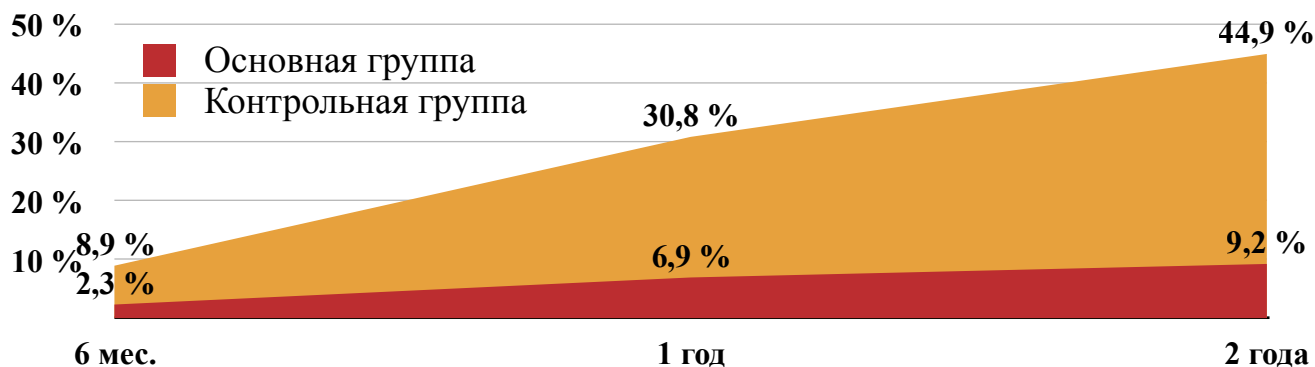


Рисунок 23 – Частота выполнения повторной СЛТ у пациентов основной и 2-й контрольной группы

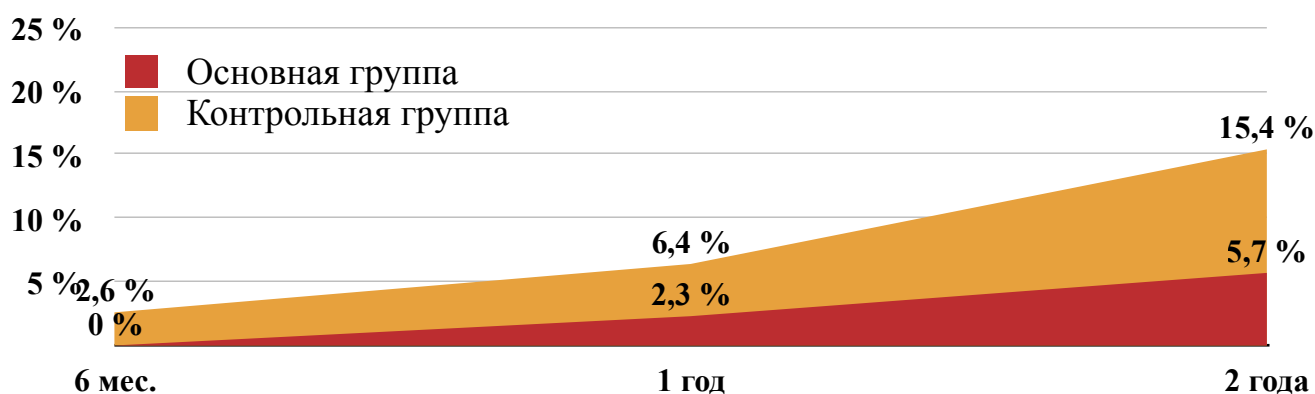


Рисунок 24 – Частота выполнения повторной СЛТ и хирургического лечения глаукомы (МНГСЭ) у пациентов основной и 2-й контрольной группы

Таблица 23 – Средние значения количества инстилляций и применяемых лекарственных препаратов у пациентов 2-й контрольной и основной групп через 1 год после лазерной хирургии, $M \pm \sigma$, Me [Q1;Q3]

Показатели	2-я контрольная группа	Основная группа	U	Z	p
Среднее значение количества лекарственных препаратов	$1,41 \pm 0,74$ 1,0 [1,0; 2,0]	$1,0 \pm 0,7$ 1,0 [1,0; 2,0]	2457,5	-3,05	0,002
Среднее количество инстилляций в день	$2,2 \pm 1,27$ 2,0 [2,0; 2,0]	$1,14 \pm 0,85$ 1,0 [1,0; 2,0]	1688,5	-5,56	< 0,001

Таблица 24 – Средние значения количества инстилляций и применяемых лекарственных препаратов у пациентов 2-й контрольной и основной групп через 2 года после лазерной хирургии, $M \pm \sigma$, Me [Q1;Q3]

Показатели	2-я группа контрольная	Основная	U	Z	p
Среднее количество лекарственных препаратов	1,4 ± 0,54 1,0 [1,0; 2,0]	1,1 ± 0,66 1,0 [1,0; 2,0]	2134	-3,9	< 0,001
Среднее количество инстилляций в день	2,1 ± 1,2 2,0 [2,0; 2,0]	1,35 ± 1,07 1,0 [1,0; 2,0]	2419,5	-2,97	0,003

Через 1 и 2 года у пациентов основной группы отмечена достоверно меньшая частота применения комбинированной терапии, а также более низкие средние значения количества лекарственных препаратов и их инстилляций, чем у пациентов 2-й контрольной группы ($p < 0,05$).

В таблице 25 представлен сравнительный анализ содержания интерлейкина 6 и 17, ФНО- α в слезе у пациентов 2-й контрольной и основной групп после лазерной хирургии.

Таблица 25 – Средние значения количества инстилляций и применяемых лекарственных препаратов у пациентов 2-й контрольной и основной групп через 1 мес. после лазерной хирургии, $M \pm \sigma$, Me [Q1;Q3]

Показатели	2-я группа контрольная	Основная	U	Z	p
Интерлейкин 6, пг/мл	350,1 ± 41,7 354 [320; 380]	352,3 ± 41,4 356 [273; 440]	3297	0,31	0,75
Интерлейкин 17, пг/мл	849,3 ± 422,3 858 [616; 1028]	841,3 ± 498,3 856 [614; 1025]	2953	1,43	0,15
ФНО- α	629 ± 306,5 637,5 [470; 730]	624,6 ± 295,2 630 [490; 730]	3361	0,1	0,9

Из таблицы видно, что через 1 мес. после лазерной хирургии выраженность воспалительной реакции между группами достоверно не различалась ($p > 0,05$). Данный результат указывает на сопоставимый уровень

безопасности комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сочетании с селективной лазерной трабекулопластикой со стандартной операцией СЛТ.

За 2 года наблюдения в послеоперационном периоде у пациентов основной группы отмечена стабилизация зрительных функций, средний уровень внутриглазного давления (P_0) не превышал уровень индивидуально переносимого давления ($15,1 \pm 1,15$ мм рт. ст.). Уровень офтальмотонуса (P_0) достоверно снизился от исходного уровня за 2 года на 26,2% ($p < 0,05$). Для достижения индивидуально переносимого уровня ВГД за период от 6 мес. до 2 лет наблюдения была выполнена повторная СЛТ в основной группе на 8 глазах – в 9,2% случаев (рисунок 23).

Во второй контрольной группе для достижения уровня индивидуально переносимого давления, которое было равно $15,4 \pm 1,3$ мм рт. ст., выполнена повторная СЛТ на 35 глазах – в 44,9% случаев (рисунок 23).

При повышении офтальмотонуса выше индивидуально переносимого уровня ВГД на максимальной гипотензивной медикаментозной терапии и при прогрессировании глаукомной оптической нейропатии по данным автоматизированной статической периметрии и ОКТ ДЗН выполнено в основной группе хирургическое лечение глаукомы в течение 2 лет наблюдений (рисунок 24) – на 5 глазах (5,7%), а у пациентов 2-й контрольной группы – на 12 глазах (15,4%).

Исходя из вышесказанного, применение оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сочетании с СЛТ позволяет обеспечить устойчивое снижение ВГД уже на следующий день после операции за счет улучшения оттока ВГЖ, путем воздействия на оба звена в патогенезе ПОУГ: уменьшение пигментации трабекулы за счет фототермолизиса пигментных гранул и формирование в трабекулярной сети трабекулостом с учетом расположения коллекторных канальцев по отношению к Шлеммову каналу.

Таким образом, разработанная технология оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в лечении больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы позволяет в отличие от 2-й контрольной

группы достигнуть более выраженного гипотензивного эффекта операции до 30% ($p < 0,05$), который отмечался на следующие сутки и через 1 год после лазерной хирургии и был обусловлен достоверным ($p < 0,001$) улучшением показателя легкости оттока водянистой влаги (на 117% от исходного уровня). Через 2 года наблюдений гипотензивный эффект операции составлял 26% от исходного уровня офтальмотонуса, тогда как после СЛТ составлял только 12,5%. Абсолютный успех лазерной операции с отменой медикаментозной терапии в течение 2 лет наблюдений зафиксирован в основной группе в 18,4% случаев, а в контрольной группе только в 10,3%; применение комбинированной терапии уменьшилось в основной группе до 28,7%, а в контрольной группе было в 1,96 раза больше случаев их применения и составляло 56,4% ($t = 3,7$; $p < 0,001$); переход на монотерапию увеличился в основной группе до 52,9%, а в контрольной группе только до 33,3% случаев. Среднее число применяемых лекарственных препаратов достоверно было меньше в отличие от 2-й контрольной группы и составило $1,1 \pm 0,66$ ($p < 0,001$), а среднее количество инстилляций в данной группе уменьшилось до $1,35 \pm 1,07$ ($p < 0,001$). Необходимость в повторной лазерной хирургии в основной группе отмечалось в 9,2% случаев, а после СЛТ в 4,8 раза чаще – в 44,9% случаев ($t = 5,5$; $p < 0,001$). За двухлетний период наблюдения в основной группе отмечена стабилизация зрительных функций в 94,3% случаев; в 5,7% потребовалось хирургическое лечение. Во 2-й контрольной группе стабилизация зрительных функций отмечена в 84,6% случаев, а необходимость в хирургическом лечении в 2,7 раза чаще – в 15,4% случаев ($t = 2,0$; $p < 0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Глаукома остаётся одной из актуальнейших проблем офтальмологии: отмечается значительное её распространение и серьёзный прогноз заболевания. Число больных глаукомой в мире в 2020 г. составило около 80 млн. человек, причем к 2040 году оно может увеличиться до 112 млн. [34, 165]. Полностью слепых от глаукомы на сегодняшний день – более 11 млн. человек. В Российской Федерации среди причин слепоты и слабовидения глаукома занимает первое место [45, 49].

Оценка эффективности патогенетического лечения глаукомы основывается на достижении индивидуального уровня ВГД, стабилизации зрительных функций на основе результатов стандартной автоматизированной периметрии, отсутствии прогрессирования глаукомной оптической нейропатии по данным офтальмоскопии, оптической когерентной томографии диска зрительного нерва и сетчатки [46, 47, 72]. Несмотря на многообразие и гипотензивный эффект современных медикаментозных препаратов, ведущая роль в лечении глаукомы продолжает оставаться за лазерными и хирургическими методами [21].

