

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ПЕРВЫЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА И.П. ПАВЛОВА»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

Рахмонов Жахонгир Одил угли

**Сравнительное исследование эффективности и безопасности поверхностной
и подслизистой коагуляции нижних носовых раковин водопоглощаемыми
лазерами (1,94 мкм и 1,56 мкм) при вазомоторном рините**

3.1.3. Оториноларингология

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук, профессор
Рябова Марина Андреевна

Санкт-Петербург – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	14
1.1 Классификация и этиология	14
1.2 Эпидемиология	16
1.3 Патогенез	17
1.4 Диагностика.....	18
1.4.1 Объективный метод диагностики – Риноманометрия	19
1.4.2 Субъективный метод диагностики	21
1.5 Лечение вазомоторного ринита	22
1.6 Лазерная хирургия вазомоторного ринита	23
1.6.1 Введение: Проблема вазомоторного ринита и актуальность лазерных технологий	23
1.6.2 Типы лазеров в ринохирургии: особенности и ограничения	24
1.6.3 Современные тенденции: водопоглощаемые лазеры (1,56/1,94 мкм).....	29
1.7 Обзор литературы как подготовка к экспериментальной части работы.....	32
ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ.....	36
2.1 Материалы и методы эксперимента	36
2.2 Метод экспериментального воздействия лазерного излучения на биологические ткани	38
2.3 Результаты экспериментальной части работы	43
2.3.1 Часть 1 (поверхностное воздействие)	43
2.3.2 Часть 2 (интерстициальное воздействие).....	47
2.4 Вывод и заключение по экспериментальной части работы	49
ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ КЛИНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ..	51
3.1 Дизайн исследования	51
3.2 Методы обследования пациентов	53
3.2.1 Дооперационный этап	53

3.2.2 Послеоперационный этап	55
3.2.2.1 Оценка общей удовлетворенности от операции	55
3.2.2.2 Оценка степени нарушения носового дыхания с помощью опросника NOSE	56
3.2.2.3 Оценка респираторной функции носа. Передняя активная риноманометрия	57
3.2.2.3.1 Методика проведения передней активной риноманометрии	58
3.2.2.4 Оценка мукоцилиарного транспорта. Сахариновый тест	60
3.2.2.5 Эндоскопическая оценка полости носа	61
3.3 Методика лазерной коагуляции нижних носовых раковин у пациентов с вазомоторным ринитом	61
3.3.1 Техника поверхностной коагуляции	64
3.3.2 Техника подслизистой коагуляции	64
3.4 Анализ данных и статистическая обработка результатов	65
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ КЛИНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	66
4.1 Результаты клинической части № 1. Сравнительный анализ эффективности применения двух типов лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) при поверхностной и подслизистой методиках воздействия	67
4.1.1 Сравнение показателей болезненности процедуры по шкале ВАШ при применениях двух типов лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) внутри двух методик воздействия – поверхностной и подслизистой	68
4.1.2 Сравнение показателей суммарного объема потока при применениях двух типов лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) внутри двух методик воздействия – поверхностной и подслизистой)	69
4.1.3 Сравнение показателей по опроснику NOSE при применении двух типов лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) при поверхностной и подслизистой методике воздействия	72
4.1.4 Сравнение показателей мукоцилиарного транспорта при применении двух типов лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) при поверхностной и подслизистой методике воздействия	74

4.1.5 Результаты сравнительной оценки реактивных воспалительных явлений при применениях двух типов лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) внутри двух методик воздействия – поверхностной и подслизистой	77
4.1.6 Вывод по результатам сравнительного анализа при применении двух типов лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) при поверхностной и подслизистой методике воздействия	79
4.2 Результаты клинической части № 2. Сравнение показателей между поверхностными и подслизистыми методиками при применении лазерного воздействия одной длины волны	81
4.2.1 Сравнение переносимости процедуры по шкале ВАШ между поверхностными и подслизистыми методиками при применении лазерного воздействия одной длины волны	82
4.2.2 Сравнение в динамике среднего суммарного объемного потока между поверхностными и подслизистыми методиками при применении лазерного воздействия одной длины волны	84
4.2.3 Сравнение показателей по опроснику NOSE между поверхностными и подслизистыми методиками при применении лазерного воздействия одной длины волны	86
4.2.4 Сравнение показателей мукоцилиарного транспорта между поверхностными и подслизистыми методиками при применении лазерного воздействия одной длины волны	88
4.2.5 Результаты сравнительной оценки реактивных воспалительных явлений между поверхностными и подслизистыми методиками при применении лазерного воздействия одной длины волны.....	91
4.2.6 Вывод по результатам сравнительного анализа между поверхностными и подслизистыми методиками при применении лазерного воздействия одной длины волны	94
4.3 Клинические наблюдения	96
4.3.1 Клинический случай № 1.....	96
4.3.2 Клинический случай № 2.....	101

4.3.3 Клинический случай № 3	105
4.3.4 Клинический случай № 4	110
4.4 Заключение по клинической части	113
ГЛАВА 5. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	115
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	126
ВЫВОДЫ.....	128
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	129
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	131
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	132

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Вазомоторный ринит является хроническим заболеванием, при котором дилатация сосудов носовых раковин и назальная гиперреактивность развиваются под воздействием неспецифических экзогенных или эндогенных факторов, но не в результате иммунологической реакции и не сопряжены с эозинофилией [6]. Этому способствуют ухудшение экологической обстановки, широкая доступность и нерациональное применение лекарственных препаратов, в частности деконгестантов [37, 81].

Существующие методы хирургического лечения вазомоторного ринита, подслизистая дезинтеграция сосудов носовых раковин холодными инструментами и поверхностная коагуляция носовых раковин радиоволновыми инструментами [21, 49, 51] требуют тампонады полости носа и послеоперационного наблюдения в стационаре. С появлением лазерных технологий в лечении вазомоторного ринита выполнение хирургии стало более щадящим, не требуя тампонады и стационарного наблюдения [8, 57, 66]. Несмотря на многолетний опыт лазерной хирургии вазомоторного ринита, разнообразие длин волн и аппаратов с различными возможностями, отсутствуют стандартные методики проведения этого оперативного вмешательства. Среди новейших лазерных аппаратов перспективными для хирургического лечения вазомоторного ринита представляются лазеры водопоглощаемого спектра излучения с длиной волны 1,94 и 1,56 мкм, так как они обладают сбалансированными коагуляционными и абляционными свойствами и обеспечивают надежный гемостаз [7]. Проведено экспериментальное исследование, посвященное сравнению режущих и коагуляционных свойств волоконных лазеров с длиной волны 1,56 и 1,94 мкм с полупроводниковым лазером 0,98 мкм, которое показало в том числе и некоторые отличия биологических эффектов тестируемых водопоглощаемых лазеров между собой [38]. Есть отдельные сообщения о клиническом применении водопоглощаемых лазеров в лечении хронических ринитов, исследованы

клинические эффекты длины волны 1,56 мкм при поверхностном воздействии на носовые раковины в лечении вазомоторного ринита [41]. Длина волны 1,94 пока не исследована в этом отношении. В связи с этим представляется актуальным исследование, посвященное возможностям применения длины волны 1,94 мкм в хирургии нижних носовых раковин поверхностно и интерстициально, в том числе в сравнении с исследованной ранее длиной волны 1,56 мкм.

Степень разработанности темы исследования

Проблема хирургического лечения вазомоторного ринита с использованием лазерных технологий широко освещена в отечественной и зарубежной литературе. Изучены различные типы лазеров (CO₂, Nd:YAG, диодные, КТР и др.), их воздействие на ткани носовых раковин, а также преимущества и недостатки поверхностной и подслизистой коагуляции (Нерсисян М.В. и др. 2022.) Однако, вопросы, связанные с применением водопоглощаемых лазеров с длинами волн 1,94 мкм и 1,56 мкм, их сравнительной эффективностью и безопасностью при различных методах воздействия, остаются недостаточно исследованными. Нет данных о гистологических эффектах, отдалённых результатах и стандартизации параметров воздействия для этих длин волн, что определяет новизну и актуальность настоящего исследования.

Цель исследования

Оценить эффективность и безопасность лечения вазомоторного ринита с помощью водопоглощаемых лазеров длиной волны 1,94 мкм и 1,56 мкм при подслизистом воздействии в сравнении с поверхностной коагуляцией.

Задачи исследования

1. Экспериментально выбрать режим для интерстициального и поверхностного воздействия с лазером длиной волны 1,94 мкм на ткани почки теленка для достижения необходимой глубины коагуляции.

2. Разработать методику подслизистого воздействия лазером с длиной волны 1,94 мкм на нижние носовые раковины при вазомоторном рините.

3. Оценить клинический результат подслизистой коагуляции нижних носовых раковин с использованием длины волны 1,94 мкм и 1,56 мкм в сравнении с поверхностным воздействием длиной волны 1,94 мкм и 1,56 мкм в послеоперационном периоде

4. Оценить отдаленные результаты подслизистого воздействия лазерами с длиной волны 1,94 и 1,56 мкм на носовые раковины при вазомоторном рините в сравнении с поверхностным воздействием лазером длиной волны 1,94 и 1,56 мкм.

Научная новизна

Впервые экспериментально исследованы биологические эффекты поверхностного и интерстициального воздействия лазером с длиной волны 1,94 мкм на ткань почки теленка для выбора оптимального режима лазерирования, позволяющего получить достаточную по глубине коагуляцию ткани с целью запустевания кавернозных сплетений носовых раковин при вазомоторном рините.

На основании экспериментальных исследований разработана методика подслизистого и поверхностного лазерного воздействия с длиной волны 1,94 мкм на нижние носовые раковины у пациентов с вазомоторным ринитом.

Впервые проведена сравнительная оценка эффективности, переносимости и безопасности поверхностного и подслизистого лазерного воздействия с длиной волны 1,94 мкм на нижние носовые раковины у пациентов с вазомоторным ринитом в сравнении с воздействием лазера длиной волны 1,56 мкм.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в экспериментальном изучении режимов лазерного воздействия с длиной волны 1,94 мкм на биологической модели (ткань почки теленка), позволяющих получить максимальную зону коагуляции при минимальной абляции. Проведено

сравнительное исследование эффектов лазерных воздействий на носовые раковины при вазомоторном рините при использовании длин волн 1,94 и 1,56 мкм при различных методах воздействия.

В результате экспериментального исследования были определены оптимальные параметры лазерного воздействия с длиной волны 1,94 мкм. При поверхностном методе воздействия рекомендуется использовать мощность 4 Вт и скорость продвижения волокна 2 мм в секунду, применяя инструмент со сколотым необожженным торцом. Для подслизистого метода воздействия оптимальными параметрами являются мощность 3 Вт и скорость продвижения волокна 4 мм в секунду, также используя инструмент со сколотым необожженным торцом. Данные мощности позволяют получить клинический эффект бескровно с минимальными реактивными явлениями.

Практическая значимость исследования заключается в разработке методики подслизистой лазерной коагуляции нижних носовых раковин с использованием лазера с длиной волны 1,94 мкм. Этот метод, в отличие от поверхностного воздействия, позволяет коагулировать носовые раковины при девиации перегородки носа, когда невозможно выполнять поверхностное воздействие, при гипертрофированных формах носовых раковин, которые не сокращаются после анемизации. Всё это в конечном итоге улучшает результаты хирургического лечения как в раннем, так и в отдаленном послеоперационном периоде.

Практическая ценность исследования обусловлена доступностью отечественного медицинского оборудования для лечебно-профилактических учреждений, а также простотой и эффективностью предложенного метода хирургического лечения вазомоторного ринита. Легкий послеоперационный период не требует специализированного ухода за полостью носа, что способствует снижению нагрузки на медицинские учреждения. Оба метода практически безболезненны и не сопровождаются кровотечениями. Они обеспечивают высокий функциональный результат и минимизируют воспалительные реакции после операции. Преимуществом представленных методик является отсутствие

противопоказаний и возможность оказания помощи пожилым пациентам с сопутствующей соматической патологией.

Методология и методы исследования

В рамках настоящего исследования были применены следующие методологические подходы: экспериментальный метод с использованием биологической модели, морфологический анализ, включающий изучение гистологических препаратов с окрашиванием гематоксилином и эозином, инструментальные методы диагностики, такие как эндоскопия, объективные методы, в частности передняя активная риноманометрия, функциональные исследования, направленные на оценку мукоцилиарного транспорта, а также анкетирование с применением опросника «NOSE».

Проведено рандомизированное проспективное сравнительное исследование. В работе представлены результаты лечения и обследования четырех групп пациентов. Статистическая обработка результатов проводилась с применением критериев достоверности для связанных и несвязанных выборок, учитывая как нормальное, так и ненормальное распределение данных.

Положения, выносимые на защиту

1. Для достижения глубокой коагуляции без абляции при использовании длины волны 1,94 мкм на ткани почки теленка оптимальные параметры при поверхностном воздействии: мощность 4 Вт со скоростью движения волокна 2 мм/сек, при интерстициальном воздействии: мощность 3 Вт со скоростью движения волокна 4 мм/сек.

2. Использование длины волны 1,56 мкм при проведении лазерной коагуляции носовых раковин является более бескровным и менее болезненным, чем при использовании лазера с длиной волны 1,94 мкм. При сравнении эффективности лазерного воздействия двумя длинами волн на носовые раковины через месяц после операции статистически значимых отличий не выявлено.

3. При оценке отдаленных результатов двух методов воздействия для лазера 1,94 мкм отмечено преимущество поверхностного воздействия, а для лазера с длиной волны 1,56 мкм отмечено преимущество подслизистого воздействия, по сравнению с поверхностным.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов представленного диссертационного исследования обосновывается репрезентативностью выборки обследуемых пациентов с вазомоторным ринитом (для достижения статистической мощности исследования в 80% при уровне значимости 5% было произведено вычисление необходимого числа пациентов в связанных выборках), клиническими наблюдениями за пациентами в послеоперационном периоде, применение современных и доступных диагностических методов для сравнения эффективности лазеров с различными длинами волн и методов воздействия.

Основные положения работы доложены на заседаниях кафедры оториноларингологии ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова Минздрава России; 70-й, 71-й научно-практической конференции «Молодые ученые российской оториноларингологии» (Санкт-Петербург, 2024, 2025); XII-й и XIII-й Междисциплинарном конгрессе по заболеваниям головы и шеи (Москва, 2024, 2025); международной конференции 21st INTERNATIONAL CONFERENCE LASER OPTICS ICLO на английском языке (Санкт-Петербург, 2024); I-й и II-й НПК «Университетская медицина в оториноларингологии: междисциплинарные вопросы» (Санкт-Петербург, 2024); XVI конгрессе Российского общества ринологов (Мурманск, 2025); XXIII-й Конгрессе терапевтов и врачей общей практики Санкт-Петербурга и Северо-Западного федерального округа РФ «ТЕРапевтическое Мастерство – 2025 (ТЕРМА – 2025)» (Санкт-Петербург, 2025).

Внедрение результатов работы в практику

Результаты проведенного диссертационного исследования интегрированы в учебный процесс кафедры оториноларингологии с клиникой Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова Министерства здравоохранения Российской Федерации. Кроме того, они применяются в практике научной работы в вышеупомянутой клинике. Практические рекомендации, полученные в ходе исследования, внедрены в лечебный процесс в следующих медицинских учреждениях: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Клинико-диагностический центр с поликлиникой» Управления делами Президента Российской Федерации и ООО «ММЦ Высокие технологии» Клиника Белоостров.

Личный вклад автора

Автором самостоятельно был проведен анализ отечественной и зарубежной литературы по изучаемой теме. Автором лично было проведено анкетирование, а также до- и послеоперационное обследование всех пациентов, вошедших в исследование. Экспериментальная часть также была выполнена лично автором. Диссертант прооперировал всех пациентов и вел их в послеоперационном периоде. Автор выполнил разработку компьютерной базы данных, включающей исследуемые показатели. Самостоятельно провел статистическую обработку результатов экспериментальной и клинической части исследования. Автором лично проведен анализ, интерпретация и изложение полученных данных, формулирование выводов и практических рекомендаций.

Публикации

По теме диссертационного исследования опубликовано пять научных работ, среди которых одна статья включена в международную базу данных научного цитирования Scopus. Три публикации размещены в рецензируемых научных

изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства науки и высшего образования Российской Федерации для публикации основных результатов диссертационных исследований. Дополнительно представлен один тезис на английском языке в журнале *International Conference Laser Optics (ICLO)*.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа изложена на 144 страницах машинописного текста и состоит из введения, четырех глав, общего заключения, выводов и практических рекомендаций. Список литературы включает 110 библиографических источников, в том числе 48 работ отечественных и 62 зарубежных авторов. Диссертация иллюстрирована 31 рисунками и 20 таблицами.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Классификация и этиология

Разнообразие причин и механизмов развития вазомоторного ринита требует дифференцированного подхода в выборе лечебной тактики.

В научной литературе хронические риниты делятся на три основных фенотипа: аллергический ринит, инфекционный ринит и неаллергический неинфекционный ринит, который включает вазомоторный или идиопатический ринит [78, 88, 98]. Эта базовая классификация полезна для разграничения этиологии, однако в рамках вазомоторного ринита выделяют более узкие подтипы с учетом провоцирующих факторов.

А.С. Лопатин и соавторы предлагают выделять формы вазомоторного ринита в зависимости от причин и механизмов: медикаментозный, гормональный, рефлекторный, пищевой, холодовой, психогенный, идиопатический и др. [6, 19]. Эта классификация демонстрирует, что причинами вазомоторного ринита могут быть как внутренние (например, гормональные), так и внешние факторы (воздействие холода, раздражителей), что важно учитывать при подготовке к лечению.

Последние международные документы расширяют классификацию неаллергического ринита, выделяя семь фенотипов: медикаментозный, вкусовой (gustatory), гормональный, неаллергический ринит с эозинофильным синдромом (NARES), сенильный, атрофический, идиопатический [83]. Именно такое дифференцирование помогает понять разнообразие механизмов и определить, какие формы лучше поддаются консервативной терапии, а какие – требуют хирургического вмешательства.

В работе К.С. Авдеевой и коллег выявлена распространенность фенотипов вазомоторного ринита: идиопатический – 39%, медикаментозный – 17%, ринит пожилых, курильщиков и профессиональный – менее четко определены, а также вкусовой, гормональный и лекарственный риниты. Примечательно, что около 20%

пациентов включены в неклассифицированные фенотипы, что говорит о сложности диагностики и необходимости индивидуального подхода в выборе лечебной тактики [102].

F.M. Varoody и соавторы в своем обзоре от 2024 года [87] подчеркивают, что вазомоторный ринит – наиболее частая форма неаллергического ринита (около 80%), вызываемая воздействием химических и метеорологических факторов. В свою очередь предлагается совершенствовать терминологию, чтобы точнее описывать подтипы и их клинические проявления. Кроме того, выделяется смешанный ринит (аллергический ринит + неаллергический ринит), что усложняет и диагностику, и выбор метода лечения.

Формы вазомоторного ринита, связанные с выраженной анатомической или функциональной обструкцией (например, медикаментозный ринит с гипертрофией слизистой, сенильный ринит с нарушением нормальной вентиляции, атрофический ринит с изменениями структуры слизистой) могут требовать хирургической коррекции: вазотомия, редукция или пластика носовых раковин и др.

Идиопатический, гормональный, холодовой и вкусовой риниты чаще должны лечиться медикаментозно. В процессе лечения пациентов с различными фенотипами ринита ключевыми методами являются ирригационно-элиминационная терапия и применение местных сосудосуживающих препаратов. Также важно избегать факторов, которые могут спровоцировать обострение ринита, и обучать пациентов правильному проведению лечения [98]. Хирургия в этих случаях не всегда эффективна и требует тщательного отбора пациентов.

Вазомоторный ринит по своим симптомам напоминает аллергический ринит. Но сравнительный анализ эпителиальных, стромальных и воспалительных маркеров слизистой носа, выявленных при морфологическом исследовании биопсийного материала у пациентов с АР и НАР показал существенное различие на гистологическом уровне в двух группах по степени воспалительного процесса, составу клеток и структурным изменениям слизистой носа, что коррелирует с тяжестью симптоматики и влияет на подходы к лечению [71].

Классификация вазомоторного ринита – это не просто удобный способ систематизации, а практический инструмент, определяющий выбор методов лечения и подготовки к ним. По классификации можно выделить формы, требующие преимущественно консервативной терапии, и те, при которых хирургическое вмешательство не только возможно, но и необходимо, однако с учётом особенностей подготовки. Важно, чтобы врач-оториноларинголог, опираясь на классификацию, разрабатывал индивидуальный план лечения, учитывая этиологию, патологические механизмы и клиническую картину конкретного фенотипа вазомоторного ринита.

1.2 Эпидемиология

В Российской Федерации вазомоторный ринит диагностируется у более чем девяти миллионов человек. Согласно исследованиям, проведенным в других странах, неаллергический неинфекционный ринит наблюдается примерно в три раза реже, чем аллергический. Статистические данные свидетельствуют о распространенности этих заболеваний на уровне 9,6% и 29,8% соответственно. Наиболее распространённым является вазомоторный ринит – он встречается в 77,5% случаев [6].

По наблюдениям, распространенность неаллергического ринита составляет одну треть от распространенности аллергического ринита, поражая ~7% населения США, или ~22 миллиона человек [96]. Хотя хронический неаллергический ринит составляет примерно четверть случаев ринита и поражает от 20 до 30 миллионов пациентов в Соединенных Штатах, его патофизиология неясна, а диагностические тесты недоступны [101].

Согласно исследованию, проведённому в Нидерландах в 2021 году, хронический ринит встречается у 40% населения. Из них 65% приходится на неаллергический ринит (вазомоторный ринит). Наиболее распространёнными формами вазомоторного ринита являются идиопатический (39%), медикаментозный (14%), профессиональный (8%), связанный с курением (6%),

гормональный (4%), вкусовой (4%) и ринорея пожилых людей (4%). Наименее распространённой формой является лекарственно-индуцированный ринит (1%). Девятнадцать процентов участников исследования не смогли быть отнесены ни к одной из форм неаллергического ринита. В статье отмечается, что вазомоторный ринит имеет сезонный характер и чаще всего встречается осенью и зимой [102].

Исследование демонстрирует, что около 70,7% опрошенных страдают от хронического ринита. При этом вазомоторный ринит особенно часто встречается у определённых групп людей. Например, вазомоторный ринит, вызванный простудой, был обнаружен в 75% случаев, причём чаще он встречался у женщин (77,6%), чем у мужчин (22,4%). Большинство пациентов (32,2%) сообщили о применении лекарств для лечения вазомоторного ринита. Однако в исследовании также отмечается, что 7,7% пациентов имеют зависимость от сосудосуживающих препаратов [12].

1.3 Патогенез

Считается, что в развитии вазомоторного ринита играют роль сосудисто-нервные вегетативные нарушения, которые влияют на тонус сосудов в слизистой оболочке носа. У больных аллергическим ринитом нарушены механизмы регуляции расширения сосудов, которые зависят от эндотелия (эндотелий-зависимая вазодилатация). А у больных с вазомоторным ринитом нарушены механизмы расширения сосудов, которые не зависят от эндотелия (эндотелий-независимая вазодилатация) [16]. Эндотелий – это клетки, выстилающие внутреннюю поверхность кровеносных сосудов. Они выделяют вещества, которые помогают сосудам расслабляться и расширяться [5]. Нарушение эндотелий-зависимой вазодилатации может приводить к снижению продукции оксида азота (NO), что в свою очередь может нарушать расслабление артерий. Это один из механизмов эндотелиальной дисфункции, которая может приводить к гипертонии. Таким образом, нарушения вазомоторной иннервации играют важную роль

в развитии вазомоторного ринита и могут присутствовать при всех формах ринита, кроме атрофического [4].

1.4 Диагностика

Диагностика вазомоторного ринита включает в себя несколько важных этапов, которые помогают отличить это заболевание от других видов ринита. Сначала врач проводит клиническое обследование пациента. При вазомоторном рините обычно наблюдаются симптомы, такие как заложенность носа и насморк. Однако в отличие от аллергического ринита, при вазомоторном рините редко возникают зуд в носу, чихание и покраснение глаз [10]. Важно исключить другие причины ринита, такие как аллергический или инфекционный ринит. Для этого могут использоваться кожные тесты или тесты *in vitro* на сезонные и постоянные аллергены [95]. В настоящее время в медицине используются новые методы диагностики, позволяющие определить чувствительность организма к различным аллергенам. Одним из таких методов является ImmunoCap Phadiatop [71]. Некоторые раздражители, такие как резкие запахи, ароматы и изменения окружающей среды (например, температура и влажность), могут вызывать симптомы вазомоторного ринита. Однако у некоторых пациентов могут отсутствовать идентифицируемые триггеры. Это может усложнить диагностику. Из инструментальных методов диагностики используются эндоскопия полости носа и передняя активная риноманометрия. Эндоскопия позволяет определить анатомические аномалии, такие как искривление перегородки носа или патологию носоглотки. Для дифференциальной диагностики вазомоторного ринита от гипертрофии носовых раковин используется передняя активная риноманометрия с адреналиновой пробой. Кроме того, наличие сосудистого резерва является основным критерием в постановке диагноза вазомоторный ринит. Только с помощью анемизации нижних носовых раковин мы определяем улучшение потока воздуха при передней активной риноманометрии [14].

1.4.1 Объективный метод диагностики – Риноманометрия

Активная риноманометрия появилась в 1958 году благодаря трудам А. Semares, который заложил основу для количественной оценки сопротивления носового дыхания. В 1965 году Н. Masing предложил динамически оценивать сопротивление дыханию через нос, учитывая ритмичность и изменение физиологических параметров в процессе дыхания. С тех пор активная риноманометрия стала ключевым методом как в научных исследованиях, так и в клинической практике оториноларингологии [2, 48].

Основные виды риноманометрии:

- активная передняя риноманометрия – наиболее распространенный и стандартизированный метод. Он измеряет перепад давления и воздушный поток при естественном носовом дыхании через носовую маску. Измерения проводятся поочередно для каждой половины носовой полости, что позволяет оценить проходимость и сопротивление воздушному потоку отдельно справа и слева [14, 48];
- активная задняя риноманометрия – измеряется сопротивление носоглотки на уровне задних отделов дыхательных путей, требует более сложного оборудования;
- пассивная риноманометрия – менее предпочтительный метод, использующий механическое нагнетание воздуха и фиксированное давление воздуха без активного дыхания пациента.

По стандартам Международного Комитета, по Объективной Оценке Носового Дыхания (ISOANA, 1983), передняя активная риноманометрия является более физиологичной и точной.

Метод активной передней риноманометрии базируется на измерении перепада давления воздуха и объемного потока в процессе естественного дыхания через нос. Для этого используется специальная маска, которая герметично закрывает одну ноздрю, а через другую проводится анализ. Затем измеряется сопротивление носовых путей. Для расчёта этого показателя используется

формула, которая учитывает плотность воздуха, скорость потока и коэффициент турбулентности воздуха в носовой полости [1].

Этот метод позволяет объективно оценить степень обструкции носовых путей в каждой половине носа. Также он помогает отслеживать изменения сопротивления дыханию до и после лечения. Это помогает оценить эффективность терапии и при необходимости скорректировать лечение [32].

Кроме того, метод активной передней риноманометрии позволяет выявить асимметрию носового дыхания и сопоставить жалобы пациента с субъективными данными.

При проведении передней активной риноманометрии определяются показатели суммарного сопротивления (СС) при постоянном давлении 150 Па/см³/с и суммарный объемный поток (СОП). Дыхательный маневр (вдох или выдох) должен быть достаточно интенсивным, но не резким (длительность 1-2 секунды) и с постоянным усилием. В противном случае на графике могут получаться петли, свидетельствующие о неравномерности потока. Глубина дыхания должна быть достаточной для преодоления отметки в 300 Па по давлению. Другими словами, максимальное давление в ходе маневра должно немного превышать 300 Па. Если во время выполнения маневра кривая ПОТОК-Давление не превосходит значение 300 Па, пациенту следует дать команду дышать глубже [31].

Включение передней активной риноманометрии в диагностический алгоритм позволяет различать формы вазомоторного ринита, в какой-то степени прогнозировать эффект от лечения, оценивать функциональный эффект лечения и принимать решения по оперативному вмешательству.

Тест с применением α_2 -адреномиметиков помогает определить потенциал слизистой к снижению отека, что важно для прогноза исхода операции и выбора метода хирургии [13].

Данные риноманометрии дают основание рекомендовать операцию при сохранении высокого сопротивления прохождению воздуха даже после

оптимального медикаментозного лечения (например, при медикаментозном рините или выраженной гипертрофии нижних носовых раковин).

Для детей и пациентов с трудным контактом методика требует адаптации, однако современные приборы с силиконовыми масками и быстрое тестирование делают процедуру максимально удобной и информативной.

1.4.2 Субъективный метод диагностики

В настоящее время всё большее значение приобретают субъективные методы диагностики при оценке результатов лечения. Они позволяют понять, как операция влияет на самочувствие пациента и выраженность симптомов.

Хирургические вмешательства в ринологии направлены на улучшение качества жизни пациентов, поэтому субъективные методы диагностики важны для оценки удовлетворённости пациента лечением [50]. В отечественных публикациях чаще используются визуальные аналоговые шкалы (ВАШ) и балльные шкалы, в то время как в зарубежных – специализированные опросники. Специализированные опросники помогают отслеживать небольшие изменения в качестве жизни. Отсутствие единых стандартов приводит к увеличению количества разрабатываемых шкал. В 64% зарубежных публикаций используются опросники NOSE или SNOT [43]. Опросники могут содержать от 5 до 100 вопросов, что влияет на удобство и приверженность пациентов. Важно корректно переводить и подтверждать валидность опросников на другие языки. Для раннего послеоперационного периода чаще используются ВАШ и балльные шкалы. Визуальные аналоговые шкалы используются для количественной оценки субъективных ощущений. Они представляют собой прямую линию с отметками, соответствующими выраженности симптома. Наиболее распространены для оценки болевых ощущений.

Для общей оценки качества жизни разработаны специальные опросники, которые не связаны с определённым заболеванием. Это позволяет сравнивать изменения в качестве жизни при различных заболеваниях.

Чтобы оценить эффективность хирургического лечения, например, после функциональной операции в полости носа, применяется опросник NOSE (Nasal obstruction symptom evaluation), состоящий из пяти пунктов, которые оценивают различные жалобы по пятибалльной шкале Ликерта [62, 93]. Полученные баллы суммируются и умножаются на пять, что позволяет проводить анализ на основе 100 баллов. Возможные результаты оценки степени удовлетворённости носовым дыханием: носовое дыхание удовлетворительное (диапазон 5-25 баллов, NOSE-1); умеренная степень неудовлетворённости (диапазон 30-50 баллов, NOSE-2); средняя степень неудовлетворённости (диапазон 50-75 баллов, NOSE-3); высокая степень неудовлетворённости (диапазон 80-100 баллов, NOSE-4) [86].

1.5 Лечение вазомоторного ринита

На сегодняшний день этиопатогенез вазомоторного ринита остается предметом дискуссий, в связи с чем не существует единого подхода к его лечению. Для того чтобы назначить адекватное лечение, необходимо установить причину, вызвавшую заболевание. После проведения тщательного анализа мы сможем точно определить этиологический фактор, приведший к развитию вазомоторного ринита. Им может оказаться патология желудочно-кишечного тракта, заболевания околоносовых пазух, анатомические особенности носа или иные причины [6].

Чтобы уменьшить заложенность носа, часто используются местные спреи, такие как оксиметазолин и фенилэфрин. Однако важно помнить, что длительное применение этих средств может привести к повторному возникновению симптомов [94]. Применение деконгестантов при заложенности носа позволяет быстро и эффективно устранить симптомы как объективно, так и субъективно, но длительное их применение противопоказано у ряда пациентов, в частности, с глаукомой, некоторыми заболеваниями сетчатки глаза и т.д. Препараты, содержащие ипратропия бромид способствуют восстановлению носового дыхания и снижению избыточной секреции в носовой полости [20].

Интраназальные стероидные спреи в основном используются для лечения аллергического ринита [35]. Эти спреи не только помогают при аллергии, но и обладают общим противовоспалительным действием. Это означает, что они могут помочь уменьшить отёк в полости носа, даже если причиной не является аллергия. Интраназальные стероидные спреи в целом безопасны для лечения вазомоторного ринита [54]. Однако пациентам следует знать о возможных побочных эффектах, таких как носовое кровотечение и сухость в полости носа [77, 82]. Азеластин при местном применении показал эффективность в лечении симптомов вазомоторного ринита. В литературе также обсуждаются потенциальные возможности применения капсаицина и ботулотоксина которые не зарегистрированы в России [26, 60, 61, 94, 108].

1.6 Лазерная хирургия вазомоторного ринита

1.6.1 Введение: Проблема вазомоторного ринита и актуальность лазерных технологий

Хирургические лазеры классифицируются в зависимости от длины волны излучаемого света. В зависимости от длины волны выделяют ультрафиолетовый, видимый и инфракрасный. Инфракрасный в свою очередь ближний, средний и дальний инфракрасный диапазоны [109]. Длина волны определяет свойства лазера. Лазерное излучение поглощается определёнными молекулами в биологических тканях, которые называются хромофорами.

Наиболее распространёнными хромофорами являются вода (CO_2 , 1,56, 1,94, 2,1) и пигменты, в частности гемоглобин (окси- и дезоксигемоглобин) (0,81, 0,97, 1,06...), а также любые тёмные пигменты. С некоторой степенью условности можно разделить хромофоры на гемоглобиновые и водные [11].

Традиционные хирургические методы лечения данного заболевания имеют ряд недостатков, таких как длительное восстановление, ограниченная возможность проведения процедуры под местной анестезией, необходимость

установки тампонады носа, а также обильные кровотечения как во время процедуры, так и в послеоперационном периоде. Эти факторы способствовали внедрению лазерных технологий в ринохирургию [74].

Цель лазерного воздействия на нижние носовые раковины – уменьшение объема носовой раковины и увеличение объема воздушного потока, уменьшение секреции слизистых желез и предотвращение ринореи. Необходимо сохранить достаточное количество функционирующего эпителия, чтобы не нарушился мукоцилиарный клиренс. Слизистая оболочка должна выделять защитные компоненты, такие как интерферон, иммуноглобулины и т.д., чтобы происходил фагоцитоз, адгезия и нейтрализация бактерий и т.д.

1.6.2 Типы лазеров в ринохирургии: особенности и ограничения

В 1977 году немецкий ученый Н. Lenz впервые применил аргоновый лазер для уменьшения нижних носовых раковин, что стало основой для последующего использования лазерных систем в хирургии носовых раковин [67, 91]. Сейчас уже никто не сомневается в высокой эффективности, речь идет скорее не о том, какой лазер более эффективен, а как делать операцию более эргономично, бескровно, как делать послеоперационный период более мягким, как избегать краткосрочных и долгосрочных осложнений.

В настоящее время существует несколько различных типов лазерных систем [28]: CO₂-лазер имеет длину волны 10600 нм и хорошо поглощается водой и органическими соединениями. Применяется для рассечения тканей, коагуляции сосудов, а также для удаления полипов и других новообразований.

Однако в ринохирургии его использование не всегда оправдано из-за необходимости дистанционного воздействия и сложности создания подходящего оптического волокна с высокой пропускной способностью [75]. Оптимальным решением является использование зеркального шарнирного манипулятора, но он дорогостоящий, сложный в настройке и чувствительный к ударам и вибрации. В эндоназальной хирургии предпочтительна передача лазерной энергии по

волокну, это позволяет совместить применение хирургического лазера и эндоскопа, обеспечить высокую точность выполнения маневров.

Гольмиевый лазер на основе иттрий-алюминиевого граната (Ho:YAG), функционирующий на длине волны 2100 нанометров, демонстрирует повышенную абсорбцию в водной среде. Он обеспечивает эффективное резание и испарение при контактном применении. Используется для абляции носовых раковин, при хронических ринитах и для лечения рецидивирующих носовых кровотечений.

В литературе описывают возникновение заложенности носа сразу после поверхностного контактного лазерного лечения на длине волны 2100 нм, что коррелирует со степенью образования корочек на слизистой оболочке, которая сохраняется примерно в течение двух недель. Это создает дискомфорт для пациента. Кроме того, некоторые пациенты сообщали о побочных эффектах, таких как сухость и боль в носу после процедуры. Хотя эти побочные эффекты были относительно незначительными, они все же могут повлиять на удовлетворенность пациентов и их выздоровление [58, 73].

Неодимовый лазер (Nd:YAG) генерирует лазерное излучение на длине волны 1046 нм. Гемоглобин поглощаемый лазер обладает большой глубиной проникновения (до 6-8 мм) при контактном применении и используется для лечения рецидивирующих носовых кровотечений, особенно связанных с сосудистыми поражениями. Понимание принципов работы лазера Nd-YAG и возможных рисков имеет решающее значение для обеспечения безопасности пациентов во время операции.

В литературе также есть случаи, когда используют систему охлаждения для предотвращения ожогов, но при неправильном управлении она также может создавать дополнительные риски. Так, авторы из Саудовской М. Aqil, A. Ulhaq, A. Arafat (2008) описывают использование данного лазера с использованием зонда Nd:YAG-лазера, оснащённого активной коаксиальной системой охлаждения для снижения температуры его рубинового наконечника. Пациентке 47 лет с индексом массы тела 33 кг/м², страдающей синдромом обструктивного апноэ во сне

(СОАС), была назначена тонзиллэктомия, увулопалатопластика и подслизистая коагуляция нижних носовых раковин в условиях общей анестезии. Последним этапом была выполнена, как пишут, подслизистая коагуляция нижних носовых раковин с использованием вышеописанной охлаждающей системы. Через 20 минут после начала интраназальной подслизистой коагуляции с использованием Nd:YAG-лазера произошло внезапное снижение концентрации углекислого газа в конце выдоха (ETCO₂) с 34 до 8 мм рт. ст. Наиболее вероятной причиной остановки сердца в данном случае была венозная воздушная эмболия, вызванная системой воздушного охлаждения лазера Nd:YAG. После анализа данных был сделан вывод, что возможной причиной попадания воздуха в систему кровообращения было непреднамеренное введение рубинового наконечника в кавернозное сплетение носовой раковины [107].

