

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Санкт-Петербург – 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении 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).

Научный руководитель:

Профессор кафедры оториноларингологии
с клиникой ФГБОУ ВО ПСПбГМУ
им. И.П. Павлова Минздрава России,
профессор, доктор медицинских наук

Рябова Марина Андреевна

Официальные оппоненты:

Заслуженный врач РФ, профессор кафедры
оториноларингологии и офтальмологии
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
Государственный университет», Почетный
президент ФГБУ «Северо-Западный
окружной научно-клинический центр имени
Л.Г. Соколова ФМБА России»,
профессор, доктор медицинских наук

Накатис Яков Александрович

Заведующий кафедрой оториноларингологии
ФГБОУ ВО СПбГПМУ Министерства
Здравоохранения Российской Федерации,
профессор, доктор медицинских наук

Павлов Павел Владимирович

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Защита состоится «___» _____ г. в _____ часов на заседании диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций 21.1.064.01 ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи» Минздрава России (190013, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9, тел. (812) 316-28-52).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи» Минздрава России и на сайте <http://www.lornii.ru>.

Автореферат разослан «___» _____ г.

Ученый секретарь
диссертационного совета:
кандидат медицинских наук

Щербакова Яна Леонидовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 (Лопатин А.С., 2014.) Этому способствуют ухудшение экологической обстановки, широкая доступность и нерациональное применение лекарственных препаратов, в частности деконгестантов (Leader P., Geiger Z., 2021.)

Существующие методы хирургического лечения вазомоторного ринита, подслизистая дезинтеграция сосудов носовых раковин холодными инструментами и поверхностная коагуляция носовых раковин радиоволновыми инструментами (Anderson M., 2018; Abdullah B., Singh S., 2021) 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 (Карпищенко С.А. и соавт., 2022; Eichler J., Gonçalves O.D., 2002; Cakli H., 2012; McDonald J., 2016; Ravichandran S.P., 2020). Несмотря на многолетний опыт лазерной хирургии вазомоторного ринита, разнообразие длин волн и аппаратов с различными возможностями, отсутствуют стандартные методики проведения этого оперативного вмешательства. 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 (Sung Noon Kang et al., 2015). 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 (Рябова М.А. и соавт., 2021.) 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 (Тихомирова Е.К. и соавт., 2022). 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 соавт., 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 телянка 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 телянка 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 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 телянка), 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 их анемизации. Все 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 максимальной 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 бескровно и менее болезненно, 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, применении 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 Междисциплинарной конгрессе по заболеваниям головы и шеи (Москва, 2024, 2025); международной конференции 21st INTERNATIONAL CONFERENCE LASER OPTICS ICLO (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).

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)*.

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.

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.

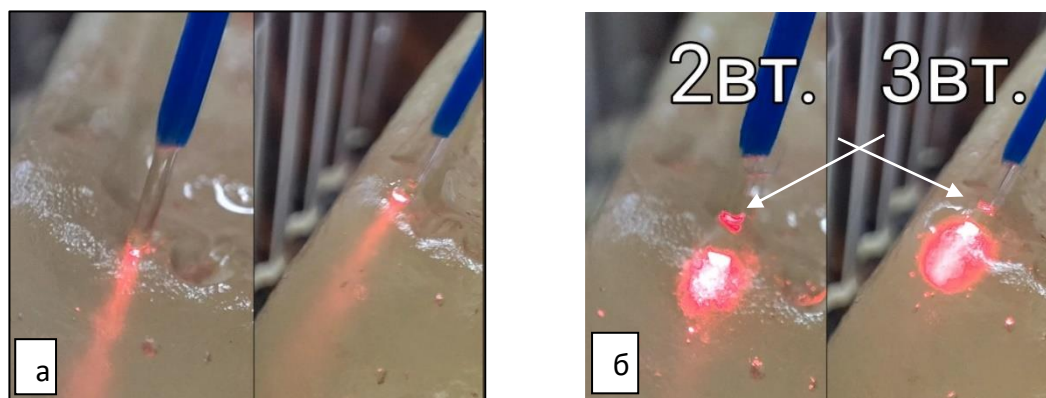
ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Исследовательская работа проводилась в два этапа: 1. Экспериментальное исследование с выполнением морфологического исследования изменений, обусловленных воздействием лазерного излучения на биологической модели, с определением наиболее оптимальных режимов воздействия; 2. Клинический этап с проведением хирургического лечения и послеоперационного обследования пациентов с диагнозом вазомоторный ринит.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Материалы и методы. Экспериментальная часть исследования проведена на базе кафедры оториноларингологии с клиникой и Научно-исследовательского центра патоморфологии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова. В качестве биологической модели использовалась корковая часть почечной ткани теленка *ex vivo*. Выбор данной модели обусловлен структурной близостью гистологического строения (наличие фиброзной капсулы, сосудистых и клубочковых структур) к слизистой оболочке нижней носовой раковины, стабильностью гистологической структуры, отсутствием разволокнения при изготовлении срезов, что обеспечивает точность морфометрических измерений (Khoder W.Y. et al, 2012), высоким содержанием воды в паренхиме, что делает ткань релевантной для изучения эффектов лазера с длиной волны 1,94 мкм, поглощаемого водой, доступностью и возможностью стандартизации экспериментальных условий.

Исследовалось воздействие волоконного лазера с длиной волны 1,94 мкм в непрерывном режиме. Доставка излучения осуществлялась через кварц-полимерное оптоволокно диаметром 600 мкм. Перед каждым воздействием проводилась прецизионная подготовка торца волокна (стриппинг, насечка и скол под прямым углом) с последующим визуальным контролем качества скола для исключения рассеяния излучения и перегрева. Трещины на торце волокна могут быть обнаружены только в процессе лазерного воздействия, что может привести к сколу волокна внутри ткани при его применении (рисунок 1).



