

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПЕРВЫЙ МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
И.М. СЕЧЕНОВА МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (СЕЧЕНОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

На правах рукописи



Морозова Елена Анатольевна

Применение неодимового лазера в хирургической стоматологии

14.01.14 – Стоматология

Диссертация

на соискание ученой степени

доктора медицинских наук

Научный консультант:

доктор медицинских наук, профессор

Тарасенко Светлана Викторовна

Москва – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. ВЛИЯНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ НЕОДИМОВОГО ЛАЗЕРА НА РЕГЕНЕРАЦИЮ МЯГКИХ ТКАНЕЙ ПОЛОСТИ РТА	24
1.1. Особенности регенерации слизистой оболочки рта	24
1.2. Инструменты альтерации при хирургических операциях	32
1.3. Физические и биологические свойства излучения неодимового лазера	40
1.4. Применение неодимового лазера в стоматологической практике	47
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	56
2.1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ	57
2.1.1. Эксперимент №1. Исследование влияния лазерного воздействия на регенерацию слизистой оболочки рта лабораторных животных (кроликов) по данным морфологического и биохимического методов исследования	58
2.1.2. Эксперимент №2. Изучение гемостатического эффекта лазерного излучения и его влияния на сосуды (биомодель - ушные раковины кролика) по данным морфологического метода исследования	63
2.1.3. Эксперимент №3. Изучение влияния лазерного излучения разной длины волны на микрорельеф поверхности дентальных имплантатов различных систем с помощью сканирующей электронной микроскопии.....	65
2.2. КЛИНИЧЕСКИЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ	74
2.2.1. Характеристика пациентов. Распределение пациентов по группам исследования	74
2.2.2. Стандартное стоматологическое обследование	77
2.2.3. Оценка интенсивности послеоперационной боли, выраженности коллатерального отека в послеоперационной области, сроков заживления послеоперационной раны	79
2.2.4. Методики проведения операций с использованием излучения неодимового лазера	81
2.2.5. Характеристики лазерных систем	99
2.2.6. Методика термометрии слизистой оболочки рта при воздействии	

излучения неодимового лазера у пациентов со стоматологическими заболеваниями	109
2.2.7. Методика определения содержания провоспалительных и противовоспалительных интерлейкинов в смешанной слюне пациентов	115
2.2.8. Методика определения содержания показателей местного иммунитета (SIgA, IgG, IgM) в смешанной слюне пациентов	117
2.3. Статистическая обработка результатов исследования	118
РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	120
ГЛАВА 3. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕГЕНЕРАЦИИ МЯГКИХ ТКАНЕЙ У ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ ПОСЛЕ НАНЕСЕНИЯ РАНЫ ИЗЛУЧЕНИЕМ НЕОДИМОВОГО ЛАЗЕРА И РЕЖУЩИМ ИНСТРУМЕНТОМ (Эксперимент №1 и Эксперимент №2)	120
3.1. Результаты морфологического исследования регенерации мягких тканей лабораторных животных в зависимости от способа альтерации в динамике	120
3.1.1. Гистологическая оценка регенерации слизистой оболочки рта кролика в динамике (Эксперимент №1)	120
3.1.2. Морфологические изменения в кровеносных сосудах ушных раковин кроликов после воздействия излучения Nd:YAG лазера (Эксперимент №2)	135
3.2. Результаты биохимического исследования в биоптате слизистой оболочки рта лабораторных животных (Эксперимент №1)	147
3.2.1. Анализ воспалительной реакции слизистой оболочки рта экспериментальных животных в зависимости от инструмента альтерации по уровню интерлейкинов в биоптате тканей послеоперационной области	147
3.2.2. Результаты исследования содержания ферментов АСТ, ЛДГ, ЩФ в биоптате слизистой оболочке рта экспериментальных животных (Эксперимент №1)	151
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ РАЗНОЙ ДЛИНЫ ВОЛНЫ (Эксперимент №3)	157

4.1. Результаты исследования микрорельефа поверхности дентальных имплантатов после воздействия излучения Nd:YAG лазера	158
4.2. Результаты исследования микрорельефа поверхности дентальных имплантатов после воздействия излучения KTP-Nd:YAG лазера	166
4.3. Результаты исследования микрорельефа поверхности дентальных имплантатов после воздействия излучения Er:YAG лазера	174
4.4. Результаты исследования микрорельефа поверхности дентальных имплантатов после воздействия излучения CO ₂ лазера	181
4.5. Результаты исследования микрорельефа поверхности дентальных имплантатов после воздействия излучения «ИРЭ-Полюс» лазера	189
ГЛАВА 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ СО СТОМАТОЛОГИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕОДИМОВОГО ЛАЗЕРА И РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ	202
5.1. Характеристика пациентов со стоматологическими заболеваниями, включенных в исследование	202
5.2. Характеристика послеоперационной боли	206
5.3. Характеристика выраженности коллатерального отека в послеоперационной области	214
5.4. Особенность заживления операционной раны в зависимости от способа альтерации	224
5.5. Результаты термометрии слизистой оболочки рта при воздействии излучения неодимового лазера у пациентов со стоматологическими заболеваниями	230
5.6. Содержание провоспалительных и противовоспалительных интерлейкинов в смешанной слюне пациентов в динамике	236
5.7. Содержание показателей местного иммунитета SIgA, IgG, IgM в смешанной слюне пациентов в динамике	246
5.8. Клинические примеры	257
ГЛАВА 6. КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ НЕОДИМОВОГО ЛАЗЕРА	

ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ СО СТОМАТОЛОГИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ, ОСНОВАННАЯ НА МАЛОТРАВМАТИЧНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ И АКТИВАЦИИ РЕГЕНЕРАТОРНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТКАНЕЙ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЙ ОБЛАСТИ	267
ГЛАВА 7. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ.	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	273
ВЫВОДЫ	298
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	301
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	303
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	306

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Совершенствование классических и разработанных методов, позволяющих прогнозировать такие важные процессы, как воспаление и регенерация, остаются актуальными и по сегодняшний день, так как эти процессы влияют на исход многих заболеваний. Поэтому успехи в этой области в значительной степени могут способствовать прогрессу науки и практической стоматологии. Современные тенденции хирургического лечения пациентов со стоматологическими заболеваниями направлены на минимизацию хирургической травмы и сокращение сроков реабилитации пациентов. В хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии также большое внимание уделяется изучению заживления раны слизистой оболочки рта, нанесенной различными хирургическими инструментами, поскольку выбор режущего инструмента напрямую влияет на характер регенерации тканей [15, 17, 21, 28, 35, 37, 38, 98, 153, 228, 236, 308].

Важность изучения регенерации слизистой оболочки рта обусловлена необходимостью оптимизировать процесс репарации после оперативных вмешательств на мягких тканях. Оптимальный выбор инструмента альтерации позволит минимизировать травму, создать более благоприятные условия для регенерации тканей в зоне операции [153, 168, 228, 287].

В течение последних нескольких лет лазерные технологии активно внедряются в стоматологию [11, 33, 47, 54, 83, 92, 115, 228]. Проведен углубленный анализ репаративных процессов костной и мягких тканей после воздействия на них излучением эрбиевого, углекислотного, диодного лазеров [1, 28, 33, 51, 95, 101, 117].

Внедрение лазерных технологий в стоматологию создает условия для повышения качества и эффективности лечения пациентов. Устанавливая соответствующие режимы работы лазеров, можно получить желаемый эффект – от коагуляции до разреза, что позволяет его применять в хирургической,

терапевтической и детской стоматологии [79, 92, 101, 112, 115, 125, 187, 210, 238, 262, 314].

Однако недостаточно изучено влияние излучения неодимового лазера с длиной волны 1064 нм на мягкие ткани полости рта и возможность его применения в хирургической стоматологии. В линейке высокоинтенсивных стоматологических лазеров он был адаптирован к стоматологическим вмешательствам последним. В отечественной и зарубежной литературе мы не нашли исчерпывающей информации о воздействии излучения неодимового лазера на регенерацию слизистой оболочки рта, красной каймы губ; о влиянии излучения неодимового лазера на структуру поверхности имплантатов при проведении профессиональной гигиены полости рта. Хотя характеристики лазерной системы обнадеживают в плане позитивного влияния излучения неодимового лазера с длиной волны 1064 нм на репаративные процессы после операций на мягких тканях.

Позитивные свойства лазерного излучения дают основание для разработки концепции применения излучения неодимового лазера в хирургической стоматологии для обеспечения малотравматичного воздействия, повышения репаративно-регенераторного потенциала мягких тканей полости рта в послеоперационной области, а в конечном итоге для повышения эффективности хирургического лечения пациентов со стоматологическими заболеваниями.

Научное обоснование концепции должно включать изучение многофакторного воздействия излучения неодимового лазера на мягкие ткани полости рта при проведении операций, а именно: экспериментальное определение оптимальных режимов работы лазера, влияние его излучения на регенерацию тканей полости рта после операции по данным морфологического, биохимического и термометрического методов исследования, а также результаты клинического применения с учетом нозологических форм заболеваний.

Степень разработанности темы исследования

В настоящее время стоматологические заболевания полости рта занимают одно из первых мест по распространенности среди болезней человека, а

стоматологическая помощь является одной из самых востребованных. Качество и эффективность оказания стоматологической помощи, с одной стороны, зависит от материально-технической базы лечебных учреждений, квалификации специалистов. С другой стороны, для эффективного хирургического лечения пациентов со стоматологическими заболеваниями наряду с точной диагностикой, оптимальным планированием лечения, применением современных медикаментозных средств для анестезии, антисептической обработки и послеоперационного ведения пациентов, необходимо совершенствовать технику самих операций.

Принцип хирургического лечения на сегодняшний день основан на малоинвазивном подходе: чем меньше хирургическая травма, тем лучше конечный результат. Обосновано стремление хирургов к сокращению сроков заживления послеоперационных ран и реабилитации в целом. Вопросам регенерации слизистой оболочки рта посвящено много работ [15, 21, 37, 38, 85, 98, 117, 153, 228, 308]. Пациенты ценят комфортное состояние во время самой операции и в послеоперационном периоде. Для решения этих задач исследователи заняты разработкой и внедрением новых методов хирургического лечения в стоматологии, применением их на практике и научным обоснованием позитивных результатов.

В меньшей степени из вышеуказанного разработан малоинвазивный подход, обеспечивающий сокращение сроков лечения, касательно инструмента альтерации. Самым распространённым режущим инструментом на сегодняшний день остается скальпель. Однако разработаны и альтернативные методы нанесения разреза на ткани на основе физических факторов воздействия: электрического тока, ультразвука, радиоволн, лазерного излучения [214, 263, 312]. Следует отметить, что эффективность применения этих методов требует дальнейшего изучения и проведения сравнительного анализа с традиционным использованием скальпеля. Технические характеристики приборов физического воздействия постоянно совершенствуются, каждая новая модель требует проведения экспериментальных и клинических исследований перед широким внедрением в практику. Необходимо давать научное обоснование результатов лечения на основе экспериментальных и

клинических исследований. Это касается и применения лазерных технологий в хирургической стоматологии [135, 176, 241, 313].

Разработанные стоматологические лазеры успешно применяются во всем мире. В многочисленных работах авторов приводятся результаты проведенных экспериментальных, морфологических, микробиологических, иммунологических, лучевых и биохимических исследований, изученные эффекты взаимодействия лазерного излучения высокоинтенсивных импульсных лазеров с биологическими тканями. Описаны протоколы хирургического лечения различных стоматологических заболеваний с оптимальными параметрами работы лазеров и показаниями к их применению [40, 68, 70, 72, 117, 120, 125, 131, 132, 210, 213, 282].

Однако подобная информация в отношении неодимового лазера с длиной волны 1064 нм в литературе практически отсутствует. Есть единичные работы по применению этого лазера в пародонтологии и для оплавления дентинных канальцев при резекции верхушки корня [134, 277, 316].

Подробная общая информация о позитивном воздействии лазерного излучения на регенерацию тканей вследствие малой травматичности из-за кратковременного действия импульса, хороший гемостаз во время операции, возможность формировать коагуляционный слой на раневой поверхности, снижение болевой реакции на травму и т.д., – позволяет надеяться, что всеми этими свойствами обладает и неодимовый лазер с длиной волны 1064 нм.

Возможности излучения неодимового лазера требуют глубокого изучения для решения вопроса о целесообразности его применения при хирургическом лечении пациентов со стоматологическими заболеваниями. Изученные ранее выраженные антимикробные свойства излучения дают уверенность хирургу в том, что операционное поле санировано во время операции.

Основанием выполнения диссертационной работы было отсутствие полных сведений о влиянии лазерного излучения стоматологического неодимового лазера на регенерацию слизистой оболочки рта, выраженность воспалительной реакции на альтерацию при оперативных вмешательствах на мягких тканях полости рта, а также необходимость разработки методов хирургического лечения с указанием

параметров лазерного излучения и объективной оценки заживления операционной раны при использовании Nd:YAG лазера по данным экспериментальных, лабораторных и клинических методов исследования.

Применение современных информативных критериев оценки эффективности нового метода лечения и адекватная обработка полученных данных позволяет получить достоверные данные.

Цель исследования

Разработка и научное обоснование концепции применения излучения неодимового лазера для обеспечения малотравматичного воздействия, повышения регенераторного потенциала мягких тканей полости рта в послеоперационной области при проведении хирургического лечения пациентов со стоматологическими заболеваниями.

Задачи исследования

1. Провести теоретико-методологический анализ эффективности применения излучения неодимового лазера как инструмента альтерации при хирургическом лечении пациентов со стоматологическими заболеваниями.
2. Выявить особенности регенерации и воспалительную реакцию слизистой оболочки рта экспериментальных животных после воздействия излучением неодимового лазера при различных режимах работы по данным морфологического метода исследования.
3. Дать сравнительную клинико-биохимическую характеристику особенностей воспалительной реакции на стадиях раневого процесса слизистой оболочки рта у экспериментальных животных в динамике с помощью иммуноферментного анализа в зависимости от инструмента альтерации при различных режимах работы лазера.
4. Изучить влияние излучения неодимового лазера при различных режимах работы на гемостаз и кровеносные сосуды ушных раковин лабораторных животных, используемых в качестве биологической модели.

5. Провести сравнительный анализ влияния излучения неодимового, эрбиевого, диодного, углекислотного лазеров на структуру поверхностей дентальных имплантатов по данным сканирующей электронной микроскопии в эксперименте.
6. Изучить особенности заживления ран в ходе послеоперационного периода у пациентов со стоматологическими заболеваниями в зависимости от метода хирургического лечения по данным клинических методов исследования.
7. Изучить термическое воздействие излучения неодимового лазера на мягкие ткани полости рта по показателям термометрии до и после операции.
8. Определить влияние излучения неодимового лазера на местный иммунитет полости рта по содержанию IgG, IgM и SIgA методом иммуноферментного анализа смешанной слюны в динамике лечения.
9. Оценить выраженность воспалительной реакции после воздействия излучения неодимового лазера по цитокиновому профилю смешанной слюны в динамике по сравнению с традиционным методом лечения.
10. Разработать и внедрить в практику концепцию хирургического лечения пациентов со стоматологическими заболеваниями с применением неодимового лазера, основанную на минимизации операционной травмы и активации репаративно-регенераторного потенциала тканей послеоперационной области.

Научная новизна

В представленной работе впервые в эксперименте на животных выявлено позитивное влияние излучения неодимового лазера на репаративно-регенераторный потенциал мягких тканей полости рта в послеоперационной области при различных режимах работы в сопоставлении с традиционным методом альтерации. При этом по данным морфологического исследования после лазерного воздействия были минимальны альтерация тканей и расстройства микроциркуляции, слабее выражена интенсивность воспалительных процессов, раньше начинались и интенсивней проходили репаративные процессы: пролиферация фибробластов, неоангиогенез, продукция коллагена,

фибриллогенез, созревание и фиброзно-рубцовая трансформация грануляционной ткани без рубцовой деформации, эпителизация раневой поверхности. По данным иммуноферментного анализа низкое содержание провоспалительных цитокинов IL1 β и IL6, противовоспалительного IL10, ферментов печени АСТ, ЛДГ, ЩФ после воздействия неодимового лазера свидетельствует о невыраженной воспалительной реакции на альтерацию.

Впервые в эксперименте на животных изучено влияние излучения неодимового лазера на гемостаз и кровеносные сосуды ушных раковин в различных режимах работы. По данным морфометрических методов исследования после воздействия лазерного излучения мощностью 2,0 Вт и 4,0 Вт в кровеносных сосудах в зоне коагуляционного термического некроза была выявлена коагуляция плазмы, форменных элементов крови и стенок сосудов с образованием коагуляционных гиалиновых «лазерных тромбов», которые закупоривали просвет сосудов, что обеспечивает полный гемостаз и лимфостаз во время оперативного вмешательства. В отдаленных участках ткани тромбоза сосудов не выявлено.

Впервые определены оптимальные режимы работы неодимового лазера на мягких тканях полости рта: при мощности излучения 1,6 Вт энергия 40 мДж, при мощности 2,4 Вт - 60 мДж, при мощности 3,2 Вт - 80 мДж. Длительность импульса 350 нс (режим «short»), частота импульса 40 Гц при всех показателях мощности и энергии. Лазерное излучение с такими параметрами способствует оптимизации репаративных процессов, укорочению сроков заживления послеоперационной раны слизистой оболочки рта на фоне невыраженного воспаления. При режиме работы неодимового лазера мощностью 4,0 Вт с энергией 80 мДж, частотой 50 Гц, длительностью импульса 350 нс (режим «short») выявлена наибольшая глубина коагуляционного некроза $181,56 \pm 6,8$ мкм, что удлиняло срок заживления раны.

Впервые по данные сканирующей электронной микроскопии выявлено влияние лазерного излучения разных длин волн на структуру поверхности дентальных имплантатов различных систем. Доказано, что при мощности 1,0 Вт лазерного излучения различных длин волн возможно эффективно обрабатывать имплантаты с минимальным повреждением их поверхностей. При увеличении

мощности до 2,0 Вт возникают повреждения поверхностей имплантатов вплоть до расплавления 100 % из площади.

Впервые у пациентов со стоматологическими заболеваниями полости рта определены клинические особенности течения раневого процесса при использовании неодимового лазера в разных режимах работы в сравнении со скальпелем. Применение неодимового лазера способствовало более благоприятному течению послеоперационного периода: боли и отека не наблюдали уже на $3\pm 0,5$ сутки, эпителизация при ушивании раны наступала на $5\pm 0,5$ сутки, без наложения швов - на $10\pm 0,5$ сутки. После традиционного лечения боль и коллатеральный отек сохранялись до $5\pm 0,5$ суток, заживление регистрировали при ушивании раны на $7\pm 0,5$ сутки, без наложения швов на $14\pm 0,5$ сутки.

Впервые получены данные термического воздействия излучения неодимового лазера на мягкие ткани полости рта. После лазерной операции перегрева тканей не выявлено. Максимальная температура послеоперационной раны составила $35,21\pm 0,32^\circ\text{C}$. Снижение локальной температуры непосредственно после операции во всех группах исследования при мощности 2,4 Вт составило $0,3-0,5^\circ\text{C}$, при мощности 3,2 Вт – $0,2-0,4^\circ\text{C}$.

Впервые для оценки состояния мягких тканей полости рта в послеоперационном периоде было изучено влияние излучения неодимового лазера на местный иммунитет полости рта и цитокиновый профиль смешанной слюны. Данные биохимических методов исследования цитокинового профиля смешанной слюны свидетельствуют о сниженной воспалительной реакции в ответ на лазерное воздействие, т.к. у пациентов, оперированных лазером, содержание интерлейкинов соответствовало норме или повышение было незначительное. После операций скальпелем у всех пациентов было отмечено в $0,3-0,4$ раза повышение уровня цитокинов, разница уровней IL1 β ($W = 68445$, $p < 2,2e-16$, $p < 0,0001$), IL6 ($W = 73002$, $p < 2,2e-16$, $p < 0,0001$) и IL10 ($W = 69194$, $p < 2,2e-16$, $p < 0,0001$) была достоверной. Излучение неодимового лазера в режиме абляции не вызывает иммуносупрессии местного клеточного и гуморального иммунитета полости рта, о чем

свидетельствует увеличение активности показателей преимущественно секреторных и в меньшей степени клеточных механизмов защиты.

Теоретическая и практическая значимость работы

В экспериментах на животных по данным морфологического и биохимического методов исследования показано позитивное влияние излучения неодимового лазера на регенерацию слизистой оболочки рта и гемостаз. Кроме того, данные электронно-микроскопического исследования микрорельефа поверхности дентальных имплантатов свидетельствуют о безопасном влиянии на него излучения неодимового лазера при щадящем режиме работы.

Результаты проведенного комплекса экспериментальных исследований по изучению влияния излучения неодимового лазера на мягкие ткани полости рта, гемостаз и кровеносные сосуды ушных раковин лабораторных животных, на микрорельеф дентальных имплантатов различных имплантологических систем и определение оптимальных режимов работы лазера научно обосновывают применение излучения неодимового лазера в качестве инструмента альтерации при хирургическом лечении пациентов со стоматологическими заболеваниями.

Разработан и внедрен в клиническую практику метод хирургического лечения пациентов со стоматологическими заболеваниями полости рта с применением излучения неодимового лазера, концептуально основанный на малотравматичности операции и оптимизации регенерации тканей послеоперационной области.

По данным клинических, биохимических и термометрических методов исследования доказаны преимущества применения излучения неодимового лазера в качестве инструмента альтерации в сравнении с применением режущих инструментов при хирургическом лечении пациентов со стоматологическими заболеваниями полости рта. Так, при малотравматичном лазерном воздействии отмечали более благоприятное течение послеоперационного периода без боли или низкоинтенсивной болью и невыраженным коллатеральным отеком. А также сокращение сроков заживления послеоперационных ран.

Таким образом, разработана концептуальная модель оказания хирургической стоматологической помощи пациентам со стоматологическими заболеваниями полости рта на основе применения излучения неодимового лазера в условиях амбулаторного приема.

Разработаны и сформулированы практические рекомендации для врачей стоматологов, в которых показана целесообразность применения излучения неодимового лазера для хирургического лечения пациентов со стоматологическими заболеваниями с целью повышения эффективности лечения, а также более благоприятного течения послеоперационного периода и сокращения сроков заживления.

Методология и методы исследования

Научная работа выполнена в соответствии с принципами и правилами доказательной медицины. Морфологические, биохимические исследования в ходе эксперимента на биологической модели животного позволили определить эффективность влияния излучения неодимового лазера на мягкие ткани *ex vivo*, электронно-микроскопические исследования в ходе эксперимента на дентальных имплантатах позволили определить влияние лазерного излучения на микроструктуру поверхности дентальных имплантатов.

Исследование пациентов включало результаты клинических (осмотр, анамнез, послеоперационные боль и отек, сроки заживления), биохимических и термометрических методов исследования.

Статистическую обработку полученных данных проводили на основе абсолютных значений, полученных в результате исследования. Проводили вычисление относительных показателей (экспансивных, интенсивных, наглядности), применяли методы вариационной статистики, нормальность распределения всех показателей для каждой выборки определяли с помощью теста Шапиро-Уилка. В зависимости от полученных результатов использовали методы параметрической или непараметрической статистики, оценку различий между выборками проводили с помощью *U*-критерия Манна-Уитни для попарного

сравнения в разных независимых выборках, внутри группы – критерия Вилкоксона, между несколькими независимыми выборками – критерий Краскелла-Уоллиса. Связь между показателями определяли с помощью коэффициента корреляции Пирсона. Статистически значимыми результаты считали при ошибке 5% и достоверности 95% ($p < 0,05$). Обработку результатов проводили в программе Microsoft Excel (Windows 10, Microsoft, США, 2020) и Rstudio (Окленд, Новая Зеландия, открытая лицензия, GNU GPL).

На основании полученных результатов разработана новая методология лечения пациентов со стоматологическими заболеваниями полости рта с помощью излучения неодимового лазера.

Положения, выносимые на защиту

1. Излучение неодимового лазера с длиной волны 1064 нм способствует повышению регенераторного потенциала слизистой оболочки рта экспериментальных животных в послеоперационной области за счет минимальной альтерации тканей и микроциркуляции, сокращения фазы воспаления и более ранней фазы пролиферации раневого процесса.
2. Заживление дефекта слизистой оболочки рта после механического и лазерного воздействия протекает по-разному. В лазерной ране наблюдается термический коагуляционный некроз, в просвете кровеносных сосудов подслизистого слоя повергшиеся лазерной коагуляции плазменные белки и форменные элементы крови закупоривают просвет сосудов и обеспечивают полный гемостаз во время операции. Глубина коагуляционного некроза зависит от параметров лазерного излучения, при мощности 1,6 Вт показатели глубины коагуляционного некроза были наименьшими, а при мощности 3,2 Вт - наибольшими. Скальпельная рана характеризуется гомогенным колликвационным (влажным) некрозом всех тканей с многочисленными очаговыми и диффузными кровоизлияниями, с отеком и диффузной нейтрофильной инфильтрацией.
3. Излучение неодимового лазера мощностью 1,0 Вт не вызывает значительных повреждений микрорельефа поверхностей дентальных имплантатов.

Увеличение мощности до 2,0 Вт приводит к значительным повреждениям поверхности вплоть до полного расплавления.

4. Применение неодимового лазера у пациентов со стоматологическими заболеваниями полости рта обеспечивает более благоприятное течение послеоперационного периода за счет снижения интенсивности боли, выраженности коллатерального отека и сокращения сроков заживления операционной раны. Регенерация поверхностного слоя раны без наложения швов проходит под коагуляционной пленкой без формирования грубого рубца.
5. Использование неодимового лазера с длиной волны 1064 нм с мощностью 2,4 Вт, 3,2 Вт не вызывает перегрева интактных тканей, что способствует уменьшению воспаления и сокращению сроков регенерации.
6. По данным биохимических исследований излучение неодимового лазера с длиной волны 1064 нм не вызывает интенсивную воспалительную реакцию, способствует сокращению стадии воспаления и оптимизации репаративной регенерации у пациентов со стоматологическими заболеваниями полости рта. Излучение неодимового лазера способствует стимуляции местного иммунитета полости рта, не вызывает иммунодепрессивного эффекта после операции.

Степень достоверности

Достоверность полученных результатов исследования обеспечена достаточным объемом экспериментального и клинического материала, сроками исследования и анализом полученных данных современными методами исследования, использованием традиционного и научно-методологического подхода с применением современных адекватных методов статистической обработки. Количество экспериментальных животных (78 кроликов) и респондентов (630 человек), включенных в группы исследования методом случайной выборки по критериям включения и не включения, было достаточным для получения достоверных данных проведенных исследований. Информационная база содержит медицинские стоматологические карты принимавших участие в исследовании пациентов, рандомизированных на две группы исследования: первую группу

составили пациенты, хирургическое лечение которым проводили с помощью излучения неодимового лазера; вторую группу составили пациенты, хирургическое лечение которым проводили с помощью скальпеля лезвием №15С. Полученные результаты сопоставимы с имеющимися результатами подобных исследований.

Апробация результатов работы

Результаты исследования доложены и обсуждены на: I междисциплинарном конгрессе по заболеваниям органов головы и шеи «Медицина XXI века – междисциплинарный подход к патологии органов головы и шеи. Опухоли головы и шеи» (Москва, 2013); XI Всероссийской научно-практической конференции «Образование, наука и практика в стоматологии» по объединённой тематике «Кариес зубов и его осложнения у детей и взрослых. Современные методы диагностики, профилактики и лечения» (Москва, 2014); Научно-практической конференции с международным участием «Паринские чтения 2014. Интегративная медицина в челюстно-лицевой области и стоматологии» (Минск, 2014); XXXI Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы стоматологии» (Москва, 2014); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные достижения стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» (Киров, 2014); XXXII Всероссийской научно-практической конференции «Стоматология XXI века» (Москва, 2014); Научно-практической конференции с международным участием «Лазерные технологии в медицине: настоящее и будущее» (Москва, 2014); III междисциплинарном конгрессе по заболеваниям органов головы и шеи «Лучевая диагностика» (Москва, 2015); VI Всероссийской научно-практической конференции «Остеосинтез лицевого черепа» (Москва, 2016); XX международной конференции челюстно-лицевых хирургов и стоматологов «Новые технологии в стоматологии» (Санкт-Петербург, 2015); Научно-практической конференции с международным участием посвященной 30-летнему юбилею ФГБУ «ГНЦ ЛМ ФМБА России» (Москва, 2016); XXI международной конференции челюстно-лицевых хирургов и стоматологов «Новые технологии в стоматологии» (Санкт-Петербург, 2016); Национальном конгрессе с

международным участием «Паринские чтения 2016. Обеспечение демографической безопасности при решении актуальных вопросов хирургической и челюстно-лицевой хирургии» (Минск, 2016); IV междисциплинарном конгрессе по заболеваниям органов головы и шеи «Междисциплинарный подход к патологии органов головы и шеи. Консенсус решений» (Москва, 2016); 23-м Конгрессе Европейской ассоциации черепно-челюстно-лицевых хирургов (Англия, Лондон, 2016); XXXVII Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы стоматологии» в рамках 41-го Московского международного стоматологического Форума «Дентал Салон 2017» (Москва, 2017); Международной научно-практической конференции «Современная стоматология и черепно-челюстно-лицевая хирургия» посвященная 100-летию Поля Л.Т. и 100-летию Аржанцева П.З. (Киев, 2017); XXII международной конференции челюстно-лицевых хирургов и стоматологов «Новые технологии в стоматологии» (Санкт-Петербург, 2017); XI Всероссийский научно-образовательном форуме с международным участием Медицинская диагностика «Радиология 2017» (Москва, 2017); V Международном конгрессе по заболеваниям головы и шеи с международным участием, секции «Хирургия как искусство» (Москва, 2017г); FDI Всемирном стоматологическом конгрессе (Испания, Мадрид, 2017); Конгрессе «VII Национальный Фестиваль дентальной имплантологии «Периимплантит: причины, профилактика, лечение» (Москва, 2017); II Межвузовской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы стоматологии» в рамках научно-образовательного проекта «Кремлевские чтения» (Москва, 2017); г. XXIV Международном юбилейном симпозиуме «Инновационные технологии в стоматологии», посвященном 60-летию стоматологического факультета Омского государственного медицинского университета (Омск, 2017); Ежегодной научной конференции Рязанского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова (Рязань, 2017); Национальном конгрессе с международным участием «Паринские чтения» (Минск, 2018); Международной научно-практической конференции «Современная стоматология и челюстно-лицевая хирургия», посвященной 40-

летию восстановления научной дентальной имплантации в СССР (Киев, 2018); VI междисциплинарном конгрессе по заболеваниям органов головы и шеи с международным участием, секция стоматология (Москва, 2018г); EuroPerio 9 Европейской Федерации пародонтологов (Голландия, Амстердам, 2018); 10-м Международном симпозиуме клинической и прикладной анатомии (Москва, 2018); XL Всероссийской научно-практической конференции «Стоматология XXI века» (Москва, 2018); I Евразийском конгрессе «Челюстно-лицевая хирургия и стоматология XXI века» посвященный 80-летию кафедры хирургической стоматологии Казанского государственного медицинского университета (Казань, 2018); III Научно-практической конференции «Актуальные вопросы стоматологии», посвященной 10-летию стоматологического факультета Кировского ГМУ 5-6 апреля, (Киров, 2019); Симпозиуме «Синергия актуальной науки и успешной практике в имплантологии» в рамках XLI всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы стоматологии» (Москва, 2019); XXVI международной конференции челюстно-лицевых хирургов и стоматологов «Новые технологии в стоматологии» (Санкт-Петербург, 2019); XXVI Международной конференции академии медико-технических наук РФ в Карловых Варах «Современные проблемы реабилитации при различных патологиях с использованием курортно-природных ресурсов и достижений медико-технической науки» (Чехия, Карловы Вары, 2019); II Международной научно-практической конференции «Европа-Азия. Сотрудничество без границ. Современные проблемы хирургии и смежных областей», посвященной 80-летию со дня рождения Г.А. Гавриленко (Оренбург, 2019); 19-й Международной конференции «Оптика лазеров» ICLO 2020 (Санкт-Петербург, 2020), на XLIV Всероссийской научно-практической конференции СтАР «Актуальные проблемы стоматологии» Симпозиуме «Лазерная стоматология» (Москва, 2021); на Национальном конгрессе с международным участием «Паринские чтения 2020-2021. Актуальные вопросы диагностики, лечения и диспансеризации пациентов с хирургической патологией черепно-челюстно-лицевой области и шеи» (Минск, 2021); Всероссийской научно-практической конференции челюстно-лицевых хирургов и стоматологов с

международным участием «Новые технологии в стоматологии» Conferebce of maxillofacial surgeons and stemmatologists «New technologies in dentistry» Санкт- (Санкт-Петербург, 2021); IX Международном междисциплинарном конгрессе по заболеваниям органов головы и шеи, секция 23 «Хирургическая стоматология 2» (Москва, 2021г).

Публикации

По теме диссертации опубликовано опубликовано 70 печатных работ, из них 8 в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета/Перечень ВАК при Минобнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук, 4 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах (Web of Science, Scopus, PubMed, MathSciNet, zbMATH, Chemical Abstracts, Springer), 6 иных публикаций по результатам исследования, 2 патента РФ, 50 публикаций в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций (из них 8 зарубежных конференций). Получено 5 актов о внедрении в практическое здравоохранение.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Все диссертационные исследования, полученные результаты, область применения соответствует шифру научной специальности: 14.01.14 Стоматология – область науки, занимающаяся изучением этиологии, патогенеза врождённых и приобретённых аномалий развития, дефектов и деформаций челюстно-лицевой области, разработкой методов их профилактики, диагностики и лечения. Совершенствование методов профилактики, ранней диагностики и современных методов лечения стоматологических заболеваний будет способствовать сохранению здоровья населения страны. Диссертация соответствует формуле специальности, области исследований согласно пунктам 3 и 4.

Внедрение в практику

Результаты исследования, основные научные положения, выводы и рекомендации докторской диссертации внедрены в учебный процесс кафедры хирургической стоматологии Института стоматологии имени Е.В. Боровского ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) при изучении дисциплины Хирургической стоматологии, читаемых студентам по направлению подготовки 31.05.03 Стоматология, читаемых ординаторам по направлению подготовки 31.08.74, внедрены в лекционный курс и практические занятия курсантов цикла тематического усовершенствования «Лазерные технологии в хирургической стоматологии».

Результаты исследования, основные научные положения, выводы и рекомендации докторской диссертации внедрены в лечебный процесс отделения хирургической стоматологии Стоматологического Центра Клинического центра ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Результаты исследования внедрены в практику лечебной работы отделения хирургической стоматологии «Клинического центра челюстно-лицевой, пластической хирургии и стоматологии Клиники на 184 койки» Федерального Бюджетного Автономного Образовательного Учреждения Высшего Образования Московского Государственного Медико-стоматологического Университета имени А.И. Евдокимова Минздрава России, лечебной работы стоматологической поликлиники Федерального Бюджетного Автономного Образовательного Учреждения Высшего Образования Рязанского Государственного Медицинского Университета Минздрава России, лечебной работы клиники «Домодент-Т» г. Домодедово, лечебной работы центра лазерной стоматологии и косметологии РОКОСКЛИНИК г. Москва, Стоматологического инновационного центра «Павлово».

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 341 странице, состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследования, результатов собственных исследований, обсуждения полученных результатов, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка принятых сокращений, списка литературы. Работа содержит 51 таблицу, иллюстрирована 222 рисунками. Список литературы включает 318 источников: 132 – отечественных, 216 - зарубежных авторов.

ГЛАВА 1. ВЛИЯНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ НЕОДИМОВОГО ЛАЗЕРА НА РЕГЕНЕРАЦИЮ МЯГКИХ ТКАНЕЙ ПОЛОСТИ РТА

1.1. Особенности регенерации слизистой оболочки рта

В настоящее время вопросам регенерации слизистой оболочки рта посвящено много работ. В хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии большое внимание уделяется изучению заживления раны слизистой оболочки рта, нанесенной различными хирургическими инструментами, поскольку выбор режущего инструмента напрямую влияет на характер регенерации тканей [15, 17, 21, 28, 35, 37, 85, 98, 100, 117, 153, 228, 236, 302, 308].

Важность изучения регенерации слизистой оболочки рта обусловлена необходимостью оптимизировать процесс репаративной регенерации после оперативных вмешательств на мягких тканях полости рта. Оптимальный выбор инструмента альтерации позволит создать более благоприятные условия для регенерации тканей в зоне операции [153, 168, 228, 287].

Общеизвестно, что при механическом повреждении слизистой оболочки рта, а также при воздействии патогенных факторов небольшие дефекты быстро эпителизируются и структура слизистой оболочки рта в большинстве случаев полностью восстанавливается. Характер раны в определенной мере зависит от вида ранящего инструмента, механизма альтерации и степени повреждения тканей, что может обуславливать некоторые особенности течения раневого процесса. При этом значение имеет не только этиология повреждения, но и глубина и протяженность раны, состояние и реакция слизистой оболочки рта, особенности воспалительной реакции, интенсивности развития грануляционной ткани, а затем и рубцовой, состояния сосудистой сети и т.д. [86, 94, 116, 155, 175].

Хорошо известно, что слизистая оболочка рта обладает высокой регенеративной способностью, связанной с особенностями ее строения и жизнедеятельности [13, 19, 22, 23, 31, 98, 156, 236, 281].

Слизистая оболочка рта отличается от других слизистых оболочек тем, что состоит из двух пластинок: эпителиальной с многослойным плоским неороговевающим и ороговевающим эпителием, и собственной пластинки слизистой оболочки, представленной рыхлой волокнистой неоформленной соединительной тканью, мышечная пластика отсутствует. Ороговение слизистой оболочки рта происходит путем паракератоза, что является нормой в отличие от кожи, на которой данный процесс считается патологией [20, 24, 31, 32, 56, 123, 144, 297].

Для эпителия слизистой оболочки рта характерна высокая скорость обновления, которая регулируется цитокинами, факторами роста, высоким уровнем окислительных ферментов, способностью многослойного неороговевающего эпителия к синтезу и накоплению гликогена. Вырабатываемые в эпителиальных клетках β -дефензины и кателицидины оказывают сильное противомикробное действие слизистой оболочки рта, NO-синтаза (синтаза оксида азота) – антибактериальное, противовирусное, антигрибковое и противовоспалительное действие. Толщина эпителия слизистой оболочки рта в различных участках варьируется от 180 до 600 мкм. В течение суток с поверхности эпителия слущивается большое количество клеток, такая регенерация эпителия слизистой оболочки рта обеспечивает ее барьерные функции и объясняется высокой митотической активностью клеток эпителия, которая значительно меньше, чем митотическая активность клеток кожи. В коже в среднем эпителий обновляется за 20-90 суток, в полости рта, по некоторым данным, период обновления в 3-4 раза короче и, например, для слизистой оболочки щеки он составляет от 10-25 суток, твердого неба – 10-12 суток, для эпителия зубодесневого соединения он считается самым наименьшим – от 4 до 10 суток [20, 31, 32, 56, 136, 270, 296].

Для слизистой оболочки рта характерно хорошее кровоснабжение, иннервация и иммунная защита, которые обеспечивают относительную устойчивость к проникновению различных микроорганизмов и вирусов, влиянию неблагоприятных факторов. В процессе жизнедеятельности слизистая оболочка рта

постоянно подвергается как внешним воздействиям механическим (нагрузка во время жевания, употребление твердой и горячей пищи, прикусывание и т.д.) так и внутренним (рост и смена зубов, патологические процессы). Вследствие постоянного действия неблагоприятных факторов слизистая оболочка рта является местом возникновения воспалительных процессов, рака, а также проявления ряда системных заболеваний. Вследствие этого защитные механизмы слизистой оболочки рта выражаются в иммунных реакциях: специфического и неспецифического иммунитета. К неспецифическим факторам защиты относят: эпителиальный пласт, ток слюны, муцины, действие нейтрофилов, макрофагов и других факторов. К специфическим защитным факторам: клетки Лангерганса, интраэпителиальные лимфоциты, дендритные антиген-представляющие клетки собственной пластики, секреторные IgA, а также IgG, IgA и IgM [31, 32, 102, 144, 297, 309].

Морфологически условно выделяют слизистую оболочку трех типов: жевательного (твердое небо и десна), выстилающего (щека, губа, дно полости рта, оральная поверхность мягкого неба, нижняя поверхность языка и альвеолярная слизистая оболочка), специализированного (верхняя и боковые поверхности языка). Это связано с особенностями развития и функционирования разных участков слизистой рта в норме и патологии. Различная степень подвижности (подвижная и неподвижная), плотность, проницаемость, всасывательная способность слизистой оболочки рта имеет большое значение в клинике при взятии биоптатов, проведении различных оперативных вмешательств [9, 31, 32, 144, 151, 157, 297].

Процесс обновления эпителия слизистой оболочки рта происходит в течение всей жизни и называется *физиологическая регенерация*. *Репаративную, или восстановительную регенерацию* наблюдают при повреждении клеток вследствие различных патологических процессов. Физиологическая и репаративная регенерация имеют общий механизм и осуществляются на основе общих закономерностей. Однако репаративная регенерация имеет качественные морфологические отличия, так как вызывается патологическими процессами.

