

На правах рукописи

ПАНЧЕНКО ПАВЕЛ ИГОРЕВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С
ХРОНИЧЕСКИМИ ПАРАЛИТИЧЕСКИМИ СТЕНОЗАМИ ГОРТАНИ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКИ
(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-исследовательским
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 проблема лечения хронического паралитического стеноза гортани (ХПСГ) сохраняет свою высокую клиническую значимость, что обусловлено не только тяжестью заболевания, но и тенденцией к росту числа пациентов с данной патологией (Дайхес Н.А. и др., 2014; Степанова Ю.Е. и др., 2017; Усков А.Е., 1998; Захарова М.Л., 2017). ХПСГ имеет частоту встречаемости до 0,95 случаев на 100 000 взрослого населения (Djugai S. et al., 2014). При этом важно отметить, что подавляющее большинство пациентов (более 80–90 %) составляют лица трудоспособного возраста (Брайко И. И. и др., 2019 г; Степанова Ю.Е. и др., 2017; Усков А.Е., 1998; Колесникова О. М. и др., 2014), что придаёт проблеме особую социально-экономическую актуальность. Несмотря на достигнутые успехи, хирургическое лечение этой категории больных остаётся далёким от окончательного решения.

В последние годы активно ведутся исследования, направленные на разработку новых подходов к терапии, включая использование генных и стволовых клеточных технологий, методы реиннервации, а также создание имплантатов для восстановления подвижности мышц гортани. Однако указанные направления либо находятся на стадии экспериментальных разработок и клинических испытаний, либо ограничены в применении вследствие технической сложности и неоднозначности клинических исходов (Marina M.B. et al., 2011; Wang W. et al., 2011; Tucker H.M., 1989; Marie J. et al., 2014; Fancello V. et al., 2017; Song W. et al., 2017; Li M. et al., 2013; Powell M.E. et al., 2020; Mueller A.H. et al., 2020; Li Y. et al., 2017).

В настоящее время в клинической практике наиболее широко применяются различные варианты статического расширения голосовой щели. Существенным шагом вперёд стало внедрение лазерных технологий, позволивших выполнять резекции голосового отдела гортани без необходимости превентивного наложения трахеостомы. Наибольшее распространение при этом получил CO₂-лазер (Ossoff R.H. et al., 1984; Sato K. et al., 2001; Remacle M. et al., 1996; Plouin-Gaudon I. et al., 2005; Yilmaz T. et al., 2013; Cheng Q.H. et al., 2016; Wang Y.T. et al., 2018; Dennis D.P. et al., 1989; Reker U. et al., 1998; Pia F. et al., 1999; Benninger, M. S. et al., 1998; Eckel H.E., 1991; Maurizi M. et al., 1999; Lichtenberger G. et al., 1997; Хоранова М. Ю. и др., 2022; Пряников П.Д., 2015). В Российской Федерации, в отличие от ряда зарубежных стран, значительное место в практике оториноларингологии заняли полупроводниковые лазеры ближнего инфракрасного диапазона (Плужников М.С. и др., 2004; Минаев В.П., 2020; Неворотин А.И., 2000; Подкопаева Ю.Ю., 2016; Долгов О.И., 2015; Цветков Э.А., 2006; Павлов П.В., 2023). Вместе с тем, среди лазеров видимого спектра (445 нм, 532 нм, 585 нм) наиболее выраженные абляционные свойства при минимальном коагуляционном повреждении тканей, согласно данным ряда исследований, продемонстрировал лазер с длиной волны 445 нм (Hess M.M. et al., 2018; Hanke A. et al., 2021; Nguyen D.D. et al., 2021; Miller B.J. et al., 2021; Palaia G. et al., 2020; Khlopkov A.D. et al., 2023; Filauro M. et al., 2023; Campos G. et al., 2023; Кривопалов А.А. и др., 2022, Павлов П.В., 2023).

Во время оперативного лечения особое значение имеют такие факторы, как скорость абляции тканей, выраженность термического повреждения окружающих структур, а также обеспечение сухого операционного поля, от которых напрямую зависят как продолжительность операции, так и сроки послеоперационного восстановления и возвращения пациента к трудовой деятельности. Реабилитационный период после хирургического вмешательства, как правило, составляет не менее двух месяцев (Хоранова М. Ю. и др., 2022; Долгов О.И., 2015; Инкина А.В., 2023). Это обусловлено тем, что заключительным этапом лечения является фонопедическая коррекция, проведение которой возможно только после стихания воспалительно-реактивных изменений в гортани. Использование лазеров, вызывающих более выраженное повреждение

окружающих тканей, может приводить к удлинению воспалительной реакции и, соответственно, к увеличению сроков реабилитации пациентов.

Степень разработанности темы исследования

В настоящее время в научной литературе представлено ограниченное количество публикаций, посвящённых применению лазерных систем с длиной волны 445 нм в ларингологической практике, в частности при хирургическом лечении ХПСГ. Сравнительные клинические исследования, направленные на прямое сравнение эффективности использования лазеров с длиной волны 445 нм и 980 нм при хирургическом лечении хронического паралистического стеноза гортани отсутствуют. Учитывая, что длины волн полупроводниковых лазеров синего спектра 445 нм и инфракрасного спектра 980 нм принципиально различаются по механизму взаимодействия с биотканями и по глубине термического воздействия, а также отсутствие сравнительных клинических исследований существенно затрудняет обоснованный выбор оптимальной технологии для практического применения. Таким образом, проведение экспериментальных и клинических исследований, посвящённых сравнительной оценке эффективности и безопасности применения полупроводниковых лазеров с длинами волн 445 и 980 нм, является актуальной задачей, как с научной, так и с практической точки зрения. Полученные результаты позволят не только уточнить оптимальные параметры лазерного воздействия, но и сформировать убедительную доказательную базу для широкого использования полупроводниковых лазеров в хирургическом лечении пациентов с хроническими паралистическими стенозами гортани.

Цель исследования

Усовершенствование хирургического лечения пациентов с хроническими паралистическими стенозами гортани с использованием импульсных режимов хирургических полупроводниковых лазеров с длиной волны 445 нм и 980 нм.

Задачи исследования

1. Экспериментально на биологических моделях гортани определить параметры импульсных режимов воздействия хирургических лазеров с длинами волн 445 нм и 980 нм, обладающих оптимальными абляционными свойствами и минимальным термическим повреждением тканей.
2. Разработать способ хирургического лечения пациентов с хроническими паралистическими стенозами гортани с применением импульсных режимов полупроводниковых лазеров.
3. Оценить интраоперационные, послеоперационные результаты хирургического лечения пациентов с использованием импульсных режимов полупроводниковых лазеров с длинами волн 445 нм и 980 нм.
4. На основе анализа клинических и функциональных результатов провести сравнительный анализ эффективности хирургического лечения пациентов с хроническими паралистическими стенозами гортани с использованием импульсных режимов полупроводниковых лазеров с длинами волн 445 нм и 980 нм.

Научная новизна исследования

Впервые выполнены экспериментальные исследования, в которых сопоставлены и обоснованы оптимальные импульсные режимы использования полупроводникового лазера с длиной волны 445 нм при работе с подачей и без подачи инертного гелия, а также лазера с длиной волны 980 нм; испытания проводились *ex vivo* на голосовых складках барана и *in vivo* на голосовых складках кроликов.

Разработан и внедрён в клиническую практику новый метод хирургической коррекции хронического паралитического стеноза гортани (патент RU 2785495 С1 «Способ хирургического лечения стенозов голосового отдела гортани» от 08.12.2022).

Впервые проведено сравнительное исследование интраоперационных показателей у пациентов с указанной патологией, оперированных с использованием полупроводниковых лазеров 445 нм и 980 нм.

Проведено сравнительное исследование послеоперационных показателей у пациентов с указанной патологией, оперированных с использованием полупроводниковых лазеров 445 нм и 980 нм, а именно комплексная оценка и сопоставление функциональных исходов хирургического лечения у этой группы пациентов после применения лазеров указанных длин волн.

Теоретическая и практическая значимость работы

В рамках экспериментального исследования были определены оптимальные параметры применения полупроводниковых лазеров с длиной волн 445 и 980 нм, обеспечивающие наиболее эффективную абляцию при минимальном уровне термического повреждения окружающих тканей.

На основании экспериментальных исследований, выполненных на биологических моделях гортани, предложены щадящие, минимально инвазивные режимы лазерного воздействия для хирургического лечения хронического паралитического стеноза гортани.

На основании результатов экспериментального исследования разработан метод хирургического лечения хронических паралитических стенозов гортани с применением импульсных режимов полупроводниковых лазеров, позволяющий в наиболее короткие сроки восстановить адекватное дыхание через естественные дыхательные пути.

В ходе работы обоснованы преимущества, безопасность и эффективность использования лазера с длиной волны 445 нм.