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 1 – Оценка готовности торца волокна

Изучались два основных метода воздействия, аналогичных применяемым в ринопластике. Поверхностное (контактное) воздействие моделировало коагуляцию слизистой оболочки. Препараты подвергались линейному воздействию длиной 30 мм. Интерстициальное воздействие моделировало коагуляцию в толще кавернозного слоя нижней носовой раковины. Волокно вводилось в толщу ткани с выполнением коагуляции до определенной точки, после этого волокно извлекалось с продолжением коагуляции.

Для каждого метода были протестированы мощности: 1, 2, 3, 4 и 5 Вт. Для поверхностного воздействия использовалась постоянная скорость перемещения волокна 2 мм/с. Для интерстициального применялась методика быстрого введения волокна (4 мм/с) с последующей коагуляцией при обратном движении с той же скоростью. Было подготовлено по 10 гистологических препаратов для каждого сочетания метода и мощности. Окраска проводилась гематоксилином Майера и эозином. 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). Измерялись следующие параметры: общая зона повреждения (ширина и глубина), зона абляции (оптически пустая область, характеризующаяся испарением ткани), зона коагуляции (область с денатурацией белков, потерей клеточных ядер, но сохранением структуры матрикса). Рассчитывалась разница между общей зоной повреждения и зоной абляции. Статистический анализ проводился с применением U-критерия Манна-Уитни в программном пакете IBM SPSS Statistics 28.0.1. Уровень значимости был установлен на уровне $p < 0,05$.

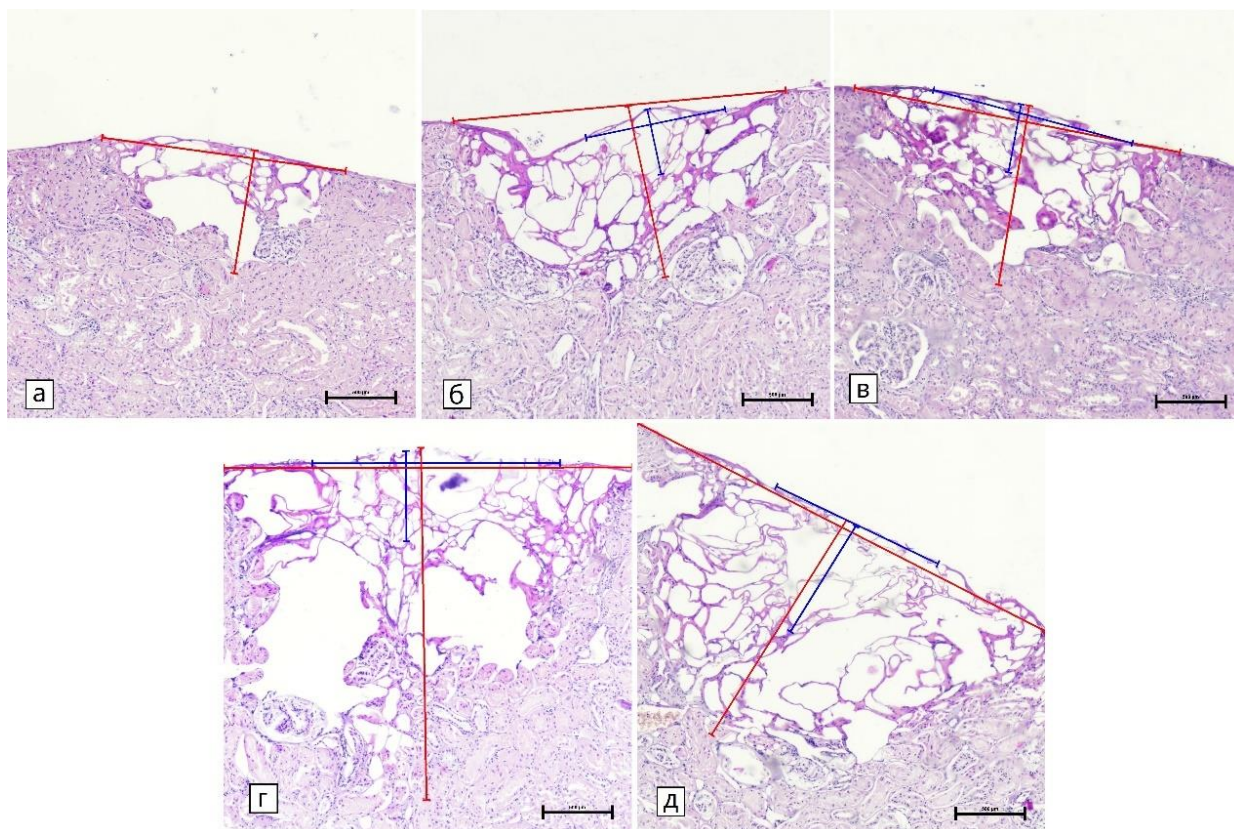
Результаты экспериментальной части исследования

Поверхностное воздействие

Увеличение мощности лазерного излучения приводило к закономерному и статистически значимому увеличению ширины и глубины общей зоны повреждения, а также ширины и глубины зоны абляции. Ключевым результатом явилось то, что при мощности 4 Вт достигалась максимальная глубина общей зоны повреждения (1,90 мм). При этом зона коагуляции составляла в среднем 1,06 мм, что было наибольшим значением среди всех исследованных мощностей и соответствовало ~55% от общего объема повреждения. Это указывает на оптимальный баланс между глубиной проникновения и выраженностью коагуляционного эффекта. При мощности 5 Вт, несмотря на большую общую глубину повреждения, зона коагуляции была минимальной (0,40 мм), а зона абляции – максимальной (1,16 мм), что делало этот режим менее предпочтительным для задач вазотомии (таблица 1, рисунок 2). 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).