В начале 1990-х годов М.С. Плужников применял методику лечения вазомоторного ринита с использованием Nd:YAG-лазера. Предлагался последовательный этапный подход к лазерному лечению нижних носовых раковин. На первом этапе применялось точечное контактное воздействие на наиболее чувствительные зоны раковины мощностью около 4 Вт. При недостаточной эффективности через месяц предлагался второй этап, который включал продольные коагуляционные контактные воздействия вдоль всей нижней носовой раковины с увеличением мощности до 6 Вт. При недостаточной положительной динамике, которую оценивали в сроки 1 месяца рекомендовалось третье, интерстициальное подслизистое воздействие мощностью 8 Вт для глубокой коагуляции и уменьшения объема носовой раковины. Такая тактика оптимизировала эффективность процедуры, минимизировала травматичность и адаптировала уровень вмешательства под реакцию пациента. Опыт клинического применения подтвердил эффективность методики [24, 25]. Недостаток этого метода — выраженная воспалительная реакция, сопровождавшаяся отеками реактивными процессами с расстройством микроциркуляции, а также длительный срок заживления послеоперационной раны.

На сегодняшний день не существует единого стандарта хирургического лечения вазомоторного ринита. Однако среди лазерных систем для коагуляции нижних носовых раковин часто используются гемоглобин-поглощаемые лазеры с длинами волн 810 нм и 970 нм. Это объясняется тем, что данный диодный гемоглобин-поглощаемый лазер уже давно присутствует на рынке. Кроме того, существует множество научных работ и публикаций, посвященных использованию этого метода и изучению лазеров с указанными длинами волн [15, 27].

Доктора медицинских наук Т. Harju, и J. Numminen в своей статье, опубликованной в 2022 году, описывают лечение вазомоторного ринита диодным лазером. Настройки были следующими: длина волны 0,98 мкм, выходная мощность 6 Вт в режиме непрерывной волны и подача лазерного излучения по волокну 600 мкм в «контактном» режиме. На слизистой оболочке были нанесены четыре параллельные полосы путем проведения волокна от заднего к переднему вдоль медиального края передней половины нижней носовой раковины. В свою очередь авторы исследования утверждают, что по истечении трехлетнего периода после проведения лечения с использованием диодного лазера, как субъективные, так и объективные показатели продемонстрировали положительную динамику, сопоставимую с применением других методов хирургического лечения [69].

В свою очередь ряд авторов подробно исследовали влияние способа обработки торца оптического волокна на биологические эффекты лазера с длиной волны 0,97 мкм при лазерной коагуляции тканей [7]. Ключевым выводом исследования является тот факт, что подготовка торца световода перед хирургическим воздействием имеет критическое значение для прогнозируемости и эффективности лазерной коагуляции. Ровно сколотый и своевременно обработанный (обожженный) торец волокна позволяет формировать стабильную и равномерную зону коагуляции, обеспечивая контролируемое и щадящее воздействие на ткань. В то же время неравномерно поврежденный или загрязненный продуктами горения торец ухудшает фокусировку лазерного пучка, вызывает рассеивание излучения и нестабильность биологических эффектов,

что может привести к неравномерному разрезу, чрезмерному термическому повреждению тканей и осложнениям.

Однако у лазеров с длиной волны 0,97 и 0,98 мкм есть один существенный недостаток: он не очень хорошо поглощается биологическими тканями. Из-за этого его излучение может проникать достаточно глубоко в ткани, что может привести к интраоперационному кровотечению, необходимости тампонады полости носа, также к образованию большого количества корок и длительному периоду реактивных воспалительных явлений в зоне воздействия.

Существуют различные диодные лазеры с длинами волн от 445 до 1470 нм. Широко используется 0,81, 0,98 и 1,47 мкм для интраназальной лазерной коагуляции телеангиэктазий, лечения хронических ринитов, септопластики и удаления полипов [18].

Титанилфосфатный лазер (КТР): имеет длину волны 532 нм и схожие свойства с аргоновым лазером. Применяется для уменьшения размеров носовых раковин, трансканаликулярной дакриоцисториностомии, лечения хоанальной атрезии и остановки кровотечений [76, 80].

Аргоновый лазер работает на длинах волн 488 и 514 нм. Хорошо поглощается гемоглобином и меланином, используется преимущественно для лечения наследственной геморрагической телеангиэктазии [79].

Коротковолновый синий лазер (445 нм) – новый тип лазера, который сочетает в себе преимущества CO₂ и КТР лазеров, обладает выраженными фотоангиолитическими и гемостатическими эффектами. Применяется для коагуляции сосудов и бескровной хирургии. Применение данного лазера в лечении вазомоторного ринита оправдано, если иметь ввиду, что глубина проникновения синего лазера составляет от 1 мм до 3-4 мм [70], а после анемизации нижней носовой раковины толщина слизистой оболочки нижних носовых раковин сокращается у пациентов с вазомоторным ринитом и составляет около 2-3 мм [72]. Хотя исследование показывает, что воздействие синим лазером эффективно в устранении заложенности носа, результаты следует интерпретировать с осторожностью из-за отсутствия сравнения результатов

лазерной коагуляции этим лазером с известными методами лечения вазомоторного ринита [89].

Из новых работ, связанных с бесконтактным воздействием на носовые раковины в лечении вазомоторного ринита, авторы описывают лазер с длиной волны 445 нм, воздействие которого на мощности 10 Вт, продолжительность импульса – 40 мс, а пауза между импульсами – 300 мс. Выполнялись горизонтальные линии вдоль нижней и медиальной поверхностей нижней носовой раковины. После операции в носовые полости были вставлены тампоны, смоченные противоотёчным средством (ксилометазолина гидрохлоридом 0,1%), которые оставались там в течение 5 минут в качестве превентивной меры для обеспечения хорошего гемостаза. Все пациенты хорошо переносили эту процедуру [89].

С появлением новых лазерных систем с другими длинами волн требуется подбор режимов и способов воздействия [109], актуальной задачей является подбор подходящих режимов работы для каждого конкретного лазера и типа вмешательства, с последующей их клинической апробацией.

1.6.3 Современные тенденции: водопоглощаемые лазеры (1,56/1,94 мкм)

В Российской Федерации среди водопоглощаемых лазерных систем в лечении вазомоторного ринита используются тулиевые и эрбиевые лазерные системы. Источником энергии служит диодный (полупроводниковый) лазер, который накачивает энергию в длинный тонкий кварцевый световод. Этот поток тонкого кварцевого волокна легирован ионами тулия (1,94 мкм) или эрбия (1,56 мкм). При изучении данных длин волн в источниках мало информации о применении их в лечении вазомоторного ринита, особенно длины волны 1,94 нм.

Ronald Sroka и другие авторы в 2012 писали об отсутствии осложнений во время операции при использовании лазера с длиной волны 1,94 мкм. После первоначального изменения мощности лазера в диапазоне от 1 до 5 Вт средняя применяемая мощность лазера была установлена равной 3 Вт (общее среднее

значение $\pm$ стандартное отклонение: $3,3 \pm 1,1$ Вт). Среднее время воздействия лазерного излучения во время операции составило $28,0 \pm 8,5$ с (диапазон: 10-40 с), в результате чего общая приложенная энергия составила $90,2 \pm 37,8$ Дж (диапазон: 12-180 Дж). Коагуляционные возможности лазера были оценены как очень хорошие и быстрые. Кровотечения во время лазерного лечения не наблюдалось. Обращение с лазерным устройством было простым и интуитивно понятным, маневры с волокном с использованием системы наведения волокна были простыми. Видимость места обработки была четкой [56]. Зафиксировано значительное уменьшение заложенности носа у всех пациентов на 28-й день после операции, субъективное улучшение носового дыхания у пациентов. Однако объективных исследований не проводилось и отдаленные результаты не исследовались, авторы сообщают о необходимости дальнейших исследований.

Авторы из Кореи S.H. Kang и соавторы опубликовали 2015 году работу, связанную с применением длины волны 1940 нм тулиевым лазером. Манипуляция выполнялась в условиях местной анестезии, Режим лазерной системы был установлен на мощность 3-6 Вт, частота 1000 Гц. Во время операции лазер проводили от заднего к переднему краю нижней носовой раковины под эндоскопическим контролем. Лазерное пятно наносили еще четыре или пять раз на головку нижней носовой раковины в тех случаях, когда головка нижней носовой раковины была большая. После операции была выполнена назальная тампонада с помощью NASOPORE® (Polyganics, Нидерланды). Тампонада была удалена на 1-й день после операции. Затем пациенты находились под наблюдением на 1, 7 и 14-е сутки после операции [55]. В течение первой недели после операции отек значительно уменьшился. Исследование демонстрирует перспективность и безопасность использования 1940-нм тулиевого лазера в хирургическом лечении вазомоторного ринита, однако его результаты ограничены малой выборкой, коротким сроком наблюдения и отсутствием объективных данных, что требует дополнительного многоцентрового и длительного изучения для подтверждения и стандартизации метода.

Во всех работах описывается отсутствие кровотечения в интра- и послеоперационном периоде, а также возможность выполнения под местной аппликационной анестезии в амбулаторных условиях.

В свою очередь, описан метод подслизистого воздействия при лечении вазомоторного ринита, «Подслизистая тулиевая лазерная турбинопластика». В работе использовали лазер с длиной волны 2013 нм, непрерывное излучение, мощность – 2 Вт. Использовалось гибкое оптическое волокно толщиной 365 мкм. Лазерное волокно вводилось в подслизистый слой, и коагуляция выполнялась при удалении волокна под оптическим эндоскопическим контролем. Процедура занимала по 5 минут для каждой стороны [100]. Несмотря на многообещающие результаты и благоприятный профиль безопасности подслизистой лазерной турбинопластики, существуют определенные ограничения, которые необходимо учитывать. В частности, все манипуляции проводились в условиях общей анестезии с эндотрахеальной интубацией. Следует отметить, что исследование включало участие 38 пациентов, что ограничивает статистическую значимость полученных данных. Кроме того, ретроспективный характер исследования требует осторожности при интерпретации результатов. Для широкого внедрения метода в клиническую практику необходимо проведение более масштабных и строго контролируемых исследований.

Все перечисленные методы лазерного воздействия демонстрируют хорошие результаты в снижении симптомов вазомоторного ринита, улучшении носового дыхания и минимизации осложнений. Однако следует отметить, что группа исследования в большинстве работ была небольшой, а наблюдение за пациентами ограничивалось максимум 2-3 неделями после процедуры. Отдаленные результаты, подтверждающие долговременную эффективность и безопасность, до настоящего времени не были систематически изучены. Это подчеркивает необходимость дальнейших масштабных исследований с длительным наблюдением для обоснования стандартов лазерного лечения вазомоторного ринита.

Несмотря на многообразие лазерных технологий и параметров для лечения вазомоторного ринита, ключевая задача современной хирургии – не просто подобрать эффективный лазер, а индивидуализировать технику, минимизировать инвазивность, побочные эффекты и длительность реабилитации, выбирая наименее травматичные, наиболее управляемые и клинически апробированные решения для каждого пациента.

Целью данной работы является исследование применения современных лазерных технологий в оториноларингологии, фокусируясь на их инновационном использовании в лечении вазомоторного ринита. Важность данного исследования заключается в потенциальной возможности улучшения качества жизни пациентов благодаря использованию лазерных методик, обеспечивающих более безопасные и эффективные хирургические вмешательства.

1.7 Обзор литературы как подготовка к экспериментальной части работы

Для безопасного использования лазера, будь то гемоглобин-поглощающий или водопоглощающий, необходимо понимать фототермическое взаимодействие с биологическими тканями. Кроме того, при необходимости следует проводить экспериментальные исследования на биологических тканях для оценки глубины зоны повреждения, чтобы минимизировать риск осложнений.

Фототермическое взаимодействие в тканях преобразует энергию лазерных фотонов в тепло, вызывая испарение, карбонизацию, коагуляцию или плавление. Длина волны лазера определяет глубину воздействия, так как она влияет на поглощение энергии в ткани. Например, Er:YAG-лазеры (2,94 мкм) испаряют ткани, CO₂-лазеры карбонизируют их [92], а Nd:YAG и диодные лазеры коагулируют, поглощая энергию гемоглобином. Глубина воздействия зависит от плотности мощности, времени воздействия, размера пятна, коэффициентов поглощения и рассеяния ткани, а также её теплоемкости и теплопроводности. Вода является основным поглотителем в инфракрасном диапазоне, что влияет на тепловые эффекты и глубину проникновения [87].

Биологические ткани оптически неоднородны: часть света проникает в ткань, часть отражается. Свет затухает из-за многократного рассеяния. Ткани делятся на сильно рассеивающие (кожа, мозг, кровь) и слабо рассеивающие (роговица, хрусталик). Основные источники рассеяния – клеточные мембраны, митохондрии и меланин. Морфология тканей влияет на характер рассеяния [42].

Термическое повреждение является определяющим фактором. Степень изменения тканей после воздействия лазера была исследована с использованием различных методов окрашивания: гематоксилин-эозин; ферментативно-гистохимическая демонстрация АТФазы; ферментативно-гистохимическая демонстрация щелочной фосфатазы. Полученные с использованием трех методов окрашивания печени, не выявили существенных различий в степени выраженности зоны повреждения [110].

В литературе много работ, посвященных экспериментальным исследованиям с использованием полупроводниковых волоконных лазеров, направленных на надежные гистологические измерения в поиске параметров воздействия, вызывающих минимальное термическое повреждение.

Одной из оптимальных биологических моделей для экспериментальных работ является свиная почка: преимуществами является структурная близость к человеческой ткани, удобство, возможность стандартизации эксперимента, изолированная модель без системного кровообращения, экономическая и этическая доступность [65, 103, 104].

В литературе имеются положительные аспекты применения модели печени для экспериментальных исследований. Среди преимуществ данной модели выделяют высокую плотность сосудистой сети и структурную целостность ткани. Модель является универсальной для использования различных типов лазеров, обеспечивает релевантность гистологических данных и отличается доступностью и практичностью в применении [3, 46]. Однако следует отметить, что модель более предпочтительна для использования с лазерами, поглощающими гемоглобин, и обладает плотным поверхностным слоем, который может

затруднять сравнительный анализ глубины воздействия при сопоставлении с нижней носовой раковиной.

Использование куриной мышечной ткани является распространенным и принятым подходом при первичных экспериментах с новыми лазерными системами, так как она эффективно имитирует действие на мягких тканях у человека, прежде чем перейти к более сложным и затратным моделям.

Модель мышечной ткани курицы хорошо подходит для оценки как непрерывного, так и импульсного лазерного излучения при различных мощностях и длинах волн, что позволяет углубленно изучать связь параметров лазера с биологическими эффектами [45]. Мышечная ткань курицы обладает свойствами, близкими к мягким тканям млекопитающих по поглощению лазерного излучения в видимом и инфракрасном диапазоне, что делает ее релевантной моделью для оценки биологических эффектов лазера [47]. Куриная мышечная ткань легко доступна и достаточно недорога, что позволяет проводить большое количество экспериментов без серьезных затрат и сложностей с этическими вопросами по использованию материала. Но, в свою очередь, надо иметь в виду что данная ткань разволокняется при изготовлении гистологических срезов, что затрудняет микроскопическую оценку зону повреждения.

В своей диссертации 2011 года Н.С. Грачев исследовал воздействие КТР лазера на ткани петушиного гребня. Он отметил, что ткань гребня имеет хорошо развитую сосудистую систему, схожую с тканью нижней носовой раковины. В ней присутствуют пещеристые структуры, важные для эректильной функции. Эта ткань обладает уникальными характеристиками. С обеих сторон гребня расположен эпидермис с плотным кератиновым слоем. Под эпидермисом находятся плотные соединительные ткани с переплетёнными коллагеновыми волокнами и многочисленными синусоидальными сосудами. Однако в работе не учитывается, что плотный эпидермис может частично поглощать лазерную энергию, что влияет на глубину повреждения ткани. Исследование ограничивается поверхностным и точечным воздействием, не рассматривая интерстициальное или линейное непрерывное воздействие [9].

В эксперименте по изучению лазера с длиной волны 1,94 мкм, использовали кортикальную ткань головного мозга крыс, поскольку она подходит для успешного хирургического вмешательства благодаря своей васкуляризированной структуре и высокому содержанию воды. Сравнивали точечный импульсный и непрерывный режимы работы лазера 1,94 мкм с длиной волны 0,98 мкм [106]. Хотя оба лазера успешны, исследование показало, что с волоконным лазером с длиной волны 1,940 мкм можно добиться более высокой эффективности абляции и коагуляции при подборе соответствующих параметров, чем с диодным лазером 0,98 мкм. Тем не менее в эксперименте использовали мозговую ткань живых крыс, что потребовало подготовки документации и дополнительных расходов. Кроме того, из-за маленькой площади невозможно было провести интерстициальное или поверхностное линейное воздействие.

Гистологически почки телят и свиньи обладают рядом схожих характеристик, что делает телячью почку также подходящей моделью для экспериментальных исследований. Изучение гистологии показывает, что по размеру и плотности гистологических элементов (например, диаметру канальцев и сосудов) почки телят и свиньи находятся в близком диапазоне, что делает их взаимозаменяемыми в экспериментальных условиях [40]. Хотя у телят почки часто имеют менее выраженное фиброзное строение и немного отличаются по формам и размерам, эти тонкие отличия не влияют существенно на возможность использовать их в лабораторных исследованиях как модель близкую к человеческой ткани [22].

Поэтому телячья почка, как и свиная, может служить надежной моделью в экспериментальной медицине, что подтверждается данными исследований об их гистологическом сходстве с почками других крупных млекопитающих.

ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

2.1 Материалы и методы эксперимента

Экспериментальная часть исследования проводилась на базе кафедры оториноларингологии с клиникой и Научно-исследовательского центра патоморфологии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова.

Целью исследования являлся выбор параметров лазерного воздействия для лечения вазомоторного ринита. Необходим биологический материал, который после лазерного воздействия сохраняет свою целостность при гистологических срезах, позволяет точно определить зоны абляции и коагуляции, а также является свежим и не обсемененным бактериями. В качестве объекта исследования была выбрана корковая часть почечной ткани теленка [68].

Лазерное излучение на длине волны 1,94 мкм хорошо поглощается тканевой водой, которая является основным компонентом почечной паренхимы, что обеспечивает высокую точность и минимальное повреждение окружающих структур.

Корковая часть почки, в отличие от печеночной ткани, имеет более тонкую фиброзную оболочку и не разволокняется при гистологических срезах, что обеспечивает сохранность структуры. Корковая часть почки состоит из сосудистых и клубочковых структур, питаемых корковыми и междольковыми артериями. Все препараты были использованы в исследовании без предварительной заморозки, непосредственно после извлечения почечной ткани, в течение четырех часов.

В исследовании использовалось кварц-полимерное волокно диаметром 600 мкм. С помощью инструмента для снятия изоляции с волокна (стриппера) удалялась защитная оболочка с конца световода (рисунок 1). Затем на расстоянии 0,5 см от конца волокна с помощью насечки на инструменте наносилась поперечная насечка. После этого под прямым углом кончик световода отрезался с помощью инструмента для резки волокна.

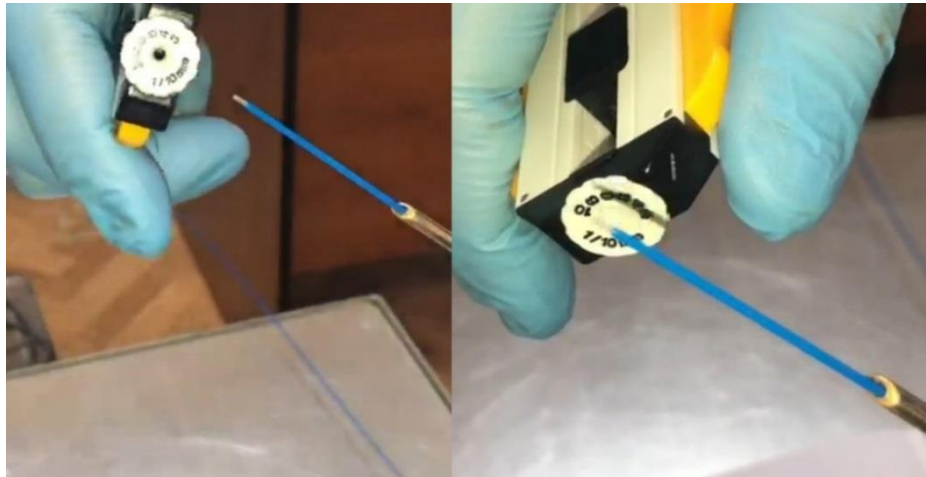
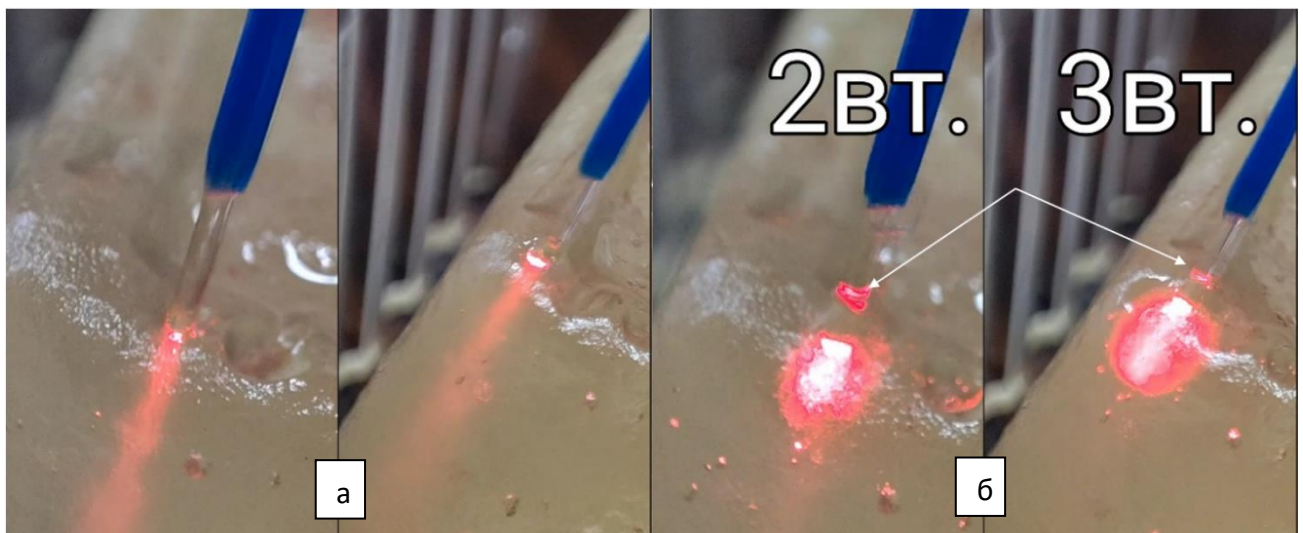


Рисунок 1 – Момент снятия защитной изолирующей оболочки оптоволокна

Для контроля качества скола была проведена оценка формы пятна, образованного маркером. Данный метод позволяет выявить наличие неровностей на сколе, что может привести к рассеянию светового потока, снижению степени фокусировки и уменьшению плотности мощности лазерного излучения. Трещины на торце волокна могут быть обнаружены только в процессе лазерного воздействия (рисунок 2), что может привести к сколу волокна внутри ткани при его применении.



а – оценка сколотого кончика волокна до включения лазерного излучения;

б – оценка волокна после включения лазерного излучения. Стрелкой указана зона трещины, которая не видна, пока не включено излучение.

Рисунок 2 – Оценка кончика волокна на желе яичного белка

2.2 Метод экспериментального воздействия лазерного излучения на биологические ткани

Впервые была экспериментально исследована зона коагуляции и абляции при воздействии лазером с длиной волны 1,94 мкм на ткань почки телят.

Поверхностное воздействие обеспечивает доступную визуализацию кончика волокна и контроль над процессом во время операции. Большинство носовых раковин обладают способностью к эффективному сокращению, при котором сохраняется минимальная толщина кавернозной ткани. Данный метод воздействия способствует минимизации термического повреждения на слизистую оболочку, что является благоприятным фактором для последующего восстановления тканей.

Интерстициальное воздействие было выбрано по нескольким причинам. Во-первых, часто встречаются незначительные искривления носовой перегородки, которые могут затруднить выполнение поверхностного воздействия. Во-вторых, иногда наблюдаются носовые раковины, которые не полностью сокращаются при анемизации. В отличие от резекции части кавернозной ткани, интерстициальное воздействие обеспечивает атравматичное, бескровное и более значительное сокращение нижней носовой раковины без повреждения поверхностного слоя.

Для унификации экспериментальных условий разработана методика предварительной подготовки к воздействию. Длина воздействия была определена заранее. В рамках данного исследования выбрана длина воздействия в 30 мм, что соответствует средней длине нижней носовой раковины, составляющей около 50 мм. Таким образом, параметры длины воздействия установлены.

Воздействие осуществляется поверхностно с заднего конца носовой раковины. Точка начала, и точка окончания воздействия были определены на биологическом материале. Оптимальная скорость движения волокна в литературе составляет 2 мм в секунду. С использованием формулы:

$$t = S / V, \quad (1)$$

где t – время;

S – расстояние;

V – скорость, был произведен расчет времени, необходимого для выполнения лазерного воздействия со скоростью 2 мм в секунду: $t = 30 \text{ мм} / 2 \text{ мм/с} = 15 \text{ секунд}$.

В результате был разработан метод расчета для осуществления поверхностного воздействия (рисунок 3).



Рисунок 3 – Макроскопическая картина препарата для исследования поверхностного воздействия

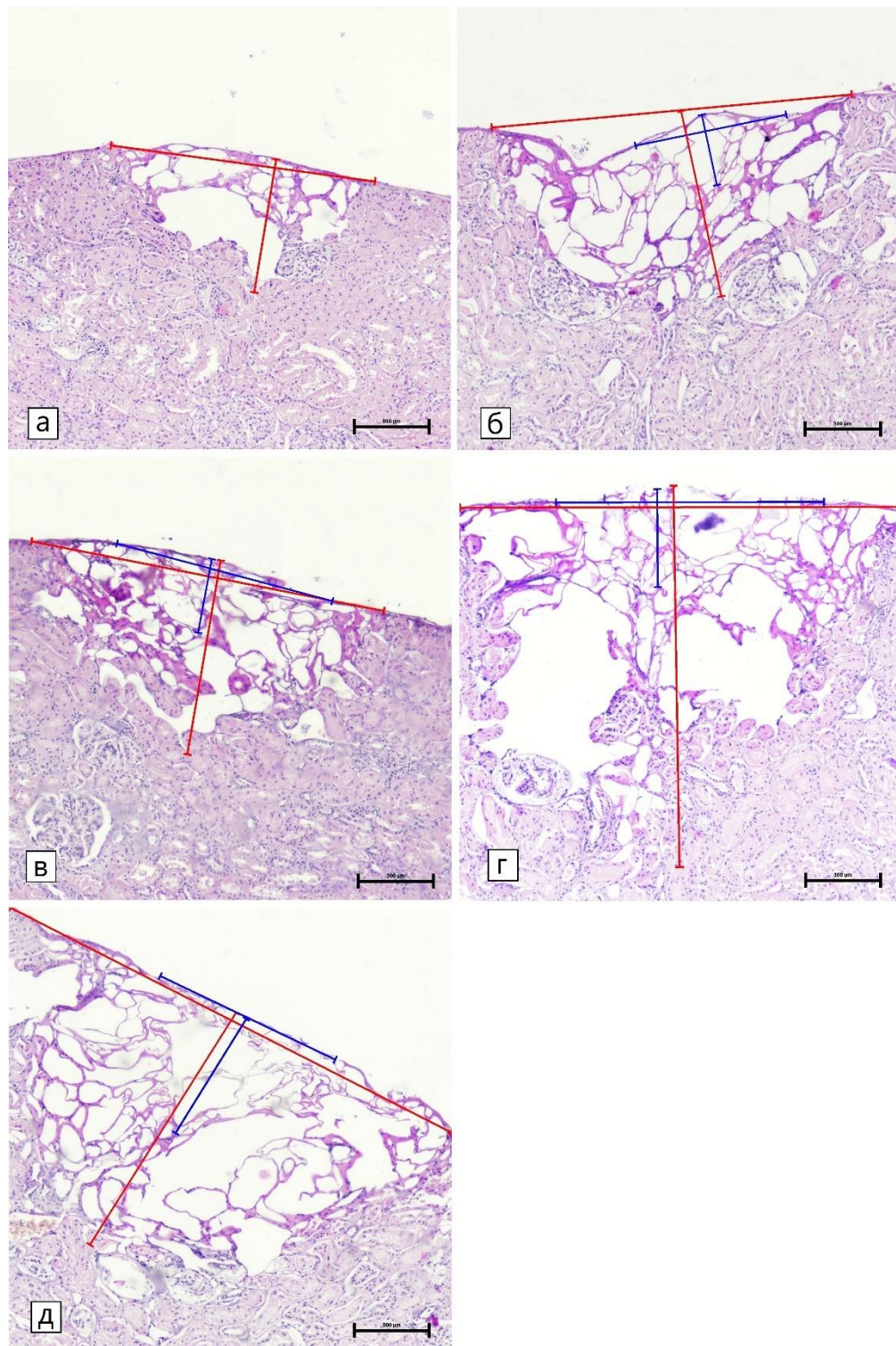
В доступной литературе описаны методики, при которых волокно вводится в толщу кавернозной ткани до достижения необходимой точки, после чего начинается процесс коагуляции до выхода волокна из ткани. Однако такой подход сопряжен с риском возникновения кровотечения при введении волокна в слизистую оболочку. Для минимизации риска кровотечения было принято решение начинать воздействие с момента входа волокна в толщу нижней носовой раковины. При этом для ограничения зоны повреждения скорость введения волокна была увеличена вдвое. Таким образом, интерстициальное введение волокна на расстоянии 30 мм осуществлялось со скоростью 4 мм/с, после чего производилась коагуляция этого же участка в обратном направлении с аналогичной скоростью. Это позволило минимизировать кровотечение из места вкола волокна. Общее время воздействия до достижения глубины 30 мм составляло 7,5 секунд, а обратная коагуляция до выхода кончика волокна занимала такое же время (рисунок 4).



Рисунок 4 – Макроскопическая картина препарата для исследования интерстициального воздействия

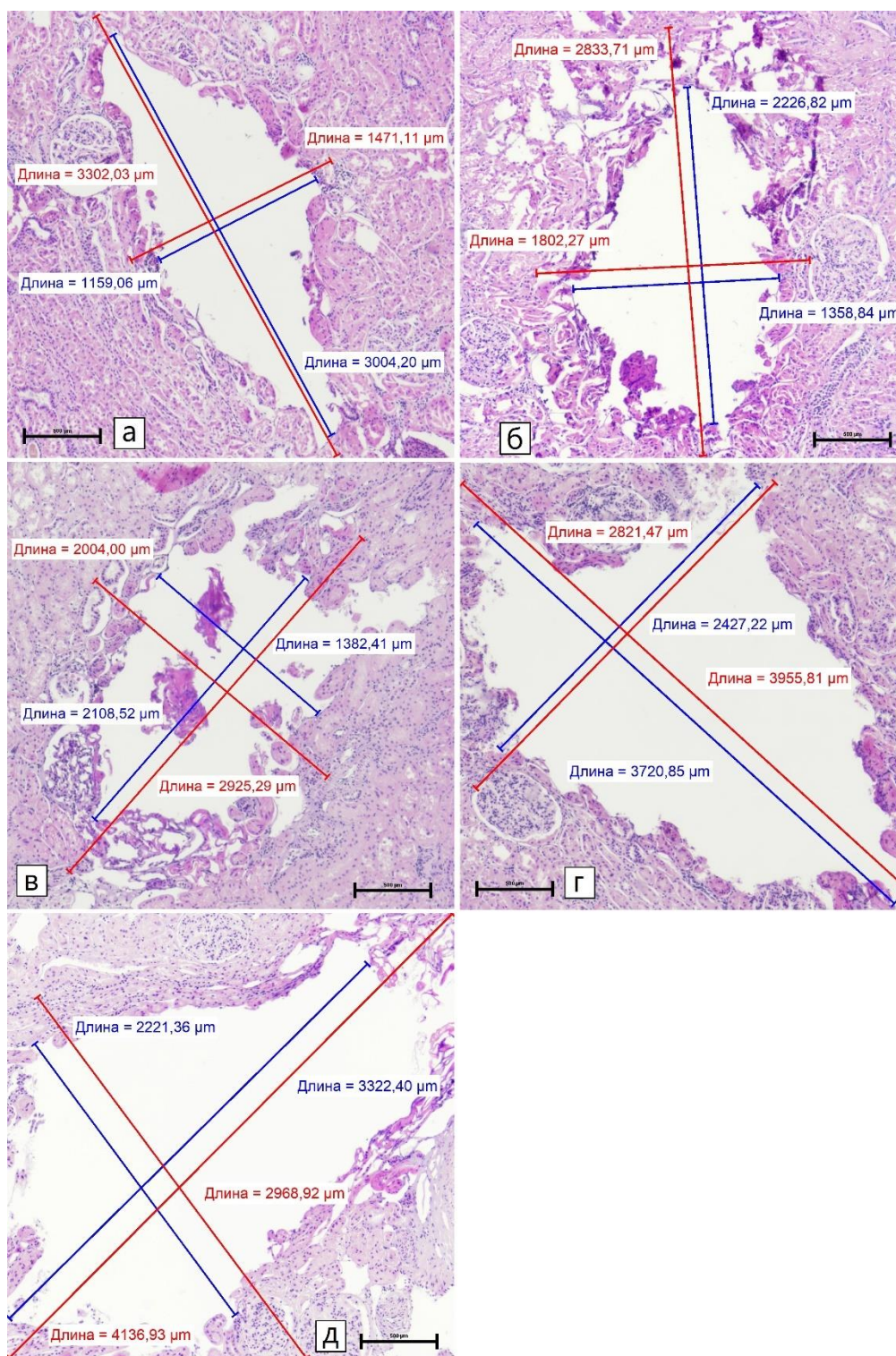
По каждому виду исследования была получено по десять препаратов. Для исследования препаратов использовали окраску гематоксилином Майера и эозином («Биовитрум», Россия). Микроскопический анализ проводили на световом микроскопе Nikon Eclipse Ni (Nikon, Япония) с использованием окуляра 10× и объективов 4, 10, 20×. Запись цифровых изображений выполняли с помощью фотокамеры Nikon DS-Ri2 (Nikon, Япония) при увеличении ×40. Для морфометрического анализа использовали программу Imaging Software Nis Elements Basic Research (Nikon, Япония) (рисунки 5, 6). Выполнен анализ глубины лазерного воздействия в зависимости от мощности лазерного излучения. С учетом гистологических измерений составлены диаграммы в зависимости глубины абляции и коагуляции от мощности лазерного воздействия.

Статистический анализ данных осуществлялся с применением программного обеспечения IBM SPSS Statistics версии 28.0.1, которое является стандартным инструментом для обработки статистических данных. Для выявления различий между относительными и абсолютными показателями применялся U-критерий Манна–Уитни. Критический уровень значимости нулевой гипотезы, предполагающей отсутствие значимых различий и влияний, был установлен на уровне 0,05.



а – на мощности 1 Вт; б – на мощности 2 Вт; в – на мощности 3 Вт; г – на мощности 4 Вт; д – на мощности 5 Вт. Синяя линия – зона абляции, красная линия – зона абляции и зоны коагуляции.

Рисунок 5 – Микроскопическая картина биологической ткани (телячий почки) после поверхностного воздействия лазером длиной волны 1,94 мкм



а – на мощности 1 Вт; б – на мощности 2 Вт; в – на мощности 3 Вт; г – на мощности 4 Вт; д – на мощности 5 Вт. Синяя линия – зона абляции, красная линия – зона абляции и зоны коагуляции.

Рисунок 6 – Микроскопическая картина биологической ткани (телячий почки) после интерстициального воздействия лазером длиной волны 1,94 мкм

2.3 Результаты экспериментальной части работы

2.3.1 Часть 1 (поверхностное воздействие)

При исследовании зависимости ширины повреждения ткани от уровня мощности воздействия установлено, что с увеличением мощности ширина повреждения ткани возрастает. В ходе анализа глубины повреждения было установлено, что при мощности излучения в 4 Вт наблюдается наиболее значительная зона повреждения по сравнению с прочими уровнями мощности. Средняя глубина повреждения составила 1,9 мм, что соответствует толщине кавернозной ткани после проведения процедуры анемизации. Также при оценке ширины и глубины зоны абляции установлено, что увеличение мощности приводит к расширению зоны абляции (таблица 1).

Таблица 1 – Зона поверхностного лазерного воздействия в зависимости от мощности для лазера с длиной волны 1,94 мкм

Зона измерения	Параметры	1 Вт	2 Вт	3 Вт	4 Вт	5 Вт
Ширина повреждения	Ср. знач.	1,68	2,22	2,35	2,99	3,23
	50%	1,70	2,18	2,36	2,98	3,44
	Ст. откл.	0,14	0,13	0,03	0,08	0,36
	Мин	1,46	2,05	2,31	2,85	2,51
	Макс	1,89	2,41	2,40	3,16	3,48
Глубина повреждения	Ср. знач.	0,63	1,05	1,21	1,90	1,56
	50%	0,64	1,04	1,19	1,92	1,51
	Ст. откл.	0,10	0,10	0,16	0,19	0,18
	Мин	0,45	0,93	0,97	1,61	1,27
	Макс	0,74	1,25	1,42	2,15	1,83
Ширина абляции	Ср. знач.	—	0,99	1,36	1,78	2,02
	50%	—	1,01	1,36	1,80	2,04
	Ст. откл.	—	0,05	0,14	0,12	0,09
	Мин	—	0,87	1,11	1,46	1,90
	Макс	—	1,03	1,59	1,91	2,17

Продолжение таблицы 1

Зона измерения	Параметры	1 Вт	2 Вт	3 Вт	4 Вт	5 Вт
Глубина абляции	Ср. знач.	—	0,43	0,50	0,84	1,16
	50%	—	0,43	0,52	0,84	1,14
	Ст. откл.	—	0,10	0,08	0,11	0,08
	Мин	—	0,21	0,37	0,65	1,04
	Макс	—	0,59	0,61	1,03	1,33
Ширина коагуляции	Ср. знач.	—	0,61	0,50	0,60	0,60
	50%	—	0,61	0,49	0,59	0,66
	Ст. откл.	—	0,06	0,08	0,08	0,17
	Мин	—	0,54	0,36	0,52	0,23
	Макс	—	0,70	0,62	0,80	0,76
Глубина коагуляции	Ср. знач.	—	0,63	0,70	1,06	0,40
	50%	—	0,61	0,68	1,09	0,38
	Ст. откл.	—	0,12	0,13	0,13	0,15
	Мин	—	0,47	0,51	0,84	0,23
	Макс	—	0,79	0,90	1,22	0,73

В результате анализа ширины зоны коагуляции не было выявлено статистически значимых различий между уровнями мощности. Ширина этой зоны оставалась практически неизменной при варьировании мощности воздействия. Однако при анализе глубины зоны коагуляции было установлено, что более выраженное проникновение наблюдалось при использовании мощности 4 Вт (рисунок 7).