Методы лазерной хирургии, снижающие повышенное ВГД за счет воздействия на трабекулярную сеть и улучшающие отток водянистой влаги через Шлеммов канал и коллекторные каналы, относятся к основным направлениям лечения первичной открытоугольной глаукомы [30, 49].

Лазерная гониопунктура, предложенная в 1972 г., использовалась для создания прямого сообщения между передней камерой глаза и эмиссариями. Офтальмотонус снижался в среднем на 12 мм рт. ст., его нормализация отмечалась в 90% случаев [37], однако, избыточная лазерная энергия приводила к повреждению и последующему рубцеванию трабекулы, повышала риск возникновения гифемы в раннем послеоперационном периоде [38].

Методика аргон-лазерной трабекулопластики появилась в 1979 г. и получила широкое распространение в офтальмологической практике, продемонстрировав высокую эффективность у больных первичной

открытоугольной глаукомой. Однако многочисленные морфологические исследования показали, что АЛТ приводит к коагулирующему разрушению трабекулярной сети в местах лазерных аппликаций [173].

С 1995 года по настоящее время активно используется методика селективной лазерной трабекулопластики с использованием YAG-лазера. Снижение ВГД после СЛТ происходит вследствие улучшения оттока водянистой влаги, которое обусловлено фототермолизисом пигментных гранул трабекулярной сети [135].

Дальнейшее совершенствование методики привело к разработке новых вариантов ее исполнения: селективная лазерная активация трабекулы (СЛАТ) и надпороговая СЛТ [9, 68, 69]. Данные методы обладают более выраженным воздействием лазерной энергии на пигментные гранулы ТС, обуславливая более выраженный их фототермолизис и улучшение оттока водянистой влаги.

Однако отсутствие стойкого гипотензивного эффекта лазерных операций привело к поиску новых методов и комбинаций с различным механизмом воздействия на трабекулу: комбинация трабекулопунктуры и ЛТП, а также СЛТ и ЛТП одномоментно, или ЛТП и СЛТ через 4-6 недель [59]. К недостаткам данных методов можно отнести: применение высокой суммарной мощности лазерной энергии, коагулирующее воздействие ЛТП на трабекулу с возможным формированием фиброваскулярной мембраны, гониосинехий и снижением эффективности при последующих повторных лазерных операциях, выполнение лазерных операций без учета топографии коллекторных канальцев [23, 49, 159]. Поэтому в настоящее время для достижения более выраженного гипотензивного эффекта целесообразным является использование СЛТ в сочетании с YAG-лазером с учетом данных ОКТ переднего отрезка глаза, что позволяет прецизионно в проекции коллекторных канальцев создавать устойчивые к рубцеванию перфорации в трабекуле путем выполнения технологии – оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сочетании с СЛТ.

Цель работы: разработать технологию оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики в комбинированном лечении первичной открытоугольной глаукомы.

Для решения поставленной цели были сформированы следующие задачи исследования: на основании данных оптической когерентной томографии переднего отрезка глаза определить топографические и морфометрические показатели Шлеммова канала и коллекторных канальцев у здоровых лиц и у больных первичной открытоугольной глаукомой; на основании данных оптической когерентной томографии разработать метод YAG-лазерной трабекулостомии с учетом топографической оценки расположения коллекторных канальцев; на основании анализа клинико-функциональных результатов оценить эффективность и безопасность оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики в лечении больных первичной открытоугольной глаукомой; на основании комплексного офтальмологического обследования разработать морфофункциональные критерии для отбора больных первичной открытоугольной глаукомой для проведения комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики; провести сравнительный анализ клинико-функциональных результатов применения селективной лазерной трабекулопластики и комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и селективной лазерной трабекулопластики в лечении первичной открытоугольной глаукомы.

В соответствии с поставленными задачами было обследовано 225 пациентов (225 глаз), которые составили 3 группы. В первую группу вошли 60 здоровых лиц (60 глаз) – 1-я контрольная группа. Средний возраст: $67,2 \pm 7,1$ лет ($M \pm \sigma$). Вторую группу составили 78 пациентов (78 глаз) с первичной открытоугольной глаукомой – 2-я контрольная группа до и после СЛТ. Средний возраст: $65,5 \pm 8,3$ лет ($M \pm \sigma$). В третью группу (основная группа) вошли 87 пациентов (87 глаз) с первичной открытоугольной глаукомой до и после

оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии. Средний возраст: $68,8 \pm 7,7$ лет ($M \pm \sigma$).

Различие между группами по гендерному признаку, а также между средними значениями возраста пациентов в 1-й, 2-й и 3-й группах было статистически недостоверным, что указывало на их однородность.

Первая группа (контрольная, здоровые лица) была сформирована для проведения сравнительного анализа с результатами показателей ОКТ переднего отрезка глаза, которые также были получены у больных первичной открытоугольной глаукомой (2-я контрольная и основная группы). Средние значения клинико-функциональных показателей у лиц 1-й контрольной группы совпадали с общепринятыми нормативными данными [17, 22, 44-48, 52].

Критериями отбора пациентов в основную и во 2-ю контрольную группы являлись: начальная и развитая стадии первичной открытоугольной глаукомы; снижение ВГД на фоне комбинированной медикаментозной терапии до значений средней статистической нормы, но превышающее индивидуальные значения ВГД; пигментация угла передней камеры I-III степени; визуализация Шлеммова канала и коллекторных канальцев по данным ОКТ.

Критерии исключения: повышенное ВГД на фоне комбинированной медикаментозной терапии, закрытый угол передней камеры глаза, далеко зашедшая и терминальная стадии глаукомы, вторичная глаукома.

Пациенты с первичной открытоугольной глаукомой были распределены на подгруппы в зависимости от стадии заболевания: начальная стадия – 92 глаза (55,8%) и развитая стадия – 73 глаза (44,2%).

Сроки наблюдения пациентов составили: до и через 1 неделю, а также через 1, 6, 12 и 24 месяцев после лазерной операции.

Пациентам с начальной и развитой стадиями ПОУГ (2-я контрольная и основная группы) обследование повторялось на всех указанных сроках наблюдения и включало в себя: визометрию (Reichert Inc., США), стандартную автоматизированную периметрию (периметр 720i, Humphrey, США), тонографию (Глаутест 60, Спецмедприбор, РФ), биомикроофтальмоскопию трехзеркальной линзой Гольдмана, оптическую когерентную томографию

(ОКТ) диска зрительного нерва и переднего отрезка глаза (DRI OCT Triton, Япония), определение индивидуально переносимого ВГД (с учетом возраста и диастолического артериального давления в плечевой артерии), эндотелиальную микроскопию роговицы (EM-3000, Tomey, Япония) и иммуноферментный анализ слезы на провоспалительные интерлейкины 6 и 17, ФНО- α (Infinite F50 Tescan, Австрия).

С помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) переднего отрезка глаза (DRI OCT Triton, Япония) исследовали топографию, морфометрические показатели Шлеммова канала, коллекторных канальцев и трабекулы.

При обработке полученных в результате исследований данных были использованы методы вариационной статистики.

По данным ОКТ переднего отрезка глаза у пациентов 1-й контрольной группы, не страдающих глаукомой, отмечались достоверно большие значения морфометрических показателей Шлеммова канала и коллекторных канальцев: большой и малой осей Шлеммова канала, площади сагиттального среза Шлеммова канала, а также диаметра коллекторного канальца ($p < 0,05$), что соответствует данным литературы [110, 169, 170]. Топографическую оценку локации коллекторных канальцев относительно Шлеммова канала, согласно аналогичным работам [110, 122, 136, 156, 169, 170, 176, 180, 181], проводили с помощью ОКТ переднего отрезка глаза. На основании полученных данных ОКТ и проекционной гониоскопии, разметки локации коллекторных канальцев относительно лимба была разработана технология оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии для лечения больных первичной открытоугольной глаукомой.

При определении локализации лазерного воздействия для формирования трабекулостомы были учтены также анатомические особенности трабекулы. Во-первых, наименьшая толщина трабекулы находилась в передней трети относительно Шлеммова канала. Так, у 87 больных (87 глаз) основной группы, среднее значение толщины ТС в передней трети Шлеммова канала составляло

46,7 ± 9,8 мкм (M ± σ), а в задней его трети – 154,5 ± 17,6 мкм (M ± σ). Различие между средними значениями было статистически достоверным (p < 0,001). Это означало, что формирование трабекулостомы будет более предпочтительным в передней трети трабекулярной сети Шлеммова канала, так как потребует меньше суммарной лазерной энергии для формирования трабекулостомы. Данные морфологические особенности сопоставимы с данными литературы [115].

Методика топографической оценки расположения коллекторных канальцев с помощью ОКТ переднего отрезка глаза и проекционной гониоскопии у больных ПОУГ позволила разработать для более выраженного гипотензивного действия оптимизированную технологию YAG-лазерной трабекулостомии, включающую 2 этапа:

I этап направлен на отсроченное по времени (от 1 недели до 1 месяца) улучшение оттока водянистой влаги за счет фототермолизиса пигментных гранул, которое достигается путем выполнения СЛТ по стандартной методике Latina M.A. Для этого используется YAG-лазер «Tango» Ellex (Австралия), со следующими параметрами: длина волны 532 нм, диаметр пятна 400 мкм, экспозиция 3 нс, по нижнему сектору угла передней камеры глаза по дуге 180°, линза Latina, с подбором минимального лечебного уровня энергии;

II этап направлен на немедленное (через 1 сутки) улучшение оттока водянистой влаги за счет формирования не менее 4-х трабекулостом в проекции коллекторных канальцев с нанесением от 2 до 5 лазерных аппликатов в передней трети трабекулы до получения трабекулостомы (появление белесого пятна – визуализация участка склеры в проекции трабекулостомы). Количество трабекулостом для достижения необходимого гипотензивного эффекта соответствует литературе [140]. YAG-лазерная трабекулостомия выполнялась на комбинированной лазерной системе SLT&YAG Tango, Ellex, Австралия. Лазерный луч неодимового YAG-лазера с длиной волны 1064 нм и диаметром пятна 10 мкм фокусировали на переднюю треть трабекулярной сети Шлеммова канала. Энергию лазерного импульса подбирали от 1,0 до 2,0 мДж.

На данную технологию: «Способ лазерного хирургического лечения пациентов с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы» получен патент № 2788105 РФ от 04 февраля 2022 г.

В послеоперационном периоде пациентам назначали инстилляции 0,1% раствора противовоспалительного препарата (Диклофенак) по 1 капле 3 раза в день в оперированный глаз в течение 10 дней и 0,05% раствор Пиклоксидина (Витабакт) в течение 10 дней.

По данным обследования до операции у пациентов основной группы на фоне медикаментозной гипотензивной терапии истинное ВГД составило $17,7 \pm 3,5$ мм рт. ст. ($M \pm \sigma$), среднее значение показателя легкости оттока водянистой влаги – $0,12$ мм³ / мм рт. ст. * мин ($M \pm \sigma$), среднее значение индивидуально переносимого истинного ВГД – $15,1 \pm 1,15$ мм рт. ст. ($M \pm \sigma$). По данным гониоскопии у всех пациентов угол передней камеры был средней ширины, открыт, степени экзогенной пигментации соответствовали от I до IV, составляя в среднем $1,9 \pm 0,94$.