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

Зона измерения	1 Вт Ср.знач± ст. откл.	2 Вт Ср.знач± ст. откл.	3 Вт Ср.знач± ст. откл.	4 Вт Ср.знач± ст. откл.	5 Вт Ср.знач± ст. откл.
Глубина общего повреждения, мм	0,63±0,10	1,05±0,10	1,21±0,16	1,90±0,19	1,56±0,18
Глубина абляции, мм	–	0,43±0,10	0,50±0,08	0,84±0,11	1,16±0,08
Глубина коагуляции, мм	–	0,63±0,12	0,70±0,13	1,06±0,13	0,40±0,15



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

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

Зона повреждения	Мощности	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.				

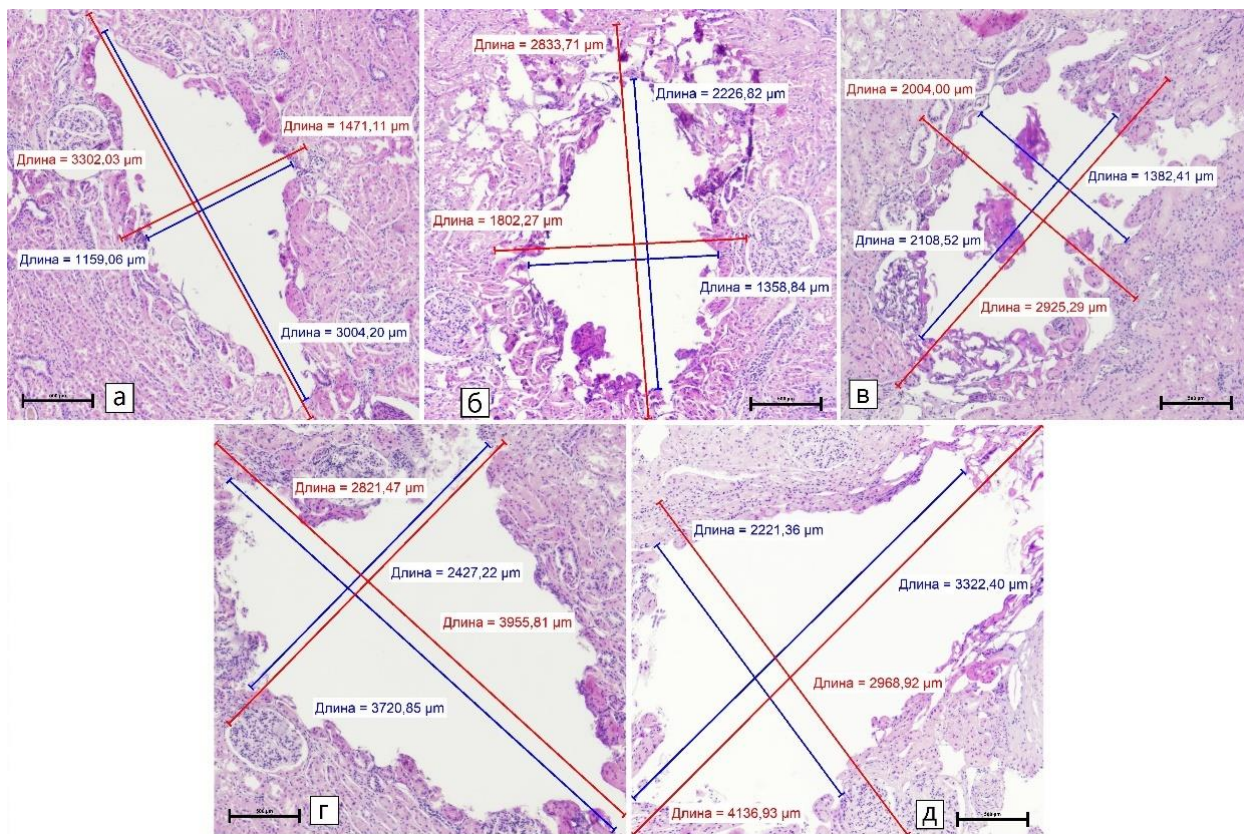
Интерстициальное воздействие

При интерстициальном воздействии общий диаметр зоны повреждения также линейно возрастал с увеличением мощности. Однако анализ соотношения зон абляции и коагуляции выявил иную картину.

Наибольший диаметр зоны коагуляции (0,77 мм) наблюдался при мощности 3 Вт. Эта зона составляла более 30% от общей площади повреждения, что свидетельствовало о выраженном коагуляционном эффекте. При мощностях 4 и 5 Вт рост общей зоны повреждения происходил преимущественно за счет увеличения зоны абляции, в то время как зона коагуляции уменьшалась (таблица 3, рисунок 3).