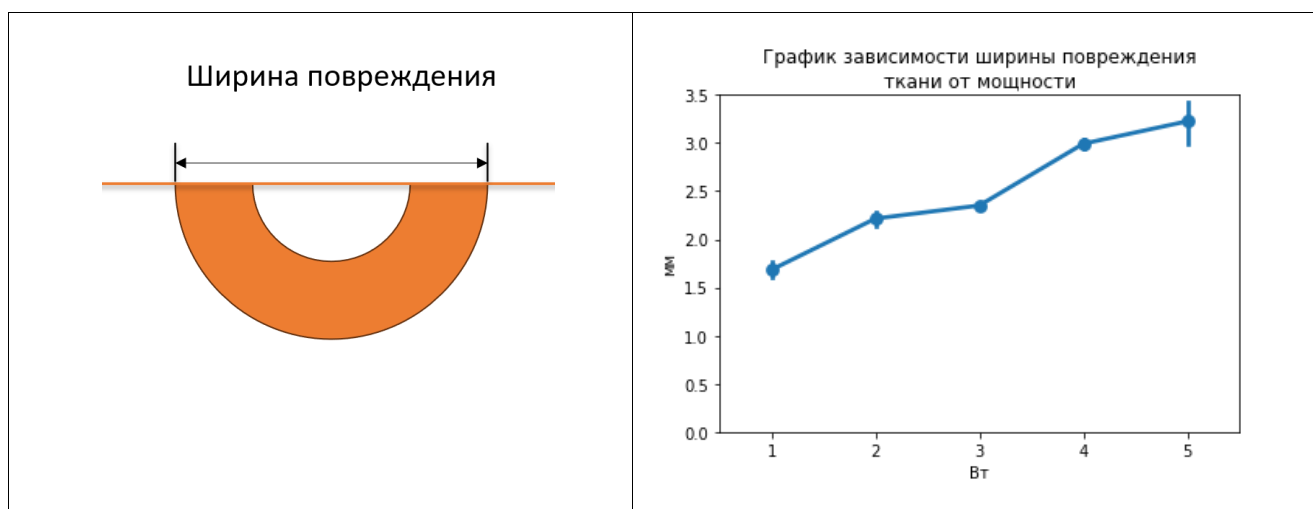


Рисунок 7 – Схема лазерного воздействия в зависимости ширины и глубины зоны поверхностного воздействия от мощности

Продолжение рисунка 7

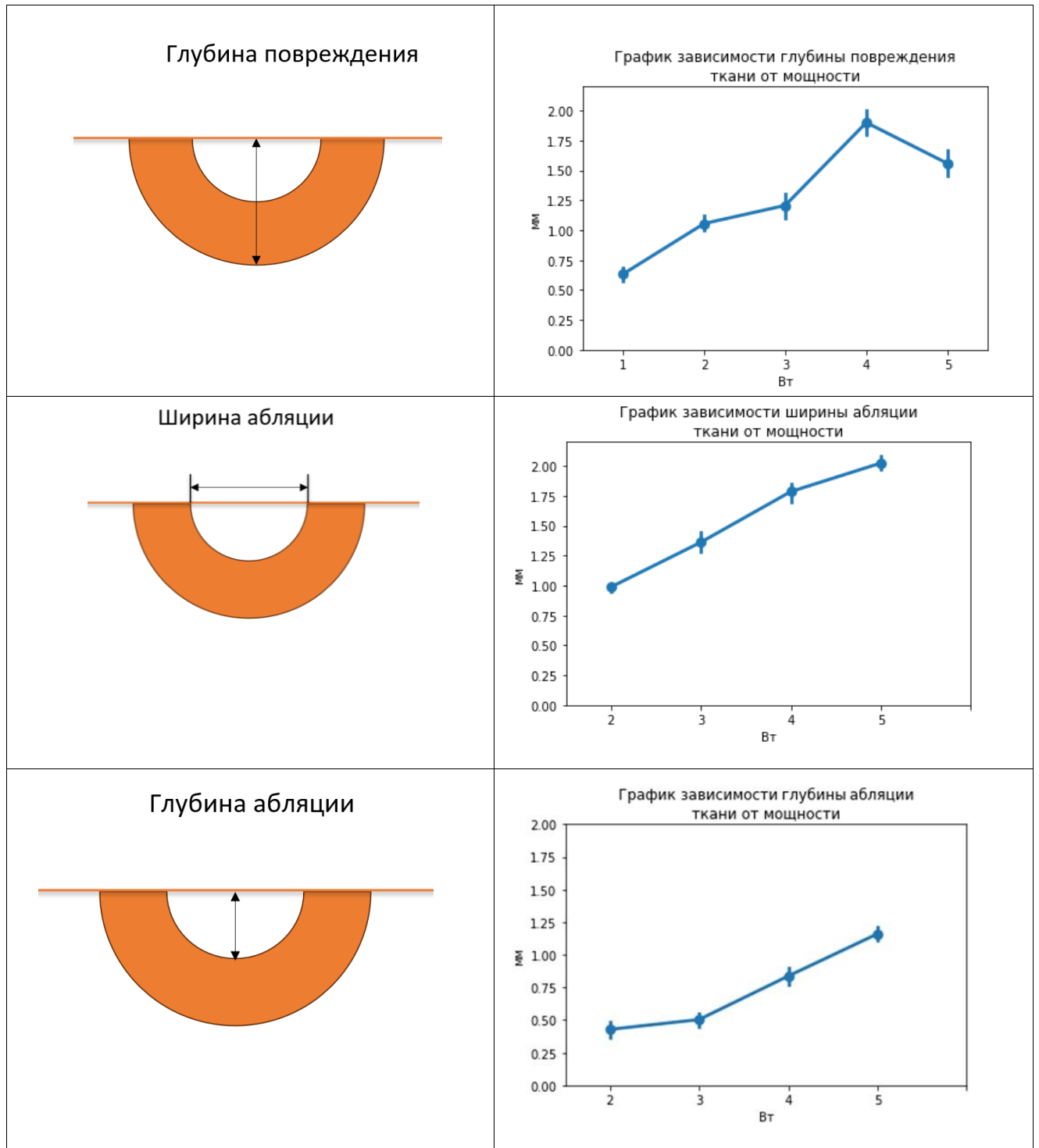


Рисунок 7 – Схема лазерного воздействия в зависимости ширины и глубины зоны поверхностного воздействия от мощности

Продолжение рисунка 7

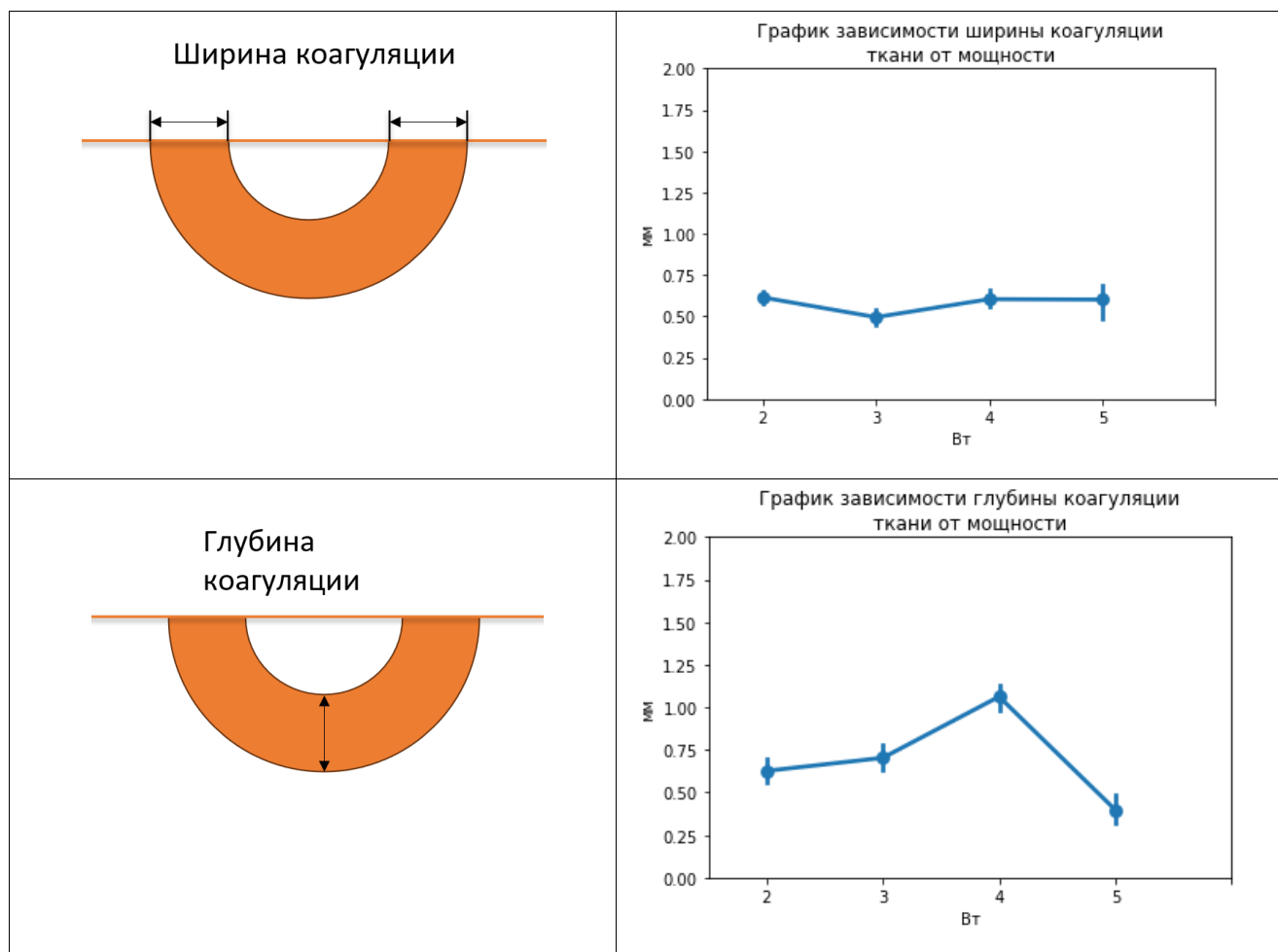


Рисунок 7 – Схема лазерного воздействия в зависимости ширины и глубины зоны поверхностного воздействия от мощности

При анализе данных и в сравнении мощности 3 Вт с 4 Вт, и в сравнении 4 Вт с 5 Вт выявлено статистически значимое отличие, что подтверждает выбор данной мощности (таблица 2).

В мощности 4 Вт зона коагуляции составляла в среднем 55% от общего объёма повреждения, что соответствует более чем половине от общего объёма. Зона коагуляции играет ключевую роль в гемостазе, поэтому использование мощности 4 Вт снижает риск кровотечения при лазерном воздействии по сравнению с другими исследованными уровнями мощности.

Таблица 2 – Сравнение мощности по глубине коагуляции и общего повреждения при поверхностной воздействию.

Зона повреждения	Мощность	n	M±σ	p*
Глубина коагуляция	3 Вт	10	0,70±0,13	0,001
	4 Вт	10	1,06±0,13	
	4 Вт	10	1,06±0,13	0,001
	5 Вт	10	0,40±0,15	
Глубина общего повреждения	3 Вт	10	1,21±0,16	0,001
	4 Вт	10	1,90±0,19	
	4 Вт	10	1,90±0,19	0,003
	5 Вт	10	1,56±0,18	
Примечание – *– U-критерий Манна-Уитни; n – объем выборки; M – среднее значение, σ – стандартное отклонение.				

2.3.2 Часть 2 (интерстициальное воздействие)

При интерстициальном воздействии площадь зоны повреждения линейно увеличивалась в зависимости от мощности. На мощности 1 Вт средний диаметр зоны повреждения составлял 2,3 мм, а на мощности 5 Вт – 3,3 мм. Зона абляции оценивалась гистологически как оптически пустая область. С увеличением мощности зона абляции также увеличивалась (таблица 3).

Таблица 3 – Зона интерстициального лазерного воздействия в зависимости от мощности для лазера с длиной волны 1,94 мкм

Зона измерения	Параметры	1 Вт	2 Вт	3 Вт	4 Вт	5 Вт
Общая зона	Ср. знач.	2,29	2,37	2,57	2,95	3,33
	Ст. откл.	0,08	0,16	0,10	0,19	0,11
	Мин	2,12	2,15	2,39	2,77	3,21
	Макс	2,39	2,62	2,71	3,39	3,55
Зона абляции	Ср. знач.	1,72	1,70	1,80	2,62	2,80
	Ст. откл.	0,11	0,09	0,17	0,20	0,08
	Мин	1,56	1,55	1,57	2,35	2,68
	Макс	1,86	1,82	2,10	3,07	2,97
Зона коагуляции	Ср. знач.	0,58	0,66	0,77	0,33	0,53
	Ст. откл.	0,16	0,22	0,18	0,16	0,16
	Мин	0,35	0,42	0,47	0,09	0,27
	Макс	0,79	1,07	1,02	0,58	0,78

Вычитая зону абляции из общей зоны повреждения, была определена зона коагуляции, которая гистологически характеризовалась как область с изменёнными клетками, лишёнными ядер. Наибольшая зона коагуляции наблюдалась при мощности 3 Вт. При мощностях 4 и 5 Вт зона повреждения была больше за счёт зоны абляции. В диапазоне мощностей от 1 до 3 Вт наблюдалось поэтапное увеличение как зоны абляции, так и зоны коагуляции. Однако при мощности 3 Вт общая площадь повреждения составляла в среднем 2,5 мм, из которых зона коагуляции занимала 0,77 мм, что составляло более 30% от общей зоны повреждения. Это свидетельствует о наиболее выраженной зоне коагуляции по сравнению с другими мощностями (рисунок 8).

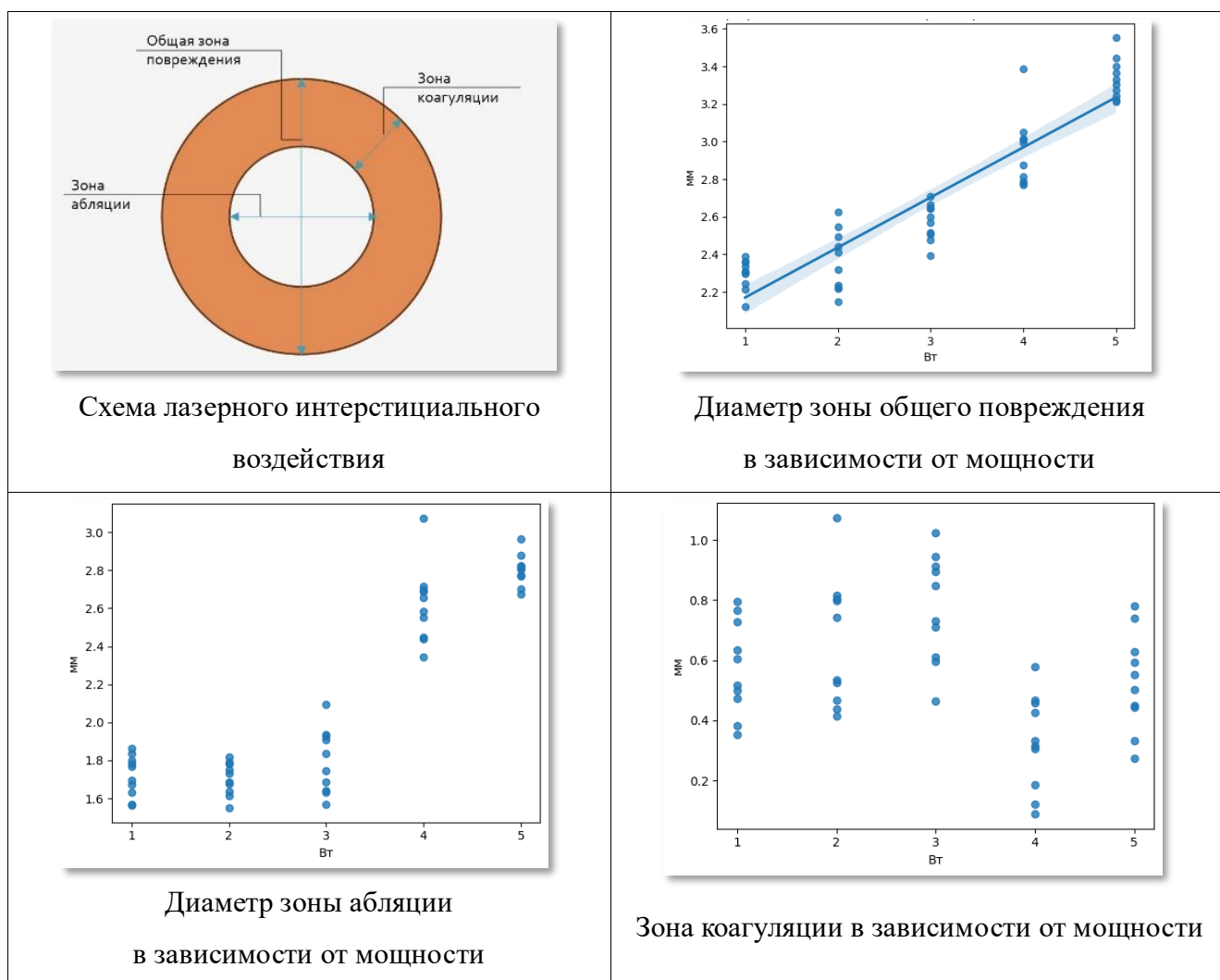


Рисунок 8 – Схема лазерного воздействия в зависимости зоны интерстициального воздействия от мощности

В связи с этим полученные данные были сравнены статистически. Для получения более точного вывода выполнено сравнение мощности 2 Вт с 3 Вт и 3 Вт с 4 Вт. По глубине зоны коагуляции и зоны абляции статистической отличия между 2 Вт и 3 Вт не получено. Однако отмечено статистическое отличие по общей зоне повреждения, что является причиной выбора данной мощности для интерстициального воздействия (таблица 4).

Таблица 4 – Сравнение мощности по зонам повреждения при интерстициальном воздействии.

Зона повреждения	Мощность	n	M±σ	P*
Зона коагуляции	2 Вт	10	0,66±0,21	0,199
	3 Вт	10	0,77±0,18	
	3 Вт	10	0,77±0,18	0,001
	4 Вт	10	0,33±0,16	
Зона общего повреждения	2 Вт	10	2,37±0,16	0,007
	3 Вт	10	2,57±0,09	
	3 Вт	10	2,57±0,09	0,001
	4 Вт	10	2,95±0,19	
Зона абляции	2 Вт	10	1,70±0,09	0,226
	3 Вт	10	1,79±0,17	
	3 Вт	10	1,79±0,17	0,001
	4 Вт	10	2,62±0,20	
Примечание – * – U-критерий Манна-Уитни; n – объем выборки; M – среднее значение, σ – стандартное отклонение.				

2.4 Вывод и заключение по экспериментальной части работы

В ходе проведенного экспериментального исследования были определены оптимальные параметры лазерного воздействия на биологические ткани почки теленка с использованием лазера с длиной волны 1,94 мкм. Экспериментальная часть работы была сосредоточена на анализе влияния различных уровней мощности лазерного излучения на зоны коагуляции и абляции, что имеет важное значение для клинической практики, особенно в контексте лазерной хирургии нижних носовых раковин при вазомоторном рините.

Результаты показали, что увеличение мощности лазера непосредственно влияет на ширину и глубину повреждения тканей. Установлено, что мощность 4 Вт обеспечивает наиболее выраженную зону коагуляции и абляции, что делает её предпочтительной для поверхностного воздействия, где средняя глубина общего повреждения составила 1,9 мм. Это подтверждает, что данная мощность оптимальна для достижения эффективной коагуляции сосудов, что является ключевым фактором в предотвращении кровотечений и минимизации абляции во время процедуры.

Для интерстициальных воздействий оптимальным оказалось использование мощности 3 Вт, что минимизирует риск повреждения тканей и обеспечивает эффективную коагуляцию. При данной мощности зона коагуляции составила 0,77 мм, что превышает 30% от общей зоны повреждения. Это говорит о том, что использование данной мощности позволяет эффективно контролировать гемостаз и минимизировать вероятность кровотечений.

Особое внимание в исследовании было уделено качеству обработки оптоволокну и состоянию его кончика, что непосредственно влияет на точность и безопасность лазерного воздействия. Проверка на наличие сколов и чистоту кончика перед каждым использованием обеспечивает оптимальное распределение энергии и минимизирует риск перегрева и некроза окружающих тканей, способствует воспроизводимости результатов.

Результаты данного исследования подчеркивают важность тщательного выбора параметров лазерного воздействия для достижения максимальной эффективности коагуляции и минимизации абляции. Оптимальные параметры, установленные в ходе эксперимента, могут стать основой для разработки клинических протоколов лазерной хирургии нижних носовых раковин при вазомоторном рините.

ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ КЛИНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Дизайн исследования

Клиническая часть исследования была выполнена на базе клиники оториноларингологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова Минздрава России) с декабря 2023 г. по октябрь 2025 г. В исследование были включены 120 пациентов с диагнозом вазомоторный ринит (код J30.0 по Международной классификации болезней десятого пересмотра, МКБ-10).

Критерии **включения** в исследование:

- наличие симптомов вазомоторного ринита в форме назальной обструкции и ринореи в течение 6 месяцев и более;
- неэффективность консервативного лечения в течение 8 недель и более;
- сосудистый резерв (способность к уменьшению объема) нижней носовой раковины после ее анемизации;
- возраст 18 лет и старше.

Критерии **невключения** в исследование:

- острые заболевания на момент проведения операции и в течение двух недель до нее;
- беременность и в период менструации;
- выраженное искривление перегородки носа, требующее хирургической коррекции;
- наличие перфорации перегородки носа;
- хронические заболевания в стадии декомпенсации;
- другие формы ринита.

Критерии исключения:

- пациенты, не явившиеся на обследование в обозначенные сроки;
- пациенты, перенесшие травму носа в течение года после проведенной лазерной коагуляции.

Проведено рандомизированное проспективное сравнительное исследование динамики послеоперационного периода у пациентов, подвергшихся различным методам коагуляции нижних носовых раковин.

В рамках исследования были применены две методики коагуляции: поверхностная и подслизистая. В качестве инструмента коагуляции использовались лазерные аппараты с различными длинами волн лазерного излучения: 1,56 мкм и 1,94 мкм. Таким образом клиническая часть состояла из 2-х частей.

Первая часть представляла рандомизированное проспективное сравнительное исследование послеоперационного периода у пациентов после подслизистой коагуляции нижних носовых раковин с использованием длины волны 1,94 мкм и 1,56 мкм в сравнении с поверхностным воздействием длиной волны 1,94 мкм и 1,56 мкм.

Вторая часть включала рандомизированное проспективное сравнительное исследование отдаленных результатов подслизистого воздействия лазерами с длиной волны 1,94 и 1,56 мкм на носовые раковины при вазомоторном рините в сравнении с поверхностным воздействием лазером длиной волны 1,94 и 1,56 мкм.

Для достижения статистической мощности исследования в 80% при уровне значимости 5% было произведено вычисление необходимого числа пациентов в связанных выборках. Расчет был выполнен на основе данных из научной литературы, касающихся среднеквадратичного отклонения суммарного объемного потока (СОП), полученного в результате проведения передней активной риноманометрии. Согласно исследованию Е.К. Тихомировой (диссертация, 2022 год), среднеквадратичное отклонение составляет 160 см³/с. Увеличения показателя первичного результата с 700 см³/с в контрольной группе, до 580 см³/с в экспериментальной группе. По данным расчета необходимо было включить

в исследование 56 пациентов и для получения статистически значимых результатов в каждую группу потребовалось включить не менее 28 человек (<https://www.sealedenvelope.com/power/continuous-superiority/>).

Таким образом, мы сформировали 4 группы по 30 человек.

Группа 1 – двусторонняя поверхностная коагуляция нижних носовых раковин лазером длиной волны 1,94 мкм.

Группа 2 – двусторонняя подслизистая коагуляция нижних носовых раковин лазером длиной волны 1,94 мкм.

Группа 3 – двусторонняя поверхностная коагуляция нижних носовых раковин лазером с длиной волны 1,56 мкм.

Группа 4 – двусторонняя подслизистая коагуляция нижних носовых раковин лазером длиной волны 1,56 мкм.

Перед операцией пациенты случайным образом распределялись в группы методом «конвертов». Наблюдение за ними продолжалось в течение одного года. Все участники клинической части исследования были обследованы на предоперационном этапе. Они были «ослеплены» относительно выбора метода воздействия на нижние носовые раковины. Все пациенты подписывали добровольное информированное согласие.

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

3.2 Методы обследования пациентов

3.2.1 Дооперационный этап

Все пациенты, включенные в клиническое исследование, на дооперационном этапе были обследованы:

- анализ жалоб, анамнез заболевания и анамнез жизни. При сборе анамнеза уточнялись у пациентов продолжительность заболевания, длительность и частоту применения сосудосуживающих капель, а также прием на постоянной основе других лекарств и наличие сопутствующих заболеваний;
- общий оториноларингологический осмотр, включая эндоскопию полости носа и носоглотки. Оценивались наличие искривления перегородки полости носа, перфорации перегородки полости носа, также наличие других структур, которые могли требовать хирургической коррекции. Оценивался характер выделений;
- определение сопротивления носовых ходов с использованием передней активной риноманометрии до и после анемизации нижних носовых раковин. Данный метод позволил объективно оценить степень сокращения кавернозного слоя нижних носовых раковин после анемизации. При этом, если до анемизации показатель сопротивления составлял 400 мл/с, а после процедуры показатель улучшился до 900 мл/с, можно было сделать вывод об отсутствии истинной гипертрофии носовых раковин. Кроме того, если после проведения анемизации суммарный поток воздуха превышал нормативные показатели (таблица 4), а пациент отмечал улучшение дыхания, это свидетельствовало о наличии заложенности носа. Данный метод также позволял определить симметричность дыхания обеих половин носа, что было важно для оценки влияния искривления носовой перегородки на носовое дыхание. В случае выявления незначительных искривлений перегородки носа, их значимость определялась на основании данных риноманометрии, которая показывала симметричность дыхания с обеих сторон и соответствующее улучшение дыхательной функции;
- общеклинические исследования (клинический анализ крови, биохимический анализ крови, общий анализ мочи, коагулограмма) – для исключения острого периода заболевания, сопутствующей патологии в стадии декомпенсации, нарушения свертывающей системы крови;
- компьютерная томография околоносовых пазух – для исключения острых и хронических синуситов;

- гематологический тест ImmunoCAP Phadiatop для исключения сенсибилизации к ингаляционным аллергенам (исключение аллергического ринита);
- мукоцилиарный транспорт для обнаружения признаков нарушения транспортной функции слизистой оболочки полости носа, в частности, в области нижних носовых раковин, так как интраназальные деконгестанты увеличивают время мукоцилиарного транспорта в несколько раз [36].

3.2.2 Послеоперационный этап

Мониторинг раннего и отдаленного послеоперационного периода, выполнялся по следующим этапам:

- осмотр через сутки после лазерной коагуляции носовых раковин включал: оценку степени нарушения носового дыхания с помощью опросника NOSE и эндоскопическую оценку состояния слизистой оболочки полости носа;
- осмотр через 7 дней включал: переднюю активную риноманометрию (ПАРМ), оценку времени мукоцилиарного транспорта (сахариновый тест), а также эндоскопическую оценку состояния слизистой оболочки полости носа;
- осмотр через 1 месяц включал: переднюю активную риноманометрию (ПАРМ), оценку степени нарушения носового дыхания с помощью опросника NOSE и оценку времени мукоцилиарного транспорта (сахариновый тест);
- осмотр через 6 месяцев и через 1 год включал: переднюю активную риноманометрию (ПАРМ) и оценку степени нарушения носового дыхания с помощью опросника NOSE.

3.2.2.1 Оценка общей удовлетворенности от операции

Мы анализировали болезненность лазерной коагуляции при помощи визуальной аналоговой шкалы (ВАШ), где 0 баллов – нет боли, а 10 баллов – невыносимая боль.

3.2.2.2 Оценка степени нарушения носового дыхания с помощью опросника NOSE

Субъективная оценка носового дыхания в послеоперационный период проводилась с использованием опросника NOSE (Nasal Obstruction Symptom Evaluation), включающая пять пунктов (таблицу 5).

Таблица 5 – Шкала для оценки симптомов назальной обструкции (NOSE)

Параметр	Нет дискомфорта	Незначительный дискомфорт	Умеренный дискомфорт	Достаточно сильный дискомфорт	Значительный дискомфорт
1. Заложенность носа	0	1	2	3	4
2. Назальная обструкция	0	1	2	3	4
3. Затруднение носового дыхания	0	1	2	3	4
4. Проблемы со сном	0	1	2	3	4
5. Нехватка воздуха при носовом дыхании во время физической нагрузки	0	1	2	3	4

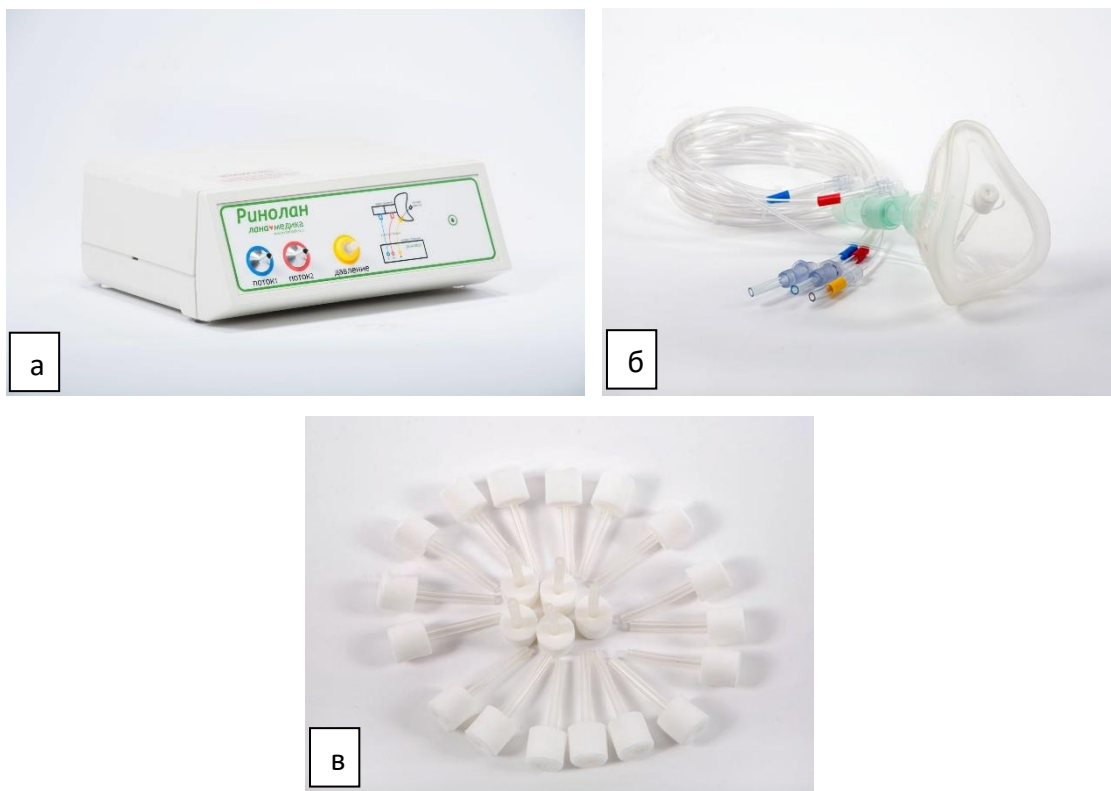
Каждый пункт оценивался по 5-балльной шкале Ликерта. Пациенты заполняли анкету, выбирая ответ, наиболее точно отражающий их текущие симптомы. Полученные баллы суммировались и умножались на 5 для анализа, выраженного в процентах от 100. Результаты оценки степени удовлетворенности носовым дыханием классифицировались следующим образом:

- «Носовое дыхание удовлетворительное» (диапазон баллов 5-25, категория NOSE-1);
- «Умеренная степень неудовлетворенности» (диапазон баллов 30-50, категория NOSE-2);
- «Средняя степень неудовлетворенности» (диапазон баллов 50-75, категория NOSE-3);
- «Высокая степень неудовлетворенности» (диапазон баллов 80-100, категория NOSE-4).

3.2.2.3 Оценка респираторной функции носа.

Передняя активная риноманометрия

Объективная оценка степени выраженности назальной обструкции была проведена с использованием метода передней активной риноманометрии (ПАРМ). Для этого использовался компьютерный риноманометр ПТС-14П-01 «Ринолан», разработанный в России (рисунок 9).



а – риноманометр (блок преобразования ПТС-14П-01); б – трубка пациента риноманометра (расходомер воздуха), воздуховоды риноманометра, маска пациента риноманометра (размер 4, стандартная); в – адаптеры, размер № 2 (15×15 мм).

Рисунок 9 – Прессотахоспирограф ПТС 14П-01 «Ринолан»

Прибор работает на основе принципа, который связывает изменение давления с изменением скорости основного потока. Датчики потока и давления фиксируют колебания и преобразуют их в электрический сигнал. Этот сигнал поступает на блок усилителя, аналого-цифровой преобразователь (АЦП)

и асинхронный передатчик. Передатчик отправляет данные на компьютер через USB.

Программа принимает информацию, анализирует её и отображает результаты на экране. Во время измерений графики скорости потока и давления появляются в главном окне программы. По завершении измерений программа вычисляет значения скорости потока и сопротивления в ключевых точках и представляет их в виде таблиц.

3.2.2.3.1 Методика проведения передней активной риноманометрии

Процедура начинается с инструктажа пациента. Пациенту рекомендовали занять удобное положение, предпочтительно сидя. Для обеспечения точности данных пациенту необходимо было осуществлять дыхание исключительно через одну ноздрю, в то время как противоположная ноздря должна быть закрыта. Важно отметить, что при исследовании левой половины носа адаптер устанавливался в правую ноздрю, а при исследовании правой половины – в левую.

Перед процедурой пациент вставлял носовой адаптер в одну ноздрю и плотно надевал маску пневмотахометра на лицо, избегая давления на переносицу. Чтобы установить правильную изолинию, важно не дышать в трубку в течение первой секунды после начала измерений. После того как пациента просили задержать дыхание на одну секунду, мы нажимали на клавишу ПУСК для начала измерения. Во время маневра пациент делал один или несколько глубоких (давление чуть выше 300 Па) вдохов и выдохов через пневмотахометр с закрытым ртом. Далее данные сохраняли и измеряли таким же образом другую половину носа. Всем пациентам выполнялось исследование на дооперационном этапе до (рисунок 10) и после (рисунок 11) анемизации раствором Sol. Xylometazolini 0,1% 0,5 ml.

В рамках дезинфекционной обработки все компоненты трубок тщательно промывались проточной водой. Затем они помещались в кювету, содержащую 3% раствор перекиси водорода или 1% раствор хлорамина, где выдерживались на протяжении пяти часов.

[illegible]

Рисунок 11 – Графическое изображение результатов ПАРМ
после анемизации у больного Н., 30 лет

После завершения процедуры дезинфекции выполнялась сборка трубок в исходное состояние.

Дополнительно стоит отметить, что одноразовые адаптеры предназначены для однократного использования и не подлежат стерилизации после применения. Они применяются исключительно для обследования одного пациента и не могут быть использованы повторно.

В таблице 6 представлены данные о нормальных значениях показателей риноманометрии (по данным Европейского Ринологического Общества – ERS, 1992).

Таблица 6 – Нормальные значения показателей риноманометрии

Параметр	Норма	Ед. изм.
Суммарный поток при 150 Па	>870	мл/с
Прирост потока между 75,150,300 Па	>35	%
Соотношение потока	1,00-1,50	—

3.2.2.4 Оценка мукоцилиарного транспорта. Сахариновый тест

Для оценки времени мукоцилиарного транспорта был использован сахаринный тест. Исследование проводилось по методу, разработанному Андерсоном (1974) и модифицированному Рутландом (1980).

Для проведения сахаринного теста пациенту предлагалось сесть. На передний конец нижней носовой раковины, отступив 0,5 см от её начала, наносился $\frac{1}{4}$ таблетки сахарозаменитель (Сукразит) , в состав которого входит: 42 мг пищевой соды (56,8%), 20 мг сахараина натрия (27,7%), 12 мг фумаровой кислоты 16,2%. Перед началом процедуры пациент получал инструкцию о том, что ему следует избегать высмаркивания, наклонов головы вперёд и чихания, так как это могло повлиять на результаты теста. Засекали время с момента установки сахараина на передний конец нижней носовой раковины и до появления сладкого привкуса в ротоглотке [17, 53].

Нормальные показатели сахаринного времени для цилиарного эпителия слизистой оболочки нижних носовых раковин варьируют в пределах от 7 до 15 минут [23, 90].

3.2.2.5 Эндоскопическая оценка полости носа

С использованием ригидного эндоскопа с углом обзора 0 градусов (производство компании «Азимут», Россия; длина оптической трубки составляет 180 мм, диаметр – 40 мм) проводилась оценка состояния полости носа, в частности, нижних носовых раковин, через 24 часа и 7 дней после оперативного вмешательства. Исследование выполнялось без предварительной аппликационной анестезии или анемизации слизистой оболочки полости носа.

Оценка состояния проводилась на основании следующих критериев: наличие или отсутствие геморрагического отделяемого, корок на поверхности нижних носовых раковин, отека слизистой оболочки и синехий в послеоперационном периоде.

3.3 Методика лазерной коагуляции нижних носовых раковин у пациентов с вазомоторным ринитом

В рамках исследования на базе кафедры оториноларингологии с клиникой ПСПбГМУ им. И.П. Павлова была проведена процедура поверхностной или подслизистой коагуляции нижних носовых раковин у пациентов с диагнозом вазомоторный ринит. Все операции выполнялись с применением эндоскопического контроля, и волоконного лазера с длинами волн 1,94 мкм и 1,56 мкм. Операции проводил один хирург.

Для проведения поверхностной коагуляции нижних носовых раковин применялась аппликационная анестезия с использованием 10% раствора лидокаина (sol. Lidocaini 10%) и 0,1% раствора адреналина (sol. Adrenalinii 0,1%) (рисунок 12). С помощью стерильного ватного тампона осуществлялось нанесение указанных растворов на всю слизистую оболочку нижней носовой раковины до достижения визуального побледнения слизистой оболочки и уменьшения её объёма. Анестезия считалась адекватной, когда пациент переставал испытывать неприятные ощущения при контакте ватного тампона со

слизистой оболочкой нижней носовой раковины. Для анестезии одной половины полости носа в среднем требовалось 3 ватных тампона.