Исходная медикаментозная терапия включала преимущественно комбинированное лечение – на 70 глазах (80,5%), монотерапия проводилась на 17 глазах (19,5%). Среднее число применяемых лекарственных препаратов составило $2,1 \pm 0,86$, а среднее количество инстилляций в данной группе было $2,57 \pm 1,16$.

Для проведения сравнительного анализа эффективности и безопасности оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии была выполнена СЛТ у 2-й контрольной группы пациентов (78 глаз) с начальной и развитой стадией глаукомы. Перед проведением СЛТ выполнялось комплексное диагностическое обследование пациента, в том числе проведение гониоскопии для оценки угла передней камеры глаза и выявления степени экзогенной пигментации. Среднее значение МКОЗ было равно $0,7 \pm 0,23$. Показатели автоматизированной периметрии у пациентов 2-й контрольной группы соответствовали начальной и развитой стадиям глаукомы: значения MD были от -8,3 до -1,1 дБ; PSD от 1,1 до 4,6 дБ. По данным ОКТ ДЗН показатель Э/Д был от 0,22 до 0,75, а среднее значение толщины СНВС от 82,4 до 99,2 мкм. На фоне медикаментозной

гипотензивной терапии тонометрическое ВГД было от 16 до 25 мм рт. ст., среднее значение истинного ВГД (P_0) было равно $16,8 \pm 2,8$ мм рт. ст. Среднее значение индивидуально переносимого истинного ВГД было равно $15,4 \pm 1,3$ мм рт. ст.

Среднее значение показателя легкости оттока водянистой влаги у 2-й контрольной группы было сниженным ($0,13 \pm 0,04$ мм³ / мм рт. ст. * мин, $M \pm \sigma$) Исходная медикаментозная терапия включала применение преимущественно комбинированного лечения – на 60 глазах (76,9%), монотерапия проводилась на 18 глазах (23,1%). Среднее число применяемых лекарственных препаратов составило $1,9 \pm 0,7$, а среднее количество инстилляций в данной группе было $2,4 \pm 1,2$.

По данным гониоскопии у всех пациентов 2-й контрольной группы угол передней камеры был средней ширины, открыт, степени экзогенной пигментации соответствовали от I до IV, составляя в среднем $1,8 \pm 0,9$. На 54 глазах отмечалась деструкция пигментной каймы с наличием псевдоэксфолиативного материала по зрачковому краю радужки и передней поверхности хрусталика – 69,2% случаев.

Различие между средними значениями морфометрических показателей Шлеммова канала и коллекторных канальцев у больных глаукомой 2-й контрольной и основной групп достоверно не отличались ($p > 0,05$), что указывало на однородность групп и по исходному состоянию трабекулярного пути оттока внутриглазной жидкости.

У пациентов 2-й контрольной группы (78 глаз) через 1 час после СЛТ на 8 глазах (10,3%) отмечалось реактивное повышение ВГД свыше 3 мм рт. ст., которое требовало усиления медикаментозного лечения после операции. У пациентов основной группы реактивного повышения ВГД не отмечалось, что было обусловлено созданием трабекулостом и значительным улучшением оттока водянистой влаги уже на следующие сутки после операции.

На следующие сутки после применения комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сочетании с СЛТ ВГД (P_0) снизилось до $12,4 \pm 2,8$ мм рт. ст. – на 30% от исходного уровня за счет

улучшения оттока водянистой влаги до $0,26 \pm 0,06$ мм³ / мм рт. ст. * мин – на 117% от исходного значения. У пациентов 2-й контрольной группы на следующие сутки после операции ВГД снизилось с 16,8 мм рт. ст. до $16,2 \pm 2,9$ мм рт. ст. – только на 5,4%, коэффициент легкости оттока водянистой влаги улучшился с 0,14 мм³ / мм рт. ст. * мин до $0,15 \pm 0,03$ мм³ / мм рт. ст. * мин – только на 7% от исходного уровня. Данные изменения были статистически недостоверными ($p > 0,05$). Различия между средними значениями P₀ и средними значениями коэффициента легкости оттока через 1 сутки после операций у пациентов основной и 2-й контрольной групп были статистически достоверными: $p < 0,001$ и $p < 0,001$ соответственно.

Для оценки выраженности воспалительной реакции после применения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии были определены значения интерлейкинов 6 и 17, ФНО-альфа у основной группы пациентов до и после хирургии. Через 1 неделю и 1 месяц отмечались достоверное повышение уровня интерлейкина 6 и ФНО с последующим снижением через 3 месяца после операции. Полученные данные согласуются с данными других исследователей, которые отметили данную реакцию после СЛАТ и их возвращение к исходным значениями через 6 месяца после лазерной хирургии [68].

Через 1 месяц после применения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сочетании с СЛТ у пациентов основной группы P₀ снизилось до 12,4 мм рт. ст. – на 30% от исходного уровня за счет улучшения оттока водянистой влаги до 0,25 мм³ / мм рт. ст. * мин – на 108% от исходного значения. Различие между медианами коэффициента легкости оттока водянистой влаги у пациентов основной 0,25 [0,22; 0,27] и 2-й контрольной групп 0,18 [0,16; 0,2] было статистически достоверным ($Z = -8,47$; $p < 0,001$).

После СЛТ максимальный гипотензивный эффект у пациентов 2-й контрольной группы при динамическом наблюдении наблюдался через 1 месяц после операции и составлял 21,5%. Аналогичный гипотензивный эффект был отмечен в литературе [43]. Однако среднее значение ВГД было достоверно больше ($p < 0,05$), а среднее значение коэффициента легкости оттока

водянистой влаги достоверно меньше ($p < 0,001$) результатов, которые были получены у пациентов основной группы.

Через 6 месяцев после операции у пациентов основной группы сохранялся гипотензивный эффект: среднее значение P_0 составляло 12,3 мм рт. ст. – снизилось на 30,5% от исходного уровня, а коэффициент легкости оттока водянистой влаги – 0,26 мм³ / мм рт. ст. * мин – на 117% от исходного значения. Полученные результаты у пациентов основной группы достоверно отличались по уровню P_0 ($Z = 6,13$; $p < 0,001$) и значению коэффициента легкости оттока ($Z = -9,7$; $p < 0,001$) от 2-й контрольной группы. Гипотензивный эффект СЛТ у пациентов 2-й контрольной группы был равен 18,9%.

Через 1 год после СЛТ отмечалось постепенное снижение гипотензивного эффекта до 17,2% (13,9 мм рт. ст.). После оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сочетании с СЛТ сохранялся гипотензивный эффект, который был равен 30% (12,4 мм рт. ст.). Различие между группами статистически достоверно ($Z = 6,34$; $p < 0,001$).

Через 2 года снижение ВГД после СЛТ составило 12,5% (до 14,7 мм рт. ст.), а после применения оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сочетании с СЛТ – до 26 % (до 13,1 мм рт. ст.). Различие между группами статистически достоверно ($Z = 4,32$; $p < 0,001$).

При анализе гипотензивного эффекта лазерной хирургии в зависимости от стадии глаукомы следует отметить достоверный ($p < 0,05$) более выраженный эффект снижения ВГД (P_0) у пациентов основной группы. Через 2 года наблюдений гипотензивный эффект операции у больных основной группы был более выраженным в начальной ($t = 3,1$; $p < 0,01$) и развитой стадиях ($t = 3,6$; $p < 0,001$) при сравнении с результатами 2-й контрольной группы.

У пациентов основной группы через 1 год комбинированная терапия применялась только на 22 глазах (25,3%), монотерапия – на 45 глазах (51,7%), отмена медикаментозного лечения (абсолютный успех) отмечалась на 20 глазах (23,0%). Среднее число применяемых лекарственных препаратов составило $1,0 \pm 0,7$ ($p = 0,002$), а среднее количество инстилляций в данной группе уменьшилось до $1,14 \pm 0,85$ ($p < 0,001$).

В отличие от 2-й контрольной группы при сравнении процентного соотношения применяемого гипотензивного режима (монотерапия, комбинированная терапия, отмена гипотензивных средств) у основной группы через 1 год наблюдений было на 23,4% достоверно меньше случаев применения комбинированных средств ($t = 3,19$; $p < 0,01$) и отмена гипотензивной терапии в 23% случаев в отличие от контрольной группы – 11,5% случаев.

У пациентов основной группы через 2 года комбинированная терапия применялась – только на 25 глазах (28,7%), монотерапия – на 46 глазах (52,9%), отмена медикаментозного лечения (абсолютный успех) имела место на 16 глазах (18,4%). Среднее число применяемых лекарственных препаратов составило $1,1 \pm 0,66$ ($p < 0,001$), а среднее количество инстилляций в данной группе было равно $1,35 \pm 1,07$ ($p = 0,003$). В отличие от 2-й контрольной группы при сравнении процентного соотношения применяемого гипотензивного режима (монотерапия, комбинированная терапия, отмена гипотензивных средств) у основной группы через 2 года наблюдений было на 27,7% достоверно меньше случаев применения комбинированных средств ($t = 3,74$; $p < 0,001$) и отмена гипотензивной терапии в 18,4% случаев в отличие от контрольной группы, что отмечалось только в 10,3% случаев.

Различия между средними значениями МКОЗ, MD и PSD за 2 года наблюдений были статистически недостоверными ($p < 0,05$), что указывает на стабилизацию зрительных функций. Отсутствовало достоверное различие между средними значениями площади ДЗН, отношения площади экскавации к площади ДЗН (Э/Д), средней общей толщины СНВС, что подтверждало отсутствие прогрессирования глаукомной оптической нейропатии у пациентов основной группы.

При анализе гипотензивного эффекта лазерной хирургии в зависимости от стадии глаукомы следует отметить достоверный более выраженный эффект снижения ВГД (P_0) у пациентов основной группы. Через 2 года наблюдений гипотензивный эффект операции у больных основной группы был более выраженным в начальной и развитой стадиях ($p < 0,001$) при сравнении с

результатами 2-й контрольной группы и составил в итоге 26,2% от исходного уровня офтальмотонуса.

У пациентов основной группы через 1 год комбинированная терапия применялась только на 22 глазах (25,3%), монотерапия – на 45 глазах (51,7%), отмена медикаментозного лечения (абсолютный успех) имела место на 20 глазах (23%). Среднее число применяемых лекарственных препаратов составило $1,0 \pm 0,7$ ($p < 0,01$), а среднее количество инстилляций в данной группе уменьшилось до $1,14 \pm 0,85$ ($p < 0,01$). В отличие от 2-й контрольной группы при сравнении процентного соотношения применяемого гипотензивного режима (монотерапия, комбинированная терапия, отмена гипотензивных средств) у основной группы через 1 год наблюдений было на 23,4% достоверно меньше случаев применения комбинированных средств ($p < 0,01$) и отмена гипотензивной терапии в 23% случаев в отличие от контрольной группы – 11,5% случаев.

У пациентов основной группы через 2 года комбинированная терапия применялась – только на 25 глазах (28,7%), монотерапия – на 46 глазах (52,9%), отмена медикаментозного лечения (абсолютный успех) имела место на 16 глазах (18,4%). Среднее число применяемых лекарственных препаратов достоверно было меньше в отличие от 2-й контрольной группы и составило $1,1 \pm 0,66$ ($p < 0,01$), а среднее количество инстилляций в данной группе уменьшилось до $1,35 \pm 1,07$ ($p < 0,01$). В отличие от 2-й контрольной группы при сравнении процентного соотношения применяемого гипотензивного режима (монотерапия, комбинированная терапия, отмена гипотензивных средств) у основной группы через 2 года наблюдений было на 27,7% достоверно меньше случаев применения комбинированных средств ($p < 0,001$) и отмена гипотензивной терапии в 18,4% случаев в отличие от контрольной группы, что отмечалось только в 10,3% случаев.

