

На правах рукописи

ГЛУЩЕНКО АЛЕКСАНДРА ИВАНОВНА

**ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ДОБРОКАЧЕСТВЕННЫХ И
ОПУХОЛЕПОДОБНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ГОРТАНИ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ЛАЗЕРОВ С ДЛИНАМИ ВОЛН 445 НМ И 10600 НМ
(КЛИНИКО - ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)**

3.1.3. Оториноларингология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Санкт-Петербург – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБУ «СПб НИИ ЛОР» Минздрава России)

Научный руководитель:

Заведующий научно-исследовательском
отделом патологии верхних дыхательных
путей ФГБУ «СПб НИИ ЛОР», доцент,
доктор медицинских наук

Кривопалов Александр Александрович

Официальные оппоненты:

Заведующий кафедрой оториноларингологии
ФГБОУ ВО «СПбГПМУ» Минздрава
России, профессор, доктор медицинских
наук

Павлов Павел Владимирович

Заведующий хирургическим
оториноларингологическим отделением
РДКБ ФГАОУ ВО "РНИМУ им. Н. И.
Пирогова" Минздрава России, кандидат
медицинских наук

Пряников Павел Дмитриевич

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинскую академию имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации.

Защита состоится «__» _____ 2026 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 размещён на сайте: <https://vak.gisnauka.ru/>

Автореферат разослан «__» _____ г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат медицинских наук

Щербакова Яна Леонидовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В настоящее время частота встречаемости доброкачественных и опухолеподобных заболеваний гортани составляет до 55–70% от всей патологии верхних дыхательных путей. До 8% доброкачественных заболеваний гортани при отсутствии лечения могут малигнизироваться.

В структуре доброкачественных и опухолеподобных заболеваний гортани наиболее часто встречаются полипы 39–68% и папилломы 24–59%, за которыми следуют хронический гиперпластический ларингит 5,5%, кисты 5% и неспецифические гранулемы 3%. Распространенность доброкачественных и опухолеподобных заболеваний гортани, по данным литературы, не имеет тенденции к снижению (Дайхес Н.А., 2014; Нажмуудинов И.И., Гусейнов И.Г. и соавт., 2014; Степанова Ю.Е. и соавт., 2018; Решетов И.В., Багненко С.Ф., Крюков Е.В., 2023).

В хирургическом лечении доброкачественных и опухолеподобных заболеваний гортани преобладают высокотехнологические методы лечения, обладающие высокой точностью воздействия и минимальной инвазивностью. К ним относятся использование микрохирургических инструментов, электрохирургия и различные варианты лазерного воздействия (Карпищенко С.А., 2004; Нажмуудинов И.И., Гусейнов И.Г., 2014; Свистушкин В.М., 2015; Захарова М.Л., 2023; Павлов П.В., 2023).

Использование высокоэнергетических лазеров в гортанной хирургии имеет длительную историю. На современном уровне развития ларингологии хирургические лазеры используются часто, что обусловлено высокой точностью воздействия, минимальной травматичностью для тканей гортани и, следовательно, высоким клиническим эффектом (Комарова Ж.Е., Наседкин А.Н., Селин В.Н., Пряников П.Д., 2015).

Наиболее популярными высокоэнергетическими лазерными аппаратами, используемыми в фонохирургии, являются углекислотный лазер (СО₂-лазер), калийтитанилфосфатный лазер (КТР), лазер с длиной волны 980 нм, неодимовый лазер на алюмоиттриевом гранате (Nd:YAG), лазер с длиной волны 445 нм и др. (Плужников М.С., 2005; Егоров В.И., 2013; Hess M., 2015; Юнусов А.С., 2016; Захарова М.Л., 2021; Рябова М.А., 2023).

Углекислотный лазер с длиной волны 10600 нм является «золотым стандартом» в микрохирургии гортани. Его широкое применение обусловлено уникальными свойствами взаимодействия лазерного излучения с тканями. Механизм действия: СО₂-лазер работает по принципу фототермического воздействия: его излучение сильно поглощается водой, которая является основным компонентом мягких тканей. При поглощении лазерной энергии вода быстро нагревается, что приводит к мгновенному испарению (вапоризации) и разрушению ткани. Это позволяет проводить прецизионное и контролируемое удаление заболеваний (Плужников М.С., 2008; Дворянчиков В.В., Куц Б.В., 2023; Вавин В.В., 2019; Новожилова Е.Н. и соавторы, 2023).

Длина волны 10600 нм обеспечивает высокоточное воздействие на ткань, позволяя иссекать новообразования с минимальным повреждением окружающих здоровых тканей. Это особенно важно при операциях на голосовых складках, где точность манипуляций имеет критическое значение для сохранения голосовой функции. Лазерное воздействие одновременно с иссечением ткани коагулирует мелкие кровеносные сосуды, уменьшая кровотечение во время операции. Это улучшает визуализацию операционного поля и снижает риск послеоперационных осложнений (Плужников М.С., 2008; Наседкин А.Н., 2016; Вавин В.В., 2019; Нажмуудинов И.И., Давудов Х.Ш., Гаращенко Т.И., Гусейнов И.Г., Хоранова М.Ю., 2023).

СО₂-лазер широко применяется в оториноларингологии для удаления заболеваний гортани. Однако он имеет следующие качества: невыраженный гемостатический эффект,

образование дыма, высокую стоимость и сложность эксплуатации (Рябова М.А., Митрофанов Л.Б., Улупов М.Ю., Степанова В.А., 2023).

Альтернативой являются фотоангиолитические лазеры, избирательно воздействующие на сосуды за счет поглощения энергии гемоглобином. Среди них перспективен «синий» лазер (445 нм), эффективно коагулирующий сосуды с минимальным повреждением окружающих тканей.

Несмотря на преимущества обоих типов лазеров, в литературе отсутствуют сравнительные данные о тканевых реакциях и клинической эффективности CO₂- и 445-нм лазеров, что требует дальнейших исследований.

Степень разработанности темы исследования

Несмотря на активное применение лазерных технологий в лечении доброкачественных и опухолеподобных заболеваний гортани, оптимальный выбор лазера для их хирургического лечения остается предметом дискуссий. Отсутствие сравнительных данных о применении лазеров с длинами волн 10600 нм и 445 нм как на биологических моделях, так и в клинической практике в сочетании с многолетним опытом использования CO₂-лазера и относительной новизной лазера с длиной волны 445 нм делает актуальным проведение дальнейших экспериментальных и клинических исследований для объективной оценки их преимуществ и недостатков.

Цель исследования

Повышение эффективности хирургического лечения доброкачественных и опухолеподобных заболеваний гортани на основе разработки оптимальных методов использования хирургических лазеров с длинами волн 445 нм и 10600 нм.

Задачи исследования

1. Изучить особенности заживления ран в гортани на живой биологической модели после воздействия лазеров с длинами волн 445 нм и 10600 нм с заданными параметрами.
2. Оценить интраоперационные показатели у пациентов с доброкачественными и опухолеподобными заболеваниями гортани, пролеченных с применением лазеров с длинами волн 445 нм и 10600 нм.
3. Оценить послеоперационные результаты у пациентов с доброкачественными и опухолеподобными заболеваниями гортани, пролеченных с применением лазеров с длинами волн 445 нм и 10600 нм.
4. Разработать алгоритм выбора метода хирургического лечения доброкачественных и опухолеподобных заболеваний гортани с использованием лазеров с длинами волн 445 нм и 10600 нм в зависимости от клинической ситуации.

Научная новизна

Впервые на живой биологической модели проведен сравнительный анализ биологического действия абляционного и фотоангиолитического эффектов лазеров с длинами волн 445 нм и 10600 нм.

Впервые освещены особенности заживления раны гортани при исследовании на живой биологической модели под воздействием лазеров с длинами волн 445 нм и 10600 нм.

Впервые проведена сравнительная оценка интраоперационных показателей у пациентов с доброкачественными и опухолеподобными образованиями гортани, пролеченных с применением лазеров с длинами волн 445 нм и 10600 нм.

Впервые сопоставлены послеоперационные результаты у пациентов с доброкачественными и опухолеподобными образованиями гортани, пролеченных с применением лазеров с длинами волн 445 нм и 10600 нм.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость данной работы обусловлена экспериментальным исследованием, направленным на изучение особенностей заживления раны после воздействия лазерами с длинами волн 445 нм и 10600 нм на голосовые складки кроликов. Полученные данные о протяженности зоны абляции и ишемии, особенностях сосудистого гемостаза, а также сроках формирования соединительной ткани и эпителизации вносят вклад в понимание механизмов репарации после лазерного воздействия на ткани гортани. Полученные результаты демонстрируют формирование более протяженной зоны ишемии после применения лазера с длиной волны 445 нм и более глубокой абляции после применения лазера с длиной волны 10600 нм, что позволяет обосновать перспективность алгоритма по выбору лазера.

Практическая значимость экспериментального и клинического исследования заключается в том, что на основании результатов работы разработан алгоритм по выбору лазера с длиной волны 445 нм или 10600 нм для хирургического лечения различных доброкачественных и опухолеподобных заболеваний гортани.