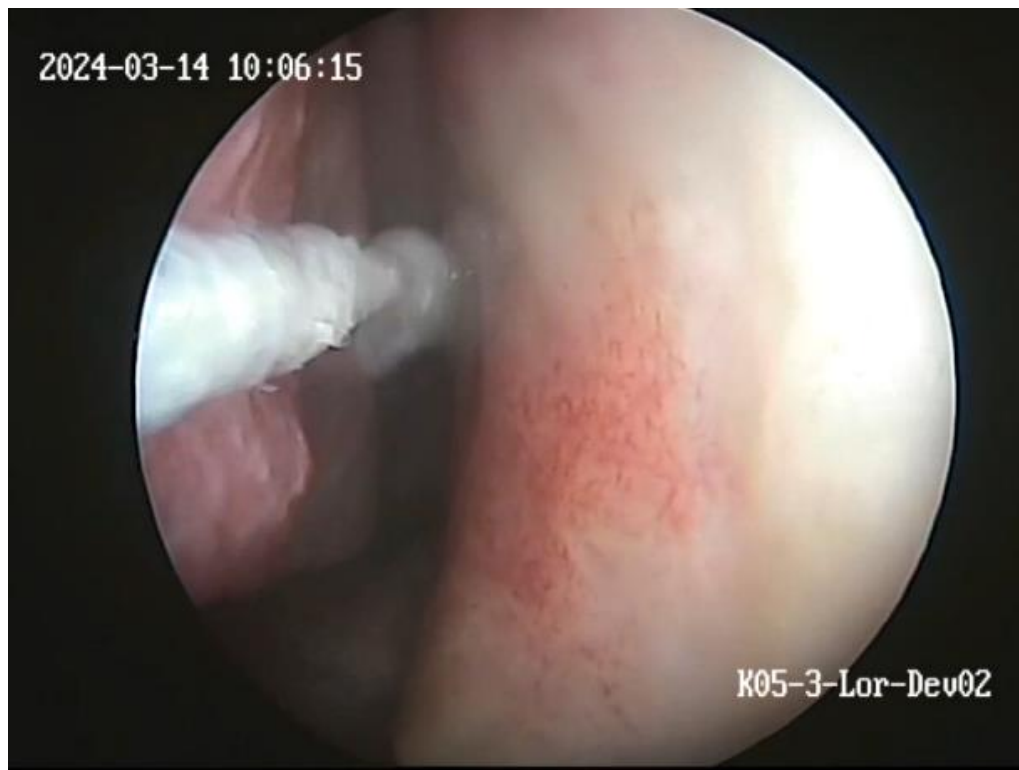


Рисунок 12 – Эндоскопическая картина интраоперационной аппликационной анестезии пациенту Р., 38 лет

Для проведения подслизистой коагуляции также применялась аппликационная анестезия, описанная выше. Дополнительно к аппликационной анестезии выполнялась инъекционная анестезия с использованием 1 мл 1% раствора лидокаина (Sol. Lidocaini 1%) для одной половины носа (рисунок 13).

После этого на место инъекции устанавливался ватный тампон на 1 минуту для достижения гемостаза. Нами было использовано кварц-полимерное волокно диаметром 600 нм. Подготовка кончика волокна было аналогична с подготовкой для экспериментальной части. В результате воздействия загрязнённым (очерненным) торцом оптоволоконна наблюдается повышенное образование карбонизата по сравнению с оптоволоконном, имеющим очищенный и незагрязнённый торец (рисунок 14), эффект воздействия меняется.

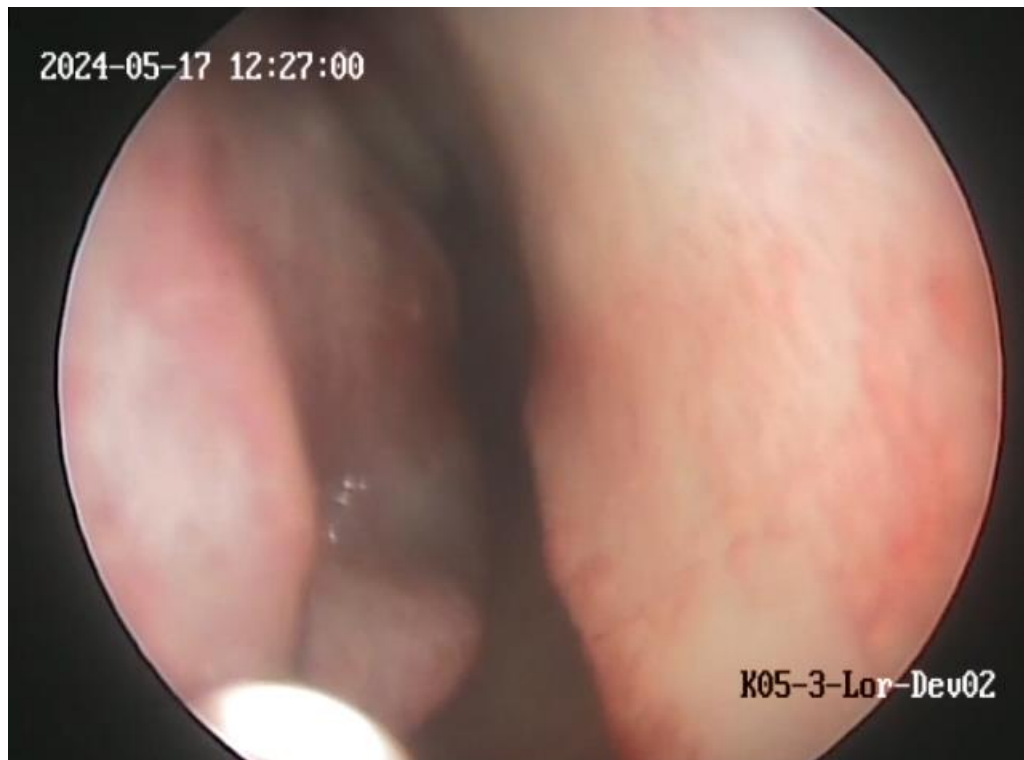
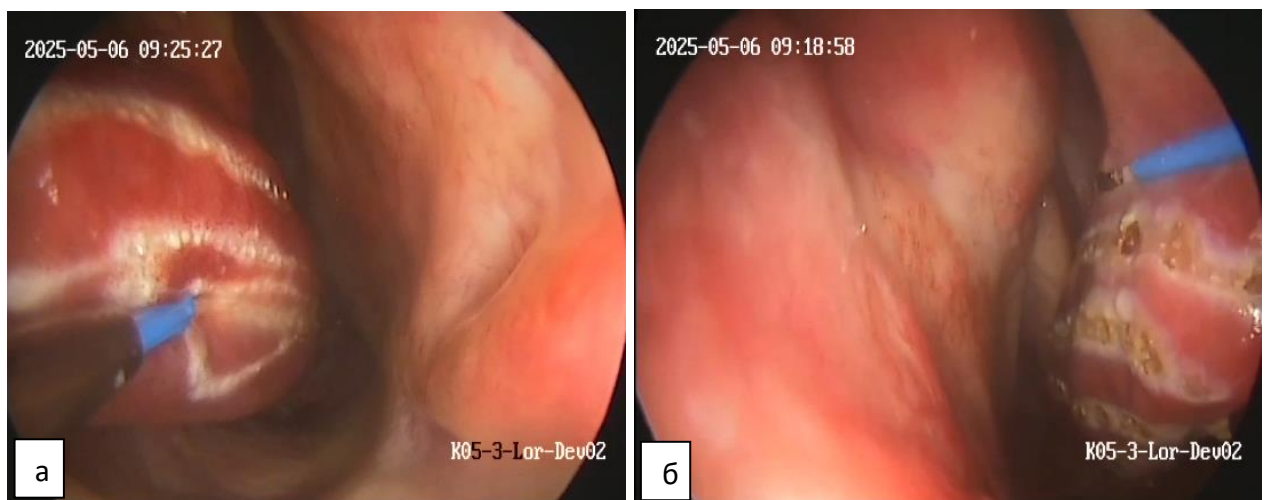


Рисунок 13 – Эндоскопическая картина: выполнение инъекции интраоперационно пациентке Б. 40 лет



а – очищенным торцом волокна; б – очерненным (обугленным) торцом волокна.

Рисунок 14 – Эндоскопическая картина поверхностной лазерной коагуляции нижней носовой раковины пациента Г., 35 лет

3.3.1 Техника поверхностной коагуляции

Процедуру поверхностной лазерной коагуляции выполняли с использованием лазерного излучения с длиной волны 1,94 мкм под контролем ригидного эндоскопа диаметром 0 градус. Лазерная коагуляция проводилась при постоянной мощности излучения 4 Вт свежесколотым необожженным волокном. Для длины волны 1,56 мкм устанавливали мощность излучения 3 Вт.

В обоих случаях воздействие лазера начинали с дистального конца нижней носовой раковины. Скорость движения волокна составляла 2 мм/с. Было выполнено 4-5 последовательных линейных коагуляций на медиальной и нижней поверхностях нижней носовой раковины.

3.3.2. Техника подслизистой коагуляции

Подслизистая лазерная коагуляция выполнялась как при прямом, так и при обратном направлении движения волокна. Процедура начиналась с передней границы нижней носовой раковины и продолжалась до заранее определенной точки, после чего волокно возвращалось в исходное положение. Контроль положения волокна осуществлялся с помощью пилотного света. Свежесколотое волокно с оболочкой вводилось в кавернозный слой нижней носовой раковины в глубину 30 миллиметров со скоростью 4 миллиметра в секунду. Это обеспечивало коагуляцию в течение 7,5 секунд при прямом движении волокна и аналогичное время при его обратном перемещении. Временные параметры коагуляции фиксировались по звуковым сигналам, генерируемым лазером в процессе процедуры. Аналогичные манипуляции повторялись 4-5 раз в кавернозном слое нижней носовой раковины по медиальной и нижней поверхностям.

При подслизистом воздействии для обоих лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) мощность воздействия была 3 Вт.

3.4 Анализ данных и статистическая обработка результатов

Статистический анализ данных осуществлялся с применением специализированного программного обеспечения IBM SPSS Statistics версии 27.0.1.0. Определение объема выборки было проведено с использованием сайта <https://www.sealedenvelope.com/power/continuous-superiority/>. В процессе интерпретации результатов клинического исследования применялись как параметрические, так и непараметрические статистические методы. Для сравнения количественных данных с нормальным распределением использовался независимый двухвыборочный t-критерий Стьюдента, в то время как для сравнения ненормально распределенных данных несвязанных выборок применялся U-критерий Манна-Уитни. Категориальные данные оценивались с помощью Точный критерий Фишера для независимых выборок.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ КЛИНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании расчетов выборки мы сформировали 4 группы по 30 человек. Проведено рандомизированное проспективное сравнительное исследование (см. глава 3.1).

Группа 1 – двусторонняя поверхностная коагуляция нижних носовых раковин лазером длиной волны 1,94 мкм.

Группа 2 – двусторонняя подслизистая коагуляция нижних носовых раковин лазером длиной волны 1,94 мкм.

Группа 3 – двусторонняя поверхностная коагуляция нижних носовых раковин лазером длиной волны 1,56 мкм.

Группа 4 – двусторонняя подслизистая коагуляция нижних носовых раковин лазером длиной волны 1,56 мкм.

Во время клинической части исследования в каждой группе было обследовано и пролечено по 30 человек.

Первым этапом проведена оценка клинических результатов подслизистой коагуляции нижних носовых раковин с использованием длины волны 1,94 мкм и 1,56 мкм в сравнении с поверхностным воздействием длиной волны 1,94 мкм и 1,56 мкм в послеоперационном и в отдаленном периоде.

Вторым этапом проведена оценка клинических результатов подслизистого и поверхностного воздействий с использованием длины волны 1,94 мкм в сравнении с лазером длиной волны 1,56 мкм в послеоперационном и в отдаленном периоде.

4.1 Результаты клинической части № 1. Сравнительный анализ эффективности применения двух типов лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) при поверхностной и подслизистой методиках воздействия

В первой части исследования проводилось сравнение результатов применения двух типов лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) внутри двух методик воздействия – поверхностной и подслизистой. Первая группа состояла из пациентов, которым выполнялось только поверхностное воздействие с применением лазеров с длиной волны 1,94 мкм и 1,56 мкм. Вторая группа сформировалась из пациентов, которым было выполнено подслизистое воздействие, также с применением двух типов лазеров.

При анализе демографических данных оказалось, что группы пациентов были сопоставимы по полу (таблица 5). При сравнении данных по возрасту, за исключением группы подслизистого воздействия, где возрастное различие было статистически значимым. Данные были нормально распределенными и проводилась оценка t-критерия Стьюдента для оценки статистической значимости. Средний возраст пациентов, в группе, где был использован лазер 1,95 мкм составил 35 лет, во второй группе 30 лет (таблица 6).

Данные о распределении пациентов по полу и возрасту представлены в таблицах 7, 8.

Таблица 7 – Характеристика пациентов 1-й и 2-й группы по возрасту

Методы воздействия	Группы по возрасту Ср. ариф. $\pm$ Ст. откл (Мин-макс)		p
	лазер 1,94 мкм (n=30)	лазер 1,56 мкм (n=30)	
Поверхностная	45,6 $\pm$ 19,5 (18-80)	38,3 $\pm$ 14,7 (19-71)	0,109
Подслизистая	35,6 $\pm$ 12,1 (18-68)	30,0 $\pm$ 7,2 (20-44)	0,034
Примечание – Используемые методы: t-критерий Стьюдента для независимых выборок.			

Таблица 8 – Характеристика пациентов 1-й и 2-й группы по полу.

Методы воздействия	Пол	Группы		р
		1,94 мкм (n=30)	1,56 мкм (n=30)	
Поверхностная	Женщины	19 (63,3%)	21 (70,0%)	0,785
	Мужчины	11 (36,7%)	9 (30,0%)	
Подслизистая	Женщины	16 (53,3%)	17 (56,7%)	1,00
	Мужчины	14 (46,7%)	13 (43,3%)	
Примечание – Используемые методы: Точный критерий Фишера.				

4.1.1 Сравнение показателей болезненности процедуры по шкале ВАШ при применениях двух типов лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) внутри двух методик воздействия – поверхностной и подслизистой

Оценка болезненности процедуры по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) показала, что при поверхностной методике лазер с длиной волны 1,56 мкм вызывал значительно меньшую боль (медиана 1,0), чем лазер 1,94 мкм (медиана 2,0). Однако при применении обоих типов лазеров максимальная болезненность было отмечена в 5 баллов, что является половиной от максимального балла. В рамках подслизистой методики воздействия статистически значимых различий выявлено не было (таблица 9). Медиана оценок при использовании лазера с длиной волны 1,94 мкм составила 3,0 балла, в то время как при использовании лазера с длиной волны 1,56 мкм – 4,0 балла. В обеих группах значения варьировались от 2,0 до 7,0 баллов (рисунок 15).

Таблица 9 – Сравнительный анализ болезненности операции по шкале ВАШ в сравниваемых группах

Метод воздействия	Показатели	Группа 1 Лазер 1,94 мкм	Группа 2 Лазер 1,56 мкм	p
Поверхностное воздействие	Ме. (Q1; Q3)	2,0 (1,0; 3,0)	1,0 (0,2; 1,8)	0,003
	Мин. – Макс.	0,0-5,0	0,0-5,0	

Продолжение таблицы 7

Метод воздействия	Показатели	Группа 1 Лазер 1,94 мкм	Группа 2 Лазер 1,56 мкм	р
Подслизистое воздействие	Ме. (Q1; Q3)	3,0 (2,0; 4,0)	4,0 (3,0; 4,8)	0,206
	Мин. – Макс.	2,0-7,0	2,0-7,0	
Примечание – Используемый метод: U-критерий Манна–Уитни.				

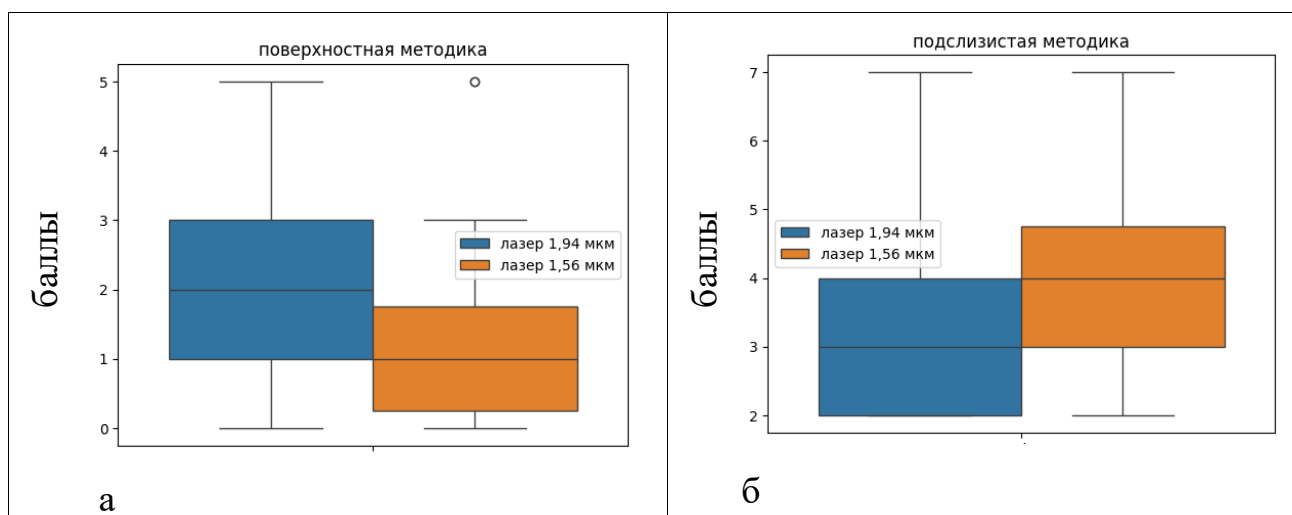


Рисунок 15 – Сравнение болезненности операции при использовании лазеров с длиной волны 1,94 мкм и 1,56 мкм внутри каждой методики по шкале ВАШ

4.1.2 Сравнение показателей суммарного объема потока при применениях двух типов лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) внутри двух методик воздействия – поверхностной и подслизистой)

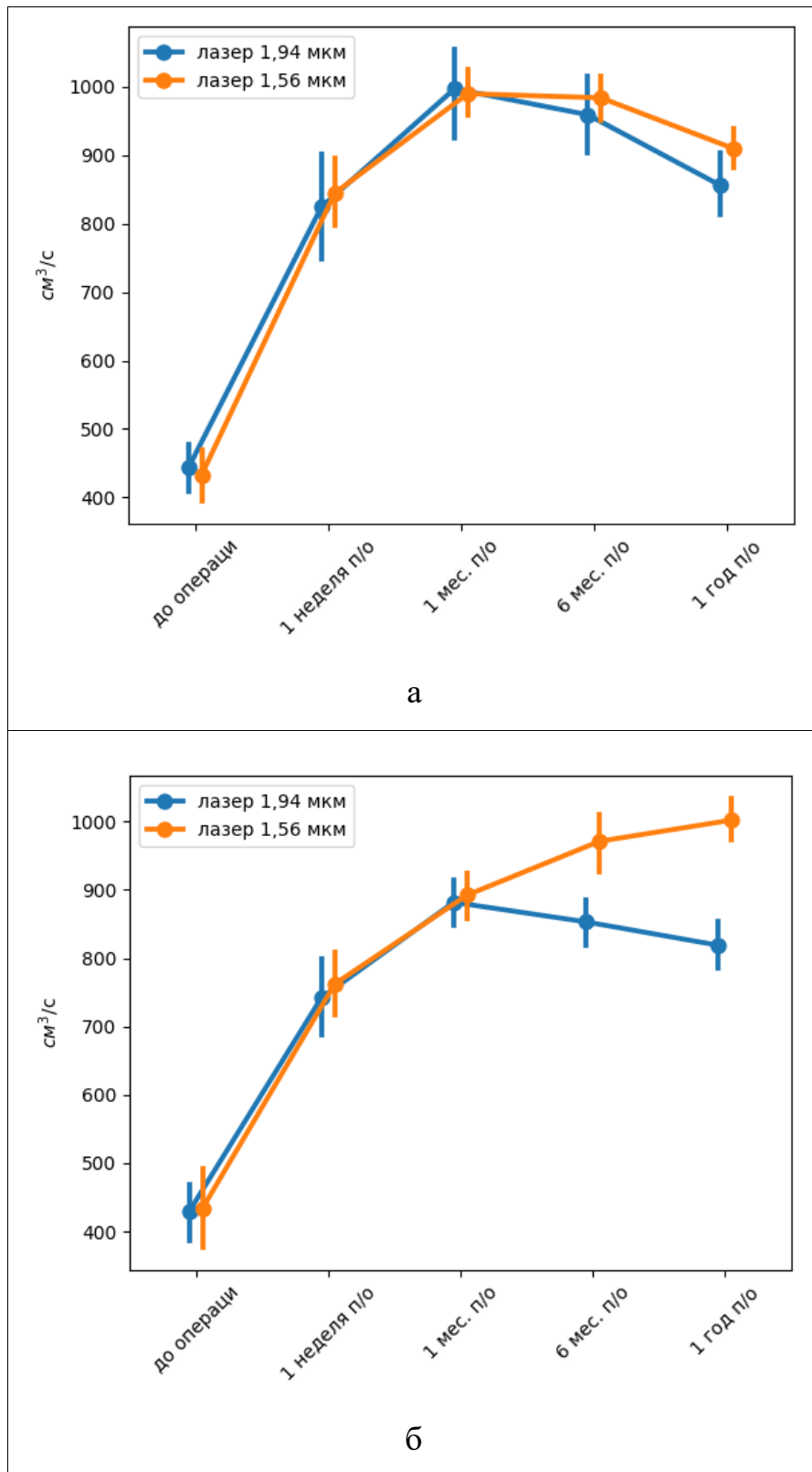
До операции средние значения суммарного объемного потока (СОП) в обеих половинах на вдохе и выдохе при давлении 150 Па в обеих группах были сопоставимы ($\sim 440 \text{ см}^3/\text{с}$), что свидетельствует об однородности групп исследования. Через неделю и месяц после проведенного оперативного лечения наблюдалось значительное увеличение показателей СОП (в среднем до 850-996 $\text{см}^3/\text{с}$), что указывает на восстановление носовой проходимости.

Через 6 и 12 месяцев в группе подслизистого воздействия лазером 1,56 мкм исследование показало статистически значимо лучшие результаты ($p=0,0$). При поверхностной воздействии значимое различие появилось только через год

($p=0,043$) в пользу лазера 1,56 мкм (таблица 10). Однако анализ показателей СОП выявил, что оба лазера эффективно улучшали дыхательную функцию в течение года после операции. Показатели через год были выше нормального уровня, достаточного для проходимости воздуха через полость носа (рисунок 16).

Таблица 10 – Средние показатели суммарного объемного потока в до- и послеоперационном периоде в сравниваемых группах

Метод воздействия	Периоды	Группа 1 Лазер 1,94 мкм Ср. ариф. $\pm$ Ст. откл	Группа 2 Лазер 1,56 мкм Ср. ариф. $\pm$ Ст. откл	p
Поверхностная	До операции	443,0 $\pm$ 101,2	432,9 $\pm$ 106,7	0,813
	Через 7 дней после операции	824,1 $\pm$ 216,8	844,4 $\pm$ 146,3	0,773
	Через 1 месяц после операции	996,6 $\pm$ 181,0	989,6 $\pm$ 93,1	0,506
	Через 6 месяцев после операции	958,8 $\pm$ 162,8	983,5 $\pm$ 94,1	0,564
	Через 1 год после операции	885,3 $\pm$ 125,9	909,1 $\pm$ 85,8	0,043
Подслизистая	До операции	428,8 $\pm$ 117,3	433,3 $\pm$ 163,3	0,976
	Через 7 дней после операции	742,2 $\pm$ 149,1	762,2 $\pm$ 122,2	0,706
	Через 1 месяц после операции	881,8 $\pm$ 98,3	892,4 $\pm$ 95,8	0,626
	Через 6 месяцев после операции	853,1 $\pm$ 96,5	971,2 $\pm$ 119,9	0,001
	Через 1 год после операции	818,8 $\pm$ 94,9	1002,3 $\pm$ 85,0	0,001
Примечание – Используемый метод: t-критерий Стьюдента.				



а – сравнение суммарного объемного потока после поверхностной методики воздействия;
 б – сравнение суммарного объемного потока после подслизистой методики воздействия.

Рисунок 16 – Динамика суммарного объемного потока при выполнении коагуляции лазерами 1,94 мкм и 1,56 мкм

4.1.3 Сравнение показателей по опроснику NOSE при применении двух типов лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) при поверхностной и подслизистой методике воздействия

Опросник NOSE (оценка заложенности носа) показал отсутствие значимой клинической разницы между группами. Через одни сутки после операции при поверхностном воздействии медиана по шкале NOSE составила 65,0 баллов, при подслизистом воздействии медиана составила 80 баллов вне зависимости от используемого типа лазера. В обеих группах через 7 дней пациенты отмечали «Умеренную степень неудовлетворенности» (диапазон баллов 30-50 по шкале NOSE-2). По статистическим данным через 6 месяцев после поверхностного воздействия лазер 1,56 мкм обеспечил более значимое улучшение в отличие от лазера с длиной волны 1,94 мкм. Однако через 1 год в группе поверхностного воздействия статистических отличий не было отмечено. В группе подслизистого воздействия значимое преимущество лазера 1,56 мкм наблюдалось через год (таблица 11).

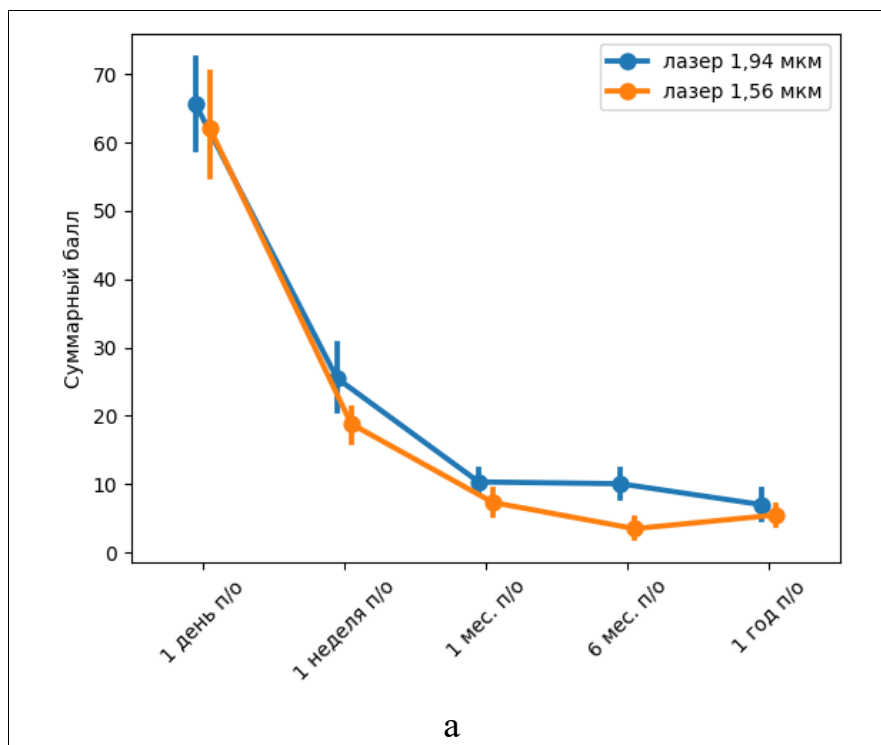
Таблица 11 – Средние показатели по шкале NOSE в послеоперационном периоде в сравниваемых группах

Метод воздействия	Периоды	Группа 1 Лазер 1,94 мкм Ме. (Q1; Q3)	Группа 2 Лазер 1,56 мкм Ме. (Q1; Q3)	p
Поверхностная	Через 1 сутки	65,0 (60;80)	65,0 (42,5; 65,0)	0,488
	Через 7 дней после операции	25,0 (15;35)	15,0 (15;25)	0,052
	Через 1 месяц после операции	10,0 (6,2; 15,0)	10,0 (5,0; 10,0)	0,052
	Через 6 месяцев после операции	10,0 (5,0; 15,0)	2,5 (0,0; 5,0)	0,001
	Через 1 год после операции	5,0 (0,0; 15,0)	5,0 (1,2; 10,0)	0,521
Подслизистая	Через 1 сутки	80,0 (75,0; 92,5)	80,0 (75,0; 85,0)	0,61
	Через 7 дней после операции	35,0 (25,0; 40,0)	35,0 (30,0; 47,5)	0,373

Продолжение таблицы 11

Метод воздействия	Периоды	Группа 1 Лазер 1,94 мкм Ме. (Q1; Q3)	Группа 2 Лазер 1,56 мкм Ме. (Q1; Q3)	p
Подслизистая	Через 1 месяц после операции	15,0 (10,0; 25,0)	17,5 (15,0; 25,0)	0,052
	Через 6 месяцев после операции	5,0 (0,0; 10,0)	5,0 (5,0; 10,0)	0,711
	Через 1 год после операции	15,0 (10,0; 20,0)	5,0 (5,0; 10,0)	0,001
Примечание – Используемый метод: U-критерий Манна–Уитни.				

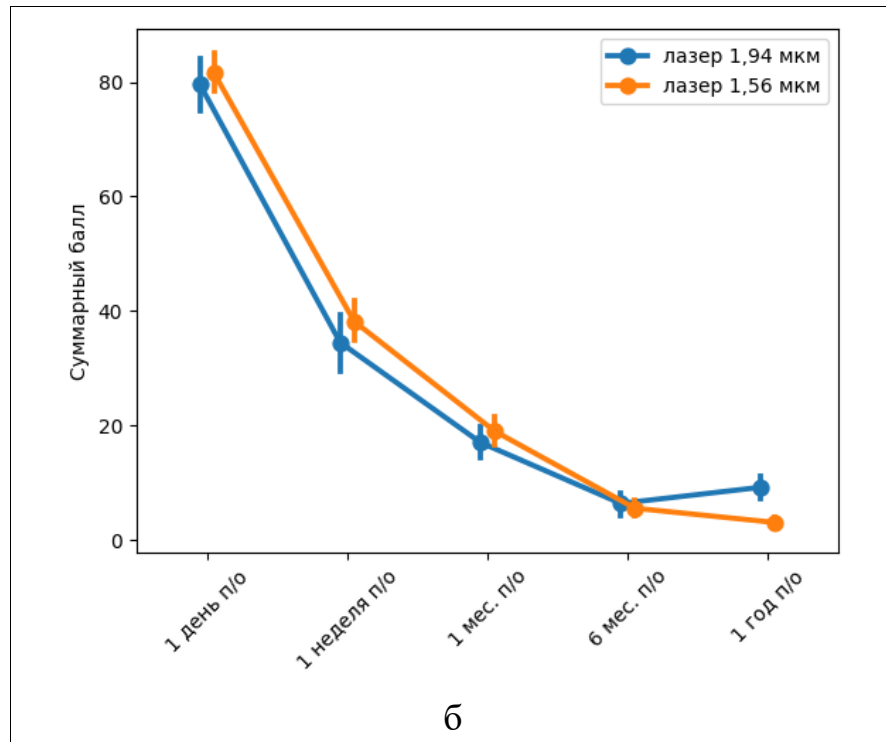
По показателям шкалы NOSE «Носовое дыхание удовлетворительное» (диапазон баллов 5-25, категория NOSE-1) было с 1 месяца после операции и данные показатели не ухудшались выше 25 баллов в течение 1 года во всех группах, что подтверждает эффективность каждой методики тем или иным лазером (рисунок 17).



а – сравнение данных по шкале NOSE после поверхностного воздействия.

Рисунок 17 (а, б) – Динамика NOSE после выполнении коагуляции лазерами 1,94 мкм и 1,56 мкм

Продолжение рисунка 17



б – сравнение данных по шкале NOSE после подслизистого воздействия.

Рисунок 17 (а, б) – Динамика NOSE после выполнении коагуляции лазерами 1,94 мкм и 1,56 мкм

4.1.4 Сравнение показателей мукоцилиарного транспорта при применении двух типов лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) при поверхностной и подслизистой методике воздействия

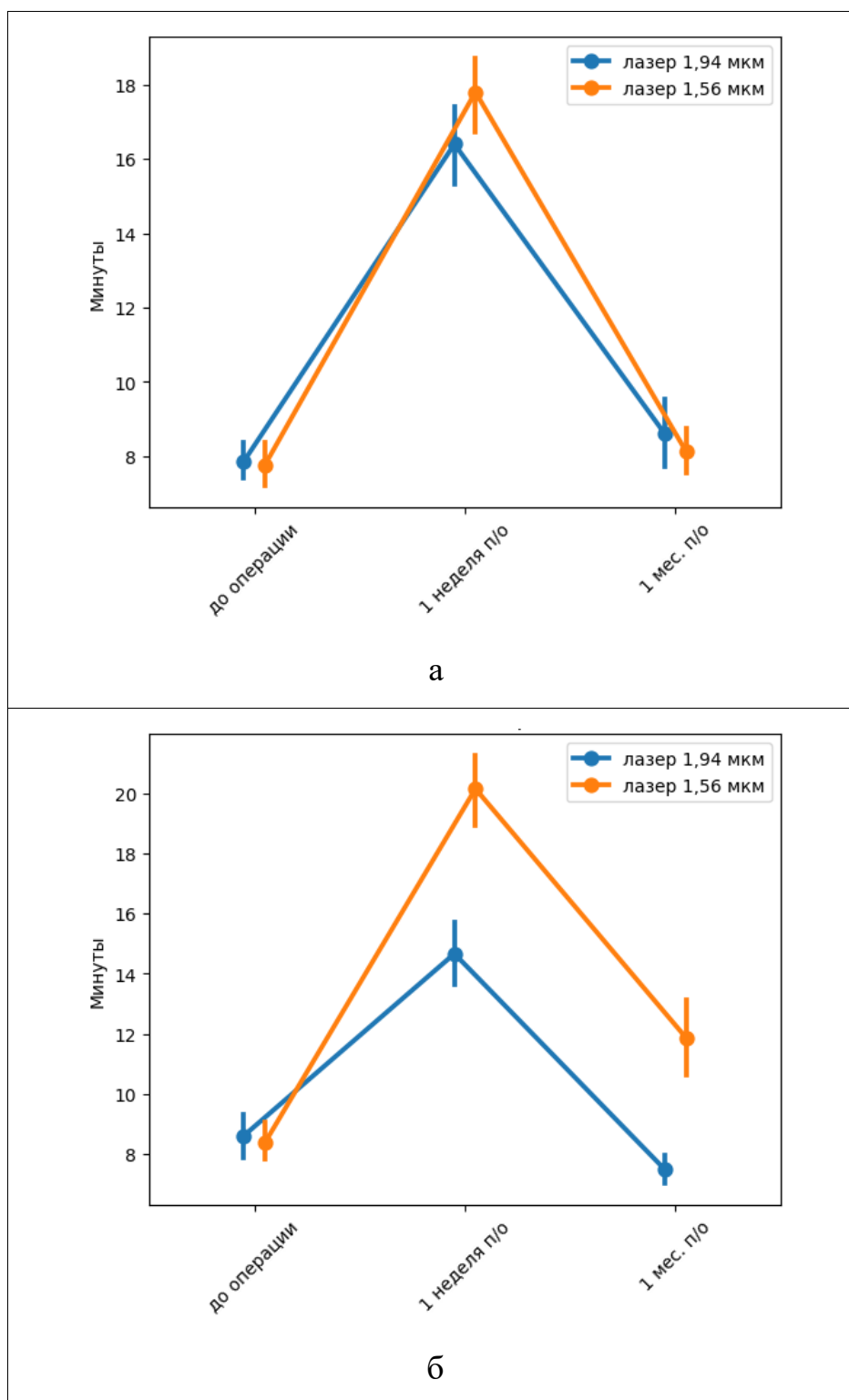
Оценка состояния слизистой оболочки (МЦТ) показала, что через 7 дней после операции в группе подслизистого воздействия лазер 1,56 мкм вызывал более выраженную реакцию (медиана 20,5 против 14), но через месяц ситуация изменилась: у лазера 1,94 мкм показатели были лучше (медиана 7,0 минут против 11,0 минут) (таблица 12). Это может указывать на более интенсивную, но и более длительную воспалительную реакцию при подслизистом воздействии лазера с длиной волны 1,56 мкм.

При поверхностном воздействии лазером 1,56 мкм через 7 дней длительность МЦТ незначительная в сравнении с МЦТ после воздействия

лазером 1,94 мкм. Однако через 1 месяц при сравнении МЦТ после применения лазеров разных длин волн по поверхностной воздействию статистических отличий не было и показатели были в пределах нормальных значений (рисунок 18).

Таблица 12 – Средние показатели мукоцилиарного транспорта в послеоперационном периоде в сравниваемых группах.

Метод воздействия	Периоды	1,94	1,56	p
		Ме. (Q1; Q3) Мин. – Макс.	Ме. (Q1; Q3) Мин. – Макс.	
Поверхностная	До операции	8,0 (7,0; 9,0) 6,0-11,0	8,0 (7,0; 8,0) 5,0-11,0	0,716
	Через 7 дней после операции	17,0 (15,0; 18,0) 8,0-21,0	18,0 (17,0; 19,0) 8,0-23,0	0,039
	Через 1 месяц после операции	9,0 (7,0; 10,0) 4,0-16,0	8,0 (7,0; 9,0) 6,0-12,0	0,432
Подслизистая	До операции	9,0 (7,0; 10,0) 5,0-13,0	8,0 (7,0; 9,0) 5,0-12,0	0,519
	Через 7 дней после операции	14,5 (12,2; 17,0) 9,0-20,0	20,5 (17,0; 23,0) 15,0-25,0	0,001
	Через 1 месяц после операции	7,0 (6,2; 8,0) 5,0-11,0	11,0 (9,2; 14,5) 7,0-20,0	0,001
Примечание – Используемый метод: U-критерий Манна–Уитни.				



а – сравнение МЦТ при использовании двух типов лазеров после поверхностного воздействия;

б – сравнение МЦТ при использовании двух типов лазеров после подслизистого воздействия.