За 2 года наблюдения в послеоперационном периоде у пациентов основной группы отмечена стабилизация зрительных функций, средний уровень ВГД (P_0) не превышал уровень индивидуально переносимого давления ($15,1 \pm 1,15$ мм рт. ст.). Уровень офтальмотонуса (P_0) достоверно снизился от

исходного уровня за 2 года на 26,2% ($p < 0,05$). Для достижения индивидуально переносимого уровня ВГД за период от 6 месяцев до 2 лет наблюдения была выполнена повторная СЛТ в основной группе на 8 глазах – в 9,2% случаев. Во второй контрольной группе для достижения уровня индивидуально переносимого давления, которое было равно $15,4 \pm 1,3$ мм рт. ст., выполнена повторная СЛТ на 35 глазах – в 44,9% случаев. Необходимость и частота выполнения повторной СЛТ сопоставима с данными литературы [6, 43, 57, 83, 96, 104, 113, 118, 129, 154].

При повышении офтальмотонуса выше индивидуально переносимого уровня ВГД на максимальной гипотензивной медикаментозной терапии и при прогрессировании ГОН по данным периметрии и ОКТ ДЗН выполнено в основной группе хирургическое лечение глаукомы (МНГСЭ) в течение 2 лет наблюдений – на 5 глазах (5,7%), а у пациентов 2-й контрольной группы – на 12 глазах (15,4%). В литературе частота выполнения МНГСЭ была выше, однако, это согласовалось с тем, что в тех работах в группу обследуемых были включены пациенты с далекозашедшей стадией ПОУГ [43].

Таким образом, применение оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сочетании с СЛТ позволяет обеспечить устойчивое снижение ВГД уже на следующий день после операции за счет улучшения оттока ВГЖ, путем воздействия на оба звена в патогенезе ПОУГ: уменьшение пигментации трабекулы за счет фототермолизиса пигментных гранул и формирование в трабекулярной сети трабекулостом с учетом расположения коллекторных канальцев по отношению к Шлеммову каналу.

ВЫВОДЫ

1. Доказано, что использование оптической когерентной томографии переднего отрезка глаза позволило визуализировать Шлеммов канал и коллекторные каналы, определить их топографию, выявить достоверные различия между средними значениями морфометрических показателей, заключающиеся в больших размерах малой и большой осей Шлеммова канала, большей ширины просвета Шлеммова канала и коллекторных канальцев у группы здоровых лиц по сравнению с больными первичной открытоугольной глаукомой ($p < 0,01$).

2. Разработанная на основании данных оптической когерентной томографии переднего отрезка глаза оптимизированная YAG-лазерная трабекулостомия, заключающаяся в определении морфометрических и топографических показателей Шлеммова канала и коллекторных канальцев, выполнении разметки по лимбу в точках проекции коллекторных канальцев, определении локации коллекторного канальца относительно Шлеммова канала при проекционной гониоскопии, дала основание рекомендовать следующие оптимальные параметры лазерного воздействия для лечения начальной и развитой стадий первичной открытоугольной глаукомы: длина волны 1064 нм, диаметр пятна 10 мкм, энергия лазерного импульса от 1,0 до 2,0 мДж с нанесением от 2 до 5 лазерных аппликатов на переднюю треть трабекулярной сети Шлеммова канала для формирования одной трабекулостомы, создание не менее четырех трабекулостом.

3. Эффективность комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ в лечении больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы характеризуется высоким и стабильным гипотензивным эффектом операции – на следующие сутки и через 1 год 30% от исходного уровня ВГД, отменой медикаментозной терапии в течение двухлетнего срока наблюдений – в 18,4% случаев ($p < 0,001$), стабилизации зрительных функций – в 94,3% случаев; безопасность подтверждена данными клинико-функциональных

показателей, эндотелиальной микроскопии роговицы и иммуноферментного анализа слезной жидкости.

4. Разработаны морфофункциональные критерии отбора больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомой для проведения комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии и СЛТ: сагиттальная площадь Шлеммова канала свыше 2640 мкм², коэффициент легкости оттока свыше 0,09 мм³ / мм рт. ст. * мин, достижение значений среднестатистической нормы ВГД, но превышающих уровень индивидуально переносимого давления на фоне медикаментозного лечения.

5. Сравнительный анализ клинико-функциональных результатов применения селективной лазерной трабекулопластики и комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сочетании с СЛТ в лечении больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы за двухлетний период наблюдения продемонстрировал преимущество разработанной технологии в виде достижения гипотензивного эффекта операции: до 30% на следующие сутки и в течение 1 года, 26% – через 2 года наблюдений против 5,4%, 17,2% и 12,5% после селективной лазерной трабекулопластики соответственно ($p < 0,001$), более высоких значений показателя легкости оттока водянистой влаги на всех сроках наблюдения ($p < 0,001$) и более высокой частотой стабилизации зрительных функций – 94,3% против 84,6% после селективной лазерной трабекулопластики ($p < 0,05$).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Определены критерии для отбора больных с начальной и развитой стадиями первичной открытоугольной глаукомы для выполнения комбинированной технологии оптимизированной YAG-лазерной трабекулостомии в сочетании с СЛТ: 1) достижение значений среднестатистической нормы ВГД, но превышающих уровень индивидуально переносимого давления на фоне комбинированной медикаментозной терапии, 2) коэффициент легкости оттока водянистой влаги свыше $0,09 \text{ мм}^3 / \text{мм рт. ст.} \cdot \text{мин}$, 3) сагиттальная площадь Шлеммова канала свыше 2640 мкм^2 .

2. Для топографической оценки расположения коллекторных канальцев по отношению к Шлеммову каналу рекомендуется проводить ОКТ переднего сегмента глаза с визуализацией коллекторных канальцев относительно лимба с последующей фиксацией их расположения и их световой проекцией при гониоскопии на угол передней камеры глаза.

3. Оптимизированную YAG-лазерную трабекулостомию рекомендуется проводить в передней трети ширины Шлеммова канала неодимовым YAG-лазером с длиной волны 1064 нм , диаметром пятна 10 мкм и с энергией лазерного импульса от $1,0$ до $2,0 \text{ мДж}$, применяя от 2 до 5 аппликаторов до получения белесого пятна (просвечивания склеры)

4. Гипотензивный эффект оценивается на следующие сутки, а в комбинации с СЛТ дополнительно также через 1 мес. после лазерной хирургии.

5. В послеоперационном периоде пациентам после лазерной хирургии рекомендуется закапывать в оперированный глаз в течение 10 дней: $0,1\%$ раствор нестероидного противовоспалительного препарата (Диклофенак) по 1 капле 3 раза в день и $0,05\%$ раствор Пиклоксидина по 1 капле 3 раза в день.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АГО	антиглаукомная операция
АД	артериальное давление
АЛТ	аргон-лазерная трабекулопластика
ВГД	внутриглазное давление
ВГЖ	внутриглазная жидкость
ГОН	глаукомная оптическая нейропатия
ДЗН	диск зрительного нерва
ИЛ	интерлейкин
КК	коллекторный каналец
ЛАТ	лазерная активация трабекулы
ЛТП	лазерная трабекулопластика
МНГСЭ	микроинвазивная непроникающая глубокая склерэктомия
ОКТ	оптическая когерентная томография
ПК	передняя камера
ПОУГ	первичная открытоугольная глаукома
ПЭК	плотность эндотелиальных клеток роговицы
ПЭС	псевдоэксфолиативный синдром
СЛАТ	селективная лазерная активация трабекулы
СЛТ	селективная лазерная трабекулопластика
СНВС	слой нервных волокон сетчатки
СЭМ	сканирующая электронная микроскопия
СЭР	сферэквивалент рефракции
ТС	трабекулярная сеть
УБМ	ультразвуковая биомикроскопия
УПК	угол передней камеры глаза
ФНО	фактор некроза опухоли
ЦТР	центральная толщина роговицы
ШК	Шлеммов канал
Э/Д	соотношение экскавация/диск зрительного нерва

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аветисов С. Э. Электронная микроскопия трабекулярного аппарата человека в норме и при глаукоме / С.Э. Аветисов, С.Ю. Петров, М.В. Кравчик // Национальный журнал глаукома. – 2018. – Т. 17, № 2. – С. 84-89. – DOI 10.25700/NJG.2018.02.08. – EDN XSNQXJ.
2. Агарков Н.М. Диагностика и прогнозирование первичной открытоугольной глаукомы по уровню местных цитокинов / Н.М. Агарков, А.М. Чухраев, Д.А. Коняев, Е.В. Попова // Вестник офтальмологии. – 2020. – Т. 136. – № 4. – С. 94-98.
3. Акопян В.С. Лазерный камерно-коллекторный анастомоз при первичной открытоугольной глаукоме. Лазерные методы лечения в офтальмологии (сб. научных трудов ВНИИ глазных болезней МЗ СССР). М., 1983, С. 26-31.
4. Акопян В.С., Каретникова Т.И. Лазерная трабекулопунктура с заполнением шлеммова канала кровью // Вестн. офтальмол. – 1977. – No 2. – С. 15-17.
5. Александров А.А., Азнабаев Б.М., Мухамадеев Т.Р. [и др.] Первый опыт применения ОКТ-ангиографии в диагностике глаукомы // Современные технологии в офтальмологии. – 2015. – № 3. – С. 9-10. – EDN UXWUMR.
6. Алексеев И.Б., Штейнер И.И. Селективная лазерная трабекулопластика в лечении открытоугольной глаукомы. 10-летний опыт применения // Российский офтальмол. журн. – 2012. – № 4. – С. 98-106.
7. Астахов Ю.С., Даль Н.Ю. Гониоскопия: Пособие для врачей, интернов, клинических ординаторов. – М., 2009. – 32 С., ил.
8. Ахметшин Р.Ф., Булгар С.Н. Лазерная трабекулопластика – операция выбора для лечения первичной открытоугольной глаукомы // Казанский мед. журн. – 2012. – №6. – С. 939-941.
9. Балалин С.В. Анализ эффективности надпороговой селективной лазерной трабекулопластики у больных ПОУГ / С.В. Балалин, В.П. Фокин //

РМЖ. Клиническая офтальмология. – 2011. – Т. 12, № 4. – С. 135-136. – EDN OWQOKD.

10. Балалин С.В. Лазерные технологии в лечении первичной открытоугольной глаукомы / С.В. Балалин // Актуальные вопросы современной офтальмологии – 2013: Материалы Юбилейной Всероссийской научно-практической конференции, Волгоград, 05–06 декабря 2013 года / ФГБУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова». – Волгоград: Волгоградский государственный медицинский университет, 2013. – С. 20-26. – EDN TNNLNF.

11. Балалин С.В. Надпороговая селективная лазерная трабекулопластика и достижение толерантного внутриглазного давления у больных первичной открытоугольной глаукомой / С.В. Балалин, В.П. Фокин // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – № 14(133). – С. 51-53. – EDN PCGXUD.