Практическая значимость работы также заключается в разработке «Способа хирургического лечения узелков голосовых складок» (Патент RU 2849294 C1 от 23.10.2025), позволяющего сохранять анатомию голосовой складки и не нарушать ее вибрационные свойства, за счет чего достигается функциональное восстановление гортани.

Методология и методы исследования

Работа выполнена в дизайне сравнительного эксперимента, сравнительного нерандомизированного неконтролируемого когортного проспективного клинического исследования. В работе были использованы методы исследования: экспериментальный (биологическая модель); морфологический (изучение гистологических препаратов с окраской гематоксилином и эозином); клинический (анализ жалоб, анамнестических данных, объективный оториноларингологический осмотр); инструментальный (видеоэндостробоскопия гортани, фиброларингоскопия); функциональный (акустический анализ голоса); анкетирование – опросник индекс голосовых нарушений (VNI-30).

Положения, выносимые на защиту

1. Репарация раневого дефекта слизистой оболочки гортани живых биологических моделей после лазерного воздействия происходит по принципу первичного натяжения, минуя фазу нейтрофильного воспаления.
2. Время полной репарации и эпителизации ткани гортани биологических моделей в области воздействия аналогично при использовании лазеров с длинами волн 445 нм и 10600 нм.
3. Использование лазеров с длинами волн 445 нм и 10600 нм в хирургическом лечении ДОЗГ обладает сравнимой хирургической эффективностью. Разработанный алгоритм выбора лазера с определенной длиной волны позволяет добиться оптимальных клинических результатов.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов подтверждается адекватными объемами исследуемых групп, соблюдением методик исследования, применением современных методов статистической оценки результатов. Статистический анализ результатов проводился с использованием программы IBM SPSS Statistics V27.

Основные материалы диссертации доложены на Седьмом Всероссийском форуме оториноларингологов с международным участием (г. Москва, 2023), на Пятьдесят четвертой научной и учебно-методической конференции ИТМО (ППС) (г. Санкт-Петербург, 2024), на Семидесятой научно-практической конференции молодых ученых-оториноларингологов (г. Санкт-Петербург, 2024), на Втором международном молодежном

оториноларингологическом форуме в онлайн-формате (Республика Беларусь, г. Гродно, 2024), на Семьдесят первой научно-практической конференции молодых ученых-оториноларингологов (г. Санкт-Петербург, 2025), на Второй научно-практической конференции с международным участием «Университетская медицина в оториноларингологии: междисциплинарные вопросы», посвященной 125-летию кафедры оториноларингологии с клиникой ФГБУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова МЗ РФ (г. Санкт-Петербург, 2025), на Четырнадцатом Петербургском форуме оториноларингологов России (г. Санкт-Петербург, 2025).

Внедрение результатов исследования в практику

Результаты исследования внедрены в клиническую работу ФГБУ «СПб НИИ ЛОР» Минздрава России и Государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Московская городская онкологическая больница № 62 Департамента здравоохранения города Москвы». Материалы исследования используются в учебном процессе с врачами-курсантами циклов усовершенствования по оториноларингологии, а также аспирантами и клиническими ординаторами.

Личный вклад автора

Автор работы принимал непосредственное участие в организации и проведении исследования по всем разделам диссертации, формулировании цели, задач и дизайна исследования, определении методов обследования, сборе и анализе полученных данных. Автор самостоятельно проводил экспериментальное исследование, связанное с хирургическими методами на биологическом материале. Диссертант проводил сбор материала, его анализ и статистическую обработку данных. Автор проводил обследование всех больных, принимал участие в хирургических вмешательствах, послеоперационном ведении пациентов. Основные результаты исследования оформлены диссертантом в виде публикаций и доложены на российских и международных конференциях.

Публикации по теме диссертации

По материалам диссертационной работы опубликовано 8 научных работ, в том числе 4 статьи – в журналах, рецензируемых Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации, из них 2 статьи – в журналах, индексируемых в базе данных Scopus; 1 статья – в сборнике научных трудов; 2 тезиса. Получен патент RU 2849294 С1 от 23.10.2025 «Способ хирургического лечения узелков голосовых складок»

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 129 страницах машинописного текста, состоит из введения, обзора литературы, главы, освещающей материалы и методы исследования, двух глав собственных исследований, обсуждения, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений, а также списка литературы. Иллюстрации представлены 22 таблицами и 22 рисунками. Библиографический указатель включает 132 источника, из которых 55 – отечественные и 73 – зарубежные.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и дизайн исследования

Представленное исследование включает два последовательных этапа. На первом этапе было проведено изучение макроскопических изменений на голосовых складках кроликов после воздействия лазерного излучения длиной волн 10600 нм и 445 нм за срок наблюдения, с дальнейшим выполнением морфологического анализа тканей. Второй этап представлял собой клиническую часть, в рамках которой проводилось хирургическое

лечение 125 пациентов, разделенных на две группы в зависимости от выбора лазера, по принципу попарного выравнивания. Все пациенты имели диагноз доброкачественного и опухолеподобного заболевания гортани и получили хирургическое лечение с применением лазеров с длиной волн 445 нм и 10600 нм. Интраоперационно у пациентов обеих групп оценивались продолжительность операции, частота кровотечений и потребность в лазерном гемостазе; в послеоперационном периоде – скорость стихания воспалительных явлений, оцениваемая в баллах на основании видеоларингоскопической и стробоскопической картины гортани, данных акустического анализа голоса, показателей ВМФ и результатов анкетирования VNI-30 в течение трех месяцев после операции.

Материалы и методы экспериментальной части

Экспериментальное исследование проводилось на базе вивария СПб НИИ ЛОР. В работу были включены 20 живых кроликов породы «Советская шиншилла», на голосовые складки которых воздействовали лазерами с длинами волн 445 нм и 10600 нм. Испытуемых животных разделили на две группы – по 10 штук для синего и углекислотного лазера. После проведения лазерного воздействия животных выводили из эксперимента по два кролика из каждой группы на 0-е, 1-е, 3-е, 14-е, 30-е сутки с момента операции, с последующим изучением макро- и микроскопической картины голосовых складок.

В клинической части исследования применялись диодный лазер TruBlue A.R.C. (445 нм) и CO₂-лазер Lumenis AcuPulse (10600 нм). Лазерное воздействие осуществлялось дистантным методом под контролем операционного микроскопа ZEISS OPMI VARIO 700. Животные фиксировались в специализированном ветеринарном боксе для прямой опорной ларингоскопии (рисунок 1 а, б). Диодный лазер (445 нм) подавался через модифицированный волоконно-оптический инструмент (400 мкм сердцевины) с расстояния 2 мм от ткани (рисунок 1 б, в), а CO₂-лазер – через систему сканирования AcuBlade. Средняя измеренная мощность обоих лазеров на поверхности ткани составила $\approx 0,72 \pm 0,03$ Вт при длительности воздействия 1,1 с, обеспечивая равную тепловую энергию на единицу площади (таблица 1). Длительность воздействия на биоткань синим лазером задавалась настройками аппарата и ограничивалась счетчиком импульсов. Длительность воздействия углекислотного лазера регулировалась программируемым электромеханическим затвором, который по истечении заданного времени блокировал попадание излучения на ткань. Оба лазера применялись в импульсном режиме для точечных воздействий в средней трети голосовых складок.

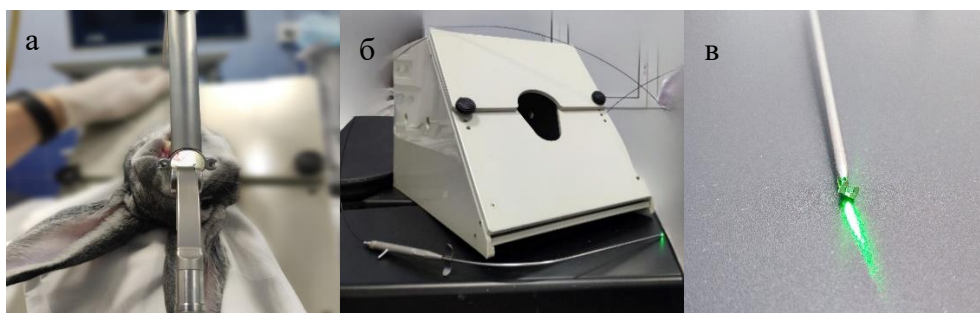


Рисунок 1 – Вспомогательное оборудование для работы с живой биологической моделью и лазером с длиной волны 445 нм: (а) ларингоскоп Kleinsasser Karl Storz 8590 F; (б) ветеринарный бокс; (в) модифицированная гортанная насадка РП-02.12 ООО «НПП ВОЛО»

Таблица 1. Параметры лазерного воздействия, установленные на панели управления аппаратов

Длина волны, нм	Мощность, Вт	Длительность импульса, мс	Интервал между импульсами, мс	Глубина	Количество импульсов	Измеренная средняя мощность, Вт
10600	10	10	100	2	—	$0,72 \pm 0,03$
445	8	10	100	—	10	$0,72 \pm 0,03$

При указанных в таблице параметрах используемые в эксперименте лазерные хирургические аппараты излучали одинаковую среднюю мощность.