Рисунок 18 – Динамика мукоцилиарного транспорта после операции лазерами 1,94 мкм и 1,56 мкм

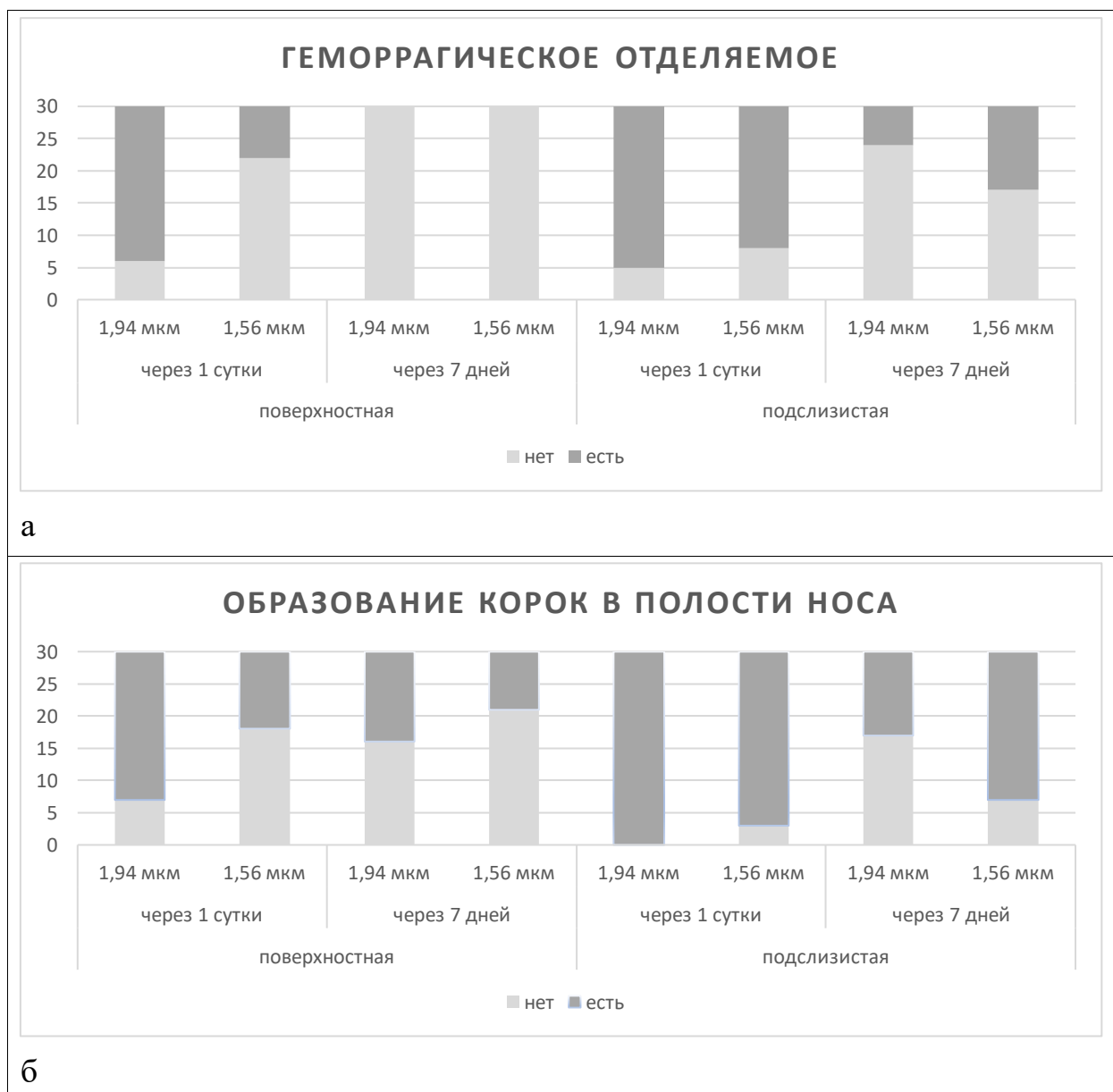
4.1.5 Результаты сравнительной оценки реактивных воспалительных явлений при применениях двух типов лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) внутри двух методик воздействия – поверхностной и подслизистой

Выраженность реактивных воспалительных послеоперационных явлений оценивалась в баллах, где 0 – это отсутствие признака и 1 – наличие признака. Описание методики осмотра и критериев оценки дано в главе 3.2.2.5. Реактивные воспалительные явления оценивались в двух периодах: через 1 сутки и через 7 суток в послеоперационном периоде. По показателям наличие крови и корок в 1 сутки после операции при поверхностном воздействии в пользу лазера 1,56 мкм и только по наличию корок через 7 дней при подслизистом воздействии в пользу лазера 1,94 мкм. Реактивные послеоперационные воспалительные явления были более выражены после подслизистого воздействия, выраженность их снижалась на 7 сутки (таблица 13).

Таблица 13 – Статистическая значимость показателей по реактивным воспалительным явлениям в послеоперационном периоде в сравниваемых группах

Метод воздействия	Реактивные явления	Группа 1 Лазер 1,94 мкм	Группа 2 Лазер 1,56 мкм	Группа 1 Лазер 1,94 мкм	Группа 2 Лазер 1,56 мкм
		через 1 сутки п/о		через 7 дней п/о	
Поверхностная	Наличие геморрагического отделяемого	0,001		—	
	Образование корок	0,008		0,288	
	Отек	0,435		1,0	
Подслизистая	Наличие геморрагического отделяемого	0,532		0,095	
	Образование корок	0,237		0,017	
	Отек	0,771		0,422	
Примечание – Используемые методы: Точный критерий Фишера.					

Стоит отметить, что наличие корок наблюдалось дольше при воздействии лазером 1,56 мкм. Наличие геморрагического отделяемого было меньше при использовании длины волны 1,56 мкм. Наличие геморрагического отделяемого при поверхностном воздействии было отмечено только в первые сутки после операции, через неделю наличие крови не было замечено при поверхностном воздействии (рисунок 19).

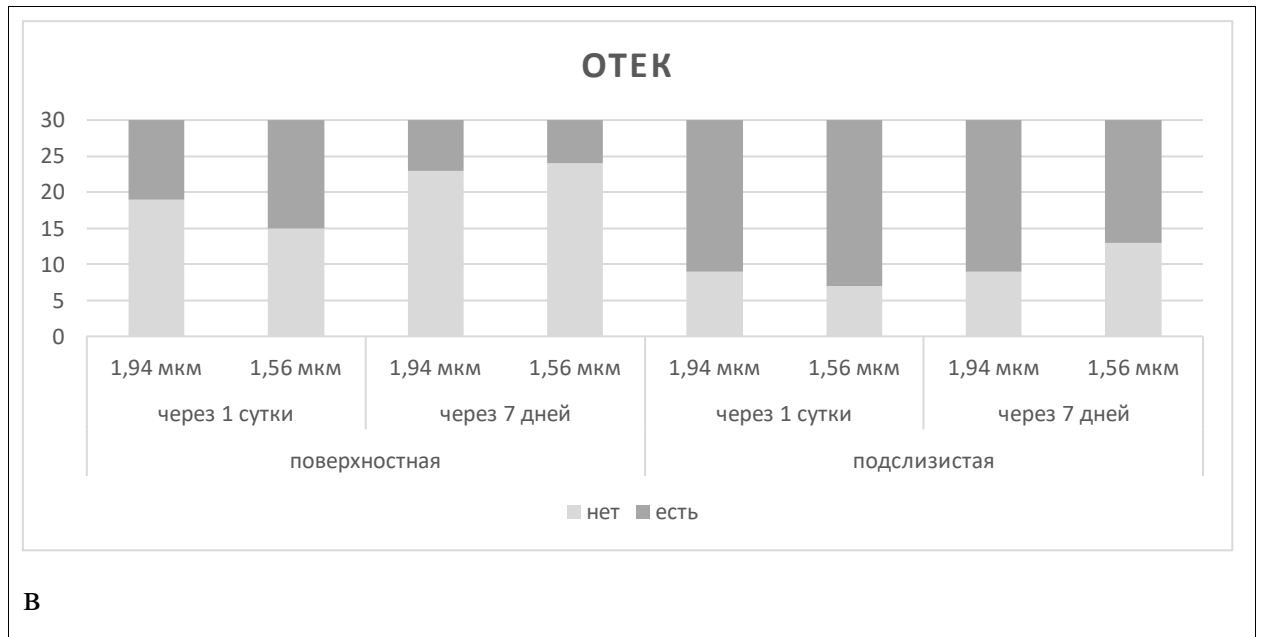


а – количество пациентов с геморрагическим отделяемым в послеоперационном периоде;

б – количество пациентов с наличием корок в полости носа

Рисунок 19 (а-в) – График показатели реактивных явлений
в послеоперационном периоде

Продолжение рисунка 19



в – количество пациентов с отеком слизистой оболочки полости носа в послеоперационном периоде.

Рисунок 19 (а-в) – График показатели реактивных явлений
в послеоперационном периоде

В целом, оба лазера показали сопоставимый профиль безопасности, с небольшими вариациями в зависимости от глубины воздействия.

4.1.6 Вывод по результатам сравнительного анализа при применении двух типов лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) при поверхностной и подслизистой методике воздействия

Проведённый анализ позволяет сделать вывод о том, что лазер с длиной волны 1,56 мкм обладает рядом клинических преимуществ по сравнению с лазером 1,94 мкм в контексте изученных методик.

Наиболее существенные различия наблюдаются в переносимости процедуры и долгосрочных функциональных результатах. Лазер 1,56 мкм,

особенно при поверхностном воздействии, вызывает статистически значимо меньшую болезненность.

По данным ПАРМ после поверхностного воздействия при использовании обоих лазеров СОП в обеих половинах на вдохе и выдохе при давлении 150 Па составил >990 см³/сек уже через 1 месяц после операции, однако показатели незначительно снизились но сохранялись в пределах нормальных значений (>870 см³/сек) в течение года. При подслизистом воздействии нормальное значение СОП при давлении 150 Па было отмечено также через месяц после операции и при использовании лазера с длиной волны 1,56 мкм оно улучшалась до 1000 см³/сек в течение 1 года. Однако при использовании лазера 1,94 показатели СОП незначительно снизились до 818 см³/сек в среднем, что показывает статистически значимые отличия при сравнении лазеров в пользу 1,56 мкм, но пациенты не отмечали жалоб субъективно что указывало так же на эффективность в течение года применения обеих длин волн лазеров в лечении вазомоторного ринита.

При анализе и сравнении данных, по субъективной оценке, по шкале NOSE между лазерами длиной волны 1,94 мкм и 1,56 мкм после подслизистого воздействия в течение 6 месяцев после операции не было отмечено статистической разницы. Однако в группе, где был использован лазер 1,56 мкм, сохранялся минимальный балл (5,0) даже через 1 год после операции, что соответствует данным ПАРМ. После поверхностного воздействия показатели улучшались постепенно, но через 6 месяцев выраженное улучшение отмечено было при применении лазера 1,56 мкм, но через год показатели сравнились за счет незначительного ухудшения, но сохранения в пределах нормальных значений по шкале NOSE «Носовое дыхание удовлетворительное» (диапазон баллов 5-25, категория NOSE-1);

Более длительное время МЦТ через 7 дней при использовании лазера 1,56 мкм обосновывалось его выраженной коагуляционной способностью. Более выраженная зона коагуляции вызывала более медленное заживление слизистой, особенно после подслизистого воздействия, где воздействие начинались

с переднего конца нижней носовой раковины куда и устанавливался сахарин в послеоперационном периоде для оценки длительности МЦТ. Сохранение корок преимущественно в передних концах сказывалось на оценке МЦТ, что указывало на более длительное время МЦТ при применении лазера 1,56 мкм.

При сравнительной оценке реактивных воспалительных явлений в послеоперационном периоде оказалось, что подслизистое воздействие являлось более травматичным воздействием в отличие от поверхностного. Данный момент сказывался в большом количестве пациентов, у которых были отмечены геморрагические явления, корки и отек. И при сравнении групп с разными типами лазеров кроме наличия корок через 7 суток после операции статистических отличий не было выявлено по другим критериям. У тех пациентов кому было выполнено поверхностное воздействие, реактивные явления за исключением корок, были минимальными, но в сравнении последствий воздействия лазерами с различными длинами волн статистические отличия были замечены по наличию геморрагического отделяемого и корок через 1 сутки в послеоперационном периоде в пользу лазера 1,56 мкм, что так же подчеркивает лучшие коагуляционные свойства этой длины волны.

4.2 Результаты клинической части № 2. Сравнение показателей между поверхностными и подслизистыми методиками при применении лазерного воздействия одной длины волны

Вторая часть клинического исследования была направлена на сравнение результатов двух методик лазерного воздействия – поверхностного и подслизистого – отдельно для лазера с длиной волны 1,94 мкм и лазера 1,56 мкм.

В обеих группах пациенты, которым проводилась поверхностная методика, оказались в среднем старше по возрасту.

Распределение по полу было сопоставимым между группами пациентов с поверхностной и подслизистой методиками в рамках использования каждого типа

лазера, что указывает на отсутствие систематического смещения по гендерному признаку.

Данные о распределении пациентов по полу и возрасту представлены в таблицах 14, 15.

Таблица 14 – Характеристика пациентов 1-й и 2-й группы по возрасту

Лазер	Группы по возрасту		p
	поверхностная (n=30) Ср. ариф. $\pm$ Ст. откл (Мин-макс)	подслизистая (n=30) Ср. ариф. $\pm$ Ст. откл (Мин-макс)	
1,94 мкм	45,6 $\pm$ 19,5 (18-80)	35,6 $\pm$ 12,1 (18-68)	0,021
1,56 мкм	38,3 $\pm$ 14,7 (19-71)	30,0 $\pm$ 7,2 (20-44)	0,008
Примечание – Используемый метод: t-критерий Стьюдента.			

Таблица 15 – Характеристика пациентов 1-й и 2-й группы по полу

Лазер	Пол	Методики воздействия		p
		поверхностная	подслизистая	
1,94 мкм	Женщины	19 (63,3%)	16 (53,3%)	0,601
	Мужчины	11 (36,7%)	14 (46,7%)	
1,56 мкм	Женщины	21 (70,0%)	17 (56,7%)	0,422
	Мужчины	9 (30,0%)	13 (43,3%)	
Примечание – Используемый метод: Точный критерий Фишера.				

4.2.1 Сравнение переносимости процедуры по шкале ВАШ

между поверхностными и подслизистыми методиками при применении лазерного воздействия одной длины волны

При использовании лазера с длиной волны 1,94 мкм методика подслизистого воздействия вызывала значительно более выраженный болевой синдром по сравнению с поверхностной методикой: медиана по болезненности по шкале ВАШ при подслизистой воздействии составила 3,0 балла, тогда как при поверхностном воздействии медиана составила 2,0 балла (таблица 14).

При использовании лазера с длиной волны 1,56 мкм различие в уровне болевых ощущений было ещё более заметным: медиана при подслизистом воздействии составила 4,0 балла, тогда как при поверхностном воздействии медиана составила 1,0 балла (таблица 16).

Таблица 16 – Сравнительный анализ болезненности операции по шкале ВАШ в сравниваемых группах

Лазер	Параметры	Методы воздействия		р
		поверхностная	подслизистая	
1,94 мкм	Ме. (Q1; Q3)	2,0 (1,0; 3,0)	3,0 (2,0; 4,0)	0,019
	Мин. – Макс.	0,0-5,0	2,0-7,0	
1,56 мкм	Ме. (Q1; Q3)	1,0 (42,5; 65,0)	4,0 (3,0; 4,8)	0,003
	Мин. – Макс.	0,0-5,0	2,0-7,0	
Примечание – Используемый метод: U-критерий Манна–Уитни.				

Анализ данных, полученных с использованием визуально-аналоговой шкалы (ВАШ), показал, что при подслизистом воздействии показатели боли находились в диапазоне от 3,0 до 4,8 баллов (Q1-Q3), что указывает на наличие умеренного болевого синдрома (рисунок 20). Однако при поверхностном воздействии значительная часть пациентов не испытывала болевых ощущений, что подчёркивает существенную разницу между двумя методиками.

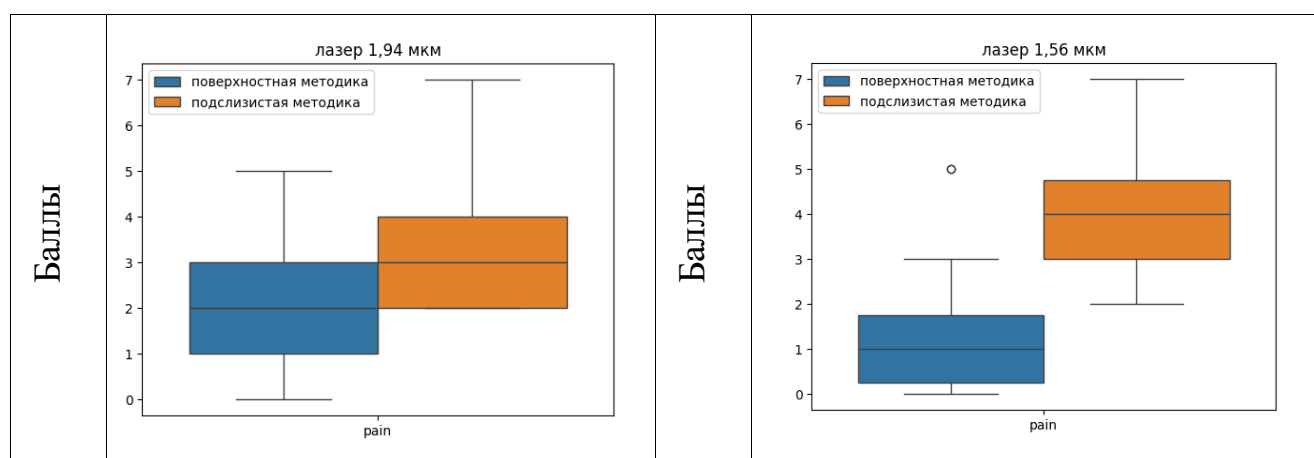


Рисунок 20 – Сравнение методов воздействия по болезненности операции по шкале ВАШ

4.2.2 Сравнение в динамике среднего суммарного объемного потока между поверхностными и подслизистыми методиками при применении лазерного воздействия одной длины волны

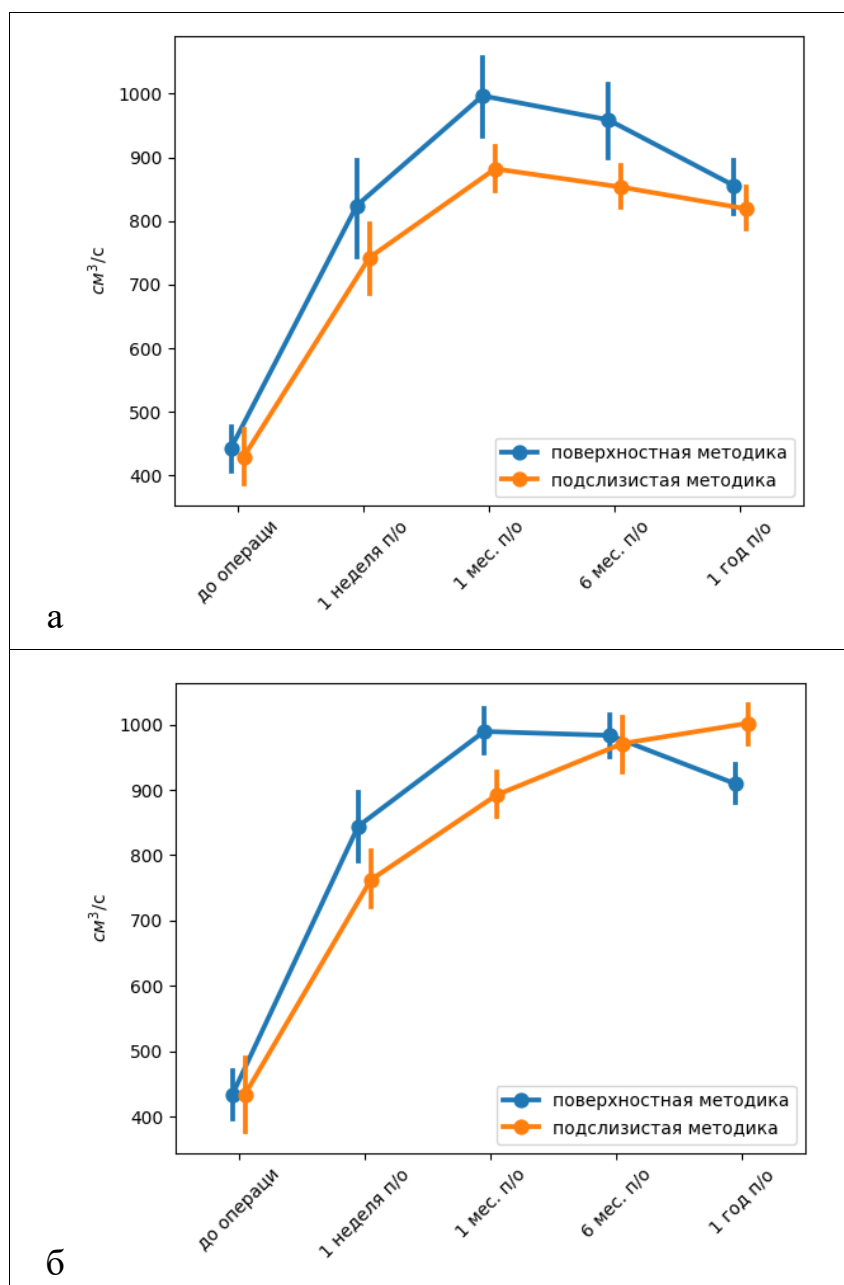
По данным ПАРМ средний суммарный объемный потока в обеих половинах на вдохе и выдохе при давлении 150 Па превысила нормальные значения ($>870 \text{ см}^3/\text{с}$) с первого месяца после операции во всех исследуемых группах, независимо от типа воздействия.

Для лазера с длиной волны 1,94 мкм поверхностная методика продемонстрировала лучшие результаты через 1 и 6 месяцев после операции. К 12 месяцам статистически значимая разница между методиками нивелировалась. Для лазера с длиной волны 1,56 мкм поверхностная методика также показала статистически значимые преимущества через 7 дней и 1 месяц после операции. Однако к 12 месяцам подслизистая методика с использованием лазера 1,56 мкм продемонстрировала значительно более высокие показатели СОП в обеих половинах на вдохе и выдохе при давлении 150 Па (таблица 17).

Таблица 17 – Средние показатели суммарного объемного потока по ПАРМ в послеоперационном периоде в сравниваемых группах

Лазер	Периоды	Поверхностная Ср. ариф. $\pm$ Ст. откл	Подслизистая Ср. ариф. $\pm$ Ст. откл	Р
1,94 мкм	До операции	443,0 $\pm$ 101,2	428,8 $\pm$ 117,3	0,506
	Через 7 дней после операции	824,1 $\pm$ 216,8	742,2 $\pm$ 149,1	0,112
	Через 1 месяц после операции	996,6 $\pm$ 181,0	881,8 $\pm$ 98,3	0,008
	Через 6 месяцев после операции	958,8 $\pm$ 162,8	853,1 $\pm$ 96,5	0,007
	Через 1 год после операции	885,3 $\pm$ 125,9	818,8 $\pm$ 94,9	0,119
1,56 мкм	До операции	432,9 $\pm$ 106,7	433,3 $\pm$ 163,3	0,663
	Через 7 дней после операции	844,4 $\pm$ 146,3	762,2 $\pm$ 122,2	0,027
	Через 1 месяц после операции	989,6 $\pm$ 93,1	892,4 $\pm$ 95,8	0,001
	Через 6 месяцев после операции	983,5 $\pm$ 94,1	971,2 $\pm$ 119,9	0,971
	Через 1 год после операции	909,1 $\pm$ 85,8	1002,3 $\pm$ 85,0	0,001
Примечание – Используемый метод: t-критерий Стьюдента.				

Среднее арифметическое значение СОП, при использовании лазеров с длиной волны 1,94 мкм и 1,56 мкм после выполнения поверхностного воздействия составил 909,1 см³/с через один год. Несмотря на наличие статистически значимых различий, обе методики, в которых применялся лазер с длиной волны 1,56 мкм, продемонстрировали сохранение эффективности в долгосрочной перспективе (рисунок 21).



а – сравнение методов при воздействии лазером 1,94 мкм;

б – сравнение методов при воздействии лазером 1,56 мкм.

Рисунок 21 – Динамика СОП по ПАРМ при выполнении поверхностной и подслизистой коагуляции

4.2.3 Сравнение показателей по опроснику NOSE между поверхностными и подслизистыми методиками при применении лазерного воздействия одной длины волны

Через 1 сутки после проведения операции пациенты, которым было выполнено поверхностное воздействие, демонстрировали в среднем умеренную степень неудовлетворенности носовым дыханием (по шкале NOSE-3, диапазон баллов 50-75). Пациенты, которым было выполнено подслизистое воздействие, отмечали среднюю и высокую степень неудовлетворенности (по шкале NOSE-3 и NOSE-4). Однако через семь дней после операции, независимо от типа воздействия, показатели неудовлетворенности снизились до умеренного уровня (диапазон баллов 30-50, категория NOSE-2). Полное восстановление носового дыхания было зафиксировано у всех пациентов уже через один месяц после операции (рисунок 22).

При анализе статистических данных было установлено, что подслизистое воздействие ассоциировалась с более высокими баллами (худшее состояние), с уровнем значимости в раннем послеоперационном периоде. Однако, начиная с шести месяцев и через один год после операции, несмотря на незначительные статистические различия, клинические проявления были аналогичными (таблица 18).

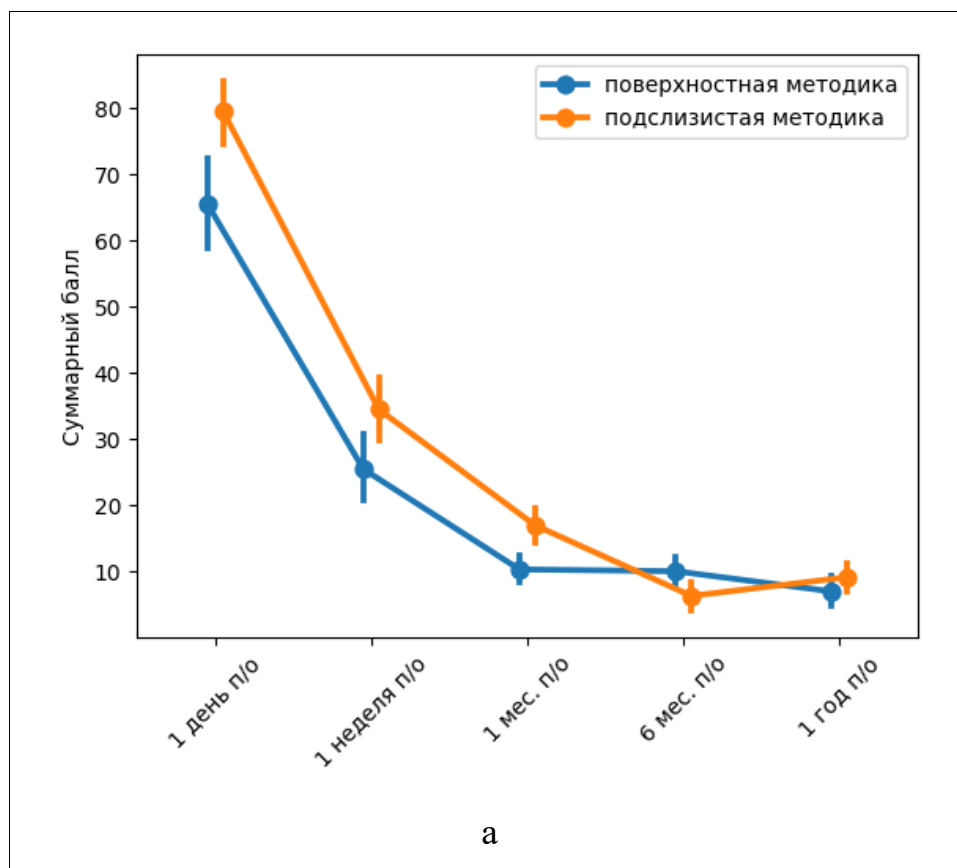
Таблица 18 – Средние показатели суммарного балла по шкале NOSE в послеоперационном периоде в сравниваемых группах

Длина волны	Периоды	Методы воздействия		p
		поверхностная Ме. (Q1; Q3)	подслизистая Ме. (Q1; Q3)	
Лазер 1,94 мкм	Через 1 сутки	65,0 (60;80)	80,0 (75,0; 92,5)	0,003
	Через 7 дней после операции	25,0 (15;35)	35,0 (25,0; 40,0)	0,01
	Через 1 месяц после операции	10,0 (6,2; 15,0)	15,0 (10,0; 25,0)	0,001
	Через 6 месяцев после операции	10,0 (5,0; 15,0)	5,0 (0,0; 10,0)	0,02
	Через 1 год после операции	5,0 (0,0; 15,0)	15,0 (10,0; 20,0)	0,15

Продолжение таблицы 18

Длина волны	Периоды	Методы воздействия		p
		поверхностная Ме. (Q1; Q3)	подслизистая Ме. (Q1; Q3)	
Лазер 1,56 мкм	Через 1 сутки	65,0 (42,5; 65,0)	80,0 (75,0; 85,0)	0,001
	Через 7 дней после операции	15,0 (15;25)	35,0 (30,0; 47,5)	0,001
	Через 1 месяц после операции	10,0 (5,0; 10,0)	17,5 (15,0; 25,0)	0,001
	Через 6 месяцев после операции	2,5 (0,0; 5,0)	5,0 (5,0; 10,0)	0,048
	Через 1 год после операции	5,0 (1,2; 10,0)	5,0 (5,0; 10,0)	0,024

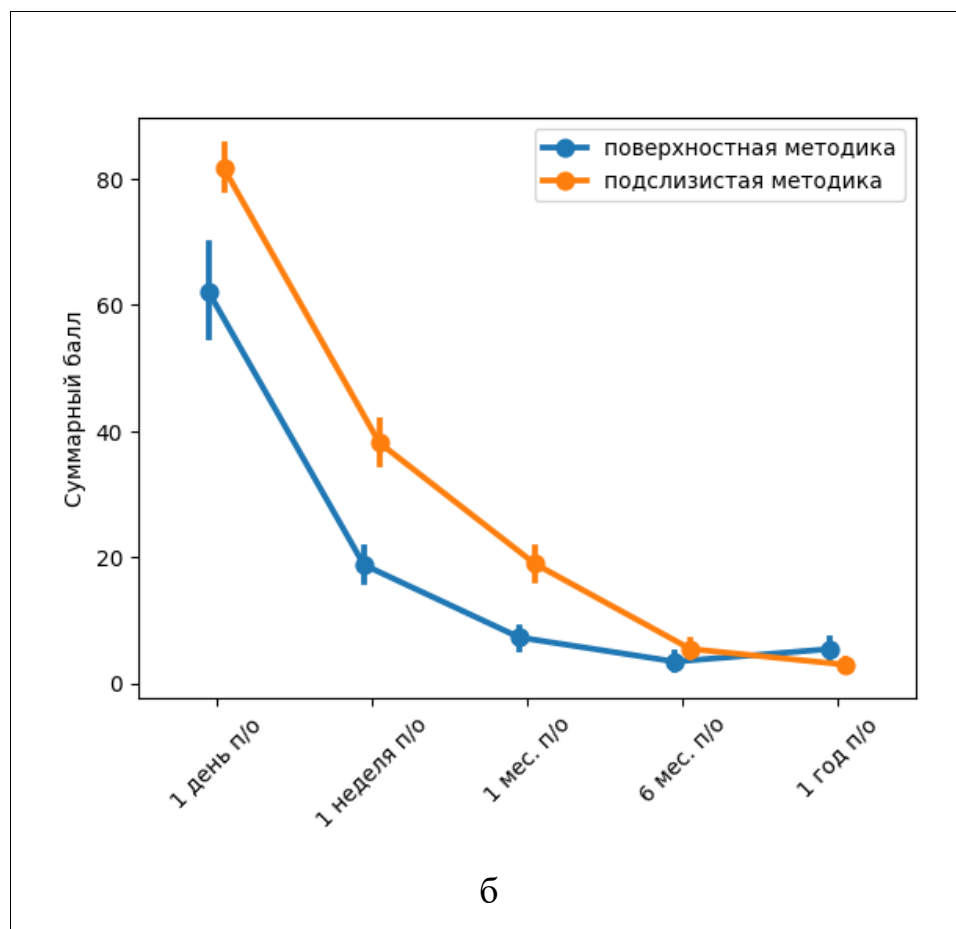
Примечание – Используемый метод: U-критерий Манна–Уитни.



а – сравнение методов при воздействии лазером 1,94 мкм.

Рисунок 22 (а, б) – Динамика суммарного балла по шкале NOSE после выполнении поверхностной и подслизистой коагуляции

Продолжение рисунка 22



б – сравнение методов при воздействии лазером 1,56 мкм.

Рисунок 22 (а, б) – Динамика суммарного балла по шкале NOSE после выполнении поверхностной и подслизистой коагуляции

4.2.4 Сравнение показателей мукоцилиарного транспорта между поверхностными и подслизистыми методиками при применении лазерного воздействия одной длины волны

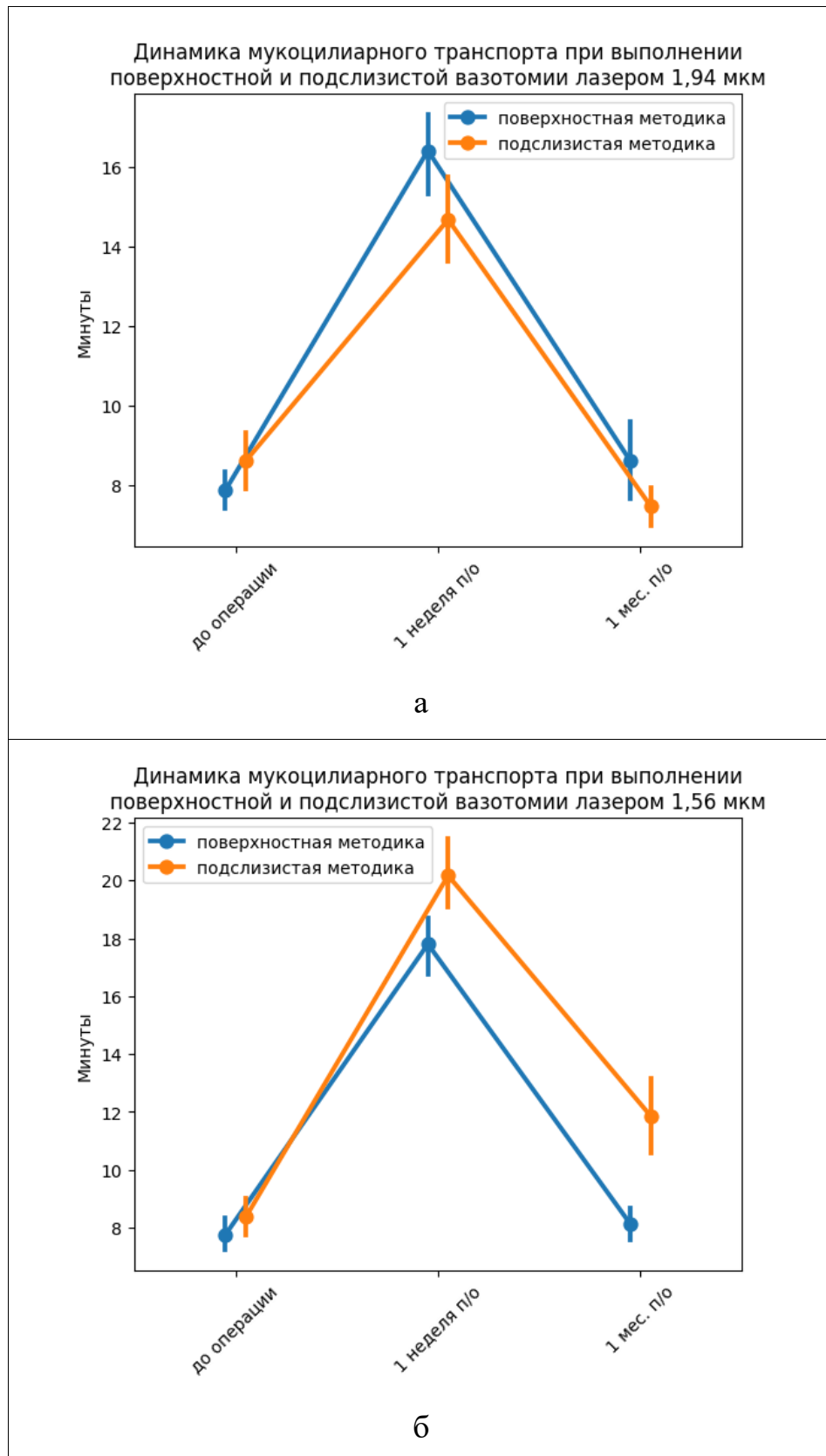
Мукоцилиарный транспорт в дооперационном периоде у всех пациентов в среднем составлял 8-9 мин. При анализе результатов воздействия лазером с длиной волны 1,94 мкм: через семь дней после операции поверхностный метод индуцировал более выраженное увеличение времени МЦТ (медиана 17,0 мин)

по сравнению с подслизистым методом (медиана 14,5 мин). К первому месяцу послеоперационного периода эти различия нивелировались (рисунок 23).

При сравнительной оценке методов воздействия с использованием лазера с длиной волны 1,56 мкм: подслизистый метод вызывал более выраженное и длительное увеличение времени МЦТ (медиана 20,5 мин через семь дней и 11,0 мин через один месяц) по сравнению с поверхностным методом (медиана 18,0 мин и 8,0 мин соответственно) (таблица 19).

Таблица 19 – Средние показатели мукоцилиарного транспорта в послеоперационном периоде в сравниваемых группах

Длина волны	Периоды	Методы воздействия		p
		поверхностная Ме. (Q1; Q3) Мин. – Макс.	подслизистая Ме. (Q1; Q3) Мин. – Макс.	
Лазер 1,94 мкм	До операции	8,0 (7,0; 9,0) 6,0-11,0	9,0 (7,0; 10,0) 5,0-13,0	0,108
	Через 7 дней после операции	17,0 (15,0; 18,0) 8,0-21,0	14,5 (12,2; 17,0) 9,0-20,0	0,017
	Через 1 месяц после операции	9,0 (7,0; 10,0) 4,0-16,0	7,0 (6,2; 8,0) 5,0-11,0	0,067
Лазер 1,56 мкм	До операции	8,0 (7,0; 8,0) 5,0-11,0	8,0 (7,0; 9,0) 5,0-12,0	0,185
	Через 7 дней после операции	18,0 (17,0; 19,0) 8,0-23,0	20,5 (17,0; 23,0) 15,0-25,0	0,021
	Через 1 месяц после операции	8,0 (7,0; 9,0) 6,0-12,0	11,0 (9,2; 14,5) 7,0-20,0	0,001
Примечание – Используемый метод: U-критерий Манна–Уитни.				