12. Балалин С.В., Фокин В.П., Абросимова Е.В., Фролова Н.В. Селективная лазерная трабекулопластика в лечении больных первичной открытоугольной глаукомой // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2010. – № 12-2(118). – С. 13-15. – EDN RAFYJJ.

13. Балкар Ш.О. Дифференцированный подход к выбору вида лазерной трабекулопластики в зависимости от анатомо-топографических особенностей иридоцилиарной системы глаза при открытоугольной глаукоме // Автореф. дис. ...канд. мед. наук. – М., 2009. – 25 С.

14. Бачалдин И. Л. Анализ продолжительности гипотензивного эффекта у больных первичной открытоугольной глаукомой после селективной лазерной трабекулопластики / И.Л. Бачалдин // Современные технологии в офтальмологии. – 2015. – № 2. – С. 57-58. – EDN UGMZUL.

15. Бирич Т.А. Лазерные методы лечения первичной открытоугольной глаукомы / Т.А. Бирич, А.В. Савич, Е.С. Батовская // РМЖ. Клиническая офтальмология. – 2012. – Т. 13, № 3. – С. 102-104. – EDN PDVCIF.

16. Волкова Н.В. Потенциальные биомаркеры процесса заживления после фистулизирующих антиглаукоматозных операций / Н.В. Волкова, Т.Н.

Юрьева, Ю.В. Курсакова, Ю.В. Малышева // Офтальмохирургия. – 2020. – № 2. – С. 69-76.

17. Глаукома. Национальное руководство / под ред. Е.А. Егорова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 824 с.

18. Гущин А.В. Типологические особенности гидро- и гемодинамического обеспечения офтальмотонуса: Автореф. дис. ... канд. мед. наук, Волгоград, 2005. – 20 С.

19. Дроздова Е.А. Исследование системного и локального уровня цитокинов при окклюзии вен сетчатки на фоне антиангиогенной терапии / Е.А. Дроздова, Д.Ю. Хохлова, Е.А. Мезенцева, К.В. Никушкина // Вестник офтальмологии. – 2018. – Т. 20. – № 3. – С. 365-372.

20. Егоров Е.А., Нестеров А.П., Новодережкин В.В. Гидродинамическая активация оттока в лазерном лечении глаукомы: Пособие для врачей. М.: РГМУ, 2004. – 11 С.

21. Еричев В.П. Селективная лазерная трабекулопластика как стартовый метод лечения первичной открытоугольной глаукомы / В.П. Еричев, Е. А. Рагозина // Национальный журнал глаукома. – 2020. – Т. 19, № 1. – С. 47-54. – DOI 10.25700/NJG.2020.01.07. – EDN CCTLAC.

22. Глазные болезни: Учебник / под ред. В.Г. Копаевой – М., 2002, – 560 С.

23. Глаукома. Национальное руководство / под ред. Е.А. Егорова. – М., 2013. – 824 С.

24. Гойдин А.П. Результаты применения селективной лазерной трабекулопластики у больных с первичной открытоугольной глаукомой / А.П. Гойдин, И.А. Крылова, Н.В. Яблокова // Практическая медицина. – 2012. – № 4-1(59). – С. 182-185. – EDN PCANFF.

25. Дуглас Дж. Ри Глаукома / под ред. С. Э. Аветисова, В.П. Еричева. – М., 2010. – 472 С.

26. Захарова М.А. Современные возможности оптической когерентной томографии / М.А. Захарова, А. В. Куроедов // Глаз. – 2015. – № 5(105). – С. 37-47. – EDN ZCJКТВ.

27. Значимость ОКТ в диагностике глаукомы на разных стадиях ее развития // Новое в офтальмологии. – 2017. – № 4. – С. 6-7. – EDN GLQQGW.

28. Золотарев А.В., Карлова Е.В., Павлов Д.В., Старцев И.С. Супрахориоидея: особенности строения и роль в увеосклеральном оттоке // Медицинский вестник Башкортостана. 2016. №1 (61).

29. Иванова Е.С., Туманян Э.Р., Любимова Т.С., Субхангулова Э.А. Селективная лазерная активация трабекулы в лечении пациентов с первичной открытоугольной глаукомой // Вестник ОГУ. 2012. №12 (148).

30. Иващенко Е.В., Туманян Э.Р., Любимова Т.С., Узунян Д.Г. Комбинированные лазерные операции в лечении пациентов с первичной открытоугольной оперированной глаукомой // Современные технологии в офтальмологии. – 2015. – № 3. – С. 72-75. – EDN UXWUVX.

31. Кански Д. Клиническая офтальмология: систематизированный подход. Глава 13. Глаукома/ под ред. В.П. Еричева. – М., 2010. – 104 С.

32. Канюкова Ю.В. Оценка эффективности селективной лазерной трабекулопластики у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой в раннем послеоперационном периоде / Ю.В. Канюкова, О.В. Кадникова // Точка зрения. Восток – Запад. – 2015. – № 1. – С. 92-93. – EDN UIBNAH.

33. Киселева О.А., Бессмертный А.М., Филиппова О.М. [и др.] Диагностика, лечение и тактика ведения пациентов при первичной открытоугольной глаукоме // Эффективная фармакотерапия. – 2019. – Т. 15, № 33. – С. 38-52. – DOI 10.33978/2307-3586-2019-15-33-38-52. – EDN HXNFVL.

34. Клинические рекомендации. Глаукома первичная открытоугольная. М., 2022. – 98 С.

35. Корчуганова, Е.А. Морфологические особенности склеры при глаукоме / Е.А. Корчуганова // РМЖ. Клиническая офтальмология. 2017. – Т. 18. – № 4. – С. 227–230.

36. Кочеткова Ю.А., Соколовская Т.В., Дога А.В., Магарамов Д.А. Методы лазерной активации трабекулы в лечении больных первичной

открытоугольной глаукомой // Практическая медицина. – 2013. – № 1-3(70). – С. 30-33. – EDN RPUWUP.

37. Краснов М.М. Лазеропунктура угла передней камеры при глаукоме. Предварительное сообщение // Вестн офтальмол. – 1972. – № 3. – С. 27-31.

38. Краснов М.М., Зиангирова Г.Г., Акопян В.С., Литвинова Г.Г. Сравнительная оценка повреждающего действия рубинового лазера с модуляцией добротности и аргонового лазеров на фильтрационный аппарат глаза // Вестн. офтальмол. – 1978. – № 3. – С. 22-30.

39. Кремкова Е.В. К вопросу возможных вариантов лазерного лечения первичной открытоугольной глаукомы / Е.В. Кремкова, В.В. Новодережкин // Российский общенациональный офтальмологический форум. – 2015. – Т. 2. – С. 712-716. – EDN VLHPNN.

40. Куликов А.Н. Селективная лазерная трабекулопластика: механизм действия и предикторы эффективности / А.Н. Куликов, А.А. Казак, Д.С. Мальцев // Офтальмологические ведомости. – 2020. – Т. 13, № 2. – С. 67-76. – DOI 10.17816/OV25837. – EDN PHFEIC.

41. Лапонин В.С., Складчиков С. А., Савенкова Н.П., Новодережкин В.В. Исследование причин глаукомы. Математическое моделирование гидродинамики оттока жидкости через Шлеммов канал // Прикладная математика и информатика: Труды факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова / Под редакцией В.И. Дмитриева. Том 55. – Москва: ООО "МАКС Пресс", 2017. – С. 25-32. – EDN ZVPAXP.

42. Лебедев О.И., Столяров Г. М. Особенности анатомического строения увеосклерального пути оттока внутриглазной жидкости // РМЖ. Клиническая офтальмология. 2011. №1.

43. Любимова Т.С. Селективная лазерная активация трабекулы в лечении пациентов с первичной открытоугольной глаукомой // Автореф. дис. ...канд. мед. наук. – М., 2010. – 24 С.

44. Маркова А.А. Наш опыт применения YAG-лазерной активации трабекулы в лечении больных глаукомой / А.А. Маркова, Н.О. Михайлов,

Н.А. Поздеева // Практическая медицина. – 2017. – Т. 2, № 9(110). – С. 133-136. – EDN ZNLTSX.

45. Мовсисян А.Б., Куроедов А.В., Архаров М.А., Прохоренко В.В., Чепурнов И.А. Эпидемиологический анализ заболеваемости и распространенности первичной открытоугольной глаукомы в Российской Федерации. РМЖ. Клиническая офтальмология. 2022; 22(1): 3-10.

46. Национальное руководство по глаукоме: для практикующих врачей / В.Н. Алексеев, И.Б. Алексеев, С.В. Балалин [и др.]. – 4-е издание, исправленное и дополненное. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2019. – 384 С. – ISBN 978-5-9704-5492-3. – EDN QKKOUS.

47. Национальное руководство по глаукоме: для практикующих врачей / Под ред. Е.А. Егорова, Ю.С. Астахова, В.П. Еричева. – Изд. 3-е, – М., 2015. – 456 С.

48. Национальное руководство по глаукоме (путеводитель) для поликлинических врачей / Под ред. Е.А. Егорова, Ю.С. Астахова, А.Г. Щуко. – М., 2008. – 136 С.

49. Нестеров А.П. Глаукома. – М., 2008. – 380 С.

50. Нестеров А.П. Первичная глаукома. М.: Медицина., 1995. – 256 С.

51. Новодережкин В.В. Лазерное лечение глаукомы у пациентов со слабо пигментированной трабекулой и псевдоэкзофиативным синдромом. Глаукома: реальность и перспективы: Всеросс. научнопракт. конф.: Материалы. М., 2008. – С. 392-395.

52. Оганезова Ж.Г., Рабаданова М.Г., Егоров Е.А., Кац Д.В., Новодережкин В.В. Лазерное лечение глаукомы: современные подходы и практические рекомендации. Клиническая офтальмология. 2022;22(4):265-272. DOI: 10.32364/2311-7729-2022-22-4-265-272.

53. Орипов О.У. Пути совершенствования лазертрабекулопластики у больных с открытоугольной глаукомой / О.У. Орипов, Е.Ч. к. Орипова // Достижения науки и образования. – 2020. – № 2(56). – С. 110-112. – EDN XYEIDR.