Для точного контроля попадания 10 импульсов CO₂-лазера на биоткань к микроманипулятору подсоединялся программируемый электромеханический затвор. Для управления электромеханическим затвором использовался микроконтроллер Arduino Nano с оригинальной управляющей программой, разработанной специально для данной экспериментальной установки (рисунок 2). Управляющая программа позволяла установить время в диапазоне от 1,00 до 2,00 сек. с точностью 0,01 сек., на которое открывался электромеханический затвор по нажатию кнопки и в течение которого излучение воздействовало на биоткань.

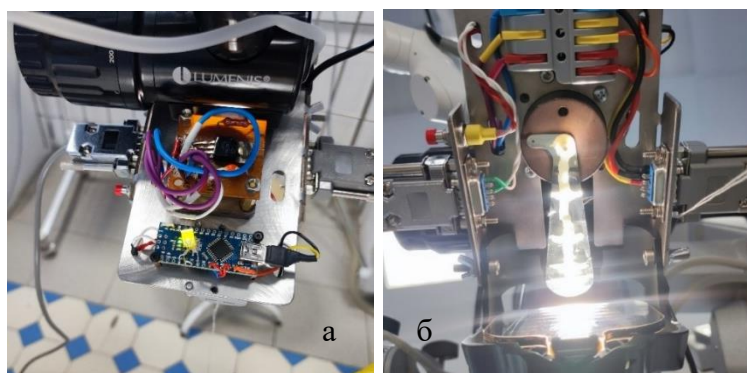


Рисунок 2 – Электромеханический затвор для CO₂-лазера: вид верхней поверхности (а); вид нижней поверхности (б)

Морфологический материал подготавливался по стандартной методике. Морфометрические измерения кратера абляции, размеров раны и зоны бокового термического повреждения проводились с использованием Panoramic Viewer Version 1.15.4, при этом в каждой оцениваемой зоне измерялось 6 точек для определения среднего размера и стандартного отклонения. Проводилась описательная морфология и полуколичественная морфометрия методом введения категорий (скорость эпителизации VS). Статистическая обработка результатов выполнялась в IBM SPSS Statistics V27. Всего получено 40 блоков и изготовлено 240 микропрепаратов.

Макроскопическая оценка

В связи с высокой технической сложностью выполнения прямой микроларингоскопии у кроликов, связанной с анатомическими особенностями их ротоглотки и гортани, отмечался высокий риск повреждения тканей. Поэтому при макроскопической оценке сначала проверяли целостность анатомии гортани, а затем оценивали состояние слизистой, цвет, наличие гематом и характеристики дефектов слизистой голосовой складки.

Микроскопическая оценка

При микроскопической оценке результатов было получено и подвергнуто статистической обработке 240 микропрепаратов. Измеряли длину и ширину дефекта ткани и рассчитывали площадь лазерного кратера на голосовой складке кролика (S , мм²) и процент ее уменьшения в течение 30 дней.

Скорость эпителизации (VS) рассчитывалась по формуле:

$$VS = (S_{\text{средняя}}/t_0) - (S_n/t), \quad (1)$$

где S – начальная площадь раны (в дальнейшем, площадь при предыдущем измерении); S_n – средняя площадь при последующем измерении, где $n = 1, 3, 14, 30$ день после проведения эксперимента; t – число дней между измерениями; $t_0 = 1$.

Сокращение площади раны (S_n/t) по сравнению с исходной площадью раны ($S_{\text{средняя}}/t_0$) в балльной оценке приняло вид: 1 балл (до 25 %), 2 балла (26–50 %), 3 балла (51–75 %), 4 балла (более 75 %).

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЧАСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Макроскопическая оценка тканей голосовой складки после воздействия излучения 445 нм

При предварительной эндоскопической оценке нарушения целостности окружающих тканей гортани, травматических повреждений ни на одном из сроков наблюдения не выявлено. После воздействия лазера с длиной волны 445 нм на голосовые складки кроликов макроскопически наблюдалось: слабая гиперемия голосовых складок и наличие чистого точечного дефекта (0-е сутки); к концу первых суток голосовые складки в области воздействия приобретали серо-розоватый оттенок, в центре которого определялся дефект слизистой оболочки. К 3-м суткам травматические нарушения, видимые глазом, отсутствовали, но при этом сохранялась умеренная гиперемия и отек тканей в средней трети голосовых складок. На 14-е сутки определялись точечные участки беловатой ткани в области воздействия, а к 30-м суткам голосовые складки приобретали интактный вид (рисунок 3).



Рисунок 3 – Макроскопическая картина гортани кролика после воздействия лазером с длиной волны 445 нм: (а) 0 день; (б) 1 сутки п/о; (в) 3 сутки п/о; (г) 14 дней п/о; (д) 30 дней п/о

Макроскопическая оценка тканей голосовой складки после воздействия излучения 10600 нм

При предварительной эндоскопической оценке нарушения целостности окружающих тканей гортани, травматических повреждений ни на одном из сроков наблюдения не выявлено. После воздействия лазера с длиной волны 10600 нм на гортань кроликов наблюдалась следующая макроскопическая картина: на 0-е сутки отмечалась локальная гиперемия голосовой складки в области воздействия с наличием точечного дефекта со следами крови на дне. К концу первых суток дефект определялся менее четко, а голосовые складки приобретали розоватый оттенок. На 3-е сутки сохранялась умеренная гиперемия и умеренный отек голосовых складок, а признаки нарушения послойного строения тканей отсутствовали. К 14-м суткам определялись локальные изменения на

слизистой оболочке в области воздействия в виде более интенсивно окрашенных (белесых) участков. К 30-м суткам голосовые складки выглядели интактно (рисунок 4).



Рисунок 4 – Макроскопическая картина гортани кролика после воздействия лазером с длиной волны 10600 нм: (а) 0 день; (б) 1 сутки п/о; (в) 3 сутки п/о; (г) 14 дней п/о; (д) 30 дней п/о

Микроскопическая оценка тканей голосовой складки после воздействия излучения 445 нм

Микроскопическая оценка тканей голосовой складки после воздействия излучения 445 нм

На 0-й день, спустя 2 часа после выполнения разрезов синим лазером на голосовые складки кролика, в тканях, окружающих дефект, гистологически обнаруживалось малое количество тканевых макрофагов, сосуды приобретали щелевидную форму. В центре спавшихся сосудов содержались сформированные «коагуляционные лазерные тромбы», свободные эритроциты и карбонизат отсутствовали. Площадь раны $S_0 = 0,957 \pm 0,19 \text{ мм}^2$.

На 1-й день после воздействия лазером 445 нм микроскопически наблюдалась активная макрофагальная инфильтрация, полнокровие сосудов и единичные эозинофилы в тканях. Нейтрофилы отсутствовали. Скорость сокращения раны составила 9 % (0 баллов), уменьшение площади раневой поверхности реализовано за счет отека слизистой оболочки – 1 балл. $S_1 = 0,689 \pm 0,244 \text{ мм}^2$.

На 3-й день после воздействия лазером 445 нм дно раны покрывалось тканевым детритом, тонким фибрином и разрушенными эритроцитами, вдоль границы раневого дефекта определялась массивная лейкоцитарная инфильтрация (полиморфно-ядерные лейкоциты и лимфоциты), полнокровие венозных капилляров и диапедезные кровоизлияния. $S_3 = 0,634 \pm 0,05 \text{ мм}^2$. Скорость сокращения раны составила 25 % (1 балл), уменьшение площади раневой поверхности реализовывалось за счет отека слизистой оболочки.

На 14-е сутки после воздействия лазером 445 нм микроскопически отмечалось: снижение абсолютного числа воспалительных клеток, формирование эпителиального слоя, выстилающего поверхность остаточного «углубления» ткани. Фибробласты в заживающем участке слизистой оболочки выстраивались параллельно, в окружающей соединительной ткани наблюдалось повышенное количество гистиоцитов и формирование вертикально ориентированных сосудов. $S_{14} = 0,356 \pm 0,203 \text{ мм}^2$ (3 балла). Скорость сокращения раны составила 63 %, уменьшение площади раневой поверхности происходило за счет отека слизистой оболочки и наплзания эпителиального вала.

На 30-е сутки после воздействия лазером 445 нм микроскопически отмечалась активная эпителизация с утолщением эпителия (6–8 слоев клеток). Тучные клетки практически отсутствовали, в единичных тучных клетках, попавших на срез, отмечались признаки дегрануляции. Скорость эпителизации 100 % – 4 балла (рисунок 5).