а – сравнение методов при воздействии лазером 1,94 мкм;

б – сравнение методов при воздействии лазером 1,56 мкм.

Рисунок 23 – Динамика мукоцилиарного транспорта после поверхностной и подслизистой коагуляции

4.2.5 Результаты сравнительной оценки реактивных воспалительных явлений между поверхностными и подслизистыми методиками при применении лазерного воздействия одной длины волны

При проведении эндоскопического обследования у пациентов, которым было выполнено лазерное воздействие на слизистую оболочку нижних носовых раковин, были получены следующие результаты: через сутки после лазерного воздействия с длиной волны 1,94 мкм при эндоскопии полости носа геморрагическое отделяемое была обнаружены у 24 из 30 пациентов при поверхностном воздействии и у 25 из 30 пациентов при подслизистом воздействии. Через 7 дней следы крови при эндоскопическом исследовании сохранялись только у 6 пациентов после подслизистого воздействия с длиной волны 1,94 мкм. При использовании лазера с длиной волны 1,56 мкм геморрагическое отделяемое было обнаружено через сутки у 8 пациентов после поверхностного воздействия и у 22 пациентов после подслизистого воздействия (таблица 18). Через 7 дней после воздействия лазером с длиной волны 1,56 мкм следы крови при эндоскопическом исследовании сохранялись у 13 пациентов после подслизистого воздействия.

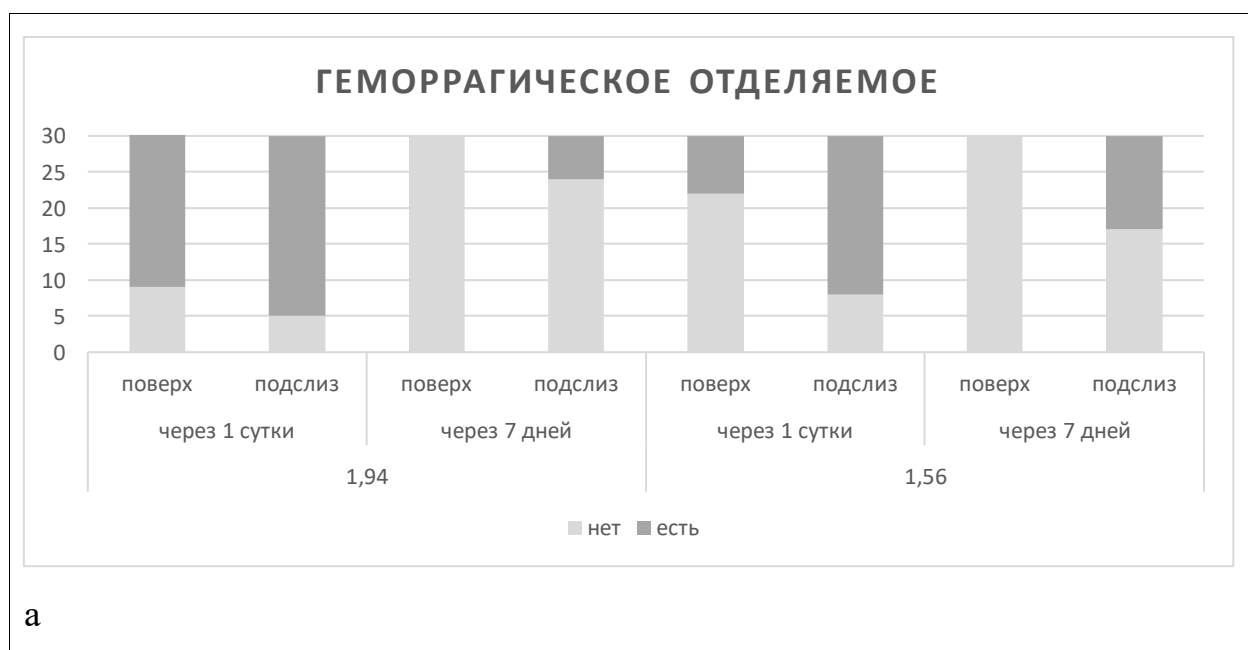
При использовании лазера с длиной волны 1,94 мкм корки в полости носа не были обнаружены у 7 пациентов после поверхностного воздействия через сутки. Через 7 дней корки в полости носа отсутствовали у более чем половины пациентов. При использовании лазера с длиной волны 1,56 мкм корки были обнаружены у 12 пациентов после поверхностного воздействия (рисунок 24, а) и у 27 пациентов после подслизистого воздействия через 24 часа. Через 7 дней количество пациентов с корками уменьшилось на 4 человека, однако количество пациентов с корками в полости носа по-прежнему превалировало после подслизистого воздействия (таблица 20, рисунок 24, б).

Отек нижних носовых раковин был более выраженным после подслизистой методики по сравнению с поверхностным воздействием при использовании обоих типов лазеров в течение всех наблюдаемых периодов (таблица 20, рисунок 24, в).

Таблица 20 – статистическая значимость показателей реактивных воспалительных явлений в послеоперационном периоде в сравниваемых группах

Длина волны	Реактивные воспалительные явления	Поверх-ностная	Подсли-зистая	Поверх-ностная	Подсли-зистая
		через 1 сутки п/о		через 7 дней п/о	
Лазер 1,94 мкм	Геморрагическое отделяемое	1,0		0,024	
	Образование корок	0,011		1,0	
	Отек	0,019		0,001	
Лазер 1,56 мкм	Геморрагическое отделяемое	0,001		0,001	
	Образование корок	0,001		0,001	
	Отек	0,06		0,007	

Примечание – Используемый метод: Точный критерий Фишера.



а – количество пациентов с геморрагическим отделяемым в послеоперационном периоде.

Рисунок 24 (а-в) – График показателей реактивных явлений в послеоперационном периоде

Продолжение рисунка 24



б – количество пациентов с наличием корок в полости носа;

в – количество пациентов с отеком в полости носа в послеоперационном периоде.

Рисунок 24 (а-в) – График показателей реактивных явлений в послеоперационном периоде

4.2.6 Вывод по результатам сравнительного анализа между поверхностными и подслизистыми методиками при применении лазерного воздействия одной длины волны

Во втором этапе клинического исследования был проведен сравнительный анализ двух методик лазерного воздействия (поверхностной и подслизистой) при использовании каждого типа лазера (1,94 мкм и 1,56 мкм). Анализ полученных данных позволил сделать следующие выводы по каждому из изученных параметров.

При анализе болезненности по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) подслизистое воздействие являлось более инвазивным и субъективно тяжелее переносилось пациентами. Для лазера 1,94 мкм медиана боли при подслизистом методе составила 3,0 балла против 2,0 баллов при поверхностном. Для лазера 1,56 мкм разница оказалась ещё более выраженной: 4,0 и 1,0 балла соответственно. Полученные данные свидетельствуют о том, что поверхностные методики являются более щадящими и могут быть рекомендованы пациентам с низким болевым порогом, тогда как подслизистое воздействие требует более тщательного обезболивания.

По данным передней активной риноманометрии (ПАРМ), исследуемые методики эффективно восстанавливают носовое дыхание, превышая нормативные показатели (>870 мл/с) к первому месяцу после операции. Однако динамика восстановления и долгосрочные результаты различаются. При использовании лазера с длиной волны 1,94 мкм поверхностная методика продемонстрировала статистически значимое преимущество перед подслизистой методикой в сроки 1 и 6 месяцев, однако к концу первого года наблюдения статистических отличий не было, что говорит о сопоставимой клинической эффективности обеих методик в долгосрочной перспективе. При использовании лазера с длиной волны 1,56 мкм в послеоперационном периоде (7 дней и 1 месяц) эффективнее оказалась поверхностная методика. Однако к 12 месяцам наблюдения кардинально изменилась: подслизистая методика обеспечила достоверно более высокие

показатели СОП (1002,3 см³/с против 909,1 см³/с). Но средние показатели при поверхностной методике также соответствовали положительным значениям в течение года после операции.

В первые сутки после операции подслизистое воздействие ожидаемо вызывало более выраженную неудовлетворенность (до 80-92,5 балла, категория NOSE-4) по сравнению с поверхностным (около 65 баллов, для обоих лазеров). Полное восстановление дыхания (снижение баллов до легкой степени нарушений) у всех групп зафиксировано к первому месяцу. При анализе по лазеру с длиной волны 1,94 мкм к 6 месяцам подслизистая методика показала лучшие результаты (медиана 5,0 баллов против 10,0 баллов), хотя к году различия стерлись. Для лазера 1,56 мкм к году наблюдения поверхностная методика сохраняла небольшое, но статистически значимое преимущество. В целом, несмотря на более тяжелый ранний период, подслизистые методики обеспечивают сопоставимое с поверхностными или даже лучшее качество носового дыхания в отдаленные сроки.

Оценка времени мукоцилиарного транспорта выявила различную степень травматизации слизистой оболочки. Для лазера 1,94 мкм через 7 дней поверхностная методика парадоксально вызывала более выраженное замедление МЦТ (медиана 17,0 мин.), чем подслизистая (14,5 мин.), что может быть связано с обширной зоной коагуляции. Однако к первому месяцу показатели обеих групп нормализовались и сравнялись. Для лазера 1,56 мкм подслизистое воздействие оказалось более травматичным для мерцательного эпителия: замедление транспорта было значительнее как на 7-й день (20,5 мин. против 18,0 мин.), так и, что особенно важно, сохранялось к первому месяцу (11,0 мин. против 8,0 мин.). Хотя в нормальных условиях время МЦТ варьирует от 7 до 12 минут, однако увеличение времени МЦТ при подслизистом воздействии обосновывается повторным воздействием в области переднего конца нижней носовой раковины, где сохранялась длительное время корка и куда был установлен сахарин для оценки времени МЦТ.

Геморрагическое отделяемое статистически значимо чаще встречалось при подслизистом воздействии в ранние сроки для обоих типов лазеров, причем для лазера 1,56 мкм следы крови сохранялись у части пациентов даже через 7 дней. Образование корок и отек слизистой были достоверно более выражены при подслизистых методиках на всех сроках наблюдения. Особенно заметна разница для лазера 1,56 мкм: через сутки корки наблюдались у 27 из 30 пациентов после подслизистого воздействия и у 12 пациентов из 30 после поверхностного воздействия.

4.3 Клинические наблюдения

4.3.1 Клинический случай № 1

Пациент Б., 28 лет, обратился на прием оториноларинголога в клинику ПСПбГМУ им. И.П. Павлова с жалобами на заложенность носа в течение длительного времени. Отмечает ежедневное использование сосудосуживающих интраназальных деконгестантов в течение 2-х лет. Неоднократно обращался к ЛОР-врачу с вышеуказанными жалобами, был обследован в объеме компьютерной томографии околоносовых пазух, по данным которой патологии со стороны придаточных пазух носа не отмечено. Визуализируется незначительное искривление перегородки полости носа и признаки отека слизистой оболочки нижних носовых раковин. Назначенная терапия в объеме интраназальных глюкокортикостероидов была эффективна с коротким эпизодом ремиссии. После прекращения использования ИнГКС вновь заложило нос и пришлось возобновить использование деконгестантов. Со слов пациента, триггером использования назальных деконгестантов стало перенесенное ОРВИ, на фоне которого отмечал выраженную заложенность носа.

Пациент прошел дополнительное обследование для исключения сенсibilизации к ингаляционным аллергенам посредством применения гематологического теста ImmunoCAP Phadiatop. По результатам анализов,

сенсibilизации к респираторным аллергенам не выявлено. После проведения передней активной риноманометрии (ПАРМ) для оценки сосудистого резерва были получены следующие результаты: без анемизации суммарный поток вдоха составил 394 мл/сек, а поток выдоха – 405 мл/сек при давлении 150 Па. Затем была выполнена анемизация нижних носовых раковин с использованием 0,1% – 0,5 мл раствора адреналина гидрохлорида. В ходе манипуляции было зафиксировано уменьшение объема кавернозной ткани нижних носовых раковин. После этого было проведено повторное измерение воздушного потока. Согласно полученным данным, суммарный поток воздуха на вдохе составил 882 мл/с, а на выдохе – 914 мл/с при давлении 150 Па. На основании проведенного обследования, анамнеза и жалоб был поставлен диагноз «вазомоторный медикаментозный ринит». В связи с наличием симптомов хронического вазомоторного ринита, проявляющихся в форме стойкой назальной обструкции продолжительностью более шести месяцев, а также с неэффективностью консервативных методов лечения, применявшихся на протяжении более восьми недель, и при подтверждении наличия сосудистого резерва в нижних носовых раковинах после проведения их анемизации, было принято решение о проведении лазерной коагуляции нижних носовых раковин под местной анестезией. В рамках проведения исследования методом конверта было осуществлено воздействие на подслизистую оболочку нижних носовых раковин с использованием лазерного излучения с длиной волны 1,94 мкм. Пациент, участвующий в исследовании, был полностью информирован о методах и целях процедуры, а также дал письменное согласие на участие, подтвержденное подписью.

В предоперационном периоде пациент прошел комплексное дообследование. Результаты клинического и биохимического анализов крови, общего анализа мочи и коагулограммы находятся в пределах нормативных значений. Для госпитализации были предоставлены следующие результаты лабораторных исследований: флюорография, анализы на сифилис, вирус иммунодефицита человека (ВИЧ), гепатиты В и С, которые также соответствуют норме. Терапевт провел осмотр пациента после получения всех вышеуказанных

анализов и выдал заключение об отсутствии противопоказаний к оперативному лечению вазомоторного ринита.

В рамках предоперационной подготовки были проведены исследования мукоцилиарного транспорта и оценка степени тяжести симптомов назальной обструкции по шкале NOSE. Показатели мукоцилиарного транспорта составили 11 минут, а результаты опросника по шкале NOSE – 80 баллов.

В условиях местной аппликационной анестезии и с использованием инъекции на передний конец нижней носовой раковины выполнена подслизистая лазерная коагуляция нижних носовых раковин. Во время оперативного вмешательства не было зарегистрировано интраоперационного кровотечения из области лазерного воздействия. Пациент оценил уровень переносимости хирургического вмешательства по визуально-аналоговой шкале на 5 баллов из 10. Пациенту были предоставлены рекомендации по ограничению физической активности, соблюдению домашнего режима, исключению потребления теплых напитков и пищи. В случае выраженной заложенности носа рекомендовалось использовать интраназальные деконгестанты, содержащие фенилэфрин и цетиризин.

Через одни сутки после оперативного вмешательства была проведена эндоскопия полости носа, в ходе которой были выявлены минимальные реактивные явления с небольшим отеком слизистой оболочки. В преддверии полости носа – небольшие корочки, незначительный отек слизистой оболочки нижних носовых раковин. Пациенту было рекомендовано использовать спрей в нос, содержащий комбинацию эктоина и изотонического раствора морской соли, в течение 1 месяца для увлажнения слизистой оболочки полости носа, при заложенности использовать ранее упомянутый препарат, содержащий в составе с фенилэфрином и цетиризином, в течение 5-7 дней. По шкале NOSE отметил 70 баллов.

При проведении контрольного осмотра через семь дней по шкале NOSE была зафиксирована оценка в 20 баллов. Эндоскопическое исследование полости носа выявило минимальные реактивные воспалительные изменения, отсутствие

отечности слизистой оболочки и единичную корку в полости носа (рисунок 25). По результатам ПАРМ суммарный поток выдоха без предварительной анемизации нижних носовых раковин составил 917 мл/сек. Время мукоцилиарного транспорта составило 22 минуты.

Далее пациент был приглашен на повторные осмотры в рамках научного исследования. Пациент не предъявлял жалоб на носовое дыхание и не применял назальные деконгестанты. По результатам передней активной риноманометрии (ПАРМ) через один месяц после хирургического вмешательства показатели составили 845 мл/сек при давлении 150 Па, а время мукоцилиарного транспорта (МЦТ) – 8 минут. Через шесть месяцев и через один год после операции пациент также был вызван для контрольного обследования (рисунок 25). По данным ПАРМ суммарный поток выдоха составил через 6 месяцев 815 мл/сек, через 1 год 878 мл/сек. По шкале NOSE через шесть месяцев был достигнут показатель в 15 баллов, который снизился до 10 баллов спустя один год. Пациент не испытывал необходимости в использовании назальных деконгестантов.



Рисунок 25 – Эндоскопическая картина динамики реактивных воспалительных послеоперационных явлений у пациента Б.

Продолжение рисунка 25

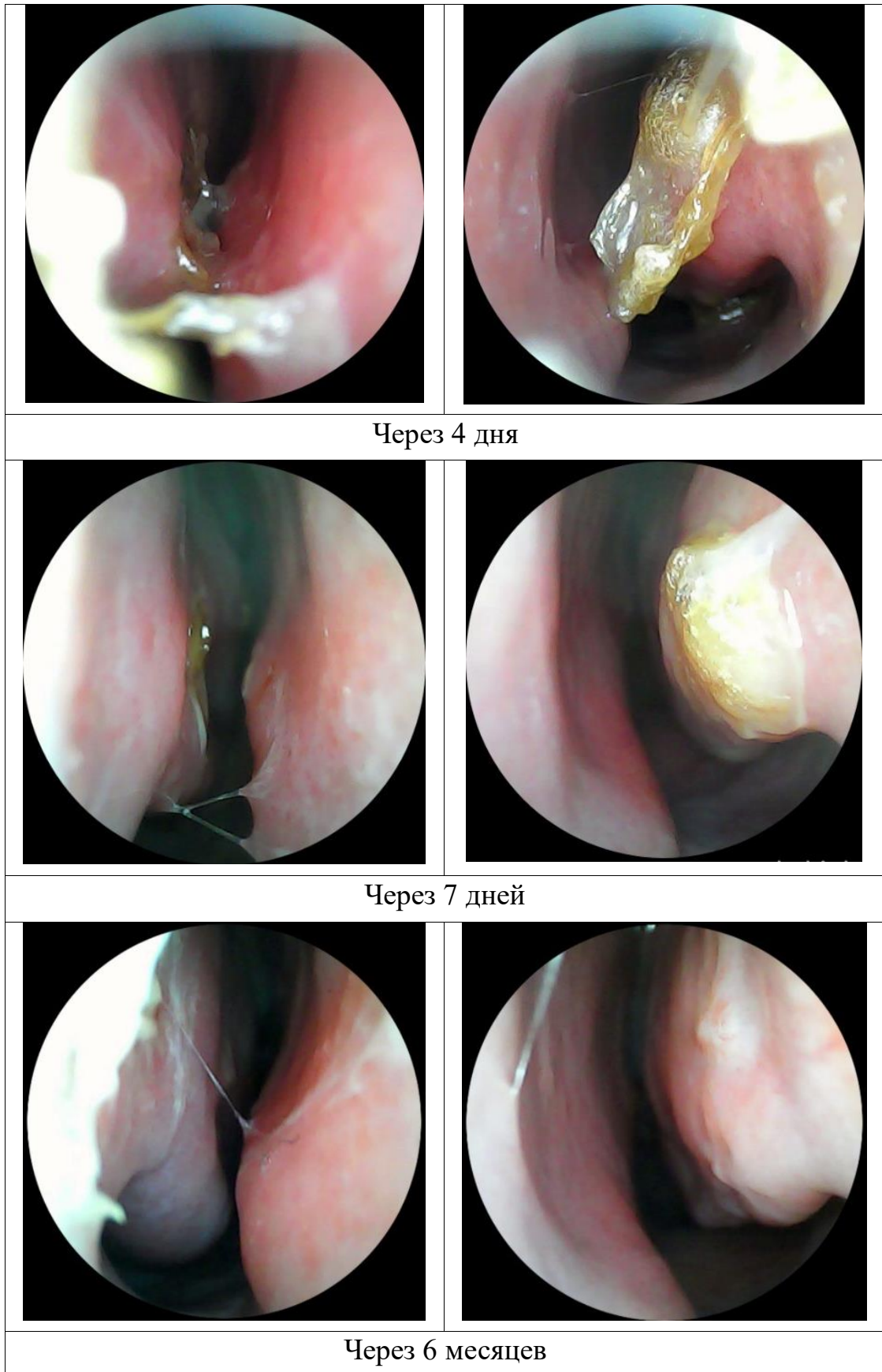


Рисунок 25 – Эндоскопическая картина динамики реактивных воспалительных послеоперационных явлений у пациента Б.

4.3.2 Клинический случай № 2

Пациентка Т., 29 лет, обратилась с установленным диагнозом «Вазомоторный ринит» в клинику ПСПбГМУ им. И.П. Павлова. Пациентка ранее обращалась к врачу-оториноларингологу в связи с периодической заложенностью носа, стеканием по задней стенке носоглотки в течение 1 года. Также из анамнеза известно, что пациентка отмечает выраженность заложенности носа при нахождении в помещениях и при горизонтальном положении тела. Назначенная консервативная терапия была без положительной динамики, в связи с чем была направлена к ЛОР-хирургу для лечения. При риноскопии визуализировалась отечность носовых раковин, незначительное искривление перегородки полости носа. При проведении фаринголарингоскопии были выявлены признаки гастроэзофагеальной рефлюксной болезни (ГЭРБ), а именно пастозность задней стенки ротоглотки и межчерпаловидного пространства. В связи с этим пациент был направлен на консультацию к гастроэнтерологу для лечения ГЭРБ как возможной причины в развитии вазомоторного ринита.

После проведения полного обследования пациентка прошла курс консервативного лечения. В результате терапии было зафиксировано незначительное улучшение симптоматики: уменьшение заложенности носа в горизонтальном положении и снижение интенсивности стекания слизи по задней стенке носоглотки. Несмотря на это, при нахождении в помещении у пациентки сохранялась заложенность носа, что требовало регулярного применения назальных деконгестантов. При выполнении ПАРМ до анемизации суммарный поток выдоха составил 524 мл/сек, после анемизации – 1112 мл/сек. Пациентка отмечала значительное улучшение дыхания после анемизации полости носа.

В связи с отсутствием стойкой ремиссии после проведенной терапии и наличием сосудистого резерва было решено выполнить лазерную коагуляцию нижних носовых раковин в условиях местной анестезии.

Пациентка была дообследована на дооперационном этапе, острой ЛОР-патологии не выявлено. По методу конверта пациентке была выбрана

поверхностная коагуляция нижних носовых раковин с использованием лазера с длиной волны 1,94 мкм. Получено добровольное согласие для участия в научном исследовании.

Процедура выполнялась с использованием аппликационной анестезии по методу, указанному в пункте 3.2.3. Пациентка по удовлетворенности от проведенной манипуляции по ВАШ от 0 до 10 отметила 3 балла. Интраоперационно кровотечения в области воздействия не отмечалось. Также пациентке были выданы рекомендации после лазерной вазотомии, разработанные на нашей кафедре.

При осмотре через сутки значимого отёка в области нижних носовых раковин нет. Признаки наличия корок или патологического отделяемого в полости носа были минимальными. Пациентке было назначено использование увлажняющих спреев для носа, содержащих комбинацию эктоина и изотонического раствора морской соли, и при необходимости (возникновении выраженной заложенности носа) использование местного спрея, содержащего в составе цетиризин и фенилэфрин. Пациентка отмечала через сутки по шкале NOSE 60 баллов, что является средней степенью неудовлетворённости по дыханию через нос.

Далее пациентка для оценки краткосрочного послеоперационного эффекта была осмотрена через 1 неделю и через 1 месяц. По данным ПАРМ через неделю суммарный поток выдоха составил 1069 мл/сек, через 1 месяц – 1106 мл/сек. По данным шкалы NOSE отметила 25 баллов через 1 неделю и через 1 месяц. При оценке мукоцилиарного транспорта через 1 неделю было 19 мин, через 1 месяц составил 9 мин. При осмотре через 6 месяцев ПАРМ составил 839 мл/сек, по шкале NOSE – 25 баллов, при осмотре через один год суммарный поток по ПАРМ составил 808 мл/сек, по шкале NOSE 15 баллов (рисунки 26, 27).

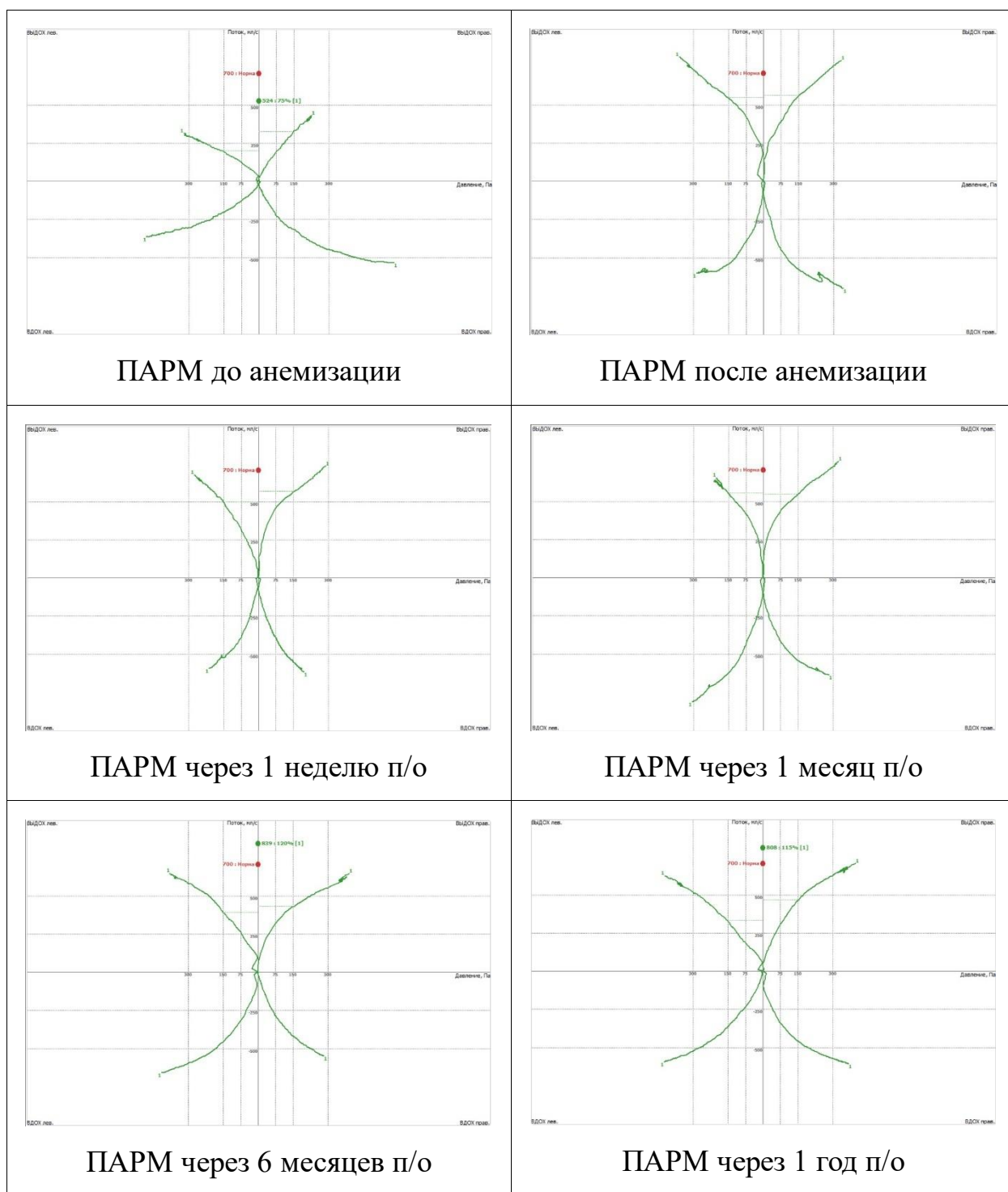


Рисунок 26 – ПАРМ в динамики до и послеоперационном периоде у пациентки Т.

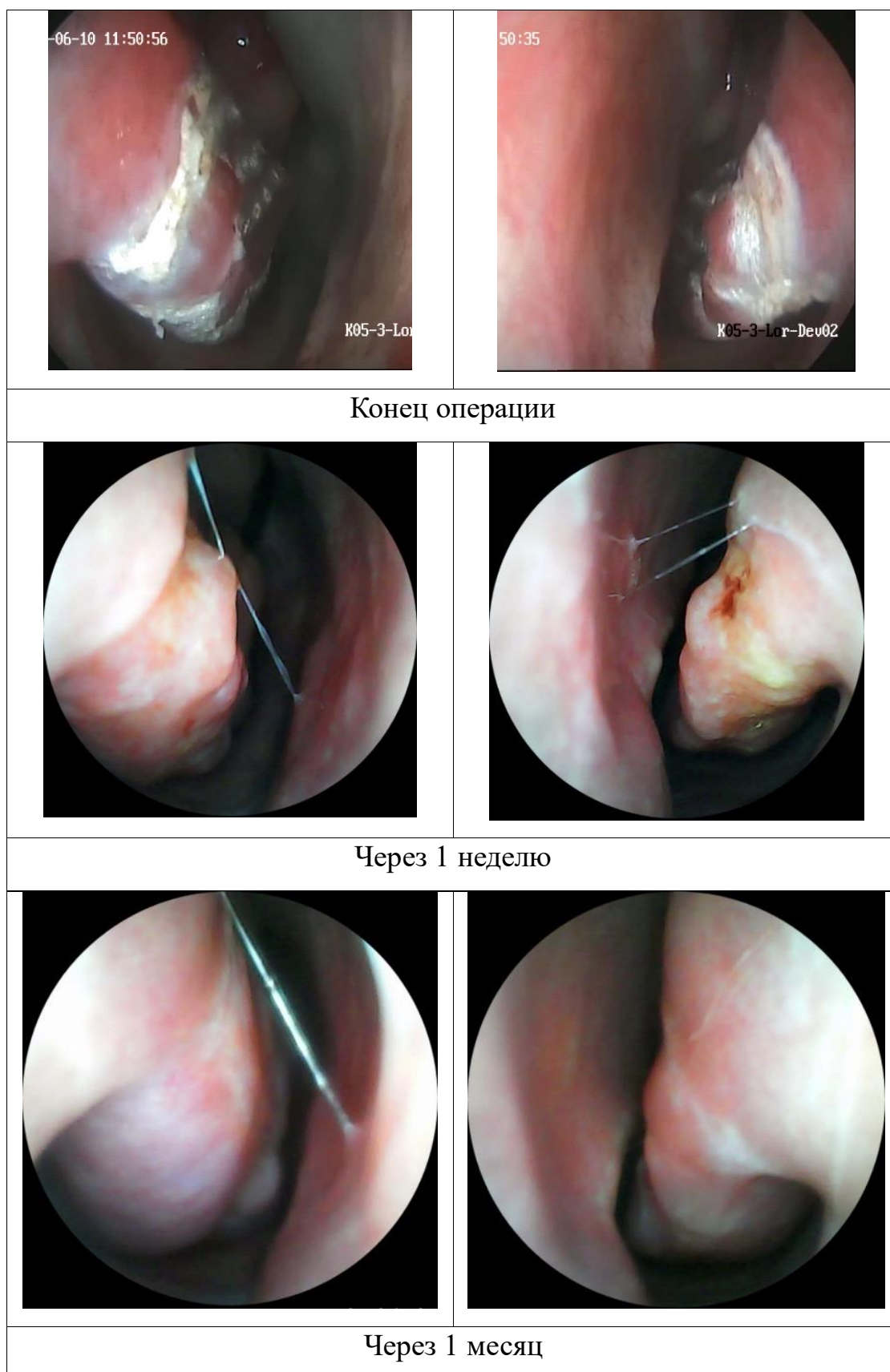


Рисунок 27 – Эндоскопическая картина динамики реактивных воспалительных послеоперационных явлений у пациентки Т.

Продолжение рисунка 27

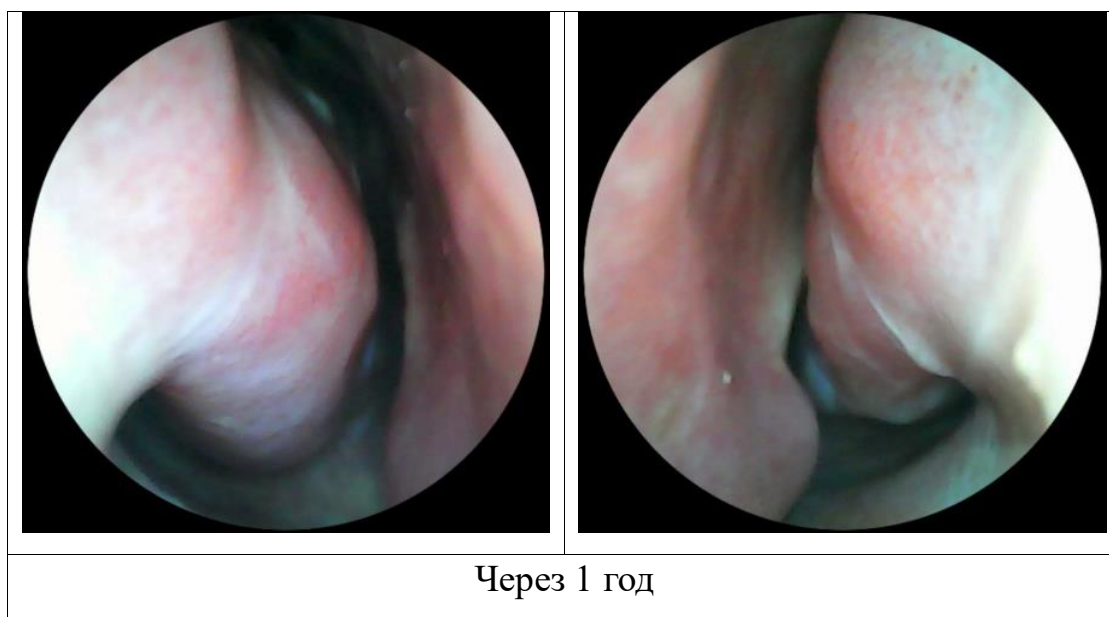


Рисунок 27 – Эндоскопическая картина динамики реактивных воспалительных послеоперационных явлений у пациентки Т.

4.3.3 Клинический случай №3

Пациент К, 44 года, с индексом массы тела 37,5 (ожирение II степени), был направлен в ЛОР-отделение ПСПбГМУ им. И.П. Павлова в октябре 2024 года на консультацию. Жалобы на момент осмотра: храп, остановки дыхания во сне, дневная сонливость, затрудненное носовое дыхание, неэффективность сосудосуживающих капель.

Из анамнеза известно, что пациент находился под наблюдением Кардиолога с диагнозом: Метаболический синдром; ГБ II стадии, неконтролируемая АГ, риск ССО 3; Нарушение толерантности к глюкозе, дислипидемия, ожирение II; Подагра, бессимптомная гиперурикемия; Стеатогепатоз, ЖКБ, дискинезия ЖВП, дивертикулярная болезнь кишечника; ДДЗП.

В связи с жалобами пациенту изначально назначена была СРАР-терапия, но так как пациент имел затруднение носового дыхания, был переведен на кислородный концентрат. Далее со стороны ЛОР врача выполнено обследование.

При проведении трансназальной фиброларингоскопии с тестом Мюллера на уровне носоглотки наблюдалась обструкция за счет увеличенных задних концов носовых раковин, свод носоглотки свободен, на уровне ротоглотки имелось концентрическое сужение просвета глотки до 50% за счет тканей мягкого неба и боковых стенок глотки, на уровне гортаноглотки – сужение просвета до 40% за счет боковых стенок глотки.

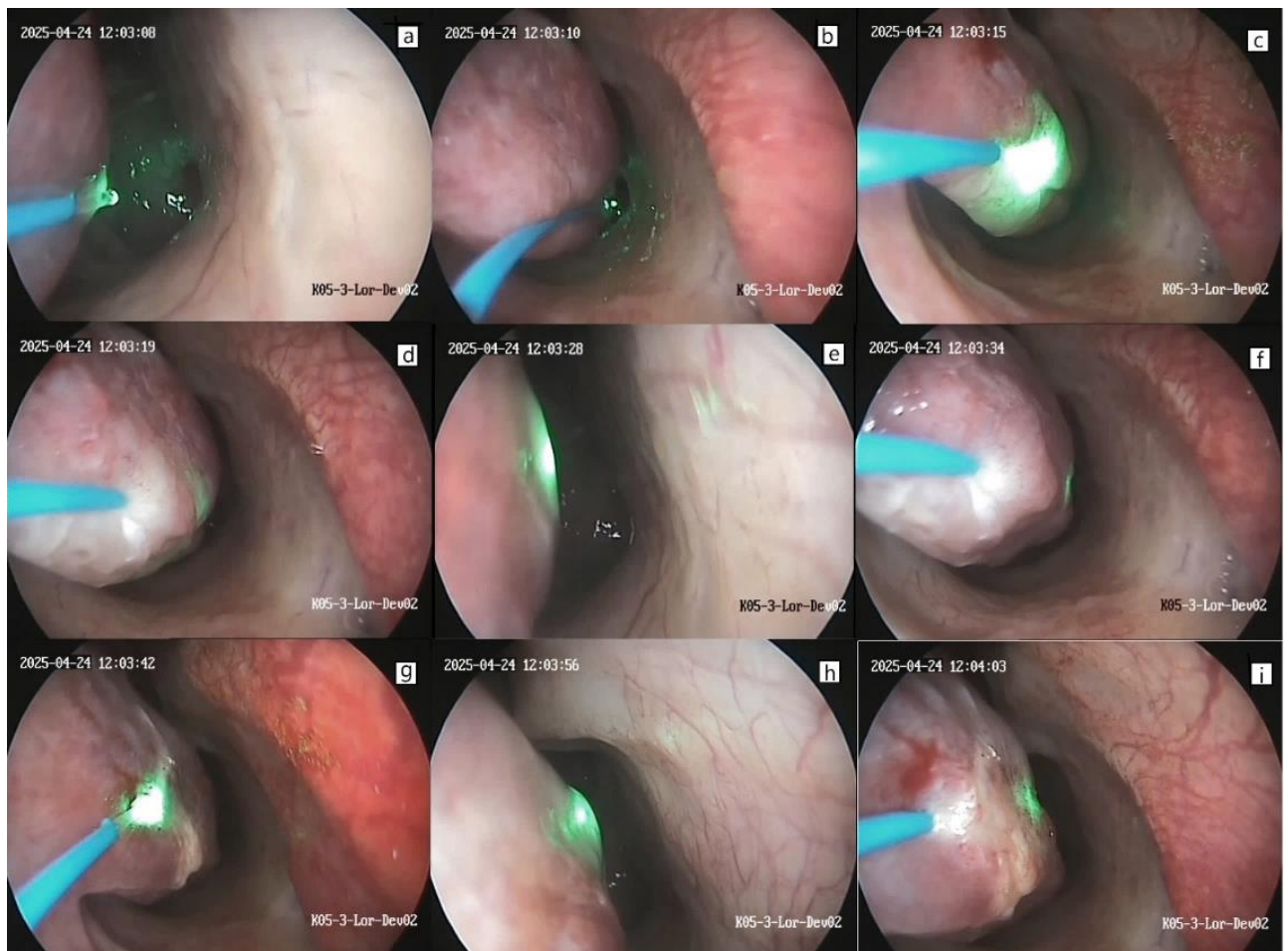
В связи с наличием противопоказаний к проведению масштабных хирургических операций, обусловленных сопутствующими заболеваниями и повышенным риском, связанным с анестезиологическим обеспечением, пациенту было рекомендовано проведение малоинвазивного хирургического вмешательства. Учитывая хронический вазомоторный ринит с гипертрофией нижних носовых раковин, а также гипертрофию мягкого неба, пациенту была выполнена лазерная поверхностная дезинтеграция нижних носовых раковин и лазерная нерезекционная увулопалатопластика.