54. Осипова Е.Н., Должич Г.И. Клинико-офтальмологическое обоснование критериев отбора больных первичной открытоугольной глаукомой для проведения селективной лазерной трабекулопластики // Офтальмохирургия. – 2008. – №1. – С. 42.
55. Офтальмология: клинические рекомендации / под ред. Л.К. Мошетовой, А.П. Нестерова, Е.А. Егорова. – М., 2006. – С. 97-123.
56. Офтальмология. Национальное руководство. Краткие рекомендации / под ред. С.Э. Аветисова, Е.А. Егорова, Л.К. Мошетовой, В.В. Нероева, Х.П. Тахчиди. – М., 2016. – С. 224-253.
57. Петров С. Ю. Новые подходы к селективной лазерной трабекулопластике / С. Ю. Петров, Р.П. Полева // Biomedical Photonics. – 2018. – Т. 7, № 3. – С. 47-56. – EDN YSNFJ.
58. Румянцев А.Д. Лазерная хирургия открытоугольной глаукомы. Техническое обеспечение и методы. Обзор / А.Д. Румянцев // Офтальмология. – 2011. – Т. 8, № 1. – С. 4-7. – EDN NUFEBV.
59. Салех Д.А. Комбинированная лазерная трабекулопластика при лечении первичной открытоугольной глаукомы / Д.А. Салех, Е.И. Сидоренко, В.В. Новодережкин // Российская детская офтальмология. – 2019. – № 3. – С. 49-52. – DOI 10.25276/2307-6658-2019-3-49-52. – EDN MVQXZS.
60. Саркисян А.С., Балалин С.В., Балалин А.С., Джаши Б.Г. Оценка степени пигментации трабекулы у больных первичной открытоугольной глаукомой с помощью колориметрической шкалы. Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова. 2021;16(4): 4–5.
61. Сидорова А.В., Старостина А.В., Стефанкова К.А., Мустафаева Е.С., Джерештиева М.С., Айдинян А.А. Современные методы визуализации угла передней камеры глаза в диагностике и лечении глаукомы. Офтальмохирургия. 2022;2: 66–76. doi: 10.25276/0235-4160-2022-2-67-76.
62. Соколовская Т.В., Дога А.В., Магарамов Д.А., Кочеткова Ю.А. Лазерная активация трабекулы в лечении первичной открытоугольной глаукомы // Офтальмохирургия. – 2015. – № 1. – С. 27-31. – EDN TUYPHT.

63. Соколовская Т.В., Кочеткова Ю.А. Селективная лазерная трабекулопластика – эффективность и перспективность в лечении первичной открытоугольной глаукомы // Практическая медицина. – 2012. – №4. – С. 142-146. – EDN PCANBJ.

64. Соколовская Т.В., Магарамов Д.А., Шацких А.В., Кочеткова Ю.А. Морфологические исследования трабекулярной сети угла передней камеры после селективной лазерной трабекулопластики и YAG — лазерной активации трабекулы // Всерос. научно-практ. конф. «Федоровские чтения», 10 — я: Сб. тезисов. — М., 2012. — С. 193-194.

65. Соколовская Т.В., Усанова Г.Ю., Краснова Е.О., Салихова С. Р. Клинический опыт комбинированного лазерного лечения пациентов с первичной открытоугольной глаукомой (предварительные результаты) // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. – 2022. – Т. 17, № S4. – С. 60-62. – DOI 10.25881/20728255_2022_17_4_S1_60. – EDN ZETXTY.

66. Тахчиди Е.Х. Оптическая когерентная томография переднего отрезка глаза и ее применение для оценки зоны антиглаукоматозной операции / Е.Х. Тахчиди, Н.А. Козлова // Практическая медицина. – 2012. – № 4-1(59). – С. 147-149. – EDN PCANBT.

67. Туманян Э.Р., Иванова Е.С., Ерескин Н.Н. [и др.] Селективная лазерная активация трабекулы в алгоритме лечения пациентов с оперированной глаукомой // Офтальмохирургия. – 2011. – № 3. – С. 63-67. – EDN PXRBNB.

68. Туманян Э.Р., Иванова Е.С., Любимова Т.С., Субхангулова Э.А. [и др.] Влияние селективной лазерной активации трабекулы и терапии латанопростом на цитокиновый статус слезной жидкости у пациентов с оперированной ПОУГ // РМЖ. Клиническая офтальмология. – 2014. – Т. 14, № 1. – С. 42-45. – EDN SHBKHL.

69. Туманян Э.Р., Иванова Е.С., Любимова Т.С., Субхангулова Э.А. Селективная лазерная активация трабекулы в коррекции офтальмотонуса у

пациентов с первичной открытоугольной глаукомой // Офтальмохирургия. – 2010. – № 2. – С. 18-22. – EDN PXQZTL.

70. Турутина А.О., Малышев А.С., Фадеева А.В. Отдаленные результаты селективной лазерной трабекулопластики у пациентов с различными стадиями первичной открытоугольной глаукомы // Российский общенациональный офтальмологический форум. – 2018. – Т. 1. – С. 344-345. – EDN YUVLXF.

71. Фабрикантов О.Л. Опыт комбинированного лазерного лечения пигментной глаукомы / О.Л. Фабрикантов, Н.В. Яблокова, А.П. Гойдин // Вестник офтальмологии. – 2018. – Т. 134, № 6. – С. 68-71. – DOI 10.17116/oftalma201813406168. – EDN YVSVJJ.

72. Фокин В.П., Балалин С.В., Борискина Л.Н. Толерантность и интолерантность зрительного нерва при первичной открытоугольной глаукоме. – Волгоград, 2016. – 236 С.

73. Фокин В.П., Балалин С.В., Саркисян А.С., Балалин А.С. Современные возможности лазерной хирургии пигментной глаукомы / // Национальный журнал глаукома. – 2023. – Т. 22, № 1. – С. 67-75.

74. Хомякова Е.Н. Новый подход к лазерному лечению открытоугольной глаукомы / Е.Н. Хомякова, С.Г. Сергушев // Medicus. – 2018. – № 4(22). – С. 38-43. – EDN TPJSUD.

75. Черных В.В., Бгатова Н.П., Еремина А.В. [и др.] Особенности структурной организации лимфатической системы глаза и их изменения при первичной открытоугольной глаукоме // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2018. – Т. 18, № 6. – С. 105-108. – EDN ХУРКQR.

76. Чехова Т.А. Результаты лазерного и нейроретинопротекторного лечения у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой / Т.А. Чехова, Н.С. Арбеньева, В.И. Братко // Современные технологии в офтальмологии. – 2017. – № 3. – С. 94-96. – EDN ZENQGF.

77. Шарова Г.А. Комплексная визуализация переднего сегмента глаза в диагностике, мониторинге и лечении болезни закрытого угла / Г.А. Шарова,

Н.И. Курешева // Точка зрения. Восток – Запад. – 2021. – № 2. – С. 79-83. – DOI 10.25276/2410-1257-2021-2-79-83. – EDN OZCHOI.

78. Шпак А.А. Сравнительная ценность гейдельбергской ретинотомографии и спектральной оптической когерентной томографии в диагностике начальной глаукомы / А.А. Шпак, М.К. Севостьянова // Офтальмохирургия. – 2011. – № 4. – С. 40-44.

79. Эффективность селективной лазерной трабекулопластики в комплексном лечении первичной открытоугольной глаукомы / М.Е. Коновалов, К.В. Бурдель, М.Л. Зенина, М.М. Коновалова // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2021. – Т. 17, № 2. – С. 319-322. – EDN OKFTYR.

80. Acott T.S., Vranka J.A., Keller K.E., Raghunathan V.K., Kelley M.J. Normal and glaucomatous outflow regulation. Progress in Retinal and Eye Research. Vol. 82. 2021; <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2020.100897>.

81. Akagi T., Uji A., Huang A.S., Weinreb R.N., Yamada T., Miyata M., et al. Conjunctival and intrascleral vasculatures assessed using anterior segment optic coherence tomography angiography in normal eyes. Am J Ophthalmol. 2018;196:1–9.

82. Angmo D., Nongpiur M.E., Sharma R., Sidhu T., Sihota R., Dada T. Clinical utility of anterior segment swept-source optical coherence tomography in glaucoma. Oman J Ophthalmol. 2016 Jan-Apr;9(1):3-10. doi: 10.4103/0974-620X.176093. PMID: 27013821; PMCID: PMC4785705.

83. Avery N., Ang G.S., Nicholas S., et al. Repeatability of primary selective laser trabeculoplasty in patients with primary open-angle glaucoma./Int Ophthalmol. 2013;33:501-506.

84. Ayala M. Intraocular pressure reduction after initial failure of selective laser trabeculoplasty (SLT). Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2014;252: 315-320. <https://doi.org/10.1007/s00417-013-2522-1>.

85. Barao R.C., Cutolo C., Tanito M., Hommer A., Faschinger C., Abegao Pinto L., Traverso C. Agreement analysis on angle characteristics with automated

gonioscopy. *J Glaucoma*. 2021;30(12):1039–1046. doi: 10.1097/IJG.0000000000001940.

86. Bentley M.D., Hann C.R., Fautsch M.P. Anatomical variation of human collector channel orifices. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016;57:1153–9.

87. Best U., Domack H., Schmidt V. Pressure reduction after selective laser trabeculoplasty with two different laser systems and after argon laser trabeculoplasty – a controlled prospective clinical trial on 284 eyes / *Klin. Monbl. Augenheilkd*. 2007.-224(3):173-179. doi: 10.1055/s-2007-963014.

88. Bill A. The aqueous humor drainage mechanism in cynomolgus monkey (*Macaca irus*) with evidence for unconventional routes. / *Invest. Ophthalmol.* – 1965. – № 4. – P. 911-919.

89. Bill A., Hellsing K. Production and drainage of aqueous humor in the cynomolgus monkey (*Macaca irus*). *Invest Ophthalmol*. 1965. – № 4. – P. 920-926.

90. Bill A., Phillips C.L. Uveoscleral drainage of aqueous humor in human eyes / *Exp. Eye Res.* – 1971. – Vol. 12. – P. 275.

91. Bovell A.M., Damji K.F., Hodge W.G., et al. Long-term effects on the lowering of intraocular pressure: selective laser or argon laser trabeculoplasty? / *Can J Ophthalmol*. 2011;46:408–413.

92. Camras, L.J., Stamer, W.D., Epstein, D., Gonzalez, P., Yuan, F., 2012. Differential effects of trabecular meshwork stiffness on outflow facility in normal human and porcine eyes. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*. 53, 5242–5250.

93. Carreon T., van der Merwe E., Fellman R., Johnstone M., Bhattacharya S.K. Aqueous outflow – a continuum from trabecular meshwork to episcleral veins. *Prog Retin Eye Res*. 2017;57:108–33.

94. Chen E., Golchin S., Blomdahl S. A comparison between 90 degrees and 180 degrees selective laser trabeculoplasty. *J Glaucoma* 2004 Feb;13(1):62-65.

95. Chen S., Potsaid B., Li Y., Lin J., Hwang Y., Moulton E.M., Zhang J., Huang D., Fujimoto J.G. High speed, long range, deep penetration swept source OCT for structural and angiographic imaging of the anterior eye. *Sci Rep*. 2022 Jan

19;12(1):992. doi: 10.1038/s41598-022-04784-0. PMID: 35046423; PMCID: PMC8770693.

96. Chun M., Gracitelli C.P., Lopes F.S., Biteli L.G., Ushida M., Prata T.S. Selective laser trabeculoplasty for early glaucoma: analysis of success predictors and adjusted laser outcomes based on the untreated fellow eye. *BMC Ophthalmol.* 2016 Nov 23;16(1):206. doi: 10.1186/s12886-016-0385-z.

97. Congdon N., Azuara-Blanco A., Solberg Y., Traverso C.E., Iester M., Cutolo C.A., Bagnis A., Aung T., Fudemberg S.J., Lindstrom R., Samuelson T., Singh K., Blumenthal E.Z., Gazzard G.; GLAUrious study group. Direct selective laser trabeculoplasty in open angle glaucoma study design: a multicentre, randomised, controlled, investigator-masked trial (GLAUrious). *Br J Ophthalmol.* 2023 Jan;107(1):62-65. doi: 10.1136/bjophthalmol-2021-319379.