Репаративная регенерация слизистой оболочки рта, как и любой другой ткани, может быть полной (замещение дефекта тканью идентичной погибшей) и неполной (замещение дефекта плотной волокнистой соединительной тканью - рубцом) [116, 148, 231, 318].

Взаимоотношения воспаления и регенерации тесно связаны между собой и рассматриваются на принципах системного анализа соединительной ткани. Системный анализ позволяет рассматривать соединительную ткань как саморегулирующую систему, которая функционирует в норме и патологии на основе совместного взаимодействия клеток (фибробласты, макрофаги, тучные клетки, лимфоциты, эндотелий микрососудов) между собой и межклеточным матриксом (коллаген, протеогликаны, фибронектин и др.), с клетками крови и с паренхимой органов на основе обратных связей. Результаты этого анализа свидетельствуют о том, что в процессе репаративной регенерации проявляется единство воспаления, регенерации и фиброза, которые по существу являются неразрывными компонентами целостной тканевой реакции на повреждение [106, 116].

Воспаление состоит из трех последовательных фаз: альтерации, экссудации, пролиферации. Воспаление и регенерация разделены условно, все фазы по времени накладываются друг на друга: в первые сутки после повреждения уже начинается пролиферация фибробластов, а экссудация и инфильтрация, постепенно уменьшаясь, остаются практически до окончания заживления.

Фаза альтерации, или повреждения ткани, это инициальная фаза воспаления, которая проявляется различными видами дистрофий и некроза. В эту фазу происходит выброс медиаторов воспаления клеточного (тканевого) и плазменного (гуморального) происхождения, а также антимедиаторов (синтезирующихся в макрофагах, тучных клетках, эозинофилах, базофилах, фибробластах) воспаления, предупреждающих избыточное накопление или прекращение действия медиаторов. Соотношение медиаторов и антимедиаторов воспаления во многом определяют особенности воспалительного процесса. Медиаторы клеточного происхождения связаны с эффекторными клетками: лейкоцитами, базофильными

лейкоцитами (которые вырабатывают серотонин, гистамин), тромбоцитами (продуцирующими лизосомальные ферменты), полиморфно-ядерными лейкоцитами (содержащими большое количество лейкокининов, катионных белков и нейтральных протеаз), макрофагами (выбрасывающими свои IL-1, IL-3, IL-6) и лимфоцитами (продуцирующими IL-2). С активацией медиаторов клеточного происхождения происходит запуск плазменных медиаторов (представители калликреиновой, свертывающей, противосвертывающей систем), что приводит к повышению проницаемости микрососудов: они усиливают фагоцитоз, обладают бактерицидным действием, включают иммунные механизмы, регулируют пролиферацию и дифференцировку клеток, направленных на восстановление утраченной ткани [69, 106, 116, 149].

Следующая фаза – экссудация, которая быстро следует за альтерацией и протекает в несколько стадий. Начальная стадия характеризуется реакцией микроциркуляторного русла с нарушением реологических свойств крови. Воспалительная гиперемия обуславливает повышение температуры и покраснение воспаленного участка. В очаге воспаления лимфатические сосуды переполнены лимфой и лейкоцитами, происходит стаз в посткапиллярах, венулах и лимфатических сосудах, что нарушает отток крови и лимфы, приводящий к повышению сосудистой проницаемости на уровне микроциркуляторного русла, которую обеспечивают эндотелиальные клетки, продуцирующие простагландины, факторы активации тромбоцитов, оксида азота и ряд других цитокинов. Состояние сосудистой проницаемости, глубина ее повреждения в значительной мере определяют тканевые изменения, своеобразие форм воспаления. Одновременно с повышением проницаемости сосудов происходят повреждение и слущивание эпителия, способствующие образованию микротромбов. Все эти реакции обеспечивают экссудацию в ткани и полости жидкой части плазмы и способствуют завершению образования экссудата и воспалительного клеточного инфильтрата. Выпот жидкой части крови, диапедез эритроцитов ведут к появлению в пораженной ткани воспалительной жидкости – экссудата. Накапливаясь в тканях, экссудат увеличивается в объеме и приводит к сдавлению нервных окончаний и

появлению боли, которую при воспалении связывают с действием плазменных медиаторов воспаления [55, 69, 106, 116].

Белки экссудата составляют более 2% его объема. Степень проницаемости стенки сосуда влияет на выход в ткань различных белков, при небольшом повышении через сосудистый барьер проникают в основном альбумины, при высокой степени проницаемости – крупномолекулярные белки, в частности фибриноген [65]. Поэтому в одних случаях в экссудате преобладают нейтрофилы, во-вторых – лимфоциты, моноциты и гистиоциты, в-третьих – эритроциты. Скопление в тканях клеток экссудата, а не жидкой его части, называется воспалительным клеточным инфильтратом, содержащим как гематогенные элементы, так и гистиогенные элементы [116].

Завершающая фаза воспаления - пролиферация (размножение) клеток, направленная на восстановление поврежденной ткани. В очаге воспаления размножаются и созревают местные тканевые элементы, преимущественно соединительнотканые. При размножении клеток наблюдают клеточную дифференцировку и трансформацию: В-лимфоциты дают начало образованию плазматических клеток; моноциты - гистиоцитам и макрофагам (источник образования эпителиоидных и гигантских клеток); Т-лимфоциты дифференцируются в различные формы – Т-хелперы, Т-супрессоры; камбиальные мезенхимальные клетки трансформируются в фибробласты, которые играют ведущую роль в росте и инволюции соединительной ткани [55, 106, 107, 116]. Грануляционная ткань начинает формироваться в виде отдельных очагов в дне раны. Эти очаги характеризуются интенсивным новообразованием капилляров, что делает грануляционную ткань легко кровоточащей, придает ей розово-красный цвет. При этом рост микрососудов в грануляционной ткани осуществляется синхронно с пролиферацией фибробластов. Это объясняется тем, что на рост эндотелия и фибробластов воздействуют одинаковые факторы, секретлируемые тромбоцитами, макрофагами, Т-лимфоцитами и другими клетками. На различных этапах пролиферации фибробластов образуются белок коллаген и гликозаминогликаны, агрофильные и коллагеновые волокна, межклеточное

вещество соединительной ткани. Завершает пролиферацию созревание и фиброзно-рубцовая трансформация грануляционной ткани, начинающаяся с ее глубоких слоев. Происходит регрессия большинства капилляров с образованием артериовенозных анастомозов. Причем рост эпителия и созревание грануляционной ткани взаимосвязаны, протекают одновременно и приводят к эпителизации грануляционной ткани. Пролиферация клеток в очаге воспаления способствует возмещению утраченных тканей – репарации. Однако дифференцировка пролиферирующих эпителиальных структур возможна лишь при созревании и дифференцировке соединительной ткани [55, 106, 107, 116].

Заживление ран происходит по типу репаративной регенерации. Сроки заживления ран, его исход зависят от глубины раны. По Давыдовскому И.В. (1952) выделяют три основных типа заживления раны: первичным и вторичным натяжением, а также заживающие под струпом.

Первичным натяжением заживают раны с повреждением кожи, подлежащей ткани, причем края раны ровные. В первые сутки под влиянием протеолитических ферментов происходит частичный лизис сгустка крови, заполнявшего рану. Нейтрофилы погибают, им на смену приходят макрофаги, которые фагоцитируют эритроциты, остатки поврежденной ткани; в краях раны обнаруживается гемосидерин. На 4-5 сутки в краях раны появляется грануляционная ткань, представленная фибробластами и новообразованными капиллярами. На 7-10 сутки развивается зрелая грануляционная ткань с большим количеством тонких коллагеновых волокон, раневой дефект эпителизируется. По мере нарастания количества коллагеновых волокон увеличивается толщина образованного эпителия и наступает фаза рубцевания (12-30 сутки). В хирургической ране заживление первичным натяжением ускоряется так как ее края стягиваются нитями шовного материала, вокруг которых скапливаются рассасывающие их гигантские клетки инородных тел, не мешающие заживлению. Это наилучший тип заживления ран, происходит быстро, в течение 6-7 суток, не вызывает осложнений и функциональных нарушений. Молодой сформированный рубец гладкий, малозаметный [55, 139, 204, 294].

Заживление вторичным натяжением происходит после выраженного воспаления через нагноение и развитие грануляционной ткани. На месте раны возникают кровоизлияния, травматический отек краев раны, быстро появляются признаки демаркационного гнойного воспаления на границе с омертвевшей тканью, расплавление некротических масс. В течение первых 5-6 суток происходит отторжение некротических масс – вторичное очищение раны, и в краях раны начинает формироваться грануляционная ткань.

Заживление под струпом касается мелких дефектов (ссадины, ожоги I степени, намины) на слизистых оболочках, на поверхности которых быстро возникает подсыхающая корочка (струп) из свернувшейся крови и лимфы; эпидермис восстанавливается под корочкой, которая отпадает через 3-5 суток после ранения [55, 64, 106, 116].

Несмотря на различие раневых повреждений, фазы регенерации характерны для всех видов ран. Однако эти различия зависят от характера, размера, способа нанесения, инструмента, локализации, степени инфицированности раны [158].

Исследования по изучению механизма заживления ран при воздействии различных типов лазеров показали, что при воздействии высокоэнергетическим лазерным излучением на биоткани заживление ран имеет характерные особенности, заключающиеся в сокращении экссудативной фазы воспаления, развития асептического продуктивного воспаления, раннем формировании грануляционной ткани и отсутствии грубой рубцовой деформации в послеоперационном периоде. Эти положения явились морфологическим обоснованием широкого применения лазерного излучения в различных областях хирургии [30, 43, 44, 45].

Энергия лазерного излучения, воздействуя на биоткань, мгновенно трансформируется в термическую с исключительно высокой температурой, что приводит к чрезвычайно быстрому испарению межтканевой и внутриклеточной жидкости, а затем и сгоранию сухого остатка. Результатом этого является развитие коагуляционного некроза, лежащего в основе термического лазерного струпа, который в процессе своего формирования поглощает до 99% тепловой энергии и

является плотным биологическим барьером для проникновения микрофлоры. За его пределами микроскопически выявляется зона обратимых дистрофических изменений тканей и микроциркуляторных расстройств, которая макроскопически проявляется в виде венчика гиперемии. В процессе лазерного разреза в зоне коагуляционного термического некроза в кровеносных сосудах происходит коагуляция плазмы и форменных элементов крови и стенок сосудов с образованием коагуляционного гиалинового лазерного «тромба», закупоривающего просвет сосуда и обеспечивающего адекватный гемо- и лимфостаз. Диаметр коагулированных сосудов не превышает 0,3-0,5 мм [43, 44, 45, 72]. Гемостатический эффект излучения неодимового лазера объясняется большинством авторов термическим действием на ткани. По линии лазерного разреза формируется узкая зона коагуляционного некроза. При термическом воздействии лазерного излучения происходит не свертывание крови, а сокращение коллагена стенок сосудов и их констрикция [142, 292, 311], поэтому Nd:YAG-лазер с длиной волны 1064 нм успешно используется для лечения сосудистых поражений, кроме того характерное для этой длины волны излучение обладает высокой степенью поглощения гемоглобином [53, 292].

Минимальный объем термических повреждений, стерилизация раны, полный гемостаз способствуют снижению экссудативного компонента. Коагулированные лазерным излучением ткани не являются источником вазоактивных посредников в становлении и развитии экссудативной воспалительной реакции, при заживлении лазерных ран не отмечается нейтрофильной инфильтрации [33, 43, 44, 45, 62, 72, 101, 117].

1.2. Инструменты альтерации при хирургических операциях

Любая операция представляет собой достаточно сложную процедуру, на исход которой влияет множество факторов. Большое значение придается хирургическим инструментам, с помощью которых хирург производит различные оперативные вмешательства, связанные с удалением поражённых участков,

разъединением тканей, созданием удобного доступа к оперируемому органу и др. Количество различных хирургических инструментов достигает нескольких тысяч наименований. Хотя большинство инструментов, схожих по форме и назначению с современными, были созданы еще в XVI—XVIII веках. Стиль основных инструментов почти не изменился, а вот спектр новых инструментов продолжает расширяться. Безусловно, хирург должен обладать необходимыми знаниями и умением для успешного проведения операции, но ее успех зависит также и от качества используемых инструментов [122].

Травматизация тканей неизбежна при проведении хирургической операции. Общеизвестно, чем меньше ткани повреждены, тем проще и быстрее пройдет их репаративная регенерация. Операционная травма будет меньше, если хирург будет разъединять ткани вдоль анатомических структур, разъединяя каждый слой в отдельности под визуальным контролем, что предотвращает повреждение глубжележащих образований. Кроме того, малотравматичный подход определяется оптимальным выбором инструмента для нанесения разреза [50, 66, 122, 177].

При хирургическом вмешательстве для разъединения тканей применяются скальпели, ножи, ножницы, остеотомы, троакары, и др. Основным инструментом для рассечения мягких тканей является скальпель. Это самый острый инструмент хирурга, который мало претерпел изменений с древних времен. Скальпель состоит из лезвия, режущей кромки, кончика лезвия, обушка, шейки и рукоятки, может иметь цельную, комбинированную или разборную конструкцию. В цельной конструкции все части представляют собой одну цельную деталь. Их изготавливают из очень твердой стали, что позволяет длительно сохранять первоначальную острую заточку лезвия при использовании. Комбинированные скальпели – это одноразовые скальпели, состоящие из пластмассовой ручки к которой присоединяется плоское лезвие. В разборной конструкции на постоянную ручку крепят съёмное одноразовое лезвие с различными вариантами строения рабочей части. Разборные скальпели с одноразовыми лезвиями используют всё чаще, они вытесняют цельные скальпели [27, 41, 121, 258, 317].

Используемые в повседневной хирургической практике скальпели являются универсальными инструментами для послойного рассечения однородных тканей в разных локализациях. С помощью скальпеля возможно точное выполнение всех действий при разъединении тканей благодаря различным формам лезвия и величине угла заточки. Однако, кровотечение и лимфорей, сопровождающие разъединение тканей, затрудняют обзор операционного поля. Кроме того, образование гематом по линии рассечения в последующем может привести к развитию гнойно-воспалительного процесса. Так же к недостаткам относится высокий риск инфицирования режущей кромки инструмента, послеоперационный болевой синдром, образование грубых рубцов [12, 41, 128].

На сегодняшний день классические скальпели, без которых не обходится ни одна операция, не вполне устраивают современных хирургов, так как каждое оперативное вмешательство - это травмирование тканей данным инструментом. Стремление к малой инвазивности и снижению оперативной травмы диктует необходимость поиска менее травматичных инструментов альтерации.

Многие годы ученые проводили исследования в поисках эффективного способа остановки кровотечения во время операций. Обильное кровоснабжение челюстно-лицевой области при повреждении сосудов может способствовать массивной кровопотере, а в особо тяжелых случаях - неблагоприятному исходу операции вплоть до смертельного исхода пациента в результате кровопотери, не совместимой с жизнью.

Первое упоминание об использовании электрического тока для остановки кровотечения появилось в начале XIX века, это было начало электрокоагуляции. Впоследствии ученые более столетия проводили исследования по использованию электрического тока для остановки кровотечения и только к началу XX века, опираясь на научно-исследовательский опыт предшественников, Уильям Т. Бови создал первый полноценный электрохирургический аппарат, с помощью которого можно было проводить коагуляцию, разрезы. Затем, в 1968 году был изобретен первый портативный полупроводниковый электрокоагулятор и, начиная с этого времени, электрохирургические аппараты стали постоянно существенно

совершенствоваться. В начале 90 годов XX века был разработан и внедрен мониторинг соприкосновения пациента с электродом с целью уменьшения вероятности ожогов и других повреждений. Механизм воздействия электрокоагулятора на ткани основан на преобразовании электрической энергии в тепловую, при этом применяется переменный ток радиочастоты около 500 кГц (500000 колебаний в секунду). С 2000 года было разработано множество насадок для электрохирургических аппаратов, что позволяет проводить оперативное лечение пациентов в разных областях медицины: общей хирургии, онкологии, урологии, нейрохирургии, эндоскопии, гинекологии, дерматологии, сосудистой хирургии, стоматологии, отоларингологии, челюстно-лицевой хирургии и др. [154, 214, 240, 263, 315]. Однако несмотря на достоинства электрокоагуляции – простоту использования, уменьшение кровопотери, возможность применять в инфицированных тканях, – есть и недостатки: образование большой зоны повреждения тканей, выраженное воспаление и некроз тканей, возникновение аномальных путей движения токов, прилипание тканей к активному электроду и обрыв тканей [89]. Кроме того, электрокоагулятор коагулирует сосуды диаметром не более 0,5-1 мм, оперативное вмешательство сопровождается кровотечением, для его остановки необходимо увеличение мощности, которая приводит к широкому некрозу, обугливанию и замедляет регенерацию. При работе в общей хирургии применение электрокоагулятора ограничивается в связи с возможностью повреждения магистральных сосудов [8, 241].

В 60-70-х годах XX века появление ультразвуковой хирургической аппаратуры позволило поменять представление о возможности проведения бескровных операций. Ультразвуковой скальпель позволил одновременно коагулировать и рассекать ткани, его стали применять для удаления опухолей, рассечения тканей при выполнении первичной хирургической обработки раны, иссечении рубцов, обработки гнойно-воспалительных очагов, при выполнении пластических операций и др. По данным ряда авторов при использовании ультразвукового скальпеля значительно сократилось время кровотечения, по сравнению с электрокоагуляцией, которая позволяет эффективно коагулировать

сосуды диаметром не более 1 мм, ультразвуковой скальпель коагулирует сосуды от 3 до 8 мм в диаметре, глубина термического воздействия на подлежащие ткани не превышает 1,5 мм, что значительно меньше чем при работе электрокоагулятором [140, 162]. Также отмечено, что ультразвуковой скальпель обладает выраженном антимикробном и противовоспалительном действием, рассечение тканей происходит с меньшим кровотечением и без применения значительных физических усилий, в послеоперационном периоде значительно меньше интенсивность и продолжительность послеоперационного болевого синдрома, меньше сроки послеоперационной реабилитации пациентов [167, 186, 203, 312]. К недостаткам ультразвукового метода разъединения тканей относят возможное развитие профессионального поражения рук у хирурга по типу «вибрационной» болезни при длительной работе с ультразвуковыми инструментами, а также возможность повреждения рабочих частей инструментов, если при работе отклоняться от прямой линии разреза и нагружать ультразвуковой скальпель «на излом», к осложнениям можно отнести относительно большую кровопотерю по сравнению с другими методами: радиоволновой хирургией, холодно-плазменной хирургией, лазерной хирургией [41, 176]. К противопоказаниям относят наличие у пациента заболеваний сердечно-сосудистой системы или кардиостимулятора [108].

Последние десятилетия ученые в области клинической медицины разрабатывали и модернизировали различные методы оперативного вмешательства, желая создать максимально эффективные и минимально травматичные способы оперативного вмешательства. Большим шагом в этом направлении стало развитие радиоволновой хирургии. История использования радиоволн началась в 1973 году, когда американец, радиоинженер и стоматолог-хирург И. Элман обнаружил зависимость выраженности повреждения тканей от частоты воздействия на них электрическим током. Он доказал, что меньше всего повреждений приходится на частоту тока в диапазоне от 3,8 МГц до 4,0 МГц. Запатентовав аппарат для радиоволновой хирургии, он «дал жизнь» новому медицинскому термину «радиоволновая (радиочастотная) хирургия». Радионож (радиоволновой скальпель) мог осуществлять разрезы бесконтактно, методом

воздействия радиоволн на клетки кожи и слизистых оболочек без их разрушения. Эффект разреза достигается при помощи тепла, радиосигнал, передаваемый активным электродом, вызывает дегидратацию клеток и вследствие чего без нагрева электрода происходит рассечение тканей или коагуляция (зависит от формы волны). Установлено, что применение радиоволновых скальпелей не вызывает ожога и некроза окружающих тканей при разрезе в отличие от электрохирургических инструментов. Радиоволновые хирургические аппараты активно применяются в дерматологии, гинекологии, офтальмологии, общей хирургии, косметологии, челюстно-лицевой хирургии, стоматологии и др. [147, 214, 218, 223, 292, 298]. Однако радиохирurgia не позволяет полностью исключить термическое воздействие на ткани и вопрос о целесообразности и эффективности использования радиоволновой хирургии, как одного из высокотехнологичных методов рассечения тканей, остается открытым [209].

В след за радиоволновой хирургией широкое распространение в практической хирургии получил плазменный скальпель. Принцип работы плазменного генератора основан на использовании потока нейтральной аргоновой плазмы: в результате пропускания инертного газа через электрический разряд возникающий между двумя электродами газ (аргон) нагревается, происходит его ионизация и образуется факел плазмы, исходящий из выходного сопла манипулятора, при этом температура потоков варьируется от 3000 до 12000°C, в зависимости от выбранного режима работы и модификации установки. Применение плазменного скальпеля в разных областях хирургии возможно благодаря способности коагулировать, разделять и испарять биологические ткани. В многочисленных работах показаны преимущества плазменного скальпеля перед лазерным скальпелем и электроножом [234]. По данным проведенных исследований наряду с быстрым и эффективным рассечением осуществляется надежный гемостаз, при использовании мягкого зажима возможно заваривать сосуды до 6,0 мм в диаметре, глубина коагуляционного некроза в тканях не более 0,5 мм, кроме того, аргоновая плазма является носителем озона, который обладает широким спектром биорегуляторного воздействия, в послеоперационном периоде

снижается интенсивность послеоперационного болевого синдрома [199]. Но несмотря на ряд преимуществ, сроки эпителизации ран, период реабилитации остаются достаточно продолжительными, порядка 3-3,5 недель. В клинической практике плазменный скальпель применяется при выполнении различных хирургических вмешательств в абдоминальной и торакальной хирургии, колопроктологии, гинекологии, дерматологии, косметологии, челюстно-лицевой хирургии, онкологии и гнойной хирургии [178]. Ведутся исследования по адаптации аргоновой плазмы для лечения таких заболеваний как псориаз в дерматологии, хронический пародонтит в стоматологии [135].

С 70-х годов двадцатого столетия большое распространение получил малоинвазивный метод криохирургии при лечении опухолей мягких и костных тканей [160]. Этот метод находит широкое применение в онкологии, нейрохирургии, офтальмологии, дерматологии, гинекологии, урологии, оториноларингологии, стоматологии и др. [305]. Механизм воздействия криохирургических инструментов основан на быстром локальном замораживании криоагентом тканей организма за счёт разрушительной силы низкой температуры, в результате жидкость в живых клетках замерзает и образующиеся внутри клеток кристаллы льда их разрывают. Существуют два метода криохирургии: контактная с последующим удалением патологического очага и бесконтактная аэрозольная, когда криоагент распыляют над тканями. В качестве криоагента применяют жидкий азот, фреон-12, углекислый газ, аргон, закись азота. Преимуществами криохирургии являются относительная простота применения, нет необходимости предварительного обезболивания, бескровность операции, органотипическая регенерация тканей, возможность удаления патологически измененных тканей как поверхностно, так в глубоких слоях, отсутствие общей реакции организма на применение метода [99, 108, 161, 230, 271, 276]. К недостаткам криохирургического метода относят: повреждение соседних здоровых тканей, особенно опасно повреждение нервной ткани, различная степень деструкции тканей под действием одного и того же криоагента, возможность кровотечения в момент отторжения некротических масс, образование волдырей, отсутствие абластического эффекта,

парестезии, боль, относительно высокая вероятность развития перифокального воспаления после завершения манипуляции, образование рубцов [108, 152, 160, 266].

К концу 70-х прошлого столетия экспериментальным путем были выявлены свойства лазерного излучения, которые определили возможность использования его в клинической медицине. На сегодня в разных областях хирургии используют несколько десятков типов лазерных систем, работающих в разных диапазонах электромагнитного спектра (от инфракрасного до ультрафиолетового) [5, 14]. Свойства различных типов лазеров зависят от длины световой волны. Лазерное излучение способно рассекать биологические ткани, в большей или меньшей степени коагулировать их. Лазерный луч вызывает облитерацию кровеносных и лимфатических сосудов, обуславливая гемостатический эффект, минимально термическое воздействие на ткани, но достаточное для обеспечения асептичности раневой поверхности. Лазерные раны заживают быстрее, чем раны, нанесенные скальпелем или электроножом, минимальны боль и послеоперационный отек. Лазерный скальпель используется при проведении большого количества операций в разных областях хирургии: общей хирургии, гинекологии, офтальмологии, косметологии, дерматологии, пластической хирургии, челюстно-лицевой хирургии, стоматологии и др. [33, 46, 72, 115, 117, 124, 210, 213, 256, 282, 313, 314]. В настоящее время развитие лазерных технологий открыло новые возможности использования лазерного излучения при восстановлении целостности мягких тканей, а именно соединения краев раны с помощью лазерной «биологической» сварки, которая применяется во многих областях медицины. Для ускорения заживляющих процессов и лучшего соединения рассеченных краев раны до операции используют специальные лазерные припои, включающие в себя биологические материалы. Лазерная сварка обеспечивает ряд преимуществ относительно традиционных методов соединения биологических тканей (с использованием хирургических шовных материалов, например, иглы и нити). В частности, герметичность и стерильность раны, сосудистый анастомоз,

практически незаметные рубцы на местах швов, быстрое соединение тканей [191, 192, 229, 172, 286].

Новым направлением начала 70-х годов в различных областях хирургии является микрохирургия [145]. На протяжении многих лет решающим фактором, изменившим само понятие микрохирургии, был анастомоз, последовательно соединявший кровеносные сосуды и нервы малых размеров, позволивший переносить ткани из одной части тела в другую и повторно прикреплять отсеченные части [246]. В настоящее время, накопив богатый опыт, микрохирургические методики применяются хирургами различных специальностей: общая хирургия, офтальмология, ортопедия, гинекология, отоларингология, нейрохирургия, челюстно-лицевая хирургия, пластическая хирургия, стоматология и другими, при которых оперативные вмешательства проходят на малых анатомических структурах с использованием оптических средств, тончайшего шовного материала, специального и микрохирургического инструментария (микрохирургический скальпель, микрохирургические ножницы, микрохирургический пинцет и др.) [29, 183, 215, 224, 247]. Данный метод позволяет повысить техническое качество различных оперативных вмешательств и улучшить их результаты [39]. Однако в процессе подготовки микрохирургов возникает много трудностей, связанных с использованием специфического инструментария, обучения соответствующим техникам, работе с микрохирургическими инструментами и отработке мануальных навыков, так как созданные модели для отработки микрохирургических навыков имеют свои достоинства и недостатки, а их выбор остается предметом дискуссий [7].

1.3. Физические и биологические свойства излучения неодимового лазера

Создание лазеров в начале 60-х годов XX века относится к числу наиболее крупных открытий прошлого столетия, которое оказало существенное влияние на развитие нового направления – лазерной медицины, что вызвало большой интерес

среди врачей, биологов, биофизиков и других специалистов по использованию лазерного излучения как в научных целях, так и практической медицине [3, 10, 30, 52, 53, 63, 68, 96, 97, 132].

Начало создания лазерной теории принадлежит А. Эйнштейну, который, в начале XX обобщил понятие вынужденного излучения на квантовые системы. Спустя полвека, в 1960 году Т. Мейман сконструировал первый твердотельный лазер, где в качестве рабочего тела использовался кристалл рубина [14, 96]. Затем в 1961 году Эллисом Снитцером, работающим в Американской Оптической Компании, был сконструирован другой твердотельный лазер - на неодимовом стекле (Nd:YAG), который впервые был внедрен в хирургическую практику в 1965 году [285].

Наряду с иностранными исследователями у истоков лазерной физики стояли наши ученые. В первую очередь Фабрикант В.А., Бутаева Ф.А., Прохоров А.М. и Басов Н.Г. и др. И именно Прохоров А.М. и Басов Н.Г. за разработку нового принципа генерации и усиления радиоволн (создание молекулярных генераторов и усилителей) в 1959 году были удостоены Ленинской премии. В 1964 году им совместно с американским ученым Ч.Х. Таунсом за «фундаментальные работы в области квантовой электроники, которые привели к созданию генераторов и усилителей на лазерно-мазерном принципе», была присуждена Нобелевская премия по физике [42]. После присуждения Прохорову А.М. и Басову Н.Г. Нобелевской премии в 1964 году в отечественной стоматологии начались фундаментальные исследования по изучению биологического и лечебного действия лазеров в экспериментально-теоретическом отделе ЦНИИС, в результате совместно с СНО «Полюс» были разработаны и применены в практике лазерные установки «Скальпель» и «Ромашка» [114].

Аббревиатура "лазер" составлена из начальных букв английских слов «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation», что в переводе на русский язык означает: усиление света посредством вынужденного излучения или оптический квантовый генератор, который преобразует энергию накачки (световую,

электрическую, тепловую, химическую и др.) в энергию когерентного, монохроматического, поляризованного и узконаправленного потока излучения.

Когерентность является одним из важнейших понятий оптики и означает способность света проявлять интерференционные эффекты. Термин «когерентность», означает «связанность», т.е. согласованное протекание во времени нескольких колебательных или волновых процессов, при котором разность их фаз остается постоянной. Когерентность обусловлена вынужденным характером излучения, поэтому проявляет основное свойство лазера, представляющего упорядоченную структуру его излучения, т. е. степень близости светового поля к идеальной гармонической волне. Для электромагнитной волны существуют понятия пространственной и временной когерентности. Если разность фаз для любых точек волнового фронта в любой момент времени остается неизменной, то данная волна является полностью пространственно когерентной. Если в данной точке пространства на интервале времени фаза волны остается неизменной, то существует временная когерентность на интервале. Понятие временной когерентности связано с понятием монохроматичности излучения. Пространственная и временная когерентности являются независимыми характеристиками лазерного излучения [2, 3, 4, 129].

Монохроматичность - это излучение, имеющее достаточно узкий спектральный интервал, который характеризуется одной длиной волны или частотой. Монохроматичность лазерного излучения определяется двумя обстоятельствами: 1) усиление электромагнитной волны обусловлено спектральными свойствами активной среды; 2) строгая частота излучения лазера возможна только на резонансных частотах, определяемых геометрическими и спектральными параметрами резонатора. Если лазер работает в одной продольной моде (собственная частота лазерного резонатора) и его выходное излучение не изменяется во времени, то предел монохроматичности можно уменьшить до значения порядка 1-10 Гц (принцип работы лазера в непрерывном режиме). Для лазеров, работающих в импульсном режиме, минимальная спектральная ширина ограничивается величиной, обратной длительности импульса. Для повышения

добротности излучения лазера в резонаторе используют диспергирующий элемент, позволяющий изменять частоту выходного излучения [2, 3, 4].

Поляризация - это пространственное соотношение между направлением распространения светового луча и направлением колебания вектора напряженности электрического (или магнитного) поля, которые лежат в плоскости, перпендикулярной направлению распространения света, и ориентированы взаимно перпендикулярно относительно друг друга. Для лазера характерно линейное поляризованное состояние, когда колебания электрического вектора фиксированы строго в одном направлении, где электрическое поле колеблется в определенном (стабильном) направлении, перпендикулярном направлению распространения лазерного луча. Но есть случаи (например, для волоконных лазеров), где состояние поляризации является эллиптическим (наложение двух взаимно ортогональных, линейно-поляризованных световых волн с разными амплитудами) [2, 3, 5].

Направленность - это направление излучения, распространяющееся в пределах очень небольшого телесного угла. Лазер можно рассматривать как источник почти параллельных лучей с очень малой угловой расходимостью (величина потока излучения, приходящаяся на единицу телесного угла) на значительных расстояниях, что обеспечивает фокусирование лазерного пучка на объекте до размеров, соизмеримых с длиной волны лазерного излучения. Для лазерного пучка угловая расходимость составляет величину порядка 1 миллирадиана (1 мрад). Малая расходимость потока излучения позволяет при фокусировке получать очень высокие плотности светового потока [5].

Лазеры работают в трех основных режимах, которые обусловлены режимом работы источника накачки. Для непрерывного режима работы лазера характерна стационарная накачка, приводящая к стационарному режиму генерации, когда скорость накачки не зависит от времени, максимальная мощность не меняется, а средняя достигает максимальных значений. Импульсно-периодический режим - это нестационарный режим работы (четырёхуровневой и трёхуровневой) лазера, режим в котором работают большинство лазеров, когда импульс, имея максимальную мощность и не теряя скорости, повторяется за очень короткий

промежутки времени. При модулированном режиме меняется амплитуда излучения, максимальная мощность будет в несколько раз больше средней.

По типу состояния активной среды лазеры подразделяются на: твердотельные лазеры (на кристаллах или стеклах); газовые лазеры, лазеры на красителях, химические лазеры, полупроводниковые лазеры, лазеры на центрах окраски, лазеры на свободных электронах, рентгеновские лазеры. Для усиления света в активной среде создается накачка (инверсионная заселенность), которая в разных типах лазера осуществляется разными способами: в твердотельных лазерах – оптическим излучением лампы накачки или лазерными диодами, в газовых лазерах – тлеющим или дуговым разрядом [4, 67, 82].

Неодимовый лазер относится к твердотельным лазерам, в качестве активной среды используется или кристалл (YAG – иттрий – алюминиевый гранат), или стекло, в которое введены ионы Nd. Эффективность лазерной генерации на кристалле (YAG) принципиально выше, так как осуществляется по четырехуровневой схеме, которая обладает наибольшим значением сечения перехода и соответствует длине волны $\lambda = 1,064$ мкм. В силу большой теплопроводности и однородности кристаллы YAG:Nd позволяют работать лазеру, как в непрерывном режиме, так и импульсно-периодическом [2, 3].

Широкий спектр биологического действия лазерного излучения, общее – на различные системы и внутренние органы целостного организма и местное – на клеточные элементы ткани, обеспечивает возможность проведения высокоэффективной патогенетической многофакторной терапии стоматологических заболеваний [68, 96, 112, 127, 225].

Разные типы лазеров оказывают различное биологическое воздействие на ткани организма человека [97, 101, 179, 259]. В зависимости от оптических свойств ткани рассматривают следующие виды взаимодействия лазерного излучения и ткани: поглощение, отражение, рассеивание. Поглощение лазерного излучения тканью зависит от: характеристик ткани (пигментации, содержания воды), от длины волны, режима лазерного излучения. Отражение не оказывает терапевтического воздействия. В зависимости от угла падения луча, разницы показателей

преломления и структуры поверхности ткани, отражение может быть полным (зеркальное отражение света от поверхности, при котором луч, пришедший в одном направлении, отражается в другом направлении) и диффузным (характерным для матовой поверхности, когда падающий луч отражается в большом количестве направлений). Диффузное отражение характерно для микроскопически шероховатой поверхности, где излучение при отражении рассеивается во все стороны. Рассеивание в тканях является следствием неоднородности биологических тканей, при этом часть света может рассеиваться из ткани в обратном направлении (диффузное отражение) [3, 5, 52, 53, 67].

Длина волны играет важную роль для всех типов лазеров, применяющихся в процессе лечения. От нее зависят величины поглощения и рассеивания, определяющие глубину проникновения излучения. Длина сопоставима со спектром поглощения тканевых хромофоров (специфические акцепторы строго определенных длин волн светового излучения). Роль хромофоров может выполнять вода, гемоглобин, гидроксиапатит, пигментные отложения, белки. При поглощении света на хромофорах происходит преобразование света в тепло, что приводит к ослаблению излучения. Хромофоры определяют глубину проникновения света в биоткани и что особенно важно, объем, в котором выделяется энергия [10, 110].

Энергия Nd:YAG лазера слабо поглощается гидроксиапатитом, крайне мало поглощается водой. Основным хромофором для этого излучения является гемоглобин, поэтому поглощение в крови примерно в 20 раз больше, чем поглощение в воде [59, 67]. Значительно поглощается белковыми структурами, меланином и пигментными отложениями (пигментные отложения поверхности корня) [111, 113, 153, 174]. В зависимости от сложности структуры белки (аминокислоты, ферменты) способны реагировать на излучение ультрафиолетового, инфракрасного спектра. Под воздействием лазерного излучения повышается активность изоферментов, АСТ, ферментов цикла карбоновых кислот, что в свою очередь активизирует окислительно-восстановительные процессы, в тканях повышается содержание АТФ [245].

Фотобиомодулирующее действие Nd:YAG лазера на мягкие ткани повышает уровни TGF- β 1, PDGF-BB и IL-8, вследствие чего сокращаются сроки заживления ран [225].

Энергия Nd:YAG имеет большую глубину проникновения, приводя к сильному нагреву более глубоких слоев [174]. При воздействии на твердые ткани зуба повышение температуры может зависеть от направления дентинных канальцев: их направление перпендикулярно поверхности (параллельно лазерному лучу) способствует проникновению тепла [255]. В результате лазерного воздействия происходит оплавление и повторное отверждение дентина на глубине 50 мкм, значительное изменение в органическом и минеральном составе дентина, рекристаллизация [113, 141, 204, 260], бактерицидное воздействие на микрофлору пародонтального кармана [173, 256, 284], на стенку корневого канала при хроническом периодонтите приводящее к стерилизации канала корня зуба [114]. В отличие от скальпеля лазерное излучение осуществляет фотогидравлическое препарирование мягких тканей при отсутствии капиллярного кровотечения, что позволяет обрабатывать внутреннюю поверхность пародонтальных карманов бескровно, иссекать гипертрофированные участки десны [97].

Сравнительный анализ эффективности применения инструментов (SRP) для удаления твердых и мягких отложений и Nd:YAG лазера показал, что через 3 и 6 месяцев наблюдения комбинированное применение (SRP) и Nd:YAG лазера было более эффективно, выявлено снижение показателей противовоспалительных цитокинов интерлейкинов IL-1 β ($P < 0.05$) и TNF- α ($P < 0.05$), уменьшение глубины пародонтальных карманов по сравнению с использованием только (SRP) [134].

Для эффективного удаления сосудистых образований требуется источник света с длиной волны в диапазоне 900-1100 нм. Благодаря широким возможностям по управлению параметрами излучения – плотностью энергии, длительностью импульса и частотой повторения импульсов излучение Nd:YAG лазеров позволяет эффективно воздействовать как поверхностные, так и глубокозалегающие сосуды при лечении телеангиоэктазий, мальформаций [159, 163, 243, 251, 254, 257, 261].

При воздействии лазерного излучения увеличивается регионарное кровообращение за счет увеличения количества новых сосудистых коллатералей, что приводит к ускорению митозов в клетках и физиологической репаративной регенерации [189, 217].

При воздействии излучения лазера на патологические ткани происходит уменьшение интерстициального и внутриклеточного отека, за счет увеличения кровотока и интенсивного формирования кровеносных сосудов в тканях, что способствует уменьшению длительности фазы воспаления и уменьшает отек тканей. Уменьшение отека и напряжения тканей приводит к снижению рецепторной чувствительности и отсутствию боли [143].

1.4. Применение неодимового лазера в стоматологической практике

В клинической практике лазерные системы нашли широкое применение в лечении различных стоматологических заболеваний [1, 10, 60, 97, 132]. В многочисленных исследованиях показано преимущество лазерного излучения при нанесении раны в сравнении с режущим инструментом. При операциях с использованием лазерного излучения отмечено меньшее травмирование тканей, отсутствие кровотечения, селективное удаление патологически измененных тканей, сокращение времени операции, незначительные послеоперационные отек и боль, отсутствие грубых рубцов тканей [1, 33, 40, 61, 62, 67, 72, 101, 117, 120, 125, 131, 132, 193, 202, 210, 213, 256, 278, 282, 284, 314]. Показано, что лазерное излучение обладает выраженным противовоспалительным, бактерицидным, бактериостатическим действием, стимулирует тканевой иммунитет и процессы регенерации [225, 283].

В литературе имеются многочисленные работы по эффективному применению таких стоматологических лазеров, как эрбиевый, углекислотный, диодные. Намного меньше работ по применению неодимового лазера. Это объясняется тем, что он разработан физиками не так давно, поэтому результатов клинических, лабораторных и экспериментальных исследований недостаточно для

обоснования эффективности его применения в клинике. Необходимо также определить оптимальные режимы работы на мягких тканях, определить показания и противопоказания к применению излучения неодимового лазера.

Результаты исследований, полученные отечественными и зарубежными учеными, свидетельствуют о нерешенных вопросах, которые требуют ответа и диктуют необходимость проведения дальнейших исследований.

Выполненные исследования с помощью сканирующей электронной микроскопии показали, что при воздействии излучения Nd:YAG лазера на стенку корневого канала происходит оплавление дентина и более полное удаление инфицированных тканей, что обеспечивает герметичное пломбирование канала корня зуба [260]. В работе Pozza D.H. (2009) при сравнительной оценке лазерного воздействия на резецированную поверхность зуба в эксперименте, самая низкая проницаемость красителя отмечена при сочетанном применении Er:YAG и Nd:YAG лазеров. Это позволяет использовать Nd:YAG лазер в качестве инструмента для запечатывания дентинных канальцев [141, 146, 201, 273, 275], приводящего к морфологическим изменениям, при лечении гиперчувствительности зубов [173, 185, 200, 244, 246, 307]. Исследования *in vivo* подтверждают наличие таких морфологических изменений [232, 237, 239, 248].