После операции пациент заметил улучшение состояния. Храп стал тише, дыхание через нос облегчилось, а количество капель для сужения сосудов уменьшилось. Но через четыре месяца, несмотря на использование кислородного концентратора, он снова столкнулся с заложенностью носа и пробуждением из-за нехватки воздуха.

При повторном осмотре ЛОР-врач обнаружил отёчность и сухость слизистой оболочки нижних носовых раковин. Также было выявлено искривление перегородки носа с образованием костного гребня в переднем отделе слева. Адреналиновая проба была положительная с обеих сторон нижних носовых раковин.

Пациент был обследован повторно кардиологом, по РМ выявлены: СОАС тяжелой степени (ИАГ 53,5 в час). Средний уровень сатурации во время сна составил 91,9%, минимальный уровень сатурации – 60%. По передней активной риноманометрии (ПАРМ) выявлен резерв слизистой нижних носовых раковин. До анемизации по данным ПАРМ суммарный поток в среднем составлял 248 мл/с. После анемизации в среднем 855 мл/с соответственно. По шкале NOSE –

80 баллов. Из-за низкой эффективности поверхностной коагуляции выполнена интерстициальная коагуляция. Операция началась с аппликационной анестезии 10% раствором лидокаина объемом 2 мл, к которому был добавлен адреналин. После достижения адекватного обезболивания и вазоконстрикции нижних носовых раковин была выполнена инъекционная анестезия передних отделов нижних носовых раковин при помощи 1% раствора лидокаина по 1 мл в каждую носовую раковину с использованием инсулинового шприца. Лазерная коагуляция выполнено по методике, указанной в пункте 3.2.3 с использованием лазера длиной волны 1,56 мкм на мощности 3 Вт (рисунок 28).



a, b – измерение длины волокна перед воздействием; c, d – начала воздействия и вкола в толщу кавернозной ткани; e – точка конца воздействие обозначено ярким светом; f – при обратном воздействии удаление волокна из толщи ткани; g – второе воздействия в толще нижней носовой раковины; h – визуализация кончика волокна в конце нижней носовой раковины; i – выход волокна из толщи нижней носовой раковины.

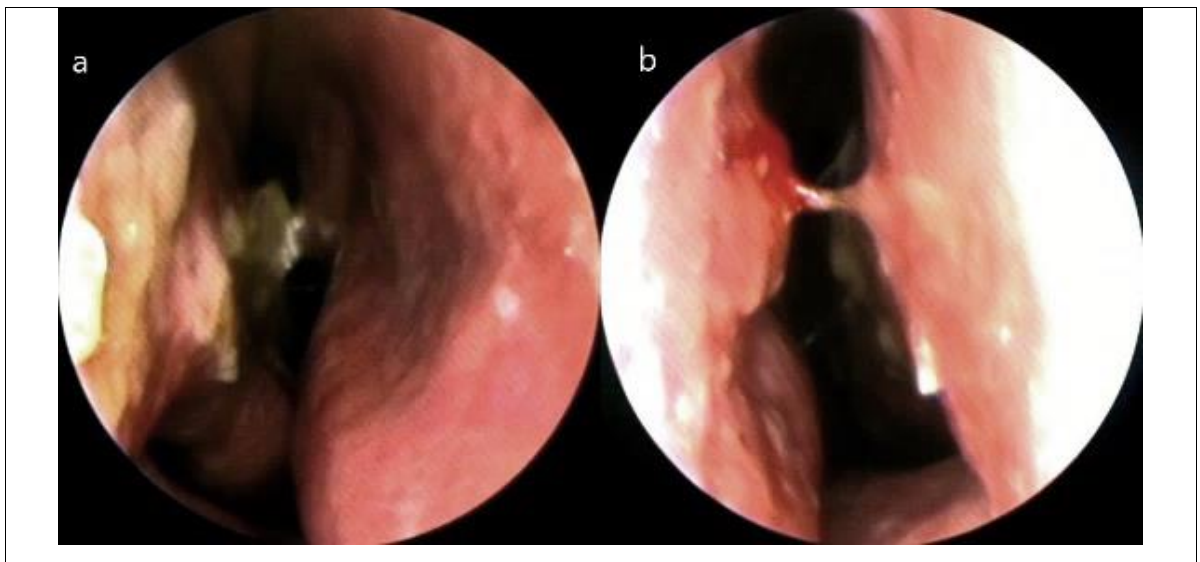
Рисунок 28 – Интраоперационная картина этапности лазерного воздействия

Также получено добровольное согласие для участия в научном исследовании и по методу конверта выбран данный тип лазера. Но с учетом отсутствия стойкого эффекта после поверхностного воздействия [24, 25] было решено выполнить подслизистую коагуляцию.

После операции через одни сутки отмечался незначительный отек слизистой оболочки, отмечали появление корок в передних отделах, и пациент отмечал по шкале NOSE 55 баллов. Через неделю отек был значительно меньше, но сохранялись корки преимущественно в передних отделах, по шкале NOSE – 20 баллов, что является легкой обструкцией [62]. Пациент продолжал орошение носа изотоническим солевым раствором. При осмотре через месяц (рисунок 29) определяется минимальное количество корок в полости носа, с незначительным отеком, но уже по шкале NOSE отмечал – 10 баллов. В данном случае необходимо было выполнение туалета полости носа для исключения образования синехий в правой половине полости носа. В свою очередь, пациент также обследовался по ПАРМ, по которым через неделю после операции суммарный поток составил в среднем 625 мл/с, а через месяц суммарный поток в среднем составил 860 мл/с.

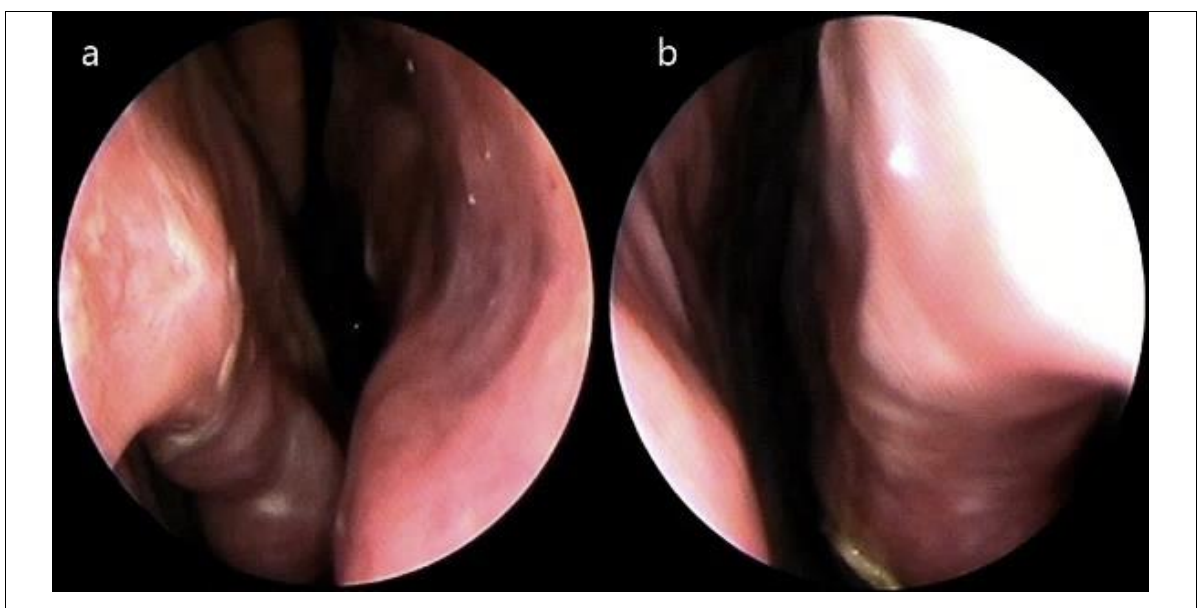
При осмотре через два месяца (рисунок 30) слизистая оболочка розовая, отеков нет, патологического отделяемого нет. Жалоб на затрудненное носовое дыхание нет, пациент не использовал сосудосуживающие капли в нос, отмечал нормализацию артериального давления в течение суток.

ПАРМ: суммарный поток в среднем при вдохе и выдохе – 1024 мл/с. Пациент продолжает использовать кислородоконцентратор во время сна, нет необходимости закапывать сосудосуживающие капли ночью и днем. Через 4 месяца после операции по данным РМ СОАС средней степени (ИАГ 21,1 в час).



а – правая половина полости носа; б – левая половина полости носа.

Рисунок 29 – Эндоскопическая картина полости носа
через один месяц после операции



а – правая половина полости носа, б – левая половина полости носа.

Рисунок 30 – Эндоскопическая картина полости носа
через два месяца после операции

4.3.4 Клинический случай № 4

Пациентка Т., 32 года, обратилась в КДЦ ПСПбГМУ им. И.П. Павлова к врачу – оториноларингологу с жалобами на постоянное использование сосудосуживающих капель, на фоне которого отмечала эпизоды носового кровотечения. Из анамнеза было известно, что пациентка около 5 лет назад приехала в г. Санкт-Петербург, со слов, начала отмечать периодическую заложенность носа, что мешало ей в повседневной жизни. Обращалась неоднократно к ЛОР-врачу, от назначенной терапии в объеме ИнГКС не отмечала эффекта. Последний год начала чаще использовать сосудосуживающие капли в нос, в связи с чем отмечала эпизоды носового кровотечения после образования корок в преддверии полости носа. Также при опросе выяснено об употреблении по назначению психотерапевта антидепрессантов в течение года. В свою очередь пациентке на приеме было выполнено ПАРМ до и после анемизации: разница между показателями до анемизации и после анемизации в объеме 456 мл/с, что объясняет наличие сосудистого резерва и вероятной эффективности малоинвазивного хирургического лечения.

При осмотре по риноскопии определялась отечность нижних носовых раковин, искривление перегородки полости носа в переднем отделе в правую сторону, где определялся эктопированный сосуд в зоне Киссельбаха, вероятный источник кровотечения из левой половины носа. После инструментального обследования и сбора анамнеза и жалоб был предварительно установлен диагноз «Вазомоторный – лекарственно-индуцированный медикаментозный ринит» и отправлена на дообследование. Дообследование включало в себя КТ ОНП для исключения хронической патологии верхнечелюстных пазух, гематологического теста ImmunoCAP Phadiatop для исключения сенсibilизации к респираторным аллергенам. По данным, которых патологии не было выявлено.

В связи с сохранением жалоб пациентке было рекомендовано хирургическое лечение в объеме эндоскопическая септопластика и вазотомия нижних носовых раковин. От которого пациентка отказалась в связи с боязнью общего наркоза, страха о выполнение тампонады полости носа. Учитывая состояние, пациентке

было рекомендовано выполнение в условиях местной анестезии, щадящей лазерной коагуляции нижних носовых раковин. Получено согласие для включения пациентки на клиническое исследование. И в рамках клинического исследования по методу конверта был выбран метод поверхностного воздействия с использованием лазера с длиной волны 1,56 мкм.

Пациентка полностью обследована в дооперационном этапе. В условиях операционной под местной аппликационной анестезией выполнена поверхностная лазерная коагуляция нижних носовых раковин. Операция прошла успешно, гемостаз был состоятелен, пациентка не отметила никакого дискомфорта, кроме первоначального смазывания нижних носовых раковин с анестетиком. Были даны рекомендации, и пациентка отпущена домой.

На следующий день после операции пациентка набрала 50 баллов по шкале NOSE. При осмотре носа были заметны небольшой отек нижних носовых раковин и образование корок. Пациентке было разрешено использование при необходимости до семи дней местного спрея, содержащего в составе цетиризин и фенилэфрин, и назначено использование увлажняющих спреев для носа, содержащих комбинацию эктоина и изотонического раствора морской соли, в течение одного месяца. Через неделю заметила улучшение состояния. Спрей с фенилэфрином больше не требовался. По шкале NOSE поставила 10 баллов. Во время эндоскопии носа не было обнаружено значительного отека, лишь минимальное количество сухих корок. Пациентку предупредили о необходимости постоянного использования увлажняющего спрея в течение месяца после операции. Через 7 дней и через месяц после начала терапии показатели ПАРМ в среднем составили 1126 мл/сек. При эндоскопии в левой половине носа корок не обнаружено. В правой половине, где перегородка искривлена в переднем отделе, остались лишь небольшие сухие корки (рисунок 31). Однако пациентка не жаловалась на проблемы с дыханием и оценила свое состояние по шкале NOSE на 0 баллов, что свидетельствует об отсутствии каких-либо проблем с носовым дыханием. В рамках исследования пациентка проходила повторные приемы. Через шесть месяцев после начала терапии по данным ПАРМ скорость кровотока

составила в среднем 1099 мл/сек. Через год этот показатель снизился до 925 мл/сек, однако пациентка не жаловалась на самочувствие.

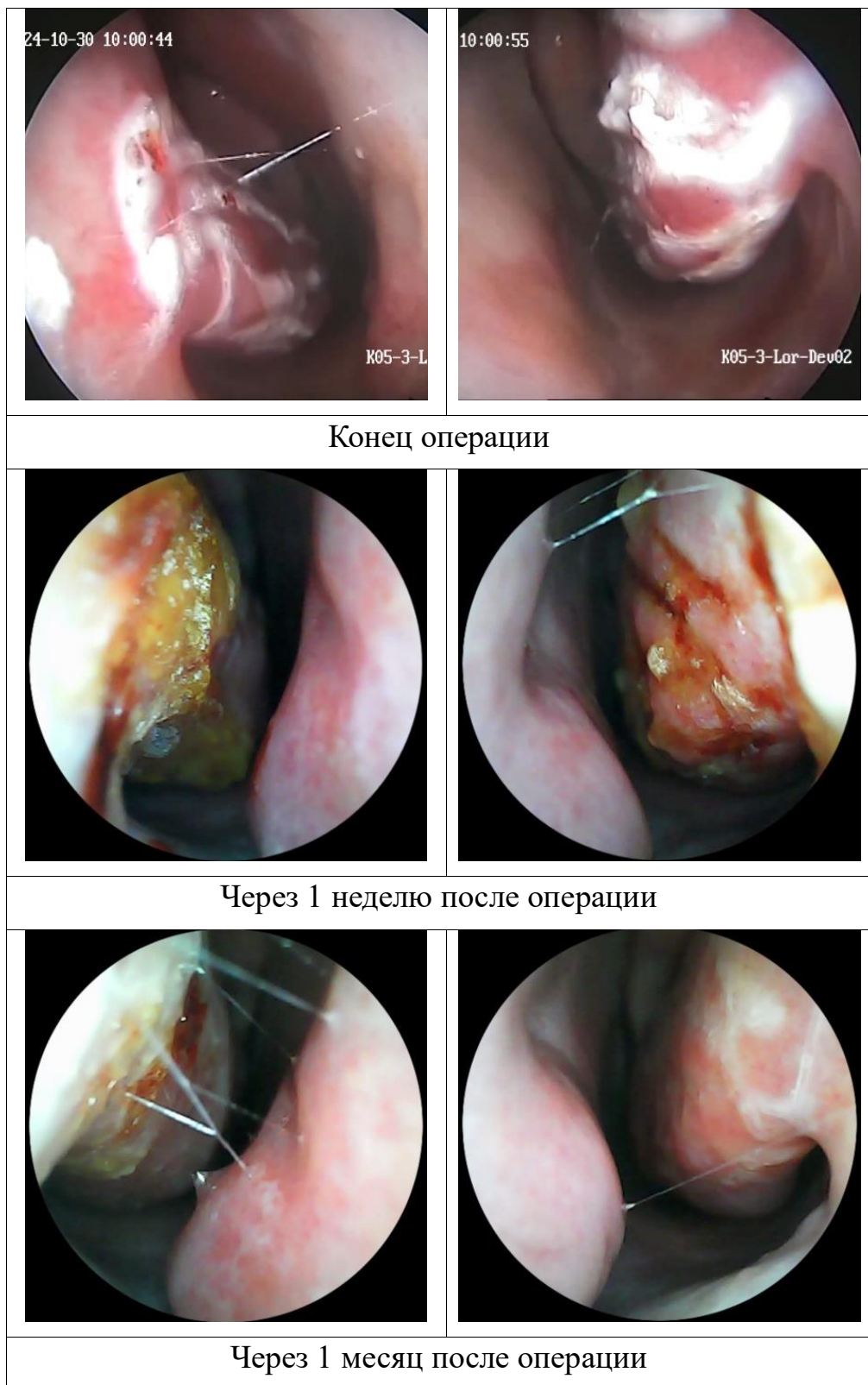


Рисунок 31 – Эндоскопическая картина динамики реактивных воспалительных послеоперационных явлений у пациентки Т.

4.4 Заключение по клинической части

Во всех четырех клинических случаях у пациентов наблюдались симптомы вазомоторного ринита. В результате проведенного обследования (ПАРМ до и после анемизации) было подтверждено наличие сосудистого резерва нижних носовых раковин, что является ключевым критерием для оценки потенциальной эффективности лазерной коагуляции носовых раковин.

Во всех четырех случаях применена лазерная коагуляция нижних носовых раковин. Данная малоинвазивная методика проводилась под местной анестезией, что делает ее предпочтительной для пациентов, отказавшихся от более обширных оперативных вмешательств или имеющих сопутствующую патологию, препятствующую проведению общей анестезии.

Во всех случаях лазерная коагуляция оказалась очень эффективной, что привело к значительному и устойчивому улучшению носового дыхания, снижению показателей NOSE и прекращению применения противоотечных средств. Положительные результаты сохранялись в течение от нескольких месяцев до года, что свидетельствует о долгосрочной эффективности процедуры для этих пациентов.

При поверхностном воздействии с использованием лазера с длиной волны 1,94 мкм наблюдается зона коагуляции с образованием карбонизата, в то время как при использовании лазера с длиной волны 1,56 мкм отмечается только коагуляционная зона. Согласно техническим характеристикам, лазер с длиной волны 1,56 мкм обладает более выраженными коагулирующими свойствами, тогда как лазер с длиной волны 1,94 мкм демонстрирует режущие свойства.

Это различие проявляется в интраоперационном периоде: после воздействия лазером с длиной волны 1,56 мкм формируется коагуляционная зона без абляции, что гарантирует выполнение операции бескровно, что особенно важно для пациентов с сопутствующими заболеваниями.

В клиническом случае № 3 сначала наблюдалось улучшение после поверхностной лазерной коагуляции и увулопалатопластики, но эффект не был

устойчивым. Это говорит о том, что в более сложных случаях, особенно с тяжелой формой СОАС и значительной гипертрофией кавернозной тканей, одной поверхностной процедуры может оказаться недостаточно. Последующая интерстициальная лазерная коагуляция, направленная на более глубокие ткани кавернозного слоя, в конечном итоге принесла желаемый долгосрочный эффект. Это говорит о том, что подслизистую лазерную коагуляцию возможно использовать при тяжелых и специфических обструкциях и при отсутствии стойкого эффекта после поверхностного воздействия.

ГЛАВА 5. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время проведено значительное количество исследований, посвященных изучению влияния различных длин волн лазерного излучения на тканевые структуры. Эти исследования позволяют установить оптимальные параметры воздействия в зависимости от целей лазерной хирургии.

Целью лазерной хирургии в отношении нижних носовых раковин при вазомоторном рините является коагуляция сосудов кавернозного слоя для предотвращения увеличения объема раковины за счет расширения кавернозных сплетений.

В связи с риском кровотечения при лазерном воздействии на носовые раковины, необходимо провести исследование для выбора режимов работы лазеров с различными длинами волн. Необходим подбор оптимальных параметров мощности для каждой длины волны для достижения максимальной коагуляции тканей при минимальной абляции, так как уровень абляции определяет сроки репаративных явлений, выраженность реактивного воспаления.

В исследовании М.А. Рябова, М.Ю. Улупов, Н.А. Шумилова и др. (2021) по анализу коагуляционных свойств лазеров с длинами волн 1,56 мкм, 1,94 мкм и 0,98 мкм авторы утверждают, что на мощностях 3 и 5 Вт лазеры с длинами волн 1,56 и 1,94 мкм обладают более выраженной коагуляционной способностью (шире зона коагуляции) при меньшей зоне абляции (испарения ткани) по сравнению с лазером 0,98 мкм. Этот факт имеет прямое практическое значение для процедур, где ключевым требованием является локальная коагуляция сосудов без избыточного повреждения ткани, например, при вазотомии (лазерной коагуляции) гипертрофированных нижних носовых раковин [38].

Длины волн 1,56 и 1,94 мкм близки к пикам поглощения воды, что обеспечивает селективное нагревание водосодержащих структур (например, кавернозной ткани, богатой венозными сосудами). Это приводит к локальному повышению температуры, вызывающему коагуляцию белков и сжатие сосудов, но

при этом энергия не расходуется на испарение ткани (абляцию), что снижает риск некроза или кровотечения.

Лазер 0,98 мкм (близок к пику поглощения гемоглобина) преимущественно взаимодействует с кровью, что может привести к избыточной абляции (испарению) ткани при тех же мощностях, что нежелательно для вазотомии, где требуется сохранение структуры слизистой оболочки.

Для определения применимости лазеров с длинами волн 1,56 мкм и 1,94 мкм для вазотомии необходимо провести дополнительные экспериментальные исследования, направленные на устранение существующих ограничений. В частности, следует:

1. Изучить воздействие лазеров на ткани с более плотной структурой, которая не разволокнится при гистологических срезах и содержит кровеносные сосуды. Это позволит получить данные, которые будут более релевантными для клинической практики.

2. Провести гистологические исследования образцов после лазерного воздействия с использованием окраски гематоксилином и эозином для точного количественного и качественного определения следующих параметров: границ зоны коагуляции, обусловленной денатурацией белков; глубины повреждения тканей; сохранности эпителия и подлежащих структур.

3. Провести исследование биологических эффектов интерстициальных методов лазерного воздействия для оценки распределения энергии в объеме ткани и выявления возможного перегрева структур, прилежащих к зоне воздействия. Определить оптимальные параметры мощности для безопасного и эффективного применения данных лазеров при интерстициальном воздействии на носовую раковину.

В 2003 году израильские ученые исследовали толщину нижней носовой раковины с помощью гистологических методов. Они пришли к выводу, что средняя толщина медиальной части слизистого слоя нижней носовой раковины составляет 1,59 мм [52].

В 2009 году индийские исследователи оценили толщину нижней носовой раковины с помощью компьютерной томографии (КТ). Они изучили как гипертрофированные, так и нормальные раковины. По их данным, средняя толщина медиальной части нижней носовой раковины при нормальных условиях составляет 3,36 мм, а при гипертрофии – 5,33 мм [84].

Различия в результатах могут быть связаны с тем, что при гистологическом исследовании извлекают часть носовой раковины, в которой отсутствует кровообращение. Кавернозная ткань, важная составляющая слизистой оболочки, спадается без кровотока. Поэтому в гистологических образцах толщина слизистой оболочки может быть меньше, чем в реальности. В исследованиях с использованием КТ, проводимых на живых людях, сохраняется нормальное кровообращение, что может приводить к большей толщине кавернозного слоя.

Кроме того, в обоих исследованиях не указана раса людей, у которых были взяты образцы для гистологического анализа или проведено КТ-исследование. Однако известно, что анатомия нижней носовой раковины может различаться у представителей разных рас [97]. Поэтому результаты индийского исследования могут не полностью совпадать с результатами исследования израильских ученых. При оценке гистологических показателей и степени повреждения тканей следует ориентироваться на данные израильских исследователей. Согласно их выводам, среднее значение медиальной толщины нижней носовой раковины составляет 1,59 мм. В связи с этим, при проведении лазерной коагуляции необходимо учитывать этот показатель глубины повреждения.

В экспериментальной части исследования в качестве модели мы выбрали почку телят, так как данный орган отличается стабильностью гистологической структуры и отсутствием разволокнения при изготовлении срезов, что позволяет точно проводить морфометрические измерения. Высокое содержание воды в паренхиме делает ткань подходящей для изучения эффектов лазера с длиной волны 1,94 мкм, который хорошо поглощается водой. Кроме того, почка телят доступна, свежа и не обсеменена бактериями, что позволяет стандартизировать экспериментальные условия. По результатам морфологического исследования мы

выбрали параметры, которые позволяют получить максимальную коагуляцию ткани при минимальной абляции ее. Мы применили эти параметры в клинической части исследования.

При проведении процедуры на биологической ткани особое внимание уделялось состоянию скола и чистоте кончика оптоволокну. Лазерное воздействие с длиной волны 1,94 микрометра, осуществляемое через нечерненный торец оптоволокну, обеспечивает узконаправленное распределение излучения, что минимизирует воздействие на ткани за пределами эпицентра лазерного воздействия. Это позволяет достичь оптимальной глубины проникновения лазерного излучения, достаточной для коагуляции сосудов подслизистого слоя нижней носовой раковины.

При проведении интерстициального воздействия на почке теленка мы столкнулись с необходимостью дополнительного использования пилотного освещения, как для предварительной оценки целостности волокна, так и для наблюдения за ходом интерстициального воздействия.

В процессе исследования поверхностного воздействия с применением лазера с длиной волны 1,94 мкм был выявлен уникальный случай: при мощности излучения 4 Вт глубина зоны повреждения тканей оказалась более выраженной по сравнению с другими уровнями мощности.

При оценке зоны коагуляции также была отмечена более выраженная зона коагуляции на мощности 4 Вт. Средняя глубина общего повреждения составила 1,9 мм, что превышает ожидаемые значения. Для сравнения: на мощности 1 Вт общая зона повреждения составила 0,63 мм, на мощности 2 Вт – 1,05 мм, на мощности 3 Вт – 1,21 мм, а на мощности 5 Вт – 1,56 мм. Однако на мощности 5 Вт преобладала зона абляции, глубина которой составила 1,16 мм (74% от общего повреждения).

На основании проведенного анализа было принято решение использовать мощность 4 Вт для поверхностного воздействия на нижние носовые раковины, обеспечивающую достаточную глубину воздействия со значительной коагуляцией при минимальной абляции.

Перед каждым интерстициальным воздействием мы проверяли оптоволоконно на прочность, наличие сколов и чистоту поверхности. Это нужно, чтобы избежать повреждения волокна внутри ткани, кроме того, обугленный торец волокна больше создает нагревание и это, в свою очередь, усиливает абляцию ткани. Во время работы мы ориентировались на световое излучение от кончика волокна, которое можно регулировать прямо на лазерном аппарате. Этот метод удобен, так как позволяет точно определить местоположение кончика волокна.

В ходе анализа данных о подслизистых повреждениях, особое внимание уделялось проникновению волокон в толщу слизистой оболочки нижней носовой раковины. В условиях анемизации толщина кавернозного слоя составляет приблизительно 1,59 мм. При минимальной мощности воздействия (1 Вт), зона повреждения в среднем составляет 2,29 мм, тогда как при максимальной мощности (5 Вт) – 3,33 мм. Эти данные свидетельствуют о том, что выполнение подслизистых воздействий после анемизации невозможно. Однако, для решения этой проблемы, пациентам после процедуры анемизации выполнялась инъекция лидокаина 1%, что увеличивало толщину кавернозного слоя и обеспечивало интерстициальное обезболивание. Учитывая эти аспекты, особое внимание уделялось зоне коагуляции.

При интерстициальных воздействиях, риск кровотечения из кавернозной ткани значительно возрастает. Наиболее выраженная зона коагуляции была зафиксирована при мощности 3 Вт, что является оптимальным значением среди всех исследованных параметров. Таким образом, использование данной мощности позволяет минимизировать риск повреждения тканей и обеспечить эффективное проведение процедуры.

Для поверхностного воздействия лазера с длиной волны 1,56 мкм мы использовали данные из экспериментальной работы Тихомировой Е.К., выполненной на нашей кафедре. Чтобы создать более однородные условия, мы выбрали мощность 3 Вт, при которой в их исследовании средняя глубина воздействия составляет 1,82 мм [40].

Интерстициальное воздействие лазера с длиной волны 1,56 мкм на нижние носовые раковины не было исследовано. Однако на нашей кафедре данный лазер был изучен в контексте его применения для лечения ринхопатии. Также были проведены экспериментальные исследования, направленные на изучение интерстициального воздействия данного лазера на ткань свиной почки [34].

На подготовительном этапе мы выбрали наиболее эффективный вариант медикаментозного ведения пациентов в послеоперационном периоде и в самом исследовании все пациенты получали одинаковый послеоперационный уход [33].

Представленный нами дизайн исследования построен по принципу иерархического (многоступенчатого) сравнения.

Первым этапом сравнивали клинические результаты подслизистой коагуляции нижних носовых раковин лазером с длиной волны 1,94 мкм и 1,56 мкм в сравнении с поверхностным воздействием в послеоперационном и в отдаленном периоде. Вторым этапом сравнивали клинические результаты подслизистого и поверхностного лазерных воздействий с использованием длины волны 1,94 мкм в сравнении с лазером длиной волны 1,56 мкм в послеоперационном и в отдаленном периоде.

Такая последовательность позволяет избежать смешивания переменных. Если бы мы сразу сравнивали все 4 группы между собой попарно, при обнаружении разницы было бы невозможно понять, чем именно она обусловлена: разницей в длине волны или разницей в методике воздействия. Разделив анализ на два этапа, мы исключили эти факторы. Подобная структура исследования позволила нам ответить на вопрос: зависит ли эффективность метода воздействия от используемой длины волны? Анализируя результаты, полученные при использовании поверхностной и подслизистой методик с двумя разными лазерами, мы выясняем, какой из этих методов можно считать эффективным в лечении вазомоторного ринита (то есть стабильно обеспечивает наилучший результат вне зависимости от оборудования), или же эффективность метода существенно зависит от характеристик (длины волны) лазера.

Проведенное рандомизированное проспективное сравнительное исследование продемонстрировало высокую эффективность и безопасность лазерной коагуляции нижних носовых раковин с использованием длин волн 1,94 мкм и 1,56 мкм у пациентов с вазомоторным ринитом. Полученные результаты позволяют сформулировать ряд положений, важных для клинической практики, и сравнить их с данными отечественной и зарубежной литературы.

Одним из ключевых результатов работы является выявление значимых различий в сравнении показателей болезненности во время процедуры по шкале ВАШ в зависимости от используемой длины волны и методики воздействия. При использовании лазер с длиной волны 1,94 мкм медиана боли при подслизистой воздействию было 3 баллов, при поверхностной воздействию 2 баллов. В литературе отмечается, что более низкая болевая реакция при использовании лазера 1,94 мкм может быть связана с его обеспечивающей «бескровное» воздействие и минимальную травматизацию нервных окончаний. Лазер с длиной волны 1,56 мкм при поверхностной коагуляции вызывал статистически значимо меньший болевой синдром по шкале ВАШ (медиана 1,0 балла) по сравнению подслизистой методикой (медиана 4,0 балла). Более выраженная болезненность при подслизистом воздействии может быть обусловлена дискомфортом с дополнительным введением инфильтрационной анестезии в переднюю часть носовой раковины, которое пациентами могло суммироваться с ощущениями от лазерного воздействия, оценивая процедуру в целом. Также при подслизистом воздействии волокно находится в толще ткани, где, возможно, проходят болевые рецепторы, связанные с сосудами или надкостницей. При поверхностном воздействии мы коагулируем только самый верхний слой, который быстро покрывается фибрином и изолируется. Что касается уровня болевых ощущений при подслизистом воздействии с использованием 1,56 мкм, вероятно, он связан с чуть большим объемом термического повреждения (как мы видели по МЦТ, отек там был значительнее), либо с индивидуальной реакцией на инъекционный компонент в более молодой группе пациентов.

Полученные данные хорошо согласуются с работами DeRowe A. и других авторов [41, 99], где также отмечалось, что менее глубокая коагуляция ассоциируется с меньшим дискомфортом в послеоперационном периоде. В то же время важно подчеркнуть, что подслизистая методика, несмотря на более выраженную боль в первые дни, не приводила к неконтролируемому болевому синдрому и в целом переносилась удовлетворительно при условии адекватного обезболивания.

Данные передней активной риноманометрии продемонстрировали сложную, но логичную картину. В первые месяцы после операции поверхностная методика обеспечивала более быстрое восстановление носового дыхания, что связано с меньшим реактивным отёком и сохранением целостности мерцательного эпителия. Однако к 12-му месяцу наблюдения картина изменилась: при использовании лазера 1,56 мкм подслизистая методика привела к достоверно более высоким показателям СОП (1002,3 см³/с). Это явление можно интерпретировать как результат более радикального уменьшения объёма кавернозной ткани при подслизистом воздействии. Поверхностная коагуляция, будучи более щадящей, оставляет большую часть подслизистого слоя интактной, что при длительном наблюдении может сопровождаться частичным восстановлением объёма раковин за счёт регенерации кавернозной ткани. Данный феномен ранее описывался D. Passàli и соавторы. (2003) [105], которые отметили, что более глубокая деструкция тканей при лазерной хирургии ассоциируется с более стойким эффектом, хотя и сопровождается более длительным восстановлением.

Динамика показателей по опроснику NOSE подтвердила высокую эффективность обеих методик. Уже через один месяц после операции все пациенты достигли уровня «носовое дыхание удовлетворительное» (категория NOSE-1). В отдаленном периоде преимущество лазера 1,56 мкм было отмечено при подслизистом воздействии: медиана баллов составила 5,0 против 15,0 у лазера 1,94 мкм. Согласно результатам зарубежных и отечественных проспективных исследований, среднее уменьшение баллов по шкале NOSE через 6-12 месяцев

после проведения хирургического вмешательства составляет 50-60% от исходных показателей, что соответствует данным, полученным в нашем исследовании. Однако в указанных исследованиях оценивались результаты после проведения септопластики в сочетании с турбинопластикой, поверхностной коагуляцией нижних носовых раковин с использованием CO₂-лазера, а также после ринопластики [29, 63, 84]. Важно отметить, что субъективное улучшение не всегда полностью коррелирует с объективными данными риноманометрии, что подчеркивает необходимость комплексной оценки результатов лечения [2].

Анализ реактивных воспалительных явлений показал, что подслизистое воздействие является более травматичным, что проявляется большей частотой геморрагического отделяемого, образования корок и отека. Особенно показательным является сравнение для лазера 1,56 мкм: через 1 сутки корки наблюдались у 27 из 30 пациентов после подслизистого воздействия против 12 из 30 после поверхностного.

Сохранение корок в области переднего конца нижней носовой раковины имело не только клиническое, но и методологическое значение, поскольку именно в эту зону помещался сахаринный тест для оценки времени МЦТ. Более длительное сохранение корок при подслизистом воздействии могло искусственно удлинять время транспорта за счёт механического препятствия, а не истинного повреждения мерцательного эпителия. Этот факт необходимо учитывать при интерпретации данных о мукоцилиарном клиренсе, особенно в ранние сроки после операции.

В то же время нельзя полностью исключить и прямого повреждающего воздействия лазерного излучения на реснитчатый эпителий. Ряд авторов, в частности Т. Şarçı и другие соавторы (2003) [59], указывали на возможное нарушение мукоцилиарной функции после лазерных вмешательств, хотя данные остаются противоречивыми и во многом зависят именно от методики применения лазера при хирургии хронического ринита. В нашем исследовании нормализация показателей МЦТ к 1-му месяцу у большинства пациентов свидетельствует об

обратимости этих изменений и достаточном регенераторном потенциале слизистой оболочки.

Представленные клинические случаи иллюстрируют дифференцированный подход к выбору методики. В первом случае (пациент Б., лазер 1,94 мкм, подслизистое воздействие) достигнут стойкий эффект, сохраняющийся в течение года. Во втором случае (пациентка Т., лазер 1,94 мкм, поверхностное воздействие) также получен хороший результат с минимальными реактивными явлениями. Особый интерес представляет третий клинический случай, где после нестойкого эффекта поверхностной коагуляции была успешно выполнена подслизистая коагуляция лазером 1,56 мкм, что позволило достичь значительного улучшения у пациента с тяжелой сопутствующей патологией. Четвертый случай демонстрирует успешное применение поверхностной коагуляции лазером 1,56 мкм у пациентки с лекарственно-индуцированным ринитом и выраженным страхом перед операцией. Эти наблюдения подтверждают, что лазерная коагуляция под местной анестезией является безопасной и эффективной альтернативой более инвазивным хирургическим вмешательствам [27, 41].

Результаты исследования позволяют предложить алгоритм выбора лазерной методики. Поверхностная методика подходит пациентам с низким болевым порогом, нуждающимся в быстрой социальной реабилитации и лечении в амбулаторных условиях под местной анестезией. Она способствует быстрому восстановлению носового дыхания (к первому месяцу), минимальной болезненности и низкой частоте осложнений. Однако у некоторых пациентов симптомы могут вернуться в отдаленном периоде, что требует периодического наблюдения.

Подслизистая методика, несмотря на более выраженный дискомфорт и медленное заживление в начале, обеспечивает долгосрочный эффект, особенно при использовании лазера с длиной волны 1,56 мкм. Она рекомендуется пациентам с гиперплазией кавернозной ткани, для которых важно максимально длительное восстановление носового дыхания. Выбор длины волны должен быть индивидуальным. Лазер с длиной волны 1,56 мкм лучше коагулирует ткани и

предпочтительнее для надежного гемостаза и глубокой деструкции. Лазер с длиной волны 1,94 мкм обеспечивает схожие функциональные результаты с меньшей травматизацией и может быть выбран для минимизации риска повреждения окружающих тканей и ускорения заживления.

Предлагаемые методики не следует противопоставлять, они могут быть успешно использованы и в рамках одного хирургического исследования. Например, у пациентов пожилых с противопоказаниями к оперативному лечению под наркозом, девиация носовой перегородки не позволяет применить поверхностное воздействие на носовые раковины, но может быть использовано интерстициальное воздействие. С другой стороны, после анемизации визуализируется участок носовой раковины, который не сокращается после анемизации, его можно дополнительно подвергнуть поверхностному лазерному воздействию.