Методология и методы исследования

Диссертационное исследование построено по классической схеме организации научной работы. Оно выполнено в формате поискового эксперимента, а также наблюдательного когортного проспективного клинического исследования. Для получения данных применялся комплекс методов: экспериментальные (биологические модели *ex vivo* и *in vivo*), морфологические (анализ гистологических препаратов с окраской по стандартной методике гематоксилин-эозином), клинические (оценка жалоб, анамнестических сведений и данных объективного оториноларингологического осмотра), инструментальные (видеоларингоскопия гортани с использованием ригидного эндоскопа или фиброларингоскопа), функциональные (исследование функции внешнего дыхания, акустический анализ голоса), а также анкетирование (опросники Voice Handicap Index-30 (VHI-30) и Short Form-36 Health Survey (SF-36)).

При обработке результатов применялись как количественные, так и качественные методы анализа с использованием статистических критериев достоверности, адекватных для равномерных выборок.

Положения, выносимые на защиту

1. Оптимальными режимами интраоперационного воздействия полупроводниковых лазеров, обладающих максимальными абляционными свойствами с минимальными термическими повреждениями окружающих тканей, являются: для длины волны 445 нм - контактный режим с импульсной мощностью 10 Вт, длительность импульса 10 мс, длительность интервала между импульсами 100 мс; для длины волны 980 нм - импульсная мощность 24 Вт, длительность импульса 30 мс, длительность интервала между импульсами 50 мс.

2. Предложенная методика хирургического лечения хронического паралитического стеноза гортани с применением полупроводниковых лазеров является эффективной и безопасной.

3. Применение полупроводникового лазера с длиной волны 445 нм в хирургическом лечении хронических паралитических стенозов гортани способствует более выраженному и ускоренному регрессу послеоперационных воспалительных изменений в послеоперационной ране по сравнению с лазером 980 нм, что обеспечивает возможность более раннего начала реабилитационных мероприятий и сокращение сроков возвращения пациентов к профессиональной деятельности.

Внедрение результатов исследования

Материалы диссертации внедрены в клиническую практику взрослого хирургического отделения ФГБУ «Санкт-Петербургский НИИ уха, горла, носа и речи» Минздрава России и СПб ГБУ ЗО "ГБ №26". Полученные результаты применяются в образовательном процессе при подготовке врачей-курсантов циклов усовершенствования по оториноларингологии, а также аспирантов и ординаторов.

Степень достоверности и апробация результатов

Надёжность полученных результатов обеспечена достаточным объёмом выборки, корректным применением исследовательских методик и использованием современных методов статистической обработки. Анализ данных проводился с использованием программного обеспечения StatTech v.2.7.1 (ООО «Статтех», Россия) и IBM SPSS Statistics v.27.

Основные положения исследования были представлены на следующих научных мероприятиях: VI Всероссийский форум оториноларингологов с международным участием «Междисциплинарный подход к лечению заболеваний головы и шеи» (Москва, октябрь 2022 г.); IV Всероссийский конгресс Национальной медицинской ассоциации оториноларингологов России (Казань, ноябрь 2022 г.); 69-я научно-практическая онлайн-конференция «Молодые учёные — российской оториноларингологии» (Санкт-Петербург, январь 2023 г.); XII форум оториноларингологов России «130 лет Российской оториноларингологии» (Санкт-Петербург, апрель 2023 г.); XI Международный междисциплинарный конгресс по заболеваниям органов головы и шеи в рамках II Конференции им. М.И. Перельмана – В.Г. Зенгера «Актуальные вопросы хирургии дыхательных путей» (Санкт-Петербург, июнь 2023 г.); XIV Петербургский форум оториноларингологов России (Санкт-Петербург, апрель 2025 г.).

Публикации

По материалам диссертации опубликовано 8 научных работ, в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов, 3 из них в журналах, рецензируемых ВАК. Получен патент Российской Федерации на изобретение № 2785495 С1 «Способ хирургического лечения стенозов голосового отдела гортани» (08.12.2022).

Личный вклад автора в результат исследования

Автор принимал непосредственное участие во всех этапах выполнения работы. Им были сформулированы цели и задачи исследования, разработан дизайн и определены методы обследования. Экспериментальная часть, клиническое обследование, сбор и статистическая обработка данных выполнены диссертантом лично. Автор участвовал в проведении хирургических вмешательств и в послеоперационном ведении пациентов. Основные результаты оформлены в публикациях и представлены на научных форумах и конференциях.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 108 страницах машинописного текста и включает: введение, четыре главы, раздел обсуждения результатов, заключение, выводы и практические рекомендации, а также список литературы, состоящий из 159 источников (47 отечественных и 112 зарубежных). В тексте представлено 27 рисунков и 10 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и дизайн исследования

Исследование проводилось в два этапа: 1-этап экспериментальный, 2-й этап клинический. На базе Санкт-Петербургского научно-исследовательского института уха, горла, носа и речи, гистологическая часть исследования выполнялась в патологоанатомическом отделении ООО «МОРФОЛАБ».

Материалы и методы экспериментальной части исследования

Целью экспериментальной части исследования стал подбор оптимального режима работы лазера с длиной волны 445 нм с максимальными абляционными свойствами при минимальных термических повреждениях окружающих тканей на основании экспериментального исследования биологического материала.

В качестве экспериментальной модели использовались ткани, максимально приближенные по морфологическим характеристикам к гортанным структурам человека, — голосовые складки барана (*ex vivo*) и кролика (*in vivo*). В качестве источника лазерного излучения использовался полупроводниковые лазеры с длиной волны 445 нм (TruBlue; A.R.C. Laser Company, Germany) с дополнительной установкой FlowControl и с длиной волны 980 нм — АЛПХ-01- «Диолан», НПП ВОЛО, Россия. Применялось контактное воздействие импульсных режимов работы.

Оценка эффективности импульсных режимов при лазерном воздействии на ткани гортани была проведена в два этапа. 1-й этап — выполнено 100 разрезов на голосовых складках баранов (84 разрезов для 445 нм и 16 разрезов для 980 нм); проанализировано 25 режимов (21 режим для 445 нм, 4 режима для 980 нм). Для каждого исследуемого режима выполнялось 4 разреза.

Для оценки эффективности взаимодействия лазерного излучения с длиной волны 980 нм на слизистую оболочку гортани барана использовались режимы: Импульсная мощность — 17 и 24 Вт, длительность импульса — 10 и 30 мс, интервал между импульсами — 50 мс.

Для оценки эффективности взаимодействия лазерного излучения с длиной волны 445 нм на слизистую оболочку гортани барана использовались режимы: 1 - без использования обдува гелием: импульсная мощность изменялась от 8 до 10 Вт с шагом 1 Вт, длительность импульса 5 и 10 мс, длительность интервала между импульсами 150 мс; 2 - с использованием обдува гелием: импульсная мощность изменялась от 6 до 10 Вт с шагом 1 Вт, длительность импульса 5 и 10 мс, длительность интервала между импульсами 100 и 130 мс.

На гортанях баранов при воздействии торец световода располагали в контактно, строго перпендикулярно к поверхности ткани. Время воздействия составляло $3 \pm 0,5$ секунды при скорости движения волокна около 1 мм/с. Для объективной фиксации параметров во время выполнения разреза использовались линейная шкала и секундный таймер. Проводилось по два разреза на каждой голосовой складке, отступя друг от друга более 0,5 см.

2-й этап проводился на голосовых складках лабораторных кроликах. Оценивались по одному режиму для каждой длины волны. Для лазера с длиной волны 445 нм: импульсная мощность 10 Вт, длительность импульса 10 мс, длительность интервала между импульсами 100 мс. Для лазера с длиной волны 980 нм: импульсная мощность 24 Вт, длительность импульса 30 мс, длительность интервала между импульсами 50 мс.

Проведение лазерного воздействия на голосовые складки кролика проводилось под общим наркозом при помощи прямой ларингоскопии ларингоскопом Kleinsasser Karl Storz 8590 F. Для видеофиксации использовался Karl Storz TELE PACK X, оптика HOPKINS передне-бокового видения 30 градусов, диаметр 4 мм, длина 18 см. Разрез производился с установкой торца световода контактно перпендикулярно к верхней поверхности голосовой складки и продвигался к нижней в течении $3 \pm 0,5$ секунд.

В ходе гистологического исследования проводилась микроскопия срезов слизистой оболочки голосовой складки, при этом оценивались: зона абляции (длина, глубина), зона термических повреждений, рассчитывался коэффициент эффективности разреза (k).

Исследования проводились с использованием микроскопа AXIO LAB.A1 (Carl Zeiss) при ув. x40, x100, x200, x400. Сканирование гистологических препаратов проведено на сканере Pannoramic MIDI с созданием архива изображений. Морфометрические исследования проводились с использованием автоматизированного программного обеспечения Pannoramic Viewer Version 1.15.4. Для каждой исследуемой области выполняли серию измерений в шести различных точках, после чего рассчитывали усреднённый показатель площади и соответствующее стандартное отклонение.