Излучение Nd:YAG лазера, работающего в импульсном режиме, проникает латерально от канала корня на глубину до 1000 мкм (1мм) и по радиусу 1 мм, за счет высокой пиковой мощности (до 5 кВт) и дает эффект стерилизации более, чем на 99%, периапикальных тканей без открытия верхушки канала, присутствует феномен неорганического плавления и запечатывания каналов – эффект остекления стенки канала. Измерение на поверхности корня зуба после 45 секундной процедуры стерилизации при частоте 15 Гц и мощности 1,5 Вт показало увеличение температуры до 38С°, что не превышает физиологическую норму [113, 277].

Степанов А.Н. (2003) сообщил об успешном применении Nd:YAG лазера при лечении хронических форм периодонтита. После воздействия лазерного излучения на стенку корневого канала при хроническом гранулематозном периодонтите в 98,8

% случаев, при хроническом фиброзном и гранулирующем периодонтите роста микроорганизмов не отмечалось в 100% случаев. В литературе описано позитивное действие излучения Nd:YAG лазера при лечении апикального периодонтита [195].

При выполнении кюретажа в пародонтологии отмечены следующие особенности: стерилизация поверхности корня, стерилизация мягкотканого лоскута (на глубину до 0,5 мм) ввиду прямого бактериолиза (прямое поглощение лазерного излучения белковой оболочкой микрофлоры); последние исследования доказали, что глубина критического воздействия при операциях на мягких тканях при использовании импульса от 90 до 180 мкс не превышает 0,3 мм [113, 233].

Опубликованы данные об эффективности применения Nd:YAG лазера при лечении хронических форм пародонтита. Лазерное излучение, воздействуя непосредственно на налет и зубной камень, не контактируя с поверхностью зуба, позволяет тщательно удалять зубные отложения со всех участков корня, грануляции из пародонтальных карманов. При этом в ходе процедуры происходит бактерицидная обработка поверхности цемента корня зуба, также бактерицидное воздействие на патогенную микрофлору пародонтального кармана [173, 256, 284, 316]. Излучение Nd:YAG лазера оказывает антибактериальное действие на дентин и эмаль за счет испарения кариесогенных бактерий *St. Mutans*, *Lactobacilli* [222].

При использовании Nd:YAG лазера для лечения пародонтита уменьшается кровотечение при зондировании и глубина пародонтальных карманов, уровни провоспалительных цитокинов в десневой жидкости IL-1 β и TNF- α по сравнению с традиционным методом лечения [134]. Лазер в настоящее время стал рассматриваться как эффективный инструмент при лечении заболеваний пародонта. Отмечено, что при использовании излучения Nd:YAG лазера для обработки поверхностей корней зубов при лечении пародонтита, лазерное излучение усиливает прикрепление фибробластов, в результате восстанавливается соединительнотканное прикрепление к поверхностям корней зубов [171, 193, 267, 278, 284, 291, 295].

Nd:YAG лазер успешно применяется при лечении периимплантита. Лазерное воздействие не оказывает давление на поверхность имплантата, в отличие от

механического, при этом происходит бактерицидная обработка области имплантата и окружающих тканей, уменьшается воспаление, кровотечение при зондировании, убыль костной ткани в области имплантатов [133, 193, 194, 264, 268, 299, 301]. В экспериментальной работе *in vitro* в сравнительном аспекте для бактерицидной обработки поверхности имплантатов использовали диодный лазер с длиной волны 980 нм и Nd:YAG лазер с длиной волны 1064 нм в разных режимах работы с целью повышения эффективности лечения периимплантита. Оптимальным было излучение Nd:YAG лазера. При мощности 2,5 и 3,0 Вт происходит гибель 97,2% патогенной микрофлоры без повреждения поверхности имплантата [196]. Лазерное излучение за счет бактерицидного и биостимулирующего действия ускоряет заживление и регенерацию за счет деконтаминации пораженных тканей, модуляции или активации клеточного метаболизма в окружающих тканях [137].

В литературе есть сообщения о применении излучения Nd:YAG лазера для активации клеток. В одном исследовании, в котором в качестве модели перелома использовали перелом у крысы, были сообщения о том, что лазерное облучение способствовало более быстрому заживлению кости в области перелома [306]. В другом исследовании отмечено более раннее восстановление кости при костной пластике у крыс в экспериментах *in vitro*, излучение Nd:YAG лазера способствовало дифференцировке остеобластов, вызывало пролиферацию фибробластов и остеобластов [304].

В ортодонтической стоматологии проведенные исследования показывают, что под действием излучения Nd:YAG лазера остеобластоподобные клетки активируют гены, связанные с метаболизмом костной ткани, сочетая механическую стимуляцию и лазерное излучение, это приводит к снижению боли во время движения зуба, ускоряет движение зубов [303].

Ряд авторов изучали влияние на мягкие ткани излучение диодного лазера с длиной волны 808 нм и KTP-Nd:YAG лазера с длиной волны 532 нм при проведении биопсии доброкачественных образований. По данным морфологического исследования авторами отмечен ряд преимуществ: бескровное

операционное поле, что позволило проводить процедуру так же людям с нарушениями свертываемости крови, улучшение визуальных характеристик препарата, так как повреждения границ разреза образца не влияли на его морфологические и структурные характеристики. Кроме того, для проведения операции требовалось меньшее количество анестезии и время заживления послеоперационной раны [283].

И.А. Диомидов и В.А. Виссарионов (2013) сравнили эффективность применения лазерного излучения Nd:YAG и KTP-Nd:YAG лазеров при лечении сосудистых аномалий челюстно-лицевой области. При лечении ангиодисплазий, а также при воздействии на гемангиомы с возвышением над окружающей кожей на 0,1 см более эффективным оказался KTP-Nd:YAG лазер. Напротив, наилучшие результаты при лечении гемангиом, возвышающихся над окружающей кожей на 0,2 см были получены у пациентов, у которых применяли Nd:YAG лазер. Кроме того, опубликованы данные эффективного лечения сосудистых образований капиллярного и венозного типа излучением Nd:YAG лазера, в том числе путем введения световода в полость образования [26, 72]. Об успешном применении Nd:YAG лазера при лечении сосудистых мальформаций полости рта сообщили Mederiros Jr. R. и соавт. (2015), во всех случаях наблюдали полное разрешение очагов поражения после лазерного лечения, минимальный дискомфорт пациента и удовлетворительные эстетические результаты. Так же преимущество Nd:YAG лазера показано и в других работах, Использование Nd:YAG лазера при лечении венозных пороков развития полости рта, в том числе и у пациентов с неоперабельными венозными пороками развития полости, может быть альтернативным методом, легкое или умеренное рубцевание в 15% и 5% случаев это было наиболее распространенное осложнение [163, 261, 282].

Paria G. и соавторы (2015) сравнили интраоперационные преимущества квантового молекулярно-резонаторного аппарата и Nd:YAG лазера при хирургических операциях в полости рта. Оценивали такие параметры как скорость разреза, время вмешательства, интраоперационное кровотечение, количество швов, комплаентность пациента. Несмотря на то, что излучение Nd:YAG лазера

более медленно рассекает слизистую оболочку рта пациента, по сравнению с квантовым скальпелем, оно имеет преимущество при операциях – обеспечивает хорошую видимость и гемостаз, квантовый скальпель позволяет очень быстро рассекать мягкие ткани без значительного повышения температуры, но существует большой риск кровотечения и необходимость в наложении швов. Менее интенсивная послеоперационная боль, наблюдаемая у пациентов, оперированных с помощью лазерного излучения, может быть связана с возможным биомодулирующим эффектом Nd:YAG лазера [195]. При лечении мягких бородавок (фиброэпителиальный полип, фиброэпителиальный невус) полости рта наилучшие результаты были выявлены при использовании Er:YAG, CO₂, Nd:YAG и диодного лазеров, более травматичным оказался электрохирургический скальпель [259].

В литературе описана процедура фотобиомодуляции Nd:YAG лазером в области донорской зоны на небе после забора свободного десневого трансплантата. Фотобиомодуляцию проводили на донорскую зону сразу после забора трансплантата и затем каждые 24 часа в течение 4 дней после процедуры, по данным авторов после лазерного воздействия отмечено повышение уровней TGF- β 1, PDGF-BB и IL-8, ускорение сроков заживления ран [225]. В экспериментальных исследованиях при влиянии на фибробласты десны излучения Nd:YAG лазера длиной волны 1064 нм с плотностью энергии: 2,6 Дж/см², 5,3 Дж/см², 7,9 Дж/см² и 15,8 Дж/см² было выявлено, что применяемые дозы лазерного облучения способствовали более высокой пролиферации клеток в течение 48 часов по сравнению с контрольной группой. В рамках данного исследования излучение Nd:YAG лазера способствовало индуцированию пролиферации десневых фибробластов и регуляции секреции EGF (эпидермального фактора роста) [196].

С помощью лазера возможно проведение различных стоматологических манипуляций. В последнее время ряд авторов сообщает об успешном применении Nd:YAG лазера для гингивэктомии, иссечении коротких уздечек губ, пластики преддверия полости рта, иссечении слизистого капюшона над зубом [251, 279, 313]. Преимуществом проведения операций на мягких тканях неодимовым лазером

является отсутствие в необходимости наложения швов и возможность прогнозировать положение краев раны в послеоперационном периоде [59, 60]. Также преимуществом является небольшая глубина коагуляционного некроза после контурирования тканей лазерным излучением, поэтому нет смещения краев раны после операции. При лазерной френулоэктомии минимально интраоперационное кровотечение, не накладывают швы, что способствует значительному сокращению времени операции по сравнению с традиционной хирургией [221, 251].

Интерес врачей-клиницистов к использованию неодимового лазера для работы на мягких тканях связан со способностью лучей поглощаться гемоглобином, меланином и незначительно водой, обеспечивая бескровную, малотравматичную операцию. Опубликованы данные об эффективности применения Nd:YAG лазеров при открытом двухстороннем синус-лифтинге [274].

По данным группы авторов лазеры могут использоваться для открытия дентальных имплантатов при двухэтапной технике установки. Проведённое исследование *ex vivo* показало, что использование лазеров с рекомендуемыми параметрами не создает риска опасного повышения температуры тканей и имплантатов, термодпары зафиксировали наименьшее повышение температуры для Er:YAG и KTP-Nd:YAG лазеров, Nd:YAG и диодный лазеры показали аналогичные увеличения, характеризующиеся более высокими значениями [184].

В литературе описано применение Nd:YAG лазера при иссечении доброкачественных образований полости рта. При использовании Nd:YAG лазера при хирургическом лечении пиогенных гранулем в полости рта было отмечено положительное влияние лазерного излучения: минимальное кровотечение во время операции с последующим сокращением времени операции, стабильный послеоперационный гемостаз, комфортное состояние пациентов [182, 227].

Лазерная хирургия предполагает альтернативное решение за счет селективного разрушения тканей с минимальными рисками для пациентов. Nd:YAG лазер эффективен при лечении вирусных бородавок благодаря глубокой проникающей способности лазерного излучения и низкого риска пигментации кожи [210].

Излучение Nd:YAG лазера эффективно при лечении папилломатозных разрастаний, отмечено комфортное послеоперационное состояние, отсутствие рецидивов заболевания [170].

В ряде работ описано эффективное удаление папиллом, фибром, невусов, родинок. Высокая эффективность Nd:YAG лазера обусловлена очень хорошей коагуляционной способностью и широкой возможностью передачи лазерного излучения с помощью стекловолокна в труднодоступные места полости рта. Отмечено отсутствие рецидивов заболевания [180, 198, 206, 265, 268, 314].

На практике для хирургического лечения не редко применяется одновременно несколько лазеров. Так для лечения травматических рубцов на коже лица описано эффективное использование Nd:YAG лазера в сочетании с абляционным Er:YSGG лазером [269].

Лазерные технологии все чаще применяются в хирургической стоматологии, в том числе и в лечении предраковых заболеваний слизистой оболочки рта [115, 259].

При использовании углекислотного и Nd:YAG лазеров для хирургического лечения лейкоплакии слизистой оболочки рта показан положительный результат, хотя достоверной разницы между двумя методами получено не было, минимальная боль и отек побочных эффектов не отмечали [166].

В публикациях зарубежных авторов описано эффективное лечение красного плоского лишая слизистой оболочки рта с помощью неодимового лазера, характеризующееся в уменьшении послеоперационного отека и боли, ускорения сроков заживления [115, 138, 211, 226].

Таким образом, обзор литературы показал, что по сравнению с другими хирургическими методами лечения лазерное воздействие на мягкие ткани полости рта высокоэффективно. Спектр хирургических вмешательств в хирургической стоматологии достаточно большой. Так же много и медицинских лазеров, которые постоянно совершенствуются благодаря развитию науки и техники. Для повышения эффективности хирургических вмешательств с помощью лазерного излучения в хирургической стоматологии применяют лазеры с различными

длинами волн и режимами работы, чтобы репаративная регенерация мягких тканей полости рта была оптимально приближена к физиологической с целью достижения функционального и косметического результата. Однако фундаментальных исследований по изучению взаимодействия излучения неодимового лазера с длиной волны 1064 нм с биологическими тканями крайне мало и требует глубокого изучения для решения вопроса о целесообразности его применения при хирургическом лечении пациентов со стоматологическими заболеваниями.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу научной работы положены принципы доказательной медицины при разработке и обосновании концепции применения неодимового лазера для повышения эффективности хирургического лечения пациентов с заболеваниями слизистой оболочки рта и красной каймы губ, а также для повышения эффективности лечения пациентов с периимплантатным мукозитом и эффективного проведения у них профессиональной гигиены полости рта с безопасным использованием лазерных технологий. Диссертационная работа проведена в период с 2015 по 2021 год, включает экспериментальные и клинические исследования. На первом этапе проведены три эксперимента:

- 1) исследование влияния лазерного воздействия на регенерацию слизистой оболочки рта лабораторных животных (кроликов) по данным морфологических и биохимических методов исследования;
- 2) изучение гемостатического эффекта лазерного излучения и его влияния на сосуды (биомодель – сосуды ушных раковин кролика) по данным морфологического метода исследования;
- 3) изучение воздействия излучения неодимового лазера в сравнительном аспекте с другими лазерами на поверхность дентальных имплантатов различных систем методом электронной микроскопии.

На втором этапе проводили клинические, биохимические и термометрические исследования для оценки эффективности хирургического лечения пациентов со стоматологическими заболеваниями полости рта. При этом результаты лечения с использованием неодимового лазера сравнивали с таковыми при традиционном использовании режущих инструментов.

Исследование одобрено этическим комитетом ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

2.1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальные исследования проводили в Центральной виварии Научно-технологического парка биомедицины ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), морфологическое исследование в ФГБУ «ГНЦ ЛМ ФМБА России», биохимическое исследование на кафедре биологической химии в ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава России.

В ходе экспериментальной работы исследования на лабораторных животных проводили в соответствии с: правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных (приказ Минздрава СССР №755 от 12.08.1977); Федеральным законом №52 от 24.04.1995 «О животном Мире», положением об юридических и этических принципах медико-биологических исследований» (бюллетень ВАК Минобразования России. 2002. №3 с. 77–75); соблюдением международных рекомендаций Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях от 18.03.1986, требованиями Европейской конвенции по защите лабораторных животных.

Было проведено два эксперимента на животных. Основной целью экспериментального исследования явилось изучение воздействия неодимового лазера с различными параметрами излучения на регенерацию мягких тканей животных для обоснования и оптимизации параметров лазерного излучения с последующими рекомендациями использования в клинике.

Характеристика групп экспериментальных животных

В первом и втором экспериментах объектом исследования были половозрелые кролики мужского пола породы Шиншилла массой от 2,5 до 4,0 кг в количестве 78 особей. Кролики находились в виварии, их содержание соответствовало правилам лабораторной практики, при проведении доклинических исследований в РФ (ГОСТ Р50258-92, ГОСТ 351000.3-96 и 51000.4-96).

Перед оперативным вмешательством животных взвешивали и рассчитывали количество вводимых препаратов. Выполняли премедикацию и наркоз комбинацией препаратов «Рометар» (3мг/кг массы животного) и «Золетил» (5мг/кг массы животного), адекватный оперативному вмешательству. Препараты применяли однократно, в форме раствора для инъекций, внутримышечно. Все животные были распределены на две серии эксперимента в соответствии с видом дефекта: на слизистой оболочке рта кролика; на коже ушной раковины кролика, данные представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Распределение лабораторных животных для исследования в зависимости от вида хирургического инструмента и зоны воздействия

	Хирургический инструмент	Группы исследования	Зона воздействия	Метод исследования	(n)
I эксперимент	лазер Nd:YAG	3 группы	слизистая оболочка	морфологический	35
	скальпель	1 группа		биохимический	18
II эксперимент	лазер Nd:YAG	3 группы	сосуды ушной раковины	морфологический	25
Общее (n)	78				

2.1.1. Эксперимент №1.

Исследование влияния лазерного воздействия на регенерацию слизистой оболочки рта лабораторных животных (кроликов) по данным морфологического и биохимического методов исследования

Для изучения воздействия излучения Nd:YAG лазера на регенерацию слизистой оболочки рта кроликов было использовано 53 кролика-самца породы Шиншилла. Все животные были распределены на 4 группы исследования по виду хирургического инструмента. Для оценки морфологических и биохимических изменений в зоне деструкции лазерное воздействие осуществляли на интактную

ткань - слизистую оболочку рта экспериментальных животных. Раневую поверхность формировали на слизистой оболочке рта кролика с соблюдением правил асептики под наркозом.

У животных **1-й группы** (n=53) иссечение фрагмента слизистой оболочки рта проводили стандартным хирургическим скальпелем.

У животных **2-й группы** (n=53) раневую поверхность на слизистой оболочке рта формировали излучением Nd:YAG лазера с параметрами работы: энергия 40 мДж, длительность импульса 350 нс (режим «short»), частота импульса 40 Гц, мощность 1,6 Вт, время экспозиции 5 секунд.

У животных **3-й группы** (n=53) раневая поверхность была сформирована излучением Nd:YAG лазера с параметрами работы: энергия 60 мДж, длительность импульса 350 нс (режим «short»), частота импульса 40 Гц, мощность 2,4 Вт, время экспозиции 5 секунд.

У животных **4-й группы** (n=53) раневая поверхность в той же локализации была сформирована излучением Nd:YAG лазера с параметрами работы: энергия 80 мДж, длительность импульса 350 нс (режим «short»), частота 40 Гц, мощность 3,2 Вт, время экспозиции 5 секунд. Данные представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Распределение лабораторных животных в эксперименте №1

Сроки выведения животных из эксперимента	Группы исследования				Животные (n)
	1 гр. Скальпель	2 гр. Nd:YAG 1,6 Вт	3 гр. Nd:YAG 2,4 Вт	4 гр. Nd:YAG 3,2 Вт	
1-е сутки	11	11	11	11	11
3-е сутки	11	11	11	11	11
5-е сутки	5	5	5	5	5
7-е сутки	11	11	11	11	11
10-е сутки	5	5	5	5	5
14-е сутки	5	5	5	5	5
21-е сутки	5	5	5	5	5
Биоптаты (n)	212				53

В условиях экспериментальной операционной (Рисунок 1а) с соблюдением правил асептики и антисептики иссечение слизистой оболочки нижнего левого края щеки проводили хирургическим скальпелем №15С, раневая поверхность в области верхнего левого края слизистой оболочки щеки была сформирована излучением Nd:YAG лазера мощностью 1,6 Вт (Рисунок 1б).

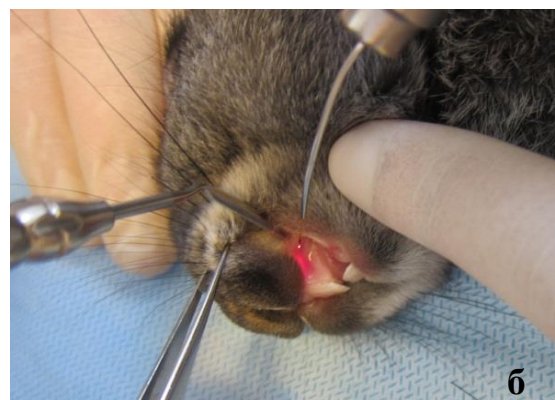
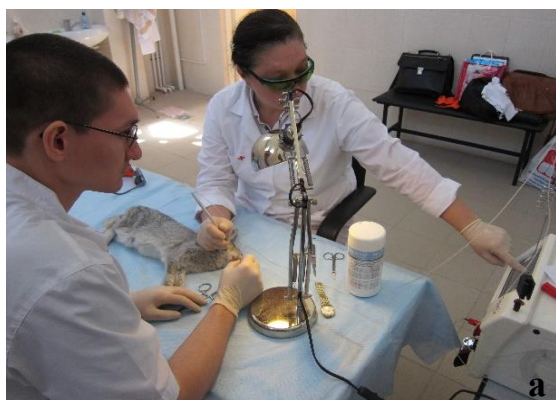


Рисунок 1 – Эксперимент на лабораторных животных (кроликах):
 а – установка режима параметров работы лазера
 б – лазерное воздействие на слизистую оболочку щеки неодимовым лазером мощностью 1,6 Вт

С противоположной стороны в области верхнего правого края слизистой оболочки щеки раневая поверхность была сформирована излучением Nd:YAG лазера мощностью 2,4 Вт, в области нижнего правого края слизистой оболочки щеки излучением Nd:YAG лазера мощностью 3,2 Вт. Животных выводили из эксперимента введением избыточной дозы «Золетила» с соблюдением правил эвтаназии на 1-е, 3-и, 5-е 7-е, 10-е, 14-е и 21-е сутки после операции. Макропрепараты слизистой оболочки отправляли на морфологическое исследование на 1-е, 3-и, 5-е 7-е, 10-е, 14-е и 21-е сутки, на биохимическое исследование на 1-е, 3-и и 7-е сутки.

Морфологическое исследование биоптата мягких тканей экспериментальных животных

Забор биоптатов слизистой оболочки рта кроликов проводили в послеоперационной области в зоне сформированных лазерных дефектов.

Фрагменты ткани расправляли и фиксировали швами на полосках фотобумаги, которые маркировали в зависимости от принадлежности левой или правой стороны и даты операции.

Подготовленные образцы тканей фиксировали в нейтральном 10% формалине, затем образцы заливали в парафин, стандартные гистологические срезы толщиной 4-5 мкм окрашивали гематоксилином и эозином. Полученные макропрепараты оценивали визуально. Микропрепараты просматривали на микроскопе Олимпус ВХ 51, фотографировали с помощью видеокамеры «Sony» и программы Launch Cam View.

***Биохимические исследования биоптата слизистой оболочки рта
(содержание ЛДГ, АСТ, ЩФ, интерлейкинов -1 β , -6, 10)
экспериментальных животных***

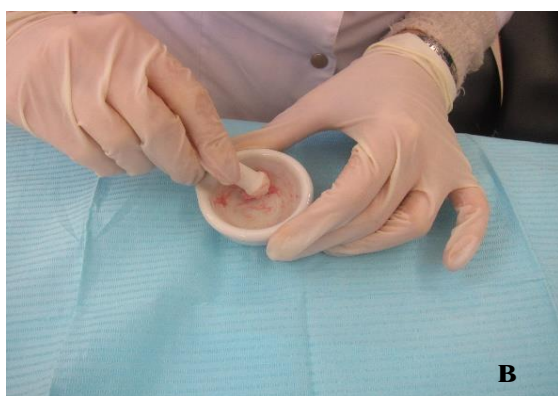
Иссеченный в области лазерных дефектов фрагмент слизистой оболочки щеки кроликов (Рисунок 2а) взвешивали на электронных весах SCALE (Рисунок 2б), затем гомогенизировали в охлажденной фарфоровой ступке с кварцевым песком 1:1 с добавлением 0,5 М 0,9% раствора трис-НСI буфера (рН=7,3) (Рисунок 2в). Полученный гомогенат центрифугировали в центрифуге «PRGF SYSTEM III» (Рисунок 2г) в течение 30 минут при 1000 об/мин (Рисунок 2д). В полученной надосадочной жидкости методом иммуноферментного анализа (ИФА) определяли активность лактатдегидрогеназы (ЛДГ), аспартатаминотрансферазы (АСТ), щелочной фосфатазы (ЩФ) в МЕ/мин·г ткани и содержание интерлейкинов: И-1 β , И-6, И-10 в пг/мг ткани («Вектор-Бест-Европа», Россия) (Рисунок 2е).



а



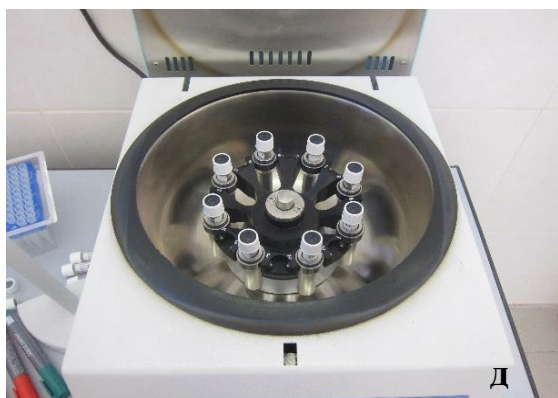
б



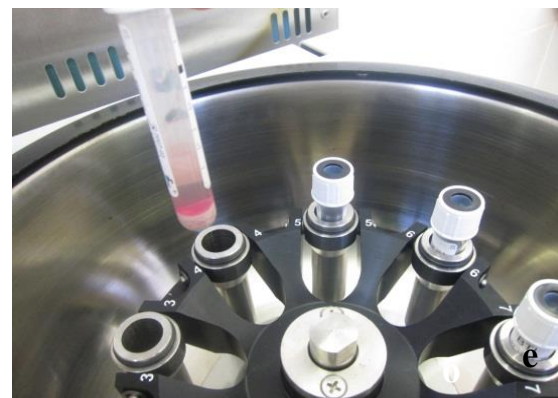
в



г



д



е

Рисунок 2 – Подготовка биоптата для биохимического исследования:
 а – иссечение биоптата слизистой оболочки рта кролика в зоне лазерного воздействия
 б – взвешивание образца слизистой оболочки рта кролика
 в – приготовление гомогената в охлажденной фарфоровой ступке
 г – центрифуга «PRGF SYSTEM III»
 д – положение пробирок с гомогенатом в центрифуге
 е – полученная надосадочная жидкость в пробирке после центрифугирования гомогената

2.1.2. Эксперимент №2.

Изучение гемостатического эффекта лазерного излучения и его влияния на сосуды (биомодель - ушные раковины кролика) по данным морфологического метода исследования

В эксперименте №2 изучали воздействие излучения Nd:YAG-лазера на гемостаз и кровеносный сосуд ушной раковины кроликов, т.к. визуализация сосудов ушной раковины позволяет точнее определить происходящие изменения в сосуде. Для оценки морфологических изменений в зоне деструкции лазерное воздействие осуществляли на здоровые ткани экспериментальных животных: артерии и вены ушных раковин кроликов. В опыте было использовано 25 кроликов-самцов породы Шиншилла. Все животные были распределены на 3 группы исследования в зависимости от параметров излучения. Воздействие проводили с соблюдением правил асептики под наркозом.

У животных **1-ой группы** (n=25) на сосуды было применено излучение Nd:YAG лазера с энергией 40 мДж, длительностью импульса 350 нс (режим «short»), частотой 25 Гц, мощностью 1,0 Вт, время экспозиции 5 секунд.

У животных **2-ой группы** (n=25) на сосуды воздействовали излучением Nd:YAG лазера с энергией 50 мДж, длительностью импульса 350 нс (режим «short»), частотой 40 Гц, мощностью 2,0 Вт, время экспозиции 5 секунд.

У животных **3-ой группы** (n=25) применяли излучение Nd:YAG лазера с энергией 80 мДж, длительностью импульса 350 нс (режим «short»), частотой 50 Гц, мощностью 4,0 Вт, время экспозиции 5 секунд. Данные представлены в Таблице 3.

В условиях экспериментальной операции с соблюдением правил асептики и антисептики с помощью подсветки на левой ушной раковине кролика находили кровеносный сосуд, затем световод Nd:YAG-лазера располагали на расстоянии 1 мм от обрабатываемой поверхности с кровеносным сосудом и воздействовали излучением мощностью 1,0 Вт (Рисунок 3а), затем на другой сосуд мощностью 2,0 Вт и на третий сосуд – 4,0 Вт, время воздействия - 5 секунд (Рисунок 3б).

Таблица 3 – Распределение лабораторных животных во II-ой серии эксперимента

Сроки выведения животных из эксперимента	Группы исследования			Животные (n)
	1 гр. Nd:YAG 1,0 Вт	2 гр. Nd:YAG 2,0 Вт	3 гр. Nd:YAG 4,0 Вт	
1-е сутки	10	10	10	5
3-е сутки	10	10	10	5
7-е сутки	10	10	10	5
14-е сутки	10	10	10	5
21-е сутки	10	10	10	5
Биоптаты (n)	150			25

На правой ушной раковине также с помощью подсветки находили кровеносный сосуд, световод Nd:YAG-лазера располагали на расстоянии 1 мм от обрабатываемой поверхности с кровеносным сосудом и воздействовали в течение 5 секунд излучением мощностью 1,0 Вт, на другой сосуд – мощностью 2,0 Вт и на третий сосуд – 4,0 Вт.

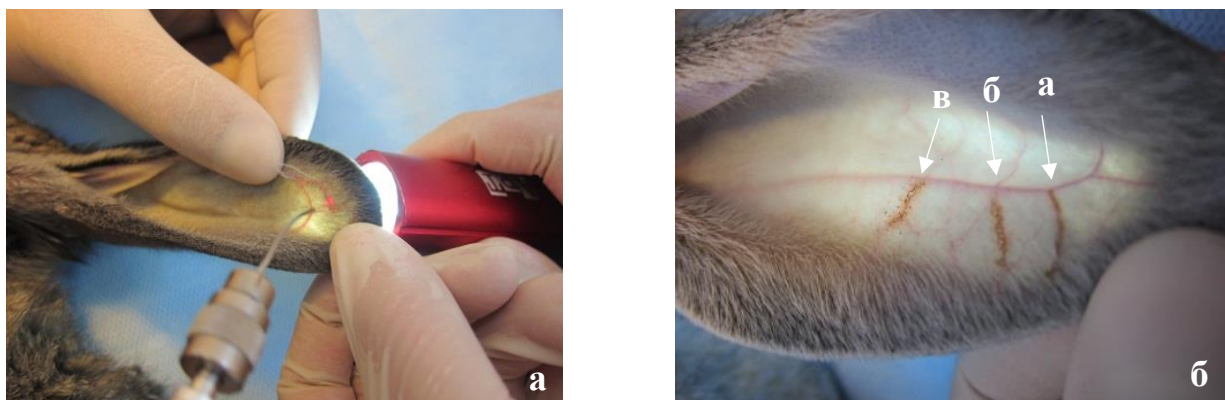


Рисунок 3 – Лазерное воздействие на кровеносный сосуд левой ушной раковины ND:YAG лазером:
 а – лазерное воздействие мощностью 1,0 Вт
 б – вид левой ушной раковины кролика после воздействия ND:YAG лазера на кровеносные сосуды мощностью: 1,0 Вт (а), 2,0 Вт (б), 3,0 Вт (в)

Морфологическое исследование биоптата ушных раковин экспериментальных животных

Фрагменты ткани кожи с сосудами правой и левой ушных раковин в области дефектов иссекали, фиксировали швами на полосках фотобумаги, на которую

наносили маркировку в зависимости от параметров лазерного воздействия и даты операции (Рисунок 4а).

Подготовленные образцы тканей фиксировали в нейтральном 10% формалине (Рисунок 4б). Затем образцы заливали в парафин, стандартные гистологические срезы толщиной 4-5 мкм окрашивали гематоксилином и эозином. Полученные макропрепараты оценивали визуально. Микропрепараты просматривали на микроскопе Олимпус ВХ 51, фотографировали с помощью видеокамеры «Sony» и программы Launch Cam View.

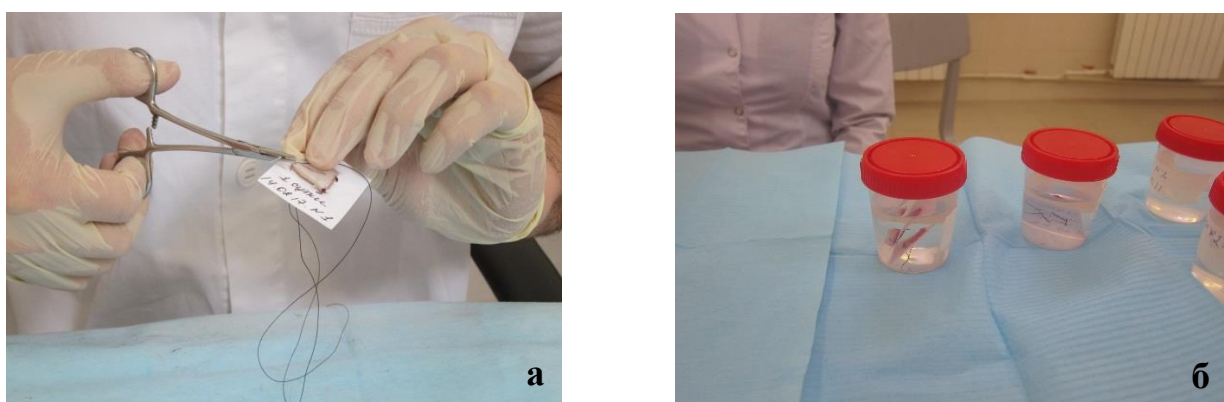


Рисунок 4 – Подготовка биоптата для морфологического исследования:
 а – фиксация биоптата на маркированной фотобумаге
 б – образцы тканей, зафиксированные в 10% формалине

2.1.3. Эксперимент №3.

Изучение влияния лазерного излучения разной длины волны на микрорельеф поверхности дентальных имплантатов различных систем с помощью сканирующей электронной микроскопии

Исследование влияния лазерного излучения на микрорельеф поверхностей имплантатов в эксперименте проведено с помощью сканирующего электронного микроскопа LEO 1420 VP (Германия) и стоматологических лазерных систем Er:YAG «Smart 2940D plus» и Nd:YAG «Smarti A10» ДЕКА (Италия) с длиной волны 2940 нм и 1064 нм соответственно; CO₂ лазера «Smart US20D» ДЕКА (Италия) с длиной волны 10600нм; KTP-Nd:YAG лазера «Smart Lite» ДЕКА

(Италия), с длиной волны 532нм; лазерного аппарата ЛСП «ИРЭ-Полус» (Россия), с длиной волны 970нм (Рисунок 5).



Рисунок 5 – Лазерные системы:
 Nd:YAG «Smarti A10» DEKA (а), Er:YAG «Smart 2940D plus» DEKA (б),
 CO₂ «Smart US20D» DEKA (в), ЛСП «ИРЭ-Полус» (Россия) (г),
 KTP-Nd:YAG «Smart Lite» DEKA (д)

Объектами для проведения исследования послужили дентальные имплантаты систем: «OsseoSpeed, Astra Tech» (Astra Tech, Мельндаль, Швеция), «Biotech» (Экс-ан-Прованс, Франция), «Liko» (Москва, Россия), «Nobel Active» (Nobel Biocare, Гетеборг, Швеция), «Xive TG» (Dentsply friadent, Майнгейм, Германия), «Dentium» (Dentium Co, Сеул, Корея) (Рисунок 6).

Дизайн исследования

Образцы дентальных имплантатов распределили на 5 групп исследования в зависимости от способа воздействия, данные представлены в Таблице 4.

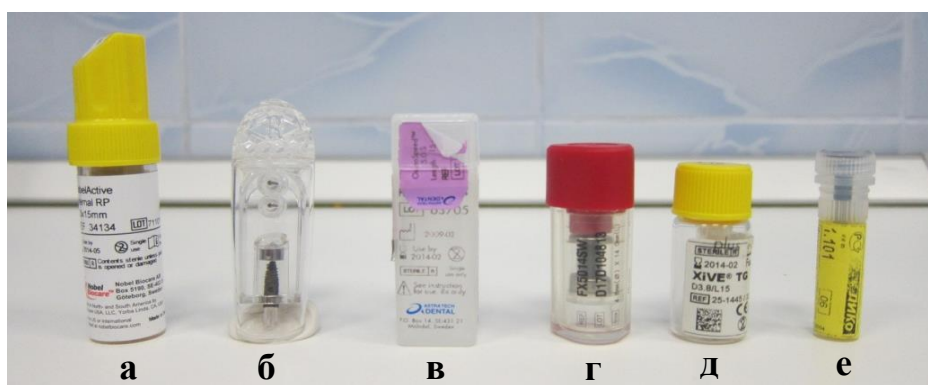


Рисунок 6 – Образцы дентальных имплантатов: «Nobel Active» (а), «Biotech BIS-Conic» (б), «OsseoSpeed, Astra Tech» (в), «Dentium» (г), «Xive TG» (д), «Liko» (е)

Таблица 4 – Распределение образцов систем дентальных имплантатов по группам исследования в зависимости от способа воздействия

Тип лазера Имплантат	Nd:YAG		КТП- Nd:YAG		Er:YAG		CO ₂		ИРЭ-полос	
	1Вт	2Вт	1Вт	2Вт	1Вт	2Вт	1Вт	2Вт	1Вт	2Вт
Группа	№1		№2		№3		№4		№5	
Подгруппа	№1а	№1б	№2а	№2б	№3а	№3б	№4а	№4б	№5а	№5б
«OsseoSpeed, Astra tech»	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
«Biotech BIS-Conic»	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
«Liko»	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
«Nobel Active»	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
«Xive TG»	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
«Dentium»	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Всего	60									

Первая группа была разделена на подгруппы **1а** и **1б** в зависимости от режимов работы Nd:YAG лазера.

Подгруппа № 1а. С помощью излучения Nd:YAG лазера с параметрами энергии 25 мДж, частотой импульса 40 Гц, мощностью 1,0 Вт, тип импульса «very short» 350 мкс, воздействовали на поверхности дентальных имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech», «Biotech BIS-Conic», «Liko», «Nobel Active», «Xive TG», «Dentium» точно в течение 1 секунды.

Подгруппа № 1б. С помощью излучения Nd:YAG лазера с параметрами энергии 40 мДж, частотой импульса 50 Гц, мощностью 2,0 Вт, тип импульса «very short» 350 мкс, воздействовали на поверхности дентальных имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech», «Biotech BIS-Conic», «Liko», «Nobel Active», «Xive TG», «Dentium» точно в течение 1 секунды.

Вторая группа была разделена на подгруппы **2а** и **2б** в зависимости от режимов работы КТП-Nd:YAG лазера.

Подгруппа № 2а. С помощью излучения КТП-Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт в режиме повторяющихся импульсов воздействовали на поверхности дентальных имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech», «Biotech BIS-Conic», «Liko», «Nobel Active», «Xive TG», «Dentium» точно в течение 1 секунды.

Подгруппа № 2б. С помощью излучения КТР-Nd:YAG лазера мощностью 2,0 Вт, в режиме повторяющихся импульсов воздействовали на поверхности дентальных имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech», «Biotech BIS-Conic», «Liko», «Nobel Active», «Xive TG», «Dentium» точно в течение 1 секунды.

Третья группа была разделена на подгруппы **3а** и **3б** в зависимости от режимов работы Er:YAG лазера.

Подгруппа № 3а. С помощью излучения Er:YAG лазера с параметрами энергии 100 мДж, частотой импульса 10 Гц, мощностью 1,0 Вт, тип импульса «very short» 230 мкс, воздействовали на поверхности дентальных имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech», «Biotech BIS-Conic», «Liko», «Nobel Active», «Xive TG», «Dentium» точно в течение 1 секунды.

Подгруппа № 3б. С помощью излучения Er:YAG лазера с параметрами энергии 200 мДж, частотой импульса 10 Гц, мощностью 2,0 Вт, тип импульса «very short» 230 мкс, воздействовали на поверхности дентальных имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech», «Biotech BIS-Conic», «Liko», «Nobel Active», «Xive TG», «Dentium» точно в течение 1 секунды.

Четвертая группа была разделена на подгруппы **4а** и **4б** в зависимости от режимов работы CO₂ лазера.

Подгруппа № 4а. С помощью излучения CO₂-лазера с мощностью 1,0 Вт, частотой импульса 10 Гц, тип импульса «PW» воздействовали на поверхности дентальных имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech», «Biotech BIS-Conic», «Liko», «Nobel Active», «Xive TG», «Dentium» (Рисунок 7) точно в течение 1 секунды (Рисунок 8).

Подгруппа № 4б. С помощью CO₂ лазера с мощностью 2,0 Вт, частотой импульса 50 Гц, тип импульса «PW» воздействовали на поверхности дентальных имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech», «Biotech BIS-Conic», «Liko», «Nobel Active», «Xive TG», «Dentium» точно в течение 1 секунды.