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

Зона измерения	1 Вт Ср.знач± ст. откл.	2 Вт Ср.знач± ст. откл.	3 Вт Ср.знач± ст. откл.	4 Вт Ср.знач± ст. откл.	5 Вт Ср.знач± ст. откл.
Диаметр общего. повреждения, мм	2,29±0,08	2,37±0,16	2,57±0,10	2,95±0,19	3,33±0,11
Диаметр абляции, мм	1,72±0,11	1,70±0,09	1,80±0,17	2,62±0,20	2,80±0,08
Диаметр коагуляции, мм	0,58±0,16	0,66±0,22	0,77±0,18	0,33±0,16	0,53±0,16



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

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	Мощности	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	0,32±0,16	
Зона общего повреждения	2 Вт	10	2,36±0,16	0,007
	3 Вт	10	2,57±0,09	
	3 Вт	10	2,57±0,09	0,001
	4 Вт	10	2,94±0,19	
Зона абляции	2 Вт	10	1,70±0,08	0,226
	3 Вт	10	1,79±0,17	
	3 Вт	10	1,79±0,17	0,001
	4 Вт	10	2,62±0,2	
Примечание – * – U-критерий Манна-Уитни; n – объем выборки; M – среднее значение, σ – стандартное отклонение.				

Таким образом, на основании комплексного гистологического и морфометрического анализа были установлены оптимальные параметры лазерного воздействия: для поверхностной коагуляции – мощность 4 Вт, обеспечивающая достаточную глубину воздействия (до 1,9 мм) с преобладанием зоны коагуляции над абляцией. Для интерстициально коагуляции – мощность 3 Вт, обеспечивающая максимальную зону коагуляции (0,77 мм) при минимальном объеме абляции.

КЛИНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Дизайн и методы исследования. Настоящее исследование было выполнено на базе клиники оториноларингологии ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова Минздрава России в период с декабря 2023 г. по октябрь 2025 г. Проведено рандомизированное проспективное сравнительное исследование, в которое было включено 120 пациентов с диагнозом «вазомоторный ринит» (код J30.0 по МКБ-10). Пациенты были разделены на 4 равные группы по 30 человек в зависимости от применяемой методики лазерной коагуляции (поверхностная или подслизистая) и длины волны лазерного излучения (1,94 мкм или 1,56 мкм).

- **Группа 1:** двусторонняя поверхностная коагуляция нижних носовых раковин лазером с длиной волны 1,94 мкм;
- **Группа 2:** двусторонняя подслизистая коагуляция нижних носовых раковин лазером с 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 с длиной волны 1,56 мкм.

Наблюдение за пациентами осуществлялось в течение одного года после оперативного вмешательства.

Критерии включения в исследование:

- наличие симптомов вазомоторного ринита в течение 6 месяцев и более;
- неэффективность консервативной терапии продолжительностью не менее 8 недель;
- наличие сосудистого резерва нижних носовых раковин, подтвержденного анемизацией;
- возраст 18 лет и старше.

Критерии исключения: острые заболевания на момент операции, беременность, выраженное искривление носовой перегородки, требующее хирургической коррекции, перфорация перегородки носа, декомпенсированные хронические заболевания, другие формы ринита, а также несоблюдение протокола наблюдения.

Критерии исключения:

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

Методы обследования. Всем пациентам на дооперационном и послеоперационном этапах проводилось комплексное обследование, включавшее:

- сбор анамнеза и стандартный оториноларингологический осмотр с эндоскопией полости носа;
- объективную оценку носового дыхания с помощью компьютерной передней активной риноманометрии на аппарате «Ринолан»;
- субъективную оценку назальной обструкции с использованием валидизированного опросника NOSE (Nasal Obstruction Symptom Evaluation);
- оценку мукоцилиарного транспорта методом сахаринового теста;
- оценку общей удовлетворенности процедурой по визуально-аналоговой шкале (ВАШ);
- эндоскопическую оценку состояния слизистой оболочки полости носа в раннем послеоперационном периоде (через 1 и 7 суток).

Хирургическая методика. Всем пациентам под местной аппликационной анестезией (10% лидокаин с адреналином) с дополнительной инфильтрационной анестезией (для подслизистой методики) была выполнена двусторонняя лазерная коагуляция нижних носовых раковин. Операции проводились под эндоскопическим контролем одним хирургом с использованием волоконных лазеров с длинами волн 1,94 мкм и 1,56 мкм в режиме постоянного излучения. При поверхностной коагуляции выполнялось 4-5 линейных воздействий на медиальной и нижней поверхностях раковины. При подслизистой коагуляции волокно вводилось в кавернозный слой на глубину 30 мм со скоростью 4 мм/с, манипуляция повторялась 4-5 раз.

Статистическая обработка. Анализ данных проводился с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics 28.0.1. Для сравнения количественных параметрических показателей применялся t-критерий Стьюдента, для непараметрических показателей U-критерий Манна-Уитни, для качественных – Точный критерий Фишера. Уровень статистической значимости был установлен на уровне $p < 0,05$.

Характеристика групп. Группы были сопоставимы по полу (таблица 5). Единственное статистически незначимое различие по возрасту отмечено в подгруппах поверхностной коагуляции ($45,6 \pm 19,5$ лет для лазера 1,94 мкм против $38,3 \pm 14,7$ лет для лазера 1,56 мкм; $p=0,109$). В остальных группах сравнения отличия по возрасту были статистически значимыми, однако клинически эта разница признана несущественной (таблица 6).

Таблица 5 – Характеристика пациентов 1-й и 2-й группы по полу

Методы воздействия	Пол	Группы		Р
		лазер 1,94 мкм (n=30)	лазер 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%)	
Р		0,601	0,422	
Примечание – Используемые методы: Точный критерий Фишера.				

Таблица 6 – Характеристика пациентов по возрасту в сравниваемых группах

Метод воздействия	Группы по возрасту Ср. ариф. $\pm$ Ст. откл (Мин-макс)		Р
	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
Р	0,021	0,008	
Примечание – Используемые методы: t-критерий Стьюдента для независимых выборок.			