Для каждого режима рассчитывался коэффициент эффективности разреза (k), который вычислялся по формуле: $k = Sp / ((Sa + St) \times Sd)$; где Sp - средняя площадь физического повреждения. $Sp = Sa \times Sd$; Sa - средняя глубина абляции; St - средние термическое повреждение; Sd - средняя длина разреза.

Коэффициент эффективности разреза считался положительным, если был больше 0,6, если меньше 0,6, то отрицательным. Максимально эффективный разрез будет равен 1,0, самый минимально приемлемый 0,6, т.к. при коэффициенте менее 0,6 термическое повреждение приближается к 50%.

Материалы и методы клинической части исследования

Целью клинической части исследования стало проведение сравнительного анализа интраоперационных и послеоперационных результатов у пациентов, пролеченных с применением полупроводниковых лазеров с длиной волны 445 нм и 980 нм.

В клиническом исследовании участвовали 58 взрослых пациентов от 18 до 70 лет ($54,2 \pm 12,7$ лет) с ХПСГ, пролеченные в Санкт-Петербургском научно-исследовательском институте уха, горла, носа и речи в период с 2021 по 2024 гг. Среди них были 54 женщины (93,1%) и 4 мужчин (6,9%). Общий срок наблюдения составил 12 месяцев.

Критериями включения являлись: совершеннолетие, готовность пациента к участию с подписанием информированного согласия, подтверждённый диагноз ХПСГ.

Среди критериев исключения: возраст до 18 лет, отказ от участия, вовлечённость в другие клинические исследования, наличие сопутствующих заболеваний в стадии обострения или декомпенсации, являющихся противопоказанием к общей анестезии. Кроме того, из исследования были исключены пациенты с хроническим рубцовым стенозом гортани, травматическими повреждениями, рецидивирующим папилломатозом, доброкачественными и злокачественными новообразованиями гортани, а также с системными аутоиммунными заболеваниями. В исследование не были включены пациенты, у которых в анамнезе было оперативное вмешательство на гортани по поводу ХПСГ. Трахеостомированные пациенты, неспособные выполнить исследование функции внешнего дыхания с удаленной трахеостомической трубкой, также не вошли в данное исследование.

Этиологические факторы развития периферического поражение гортанных нервов: хирургические вмешательства на щитовидной железе – 52 пациента 89%. Травмы шеи 4 пациента(7%), пролонгированная интубация трахеи 1 человек(2%), инфекционный фактор – 1 пациент(2%) (рисунок 1).

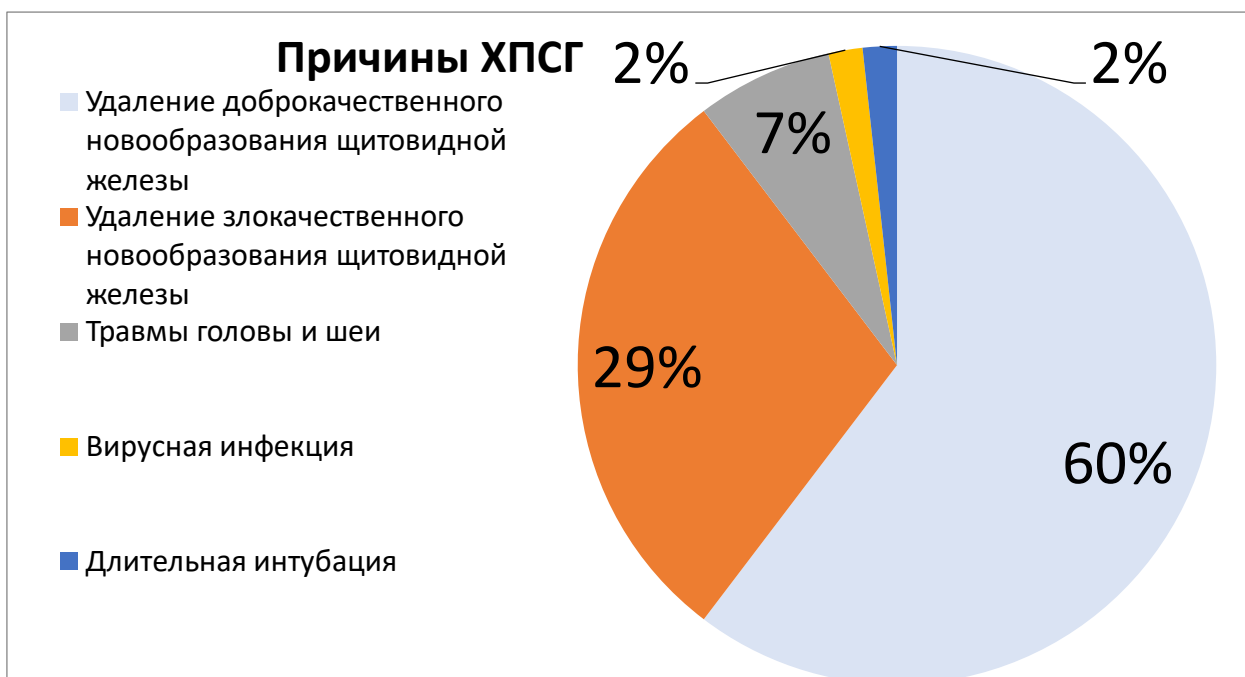


Рисунок 1 – Распределение обследованных пациентов в зависимости от этиологии развития ХПСГ

Все пациенты с помощью генератора случайных чисел были разделены на две группы, где: I группа - пациенты, которым выполнялось хирургическое лечение с применением полупроводникового лазера с длиной волны 445 нм. Проанализированы 30 проспективных наблюдений.

II группа – пациенты, которым выполнялось хирургическое лечение с применением полупроводникового лазера с длиной волны 980 нм. Проанализированы 28 проспективных наблюдений.

Клиническое обследование проводилось в четыре этапа: 1 этап: предоперационный (за сутки до хирургического лечения); 2 этап: интраоперационный (во время оперативного лечения); 3 этап: ранний послеоперационный (после операции и до выписки из стационара, до 10 суток); 4 этап: поздний послеоперационный (осмотры через 1, 3, 12 месяцев после хирургического лечения).

Первый, третий и четвертый этап обследования проводился по схеме: сбор жалоб, анамнестических данных, стандартный оториноларингологический осмотр; видеоларингоскопия (на 3-ем этапе проводили на 1, 3 и 10 сутки); функциональные: исследование функции внешнего дыхания, акустический анализ голоса; анкетирование – опросник индекс голосовых нарушений - Voice Handicap Index (VHI) -30 и Health Status Survey-36 (SF-36).

Интраоперационная оценка проводилась по следующим критериям: длительность операции - от момента установки ларингоскопа до его удаления; наличие кровотечения и способ его остановки (прижатие тупфера к месту кровотечения, коагуляция лазерным излучением или использование монополярного коагулятора).

Для оценки динамики разрешения воспалительных изменений в гортани всем пациентам проводилась видеоларингоскопия с использованием системы Karl Storz TELE PACK X с жесткими эндоскопом с оптикой HOPKINS, с углом видения 70 градусов, диаметром 4 мм, длиной 18 см и гибкого видеориноларингоскоп CMOS серии 11102CM с монитором 8403ZX. Оценивали ларингологическую картину на основании балльной системы: 0 баллов — отсутствие воспалительных явлений; 1 балл — незначительные сосудистая инъекция и отек слизистой оболочки гортани, патологическое отделяемое отсутствует; 2 балла — умеренные гиперемия и отек слизистой оболочки,

скудное слизистое отделяемое; 3 балла — выраженные гиперемия и отек слизистой оболочки гортани, обильное слизистое отделяемое.

Для исследования функции внешнего дыхания использовался спирограф EasyOne Pro (NDD Medizintechnik GmbH, Германия). Спирометрию проводили до и через 12 месяцев после оперативного лечения. В работе сравнивались показатели: ОФВ1, отношение ОФВ1 к ФЖЕЛ (ОФВ1/ФЖЕЛ), ФЖЕЛ, которые использовались для оценки фиксации наличия обструктивных нарушений перед оперативным лечением и в динамике после него для оценки эффективности лечения, также оценивался индекс диспропорции выдоха (ИДВ) и соотношение МОС50выд/МОС50вд, которые оценивались для определения чувствительности и специфичности данных индексов.