98. Cutolo C.A., Bonzano C., Scotto R., Iester M., Bagnis A., Pizzorno C., Catti C., Traverso C.E. Moving beyond the slit-lamp gonioscopy: challenges and future opportunities. *Diagnostics (Basel).* 2021;11(12): 2279. doi: 10.3390/diagnostics11122279.

99. Cvenkel B. One-year follow-up of selective laser trabeculoplasty in open-angle glaucoma. *Ophthalmologica* 2004 Jan- Feb;218(1):20-25.

100. Doors M., Berendschot T.T., de Brabander J., Webers C.A., Nuijts R.M. Value of optical coherence tomography for anterior segment surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36(7): 1213–1229. doi: 10.1016/j.jcrs.2010.05.002.

101. Fernández-Vigo J.I., García-Feijóo J., Martínez-de-la-Casa J.M., et al. Morphometry of the trabecular meshwork in vivo in a healthy population using fourier-domain optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2015;56(3):1782–8.

102. Fink A.I., Felix M.D., Fletcher R.C. The anatomic basis for glaucoma / *Ann Ophthalmol.* – 1978. – Vol. 10. – № 4. – P. 397-411.

103. Francis A.W., Kagemann L., Wollstein G., Ishikawa H., Folz S., Overby D.R. Morphometric analysis of aqueous humor outflow structures with spectral-domain optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012;53:5198–207.

104. Francis B.A., Loewen N., Hong B., Dustin L., Kaplowitz K., Kinast R., Bacharach J., Radhakrishnan S., Iwach A., Rudavska L., Ichhpujani P., Katz L.J. Repeatability of selective laser trabeculoplasty for open-angle glaucoma. *BMC Ophthalmol.* 2016 Jul 28;16:128. doi: 10.1186/s12886-016-0299-9.
105. Garg A., Gazzard G. Selective laser trabeculoplasty: past, present and future. *Eye (Lond).* 2018 May;32(5):863-876. doi:10.1038/eye.2017.273. Epub 2018 Jan 5. Erratum in: *Eye (Lond).* 2020 Aug;34(8):1487.
106. Gottschalk H.M., Wecker T., Khattab M.H., Fischer C.V., Callizo J., Rehfeldt F., et al. Lipid emulsion-based OCT angiography for ex vivo imaging of the aqueous outflow tract. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2019;60:397-406.
107. Gracner T. Intraocular pressure response to selective laser trabeculoplasty in the treatment of primary open-angle glaucoma. *Ophthalmologica* 2001 Jul-Aug;215(4):267-270.
108. Gracner T., Falez M., Gracner B., et al. Long-term follow-up of selective laser trabeculoplasty in primary open-angle glaucoma [in German]. *Klin Monbl Augenheilkd.* 2006;223:743-747.
109. Hann C.R., Bentley M.D., Vercnocke A., Ritman E.L., Fautsch M.P. Imaging the aqueous humor outflow pathway in human eyes by three-dimensional micro-computed tomography (3D micro-CT). *Exp Eye Res.* 2011;92:104-11.
110. Hann C. R., Vercnocke A.J., Bentley M.D., Jorgensen S.M., Fautsch M.P. Anatomic changes in Schlemm's canal and collector channels in normal and primary open-angle glaucoma eyes using low and high perfusion pressures. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 55, 5834–5841. <https://doi.org/10.1167/iovs.14-14128> (2014).
111. Hariri S., Johnstone M., Jiang Y., et al. Platform to investigate aqueous outflow system structure and pressure-dependent motion using high-resolution spectral domain optical coherence tomography. *J Biomed Opt.* 2014;19(10):106013.
112. Hodge W.G., Damji K.F., Rock W., Buhrmann R., Bovell A.M., Pan Y. Baseline IOP predicts selective laser trabeculoplasty success at 1 year

posttreatment: Results from a randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol* 2005 Sep;89(9):1157-1160.

113. Hong B.K., Winer J.C., Martone J.F., et al. Repeat selective laser trabeculoplasty. *J Glaucoma*. 2009;18:180-183.

114. Huang A.S., Camp A., BY X., Penteadó R.C., Weinreb R.N. Aqueous angiography: aqueous humor outflow imaging in live human subjects. *Ophthalmology*. 2017;124:1249–51.

115. Huang A.S., Francis B.A., Weinreb R.N. Structural and functional imaging of aqueous humour outflow: a review. *Clin Experimen Ophthalmol*. 2018;46:158–68.

116. Huang D., Swanson E.A., Lin C.P., Schuman J.S., et al. Optical coherence tomography. *Science*. 1991;254(5035): 1178–1181. doi: 10.1126/science.1957169.

117. Ishikawa H., Schuman J.S. Anterior segment Imaging: ultrasound biomicroscopy. *Ophthalmol Clin North Am*. 2004;17(1): 7–20.

118. Jang H.J., Yu B., Hodge W., Malvankar-Mehta M.S. Repeat Selective Laser Trabeculoplasty for Glaucoma Patients: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Curr Glaucoma Pract*. 2021 Sep-Dec;15(3):117-124. doi: 10.5005/jp-journals-10078-1302.

119. Juhas T, Doci J. Komplikacie argon laser trabekuloplastiky [Complications of argon laser trabeculoplasty]. *Cesk Oftalmol*. 1989 Mar;45(2):111-21. Slovak. PMID: 2713916.

120. Johnson P.B., Katz L.J., Rhee D.J. Selective laser trabeculoplasty: Predictive value of early intraocular pressure measurements for success at 3 months. *Br J Ophthalmol* 2006 Jun;90(6):741-743.

121. Juzych M., Chopra V., Banitt M., Hughes B., Kim C., Goulas M., Shin D. Comparison of long-term outcomes of selective laser trabeculoplasty versus argon laser trabeculoplasty in open-angle glaucoma/ *Ophthalmology*. 2004 Oct;111(10):1853-1859. doi: 10.1016/j.ophtha.2004.04.030.

122. Kagemann L., Wollstein G., Ishikawa H., et al. Identification and assessment of Schlemm's canal by spectral-domain optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2010;51(8): 4054–4059. doi: 10.1167/iovs.09-4559.
123. Kajiya S., Hayakawa K., Sawaguchi S. Clinical results of selective laser trabeculoplasty. *Jpn J Ophthalmol* 2000 Sep;44(5):574-575.
124. Katsanos A., Konstas A.G., Mikropoulos D.G., Quaranta L., Voudouragkaki I.C., Athanasopoulos G.P., Asproudis I., Teus M.A. A Review of the Clinical Usefulness of Selective Laser Trabeculoplasty in Exfoliative Glaucoma. *Adv Ther.* 2018 May;35(5):619-630. doi: 10.1007/s12325-018-0695-z.
125. Katz L.J., Steinmann W.C., Kabir A., et al. Selective laser trabeculoplasty versus medical therapy as initial treatment of glaucoma: a prospective, randomized trial. *J Glaucoma.* 2012;21:460–468.
126. Kent S.S., Hutnik C.M., Birt C.M., et al. A randomized clinical trial of selective laser trabeculoplasty versus argon laser trabeculoplasty in patients with pseudoexfoliation. *J Glaucoma.* 2015;24:344-347.
127. Khatib T.Z., Meyer P.A., Lusthaus J.A., Manyakin I., Mushtaq Y., Martin K.R. Haemoglobin Video Imaging provides novel in vivo high-resolution imaging and quantification of human aqueous outflow in glaucoma patients. *Ophthalmol Glaucoma.* 2019;2:327–35.
128. Khouri A.S., Lari H.B., Berezina T.L., et al. Long term efficacy of repeat selective laser trabeculoplasty. *J Ophthalmic Vis Res.* 2014; 9:444-448.
129. Khouri A.S., Lin J., Berezina T.L., et al. Repeat selective laser trabeculoplasty can be effective in eyes with initial modest response. *Middle East Afr J Ophthalmol.* 2014; 21:205–209.
130. Kosmala J., Grabska-Liberek I., Asoklis R.S. Recommendations for ultrasound examination in ophthalmology. Part I: Ultrabiomicroscopic examination. *J Ultrason.* 2018: 344–348.
131. Kramer T.R., Noecker R.J. Comparison of the morphologic changes after selective laser trabeculoplasty and argon laser trabeculoplasty in human eye bank eyes. *Ophthalmology.* 2001;108:773–779.

132. Kumar H., Mansoori T., Warjri G.B., Somarajan B.I., Bandil S., Gupta V. Lasers in glaucoma. *Indian J Ophthalmol.* 2018 Nov;66(11):1539-1553. doi: 10.4103/ijjo.IJO_555_18.
133. Lai J.S., Chua J.K., Tham C.C., et al. Five-year follow up of selective laser trabeculoplasty in Chinese eyes. *Clin Experiment Ophthalmol.* 2004;32: 368–372.
134. Lanzetta P., Menchini U., Virgili G. Immediate intraocular pressure response to selective laser trabeculoplasty. *Br J Ophthalmol* 1999 Jan;83(1):29-32.
135. Latina M., Sibayan S., Dong H. Shin et al. Q-switched 532-nm YAG Laser Trabeculoplasty (Selective Laser Trabeculoplasty) // *Ophthalmol.* – 1998. – Vol. 105, No 11. – P. 2082-2090.
136. Li P., Butt A., Chien J.L., et al. Characteristics and variations of in vivo Schlemm’s canal and collector channel microstructures in enhanced-depth imaging optical coherence tomography. *Br J Ophthalmol.* 2016.
137. Li X., Wang W., Zhang X. Meta-analysis of selective laser trabeculoplasty versus topical medication in the treatment of open-angle glaucoma. *BMC Ophthalmol.* 2015;15:107.
138. Liu Y., Birt C.M. Argon versus selective laser trabeculoplasty in younger patients: 2-year results. *J Glaucoma.* 2012;21:112–115.
139. Lusthaus J.A., Khatib T.Z., Meyer P.A.R. et al. Aqueous outflow imaging techniques and what they tell us about intraocular pressure regulation. *Eye* 35, 216–235 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41433-020-01136-y>.
140. Malvankar-Mehta M.S., Chen Y.N., Iordanous Y., Wang W.W., Costella J., Hutnik C.M. iStent as a Solo Procedure for Glaucoma Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One.* 2015 May 27;10(5):e0128146. doi: 10.1371/journal.pone.0128146. PMID: 26018579; PMCID: PMC4446040.
141. Martow E., Hutnik C.M., Mao A. SLT and adjunctive medical therapy: a prediction rule analysis. *J Glaucoma.* 2011;20:266–270.
142. Maslin J.S., Barkana Y., Dorairaj S.K. Anterior segment imaging in glaucoma: An updated review. *Indian Journal of Ophthalmology.* 2015;63(8): 630–640.