Рисунок 7 – Образец системы «Dentium» (Dentium Co, Сеул, Корея)



Рисунок 8 – Воздействие на поверхность дентального имплантата «Dentium» излучением CO₂ лазера «Smart US20D» мощностью 1,0 Вт

Пятая группа была разделена на подгруппы **5а** и **5б** в зависимости от режимов работы лазера ЛСП «ИРЭ-Полюс».

Подгруппа № 5а. С помощью излучения лазера ЛСП «ИРЭ-Полюс» с параметрами работы: длительность импульса 400 мс, длительность паузы 500 мс мощностью 1,0 Вт, в импульсном режиме воздействовали на поверхности дентальных имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech» (Рисунок 9, 10), «Biotech BIS-Conic», «Liko», «Nobel Active», «Xive TG», «Dentium» точно в течение 1 секунды.



Рисунок 9 – Образец системы «OsseoSpeed, Astra Tech»



Рисунок 10 – Воздействие на поверхность имплантата «OsseoSpeed, Astra Tech» излучением лазера ЛСП «ИРЭ-Полюс» мощностью 1,0Вт

Подгруппа № 5б. С помощью излучения лазера ЛСП «ИРЭ-Полюс» с параметрами работы: длительность импульса 400 мс, длительность паузы 500 мс мощностью 2,0 Вт, в импульсном режиме воздействовали на поверхности дентальных имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech», «Biotech BIS-Conic», «Liko», «Nobel Active», «Xive TG», «Dentium» точно в течение 1 секунды.

Методика сканирующей электронной микроскопии

Для изучения воздействия высокоинтенсивного лазерного излучения на микроструктуру дентальных имплантатов использовали метод сканирующей электронной микроскопии. Образцы после лазерного воздействия помещали на двухсторонний графитовый скотч, который другой стороной фиксировали на алюминиевый столик (Рисунок 11а). Алюминиевый столик с фиксированными образцами помещали в рабочую камеру сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) LEO 1420VP с системой микроанализа INCA Energy-350 (Oxford Instruments, Великобритания) (Рисунок 11б).



Рисунок 11 – Подготовка образцов для СЭМ:

а – образцы имплантатов, зафиксированные графитовым скотчем на алюминиевой столик

б – сканирующий электронный микроскоп LEO 1420 (VP)

Исследование микрорельефа проводили как во вторичных, так и в отраженных электронах при ускоряющемся напряжении 20кВ и разрешении ~ 3 нм.

Статистическая обработка результатов

Изучение полученных данных сканирующей электронной микроскопии проводили, опираясь на стандарт №4628 от 26.06.2006г ФГУП «Стандартинформ» (Оценка степени разрушения покрытий. Обозначение количества и размера дефектов и интенсивности однородных изменений внешнего вида). Изучали: степень вздутия (стандарт ISO 4628-2:2003 (R)), степень растрескивания (стандарт ISO 4628-4:2003 (R)), степень отслаивания (стандарт ISO 4628-5:2003 (R)). Определение интенсивности и количества дефектов при неоднородном разрушении производили по цифровой шкале в баллах от 0 до 5, где 0 баллов – отсутствие дефектов, от 1 до 4 баллов – промежуточные степени разрушения, 5 баллов – наличие сильного повреждения покрытия, данные представлены в Таблице 5. Бальную оценку разрушений микрорельефа поверхности имплантата после воздействия лазерного излучения выполняли сравнением с интактной поверхностью имплантатов.

Таблица 5 – Шкала баллов для определения степени разрушений микрорельефа поверхности имплантата при неоднородном разрушении

n/n	Балл	Количество дефектов (относится к испытываемой поверхности площадью 468x237мкм ²)
1	0	Нет, т.е. дефекты не проявляются
2	1	Очень малое, т.е. несколько едва заметных дефектов
3	2	Малое, т.е. значительное количество мелких дефектов
4	3	Среднее, т.е. среднее количество дефектов
5	4	Значительное, т.е. большое количество дефектов
6	5	Большое, т.е. сплошные дефекты поверхности

Оценку степени разрушения микрорельефа поверхности имплантата, количества и размеров изменений внешнего вида проводили с помощью оценки степени вздутия, растрескивания, отслаивания, которые приведены в Таблице 6.

Степень вздутия в соответствии с ИСО 4628-2 оценивали по количеству поврежденных участков и размеру точек вздутия, если визуализировались вздутия различных размеров исследуемой области, то в качестве показателя размера

вздутий приводили наибольший размер, встречающийся достаточно часто, чтобы считаться типичным.

Таблица 6 – Схема показателей для обозначения количества и размера вздутия, трещины, отслаивания на поверхности микрорельефа имплантата

Балл	Дефект	Количество	Размер
0	вздутие	Нет, т.е. отсутствие определяемых вздутий	Невидимые при увеличении
	трещина	Нет, т.е. отсутствие определяемых трещин	
	область отслаивания	Нет, т.е. отсутствие отслаиваний	
1	вздутие	Очень мало, т.е. небольшое, только в малой степени определяемое число вздутий	Видимые при увеличении
	трещина	Очень мало, т.е. небольшое, только в малой степени определяемое число трещин	
	область отслаивания	Очень мало, т.е. небольшое, только в малой степени определяемое число отслаиваний	
2	вздутие	Мало, т.е. небольшое, но существенное число вздутий	Едва видимые зрением с нормальной коррекцией
	трещина	Мало, т.е. небольшое, но существенное число трещин	
	область отслаивания	Мало, т.е. небольшое, но существенное число отслаиваний	
3	вздутие	Умеренное число вздутий	Ясно видимые зрением с нормальной коррекцией до 0,5 мкм
	трещина	Умеренное число трещин	
	область отслаивания	Умеренное число отслаиваний	
4	вздутие	Значительное число вздутий	Видимые от 0,5 мкм до 5 мкм
	трещина	Значительное число трещин	Широкие трещины шириной до 1 мкм
	область отслаивания	Значительное число отслаиваний	Видимые от 0,5 мкм до 5 мкм
5	вздутие	Плотная структура вздутий	Видимые свыше 5 мкм
	трещина	Плотная структура трещин	Очень широкие трещины шириной более 1 мкм
	область отслаивания	Отслаивание по всей поверхности	Видимые свыше 5 мкм

Степень растрескивания оценивали в соответствии ИСО 4628-4, если в области исследуемых поверхностей визуализировались трещины различных размеров, то в качестве показателя размера трещин приводили наибольший размер, встречающийся достаточно часто, чтобы считаться типичным.

Степень растрескивания оценивали в соответствии ИСО 4628-5, если в исследуемых областях определялись зоны отслаиваний различных размеров, то в качестве показателя размера приводили наибольший размер, встречающийся достаточно часто, чтобы считаться типичным.

Определение площади дефектов при неоднородном разрушении проводили с помощью программы Universal Desktop Ruler. Данная утилита позволяет измерить площадь повреждений любой фигуры и получить измерения в нужных единицах. Все измерения проводили в пикселях. Изначально в пикселях определяли общую площадь фотографии СЭМ, затем измеряли в пикселях площадь повреждений (Рисунок 12а, 12б). Все фотографии СЭМ брали с оптическим увеличением 200 мкм.

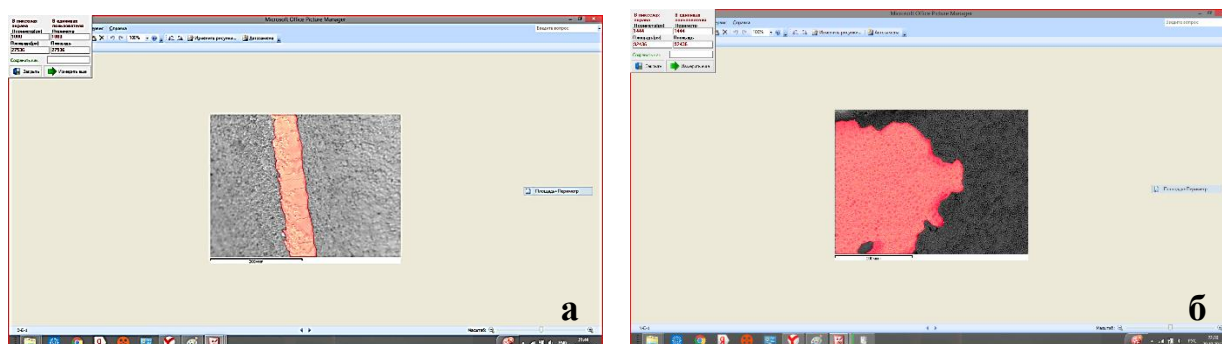


Рисунок 12 – Программа Universal Desktop Ruler:

- а – скан-копия измерения площади повреждения после воздействия излучением Er:YAG лазера на поверхность имплантата «Dentium» мощностью 1,0 Вт
- б – скан-копия измерения площади повреждения после воздействия излучением ND:YAG лазера на поверхность имплантата «Nobel Active» мощностью 1,0 Вт

Если на фотографии было выявлено более одного дефекта, то площадь каждого дефекта рассчитывали отдельно и суммировали (Рисунок 13).

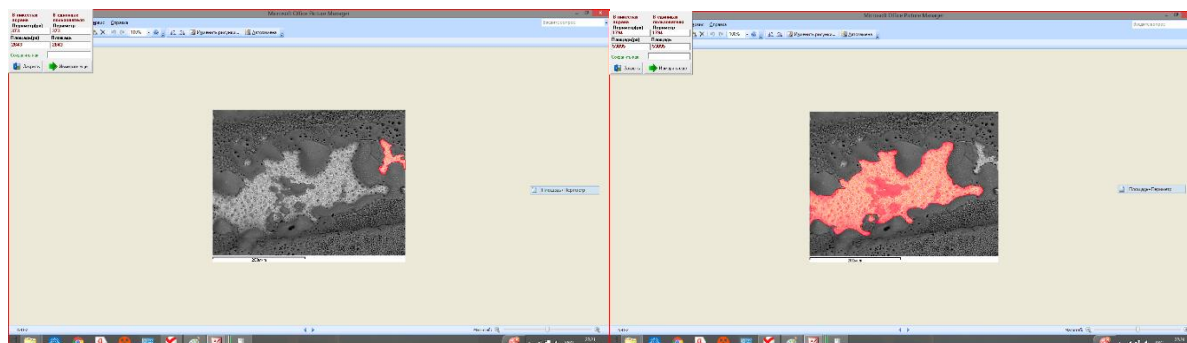


Рисунок 13 – Скан-копия измерения площадей отдельных повреждений после воздействия ЛСП «ИРЭ-Полюс» лазера на поверхность имплантата «Nobel Active» мощностью 2,0 Вт

Затем с помощью пропорции находили процентное соотношение площади повреждения (S_p) к площади интактной поверхности (S_o):

$$X = \frac{S_p \text{ (пиксель)} \times 100\%}{S_o \text{ (пиксель)}}$$

2.2. КЛИНИЧЕСКИЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ

Хирургическое лечение пациентов со стоматологическими заболеваниями полости рта проводили в отделении хирургической стоматологии Института стоматологии им В.В. Боровского ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Биохимическое исследование на кафедре биологической химии ФГБОУ ВО МГМСУ им А.И. Евдокимова Минздрава России.

2.2.1. Характеристика пациентов. Распределение пациентов по группам исследования

В отделении хирургической стоматологии Института стоматологии им. Е.В. Боровского ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) обследован 641 пациент со стоматологическими заболеваниями. Критерием включения в исследование пациентов было наличие стоматологического заболевания, требующего хирургического лечения. Критерием не включения в исследование было наличие сопутствующей патологии в стадии декомпенсации, психические заболевания, активные курильщики (более 10 сигарет в день). Критерием исключения было обострение сопутствующей патологии во время исследования, беременность, отказ от дальнейшего участия в исследовании.

По критериям включения в научную работу вошли 630 пациентов со стоматологическими заболеваниями, у которых были показания к хирургическому лечению в амбулаторных условиях.

Из 630 пациентов было 369 женщин и 261 мужчина в возрасте от 18 до 86 лет с различными стоматологическими заболеваниями полости рта, данные представлены в Таблице 7.

Таблица 7 – Распределение пациентов по заболеваниям (абс.,%)

Заболевания	Классификация МКБ-10	Мужчин		Женщин		Количество пациентов	
		абс.	%	абс.	%	абс.	%
<i>Патология десны и слизистой оболочки полости рта</i>							
Укорочение уздечки верхней и нижней губы, языка	Q38 Q38.6	6	0,9	34	5,4	40	6,3
Мелкое преддверие полости рта		11	1,8	23	3,7	34	5,5
Гипертрофия десны	K06.1	39	6,2	59	9,3	98	15,5
Гиперплазия слизистой оболочки полости рта вследствие раздражения	K13.6	-	-	3	0,5	3	0,5
<i>Воспалительные заболевания полости рта</i>							
Перикоронит в области третьих моляров	K00.7	34	5,4	12	1,9	46	7,3
Мукозит (периимплантатный)	K12.3	5	0,8	7	1,1	12	1,9
Удаление инородных тел	T18.0	3	0,5	15	2,4	18	2,9
<i>Новообразования и кисты полости рта</i>							
Папиллома	D10, D10.0,	47	7,5	55	8,7	102	16,3
Фиброма	D10.1 D10.3	45	7,1	51	8,1	96	15,2
Гемангиома	D18.0X	18	2,9	21	3,3	39	6,2
Фиброзные разрастания	K06.1	19	3,0	9	1,4	28	4,4
Папилломатозные разрастания	K06.1	9	1,4	2	0,3	11	1,7
Эпулис	K06.8	10	1,6	14	2,2	24	3,8
Мукоцеле слюнной железы	K11.6	23	3,7	14	2,2	37	5,9
<i>Предраковые заболевания полости рта</i>							
Лейкоплакия	K13.2	12	1,9	30	4,8	42	6,6
Общее количество пациентов		261	44,7	369	55,3	630	100

Для проведения исследования все пациенты были распределены на две группы методом случайной выборки и имели одинаковую возможность получить лечение с помощью высокоинтенсивного хирургического лазера или традиционным методом с помощью скальпеля (Таблица 8).

Таблица 8 – Распределение пациентов по группам исследования (абс.,%)

Группы исследования	Мужчины		Женщины		Всего пациентов	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
1 группа Nd:YAG лазер	133	21,1	182	28,9	315	50
2 группа Скальпель	128	20,3	187	29,7	315	50
Итого	261	41,4	369	58,6	630	100

В 1-ой группе было 315 пациентов (133 мужчины, 182 женщины), которых оперировали с помощью Nd:YAG-лазера. Во 2-ю группу вошли 315 пациентов (128 мужчин, 187 женщин), операции которым были выполнены традиционным методом с помощью скальпеля с лезвием №15С.

Пациенты обеих групп были 5 возрастных групп согласно рекомендациям ВОЗ: 18-45 молодой возраст, 45-60 средний возраст, 60-75 пожилой возраст, 75-90 старческий возраст, 90 и больше долгожительство. К возрастной группе 18-44 лет относились 174 пациента, из них: 41 пациент в возрастной группе 18-24 года и 133 пациента в возрастной группе 25-44 года. В возрасте 45-59 лет было 124 пациента. Наибольшее количество – 248 пациентов, - было в возрастной группе 60-74 года, причем женщин было в 2 раза больше чем мужчин. В старческой группе 75-90 лет было 84 пациента. Полученные данные представлены в Таблице 9.

Таблица 9 – Распределение пациентов в группах по полу и возрасту (абс.)

Группа исследования	Возраст и пол пациентов										Всего (абс.)	
	18-44 года (абс.)				45-59 года (абс.)		60-74 года (абс.)		75-90 года (абс.)		муж	жен
	18-24 года		25-44 года		муж	жен	муж	жен	муж	жен		
муж	жен	муж	жен	муж	жен	муж	жен	муж	жен	муж	жен	
1 группа Nd:YAG лазер	11	8	35	32	30	31	43	86	14	25	133	182
2 группа Скальпель	10	12	34	32	26	37	40	79	18	27	128	187
Всего	174				124		248		84		630	

Количество пациентов во обеих группах по возрастному и гендерному признаку было сопоставимо.

2.2.2. Стандартное стоматологическое обследование

На момент обращения пациента в Институт стоматологии им. Е.В. Боровского оформляли медицинскую карту стоматологического больного (форма №43/у Утверждена Минздравом СССР 04.10.1980г. №1030). Стоматологическое обследование включало субъективную и объективную оценку пациентов, включающую жалобы, сбор анамнеза заболевания, анамнеза жизни, обращали внимание на наличие соматических нарушений (сердечно-сосудистой, дыхательной и других систем) и возможных проявлений опухолевых заболеваний в общей структуре (кахексия, метастазы), аллергических реакций, в случае необходимости направляли на консультацию к специалистам узкого профиля, обращали внимание на выявление состояний, которые могут повлиять на проведение хирургического лечения и его исход. Пациенты (n=11) с сопутствующей патологией в стадии декомпенсации, беременные (I и III триместра), курильщики не были включены в исследование.

Наибольшее количество пациентов с соматическими нарушениями имели сердечно-сосудистые заболевания, а именно 159 пациентов (25,2%). В медицинской карте стоматологического больного также заполняли зубную формулу, данные стандартного стоматологического обследования, результаты дополнительных методов обследования. Помимо стоматологического обследования всем пациентам было предложено ответить на вопросы карты здоровья Института стоматологии им. Е.В. Боровского ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), учитывающей наличие сопутствующей патологии, аллергических реакций, инфекционных заболеваний и т.д. Стоматологический диагноз устанавливали в соответствии с действующей классификацией (МКБ-10). Все манипуляции осуществляли только после информированного согласия пациента, подписанного им и лечащим врачом в двух экземплярах. Обследование и лечение пациентов соответствовало Московским городским стандартам поликлинической медицинской помощи для взрослого населения.

Стандартное стоматологическое обследование проводили в стоматологическом кабинете по общепринятой методике с помощью стоматологических зеркала и зонда. Обращали внимание на наличие характерных симптомов заболеваний, перечисленных выше в Таблице 7, на функциональные и косметические нарушения. Лучевое обследование проводили пациентам по показаниям, в частности пациентам с эпюлисами, фиброзными разрастаниями, лейкоплакией, перикоронитом в области третьих моляров, одонтогенной инфекцией, с инородным телом в области верхней и нижней челюстей.

При обследовании пациентов с новообразованиями полости рта определяли локализацию, характер и вид поражения, форму и размер, при пальпации определяли консистенцию и подвижность новообразования, болезненность, а также реакцию регионарных лимфатических узлов.

У пациентов с воспалительными заболеваниями, а именно с перикоронитом в области третьих моляров обращали внимание на выраженность общих и местных симптомов: лихорадку, признаки интоксикации организма; регионарный отек, инфильтрацию мягких тканей, флюктуацию; гиперемию, выделение гноя из-под нависающей над третьим моляром слизистой оболочки, характер боли; положение третьего моляра на момент обследования; наличие контрактуры жевательных мышц, состояние регионарных лимфатических узлов.

Кроме того, при осмотре зубных рядов обращали внимание на состояние гигиены полости рта, состояние пародонта, наличие кариозных и некариозных поражений твердых тканей зубов, состояние пломб, наличие дефектов зубных рядов, наличие острых краев зубов. Следует отметить, что перед операцией при необходимости пациентов направляли на кафедру терапевтической стоматологии Института стоматологии им. Е.В. Боровского для лечения кариеса зубов и его осложнений, лечения некариозных поражений зубов, удаления зубного камня, сошлифовывания острых краев зубов и пломб, травмирующих язык и слизистую оболочку рта.

Перед операцией всем пациентам для ознакомления предоставляли памятку с информацией для пациента о хирургическом лазере и проводимом

исследовании. Оперативное вмешательство проводили только после подписания информированного согласия пациента самим пациентом и лечащим врачом в двух экземплярах.

2.2.3. Оценка интенсивности послеоперационной боли, выраженности коллатерального отека в послеоперационной области, сроков заживления послеоперационной раны

В послеоперационном периоде пациентам, которым проводили хирургическое лечение с использованием Nd:YAG лазера, не назначали антибактериальные, противовоспалительные, десенсибилизирующие препараты. При возникновении боли рекомендовали однократный прием нестероидных противовоспалительных препаратов (Кеторол®10 мг), для антисептической обработки полости рта ротовые ванночки 0,05% водным раствором хлоргексидина биглюконата 3 раза в день. С целью предотвращения развития послеоперационного коллатерального отека применяли местно наложение холода (лед) на 15-20 мин через каждые 2 часа в первые сутки после операции.

Оценка интенсивности послеоперационной боли. Оценку послеоперационной боли проводили по вербальной шкале **Verbal Descriptor Scale** [187] с учетом субъективных болевых ощущений пациента (Таблица 10). Интенсивность послеоперационной боли описывали определенными терминами в диапазоне от 0 (нет боли) до 10 (нестерпимая боль). Из предложенных вербальных характеристик боли пациенты выбирали ту, которая, по его мнению, более всего соответствовала интенсивности имеющийся у него боли. Если пациент(ка) испытывал(а) боль, которую нельзя охарактеризовать предложенными характеристиками, например, между слабой (2 балла) и умеренной болью (4 балла), то боль оценивали нечетным числом, которое находится между этими значениями (3 балла).

Интенсивность послеоперационной боли фиксировали на 1-е, 3-и и 5-е сутки после операции, полученные данные заносили в таблицу. Также обращали

внимание на дозировку принимаемых обезболивающих препаратов. Данные динамического наблюдения за каждым пациентом фиксировали в журнал регистрации первичных данных, после статистической обработки полученные результаты заносили в таблицу.

Таблица 10 – 10-балльная вербальная рейтинговая шкала боли (ВРШ)

Интенсивность боли	Баллы
Нет боли	0
Слабая боль	2
Умеренная боль	4
Сильная боль	6
Очень сильная боль	8
Нестерпимая боль	10

Оценка выраженности коллатерального отека. В послеоперационном периоде проводили визуальную оценку выраженности коллатерального отека на 1-е, 3-и и 5-е сутки, по степени выраженности отека судили об ответной реакции организма на альтерацию. Послеоперационный коллатеральный отек оценивали по степени выраженности в баллах:

0 баллов – отек отсутствует,

1 балл - отек слабовыраженный,

2 балла – отек умеренный,

3 балла – отек сильно выраженный.

Данные динамического наблюдения за пациентами записывали в журнал регистрации первичных данных, после статистической обработки вносили в таблицу.

Оценка сроков заживления послеоперационной раны. В послеоперационном периоде проводили осмотр и клиническую фотосъемку операционных ран на 1, 3, 7, 14, 30 сутки после операции. Отмечали наличие или отсутствие признаков воспаления, гиперемии окружающих тканей, состояние коагулированных тканей на поверхности раны после лазерного воздействия, обращали внимание на фиксацию йодоформного тампона после традиционного хирургического лечения. Кроме того, отмечали нарушение функции глотания, открывания рта, наличия

контрактуры жевательных мышц, реакцию регионарных лимфатических узлов в те же сроки исследования. Отмечали сроки заживления раны: эпителизацию и рубцевание.

По полученным данным результата осмотров, а также по клиническим фотографиям оценивали динамику заживления послеоперационной раны. Фотосъемку проводили с одинаковых ракурсов при помощи фотоаппарата Canon PC1565-NIB (Япония) в режиме макросъемка. Площадь раневой поверхности в динамике рассчитывали, как ее площадь к площади ортогональной проекции объемной фигуры на плоскость, форму проекции раны рассматривали как круг или эллипс (Рисунок 14).

Площадь круга раневой поверхности рассчитывали по формуле – $S = \pi R^2$ и выражали в $см^2$, площадь эллипса по формуле – $S = \pi ab$ и выражали в $см^2$, где R – радиус круга, a – длина большей полуоси эллипса, b – длина малой полуоси эллипса, число π – математическая константа $\approx 3,14$.

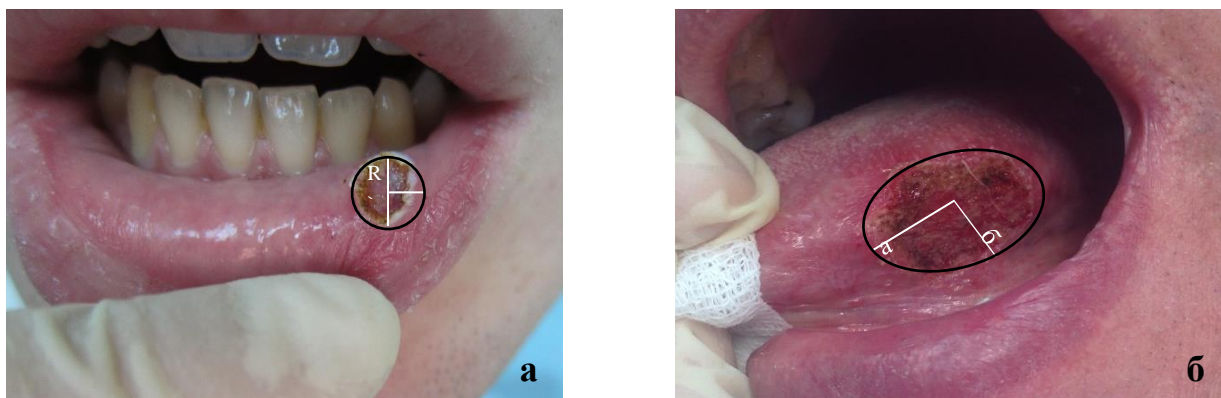


Рисунок 14 – Измерение площади раневой поверхности после лазерного иссечения образования:

а – на красной кайме нижней губы

б – на боковой поверхности языка

2.2.4. Методики проведения операций с использованием излучения неодимового лазера

Пациентам перед проведением хирургического вмешательства проводили обработку полости рта 0,05% водным раствором хлоргексидина биглюконата в

течении 1 минуты, затем делали местную анестезию анестетиком артикаинового ряда – Ультракаин® Д-С 1:200000 0,3-1,0 мл.

Френулопластика. Операция френулопластика проводится различными методами: рассечение уздечки, иссечение уздечки, перемещение места прикрепления уздечки. Выбор метода операции зависит от конкретной патологии прикрепления уздечки. Операцию проводят под инфильтрационной анестезией, уздечку верхней губы (Рисунок 15а, 15б) иссекают излучением Nd:YAG-лазера в режиме абляции с энергией 80 мДж, частотой 40 Гц, короткими импульсами 350 нс (режим «short»), мощностью 3,2 Вт (Рисунок 15в). Образовавшийся коагуляционный слой на раневой поверхности впоследствии покрывается фибриновым слоем, под которым проходит заживление раны (Рисунок 15г).



Рисунок 15 – Френулоэктомия:

а – укороченная уздечка верхней губы с частичным съемным протезом

б – вид уздечки до операции

в – иссечение уздечки верхней губы излучением Nd:YAG лазера

г – рана под коагуляционным слоем

Иссечение уздечки языка (Рисунок 16а) проводят под инфильтрационной анестезией излучением Nd:YAG лазера в режиме абляции при энергии 80 мДж, частоте 40 Гц, короткими импульсами 350 нс (режим «short»), мощностью 3,2 Вт (Рисунок 16б, 16в), оттягивая язык вверх и вперед во время операции. Под образовавшимся на раневой поверхности коагуляционным слоем, на котором впоследствии образуется фибриновый слой, происходит заживление раны. В случае глубокой послеоперационной раны накладывают швы (Рисунок 16г).

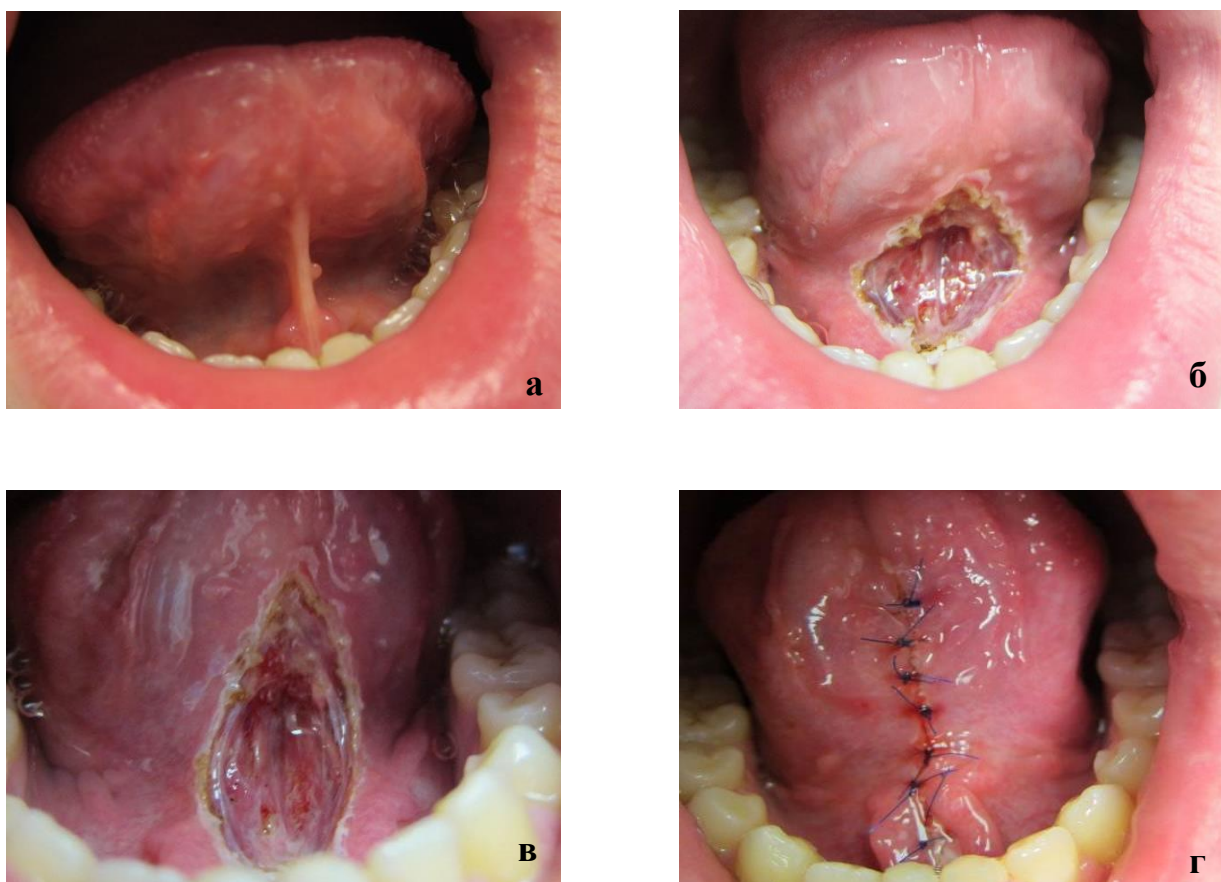


Рисунок 16 – Френулоэктомия:

а – укороченная уздечка языка

б – вид операционной области при иссечении уздечки излучением Nd:YAG лазера, диаметр световода 200 мкм

в – раневая поверхность под коагуляционной пленкой

г – рана ушита узловыми швами

Вестибулопластика. Операция вестибулопластика проводится при мелком преддверии полости рта (Рисунок 17а) под инфильтрационной анестезией излучением Nd:YAG-лазера в режиме абляции при энергии 60 мДж, длительности

импульса 350 нс (режим «short»), частоте импульса 40 Гц, мощности 2,4 Вт. С помощью лазерного излучения отсекают уздечку нижней губы от альвеолярной части нижней челюсти до переходной складки, затем лазерным лучом рассекают слизистую оболочку по переходной складке, углубляя преддверие полости рта на нужную глубину, одновременно отсекая мышцы от надкостницы во избежание рецидива мелкого преддверия. Раневая поверхность при этом покрывается слоем коагулированной ткани, которая впоследствии покрывается фибриновым налетом, под которым происходит заживление раны (Рисунок 17б).

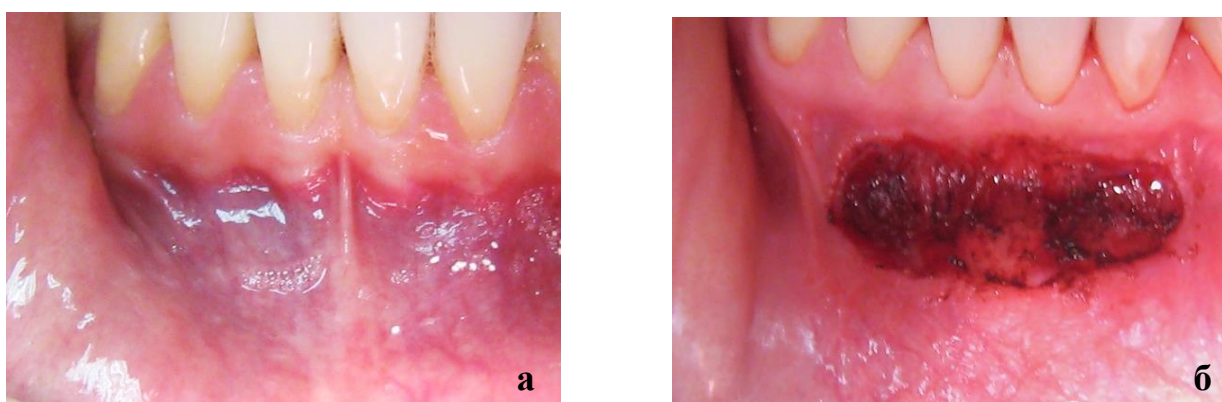


Рисунок 17 – Мелкое преддверие полости рта:

а – вид до операции

б – вид раны после вестибулопластики излучением Nd:YAG лазера,
диаметр световода 200 мкм

В ряде случаев, когда отслоение слизистой оболочки и супрапериостальное рассечение соединительнотканых тяжей проводят дополнительно в боковом отделе нижней челюсти (Рисунок 18), отслоенный лоскут слизистой оболочки фиксируют швами в определенном положении.

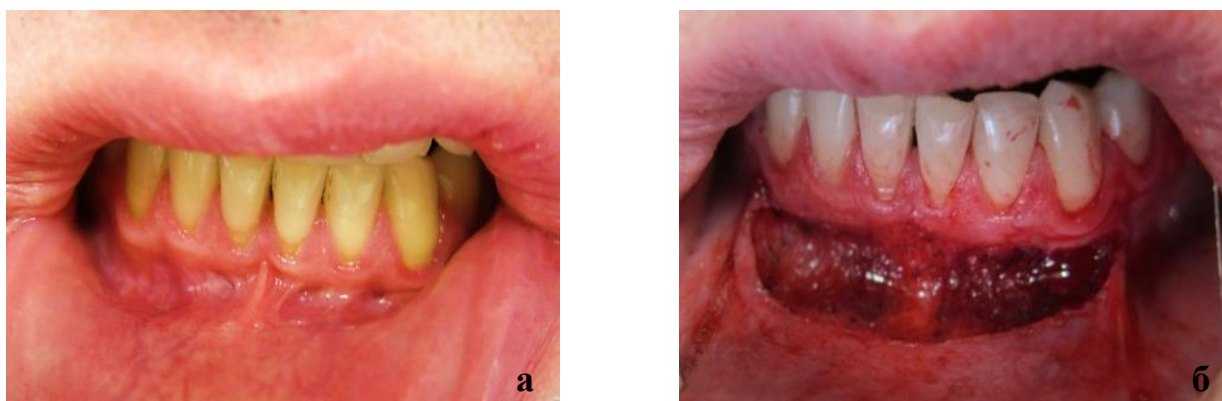


Рисунок 18 – Вестибулопластика:
 а – вид преддверия полости рта до операции
 б – вид полости рта после операции излучением Nd:YAG лазером, диаметр световода 200 мкм

Свободный край лоскута слизистой оболочки в глубине вновь сформированного преддверия подшивается по краям раневой поверхности к надкостнице (Рисунок 19а). Образовавшийся интраоперационно на раневой поверхности коагуляционный слой затем покрывается фибриновым налетом (Рисунок 19б). При этом преддверие углубляется на заданную глубину.

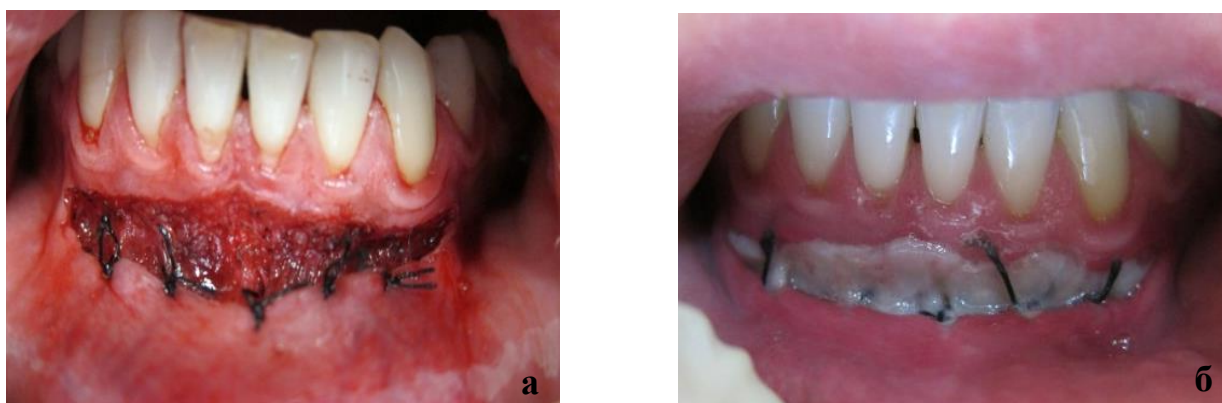


Рисунок 19 – Вестибулопластика:
 а – лоскут слизистой оболочки фиксирован узловыми швами
 б – раневая поверхность под фибриновым налетом на 3-и сутки после операции

Гингивэктомия. Операция гингивэктомия проводится с целью устранения гипертрофических разрастаний десневого края для обеспечения доступа при лечении зубов и достижения эстетического эффекта. Кроме того, гингивэктомиию

проводят с целью удлинения клинической коронки зуба перед ортопедическим лечением. Иссечение десны излучением Nd:YAG-лазера (Рисунок 20а) проводят под инфильтрационной анестезией в режиме абляции: энергия 60 мДж, длительность импульса 350 нс (режим «short»), частота импульса 40 Гц, мощность 2,4 Вт. Непрерывными плавными движениями с вестибулярной стороны от одного десневого сосочка к другому под углом 45° проводят моделирование десны. Затем аналогичную манипуляцию проводят с язычной стороны. Операция проходит с минимальным кровотечением и полным гемостазом после лазерной коагуляции раневой поверхности (Рисунок 20б). При этом получается точная архитектура десневого края, с помощью лазерного излучения можно прогнозируемо скорректировать десну (Рисунок 21а, 21б).



Рисунок 20 – Зуб 4.4: а – корень зуба 4.4 находится ниже уровня десны
б – вид десны после лазерной гингивэктомии, диаметр световода 200 мкм



Рисунок 21 – Зуб 1.1: а – вид десны в области зуба 1.1 перед гингивэктомией
б – сформированный контур десны с помощью излучения Nd:YAG лазера,
диаметр световода 100 мкм

Оперкулэктомия. Операция оперкулэктомия – иссечение нависающего края слизистой оболочки над прорезывающимся в правильном положении зуба проводится с целью полного обнажения коронки зуба и удаления грануляций. Перед операцией пациенту рекомендуют прополоскать рот антисептическим водным раствором хлоргексидина биглюконата в концентрации 0,05% в течение 1 минуты. После проведения местной анестезии в ретромолярной области с помощью излучения Nd:YAG-лазера в режиме абляции при энергии 60 мДж, длительности импульса 350 нс (режим «short»), частоте импульса 40 Гц, мощности 2,4 Вт иссекают участок слизистой оболочки полуовальным разрезом и рассекают круговую связку зуба до полного освобождения коронковой части зуба (Рисунок 22), при этом создаются условия для гигиенического ухода в области вмешательства.

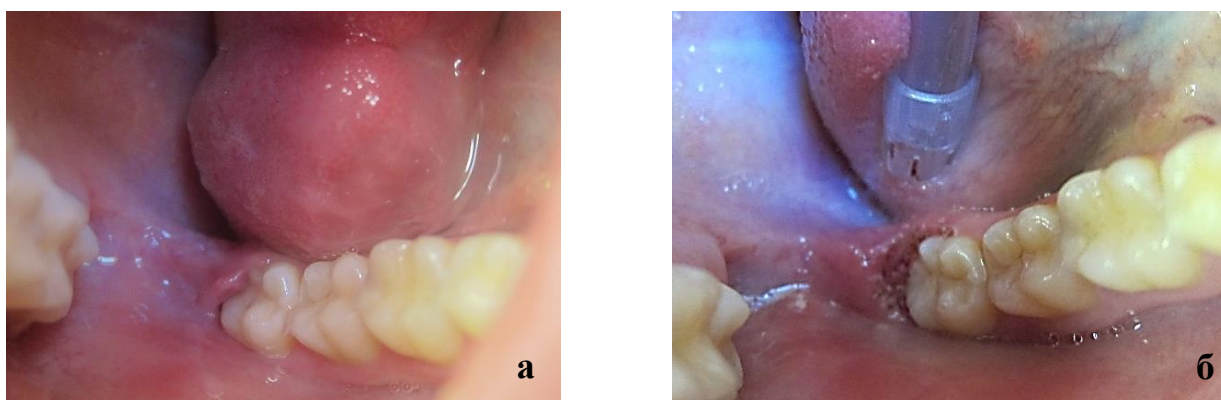


Рисунок 22 – Хронический перикоронит в области зуба 4.8:

а – нависающая слизистая оболочка над дистальным отделом коронки зуба 4.8

б – вид послеоперационной раны после вмешательства излучением

Nd:YAG лазера, диаметр световода 200 мкм

При формировании рубцов в ретромолярной области для оперкулэктомии мощность излучения увеличивают до 3,2 Вт при энергии 80 мДж, частоте 40 Гц, короткими импульсами 350 нс (режим «short»). На раневой поверхности образовавшийся коагуляционный слой обеспечивает полный гемостаз. При этом бактерицидное действие лазерного излучения способствует более быстрому купированию воспаления и эпителизации раневой поверхности. В

послеоперационном периоде пациенту рекомендуют полоскание полости рта раствором антисептика. Антибиотики и антигистаминные препараты не показаны.

