

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ТАДЖИКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АБУАЛИ ИБНИ СИНО

УДК 617.7-007.681; 617.735-073.756.8

На правах рукописи



КАРИМОВ МЕХРУЛЛО БОБОХОЛОВИЧ

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОЛЩИНЫ СЛОЯ НЕРВНЫХ ВОЛОКОН
СЕТЧАТКИ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ПЕРВИЧНОЙ
ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ
КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ**

Диссертация

на соискание учёной степени кандидата медицинских наук
по специальности 14.01.07 – Глазные болезни

Научный руководитель:

кандидат медицинских наук, доцент

Махмадзода Шамсулло Курбон

Душанбе – 2025

Оглавление

Перечень сокращений, условных обозначений	4
Введение	5
Общая характеристика исследования	8
Глава 1. Современный взгляд на изменение диска зрительного нерва и СНВС при глаукомной оптической нейропатии (обзор литературы)	14
1.1 Глаукомная оптическая нейропатия	14
1.2 Методы диагностики глаукомы традиционными методами	23
1.3 Способы визуальной диагностики глаукомной оптической нейропатии	30
1.4. Нормативная база данных	38
1.5. ОКТ в ранней диагностике и оценке прогрессирования глаукомы	42
Глава 2. Материал и методы исследования	46
2.1. Общая характеристика клинического материала	46
2.2. Специальные дополнительные методы обследования	49
Глава 3. Результаты собственных исследований	62
3.1. Толщина СНВС, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у здоровых жителей Республики Таджикистан	62
3.2. Толщина СНВС, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у больных с различными стадиями первичной открытоугольной глаукомы	70
3.2.1. Толщина слоя нервных волокон сетчатки, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у здоровой группы этнических таджиков (контрольная группа)	70
3.2.2. Толщина СНВС, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у больных с I стадией ПОУГ	72
3.2.3. Толщина СНВС, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у больных с II стадией ПОУГ	74
3.2.4. Толщина слоя нервных волокон сетчатки, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у больных с III стадией первичной открытоугольной глаукомы	75
3.3. Толщина слоя нервных волокон сетчатки, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у больных с различными стадиями первичной открытоугольной глаукомы в различных квадрантах	78
3.3.1. Толщина СНВС, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у больных с ПОУГ в нижнем квадранте	78
3.3.2. Толщина СНВС, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у больных с ПОУГ в верхнем квадранте	79
3.3.3. Толщина СНВС, определяемая при помощи оптической	

когерентной томографии у больных с ПОУГ в носовом квадранте	80
3.3.4. Толщина СНВС, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у больных с ПОУГ в височном квадранте	82
3.4. Алгоритм первичной диагностики пациентов с первичной открытоугольной глаукомой в Республике Таджикистан	84
Глава 4. Обзор результатов исследования	114
Выводы	125
Рекомендации по практическому использованию результатов исследования	126
Список литературы	128
Публикации по теме диссертации	142

Перечень сокращений, условных обозначений

АЗД – афферентный зрачковый дефект

ВГД – внутриглазное давление

ГОН – глаукомная оптическая нейропатия

ДЗН – диск зрительного нерва

Дптр – диоптрия

КЛСО – конфокальная лазерная сканирующая офтальмоскопия

КП – компьютерная периметрия

Мкм, $\mu\text{м}$ – микрометр, микрон

НРК – нейроретинальное кольцо

НРП – нейроретинальный поясок

ОКТ – оптическая когерентная томография

ПОУГ – первичная открытоугольная глаукома

СГК и ВП – слой ганглиозных клеток и внутренний плексиформный слой

СНВС – слой нервных волокон сетчатки

СОКТ – спектральная оптическая когерентная томография

НРТ – гейдельбергская ретинотомография, гейдельбергский ретинальный томограф

MD – среднее отклонение светочувствительности от нормы

Введение

Актуальность темы исследования. Согласно исследованиям, глаукома признана основной причиной необратимой потери зрения на глобальном уровне и находится на втором месте после катаракты по частоте индуцирования слепоты [Jonas, J.V., 2017]. Основной медико-социальной задачей в этой области является разработка и улучшение способов ранней диагностики и терапии данного заболевания. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, в настоящее время в мире зафиксировано более 2,2 миллиарда случаев ухудшения зрения. Из них, более одного миллиарда случаев могли быть предотвращены либо эффективно излечены. По данным доклада ВОЗ по проблемам зрения 2019 года диагноз глаукомы затрагивает более 106 миллионов человек, и из-за него более чем три миллиона из них утратили зрение. В России показатель общей заболеваемости глаукомой на 100 тыс. населения с 2013 по 2022 увеличился на 30% и составил 1250558 больных, что делает её одной из основных причин слепоты в стране [Нероев В.В., 2024]. В странах Средней Азии слепота, вызванная глаукомой, составляет 28% всех случаев, занимая лидирующее место среди причин снижения зрения и необратимой слепоты, согласно данным ВОЗ за 2019 год. В Таджикистане, заболеваемость глаукомой достигает 41,6 на каждые 100 тысяч населения, при этом 14,3% случаев слепоты, вызванной этим заболеванием, ставят глаукому на лидирующее место среди основных причин слепоты и слабовидения в стране [Муминова М. Дж., 2014].

Первичная открытоугольная глаукома (ПОУГ) – это наиболее распространённая форма глаукомы, характеризующаяся хроническим и прогрессирующим течением оптической нейропатии у взрослых. Эта форма глаукомы проявляется истончением слоя нервных волокон сетчатки (СНВС), глаукоматозным повреждением зрительного нерва и характерными изменениями в поле зрения, которые усугубляются с течением времени. По всему миру слепотой, вызванной ПОУГ, страдают около 4,5 миллиона человек,

что составляет более 20% от всех случаев слепоты. При своевременной диагностике, правильной тактике лечения и соблюдении контроля в большинстве случаев можно не допустить возникновения слепоты.

Согласно данным Егорова Е.А. (2018 г.), глаукома в конечном итоге приводит к развитию глаукоматозной экскавации диска зрительного нерва (ДЗН) и его атрофии. Клинические признаки патологического изменения ДЗН и расстройств поля зрения при глаукомном процессе появляются уже после утраты больше половины нервных волокон. Установлено, что при первичной форме открытоугольной глаукомы наблюдается существенное уменьшение толщины СНВС, которое выявляется ранее других нарушений полей зрения [Alasil T., 2014]. Следовательно, в ранней диагностике глаукомы большую роль играет определение показателей толщины СНВС.

Оптическая когерентная томография (ОКТ) в настоящее время считается золото-стандартом методом диагностики заболеваний заднего сегмента глаза [Аникина М.А., 2018, Курьшева Н.И., 2015]. Внедрение этой технологии значительно улучшило точность и информативность диагностического процесса. Одним из ключевых преимуществ ОКТ является её способность предоставлять истинные поперечные срезы структур глазного дна, что по сути является прижизненным гистологическим исследованием. Кроме того, на аппаратах ОКТ реализована полная автоматизация анализа диска зрительного нерва (ДЗН), что дополнительно упрощает и ускоряет процесс диагностики.

Методики тестирования и возможности ОКТ в клинической практике остаются актуальными и требуют дальнейшего изучения. Недавние исследования также показывают, что прогрессирующее истончение СНВС и сужение нервно-ретиального пояса (НРП) могут наблюдаться даже у здоровых людей [Н. Ноу, 2023], что подчёркивает важность дальнейших исследований в этой области для улучшения диагностики и понимания прогрессирования заболеваний диска зрительного нерва и сетчатки.

Степень научной разработанности изучаемой проблемы. Значение толщины СНВС при глаукомном процессе и важность ранней диагностики

глаукомы, использование инновационных методик диагностики и мониторинга этого заболевания, в том числе ОКТ, изучались несколькими авторами [Шпак А.А. 2011, Курышева Н.И. 2015, С.W. Wu et al., 2023]. Следует отметить, что каждое из доступных на сегодняшний день устройств, предназначенных для проведения топографо-морфологического исследования сетчатки глаза, содержит свою базу данных, которая колеблется в зависимости от страны – производителя и параметров этнических групп, включенных в данную конкретную базу данных, в результате чего и интерпретация данных в каждом регионе также будет отличаться. Согласно данным ряда авторов, на толщину СНВС и оптические характеристики ДЗН может оказывать значительное влияние этническая принадлежность пациента и его раса [С.W. Wu et al., 2023]. Для получения достоверных результатов важно гарантировать, что выборка адекватно отражает этнический состав изучаемой популяции. Отсутствие такой репрезентативности может привести к ошибочным интерпретациям и выводам, которые не будут корректно характеризовать конкретную этническую группу [Li Mo et al., 2019].

Учитывая вышесказанное, имеется необходимость установления средней толщины СНВС, характерной для жителей Республики Таджикистан, а также изучение его толщины в различных стадиях ПОУГ для раннего выявления, своевременной и ранней постановки диагноза и оказания качественной медицинской помощи больным с глаукомой.

Связь исследования с программами, научной тематикой. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательской работы кафедры офтальмологии ГОУ «ТГМУ имени Абуали ибни Сино» на тему: «Современные технологии в профилактике слепоты и слабовидения вследствие диабета, глаукомы и патологии рефракции» на 2021-2025 годы, номер государственной регистрации 0121TJ1184.

Общая характеристика исследования

Цель исследования: измерить величину и определить пределы колебаний толщины слоя нервных волокон сетчатки на разных стадиях первичной открытоугольной глаукомы у жителей Республики Таджикистан.

Задачи исследования:

1. Определить толщину слоя нервных волокон сетчатки при помощи оптической когерентной томографии у здоровых жителей Республики Таджикистан.

2. Определить толщину слоя нервных волокон сетчатки методом оптической когерентной томографии у больных на разных стадиях глаукомного процесса и установить пределы колебаний толщины данного показателя для каждой стадии заболевания.

3. Создать нормативную базу данных в соответствии со стадией первичной открытоугольной глаукомы и усовершенствовать процесс ранней постановки диагноза и определение стадии заболевания, опираясь на количественные показатели толщины слоя нервных волокон сетчатки у жителей Республики Таджикистан.

4. Разработать новый алгоритм диагностики первичной открытоугольной глаукомы с учётом инновационных и современных методов исследования.

Объект исследования. Всего в рамках проведённого исследования было обследовано 152 человека, а общее число обследованных глаз в совокупности составило 230. В исследование были включены следующие категории пациентов: 22 человека с начальной стадией ПОУГ, 25 человек с развитой стадией ПОУГ, 31 человек с далекозашедшей стадией ПОУГ. Кроме того, в качестве контроля были изучены офтальмологические показатели у 74 практически здоровых лиц (число обследованных глаз – 140).

Предмет исследования – величина и пределы колебаний толщины СНВС у здорового населения в разных возрастных группах и у больных на разных стадиях первичной открытоугольной глаукомы у жителей Республики Таджикистан.

Научная новизна исследования:

1. Впервые создана нормативная таблица толщины СНВС, определяемая методом ОКТ в соответствии со стадией развития ПОУГ для жителей Республики Таджикистан.
2. Впервые определены величина и пределы толщины слоя нервных волокон сетчатки на разных стадиях первичной открытоугольной глаукомы в Республике Таджикистан.
3. Полученные результаты внедрены в офтальмологическую практику для ранней диагностики заболевания и более точного определения стадии глаукомного процесса.
4. Показатели толщины слоя нервных волокон сетчатки выступают в качестве критерия стабилизации глаукомного процесса.
5. Полученные результаты служат мерой оценки достижения толерантного для каждого пациента уровня внутриглазного давления в процессе получения лечения.
6. Разработан новый алгоритм диагностики ПОУГ в Республике Таджикистан с учётом современных, объективных, инновационных методов диагностики.

Теоретическая и научно-практическая значимость исследования

Результаты исследования, внедрённые в офтальмологическую практику, позволят ранней постановке диагноза, точному определению стадии процесса и оценке прогрессирования ПОУГ. Предложенные результаты исследования могут выступить в качестве критериев стабилизации глаукомного процесса и эффективности применяемого метода лечения. Полученные в ходе исследования данные позволят сократить количество нецелесообразных визитов пациентов с подозрением на глаукому к врачу на обследование. Установленная в работе высокая информативность метода ОКТ в диагностике и оценке прогрессирования ПОУГ будет служить основанием для оснащения

глаукомных центров, офтальмологических отделений и кабинетов РТ ОКТ аппаратурой.

Положения, выносимые на защиту:

1. Нормативная база данных ОКТ и её колебания в соответствии со стадией ПОУГ для жителей Республики Таджикистан могут служить критериями наличия патологии и оценки прогрессирования заболевания.

2. Применение способа оптической когерентной томографии позволяет точно оценивать параметры ДЗН и СНВС, изменения в толщине которых могут выступить в качестве важного критерия для определения стадии заболевания и оценки его прогрессирования.

3. Наиболее информативными индикаторами при диагностике ПОУГ с использованием ОКТ считаются показатели общей средней толщины СНВС и показатели его толщины в верхнем, нижнем и носовом квадрантах.

4. Инновационные методы диагностики глаукомы, которые не зависят от оператора, позволяют значительно улучшить точность оценки прогрессирования заболевания. К таким методам относятся исследование СНВС с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ), статическая периметрия и пахиметрия, применяемые на различных стадиях ПОУГ. Эти подходы позволяют разработать новый алгоритм диагностики глаукомы, повысить его информативность при выявлении структурно-функциональных изменений, наблюдаемых при прогрессирующем течении данной патологии.

Степень достоверности результатов. Проведённое исследование охватывает анализ 230 глаз, с использованием точных методов исследования и статистической обработки данных. Разработанные методы и полученные результаты применяются в процессе диагностики, определения стадии и мониторинга глаукомы в ГУ НМЦ РТ «Шифобахш». Также успешно интегрированы в образовательный процесс на кафедре офтальмологии Государственного образовательного учреждения Таджикский государственный медицинский университет имени Абуали ибни Сино.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакета статистических программ Statistica 10.0 (StatSoft, USA). Оценку соответствия выборки нормальному закону распределения проводили по критериям Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смирнова. Количественные величины описаны в виде среднего значения со стандартной ошибкой, а также в виде медианного значения и межквартильного размаха. Для относительных величин вычислялись процентные значения. Парные сравнения между независимыми группами по количественным показателям проводили по U-критерию Манна-Уитни, множественные сравнения проводились по H-критерию Краскела-Уоллиса.

Различия считались статистически значимыми при уровне p менее 0,05.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертация по поставленной цели, решённым задачам и полученным результатам соответствует паспорту ВАК при Президенте Республики Таджикистан по специальности 14.01.07 – Глазные болезни: п. 3. Современные клинические проявления патологии глаза и его придатков, их роль в комплексной диагностике. Выявление связи поражений органа зрения с заболеваниями других органов и систем. Совершенствование диагностики патологических состояний органа зрения с использованием современных инструментальных, клинических, молекулярно-генетических, иммунологических, патоморфологических, лабораторных, функциональных и других методов исследования. Дифференциальный диагноз при различных патологиях органа зрения; п. 5. Оптимизация методов первичной и вторичной профилактики заболеваний органа зрения; реабилитация больных с заболеваниями, приводящими к необратимой слепоте и слабовидению, таких как глаукома, диабетическая ретинопатия, травмы и ожоги, нарушения кровообращения сетчатки, отслойка сетчатки, помутнения роговицы, увеиты, амблиопия, косоглазие и другие. Диспансерные методы работы с больными, страдающими патологией, которая может привести к слепоте и слабовидению, требующими длительного наблюдения врача-офтальмолога.

Личный вклад соискателя учёной степени в исследования. Автором самостоятельно выполнены анализ литературы по теме диссертационного исследования, проведение клинического исследования, сбор и систематизация первичных клинических материалов, анализ результатов обследования здоровых лиц и пациентов, изложение полученных результатов в виде научных статей и диссертации.

Апробация и реализация результатов диссертации. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на заседании кафедры офтальмологии ГОУ «Таджикский государственный медицинский университет имени Абуали ибни Сино» (протокол № 9 от 28.04.2023 г.), на межкафедральной проблемной комиссии по стоматологии, болезням уха, горло, носа и глазным болезням ГОУ «Таджикский государственный медицинский университет имени Абуали ибни Сино» (протокол № 7 от 27.05.2023 г.) и на учёном совете стоматологического факультета ГОУ «Таджикский государственный медицинский университет имени Абуали ибни Сино» (протокол № 10 от 10.06.2023 г.), на конференции молодых учёных ГОУ «Таджикский государственный медицинский университет имени Абуали ибни Сино» (2023, 2024), на годичной конференции ГОУ «Таджикский государственный медицинский университет имени Абуали ибни Сино» (2022, 2023, 2024), на II – Республиканском съезде офтальмологов Республики Таджикистан (23.06.2023 г.). Разработанные методики внедрены в практическую деятельность ГУ НМЦ РТ «Шифобахш» и на кафедре офтальмологии ГОУ «Таджикский государственный медицинский университет имени Абуали ибни Сино» (20.12.2023 г.).

Публикации по теме диссертации. По теме диссертации опубликованы 14 печатных работ, из них 8 – в журналах, рецензируемых ВАК при Президенте РТ. Получено 2 рационализаторских предложения. Имеется 1 патент Республики Таджикистан.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 144 страницах компьютерного текста и состоит из введения, обзора литературы,

материала и методов, 2-х глав собственных исследований, выводов и рекомендаций по практическому использованию результатов. Работа иллюстрирована 12 таблицами, 43 рисунком. Библиографический список использованной литературы включает 134 источника.

ГЛАВА 1. Современный взгляд на изменение диска зрительного нерва и СНВС при глаукомной оптической нейропатии (обзор литературы)

1.1. Глаукомная оптическая нейропатия

Согласно дефиниции, принятой Европейским обществом по изучению глаукомы, данное заболевание классифицируется как «хроническая прогрессирующая оптическая нейропатия». Эта формулировка отражает современное понимание глаукомы как комплексного патологического процесса, затрагивающего зрительный нерв. Глаукома представляет собой совокупность патологических процессов, которые индуцируют характерные морфологические альтерации в структуре головки зрительного нерва. Среди морфологических изменений, ассоциированных с глаукомой, особое диагностическое значение имеет экскавация зрительного нерва. Этот феномен характеризуется формированием углубления в области диска зрительного нерва. Помимо этого, глаукома сопровождается изменениями в слое нервных волокон сетчатки, подчёркивающими мультифакторный и комплексный характер заболевания, что указывает на взаимодействие различных патогенетических механизмов в его развитии [45,49] (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1. - Глаукомная оптическая нейропатия

Зрительный нерв (II черепно-мозговой нерв, n. opticus) формируется путём объединения аксонов ганглиозных клеток сетчатки. Эти аксоны, выходя из глаза, становятся неотъемлемой частью зрительной системы [15].

Головка зрительного нерва, также известная как внутриглазной отдел, представляет собой наиболее короткий сегмент зрительного нерва. Его протяжённость составляет приблизительно 1 мм, а вертикальный диаметр достигает около 1,5 мм. Данный участок зрительного нерва визуализируется при проведении офтальмоскопии и именуется оптическим диском. Оптический диск является точкой конвергенции нервных волокон сетчатки, откуда они покидают глазное яблоко, формируя начальный отдел зрительного нерва (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2. – Диск зрительного нерва

- **Внутриглазничный отдел.** Данный сегмент простирается от задней части глазного яблока до зрительного отверстия, расположенного на вершине орбиты, и имеет длину от 25 до 30 мм. Диаметр этого отдела зрительного нерва составляет 3-4 мм, что обусловлено добавлением миелиновых оболочек к нервным волокнам. В верхней части орбиты зрительный нерв окружён

фиброзным кольцом Цинна, которое служит точкой крепления для четырёх прямых мышц глаза.

- Внутриканикулярный отдел. Этот отдел проходит через зрительный канал, его длина около 6 мм. Он отличается от внутриглазного отдела тем, что закреплён в канале за счёт сращения твёрдой мозговой оболочки с надкостницей, что обеспечивает дополнительную стабилизацию нерва.

- Внутрочерепной отдел. Простирается от зрительного канала до зрительного перекреста. Длина этого участка варьируется от 5 до 16 мм, среднее значение составляет примерно 10 мм. Этот отдел особенно важен, так как непосредственно передаёт зрительные сигналы в мозг для обработки [40,48].

- Внутриглазной сегмент зрительного нерва преимущественно сформирован аксонами ганглиозных клеток сетчатки. В постериорной области глазного яблока эти аксональные волокна конвергируют, образуя компактный нейрональный пучок. Данный пучок, в точке своего выхода из глаза, формирует структуру, известную как диск зрительного нерва (ДЗН). Характерной особенностью архитектоники ДЗН является высокоупорядоченное расположение аксонов. Нервные волокна, берущие начало в макулярной зоне, проецируются в центрально-темпоральную область диска. Одновременно с этим, аксоны, исходящие из верхних и нижних темпоральных секторов сетчатки, мигрируют к периферическим отделам диска. Такая строго детерминированная организация и дистрибуция аксонов в пределах диска зрительного нерва играет ключевую роль в процессе трансдукции визуальной информации от сетчатки к церебральным структурам.

В центре папилломакулярного пучка локализуются два ключевых аксона, играющих первостепенную роль в трансдукции визуальных сигналов от солитарной колбочки, расположенной в центре фовеолы. Данные нейрональные структуры критически важны для обеспечения функций центрального зрения, обеспечивая высокую остроту и разрешающую способность, что является необходимым условием для выполнения задач, требующих дискриминации

мельчайших деталей. Аксоны, дислоцированные на периферии зрительного нерва, осуществляют аккумуляцию и трансляцию информации от обширного пула фоторецепторов. Эта функциональная особенность имеет фундаментальное значение для обеспечения периферического зрения. Аксоны ганглиозных клеток, локализованные в верхних и нижних назальных квадрантах сетчатки, формируют радиальные волокна. Топографическое расположение этих аксонов в ДЗН точно коррелирует с их позицией в сетчатке, что является критическим фактором для корректной передачи визуальной информации. Радиальные волокна, берущие начало в верхне- и нижненазальных квадрантах сетчатки, интегрируются в архитектуру зрительного нерва, формируя характерный дугообразный изгиб под прямым углом. Эта анатомическая особенность представляет собой ключевой элемент в инициальной организации зрительного нерва [13]. Данная конфигурация нервных волокон способствует формированию экскавации – углубления в центральной части ДЗН, играющего существенную роль в анатомо-функциональной организации зрительного анализатора. В сформированной экскавации располагаются магистральные кровеносные сосуды: центральная артерия сетчатки, осуществляющая приток крови в глазную полость, и центральная вена сетчатки, обеспечивающая венозный отток [16].

Многочисленные научные работы, осуществлённые с применением технологий оптической когерентной томографии и ультразвуковой диагностики, существенно продвинули процесс точного определения биометрических параметров структур глазного яблока. Исследование Харлапа С.И. и его коллег подтверждает полученные данные, предоставляя следующие значения: размер ДЗН в длину достигает 1 мм, площадь ДЗН составляет $2,522 \pm 0,06$ мм², причём горизонтальный размер диска составляет $1,826 \pm 0,03$ мм, а вертикальный его размер составляет $1,772 \pm 0,04$ мм [4,16,17,26,59].

ДЗН представляет собой сложную структуру, состоящую из четырёх различных зон, каждая из которых играет важную роль в анатомии и функционировании глаза. Эти зоны включают:

Центральная часть ДЗН – является основной областью, где сходятся аксоны ганглиозных клеток сетчатки, образуя зрительный нерв. Её диаметр составляет примерно 1,5 мм.

Юкстапапиллярная зона – непосредственно прилегает к центральной части диска и обеспечивает переход к окружающим тканям глаза. Её диаметр около 1,7 мм.

Парапапиллярная зона – расположена вокруг юкстапапиллярной области и служит дополнительной поддерживающей структурой для зрительного нерва. Её диаметр примерно 2,1 мм.

Перипапиллярная зона – самая внешняя часть, обеспечивающая связь диска зрительного нерва с остальным глазным яблоком. Диаметр этой зоны достигает 3,1 мм [14, 17].

Внутриглазная часть зрительного нерва характеризуется сложной анатомической организацией, включающей несколько дистинктивных зон. Каждая из этих зон обладает уникальными топографическими и функциональными характеристиками [16]. Глиальные трабекулы образуют многослойную сеть в структуре зрительного нерва, имея продольное и поперечное расположение волокон. Глиальные трабекулы формируют комплексную многоуровневую сеть в структуре зрительного нерва. Их пространственная ориентация характеризуется как продольным, так и трансверсальным расположением волокон. Такая архитектура обуславливает формирование плотного, но одновременно эластичного каркаса, выполняющего протективную функцию для нервных волокон. Уникальная структурная организация глиальных трабекул обеспечивает эффективную амортизацию колебаний внутриглазного давления. Это свойство играет ключевую роль в предотвращении механического повреждения нервных волокон и поддержании стабильности функциональной активности зрительного нерва [74,99,108].

Глаукома в настоящее время классифицируется как нейродегенеративное заболевание с многофакторной этиологией, обусловленное различными этиопатогенетическими механизмами. Современное определение характеризует

глаукому как прогрессирующую оптическую нейропатию, которая индуцирует патологические изменения в зрительных полях и вызывает апоптоз ганглионарных клеток сетчатки [5].

В современной медицинской практике выделяют три основных механизма, играющих ключевую роль в развитии глаукомного поражения зрительного нерва: механический (ассоциирован с повышением внутриглазного давления), дисциркуляторный (связан с нарушениями кровообращения), метаболический (отражает внутриклеточные дисфункции). Понимание этих факторов имеет большое значение для разработки эффективных методов лечения глаукомы [6]. К развитию первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) могут привести различные факторы, среди которых помимо повышенного уровня ВГД, выделяются ишемические нарушения в процессе реперфузии, окислительные процессы, дефицит факторов роста с нейротрофической активностью, токсическое воздействие глутамата на нервные клетки, а также иммунные реакции, индуцирующие программированную гибель ганглиозных клеток сетчатки [91,106].

А.П. Нестеров выделяет ключевые факторы, влияющие на развитие глаукоматозной оптической нейропатии. Особо значимым элементом является постоянное увеличение внутриглазного давления (ВГД), которое приводит к механическим повреждениям поддерживающих структур в области головки зрительного нерва. Эти изменения проявляются в виде асимметричного отклонения решетчатой пластинки склеры к задней части глаза, вызывая зажатие нервных волокон в её каналах. Сдавливание вызывает ишемические изменения и активизацию глиальных клеток [6,26,27], что мешает аксоплазматическому транспорту и приводит к дефициту необходимых нейротрофинов. Эти процессы инициируют апоптоз ганглиозных клеток сетчатки. В результате их гибели высвобождается глутамат, усиливающий эксайтотоксический эффект и стимулирующий апоптоз соседних клеток, что дополнительно усугубляет повреждение зрительного нерва. Повышенное внутриглазное давление не только наносит механический ущерб

непосредственно, но также усиливает его косвенно, растягивая соединительные ткани, что способствует дополнительным механическим воздействиям на структуры глаза. Это взаимодействие увеличивает риск серьёзных повреждений и усугубляет уже существующие нарушения в структуре зрительного нерва. Согласно исследованиям Бургойна, элевация внутриглазного давления оказывает существенное воздействие на гемодинамику ретробульбарных сосудов и капиллярного русла ДЗН. Особенно выраженные изменения наблюдаются в области решетчатой пластинки. Индуцированная повышенным внутриглазным давлением дистензия склеры провоцирует альтерации в гемодинамике задних коротких цилиарных артерий. Эти изменения, в свою очередь, приводят к дисфункции артериального кровоснабжения в области круга Цинна-Галлера. Прогрессирующая дистензия склеральной ткани обуславливает повышение компрессионного воздействия на цилиарные артерии, ответственные за кровоснабжение ретроламинарной зоны зрительного нерва. Индуцированная компрессия сосудистых структур существенно повышает риск развития ишемических состояний в тканях зрительного нерва [41].

В контексте глаукомной патологии наблюдается тесная корреляция между функциональными нарушениями зрительного анализатора и процессами апоптоза ганглиозных клеток сетчатки, сопровождающимися деградацией их аксонов. Эта взаимосвязь подчёркивает интегративный характер структурно-функциональных изменений в зрительной системе при прогрессировании заболевания [11]. Экспериментальные исследования демонстрируют, что даже кратковременная (в течение трех суток) элевация давления на аксоны зрительного нерва индуцирует диссоциацию митохондрий. Этот процесс обусловлен развитием гипоксии и снижением концентрации аденозинтрифосфата (АТФ), что свидетельствует о развитии метаболической эксайтотоксичности. Последующие изменения включают нарушения кальциевого гомеостаза клеток и гиперактивацию N-метил-D-аспаратных (NMDA) рецепторов, что потенцирует повреждение нейрональных структур и

ускоряет процессы клеточной гибели. Примечательно, что антагонисты NMDA-рецепторов демонстрируют способность редуцировать уровень эксайтотоксичности посредством стабилизации клеточных мембран, тем самым обеспечивая нейропротективный эффект [36,124]. Митохондрии играют центральную роль в инициации апоптотических процессов при глаукоме, реагируя на стрессовые воздействия, ассоциированные с повреждением клеточных структур. Эти органеллы запускают каскад критических событий, включающих: повышение проницаемости митохондриальных мембран, снижение трансмембранного потенциала, высвобождение апоптоз-индуцирующих факторов из межмембранного пространства. Среди основных молекулярных медиаторов апоптоза выделяют: апоптоз-индуцирующий фактор (AIF), активатор каспаз из митохондрий (SMAC) и разнообразные прокаспазы. Цитохром C, высвобождаемый в цитоплазму, взаимодействует с фактором активации апоптотической протеазы-1 (Araf-1), что способствует формированию апоптосомного комплекса и инициирует каспазный каскад, кульминирующий в клеточной гибели. Этот процесс приводит к деструкции структурных и функциональных компонентов митохондрий, что в конечном итоге индуцирует необратимую клеточную смерть [76,77].

Нейродегенеративные патологии, включая глаукому, характеризуются комплексной этиологией, что существенно затрудняет идентификацию единственного инициирующего фактора в патогенезе заболевания. Эта многофакторность обуславливает необходимость интегративного подхода к изучению молекулярных механизмов нейродегенерации. Несмотря на традиционное представление о митохондриях как о ключевых эффекторах апоптоза нейронов, накапливающиеся данные свидетельствуют о не менее значимой роли сигнальных путей в инициации и регуляции программируемой клеточной гибели [59,70,73,93,109,110].

Исследование, проведённое Аной И. Рамирес и соавторами, раскрывает комплексную этиологию глаукомы, где ключевыми триггерными факторами выступают повышение ВГД, васкулярные аномалии и активация иммунных

реакций. Эти факторы индуцируют каскад патологических изменений в структурах сетчатки и зрительного нерва, подчёркивая многогранность патогенеза заболевания. Среди выявленных патологических альтераций особого внимания заслуживают следующие процессы: А) дисфункция аксонального транспорта – представляет собой критический механизм нейродегенерации при глаукоме, нарушая трофическую поддержку и функциональную целостность нейронов. Б) Аккумуляция нейрофиламентов – может приводить к структурным аномалиям аксонов и нарушению их функциональной активности, что вносит существенный вклад в прогрессирование глаукомной оптической нейропатии. В) Нарушения микроциркуляции – играют ключевую роль в развитии ишемических процессов, усугубляя повреждение нейрональных структур и способствуя прогрессированию заболевания. Г) Изменения в составе и структуре внеклеточного матрикса – могут влиять на механические свойства тканей глаза и модулировать клеточные сигнальные пути, участвующие в патогенезе глаукомы. Д) Глиальная активация – представляет собой двойственный процесс, который может иметь как нейропротективные, так и нейродегенеративные последствия, в зависимости от характера течения и стадии заболевания [55]. Первичные патологические изменения инициируют развитие вторичных патологий, которые усугубляют повреждение нервной ткани. Нарушение баланса нейромедиаторов, в частности глутамата, может приводить к чрезмерной стимуляции нейронов и их последующей гибели. Снижение уровня факторов роста нервов может нарушать трофическую поддержку нейронов, снижая их выживаемость. Повышенное образование свободных радикалов и недостаточность антиоксидантных систем приводят к повреждению клеточных структур. Нарушение функции митохондрий может приводить к энергетическому дефициту и активации про-апоптотических сигнальных путей. Взаимодействие первичных и вторичных патологических процессов формирует сложную сеть молекулярных и клеточных изменений, лежащих в основе прогрессирования глаукомы. Эти факторы в совокупности

могут инициировать процесс апоптоза в ганглиозных клетках сетчатки [100,101].

1.2. Методы диагностики глаукомы традиционными методами

Глаукома представляет собой одно из наиболее грозных офтальмологических заболеваний. Несмотря на значительный прогресс в области диагностических методологий и терапевтических подходов, значительная часть пациентов обращается за специализированной медицинской помощью на поздних стадиях патологического процесса [8,25,50]. Это обусловлено рядом факторов, включая асимптоматическое течение заболевания на ранних стадиях и недостаточную осведомлённость населения о рисках и последствиях глаукомы. В момент первого обращения к офтальмологу у некоторых пациентов уже наблюдается поражение до 40% зрительного нерва [7,9,19,38].

Для диагностики глаукомы применяется комплекс различных методов, включая визометрию для оценки остроты зрения, тонометрию и тонографию для измерения внутриглазного давления, гониоскопию для исследования угла передней камеры глаза, а также периметрию, которая позволяет оценить поля зрения [28]. Офтальмоскопия и биомикроскопия глазного дна являются ключевыми методами в диагностике глаукомы, поскольку они позволяют визуализировать диск зрительного нерва (ДЗН) и перипапиллярную область. Благодаря совершенствованию диагностических технологий, прогресс в выявлении анатомо-морфологических изменений на глазном дне, связанных с глаукомой, значительно ускорился. Изначально для этой цели использовались методы обратной и прямой офтальмоскопии. Затем практика дополнилась офтальмобиомикроскопией, позволяющей детально изучать микроструктуры глаза. Развитие диагностических технологий в офтальмологии привело к внедрению стереоскопических и стереофотографических методов, которые позволяют врачам получать более объемное представление об изменениях глазного дна. Эти методы значительно улучшают точность визуализации и способствуют глубокому пониманию структурных изменений в глазу. На

сегодняшний день значительный прогресс достигнут благодаря методам ретинальной томографии, в частности, оптической когерентной томографии (ОКТ).

А.П. Нестеров уже в 1995 году указывал на сложности, связанные с диагностированием глаукомы на ранних этапах развития заболевания. Он отмечал, что при офтальмоскопическом осмотре диска зрительного нерва (ДЗН) часто невозможно точно диагностировать глаукому на начальной стадии [6]. В этом отношении особое значение приобретает сравнительный анализ дисков зрительных нервов обоих глаз. Такой подход позволяет не только выявить начальные изменения, характерные для глаукомы, но и оценить асимметрию, которая может быть ранним признаком заболевания. Кроме того, систематическое и длительное наблюдение за состоянием зрительных нервов является ключевым для мониторинга прогрессирования заболевания и эффективности применяемого лечения.

В своих работах 1989 года В.В. Волков акцентировал внимание на важности выявления асимметрии в окраске дисков зрительного нерва при сравнении глаз. Он подчёркивал, что бледноватый, однородно окрашенный диск требует проведения более глубокого и детализированного обследования. Автор указывал, что преобладание серой окраски в центральной зоне ДЗН часто указывает на наличие глаукоматозной экскавации, что является важным диагностическим признаком. Это изменение отражает потерю нервных волокон и может сопровождаться углублением и расширением центральной впадины диска. В то же время, выраженная бледность периферийных участков диска, особенно в области нервно-ретинальной периферии (НРП), как правило на ранних стадиях глаукомы не наблюдается.

Экскавация ДЗН – участок в центре диска, не имеющий цвета и не содержащий нервной ткани. Исследования В. Bengtsson (1976) и J. Jonas (1990) показали, что размер экскавации связан с общими размерами ДЗН. У небольших дисков экскавация также мала, и нервные волокна, выходящие из глаза, плотно упакованы в этой зоне. Напротив, большие диски обычно имеют

более объёмную экскавацию, что предоставляет нервным волокнам больше места для распределения вокруг решетчатой пластинки.