Результаты клинической части исследования

Сравнительный анализ эффективности применения двух типов лазеров (1,94 мкм и 1,56 мкм) при поверхностной и подслизистой методиках воздействия

Переносимость процедуры: при поверхностной методике лазер 1,56 мкм вызывал статистически значимо меньшую болезненность по визуальной аналоговой шкале (медиана 1,0 балл) по сравнению с лазером 1,94 мкм (медиана 2,0 балла; $p=0,003$). При подслизистой методике различия были незначимыми ($p=0,206$) (таблица 7).

Таблица 7 – Сравнение болезненности процедуры по шкале ВАШ

Метод воздействия	Показатель	Лазер 1,94 мкм	Лазер 1,56 мкм	р
Поверхностная	Ме. (Q1; Q3)	2,0 (1,0; 3,0)	1,0 (0,2; 1,8)	0,003
Подслизистая	Ме. (Q1; Q3)	3,0 (2,0; 4,0)	4,0 (3,0; 4,8)	0,206
Примечание – Используемый метод: U-критерий Манна – Уитни.				

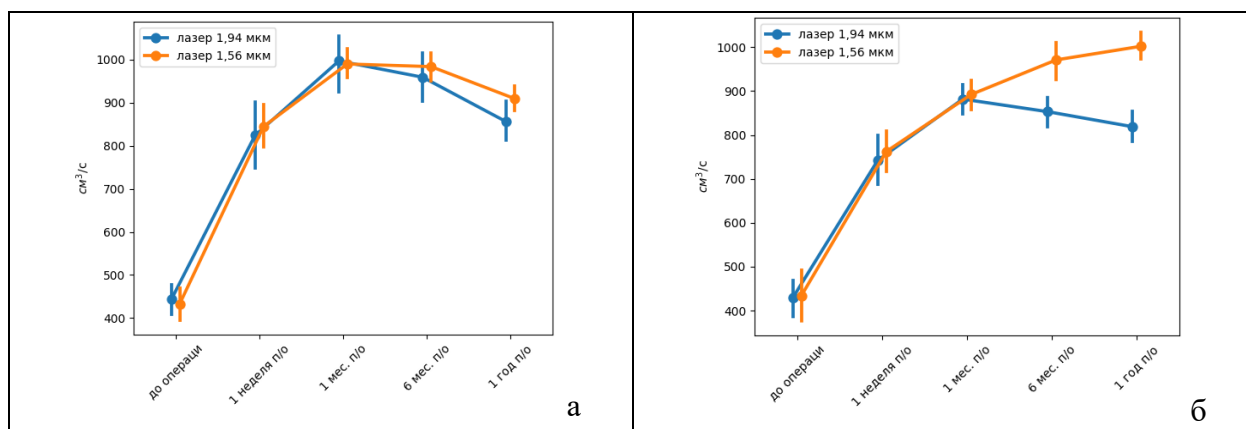
Оценка респираторной функции носа: по данным передней активной риноманометрии лазеры обеих длин волн приводили к значимому улучшению суммарного объемного потока уже через 1 месяц после операции (показатели превышали норму в $870 \text{ см}^3/\text{с}$). Однако в отдаленном периоде (6 и 12 месяцев) лазер 1,56 мкм демонстрировал

статистически значимо лучшие результаты, особенно после подслизистой воздействия ($p<0,001$) (см. рисунок 4, б).

Оба лазера и обе методики эффективно улучшали носовое дыхание. Различия проявились в отдаленном периоде:

При подслизистой методике: лазер 1,56 мкм показал статистически значимо лучшие результаты по суммарному объемному потоку, чем лазер 1,94 мкм, уже через 6 месяцев ($971,2\pm119,9$ против $853,1\pm96,5$ см³/с; $p=0,0$) и сохранил преимущество через 1 год ($1002,3\pm85,0$ против $818,8\pm94,9$ см³/с; $p=0,0$).

При поверхностной методике: значимое преимущество лазера 1,56 мкм было отмечено только через 1 год наблюдения ($909,1\pm85,8$ против $885,3\pm125,9$ см³/с; $p=0,043$) (рисунок 4, а).

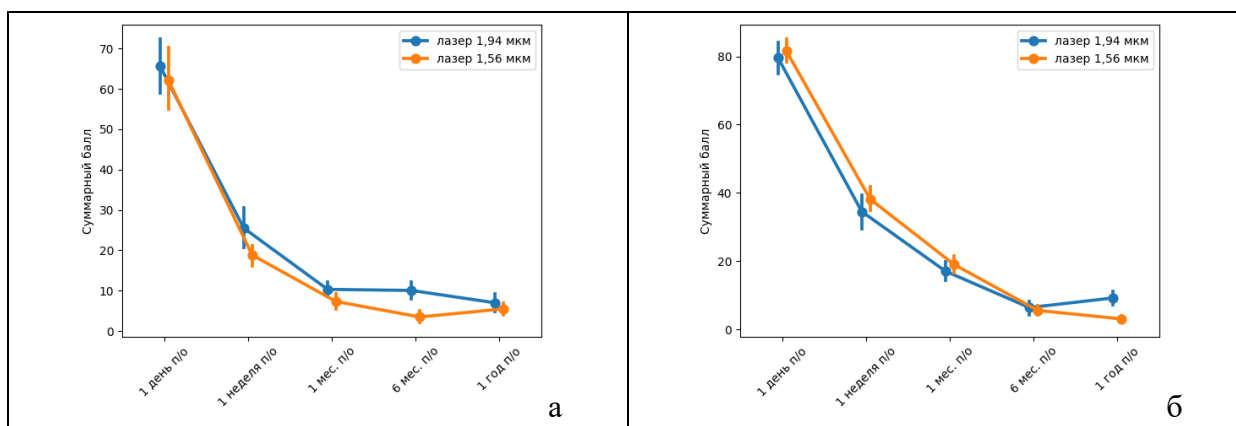


а – сравнение суммарного объемного потока после поверхностной воздействия;

б – сравнение суммарного объемного потока после подслизистого воздействия.