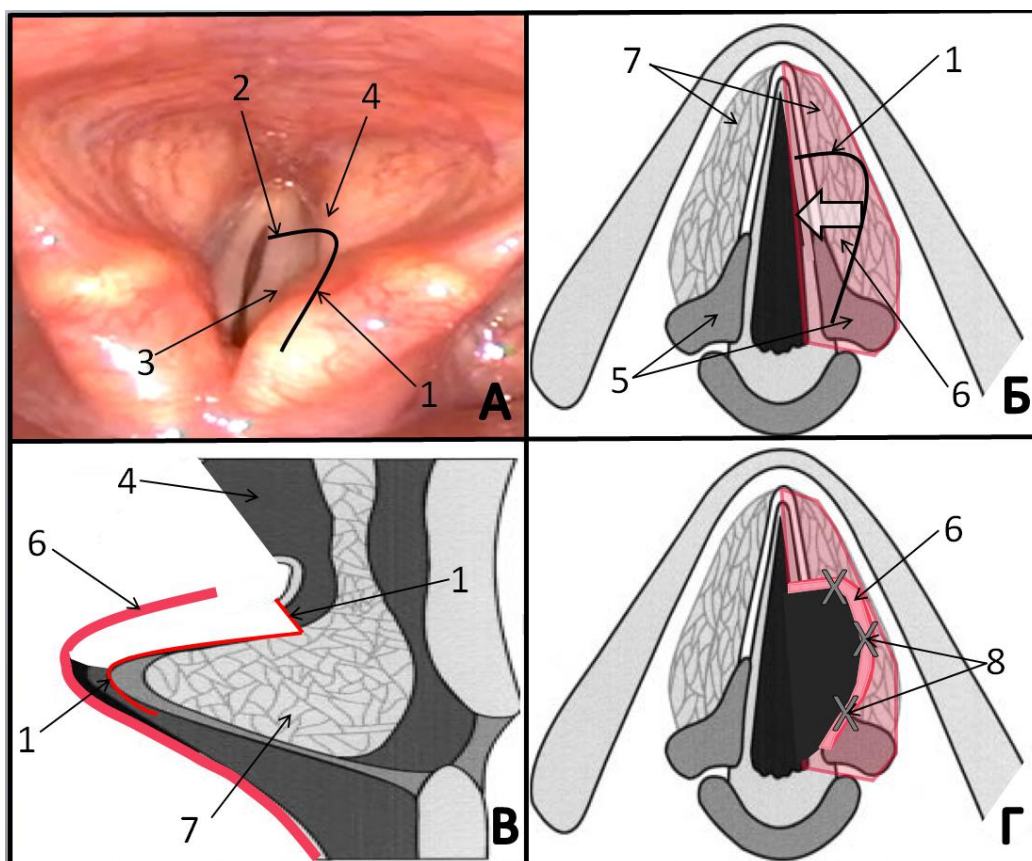
Так же всем пациентам проводили акустический анализ голоса (компьютеризированная речевая лаборатория CSL 4150B, программа Multi-Dimensional Voice Program, KayPentax, USA) перед операцией, через 12 месяца после операции с учетом следующих показателей: время максимальной фонации (ВМФ), частота основного тона (ЧОТ), нестабильность голоса по частоте (Jitter, %) и амплитуде (Shimmer, %), соотношение шумовых и гармонических компонентов (HNR).

Для анализа динамики голосовой функции пациентам предлагалось заполнить опросник Voice Handicap Index-30 (VHI-30). Для оценки качества жизни с учётом физического и психического компонентов здоровья использовался опросник The Short Form (36) Health Survey (SF-36). Пациенты заполняли анкеты до и через 12 месяцев после оперативного лечения.

Всем 58 пациентам проводилось плановое оперативное вмешательство в условиях оториноларингологического отделения. При наличии трахеостомы интраоперационная вентиляция лёгких во время наркоза осуществлялась через трахеостомическое отверстие с использованием интубационной трубки. В случаях её отсутствия вентиляция проводилась методом высокочастотной искусственной вентиляции лёгких с применением катетера, либо посредством струйного JET-ларингоскопа (TwinStream Carl Reiner, Австрия). При прямой опорной микроларингоскопии с использованием ларингоскопа по типу WEERDA (Karl Storz). Для визуализации анатомических структур гортани использовали операционный микроскоп Haag-Streit Surgical HS 3-1000iG с установленным фильтром для защиты глаз.

В первой группе, где использовался лазер 445 нм, работа проводилась в импульсном режиме со следующими параметрами: мощность импульса 10 Вт, длительность 10 мс, интервал между импульсами 100 мс. Во второй группе, при применении лазера 980 нм, был выбран импульсный режим с мощностью 24 Вт, длительностью импульса 30 мс и интервалом 50 мс.

Методика резекции для обеих групп была одинаковой. Она заключалась в том, что после установки раздвижного ларингоскопа по типу WEERDA и операционного микроскопа в контактном режиме на границе передней и средней трети по верхней поверхности голосовой складки производился горизонтальный разрез, начиная от медиального края и продолжая на вестибулярную складку с последующей резекцией кзади свободного края последней. После удаления части вестибулярной складки полностью визуализируется гортанный желудочек и вся верхняя поверхность голосовой складки. Для сохранения слизистой оболочки горизонтальный разрез продлевался на голосовые складки вниз, как можно латеральнее, продолжая его до верхушки черпаловидного хряща. Затем производилась вапоризация задних двух третей щитовидночерпаловидной мышцы и голосового отростка. Выделялось тело черпаловидного хряща и выполнялась резекция его передних двух третей эндоскопическими гортанными ножницами. Сохраненная слизистая оболочка укладывалась на раневую поверхность и фиксировалась эндоларингиальными узловыми швами (хромированный кетгут 6/0). Накладывалось от 2-х до 4-х швов (Патент № 2785495 от 08.12.2022) (рисунок 2).



А – выполнение разреза с помощью лазерного волокна; Б – линия разреза для формирования слизистого лоскута, горизонтальный вид; В – зона отсепаровки слизистого лоскута, сагитальный вид; Г – фиксация слизистого лоскута узловыми швами; 1 - линия разреза; 2 - граница между передней и средней третью голосовой складки; 3 - голосовая складка; 4 – вестибулярная складка; 5 - черпаловидный хрящ; 6 - лоскут слизистой оболочки; 7 - щиточерпаловидная мышца; 8 - узловый шов.

Рисунок 2 – Схема проведения хирургического лечения хронического паралитического стеноза гортани

На стационарном лечении пациенты обеих групп находились 10 дней. После хирургического лечения назначалась системная (антибиотикотерапия 7 дней, глюкокортикостероидами в течении 3-5 дней) и местная ингаляционная терапия (глюкокортикостероидами в течении 14 дней, ингаляции с физиологическим раствором). При болевом синдроме назначались нестероидные противовоспалительные препараты. Больным с гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью проводилась антирефлюксная терапия. В течение 2-х недель после операции пациентам рекомендовали соблюдать голосовой покой. Фонопедическая реабилитация начиналась через 1 месяц после стихания послеоперационных воспалительных изменений.

Все собранные результаты были сведены в общую базу данных и подвергнуты статистической обработке. Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 2.7.1 (ООО "Статтех", Россия), а также в IBM SPSS Statistics V27. Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью U-критерия Манна-Уитни, критерия Крускала-Уоллиса, критерия Уилкинсона. Для взаимосвязи признаков использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Для оценки диагностической ценности индексов ИДВ и соотношения МОС50выд/МОС50вд использовался Receiver Operating Characteristic анализ (ROC-анализ). Результаты признавались статистически достоверными при значении $p\text{-value} < 0,05$.

Результаты экспериментальной части исследования

Целью экспериментального исследования было определение оптимальных параметров лазерного воздействия на голосовую складку для достижения минимального термического повреждения при максимальном объеме абляции.

По полученным данным на первом этапе для лазера с длиной волны 445 нм отмечено, что увеличение длительности импульса до 10 мс и импульсной мощности до 10 Вт, уменьшение интервала между импульсами до 100 мс приводит к наиболее высокому показателю коэффициента k , т.е. увеличивается зона абляции, но при этом не происходит выраженного нарастания зоны термического повреждения. Максимальное значение коэффициента k отмечено при параметрах: импульсная мощность 10 Вт, длительность импульса 10 мс, интервал между импульсами 100 мс ($k = 0,79$) (рисунок 3).

Среди исследованных режимов работы лазера 980 нм при параметрах: импульсная мощность 24 Вт, длительность импульса 30 мс и интервал между импульсами 50 мс, коэффициент k превышал 0,6, составив 0,66. Данный режим определен как самый эффективный (рисунок 3).

На основании проведенной работы на гортанях барана были выбраны два режима, у которых был самый большой коэффициент k , которые признавались как самые эффективный. Режим для лазера с длиной волны 980 нм – импульсная мощность 24 Вт, длительность импульса 30 мс, длительность интервала между импульсами 50 мс; для лазера с длиной волны 445 нм – импульсная мощность 10 Вт, длительность импульса 10 мс, длительность интервала между импульсами 100 мс. Данные режимы использовали для оценки во втором этапе экспериментального исследования.