В 1985 году В.В. Волков разработал методику ориентировочной оценки размеров диска зрительного нерва и степени экскавации с использованием биомикроскопии, применяя офтальмоскопический срез. Этот метод позволяет не только измерять длину оптического среза, но и анализировать, как изменяется длина изгиба среза при его перемещении через различные участки диска.

Определение ранних стадий глаукоматозной дегенерации диска зрительного нерва по сравнению с естественной большой экскавацией является сложной диагностической задачей. В исследовании 1995 года, проведённом А.П. Нестеровым, было выявлено, что соотношение размера экскавации к диаметру диска (Э/Д) величиной более 0,6 редко встречается у лиц без патологий. Существенное расхождение в этом показателе между глазами, превышающее 0,2, может указывать на прогрессирование глаукоматозной дегенерации в том глазу, где экскавация выражена сильнее. Работа М.Ф. Армаля, опубликованная в 1969 году, показала, что индекс Э/Д ниже 0,4 почти всегда исключает наличие глаукомы, тогда как индекс выше 0,7 крайне редко наблюдается у здоровых индивидов. Однако использование описанного метода не позволяет адекватно оценить связь между экскавацией и другими структурными особенностями диска зрительного нерва, особенно при наличии эксцентрического распределения экскавации. Глаукома обычно проявляется формированием вертикально-овальной экскавации и локальным сужением нервно-ретиального переплетения (НРП). В типичных случаях, начальные глаукоматозные изменения заметны в нижнем или верхнем височном квадрантах диска зрительного нерва, что ведёт к увеличению вертикального размера уже имеющейся физиологической экскавации.

К числу неспецифических симптомов глаукомы относится также наличие штыкообразного изгиба сосудов. Этот признак определяется как двойной изгиб сосуда, который внезапно совершает разворот, следуя вдоль вертикальной

границы экскавации, и только после этого достигает второго изгиба на дне диска. Такое изменение в направлении сосудов часто обнаруживается во время офтальмоскопического осмотра и может свидетельствовать о значительных структурных изменениях в диске зрительного нерва.

При проведении офтальмологического обследования пациентов с глаукомой особое внимание уделяется оценке состояния ДЗН. В случаях глубокой экскавации ДЗН нередко визуализируются характерные серые участки, представляющие собой просветления в решетчатой пластинке склеры. Просветления в решетчатой пластинке склеры при глаукоме формируют специфическую конфигурацию, визуально напоминающую песочные часы. Эти участки содержат тонкие фиброзные структуры, через которые проходят нервные волокна. Данные анатомические элементы характеризуются повышенной уязвимостью к патологическим процессам, ассоциированным с глаукомой, что обуславливает их значимость как индикаторов степени поражения зрительного анализатора. Выраженная экскавация ДЗН не является частым феноменом в общей популяции, что повышает её диагностическую ценность при выявлении глаукомы. При этом решетчатая пластинка наиболее отчётливо визуализируется в центральной части экскавации. В случае глаукомы, наличие серых участков в диске зрительного нерва указывает на степень развития патологического процесса. На ранних стадиях глаукомы обнаруживаемые серые зоны обычно небольшие и овальные по форме. С прогрессированием болезни данные серые зоны могут увеличиваться, занимая весь диск зрительного нерва. Кроме того, типичным симптомом при разграничении решетчатой пластинки является появление дефектов в парацентральных зонах зрительного поля, что указывает на серьёзное глаукоматозное поражение.

Исследование нейроретинального кольца (НРК), расположенного между краем диска зрительного нерва и его экскавационной границей, является важным для оценки здоровья глаза. В нормальном состоянии НРК обладает оранжевым или розовым цветом и характеризуется сохранением структурной

целостности. Исследования, проведённые J. Jonas и его коллегами (1998), ввели методику разделения диска зрительного нерва на четыре зоны, расположенные вдоль косых меридианов. Это деление помогает в применении «правила ISNT», которое предполагает, что нормальное распределение ширины НРК уменьшается в следующей последовательности: наибольшая ширина в нижнем (I) секторе, далее в верхнем (S), носовом (N) и височном (T) секторах. Это правило позволяет оценить структурную целостность НРК и может служить индикатором начальных изменений, связанных с глаукомой. При глаукоме обычно нарушается последовательность уменьшения ширины нейроретинального кольца (НРК) по правилу ISNT, что служит важным диагностическим признаком. Quigley и его коллеги (1981) выявили, что при глаукоме наиболее интенсивные повреждения чаще всего происходят в верхних и нижних полюсах диска зрительного нерва, где поражение может затрагивать свыше 50% нервных волокон. Эта особенность имеет важное значение для понимания механизмов развития глаукомы и определения направлений диагностических исследований.

F. Mikelberg (1989) отмечал, что минимальное содержание соединительной ткани наблюдается в верхних и нижних отделах решетчатой мембраны, в то время как носовые и височные зоны демонстрируют более высокую концентрацию этой ткани. Это структурное различие делает верхние и нижние отделы более подверженными повреждениям.

На ранних этапах глаукомы основные изменения в НРК зачастую фиксируются в нижнетемпоральных и верхнетемпоральных секторах. По мере усугубления болезни и перехода в развитую стадию, поражения расширяются преимущественно на височно-горизонтальные участки. В более поздние стадии, когда глаукома прогрессирует до зашедшей формы, наиболее устойчивыми к дегенеративным процессам оказываются назальные сектора НРК, причём верхненазальный сегмент более устойчив по сравнению с нижненазальным.

При ранней диагностике глаукомы ключевое значение приобретает анализ нижневисочных и верхневисочных секторов нейроретинального кольца

(НРК). Эти области являются наиболее информативными индикаторами начальных стадий патологического процесса. Наблюдаемая последовательность поражений НРК при прогрессировании глаукомы имеет характерный паттерн: нижневисочный сектор, верхневисочный сектор, горизонтально-височный сектор, нижненосовой сектор, верхненосовой сектор. Эта последовательность коррелирует с характерными изменениями в поле зрения, отражая этапы развития заболевания (S. Drance, 1969; E. Gramer, 1982).

Повреждение нервных волокон сетчатки играет ключевую роль в диагностике глаукомы, поскольку начальные изменения этих волокон обычно предшествуют видимым изменениям в ДЗН и полях зрения. Изменения в структуре зрительного нерва при глаукоме могут проявляться как в диффузной, так и в локальной формах, варьируя по своему характеру и распределению. С развитием глаукомы дефекты нервных волокон становятся более выраженными и заметными. На терминальных этапах глаукомного процесса может наблюдаться тотальная атрофия сетчатой оболочки. В результате прогрессирующей атрофии сетчатки происходит визуализация крупных ретинальных сосудов. Данный феномен обусловлен значительным истончением нейросенсорной ткани, что приводит к повышению контрастности между сосудистыми структурами и атрофированной паренхимой сетчатки. Атрофические изменения сетчатки проявляются в виде темных областей, контрастирующих с окружающими тканями. Наиболее эффективная визуализация и диагностика атрофических изменений сетчатки осуществляется при проведении офтальмоскопии в бескрасном свете. Экспериментальные исследования подтверждают, что потеря более 50% толщины нервных волокон сетчатки является условием для визуализации данных дефектов [Quigley et. al., 1992].

Развитие хориоретинальной атрофии в области вокруг ДЗН служит одним из важнейших диагностических критериев глаукомной оптической нейропатии. Согласно исследованиям J.B. Jonas (1989), атрофические изменения в области диска зрительного нерва (ДЗН) при глаукоме дифференцируются на две

ключевые зоны: внутреннюю бета-зону и внешнюю альфа-зону. Каждая из этих зон характеризуется специфическими морфологическими и диагностическими особенностями. Бета-зона характеризуется просвечиванием склеры и крупных сосудов хориоидеи, что связано с отсутствием пигментного эпителия и фоторецепторов. Это указывает на более выраженное повреждение тканей в этой области. Альфа-зона отличается чередованием участков с пониженной и повышенной пигментацией, что указывает на менее выраженные изменения в пигментном эпителии сетчатки по сравнению с бета-зоной. В плане диагностики ПОУГ наибольшую значимость имеет бета-зона перипапиллярной атрофии. Её наличие является высокоспецифичным индикатором глаукомного процесса. В противоположность этому, альфа-зона может обнаруживаться и у лиц без офтальмологической патологии, что снижает её диагностическую ценность для выявления ПОУГ. При билатеральном поражении глаз, обусловленном первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ), наблюдается характерная асимметрия в выраженности атрофических зон. Бета- и альфа-зоны перипапиллярной атрофии демонстрируют более интенсивное развитие в глазу, подверженном более значительному глаукомному поражению. Развитие бета- и альфа-зон перипапиллярной атрофии тесно коррелирует с анатомическими изменениями в структуре зрительного нерва, прогрессирующим ухудшением функции зрительных полей. Эта взаимосвязь подчёркивает важность комплексной оценки как структурных, так и функциональных параметров при мониторинге прогрессирования глаукомы. Также отмечается корреляция с уровнем дегенерации фоторецепторного слоя. Данные изменения свидетельствуют о более выраженной степени структурного повреждения в этой области.

Наблюдается значимая ассоциация между прогрессированием перипапиллярной атрофии и снижением временной контрастной чувствительности. Этот параметр представляет собой важный индикатор для оценки уровня прогрессирования глаукомы [A. Dichtl, 1996].

Продолжительное применение субъективных методов оценки соотношений между ДЗН и окружающей перипапиллярной зоной по-прежнему актуально в клинической практике. Однако при диагностике прогрессирующей глаукомной оптической нейропатии с использованием офтальмоскопии возникает ряд трудностей, обусловленных относительно низкой точностью и значительными различиями в оценках, предоставляемых разными специалистами. Данные ограничения связаны с невозможностью адекватной визуализации трехмерных структур ДЗН, таких как глубина экскавации и особенности НРК, а также с недостаточным учётом характеристик слоя нервных волокон сетчатки.

На ранних стадиях глаукомы существующие диагностические техники часто не позволяют достаточно точно оценить состояние ДЗН и СНВС. Эти методы не обеспечивают необходимую чувствительность для тщательной визуализации и фиксации первоначальных изменений, ассоциированных с глаукомой. Такие изменения играют ключевую роль в мониторинге прогрессирования оптической нейропатии. Это подчёркивает необходимость разработки и внедрения новых методов диагностики для раннего обнаружения и адекватного контроля заболевания. В этом плане особенно важным становится применение последних технологических разработок, которые обеспечивают возможность количественного анализа характеристик ДЗН и СНВС, а также мониторинг их преобразований на протяжении времени. Для устранения выявленных проблем и улучшения результативности диагностирования глаукомы на ранних стадиях заболевания активно используются инновационные методы визуального исследования.

1.3. Способы визуальной диагностики глаукомной оптической нейропатии

В настоящее время ключевое значение в диагностике и терапии глаукомной оптической нейропатии принадлежит определению структурных нарушений. Традиционно диагностика глаукомы опиралась на визуальный осмотр ДЗН и перипапиллярной области сетчатки, что не всегда позволяло точно оценить начальные изменения. Однако развитие современных

технологий визуализации значительно улучшило возможности диагностики, предоставив инструменты для количественной и объективной оценки структур сетчатки. Это позволило переосмыслить диагностические приоритеты, переместив акцент с периметрии и тонометрии на более точные методы визуализации, такие как анализ ганглиозного слоя и слоя нервных волокон сетчатки. Благодаря этим инновациям, теперь можно более эффективно мониторить структурные изменения. Этот прогресс значительно обогатил методы наблюдения за развитием глаукомы, позволяя врачам получить полную картину поражения зрительных структур и эффективнее предотвращать прогрессирование болезни [2,23,24,58,60,61,72].

В последнее десятилетие оптическая когерентная томография (ОКТ) утвердилась как «золотой стандарт» для диагностики заболеваний заднего сегмента глаза [3,18,30,33,44,78,111]. Истоки использования ОКТ восходят к 1991 году, когда исследователи из Массачусетского технологического института впервые применили этот метод для изучения сетчатки и диска зрительного нерва [62]. В течение нескольких последующих лет они подтвердили высокую эффективность ОКТ при анализе макулярной области и ДЗН в различных патологиях [64,65,98,112,113,118]. В 1996 году, после передачи технологии компании Carl Zeiss Meditec, был выпущен первый коммерчески доступный аппарат для ОКТ.

В процессе проведения ОКТ-исследования происходит генерация когерентного светового излучения, которое впоследствии подвергается бифуркации. Одна часть светового потока направляется непосредственно на исследуемый орган – глазное яблоко, в то время как вторая часть отражается от специального зеркала, интегрированного в конструкцию аппарата. Это зеркало осуществляет колебательные движения с предустановленной частотой, что играет ключевую роль в процессе формирования интерференционной картины.

Кульминационным этапом данного процесса является конвергенция двух световых пучков, в результате которой генерируется уникальный интерференционный паттерн. Этот сигнал подвергается компьютерной

обработке, что позволяет синтезировать детальные визуальные репрезентации различных анатомических компонентов глаза с высоким уровнем разрешения. Эта информация обрабатывается с помощью специализированного программного обеспечения, которое генерирует подробные цифровые изображения сетчатки, основываясь на их светоотражающих характеристиках.

При использовании аппарата Stratus OCT 3000, который относится к «классическим» моделям оптической когерентной томографии (ОКТ), возможно проведение примерно 400 А-сканов в секунду. Этот процесс обеспечивает создание стандартного В-скана, содержащего 512 А-сканов, за примерно 1,28 секунды, что способствует быстрой и точной диагностике состояний сетчатки. В анализе эффективности оптической когерентной томографии (ОКТ) ключевую роль играют такие параметры, как осевое и поперечное разрешения. Первый из этих параметров, который измеряется на основе глубины каждого А-скана, для классических моделей ОКТ, включая Stratus OCT, достигает примерно 10 микрометров. Поперечное разрешение, характеризующееся расстоянием между последовательными А-сканами, обычно составляет 20 микрометров [98].

Современные устройства ОКТ обладают способностью генерировать комплексные двухмерные визуализации, именуемые В-сканами. Эти изображения формируются путём интеграции множества вертикально ориентированных линейных компонентов, известных как А-сканы. Одним из основополагающих показателей является скорость сканирования, которая квантифицируется через количество А-сканов, выполняемых в единицу времени. Другой фундаментальной характеристикой ОКТ выступает аксиальное разрешение. Этот показатель определяет минимальную толщину ретинальных слоёв, а также наименьшее расстояние между соседними структурами, которое система способна дифференцировать.

Исходным этапом в развитии технологии оптической когерентной томографии стала временная ОКТ (time-domain OCT, TD-OCT). Для формирования изображений в TD-OCT требовалось последовательное

сканирование интерференционного сигнала с применением механического перемещения оптических компонентов, что значительно продлевало процесс сканирования. Среди аппаратов данного типа особую популярность получил Stratus OCT 3000 от компании Carl Zeiss Meditec, который эффективно использовался для диагностики различных заболеваний сетчатки и ДЗН [51, 82, 108]. Однако скорость сканирования этого устройства, равная 400 А-сканов в секунду, и аксиальное разрешение в 10 микрометров были не всегда достаточны для детального анализа всех слоёв сетчатки.

Революционным этапом в эволюции ОКТ стало внедрение спектрально-доменной технологии (SD-OCT). Данная методика знаменует собой качественный скачок в области визуализации тканей глаза, базируясь на инновационном спектральном методе анализа полученных данных. В основе SD-OCT лежит применение математического аппарата преобразования Фурье для интерпретации информации, аккумулированной в процессе сканирования с помощью специализированного спектрометра [113,126]. Имплементация спектрально-доменной технологии привела к существенному ускорению процедуры сканирования. Современные SD-OCT системы способны генерировать от 23 000 до 27 000 А-сканов за одну секунду, что многократно превышает показатели предшествующих поколений ОКТ-устройств. Параллельно с повышением скорости сканирования, SD-OCT демонстрирует значительное улучшение аксиального разрешения. Достигнутый уровень в 5-6 микрометров позволяет визуализировать мельчайшие структурные элементы сетчатки с беспрецедентной детализацией. Такие улучшения были реализованы на устройствах, например, на Cirrus HD-OCT от компании Carl Zeiss Meditec, что существенно повысило качество и детализацию получаемых изображений [46,75]. Современные модели спектральной ОКТ, такие как OCT-HS100 от Canon и Optopol REVO NX, достигают скорости 60-70 тысяч А-сканов в секунду с разрешением 3-5 микрометров, что классифицирует их как высокоразрешающие приборы [30,47,87]. Благодаря этому, время на проведение исследования сокращается до нескольких секунд, минимизируя

возможность возникновения артефактов из-за движения глаз пациента, и позволяет с высокой степенью детализации изучать витреоретинальный интерфейс, и проводить точную дифференциацию слоёв нейроэпителия сетчатки. Это включает в себя детальное исследование фоторецепторов, расположенных в миодной и эллипсоидной зонах, что значительно улучшает возможности диагностики и оценки состояния здоровья глаза [31,114].

При выборе протокола сканирования учитываются следующие факторы: локализация зон интереса (например, макулярная область или область диска зрительного нерва); количественные характеристики А-сканов; пространственное разрешение получаемых изображений; общая площадь исследуемого участка сетчатки. По окончании сканирования полученные визуализации подвергаются анализу с использованием специализированных программных алгоритмов. Эти алгоритмы позволяют провести детальную оценку структурных модификаций в тканях глаза, обеспечивая высокую точность диагностики. Современные ОКТ-системы характеризуются наличием широкого спектра протоколов сканирования. Это многообразие обеспечивает возможность адаптации процедуры к специфическим клиническим сценариям и диагностическим задачам. Размер площади исследования макулярной области варьируется в зависимости от модели аппарата:

- Cirrus HD-OCT от Carl Zeiss Meditec предлагает область сканирования размером 6x6 мм.
- OCT-HS100 от Canon расширяет возможности до 10x10 мм.
- DRI OCT Triton от Topcon и Copernicus REVO от Optopol устанавливают стандарт в 12x12 мм.

Кроме того, некоторые модели, такие как Copernicus REVO от Optopol, предоставляют возможность выбора размера исследуемой области, что позволяет более гибко настраивать процесс диагностики в зависимости от специфических требований случая.

Сканирование в рамках оптической когерентной томографии (ОКТ) может выполняться в различных направлениях, что обеспечивает гибкость в

выборе методики исследования и улучшает качество получаемых изображений. Горизонтальное сканирование является наиболее распространённым и используется многими приборами, включая Cirrus HD-OCT от Carl Zeiss Meditec. Этот метод подходит для стандартных исследований и позволяет получать высококачественные изображения поперечного сечения сетчатки. Протокол «Glaucoma 3D» на приборе OCT-HS100 от Canon предлагает возможность вертикального сканирования макулярной области. Это особенно ценно для диагностики глаукомы, поскольку позволяет детально сравнить верхние и нижние отделы сетчатки, асимметрия которых может быть важным диагностическим индикатором. Меридиональное (радиальное) сканирование, доступное на аппаратах, таких как Copernicus REVO от Optopol, представляет собой ещё одну технику, при которой сканы выполняются через выбранную точку.

На аппаратах для оптической когерентной томографии каждый режим сканирования сопровождается одной или несколькими специфическими методами анализа данных. Часто для измерения толщины сетчатки, независимо от размера исследуемой зоны, используется стандартизированная ОКТ-решётка, называемая схемой ETDRS. Этот метод анализа включает применение трёх концентрических кругов с диаметрами 1, 3 и 6 мм, что позволяет получить точные и повторяемые измерения толщины сетчатки в различных секторах. Радиальное деление этих кругов на четыре равных сектора, за исключением центрального круга, позволяет формировать девять стандартных зон для детального анализа.

В диагностических исследованиях сетчатки с помощью технологии оптической когерентной томографии ключевое внимание уделяется исследованию слоя ганглиозных клеток. Этот слой имеет важное значение для раннего обнаружения и мониторинга развития глаукоматозной атрофии зрительного нерва. Современные ОКТ-аппараты оснащены возможностями для сегментации, что позволяет проводить детализированный слоистый анализ структур сетчатки, включая слой ганглиозных клеток, способствуя тем самым

более точной диагностике и последующему наблюдению за состоянием глаза. Примерами аппаратов, предоставляющих такие возможности, являются Spectralis OCT от Heidelberg Engineering, 3D OCT-2000 от Topcon и OCT-HS100 от Canon.

Для повышения информативности измерений, современные аппараты оптической когерентной томографии (ОКТ) также проводят анализ толщины слоя ганглиозных клеток вместе с внутренним плексиформным слоем. Этот комплекс, именуемый как комплекс СГКВП, доступен на таких устройствах, как Cirrus HD-OCT от Carl Zeiss Meditec и Copernicus REVO от Optopol. Кроме того, анализ, включающий слой нервных волокон сетчатки и известный как «комплекс ганглиозных клеток», реализован на устройствах RTVue XR 100 Avanti от Optovue Inc., RS-3000 от Nidek, а также на Spectralis OCT, OCT-HS100 и Copernicus REVO.

В дополнение к стандартным методикам анализа используются также специализированные, которые не так широко распространены. К примеру, применяется цветное кодирование тканей, а также их сравнительный анализ в динамике с использованием технологий 3D OCT-2000 от Topcon и Cirrus HD-OCT от Carl Zeiss Meditec.

Протокол EDI-OCT (Enhanced Depth Imaging OCT), первоначально разработанный для использования на аппарате Spectralis OCT от Heidelberg Engineering, обеспечивает возможность проведения глубокого исследования хориоидеи – сосудистой оболочки глаза. Этот протокол также эффективен для детальной визуализации решетчатой пластинки зрительного нерва, включая её возможные деформации, которые могут меняться в зависимости от стадии развития глаукомы. Сейчас этот протокол доступен на большинстве современных офтальмологических устройств.

Основная цель использования аппаратов ОКТ заключается в тщательном анализе параметров ДЗН и в измерении толщины пСНВС. Эти показатели имеют решающее значение для диагностики атрофии зрительного нерва, вызванной различными причинами, включая глаукому. Точное измерение этих

параметров позволяет не только подтвердить наличие заболевания, но и оценить его стадию и динамику развития. Сканирование ДЗН может осуществляться различными методами в зависимости от используемого оборудования. Например, аппарат Cirrus HD-OCT от Carl Zeiss Meditec использует горизонтальное сканирование, тогда как Spectralis OCT от Heidelberg Engineering применяет радиальный метод. Эти техники позволяют детализировать визуализацию ДЗН для точной диагностики. Стандартизированный протокол исследования толщины перипапиллярного СНВС предполагает проведение измерений по окружности диаметром 3,46 мм, концентрически расположенной вокруг ДЗН. Использование ОКТ позволяет определить следующие параметры пСНВС: средняя толщина пСНВС по всей окружности измерения, толщина пСНВС в отдельных квадрантах (верхнем, нижнем, назальном, темпоральном) и секторальные измерения толщины пСНВС, обеспечивающие ещё более детализированную оценку. Различные системы ОКТ предлагают разные схемы анализа:

- 4 квадранта: анализ осуществляется с помощью системы Cirrus HD-OCT от Carl Zeiss Meditec. Это позволяет оценить толщину пСНВС в верхнем, нижнем, носовом и височном квадрантах;
- 6 секторов: используется система Spectralis OCT от Heidelberg Engineering для более детализированного разделения зон сканирования;
- 8 секторов: применяется в системе RTVue XR Avanti от Optovue Inc., обеспечивая ещё более точное разделение тканей глаза по секторам;
- 12 секторов («по часам»): используется в системе Cirrus HD-OCT от Carl Zeiss Meditec для самого детализированного разбиения и анализа толщины пСНВС по периметру диска зрительного нерва.

Кроме того, доступен анализ дополнительных характеристик ДЗН, включая площадь диска, объем НРК, объем экскавации и пропорции между размерами экскавации и самим ДЗН (общее и вертикальное), а также симметрию данных параметров. Устройство Spectralis OCT оснащено функцией

FoDi, которая позволяет определять расположение макулы относительно ДЗН, что улучшает точность и релевантность диагностических данных.

Применение ОКТ-ангиографии и анализа En Face расширяет возможности оценки сосудистых изменений, что подчёркивается возрастающим интересом к этим методикам в клинической практике. Важно отметить, что данные методы исследования поддерживаются обширной литературной базой, подтверждающей их эффективность и надёжность [52,88,105,134].

Современные протоколы сканирования и анализа в приборах для ОКТ стандартизированы, что обеспечивает унификацию процедур и повышает точность получаемых данных.

1.4. Нормативная база данных

Оптическая когерентная томография представляет собой многогранный метод исследования сетчатки и ДЗН, объединяющий качественные и количественные подходы к анализу. Качественная оценка направлена на изучение морфологических изменений и трансформаций отражающих свойств тканей, что способствует выявлению патологических процессов на ранних стадиях. Количественный анализ фокусируется на измерении толщины СНВС и оценке стереометрических параметров ДЗН. Современные технологии ОКТ позволяют проводить детальную оценку слоя ганглиозных клеток в макулярной области, что имеет особую ценность для диагностики ПОУГ и раннего выявления атрофических изменений. Количественный анализ ДЗН включает оценку его размеров, площади нервно-ретиального комплекса, объёма экскавации и соотношения экскавации к диску в обеих плоскостях. Стандартизированная процедура измерения толщины СНВС осуществляется с помощью кольцевого томографического среза диаметром 3,46 мм, концентрически выровненного относительно ДЗН. Этот метод позволяет определить среднюю толщину СНВС по всей окружности, а также разделить измерения на четыре квадранта (височный, верхний, носовой и нижний) и 12 равных секторов, аналогичных часовой разметке. Детальный анализ толщины

СНВС в этих подразделениях позволяет более точно определить степень и характер повреждения нервных волокон, что имеет ключевое значение при диагностике различных форм глазных патологий, включая глаукому и другие нейродегенеративные изменения. Одной из ключевых особенностей современных аппаратов оптической когерентной томографии является возможность автоматического сравнения измеренных параметров с нормативной базой данных. Эта база данных адаптирована с учётом пола и возраста пациента, что позволяет более точно оценивать отклонения от нормы. Это позволяет не только устанавливать девиации от нормы, но и уточнять диагностику на основе индивидуализированных параметров. Однако, так как доступ к цифровым значениям этой нормативной базы ограничен, многие исследователи вынуждены создавать собственные референтные значения, проводя исследования СНВС на здоровых людях с помощью ОКТ [41,97,115,130,131].

Для адекватной интерпретации результатов, полученных с помощью ОКТ, применяются как качественный, так и количественный анализы сканированных снимков. Эти подходы позволяют врачам не только визуализировать структуры глазного дна, но и точно оценить их состояние посредством сравнения с нормативными параметрами.

В медицинской практике активно используется цветовая дифференциация для наглядного демонстрация соответствия результатов измерений установленным нормам, основанным на данных о здоровых людях из аналогичной группы. Так, результаты, соответствующие обычным показателям 90% здоровых испытуемых, традиционно отображаются зелёным цветом, что символизирует нахождение параметров в нормальных пределах. Умеренные отклонения, наблюдаемые приблизительно в 4% случаев, обозначаются градациями жёлтого цвета – от светлого до тёмного. Эта цветовая маркировка указывает на наличие незначительных изменений, которые требуют дальнейшего наблюдения и мониторинга, но не представляют немедленной угрозы здоровью пациента. В противоположность этому, критические

изменения, встречающиеся значительно реже всего в 1% случаев, отображаются с использованием красного или сиреневого цветов. Такая яркая цветовая индикация служит для привлечения немедленного внимания медицинского персонала, сигнализируя о серьёзности выявленных отклонений и необходимости срочного медицинского вмешательства. В медицинской диагностике, в частности при применении оптической когерентной томографии (ОКТ), иногда при анализе, когда точное значение изменения параметра не критично, допускается объединение зон с умеренными (светло-жёлтыми) и значительными (сиреневыми) изменениями в единую белую зону. Такое объединение присуще результатам, обнаруживаемым у 5% испытуемых из общей популяции. Умеренные изменения зачастую определяются как «пограничные», что предполагает потенциальный риск для развития заболевания, но ещё не свидетельствует о его фактическом присутствии. В то же время, значительные изменения, обозначенные как «патологические», указывают на повышенную вероятность наличия патологических процессов, хотя такая связь также не является гарантированной.

Нормативные базы данных играют важную роль в эксплуатации аппаратов для оптической когерентной томографии (ОКТ). Они необходимы для сопоставления результатов измерений с эталонными значениями, установленными на основании данных о здоровой популяции. Иногда доступ к этим базам данных предоставляется на условиях отдельных лицензий, так как производители считают их важной частью своей интеллектуальной собственности.

Чтобы обеспечить защиту этой ценной информации, нормативные базы обычно интегрированы непосредственно в программное обеспечение прибора и передаются в зашифрованном виде. В результате, при анализе данных пользователь видит не саму базу, а условные значения или индексы, которые представляют сравнение измеренных параметров с эталонными данными.

Многочисленные исследования указывают на существенное воздействие демографических факторов на морфологические и оптические характеристики

структур глаза. Среди таких факторов выделяют длину переднезадней оси глаза, габариты ДЗН, пол, возраст, рефракционные аномалии, а также этническую и расовую принадлежность. Эти элементы оказывают заметное влияние на толщину СНВС и другие важные оптические характеристики ДЗН. Осознание этих аспектов критически важно для точной дифференциальной диагностики глаукомной оптической нейропатии, поскольку оно способствует адекватной оценке как нормативных, так и патологических изменений, вызванных заболеванием или уникальными особенностями конкретного пациента [84,129].

Из-за ограниченного представительства данных от людей смешанных рас и национальностей в нормативных базах, применяемых в диагностическом оборудовании, существует значительный риск ошибок в анализе и интерпретации результатов для определённых этнических групп. Проблема заключается в том, что стандартные параметры, применяемые для одной популяции, могут быть неадекватны для другой, что потенциально ведёт к ошибочным заключениям при оценке состояния зрительного нерва [127,129,133].

Нормативные базы данных, используемые в технологии ОКТ, характеризуются широким этническим разнообразием, однако сталкиваются с существенными ограничениями, связанными с возрастными параметрами участников и особенностями рефракции глаза, включая вариации длины глазного яблока. Эти лимитирующие факторы могут значительно снижать диагностическую точность ОКТ, особенно при обследовании пациентов с нетипичными рефракционными характеристиками. Для пациентов с выраженными рефракционными аномалиями, такими как чрезмерно длинные или короткие глаза, часто требуется применение специализированных нормативных баз данных для обеспечения достоверности диагностических результатов. Иллюстративным примером такого подхода служит специализированная база данных «длинных глаз», разработанная компанией Nidek. Непрерывное совершенствование и актуализация подобных баз данных

играют ключевую роль в повышении точности и клинической эффективности метода ОКТ

1.5. ОКТ в ранней диагностике и оценке прогрессирования глаукомы

В контексте раннего выявления и мониторинга прогрессии ПОУГ особую роль начинают играть технологии визуализации. Определение ранних стадий глаукомы, характеризующихся медленным развитием изменений, является сложной задачей. В классической диагностике глаукоматозной оптической нейропатии применяются такие методы, как стереофотография ДЗН и фотография сетчатки нервного волокна в бескрасном свете [89,90,125]. Несмотря на широкое распространение этих методов в клинической практике, они по-прежнему обладают высокой степенью субъективности и требуют от врачей значительного уровня квалификации. Основная проблема заключается в том, что результаты подобных диагностических процедур могут существенно различаться у разных специалистов, что может сказаться на точности и недвусмысленности диагностических выводов [125].

Диагностика глаукомы традиционно опиралась на методы, имеющие определенную степень субъективности. Компьютерная периметрия (КП), часто применяемая в сочетании с фотографированием, не является исключением и также подвержена субъективной интерпретации результатов. В связи с этим, в современной офтальмологии наблюдается тенденция к использованию более объективных и точных диагностических инструментов. Особую значимость в этом контексте приобретают инновационные технологии визуализации, такие как ОКТ [80,89,90,125,10,104,102,129] и гейдельбергская ретинальная томография (HRT) [21,22,23,29,114,123,125]. Исследование толщины СНВС с помощью ОКТ в различных стадиях ПОУГ может предоставить значимые данные для более точной и объективной оценки прогрессирования заболевания.

Измерение толщины сосудистого нервного слоя сетчатки (СНВС) методом ОКТ активно обсуждается в научной литературе [32,42,43,57,128,129]. Множество исследований подтверждают, что изменения в сосудистом нервном слое сетчатки (СНВС), обнаруженные с помощью ОКТ, часто предшествуют

другим симптомам глаукомы, таким как нарушения в поле зрения, выявляемые при компьютерной периметрии [116]. В некоторых случаях, эти изменения могут быть единственными ранними признаками заболевания, что позволяет диагностировать у пациентов так называемую «препериметрическую» глаукому, термин, широко используемый в международной медицинской практике. Последние научные обзоры показывают, что для диагностики глаукомы особенно информативными являются измерения средней толщины и толщины в верхних и нижних квадрантах слоя нервных волокон сетчатки. Эти показатели имеют ключевое значение для диагностики, поскольку изменения толщины в указанных зонах могут приводить к развитию скотомы в зоне Бьеррума, что типично для этого заболевания [43,63,83,99].

Исследования демонстрируют, что значения толщины перипапиллярного СНВС, особенно средней толщины и толщины в нижнем квадранте, а также показатели толщины слоя ганглиозных клеток сетчатки, являются высокочувствительными и специфическими биомаркерами для раннего выявления глаукомы [18,56,74,119]. Также отмечено, что уменьшение толщины пСНВС может наблюдаться у пациентов с выраженной миопией. Это усложняет задачу дифференциации изменений пСНВС, вызванных глаукомой, от изменений, обусловленных близорукостью [34,35,37,39,66,71,79,81,85,107,120]. Аналогичные сложности могут возникнуть и при утолщении пСНВС у лиц с дальнозоркостью, особенно при крайних значениях аномалий рефракции [120,121]. Считается, что такие изменения больше отражают оптический эффект, а не фактическое изменение толщины пСНВС [94,95,107,120,123].

В диагностике глаукомы, помимо измерения толщины пСНВС, важную роль играет количественная оценка толщины слоя ганглиозных клеток и анализ морфологических характеристик ДЗН [67,69,79,132].

Исследования указывают на то, что изменения в слое ганглиозных клеток сетчатки, особенно в макулярной области, являются характерными признаками глаукомы [1]. До недавнего времени использование данных о слое ганглиозных

клеток и морфологических параметрах диска зрительного нерва в клинической практике было ограничено из-за отсутствия эффективных диагностических методов. Однако значительный прорыв в этой области произошёл с развитием спектральной ОКТ, которая позволяет детально измерять и анализировать отдельные слои сетчатки благодаря процессу, известному как «сегментирование».

Современные системы ОКТ демонстрируют значительные различия в подходах к сегментации и анализу слоёв сетчатки. RTVue-100, разработанный компанией Optovue Inc. (США), стал новатором в применении технологии сегментации слоёв сетчатки. Данный прибор обеспечивает комплексный анализ ганглиозных клеток (GCC) в макулярной области, включая оценку слоя ганглиозных клеток, перипапиллярного СНВС и внутреннего плексиформного слоя. В противоположность этому, Cirrus HD-OCT от Carl Zeiss Meditec Inc. (США) концентрируется на измерении суммарной толщины слоя ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя, исключая из анализа СНВС. Такой дифференцированный подход к сегментации и анализу структур сетчатки позволяет более точно оценивать структурные изменения, что существенно расширяет диагностические возможности при глаукоме и других патологиях, затрагивающих ганглиозные клетки и внутренние слои сетчатки.

Исследования СНВС и комплекса ГКС играют важную роль в диагностике глаукомы, что подтверждено многочисленными научными работами [1,53,103,118,117,120]. Эффективность этих методов для диагностики у пациентов с ПОУГ анализировалась в различных исследованиях [12,20,45,54,80,86,92,96], но лишь немногие из них рассматривали стадии ПОУГ отдельно [12,20,92,96].