Иссечение доброкачественных и опухолеподобных образований полости рта (фибром, папиллом, гемангиом, фиброзных разрастаний, папилломатозных разрастаний, мукоцеле малых слюнных желез) проводят излучением Nd:YAG лазера при мощности излучения от 2,4 Вт до 3,2 Вт, учитывая плотность иссекаемой ткани. В зависимости от размеров новообразования операционную рану либо ушивают на себя, либо на раневой поверхности формируют коагуляционный слой, впоследствии покрывающийся фибринозным налетом, под которым происходит заживление. В обязательном порядке проводят гистологическую верификацию новообразований, операционный материал отправляют на патогистологическое исследование. Иссечение новообразований проводят под инфильтрационной анестезией, используя половину дозы анестетика по сравнению с традиционным методом лечения. В режиме абляции излучением Nd:YAG лазера при энергии 60 мДж, длительности импульса 350 нс (режим «short»), частоте импульса 40 Гц, мощности 2,4 Вт новообразование иссекают в пределах здоровых тканей (Рисунок 23). Поверхность и края раны коагулируют рассеянным лазерным лучом той же мощности на расстоянии 1 см от раневой поверхности круговыми движениями световода (фиброволокна). При этом происходит выравнивание краев раны с одномоментным гемостазом.

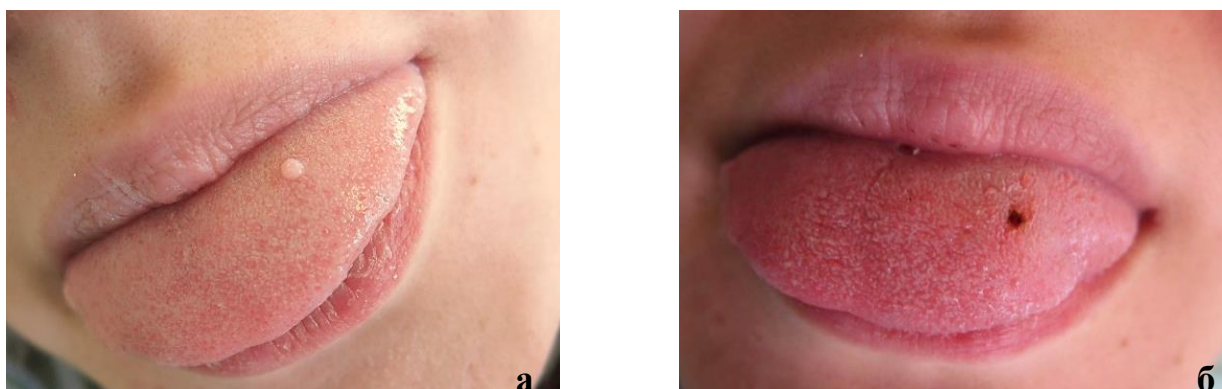


Рисунок 23 – Папиллома языка:

а – вид до операции

б – вид раны после удаления новообразования излучением Nd:YAG лазера, диаметр световода 100 мкм

Гибкий световод Nd:YAG лазера (фиброволокно) позволяет оперировать в труднодоступных участках полости рта (Рисунок 24). Небольшой диаметр световода 100-200 мкм – позволяет точно и экономно иссекать патологические образования с высоким эстетическим результатом. Во избежание термического повреждения глубжележащих тканей световод должен постоянно находиться в движении. Наложения швов на рану, как правило, не требуется. Операционный материал направляют на патоморфологическое исследование.

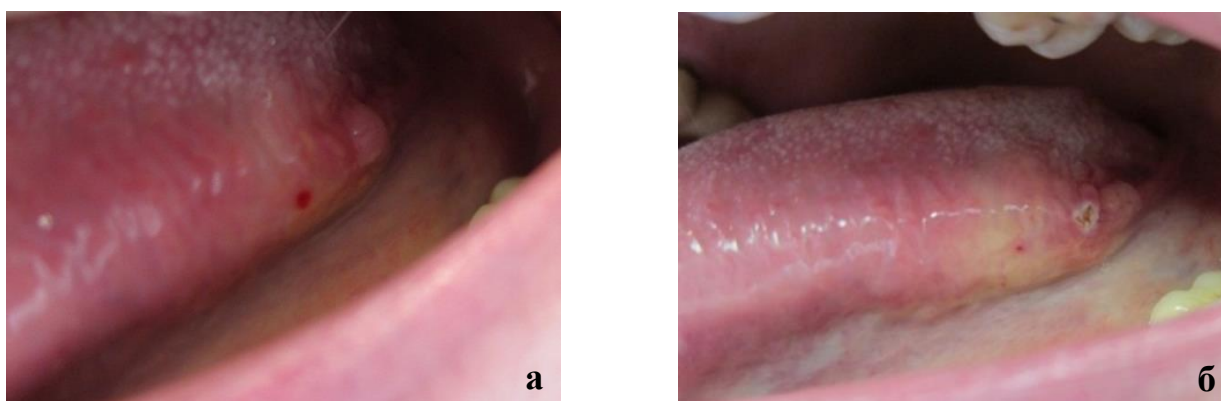


Рисунок 24 – Папиллома боковой поверхности корня языка:

а – вид до операции

б – вид раны после вмешательства излучением Nd:YAG лазера, диаметр световода 100 мкм

В полости рта иногда наблюдаются множественные папилломатозные разрастания, особенно на небе, альвеолярной части нижней челюсти, альвеолярном отростке верхней челюсти, реже на губах и щеках. Они возникают в ответ на хроническое раздражение. После устранения этиологического фактора под инфильтрационной анестезией многочисленные образования удаляют в пределах здоровой ткани с излучением Nd:YAG лазера в импульсно-периодическом режиме мощностью от 2,4 Вт до 3,2 Вт (Рисунок 25).

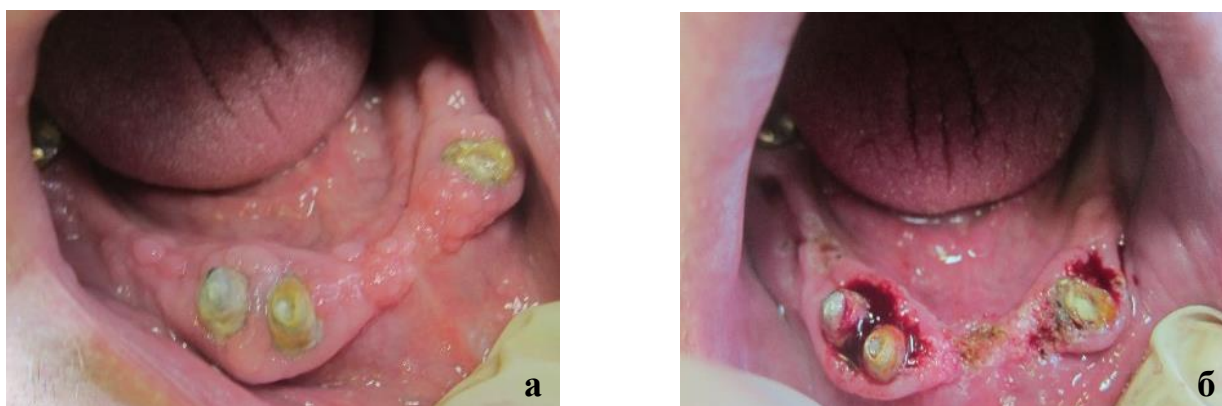


Рисунок 25 – Папилломатозные разрастания (папилломатоз) слизистой оболочки альвеолярной части нижней челюсти: а – вид до операции
б – послеоперационная область после вмешательства излучением Nd:YAG лазера, диаметр световода 200 мкм

Фибромы иссекали излучением Nd:YAG лазера мощностью 2,4 Вт (Рисунок 26). При иссечении новообразования на твердом небе (Рисунок 27а) световод располагают под углом 45° с мощностью излучения 2,4Вт. Раневая поверхность заживает под коагуляционным слоем, покрытым фибринозным налетом (Рисунок 27б, Рисунок 27в).



Рисунок 26 – Фибромы слизистой оболочки щеки:
а – вид до операции
б – вид ран после иссечения излучением Nd:YAG лазера,
диаметр световода 200 мкм

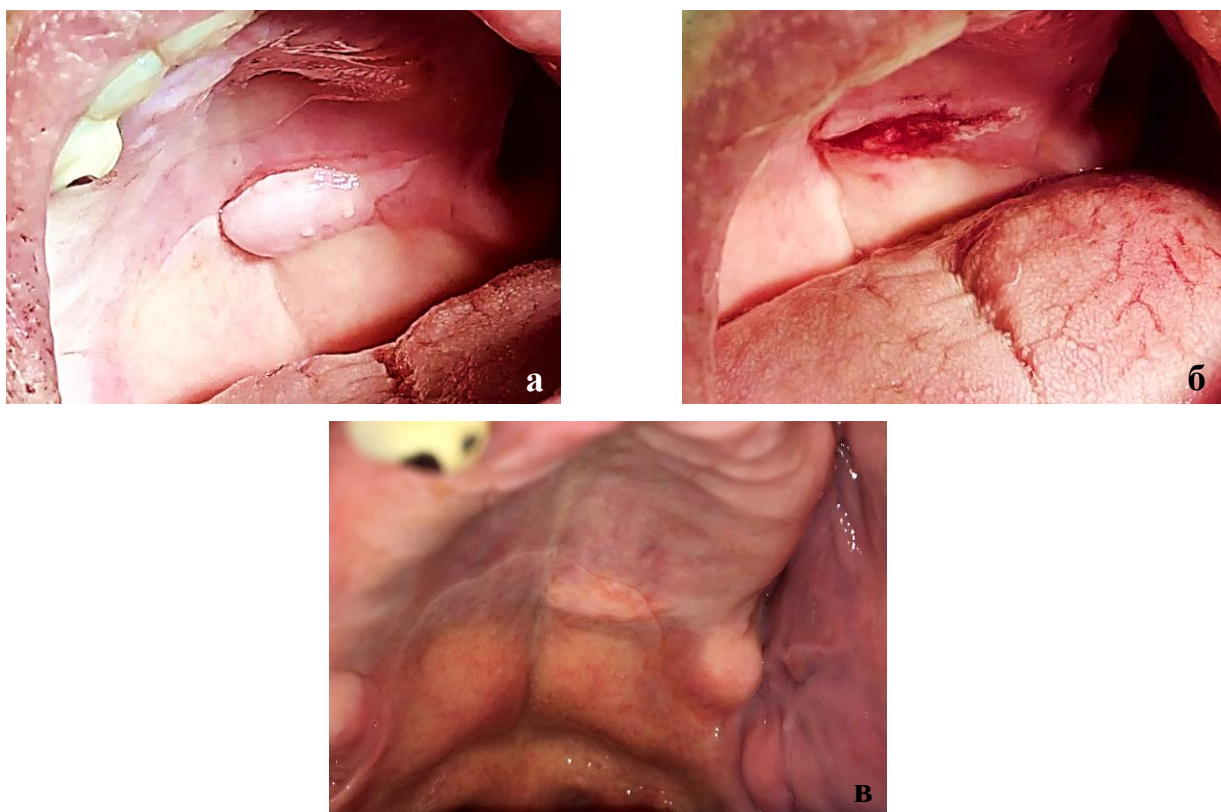


Рисунок 27 – Фиброма твердого неба: а – вид до операции;
 б – послеоперационная область после вмешательства излучением
 Nd:YAG лазера, диаметр световода 200 мкм
 в – вид через 1 месяц после операции

При иссечении фиброматозных разрастаний на альвеолярной части нижней челюсти или на альвеолярном отростке верхней челюсти мощность увеличивают до 3,2 Вт ввиду плотности ткани.

Эпулисы иссекают в пределах здоровых тканей излучением Nd:YAG лазера в зависимости от плотности при мощности излучения от 2,4 Вт до 3,2 Вт. Зубы, находящиеся в области эпулиса, удаляют по показаниям. Иссечение образований проводят с формированием коагуляционного слоя на раневой поверхности. В случае послеоперационной раны больших размеров ее заполняют йодоформным тампоном, который фиксируют швами к краям раны. Аналогично проводят иссечение ангиоматозного эпулиса (Рисунок 28а). При иссечении эпулиса (Рисунок 28б) в области зуба с резорбцией корня зуб подлежит удалению (Рисунок 28в, 28г). Кость шлифуют до интактной.

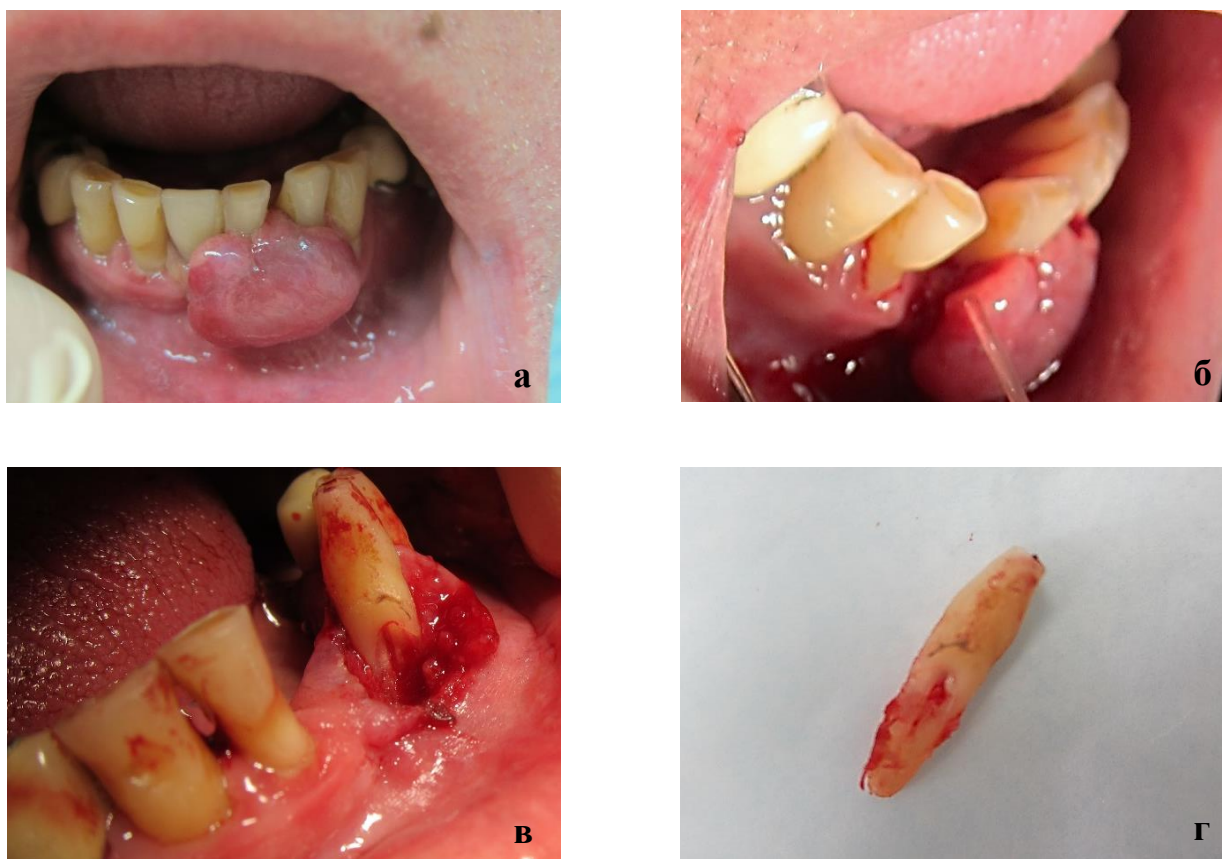


Рисунок 28 – Ангиоматозный эпюлис в области зуба 3.2: а – вид до операции
 б – иссечение эпюлиса излучением Nd:YAG лазера, диаметр световода 300 мкм
 в – резорбция корня зуба 3.2
 г – удаленный зуб 3.2

В послеоперационной ране оставляют йодоформный тампон, который фиксируют швами к краям раны (Рисунок 29а). Замену йодоформного тампона проводят еженедельно до полной эпителизации раны (Рисунок 29б).

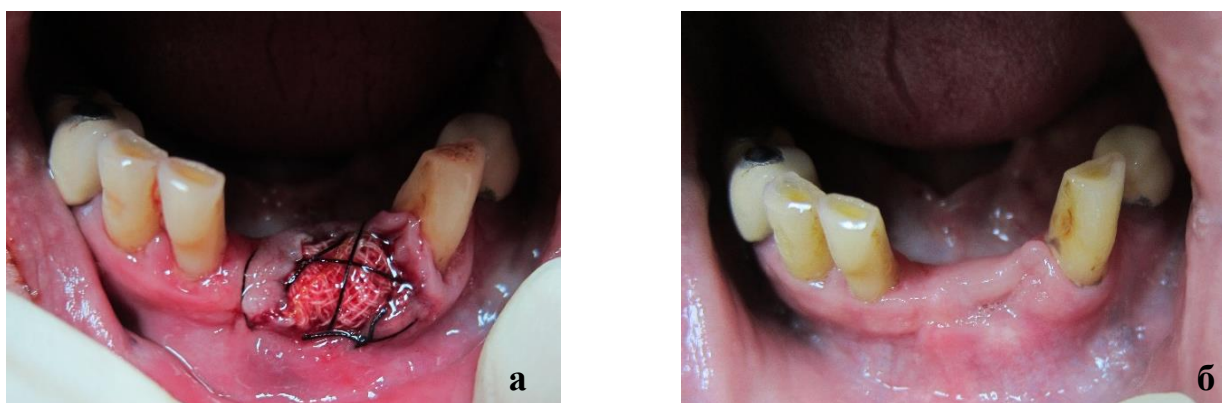


Рисунок 29 – Ангиоматозный эпюлис в области зуба 3.2:
 а – йодоформный тампон в ране фиксирован швами
 б – послеоперационная область через 2 недели после операции

При лечении гемангиом (Рисунок 30) излучением Nd:YAG лазера поверхность образования коагулируется под тепловым воздействием поглощенного лазерного излучения при полном гемостазе (Рисунок 31а). Если возникает кровотечение, то оно незначительное (Рисунок 31б). Гемангиомы большого размера иссекают аналогично описанным выше методикам иссечения новообразований, рану ушивают синтетическими нитями (например, PROLEN 5/0, VICRYL 4/0, 5/0), натуральными нитями (например, ШЕЛК 4/0 (ВОЛОТЬ™).

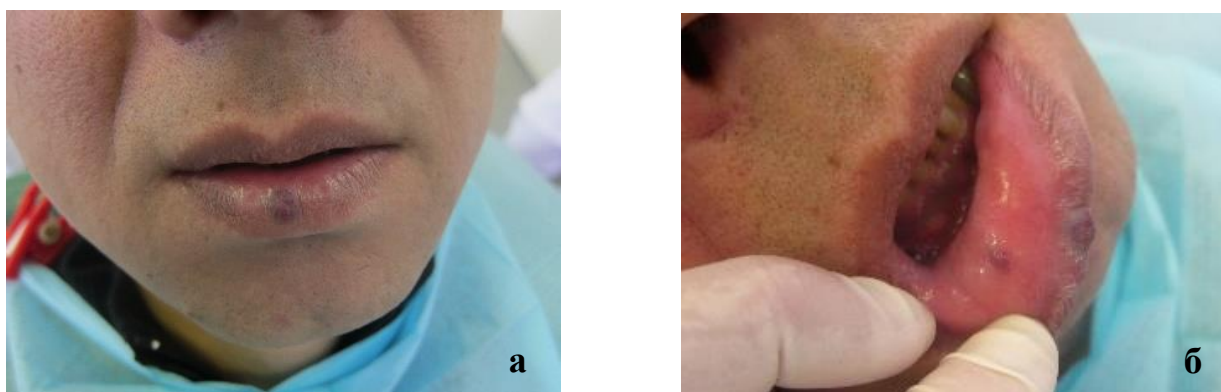


Рисунок 30 – Гемангиомы нижней губы:
а – гемангиома красной каймы нижней губы
б – гемангиома слизистой оболочки нижней губы

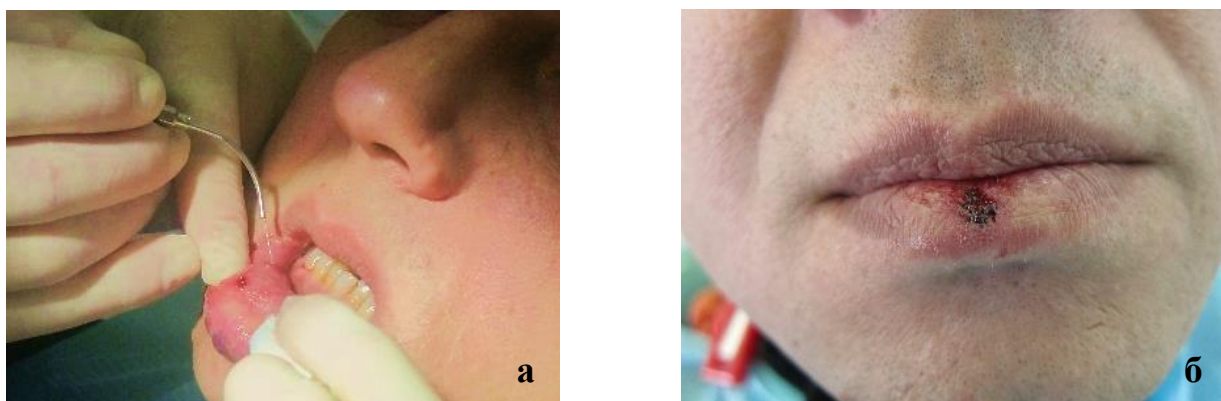


Рисунок 31 – Гемангиомы нижней губы: а – воздействие излучением Nd:YAG- лазера, диаметр световода 200 мкм
б – послеоперационная область после лазерной коагуляции

Иссечение ретенционной кисты малой слюнной железы (мукоцеле) (Рисунок 32а) проводят под инфильтрационной анестезией с помощью излучения Nd:YAG лазера в режиме абляции при энергии 60 мДж, длительности импульса 350 нс (режим «short»), частоте импульса 40 Гц, мощности 2,4 Вт. Проводят два

полулунных разреза (Рисунок 32б), с помощью световода иссекают кисту, рану ушивают узловыми швами (Рисунок 33).

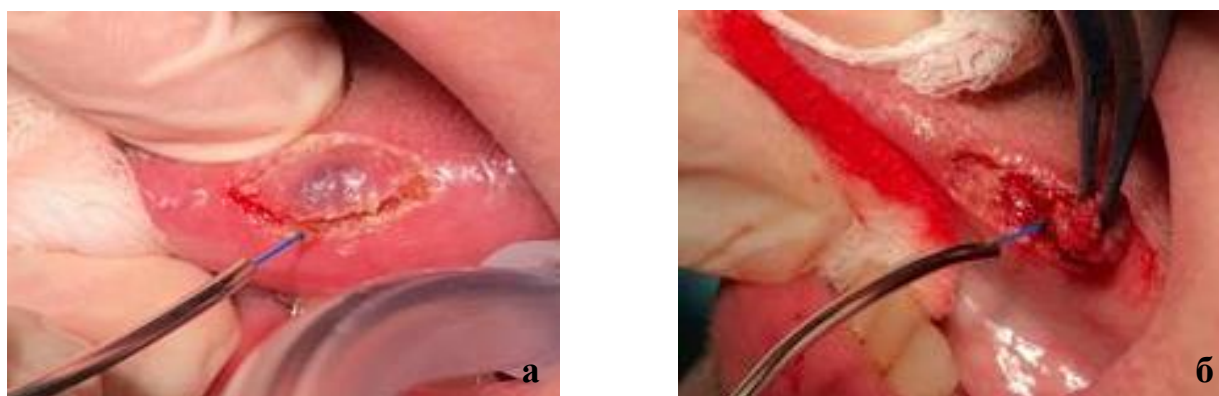


Рисунок 32 – Ретенционная киста малой слюнной железы (мукоцеле) языка:
а – иссечение кисты излучением Nd:YAG лазера, диаметр световода 100 мкм
б – коагуляция кровоточащего кровеносного сосуда



Рисунок 33 – Ретенционная киста малой слюнной железы (мукоцеле) языка:
а – послеоперационная рана ушита узловыми швами
б – послеоперационная область после снятия швов на 7-е сутки

Лейкоплакия слизистой оболочки полости рта – это поражение которое характеризуется различной степенью ороговения покровного эпителия и относится к факультативным предраковым заболеваниям. По классификации существует несколько форм лейкоплакии: простая или плоская, веррукозная, эрозивно-язвенная, лейкоплакия Таппейнера (никотиновый стоматит), мягкая лейкоплакия. В случае веррукозной формы лейкоплакии лечение должно быть хирургическим.

Хирургическое лазерное лечение веррукозной лейкоплакии проводят под местным обезболиванием излучением Nd:YAG лазера в режиме абляции при

энергии 60 мДж, длительности импульса 350 нс (режим «short»), частоте импульса 40 Гц, мощности 2,4 Вт. Иссекают пораженный участок слизистой оболочки рта (Рисунок 34а) в пределах здоровой ткани как по периметру, так и в глубину. На раневой поверхности рассеянным лучом в том же режиме круговыми движениями световода заканчивают формирование коагуляционного слоя, который затем покрывается фибрином (Рисунок 34б). Сроки заживления послеоперационной лазерной раны варьируются в зависимости от площади поражения (Рисунок 35).



Рисунок 34 – Веррукозная лейкоплакия в области зубов 3.3, 3.4:
 а – вид в полости рта до операции
 б – послеоперационная область на 3-и сутки после операции излучением Nd:YAG лазера с диаметром световода 100 мкм



Рисунок 35 – Вид послеоперационной области на 14-е сутки после операции

Лечение периимплантатного мукозита в области имплантатов.
 Периимплантатный мукозит – это воспаление слизистой оболочки вокруг шейки дентального имплантата при нарушении эпителиального прикрепления, сопровождающееся отеком, гиперемией и кровотечением при зондировании.

Излучением Nd:YAG лазера с параметрами энергии 25 мДж, частотой импульса 40 Гц, мощностью 1,0 Вт, тип импульса «very short» 350 мкс (Рисунок 36) проводят бесконтактную обработку поверхности шейки дентального имплантата и стенок периимплантного кармана, погружая световод диаметром 100 мкм под десну на всю глубину, не касаясь шейки имплантата, и в течение 15 секунд плавными зигзагообразными движениями его выводят. Таким образом лазерную обработку проводят со всех сторон: вестибулярной, оральной, проксимальной и апроксимальной (Рисунок 37). При необходимости манипуляцию можно повторить с интервалом в неделю.



Рисунок 36 – Мукозит перимплантатный в области установленных дентальных имплантатов на верхней челюсти, вид в полости рта и рентгенограмма пациента

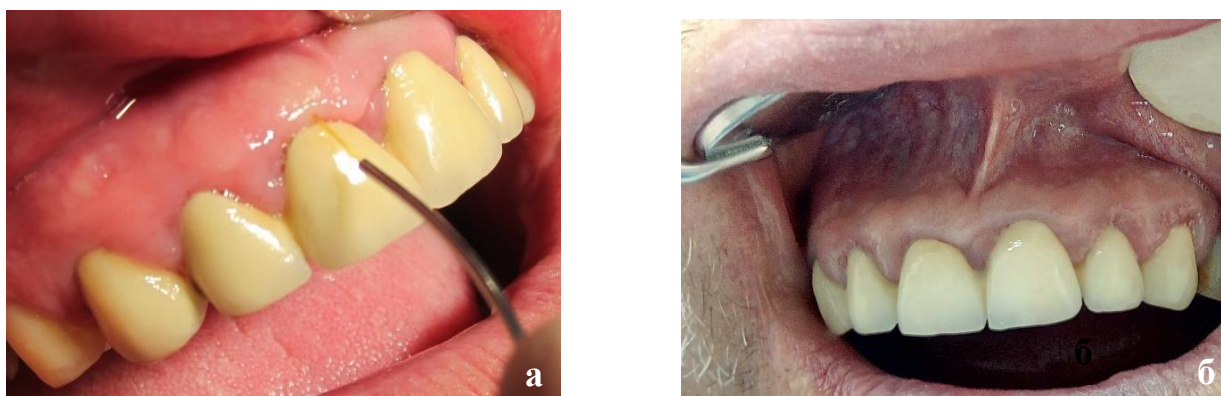


Рисунок 37 – Мукозит перимплантатный в области установленных дентальных имплантатов на верхней челюсти:

- а – лазерная обработка периимплантатного кармана и шейки дентального имплантата излучением Nd:YAG-лазера с диаметром световода 100 мкм
- б – вид десны через неделю после одного сеанса лазерного воздействия

Удаление пломбировочного материала, выведенного при эндодонтическом лечении за пределы корня зуба в мягкие ткани, проводится по показаниям. Инородное тело может инкапсулироваться и клинически не беспокоить, а может вызывать воспаление с последующим нагноением. Для планирования лечения всем пациентам проводится лучевая диагностика, в частности, радиовизиография (Рисунок 38а). Для уточнения расположения инородного тела и определения его по отношению к важным анатомическим структурам (полости носа, верхнечелюстной пазухе, нижнечелюстному каналу, ментальному отверстию) проводится компьютерная томография (Рисунок 38б). После удаления инородного тела делают контрольный снимок зоны операции.

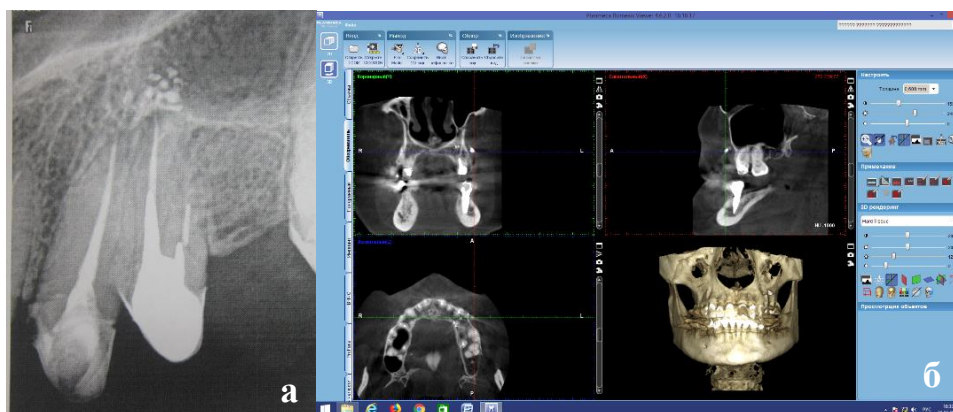


Рисунок 38 – Инородное тело в области верхней челюсти слева:
а – радиовизиограмма, инородное тело в проекции вершущек
корней зубов 2.3, 2.4

б – компьютерная томограмма той же пациентки, инородное тело
располагается за пределами кортикальной пластинки альвеолярного отростка
верхней челюсти слева в проекции вершущки корня зуба 2.4

Инородное тело из мягких тканей (Рисунок 39) можно удалять с помощью Nd:YAG лазера. Для этого под местной анестезией лазерным лучом в режиме абляции мощностью 3,2 Вт при энергии 80 мДж, частоте 40 Гц, короткими импульсами 350 нс (режим «short») при плавном движении световода проводят дугообразный разрез по переходной складке в проекции инородного тела, световод при этом располагают под углом 45° к слизистой оболочке. Распатором или серповидной гладилкой тупым путем отслаивают слизистый лоскут, с помощью лазерного

излучения проводится гемостаз по ходу операции (Рисунок 40а). Удаляют инородное тело (Рисунок 40б), проводят при необходимости контрольную рентгенографию послеоперационной области (Рисунок 41а), затем проводят мобилизацию слизистого лоскута, укладывают его на место и фиксируют швами (Рисунок 41б).



Рисунок 39 – Инородное тело в области верхней челюсти слева:
 а – радиовизиограмма, инородное тело в проекции верхушки корня зуба 2.2
 б - вид в полости рта

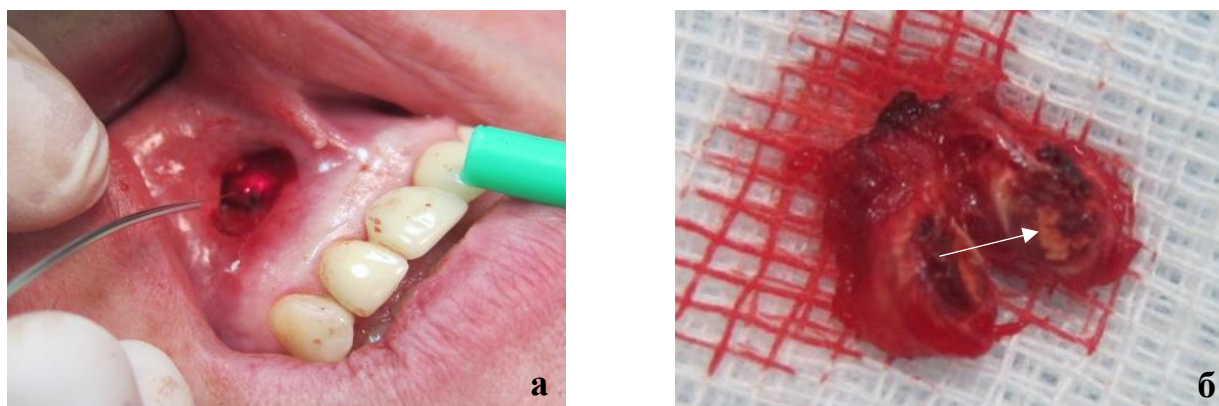


Рисунок 40 – Инородное тело в области верхней челюсти слева:
 а – интраоперационный гемостаз лазерным излучением
 б – удаленное инородное тело в фиброзной капсуле, на разрезе виден
 пломбирочный материал (указан стрелкой)



Рисунок 41 – Инородное тело в области верхней челюсти слева:
 а – контрольная радиовизиограмма, инородное тело удалено полностью
 б – рана ушита узловыми швами

2.2.5. Характеристики лазерных систем

Характеристика лазерной системы SMARTFILE DEKA (Италия). Система SMARTFILE (Рисунок 42) состоит из Nd:YAG инфракрасного лазерного генератора и диодного лазерного генератора, которые излучают в оптической области спектра (красный). Диодный пучок является коаксиальным по отношению к Nd:YAG пучку и используется в качестве направляющего луча. Эмиссионные характеристики обоих лазерных генераторов представлены Таблицах 11, 12, 13.



Рисунок 42 – Неодимовый лазер «SMARTFILE» DEKA (Италия) с длиной волны 1064 нм

Таблица 11 – Характеристики излучения Nd:YAG лазерного генератора

Тип	Значение
Длина волны	1064 нм (1,06 мкм)
Максимальная энергия импульса	250 мДж
Максимальная частота	200 Гц
Максимальная выходная мощность	10 Вт
Режим вывода	Круглый многополюсный
Дивергенция на выходе волокна	220 мрад
Диаметр лазерного луча на выходе волокна	Равен размеру волокна
Длительность импульса тип импульса	СВЕРХДЛИННЫЙ <10 мс ДЛИННЫЙ <700 мс макс. КОРОТКИЙ <350 мс макс.
NOHD (Допустимое минимально безопасное расстояние для глаз)	19 м

Таблица 12 – Спецификация излучения диодного лазерного генератора (направленный луч)

Тип	Значение
Длина волны	635÷670 нм
Выходная мощность на соединении входа волокна	<3 мВт
Режим вывода на соединении входа волокна	Многорежимный
Диаметр лазерного луча на соединении входа волокна	<1 мм
Дивергенция	<4 мрад

Таблица 13 – Рабочие характеристики

Характеристика	Значение
Пилотный луч	Может быть включен или выключен.
Частота	Доступные значения: 5Гц, 10Гц, 15Гц, 20Гц, 25Гц, 30Гц, 35Гц, 40Гц, 60Гц, 80Гц, 100Гц, 200Гц.
Энергия	40мДж, 50мДж, 60мДж, 70мДж, 80мДж, 100мДж, 150мДж, 200мДж, 250мДж.
Режимы воздействия	Непрерывный или рассчитанный по времени. В рассчитанном по времени режиме воздействия, время воздействия можно выбрать между 0,2 сек. и 60 сек.
Nd:YAG лазерная заслонка	Контролируется педальным выключателем оператора.
Стабильность мощности излучения	± 20%
Длина волокна	3 м
Диаметр сердцевины волокна	Система оснащена волокном с диаметром 100 мкм, 200мкм и 400мкм

Лазер снабжен жидкокристаллическим дисплеем – это интерфейс между системой SMARTFILE и врачом. Он используется для отображения выбранных в настоящее время значений всех параметров лечения, он также отображает предупреждающие сообщения в случае неправильных действий врача. Панель управления позволяет выбирать состояние лазерного генератора, параметры лечения и начальные установки системы независимо от выбранного меню. Сенсорный экран позволяет пользователю вводить команды в систему легким прикосновением в области экрана (Рисунок 43).

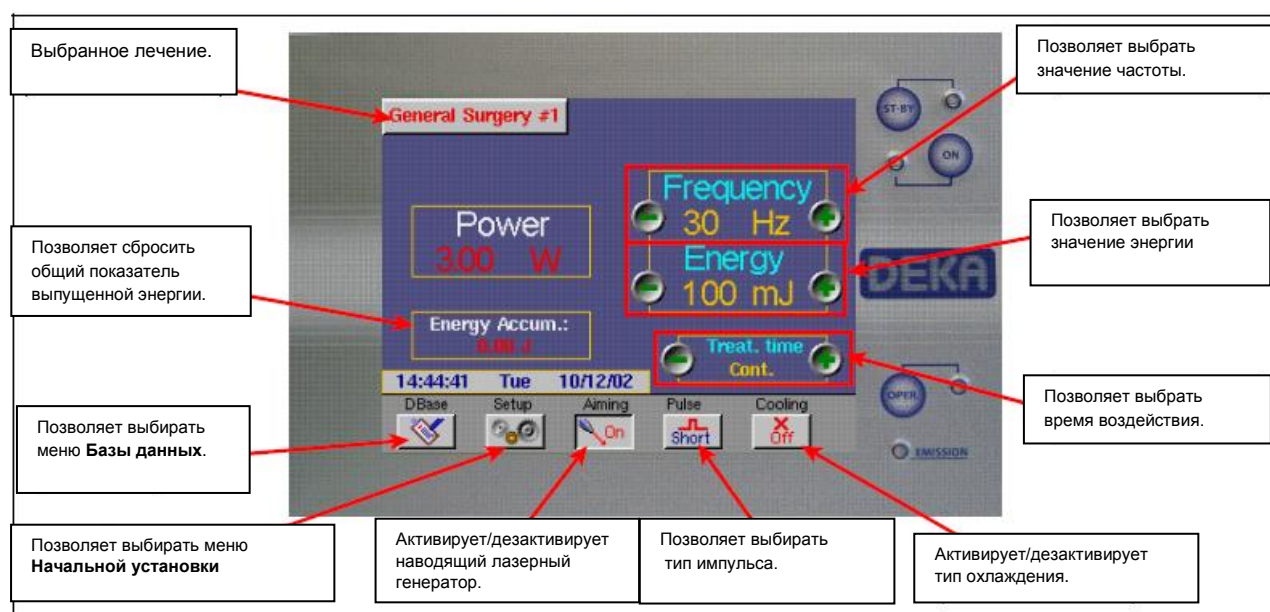


Рисунок 43 – Использование панели управления при выборе меню

Система SMARTFILE позволяет выбирать частоту повторения импульсов, энергию импульса и тип импульса. Эти три параметра можно изменять в независимости от выбранного операционного режима. Выбранные значения для частоты, энергии импульса и типа импульса всегда отображаются на экране, когда активирован Nd:YAG лазерный генератор, и эти параметры можно также изменять, если активирован, но не нажат педальный выключатель. Каждый раз при изменении частоты и энергии импульса, система рассчитывает и отображает на экране результирующий средний уровень выходной мощности в соответствии со следующей формулой:

$$\text{Средняя мощность} = \text{Энергия} \times \text{Частота}$$

Т.е., если частота устанавливается на 30 Гц, а энергия на 100 мДж, то средняя мощность равна 3,0 Вт.