При сравнении полученных результатов на модели гортани баранов с данными на живой биологической модели было выявлено, что для лазера 445 нм глубина абляции была статистически значимо больше, а зона термического повреждения достоверно меньше, по сравнению с моделью гортани барана ($p < 0,05$, U-критерий Манна-Уитни). Для лазера с длиной волны 980 нм в эксперименте на живой биологической модели зона термического повреждения была и зона абляции статистически значимо больше ($p < 0,05$, U-критерий Манна-Уитни) по сравнению с моделью гортани барана (таблица 1).

Таблица 1. Сравнение результатов изучаемых зон на биологической модели голосовых складок лабораторного кролика и на препаратах гортаней баранов при лазерном воздействии длиной волны 445 нм и 980 нм

Лазер с длиной волны	445 нм		980 нм	
Импульсная мощность	10 Вт		24 Вт	
Длительность импульса	10 мс		30 мс	
Длительность интервала между импульсами	100 мс		50 мс	
Экспериментальная модель	Гортань баранов	Гортань кролика	Гортань баранов	Гортань кролика
Глубина/Длина абляции (мкм)	508±245/ 336±172*	397±167/ 1142±240*	673±244/ 1338±1007*	422±132/ 204±428*
Зона термического повреждения (мкм)	126±60*	88±19*	193±165*	258±87*
Коэффициент эффективности разреза (k)	0,79	0,78	0,66	0,62
Примечание - * различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)				

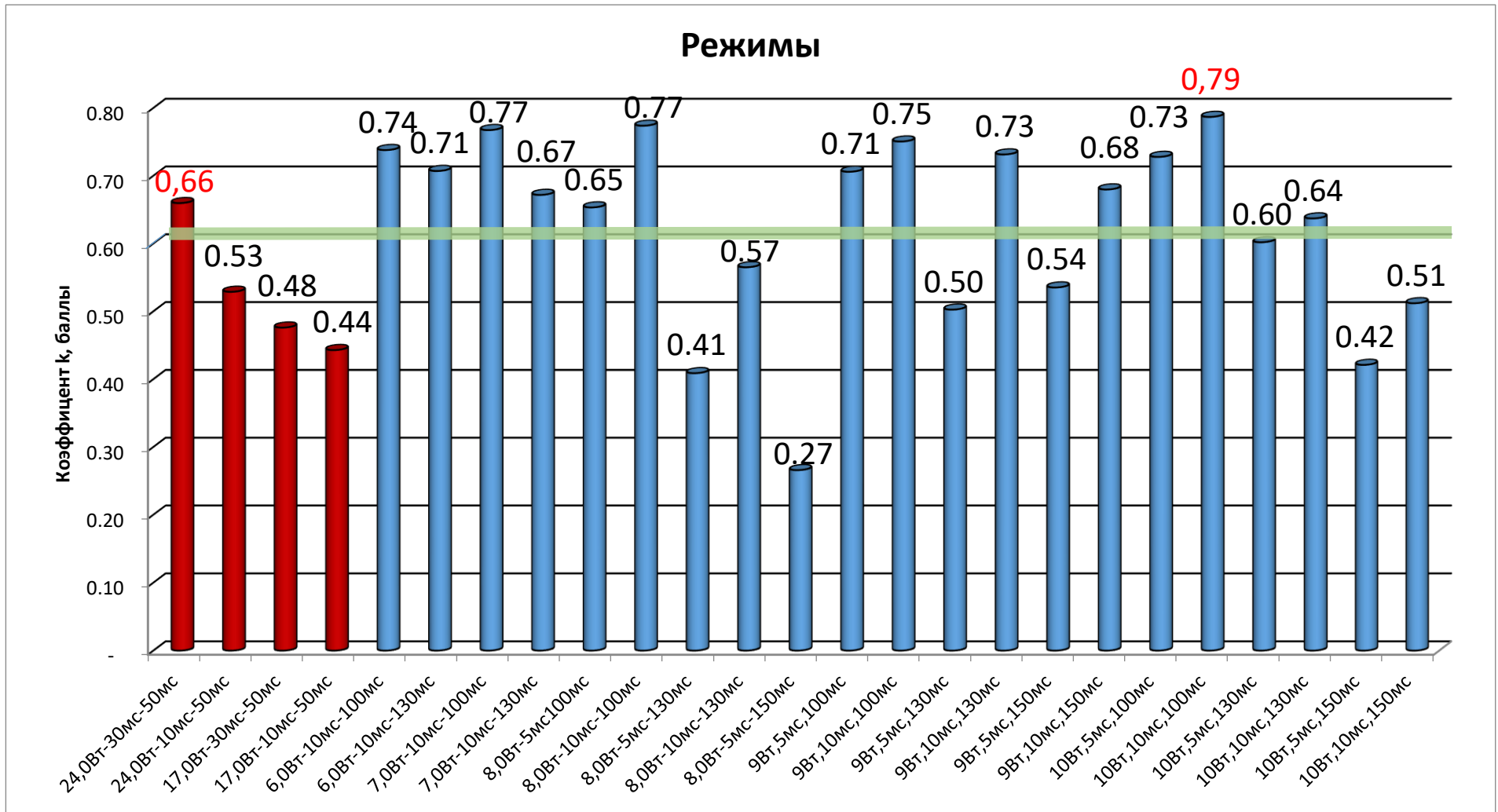


Рисунок 3 - Кoeffициент эффективности разреза для лазера с длиной волны 980 нм (красные столбцы) и 445 нм (синие столбцы) при эксперименте на гортанях барана. Зеленая линия - кoeffициент $k = 0,6$

Анализ данных, представленных в таблице 2, показал, что при использовании лазера с длиной волны 980 нм зона абляции формировалась более выраженной по сравнению с лазером 445 нм. Одновременно отмечалось и более интенсивное увеличение области термического повреждения тканей, что отражалось значением коэффициента k .

Коэффициент k в обеих группах существенно не изменился ($p > 0,05$, U-критерия Манна-Уитни), оставаясь $> 0,6$. Это говорит о том, что несмотря на изменения зон в условиях кровоснабжения, соотношение абляции и коагуляции для оптимальных режимов сохраняется на приемлемом уровне (таблица 1).

Результаты клинической части исследования

Анализ интраоперационных результатов

Продолжительность оперативного вмешательства за начало операции принимался момент установки ларингоскопа при трансоральной микроларингоскопии, а окончанием считалось его извлечение.

Продолжительность оперативного вмешательства. В первой группе пациентов, где применялся полупроводниковый лазер с длиной волны 445 нм, средняя продолжительность операции составила $95,30 \pm 8,72$ минуты. Во второй группе, где использовался лазер с длиной волны 980 нм, данный показатель был меньше и равнялся $79,37 \pm 8,15$ минуты. Сравнительный анализ показал, что операции с применением лазера 445 нм были в среднем на 15 минут продолжительнее. Р-значение в каждом случае – равнялось 0,001. Данный факт можно объяснить более высокой скоростью абляции при выбранных режимах работы лазера 980 нм. Однако следует подчеркнуть, что при подводе эквивалентного количества энергии лазер с длиной волны 445 нм обеспечивает удаление большего объема тканей, что свидетельствует о более выраженных абляционных характеристиках данного излучения.

Интраоперационное кровотечение. Для борьбы с кровотечением использовались три методики: прижатие тупфера смоченного раствором адреналина, лазерная коагуляция и монополярная коагуляция. Первые два метода рассматривались вместе, так как не требуются смены инструментов и хорошо дополняют друг друга. Монополярная коагуляция считается более эффективным, но и более травматичным способом гемостаза.

В группе 1 (445 нм) развитие кровотечения наблюдалось в 16 случаях (53,3 %), из них в 6 (20%) случаях потребовалось использование монополярной коагуляции. В группе 2 (980 нм) развитие кровотечения наблюдалось в 18 случаев (60 %), из них в 5 (16,7%) случаях потребовалось использование монополярной коагуляции. При сопоставлении частоты кровотечений и необходимости применения прижатия тупфера, лазерного излучения или монополярной коагуляции между исследуемыми группами с использованием точного критерия Фишера статистически значимых различий выявлено не было ($p > 0,05$) (таблица 2).

Таблица 2. Оценка эффективности способов гемостаза в исследуемых группах

Интраоперационные кровотечения		
Методики остановки кровотечения	Группы	
	Лазер 445 нм (Группа 1)	Лазер 980 нм (Группа 2)
Использование тупфера и лазерной коагуляции	10	13
Использование монополярной коагуляции	5	6
Всего	16	18

Оценка послеоперационных результатов

Анализ данных видеоларингоскопического исследования. Оценка воспалительных изменений в гортани проводилась на 1-е, 3-и, 10-е сутки, 1, 3 и 12 месяцев (таблица 3).