Вопросы, связанные с методиками тестирования и возможностями оптической когерентной томографии (ОКТ) в клинической практике, до сих пор остаются актуальными и требуют дальнейшего изучения [122]. Недавние исследования также показывают, что прогрессирующее истончение СНВС и сужение нервно-ретиального пояса (НРП) могут наблюдаться даже у

здоровых людей [68], что подчёркивает важность дальнейших исследований в этой области для улучшения диагностики и понимания прогрессирования заболеваний диска зрительного нерва и сетчатки.

ГЛАВА 2. Материал и методы исследования

2.1. Общая характеристика клинического материала

Всего в рамках проведённого исследования было обследовано 152 человека, из них мужчины составили 86 (56,6%), женщины – 66 (43,4%), возраст обследованных варьировал от 7 до 82 лет. Средний возраст составил $51,2 \pm 20,6$ лет, а общее число обследованных глаз в совокупности составило 230. В исследование были включены следующие категории пациентов: 22 человека с начальной стадией ПОУГ, 25 человек с развитой стадией ПОУГ, 31 человек с далеко-зашедшей стадией ПОУГ. Кроме того, в качестве контроля были изучены офтальмологические показатели у 74 практически здоровых лиц (число обследованных глаз – 140).

Все наблюдаемые лица были распределены на четыре группы в зависимости от наличия и стадии патологии органа зрения:

Контрольная группа (1-я группа): эта группа включала людей без патологии органа зрения. В общей сложности в контрольную группу вошли 51 человек (число обследованных глаз – 97), среди которых были 31 женщина и 20 мужчин.

Группа с начальной стадией ПОУГ (2-я группа): в эту группу вошли пациенты с I стадией ПОУГ. Всего в данной группе было 22 человека (число обследованных глаз – 30), из которых 7 пациентов женского пола и 15 мужского пола.

Группа с развитой стадией ПОУГ (3-я группа): эта группа включала пациентов со II стадией ПОУГ. В данной группе находились 25 пациентов (число обследованных глаз – 29), среди которых было 6 пациентов женского пола и 19 мужского пола.

Группа с далеко-зашедшей стадией ПОУГ (4-я группа): в эту группу вошли пациенты с III стадией ПОУГ. Всего в группе был 31 человек (число обследованных глаз – 31), среди которых 9 пациентов женского пола и 22 мужского пола.

Из общего числа (148) обследованных лиц больные с разными стадиями ПОУГ составили 78 (90 глаз) человек. Все больные находились на диспансерном учёте в условиях Республиканского глаукомного диспансера ГУ НМЦ РТ «Шифобахш». Пациентов мужского пола было 56 (71,8%), а женского пола – 22 (28,2%). Возраст пациентов составлял от 35 до 82 лет, при среднем его значении $64,2 \pm 8,5$ лет.

Группу здоровых лиц составили добровольцы – этнические таджики в разных возрастных группах. Измерения толщины сетчатой нервной волоконной оболочки (СНВО), используя протокол сканирования 3,45 мм, были выполнены с помощью оптического когерентного томографа ОСТ Optovue (США) в период с 2014 по 2016 годы. Данное исследование проводилось на базе международной глазной клиники «Солим Мед» и кафедры офтальмологии ГОУ ТГМУ им. Абуали ибни Сино. Из них женщин было 25 (35,7%), мужчин – 45 (64,3%) человек. Анализ данных, полученных в ходе исследования здоровых участников, проводился с учётом возрастных категорий и разделения на четыре квадранта. Исследуемая выборка была организована в семь возрастных групп: первая группа включала участников в возрасте до 9 лет (число обследованных глаз составило 20), вторая группа – от 10 до 19 лет (число обследованных глаз составило 20), третья группа – от 20 до 29 лет (число обследованных глаз составило 20), четвертая группа – от 30 до 39 лет (число обследованных глаз составило 20), пятая группа – от 40 до 49 лет (число обследованных глаз составило 20), шестая группа – от 50 до 59 лет (число обследованных глаз составило 20), и седьмая группа – 60 лет и старше (число обследованных глаз составило 20).

Распределение пациентов в зависимости от стадии заболевания и применяемых методов анализа приведено в таблице 2.1.

Таким образом, в исследуемые группы, помимо практически здоровых лиц, были включены люди в возрастной категории 35 лет и старше, вне зависимости от пола и получаемого лечения, диагноз которым поставлен на основании результатов следующих методов: визометрии с оптической

коррекцией, офтальмоскопии, гониоскопии, сферопериметрии, тонометрии по Маклакову (Гольдману), находящиеся на учёте в Республиканском глаукомном диспансере РТ.

Таблица 2.1. – Характер распределения наблюдаемых пациентов

Раздел работы	Пациенты			Здоровые	Всего
	I стадия ПОУГ	II стадия ПОУГ	III стадия ПОУГ		
Сравнительная оценка толщины слоя нервных волокон сетчатки среди этнических таджиков				70 (140 глаз)	70 (140 глаз)
Сравнение толщины слоя нервных волокон сетчатки на разных стадиях первичной открытоугольной глаукомы	22 (30 глаз)	25 (29 глаз)	31 (31глаз)	51 (97 глаз)	129 (187 глаз)
Всего	22 (30 глаз)	25 (29 глаз)	31 (31 глаз)	74 (140 глаз)	152 (230 глаз)

В контрольной группе второго раздела (сравнение толщины слоя нервных волокон сетчатки на разных стадиях первичной открытоугольной глаукомы) 51 (97 глаз) человек был выбран из группы здоровых лиц 1-го раздела (в возрасте старше 35 лет).

Критерии включения для всех групп исследования были следующие:

- Возраст: участники должны быть в возрасте от 35 лет и старше (в группе больных).
- Здоровые добровольцы: лица без наличия заболеваний глаз (от 7 лет и старше).
- Пациенты с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ): участники с диагностированной ПОУГ в I-III стадии.

Критерии исключения из исследования были следующие:

- Другие типы глаукомы: больные с первичной закрытоугольной глаукомой, врождённой глаукомой, ювенильной глаукомой и вторичной глаукомой.
- Терминальная стадия глаукомы: пациенты с IV стадией первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ).
- Атрофия диска зрительного нерва: наличие атрофии ДЗН, обусловленной другими причинами.
- Рефракционные аномалии: пациенты с миопией и гиперметропией средней и высокой степени.

2.2. Специальные дополнительные методы обследования

Все пациенты проходили комплексное обследование по общепринятой схеме, включающей ряд традиционных методов обследования, проводимых в глаукомном центре, расположенном на базе ГУ НМЦ РТ «Шифобахш», Международной клиники «Солим Мед» и частной многопрофильной клиники «Балх». Эти методы обеспечивали всестороннюю оценку состояния органов зрения и включали следующие процедуры:

Кераторефрактометрия: измерение кривизны роговицы и рефракции глаза, что позволяет определить аномалии рефракции и оценить состояние роговицы.

Визометрия: оценка остроты зрения, которая помогает выявить и количественно определить снижение зрения.

Тонометрия: измерение внутриглазного давления, что является ключевым параметром при диагностике и мониторинге глаукомы.

Пахиметрия: измерение толщины роговицы, что важно для корректной интерпретации результатов тонометрии и диагностики глаукомы.

Эхобиометрия: ультразвуковое исследование глаза для измерения его внутренних структур и определения длины глазного яблока.

Компьютерная периметрия: оценка полей зрения для выявления дефектов, характерных для глаукомы, и мониторинга прогрессирования

заболевания.

Биомикроскопия: микроскопическое исследование переднего участка глаза для оценки состояния роговицы, передней камеры, радужки и хрусталика.

Офтальмоскопия: осмотр глазного дна для оценки состояния сетчатки и диска зрительного нерва, что позволяет выявить патологические изменения, связанные с глаукомой.

У всех пациентов с разными стадиями ПОУГ диагноз был подтверждён стандартными методами исследования: биомикроскопией, прямой офтальмоскопией, гониоскопией 4х-зеркальной гониолинзой, тонометрией по Гольдману, компьютерной периметрией на аппарате MD – 820 Automated Perimeter. Измерение толщины СНВС проводилось на аппарате OCT Optovue производства США в режиме сканирования «слой нервных волокон сетчатки» однократно.

Все методы исследования проводились в республиканском глаукомном диспансере ГУ НМЦ РТ «Шифобахш», в клиниках «Солим Мед» и «Балх» автором под руководством научного руководителя Махмадзода Ш.К. и заведующего глаукомным диспансером Хашимовой М.Н.

Визометрия. Исследования остроты зрения без дополнительной коррекции, а также с максимальной коррекцией с использованием очков выполнялась при стандартном освещении на аппарате Ротта с таблицей, Сивцева Д.А. (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1. – Аппарат Ротта для определения остроты зрения

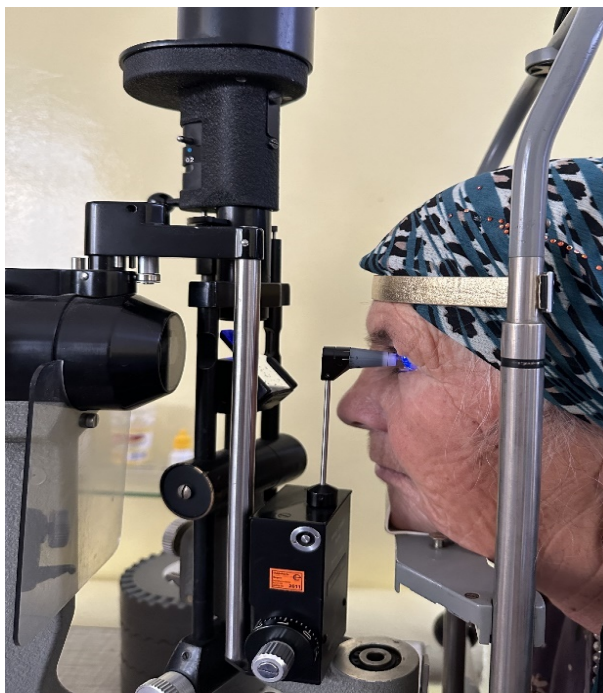
Тонометрия. Во всех случаях у пациентов исследовали уровень внутриглазного давления (ВГД) с использованием нескольких методов, чтобы обеспечить точные и надёжные результаты. Применялись следующие методики:

Традиционная аппланационная тонометрия по Маклакову: использовался грузик массой 10 грамм с применением переводных измерительных линеек Поляка.

Пневмотонометрия с помощью аппарата Canon: использовался современный прибор для бесконтактного измерения ВГД, что позволяет быстро и комфортно проводить процедуру для пациентов.

Аппланационная тонометрия по Гольдману: этот метод является золотым стандартом в измерении ВГД и широко применяется в офтальмологической практике. Он обеспечивает высокую точность измерений и минимизирует влияние толщины роговицы на результаты.

При проведении всех видов тонометрии учитывались индивидуальные показатели толщины центральной зоны роговицы (рисунок 2.2. а, б и в).



а)



б)



в)

Рисунок 2.2. – а), б), в) Тонометрия по Гольдману, Маклакову и пневмотонометрия

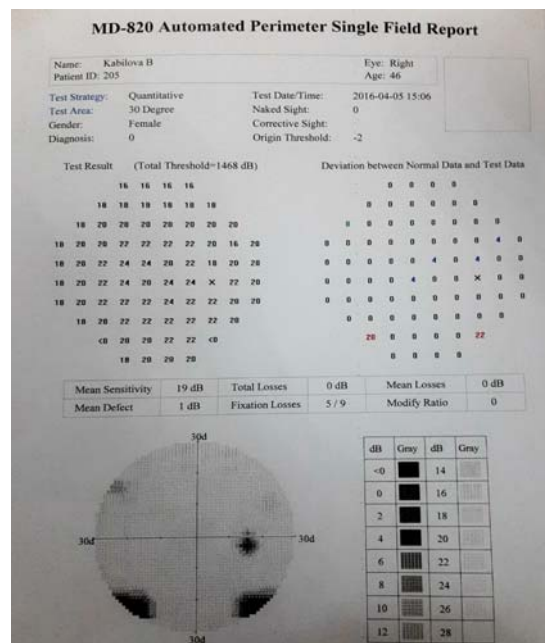
Периметрия. Для исследования полей зрения глаза применялся метод компьютерной периметрии с использованием оборудования MD – 820 Automated Perimeter, производства Китайской Народной Республики (КНР). Этот современный прибор позволяет точно и эффективно оценивать состояние периферического зрения, что является важным аспектом при диагностике и мониторинге глаукомы (рисунок 2.3).

Компьютерная периметрия центрального поля зрения (ЦПЗ) осуществлялась с использованием программы «Single Field Report». В рамках данной программы производилось исследование 76 точек в пределах 30° от точки фиксации. Для оценки стадий развития глаукомы анализировались такие параметры, как снижение общей светочувствительности сетчатки (MD) и

средней светочувствительности (MS). Также учитывались общие и средние потери зрительной функции, наличие слепых зон и выявление относительных и абсолютных скотом, что позволяло более точно определить степень поражения зрительной системы при глаукоме.



а)



б)

Рисунок 2.3. – а) Периметр MD – 820 Automated Perimeter и б) Протокол исследования поле зрения. Здоровый глаз., К. 46 л

Ультразвуковая биометрия. Ультразвуковое исследование глаза с использованием метода А-скана проводилось для анализа нескольких ключевых параметров: измерения глубины передней камеры, определения толщины хрусталика и выявления положения оптической оси глаза. Эти данные критически важны для оценки положения хрусталика относительно оптической оси, что имеет важное клиническое значение, в частности, при планировании хирургических вмешательств или диагностике различных аномалий строения глаза (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4. – Аппарат А-скан ACCUTOME

Биомикроскопия. Биомикроскопическое исследование проводилось с использованием щелевой лампы для более детального анализа состояния структур передних отделов глаза. В ходе данного обследования исследовалось состояние роговицы, оценивались величина и глубина передней камеры глаза, а также состояние радужной оболочки и хрусталика (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5. – Щелевая лампа HAAG STREIT Bern

При изучении состояния радужки особое внимание уделялось её строению, наличию дистрофических изменений, изменению диафрагмальной функции, а также признакам псевдоэксфолиативного синдрома. Помимо этого, изучались сращения, сегментарные атрофии и наличие неоваскуляризации радужной оболочки.

Осмотр хрусталика включал оценку его прозрачности, наличие и расположение катарактальных помутнений, их степень выраженности, а также признаки псевдоэксфолиативного синдрома.

Таким образом, исследование позволило провести комплексную оценку состояния передних отделов глаза, выявить возможные патологические изменения и их степень, что имеет важное значение для дальнейшего диагностического и лечебного процесса.

Гониоскопия является важным методом исследования угла передней камеры глаза и выполняется при условии сохранения прозрачности роговицы. Этот метод традиционно проводится с использованием трёхзеркальной гонилинзы Гольдмана в сочетании с щелевой лампой, обеспечивающей увеличение в $\times 10$.

Во время проведения данного исследования особое внимание уделяется изучению характера и уровня открытия угла передней камеры глаза, а также наличию и степени выраженности пигментаций. Кроме того, оценивается состояние различных участков дренажной системы глаза, что включает исследование трабекулярной сети и других элементов, участвующих в оттоке внутриглазной жидкости. Важным аспектом гониоскопии является выявление и оценка выраженности гониосинехий – сращений между радужкой и трабекулярной сетью, которые могут существенно влиять на внутриглазное давление и общее состояние глаза (рисунок 2.6).

Таким образом, гониоскопия позволяет получить подробную информацию о состоянии угла передней камеры глаза, выявить патологические изменения и их степень, что критически важно для постановки диагноза и планирования дальнейшего лечения пациента.



Рисунок 2.6. – Гониоскопия с помощью линзы Гольдмана

Офтальмоскопия. При осмотре глазного дна использовались прямая офтальмоскопия и щелевая лампа с увеличением $\times 16$ и специальная фундус-линза 78 D. С помощью офтальмоскопии определяли наличие патологии в области диска зрительного нерва (ДЗН), а также на сетчатке. Для этого определялись размеры диска зрительного нерва и нейроретинального ободка, наличие изменений в его цвете и структуре, оценивалось состояние экскавации, соотношение размеров диска с диаметром экскавации, а также определяли наличие перипапиллярной атрофии. Кроме того, определялось наличие сдвига сосудистого пучка, наличие кровоизлияний, атрофии и других патологических заболеваний сетчатки (рисунок 2.7).

Фотографирование глазного дна проводилось с использованием ретинальной камеры Smartscope Pro (Финляндия) (рисунок 2.7. а). Во время исследования проводилась визуальная оценка фотодокументации диска зрительного нерва и перипапиллярной сетчатки. Особое внимание уделялось анализу морфологических изменений в диске зрительного нерва, таких как

степень его экскавации, наличие краевых кровоизлияний, а также состояние нервных волокон сетчатки.

Кроме того, оценивались перипапиллярные изменения, включающие наличие атрофических участков и изменения в сосудистой сети. Фотодокументация позволяла проводить сравнительный анализ динамики патологических изменений в течение времени (рисунок 2.7 б).



Рисунок 2.7. – а) Фундус камера Smartscope PRO и б) ДЗН больного с начальной стадии ПОУГ

Для проведения ультразвукового В-сканирования транспальпебральным способом. По результатам исследования структурных изменений судили о состоянии стекловидного тела и сетчатки (рисунок 2.8).



Рисунок 2.8. – В-скан SONOMED

Пахиметрия. Это измерение толщины роговицы с помощью ультразвука и оптики. Толщина роговицы здорового человека варьирует от 410 до 625 мкм, в среднем составляя 550 мкм; снизу от центра она чуть толще, чем сверху. В исследовании было использовано определение толщины роговицы методом оптики и пахиметрия выполнена на оптическом когерентном томографе фирмы Optovue в режиме переднего отрезка (AS-OCT), (рисунок 2.9 а.б.).

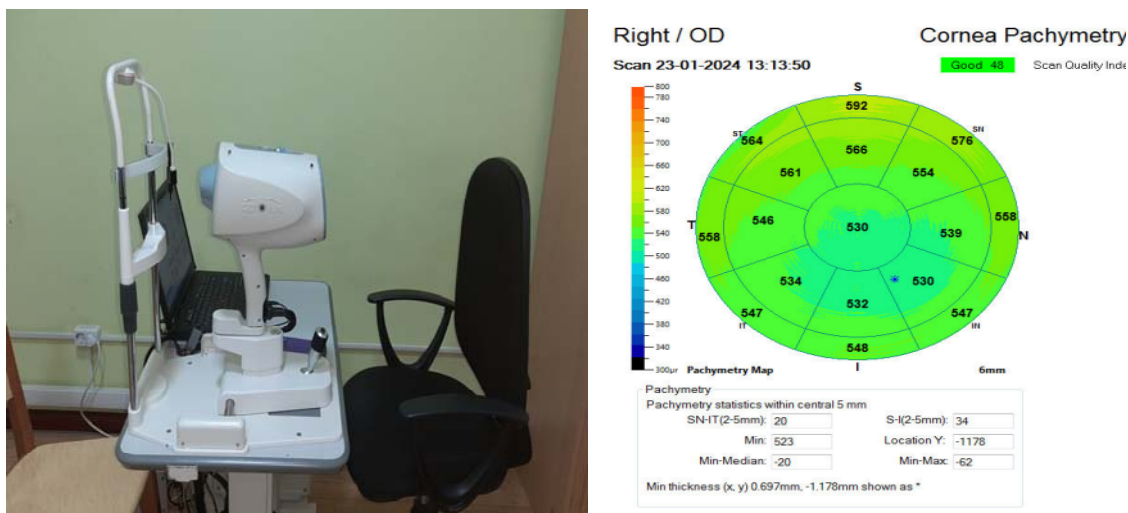


Рисунок 2.9. - а) ОКТ аппарат и б) протокол толщины роговицы в разных её меридианах и в центре (правый глаз, больной Н., 62 года). Толщина центральной роговицы: OD – 530 мкм.

Методика проведения ОКТ

Оптическая когерентная томография (ОКТ) выполнялась на томографах RTVue-100 фирмы Optovue (США) (рисунок 2.10). RTVue – это система оптической когерентной томографии, предназначенная прежде всего для формирования изображений *in vivo* в реальном масштабе времени, и использования в качестве диагностического инструмента с целью выявления и мониторинга патологических изменений сетчатки глаза. Одновременно, она позволяет провести количественное сравнение результатов измерений структур глаза пациента с данными нормативной базы, сформированной при обследовании здоровых людей. Эти функции позволяют проводить и анализировать параметры ДЗН, перипапиллярной сетчатки, комплекса ганглиозных клеток макулярной области сетчатки.



Рисунок 2.10. – ОКТ RTVue -100 фирмы Optovue (США)

Для оценки морфометрических параметров использовались протоколы сканирования RNFL 3,45. Методом оптической когерентной томографии (ОКТ) проводилась детальная оценка следующих параметров:

Площадь диска зрительного нерва (disc area): этот параметр характеризует общую площадь диска зрительного нерва и является важным для определения нормальных и патологических состояний; площадь нейроретинального пояска (Rim Area); площадь экскавации диска зрительного нерва (Area C/D); объем экскавации (Cup Volume); соотношение вертикального диаметра экскавации и диаметра диска зрительного нерва (Cup/Disc vertical ratio); соотношение горизонтального диаметра экскавации и диаметра диска зрительного нерва (Cup/Disc horizontal ratio); соотношение площади диска зрительного нерва и площади экскавации (Cup/Disc area ratio); средняя толщина слоя нервных волокон сетчатки (Avg RNFL thickness): данный параметр позволяет оценить состояние слоя нервных волокон сетчатки, что важно для ранней диагностики и мониторинга глаукомы.

Параметры RNFL Thickness дополнительно анализировались по секторам: оценивались верхний квадрант (S), нижний квадрант (I), назальный (N), и темпоральный квадранты (T). Толщина СНВС в верхней половине (Avg superior RNFL) и нижней половине (Avg inferior RNFL) (рисунок 2.11).

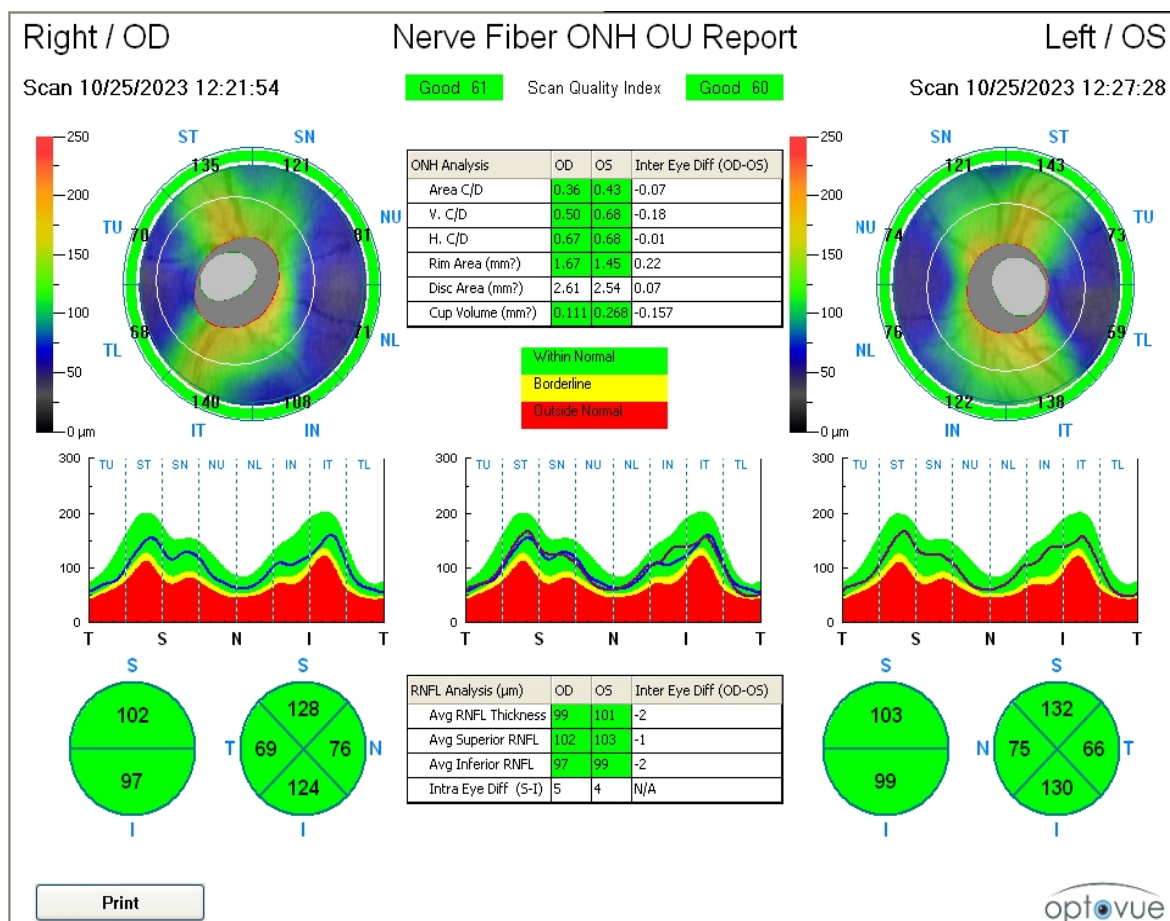


Рисунок 2.11. – Протокол сканирования RNFL 3,45 на аппарате ОКТ RTVue-100 фирмы Optovue

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакета статистических программа Statistica 10.0 (StatSoft, USA).

Оценку соответствия выборки нормальному закону распределения проводили по критериям Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смирнова. Количественные величины описаны в виде среднего значения со стандартной ошибкой, а также в виде медианного значения и межквартильного размаха. Для относительных величин вычислялись процентные значения. Парные сравнения между независимыми группами по количественным показателям проводили по

U-критерию Манна-Уитни, множественные сравнения проводились по H-критерию Краскела-Уоллиса.

Различия считались статистически значимыми при уровне p менее 0,05.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Толщина СНВС, определяемая при помощи оптической когерентной томографии, у здоровых жителей Республики Таджикистан

Одним из приоритетных направлений современных офтальмологических исследований является разработка нормативной базы параметров толщины слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) для коренного населения Таджикистана, а именно этнических таджиков, с использованием оптической когерентной томографии (ОКТ). Данное исследование также направлено на изучение возрастных изменений этих параметров. Создание специфических нормативных баз ОКТ для определенных национальных или региональных групп представляет собой ключевой аспект в повышении точности и эффективности диагностических процедур в офтальмологии. На сегодняшний день большинство существующих нормативных баз ОКТ характеризуются значительной этнической диверсификацией, включая данные о лицах различного происхождения. Однако эти базы зачастую ограничены по возрастным и рефракционным параметрам, что может существенно снижать диагностическую точность ОКТ, особенно при обследовании пациентов с нетипичными для базы характеристиками.

В этом отношении, создание специализированных нормативных баз для этнических таджиков, жителей Республики Таджикистан, может значительно улучшить диагностическую точность и своевременность выявления первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) у данной популяции. Установление локализованных норм толщины СНВС поможет адаптировать метод ОКТ к специфическим анатомическим и физиологическим характеристикам жителей региона, тем самым повысив эффективность диагностики и качество оказываемой медицинской помощи.

В настоящем исследовании была дана оценка толщины СНВС в разных возрастных группах нормальной популяции жителей Республики Таджикистан с помощью оптической когерентной томографии.

Уровень внутриглазного давления (офтальмотонус) у всех обследуемых, измеренный по аппланационному способу Гольдмана, колебался в пределах от 12 до 20 мм рт. ст., что соответствует нормальным показателям. Исследование полей зрения с использованием компьютерного статического периметра на аппарате MD – 820 Automated Perimeter (производство КНР) также показало результаты в пределах нормы для всех возрастных групп, кроме двух младших (0-9 лет и 10-19 лет). Для данных групп не было проведено изучение полей зрения по двум основным причинам: отсутствие патологических изменений внутриглазного давления и сложности проведения статической периметрии у детей, связанные с необходимостью длительной фиксации взгляда, что может быть трудно достижимо в этом возрасте.

Измерение толщины СНВС проводилось на аппарате ОКТ Optovue производства США в режиме сканирования «слой нервных волокон сетчатки» (рисунок 3.1).

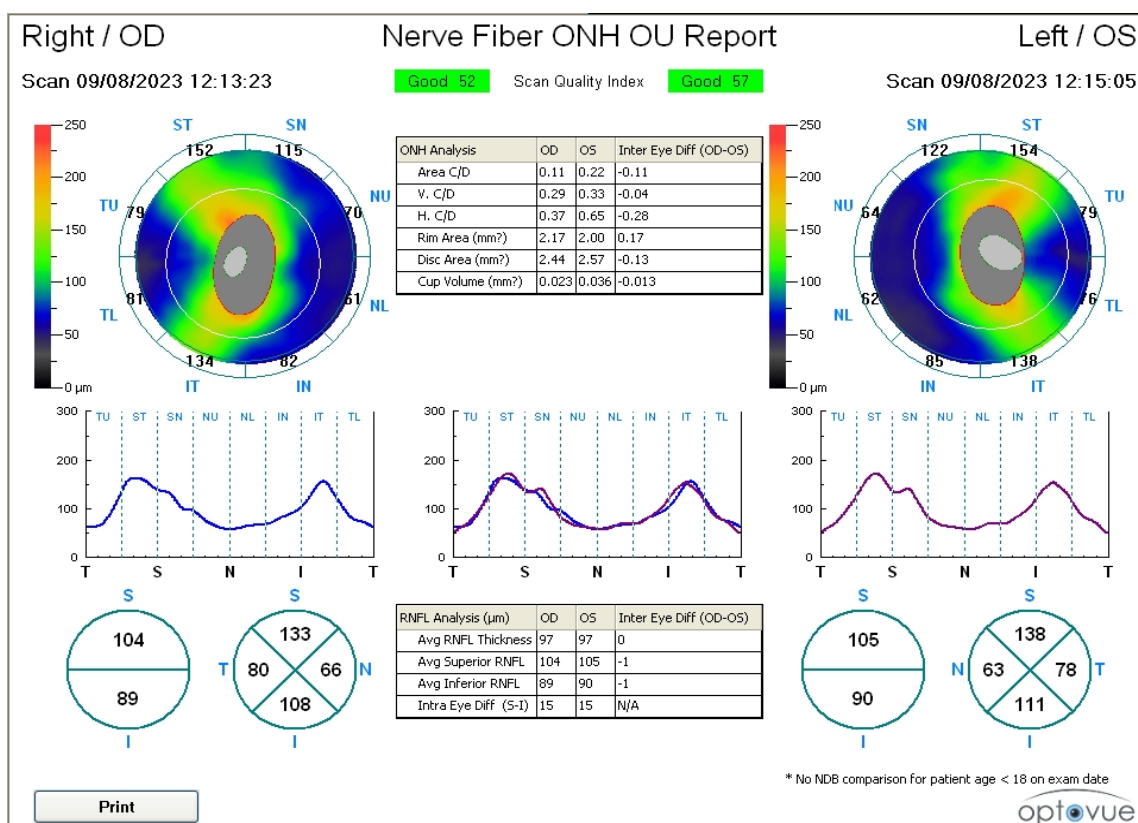


Рисунок 3.1. – ОКТ диска зрительного нерва ребёнка А. 8 лет

Параметры RNFL Thickness дополнительно анализировались по секторам:

оценивались верхний квадрант (S), нижний (I), назальный (N), и темпоральный квадранты (T). Толщина СНВС в верхней половине (Avg superior RNFL) и нижней половине (Avg inferior RNFL).

Так как в нормативной базе данных аппарата нет параметрической информации для лиц моложе 19 лет, изучение I-II групп представляло особую ценность.

Как видно из таблицы 3.1, определены нормальные показатели толщины СНВС среди этнических таджиков в разных возрастных группах. Показатели толщины СНВС изменяются в зависимости от возрастной группы и квадранта измерения:

Верхний квадрант (S). Толщина СНВС увеличивается с группы 1-9 лет ($120,3 \pm 2,7 \mu\text{m}$) до группы 20-29 лет ($131,9 \pm 1,9 \mu\text{m}$), после чего наблюдается снижение в группах 30-39 лет ($124,3 \pm 2,4 \mu\text{m}$) и 50-59 лет ($118,4 \pm 2,2 \mu\text{m}$). Возврат к увеличению толщины наблюдается в возрастной группе 60 лет и старше ($121,8 \pm 3,3 \mu\text{m}$).

Нижний квадрант (I). Наблюдается постепенное увеличение толщины СНВС с группы 1-9 лет ($124,8 \pm 2,5 \mu\text{m}$) до группы 40-49 лет ($135,2 \pm 2,6 \mu\text{m}$), за которым следует заметное снижение в группе 50-59 лет ($118,3 \pm 2,9 \mu\text{m}$).

Носовой квадрант (N). Толщина СНВС достигает максимума в группе 30-39 лет ($82,5 \pm 2,6 \mu\text{m}$), при этом в остальных возрастных группах изменения менее выражены.

Височный квадрант (T). Наблюдается увеличение толщины СНВС до группы 40-49 лет ($82,4 \pm 2,3 \mu\text{m}$), после чего следует снижение, особенно заметное в группе 50-59 лет ($70,2 \pm 0,9 \mu\text{m}$).

Общая толщина СНВС (RNFL aver). Существует тенденция к изменению средней толщины СНВС в зависимости от возраста. Согласно данным, наблюдается увеличение средней толщины СНВС от группы 1-9 лет ($98,3 \pm 1,2 \mu\text{m}$) до группы 40-49 лет ($106,5 \pm 1,7 \mu\text{m}$). Однако после этого возраста происходит заметное снижение толщины СНВС в группе 50-59 лет ($94,7 \pm 1,5 \mu\text{m}$).

Таблица 3.1. – Средние показатели толщины слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) по возрастным группам

Возрастная группа	Толщина СНВС в нижнем квадранте (I)	Толщина СНВС в верхнем квадранте (S)	Толщина СНВС в носовом квадранте (N)	Толщина СНВС в височном квадранте (T)	Общая толщина СНВС, μm (RNFL aver)
до 9 лет	124,8 \pm 2,5	120,3 \pm 2,7	73,5 \pm 2,0	74,7 \pm 1,6	98,3 \pm 1,2
10-19 лет	126,9 \pm 2,0	125,9 \pm 1,8	80,3 \pm 2,2	76,6 \pm 1,2	102,4 \pm 1,2
20-29 лет	127,2 \pm 2,8	131,9 \pm 1,9	78,6 \pm 2,4	75,4 \pm 1,5	103,6 \pm 1,5
30-39 лет	133,6 \pm 3,4	124,3 \pm 2,4	82,5 \pm 2,6	74,6 \pm 2,3	103,8 \pm 2,2
40-49 лет	135,2 \pm 2,6	128,5 \pm 2,5	80,9 \pm 3,1	82,4 \pm 2,3	106,5 \pm 1,7
50-59 лет	118,3 \pm 2,9	118,4 \pm 2,2	71,7 \pm 2,0	70,2 \pm 0,9	94,7 \pm 1,5
60 лет и старше	123,8 \pm 2,6	121,8 \pm 3,3	78,6 \pm 2,3	73,5 \pm 2,2	99,6 \pm 2,0
P	<0,01	<0,01	<0,05	<0,001	<0,001

Примечание: P – статистическая значимость различия показателей между возрастными группами (по H-критерию Краскела-Уоллиса).

Этот возрастной тренд может быть связан с физиологическими изменениями, происходящими в тканях глаза на разных этапах жизни. В молодом возрасте и до среднего возраста наблюдается рост и укрепление структуры нервных волокон. Однако, начиная с пятого десятилетия жизни, возможны дегенеративные изменения, приводящие к уменьшению толщины СНВС. Эти данные важны для клинической практики, так как они помогают понять нормальные возрастные изменения и позволяют выявлять патологические отклонения, такие как глаукома, на ранних стадиях.