143. Matsuo M., Pajaro S., De Giusti A., Tanito M. Automated anterior chamber angle pigmentation analyses using 360° gonioscopy. *Br J Ophthalmol.* 2020;104(5): 636–641. doi: 10.1136/bjophthalmol-2019-314320.
144. McAlinden C. Selective laser trabeculoplasty (SLT) vs other treatment modalities for glaucoma: systematic review. *Eye (Lond).* 2014;28:249–258.
145. McIlraith I., Strasfeld M., Colev G., et al. Selective laser trabeculoplasty as initial and adjunctive treatment for open-angle glaucoma. *J Glaucoma.* 2006;15:124–130.
146. Nagar M., Luhishi E., Shah N. Intraocular pressure control and fluctuation: the effect of treatment with selective laser trabeculoplasty. *Br J Ophthalmol.* 2009;93:497–501.
147. Nagar M., Ogunyomade A., O’Brart D.P., et al. A randomised, prospective study comparing selective laser trabeculoplasty with latanoprost for the control of intraocular pressure in ocular hypertension and open angle glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 2005;89:1413-1417.
148. Patel V., El Hawy E., Waisbourd M., Zangalli C., Shapiro D.M., Gupta L., Hsieh M., Kasprenski A., Katz L.J., Spaeth G.L. Long-term outcomes in patients initially responsive to selective laser trabeculoplasty. *Int J Ophthalmol.* 2015 Oct 18;8(5):960-4. doi: 10.3980/j.issn.2222-3959.2015.05.19.
149. Peroni A., Paviotti A., Campigotto M., Abegao Pinto L., Cutolo C.A., Shi Y., Cobb C., Gong J., Patel S., Gillan S., Tatham A., Trucco E. On clinical agreement on the visibility and extent of anatomical layers in digital Gonio photographs. *Transl Vis Sci Technol.* 2021;10(11): 1. doi: 10.1167/tvst.10.11.1.
150. Popiela G., Muzyka M., Szelepin L., Cwirko M., Nizankowska M. Use of YAG-Selecta laser and argon laser in the treatment of open angle glaucoma / *Klin. Oczna.* – 2000;102(2):129-33.
151. Realini T., Gazzard G., Latina M., Kass M. Low-energy Selective Laser Trabeculoplasty Repeated Annually: Rationale for the COAST Trial. *J Glaucoma.* 2021 Jul 1;30(7):545-551. doi: 10.1097/IJG.0000000000001788.
152. Ren J., Gille H.K., Wu J., Yang C. OCT Imaging of Collector Channels by PARS Endoscopic Probe. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2010;51(13):3851.

153. Rosenfeld E., Shemesh G., Kurtz S., et al. The efficacy of selective laser trabeculoplasty versus argon laser trabeculoplasty in pseudophakic glaucoma patients. *Clin Ophthalmol.* 2012;6:1935–1940.
154. Sarenac T., Bečić Turkanović A., Ferme P., Gračner T. A Review of Selective Laser Trabeculoplasty: "The Hype Is Real". *J Clin Med.* 2022 Jul 4;11(13):3879. doi: 10.3390/jcm11133879.
155. Sarunic M.V., Asrani S., Izatt J.A. Imaging the ocular anterior segment with realtime, full-range Fourier-domain optical coherence tomography. *Arch Ophthalmol.* 2008;126(4): 537–542. doi: 10.1001/archophth.126.4.537.
156. Shi G., Wang F., Li X., Lu J., Ding Z., Sun X., et al. Morphometric measurement of Schlemm's canal in normal human eye using anterior segment swept source optical coherence tomography. *J Biomed Opt.* 2012;17:016016.
157. Shi J.M., Jia S.B. Selective laser trabeculoplasty. *Int J Ophthalmol.* 2012;5(6):742-9. doi: 10.3980/j.issn.2222-3959.2012.06.17.
158. Skaat A., Rosman M.S., Chien J.L., et al. Microarchitecture of Schlemm Canal Before and After Selective Laser Trabeculoplasty in Enhanced Depth Imaging Optical Coherence Tomography. *J Glaucoma.* 2017;26(4):361–6.
159. SooHoo J.R., Seibold L.K., Ammar D.A., et al. Ultrastructural changes in human trabecular meshwork tissue after laser trabeculoplasty. / *J. Ophthalmol.* 2015;2015:476138.
160. Sun C.Q., Chen T.A., Deiner M.S., Ou Y. Clinical Outcomes of Micropulse Laser Trabeculoplasty Compared to Selective Laser Trabeculoplasty at One Year in Open-Angle Glaucoma. *Clin Ophthalmol.* 2021 Jan 22;15:243-251. doi: 10.2147/OPHT.S285136.
161. Swain D.L., Eliassi-Rad B. Five-year outcomes of selective laser trabeculoplasty: A retrospective study. *Front Med (Lausanne).* 2023 Jan 12;9:1039195. doi: 10.3389/fmed.2022.1039195.
162. Takeuchi M. Association between aqueous humor and vitreous fluid levels of Th17 cell-related cytokines in patients with proliferative diabetic retinopathy / M. Takeuchi, T. Sato, Y. Sakurai et al. // *PLoS One.* – 2017. – Vol. 12 (5). – e0178230.

163. Tandon A., Alward W.L. The centennial of modern gonioscopy. *Ophthalmologica*. 2015;233(1): 58–59. doi: 10.1159/000365789.

164. Teixeira F., Sousa D.C., Leal I., Barata A., Neves C.M., Pinto L.A. Automated gonioscopy photography for iridocorneal angle grading. *Eur J Ophthalmol*. 2020;30(1): 112–118. doi: 10.1177/1120672118806436.

165. Tham Y.C., Li X., Wong T.Y., Quigley H.A., Aung T., Cheng C.Y. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*. 2014;121(11):2081–2090.

166. Uji A., Muraoka Y., Yoshimura N. In Vivo Identification of the Posttrabecular Aqueous Outflow Pathway Using Swept-Source Optical Coherence Tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016 Aug 1;57(10):4162-9. doi: 10.1167/iovs.16-19869. PMID: 27537266.

167. Vahabikashi A., Gelman A., Dong B., Gong L., Cha E.D.K., Schimmel M., Tamm E.R., Perkumas K., Stamer W.D., Sun C., Zhang H.F., Gong H., Johnson M. Increased stiffness and flow resistance of the inner wall of Schlemm's canal in glaucomatous human eyes. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2019 Dec 26;116(52):26555-26563. doi: 10.1073/pnas.1911837116. Epub 2019 Dec 5. PMID: 31806762; PMCID: PMC6936716.

168. Wakshull E. Advancements in Understanding Immunogenicity of Biotherapeutics in the Intraocular Space / E. Wakshull, V. Quarmby, H. C. Mahler et al. // *AAPS J.* – 2017. – Vol. 19 (6). – P. 1656-1668.

169. Wang F., Shi G., Li X., Lu J., Ding Z., Sun X., Jiang C., Zhang Y. Comparison of Schlemm's canal's biological parameters in primary open-angle glaucoma and normal human eyes with swept source optical. *J Biomed Opt*. 2012 Nov;17(11):116008. doi: 10.1117/1.JBO.17.11.116008. PMID: 23117803.

170. Wang L.Y., Su G.Y., Wei Z.Y., Zhang Z.J., Liang Q.F. Progress in the basic and clinical research on the Schlemm's canal. *Int J Ophthalmol*. 2020 May 18;13(5):816-821. doi: 10.18240/ijo.2020.05.18. PMID: 32420231; PMCID: PMC7201348.

171. Wang W., He M., Zhou M., Zhang X. Selective laser trabeculoplasty versus argon laser trabeculoplasty in patients with open-angle glaucoma: a

systematic review and meta-analysis. PLoS One. 2013 Dec 19;8(12):e84270. doi: 10.1371/journal.pone.0084270.

172. Weinand F.S., Althen F. Long-term clinical results of selective laser trabeculoplasty in the treatment of primary open angle glaucoma. *Eur J Ophthalmol.* 2006;16:100–104.

173. Wise J.B., Witter S.L. Argon laser therapy for open-angle glaucoma: a pilot study // *Arch Ophthalmol. Glaucoma.* – 1979. – Vol. 97. – P. 319-22.

174. Wong M.O., Lee J.W., Choy B.N., et al. Systematic review and meta-analysis on the efficacy of selective laser trabeculoplasty in open-angle glaucoma. *Surv Ophthalmol.* 2015;60:36–50.

175. Woo D.M., Healey P.R., Graham S.L., et al. Intraocular pressure-lowering medications and long-term outcomes of selective laser trabeculoplasty. *Clin Experiment Ophthalmol.* 2015;43:320–327.

176. Wu X., Tan B., Gan J., Lam A.R., Chen Y., Liu X., Chua J., Wong D.W.K., Ang M., Schmetterer L., Yao X. Evaluation of different OCT systems in quantitative imaging of human Schlemm's canal. *Sci Rep.* 2022 Jan 26;12(1):1400. doi: 10.1038/s41598-022-05410-9. PMID: 35082345; PMCID: PMC8792050.

177. Xin C., Johnstone M., Wang N., Wang R.K. OCT Study of Mechanical Properties Associated with Trabecular Meshwork and Collector Channel Motion in Human Eyes. 2016. PLOS ONE 11(9): e0162048. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162048>.

178. Xin C., Wang R.K., Song S., Shen T., Wen J., Martin E., Jiang Y., Padilla S., Johnstone M., 2017. Aqueous outflow regulation: optical coherence tomography implicates pressure-dependent tissue motion. *Exp. Eye Res.* 158, 171–186.

179. Yan X., Li M., Chen Z., Zhu Y., Song Y., et al. (2016) Schlemm's Canal and Trabecular Meshwork in Eyes with Primary Open Angle Glaucoma: A Comparative Study Using High-Frequency Ultrasound Biomicroscopy. PLOS ONE 11(1): e0145824. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145824>.

180. Yan X., Li M., Wang J., Zhang H., Zhou X., Chen Z. Morphology of the Trabecular Meshwork and Schlemm's Canal in Posner-Schlossman Syndrome. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2022 Jan 3;63(1):1. doi: 10.1167/iovs.63.1.1. PMID: 34978560; PMCID: PMC8742513.

181. Yao X., Tan B., Ho Y., Liu X., Wong D., Chua J., Wong T.T., Perera S., Ang M., Werkmeister R.M., Schmetterer L. Full circumferential morphological analysis of Schlemm's canal in human eyes using megahertz swept source OCT. *Biomed Opt Express.* 2021 Jun 7;12(7):3865-3877. doi: 10.1364/BOE.426218. PMID: 34457385; PMCID: PMC8367246.

182. Yucel Y.H., et al. Identification of lymphatics in the ciliary body of the human eye: a novel «uveolymphatic» outflow pathway // *Exp. Eye Res.* 2009. Vol. 89. № 5. P. 810–819.

183. Zgryźniak A., Przeździecka-Dołyk J., Szaliński M., Turno-Kręcicka A. Selective Laser Trabeculoplasty in the Treatment of Ocular Hypertension and Open-Angle Glaucoma: Clinical Review. *J Clin Med.* 2021 Jul 27;10(15):3307. doi: 10.3390/jcm10153307.

184. Zhang H.Y., Qin Y.J., Yang Y.F., Xu J.G., Yu M.B. Intraocular Pressure-Lowering Potential of Subthreshold Selective Laser Trabeculoplasty in Patients with Primary Open-Angle Glaucoma. *J Ophthalmol.* 2016;2016:2153723. doi: 10.1155/2016/2153723.

185. Zhang J., Ren L., Xi M., Xu Q., Zheng W., Liu Z. Microstructure visualization of conventional outflow pathway and finite element modeling analysis of trabecular meshwork. *BioMed Eng OnLine.* 2016;15 Suppl 2:162.

186. Zhou Y., Aref A.A. A Review of Selective Laser Trabeculoplasty: Recent Findings and Current Perspectives. *Ophthalmol Ther.* 2017 Jun;6(1):19-32. doi: 10.1007/s40123-017-0082-x.