Режимы лечения (Treatment/Лечение) можно выбрать из меню База данных/DBase. Перечень доступных режимов лечения отображается на экране на семи страницах. Врач может так же изменять значения параметров, сохраненных в специальных программах, относительно заводских установок - “SUGGESTED PARAMETERS/ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ” (Рисунок 44).

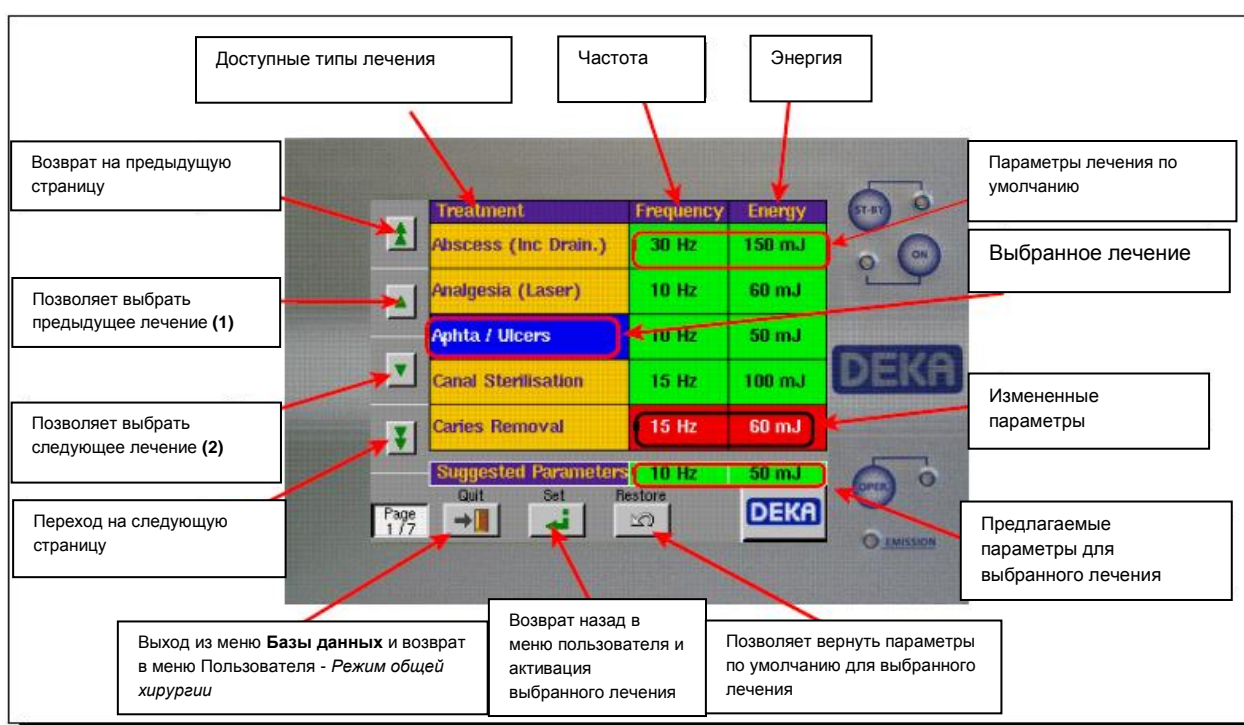


Рисунок 44 – Меню База данных/DBase

Показания. Система SMARTFILE – медицинское оборудование, предназначенное для разрезания, иссечения, вапоризации и коагуляции мягких тканей ротовой полости. Преимущественная сфера применения – стоматология.

Характеристика лазерной системы SMARTLITE C DEKA (Италия). Система SMARTLITE C (КТП-Nd:YAG) это лазерная система с удвоением частоты, которая состоит из Nd:YAG инфракрасного лазерного генератора и диодного лазерного генератора, которые излучают в оптической области спектра (красный) (Рисунок 45).



Рисунок 45 – Неодимовый лазер с удвоением частоты «SMARTFILE C» DEKA (Италия) с длиной волны 532 нм

Диодный пучок является коаксиальным по отношению к Nd:YAG пучку и используется в качестве направляющего луча. Эмиссионные характеристики обоих лазерных генераторов представлены в Таблицах 14, 15. Лазер снабжен жидкокристаллическим дисплеем.

Таблица 14 – Эмиссионные характеристики Nd:YAG лазерного генератора

Тип	Значение
Длина волны	532 нм
Максимальная выходная мощность	5 Вт
НОНД (Допустимое минимально безопасное расстояние для глаз)	4.5 м
Характеристика направленного излучения	
Длина волны	650 нм
Выходная мощность	3 мВт

Показания. Система SMARTFILE C является медицинским оборудованием, предназначенным для работы по мягким и твердым тканям, преимущественная область применения – стоматология, дерматология.

Таблица 15 - Рабочие характеристики

Тип	Значение
Направляющий источник	Интенсивность варьируется от Выключено и до 100% с шагом 10%
Питание	Мощность может выбираться между 0.2Вт и 5 Вт
Режимы воздействия – для зубо врачевания	Непрерывно, единичный импульс или повторные импульсы
Период работы (Ton) – для зубо врачевания	Данное значение может настраиваться, если установка работает в режиме импульса или повторяющихся импульсов, в диапазоне от 10мс и до 5с
Период работы (Toff) – для зубо врачевания	Данное значение может настраиваться, если установка работает в режиме повторяющихся импульсов, в диапазоне от 50мс и до 5с. Выбор Toff зависит от текущего выбранного периода работы (Ton)
Лазерное излучение	Регулируется ножной педалью
Стабильность мощности излучения	20%
Диаметр сердцевины волокна	Система оснащена волокном с диаметром 200μм и 300μм
Отклонение луча на срезе волокна	14 ⁰ (при 10% от максимальной мощности)

Характеристика лазерной системы SMART 2940D PLUS DEKA (Италия). В состав системы SMART 2940D plus входит Er:YAG лазер, генерирующий невидимое инфракрасное излучение, и диодный лазер, излучающий красный свет (Рисунок 46). Луч диодного лазера сосен с рабочим и используется в качестве пилотного. Характеристики лазерных источников приведены в Таблицах 16, 17, 18.



Рисунок 46 – Эрбиевый лазер «SMART 2940D plus» DEKA (Италия) с длиной волны 2940 нм

Таблица 16 – Характеристики Er:YAG-лазера

Характеристика	Значение
Длина волны	2940 нм
Максимальная энергия в импульсе	500 мДж
Модовый состав пучка	Многомодовый
Вывод излучения	Зеркальный манипулятор
Диаметр пятна	1 мм
Угловая расходимость излучения	40 мрад
Стабильность мощности излучения (60 мин)	$\leq \pm 20\%$
Номинальная дистанция повреждения зрения (NOHD)	3 м

Таблица 17 – Характеристики диодного лазера

Характеристика	Значение
Длина волны	680 нм
Максимальная мощность излучения на выходе насадки	1 мВт
Модовый состав пучка	Одномодовый
Вывод излучения	Зеркальный манипулятор
Диаметр пятна	1 мм
Габариты пучка (на выходе лазера)	1,5 x 0,8 мм
Угловая расходимость излучения (на выходе лазера)	0,2 x 0,6 мрад

Таблица 18 – Рабочие характеристики системы SMART 2940D plus

Характеристика	Значение
Пилотный луч	Видимый. Включен или выключен.
Частота повторения импульсов	10 Гц, 15 Гц, 20 Гц, 25 Гц, 30 Гц
Энергия импульса	50 мДж, 100 мДж, 150 мДж, 200 мДж, 250 мДж, 300 мДж, 350 мДж, 400 мДж, 500 мДж.
Длительность импульса	очень короткий — 230 мкс короткий — 450 мкс длинный — 700 мкс
Затвор Er:YAG лазера	Управляется педалью

Управление системой SMART 2940D Plus осуществляется с помощью панели управления. Пользовательское меню отображает параметры работы системы и позволяет изменять их.

Показания. Система Smart 2940D Plus – медицинское оборудование, предназначенное для разрезания, иссечения, вапоризации и коагуляции мягких и твердых тканей ротовой полости. Преимущественная сфера применения – стоматология.

Характеристика лазерной системы SMART US-20D DEKA (Италия). В состав системы SMART US-20D входит CO₂-лазер, генерирующий невидимое инфракрасное излучение, и диодный лазер, излучающий красный свет (Рисунок 47). Луч диодного лазера сосен с рабочим и используется в качестве пилотного. Характеристики лазерных источников приведены в Таблицах 19, 20, 21.



Рисунок 47 – Углекислотный лазер SMART US-20D DEKA (Италия), длина волны 10600 нм

Таблица 19 – Характеристики CO₂-лазера

Характеристика	Значение
Длина волны	10,6 мкм
Максимальная выходная мощность излучения	25 Вт
Модовый состав пучка	Многомодовый
Вывод излучения	Зеркальный манипулятор
Диаметр пятна (при использовании насадки 50 мм)	200 мкм
Угловая расходимость излучения (при использовании насадки 50 мм)	41 мрад (насадка 50 мм) 26 мрад (насадка 100 мм)
Стабильность мощности излучения (2 ч 30 мин)	≤±20%
Номинальная дистанция повреждения зрения (NOHD)	15 м

Таблица 20 – Характеристики диодного лазера

Характеристика	Значение
Длина волны	670 нм
Максимальная выходная мощность излучения	3 мВт
Модовый состав пучка	Многомодовый
Вывод излучения	Зеркальный манипулятор
Диаметр пятна (при использовании насадки 50 мм)	4 мм
Угловая расходимость излучения	0,8 мрад

Таблица 21 - Рабочие характеристики SMART US-20D DEKA

Характеристика	Значение
Пилотный луч	Видимый. Яркость меняется от 0 до 100% с шагом 10 %
Индикация мощности	Цифровая: отображается на экране панели управления
Режим работы	“CW” – Непрерывный режим, мощность от 2 до 25 Вт с шагом 1 Вт. “PW” – Импульсный режим Частота повторения: 5 Гц, 10 Гц, 20 Гц, 50 Гц, 80 Гц и 100 Гц.
Режимы экспозиции	“cont.” – непрерывный режим “s.sh.” – одиночно-импульсный и “rep.” – повторно-импульсный режим экспозиции. Длительность импульса выбирается от 0,1 до 0,9 сек. При выборе повторно-импульсного режима, интервал между импульсами равен 400мс, и не может быть изменен
Затвор CO ₂ -лазера	Управляется педалью

Лазер снабжен жидкокристаллическим дисплеем – это интерфейс между системой SMART US-20D и врачом, на котором отображаются выбранные в настоящее время значения всех параметров лечения, также он отображает предупреждающие сообщения в случае неправильных действий врача.

Характеристика лазера «ИРЭ - Полюс 0,97 мкм/10Вт» (Россия). Диодный лазер ЛСП «ИРЭ - Полюс 0,97 мкм/10Вт» выполнен на базе полупроводникового или волоконного лазерного модуля, генерирующего непрерывное, импульсное или импульсно-периодическое лазерное излучение (Рисунок 48). Технические характеристики представлены в Таблице 22.



Рисунок 48 – Лазер «ИРЭ-Полус 0,97 мкм/10Вт» (Россия) с длиной волны 970 нм

Таблица 22 – Технические характеристики «ИРЭ - Полус 0,97 мкм/10Вт»

Наименование параметра	Значение
Длина волны первого рабочего излучения, λ_1 , мкм	0,97
Значение по ТУ, Вт, не менее	2,0
Действительное значение для λ_1 , Вт	10
Длина волны лазера наведения, мкм	0,53
Диаметр световой апертуры в оптическом разъеме, мм	0,22
Временной режим работы	Непрерывный, импульсный, импульсно-периодический
Длительность импульса, мс	от 1 до 999
Длительность паузы, мс	от 1 до 999
Макс. мощность излучения лазера наведения, мВт, не более	3
Расходимость излучения на выходе волокна	25°
Тип оптического разъема	SMA
Длина световода волоконного инструмента, м, не менее	2

Показания. Аппарат предназначен для использования в общей, кожно-пластической, лапаро- и эндоскопической, а также других областях хирургии, стоматологии и рассчитан на эксплуатацию в помещениях, оборудованных для проведения операций лазерными медицинскими аппаратами. Принцип действия аппаратов основан на использовании теплового воздействия непрерывного,

импульсного и импульсно-периодического лазерного излучения для тканей при хирургических вмешательствах, а также осуществления силовой лазерной терапии.

2.2.6. Методика термометрии слизистой оболочки рта при воздействии излучения неодимового лазера у пациентов со стоматологическими заболеваниями

Определение температуры нагрева слизистой оболочки рта при воздействии излучения Nd:YAG лазера проводили методом термометрии контактным способом, основанным на передаче тепла прибору, измеряющему температуру путем непосредственного контакта и методом бесконтактной инфракрасной термографии при помощи мобильного тепловизора. Измерение температуры в зоне операции проводили: на первом этапе измеряли температуру области оперативного вмешательства до операции, на втором этапе – сразу после воздействия лазерного излучения с помощью цифрового термометра ТЦ-1200, инфракрасную термографию при помощи мобильного тепловизора Seek Thermal Compact для Android устройства и смартфона HIGHWAY BQS-5025 с установленным на него приложением Seek Thermal.

Характеристика цифрового термометра ТЦ-1200. Термометрию проводили с помощью цифрового универсального термометра ТЦ-1200 (Россия), предназначенного для погруженных и поверхностных измерений температуры контактным методом, а также для измерения сопротивления термометров сопротивления (ТС) и термоэлектродвижущей силы термопар (ТП) (Рисунок 49).

ТЦ-1200 является одноканальным переносным микропроцессорным прибором и состоит из электронного цифрового измерительного блока (ИБ) и набора первичных преобразователей (ПП). Штатные ПП выполнены в виде щупов ТЦЩ-1, ТЦЩ-8 с индивидуальными калибровочными характеристиками. Характеристики ИБ ТЦ-1200 представлены в Таблице 23.



Рисунок 49 – Термометр цифровой 1200 (Россия)

Таблица 23 – Характеристика измерительного блока ТЦ-1200

Характеристика	Значение
НСХ ТС по ГОСТ 6651-2009 (ГОСТ Р 8.625-2006)	50М, 100М, 50П, 100П, Pt50, R100
НСХ ТП по ГОСТ Р 8.585-2001	Е, J, Т, К, N, L, R, S, В.А-1, А-2, А-3
Диапазон измерений температуры для ТС, °С	В соответствии с ГОСТ Р 8.625-2006
Диапазон измерения сопротивления	от 10 до 400
Диапазон измерения температуры для ТП, °С	В соответствии с ГОСТ Р 8.585-2001
Диапазон измерений напряжения	от -80 до 80 мВ
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения температуры относительно НСХ для ТС, °С	$\pm(0,01+3 \cdot 10^{-5} \cdot t)^*$
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения температуры относительно НСХ для ТП, °С	$\pm 0,4$
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения сопротивления, Ом	$\pm (0,004+3 \cdot 10^{-6} \cdot R) \cdot >$
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения постоянного напряжения, мкВ	$\pm (2,0+1 \cdot U)$

На лицевой панели расположены дисплей, кнопка включения питания и кнопки управления, которые позволяют выбирать текущий щуп и выводить на дисплей

среднюю, максимальную и минимальную температуры с момента включения прибора, вводить и выбирать статические характеристики; калибровать прибор; калибровать значения внутренних эталонов (сопротивление и напряжение). Результаты измерений отображаются на лицевой панели прибора, разрешение дисплея – 0,1 °С.

Меры безопасности. Во избежание получения ожогов запрещается прикасаться к нагретым выше 50°С и охлажденным ниже -30°С к частям ПП. Во избежание возгораний запрещается помещать нагретый выше 100°С ПП на легковоспламеняющуюся поверхность.

Характеристика мобильного тепловизора Seek Thermal Compact для Android. Инфракрасную термографию проводили с помощью мобильного тепловизора Seek Thermal Compact (США) для Adroid устройства, смартфона HIGHWAY BQS-5025 (Китай) с установленным на него приложением Seek Thermal. Мобильный тепловизор Seek Thermal Compact для Android предназначен для инфракрасной съемки как в профессиональной среде, так и в быту. Он фиксирует температуру от –40 до +330 °С. Такой диапазон позволяет: рассчитывать температуру в центральной точке, определять и показывать на экране максимальное и минимальное значения температуры, отображать подробный цветовой градиент определяемых температур, обозначать цветом температурные отклонения выше, равные или ниже заданного значения (Рисунок 50).

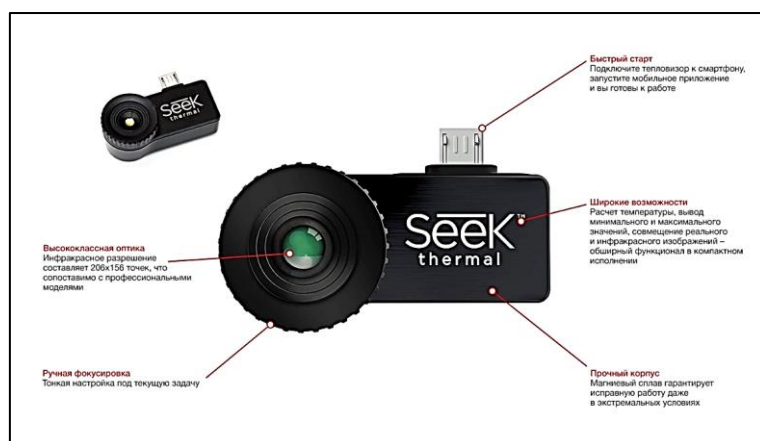


Рисунок 50 – Мобильный тепловизор Seek Thermal Compact (США) для Adroid устройства

Характеристики Seek Thermal представлены в Таблице 24. Для начала работы мобильного тепловизора на смартфон необходимо установить приложение Seek Thermal, затем тепловизор через USB разъем подсоединить к смартфону. Для управления съемкой на экране смартфона в меню настроек необходимо выбрать режим работы (Рисунок 51а), единицы измерения температуры и переключится к съемке фото или видео. При работе мобильного тепловизора данные измерений отображаются на экране устройства (Рисунок 51б).

Таблица 24 – Характеристика измерительного блока ТЦ-1200

Характеристика	Значение
Температурный диапазон	от -40° до +330 °С
Угол обзора °	36°
Разрешение матрицы	206 x 156 px
Дальность видимости	до 300 метров
Фокус	регулируемый
Частота обновления кадров:	9 Гц
Операционная система	Android

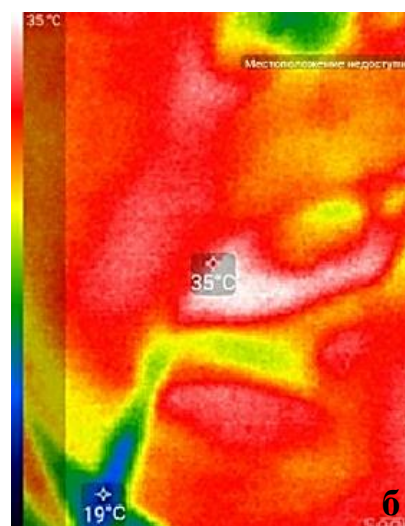
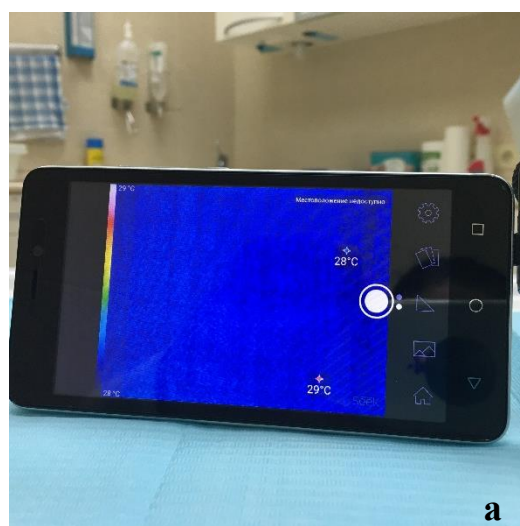


Рисунок 51 – Мобильный тепловизор Seek Thermal Compact:

а – меню настроек

б – режим работы с указанием на отображаемой картинке точки с максимальной и минимальной температурой в области исследования

Методика термометрии. С целью отбора исследуемых с нормальной температурой тела проводили измерение температуры тела в подмышечной впадине слева термометром по принятой в медицине методике. Нормальной температурой при измерении в подмышечной впадине в подмышечной впадине следует считать $36,4 - 36,8^{\circ}\text{C}$, полученные данные заносили в журнал регистрации первичных данных.

С целью создания одинаковых условий для исследования температуру в зоне операции измеряли в первой половине дня с 10.00-12.00, в одной операционной при постоянной влажности 55-60% и постоянной температуре $18-20^{\circ}\text{C}$ (Рисунок 52).

Определение температуры слизистой оболочки рта в области операции проводили в стоматологическом кресле в положении пациента сидя при открытом рте и носовом дыхании (Рисунок 53), в топографических точках поверхности зоны воздействия, показанных на Рисунке 54.



Рисунок 52 – Гигрометр психрометрический ВИТ-1



Рисунок 53 – измерение температуры в зоне операции с помощью термометра и мобильного тепловизора

На предварительно высушенной марлевым тампоном поверхности слизистой оболочки рта в зоне оперативного вмешательства (до операции и сразу после операции) термометрический цифровой щуп (ТЦЩ-8) устанавливали на три топографические точки последовательно, термометр фиксировал температуру до десятых градуса в точке 2 мм, ТЦЩ-8 имеет малый размер головки датчика, гибкий

и длинный кабель позволяет подвести его к любой поверхности полости рта (Рисунок 55а, 55б). Одновременно с термометрией проводили бесконтактную инфракрасную термографию (Рисунок 55в).

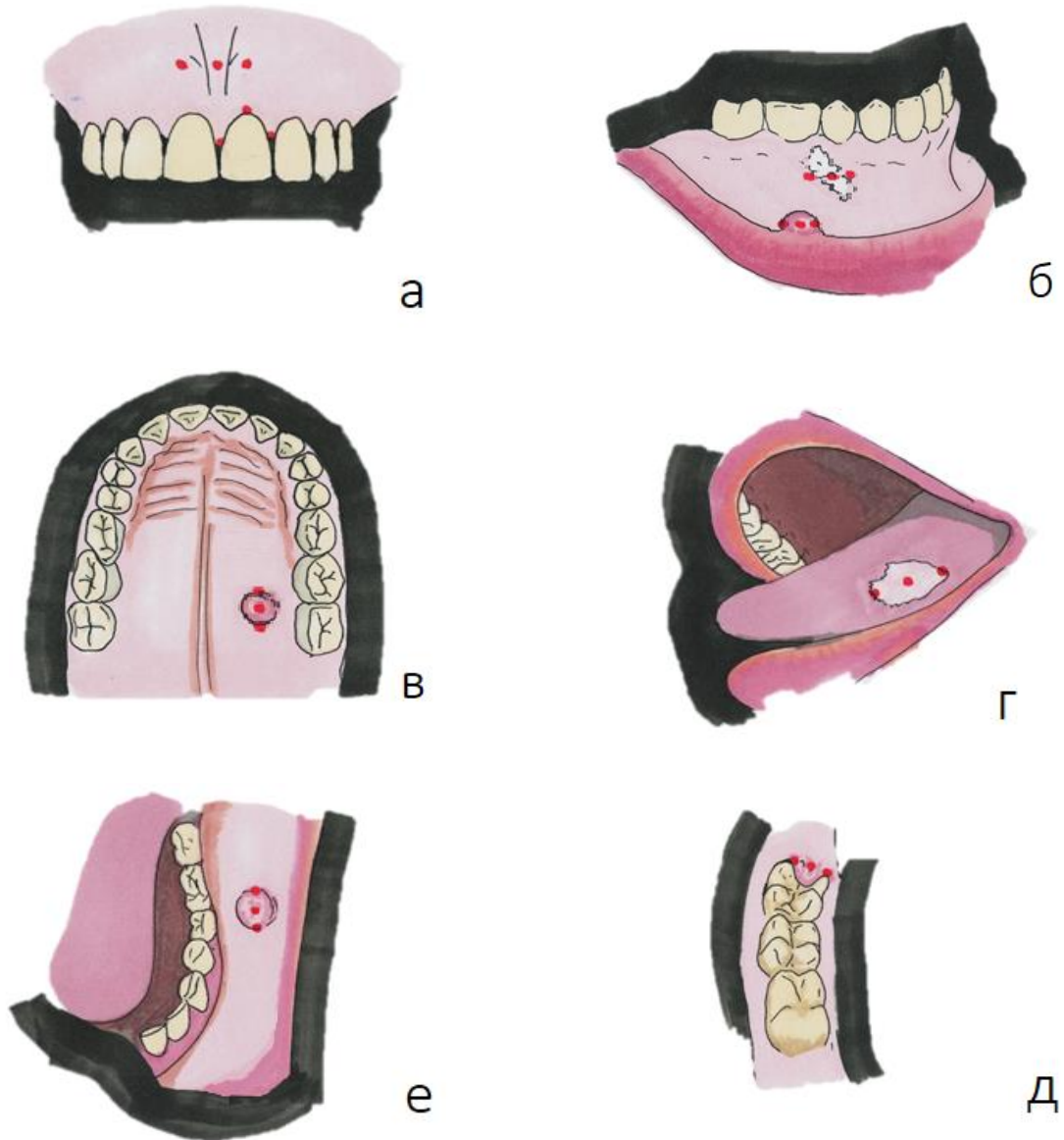


Рисунок 54 – Точки топографических областей для снятия показаний:

а – в области десны, в области уздечки

б – на слизистой оболочке альвеолярной кости, губе

в – на небе

г – на языке

д – на щеке

е – в ретромолярной области



Рисунок 55 – Термометрия и бесконтактная инфракрасная термография во время операции;

- а – измерение температуры в зоне операции
- б – показания цифрового термометра температуры исследуемой топографической точки перед операцией
- в – показания мобильного тепловизора

Мобильный тепловизор фиксировал максимальное значение температуры в зоне операции и минимальное значение температуры в видимой области, в данном случае температуры в операционной, что соответствовало показаниям психрометрического гигрометра. Показания температуры мобильного тепловизора заносили в журнал. Полученные данные цифрового термометра в трех топографических точках суммировали, находили среднее значение температуры и проводили статистическую обработку полученных данных.

2.2.7. Методика определения содержания провоспалительных и противовоспалительных интерлейкинов в смешанной слюне пациентов

Образцы смешанной слюны собирали у пациентов двух групп до операции, через 3-е суток и 7-ь суток после хирургического вмешательства. Перед забором слюны пациент прополаскивал рот изотоническим 0,9% раствором натрия хлорида три раза, затем забор образца смешанной слюны проводили без стимуляции путём сплёвывания в стерильную пластмассовую пробирку в течение 2-х минут (Рисунок 56). Собранную таким образом смешанную слюну до проведения исследования хранили в морозильной камере при температуре -18°C . После однократного

размораживания образцы смешанной слюны центрифугировали в течение 15 минут при скорости 3000 об/мин и отделяли надосадочную жидкость (супернатант).

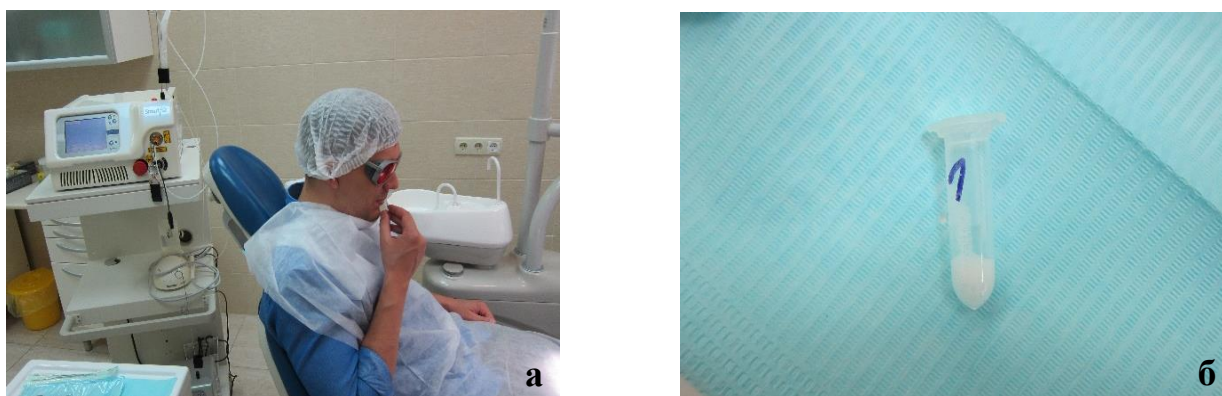


Рисунок 56 – Определение содержания интерлейкинов в смешанной слюне пациентов: а – забор слюны у пациента; б – образец слюны, собранный в пробирку до операции

В полученной надосадочной жидкости методом иммуноферментного анализа определяли содержание интерлейкина-1 β , интерлейкина-6, интерлейкина-10, («Вектор-Бест-Европа», Россия). Для проведения сравнительного анализа был проведен сбор образцов смешанной слюны у 20 здоровых пациентов, которые не имели в анамнезе соматическую патологию и воспалительные заболевания в полости рта.

Интерлейкин-1 β (IL1 β) – это многофункциональный цитокин, который при воздействии патогенных факторов один из первых активируется при ответной защитной реакции организма. IL1 β стимулирует пролиферацию, дифференцировку и функциональную активность Т- и В-лимфоцитов, стимулирует синтез белков острой фазы, повышает ряд процессов как фагоцитоз и гемопоэз, повышает проницаемость сосудистой стенки, цитотоксическую и бактерицидную активность.

Интерлейкин-6 (IL6) – цитокин, продуцируемый моноцитами, макрофагами, Т- и В-лимфоцитами, хондроцитами и клетками амниона, является фактором дифференцировки В-лимфоцитов в АТ-продуцирующие клетки и синтеза В-лимфоцитами антител, продукцию IL2 Т-лимфоцитами и одновременно экспрессию рецептора IL2. IL6 совместно с IL1 и IL2 активирует пролиферацию и

дифференцировку цитотоксических лимфоцитов, а также индуцирует синтез белков острой фазы, в связи с чем его относят к цитокинам воспаления, участвует в выработке медиаторов воспаления (С-реактивного белка и простагландинов).

Интерлейкин-10 (IL10) – противовоспалительный цитокин, продуцируется Т-хелперами (Th) 1 и 2 типа, моноцитами, макрофагами и цитотоксическими клетками, обладает широким спектром действия и выраженным иммуносупрессивным эффектом, подавляет пролиферацию и активность Т-клеток, продукцию синтеза Th-1 в большей степени, чем Th-2, снижает активность макрофагов, в том числе продукцию воспалительных цитокинов.

Определение количества IL1 β , IL6, IL10 в супернатанте у исследуемых и у практически здоровых людей проводили с помощью иммуноферментных наборов реактивов (ВЕКТОР ИФА-БЕСТ) методом твердофазного иммуноферментного анализа. Принцип данного метода основан на трехстадийном «сэндвич» варианте твердофазного иммуноферментного анализа с применением моно- и поликлональных антител к данным иммуноглобулинам. Все исследования проводили строго по схеме, описанной в инструкциях фирм-производителей.

2.2.8. Методика определения содержания показателей местного иммунитета (SIgA, IgG, IgM) в смешанной слюне пациентов

Оценку местного иммунитета полости рта определяли у исследуемых в смешанной слюне по уровням SIgA, IgG, IgM.

Секреторный иммуноглобулин А (SIgA) - это гликопротеин, синтезируются клетками иммунной системы (В-лимфоцитами) в ответ на повреждающее воздействие различных антигенов: вирусов, микробов, бактерий, белковых токсинов и др. SIgA препятствует прикреплению патогенных микроорганизмов к поверхности эпителиальных клеток и блокирует адгезию (образование связи между клетками), что делает невозможным их повреждение и проникновение бактерий и вирусов под клеточную мембрану.

Иммуноглобулин класса G (IgG) – это гликопротеин, вырабатываемый клетками иммунной системы в ответ на вторжение патогенных микроорганизмов – возбудителей вирусных, бактериальных, грибковых и других заболеваний. Основной функцией IgG является связывание иммуноглобулина с антигенами, инициирование, их инактивация и затем катаболизм.

Иммуноглобулин M (IgM) в крови циркулирует в виде пентамера и первым вырабатывается в начале иммунного ответа на попадание чужеродного антигена в организм. IgM агглютинирует бактерии, нейтрализует вирусы, играют важную роль в элиминации возбудителя из кровеносного русла в активации фагоцитоза и системы комплемента по классическому пути.

Определение количества SIgA, IgG, IgM в супернатанте у исследуемых и у практически здоровых людей проводили с помощью иммуноферментных наборов реактивов (ВЕКТОР ИФА-БЕСТ) методом твердофазного иммуноферментного анализа. Принцип метода основан на двухстадийном «сэндвич» варианте твердофазного иммуноферментного анализа с применением моноклональных антител к SIgA, IgG, IgM. Все исследования проводили строго по схеме, описанной в инструкциях фирм-производителей.

2.3. Статистическая обработка результатов исследования

До проведения исследования проводили расчет размера выборки. С учетом полученных вычислений она была равна 315.

Статистическая обработка полученных данных включала в себя – контроль собранного материала, его группировку, сведение данных в статистические таблицы, вычисление статистических показателей и их оценку. На основе абсолютных значений, полученных в результате исследования, проводили вычисление относительных показателей (экспансивных, интенсивных, наглядности). Экспансивные показатели применяли для структуры исследуемых групп по анализирующим признакам, совокупность принимали за 100% и рассчитывали удельный вес каждой части. Интенсивные показатели применяли для

демонстрации встречаемости изучаемых параметров, при изучении показателей для сравнения полученных результатов в динамике, а также для сопоставления их уровня в разных группах. Показатели наглядности применяли для сравнительного анализа показателей в группах и между группами. Для графического изображения полученных показателей использовали столбиковые, линейные и круговые диаграммы.

Также применяли методы вариационной статистики, которые отражают типичные количественные характеристики исследуемых показателей через средние величины и их разнообразные критерии. Для проведения анализа изменения определенных показателей в разных группах и в одной группе в динамике предварительно вычисляли среднее значение M , стандартное отклонение m , медиану Me . Для каждой выборки для всех показателей определяли нормальность распределения с помощью теста Шапиро-Уилка. В зависимости от полученных результатов использовали методы параметрической или непараметрической статистики. Т.к. ни в одной из сравниваемых пар или нескольких групп не было только лишь правильное распределение, анализ проводили с помощью U -критерия Манни-Уитни для попарного сравнения в разных независимых выборках (в статистической программе R определяется как критерий Уилкокса), внутри группы – T -критерия Вилкоксона, между несколькими независимыми выборками – критерий Краскелла-Уоллиса. Связь между показателями определяли с помощью коэффициента корреляции Пирсона. Статистически значимыми результаты считали при ошибке 5% и достоверности 95% ($p < 0,05$). Графическое отображение результатов представлено с помощью диаграмм «ящик с усами» (bar-plot), qq-plot и диаграмм с зоной достоверности. Обработку результатов проводили в программе Microsoft Excel (Windows 10, Microsoft, США, 2020) и Rstudio (Окленд, Новая Зеландия, открытая лицензия, GNU GPL).

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ГЛАВА 3. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕГЕНЕРАЦИИ МЯГКИХ ТКАНЕЙ У ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ ПОСЛЕ НАНЕСЕНИЯ РАНЫ ИЗЛУЧЕНИЕМ НЕОДИМОВОГО ЛАЗЕРА И РЕЖУЩИМ ИНСТРУМЕНТОМ (Эксперимент №1 и Эксперимент №2)

Известно, что свет инфракрасного диапазона поглощается белками гемоглобина (оксигемоглобин, метгемоглобин и др.) и глубоко проникает в мягкие ткани. Такими свойствами обладает излучение Nd:YAG лазера, которое способно проникать на глубину до 8 мм [35, 103].

На экспериментальном этапе диссертационного исследования были изучены морфологические изменения, произошедшие с интактной слизистой оболочкой рта экспериментальных животных после воздействия излучения Nd:YAG лазера с разными параметрами работы, определена глубина и характер термических поражений тканей, выявлены особенности воспалительной реакции и регенерации слизистой оболочки рта. Кроме того, в эксперименте №2 изучено влияние излучения Nd:YAG лазера на кровеносные сосуды ушных раковин лабораторных животных, особенности репаративных процессов после лазерной фотокоагуляции кровеносных сосудов в разные сроки наблюдения.

3.1. Результаты морфологического исследования регенерации мягких тканей лабораторных животных в зависимости от способа альтерации в динамике

3.1.1. Морфологическая оценка регенерации слизистой оболочки рта кроликов в динамике (Эксперимент №1)

По полученным данным заживление дефекта слизистой оболочки рта у экспериментальных животных (кроликов) после механического и лазерного воздействия протекало по-разному. На 3-и сутки исследования после выведения

кроликов из эксперимента макроскопически в области лазерного дефекта наблюдали эпителизацию слизистой оболочки, в те же сроки скальпельная рана была еще покрыта фибрином, наблюдали инфильтрацию тканей.

На **1-е сутки** после воздействия излучения неодимового лазера в зоне раны (Рисунок 57а) имел место очаговый коагуляционный термический некроз эпителия в виде оксифильных фрагментированных и расслоенных гомогенных структур, толщина которого зависела от плотности мощности излучения. Глубина термического некроза эпителия была наиболее выражена у подопытных животных 4-й группы, она составила – $78,2 \pm 4,6$ мкм, лазерное воздействие в этой группе проводили при мощности лазера 3,2 Вт в режиме в «short» (Рисунок 57б). В 3-й группе после воздействия излучения неодимового лазера мощностью 2,4 Вт (Рисунок 58а) в режиме в «short» - глубина коагуляционного термического некроза занимала промежуточное положение и составила – $48,6 \pm 12,8$ мкм (Рисунок 58б).

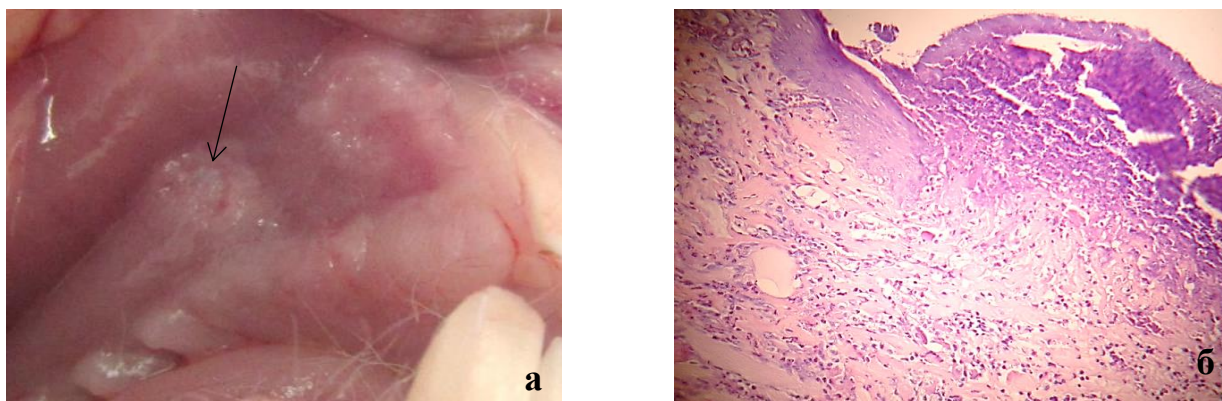


Рисунок 57 – Слизистая оболочка рта кролика:

- а – вид слизистой оболочки кролика через 1 сутки после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 3,2 Вт, незначительный отек и гиперемия в области воздействия, рана прикрыта фибрином
 б – гистологический препарат: коагуляционный некроз эпителия слизистой оболочки рта, нанесенный излучением Nd:YAG лазера мощностью 3,2 Вт через 1 сутки; поверхностный дефект многослойного неороговевающего эпителия полости рта с коагулированными гомогенными оксифильными участками термического некроза эпителия.

Окр. гематоксилином и эозином. ув.×80

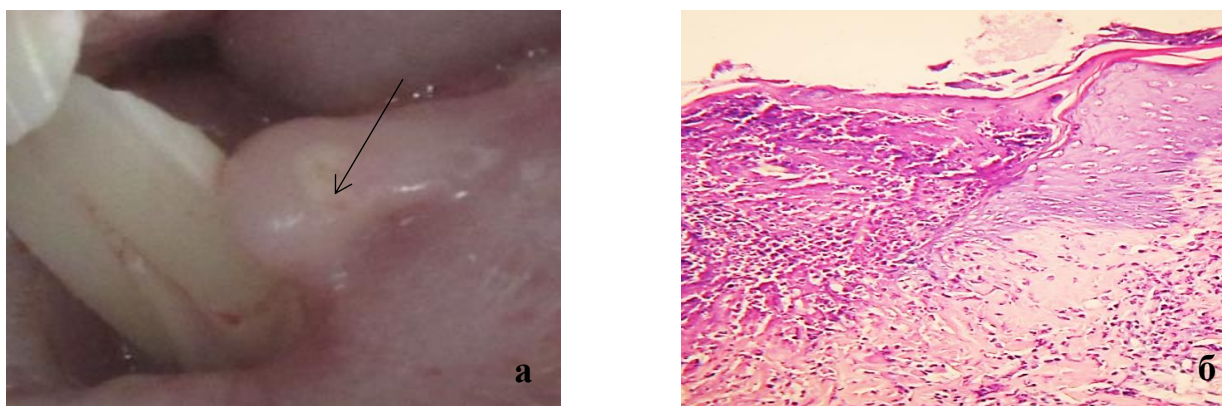


Рисунок 58 – Слизистая оболочка рта кролика:

а – вид слизистой оболочки кролика через 1 сутки после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 2,4 Вт

б – гистологический препарат: коагуляционный термический некроз слизистой оболочки рта кролика в виде гомогенных оксифильных участков после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 2,4 Вт через 1 сутки; в подслизистом слое – неравномерное венозное полнокровие.