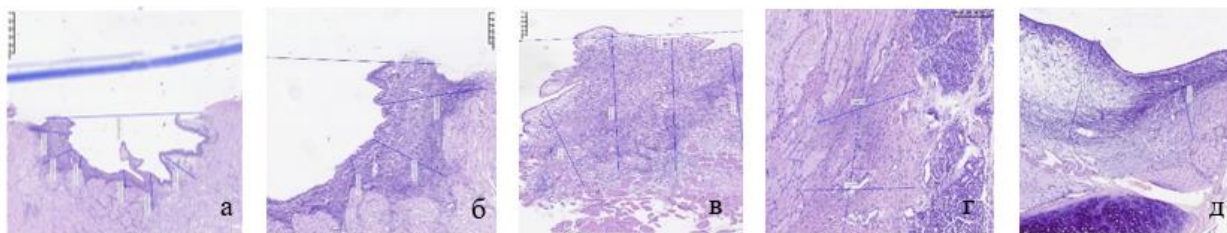


Рисунок 5 – Микроскопическая картина гортани кролика после воздействия лазером с длиной волны 445 нм: (а) 0 день; (б) 1 сутки п/о; (в) 3 сутки п/о; (г) 14 сутки п/о; (д) 30 сутки после операции

Микроскопическая оценка тканей голосовой складки после воздействия излучения 10600 нм

Микроскопический анализ тканей через 2 часа после воздействия CO₂-лазером показал начальные признаки воспаления (скудные макрофаги, инфильтрация лейкоцитами и лимфоцитами), сосудистые нарушения (тромбоз, геморрагии), выраженный отек и деструктивные изменения: дефект-кратер с зоной коагуляционного некроза и дезорганизация волокон в прилегающей области. $S_0 = 0,748 \pm 0,248 \text{ мм}^2$.

На 1-е сутки после воздействия лазером CO₂-лазером микроскопически отмечалось: умеренное скопление макрофагов, ограниченное число эозинофилов, эритроциты в сосудах, отсутствие нейтрофилов. При сравнении размеров раны на 1-е сутки с исходным размером раны рана на первые сутки сократилась на 7,5 % за 1 день – 1 балл. $S_1 = 0,689 \pm 0,244 \text{ мм}^2$.

На 3-е сутки после воздействия микроскопия показала сохраняющееся выраженное воспаление с повышенным количеством эозинофилов и макрофагов. Общее количество воспалительных клеток оставалось высоким. При сравнении размеров раны на 3-и сутки с исходным размером раны рана на первые сутки сократилась на 22,5 % за 1 день – 1 балл. $S_3 = 0,584 \pm 0,190 \text{ мм}^2$.

На 14-е сутки после воздействия CO₂-лазером микроскопически наблюдалось: нарастание активных фибробластов, выраженная воспалительная инфильтрация с преобладанием плазмоцитов, нарастание эпителиального пласта (2–3 слоя клеток), утолщение эпителия по краям раны (4–5 слоев), коллагеновые волокна ориентированы параллельно раневой поверхности. Скорость сокращения раны составила 57 %, уменьшение площади раневой поверхности было реализовано за счет отека слизистой оболочки и напользания эпителиального вала – 3 балла. $S_{14} = 0,122 \pm 0,069 \text{ мм}^2$.

На 30-е сутки после воздействия CO₂-лазером на голосовые складки кроликов микроскопически наблюдалось: слабо выраженная воспалительная инфильтрация, миксоматоз стромы, участки грануляционной ткани без четких границ, окружающие мышечные волокна. Площадь сокращения кратера абляции 100 % – 4 балла (рисунок 6).

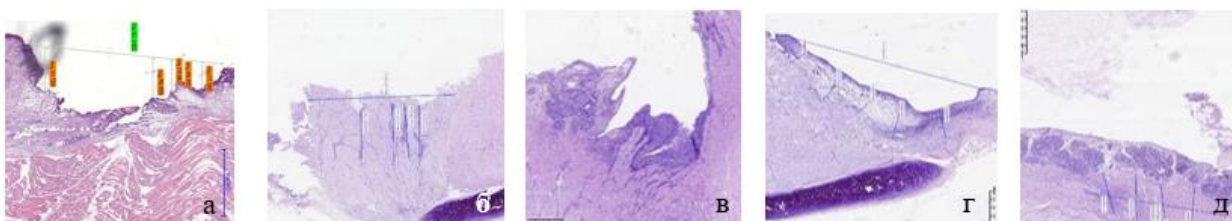


Рисунок 6 – Микроскопическая картина гортани кролика после воздействия лазером с длиной волны 10600 нм: (а) 0 день; (б) 1 сутки п/о; (в) 3 сутки п/о; (г) 14 дней п/о; (д) 30 дней п/о

Таким образом, в экспериментальном исследовании репарации слизистой голосовых складок кролика после воздействия лазерами 445 нм и 10600 нм было получено и

проанализировано 240 препаратов. Дефект слизистой оболочки после воздействия «синего» лазера на 0-е сутки имел большую зону термического повреждения, но уже на 3-и сутки наблюдались проходимые сосуды и большое количество макрофагов, стимулирующих рост фибробластов и синтез коллагена (что происходило на 14 сутки). Нейтрофильная инфильтрация отсутствовала в обеих группах. В обеих группах кроликов максимум воспалительных клеток наблюдался на 1–3 сутки, а затем их количество снижалось к 14-м суткам. К 30 суткам отмечалось созревание соединительной ткани и полная эпителизация у всех 20 особей.

КЛИНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Материалы и методы клинической части исследования

Целью клинической части исследования стало проведение сравнительного анализа интраоперационных и послеоперационных результатов у пациентов, пролеченных с применением лазеров с длиной волны 445 нм и 10600 нм.

В исследовании участвовали пациенты 19–77 лет (средний возраст $43,3 \pm 9,5$ лет), 54,4 % женщины и 45,6 % мужчины. Большинство пациентов относились к возрастной группе «молодежь», что подчеркивает социально-экономическую важность лечения патологий гортани.

В исследование включались пациенты с подтвержденным диагнозом доброкачественного или опухолеподобного новообразования гортани, подписавшие согласие на участие.

Из исследования исключались лица младше 18 лет, с распространенным папилломатозом, гранулемами, стенозом гортани (III–IV степени), предраковыми состояниями/подозрением на рак, сопутствующими заболеваниями в стадии обострения (ОРВИ, диабет, онкология, иммунодефициты), беременные, участники других исследований и отказавшиеся от участия.

Основным морфологическим диагнозом у пациентов были полипы (60 %), которые встречались во всех возрастах. Солидные папилломы (16,8 %) и кисты (15,2 %) выявлялись реже и примерно с одинаковой частотой. Фиброзные узелки встречались реже всего (7,2 %) и только у молодых и людей среднего возраста.

Пациенты с доброкачественными новообразованиями и опухолеподобными заболеваниями гортани были случайным образом разделены на две группы для хирургического лечения в зависимости от используемого лазера.

Формирование групп производилось методом случайной выборки; при распределении пациентов на группы по результатам клинического диагноза достоверной статистической разницы не было ($p = 0,804$) (таблица 2).

Таблица 2. Распределение патологии среди возрастных групп

Сравнительные характеристики					
Патогистологический диагноз	Возраст				Всего
	18–44	45–59	60–74	75–90	
Ангиоматозный полип	14	12	1	2	29
Отечный полип	19	17	9	2	47
Папиллома	9	6	5	1	21
Киста	8	7	4	0	19
Узелок	7	2	0	0	9
Всего	57	44	19	5	125

Всем пациентам проводилось стандартное предоперационное обследование на догоспитальном этапе. В рамках настоящего исследования больным проводили

эндовидеоларингоскопию и ларингостробоскопию с фото- и видеофиксацией накануне операции, на 1-е, 3-и, 14-е сутки после операции, затем через 1, 2, 3 месяца после операции.

Фиброларингоскопия проводилась с использованием видеориноларингоскопа Pentax VNL-J10. Оценка ларингоскопической картины производилась на основании бальной системы: 0 баллов – отсутствие воспалительных явлений; 1 балл – незначительная сосудистая инъекция и отек слизистой оболочки гортани; 2 балла – умеренные гиперемия и отек слизистой оболочки, наличие/отсутствие тонкого фибринового налета; 3 балла – выраженные гиперемия и отек слизистой оболочки гортани, формирование фибринового налета (Степанова Ю.Е., 2007).

Для отслеживания изменений в колебаниях голосовых складок после операции всем пациентам проводили видеознестробоскопию (с использованием электронного стробоскопа Olympus). Оценка фонаторных колебаний проводилась на основании бальной оценки клинических признаков воспаления: 0 баллов – колебания голосовых складок симметричные, регулярные, слизистая волна уменьшена; 2 балла – колебания асимметричные, нерегулярные, слизистая волна отсутствует (Степанова Ю.Е., 2007).

Акустический анализ голоса проводился на Multi-Dimensional Voice Program, KayPentax, США. Определение индекса нарушения качества голоса по результатам валидизированного опросника VHI-30рус проводили накануне операции и через 1, 2, 3 месяца после операции. Все полученные данные фиксировали в индивидуальной карте пациента с занесением результатов в базу данных Excel.

Для оценки голоса проводился акустический анализ, включавший измерение частоты основного тона (F0), а также показателей нестабильности: Jitter (колебания частоты) и Shimmer (колебания амплитуды). Из-за значительной индивидуальной изменчивости F0 (85–200 Гц для мужчин, 160–340 Гц для женщин) (Степанова Ю.Е., 2018), анализ F0 фокусировался на соответствии референсным значениям, а не на динамике. Норма Jitter – до 1 %, Shimmer – до 4 % (De Felipe A.C.N. et al., 2006; Teixeira J.P. et al., 2013).