При множественных сравнениях между всеми возрастными группами было установлено наличие статистически значимых различий, а именно: $p < 0,05$ в носовом квадранте, $p < 0,01$ в верхнем и нижнем квадрантах. Также $p < 0,001$ в височном квадранте и в показателях общей толщины СНВС, что указывает на статистически значимые различия в толщине СНВС между сравниваемыми возрастными группами. В связи с этим мы дополнительно провели попарные

сравнения данных показателей между каждым возрастными группами в отдельности. Как видно из таблицы 3.2, имеет место достоверная разница в результате попарного сравнения по квадрантам и возрастным группам.

Таблица 3.2. – Попарные сравнения показателей толщины слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) между возрастными группами

СНВС	I	II	III	IV	V	VI	VII
Возраст (лет)	До 9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60 и ст.
S (µm)	120,3±2,7	125,9±1,8	131,9±1,9	124,3±2,4	128,5±2,5	118,4±2,2	121,8±3,3
p	p ₁₋₃ <0,01, p ₁₋₅ <0,05, p ₂₋₆ <0,01, p ₃₋₆ <0,001, p ₃₋₇ <0,05, p ₅₋₆ <0,01,						
I (µm)	124,8±2,5	126,9±2,0	127,2±2,8	133,6±3,4	135,2±2,6	118,3±2,9	123,8±2,6
p	p ₁₋₅ <0,01, p ₂₋₅ <0,05, p ₂₋₆ <0,05, p ₃₋₅ <0,05, p ₃₋₆ <0,05, p ₄₋₆ <0,01, p ₄₋₇ <0,05, p ₅₋₆ <0,001, p ₅₋₇ <0,01,						
N (µm)	73,5±2,0	80,3±2,2	78,6±2,4	82,5±2,6	80,9±3,1	71,7±2,0	78,6±2,3
p	p ₁₋₂ <0,05, p ₁₋₄ <0,05, p ₂₋₆ <0,05, p ₃₋₆ <0,05, p ₄₋₆ <0,01, p ₅₋₆ <0,05, p ₆₋₇ <0,05						
T(µm)	74,7±1,6	76,6±1,2	75,4±1,5	74,6±2,3	82,4±2,3	70,2±0,9	73,5±2,2
p	p ₁₋₅ <0,05, p ₁₋₆ <0,05, p ₂₋₅ <0,05, p ₂₋₆ <0,001, p ₂₋₇ <0,05, p ₃₋₅ <0,05, p ₃₋₆ <0,01, p ₄₋₅ <0,05, p ₅₋₆ <0,001, p ₅₋₇ <0,01,						
RNFL aver (µm)	98,3±1,2	102,4±1,2	103,6±1,5	103,8±2,2	106,5±1,7	94,7±1,5	99,6±2,0
p	p ₁₋₂ <0,05, p ₁₋₃ <0,01, p ₁₋₅ <0,001, p ₁₋₆ <0,05, p ₂₋₅ <0,05, p ₂₋₆ <0,01, p ₃₋₆ <0,001, p ₄₋₅ <0,05, p ₄₋₆ <0,01, p ₅₋₆ <0,001,						

Примечание: p – статистическая значимость различия показателей между соответствующими возрастными группами (по критерию Манна-Уитни)

На ниже изображённых графиках наглядно представлены сравнения средних показателей толщины СНВС в зависимости от квадранта между возрастными группами.

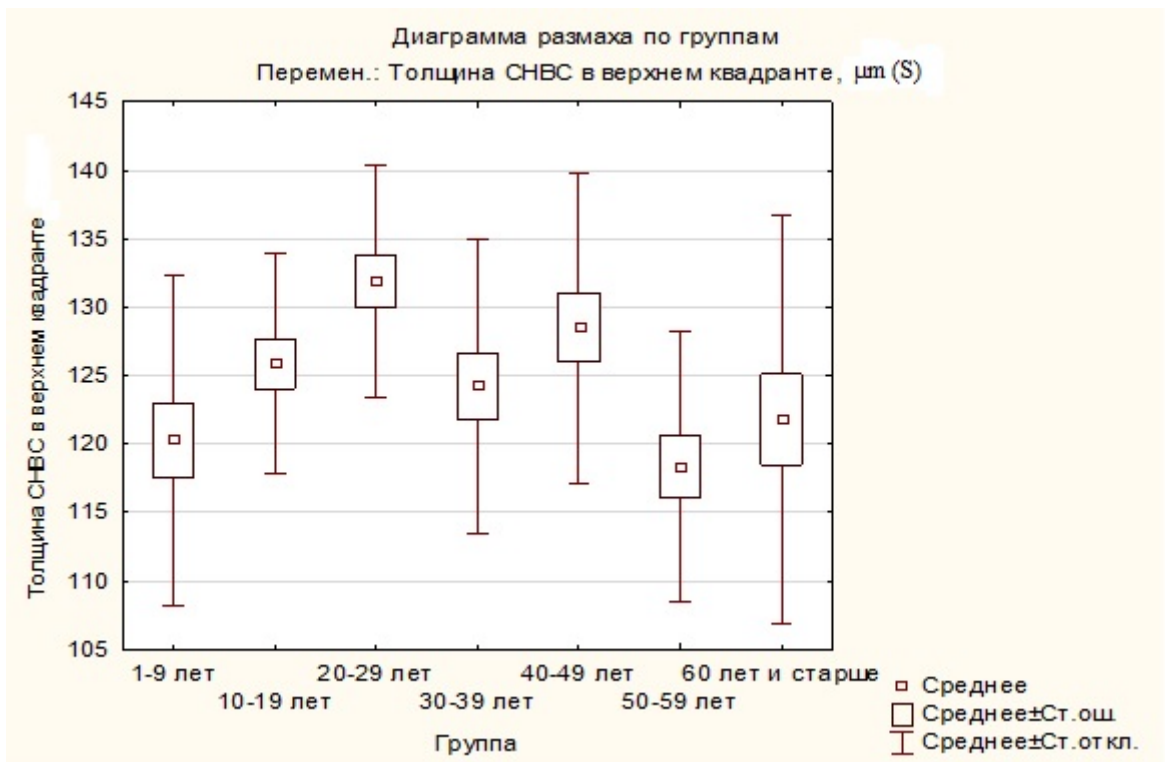


Рисунок 3.2. – Толщина СНВС в верхнем квадранте (S)

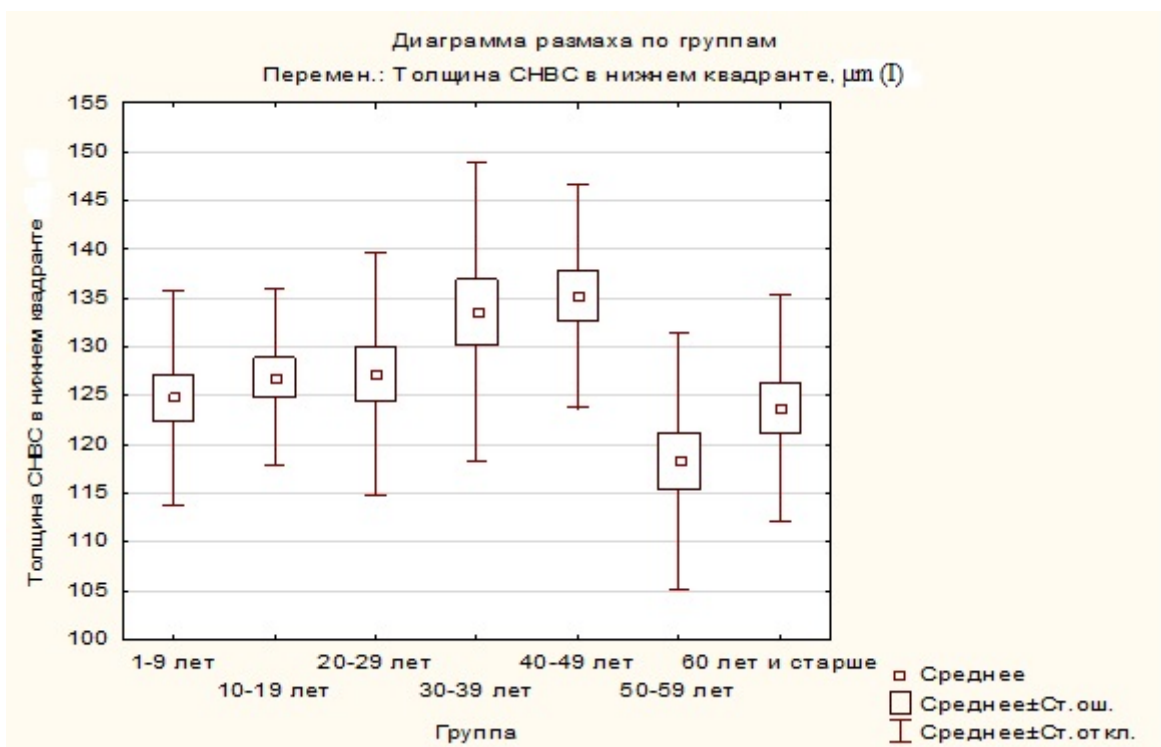


Рисунок 3.3. – Толщина СНВС в нижнем квадранте (I)

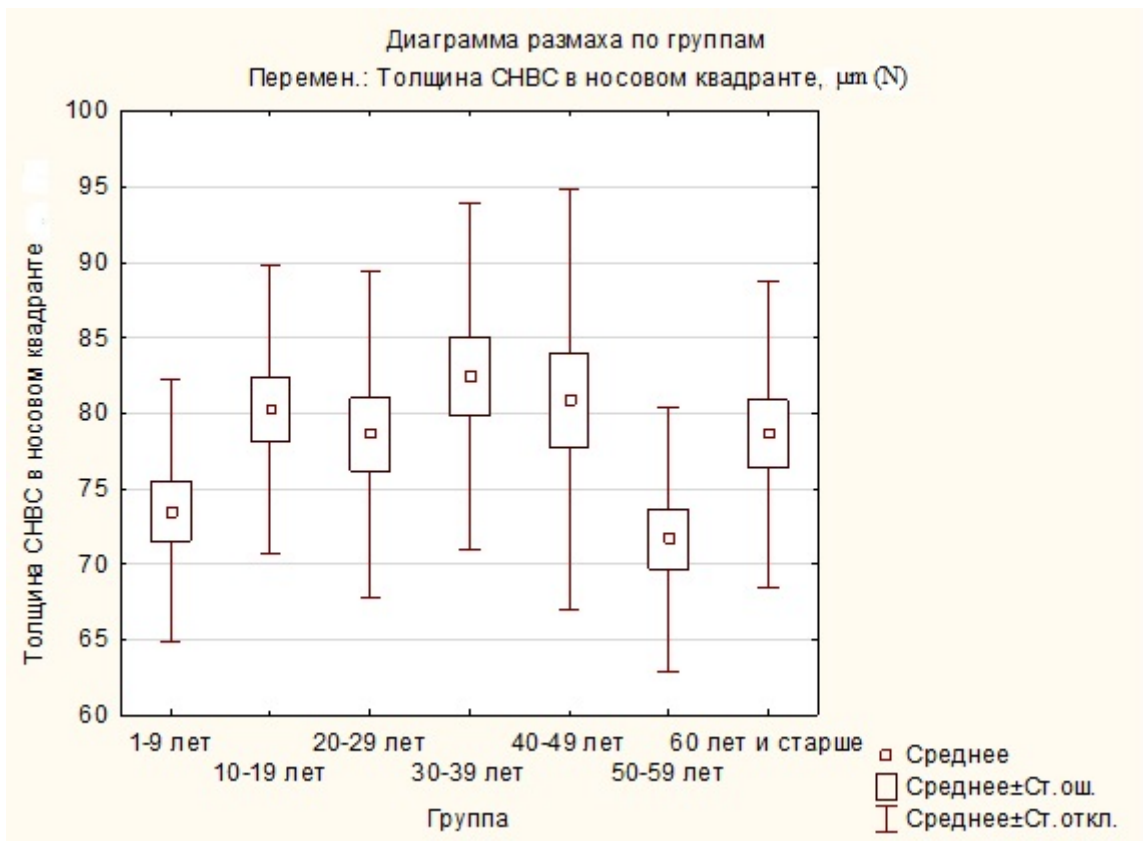


Рисунок 3.4. – Толщина СНВС в носовом квадранте (N)

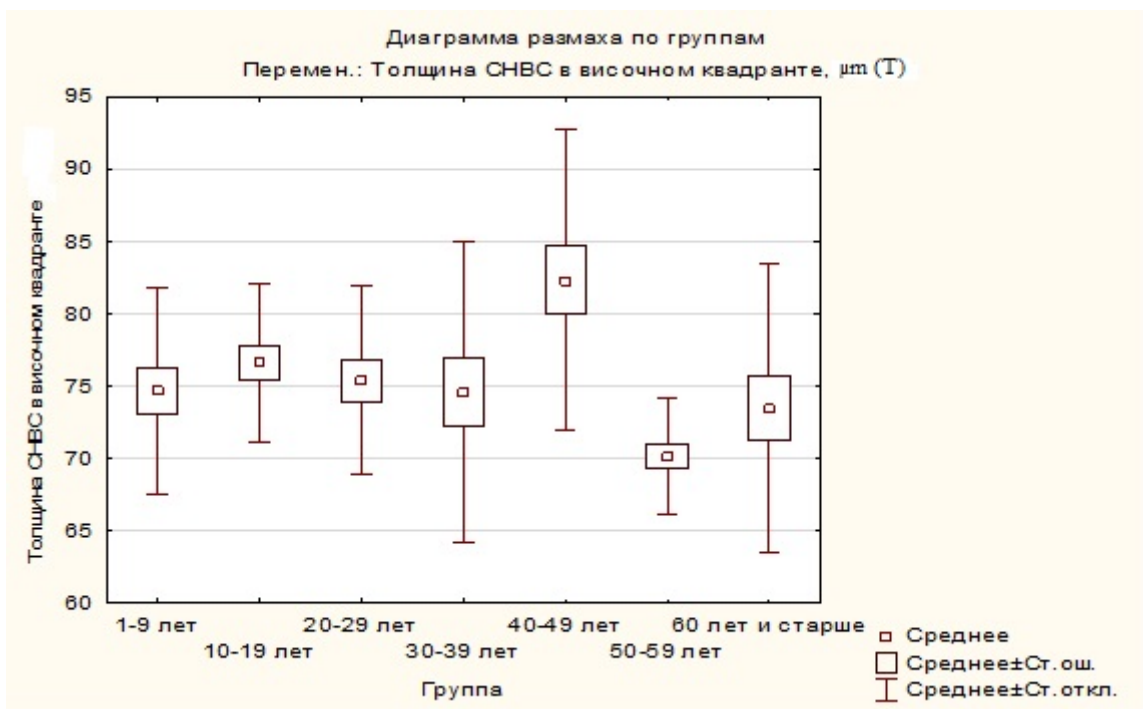


Рисунок 3.5. – Толщина СНВС в височном квадранте (T)

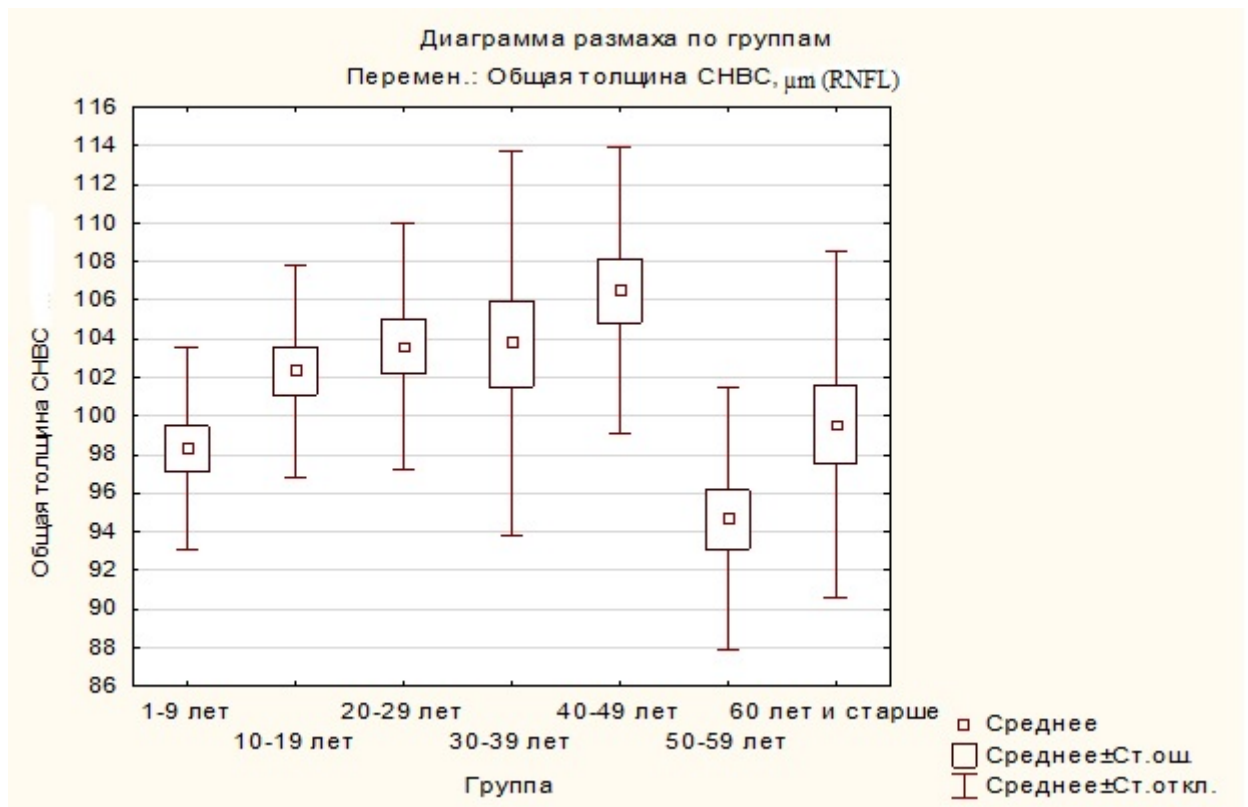


Рисунок 3.6. – Общая толщина СНВС (RNFL aver)

Толщина СНВС в верхнем квадранте (S) (рисунок 3.2) демонстрирует возрастные вариации. Наибольшее среднее значение толщины СНВС наблюдается в возрастной группе 20-29 лет, что свидетельствует о пиковой толщине в этом возрасте.

С возрастом разброс значений толщины СНВС, выраженный через стандартное отклонение, несколько увеличивается. Это может указывать на повышение изменчивости толщины СНВС в верхнем квадранте среди старших возрастных групп. Такой тренд может быть связан с различными факторами, включая физиологическое старение, различия в воздействии внешних факторов и индивидуальные особенности пациентов.

Толщина СНВС в других квадрантах (нижнем – I, носовом – N, и височном – T) (рисунки 3.3, 3.4 и 3.5) и общая толщина СНВС (рисунок 3.6 – RNFL aver) демонстрируют аналогичную тенденцию к изменениям, как и в верхнем квадранте.

Анализ показывает, что во всех квадрантах, а также для общей толщины СНВС, наблюдаются изменения средней толщины и разброс значений,

соответствующие данным в таблице средних показателей. В частности, во многих квадрантах и для общей толщины СНВС видна тенденция к увеличению средней толщины до определенного возраста, который чаще всего соответствует возрастной группе 40-49 лет. После этого наблюдается либо стабилизация, либо уменьшение значений толщины СНВС.

Эти изменения могут быть обусловлены физиологическими процессами, происходящими в организме с возрастом, такими как утрата нервных волокон и изменения в микроциркуляции сетчатки. Повышение разброса значений в старших возрастных группах может свидетельствовать о большей индивидуальной вариабельности состояния сетчатки у людей в этих возрастных категориях.

Таким образом, наблюдение за толщиной СНВС в различных квадрантах и в целом позволяет лучше понимать возрастные изменения и их влияние на здоровье глаз. Эти данные имеют важное значение для клинической практики, так как помогают в раннем выявлении патологических изменений и в оценке риска развития глаукомы и других заболеваний зрительного нерва.

Понимание возрастной динамики толщины СНВС способствует разработке более точных диагностических и терапевтических стратегий, обеспечивающих сохранение зрительных функций у пациентов различного возраста.

3.2. Толщина СНВС, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у больных с различными стадиями первичной открытоугольной глаукомы

3.2.1. Толщина слоя нервных волокон сетчатки, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у здоровой группы этнических таджиков (контрольная группа).

Контрольная группа в рамках исследования состояла из 51 добровольца (97 глаз), у которых не было выявлено патологий органа зрения. Все участники прошли офтальмологическое обследование согласно методикам, описанным во

второй главе «Материалы и методы исследования». В ходе обследования уровень офтальмотонуса у всех участников определяли аппланационным способом по Гольдману в утреннее время. Этот показатель варьировал от 11 до 20 мм рт. ст.

Исследование полей зрения, выполненное с использованием компьютерного статического периметра на аппарате MD – 820 Automated Perimeter (производство КНР), показало результаты, соответствующие норме для всех обследуемых. Это подтверждает отсутствие значимых нарушений зрительных функций у участников контрольной группы.

Измерение толщины СНВС проводилось на аппарате OCT Optovue (США) в режиме сканирования «слой нервных волокон сетчатки». В ходе этого исследования параметры толщины СНВС (RNFL Thickness) дополнительно анализировались по секторам: верхний квадрант (S), нижний квадрант (I), назальный квадрант (N) и темпоральный квадрант (T).

Для более детального анализа толщина СНВС также оценивалась в верхней половине (Avg superior RNFL) и нижней половине (Avg inferior RNFL). Такой подход позволяет получить комплексную картину состояния нервных волокон сетчатки и выявить возможные изменения, характерные для различных участков сетчатки.

Анализ по секторам и половинам сетчатки даёт возможность более точно диагностировать и мониторить изменения, связанные с различными заболеваниями глаз, такими как глаукома. Например, изменения в верхнем и нижнем квадрантах могут указывать на локализованные повреждения, тогда как оценка общей толщины в верхней и нижней половинах сетчатки позволяет выявить более диффузные изменения.

Таким образом, использование OCT Optovue для измерения и анализа толщины СНВС по секторам и половинам сетчатки предоставляет важные данные, которые могут быть использованы для диагностики, мониторинга и разработки эффективных стратегий лечения различных офтальмологических заболеваний (рисунок 3.7).

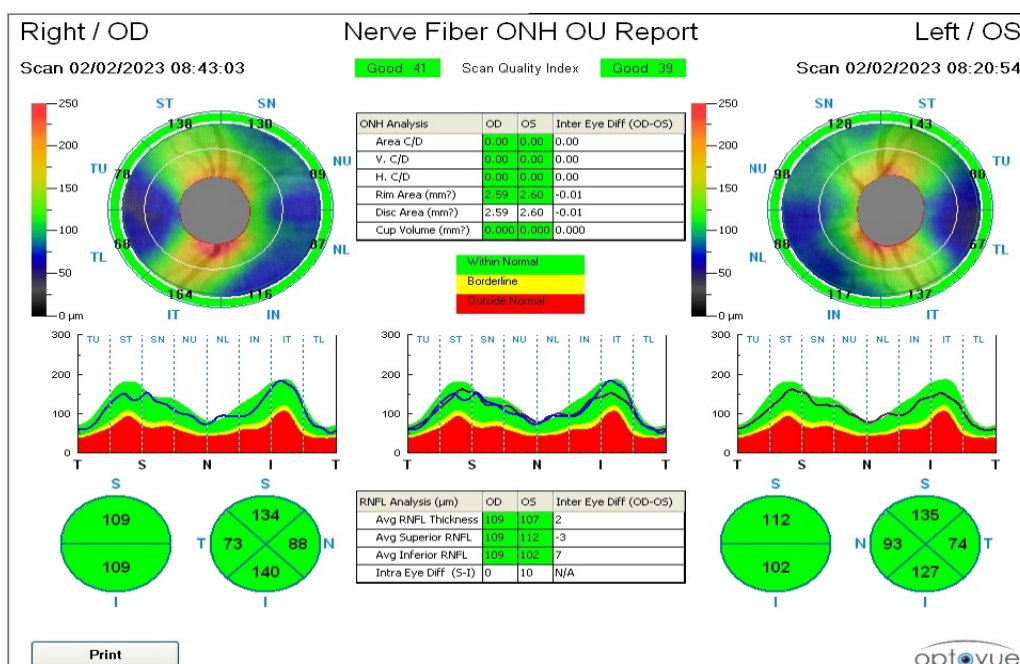


Рисунок 3.7. – Протокол сканирования СНВС в нормальном глазу. Гражданин И., 70 лет

Выборка состояла из 51 человека, что соответствовало 97 обследованным глазам. По результатам этого обследования были получены значения параметров толщины СНВС, которые в дальнейшем будут приниматься в качестве нормативных для данной этнической группы (табл. 3.3).

Таблица 3.3. – Варианты нормы показателей толщины СНВС

Показатель	Me (1q-3q)
Толщина СНВС в нижнем квадранте, µm (I)	127,0 (117,0-136,0)
Толщина СНВС в верхнем квадранте, µm (S)	124,0 (115,0-134,0)
Толщина СНВС в носовом квадранте, µm (N)	78,0 (71,0-85,0)
Толщина СНВС в височном квадранте, µm (T)	73,0 (69,0-81,0)
Общая толщина СНВС, µm (RNFL aver)	103,0 (93,0-107,0)

Общая средняя толщина СНВС у лиц нормально здоровой группы составила 103 µm (93,0-107,0).

3.2.2. Толщина СНВС, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у больных с I стадией ПОУГ

В состав группы с первой стадией ПОУГ вошли 22 человека (общее число обследованных глаз составило 30). У всех участников этой группы показатели

внутриглазного давления, определяемые аппланационным способом по Гольдману в утреннее время, колебались в диапазоне от 12 до 19 мм рт. ст.

Для оценки состояния поля зрения у наблюдаемых пациентов использовался компьютерный статический периметр на оборудовании MD – 820 Automated Perimeter (производство КНР). Полученные данные этого исследования соответствовали критериям первой стадии ПОУГ.

Измерение толщины сетчатой нервной волоконной оболочки (СНВО) осуществлялось с использованием аппарата ОСТ Optovue, произведённого в США, в режиме сканирования, предназначенном для анализа слоя нервных волокон сетчатки. В рамках исследования параметры толщины слоя нервных волокон сетчатки (СНВС или RNFL – retinal nerve fiber layer) были подвергнуты детальному анализу по отдельным секторам: верхнему квадранту (S), нижнему квадранту (I), назальному квадранту (N) и темпоральному квадранту (T). Дополнительно была определена толщина СНВС в верхней (Avg superior RNFL) и нижней (Avg inferior RNFL) половинах сетчатки (рисунок 3.8).

У пациентов с I стадией первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) общая средняя толщина СНВС составила 96,0 мкм, с диапазоном значений от 89,0 до 104,0 мкм. При сравнении с контрольной группой здоровых индивидов было выявлено статистически достоверное истончение СНВС у пациентов с I стадией ПОУГ ($p < 0,05$).

Полученные результаты указывают на наличие значительных изменений в толщине СНВС уже на ранних стадиях глаукомы. Эти данные подчёркивают важность тщательного мониторинга толщины СНВС для ранней диагностики и оценки прогрессирования глаукомы. Использование секторального анализа позволяет более детально оценить характер и локализацию изменений СНВС.

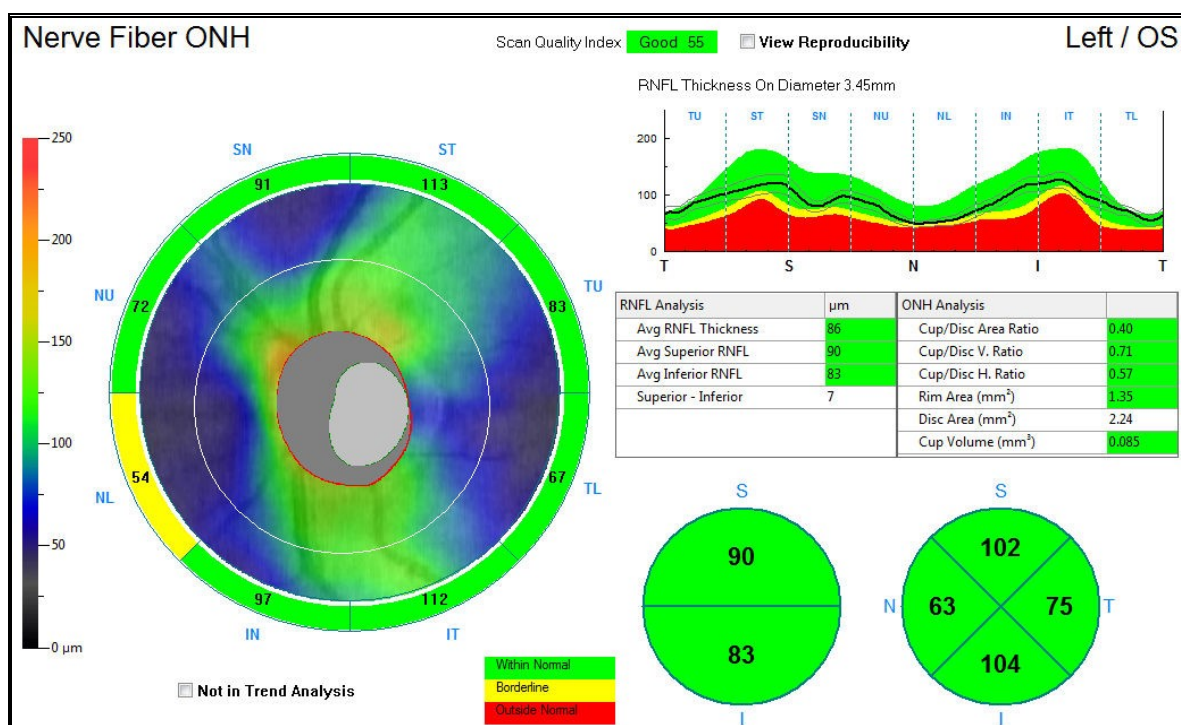


Рисунок 3.8. – Протокол сканирования СНВС в глазу с I стадией ПОУГ. Пациент П. 65 лет

Таким образом, измерение и анализ толщины СНВС является важным диагностическим инструментом, позволяющим выявить ранние признаки глаукомы и оценить эффективность проводимого лечения.

3.2.3. Толщина СНВС, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у больных со II стадией ПОУГ

В группу со II стадией ПОУГ были включены 25 пациентов (общее число обследованных глаз составило 29). Уровень ВГД у всех пациентов, определённый аппланационным способом по Гольдману в утреннее время, составлял от 10 до 18 мм рт.ст.

Результаты анализа полей зрения, полученные с использованием компьютерного статического периметра на аппарате MD – 820 Automated Perimeter (производство КНР), демонстрируют соответствие второй стадии первичной открытоугольной глаукомы.

Исследование толщины СНВС выполнялось с использованием аппарата ОСТ Optovue (производство США) в режиме сканирования, настроенном на анализ слоя нервных волокон сетчатки (рисунок 3.9).

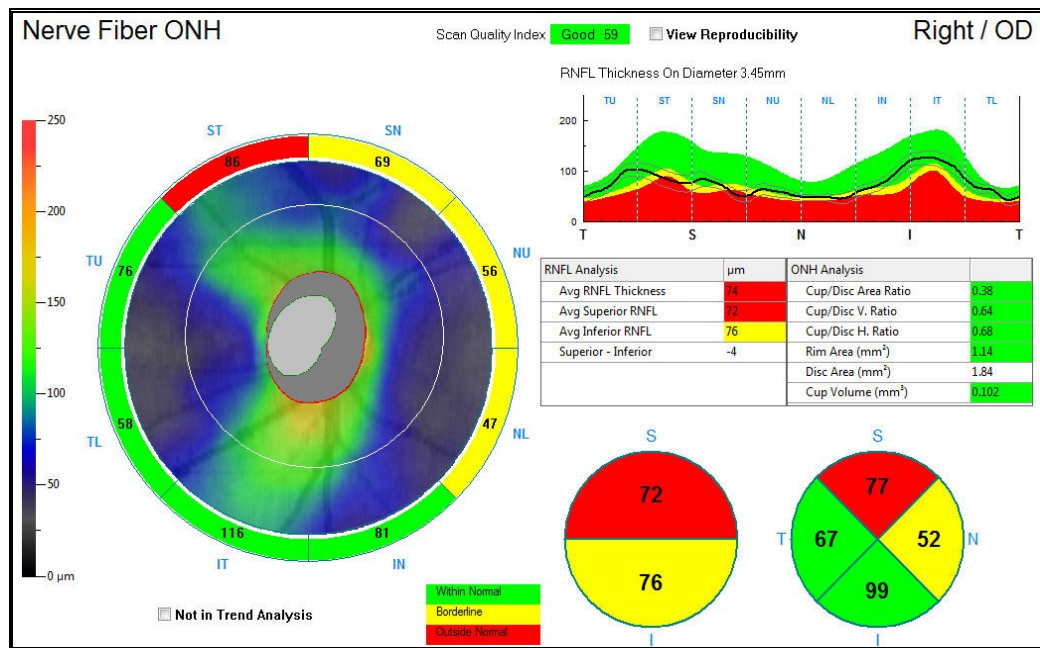


Рисунок 3.9. – Протокол сканирования СНВС в глазу с II стадией ПОУГ. Пациент П., 76 лет. (отмечено жёлтым и красным цветами)

Общая средняя толщина СНВС у пациентов со II стадией ПОУГ составила 75 мкм (в диапазоне 71,0-78,0 мкм). По сравнению с контрольной группой ($p < 0,001$) и с группой пациентов с I стадией ПОУГ ($p < 0,001$) наблюдалось статистически достоверное истончение СНВС у пациентов данной группы.

Эти данные подчёркивают прогрессирующее ухудшение состояния нервных волокон сетчатки с увеличением стадии глаукомы. Статистически значимое уменьшение толщины СНВС во II стадии заболевания указывает на продолжающуюся дегенерацию нервных волокон, что является характерным признаком прогрессирующей глаукомы.

Такие результаты подтверждают необходимость регулярного мониторинга толщины СНВС для своевременного выявления изменений и корректировки лечебных мероприятий.

3.2.4. Толщина слоя нервных волокон сетчатки, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у больных с III стадией первичной открытоугольной глаукомы

Группу с третьей стадией ПОУГ составил 31 пациент (общее число обследованных глаз составило 31). У всех участников этой группы уровень

внутриглазного давления, определяемый аппланационным способом по Гольдману в утреннее время, варьировал от 12 до 18 мм рт. ст.

При изучении состояния поля зрения, оцениваемого по данным компьютерного статического периметра с использованием оборудования MD – 820 Automated Perimeter (производство КНР), также была верифицирована третья стадия ПОУГ. Этот метод позволил определить характерные для данной стадии глаукомы изменения в полях зрения, такие как значительное сужение и наличие дефектов, что указывает на прогрессирующее повреждение зрительного нерва и ухудшение зрительных функций.

Также проводилось измерение толщины СНВС на аппарате ОСТ Optovue производства США в режиме сканирования «слой нервных волокон сетчатки». Этот метод обеспечивает высокоточное измерение толщины СНВС, что критически важно для оценки состояния нервных волокон сетчатки и диагностики глаукомы. Аппарат ОСТ Optovue позволяет детально анализировать морфометрические параметры СНВС, что включает оценку толщины в различных квадрантах и общую среднюю толщину, предоставляя важные данные для раннего выявления и мониторинга прогрессирования глаукомы (рисунок 3.10).