Рисунок 4 – Динамика суммарного объемного потока при выполнении коагуляции лазерами 1,94 мкм и 1,56 мкм

Субъективная оценка (опросник NOSE): через 6 месяцев после поверхностной коагуляции и через 1 год после подслизистой коагуляции лазер 1,56 мкм обеспечил более значимое улучшение показателей ($p<0,05$). При этом через год все группы пациентов оценивали свое носовое дыхание как «удовлетворительное» (категория NOSE-1) (рисунок 5).

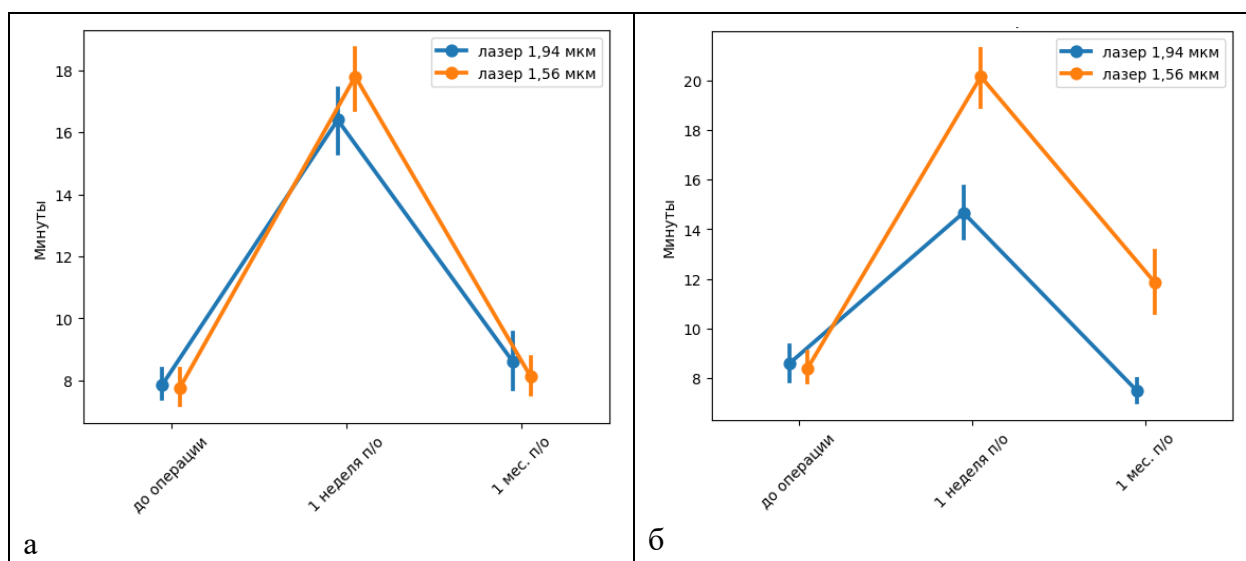


а – сравнение данных по шкале NOSE после поверхностного воздействия;

б – сравнение данных по шкале NOSE после подслизистого воздействия.

Рисунок 5 – Динамика NOSE после выполнения коагуляции лазерами 1,94 мкм и 1,56 мкм

Мукоцилиарный транспорт и реактивные явления: через 7 дней после операции отмечалось временное увеличение времени мукоцилиарного транспорта, более выраженное при использовании лазера 1,56 мкм, особенно после подслизистой методики. К 1 месяцу показатели нормализовались во всех группах (рисунок 6).



а – сравнение мукоцилиарного транспорта при использовании двух типов лазеров после поверхностного воздействия; б – сравнение мукоцилиарного транспорта при использовании двух типов лазеров после подслизистого воздействия.

Рисунок 6 – Динамика мукоцилиарного транспорта после операции лазерами 1,94 мкм и 1,56 мкм

Подслизистая методика в целом сопровождалась более выраженными реактивными явлениями, чем поверхностная.

Через сутки после поверхностного воздействия следы крови обнаружены у 24/30 пациентов при использовании лазера 1,94 мкм и у 8/30 при использовании лазера 1,56 мкм. Лазер 1,56 мкм показал значимое преимущество на 1-е сутки по частоте кровянистого отделяемого ($p=0,0$) и корок ($p=0,008$). Через 7 дней следы крови отсутствовали у пациентов, оперированных двумя длинами волн.

После выполненной подслизистой коагуляции следы крови обнаруживались у 25/30 пациентов при использовании лазера 1,94 мкм и у 22/30 при использовании лазера 1,56 мкм ($p=0,532$). Через 7 дней в группе, где использован лазер 1,94 мкм при эндоскопии следы крови сохранялись у 6 пациентов, в группе, в которой использовался лазер 1,56 мкм, количество пациентов с визуализированными следами крови составлял 13 человек ($p=0,095$).

Стоит отметить, что пациенты с наличием корок в полости носа наблюдались чаще при воздействии лазером 1,56 мкм. На 7-е сутки после лазера 1,56 мкм корки наблюдались значимо чаще, чем после лазера 1,94 мкм ($p=0,017$). При сравнении выраженности отека различие между исследуемыми группами не выявлено (таблица 8).