Таблица 3. Анализ различий баллов по видеоларингоскопической картины гортани в исследуемых группах

Сроки наблюдений	Среднее значение $\pm$ среднее отклонение	
	Группа 1 (Лазер 445 нм)	Группа 2 (Лазер 980 нм)
1 сутки	2,52 $\pm$ 0,50	2,61 $\pm$ 0,47
3 сутки	2,58 $\pm$ 0,49	2,71 $\pm$ 0,41
10 сутки	1,81 $\pm$ 0,52*	2,19 $\pm$ 0,57*
1 месяц	0,81 $\pm$ 0,52*	1,19 $\pm$ 0,68*
3 месяца	0,10 $\pm$ 0,17	0,16 $\pm$ 0,27
12 месяцев	0,06 $\pm$ 0,12	0,10 $\pm$ 0,17
Примечание – * различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$, с использование U-критерия Манна-Уитни).		

Из таблицы 3 видно, что в группе 1 (445 нм) статистически значимо различалось количество баллов с группой 2 (980 нм) на 10 сутки и 1 месяц после оперативного лечения ($p < 0,05$, рассчитаны с использованием U-критерия Манна-Уитни). В другие дни динамического наблюдения различий между двумя группами не выявлено, в том числе и в отдаленные периоды. Анализ данных может говорить о том, что наиболее вероятной причиной сохранения выраженных воспалительных изменений в гортани является более глубокое термическое повреждение окружающих тканей наносимое лазером с длиной волны 980 нм.

Как видно в группе 1 (445 нм) к 1 месяцу после оперативного вмешательства среднее значение меньше 1 балла, это говорит о том, что большинство пациентов для реабилитации голосовой функции могут начинать занятия с фонопедом. В группе 2 (980 нм) к 1 месяцу среднее значение больше 1 балла, следовательно, только небольшое количество пациентов могут начать реабилитацию к концу 1 месяца (рисунок 4).

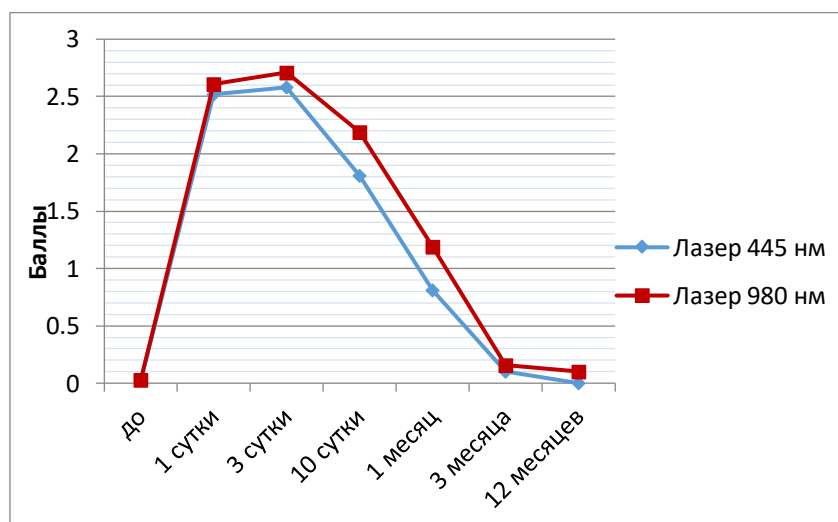


Рисунок 4 – Динамика воспалительных изменений в гортани в течение периода наблюдения

Анализ результатов исследования функции внешнего дыхания. До проведения операции у всех участников обеих групп диагностирована экстраторакальная обструкция.

В группе 1 (445 нм) – ФЖЕЛ – 76,8 $\pm$ 15,6; ОФВ₁ – 62,9 $\pm$ 14,5%; ОФВ₁/ФЖЕЛ – 72,3 $\pm$ 18,3%.

В группе 2 (980 нм) – ФЖЕЛ – 75,5 $\pm$ 16,4; ОФВ₁ – 60,9 $\pm$ 10,6%; ОФВ₁/ФЖЕЛ – 68,8 $\pm$ 13,5%. ($p > 0,05$, рассчитаны с использованием U-критерия Манна-Уитни).

Итоговые показатели функции внешнего дыхания через 12 месяцев после оперативного лечения:

В группе 1 (445 нм) - ФЖЕЛ – $90,8 \pm 13,4\%$; ОФВ₁ – $82,9 \pm 11,6\%$; ОФВ₁/ФЖЕЛ – $93,1 \pm 10,5\%$.

В группе 2 (980 нм) – ФЖЕЛ – $91,4 \pm 9,6\%$; ОФВ₁ – $86,9 \pm 8,7\%$; ОФВ₁/ФЖЕЛ – $90,4 \pm 7,5\%$. ($p > 0,05$, рассчитаны с использованием U-критерия Манна-Уитни).

Сравнительный анализ спирометрических данных, выполненный до и после оперативного вмешательства, показал достоверное повышение оцениваемых параметров в обеих группах ($p < 0,05$) (рисунок 5). У 17 пациентов (8 — в первой группе, 9 — во второй) величина ОФВ₁ составила более 70%, что соответствует лёгкой степени снижения относительно должных значений. У остальных обследованных (22 пациента в первой группе и 19 — во второй) показатель ОФВ₁ превышал 80%, что расценивается как условная норма. Полученные результаты указывают на наличие компенсации стеноза гортани. Среднее увеличение анализируемых показателей (ОФВ₁, ФЖЕЛ, ОФВ₁/ФЖЕЛ) составило около 15%.

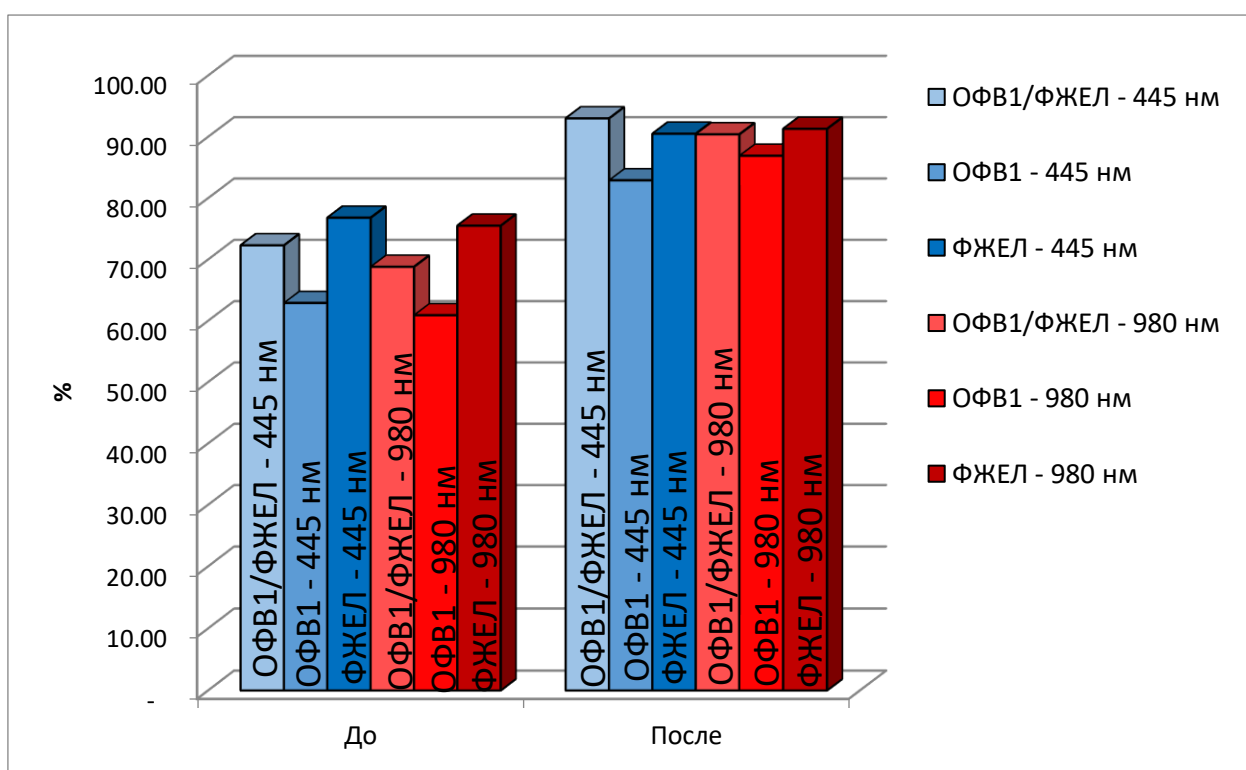


Рисунок 5 –Изменение спирометрических показателей функции внешнего дыхания до и через 12 месяцев после операции

При оценке диагностической ценности индекса ИДВ и соотношения МОС50выд/МОС50вд использовался ROC-анализ (рисунок 6 А, Б). По данным литературы единых пороговых значений для данных индексов нет. Мы определяли чувствительность, специфичность и точку отсечки (cut-off) для каждого индекса.