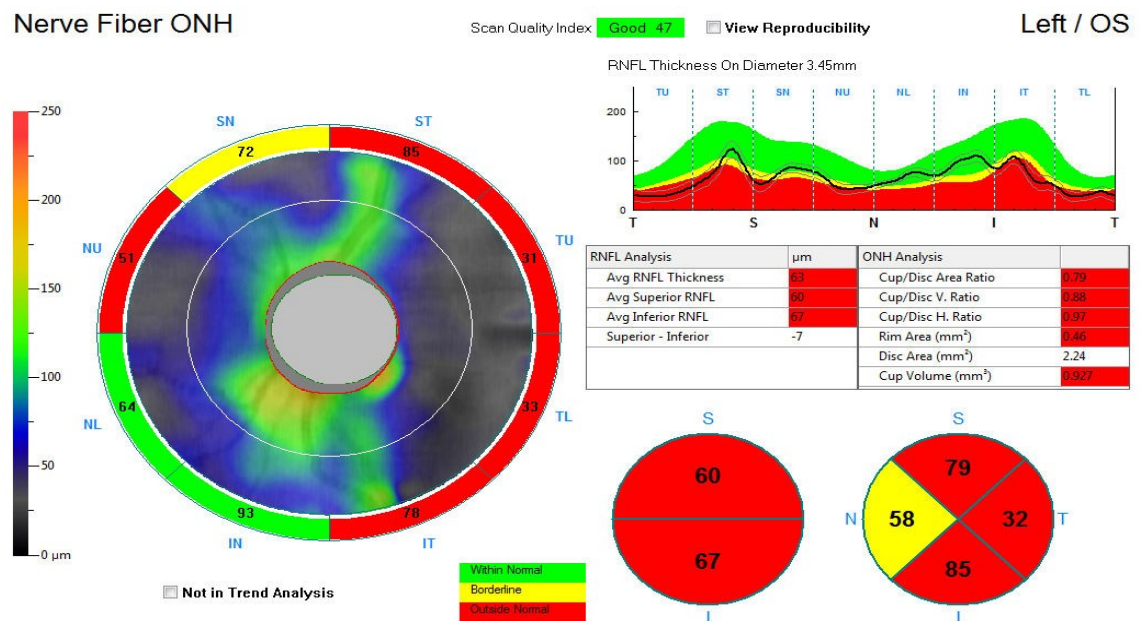


Рисунок 3.10. – Протокол сканирования СНВС в глазу с III стадией ПОУГ. Пациент С., 68 лет

Общая средняя толщина СНВС у больных 3 группы составила 56,0 (53,0-66,0). В результате сравнительного анализа с контрольной ($p_k-p_3<0,001$), 1-й и 2-й группами ($p_1-p_3<0,001$, $p_2-p_3<0,001$) наблюдалось статистически достоверное истончение СНВС у пациентов 3-й группы.

Ниже в таблице 3.4 приводится сравнительная характеристика значение толщины СНВС в различных стадиях ПОУГ.

Таблица 3.4. – Значения параметров толщины СНВС при различных стадиях ПОУГ, Ме (1q-3q)

Толщина СНВС	Контрольная группа	1 группа	2 группа	3 группа
В нижнем квадранте, μm (I)	127,0 (117,0-136,0)	122,0 (111,0-128,0)	88,0 (80,0-98,0)	67,0 (63,0-75,0)
p	$p_k-p_1<0,05$, $p_k-p_2<0,001$, $p_k-p_3<0,001$, $p_1-p_2<0,001$, $p_1-p_3<0,001$, $p_2-p_3<0,001$			
В верхнем квадранте, μm (S)	124,0 (115,0-134,0)	117,5 (106,0-129,0)	85,0 (77,0-89,0)	66,0 (58,0-79,0)
p	$p_k-p_1<0,05$, $p_k-p_2<0,001$, $p_k-p_3<0,001$, $p_1-p_2<0,001$, $p_1-p_3<0,001$, $p_2-p_3<0,001$			
В носовом квадранте, μm (N)	78,0 (71,0-85,0)	73,0 (69,0-76,0)	63,0 (53,0-66,0)	50,0 (45,0-55,0)
p	$p_k-p_1<0,05$, $p_k-p_2<0,001$, $p_k-p_3<0,001$, $p_1-p_2<0,001$, $p_1-p_3<0,001$, $p_2-p_3<0,001$			
В височном квадранте, μm (T)	73,0 (69,0-81,0)	74,0 (67,0-79,0)	60,0 (54,0-65,0)	50,0 (42,0-57,0)
p	$p_k-p_1>0,05$, $p_k-p_2<0,001$, $p_k-p_3<0,001$, $p_1-p_2<0,001$, $p_1-p_3<0,001$, $p_2-p_3<0,01$			
Общая толщина СНВС, μm (RNFL aver)	103,0 (93,0-107,0)	96,0 (89,0-104,0)	75,0 (71,0-78,0)	56,0 (53,0-66,0)
p	$p_k-p_1<0,05$, $p_k-p_2<0,001$, $p_k-p_3<0,001$, $p_1-p_2<0,001$, $p_1-p_3<0,001$, $p_2-p_3<0,001$			

Примечание: p – статистическая значимость различия показателей между соответствующими группами (по U-критерию Манна-Уитни)

Исследование выявило прогрессирующее уменьшение средней толщины слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) по сравнению с контрольной группой. Это уменьшение наблюдается уже на I стадии заболевания и достигает наибольших значений на II и III стадиях ПОУГ. Статистический анализ показал значимые различия в толщине СНВС по сравнению с контрольной группой: I стадия

ПОУГ ($p < 0,05$), II стадия ПОУГ ($p < 0,001$), III стадия ПОУГ ($p < 0,001$). Примечательно, что выявленная закономерность сохраняется при анализе толщины СНВС в верхнем, нижнем и носовом квадрантах сетчатки. Во всех этих областях наблюдалось статистически значимое различие при сравнении групп пациентов с ПОУГ и контрольной группой.

3.3. Толщина слоя нервных волокон сетчатки, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у больных с различными стадиями первичной открытоугольной глаукомы в различных квадрантах

3.3.1 Толщина СНВС, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у больных с ПОУГ в нижнем квадранте

В нижнем квадранте (I) наблюдается постепенное уменьшение толщины СНВС от группы здоровых лиц (127,0 μm , в диапазоне 117,0-136,0 μm) к группам пациентов с различными стадиями ПОУГ.

Изменения толщины СНВС между группами демонстрируют статистически достоверные различия:

- между контрольной группой (здоровые лица) и группой 1 стадии ПОУГ ($p_k - p_1 < 0,05$);
- между контрольной группой и группой 2 стадии ПОУГ ($p_k - p_2 < 0,001$);
- между контрольной группой и группой 3 стадии ПОУГ ($p_k - p_3 < 0,001$);
- между группами 1 и 2 стадий ПОУГ ($p_1 - p_2 < 0,001$);
- между группами 1 и 3 стадий ПОУГ ($p_1 - p_3 < 0,001$);
- между группами 2 и 3 стадий ПОУГ ($p_2 - p_3 < 0,001$).

Эти данные указывают на прогрессивное истончение СНВС по мере увеличения стадии глаукомы, что отражает возрастающую степень повреждения нервных волокон сетчатки. Снижение толщины СНВС в нижнем квадранте является важным индикатором для диагностики и мониторинга прогрессирования глаукомы, так как позволяет своевременно выявлять и оценивать степень структурных изменений в зрительном нерве.

Таким образом, регулярное измерение толщины СНВС в нижнем квадранте с использованием высокоточных методов, таких как ОКТ, является

ключевым компонентом при мониторинге течения глаукомы, позволяя на ранних стадиях обнаруживать патологические изменения и корректировать тактику лечения для сохранения зрительных функций.

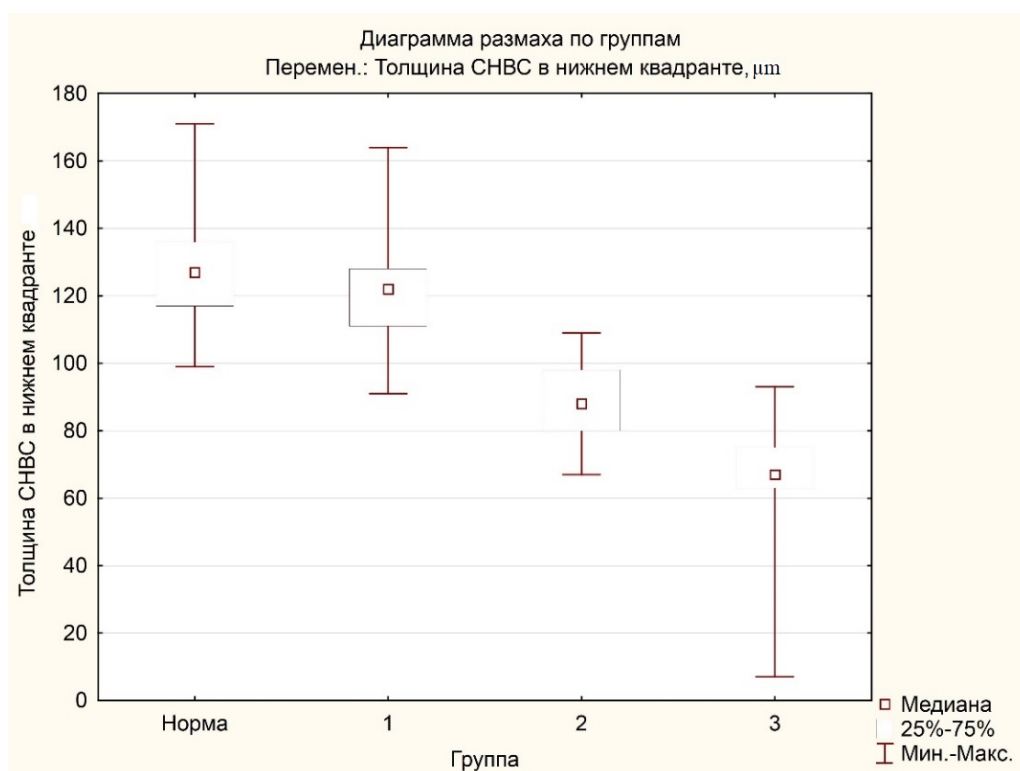


Рисунок 3.11. – Средние показатели толщины СНВС в различных стадиях ПОУГ в нижнем квадранте

3.3.2. Толщина СНВС, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у больных с ПОУГ в верхнем квадранте

В верхнем квадранте перипапиллярной сетчатки (S) (рис. 3.12) толщина СНВС уменьшается, начиная с контрольной группы 124,0 μm (115,0-134,0 (μm)) к I, II и III стадиям ПОУГ ($p_{к-p_1}<0,05$, $p_{к-p_2}<0,001$, $p_{к-p_3}<0,001$, $p_1-p_2<0,001$, $p_1-p_3<0,001$, $p_2-p_3<0,001$).

Изменения толщины СНВС между группами демонстрируют статистически достоверные различия:

- между контрольной группой (здоровые лица) и группой с I стадией ПОУГ ($p_{к-p_1}<0,05$);
- между контрольной группой и группой со II стадией ПОУГ ($p_{к-p_2}<0,001$);

- между контрольной группой и группой с III стадией ПОУГ ($p_k-p_3 < 0,001$);

- между группами с I и II стадиями ПОУГ ($p_1-p_2 < 0,001$);

- между группами с I и III стадиями ПОУГ ($p_1-p_3 < 0,001$);

- между группами с II и III стадиями ПОУГ ($p_2-p_3 < 0,001$).

Эти данные подтверждают, что толщина СНВС в верхнем квадранте перипапиллярной сетчатки значительно уменьшается с прогрессированием глаукомы. Такое истончение СНВС является важным показателем повреждения зрительного нерва и позволяет объективно оценить степень заболевания.

Таким образом, регулярное измерение и мониторинг толщины СНВС в верхнем квадранте с использованием оптической когерентной томографии (ОКТ) позволяет своевременно выявить наличие глаукоматозных изменений и оценить их прогрессирование. Это, в свою очередь, позволяет своевременно корректировать тактику лечения и принимать меры для сохранения зрительных функций у пациентов с глаукомой.

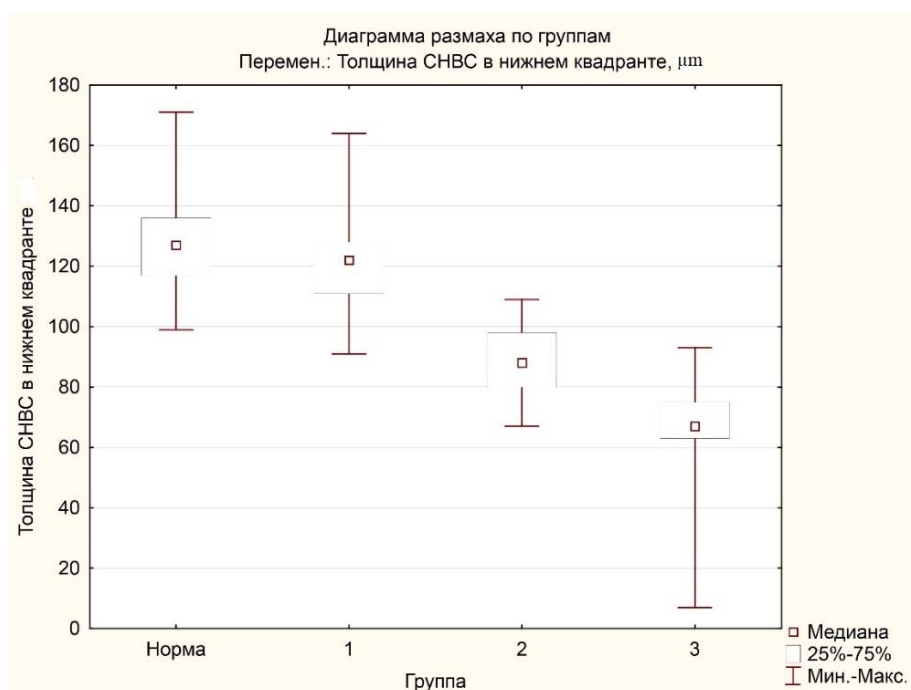


Рисунок 3.12. – Средние показатели толщины СНВС в различных стадиях ПОУГ в верхнем квадранте

3.3.3. Толщина СНВС, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у больных с ПОУГ в носовом квадранте.

Как видно на рис. 3.13, в носовом квадранте (N) сетчатки толщина СНВС демонстрирует статистически достоверное истончение при переходе от контрольной группы к группам с различными стадиями ПОУГ. В контрольной группе средняя толщина СНВС составляет 78,0 μm , варьируя от 71,0 до 85,0 μm .

При этом изменения в толщинах СНВС между контрольной группой и группами с ПОУГ, а также между самими группами с различными стадиями ПОУГ, являются статистически значимыми. Показатели достоверности различий следующие:

Контрольная группа (p_k) по сравнению с первой группой с ПОУГ (p_1): $p < 0,05$.

Контрольная группа (p_k) по сравнению со второй группой с ПОУГ (p_2): $p < 0,001$.

Контрольная группа (p_k) по сравнению с третьей группой с ПОУГ (p_3): $p < 0,001$.

Первая группа с ПОУГ (p_1) по сравнению со второй группой с ПОУГ (p_2): $p < 0,001$.

Первая группа с ПОУГ (p_1) по сравнению с третьей группой с ПОУГ (p_3): $p < 0,001$.

Вторая группа с ПОУГ (p_2) по сравнению с третьей группой с ПОУГ (p_3): $p < 0,001$.

Эти результаты свидетельствуют о значительном истончении СНВС в носовом квадранте по мере прогрессирования заболевания от начальной стадии ПОУГ до более поздних стадий. Уменьшение толщины СНВС можно считать маркером прогрессирования глаукоматозного поражения, что подчёркивает важность раннего выявления и мониторинга изменений СНВС для своевременной диагностики и лечения ПОУГ (рисунок 3.13).

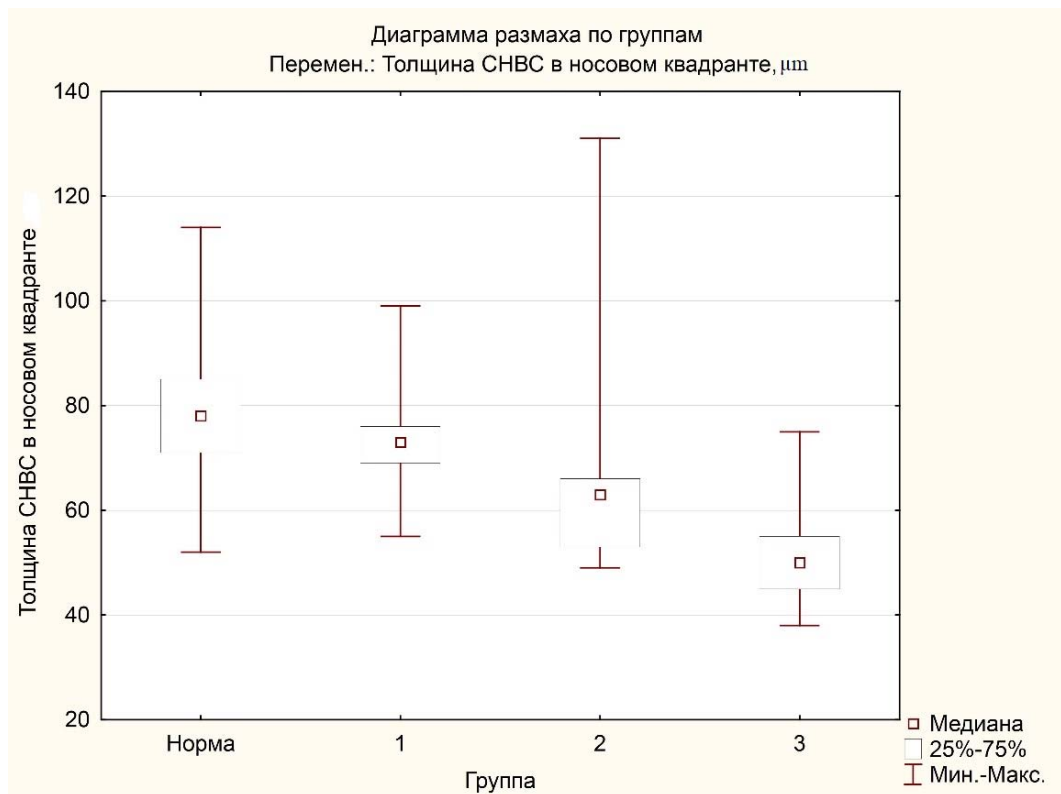


Рисунок 3.13. – Средние показатели толщины слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) в различных стадиях ПОУГ в носовом квадранте

3.3.4. Толщина СНВС, определяемая при помощи оптической когерентной томографии у больных с ПОУГ в височном квадранте

В височном квадранте (Т) сетчатки выявленная закономерность истончения СНВС при ПОУГ отсутствует. В контрольной группе средняя толщина СНВС составляет 73,0 μm, варьируя от 69,0 до 81,0 μm.

При анализе данных выявлено, что в группе больных с первой стадией ПОУГ наблюдается некоторое увеличение толщины СНВС по сравнению с контрольной группой, однако это увеличение статистически незначимо ($p > 0,05$).

При этом, начиная со второй стадии ПОУГ, отмечается закономерное уменьшение толщины СНВС по мере прогрессирования заболевания. Таким образом, при второй и третьей стадиях ПОУГ толщина СНВС существенно уменьшается, что соответствует прогрессированию глаукоматозного поражения (рисунок 3.14).

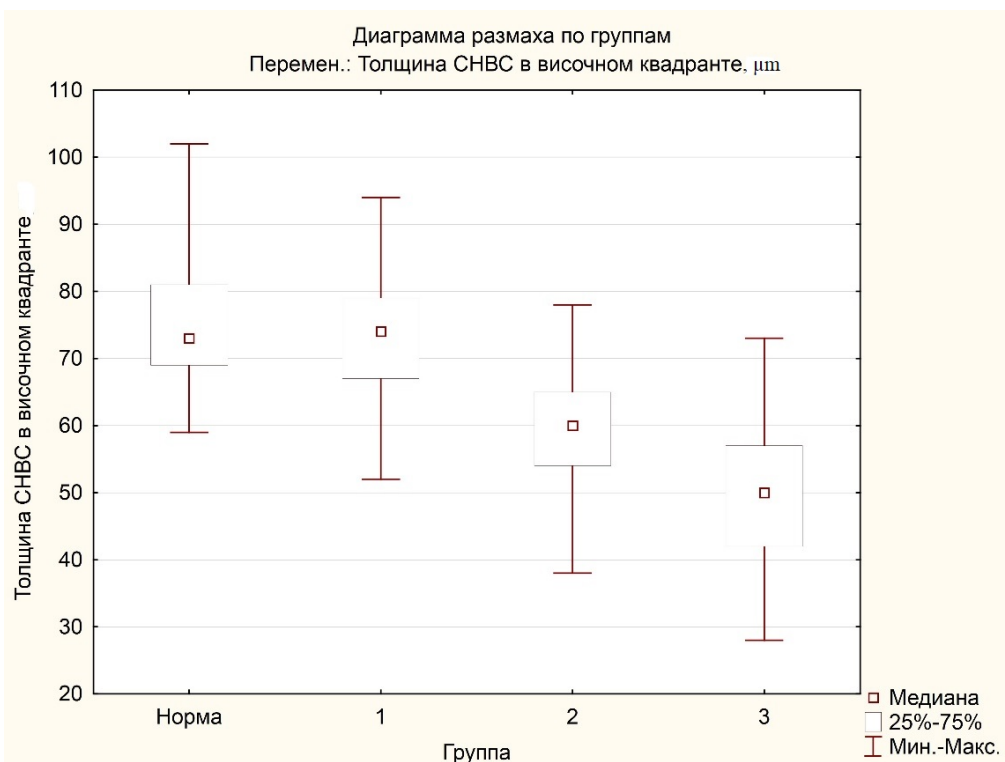


Рисунок 3.14. – Средние показатели толщины слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) в различных стадиях ПОУГ в височном квадранте

Эти наблюдения подчёркивают сложность и неоднородность изменений, происходящих в СНВС при ПОУГ, и указывают на необходимость комплексного подхода в оценке состояния сетчатки.

Во всех вышеизложенных рисунках (3.11-3.14) наглядно представлены сравнения средних показателей толщины СНВС в зависимости от квадранта между исследуемыми группами.

Таким образом, на основании проведённых исследований обнаружено, что каждая стадия ПОУГ характеризуется определённым уменьшением толщины СНВС в верхнем, нижнем и носовом квадрантах.

Эти изменения отражают прогрессирование глаукоматозного процесса:

1. Верхний квадрант (U): стадии ПОУГ сопровождаются значительным истончением СНВС, что указывает на прогрессирующее повреждение нервных волокон по мере усугубления заболевания.

2. Нижний квадрант (L): подобно верхнему квадранту, здесь также наблюдается постепенное уменьшение толщины СНВС с каждой стадией ПОУГ, свидетельствуя о систематическом ухудшении состояния сетчатки.

3. Носовой квадрант (N): в этом квадранте толщина СНВС статистически достоверно уменьшается по мере перехода от контрольной группы к группам с различными стадиями ПОУГ. Значительное истончение СНВС в носовом квадранте является маркером прогрессирования заболевания.

Вместе с тем, в височном квадранте (Т) выявленная закономерность отсутствует. Здесь отмечается некоторое увеличение толщины СНВС в группе больных с первой стадией ПОУГ по сравнению с контрольной группой, однако это увеличение статистически незначимо. При последующих стадиях ПОУГ толщина СНВС уменьшается, что соответствует прогрессированию глаукоматозного поражения.

Эти результаты подчёркивают важность ранней диагностики и постоянного мониторинга изменений толщины СНВС в различных квадрантах сетчатки. Комплексная оценка состояния сетчатки позволяет более точно диагностировать и отслеживать прогрессирование глаукомы, что имеет немаловажное значение для разработки эффективных стратегий лечения и предотвращения потери зрения у пациентов с ПОУГ.

3.4. Алгоритм первичной диагностики пациентов с первичной открытоугольной глаукомой в Республике Таджикистан

Первичная открытоугольная глаукома (ПОУГ) характеризуется как заболевание, обусловленное множественными факторами; оно представляет собой хроническое, прогрессирующее и необратимое поражение зрительного нерва, проявляющееся заметной потерей его нервных волокон.

Очень важно своевременно диагностировать такое состояние, поскольку раннее начало терапевтических мероприятий при начальной стадии заболевания способно замедлить его дальнейшее развитие и предотвратить серьёзные последствия [103].

За период с 2012 по 2019 годы поликлиническим звеном глаукомного диспансера Республики Таджикистан всего проконсультировано 34677 больных; впервые обратившихся – 12267, что составило 35,4% от общего числа

обратившихся больных. За этот период с диагнозом глаукома взято под наблюдение 5115 человек, что составляет 41,7%. Данная величина отражает неуклонный рост числа пациентов с этой патологией.

В Республике Таджикистан в связи с недостаточностью технического оснащения кабинетов офтальмологов как в сельских центрах здоровья, так и в офтальмологических учреждениях государственного сектора, отмечаются большие сложности и трудности в своевременной и точной постановке диагноза ПОУГ.

Используемый на текущий момент алгоритм диагностики ПОУГ в стране и перечень диагностических методик, входящих в него, выглядит очень скромно. Ориентируясь на реальную картину работы врача-офтальмолога в центрах здоровья сел и городов, и офтальмологических учреждений государственного сектора, можно перечислить следующие диагностические инструменты, доступные врачу:

- Тонометрия по Маклакову
- Кинетическая периметрия (периметрия по Ферстеру, периметрия по Гольдману)
- Измерение КЧСМ

По данным современной литературы развитых стран диагностический перечень для постановки диагноза глаукомы должен включать значительное количество более эффективных современных методов исследования, большая часть из которых уже доступна в офтальмологических центрах частного сектора Республики Таджикистан, что свидетельствует о неотложности смены диагностической парадигмы и необходимости увеличения финансирования данной отрасли здравоохранения для улучшения технической оснащённости офтальмологических учреждений государственного сектора.

С целью повышения качества диагностики первичной открытоугольной глаукомы и опосредованного сохранения максимально возможной остроты зрения населения Республики Таджикистан авторами предлагается внедрить следующий алгоритм в офтальмологические учреждения государственного

сектора в качестве дополнения к имеющимся диагностическим методам, а в некоторых случаях - в качестве полноценной замены:

1. Тонометрия по Гольдману (Goldmann's applanation tonometry);
2. ОКТ переднего отрезка (определение толщины роговицы) и заднего отрезка глаза (измерение толщины СНВС и ганглиозного комплекса) (Anterior segment OCT and RNFL);
3. Периметрия по Хамфри (Humphrey Visual Field);
4. Определение наличия афферентного зрачкового дефекта (APD).

Ниже приводится краткая сравнительная характеристика каждого из предложенных методов.

Тонометрия по Гольдману (Goldmann's applanation tonometry).

К середине 19 века повышенное глазное давление было признано отличительным признаком глаукомы. В 1863 году фон Грефе разработал первый прибор для реального измерения ВГД (рисунок 3.15); это устройство измеряло глазное давление с помощью поршня с грузом, который измерял погружение склеры.

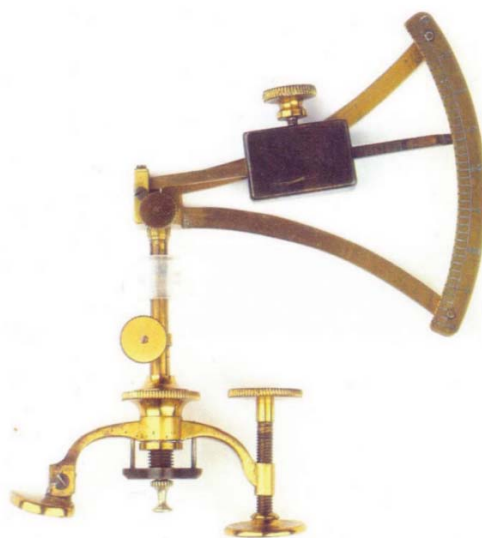


Рисунок 3.15. – Тонометр фон Грефе

Первый аппланационный тонометр был представлен в 1867 году Адольфом Вебером, но не получил общепринятого признания; в 1872 году цифровая пальпация всё ещё была признана лучшим методом определения ВГД (Снеллен и Ландольт) (The Museum of the Royal Australian and New Zealand

College of Ophthalmologists and the Royal Victoria Eye and Ear Hospital, Melbourne, Australia).

Imbert (1885) и Fick (1888) разработали принцип, на котором основаны современные аппланационные тонометры.

Первым практическим тонометром для офисного использования было аппланационное устройство, изобретённое Алексеем Маклаковым, протее фон Грефе, в 1885 году и усовершенствованное в 1892 году (рисунок 3.16). В тонометре Маклакова сила равна весу самого тонометра. Подножку тонометра окрашивают чернилами. Тонометр опускают на роговицу. Когда роговица уплощена, чернила на подножке переносятся на роговицу. Площадь сплющивания рассчитывается по диаметру круга, в котором чернил не было. Номограмма обеспечивает преобразование в ВГД.

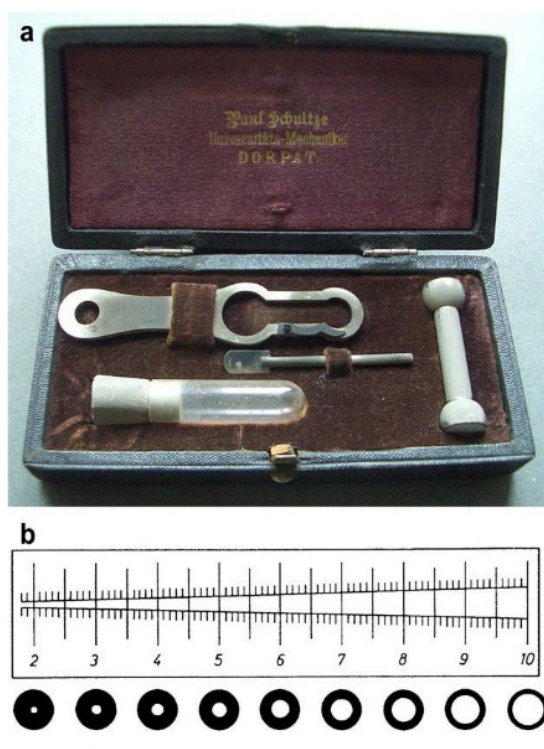


Рисунок 3.16. – а. Тонометр Маклакова – первый практический аппланационный тонометр. – б. Измерительная линейка Б.Л. Поляка

Этот тонометр широко использовался по всей России и Восточной Европе вплоть до недавнего времени. Это устройство подвержено всем ошибкам аппланационной тонометрии (например, связанные с толщиной, эластичностью и сжимаемостью стенки глаза). Кроме того, уникальной

погрешностью тонометров этого типа является то, что, если во время измерения глаз движется, чернила могут быть удалены с большей площади, чем фактически требуется для аппланации; в этом случае диаметр измеряемой области будет больше, чем должен быть, знаменатель уравнения будет завышен и, следовательно, ВГД будет занижено.

В тонометре Маклакова сила (т.е. вес тонометра) фиксирована, а ВГД определяется изменением площади уплощения. Другой подход, впервые описанный Фиком в 1888 году, заключается в сохранении фиксированной области сплющивания и изменении силы. Он разработал тонометр, воплотивший эти принципы. Его тонометр был «улучшен» Baillart, Giroux, и Müller. Но эти тонометры были тяжелыми и не стали популярными.

Однако, в аппланационной тонометрии с фиксированной областью революционный скачок произошел с изобретением Гольдманом своего тонометра на основе принципов Imbert-Fick.

Аппланирующая поверхность тонометра Гольдмана имеет фиксированную площадь ($7,35 \text{ мм}^2$) диаметром 3,06 мм. Он имеет цилиндрическую форму и установлен на стержне, основание которого соединено с точно контролируемой силой пружины, которая регулируется ручкой на боковой стороне устройства. Диаметр 3,06 мм был специально выбран по двум причинам: (1) в этой аппланирующей области действуют две противоположные силы поверхностного натяжения слезы, которые имеют тенденцию притягивать кончик тонометра к глазу, и эластичность роговицы, которая имеет тенденцию подталкивать кончик тонометра к глазу. Эти силы отклоняются, почти равны и обычно нейтрализуют друг друга; и (2) в этой области аппланации сила, создаваемая пружинкой в граммах, умноженная на 10, точно равна ВГД в миллиметрах ртутного столба. Кобальтово-синий свет активизирует флуоресцеин, который придает слезному слою блестящий зеленовато-зелёный цвет. В точке аппланации слезный слой выталкивается между аппланирующей поверхностью кончика тонометра и роговицей, образуя мениск по периметру уплощённой поверхности роговицы. Двойная призма

внутри кончика делит этот круговой мениск на верхнюю и нижнюю дуги, которые, когда они выровнены так, что их внутренние края едва соприкасаются, позволяют определить точный момент аппланации [Goldmann H., 1955]. Нормальные показатели ВГД по Гольдману находятся в диапазоне от 10 до 21 мм рт.ст. Но и этот метод тонометрии нельзя назвать идеальным, так как всегда необходимо помнить о влиянии толщины роговицы на показатели ВГД: чем ниже толщина роговицы, тем выше истинное ВГД [Wolfs R.C., 1997].

ОКТ переднего отрезка (определение толщины центральной части роговицы) и заднего отрезка глаза (измерение толщины СНВС и ганглиозного комплекса) (Anterior segment OCT and RNFL)

Вышеизложенное подводит нас к необходимости измерять толщину роговицы, т.е. осуществлять пахиметрию, у всех пациентов при первичном комплексном обследовании.

Пахиметрия традиционно использовалась для оценки функционального состояния слоя эндотелиальных клеток роговицы. Совсем недавно, с появлением методов рефракционной хирургии, пахиметрия роговицы стала необходима для определения подходящих кандидатов для процедур аблиации. Кроме того, определение толщины центральной части роговицы как независимого индикатора риска глаукомы в ходе исследования лечения глазной гипертензии (OHTS) сделало пахиметрию роговицы рутинной частью офтальмологического обследования (Detry-Morel M., 2004).

Существует несколько техник для определения толщины роговицы, начиная от традиционных ультразвуковых, заканчивая ультрасовременными методами, такими как ОКТ переднего отрезка (AS - OCT) и оптическая низкокогерентная рефлектометрия.

Из перечисленного две последние методики, несомненно, обладают преимуществом перед традиционными в связи с бесконтактностью метода, высокой точностью и возможностью измерять толщину независимо от состояния поверхности роговицы.

На сегодня существует несколько алгоритмов для перерасчёта «истинного» ВГД с учётом толщины центральной роговицы. Все алгоритмы упрощённые и не отражают все сложности влияния данного показателя на риск развития глаукомы, связанные с ригидностью или увлажнённой роговицы.

Приведём в качестве ориентировочной следующую нормограмму (таблица 3.5).

Таблица 3.5. – Нормограмма перерасчёта уровня ВГД в зависимости от величины ЦТЗ

ЦТЗ (микрометры)	Коррекция ВГД (мм рт.ст.)
445	+7
455	+6
465	+6
475	+5
485	+4
495	+4
505	+3
515	+2
525	+1
535	+1
545	0
555	-1
565	-1
575	-2
585	-3
595	-4
605	-4
615	-5
625	-6
635	-6
645	-7

Источник: <https://www.eyedocs.co.uk/ophthalmology-articles/glaucoma/769-iop-and-corneal-thickness.html>

Не стоит забывать о том, что разница в один нанометр от средней величины не делает роговицу толстой или тонкой, поэтому необходимо ориентироваться в целом на «слишком тонкую», «слишком толстую» и «нормальную» роговицу, что позволит врачу ориентироваться на более высокий риск развития глаукомы у данного пациента.

Литературный обзор, проведённый исследователями, подтвердил значимость применения ОКТ в диагностике глаукомы. Особенно важной оказалась методика измерения толщины СНВС с помощью этой технологии

(average RNFL). Такой подход значительно усилил возможности раннего обнаружения заболевания и повысил точность диагностических выводов.

Статическая периметрия.

Периметрия – это диагностическая методика в офтальмологии, направленная на определение полей зрения.

Поле зрения – это трёхмерная область окружающих предметов, которую можно увидеть в любой момент времени вокруг объекта фиксации.