Проведенное сравнительное исследование подтверждает высокую эффективность и безопасность лазерной коагуляции нижних носовых раковин с использованием длин волн 1,94 мкм и 1,56 мкм при вазомоторном рините. Выявленные различия в переносимости, динамике восстановления носового дыхания, состоянии мукоцилиарного транспорта и выраженности реактивных явлений позволяют оптимизировать выбор методики в зависимости от клинической ситуации. Полученные результаты соответствуют данным отечественной и зарубежной литературы, что подтверждает обоснованность и перспективность широкого применения лазерных технологий в ринохирургии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для достижения эффективных, в том числе долгосрочных результатов при лечении вазомоторного ринита с применением лазерной технологии, ключевое значение имеют длина волны и методика воздействия на нижние носовые раковины. В связи с задачей выполнения хирургического вмешательства в амбулаторных условиях, без последующей тампонады, была поставлена цель определить оптимальную мощность лазерного излучения, при которой зона коагуляции превышает зону абляции, так как коагуляция обеспечивает гемостаз и запустевание кавернозных сплетений носовых раковин, а минимальная зона абляции способствует более быстрому заживлению слизистой.

Впервые проведено экспериментальное исследование мощности лазера с длиной волны 1,94 мкм на ткани почки телёнка. Результаты показали, что при поверхностном воздействии наиболее выраженная зона коагуляции достигалась при мощности 4 Вт при продвижении волокна со скоростью 2 мм/с. При интерстициальном воздействии наибольшая зона коагуляции наблюдалась при мощности 3 Вт при продвижении волокна со скоростью 4 мм/с. Эти параметры были использованы для хирургического лечения вазомоторного ринита, и результаты послеоперационного периода были проанализированы.

В клинической части исследования было решено сравнить водопоглощаемый лазер с длиной волны 1,94 мкм с новым водопоглощаемым лазером с длиной волны 1,56 мкм. Ранее этот лазер был исследован и показал свою эффективность в лечении вазомоторного ринита по сравнению с лазером с длиной волны 0,98 мкм, но только при поверхностном воздействии. Впервые был проведён сравнительный анализ лазеров с различными длинами волн (1,94 мкм и 1,56 мкм) при поверхностной и подслизистой методиках, а также сравнительный анализ методов воздействия внутри каждого типа лазера.

Объективные и субъективные данные, полученные в послеоперационном периоде, показали улучшение во всех видах сравнительных исследований. Это

свидетельствует о том, что все методы воздействия и типы лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) с использованием ранее разработанной методики оказались эффективными и безопасными для хирургического лечения вазомоторного ринита.

ВЫВОДЫ

1. По результатам экспериментальной части исследования (на биологической модели – ткани почки теленка) для лазера с длиной волны 1,94 мкм оптимальные параметры воздействия, обеспечивающие необходимую глубину коагуляции при минимальной абляции для поверхностного воздействия – мощность 4 Вт со скоростью движения волокна 2 мм/с. Для интерстициального воздействия оптимальной является мощность 3 Вт со скоростью движения волокна 4 мм/с.

2. Разработана и клинически апробирована методика подслизистого (интерстициального) воздействия лазером с длиной волны 1,94 мкм на нижние носовые раковины. Процедура легко воспроизводима, обеспечивает контроль глубины воздействия и минимизирует риск интраоперационного кровотечения.

3. Оценка результатов через 1 месяц показала, что оба типа лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) и оба метода воздействия (поверхностный и подслизистый) статистически значимо улучшают носовое дыхание. Лазер с длиной волны 1,56 мкм продемонстрировал лучшие показатели переносимости в первые сутки по сравнению с лазером 1,94 мкм.

4. Оценка результатов через 6 и 12 месяцев выявила преимущество поверхностного метода воздействия для лазера с длиной волны 1,94 мкм. Для лазера с длиной волны 1,56 мкм, напротив, отмечено преимущество подслизистого метода воздействия. К концу года наблюдения лазер 1,56 мкм при подслизистом воздействии показал наивысшую долгосрочную эффективность в восстановлении носового дыхания.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При планировании лазерной коагуляции нижних носовых раковин необходимо информировать пациентов о том, что подслизистая методика, несмотря на хорошую эффективность в отдаленном периоде, может сопровождаться более выраженными реактивными явлениями и более длительным восстановлением мукоцилиарного клиренса в первые недели после операции.

2. Выбор между поверхностной и подслизистой методикой должен быть индивидуализирован и основываться на степени гипертрофии, особенностях слизистой оболочки, а также на приоритетах пациента (максимальный долгосрочный эффект или минимальный дискомфорт и короткий восстановительный период).

3. Качество скола торца волокна является ключевым фактором, определяющим эффективность и безопасность применения световода в хирургии. При использовании лазеров с длиной волны 1,94 мкм и 1,56 мкм торец волокна должен быть очищенным, без наличия обугливания. При поверхностном воздействии рекомендовано после каждого линейного воздействия очистить кончик волокна сухой марлевой салфеткой от слизи, чтобы не образовалось горение на кончике волокна, что может привести к выраженной абляции ткани.

4. Перед подслизистой коагуляцией необходимо проверить целостность кончика волокна. Трещины на торце волокна могут быть обнаружены только в процессе лазерного воздействия (см. рисунок 2), что может привести к сколу волокна внутри ткани при его применении.

5. Свежесколотое волокно вводить в кавернозный слой нижней носовой раковины в режиме воздействия, при включенном аппарате, в глубину 30 миллиметров со скоростью 4 миллиметра в секунду, в течение 7,5 секунд при прямом движении волокна ориентируясь на индикатор излучения на кончике волокна и аналогичное время при его обратном перемещении. Временные

параметры коагуляции можно фиксировать по звуковым сигналам, которые издает аппарат.

6. В первые сутки после операции запрещено использование назальных спреев, со второго дня начать использование увлажняющих спреев (эктоин + изотонический раствор морской соли) в течение месяца. При выраженной заложенности кратковременно (5-7 дней) применять спрей с фенилэфрином и цетиризином. Такая тактика способствует уменьшению реактивных явлений, улучшению носового дыхания в раннем послеоперационном периоде, и при этом не требует необходимости использовать назальные деконгестанты через 7 дней после хирургии.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АГ	—	артериальная гипертония
АТФ	—	аденозинтрифосфат
ВАШ	—	визуальная аналоговая шкала
ГБ	—	гипертоническая болезнь
ГЭРБ	—	гастроэзофагеальный рефлюксный болезнь
ДДЗП	—	дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника
ЖВБ	—	желчь выводящие пути
ЖКБ	—	желудочно-кишечная болезнь
ИнГКС	—	интраназальные глюкокортикостероиды
ИАГ	—	индекс апное гипапное
КТ	—	компьютерная томография
МКБ-10	—	Международная классификация болезней 10-го пересмотра
МЦТ	—	мукоцилиарный транспорт
ОНП	—	околоносовые пазухи
ОРВИ	—	острая респираторная вирусная инфекция
ПАРМ	—	передняя активная риноманометрия
РМ	—	респираторное мониторирование
СОП	—	суммарный объемный поток
СС	—	суммарное сопротивление
ССО	—	сердечно-сосудистых осложнений
CO ₂	—	углекислотный лазер
СОАС	—	синдром обструктивного апноэ во сне
Nd:YAG	—	неодимовый на иттрий-алюминиевом гранате лазер
Er:YAG	—	эрбиевый лазер на иттрий-алюминиевом гранате
КТР	—	калий-титанил-фосфатный лазер
IgE	—	иммуноглобулин е

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров, А.Н. Оценка эффективности консервативного лечения острых верхнечелюстных синуситов методом компьютерной передней активной риноманометрии / А.Н. Александров, О.Н. Сопко, Е.В. Болознева // *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae*. – 2012. – Т. 18, № 4. – С. 63-64.
2. Александров, А.Н. Роль околоносовых пазух в формировании носового сопротивления / А.Н. Александров // *Российская ринология*. – 1994. – № 2. – С. 50.
3. Александров, С.В. Результаты экспериментального исследования коагуляционных свойств высокоэнергетического импульсного лазерного излучения при воздействии на ткань печени / С.В. Александров, Т.З. Владимирская // *Новости хирургии*. – 2011. – Т. 19, № 3. – С. 9-15.
4. Артериальная гипертония и дисфункция эндотелия (часть I) / А.А. Попова, С.Д. Маянская, Н.Н. Маянская [и др.] // *Вестник современной клинической медицины*. – 2009. – Т. 2, № 2. – С. 41-46.
5. Вазомоторная функция эндотелия / А.Н. Иванов, Э.Б. Попыхова, Н.Е. Терешкина [и др.] // *Успехи физиологических наук*. – 2020. – Т. 51, № 4. – С. 82-104.
6. Вазомоторный ринит: патогенез, диагностика и принципы лечения (клинические рекомендации) / Н.А. Арефьева, В.В. Вишняков, С.А. Карпищенко [и др.] – Москва, 2014. – 25 с.
7. Влияние обработки торца оптоволокна на биологические эффекты лазера с длиной волны 0,97 мкм / М.А. Рябова, М.Ю. Улупов, Н.А. Шумилова, Е.К. Тихомирова // *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae*. – 2020. – Т. 26, № 2. – С. 51-57.
8. Выбор оптимального инструмента для хирургических вмешательств в полости носа / С.А. Карпищенко, М.А. Рябова, М.Ю. Улупов [и др.] // *Русский медицинский журнал*. – 2022. – № 2. – С. 41-45.

9. Грачев, Н.С. Лазерная хирургия хронического вазомоторного ринита : дис. ... канд. мед. наук : 14.01.03 / Грачев Н.С. – Москва, 2011. – 114 с.
10. Гусева, А.Л. Ринит: дифференциальная диагностика и принципы лечения / А.Л. Гусева, М.Л. Дербенева // Медицинский совет. – 2020. – № 16. – С. 102-108.
11. Жилина, К.М. Соколова О влиянии особенностей поглощения лазерного излучения в воде и крови на выбор рабочей длины волны для эндовенозной облитерации вен при лечении варикозной болезни / К.М. Жилина, В.П. Минаева, А.Л. Соколова // Квантовая электроника. – 2009. – Т. 39, № 8. – С. 781-784.
12. Иванова, Д.А. Вазомоторный ринит / Д.А. Иванова, Е.К. Бахман, Ю.Ю. Орлова // Молодежный исследовательский потенциал : сборник статей II Международного научно-исследовательского конкурса. – Петрозаводск, 2023. – С. 97-107.
13. Использование акустической ринометрии и передней активной ринометрии для дифференциальной диагностики патологий внутриносовых структур при назальной обструкции / А.Г. Хамидов, М.В. Лекешвили, В.Д. Меланьин [и др.] // Российская оториноларингология. – 2009. – № 5. – С. 113-119.
14. Карпищенко, С.А. Передняя активная риноманометрия как метод оценки эффективности лечения пациентов ринологического профиля / С.А. Карпищенко, Е.В. Болознева, Ю.В. Мушникова // Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae. – 2016. – Т. 22, № 2. – С. 20-26.
15. Карпищенко, С.А. Экспериментальное исследование термических эффектов диодного лазера с длиной волны 970 нм с целью разработки методики лазерной редукции возвышения перегородки носа (NSB-nasal swell body) / С.А. Карпищенко, М.Ю. Улупов, А.Ф. Гиндрюк // Вестник оториноларингологии. – 2021. – Т. 86, № 4. – С. 54-58.

16. Колесникова, О.М. Роль вазомоторной формы дисфункции эндотелия в патогенезе вазомоторного и аллергического ринитов : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.04, 14.00.16 / Колесникова О.М. – Санкт-Петербург, 2008. – 18 с.

17. Лаберко, Е.Л. Мукоцилиарный клиренс как критерий безопасности топической назальной лекарственной терапии у детей : дис. ... канд. мед. наук : 14.01.03 / Лаберко Е.Л. – Москва, 2016. – 103 с.

18. Лазерные технологии в ринопластике / М.А. Рябова, М.Ю. Улупов, Н.А. Шумилова, Е.К. Тихомирова / РМЖ. – 2020. – № 5. – С. 38-42.

19. Лопатин, А.С. Лечение вазомоторного ринита: международные тенденции и Российская практика / А.С. Лопатин // Медицинский совет. – 2012. – № 11. – С. 83-87.

20. Никитин, К.А. Деконгестанты в лечении назальной обструкции / К.А. Никитин, С.В. Баранская // Медицинский Совет. – 2021. – № 6. – С. 120-124.

21. Патент № 2790519 С1 Российская Федерация, МПК А61В 17/24, А61В 18/20, А61Н 5/067. Способ лечения вазомоторного ринита : № 2022110083 : заявл. 13.04.2022 : опубл. 22.02.2023 / Г.П. Захарова, Н.И. Иванов, А.А. Кривопапов, П.А. Шамкина; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

22. Пидченко, Р.Д. Гистологические закономерности строения почек у новорожденных однодневных поросят породы йоркшир / Р.Д. Пидченко, М.В. Щипакин // Международный вестник ветеринарии. – 2022. – № 4. – С. 295-299.

23. Пискунов, С.З. Исследование мукоцилиарной транспортной системы слизистой оболочки носа у здоровых лиц / С.З. Пискунов, Ф.Н. Завьялов, Л.Н. Ерофеева // Российская ринология. – 1995. – № 3-4. – С. 60-62.

24. Плужников, М.С. Лазерная медицина в оториноларингологии / М.С. Плужников, А.И. Лопотко, М.А. Рябова. – Минск : ППАНАЛМ, БДП, 2000. – 224 с.

25. Плужников, М.С. «НИАГ» лазер в лечении больных вазомоторным ринитом / М.С. Плужников, А.И. Лопотко, А.М. Гагауз // Журнал ушных, носовых и горловых болезней. – 1989. – № 1. – С. 26-30.
26. Поляков, Д.П. Вазомоторный ринит: нерешенная проблема / Д.П. Поляков // Педиатрия. Consilium Medicum. – 2019. – № 1. – С. 29-32.
27. Преимущества лазерной хирургии в ринологии / А.А. Кривопапов, С.В. Рязанцев, Н.И. Иванов, Г.П. Захарова // Российская ринология. – 2022. – Т. 30, № 4. – С. 276-281.
28. Применение лазера в ринопластике. Современное состояние проблемы / М.В. Нерсисян, В.В. Мунтян, Г.А. Полев, В.А. Попадюк // Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae. – 2022. – Т. 28, № 2. – С. 20-30.
29. Результаты анкетирования пациентов, перенесших ринопластику / Л.С. Карапетян, Ю.Ю. Русецкий, Э.А. Махамбетова, Н.В. Крупочкина // Российская ринология. – 2015. – Т. 23, № 2. – С. 3-8.
30. Решетникова, О.В. Передняя активная риноманометрия в диагностике хронических ринитов / О.В. Решетникова, В.В. Евсеева, С.В. Решетников // Российская ринология. – 2013. – Т. 21, № 4. – С. 9-13.
31. Руководство по эксплуатации пневмотахометрической приставки ПРЕССОТАХОСПИРОГРАФ ПТС-14П-010 «Ринолан». – Санкт-Петербург, 2021. – 29 с.
32. Русецкий, Ю.Ю. Объективизация специфических проб для выявления дисфункции носового клапана / Ю.Ю. Русецкий, В.П. Соболев, Л.С. Карапетян // Российская оториноларингология. – 2014. – Т. 72, № 5. – С. 57-64.
33. Рябова, М.А. Выбор метода лечения больных вазомоторным ринитом после лазерной коагуляции носовых раковин / М.А. Рябова, М.Ю. Улупов, Ж.О. Рахмонов // Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae. – 2024. – Т. 30, № 4. – С. 270-276. – doi: 10.17816/fopr643496.
34. Рябова, М.А. Экспериментальный поиск оптимальных режимов интерстициального воздействия лазером 1560 нм с целью разработки малоинвазивного метода лечения ринопатии / М.А. Рябова, М.Ю. Улупов,

Л.Б. Митрофанова, А.Р. Фаизова, Б.Э. Гальковский, А.А. Антишина // *Folia otorhinolaryngologiae et pathologiae respiratoriae*. – 2022. – Т. 28, – №. 2. – С. 53-61. – doi: 10.33848/foliorl23103825-2022-28-2-53-61.

35. Рязанцев, С.В. Аллергический ринит: комплексный взгляд на проблему / С.В. Рязанцев, М.А. Будковая, С.А. Реброва // *Медицинский совет*. – 2023. – Т. 17, № 19. – С. 101-107.

36. Система для исследования мукоцилиарного клиренса слизистой оболочки полости носа / И.Ю. Ермаков, Г.О. Мареев, Т.В. Данилова, А.О. Мантуров // *Бюллетень медицинских интернет-конференций*. – 2014. – Т. 4, № 5. – С. 675-676.

37. Современный взгляд на преимущества применения комбинированных топических деконгестантов / М.А. Будковая, В.В. Дворянчиков, С.В. Рязанцев [и др.] // *Эффективная фармакотерапия*. – 2025. – Т. 21, № 14. – С. 38-42.

38. Сравнение режущих и коагуляционных свойств волоконных лазеров с длиной волны 1,56 и 1,94 мкм с полупроводниковым лазером 0,98 мкм / М.А. Рябова, М.Ю. Улупов, Н.А. Шумилова [и др.] // *Бюллетень сибирской медицины*. – 2021. – Т. 20, № 4. – С. 56-62.

39. Тарасова, Г.Д. Этот привычный диагноз «ринит» / Г.Д. Тарасова, И.М. Кириченко, Е.В. Мирзабекян // *Медицинский совет*. – 2020. – № 6. – С. 21-29.

40. Тимофеева, Г.С. Морфологические изменения почек в утробном развитии романовских овец : дис. ... канд. ветеринар. наук : 16.00.02. – Иваново, 1998. – 177 с.

41. Тихомирова, Е.К. Лазерная коагуляция нижних носовых раковин при вазомоторном рините с использованием лазера с длиной волны 1,56 мкм, Санкт-Петербург : дис. ... канд. мед. наук : 3.1.3 / Тихомирова Е.К.. – Санкт-Петербург, 2022. – 162 с.

42. Тучин, В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях / В. Тучин . – Litres, 2017. – 501 с.

43. Унификация оценки результатов ринопластики / А.Е. Кишиневский, Г.Ю. Царапкин, А.С. Товмасын [и др.] // Российская ринология. – 2021. – Т. 29, № 4. – С. 207-215.

44. Шахназаров, А.Э. Лечение вазомоторного ринита с помощью жидкого азота / А.Э. Шахназаров, Г.В. Лавренова, П.И. Гаськова // Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae. – 2022. – Т. 28, № 2. – С. 72-78.

45. Шумилова, Н.А. Сравнение биологических эффектов контактного действия полупроводниковых лазеров с длиной волны 1470 и 810 нм в эксперименте / Н.А. Шумилова, Ю.С. Федотова, М.А. Рябова // Современные технологии медицины. – 2014. – № 4. – С. 62-67.

46. Экспериментальное исследование действия полупроводникового лазера с длиной волны 445 нм на биологическую модель / Н.И. Иванов, Г.П. Захарова, П.А. Шамкина [и др.] // Российская ринология. – 2022. – Т. 30, № 4. – С. 238-242.

47. Экспериментальное исследование параметров и методик хирургического воздействия лазера с длиной волны излучения 445 нм / Е.Е. Козырева, П.А. Шамкина, В.А. Ильина, А.В. Чуфистова // Российская оториноларингология. – 2021. – Т. 20, № 6 (115). – С. 60-63.

48. Эсенбаева, А.К. Передняя активная риноманометрия и акустическая ринометрия как объективные методы диагностики респираторной функции полости носа / А.К. Эсенбаева // Российская оториноларингология. – 2011. – № 5. – С. 179-183.

49. Abdullah, B. Surgical Interventions for Inferior Turbinate Hypertrophy: A Comprehensive Review of Current Techniques and Technologies / B. Abdullah, S. Singh // Int. J. Environ Res. Public. Health. – 2021. – Vol. 18, № 7. – P. 3441. – doi: 10.3390/ijerph18073441.

50. Alobid, I. Chronic rhinosinusitis and nasal polyps: the role of generic and specific questionnaires on assessing its impact on patient's quality of life / I. Alobid, M. Bernal-Sprekelsen, J. Mullol // Allergy. – 2008. – Vol. 63, № 10. – P. 1267-1279. – doi: 10.1111/j.1398-9995.2008.01828.x.

51. Anderson, M. Trends in inferior turbinate surgery: analysis of patients using the Medicare database / M. Anderson, J. Liang // *Int. Forum Allergy Rhinol.* – 2018. – Vol. 8, № 10. – P. 1169-1174. – doi: 10.1002/alr.22169.
52. Berger, G. The normal inferior turbinate: histomorphometric analysis and clinical implications / G. Berger, M. Balum-Azim, D. Ophir // *Laryngoscope.* – 2003. – Vol. 113, № 7. – P. 1192-1198. – doi: 10.1097/00005537-200307000-00015.
53. Borum, P. Depression of nasal mucociliary transport by an aerosol hair-spray / P. Borum, A. Holten, N. Loekkegaard // *Scand J. Respir. Dis.* – 1979. – Vol. 60, № 5. – P. 253-259.
54. Clinical efficacy of nasal steroids on nonallergic rhinitis and the associated inflammatory cell phenotypes / V. Kirtsreesakul, K. Hararuk, J. Leelapong, S. Ruttanaphol // *Am. J. Rhinol. Allergy.* – 2015. – Vol. 29, № 5. – P. 343-349. – doi: 10.2500/ajra.2015.29.4234.
55. Clinical feasibility trial of 1,940-nm diode laser in Korean patients with inferior turbinate hypertrophy / S.H. Kang, S. Lim, D. Oh, K. Kang // *Medical Lasers.* – 2015. – Vol. 4, № 2. – P. 60-64. – doi:10.25289/ML.2015.4.2.60.
56. Clinical feasibility trial on 1940 nm Tm: fiber laser intervention of hyperplastic inferior nasal turbinates: Klinische Machbarkeitsstudie zur Anwendung des 1940 nm Thulium-Faserlasers bei Nasenmuschel-Hyperplasie / R. Sroka, M. Havel, C. Betz [et al.] // *Photonics & Lasers in Medicine.* – 2012. – Vol. 1, № 3. – P. 215-222. – doi: 10.1515/plm-2012-0.
57. Comparison of efficacy of potassium titanyl phosphate laser & diode laser in the management of inferior turbinate hypertrophy: A randomized controlled trial / S.P. Ravichandran, K. Ramasamy, P.K. Parida [et al.] // *Indian J. Med. Res.* – 2020. – Vol. 151, № 6. – P. 578-584. – doi: 10.4103/ijmr.IJMR_424_18.
58. Comparison of long term results after Ho:YAG and diode laser treatment of hyperplastic inferior nasal turbinates / R. Sroka, P. Janda, T. Killian [et al.] // *Lasers Surg Med.* – 2007. – Vol. 39, № 4. – P. 324-331. – doi: 10.1002/lsm.20479.
59. Comparison of the Effects of Radiofrequency Tissue Ablation, CO2 Laser Ablation, and Partial Turbinectomy Applications on Nasal Mucociliary Functions /

T. Şapçı, B. Şahin, A. Karavus, U.G. Akbulut // *Laryngoscope*. – 2003. – Vol. 113. – P. 514-519. – doi: 10.1097/00005537-200303000-00022.

60. Consensus Description of Inclusion and Exclusion Criteria for Clinical Studies of Nonallergic Rhinopathy (NAR), Previously Referred to as Vasomotor Rhinitis (VMR), Nonallergic Rhinitis, and/or Idiopathic Rhinitis / M.A. Kaliner, J.N. Baraniuk, M.S. Benninger [et al.] // *World Allergy Organ J.* – 2009. – Vol. 2, № 8. – P. 180-184. – doi: 10.1097/WOX.0b013e3181b2ff8a.

61. Daramola, O.O. An update regarding the treatment of nonallergic rhinitis / O.O. Daramola, R.C. Kern // *Curr. Opin Otolaryngol. Head Neck Surg.* – 2016. – Vol. 24, № 1. – P. 10-14. – doi: 10.1097/MOO.0000000000000225.

62. Development and validation of the Nasal Obstruction Symptom Evaluation (NOSE) scale / M.G. Stewart, D.L. Witsell, T.L. Smith [et al.] // *Otolaryngol Head Neck Surg.* – 2004. – Vol. 130, № 2. – P. 157-163. – doi: 10.1016/j.otohns.2003.09.016.

63. Diode laser treatment of hypertrophic inferior turbinates and evaluation of the results with acoustic rhinometry / H. Cakli, C. Cingi, E. Güven [et al.] // *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* – 2012. – Vol. 269, № 12. – P. 2511-2517. – doi: 10.1007/s00405-012-1963-1.

64. Effect of Laser Posterior Nasal Neurolysis for the Treatment of Chronic Rhinitis: A Randomized Controlled Trial / J.Y. Liao, E.Y. Wang, Y.S. Hsu [et al.] // *Int Forum Allergy Rhinol.* – 2026. – doi: 10.1002/alr.70133. – Epub ahead of print.

65. Effect of optical fiber diameter and laser emission mode (cw vs pulse) on tissue damage profile using 1.94 µm Tm: fiber lasers in a porcine kidney model / B. Becker, D. Enikeev, P. Glybochko [et al.] // *World J. Urol.* – 2020. – Vol. 38, № 6. – P. 1563-1568. – doi: 10.1007/s00345-019-02944-y.

66. Eichler, J. A review of different lasers in endonasal surgery: Ar-, KTP-, dye-, diode-, Nd-, Ho- and CO₂-laser / J. Eichler, O.D. Gonçalves // *Medical Laser Application*. – 2002. – Vol. 17, № 3. – P. 190-200. – doi: 10.1078/1615-1615-00062.

67. Endonasaless Ar⁺-Laser-Strahlführungssystem und erste klinische Anwendungen bei der Rhinopathia vasomotorica [Endonasal Ar⁺-laser beam guide system and first clinical application in vasomotor rhinitis (author's transl)] / H. Lenz,

J. Eichler, J. Knof [et al.] // *Laryngol. Rhinol. Otol. (Stuttg)*. – 1977. – Vol. 56, № 9. – P. 749-55. German.

68. Ex vivo comparison of the tissue effects of six laser wavelengths for potential use in laser supported partial nephrectomy / W.Y. Khoder, K. Zilinson, R. Waidelich [et al.] // *J. Biomed. Opt.* – 2012. – Vol. 17, № 6. – P. 068005. – doi: 10.1117/1.JBO.17.6.068005.

69. Harju, T. The Long-term Effect of Inferior Turbinate Surgery Techniques on Nasal Obstruction and Quality of Life / T. Harju, J. Numminen // *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* – 2022. – Vol. 131, № 9. – P. 933-940. – doi: 10.1177/00034894211049573.

70. Hess, M.M. New 445 nm blue laser for laryngeal surgery combines photoangiolytic and cutting properties / M.M. Hess, S. Fleischer, M. Ernstberger // *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* – 2018. – Vol. 275, № 6. – P. 1557-1567. – doi: 10.1007/s00405-018-4974-8.

71. Histological Characteristics of Chronic Allergic Rhinitis Versus Non-allergy: Is There a Difference in the Remodeling? / C. Ríos-Deidán, M.S. Reyes, T. Acosta-Castillo [et al.] // *Indian J. Otolaryngol. Head Neck Surg.* – 2023. – Vol. 75, № 4. – P. 3364-3372. – doi: 10.1007/s12070-023-03922-y.

72. Histopathological Changes Of Inferior Turbinate In Patients With Allergic And Non allergic Rhinitis / A.S. Abdelaal, M. Abdel-Monem, A. Serag [et al.] // *Al-Azhar International Medical Journal.* – 2022. – Vol. 3, № 4. – P. 17-22.

73. Ho:YAG laser treatment of hyperplastic inferior nasal turbinates / A. Leunig, P. Janda, R. Sroka [et al.] // *Laryngoscope.* 1999. – Vol. 109, № 10. – P. 1690-1695. – doi: 10.1097/00005537-199910000-00026.

74. Hol, M.K. Treatment of inferior turbinate pathology: a review and critical evaluation of the different techniques / M.K. Hol, E.H. Huizing // *Rhinology.* – 2000. – Vol. 38, № 4. – P. 157-166.

75. Inferior Turbinate Hypertrophy: A Review of the Evolution of Management in Children / S.R. Komshian, M.B. Cohen, C. Brook, J.R. Levi // *Am. J. Rhinol. Allergy.* – 2019. – Vol. 33, № 2. – P. 212-219. – doi: 10.1177/1945892418815351.

76. In-Office KTP Laser for Treating Hereditary Hemorrhagic Telangiectasia-Associated Epistaxis / V. Wu, E. Kell, M.E. Faughnan, J.M. Lee // *Laryngoscope*. – 2021. – Vol. 131, № 3. – P. E689-E693. – doi: 10.1002/lary.28824.
77. Ipratropium Bromide Nasal Spray in Non-Allergic Rhinitis: A Systematic Review and Meta-Analysis / P. El Khoury, W. Abou Hamad, M.G. Khalaf [et al.] // *Laryngoscope*. – 2023. – Vol. 133, № 12. – P. 3247-3255. – doi: 10.1002/lary.30706.
78. Kaliner, M.A. Classification of Nonallergic Rhinitis Syndromes With a Focus on Vasomotor Rhinitis, Proposed to be Known henceforth as Nonallergic Rhinopathy / M.A. Kaliner // *World Allergy Organ J.* – 2009. – Vol. 2, № 6. – P. 98-101. – doi: 10.1097/WOX.0b013e3181a9d55b.
79. Laser-Assisted Control of Epistaxis in Hereditary Hemorrhagic Telangiectasia: A Systematic Review / A. Abiri, K. Goshtasbi, M. Maducdoc [et al.] // *Lasers Surg. Med.* – 2020. – Vol. 52, № 4. – P. 293-300. – doi: 10.1002/lsm.23147.
80. Lau, K. Lasers in Rhinology-An Update / K. Lau, M. Stavarakas, J. Ray // *Ear. Nose Throat J.* – 2021. – Vol. 100, № 1_suppl. – P. 77S-82S. – doi: 10.1177/0145561320940115.
81. Leader, P. Vasomotor Rhinitis / P. Leader, Z. Geiger // In: StatPearls [Internet]. – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan–.
82. Literature Review: Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment Allergic Rhinitis / A.D. Al-Ihya, G.S. Fenty, P.R. Ayu Sangging, R. HImayani // *Medical Profession Journal of Lampung*. – 2023. – Vol. 13, № 4.1. – P. 156-159. –doi: 10.53089/medula.v13i4.1.725.
83. Liva, G.A. Review of Rhinitis: Classification, Types, Pathophysiology / G.A. Liva, A.D. Karatzanis, E.P. Prokopakis // *J. Clin. Med.* – 2021. – Vol. 10, № 14. – P. 3183. – doi: 10.3390/jcm10143183.
84. Mrig, S. Preoperative Computed Tomographic Evaluation of Inferior Nasal Concha Hypertrophy and its Role in Deciding Surgical Treatment Modality in Patients with Deviated Nasal Septum / S. Mrig, A.K. Agarwal, J.C. Passey // *International Journal of Morphology*. – 2009. – Vol. 27, № 2. – P. 503-506. – doi:10.4067/S0717-95022009000200032.

85. Nasal Obstruction and Quality of Life Assessment After Septoplasty With Turbinoplasty: Correlation Between Subjective Scales / G. Corredor-Rojas, M.A. García-Chabur, J. Castellanos [et al.] // *American Journal of Rhinology & Allergy*. – 2021. – Vol. 35, № 5. – P. 568-573. – doi: 10.1177/1945892420978956.
86. Nasal obstruction symptom evaluation (NOSE) score outcomes after septorhinoplasty / D. Gerecci, F.J. Casanueva, J.C. Mace [et al.] // *Laryngoscope*. – 2019. – Vol. 129, № 4. – P. 841-846. – doi: 10.1002/lary.27578.
87. Niemz, M.H. *Laser-Tissue Interactions* / M.H. Niemz. – Springer-Verlag, Berlin : Heidelberg, 2007. – P. 45-149.
88. Nonallergic Rhinopathy: A Comprehensive Review of Classification, Diagnosis, and Treatment / F.M. Baroody, P. Gevaert, P.K. Smith [et al.] // *J. Allergy Clin Immunol Pract.* – 2024. – Vol. 12, № 6. – P. 1436-1447. – doi: 10.1016/j.jaip.2024.03.009.
89. Office-based blue laser therapy for inferior turbinate hypertrophy: a pilot study / A.L. Hamdan, J. Hosri, Y. Yammine [et al.] // *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* – 2024. – Vol. 281, № 10. – P. 5357-5361. – doi: 10.1007/s00405-024-08781-z.
90. Pandya, V.K. Nasal mucociliary clearance in health and disease / V.K. Pandya, R.S. Tiwari // *Indian J. Otolaryngol. Head Neck Surg.* – 2006. – Vol. 58, № 4. – P. 332-334. – doi: 10.1007/BF03049581.
91. Parameters for argon laser surgery of the lower human turbinates. In vitro experiments / H. Lenz, J. Eichler, G. Schäfer, J. Salk // *Acta Otolaryngol.* – 1977. – Vol. 83, № 3-4. – P. 360-365. – doi: 10.3109/00016487709128857.
92. Plenck, H. Zur Mikroskopie des Laserschnitts in verschiedenen Geweben / H. Plenck // *Der Laser* / K. Dinstl, P.L.R. Fischer (eds). – Springer, Berlin: Heidelberg, 1981. – P. 105-108.
93. Radiofrequency turbinate reduction: a NOSE evaluation / W.C. Harrill, H.C. Pillsbury 3rd, W.F. McGuirt, M.G. Stewart // *Laryngoscope*. – 2007. – Vol. 117, № 11. – P. 1912-1919. – doi: 10.1097/MLG.0b013e3181271414.

94. Sahin-Yilmaz, A. Nonallergic Rhinitis / A. Sahin-Yilmaz, C. Oysu, R.M. Naclerio // *All Around the Nose* / C. Cingi, N. Bayar Muluk (eds). – Springer, Cham, 2020. – P. 353-363.
95. Settipane, R.A. Chapter 4: Chronic rhinosinusitis / R.A. Settipane, A.T. Peters, R. Chandra // *Am. J. Rhinol. Allergy*. – 2013. – Vol. 27, № 3. – P. 11-15. – doi: 10.2500/ajra.2013.27.3925.
96. Settipane, R.A. Chapter 14: Nonallergic rhinitis / R.A. Settipane, M.A. Kaliner // *Am. J. Rhinol. Allergy*. – 2013. – Vol. 27, № 3. – P. 48-51. – doi: 10.2500/ajra.2013.27.3927.
97. Shah, R. The role of normal nasal morphological variations from race and gender differences on respiratory physiology / R. Shah, D.O. Frank-Ito // *Respir. Physiol. Neurobiol.* – 2022. – Vol. 297. – P. 103823. – doi: 10.1016/j.resp.2021.103823.
98. Smell impairment in patients with chronic rhinosinusitis: a real-life study / G.C. Passali, D. Passali, C. Cingi, G. Ciprandi // *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* – 2022. – Vol. 279, № 2. – P. 773-777. – doi: 10.1007/s00405-021-06848-9.
99. Subjective comparison of Nd: YAG, diode, and CO2 lasers for endoscopically guided inferior turbinate reduction surgery / A. DeRowe, R. Landsberg, Y. Leonov [et al.] // *American Journal of Rhinology*. – 1998. – Vol. 12, № 3. – P. 209-212.
100. Submucosal thulium laser turbinoplasty in children: assessment of efficacy and comparison with partial inferior turbinectomy / F. Maillet, M.E. Rossi, R. Nicollas, E. Moreddu // *Lasers Med Sci.* – 2022. – Vol. 37, № 7. – P. 2837-2844. – doi: 10.1007/s10103-022-03552-w.
101. Sur, D.K.C. Chronic Nonallergic Rhinitis / D.K.C. Sur, M.L. Plesa // *Am. Fam. Physician*. – 2018. – Vol. 98, № 3. – P. 171-176.
102. The prevalence of non-allergic rhinitis phenotypes in the general population: A cross-sectional study / K.S. Avdeeva, W.J. Fokkens, C.L. Segboer, S. Reitsma // *Allergy*. – 2022. – Vol. 77, № 7. – P. 2163-2174. – doi: 10.1111/all.15223.
103. Tissue damage by laser radiation: an in vitro comparison between Tm:YAG and Ho:YAG laser on a porcine kidney model / S. Huusmann, M. Wolters,

M.W. Kramer [et al.] // Springerplus. – 2016. – Vol. 5. – P. 266. – doi: 10.1186/s40064-016-1750-3.

104. Tissue effects of a newly developed diode pumped pulsed Thulium:YAG laser compared to continuous wave Thulium:YAG and pulsed Holmium:YAG laser / S. Huusmann, M. Lafos, I. Meyenburg [et al.] // World J. Urol. – 2021. – Vol. 39, № 9. – P. 3503-3508. – doi: 10.1007/s00345-021-03634-4.

105. Treatment of Inferior Turbinate Hypertrophy: A Randomized Clinical Trial / D. Passàli, F.M. Passàli, G.C. Passàli [et al.] // Annals of Otology, Rhinology & Laryngology. – 2003. – Vol. 112, № 8. – P. 683-688. – doi: 10.1177/000348940311200806.

106. Tunc, B. The Comparison of Thermal Effects of a 1940-nm Tm: fiber Laser and 980-nm Diode Laser on Cortical Tissue: Stereotaxic Laser Brain Surgery / B. Tunc, M. Gulsoy // Lasers Surg. Med. – 2020. – Vol. 52, № 3. – P. 235-246. – doi: 10.1002/lsm.23172.

107. Venous air embolism during the use of a Nd YAG laser / M. Aqil, A. Ulhaq, A. Arafat [et al.] // Anaesthesia. – 2008. – Vol. 63, № 9. – P. 1006-1009. – doi: 10.1111/j.1365-2044.2008.05543.x.

108. Weather/temperature-sensitive vasomotor rhinitis may be refractory to intranasal corticosteroid treatment / R. Jacobs, P. Lieberman, E. Kent [et al.] // Allergy Asthma Proc. – 2009. – Vol. 30, № 2. – P. 120-127. – doi: 10.2500/aap.2009.30.3206.

109. Weber, M.J. Handbook of laser wavelengths / M.J. Weber. – CRC press, 2018. – 784 p.

110. Width of thermal damage after using the YAG contact laser for cutting biological tissue: animal experimental investigation / H. Mecke, M. Schünke, S. Schnaidt [et al.] // Res. Exp. Med. (Berl). – 1991. – Vol. 191, № 1. – P. 37-45. – doi: 10.1007/BF02576658.