Для соотношения МОС50выд/МОС50вд чувствительность = 83,3; специфичность = 70,0; точка отсечки больше 1,3.

Для ИДВ чувствительность = 94,4; специфичность = 80,0; точка отсечки больше 45,5.

Сравнивая показатели, полученные иностранными авторами выявленная точка отсечки близкая к их результатам. Предложенные индексы удобны, просты и высокочувствительны для выявления экстрагортальной обструкции.

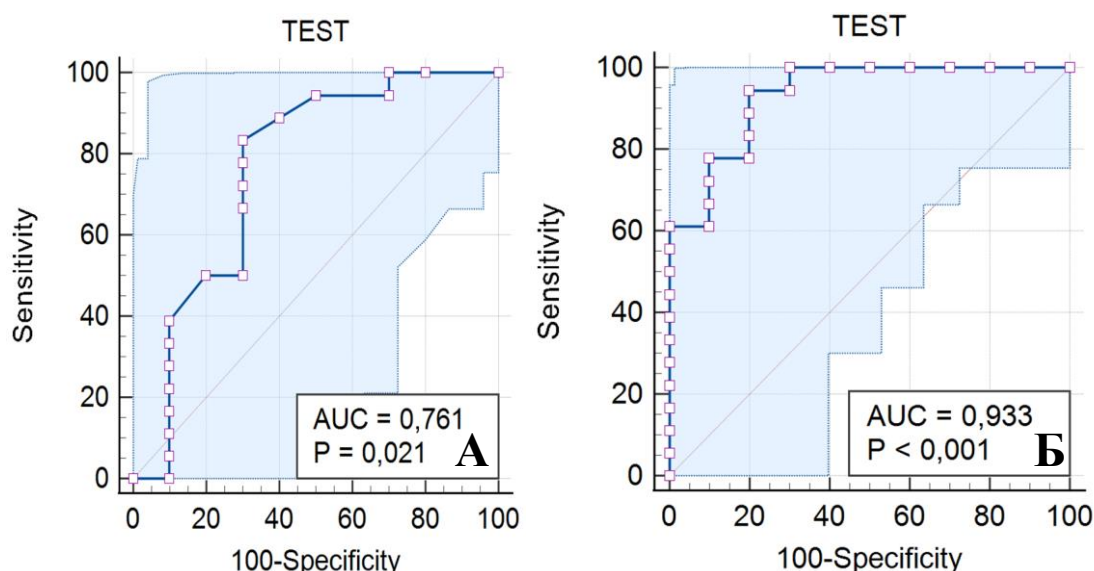


Рисунок 6 - ROC-кривая, характеризующая чувствительность и специфичность: А - МОС_{50выд}/МОС_{50вд}; Б - ИДВ

Анализ результатов голосовой функции.

В группе 1 (445 нм) до начала операции зафиксированы такие значения анализируемых показателей: ВМФ – $7,8 \pm 2,6$ секунды; Jitter – $3,02 \pm 0,96$; Shimmer – $4,5 \pm 1,5$; HNR – $0,17 \pm 0,04$; ЧОТ – $236,2 \pm 56,5$ Гц.

В группе 2 (980 нм) до начала операции получены следующие данные: ВМФ – $7,3 \pm 3,1$ секунды; Jitter – $3,6 \pm 1,2$; Shimmer – $4,31 \pm 1,27$; HNR – $0,16 \pm 0,03$; ЧОТ – $224,2 \pm 58,1$ Гц ($p > 0,05$, рассчитаны с использованием U-критерия Манна-Уитни).

В раннем послеоперационном периоде у пациентов обеих групп отмечалось достоверное нарастание дисфонии, о чем свидетельствует нарастание показателей Jitter, Shimmer более чем в два раза и снижение показателей HNR ($p < 0,05$ с использованием W-критерия Уилкоксона).

Через 12 месяцев в группе 1 (445 нм) у пациентов зафиксированы такие значения исследуемых параметров: ВМФ – $4,1 \pm 2,2$ секунды; Jitter – $5,91 \pm 1,02$; Shimmer – $9,5 \pm 1,7$; HNR – $0,26 \pm 0,05$; ЧОТ – $341,7 \pm 32,5$ Гц.

В группе 2 (980 нм) получены следующие данные: ВМФ – $3,9 \pm 2,9$ секунды; Jitter – $7,68 \pm 1,69$; Shimmer – $14,1 \pm 2,7$; HNR – $0,36 \pm 0,07$; ЧОТ – $347,2 \pm 46,3$ Гц ($p > 0,05$, рассчитаны с использованием U-критерия Манна-Уитни).

При попарном сравнении параметров ВМФ, ЧОТ значимых различий между группами не выявлено ($p > 0,05$ с использованием U-критерия Манна-Уитни), при сравнении параметров Jitter, Shimmer, HNR получены статистически значимые отличия ($p < 0,05$ с использованием U-критерия Манна-Уитни).

В обеих группах был сохранен приемлемый социальный голос.

Анализ результатов анкетирования. Субъективная оценка изменения дисфонии у пациентов с помощью анкеты VHI-30. Анализ результатов анкетирования в обеих группах, выполненный до операции и спустя 12 месяцев после неё с применением критерия Уилкоксона (W) выявил статистически значимые различия ($p < 0,05$).

При сравнении обеих групп между собой с использованием U-критерия Манна-Уитни значимых отличий между группой до и после оперативного лечения получено не было ($p > 0,05$) (рисунок 7).

В обеих группах через 12 месяцев после оперативного лечения пациенты отмечали ухудшение голоса по анкете VHI-30, но они оставались в пределах значений характерных для средней степени тяжести нарушения голоса (31-60 баллов).

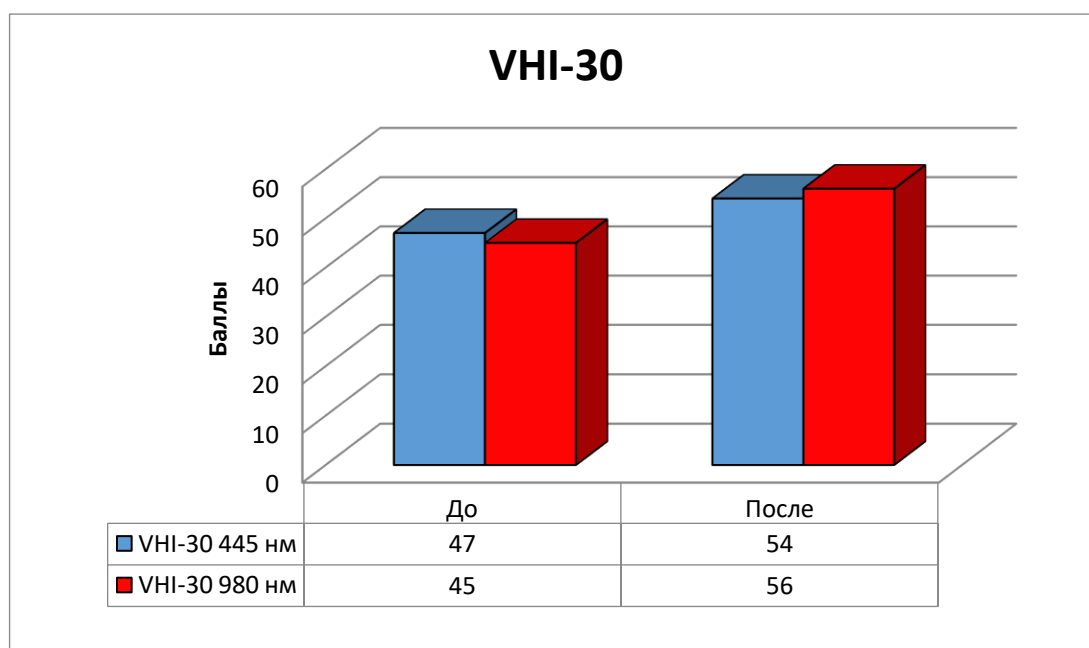


Рисунок 7- Изменение дисфонии в баллах до и через 12 месяцев после оперативного лечения

Оценка изменения качества жизни у пациентов с помощью анкеты SF-36. В группе 1 (445 нм) до операции ФКЗ – $34,8 \pm 7,1$; ПКЗ – $32,1 \pm 11,2$. В группе 2 (980 нм) до операции ФКЗ – $35,6 \pm 6,7$; ПКЗ – $33,7 \pm 9,8$. Отличий между группами до операции выявлено не было ($p > 0,05$ с использованием U-критерия Манна-Уитни). Итоговые показатели в группе 1 (445 нм) ФКЗ – $48,3 \pm 4,9$; ПКЗ – $50,1 \pm 7,1$; в группе 2 (980 нм) ФКЗ – $46,5 \pm 5,1$; ПКЗ – $49,4 \pm 6,9$ (рисунок 8).