Traquet определил поле зрения как «остров или холм зрения, окружённый морем тьмы». Форма холма зрения коррелирует с плотностью фоторецепторов и размерами их рецептивных полей. Вершина холма зрения – это область с наибольшей чувствительностью сетчатки, представляющая собой фовею. Чувствительность сетчатки снижается по мере продвижения к её периферии.

Существует два основных типа периметрии:

Кинетическая периметрия (периметрия по Ферстеру, периметрия по Гольдману). В этом типе периметрии используются движущиеся цели для определения границ поля зрения. Метод позволяет картировать периферию поля зрения, выявляя его границы и области с пониженной чувствительностью. Движущиеся стимулы используются для проверки, как хорошо пациент может видеть движущиеся объекты в различных частях поля зрения.

Статическая периметрия, в частности периметрия по Хамфри, представляет собой высокоточный метод оценки поля зрения, широко применяемый в диагностике и мониторинге глаукомы. Данный метод характеризуется использованием неподвижных световых стимулов, которые предъявляются пациенту в различных точках поля зрения. Статическая периметрия позволяет точно измерить световую чувствительность сетчатки в различных точках, что полезно для выявления даже мелких дефектов в поле зрения.

Таким образом, оба типа периметрии служат важными инструментами в диагностике и мониторинге различных патологий глаз, таких как глаукома, ретинопатия и другие заболевания, влияющие на поле зрения. Кинетическая

периметрия больше ориентирована на оценку периферии, тогда как статическая периметрия детализирует центральное поле зрения, что позволяет комплексно оценивать функциональное состояние сетчатки и зрительного пути.

Статическая периметрия в целом превосходит кинетическую при обнаружении скотом (дефектов поля зрения) и имеет тенденцию быть более надёжным и последовательным методом, особенно при обнаружении потери поля зрения при глаукоме. Ранние глаукоматозные повреждения могут быть легко не замечены и пропущены, поэтому приоритет должен быть отдан именно статической периметрии. Этот метод, в совокупности с другими диагностическими методами, повышает шансы выявить глаукому на более ранней стадии и сохранить большее количество нервных волокон, а значит, и зрение пациента, как центральное, так и периферическое.

Определение наличия афферентного зрачкового дефекта (RAPD)

Ещё одним диагностически полезным тестом является определение афферентного зрачкового дефекта (АЗД) (в англоязычной литературе известен как *relative afferent pupil defect (RAPD)*). Мы также включили этот тест в предлагаемый нами диагностический алгоритм для первичной диагностики глаукомы. Данный тест обладает высокой специфичностью при заболеваниях, вовлекающих в патологический процесс зрительный нерв, и является основным инструментом для неврологов, офтальмологов и других специалистов, проводящих комплексное обследование пациентов.

Результаты этого простого, но очень важного теста помогают врачам в ранней диагностике многих серьёзных заболеваний глаз. Определение АЗД позволяет выявить асимметрию в зрачковых реакциях, что может быть признаком патологических изменений в зрительном нерве, характерных для глаукомы, а также для других неврологических и офтальмологических расстройств.

Относительный афферентный зрачковый дефект (АЗД) – это состояние, при котором зрачки по-разному реагируют на световые раздражители, попадающие в один глаз одновременно, из-за одностороннего или

асимметричного поражения сетчатки или зрительного нерва. Данный тест применим и имеет диагностическую ценность, так, как только заболевание зрительного нерва возникает перед латеральным колленчатым телом. Тест на АЗД особенно полезен для выявления патологий зрительного нерва и сетчатки, поскольку он позволяет определить наличие и степень асимметрии в зрачковых реакциях.

Сущность методики определения афферентного зрачкового дефекта (АЗД) заключается в следующем: врач или другой обученный медицинский работник просит пациента смотреть прямо вперёд, затем направляет свет от ручного офтальмоскопа или фонарика на один глаз, затем на другой, быстро и поочередно, наблюдая за реакцией зрачков пациента на свет.

Если оба зрачка не проявляют одинаковой реакции на световой раздражитель, направленный в один глаз, то пациенту будет поставлен диагноз положительного афферентного зрачкового дефекта (АЗД+или RAPD+).

Процедура проведения теста:

1. Подготовка пациента: пациенту необходимо сидеть или стоять, смотря прямо перед собой.
2. Освещение глаз: врач быстро и поочередно направляет свет на один глаз, затем на другой.
3. Наблюдение за реакцией зрачков:
 - Нормальная реакция: зрачки обоих глаз должны сужаться при освещении одного глаза.
 - Положительный АЗД: если при освещении одного глаза зрачок поражённого глаза демонстрирует меньшую степень сужения или вовсе не сужается, а расширяется, это свидетельствует о наличии АЗД.
4. Документирование результатов:
 - Если выявлено, что один зрачок реагирует аномально (например, не сужается, а расширяется), это указывает на необходимость более тщательного обследования пациента и детального анализа его результатов.

- Если состояние является двусторонним и симметричным, в медицинской карте следует отметить наличие АЗД на обоих глазах, то есть OD: АЗД+, OS: АЗД+, что указывает на повреждение с обеих сторон, т.е. двусторонний процесс.

Данный тест также может помочь в диагностике выраженного асимметричного процесса при глаукоме, т.е., когда на одном глазу патологический процесс по выраженности (стадии) сильно отличается от другого глаза, и также рекомендован нами для включения в базовый алгоритм диагностики первичной открытоугольной глаукомы.

Преимуществами метода определения афферентного зрачкового дефекта (АЗД) являются:

- Отсутствие необходимости в специальном и дорогостоящем оборудовании: для проведения теста достаточно простого источника света, такого как ручной офтальмоскоп или фонарик.
- Мобильность и доступность: тест можно провести в любом месте, будь то поликлиника, палата в больнице или любое другое медицинское учреждение.
- Отсутствие необходимости в предварительной подготовке пациента: Пациенту не требуется специальной подготовки для прохождения теста.
- Дифференциальная диагностика: тест помогает различать патологию зрительного нерва (при выраженности процесса) от других патологий зрительной системы.
- Простота выполнения: метод не требует особых навыков и может быть выполнен средним медицинским персоналом, что расширяет возможности его применения.

Ограничениями метода являются:

- Не подходит для скрининга глаукомы: тест не может быть использован в качестве основного метода скрининга глаукомы, так как он не способен выявлять ранние стадии заболевания.

- Не обнаруживает минимальные изменения: метод не способен выявить минимальные изменения в зрительном нерве, что ограничивает его применение при начальных стадиях патологий.
- Неэффективен при симметрических патологических процессах: в случаях, когда патологический процесс является симметричным, тест не сможет выявить различия в реакции зрачков, что снижает его диагностическую ценность.

Для оценки диагностической эффективности двух алгоритмов были представлены результаты анализа нескольких пациентов. В дополнение к стандартным диагностическим методикам, осуществлялось тестирование с использованием обоих алгоритмов. В целях сокращения объёма изложения, в данном тексте ограничиваемся только представлением данных, полученных по этим алгоритмам.

Клинический случай № 1. Пациент С.С., 81 год, обратился с жалобами на снижение зрения в течение длительного времени в левом глазу и отсутствие зрения в правом глазу.

Vis: OD – нет светоощущения, OS-0,06 ск (-)3,5Д=0,1

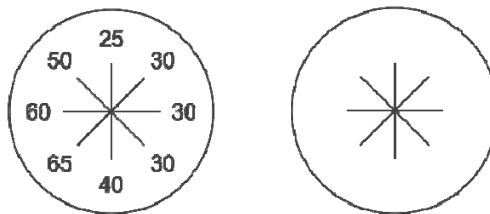
Результаты обследования по текущему алгоритму:

Тонометрия по Маклакову: OD – 48, OS-28

КЧСМ: OD – 0, OS-32

Результаты периметрии по Ферстеру (белый цвет):

Норма



Результаты обследования по разработанному алгоритму:

Тонометрия по Гольдману: OD – 56, OS- 42

АЗД: OD отсутствует, OS отсутствует

ОКТ-пахиметрия выполнена на оптическом когерентном томографе фирмы Optovue в режиме переднего отрезка (рисунок 3.17).

Толщина центральной роговицы: OD – 530 μm , OS-512 μm .

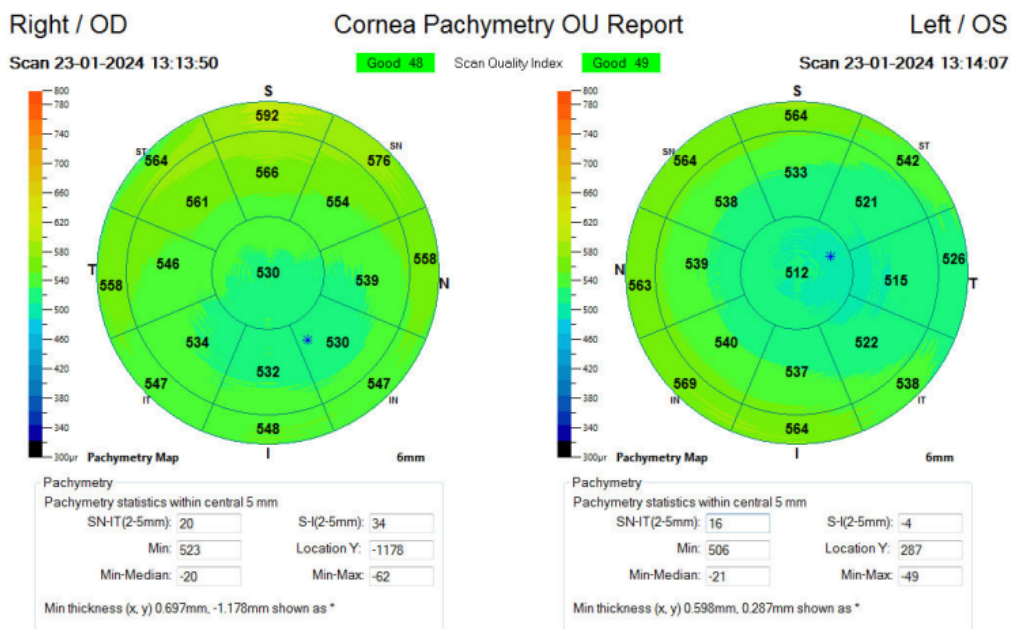


Рисунок 3.17. – Пахиметрия обоих глаз

По результатам пахиметрии можно ожидать, что истинная величина внутриглазного давления (ВГД) на левом глазу выше измеренной в связи с истончением центральной толщины роговицы (ЦТЗ), что влияет на реальную величину ВГД. Истончённая роговица может привести к занижению измеренных значений ВГД, так как стандартные тонометры, такие как аппланационные тонометры Гольдмана, могут недооценивать давление при уменьшенной толщине роговицы.

Следовательно, для получения более точной оценки истинного ВГД необходимо учитывать результаты пахиметрии и корректировать измеренные значения ВГД с учётом толщины роговицы. Это особенно важно для точной диагностики и мониторинга глаукомы, так как недооценённое ВГД может привести к недостаточной терапии и прогрессированию заболевания.

Таким образом, корректировка ВГД с учётом истончения ЦТЗ является важным аспектом в клинической практике, обеспечивающим точную оценку давления внутри глаза и эффективное управление глаукомой.

По результатам оптической когерентной томографии слоя нервных волокон сетчатки обоих глаз (рисунок 3.18) можно заключить, что левый глаз сильно вовлечён в патологический процесс (таблица 3.6). Учитывая практически идентичную слепому глазу степень повреждения зрительного нерва, можно ожидать скорой потери зрения без назначения надлежащего лечения.

Таблица 3.6. – ОКТ зрительного нерва (определение толщины СНВС)

Параметр	Правый глаз (OD)	Левый глаз (OS)
Средняя толщина в верхнем квадранте	91 μm	85 μm
Средняя толщина в нижнем квадранте	81 μm	72 μm
Средняя толщина в височном квадранте	66 μm	59 μm
Средняя толщина в носовом квадранте	59 μm	57 μm
Средняя толщина СНВС	74 μm	68 μm
Отношение экскавации к диску (Э/Д)	0,77	0,67

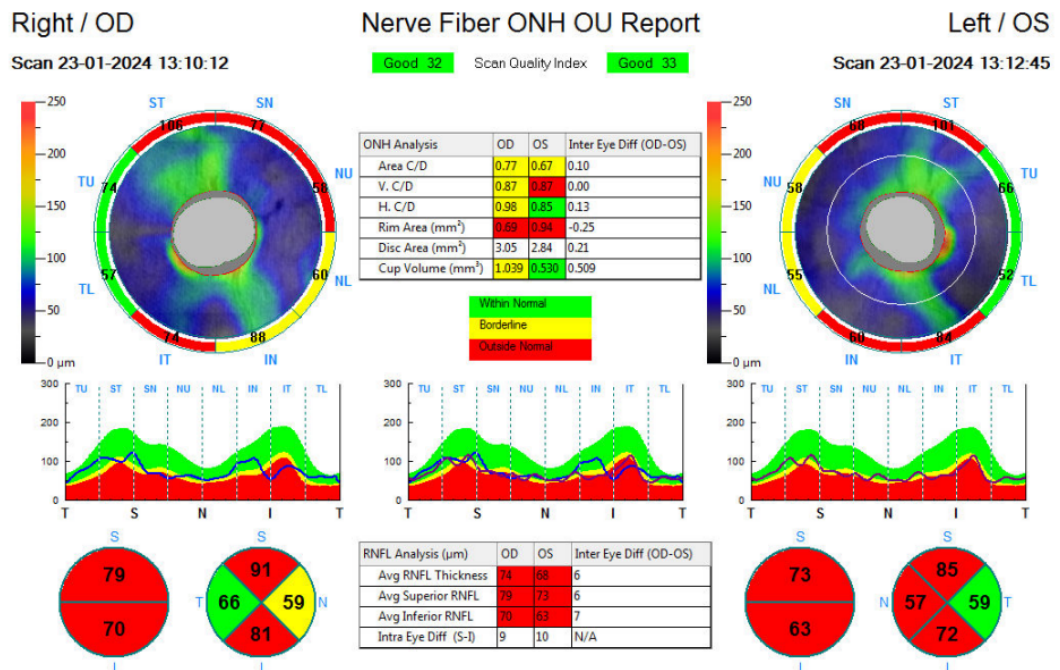


Рисунок 3.18. – Отмечается снижение СНВС обоих глаз (отмечено красным цветом)

По данным КЧСМ таких выводов сделать невозможно, так как этот метод не позволяет в полной мере оценить степень повреждения зрительного нерва, аналогичную слепому глазу. Кроме того, периметрия также не отражает изменений, синхронных с потерей нервных волокон, что подтверждено исследованиями. Периметрия, как правило, фиксирует функциональные изменения на более поздних стадиях, когда структурные изменения в нервных волокнах уже значительны.

Таким образом, для своевременной диагностики и принятия решений о лечении глаукомы большую помощь может оказывать метод ОКТ, который позволяет выявлять ранние структурные изменения в СНВС.

Статическая периметрия по Хамфри (Humphrey Visual Field) также известная как исследование поля зрения на аппарате Хамфри, представляет собой один из методов диагностики состояния зрительных функций (рисунок 3.19).

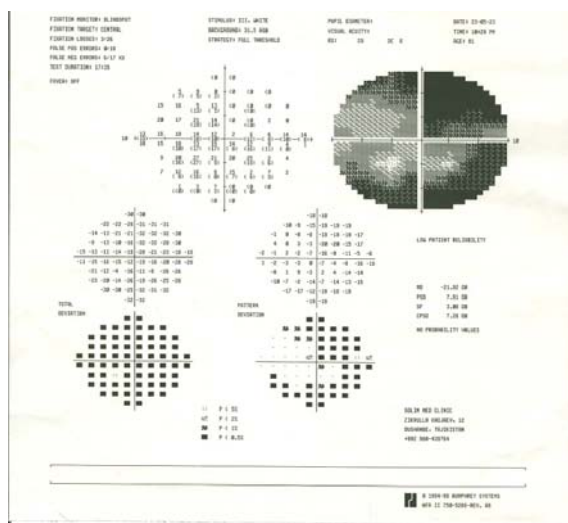


Рисунок 3.19. – Результаты периметрии левого глаза пациента С.С. Отмечается концентрическое сужение полей зрения

Результаты исследования для обоих глаз следующие:

Правый глаз (OD): процедура не была выполнена по причине полной потери зрения в данном глазу. Это состояние делает невозможным получение информации о поле зрения через стандартные методы периметрии.

Левый глаз (OS): в результате исследования было зафиксировано концентрическое сужение полей зрения. Такое сужение характеризуется уменьшением области, в которой объекты могут быть визуально обнаружены по периферии, что указывает на потенциальное нарушение зрительной функции. Концентрическое сужение может быть признаком различных офтальмологических или неврологических заболеваний и требует дополнительного обследования для уточнения диагноза.

При анализе результатов, полученных с использованием двух различных алгоритмов оценки состояния зрительной системы, выявляется более полная картина поражения зрительного аппарата патологическим процессом. Использование разработанного нами алгоритма демонстрирует более значительное вовлечение зрительного нерва, чем это можно было бы предположить, анализируя только изменения в поле зрения, оценённые по методу Ферстера.

Особое внимание следует обратить на изменение толщины СНВС, которое показывает почти такое же значение, как у уже незрячего правого глаза. Этот факт подчёркивает значительный дегенеративный процесс, затрагивающий зрительный нерв, и служит основанием для коррекции лечебной стратегии.

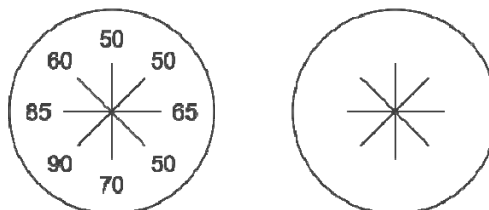
Очевидно, что в таких обстоятельствах требуется более агрессивный подход к лечению, основной целью которого станет значительное снижение внутриглазного давления. Эта тактика обусловлена не только общим ухудшением состояния зрения, но и сниженной толщиной роговицы на левом глазу по сравнению с нормативными значениями толщины центральной роговицы. Указанное снижение толщины роговицы предполагает, что фактическое внутриглазное давление может быть выше измеренного, что требует дополнительного внимания при планировании терапии.

Клинический случай №2. Пациент Г.М., 65 лет обратился с жалобами на ухудшение зрения на левом глазу и полную потерю зрения на правом.

Результаты диагностики по стандартному алгоритму:

- Тонometрия по Маклакову:
 - Правый глаз (OD) – 20 мм рт.ст.
 - Левый глаз (OS) – 19 мм рт.ст.
- Коэффициент коррекции слепоты Максвелла (КЧСМ):
 - Правый глаз (OD) – 0
 - Левый глаз (OS) – 36

Результаты периметрии по Ферстеру (белый цвет)



Результаты обследования по рекомендованному нами алгоритму:

Анализ зрительного диска (АЗД):

Правый глаз (OD) – положительный

Левый глаз (OS) – отсутствует

Внутриглазное давление (ВГД) по Гольдману

Правый глаз (OD) – 20 мм рт.ст.

Левый глаз (OS) – 20 мм рт.ст.

ОКТ – пахиметрия (выполнена на оптическом когерентном томографе фирмы Optovue в режиме переднего отрезка (AS-OCT):

Толщина центральной роговицы:

Правый глаз (OD) – не измеряли

Левый глаз (OS) – 484 μm

Исходя из результатов ОКТ пахиметрии, наблюдается уменьшенная толщина центральной роговицы левого глаза. Это указывает на возможное занижение измеренных значений ВГД методом Гольдмана. Согласно исследованиям, каждые 30 μm отклонения в толщине роговицы от стандартной могут приводить к ошибке в измерении ВГД примерно на 1 мм рт.ст. В данном случае, мы предполагаем, что истинное давление на левом глазу может быть на 4 мм рт.ст. выше, чем показывает тонометр по Гольдману.

В связи с этим, и учитывая наличие сниженной остроты зрения на левом глазу, мы рекомендуем начать медикаментозное лечение с целью снижения ВГД. Это может помочь предотвратить дальнейшее ухудшение зрения и сохранить текущее состояние зрительной функции.

Результаты **ОКТ** слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7. – ОКТ зрительного нерва (определение толщины СНВС):

Параметр	Правый глаз (OD)	Левый глаз (OS)
Средняя толщина в верхнем квадранте	Невозможно измерить	135
Средняя толщина в нижнем квадранте		131
Средняя толщина в височном квадранте		71
Средняя толщина в носовом квадранте		73
Отношение экскавации к диску (Э/Д)		0,5

Статическая периметрия по Хамфри (Humphrey Visual Field)

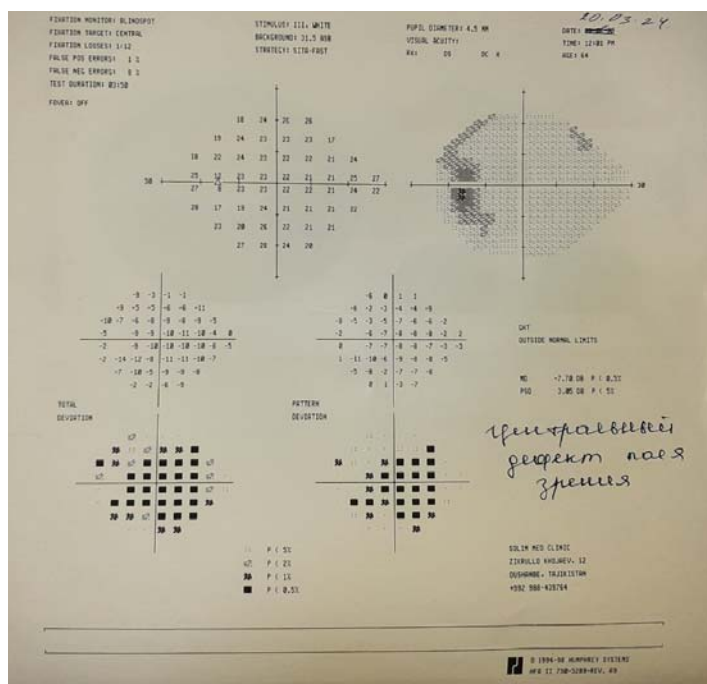


Рисунок 3.20. – Результаты периметрии левого глаза пациента Г.М. Обнаружен центральный дефект зрения

OD: невозможно выполнить процедуру в связи с отсутствием зрения на данном глазу.

OS: наблюдается центральный дефект поля зрения (рисунок 3.20).

При анализе результатов обследования по двум алгоритмам обнаруживаются существенные различия в оценке состояния глаукомного процесса, особенно в лучшем видящем левом глазу. Эти данные подчёркивают важность выбора методики измерения внутриглазного давления (ВГД) и связанной с этой стратегией лечения.

Тонометрия по Маклакову для левого глаза показала ВГД на уровне 19 мм рт.ст., что находится в пределах нормы по общепринятым критериям. В то же время, тонометрия по Гольдману, учитывая показатели толщины центральной роговицы (ЦТЗ), демонстрирует, что реальное ВГД может быть выше на 4 мм рт.ст., и составлять 24 мм рт.ст., что уже требует медикаментозного вмешательства.

Это различие в результатах подчёркивает следующие аспекты:

1. Важность коррекции ВГД с учётом ЦТЗ. Тонометрия по Гольдману, учитывающая факторы, влияющие на точность измерения, такие как толщина роговицы, предоставляет более точную оценку ВГД. Это особенно важно для пациентов с глаукомой, где точность измерений может существенно влиять на тактику лечения и прогнозирование исхода заболевания.

2. Выбор метода измерения ВГД и тактики лечения. Различие в методах и результаты исследований указывают на необходимость выбора адекватного метода измерения для точной диагностики и последующего назначения терапии. В случае использования метода Маклакова без учёта ЦТЗ, может возникнуть риск недооценки степени глаукомного повреждения, что потенциально ведёт к задержке начала необходимого лечения.

3. Стратегия лечения и сохранность зрения. Разница в методах исследования подчёркивает необходимость интегрированного подхода в лечении глаукомы, включая регулярный мониторинг и адаптацию терапевтических вмешательств в зависимости от изменений в статусе ВГД и зрительных функций.

В конечном итоге, принятие решений о методах измерения ВГД и о выборе лечебной тактики должно основываться на комплексном подходе,

который учитывает, как клинические данные, так и индивидуальные анатомические и физиологические особенности пациента. Это обеспечит не только точность диагностики, но и эффективность лечения, направленного на максимальное сохранение зрительной функции.

Клинический случай №3. Пациентка Г.Ш., 64 года, обратилась с жалобами на снижение зрения на левом глазу и полное отсутствие зрения на правом глазу. В марте 2023 года была проведена синустрабекулэктомия на правом глазу.

Результаты диагностики по стандартному алгоритму:

Визуальная острота:

Правый глаз (OD) – нет светоощущения.

Левый глаз (OS) – 0,8 (с коррекцией -1,0 диоптрий).

Тонометрия по Маклакову:

Правый глаз (OD) – 17 мм рт.ст.

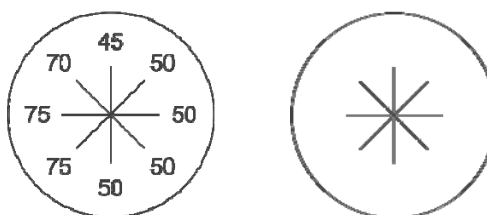
Левый глаз (OS) – 16 мм рт.ст.

Коэффициент коррекции слепоты Маквелла (КЧСМ):

Правый глаз (OD) – 0.

Левый глаз (OS) – 42.

Результаты периметрии по Ферстеру (белый цвет):



Результаты обследования по рекомендованному нами алгоритму:

- ВГД по Гольдману:

Правый глаз (OD) – 29 мм рт.ст.

Левый глаз (OS) – 16 мм рт.ст.

- Анализ зрительного диска (АЗД):

Правый глаз (OD) – положительный.

Левый глаз (OS) – отсутствует.

- **ОКТ пахиметрия (выполнена на оптическом когерентном томографе фирмы Optovue в режиме переднего отрезка (AS-OCT):**

- Толщина центральной роговицы:

Правый глаз (OD) – 423 μm .

Левый глаз (OS) – 434 μm .

Внутриглазное давление по Гольдману на правом глазу значительно выше, чем по Маклакову, что может указывать на необходимость пересмотра уровня ВГД после синустрабекулэктомии. Различие в значениях ВГД по разным методам тонометрии подчёркивает важность использования метода Гольдмана для точной оценки ВГД, особенно у пациентов после хирургического вмешательства.

ЦТЗ роговицы чрезвычайно низкая, что позволяет предположить, что истинное ВГД значительно превышает измеренное (16 мм рт.ст.) и составляет, как минимум, 23 мм рт.ст. Основываясь на вышеприведённой таблице, это указывает на необходимость снижения ВГД у пациентки до целевого уровня 10-11 мм рт.ст. для сохранения нервных волокон зрительного нерва.

Результаты **ОКТ** слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) приведены в таблице 3.8.

Таблица 3.8. – ОКТ зрительного нерва (определение толщины СНВС)

Параметр	Правый глаз (OD)	Левый глаз (OS)
Средняя толщина в верхнем квадранте	Невозможно измерить	119
Средняя толщина в нижнем квадранте		116
Средняя толщина в височном квадранте		71
Средняя толщина в носовом квадранте		74
Отношение экскавации к диску (Э/Д)		0,5

Статическая периметрия по Хамфри (Humphrey Visual Field)

OD: невозможно выполнить процедуру в связи с отсутствием зрения на данном глазу.

OS: обнаружены очаговые дефекты поля зрения (рисунок 3.21).

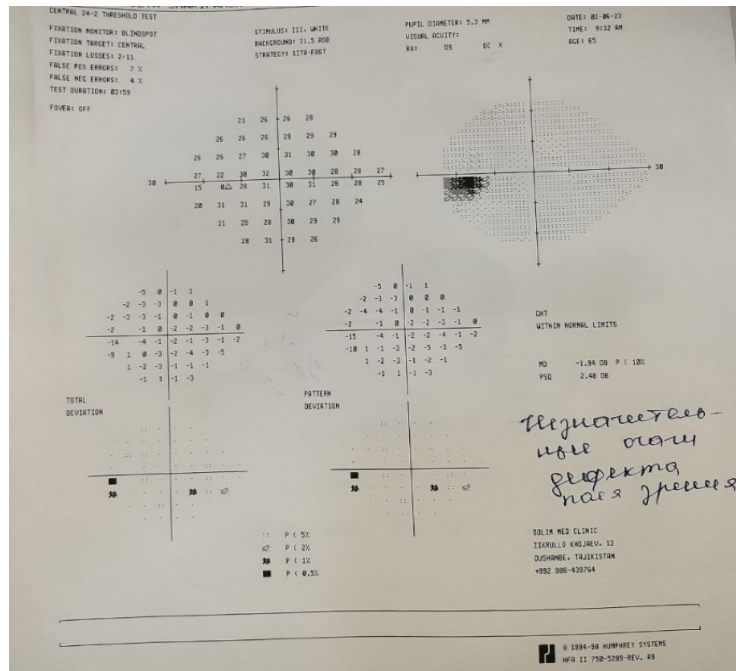


Рисунок 3.21. – Результаты периметрии левого глаза пациентки Г.Ш. Обнаружены незначительные очаговые дефекты поля зрения

Этот клинический случай подчёркивает важность рутинного проведения пахиметрии для каждого пациента с подозрением на глаукому. Пахиметрия, метод измерения толщины роговицы, имеет важное значение для точной оценки внутриглазного давления (ВГД), так как толщина роговицы может значительно влиять на результаты измерений ВГД стандартными методами, такими как тонометрия по Маклакову или по Гольдману.

Таким образом, пахиметрия является ключевым компонентом в комплексном подходе к диагностике и лечению глаукомы, позволяющим сохранить зрительную функцию и качество жизни пациентов.

Клинический случай № 4. Пациентка Б.Т., 42 года, обратилась с жалобами на периодически возникавшие чувство дискомфорта и тяжести в области глаз, особенно выраженное в утренние часы. Сообщает о периодическом затуманивании зрения. Также отмечает частую смену пресбиопических очков.

Результаты диагностики по стандартному алгоритму:

Острота зрения:

Правый глаз (OD) – 1,0

Левый глаз (OS) – 0,8

Тонометрия по Маклакову:

Правый глаз (OD) – 18 мм рт.ст.

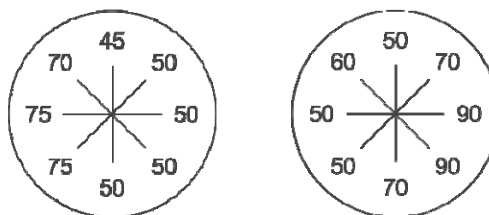
Левый глаз (OS) – 19 мм рт.ст.

Коэффициент коррекции слепоты Максвелла (КЧСМ):

Правый глаз (OD) – 42.

Левый глаз (OS) – 35.

Результаты периметрии по Ферстеру (белый цвет):



Результаты обследования по рекомендованному нами алгоритму:

- ВГД по Гольдману:

Правый глаз (OD) – 19 мм рт.ст.

Левый глаз (OS) – 18 мм рт.ст.

- Анализ зрительного диска (АЗД):

Правый глаз (OD) – отсутствует.

Левый глаз (OS) – отсутствует.

- **ОКТ пахиметрия (выполнена на оптическом когерентном томографе фирмы Optovue в режиме переднего отрезка (рисунок 3.22)).**

Толщина центральной роговицы:

Правый глаз (OD) – 487 μm . Левый глаз (OS) – 482 μm .

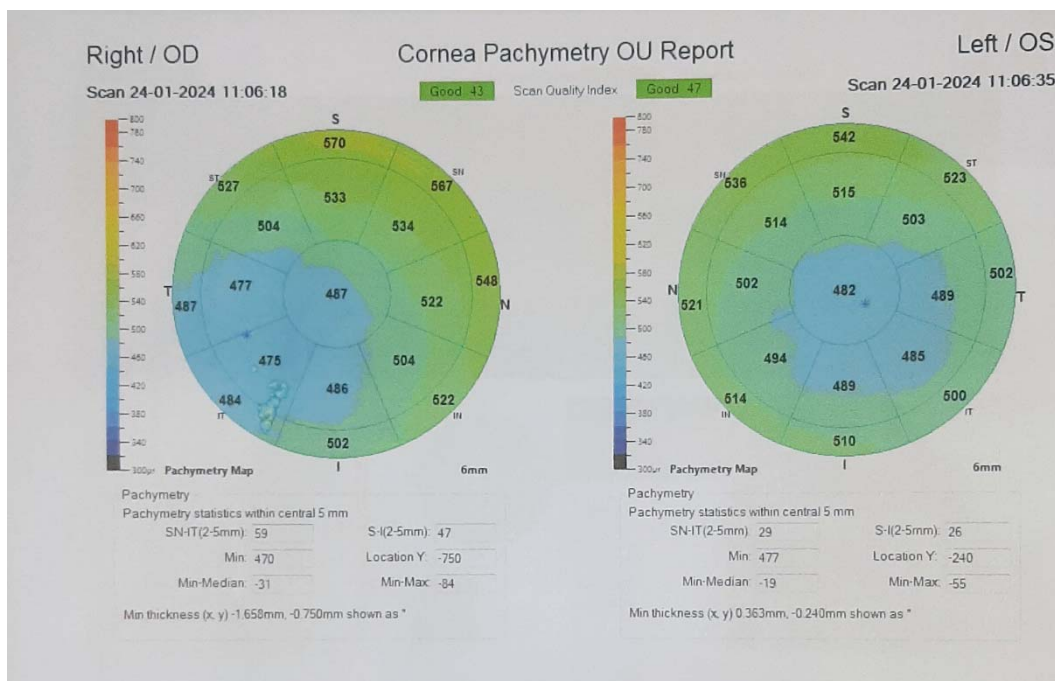


Рисунок 3.22. – Пахиметрия обоих глаз

Внутриглазное давление по Гольдману и по Маклакову на обоих глаз показывают одинаковые результаты.

По результатам пахиметрии выявлено, что центральная толщина роговицы на обоих глазах снижена. Учитывая известную зависимость между толщиной роговицы и точности измерения ВГД можно предположить, что истинное ВГД превышает полученные значения. Таким образом истинное ВГД составляет 23 мм рт.ст. на правого глаза и 22 мм рт.ст. для левого глаза. С учётом данной коррекции можно сделать вывод о наличии двухстороннего повышения ВГД.

ОКТ зрительного нерва с двух сторон показывает, что толщина СНВС находится в пограничном состоянии имея тенденцию к снижению (таблица 3.9).

Таблица 3.9. – ОКТ зрительного нерва (определение толщины СНВС)

Параметр	Правый глаз (OD)	Левый глаз (OS)
Средняя толщина в верхнем квадранте	134 μm	127 μm
Средняя толщина в нижнем квадранте	112 μm	125 μm

Продолжение таблицы 3.9.

Средняя толщина в височном квадранте	82 μm	79 μm
Средняя толщина в носовом квадранте	74 μm	81 μm
Средняя толщина СНВС	100 μm	103 μm
Отношение экскавации к диску (Э/Д)	0,77	0,67

Статическая периметрия по Хамфри (Humphrey Visual Field)

OU: Обнаружены очаговые дефекты поля зрения.