Учитывая вариабельность нормы и возможные различия в понимании инструкций пациентами, для оценки эффективности операции в данном исследовании отслеживали, соответствовал ли ВМФ норме или был патологическим до операции и через 1, 2 и 3 месяца после хирургического вмешательства.

Всем 125 пациентам в плановом порядке в хирургическом отделении СПб НИИ ЛОР была проведена операция. С целью профилактики инфекционных осложнений перед операцией пациентам вводился один из антибиотиков (цефтриаксон или левофлоксацин). Операции выполнялись под эндотрахеальным наркозом. Доступ к гортани осуществлялся с использованием прямой опорной микроларингоскопии и микроскопа. Во время лазерного воздействия использовались защитные очки.

В первой группе пациентов (63 человека) для удаления заболеваний гортани применялся полупроводниковый лазер с длиной волны 445 нм. Хирургическое воздействие лазером на голосовые складки осуществлялось по ранее отработанной методике с использованием подобранных режимов: воздействие на мощности 8 Вт с длительностью импульса 10 мс и паузой 150 мс. Для доставки лазерного излучения применялось гибкое оптическое волокно с диаметром 400 мкм, закрепленное в хирургической рукоятке для эндоларингеальных вмешательств.

В случае медиального расположения новообразования фиксировалось микрохирургическими щипцами (без его оттягивания), после чего проводился разрез слизистой оболочки вдоль новообразования до его полного отделения от голосовой складки с последующей коагуляцией ложа новообразования и краев разреза.

Удаление узелков, как образований медиального края, происходило за счет коагуляции единичными импульсами на мощности 8,0 Вт, пауза 100 мс.

При наличии расширенных кровеносных сосудов, сопровождающих патологическое образование, происходила коагуляция увеличенных сосудов в преконтактном режиме на

мощности 3 Вт, длительность импульса 10 мс, пауза 250–300 мс. Операция заканчивалась обработкой слизистой голосовых складок мазью Гидрокортизон.

У пациентов второй (62 человека) группы для удаления новообразований использовался CO₂-лазер Lumenis AcuBlade. Для предотвращения повреждения интубационной трубки и манжеты над трубкой размещалась увлажненная марлевая турунда.

Параметры лазерного воздействия были определены проведенным ранее клиническим исследованиям по применению CO₂-лазера: 10 Вт, глубина 2, пауза 150 мс, время длительности серии импульсов 10 мс. Хирургическое вмешательство с применением CO₂-лазера происходило по сходной методике с лазером 445 нм; отличие заключалось лишь в наличии микроманипулятора.

При работе с узелками голосовых складок воздействие осуществлялось согласно способу хирургического лечения узелков голосовых складок RU 2849294 C1 от 23.10.2025. Вапоризация узелка достигалась за счет фокусировки пятна лазерного луча и придания ему формы круга размерами 0,3–0,5 мм на мощности 8,0 Вт, глубина 2 мм, SP.

Во всех случаях операционный материал был подвергнут гистопатологическому исследованию.

В послеоперационном периоде для купирования болевого синдрома применяли кетопрофен (50 % – 2,0 мл). Местная терапия включала ингаляции с дексаметазоном, диоксидином и натрием хлорида 0,9 % дважды в день.

При выявлении фаринголарингеального рефлюкса или наличии в анамнезе гастроэзофагеальной рефлюксной болезни назначали антирефлюксную терапию (ингибиторы протонной помпы и альгинаты) сроком не менее 1 месяца.

При выписке пациентам рекомендовали: щадящую диету (в соответствии с протоколами лечения ГЭРБ); продолжение антирефлюксной терапии (по показаниям); отказ от курения. Ингаляционную терапию (0,9 % раствор натрия хлорида с дексаметазоном и диоксидином) дважды в сутки в течение 7–10 дней. С 7-го дня после операции добавлялись ингаляции раствора лидазы. Голосовой режим предусматривал: полный голосовой покой – 14 дней после операции, затем щадящий голосовой режим – последующие 7 дней. Фонопедическая коррекция рекомендовалась после стихания воспаления слизистой оболочки гортани пациентам обеих групп.

Результаты клинической части исследования

Оценка интраоперационных показателей. Интраоперационно фиксировались три показателя: продолжительность оперативного вмешательства, наличие кровотечения и необходимость дополнительной лазерной коагуляции для остановки кровотечения.

Временем операции считалось время от визуализации новообразования до начала обработки раны мазью. Средняя продолжительность операции составила $18,5 \pm 7,5$ минут с лазером 445 нм и $15 \pm 9,0$ минут с лазером 10600 нм. Статистически значимой разницы между группами не выявлено ($p = 0,09$) (рисунок 7).

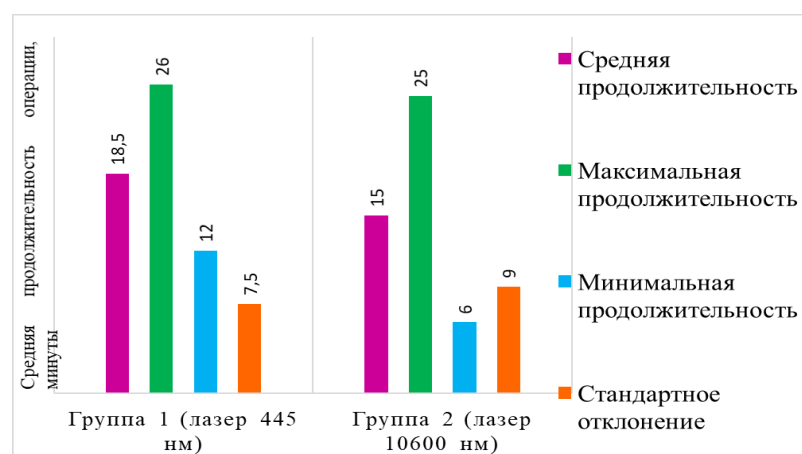


Рисунок 7– Оценка продолжительности операции в сравниваемых группах

Гемостаз при удалении заболеваний достигался аппликацией адреналина или лазерной коагуляцией (коагулятор не использовался). Кровотечения, требовавшие аппликаций адреналина, наблюдались у 11 % пациентов с лазером 445 нм и у 20 % с лазером 10600 нм. Кровотечения отсутствовали у 89 % и 75 % пациентов соответственно (рисунок 8).

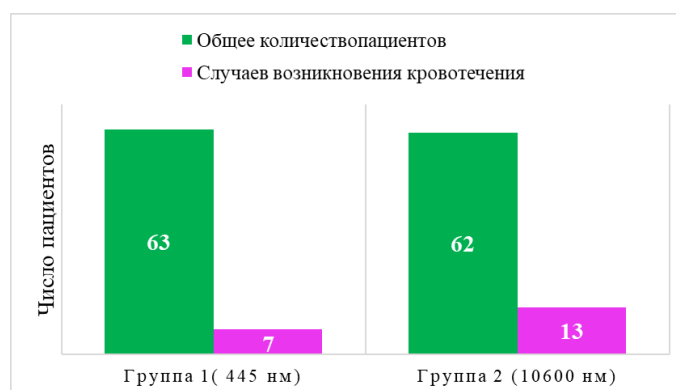


Рисунок 8 – Количество случаев интраоперационного кровотечения в сравниваемых группах

Частота возникновения интраоперационных кровотечений в группе лазера 10600 нм была в 1,5 раза выше по сравнению с числом кровотечений в группе лазера 445 нм. Однако величина $p = 0,068$ при определении критерия Фишера не достигла порога статистической значимости (таблица 3).

Таблица 3. Сравнительный анализ частоты интраоперационного кровотечения в сравниваемых группах

Показатель	Наличие признака	Группа 1 (лазер 445 нм)	Группа 2 (лазер 10600 нм)	Р
Интраоперационное кровотечение	Нет	(89,0%)	(75,0%)	0,068
	Да	(11,0%)	(25,0%)	

В основном интраоперационное кровотечение возникало при удалении ангиоматозных полипов и единичных папиллом у пациентов из группы лазера с длиной волны 10600 нм. При отсутствии гемостатического эффекта от прижатия ватки с раствором адреналина прибегали к лазерному гемостазу.

Лазерный гемостаз потребовался в 4 случаях (43,5 %) в группе 1 и в 8 случаях (61,5 %) в группе 2 от всех случаев возникавшего кровотечения. Он проводился дистантными единичными импульсами с использованием заранее заданных параметров.

Параметры лазера с длиной волны 445 нм для коагуляции: мощность 3 Вт, длительность импульса 10 мс, пауза 250–300 мс; параметры лазера 10600 нм – мощность 4–5 Вт, глубина 2 мм, пауза 150–200 мс. К лазерному гемостазу прибегали только после того, как аппликации с адреналином в течение 30 секунд не принесли желаемого эффекта.

Статистический анализ (точный критерий Фишера) выявил отсутствие значимых различий в частоте использования лазерного гемостаза между группами ($p > 0,05$) (таблица 4).