Таблица 8 – статистическая значимость показателя по реактивным воспалительным явлениям в послеоперационном периоде в сравниваемых группах

Методы воздействия	Эндоскопические признаки	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	
Поверхностный	Следы крови	0,001		–	
	Корка	0,008		0,288	
	Отек	0,435		1,0	
Подслизистый	Следы крови	0,532		0,095	
	Корка	0,237		0,017	
	Отек	0,771		0,422	
Примечание – различия показателей статистически значимы (p<0,05). Используемые методы: Точный критерий Фишера.					

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

Интраоперационная переносимость: подслизистая методика вызывала статистически значимо более выраженные болевые ощущения по визуальной аналоговой шкале по сравнению с поверхностной, независимо от длины волны лазера ($p < 0,05$) (рисунок 7).

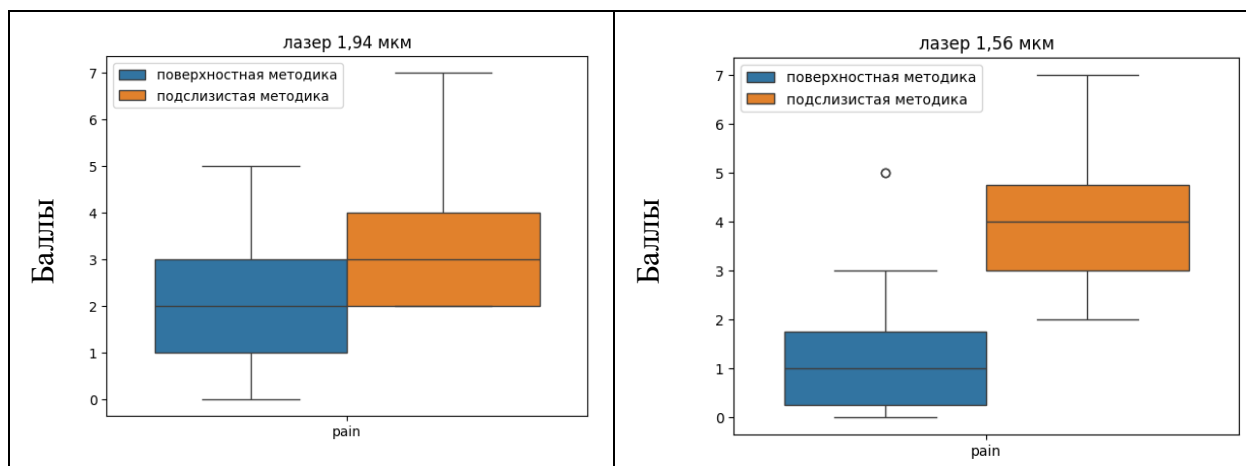
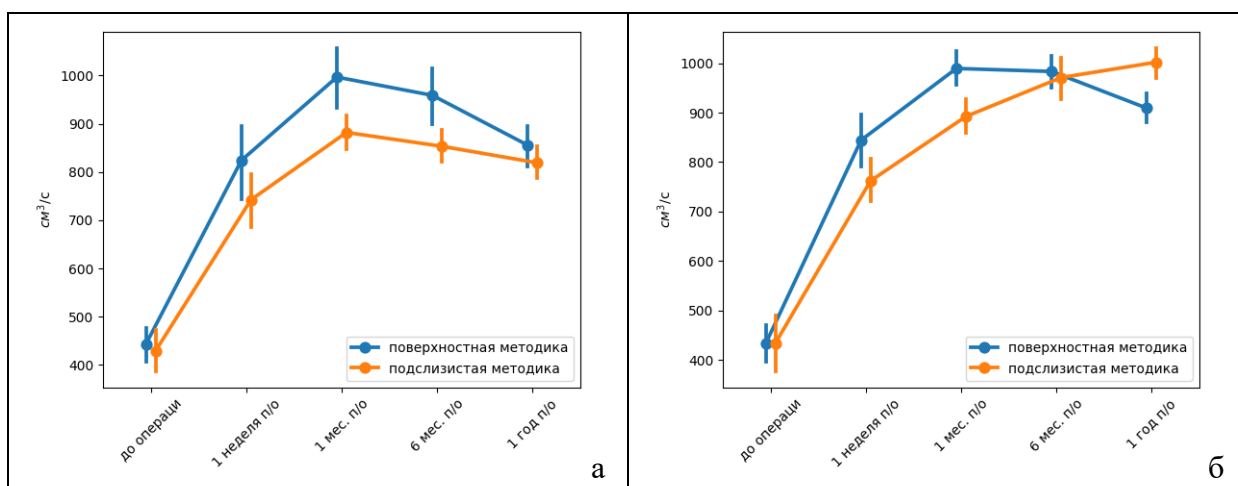