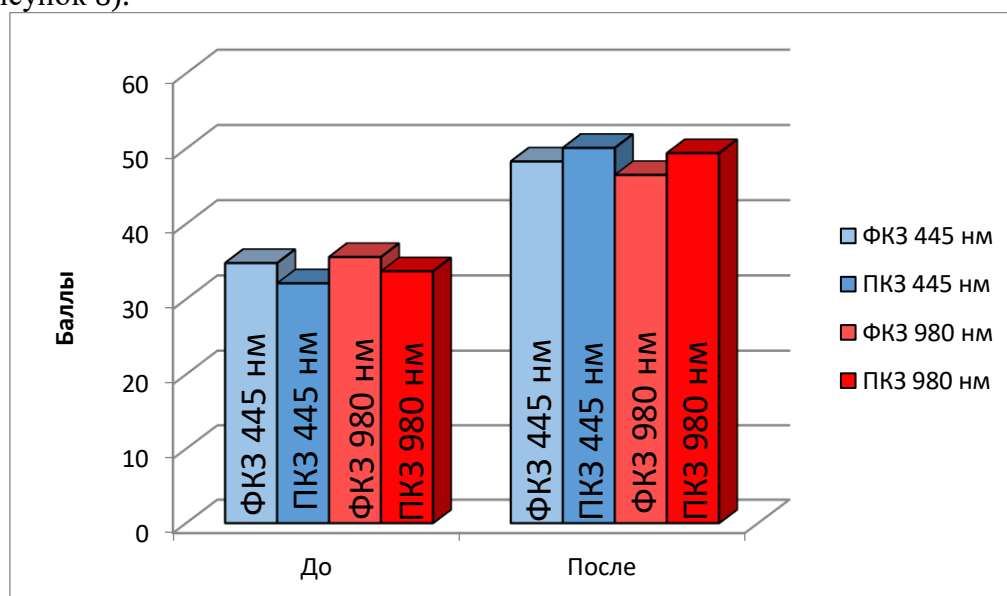


Рисунок 8 - Изменения баллов до и через 12 месяцев после оперативного лечения с использованием анкеты SF-36

В сравнении до и через 12 месяцев отличия в каждой группе отдельно были значимые ($p < 0,05$ с использованием W-критерия Уилкоксона). При сравнении отличий между группами до и после операции через 12 месяцев выявлено не было ($p > 0,05$ с использованием U-критерия Манна-Уитни). Таким образом, у пролеченных предложенными способами пациентов уровень ФКЗ и ПКЗ соответствовал международной норме (50 ± 10) в обеих группах (рисунок 8).

ВЫВОДЫ

1. Применение лазерного аппарата с длиной волны 445 нм при настройках: импульсная мощность - 10 Вт, продолжительность импульса - 10 мс, длительность интервала между импульсами - 100 мс, а также использование лазерного аппарата с длиной волны 980 нм при параметрах: импульсная мощность - 24 Вт, продолжительностью импульса - 30 мс, длительностью интервала между импульсами - 50 мс обеспечивают наилучшие абляционные свойства с минимальными термическими повреждениями окружающих тканей, как на неживых, так и на живых биологических моделях голосовых складок.

2. Разработанный способ хирургического лечения хронических паралитических стенозов гортани с применением импульсных режимов полупроводниковых лазеров обеспечивает быстрое восстановление дыхательной и голосовой функции у пациентов в послеоперационном периоде.

3. При анализе интраоперационных результатов в группе пациентов где использовался лазер с длиной волны 980 нм, отмечена меньшая длительность оперативного вмешательства ($p < 0,05$) в сравнении с группой, где применялся лазер с длиной волны 445 нм. При этом статистически значимых различий между группами по частоте кровотечений и способам их остановки не установлено.

4. В послеоперационном обследовании установлено, что в группе пациентов, где использовался лазер с длиной волны 445 нм отмечены более ранние сроки регрессии воспалительных изменений в послеоперационной ране (на 10-й день, $p=0,03$; в 1-й месяц $p=0,041$), менее выраженное повышение параметров Jitter, Shimmer, HNR ($p < 0,05$) в сравнении с послеоперационными показателями в группе пациентов, где использовался лазер с длиной волны 980 нм.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Лазерный аппарат с длиной волны 445 нм продемонстрировал высокие абляционные свойства с минимальными термическими повреждениями окружающих тканей, рекомендовано использование для хирургического лечения хронического паралитического стеноза гортани в режимах с импульсной мощностью 10 Вт, продолжительностью импульса 10 мс, длительностью интервала между импульсами 100 мс.

2. При оценке показателей спирометрии у пациентов с жалобой на одышку рекомендуется рассчитывать индексы МОС50выд/МОС50вд и индекс диспропорции выдоха для определения вероятности экстраторакальной обструкции, данные индексы высоко специфичны и чувствительны.

3. Рекомендовано использование лазерного аппарата с длиной волны 445 нм с длительностью интервала между импульсами 100 мс в атмосфере инертного газа для повышения коэффициента эффективности разреза (k), что дает более выраженную абляцию при минимальном термическом повреждении окружающих тканей и ускоряет проведение хирургического вмешательства.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Панченко, П. И. Новый подход в лечении хронического двустороннего паралитического стеноза гортани / П. И. Панченко, А. А. Кривопапов, П. А. Шамкина, Е. С. Мазеина // **Consilium Medicum**. – 2022. – № 9(24). – С. 651-654. DOI: <https://doi.org/10.26442/20751753.2022.9.201909>

2. Панченко П. И. Способ хирургического лечения пациента, страдающего хроническим паралитическим стенозом гортани, с использованием лазера с длиной волны 445 нм / П. И. Панченко, П. А. Шамкина, А. А. Кривопапов, Е. С. Мазеина // **Вестник Российской Военно-медицинской академии**. – 2023. – № 3(25). – С. 463-470.

DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma123094>

3. Панченко П. И. Сравнительное экспериментальное исследование воздействия лазеров 445 и 980 нм на голосовые складки биологической модели / П. И. Панченко, А. А. Кривопапов, П. А. Шамкина, В.В. Дворянчиков, К.Ш. Шейхаметов, А.И. Глушенко, Е.В. Тырнова // **Российская оториноларингология**. – 2025. – № 5(24). – С. 26–35. DOI: <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2025-5-26-35>

4. Патент № 2785495 С1 Российская Федерация, МПК А61В 17/24, А61В 18/22, А61N 5/067. Способ хирургического лечения стенозов голосового отдела гортани: № 2022106516: заявл. 11.03.2022: опубл. 08.12.2022 / А. А. Кривопапов, П. И. Панченко, П. А. Шамкина; заявитель ФГБУ «СПб НИИ ЛОР Минздрава России».

5. Панченко П.И. Оценка эффективности использования лазера с длиной волны 445 нм при хирургическом лечении хронического паралистического стеноза гортани / П. И. Панченко, А. А. Кривопапов, П. А. Шамкина, А. И. Глущенко // **Вестник оториноларингологии**. – 2024. – № 4(89). – С. 89-90. DOI: <https://doi.org/10.17116/otorino20248904186>

6. Панченко П.И. Применение лазера с длиной волны 445 нм в лечении хронических паралистических стенозов гортани / П. И. Панченко, А. А. Кривопапов, П. А. Шамкина, Е.С. Мазеина, А.И. Глущенко // XII форум оториноларингологов России : Материалы научной конференции (25–27 апреля 2023 г., Санкт-Петербург). - Санкт-Петербург: Полифорум групп, 2023. – С. 166.

7. Панченко П.И. Способ хирургического лечения двустороннего паралистического стеноза гортани с использованием лазера с длиной волны 445 нм / П. И. Панченко, А. А. Кривопапов, П. А. Шамкина, Е. С. Мазеина // Междисциплинарный подход к лечению заболеваний головы и шеи : Тезисы VI Всероссийского форума оториноларингологов с международным участием (13–14 октября 2022 г., Москва). – Москва: ФГБУ "НМИЦО ФМБА", 2022. – С. 121-122.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВМФ – время максимальной фонации

ХПСГ – хронические паралистический стеноз гортани

ЧОТ – частота основного тона

HNR – Harmonics to noise ratio

Jitter - нестабильность частоты основного тона

Shimmer - нестабильность амплитуды вибраторных движений голосовых складок

VHI - Voice Handicap Index

k - коэффициент эффективности разреза

МОС50вд - соотношение скоростных параметров на уроне 50% ФЖЕЛ при вдохе

МОС50 - соотношение скоростных параметров на уроне 50% ФЖЕЛ при выдохе

ОФВ1 – объем форсированного выдоха за одну секунду

ФЖЕЛ - форсированная жизненная емкость легких

EDI(ИДВ) - индекс диспропорции выдоха

ROC-анализ - Receiver Operating Characteristic анализ

VHI-30 - Voice Handicap Index-30

SF-36 - Short Form-36 Health Survey