Более частое использование лазера для остановки интраоперационного кровотечения оказалось во 2-й группе, связано с тем, что углекислотный лазер обладает меньшими коагуляционными свойствами, чем «синий» лазер. Поэтому для гемостаза CO₂-лазером требуется изменение настроек луча и большее количество лазерных импульсов.

Таблица 4. Частота использования лазера для остановки интраоперационного кровотечения в сравниваемых группах

Группа	Интраоперационные кровотечения			Р
	Количество кровотечений (всего)	Кровотечение остановилось после аппликации адреналина на ватнике	Кровотечение остановилось после использования лазерной коагуляции	
Группа 1 (лазер 445 нм)	7	3	4	0,270
Группа 2 (лазер 10600 нм)	13	5	8	

Послеоперационные показатели

Анализ данных видеоларингоскопического исследования гортани. Результаты предоперационной видеоларингоскопии показали высокую распространенность воспалительных явлений в гортани: у 80 пациентов (76 %) обследованных пациентов. У 37 пациентов определялись незначительные, а у 43 пациентов – умеренные воспалительные изменения. Признаки воспаления отсутствовали лишь у 35 пациентов – 33,25 %.

До операции средние баллы выраженности воспалительных изменений составляли 1,39 и 1,24 в первой и второй группах соответственно, без статистически значимых различий ($p = 0,310$). После операции и в течение первых трех недель наблюдалось постепенное снижение среднего балла воспалительных изменений в обеих группах (лазер 445 нм и лазер 10600 нм). К концу первого месяца снижение составило примерно 0,3 балла в обеих группах, а к концу второго месяца средние баллы начали приближаться к нулю (рисунок 9).

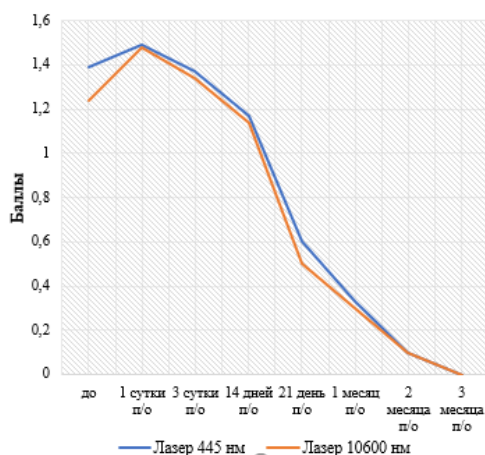


Рисунок 9 – Динамика стихания воспалительных явлений в группе 445 нм и 10600 нм при оценке видеоларингоскопии в баллах за период наблюдения

Анализ послеоперационных результатов показал отсутствие статистической разницы между группами пациентов на 1-е, 3-и, 14-е, 21-е сутки, а также через 1, 2 и 3 месяца; при всех случаях сравнения величина W-критерия Уилкоксона более 0,05. При этом при сравнении среднего балла до операции и среднего балла на 14-е сутки после операции внутри группы показало наличие статистической разницы $p = 0,03$ и $p = 0,025$ в группе лазера 445 и 10600 нм. Изучение динамики бальной оценки выраженности воспалительных изменений при видеостробоскопии гортани пациентов двух групп позволило сделать вывод об отсутствии влияния выбора лазера на конечный результат.

Оценка стробоскопической картины гортани. Первичное стробоскопическое обследование выявило асимметричные и нерегулярные колебания голосовых складок у 65,6 % пациентов, снижение амплитуды слизистой волны – у 82 человек, а отсутствие слизистой волны в зоне патологии – у 34,4 %. Средняя оценка вибраторной функции до операции составила 1,02 и 1,04 балла в первой и второй группах соответственно, без статистически значимой разницы между группами ($p = 0,540$).

После операции в обеих группах наблюдалось постепенное улучшение стробоскопической картины, отражающееся в снижении среднего балла изменений с ~1,5 на первые сутки до почти полного отсутствия изменений (~0,05) к концу 3-го месяца. На всех этапах наблюдения статистически значимой разницы между группами не выявлено.

Статистический анализ бальной оценки стробоскопической картины внутри группы выявил наличие существенных различий между до- и послеоперационным результатом уже на 14 день. Статистическая разница внутри группы лазера 445 нм и 10600 нм по сравнению с дооперационными результатами сохранилась также спустя 21 день, 1, 2 и 3 месяца (рисунок 10).

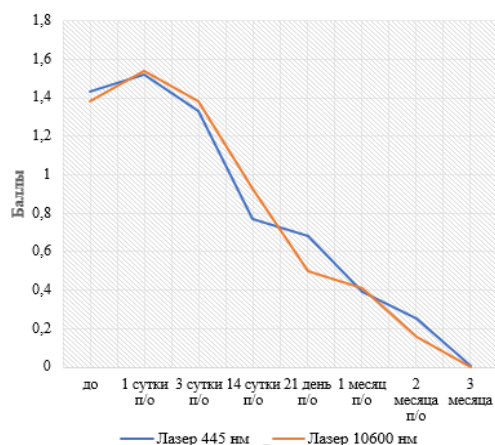


Рисунок 10 – Динамика стихания фонаторных нарушений в группе лазера 445 нм и 10600 нм при оценке видеоларингоскопии в баллах за период наблюдения

Изучение динамики балльной оценки выраженности воспалительных изменений при видеостробоскопии гортани пациентов двух групп позволило сделать вывод об отсутствии влияния выбора лазера с длиной волны 445 нм и 10600 нм на конечный результат.

Анализ данных анкетирования. До проведения операции средние показатели индекса VHI составили $31,3 \pm 7,3$ (группа 1) балла и $36,3 \pm 12,5$ балла (группа 2). Применение U-критерия Манна–Уитни для оценки межгрупповых различий не выявило статистически значимых результатов на дооперационном периоде ($p = 0,301$) (таблица 5).

Таблица 5. Анализ динамики индекса VHI-30 в группе лазера с длиной волны 445 нм и 10600 нм

Группы	Этапы наблюдения			
	до операции	1 месяц	2 месяца	3 месяца
	Среднее $\pm$ стандартное отклонение, баллы	Среднее $\pm$ стандартное отклонение, баллы	Среднее $\pm$ стандартное отклонение, баллы	Среднее $\pm$ стандартное отклонение, баллы
Группа 1 (лазер 445 нм)	$31,3 \pm 7,3$	$5,8 \pm 2,4$	$2,5 \pm 1,5$	$1,3 \pm 1,0$
Группа 2 (лазер 10600 нм)	$36,3 \pm 12,5$	$6,3 \pm 3,0$	$3,3 \pm 1,2$	$1,9 \pm 1,1$
P	0,301	0,227	0,250	0,210

Отсутствие статистически значимых различий между группами сохранилось через месяц после оперативного вмешательства, когда показатели индекса VHI составили $5,8 \pm 2,4$ в первой группе и $6,3 \pm 3,0$ во второй группе ($p = 0,227$). Ко второму месяцу средний балл в группе лазера 445 нм и 10600 нм составил $2,5 \pm 1,5$ и $3,3 \pm 1,2$ соответственно ($p = 0,250$). Исследование показало, что через три месяца после лечения значения индекса VHI достигли сравнительно низких показателей в обеих группах: $1,3 \pm 1,0$ в первой группе и $1,9 \pm 1,1$ во второй группе, без статистически значимой разницы между ними ($p = 0,210$). Значительное снижение индекса VHI после оперативного вмешательства было зафиксировано у всех пациентов с доброкачественными и опухолеподобными новообразованиями гортани (рисунок 11) ($p < 0,05$, W-критерия Уилкоксона).

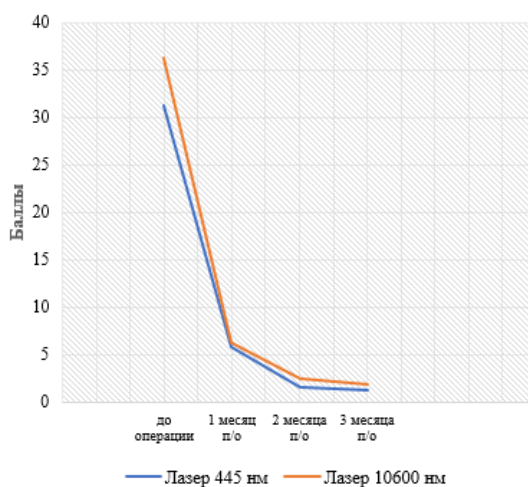


Рисунок 11 – Динамика уменьшения среднего суммарного балла по опроснику VHI-30 в группе лазера 445 нм и 10600 нм за период наблюдения

Оценка акустического анализа голоса. Оценка акустического анализа голоса заключалась в оценке частоты основного тона (ЧОТ), исследования частотной нестабильности голоса (Jitter) и оценки амплитудной нестабильности голоса (Shimmer) в сроки, определенные дизайном исследования.