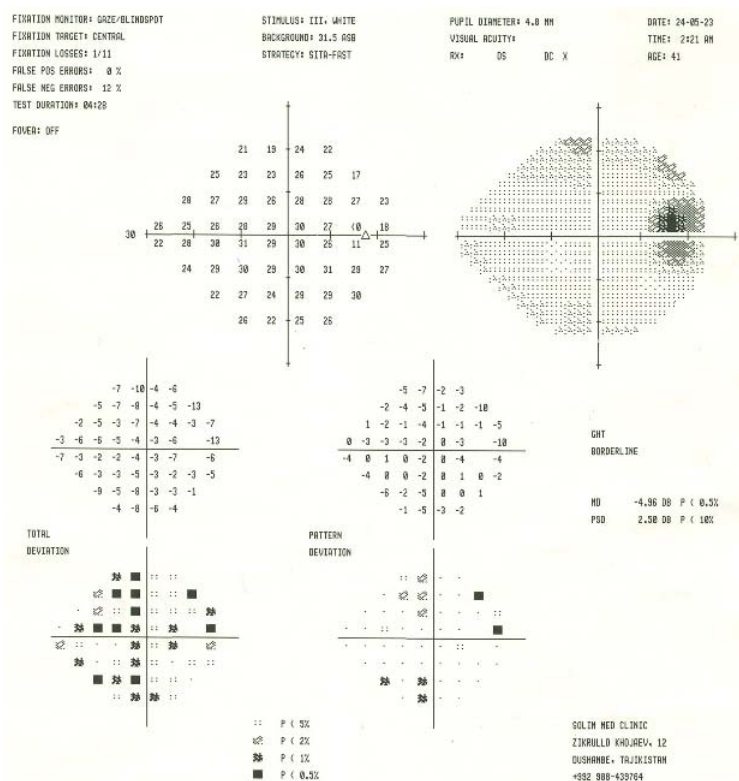


Рисунок 3.23. – Результаты периметрии правого глаза пациентки Б.Т. Обнаружены незначительные очаговые дефекты поля зрения

Результаты проведённой статической периметрии выявили наличие дефектов поле зрения, что контрастирует с данными кинетической периметрии, согласно которым границы поле зрения остаются в пределах нормы (рисунок 3.23). Подобное расхождение может свидетельствовать о ранней стадии развития глаукомного процесса у данной пациентки.

Такое сочетание результатов указывает на то, что изменение для ГОН, смогут сначала проявляться на центральной зоне поле зрения и оставаться незаметными при кинетических периметриях. Следовательно, полученные данные подчеркивают важность комплексного периметрического подхода для ранней диагностики глаукомы и последующего мониторинга её прогрессирования.

Данный клинический случай также подчёркивает принципиальную значимость проведения пахиметрии у каждого пациента с подозрением на глаукому. Пахиметрия играет ключевую роль в обеспечении точности оценки уровня внутриглазного давления (ВГД), поскольку толщина роговицы оказывает существенное влияние на достоверность измерений, особенно при использовании аппланационных методов тонометрии, таких как метод Маклакову или тонометрия по Гольдману.

Таким образом включении пахиметрии в алгоритм диагностики ПОУГ обеспечивает более объективную клиническую оценку, способствует своевременному началу терапии и в конечном итоге, служит важным фактором в сохранение зрительных функций и повышение качества жизни пациентов.

Клинический случай № 5. Пациентка А.Г., 64 лет, обратилась с жалобами на снижение зрения левого глаза.

Результаты диагностики по стандартному алгоритму:

Острота зрения:

Правый глаз (OD) – 1,0

Левый глаз (OS) – 0,1 н/к

Тонометрия по Маклакову:

Правый глаз (OD) – 22 мм рт.ст.

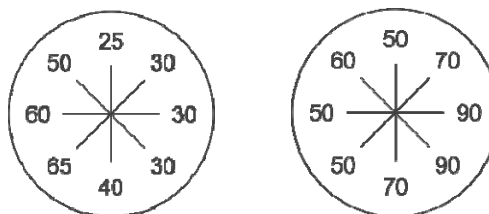
Левый глаз (OS) – 23 мм рт.ст.

Коэффициент коррекции слепоты Максвелла (КЧСМ):

Правый глаз (OD) – 42.

Левый глаз (OS) – 25.

Результаты периметрии по Ферстеру (белый цвет):



Результаты обследования по рекомендованному нами алгоритму:

- ВГД по Гольдману:
 - Правый глаз (OD) – 23 мм рт.ст.
 - Левый глаз (OS) – 24 мм рт.ст.
- Анализ зрительного диска (АЗД):
 - Правый глаз (OD) – положительный.
 - Левый глаз (OS) – отсутствует.
- ОКТ – пахиметрия выполнена на оптическом когерентном томографе фирмы Optovue в режиме переднего отрезка (рисунок 3.24).

Толщина центральной роговицы:

Правый глаз (OD) – 518 μm . Левый глаз (OS) – 520 μm .

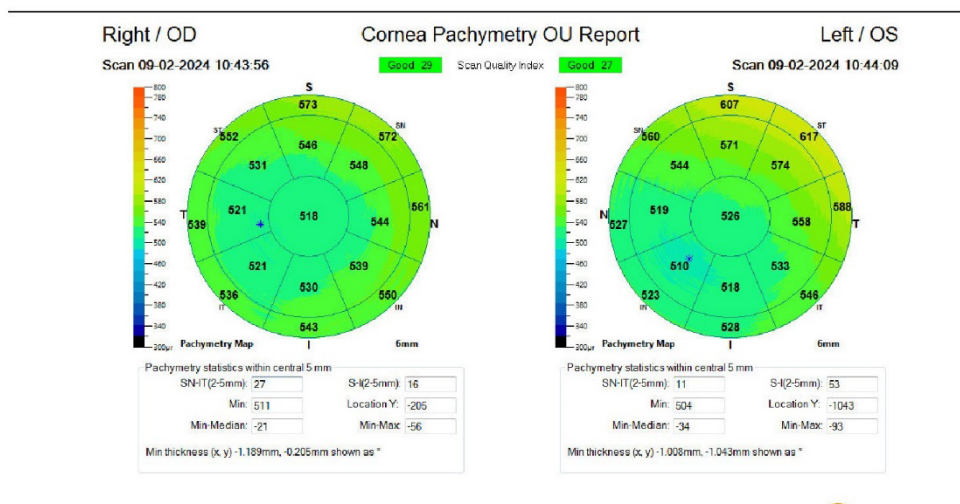


Рисунок 3.24. – Пахиметрия обоих глаз

Внутриглазное давление по Гольдману на обоих глазах показывают высокие значения. Однако по результатам пахиметрии можно предположить, что истинная величина внутриглазного давления (ВГД) в обоих глазах ещё выше измеренной из-за истончения центральной толщины роговицы (ЦТЗ). Это оказывает влияние на точность измерения ВГД, что требует дальнейшего его

снижения с целью ВГД с целью замедления прогрессирования атрофии зрительного нерва обоих глаз Истончённая роговица может приводить к занижению измеренных значений ВГД.

По результатам ОКТ зрительного нерва отмечается незначительное истончение СНВС на правом и значительное истончение на левом глазу (таблица 3.10).

Таблица 3.10. – ОКТ зрительного нерва (определение толщины СНВС)

Параметр	Правый глаз (OD)	Левый глаз (OS)
Средняя толщина в верхнем квадранте	111 μm	73 μm
Средняя толщина в нижнем квадранте	110 μm	87 μm
Средняя толщина в височном квадранте	76 μm	79 μm
Средняя толщина в носовом квадранте	78 μm	52 μm
Средняя толщина СНВС	94 μm	73 μm
Отношение экскавации к диску (Э/Д)	0,26	0,87

Статическая периметрия по Хамфри (Humphrey Visual Field)

OD: Обнаружены очаговые дефекты поля зрения.

OS: Концентрическое сужение поле зрения

Результаты проведённой статической периметрии в отличие от кинетической говорят о значительной прогрессии развитие глаукомного процесса у данной пациентки.

При анализе результатов обследования по двум алгоритмам обнаруживаются существенные различия в оценке состояния компенсации глаукомного процесса в обеих глазах. Эти данные подчеркивают важность выбора методики измерения внутриглазного давления (ВГД), пахиметрии, статической периметрии и связанной с этим изменение процесса лечения для сохранения зрительных функций у данной пациентки.

В таблице 3.11 приведены характеристики диагностики больных всех пятерых клинических случаев наблюдения с применением стандартного и разработанного нами алгоритмов диагностики.

Таблица 3.11. – Диагноз, поставленный по результатам обследования по двум алгоритмам

Алгоритм /Случай	Случай №1	Случай №2	Случай №3	Случай №4	Случай №5
Текущий	Диагноз: OD – ПОУГ IV ^c OS – ПОУГ III ^b	Диагноз: OD – Терминальная глаукома. OS – Подозрение на глаукому	Диагноз: OD – Терминальная глаукома (оперированная) OS-ПОУГ I ^a	Диагноз: OU: Подозрение на глаукому	Диагноз: OD – подозрение на глаукому OS – ПОУГ II ^a
Разработанный	Диагноз: OD – ПОУГ IV ^c . OS – ПОУГ III ^b (выявил более чёткий прогноз для зрения)	Диагноз: OD – Терминальная глаукома. OS – ПОУГ I- II ^b	Диагноз: OD – Терминальная глаукома (оперированная). OS – ПОУГ I ^b	OU: ПОУГ I ^b	OD – ПОУГ I ^b OS – ПОУГ III ^b

В заключении, анализ данных клинических случаев и последующие обсуждения подчеркивают необходимость пересмотра текущих подходов к диагностике первичной открытоугольной глаукомы. Новые данные указывают на значительные преимущества более точного и комплексного подхода в оценке состояния пациентов.

Разработка и внедрение обновлённого диагностического алгоритма. Авторы предлагают новый алгоритм (рисунок 3.25), который интегрирует все

вышеуказанные методы обследования, создавая более полную и объективную картину состояния здоровья глаза и зрения. Этот алгоритм предполагает не только использование расширенных технологий, но и более глубокое понимание взаимосвязей между различными параметрами зрительной функции и их изменениями в динамике.



*-При невозможности выполнить основной метод.

Рисунок 3.25. – Алгоритм первичной диагностики пациентов с первичной открытоугольной глаукомой

ГЛАВА 4. Обзор результатов исследования

Глаукома остаётся одной из наиболее значимых социальных проблем в сфере офтальмологической помощи. Несмотря на существенный прогресс в области медицинских технологий, данное заболевание по-прежнему не поддаётся полному излечению, что обуславливает его высокую медико-социальную значимость. Основные проявления глаукомы включают повышение ВГД, прогрессирующее сужение поля зрения и атрофию зрительного нерва. Высокая распространённость глаукомы в сочетании с серьёзными последствиями для зрения пациентов делает это заболевание одной из приоритетных проблем в области здравоохранения. Отсутствие возможности полного излечения подчёркивает необходимость дальнейших исследований и разработки новых методов диагностики и лечения [Quaigley H.A., 2006; Нероев В.В., 2009; Егоров Е.А., 2013].

Стремительный научно-технический прогресс современной эпохи оказывает значительное влияние на медицинскую науку, в частности на офтальмологию. Этот процесс привёл к фундаментальному пересмотру традиционных представлений о глаукоме, формировавшихся на протяжении многих десятилетий. Внедрение инновационных, высокоточных диагностических методов позволило существенно улучшить раннее выявление глаукомы. В результате этого прогресса сформировалось новое определение заболевания: глаукома теперь рассматривается как комплекс патологических изменений в диске зрительного нерва в сочетании с нарушениями в центральном поле зрения. Эта совокупность симптомов получила название глаукомной оптической нейропатии (ГОН). Эволюция концепции глаукомы прошла через несколько ключевых этапов: активное обсуждение новой концепции на международной конференции глаукоматологов в Базеле в 1999 году и официальное принятие концепции ГОН на конгрессе в Париже в 2004 году [Еричев В.П., 2006]. Экспериментальные и клинические исследования офтальмологов 1980-х и 1990-х годов привели к важному открытию в понимании развития глаукомы. Было установлено, что структурные изменения

в диске зрительного нерва часто предшествуют функциональным нарушениям. Этот факт приобрёл особое значение, так как он указывает на возможность раннего выявления заболевания на основе структурных изменений. В то же время было отмечено, что функциональные изменения, несмотря на их более позднее проявление, более точно отражают динамику прогрессирования глаукомы [Quigley H.A., 1982, 1992; Sommer A., 1984, 1991].

За период с 2012 по 2019 годы поликлиническим звеном глаукомного диспансера Республики Таджикистан всего проконсультировано 34677 больных; впервые обратившихся – 12267, что составило 35,4% от общего числа обратившихся больных. За этот период с диагнозом глаукома взято под наблюдение 5115 человек, что составляет 41,7% [Ахророва З.Д., 2010, Содикова Д.Н., Махмадзода Ш.К., 2019]. Этот показатель демонстрирует постоянное увеличение количества пациентов с глаукомой не только в отдельных регионах, но и по всему миру. Раннее выявление и своевременное начало лечения играют большую роль в значительном сокращении числа случаев слепоты и снижения зрения, вызванных этим заболеванием.

В современной практической офтальмологии ведущим методом для исследования структурных (морфометрических) изменений ДЗН является технология оптической когерентной томографии (ОКТ) [Schuman J.S., 1995, 1996, 2003]. За последнее десятилетие технология оптической когерентной томографии (ОКТ) претерпела значительные изменения, что привело к существенному улучшению визуализации и исследования глубинных структур перипапиллярной и макулярной областей сетчатки. Особенно перспективной считается развивающаяся методика спектральной ОКТ. Внедрение этой инновационной технологии значительно повысило точность и информативность диагностического процесса в офтальмологии. Одним из ключевых преимуществ ОКТ является её способность предоставлять истинные поперечные срезы структур глазного дна, что по сути является прижизненным гистологическим исследованием. Кроме того, на аппаратах ОКТ реализована полная автоматизация анализа диска зрительного нерва (ДЗН), что

дополнительно упрощает и ускоряет процесс диагностики. Определение границ ДЗН при использовании ОКТ не требует ручного вмешательства оператора. Приборы этого типа автоматически распознают границы ДЗН как края отверстия в мембране Бруха, что обеспечивает их чёткую визуализацию. В контексте изложенного, цель данного исследования заключается в измерении толщины СНВС и определении её колебаний на разных стадиях развития первичной открытоугольной глаукомы с помощью ОКТ.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Определить толщину СНВС при помощи ОКТ у здоровых жителей Республики Таджикистан.
2. Определить толщину СНВС методом оптической когерентной томографии у больных на разных стадиях глаукомного процесса.
3. Установить пределы колебаний толщины СНВС для каждой стадии заболевания.
4. Создать нормативную базу данных в соответствии со стадией ПОУГ и усовершенствовать процесс ранней постановки диагноза и определение стадии заболевания, опираясь на количественные показатели толщины СНВС у жителей Республики Таджикистан
5. Разработать новый алгоритм диагностики ПОУГ с учётом инновационных и современных методов исследования.

Были проанализированы данные обследования 152 человек, общее число обследованных глаз составило 230. Участники были распределены по нескольким группам.

Для решения первой задачи исследования были изучены параметры СНВС методом ОКТ у 74 здоровых лиц без патологии органов зрения (количество глаз=140). Эту группу составили добровольцы – этнические таджики в разных возрастных группах. Было выделено 7 групп:

- I группа в возрасте от 5 до 9 лет (20 глаз).
- II группа – 10-19 лет (20 глаз).
- III группа – 20-29 лет (20 глаз).

- IV группа – 30-39 лет (20 глаз).
- V группа – 40-49 лет (20 глаз).
- VI группа – 50-59 лет (20 глаз).
- VII группа – 60 и более лет (20 глаз).

Для решения второй и третьей задач исследования были изучены параметры толщины СНВС у больных на различных стадиях ПОУГ. В качестве контрольной группы были взяты данные здоровых лиц, возраст которых был ≥ 35 лет, так как ПОУГ преимущественно встречается у пациентов старше указанного возраста. Таким образом, наблюдаемые лица были распределены на четыре группы в зависимости от наличия и стадии патологии органа зрения:

Контрольная группа (1-я группа): эта группа включала лиц без патологии органа зрения. В общей сложности в контрольную группу вошли 51 человек (число обследованных глаз – 97), среди которых были 31 женщина и 21 мужчина.

Группа с начальной стадией ПОУГ (2-я группа): в эту группу вошли пациенты с I стадией ПОУГ. Всего в данной группе было 22 человека (число обследованных глаз – 30), из которых 7 пациентов женского пола и 15 – мужского пола.

Группа с развитой стадией ПОУГ (3-я группа): эта группа включала пациентов со II стадией ПОУГ. В данной группе находились 25 пациентов (число обследованных глаз – 29), среди которых было 6 пациентов женского пола и 19 – мужского пола.

Группа с далеко-зашедшей стадией ПОУГ (4-я группа): в эту группу вошли пациенты с III стадией ПОУГ. Всего в группе был 31 человек (число обследованных глаз – 31), среди которых 9 пациентов женского пола и 22 – мужского пола.

Всего больные с разными стадиями ПОУГ составили 78 (90 глаз) человек. Все больные находились на диспансерном учёте в условиях Республиканского глаукомного диспансера ГУ НМЦ РТ «Шифобахш». Пациентов мужского пола

было 56 (71,8%), а женского пола – 22 (28,2%). Возраст пациентов с ПОУГ составлял от 35 до 82 лет, при среднем его значении $64,2 \pm 8,5$ лет.

Для каждой из обозначенных групп проводился индивидуальный анализ результатов офтальмологических обследований. В процессе анализа из выборки исключались участники с проблемами, влияющими на точность исследований: неудовлетворительная прозрачность оптических сред глаза, нестабильность фиксации взгляда, а также наличие выраженной миопии или гиперметропии (высокая степень) и астигматизма, превышающего 3,0 диоптрии. По данным обследования, скорректированная острота зрения у большинства пациентов не опускалась ниже 0,5. В дополнение к стандартным методам диагностики, в рамках обследования пациентов применялись компьютерная периметрия центрального поля зрения и ОКТ. Для проведения компьютерной периметрии применялся аппарат MD – 820 Automated Perimeter (производство КНР). При проведении оптической когерентной ретинотомографии применялось оборудование RTVue100 (производство США). Анализ включал изучение параметров ДЗН, перипапиллярной сетчатки и толщины СНВС у всех групп участников исследования. Для более детального анализа толщина СНВС оценивалась по квадрантам (ISNT), а также в верхней (Avg superior RNFL) и нижней половинах (Avg inferior RNFL). Такой подход позволяет получить комплексную картину состояния нервных волокон сетчатки и выявить возможные изменения, характерные для различных участков сетчатки.

В рамках первой части исследования были установлены усреднённые нормативные значения толщины СНВС для различных возрастных категорий этнических таджиков. Исследование 140 здоровых глаз выявило, что показатели толщины СНВС варьируются в зависимости от возраста и квадранта измерения. Анализ показывает, что для толщины СНВС во всех квадрантах и для общей толщины СНВС наблюдаются изменения средней толщины и разброс значений, соответствующие данным в таблице средних показателей. В частности, во многих квадрантах и для общей толщины СНВС видна тенденция к увеличению средней толщины до определённого возраста, который чаще

всего соответствует возрастной группе 40-49 лет. После этого наблюдается либо стабилизация, либо уменьшение значений толщины СНВС.

В частности, толщина СНВС в верхнем квадранте увеличивается с возрастной группы от 1 до 9 лет ($120,3 \pm 2,7 \mu\text{m}$) до группы от 20 до 29 лет ($131,9 \pm 1,9 \mu\text{m}$), затем происходит снижение в группах от 30 до 39 лет ($124,3 \pm 2,4 \mu\text{m}$) и от 50 до 59 лет ($118,4 \pm 2,2 \mu\text{m}$). Однако в возрастной группе 60 лет и старше наблюдается повторное увеличение толщины ($121,8 \pm 3,3 \mu\text{m}$).

В нижнем квадранте наблюдается постепенное увеличение толщины СНВС от группы 1-9 лет ($124,8 \pm 2,5 \mu\text{m}$) до группы 40-49 лет ($135,2 \pm 2,6 \mu\text{m}$), после чего происходит заметное снижение в группе 50-59 лет ($118,3 \pm 2,9 \mu\text{m}$). Это указывает на возрастные изменения, где пик толщины СНВС достигается в среднем возрасте, а затем начинается его уменьшение, вероятно, из-за возрастных дегенеративных процессов.

В носовом квадранте (N) толщина СНВС достигает максимума в группе 30-39 лет ($82,5 \pm 2,6 \mu\text{m}$). В других возрастных группах изменения менее выражены, что может указывать на более стабильное состояние нервных волокон в этой области до определенного возраста.

В височном квадранте (T) наблюдается увеличение толщины СНВС до группы 40-49 лет ($82,4 \pm 2,3 \mu\text{m}$), после чего следует снижение, особенно заметное в группе 50-59 лет ($70,2 \pm 0,9 \mu\text{m}$). Это также отражает возрастные изменения, где максимальная толщина достигается в среднем возрасте, а затем снижается, что может быть связано с дегенеративными изменениями и потерей нервных волокон.

Общая толщина СНВС (RNFL average). Существует тенденция к изменению средней толщины слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) в зависимости от возраста. Согласно данным, наблюдается увеличение средней толщины СНВС от группы 1-9 лет ($98,3 \pm 1,2 \mu\text{m}$) до группы 40-49 лет ($106,5 \pm 1,7 \mu\text{m}$). Однако после этого возраста происходит заметное снижение толщины СНВС в группе 50-59 лет ($94,7 \pm 1,5 \mu\text{m}$).

Это может быть объяснено возрастными изменениями в структуре нервных волокон сетчатки. В молодом и среднем возрасте происходит укрепление и увеличение толщины СНВС, что отражает здоровое развитие и поддержание зрительной функции. Однако после достижения пика в возрасте 40-49 лет начинается постепенное снижение толщины СНВС, вероятно, из-за возрастных дегенеративных процессов и потери нервных волокон. Эти данные подчёркивают важность учёта возрастных факторов при оценке состояния СНВС. Было выявлено, что в молодом возрасте и до среднего возраста наблюдается рост и укрепление структуры нервных волокон. Однако, начиная с пятого десятилетия жизни, возможны дегенеративные изменения, приводящие к уменьшению толщины СНВС. Эти данные важны для клинической практики, так как они помогают понять нормальные возрастные изменения и позволяют выявлять патологические отклонения, такие как глаукома, на ранних стадиях.

Вторая часть исследования была посвящена сравнительному анализу толщины СНВС у больных с различными стадиями ПОУГ. Анализ перипапиллярной сетчатки проводился по квадрантам, так как исследование по секторам и половинам сетчатки даёт возможность более точно диагностировать и проводить мониторинг изменений, связанных с различными заболеваниями глаз, такими как глаукома. Например, изменения в верхнем и нижнем квадрантах могут указывать на локальные повреждения, тогда как оценка общей толщины в верхней и нижней половинах сетчатки позволяет выявить более диффузные изменения.

В результате сравнительного анализа были изучены изменения толщины СНВС у пациентов на разных стадиях ПОУГ. Анализ показал характерные для каждой стадии значения и вариабельность толщины СНВС. Отмечено заметное снижение показателей толщины СНВС, которое было более значительным в группе пациентов со второй и третьей стадиями ПОУГ. Такая картина наблюдалась при анализе толщины СНВС в верхнем, нижнем и носовом квадрантах.

В группе нормальных глаз второй части исследования, контрольной группы, общая средняя толщина СНВС составила 103 μm с пределами колебания от 93-107 μm , в нижнем квадранте – 127 μm с пределами колебания 117-136 μm , в верхнем квадранте – 124 μm в диапазоне 115-134 μm , в носовом квадранте – 78 μm , в диапазоне 71-85 μm и в височном квадранте – 73 μm (69-81 μm). Эти данные принимались в дальнейшем как нормальные показатели СНВС для сравнительного анализа.

В группе с начальной глаукомой общая средняя толщина СНВС составила 96 μm с пределами колебания от 89-104 μm , в нижнем квадранте – 122 μm с пределами колебания 111-128 μm , в верхнем квадранте – 117,5 μm в диапазоне 106-129 μm , в носовом квадранте – 73,0 μm , в диапазоне 69-76 μm и в височном квадранте – 74 μm (67-79 μm).

У больных с развитой стадией заболевания общая средняя толщина СНВС составила 75 μm с пределами колебания от 71-78 μm , в нижнем квадранте – 88 μm с пределами колебания 80-98 μm , в верхнем квадранте – 85 μm в диапазоне 77-89 μm , в носовом квадранте – 63 μm , в диапазоне 53-66 μm и в височном квадранте – 60 μm (54 - 65 μm).

У больных с далеко-зашедшей глаукомой общая средняя толщина СНВС составила 56 μm с пределами колебания от 53 до 66 μm , в нижнем квадранте – 67 μm с пределами колебания 63-75 μm , в верхнем квадранте – 66 μm в диапазоне 58-79 μm , в носовом квадранте – 50 μm , в диапазоне 45-55 μm и в височном квадранте – 50 μm (42-57 μm).

Эти данные демонстрируют прогрессирующее уменьшение общей (средней) толщины СНВС в I стадии глаукомы относительно нормальных показателей, и ещё большее уменьшение – во II и III стадиях ПОУГ. Различие данного параметра при сравнении всех групп пациентов с нормой было статистически значимым ($p < 0,05$, $p < 0,001$ и $p < 0,001$ для I, II и III стадий ПОУГ соответственно). Выявленная закономерность сохраняется и при анализе толщины СНВС в верхнем, нижнем и носовом квадрантах. На основании проведённых исследований обнаружено, что каждая стадия ПОУГ

характеризуется определённым уменьшением толщины СНВС в верхнем, нижнем и носовом квадрантах.

Эти изменения отражают прогрессирование глаукоматозного процесса:

1. Верхний квадрант (S): стадии ПОУГ сопровождаются значительным истончением СНВС, что указывает на прогрессирующее повреждение нервных волокон по мере усугубления заболевания.

2. Нижний квадрант (I): подобно верхнему квадранту, здесь также наблюдается постепенное уменьшение толщины СНВС с каждой стадией ПОУГ, свидетельствуя о прогрессирующем ухудшении состояния сетчатки.

3. Носовой квадрант (N): в этом квадранте толщина СНВС статистически достоверно уменьшается по мере перехода от контрольной группы к группам с различными стадиями ПОУГ. Значительное истончение СНВС в носовом квадранте также является маркером прогрессирования заболевания.

В височном квадранте (T) выявленная закономерность отсутствует. Здесь отмечается некоторое увеличение толщины СНВС в группе больных с первой стадией ПОУГ по сравнению с контрольной группой, однако это увеличение статистически незначимо. При последующих стадиях ПОУГ толщина СНВС уменьшается, что соответствует прогрессированию глаукоматозного поражения.

Эти результаты подчёркивают важность ранней диагностики и постоянного мониторинга изменений толщины СНВС в различных квадрантах сетчатки. Комплексная оценка состояния сетчатки позволяет более точно диагностировать и отслеживать прогрессирование глаукомы, что имеет немаловажное значение для разработки эффективных стратегий лечения и предотвращения потери зрения у пациентов с ПОУГ. Полученные результаты свидетельствуют, что с усугублением течения глаукомного процесса отмечается уменьшение толщины СНВС, что непосредственно говорит о гибели ганглионарных клеток и снижении количества их аксонов. Эти результаты подтверждают наличие корреляции между стадиями развития глаукомы и толщиной СНВС. ОКТ обеспечивает получение точных

количественных данных о толщине СНВС, которые изменяются в зависимости от стадии глаукомы. Исследование параметров толщины СНВС с помощью ОКТ выявило высокую диагностическую ценность данных изменений для определения стадии ПОУГ, а также для оценки его диагностики и прогрессирования заболевания.

По данным современной литературы, диагностический перечень для постановки диагноза глаукомы должен включать значительное количество более эффективных современных методов исследования, большая часть из которых уже доступна в офтальмологических центрах частного сектора Республики Таджикистан, что свидетельствует о смене диагностической парадигмы и необходимости увеличения финансирования данной отрасли здравоохранения для улучшения технической оснащённости офтальмологических учреждений государственного сектора.

С целью повышения качества диагностики первичной открытоугольной глаукомы и опосредованного сохранения максимально возможной остроты зрения населения Республики Таджикистан авторы предлагают новый алгоритм, который интегрирует все вышеуказанные методы обследования, создавая более полную и объективную картину состояния здоровья глаза и зрения. Этот алгоритм предполагает не только использование расширенных технологий, но и более глубокое понимание взаимосвязей между различными параметрами зрительных функций и их изменениями в динамике. Предлагаемый алгоритм включает: тонометрию по Гольдману (Goldman's applanation tonometry); ОКТ переднего отрезка (определение толщины роговицы) и заднего отрезка глаза (измерение толщины СНВС и ганглиозного комплекса) (Anterior segment OCT and RNFL); статическую периметрию (Humphrey Visual Field); определение наличия афферентного зрачкового дефекта (APD).

Произведено сравнение результатов обследования больных по двум алгоритмам, существующему (периметрия по Ферстеру, тонометрия по Маклакову, КЧСМ) и разработанному. Обнаружено отличие в реальной

картине глаукомного процесса, протекающего в глазах исследуемых клинических случаев. Различие в показателях исследования свидетельствует о разности подхода и стратегии лечения при работе по каждому из алгоритмов, что влияет на сохранность зрения у конкретного пациента.

Сравнительный анализ двух алгоритмов диагностики первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) выявил значительные преимущества нового разработанного алгоритма. Этот инновационный подход демонстрирует повышенную точность в диагностике глаукомы на ранних стадиях и обеспечивает более эффективное отслеживание прогрессирования заболевания. Такое улучшение диагностических возможностей позволяет своевременно корректировать терапевтические мероприятия, направленные на сохранение зрительных функций пациентов с глаукомой. Внедрение разработанного алгоритма в клиническую практику обещает существенно повысить качество диагностики и лечения ПОУГ, что в конечном итоге приведёт к более эффективному сохранению зрения у пациентов. Этот прогресс в диагностическом подходе открывает новые перспективы в управлении глаукомой, предоставляя офтальмологам более точные инструменты для раннего вмешательства и оптимизации лечебных стратегий.

Выводы

1. Методом ОКТ определены нормальные значения толщины СНВС в разных возрастных группах здоровых жителей Республики Таджикистан. Средняя толщина СНВС и её разброс меняются в зависимости от возрастной группы и квадранта измерения. Различия между возрастными группами статистически значимы, что находит отражение в изменениях средних значений и их отклонений на графиках. Эти наблюдения могут служить основой для более глубокого анализа причин изменения толщины СНВС, а также для разработки медицинских стратегий, направленных на раннее выявление и профилактику заболеваний сетчатки и ДЗН [2-А, 3-А, 6-А, 13-А].

2. Полученные результаты исследования толщины слоя СНВС у больных в различных стадиях ПОУГ свидетельствуют о том, что с усугублением течения глаукомного процесса отмечается уменьшение толщины СНВС, что непосредственно говорит о гибели ганглионарных клеток и снижении количества их аксонов, что, в свою очередь, свидетельствует о корреляции между стадиями глаукомного процесса и толщиной СНВС [4-А, 7-А, 9-А, 11-А].

3. По данным ОКТ была обнаружена корреляция изменений в толщине СНВС с различными стадиями ПОУГ. Данный метод позволяет более точно определить толщину СНВС и оценить характер изменений, связанных с глаукомой. Анализ толщины СНВС с применением ОКТ подтвердил высокую информативность данного способа при установлении стадии патологии, диагностике и мониторинге течения ПОУГ [4-А, 7-А, 8-А, 12-А].

4. Для решения проблемы своевременной и точной постановки диагноза ПОУГ в Республике Таджикистан разработан и предложен новый алгоритм диагностики данной патологии. Этот алгоритм предназначен для

широкого применения в повседневной практике врачей-офтальмологов [1-А, 5-А, 10-А, 14-А].

**Рекомендации по практическому использованию
результатов исследования:**

1. Результаты исследования предложены в офтальмологическую практику для более ранней постановки диагноза и точного определения стадии процесса. Создана нормативная база данных ОКТ в соответствии со стадией заболевания для жителей Республики Таджикистан.
2. Результаты проведённого исследования рекомендованы для широкого внедрения в практическую деятельность офтальмологических учреждений, оснащённых современным оборудованием для оптической когерентной томографии. Это нововведение направлено на раннюю диагностику и детальную оценку прогрессирования ПОУГ.
3. Предложенные результаты исследования послужат как критерий стабилизации глаукомного процесса и критерий эффективности применяемого метода лечения. Результаты проведённого исследования предоставляют веские основания для сокращения количества нецелесообразных визитов пациентов с подозрением на глаукому к врачу на обследование.
4. Благодаря повышению точности диагностики и мониторинга с использованием ОКТ можно значительно улучшить эффективность и целесообразность медицинского обслуживания. В ходе проведённого исследования была подтверждена высокая информативность ОКТ в диагностике и оценке прогрессирования ПОУГ. Эти данные служат веским основанием для принятия решения о повсеместном оснащении глаукомных центров и офтальмологических отделений республиканских центров (РТ) соответствующей аппаратурой.
5. Доказанная эффективность ОКТ в выявлении и мониторинге изменений, связанных с ПОУГ, открывает новые возможности для раннего вмешательства и более точного контроля за состоянием пациентов. Аппаратура ОКТ позволяет получать высококачественные изображения структур глаза, что значительно

повышает точность диагностики и позволяет выявлять патологические изменения на самых ранних стадиях заболевания.

6. Оснащение глаукомных центров и офтальмологических отделений клинических центров РТ аппаратурой ОКТ станет важным шагом на пути к улучшению качества медицинской помощи. Это позволит не только повысить эффективность диагностики и мониторинга глаукомы, но и обеспечить более индивидуализированный подход к лечению каждого пациента, что, в свою очередь, приведёт к улучшению исходов лечения и снижению риска потери зрения.

Список литературы

1. Акопян В.С. Оценка комплекса ганглиозных клеток сетчатки при первичной открытоугольной глаукоме. [Текст] / В.С. Акопян, Н.С. Семенова, И.В. Филоненко, М.А. Цысарь // Офтальмология – 2011. – № 8 (1), – С. 20-26.
2. Аникина М.А. Оптическая когерентная томография-ангиография: перспективный метод в офтальмологической диагностике [Текст] / М.А. Аникина, Т.Ю. Матненко, О.И. Лебедев // Практическая медицина – 2018. – Т.16. – № 3. – С. 7-10.
3. Астахов Ю.С. Оптическая когерентная томография: как все начиналось и современные диагностические возможности методики [Текст] / Ю.С. Астахов, С.Г. Белехова // Офтальмологические ведомости. – 2014. – Т.7. – № 2. – С. 60–68.
4. Бань Е.В. Гемодинамика органа зрения при острой ишемической нейропатии на фоне разных степеней стеноза ипсилатеральной внутренней сонной артерии [Текст] / Е.В. Бань, А.В. Колесников, М.А. Колесникова // Наука молодых - Eruditio Juvenium. – 2015. – № 2. – С. 57-66.
5. Глаукома. Национальное руководство [Текст] / под ред. Е.А. Егорова. – М.: ГЭОТАР-Медиа. – 2014. – 824 с.
6. Глаукома /Нестеров А.П. // М.: МИА – 2008 - 357 с.
7. Егоров Е.А. Первичная открытоугольная глаукома: нейродегенерация и нейропротекция [Текст] / Е.А. Егоров, В.Н. Алексеев, И.Р. Газизова // М.: ГЭОТАР-Медиа – 2019. – С. 176.
8. Егоров Е.А., Патогенез и лечение первичной глаукомы [Текст] / Е.А. Егоров, В.Н. Алексеев // М.: ГЭОТАР-Медиа, – 2017. – С. 224.
9. Егоров Е.А. Первичная открытоугольная глаукома/в кн. Офтальмология. Национальное руководство под. ред. [Текст] / А. В. Куроедова // ГЭОТАР–Медиа – 2023. – 1032 с.
10. Жукова С.И. Оптическая когерентная томография в диагностике и мониторинге врождённой и ювенильной глаукомы. [Текст] / С.И. Жукова, Т.Н. Юрьева // Acta biomedica scientifica. – 2022. – № 7(2). – С. 147-166.