Окр. гематоксилином и эозином. ув.×80

У экспериментальных животных 2-й группы при нанесении раны лазерным излучением мощностью 1,6 Вт в режиме в «short» глубина термического некроза была наименьшая и составила $24,6 \pm 2,4$ мкм. Обращало на себя внимание наличие в просвете кровеносных сосудов подслизистого слоя так называемых «коагуляционных лазерных тромбов» [43, 45] (Рисунок 59а), это подвергшиеся коагуляции плазменные белки и форменные элементы крови в просвете кровеносных сосудов вследствие термического воздействия лазерного излучения, которые обеспечивают полный гемостаз во время операции (Рисунок 59б).

У лабораторных животных 1-й группы в условиях эксперимента рана была сформирована скальпелем с лезвием №15С, на 1-е сутки линия хирургических (скальпельных) ран (Рисунок 60а), в отличие от лазерных ран, представлена гомогенным колликвационным (влажным) некрозом всех тканей с многочисленными очаговыми и диффузными кровоизлияниями с отеком и диффузной нейтрофильной инфильтрацией (Рисунок 60б).

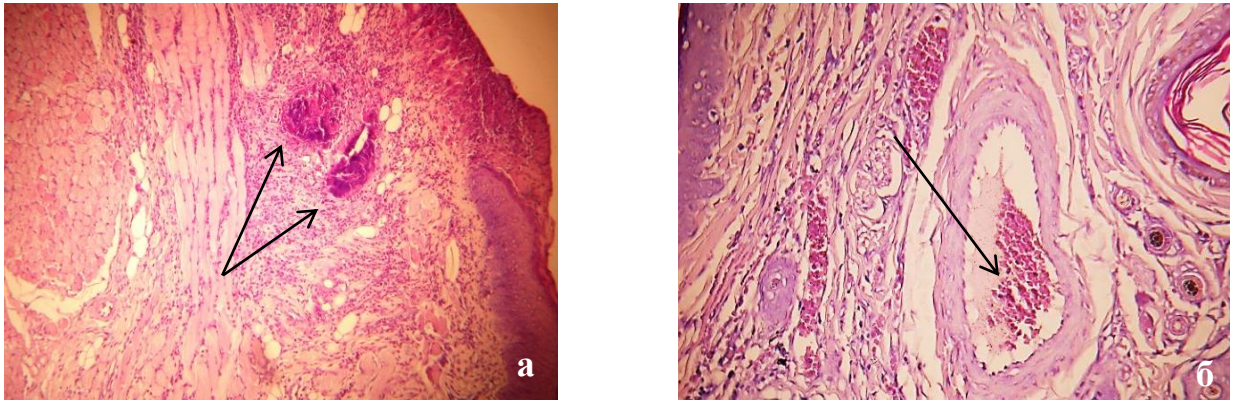


Рисунок 59 – Гистологический препарат:

а – минимальный характер коагуляционного термического некроза плоского эпителия при мощности излучением Nd:YAG лазера 1,6 Вт на 1-е сутки, отсутствие отека и полнокровия подслизистого слоя, «коагуляционные лазерные тромбы» (показаны стрелками) в подслизистом слое
 б – кровеносный сосуд, в просвете которого «коагуляционный лазерный тромб» (указан стрелкой) и венозное полнокровие в подслизистом слое после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 2,4 Вт на 1 сутки после операции. Окр. гематоксилином и эозином. ув.х100

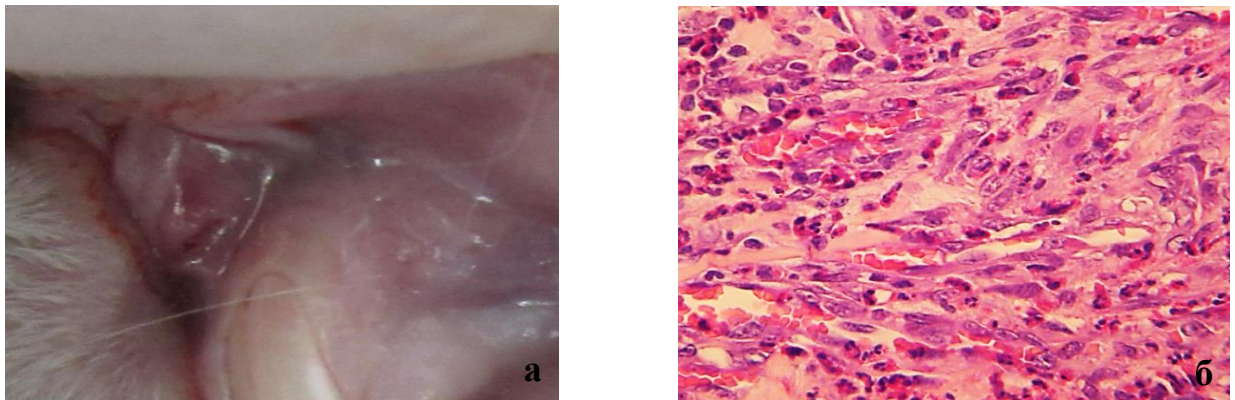


Рисунок 60 – Слизистая оболочка рта кролика:

а – вид слизистой оболочки кролика через 1 сутки после нанесения раны скальпелем
 б – гистологический препарат, скальпельная рана через 1 сутки, колликвационный некроз слизистой оболочки и прилежащих участков подслизистого слоя, отек, венозное полнокровие, очаговые кровоизлияния, нейтрофильная инфильтрация. Окр. гематоксилином и эозином. ув.х100

Через **3-е суток** после выведения кроликов из эксперимента в области лазерного воздействия наблюдали эпителизацию слизистой оболочки, в то время

как после механического воздействия скальпелем поверхность раны была покрыта фибрином.

Через 3-е суток у животных 4-й группы в зоне лазерного воздействия при мощности лазера 3,2 Вт в режиме в «short» (Рисунок 61а) отмечали фрагментарное отторжение коагуляционного струпа с очищением поверхности слизистой оболочки, в подслизистом слое венозное полнокровие, многочисленные клеточные элементы макрофагального ряда между формирующимися новообразованными капиллярами. Глубина коагуляционного термического некроза уменьшилась и составила $52,5 \pm 36,6$ мкм (Рисунок 61б). При окраске толуидиновым синим отмечена выраженная метакромазия, свидетельствующая о большом количестве гликозаминогликанов в формирующейся грануляционной ткани (Рисунок 62).

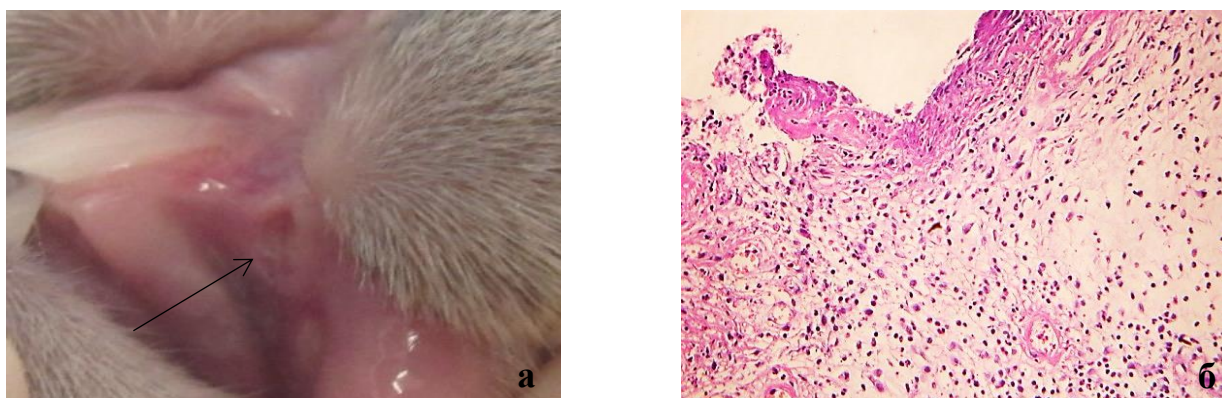


Рисунок 61 – Слизистая оболочка рта кролика:

а – вид слизистой оболочки кролика через 3 суток после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 3,2 Вт, нерезко выраженные отек и гиперемия слизистой оболочки рта

б – гистологический препарат, фрагментарное отторжение коагуляционного струпа с очищением поверхности слизистой оболочки, в подслизистом слое – венозное полнокровие, многочисленные формирующиеся капилляры, клеточные элементы макрофагального ряда, 3 сутки после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 3,2 Вт.

Окр. гематоксилином и эозином. ув.х180

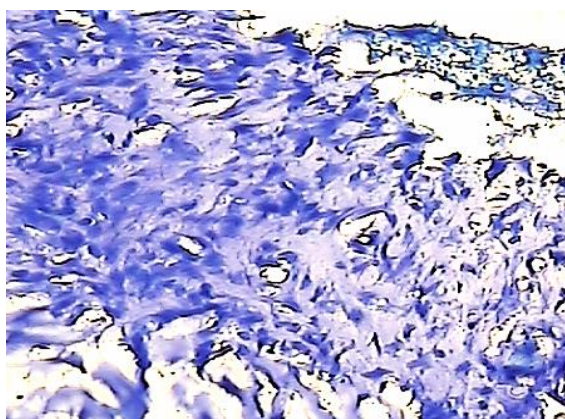


Рисунок 62 – Гистологический препарат:
 метахромазия межучного вещества подслизистого слоя у кроликов, полнокровные капилляры, 3-и сутки после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 3,2 Вт.
 Окр. толуидиновым синим. ув.х120

На 3-и сутки в 3-й группе у экспериментальных животных после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 2,4 Вт макроскопически выявлена эпителизация слизистой оболочки без отека и деформации (Рисунок 63а). Микроскопически в зоне воздействия лазерного излучения клеточные элементы макрофагального ряда, многочисленные новообразованные капилляры (рисунок 63б). Глубина коагуляционного термического некроза составила – $27,3 \pm 36,6$ мкм, что значительно меньше по сравнению с первыми сутками.

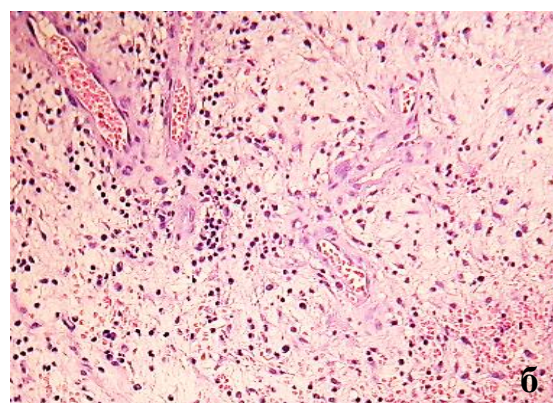


Рисунок 63 – Слизистая оболочка рта кролика:
 а – вид в полости рта на 3 сутки, очищение слизистой оболочки рта кролика от фрагментов коагуляционного термического струпа после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 2,4 Вт
 б – гистологический препарат: 3 сутки после воздействия Nd:YAG лазера мощностью 2,4 Вт. Окр. гематоксилином и эозином. ув.х280

При нанесении раны излучением Nd:YAG лазера мощностью 1,6 Вт у подопытных животных 2-й группы наблюдали аналогичную гистологическую картину, глубина коагуляционного некроза сократилась до средних значений – $10,9 \pm 11,2$ мкм.

Таким образом, после воздействия излучением Nd:YAG лазера при различных параметрах мощности, на третьи сутки выявлена стереотипная гистологическая картина, характеризующаяся формированием грануляционной ткани с многочисленными новообразованными капиллярами, клеточными элементами макрофагального ряда и отсутствием нейтрофильной инфильтрации.

По данным морфологического метода исследования при изучении глубины термического коагуляционного некроза (повреждения) тканей слизистой оболочки рта кроликов было выявлено, что глубина коагуляционного некроза зависела от параметров лазерного излучения.

В первые сутки после воздействия излучения Nd:YAG лазера минимальная глубина коагуляционного некроза была выявлена у животных 2-й группы, у которых применяли излучение мощностью 1,6 Вт ($24,6 \pm 2,4$ мкм), наибольшая глубина коагуляционного некроза слизистой оболочки рта кроликов была выявлена у животных 4-й группы ($78,2 \pm 4,6$ мкм), воздействие которым проводили мощностью 3,2 Вт, данные представлены в Таблице 25.

Таблица 25 – Глубина коагуляционного некроза слизистой оболочки рта кроликов при различных параметрах мощности излучения Nd:YAG лазера на 1 и 3 сутки

Группы исследования	Лазерное излучение (мощность Вт)	Глубина коагуляционного некроза (мкм) 1 сутки	Глубина коагуляционного некроза (мкм) 3 сутки
1 группа	1,6 Вт	$24,6 \pm 2,4$	$10,9 \pm 11,2$
2 группа	2,4 Вт	$48,6 \pm 12,8$	$27,3 \pm 36,6$
3 группа	3,2 Вт	$78,2 \pm 4,6$	$52,5 \pm 36,6$

$P < 0,5$

Через 3-е суток после выведения кроликов из эксперимента в области лазерного воздействия имело место сокращение объема коагуляционного термического некроза. Наибольшее сокращение глубины термического некроза выявлено у животных 1-й группы – в 2,2 раза.

При сравнительном анализе средних значений глубины некроза в разные сроки наблюдения у лабораторных животных всех групп статистически значимых различий не выявлено, достигнутые уровни значимости имели значения $p=0,5974$, $p=0,25111$. Можно предположить, что это связано с небольшим объемом выборки, данные представлены в Таблице 26. Тем не менее, отмечена выраженная тенденция к уменьшению глубины коагуляционного некроза во всех группах исследования, представленная на Рисунке 64.

Таблица 26 – Глубина коагуляционного некроза (мкм), Nd:YAG лазер

Параметр	1 Сутки			3 сутки		
	1,6 Вт	2,4 Вт	3,2 Вт	1,6 Вт	2,4 Вт	3,2 Вт
N	5	5	5	5	5	5
Min	23,7	42,5	76,2	8,3	26,10	48,90
1st Qu	24,0	46,4	77,0	10,8	26,30	49,20
Median	24,5	48,5	77,9	10,9	26,90	52,40
Mean	24,6	48,6	78,2	10,9	27,28	52,48
3rd Qu	24,7	50,3	79,1	11,9	27,30	55,80
Max	26,1	55,3	80,8	12,6	29,80	56,10
Mean±SD	24,6±2,4	48,6±12,8	78,2±4,6	10,9±11,2	23,3±6,6	52,5±6,6
Min-Max	(23,7-26,1)	(42,5-55,3)	(76,2-80,8)	(8,3-12,8)	(26,1-29,8)	(48,9-56,1)

$P>0,05$

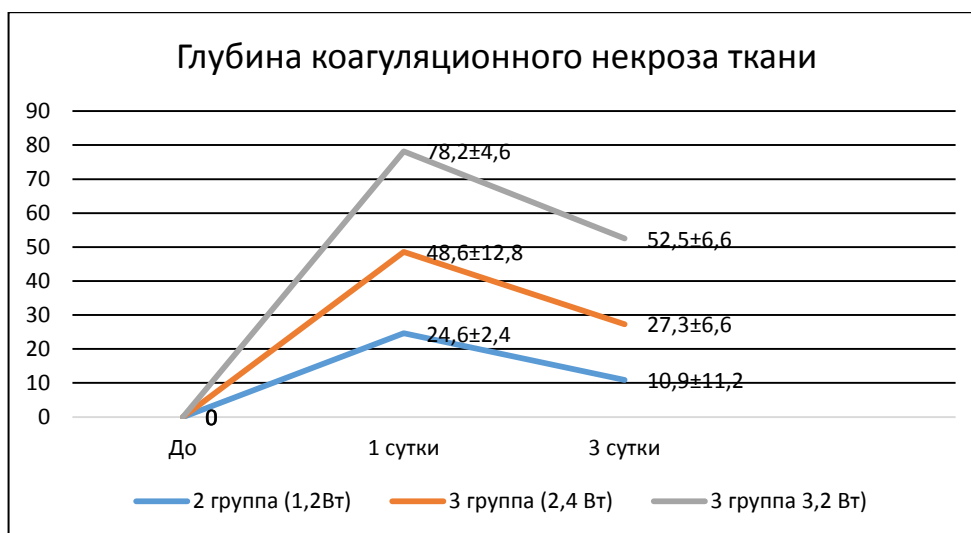


Рисунок 64 – Динамика глубины коагуляционного некроза слизистой оболочки рта кроликов в разные сроки наблюдения при воздействии излучением Nd:YAG лазера

На 3-и сутки при макроскопическом исследовании у животных 1-й группы при нанесении раны скальпелем поверхность слизистой оболочки отечна, гиперемирована и все еще была покрыта фибрином (Рисунок 65а). При микроскопическом исследовании ткани подслизистого слоя отечны, отмечена нейтрофильная инфильтрация, венозное полнокровие, периваскулярные диапедезные и очаговые кровоизлияния (Рисунок 65б).

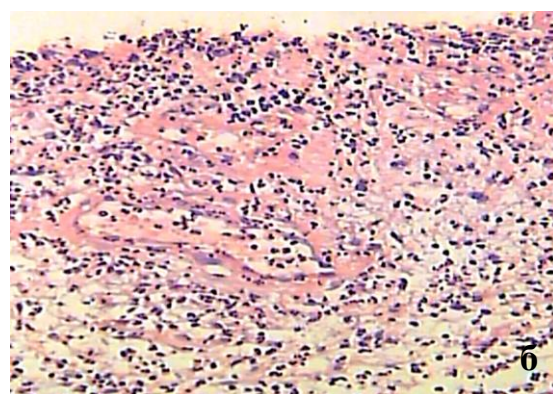


Рисунок 65 – Слизистая оболочка рта кролика:

- а – вид в полости рта, отек и гиперемия слизистой оболочки рта кролика через 3 суток после нанесения раны скальпелем
- б – гистологическая картина на 3-и сутки после нанесения раны скальпелем, на поверхности раны фрагменты фибринозной пленки, выраженная диффузная нейтрофильная инфильтрация подслизистого слоя. Окр. гематоксилином и эозином. ув.х180

На *5-е сутки* при микроскопическом исследовании в области лазерного воздействия имело место восстановление структуры эпителиального слоя (Рисунок 66а). В подслизистом слое - формирование грануляционной ткани соответственно области лазерного воздействия с новообразованными сосудами, между которыми расположены клеточные элементы макрофагального и фибропластического ряда, немногочисленные коллагеновые волокна (Рисунок 66б).

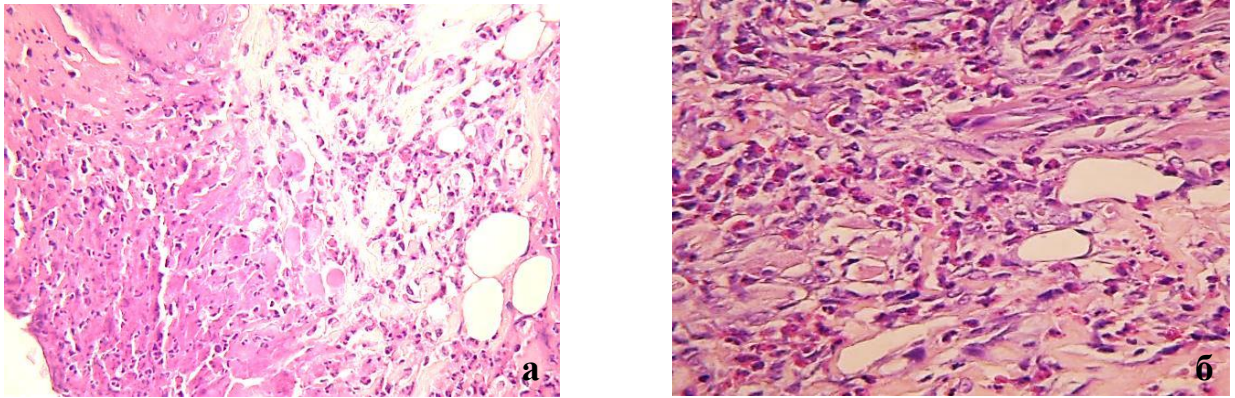


Рисунок 66 – Гистологический препарат:

- а – микроскопическая картина на 5 сутки после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 1,6 Вт. Окр. гематоксилином и эозином. ув.х120
 б – грануляционная ткань на 5 сутки после воздействия Nd:YAG лазера мощностью 2,4. Вт. Окр. гематоксилином и эозином. ув.×180

В скальпельной ране у экспериментальных животных 1-й группы через 5 суток площадь раневого дефекта сокращалась за счет краевой эпителизации (Рисунок 67а), но еще визуализировались неэпителизированные участки, под которыми расположена незрелая грануляционная ткань с нейтрофильной инфильтрацией, клеточными элементами макрофагального и фибробластического ряда, с множеством новообразованных капилляров и формирующимися пучками коллагеновых волокон, венозным полнокровием (Рисунок 67б).

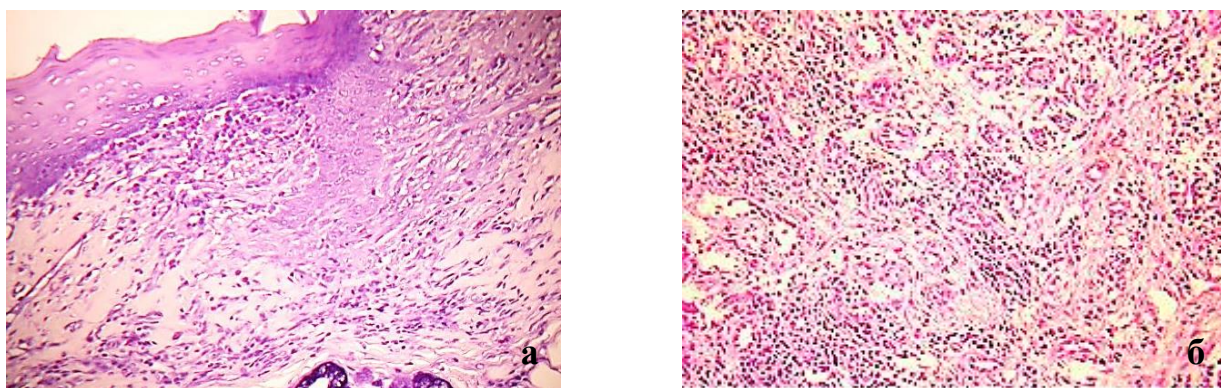


Рисунок 67 – Гистологический препарат:
 а – скальпельная рана на 5 сутки, сокращение объема дефекта слизистой оболочки. Окр. гематоксилином и эозином. ув.х180
 б – новообразованные капилляры формирующейся грануляционной ткани на 5 сутки в скальпельной ране, нейтрофильная инфильтрация. Окр. гематоксилином и эозином. ув.х220

На *7-е сутки* раны, сформированные излучением неодимового лазера, полностью эпителизированы, причем нет рубцовой деформации тканей (Рисунок 68а). При микроскопическом исследовании в подслизистом слое созревающая грануляционная ткань, представлена сформированным слоем вертикальных сосудов и клеточными элементами макрофагального и фибробластического ряда у животных 2-й и 3-й групп при воздействии мощностью лазерного излучения 1,6 Вт (Рисунок 68б) и 2,4 Вт (Рисунок 69а).

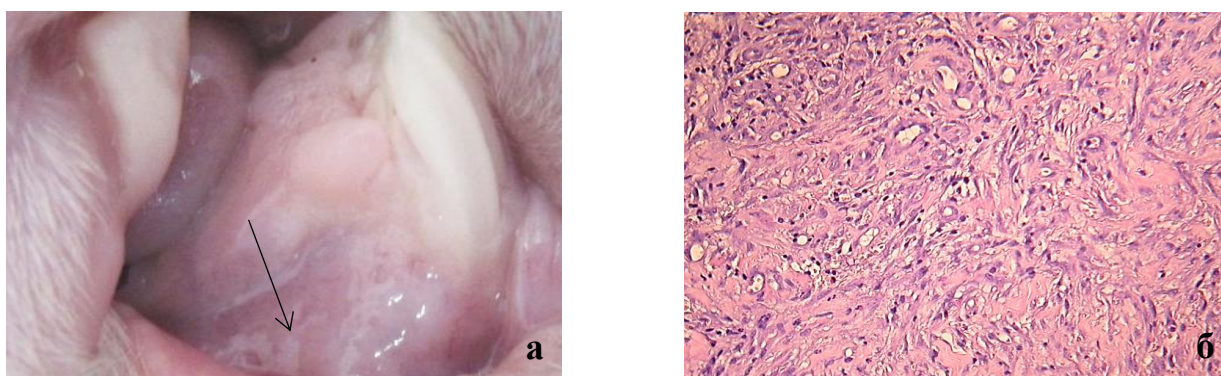


Рисунок 68 – Слизистая оболочка рта кролика:
 а – вид в полости рта, сокращение объема раневого дефекта, полная эпителизация слизистой оболочки через 7 суток после воздействия Nd:YAG лазера мощностью 2,4 Вт
 б – гистологический препарат на 7 сутки после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 2,4 Вт. Окр. гематоксилином и эозином. ув.х180

У экспериментальных животных при нанесении дефекта излучением Nd:YAG лазера мощностью 3,2 Вт выявлена аналогичная гистологическая картина на 7-е сутки (Рисунок 69б).

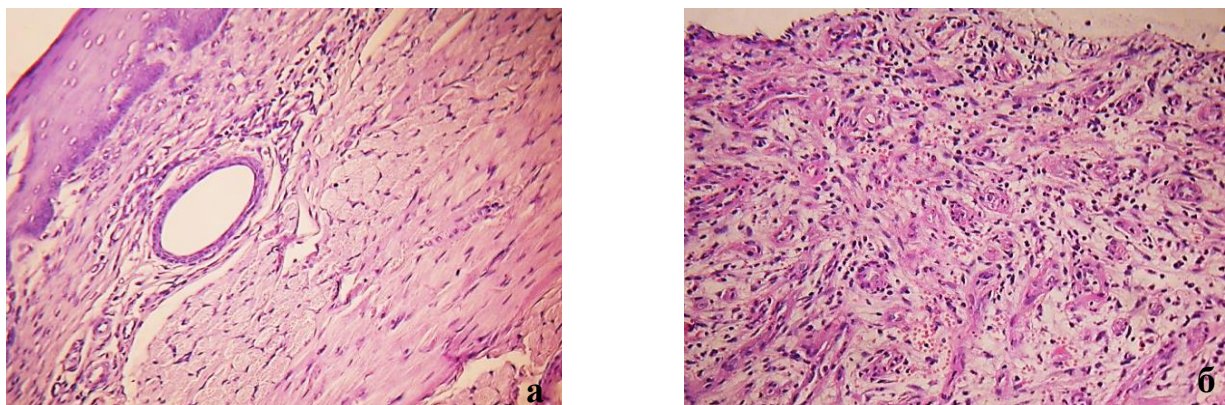


Рисунок 69 – Гистологический препарат:

а – восстановление структуры слизистой оболочки кролика через 7 суток после воздействия Nd:YAG лазера мощностью 1,6 Вт.

Окр. гематоксилином и эозином ув.х120

б – формирование слоя горизонтальных фибробластов, 7 сутки после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 3,2 Вт.

Окр. гематоксилином и эозином. ув.х220

На 7-е сутки в скальпельной ране полностью эпителизован только один из трех раневых дефектов (Рисунок 70а), отмечено очищение раны от фибринозного экссудата и краевая эпителизация, однако под эпителием сохраняется грануляционная ткань с формирующимся слоем горизонтальных фибробластов, отмечено венозное полнокровие подслизистого слоя (Рисунок 70б). При этом у части животных происходит разрыхление рубцовой ткани, уменьшение числа сосудов и клеток, что свидетельствовало об инволюции рубца.

К **10-м суткам** после воздействия лазерного излучения во всех группах исследования отмечено практически полное восстановление структуры эпителиального покрова слизистой оболочки, в подслизистом слое - созревающая грануляционная ткань очагового характера, в подслизистом слое которой пучки зрелых коллагеновых волокон, отмечена горизонтальная ориентация фибробластов (Рисунок 71а, Рисунок 71б, Рисунок 72а). В скальпельной ране отмечено не полное

заживление, в центре дефекта сохранялись островки, заполненные грануляционной тканью (Рисунок 72б).

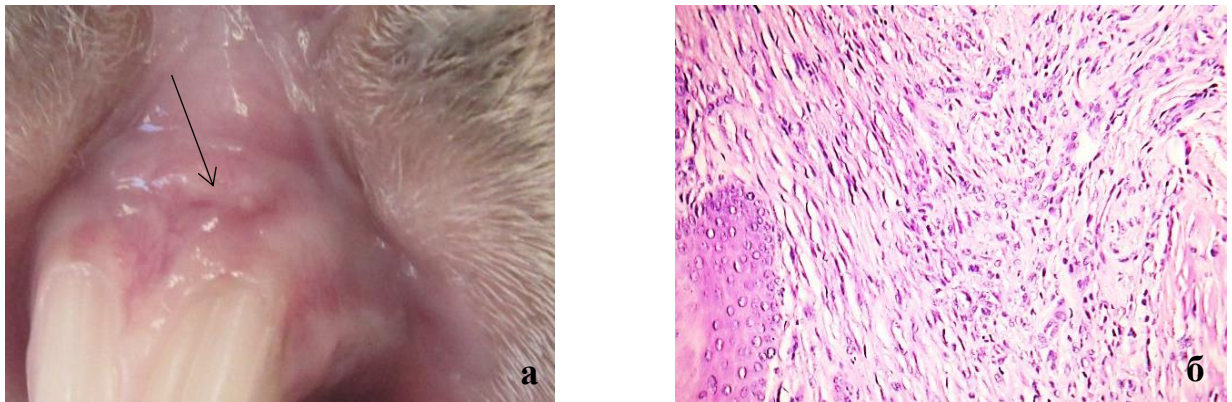


Рисунок 70 – Слизистая оболочка рта кролика через 7 суток:

а – вид в полости рта, слизистая оболочка рта кролика
после нанесения раны скальпелем

б – гистологический препарат: краевая эпителизация слизистой оболочки рта
через 7 суток после нанесения раны скальпелем.

Окр. гематоксилином и эозином ув.х100

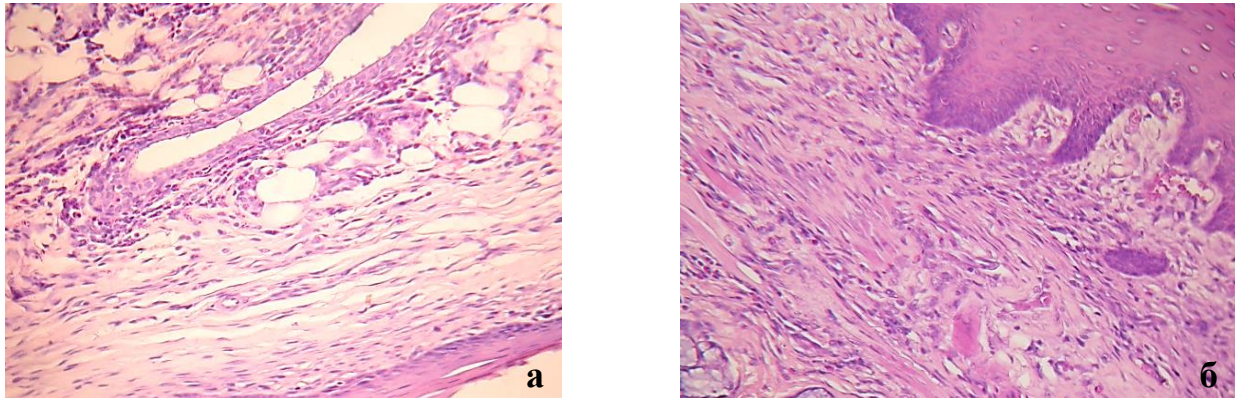


Рисунок 71 – Гистологический препарат:

а – типичная гистологическая структура слизистой оболочки рта кроликов, 10
сутки после операции излучением Nd:YAG лазера мощностью 1,6 Вт.

Окр. гематоксилином и эозином ув.х100

б – 10 суток после воздействия Nd:YAG лазера мощностью 2,4 Вт.

Окр. гематоксилином и эозином ув.х180

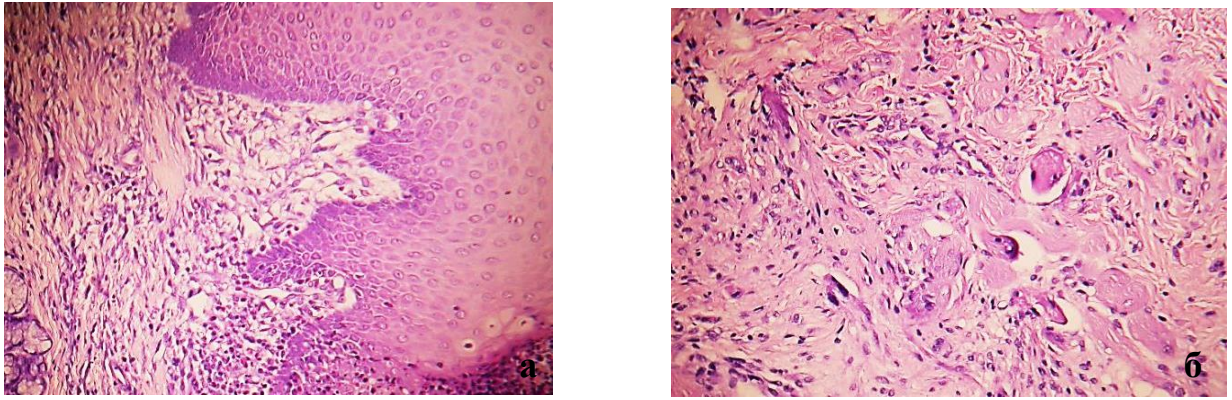


Рисунок 72 – Гистологический препарат:

- а – восстановление гистологической структуры плоского эпителия и подслизистого слоя, 10 сутки после воздействия Nd:YAG лазера мощностью 3,2 Вт. Очаговые лимфоидные инфильтраты в созревающей грануляционной ткани. Окр. гематоксилином и эозином. ув.х220
- б – скальпельная рана на 10 сутки после нанесения раны скальпелем. Окр. гематоксилином и эозином ув.х100

Через **14 суток** в области воздействия Nd:YAG лазером во всех трех группах у экспериментальных животных выявлено полное восстановление анатомической и гистологической структуры эпителия и подслизистого слоя (Рисунок 73а, 73б, Рисунок 74а).

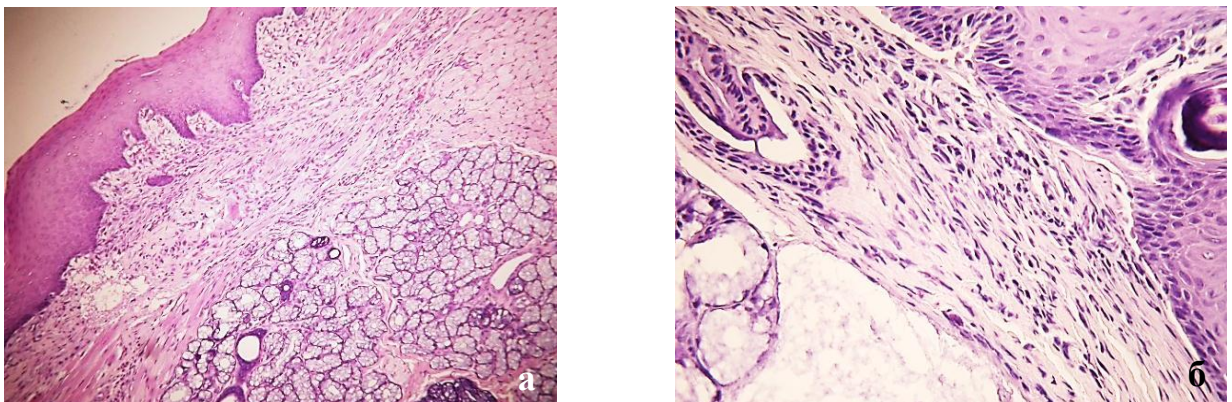


Рисунок 73 – Гистологический препарат:

- а – полное восстановление гистологической структуры слизистой оболочки рта с фрагментами слюнных желез слизистой оболочки рта через 14 суток после воздействия излучения Nd:YAG лазера мощностью 1,6 Вт Окр. гематоксилином и эозином ув.х120
- б – типичная гистологическая структура плоского эпителия и подслизистого слоя через 14 суток после воздействия Nd:YAG лазера мощностью 2,4 Вт. Окр. гематоксилином и эозином ув.х220

Эпителий в области лазерного воздействия практически не отличался от интактного эпителия слизистой оболочки, а в связи с асептическим продуктивным характером воспалительной реакции в процессе заживления лазерных ран не происходило образования рубцовой деформации слизистой оболочки ротовой полости. На 21-е сутки выявлена аналогичная гистологическая картина во всех трех группах у животных после лазерного воздействия (Рисунок 74б).

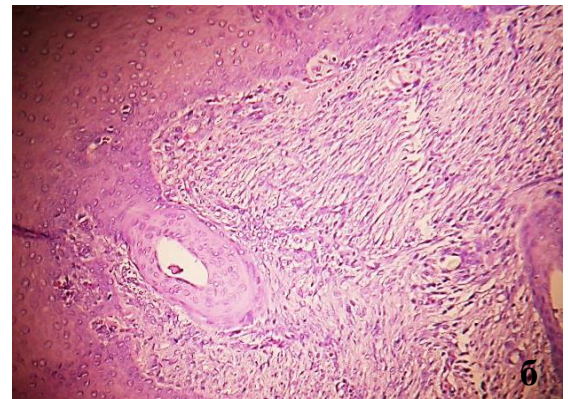
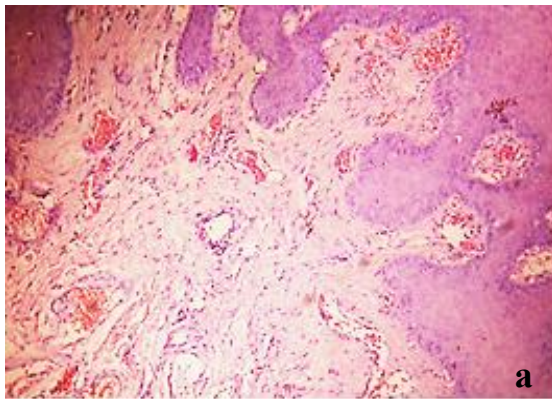


Рисунок 74 – Гистологический препарат. Восстановление гистологической структуры плоского эпителия слизистой оболочки рта кролика:
 а – на 14 сутки после воздействия Nd:YAG лазера мощностью 3,2 Вт
 б – на 21 сутки после воздействия Nd:YAG лазера мощностью 2,4 Вт
 Окр. гематоксилином и эозином ув.х100

На 14-е сутки практически полностью заканчивается эпителизация скальпельной раны. В отличие от лазерных ран, в этот период в пределах подслизистого слоя еще сохранялись элементы грануляционной ткани в стадии фиброзирования с незаконченной рубцовой трансформацией (Рисунок 75а). А полное восстановление гистологической структуры слизистой оболочки рта наблюдали к 21-м суткам после нанесения раны скальпелем (Рисунок 75б).