Анализ частоты основного тона (ЧОТ). В акустическом исследовании голосовой функции изучалась динамика частоты основного тона (ЧОТ) у двух групп женщин (34 и 37 человек соответственно) до и после операции. Исходные показатели ЧОТ в обеих группах были в пределах нормы ($193,5 \pm 17,3$ Гц и $210,01 \pm 11,2$ Гц), статистически значимых различий между группами не выявлено, хотя все участницы субъективно отмечали снижение тональности голоса. Через месяц после операции наблюдалось значительное увеличение ЧОТ в обеих группах (до $228,12 \pm 12,5$ Гц и $221,13 \pm 10,81$ Гц соответственно) по сравнению с исходным уровнем, при этом статистически значимых различий между группами по-прежнему не было (рисунок 12).

После операции частота основного тона (ЧОТ) продолжала увеличиваться в обеих группах в течение первого месяца, достигнув максимума к третьему месяцу ($236,2 \pm 9,7$ Гц в группе 1 и $229,1 \pm 7,3$ Гц в группе 2). Статистически значимой разницы между группами в течение трех месяцев не наблюдалось. Все участницы отметили возвращение привычной тембральной окраски голоса в период от одного до трех месяцев после операции.

В данном исследовании приняли участие 54 мужчины, которым было проведено оперативное лечение по поводу ДОНГ, распределенные на две группы: 29 человек вошли в группу 1, а 25 человек – в группу 2.

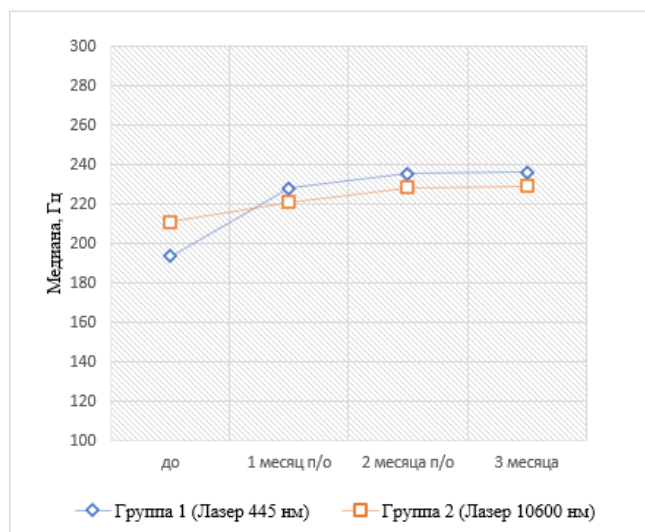


Рисунок 12 – Динамика ЧОТ у женщин в сравниваемых группах за период наблюдения.

У небольшой части, а именно 12 человек (22,2 %), до операции отмечались жалобы на снижение тембра своего голоса по сравнению с обычным.

До операции средняя частота основного тона (ЧОТ) составила $142,5 \pm 8,4$ Гц в группе 1 и $136,7 \pm 10,1$ Гц в группе 2, без статистически значимой разницы между группами ($p = 0,320$).

Через месяц после операции в обеих группах наблюдалось достоверное увеличение частоты основных тонов (ЧОТ) по сравнению с предоперационными значениями ($p < 0,001$), без статистически значимых различий между группами ($p = 0,870$). Дальнейшее увеличение ЧОТ отмечалось через 2 и 3 месяца после операции, достигнув максимальных значений $150,9 \pm 13,1$ Гц и $153,7 \pm 8,3$ Гц, но статистической разницы между группами также не выявлено ($p = 0,932$) (рисунок 13).

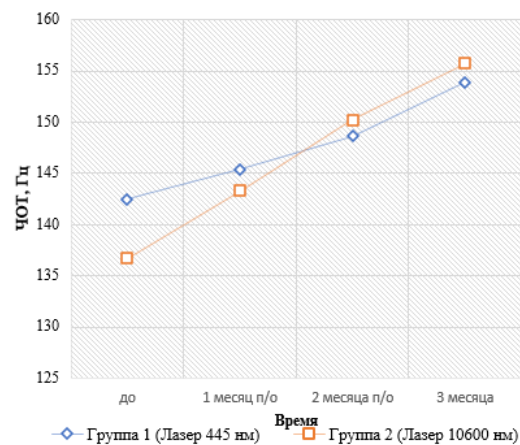


Рисунок 13 – Динамика ЧОТ у мужчин в сравниваемых группах за период наблюдения

Сравнение динамики частоты основного тона (ЧОТ) между группами на различных этапах исследования не выявило статистически значимой разницы ($p > 0,05$). Субъективные ощущения пациентов мужского пола без дооперационных жалоб на голос свидетельствовали об ощутимом улучшении или возвращении к дооперационному состоянию.

Изучение динамики ЧОТ у пациентов обоих полов позволило сделать вывод об отсутствии влияния выбранной хирургической тактики на изменение данного акустического показателя.

Оценка времени максимальной фонации (ВМФ). Предоперационное определение ВМФ показало, что этот показатель был снижен в обеих группах, в среднем составляя $8,39 \pm 2,26$ с в группе 1 и $8,89 \pm 2,0$ с. Группы статистически не отличались по этому показателю до операции ($p = 0,04$).

Через месяц после операции в обеих группах наблюдалось значительное увеличение времени максимальной фонации (ВМФ), без статистически значимых различий между группами. Через 2 месяца ВМФ нормализовалось у всех пациентов, снова без достоверных различий между группами. К третьему месяцу был зафиксирован незначительный прирост ВМФ в обеих группах, также без статистически значимой разницы между ними (рисунок 14).

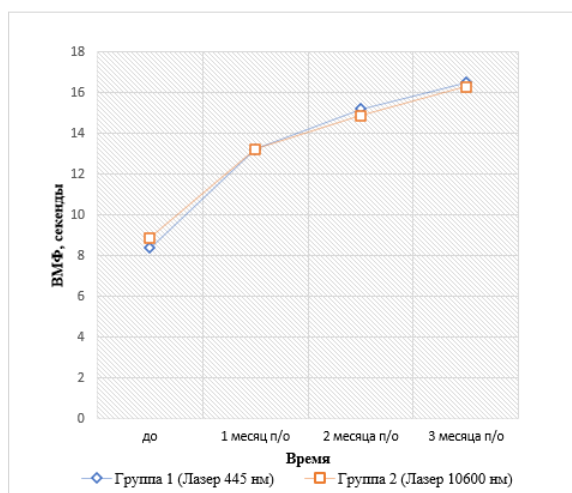


Рисунок 14 – Динамика ВМФ у пациентов в сравниваемых группах за период наблюдения

Оценка частотной нестабильности голоса (Jitter). Перед операцией среднее значение Jitter было зарегистрировано на уровне $3,65 \pm 1,71$ % в первой группе и $3,88 \pm 1,5$ % во второй. Данные статистического анализа свидетельствовали об отсутствии

статистически значимых различий в значениях Jitter между исследуемыми группами до хирургического лечения ($p = 0,110$).

Через месяц после операции в обеих группах наблюдалось снижение Jitter, однако в группе лазера с длиной волны 445 нм снижение было менее выраженным, хотя статистической разницы между группами не выявлено ($p = 0,140$). Через 2 месяца показатели Jitter в обеих группах вернулись к норме, и существенных различий между группами не обнаружено ($p = 0,181$). Через 3 месяца значения Jitter оставались в пределах нормы у всех пациентов, без статистически значимой разницы между группами ($p = 0,130$) (рисунок 15).

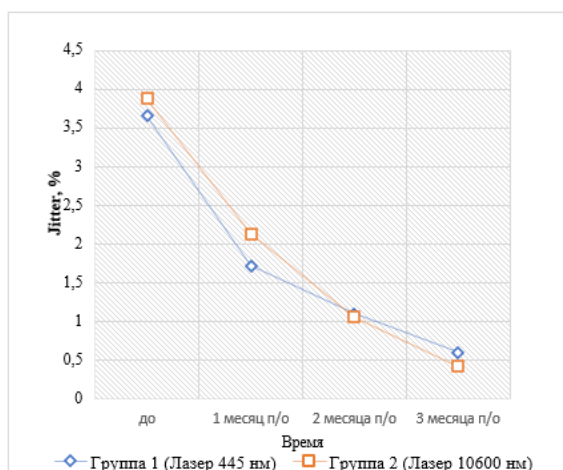


Рисунок 15 – Динамика Jitter у пациентов в сравниваемых группах за период наблюдения

Оценка амплитудной нестабильности голоса (Shimmer). На дооперационном этапе показатель Shimmer статистически значимо между группами не различался ($p = 0,310$). Средние значения: группа 1 – $7,12 \pm 3,5$ %, группа 2 – $6,9 \pm 2,18$ %.

Через месяц после операции в обеих группах зафиксировано статистически значимое уменьшение Shimmer по сравнению с предоперационными показателями ($p = 0,05$), при этом статистически значимой разницы между группами не выявлено ($p = 0,230$). В последующие месяцы (2 и 3 месяца) наблюдалась тенденция к нормализации Shimmer в обеих группах, и статистически значимых межгрупповых различий не обнаружено ($p = 0,230$) (рисунок 16).