11. Зуева М.В. Динамика гибели ганглиозных клеток сетчатки при глаукоме и её функциональные маркеры. [Текст] / М.В. Зуева // Национальный журнал глаукома. – 2016 – 15(1) – С. 70-85
12. Зуева М.В. Морфофункциональные особенности изменения ганглиозных клеток сетчатки при физиологическом старении и в ранней стадии глаукомы. [Текст] / М.В. Зуева [и др.] // Вестник офтальмологии. – 2016. – № 132(1). – С. 36-42.
13. Касымова М.С. Анатомические особенности диска зрительного нерва. [Текст] / М.С. Касымова // РМЖ «Клиническая Офтальмология» – 2001. – № 3. – С. 111.
14. Касымова М.С. Сравнительный анализ передней ишемической оптической нейропатии и глаукоматозной оптической нейропатии [Текст] / М.С. Касымова // Глаукома. Журнал НИИ ГБ РАМН. – 2010. – № 3. – С. 50-54.
15. Клиническая офтальмология. [Текст] / Е.Е. Сомов // М.: «МЕД пресс-информ». – 2017. – 4-е изд., перераб. и доп. – 416 с.
16. Клиническая анатомия органа зрения. [Текст] / И.И. Каган, В.Н. Канюков // – Москва – ГЕОТАР – Медиа. – 2017. – 208 с.
17. Клинический атлас патологии глазного дна. [Текст] / Л.А. Кацнельсон, В.С. Лысенко, Т.И. Балишанская // 4-е изд. стер. – Москва: ГЭОТАР – Медиа. – 2013. – 120 с.
18. Курышева Н.И. Оптическая когерентная томография в диагностике глаукомы. [Текст] / Н.И. Курышева // Москва. – 2015. – 146 с.
19. Курышева Н.И., Сравнительное исследование ретробульбарного и ретинального кровотока при первичной глаукоме и её сочетании с ВМД. [Текст] / Н.И. Курышева, Т.Д. Арджевнишвили, А.В. Трубина // Новости глаукомы – 2017. – № (1). – С. 69-72.
20. Куроедов А.В. Информативность стереометрических и интегральных показателей топографической структуры диска зрительного нерва у больных глаукомой по данным компьютерной ретинотомографии. [Текст] / А.В. Куроедов, В.В. Городничий // Клин. офтальмология – 2007. – № 3. – С. 92-97.

21. Куроедов А.В., Мовсисян А.Б., Диагностика глаукомы на современном этапе. [Текст] / А.В. Куроедов, А.Б. Мовсисян // Клиническая офтальмология. – 2023. – № 23(1). – С. 47-53.
22. Куроедов А.В. Предполагаемый возраст пациентов и период болезни для проведения интенсивных лечебно-профилактических манипуляций при первичной глаукоме [Текст] /А.В. Куроедов [и др.] // Офтальмология. Восточная Европа – 2014. -№ 3 – С. 60-71.
23. Мачехин В.А. Ретинотомографические исследования диска зрительного нерва в норме и при глаукоме. [Текст] / В.А. Мачехин // М.: Издательство «Офтальмология». – 2011. – 334 с
24. Мачехин В.А. К вопросу о новых представлениях патогенеза первичной открытоугольной глаукомы. [Текст] / В.А. Мачехин // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки – 2018. – № 19(4). – С. 1178-1182.
25. Махмадов Ш.К. Аспекты медицинского обследования больных глаукомой в Таджикистане. [Текст] / Ш.К. Махмадов, Д.Н. Содикова, М.Н. Хашимова, З.С. Халимова // Национальный журнал «Глаукома». – 2020. – № 19(1). – С. 28-34.
26. Нестеров А.П. Патогенез первичной открытоугольной глаукомы: какая концепция более правомерна? [Текст] / А.П. Нестеров // Офтальмологические ведомости. – 2008. – № 4. – С. 63-67
27. Нестеров А. П. и др. Национальное руководство по глаукоме. – 2015.
28. Функциональные методы исследования в офтальмологии. [Текст] / А.М. Шамшинова, В.В. Волков. М: Медицина – 2004 – 432с.
29. Шпак А.А. Оценка стереометрических параметров диска зрительного нерва и слоя нервных волокон сетчатки на приборе НРТ III [Текст] / А.А. Шпак, [и др.] //Глаукома. – 2013. – №. 4. – С. 11-20.
30. Шпак А.А. Спектральная оптическая когерентная томография высокого разрешения: Атлас. [Текст]. Москва – 2014. – 170 с.
31. Шпак А.А. Новая номенклатура оптической когерентной томографии. [Текст] / А.А. Шпак // Офтальмохирургия. – 2015. – № 3. – С. 80-82.

32. Шпак А.А., Севостьянова М.К. Оценка диска зрительного нерва методами спектральной оптической когерентной томографии и гейдельбергской ретинотомографии в диагностике первичной открытоугольной начальной глаукомы. [Текст] / А.А. Шпак, М.К. Севостьянова // Офтальмохирургия. – 2014. – Т. 60. – С. 63.
33. Щуко А.Г. Оптическая когерентная томография в диагностике глазных болезней. [Текст] / А.Г. Щуко, В.В. Малышева // – М.: ГЭОТАР-Медиа 2010. – 128 с.
34. Эскина Э.Н. Диагностика глаукомы у пациентов с близорукостью. [Текст] / Э.Н. Эскина, А.В. Казакова // Национальный журнал Глаукома. – 2015. – Т.14. – № 3. – С.87-100.
35. Эскина Э.Н. Ранние критерии риска развития глаукомы у пациентов с близорукостью. [Текст] / Э.Н. Эскина, А.В. Зыкова // Офтальмология. – 2014. – Т. 11. – № 2. – С. 59-63.
36. Abdel-Hamid A.A. Effect of memantine: A NMDA receptor blocker, on ethambutol-induced retinal injury. [Text] / A.A. Abdel-Hamid, Ael-D. Firgany, E.M. Ali // Annals of anatomy. – 2016. – Vol. 204 – P. 86-92.
37. Akashi A. et al. The Ability of SD-OCT to differentiate early glaucoma with high myopia from highly myopic controls and nonhighly myopic controls. [Text] / A. Akashi [et al.] // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2015. – Vol. 56. – N 11. – P. 6573-6580.
38. Asefa N.G. Heritability of glaucoma and glaucoma-related endophenotypes: systematic review and meta-analysis protocol. [Text] / N.G. Asefa, H. Snieder // BMJ Open. – 2018. – N 8(2). e019049
39. Bae S. Influence of myopia on size of optic nerve head and retinal nerve fiber layer thickness measured by spectral domain optical coherence tomography. [Text] / S. Bae [et al.] // Korean J. Ophtalmol. – 2016. – Vol. 30. – N 5. – P. 335-343.
40. Burgoyne C.F. The anatomy and pathophysiology of the optic nerve head in glaucoma. [Text] / C.F. Burgoyne, J.C. Morrison // J. Glaucoma. – 2001. – Vol.10. – Suppl.1. – P. 16-18.

41. Budenz D.L. Determinants of normal retinal nerve fiber layer thickness measured by Stratus OCT. [Text] / D.L. Budenz [et al.] // *Ophthalmology*. – 2007. – Vol. 114. – N 6. – P. 1046-1052.
42. Budenz D.L. Reproducibility of retinal nerve fiber thickness measurements using the Stratus OCT in normal and glaucomatous eyes. [Text] / D.L. Budenz [et al.] // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 2005. – Vol. 46. – N 7. – P. 2440-2443.
43. Budenz D.L. Reproducibility of peripapillary retinal nerve fiber thickness measurements with stratus OCT in glaucomatous eyes. [Text] / D.L. Budenz, M.J. Fredette, W.J. Feuer, D.R. Anderson // *Ophthalmology*. – 2008. – Vol. 115. – N 4. – P. 661-666.
44. Badalà F. Optic disk and nerve fiber layer imaging to detect glaucoma. [Text] / F. Badalà [et al.] // *Am. J. Ophthalmol.* – 2007. – Vol. 144. – N 5. – P. 724-732.
45. European Glaucoma Society Terminology and Guidelines for Glaucoma, 5th Edition. [Text] // *The British journal of ophthalmology*. – 2021. Vol. – 105 (Suppl 1). – P. 1-169.
46. Cirrus HD-OCT User Manual – Models 500, 5000. Carl Zeiss Meditec, Inc., 2015.
47. Cunningham C. Swept-Source OCT of a Scleral Tunnel in Choroideremia. [Text] / C. Cunningham, D. Critser, I. Han // *Ophthalmology*. – 2018. – Vol. 125. – № 6. – P. 806.
48. Chauhan B.C. Optic disc progression in glaucoma: comparison of confocal scanning laser tomography to optic disc photographs in a prospective study. [Text] / B.C. Chauhan [et al.] // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 2009. – Vol. 50. – N 4. – P. 1682-1691.
49. *Clinical Ophthalmology international* 9 Edition. [Text] / J. Kanski, J.F. Salmon. – Elsevier Science – 2019. pp. - 751.
50. Conlon R. Glaucoma treatment trends. [Text] / R. Conlon, H. Saheb, I.I. Ahmed // *Can J Ophthalmol.* – 2017. – N 52(1). – P. 114-124.
51. Cheng C. Comparison of the influence of cataract and pupil size on retinal nerve fibre layer thickness measurements with time-domain and spectral-domain optical

- coherence tomography. [Text] / C. Cheng [et al.] // Clin. Exp. Ophthalmol. – 2011. – Vol. 39. – N 3. – P. 215-221.
52. Diaz J. Imaging the deep choroidal vasculature using spectral domain and swept source optical coherence tomography angiography. [Text] / J. Diaz [et al.] // J. Vitreoretin. Dis. – 2018. – Vol. 2. – N 3. – P. 146-154.
53. Fang Y. Diagnostic capability of Fourier-Domain optical coherence tomography in early primary open angle glaucoma. [Text] / Y. Fang, Y.Z. Pan, M. Li, R.H. Qiao, Y. Cai // Chin. Med. J. (Engl.). – 2010. – Vol.123. – N 15. – P. 2045-2050.
54. Ferreras A. Diagnostic ability of the Heidelberg Retina Tomograph 3 for glaucoma. [Text] / A. Ferreras [et al.] // Am. J. Ophthalmol. – 2008. – Vol. 145. – N 2. – P. 354-359.
55. Gallego B.I. IOP induces upregulation of GFAP and MHC-II and microglia reactivity in mice retina contralateral to experimental glaucoma. [Text] / B.I. Gallego [et al.] // Journal of neuroinflammation. – 2012. – Vol. 9. – P. 92.
56. Ganekal S. Ganglion cell complex scan in the early prediction of glaucoma. [Text] / S. Ganekal // Nepal J Ophthalmol. – 2012. – Vol. 4. – N 2. – P. 236-241.
57. Gabriele M.L. Optical coherence tomography scan circle location and mean retinal nerve fiber layer measurement variability. [Text] / M.L. Gabriele [et al.] // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2008. – Vol. 49. – N 6. – P. 2315-2321.
58. Geimer S.A. Glaucoma diagnostics. [Text] / S.A. Geimer // Acta ophthalmologica. – 2013. – Vol. 91. – Thesis 1. – P. 1-32.
59. Gottlieb R.A. Mitochondria and apoptosis. [Text] / R.A. Gottlieb // Biological signals and receptors. – 2001. – Vol. 10. – P. 147-161.
60. Greenfield D.S. Role of optic nerve imaging in glaucoma clinical practice and clinical trials. [Text] / D.S. Greenfield, R.N. Weinreb // American journal of ophthalmology. – 2008. – Vol. 145. – P. 598-603.
61. Hirsch T. Sensitivity and specificity of the nerve fibre imaging using scanning laser ophthalmoscopy and of optic nerve analysis using Heidelberg retina tomography in glaucoma. [Text] / T. Hirsch [et al.] // Klin Monbl Augenheilkd. – 2015. – N 232(11). – P. 1279-1283.

62. Huang D. Optical coherence tomography. [Text] / D. Huang [et al.] // Science. – 1991. – Vol. 254. – N 5035. – P. 1178-1181.
63. Huang M.L. Development and comparison of automated classifiers for glaucoma diagnosis using Stratus optical coherence tomography. [Text] / M.L. Huang, H.Y. Chen // Inv. Ophthalmol. and Visual Science. – 2005. – Vol. 46. – N 11. – P. 4121-4129.
64. Hee M. Optical coherence tomography of the human retina. [Text] / M. Hee [et al.] // Arch. Ophthalmol. – 1995. – Vol. 113. – N 3. – P. 325-332.
65. Hee M. Quantitative assessment of macular edema with optical coherence tomography. [Text] / M. Hee [et al.] // Arch. Ophthalmol. – 1995. – Vol. 113. – N 8. – P. 1019-1029.
66. Higashide T. et al. Influence of clinical factors and magnification correction on normal thickness profiles of macular retinal layers using optical coherence tomography. [Text] / T. Higashide [et al.] // PLoS One. – 2016. – Vol. 11. – N 1. – e0147782.
67. Hsu S., Chang M., Ko M., Harnod T. Retinal nerve fibre layer thickness and optic nerve head size measured in high myopes by optical coherence tomography. [Text] / S. Hsu, M. Chang, M. Ko, T. Harnod // Clin. Exp. Optom. – 2013. – Vol. 96. – N 4. – P. 373-378.
68. Hou H. Agreement and Precision of Wide and Cube Scan Measurements between Swept-source and Spectral-domain OCT in Normal and Glaucoma Eyes. [Text] / H. Hou [et al.] // Preprint. Res Sq. – 2023 Jun 6: rs.3.rs-3002468.
69. Hwang Y.H., Kim Y.Y. Correlation between optic nerve head parameters and retinal nerve fibre layer thickness measured by spectral-domain optical coherence tomography in myopic eyes. [Text] / S. Hsu, M. Chang, M. Ko, T. Harnod // Clin. Exp. Ophthalmol. – 2012. – Vol. 40. – N 7. – P. 713-720.
70. Ju K.R. Retinal glial cell responses and Fas/FasL activation in rats with chronic ocular hypertension. [Text] / K.R. Ju. [et al.] // Brain research. – 2006. – Vol. 1122. – P. 209-221.

71. Kang S. et al. Effect of myopia on the thickness of the retinal nerve fiber layer measured by Cirrus HD optical coherence tomography. [Text] / S. Kang [et al.] // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2010. – Vol. 51. – N 8. – P. 4075-4083.
72. Kaplan H.J. Anatomy and function of the eye. [Text] / H.J. Kaplan // Chemical immunology and allergy. – 2007. – Vol. 92. – P. 4-10.
73. Kwon, J. Alterations of the foveal avascular zone measured by optical coherence tomography angiography in glaucoma patients with central visual field defects. [Text] / J. Kwon [et al.] // Investigative ophthalmology & visual science. – 2017. – Vol. 58. – P. 1637-1645.
74. Kim Y. Comparative study of macular ganglion cell complex thickness measured by spectral-domain optical coherence tomography in healthy eyes, eyes with preperimetric glaucoma, and eyes with early glaucoma. [Text] / Y. Kim, M. Kang, H. Cho, H. Lim, M. Seong // Jpn. J. Ophthalmol. – 2014. – Vol. 58. – N № 3. – P. 244-251.
75. Lee J.Y. An investigation of lateral geniculate nucleus volume in patients with primary open-angle glaucoma using 7 tesla magnetic resonance imaging. [Text] / J.Y. Lee [et al] // Investigative ophthalmology & visual science. – 2014. – Vol. 55. – N 6. – P. 3468-3476.
76. Libby R.T. Libby Susceptibility to neurodegeneration in a glaucoma is modified by Bax gene dosage. [Text] / R.T. Libby [et al] // PLoS Genet. – 2005. – N 1. – P. 17-26.
77. Liu L. Optical coherence tomography angiography of the peripapillary retina in glaucoma. [Text] / L. Liu // JAMA Ophthalmol. – 2015. – Vol. 133. – N 9. – P. 1045-1052.
78. Lumbroso B., Rispoli M. Practical retinal OCT. 1st. edition. [Text]. P. Jaypee brothers medical pub.– 2014. – pp.110
79. Leung C. Optic disc measurements in myopia with optical coherence tomography and confocal scanning laser ophthalmoscopy. [Text] / C. Leung [et al.] // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2007. – Vol. 48. – N 7. – P. 3178-3183.

80. Leung C.K. Evaluation of retinal nerve fiber layer progression in glaucoma: a prospective analysis with neuroretinal rim and visual field progression. [Text] / C.K. Leung [et al.] // *Ophthalmology*. – 2011. – Vol. 118. – N 8. – P. 1551-1557.
81. Malakar M. Optical coherence tomography assisted retinal nerve fibre layer thickness profile in high myopia. [Text] / M. Malakar, S. Askari, H. Ashraf // *J. Clin. Diagn. Res.* – 2015. – Vol. 9. – N 2. – P.NC01-NC03.
82. Medeiros F. Evaluation of retinal nerve fiber layer, optic nerve head, and macular thickness measurements for glaucoma detection using optical coherence tomography. [Text] / F. Medeiros [et al.] // *Am. J. Ophthalmol.* – 2005. – Vol.139. – N 1. – P. 44-55.
83. Medeiros F.A. Comparison of the GDx VCC scanning laser polarimeter, HRT II confocal scanning laser ophthalmoscope, and Stratus OCT optical coherence tomograph for the detection of glaucoma. [Text] / F.A. Medeiros, L.M. Zangwill, C. Bowd, R.N. Weinreb // *Arch. Ophthalmol.* – 2004. – Vol. 122. – N 6. – P. 827-837.
84. Mo Li Optical coherence tomography – A review of the opportunities and challenges for postharvest quality evaluation. [Text] / Li Mo [et al.] // *Postharvest Biology and Technology*. – 2019. – V. 150. – P. 9-18
85. Mwanza J. Rates of abnormal retinal nerve fiber layer and ganglion cell layer OCT scans in healthy myopic eyes: Cirrus versus RTVue. [Text] / J. Mwanza, F. Sayyad, A. Aref, D. Budenz // *Ophthalmic Surg. Lasers Imaging*. – 2012. – Vol. 43. – N 6. – P. 67-74.
86. Mwanza J.C. Ability of Cirrus HD-OCT optic nerve head parameters to discriminate normal from glaucomatous eyes. [Text] / J.C. Mwanza [et al.] // *Ophthalmology*. – 2011. – Vol. 118. – N 2. – P. 241-248.
87. Namavari A. Swept-Source OCT Angiography Identifies Choroidal Neovascularization Arising from a Choroidal Nevus. [Text] / A. Namavari [et al.] // *Ophthalmic. Surg. Lasers Imaging Retina*. – 2018. – Vol. 49. – N 5. – P.360363.
88. Nakayama L. Optical coherence tomography (OCT) angiography of central retinal artery occlusion in the patent cilioretinal artery: a case report. [Text] / L.

- Nakayama, V. Bergamo, L. Silva, N. Moraes // Arq. Bras. Oftalmol. – 2018. – Vol. 81. – N 3. – P. 242-246.
89. Na J.H. Progression of retinal nerve fiber layer thinning in glaucoma assessed by Cirrus optical coherence tomography-guided progression analysis. [Text] / J.H. Na, K.R. Sung, S. Baek, J.Y. Lee, S. Kim // Curr. Eye Res. – 2013. – N 38(3) – P. 386-395.
90. Na J.H. Detection of glaucomatous progression by spectral-domain optical coherence tomography. [Text] / J.H. Na [et al.] // Ophthalmology. – 2013. – N 120(7). – P. 1388-1395.
91. Nucci C. Links among glaucoma, neurodegenerative, and vascular diseases of the central nervous system. [Text] / C. Nucci [et al.] // Progress in brain research. – 2015. – Vol. 221. – P. 49-65.
92. Oddone F. Sector-based analysis with the Heidelberg Retinal Tomograph 3 across disc sizes and glaucoma stages: a multicenter study. [Text] / F. Oddone [et al.] // Ophthalmology. – 2009. – Vol.116. – N 6. – P. 1106-1111.
93. O' Reilly L.A. Membrane-bound Fas ligand only is essential for Fas-induced apoptosis. [Text] / L.A. O' Reilly [et al.] // Nature. – 2009. – Vol. 461. – P. 659-663.
94. Öner V. Effect of refractive status on peripapillary retinal nerve fibre layer thickness: a study by RTVue spectral domain optical coherence tomography. [Text] / V. Öner [et al.] // Br. J. Ophthalmol. – 2013. – Vol. 97. – N 1. – P. 75-79.
95. Öner V, Özgür G, Türkyilmaz K, Şekeryapan B, Durmus M. Effect of axial length on retinal nerve fiber layer thickness in children. [Text] / V. Öner [et al.] // Eur J Ophthalmol. –2014. – N 24(2). – P. 265-272.
96. Park S.B. Comparison of glaucoma diagnostic capabilities of Cirrus HD and Stratus optical coherence tomography. [Text] / S.B. Park [et al.] // Arch. Ophthalmol. – 2009. – Vol. 127. – N 12. – P. 1603-1609.
97. Parikh R.S. Normal age-related decay of retinal nerve fiber layer thickness. [Text] / R.S. Parikh [et al.] // Ophthalmol. – 2007. – Vol. 114. – N 5. – P. 921-926.
98. Puliafio C. Imaging of macular diseases with optical coherence tomography. [Text] / C. Puliafio [et al.] // Ophthalmology. – 1995. – Vol. 102. – N 2. – P. 217-229.

99. Pueyo V. Reproducibility of optic nerve head and retinal nerve fiber layer thickness using optical coherence tomography. [Text] / V. Pueyo [et al.] // Arch. Soc. Esp. Oftalmol. – 2006. – Vol.81. – N 4. – P. 205-211.
100. Rojas B. Microglia in mouse retina contralateral to experimental glaucoma exhibit multiple signs of activation in all retinal layers [Text] / B. Rojas[et al.] // Journal of neuroinflammation. – 2014. – N 11 – P. 1-24.
101. Ramirez A.I. The Role of Microglia in Retinal Neurodegeneration: Alzheimer's Disease, Parkinson, and Glaucoma. [Text] / A.I. Ramirez [et al.] // Frontiers in aging neuroscience. – 2017. – Vol. 9. – P. 214.
102. Rao H.L. Optical Coherence Tomography Angiography in Glaucoma. [Text] / H.L. Rao [et al.] // J Glaucoma. – 2020. – N 29(4). – P. 312-321.
103. Rao H.L. Comparison of different spectral domain optical coherence tomography scanning areas for glaucoma diagnosis. [Text] / H.L. Rao [et al.] // Ophthalmology. – 2010. – Vol. 117. – N 9. – P. 1692-1699.
104. Renard J.P. Glaucoma progression analysis by Spectral-Domain Optical Coherence Tomography (SD-OCT). [Text] / J.R. Fenolland, J.M. Giraud // J. Fr. Ophthalmol. – 2019. – N 42(5). – C. 499-516.
105. Rolle T. Diagnostic ability and discriminant values of OCT-angiography parameters in early glaucoma diagnosis. [Text] / T. Rolle, L. Dallorto, M. Tavassoli, R. Nuzzi // Ophthalmic. Res. – 2018. – Vol. 28. – P. 1-10.
106. Rusciano D. Neuroprotection in Glaucoma: Old and New Promising Treatments. [Text] / D. Rusciano [et al.] // Advances in pharmacological sciences. – 2017. – Vol. 2017. – P. 19.
107. Savini G. The influence of axial length on retinal nerve fibre layer thickness and optic-disc size measurements by spectral-domain OCT. [Text] / G. Savini, P. Barboni, V. Parisi, M. Carbonelli // Br. J. Ophthalmol. – 2012. – Vol.96. – N 1. – P. 57-61.
108. Savini G. Detection and quantification of retinal nerve fiber layer thickness in optic disc edema using stratus OCT. [Text] / G. Savini [et al.] // Arch. Ophthalmol. – 2006. – Vol. 124. – N 8. – P. 1111-1117.

109. Sivaraman B. Advances in biomimetic regeneration of elastic matrix structures. [Text] / B. Sivaraman, C.A. Bashur, A. Ramamurthi // Drug delivery and translational research. – 2012. – Vol.2. – N 5. – P. 323-350.
110. Sawada H. Tumor necrosis factor-alpha concentrations in the aqueous humor of patients with glaucoma. [Text] / H. Sawada, T. Fukuchi, T. Tanaka, H. Abe // Investigative ophthalmology & visual science. – 2010. – Vol. 51. – P. 903-906.
111. Schuman J. Optical coherence tomography of ocular disease. [Text] / J. Schuman, C. Puliafito, J. Fujimoto // Thorofare, USA. –Slack Inc. – 2004. – 714 p.
112. Schuman J. Quantification of nerve fiber layer thickness in normal and glaucomatous eyes using optical coherence tomography. [Text] / J. Schuman [et al.] // Arch. Ophthalmol. – 1995. – Vol. 113. – N 5. – P. 586-596.
113. Snirivasan V. High definition and 3dimensional imaging of macular pathologies with high-speed ultrahighresolution optical coherence tomography. [Text] / V. Snirivasan [et al.] // Ophthalmology. – 2006. – Vol. 113. – N 11. – P. 2054-2065.
114. Staurengi G. International Nomenclature for Optical Coherence Tomography (INOCT) Panel. Proposed lexicon for anatomic landmarks in normal posterior segment spectral-domain optical coherence tomography: the INOCT consensus. [Text] / G. Staurengi, S. Sadda, U. Chakravarthy, R.F. Spaide // Ophthalmology. – 2014. – Vol. 121. – N 8. – P. 1572-1578.
115. Sony P. Quantification of the retinal nerve fibre layer thickness in normal Indian eyes with optical coherence tomography. [Text] / P. Sony [et al.] // Indian J.Ophthalmol. – 2004. – Vol. 52. – N 4. – P. 303-309.
116. Sommer A. Clinically detectable nerve fiber atrophy precedes the onset of glaucomatous field loss. [Text] / A. Sommer [et al.] // Arch. Ophthalmol. – 1991. – Vol. 109. – N 1. – P. 77-83.
117. Seong M. Macular and peripapillary retinal nerve fiber layer measurements by spectral domain optical coherence tomography in normal-tension glaucoma. [Text] / M. Seong [et al.] // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2010. – Vol. 51. – N 3. – P. 1446-1452.

118. Schulze A. Diagnostic ability of retinal ganglion cell complex, retinal nerve fiber layer, and optic nerve head measurements by Fourier-domain optical coherence tomography. [Text] / A. Schulze [et al.] // *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* – 2011. – Vol. 249. – N 7. – P. 1039-1045.
119. Takayama K. A novel method to detect local ganglion cell loss in early glaucoma using spectral-domain optical coherence tomography. [Text] / K. Takayama [et al.] // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* – 2012. – Vol. 53. – N 11. – P. 6904-6913.
120. Tan O. Detection of macular ganglion cell loss in glaucoma by Fourier-domain optical coherence tomography. [Text] / O. Tan [et al.] // *Ophthalmology.* – 2009. – Vol. 116. – N 12. – P. 2305-2314.
121. Taş M. Peripapillary retinal nerve fiber layer thickness in hyperopic children. [Text] / M. Taş [et al.] // *Optom. Vis. Sci.* – 2012. – Vol. 89. – N 7. – P. 1009-1013.
122. Tatham A.J. Detecting Structural Progression in Glaucoma with Optical Coherence Tomography. [Text] / A.J. Tatham, F.A. Medeiros // *Ophthalmology.* – 2017. – N 124(12). – P. 57-65.
123. Tsai D.C. Estimating retinal nerve fiber layer thickness in normal schoolchildren with spectral-domain optical coherence tomography. [Text] / D.C. Tsai [et al.] // *Jpn. J. Ophthalmol.* – 2012. – Vol. 56. – N 4. – P. 362-370.
124. Volbracht C. Neuroprotective properties of memantine in different in vitro and in vivo models of excitotoxicity. [Text] / C. Volbracht [et al.] // *Eur. J. Neurosci.* – 2006. – Vol. 23. – N 10. – P. 2611-2622.
125. Weinreb R.N. Primary open-angle glaucoma. [Text] / R.N. Weinreb [et al.] // *Nat Rev Dis Primers.* – 2016. – N 2. – P. 160-167.
126. Wojtkowski M. In vivo human retinal imaging by Fourier domain optical coherence tomography. [Text] / M. Wojtkowski [et al.] // *J. Biomed. Opt.* – 2002. – Vol. 7. – N 3. – P. 457-463.
127. Wu C.W. Early Detection of Primary Open Angle, Angle Closure, and Normal Tension Glaucom in an Asian Population Using Optical Coherence Tomography. [Text] / C.W. Wu [et al.] // *J. Glaucoma.* – 2023. – N 32(3). – P. 195-203.

128. Wu Z. Factors associated with variability in retinal nerve fiber layer thickness measurements obtained by optical coherence tomography. [Text] / Z. Wu [et al.] // Ophthalmology. – 2007. – Vol. 114. – N 8.– P. 1505-1512.
129. Wu C.W. Early Detection of Primary Open Angle, Angle Closure, and Normal Tension Glaucoma in an Asian Population Using Optical Coherence Tomography. [Text] / C.W. Wu, Y.C. Chang, H.Y. Chen // J. Glaucoma. – 2023. – N 32(3). – P. 195-203.
130. Yamada H. Evaluation of the effect of aging on retinal nerve fiber thickness of normal Japanese measured by optical coherence tomography. [Text] / H. Yamada, Y. Yamakawa, M. Chiba, M. Wakakura // Nippon Ganka Gakkai Zasshi. – 2006. – Vol. 110. – N 3.– P. 165-170.
131. Yang Z. Diagnostic ability of macular ganglion cell inner lexiform layer measurements in glaucoma using swept source and spectral domain optical coherence tomography. [Text] / Z. Yang [et al.] // PLoS One. – 2015. – Vol. 10. N 5. – e0125957.
132. Yilmaz H. A Myopic Normative Database for Retinal Nerve Fiber Layer Thickness Using Optical Coherence Tomography. [Text] / H. Yilmaz [et al.] // Journal of Glaucoma – 2022. – N 31(10) – P. 816-825.
133. Yoo Y.C. Changes in peripapillary retinal nerve fiber layer distribution by axial length. [Text] / Y.C. Yoo, C.M. Lee, J.H. Park // Optom. Vis. Sci. – 2012. – Vol. 89. – N 1. – P. 4-11.
134. Zangalli, Camila S. Minimum Rim Width and Peripapillary Retinal Nerve Fiber Layer Thickness for Diagnosing Early to Moderate Glaucoma. [Text] / Zangalli S. Camila [et al.] // Journal of Glaucoma – 2023. – N 32(6). – P. 526-532. 2023. – N 32(6). – P. 526-532.

Публикации по теме диссертации

Статьи в рецензируемых журналах

- [1-А]. Каримов М.Б. К вопросу о врождённой глаукоме в Таджикистане [Текст] / М.Б. Каримов, Ш.К. Махмадзода, Д.Н. Садыкова // Ж. Вестник последипломного образования в сфере здравоохранения. – 2021. – № 2. –

С. 64-67.

[2-А]. Каримов М.Б. Современный взгляд на значение толщины слоя нервных волокон сетчатки в диагностике первичной открытоугольной глаукомы [Текст] / М.Б. Каримов, Ш.К. Махмадзода, П.М. Остонаева // Ж. «Здравоохранение Таджикистана». – 2023. – № 4. – С. 125-133.

[3-А]. Каримов М.Б. Сравнительная оценка толщины слоя нервных волокон сетчатки [Текст] / М.Б. Каримов, Ш.К. Махмадзода, З.Б. Хайдаров, М.Р. Зиёзода // Ж. Медицинский вестник Национальной академии наук Таджикистана. – 2024. – № 1. – С. 18-25.

[4-А]. Каримов М.Б. Толщина слоя нервных волокон сетчатки на разных стадиях первичной открытоугольной глаукомы [Текст] / М.Б. Каримов, Ш.К. Махмадзода, З.Б. Хайдаров, М.Р. Зиёзода // Ж. Вестник последиplomного образования в сфере здравоохранения. – 2024. – № 1. – С. 24-30.

[5-А]. Каримов М.Б. Алгоритм первичной диагностики пациентов с первичной открытоугольной глаукомой в Республике Таджикистан [Текст] / М.Б. Каримов, П.К. Мирахмедова, Ш.К. Махмадзода // Ж. Симург. – 2024. – № 2. – С. 20-32.

[6-А]. Каримов М.Б. Қоидаи ISNT дар гурӯҳҳои синну соли гуногуни тоҷикони этникӣ [Текст] / М.Б. Каримов, Ш.Қ. Махмадзода // Авҷи Зухал. – 2024. – № 2. – С. 67-70.

[7-А]. Каримов М.Б. Толщина перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки при первичной открытоугольной глаукоме [Текст] / М.Б. Каримов, З.Б. Хайдаров, Ш.К. Махмадзода // Азербайджанский офтальмологический журнал. Баку. – 2024. – № 3. – С. 23-28.

[8-А]. Каримов М.Б. Распространённость правила ISNT в разных

возрастных группах нормальной популяции этнических таджиков [Текст] / М.Б. Каримов, З.Б. Хайдаров, Ш.К. Махмадзода // Передовая офтальмология. Ташкент. – 2024. – № 4. – С. 100-101.

Статьи и тезисы в сборниках материалов конференций

[9-А]. Каримов М.Б. Толщина слоя нервных волокон сетчатки на разных стадиях глаукомного процесса [Текст] / М.Б. Каримов, Ш.К. Махмадзода, П.М. Останаева, П.К. Мирахмедова // Материалы 2-го съезда офтальмологов РТ с международным участием «Актуальные проблемы глаукомы в Таджикистане». – 2023. – С. 49-52.

[10-А]. Каримов М.Б. Заболеваемость различной формой первичной глаукомы среди больных по половому признаку [Текст] / М.Б. Каримов, Ш.К. Махмадзода, М.Н. Хашимова // Материалы 2-го съезда офтальмологов РТ с международным участием «Актуальные проблемы глаукомы в Таджикистане». – 2023. – С. 104-107.

[11-А]. Каримов М.Б. Изменение толщины слоя нервных волокон сетчатки на разных стадиях первичной открытоугольной глаукомы [Текст] / М.Б. Каримов, М.Р. Зиёзода // Материалы XIX научно-практической конференции молодых учёных и студентов ГОУ «ТГМУ им. Абуали ибни Сино» с международным участием «Молодёжь: медицинские инновации: создание будущего сегодня». – 2024. – Т.1. – С. 63.

[12-А]. Каримов М.Б. Значение слоя нервных волокон для определения стадии первичной открытоугольной глаукомы [Текст] / М.Б. Каримов, Ш.К. Махмадзода, З.И. Рахимова // Материалы годичной (72-й) научно-практической конференции «Новые горизонты в медицинской науке, образовании и практике» с международным участием, посвящённой 85-летию ГОУ «ТГМУ им. Абуали ибни Сино». – 2024. – Т.1. – С. 62.

[13-А]. Каримов М.Б. Изменения слоя нервных волокон сетчатки в возрастном аспекте [Текст] / М.Б. Каримов, Ш.К. Махмадзода, З.И. Юнусова // Материалы годичной (72-й) научно-практической конференции «Новые горизонты в медицинской науке, образовании и практике» с международным участием, посвящённой 85-летию ГОУ «ТГМУ им. Абуали ибни Сино». – 2024. – Т.1. – С. 63.

[14-А]. Каримов М.Б. К вопросу о ранней диагностике первичной открытоугольной глаукомы [Текст] / М.Б. Каримов, Ш.К. Махмадзода, З.И. Юнусова // Материалы республиканской научно-практической конференции ГОУ «ХГМУ» (V-годовая), посвящённой 30-летию Конституции Республики Таджикистан. – 2024. – С. 77.

Патент на изобретение

1. Каримов М.Б. Способ устранения хрусталиковых масс / М.Б. Каримов, Х.Дж. Карим-заде, А.Б. Раджабова // № ТЈ 1178 от 11.02.2021 г.

Рационализаторские предложения

1. Каримов М.Б. Усовершенствованный способ применения транссклеральной диод-лазерной циклофотокоагуляции в лечении вторичных посттравматических глауком / М.Б. Каримов, Ш.К. Махмадзода, З.Б. Хайдаров // Рационализаторское предложение (от 18.04.2023 г.) – г.Душанбе – 2023 г.
2. Каримов М.Б. Способ диагностики первичной открытоугольной глаукомы / М.Б. Каримов, Ш.К. Махмадзода, П.К. Мирахмедова // Рационализаторское предложение (от 17.05.2024г.) – г.Душанбе – 2024г.