Рисунок 7 – Сравнение методов воздействия по болезненности операции по шкале ВАШ

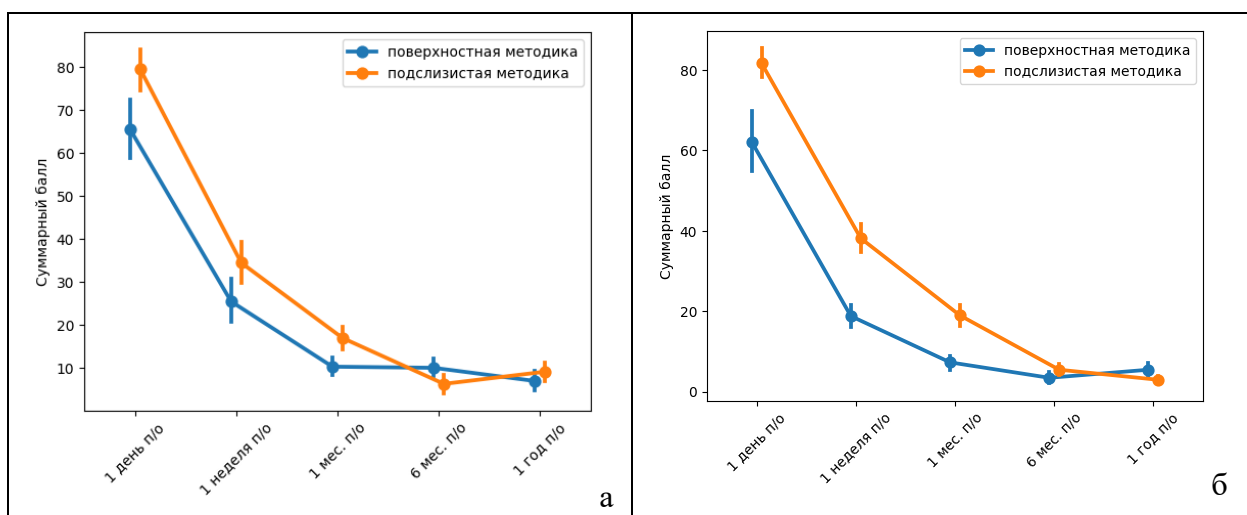
Передняя активная риноманометрия (оценка респираторной функции носа): поверхностная методика обеспечивала более быстрое восстановление носового дыхания в раннем послеоперационном периоде (1 месяц) по данным передней активной риноманометрии и опросника NOSE. Однако к 12 месяцам подслизистая методика в сочетании с лазером 1,56 мкм продемонстрировала наилучшие отдаленные функциональные результаты ($p < 0,001$) (рисунки 8, 9).



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

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

Рисунок 8 – Динамика суммарного объемного потока по переней активной риноманометрии при выполнении поверхностной и подслизистой коагуляции



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

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

Рисунок 9 – Динамика суммарного балла по шкале NOSE после выполнении поверхностной и подслизистой коагуляции

При анализе результатов воздействия лазером с длиной волны 1,94 мкм: через семь дней после операции поверхностный метод индуцировал более выраженное увеличение времени мукоцилиарного транспорта (медиана 17,0 мин) по сравнению с подслизистым методом (медиана 14,5 мин). Статистически значимые различия были выявлены при $p=0,017$. К первому месяцу послеоперационного периода эти различия нивелировались (таблица 9).

Таблица 9 – Средние показатели мукоцилиарного транспорта в послеоперационном периоде в сравниваемых группах

Типы лазеров	Периоды	Поверхностное воздействие	Подслизистое воздействие	p
		Ме. (Q1; Q3) Мин. – Макс.	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.				

Через сутки после воздействия лазером с длиной волны 1,94 мкм следы крови обнаружены у 24/30 пациентов при поверхностном воздействии и у 25/30 при подслизистом. Через 7 дней кровь сохранялась у 6 пациентов после подслизистого воздействия. При длине волны 1,56 мкм кровь обнаружена у 8/30 пациентов после поверхностного и у 22/30 после подслизистого воздействия ($p < 0,05$). Через 7 дней кровь оставалась у 13 пациентов после подслизистого воздействия.

Корки в полости носа через сутки после воздействия лазером с длиной волны 1,94 мкм отсутствовали у 7 пациентов при поверхностном воздействии, через 7 дней — у более половины пациентов. При длине волны 1,56 мкм корки обнаружены у 12/30 пациентов после поверхностного и у 27/30 после подслизистого воздействия через 24 часа. Через 7 дней количество пациентов с корками уменьшилось на 4, но после подслизистого воздействия их всё ещё было больше ($p < 0,05$).

Отёк слизистой оболочки был более выражен при подслизистом воздействии по сравнению с поверхностным при использовании обоих типов лазеров.

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 понимать, 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 конфигурации перегородки носа, 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, на 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 ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Карпищенко, С.А. Выбор параметров воздействия тулиевого волоконного лазера (длина волны – 1,94 мкм) для подслизистой коагуляции нижних носовых раковин / С.А. Карпищенко, М.А. Рябова, М.Ю. Улупов, Г.Ю. Юкина, Е.Г. Сухорукова, **Ж.О. Рахмонов** // *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae*. – 2024. – Т. 30, № 1. – С. 27-33. – doi: 10.33848/fopr627056.
2. 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.
3. Рябова, М.А. Клиническая оценка поверхностной и подслизистой коагуляции нижних носовых раковин при вазомоторном рините / М.А. Рябова, М.Ю. Улупов, **Ж.О. Рахмонов** [и др.] // *Оториноларингология. Восточная Европа*. – 2025. – Т. 15, № 1. – С. 65-73. – <https://doi:10.34883/PI.2025.15.1.031>. – https://recipe-russia.ru/wp-content/uploads/2025/03/65-73_oto_1-2025_v15.pdf (дата обращения: 27.08.2025).
4. Рябова, М.А. Роль малоинвазивных хирургических вмешательств в полости носа у соматически отягощенного пациента в лечении синдрома обструктивного апноэ сна // М.А. Рябова, **Ж.О. Рахмонов** // *Учёные записки Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова*. – 2025. – Т. 32, № 3. – С. 128-134. – <https://doi.org/10.24884/1607-4181-2025-32-3-128-134>.
5. Ryabova, M.A. Thulium fiber laser: Experimental study on biological tissue / M.A. Ryabova, M.Y. Ulupov, G.Y. Yukina, E.G. Sukhorukova, **J.O. Rakhmonov** // *2024 International Conference Laser Optics (ICLO)*. – Saint Petersburg, Russian Federation, 2024. – P. 475-475. – doi: 10.1109/ICLO59702.2024.10624108.