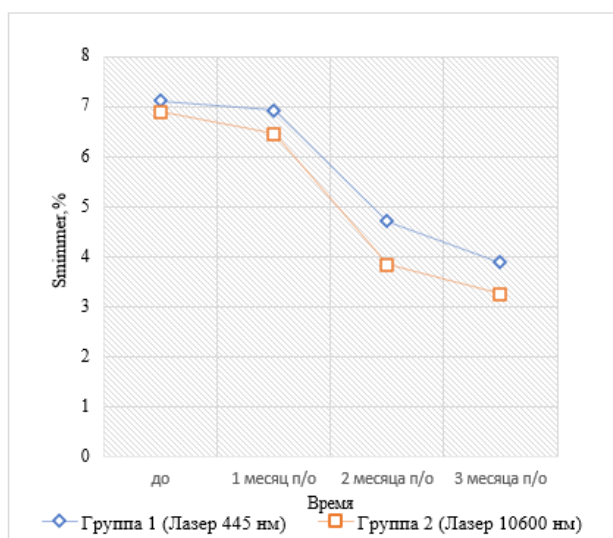


Рисунок 16 – Динамика Shimmer у пациентов в сравниваемых группах за период наблюдения

На основании анализа проведенного исследования разработан алгоритм выбора лазера в зависимости от клинической ситуации (рисунок 17).



Рисунок 17 – Алгоритм выбора лазера в зависимости от активности кровоснабжения образования

На основании улучшения дооперационных и послеоперационных результатов внутри групп пациентов и отсутствия статистически значимых различий в раннем, отсроченном и позднем послеоперационном периодах, можно сделать вывод об отсутствии влияния выбора лазера на итоговый результат лечения пациентов. Однако изучение интраоперационных показателей демонстрирует, что выбор лазера влияет на число интраоперационных кровотечений и на потребность в лазерном гемостазе.

ВЫВОДЫ

1. Заживление ран слизистой оболочки гортани живых биологических моделей происходит по принципу первичного натяжения при одинаковых скоростях репарации тканевого дефекта и эпителизации слизистой оболочки гортани при воздействии лазеров 445 нм и 10600 нм.

2. Интраоперационное применение лазеров с длинами волн 445 нм и 10600 нм выявило преимущества их использования в виде сокращения времени выполнения хирургического вмешательства, обусловленного высокими резекционными свойствами и автоматизированной работой аппарата (лазера) с длиной волны 10600 нм, а также меньшей кровоточивостью тканей, обусловленной высокими ангиолитическими свойствами «синего» лазера.

Интраоперационное применение лазера 10600 нм в сравнении с лазером с длиной волны 445 нм характеризуется преимуществом в виде сокращения времени выполнения хирургического вмешательства, что обусловлено высокими резекционными свойствами лазера и автоматизированной работой аппарата. Интраоперационное применение лазера с длиной волны 445 нм в сравнении с лазером 10600 нм характеризуется преимуществом в виде меньшей кровоточивости тканей, что обусловлено высокими ангиолитическими свойствами «синего» лазера.

3. Клиническая оценка результатов хирургического лечения пациентов с ДОЗГ с использованием лазеров с длинами волн 445 нм и 10600 нм подтверждает их высокую эффективность в виде быстрой положительной динамики купирования воспалительных явлений, нормализации объективной картины данных эндостробоскопического и акустического исследования голоса, субъективного восстановления голоса в ближайший послеоперационный период, а также сохранения достигнутых результатов и стойкой ремиссии в отдаленный период.

4. Разработан алгоритм выбора хирургического лазера при лечении ДОЗГ. Для удаления хорошо кровоснабжаемого образования (ангиоматозный полип, папиллома) или образования с хорошо развитой сосудистой сетью преимущественно используют фотоангиолитический лазер с длиной волны 445 нм. Для удаления образования с отечной стромой (отечный полип) или образования, располагающегося вдоль медиального края (киста, узелок), преимущественно используют лазер с длиной волны 10600 нм.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Ввиду высоких коагуляционных свойств полупроводникового лазера с длиной волны 445 нм, позволяющих практически в сухом поле производить удаление образований гортани, рекомендовано использовать его для хирургического лечения ДОЗГ сосудистой природы, таких как ангиоматозный полип и папилломы. Работа лазером с длиной волны 445 нм осуществляется в преконтактном режиме (расстояние от конца волокна до ткани 0,4 см) на мощности 8,0 Вт с паузой 100 мс и длительностью импульса 10 мс.

2. Ввиду высоких резекционных свойств лазера с длиной волны 10600 нм, реализуемых за счет выраженного поглощения излучения водой, преимущественно используют СО₂-лазер для удаления ДОЗГ, расположенных по медиальному краю (киста, узелок), или ДОЗГ с отечной стромой (отечный полип). Работа лазером с длиной волны 10600 нм осуществляется в дистантном режиме на мощности 10 Вт с паузой 100 мс.

3. В ходе оперативного лечения узелков голосовых складок для поддержания анатомической целостности голосовой складки и сохранения вибраторных свойств собственной пластинки слизистой оболочки гортани рекомендовано однократное точечное воздействие лазером строго в проекции образования.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Глущенко, А.И. Оценка хирургического воздействия лазерного излучения на биологическую модель гортани / А.А. Кривопапов, М.Ю. Коркмазов, П.А. Шамкина, А.И. Глущенко, П.И. Панченко // **РМЖ**. – 2024. – № 1. – С. 57–62.
2. Глущенко, А.И. Хирургический лазер 450 нм в лечении заболеваний верхних дыхательных путей / А.А. Кривопапов, П.А. Шамкина, М.Ю. Коркмазов, П.И. Панченко, А.И. Глущенко, В.М. Журба, В.Ю. Чучин // **РЖМ. Медицинское обозрение**. – 2024. – Т. 8, № 8. – С. 484–492. DOI: 10.32364/2587-6821-2024-8-8-7
3. Глущенко, А.И. Инновационная техника хирургического лечения заболеваний ВДП с использованием полупроводникового лазера 450 нм / А.И. Глущенко, А.А. Кривопапов, П.И. Панченко, П.А. Шамкина, В.М. Журба, В.Ю. Чучин // Новые технологии в оториноларингологии: сборник трудов Межрегиональной научно-практической конференции оториноларингологов СКФО с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения Расула Гамзатова (23 июня 2023 г., Махачкала). – Махачкала: ИПЦ ДГМУ. – С. 78–90.
4. Глущенко, А.И. Сравнительная оценка результатов воздействия хирургических лазеров с длинами волн 10600 нм и 445 нм на биологическую модель гортани / А.А. Кривопапов, П.А. Шамкина, П.И. Панченко, А.И. Глущенко // Междисциплинарный подход в оториноларингологии, хирургии головы и шеи: тезисы VII Всероссийского форума оториноларингологов с международным участием (12–13 октября 2023 г., Москва). – Москва: ФГБУ "НМИЦО ФМБА", 2023. – С. 86-87.
5. Глущенко, А.И. Результаты экспериментального исследования параметров лазерного воздействия 10600 и 445 нм на биологическую модель гортани / А.И. Глущенко, А.А. Кривопапов, П.А. Шамкина, М.Ю. Коркмазов, П.И. Панченко, В.М. Журба, В.Ю. Чучин // V Всероссийский конгресс Национальной медицинской ассоциации оториноларингологов России: материалы научной конференции (1-3 ноября 2023г., Сочи). – Санкт-Петербург: Полифорум групп, 2023. – С. 96–97.
6. Глущенко, А.И. Микрохирургия хронических заболеваний гортани с использованием оптоволоконных лазеров (обзор литературы) / А.А. Кривопапов, П.А. Шамкина, А.И. Глущенко // **Consilium Medicum**. – 2023. – Т. 25, № 9. – С. 642–647. DOI: 10.26442/20751753.2023.9.202418
7. Глущенко, А.И. Классические техники микрохирургии хронических заболеваний гортани с использованием лазера: обзор литературы / А.А. Кривопапов, П.А. Шамкина, А.И. Глущенко // **Медицинский совет**. – 2023. – Т. 17, № 19. – С. 136–141. DOI: 10.21518/ms2023-301
8. Патент № 2849294 С1 Российская Федерация, МПК А61В 17/24, А61В 18/20. Способ хирургического лечения узелков голосовых складок: № 2024140238: заявл. 28.12.2024; опубл. 23.10.2025. / А. И. Глущенко, А. А. Кривопапов, Б. В. Куц, П.И. Панченко, П.А. Шамкина; заявитель ФГБУ «СПб НИИ ЛОР Минздрава России».

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ААГ – акустический анализ голоса
ВМФ – время максимальной фонации
ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения
ДИ – доверительный интервал
ДОЗГ – доброкачественные и опухолеподобные заболевания гортани
НМАО – Национальная медицинская ассоциация оториноларингологов
ЧОТ – частота основного тона
HNR – Harmonics to noise ratio
Jitter – частотная нестабильность голоса
NBI – Narrow Band Imaging
Nd:YAG – неодимовый иттрий–алюминиевый гранат

Shimmer – амплитудная нестабильности голоса

SPIES – Storz Professional Image Enhancement System