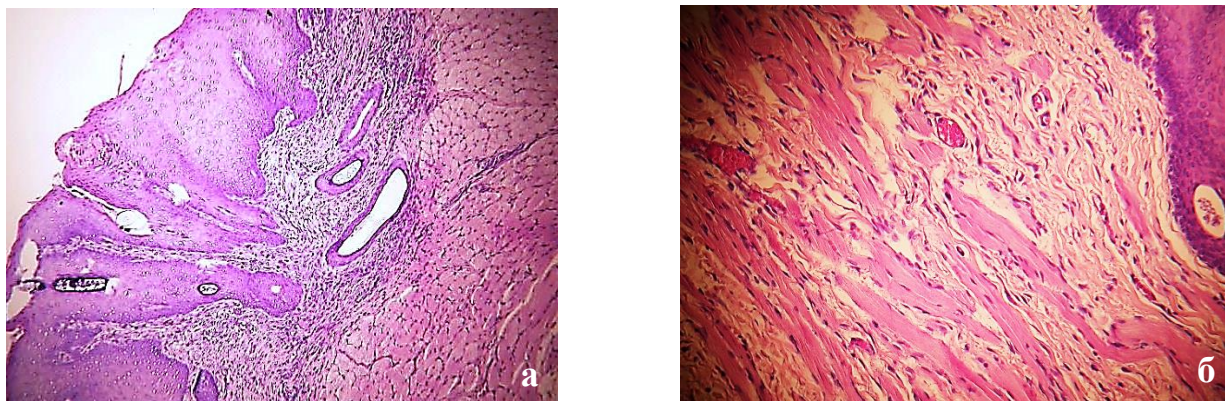


Рисунок 75 – Гистологический препарат. Эпителизация скальпельной раны:
 а – через 14 суток с восстановлением гистологической структуры слизистой оболочки рта кролика, венозное полнокровное подслизистой основы
 б – на 21 сутки, восстановление гистологической структуры
 Окр. гематоксилином и эозином ув.х100

3.1.2. Морфологические изменения в кровеносных сосудах ушных раковин кроликов после воздействия излучения Nd:YAG лазера (Эксперимент №2)

Изучение особенностей морфологических изменений тканей ушной раковины кроликов в динамике проводили после фотокоагуляции сосудов. Выбор в качестве биомодели сосудов остановили на ушных раковинах для лучшей визуализации. При визуальном осмотре тканей уха кролика в области локализации кровеносных сосудов сразу после воздействия Nd:YAG лазера на поверхности кожи выявлены элементы коагуляционного некроза с фрагментами сухого струпа (Рисунок 76а, Рисунок 76б).

На *1-е сутки* у подопытных животных 1-й группы после воздействия Nd:YAG лазера с энергией 40 мДж, длительностью импульса 350 нс (режим «short»), частотой 25 Гц, мощностью 1,0 Вт, время экспозиции 5 секунд не отмечено увеличение объема некротизированных тканей в области лазерного воздействия. На поверхности эпидермиса – термический струп в виде коагуляционного некроза с абляцией клеток эпидермиса до шиповатого слоя в центральных участках и сохранением структуры по периферии. В сосудах,

прилежащих непосредственно к термическому некрозу тканей изменений не выявлено. В не подвергшихся коагуляции кровеносных сосудах отмечено полнокровие, в капиллярах явления лейкостаза. Глубина некроза тканей – $84,78 \pm 11,72$ мкм, дерма и придатки кожи не изменены (Рисунок 77а, 77б).



Рисунок 76 – Воздействие излучением Nd:YAG лазера на кровеносный сосуд ушной раковины кролика мощностью 1,0 Вт:
 а – воздействие на кровеносный сосуд ушной раковины кролика
 б – вид зоны воздействия сразу после облучения

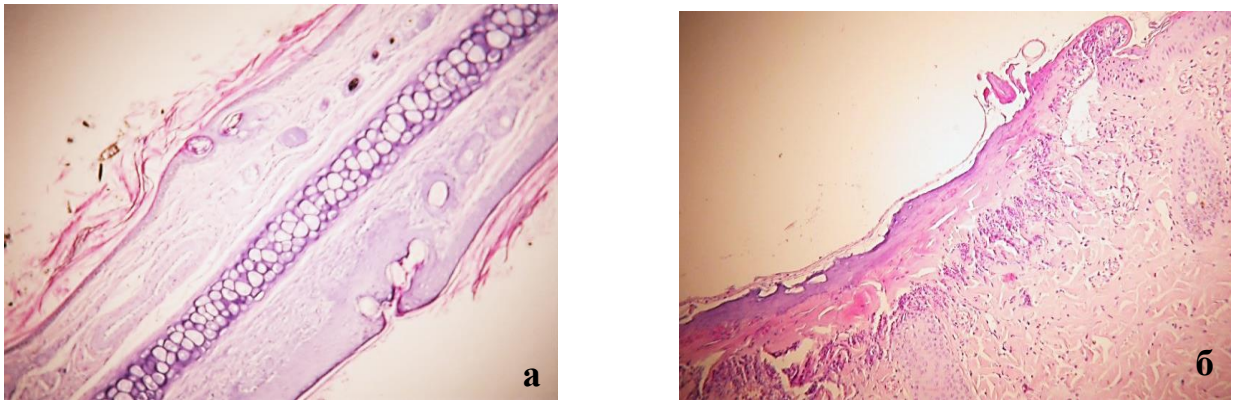


Рисунок 77 – Гистологический препарат:
 а – термический струп в виде коагуляционного термического некроза с абляцией клеток эпидермиса до шиповатого слоя на 1-е сутки Nd:YAG лазером мощностью 1,0 Вт. Окр.: гематоксилином и эозином ув.х120
 б – термический струп с более выраженным коагуляционным некрозом эпидермиса и прилежащей дермы после воздействия Nd:YAG лазера мощностью 2,0 Вт на 1-е сутки, в дерме - неравномерное венозное полнокровие. Окр.: гематоксилином и эозином ув.х120

В просвете кровеносных сосудов дермы «коагуляционные лазерные тромбы» [43, 45]. В процессе лазерного воздействия в зоне коагуляционного термического некроза в кровеносных сосудах выявлена коагуляция плазмы, форменных элементов крови и стенок сосудов с образованием коагуляционного гиалинового «лазерного тромба», который закупоривает просвет сосуда и обеспечивает полный гемостаз и лимфостаз (Рисунок 78). В отдаленных участках ткани тромбоза сосудов не выявлено.

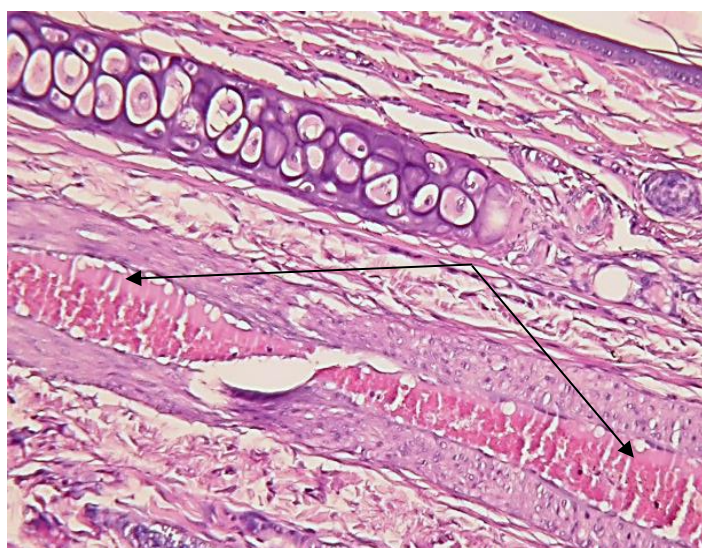


Рисунок 78 – Гистологический препарат. Коагуляционный «лазерный тромб» (показан стрелками) и венозное полнокровие в подслизистом слое после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 2,0 Вт через 1 сутки. Окр. гематоксилином и эозином ув.х180

На 1-е сутки при увеличении мощности Nd:YAG лазера до 4,0 Вт в 3-й группе у экспериментальных животных при параметрах – энергии 80 мДж, длительности импульса 350 нс (режим «short»), частоте 50 Гц, времени экспозиции 5 секунд поверхность раны представлена участками коагуляционного термического некроза эпидермиса и подлежащей дермы толщиной $181,56 \pm 6,8$ мкм. Участки некроза неравномерно окрашены, имеет место чередование базофильно и оксифильно окрашенных участков струпа, что свидетельствует о наличии элементов фибрина в оксифильных участках. В дерме отмечено неравномерное венозное полнокровие, отсутствие нейтрофильной инфильтрации. В кровеносных сосудах коагуляция

плазмы, перфорации сосудов не выявлено, отдаленные сосуды были полнокровны, в их просветах встречались полиморфно-ядерные лейкоциты без признаков распада. В глубоких отделах – фрагменты гиалинового хряща (Рисунок 79).

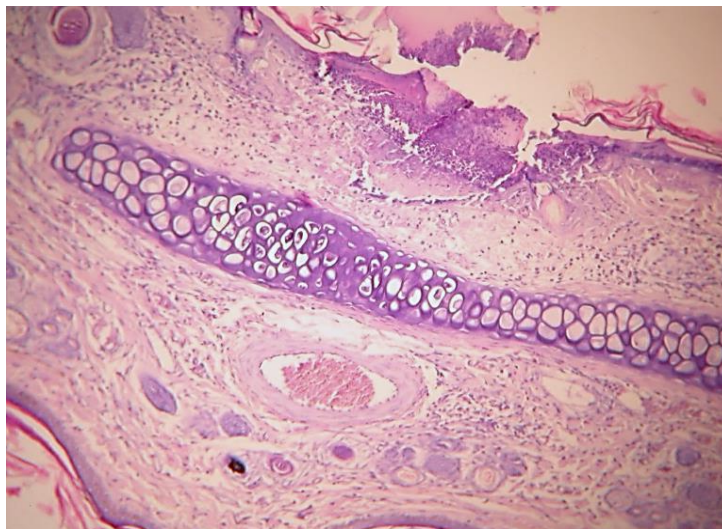


Рисунок 79 – Гистологический препарат. 1-е сутки, гомогенные участки коагуляционного термического некроза эпидермиса и подлежащей дермы с явлениями фрагментации после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 4,0 Вт. Окр.: гематоксилином и эозином ув.х180

Через **3-е суток** после воздействия Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт у животных 1-й группы по мере отторжения тканей, подвергшихся термическому некрозу, проходило очищение раны и сокращение ее объема. При морфологическом исследовании на поверхности эпидермиса сохранялись незначительные фрагменты коагуляционного термического струпа с восстановлением гистологической структуры подлежащей дермы. Отмечено неравномерное венозное полнокровие дермы с явлениями периваскулярного отека и сокращением объема коагуляционного некроза до $59,63 \pm 2,6$ мкм. Явлений отека подлежащих тканей не отмечено, отсутствовала и инфильтрация данных участков (Рисунок 80а). На 3-и сутки у экспериментальных животных 2-й группы после воздействия лазерного излучения мощностью 2,0 Вт сохранялись гомогенные фрагменты термического струпа, представленного коагуляционным некрозом эпидермиса без карбонизации толщиной до $100,9 \pm 8,9$ мкм, отделенные от подлежащей дермы узкой зоной отека в виде щели. В подлежащей дерме отек,

нерезко выраженная лимфоидно-макрофагальная инфильтрация с примесью нейтрофилов. В сосудах, подвергшихся коагуляции, обнаруживались коагуляционные лазерные тромбы с начальными явлениями организации, уплотнением и ретракцией лазерных тромбов, структура кровеносных сосудов в подлежащей дерме сохранена (Рисунок 80б).

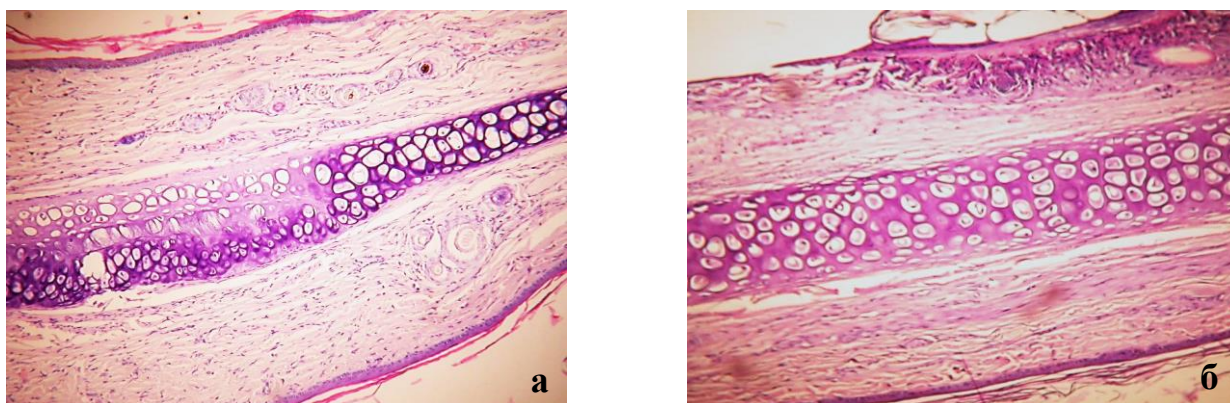


Рисунок 80 – Гистологический препарат:

а – 3-е сутки после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт. Очистка раневой поверхности от фрагментов коагуляционного термического струпа. Окр.: гематоксилином и эозином ув.х120

б – 3-е сутки после воздействия Nd:YAG лазера мощностью 2,0 Вт, зона макрофагальной и нейтрофильной инфильтрации между подвергшимся коагуляционному термическому некрозу эпидермисом и дермой с явлениями венозного полнокровия. Окр.: гематоксилином и эозином ув.х100

При увеличении мощности излучения Nd:YAG лазера до 4,0 Вт на 3-и сутки у подопытных кроликов 3-й группы выявлено сокращение объема коагуляционного некроза до $120,6 \pm 4,0$ мкм, его фрагментация с образованием полостей, выполненных гомогенными бесструктурными массами. Между зоной термического коагуляционного некроза и подлежащей полнокровной дермой участки формирующейся грануляционной ткани с многочисленными клеточными элементами макрофагального и фибробластического ряда, стенка кровеносного сосуда, подвергшегося воздействию истончена, эндотелий частично десквамирован, в просвете сосуда уплотнение и коагуляция крови (Рисунок 81).

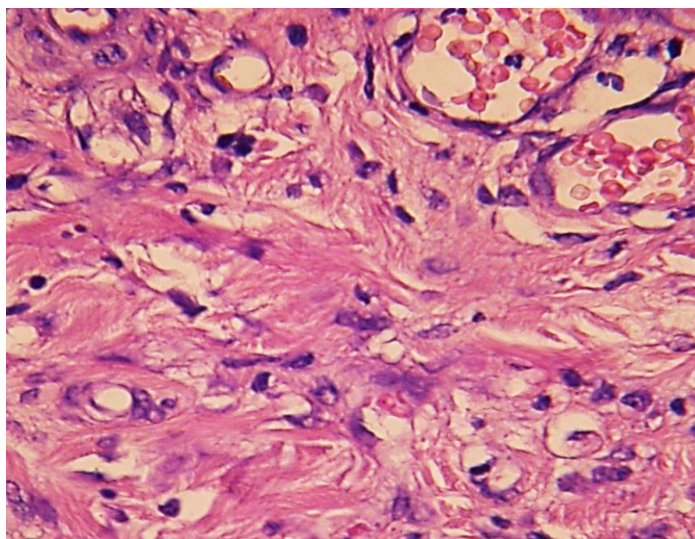


Рисунок 81 – Гистологический препарат на 3-и сутки после воздействия Nd:YAG лазера мощностью 4,0 Вт, венозное полнокровие дермы, макрофаги и фибробласты формирующейся грануляционной ткани. Окр. гематоксилином и эозином ув.х220

На третьи сутки после выведения кроликов из эксперимента происходило уменьшение размеров лазерных ран в объеме, с уменьшением толщины коагуляционного некроза тканей.

Полученные данные морфологического метода исследования при изучении лазерного воздействия на кровеносные сосуды ушных раковин кроликов показали, что изменения в кровеносных сосудах зависели от мощности излучения Nd:YAG лазера. На 1-е сутки у животных 1-й группы при воздействии мощностью 1,0 Вт изменений в кровеносных сосудах не выявлено, при этом глубина коагуляционного некроза кожи ушной раковины кролика была минимальная ($84,78 \pm 11,72$ мкм). При увеличении мощности до 2,0 Вт и 4,0 Вт, у животных 2-й и 3-й групп, на границе с коагулированными тканями обнаруживалась инфильтрация полиморфно-ядерными лейкоцитами, однако формирования типичного демаркационного вала с массивной лейкоцитарной инфильтрацией не происходило. В сосудах, подвергнутому воздействию излучения Nd:YAG лазера, наблюдали сегментарную десквамацию клеток эндотелия и пристеночную коагуляцию форменных элементов крови, фибрина и образования гиалиновых гомогенных тромбов, так называемых «лазерных тромбов». Перфорации стенок сосудов, подвергшихся лазерному

воздействию не выявлено. Однако глубина термического некроза была в этих группах разная: наибольшая была выявлена в 3-й группе – $181,56 \pm 6,8$ мкм, которым применяли мощность лазерного излучения 4,0 Вт; во 2-й группе при мощности излучения 2,0 Вт глубина некроза составила $126,76 \pm 9,6$ мкм.

Через трое суток в кровеносных сосудах, подвергшихся лазерному воздействию, коагуляционные «лазерные тромбы» подвергались начальным явлениям организации, уплотнению и ретракции, вокруг выявлено формирование грануляционной ткани, представленной большим количеством новообразованных капилляров, пролиферирующих элементов макрофагального и фибропластического ряда. В капиллярах грануляционной ткани тонкие стенки, в их эндотелии активная пролиферация, митозы, в просвете полиморфноядерные лейкоциты. Однако, инфильтрации ими окружающей грануляционной ткани не выявлено, что связано с особенностями раневого процесса при воздействии лазерного излучения. На третьи сутки также имеет место сокращение объема коагуляционного термического некроза равномерно во всех группах. Данные представлены в Таблице 27.

Таблица 27 – Глубина коагуляционного некроза кожи ушной раковины кроликов при различных параметрах мощности излучения Nd:YAG лазера на 1 и 3 сутки

Группы исследования	Лазерное излучение (мощность Вт)	Глубина коагуляционного некроза (мкм) 1 сутки	Глубина коагуляционного некроза (мкм) 3 сутки
1 группа	1 Вт	$84,78 \pm 11,72$	$59,63 \pm 2,6$
2 группа	2 Вт	$126,76 \pm 9,6$	$100,9 \pm 8,9$
3 группа	4 Вт	$181,56 \pm 6,8$	$120,6 \pm 4,0$

$P < 0,05$

Сравнительный анализ динамики глубины коагуляционного некроза, после воздействия Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт, 2,0 Вт и 4,0 Вт показал, что на 1-е сутки глубина термического некроза была различна, на 3-е сутки отмечено равномерное уменьшение глубины раневого дефекта во всех трех группах динамического наблюдения. Однако положительная тенденция к уменьшению

глубины термического некроза тканей ушной раковины кроликов в разные сроки наблюдения была статистически не достоверна ($p=0,18764$, $p=0,5376$). Динамика средних значений глубины коагуляционного некроза в 3-х группах исследования представлена в Таблице 28 и на Рисунке 82.

Таблица 28 – Глубина коагуляционного некроза кожи ушной раковины кроликов, после воздействия излучением Nd:YAG лазера

Параметр	1 Сутки			3 сутки		
	1,0 Вт	2,0 Вт	4,0 Вт	1,0 Вт	2,0 Вт	4,0 Вт
n	10	10	10	10	10	10
Min	76,50	101,4	164,6	53,2	84,7	114,7
1st Qu	83,40	112,4	175,6	56,3	88,1	115,7
Median	87,40	126,1	179,6	57,4	98,4	119,2
Mean	84,42	122,4	180,8	58,4	100,2	120,0
3rd Qu	89,70	128,5	181,4	60,7	108,5	119,3
Max.	90,10	143,6	202,8	64,4	121,3	131,1
Mean±SD	84,78± 13,6	122,4 ± 42,2	180,8 ± 38,2	58,4± 11,2	100,2 ±36,6	120,2±16,4
Min-Max	(76,5±90,1)	(101,4±143,6)	(164,6±202,8)	(53,2±64,4)	(84,7±121,3)	(114,7±131,1)

$P>0,05$

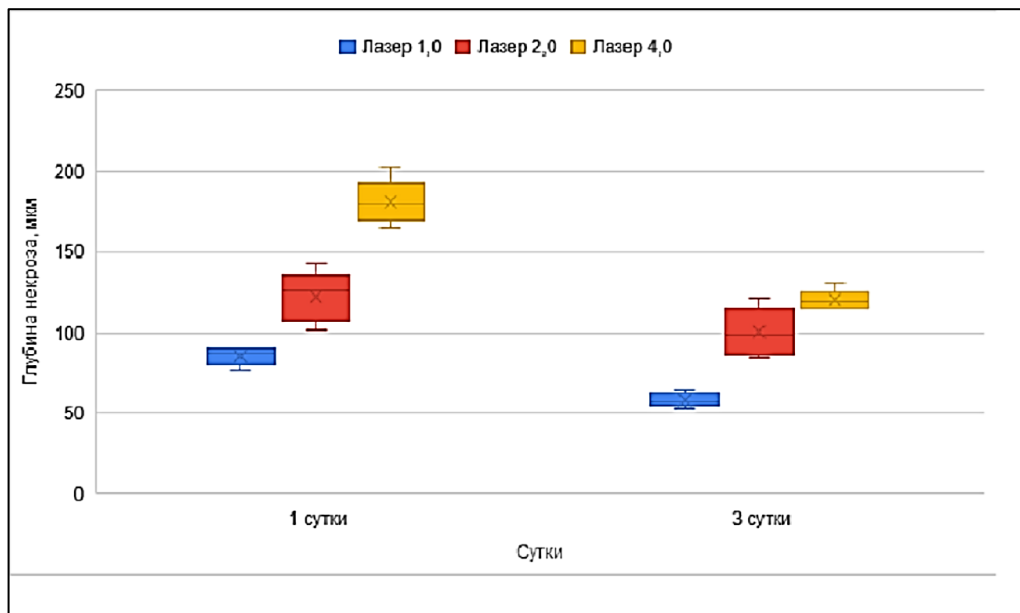


Рисунок 82 – Динамика глубины коагуляционного некроза тканей ушной раковины кроликов на 1-е и 3-и сутки после воздействия излучением Nd:YAG лазера

Через *7 суток* после воздействия излучением Nd:YAG лазера во всех трех группах выявлено дальнейшее отторжение коагуляционного термического струпа и продолжающаяся краевая регенерация эпидермального покрова. В подлежащей дерме - формирование грануляционной ткани с многочисленными клеточными элементами макрофагального и фибробластического ряда, новообразованными капиллярами. Среди клеточных элементов грануляционной ткани, так и в подлежащей дерме лейкоцитов мало. Отсутствие нейтрофильной инфильтрации видимо связано с изменением свойств экссудата и снижением проницаемости сосудистой стенки в процессе заживления лазерных ран. В коагулированных сосудах выявлены многочисленные трещины, выстланные эпителием.

При воздействии Nd:YAG лазера с мощностью 1,0 Вт через 7 суток у животных 1-й группы происходит полное восстановление гистологической структуры эпидермиса (Рисунок 83а). В дерме – формирование грануляционной ткани с новообразованными капиллярами, клеточными элементами макрофагального ряда. После воздействия излучения Nd:YAG лазера с мощностью 2,0 Вт во 2-й группе на 7-е сутки в поверхностных участках кожи сохранялись элементы термического струпа в виде фрагментарных коагулированных гомогенных масс. В дерме – островки формирующейся грануляционной ткани с многочисленными новообразованными капиллярами, клеточными элементами макрофагального ряда (Рисунок 83б).

На 7-е сутки после воздействия Nd:YAG лазера мощностью 4,0 Вт в 3-й группе также происходит очищение поверхности раны от основной массы коагуляционного термического струпа, который представлен фрагментированными оксифильными участками над регенерирующим эпидермальным покровом кожи. В дерме – очажки формирующейся грануляционной ткани (Рисунок 84).

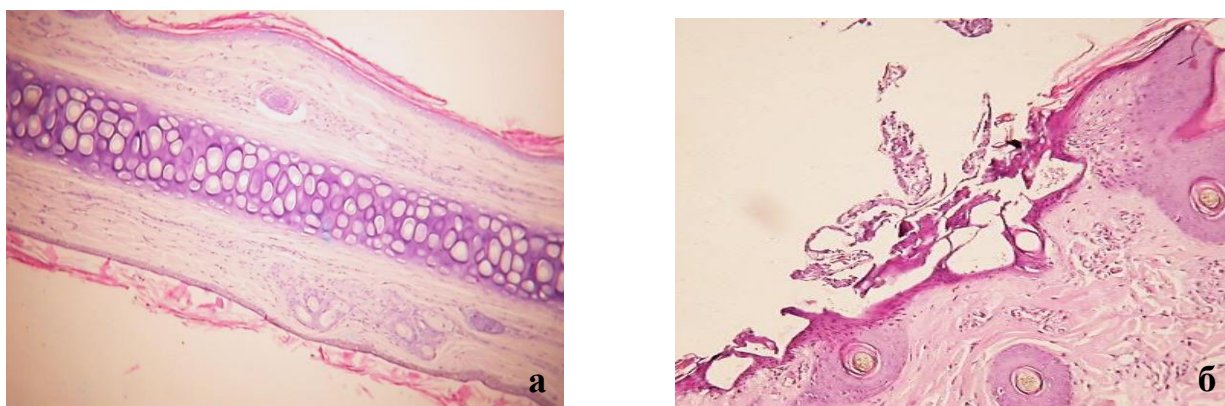


Рисунок 83 – Гистологический препарат:

а – 7-е сутки после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт, восстановление гистологической структуры эпидермиса, венозное полнокровие, коагуляция крови в просвете сосудов, периваскулярный отек дермы, формирование грануляционной ткани.

Окр. гематоксилином и эозином ув.х100

б – 7-е сутки после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 2,0 Вт, фрагменты отторгающегося термического струпа на поверхности эпидермиса толщиной до 120 мкм, в сосочковом слое дермы - многочисленные макрофаги, новообразующиеся капилляры формирующейся грануляционной ткани. Окр.: гематоксилином и эозином ув.х100

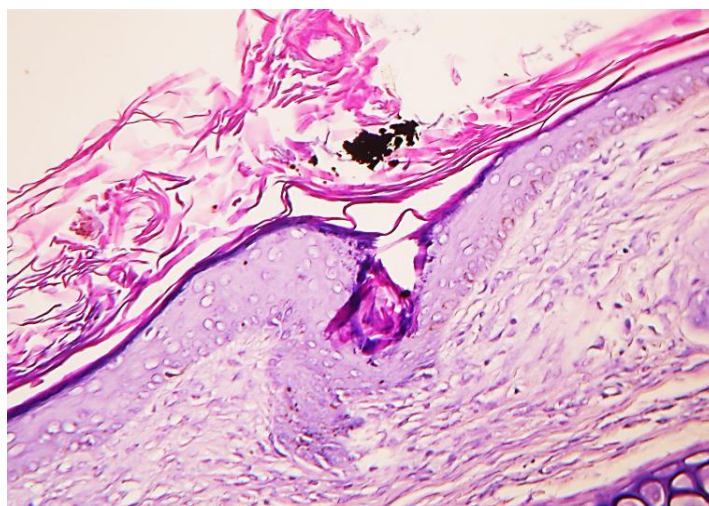


Рисунок 84 – Гистологический препарат. 7-е сутки после воздействия излучения Nd:YAG лазера мощностью 4,0 Вт, восстановление структуры эпидермиса, в дерме – формирующаяся грануляционная ткань

Окр. гематоксилином и эозином ув.х180

Через **14 суток** после воздействия излучения Nd: YAG лазера мощностью 1,0 Вт у экспериментальных животных 1-й группы визуально зона воздействия не отличалась от неповрежденных окружающих тканей (Рисунок 85 (а)).

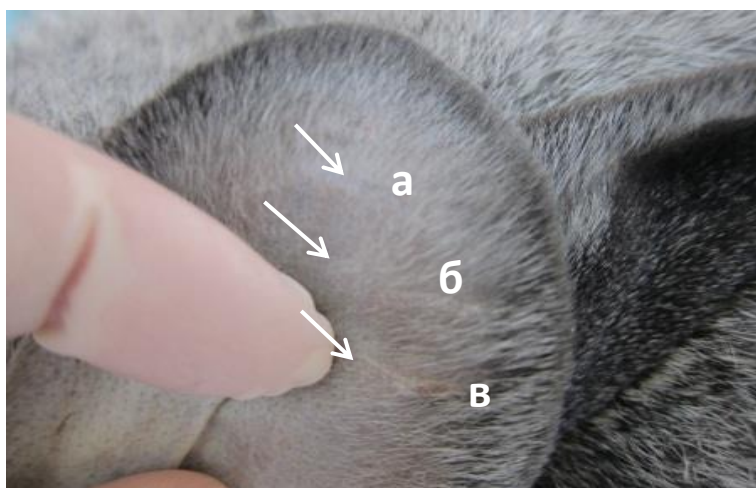


Рисунок 85 – Вид кожи уха кролика на 14-е сутки после воздействия излучения Nd:YAG с мощностью: 1,0 Вт (а), 2,0 Вт (б), 4,0 Вт (в)

При увеличении мощности до 2,0 Вт у подопытных животных 2-й группы визуально был выявлен едва заметный послеоперационный рубец в виде тонкой полоски розоватого цвета, плотноэластической консистенции, мало растяжимый, слегка возвышающийся над поверхностью окружающих тканей (Рисунок 85 (б)). При увеличении мощности Nd:YAG лазера до 4,0 Вт на 14-е сутки при пальпации послеоперационный рубец плотноэластической консистенции, не растяжимый, возвышающийся над поверхностью окружающих тканей в виде полоски розоватого цвета (Рисунок 85(в)).

На 14-е сутки после воздействия излучения Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт у экспериментальных животных 1-й группы происходит полное восстановление гистологической структуры кожи (Рисунок 86а). При воздействии Nd:YAG лазера мощностью 2,0 Вт и 4,0 Вт на 14-е сутки у подопытных животных выявлена аналогичная гистологическая картина – восстановление гистологической структуры эпидермиса и дермы, что говорит о постепенной инволюции рубцовой ткани, которая мало отличается от интактной ткани ушной раковины. В просвете коагулированных сосудов наблюдали васкуляризацию лазерных тромбов (Рисунок 86б).

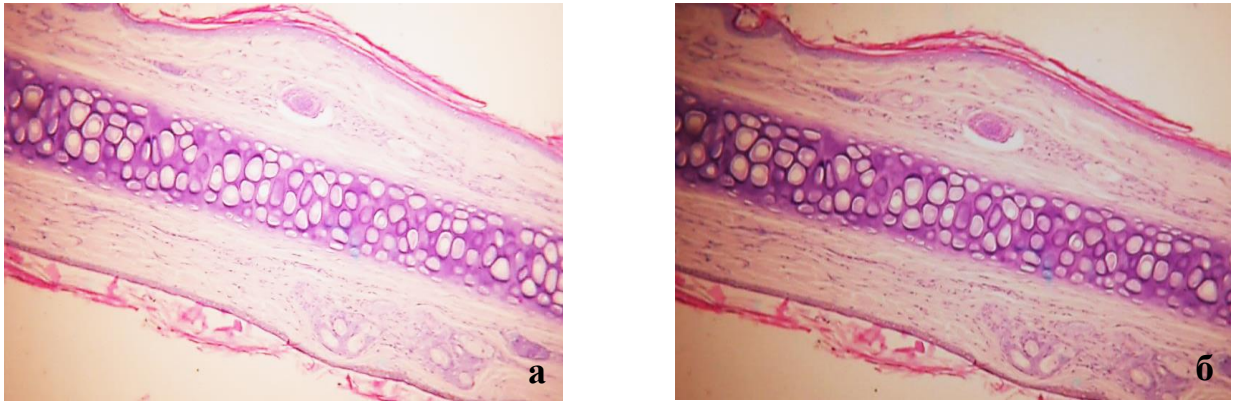


Рисунок 86 – Гистологический препарат:

а – 14-е сутки после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт, полное восстановление гистологической структуры кожи.

Окр. гематоксилином и эозином ув.х120

б – 14-е сутки после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 4,0 Вт, восстановление гистологической структуры эпидермиса и дермы, очаговые лимфоидно-гистиоцитарные инфильтраты в дерме.

Окр.: гематоксилином и эозином ув.х120.

На **21-е сутки** после воздействия излучением Nd:YAG лазера у всех 3 групп экспериментальных животных визуально зона после лазерного воздействия неразличима от окружающих тканей (Рисунок 87).

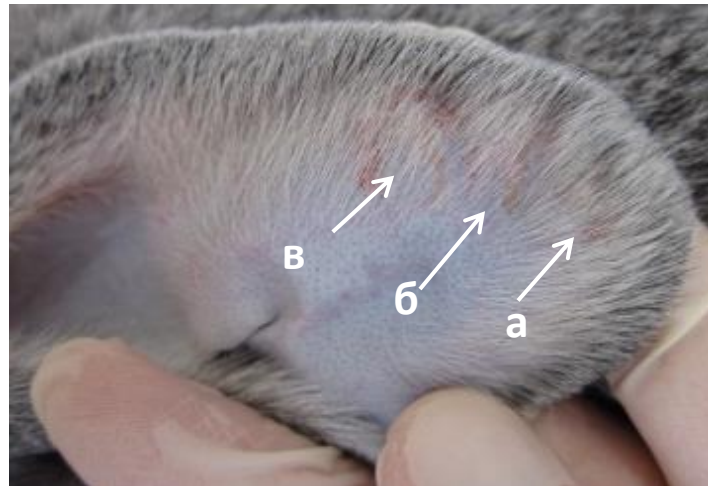


Рисунок 87 – Вид кожи уха кролика на 21 сутки после излучения Nd:YAG лазера с мощностью: 1,0 Вт (а), 2,0 Вт (б), 4,0 Вт (в)

При гистологическом исследовании на 21-е сутки после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 1,0, 2,0 и 4,0 Вт у экспериментальных животных 1-й, 2-й и 3-й групп соответственно выявлено полное восстановление гистологической структуры эпидермиса и дермы без признаков рубцовой деформации (Рисунок 88а, 88б).

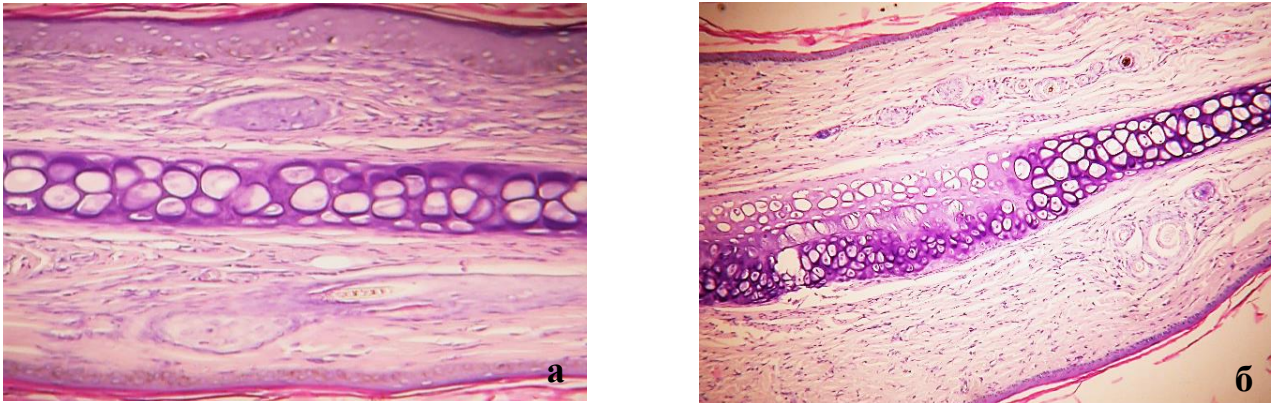


Рисунок 88 – Гистологический препарат. 21-е сутки после воздействия Nd:YAG лазера с мощностью:

а – 1,0 Вт, Окр. гематоксилином и эозином ув.х100

б – 4,0 Вт. Окр. гематоксилином и эозином ув.х80

3.2. Результаты биохимического исследования в биоптате слизистой оболочки рта лабораторных животных (Эксперимент №1)

3.2.1. Анализ воспалительной реакции слизистой оболочки рта экспериментальных животных в зависимости от инструмента альтерации по уровню интерлейкинов в биоптате тканей послеоперационной области

На *1-е сутки* в образцах слизистой оболочки рта кроликов 3-й группы, которых оперировали излучением Nd:YAG лазера мощностью 3,2 Вт и у экспериментальных животных 4-й группы, оперированных скальпелем, отмечено увеличение количества $IL1\beta$, в этих группах были самые высокие показатели. Наименьшее количество цитокина $IL1\beta$ выявлено у кроликов 1-й группы, рану которым формировали излучением Nd:YAG лазера мощностью 1,6 Вт (Рисунок

89). Однако выявленная тенденция к повышению показателя $IL1\beta$ в 3-й и 4-й группах, статистически была недостоверна ($p=0,0553$, $p>0,05$).

В этот же срок наименьшее количество другого провоспалительного цитокина – $IL6$ выявлено у животных 1-й группы ($16,2\pm 1,48$ пг/мл), оперированных лазером мощностью 1,6 Вт (Рисунок 90), наибольшее количество $IL6$ выявлено у животных 4-й группы ($23,5\pm 3,08$ пг/мл).

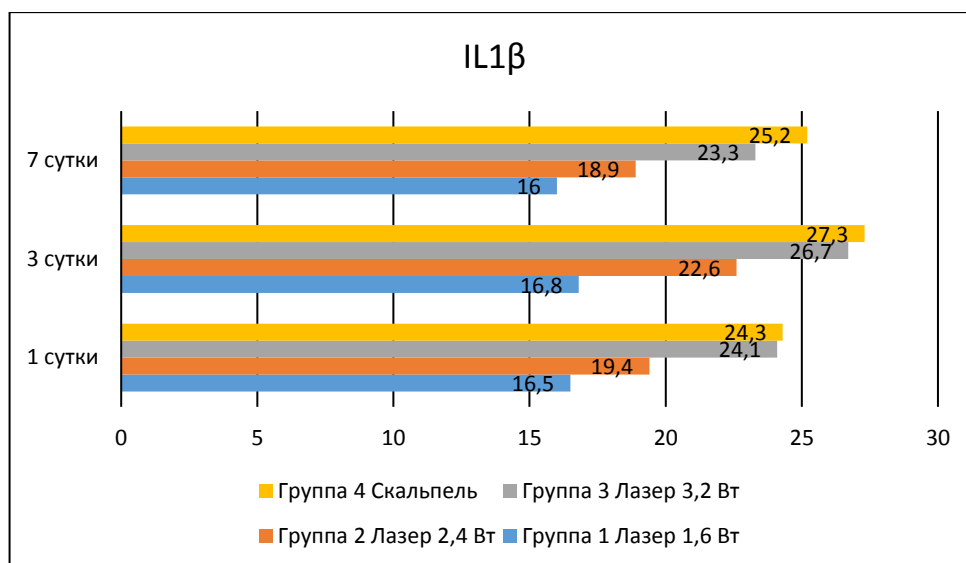


Рисунок 89 – Содержание $IL1\beta$ (пг/мл) в слизистой оболочке рта кролика после воздействия излучением Nd:YAG лазера и скальпеля

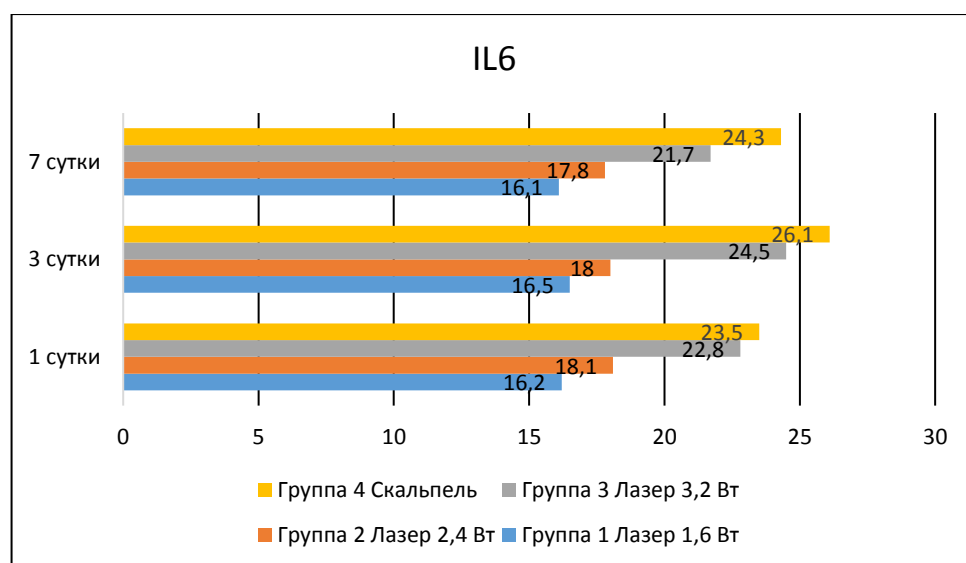


Рисунок 90 – Содержание $IL6$ (пг/мл) в слизистой оболочке рта кролика после воздействия излучением Nd:YAG лазера и скальпеля

Высокое содержание противовоспалительного цитокина – IL10 выявлено в образцах слизистой оболочки рта у животных 4-й группы ($52,3 \pm 1,76$ пг/мл), которым рану наносили скальпелем, а наименьшее ($26,8 \pm 1,86$ пг/мл) у животных 1-й группы, оперированных лазерным излучением мощностью 1,6 Вт (Рисунок 91). При сравнительном анализе средних значений показателей в основных группах и группе сравнения статистических различий в значении IL10 на 1-е сутки не выявлено ($p=0,593$, $p>0,05$).

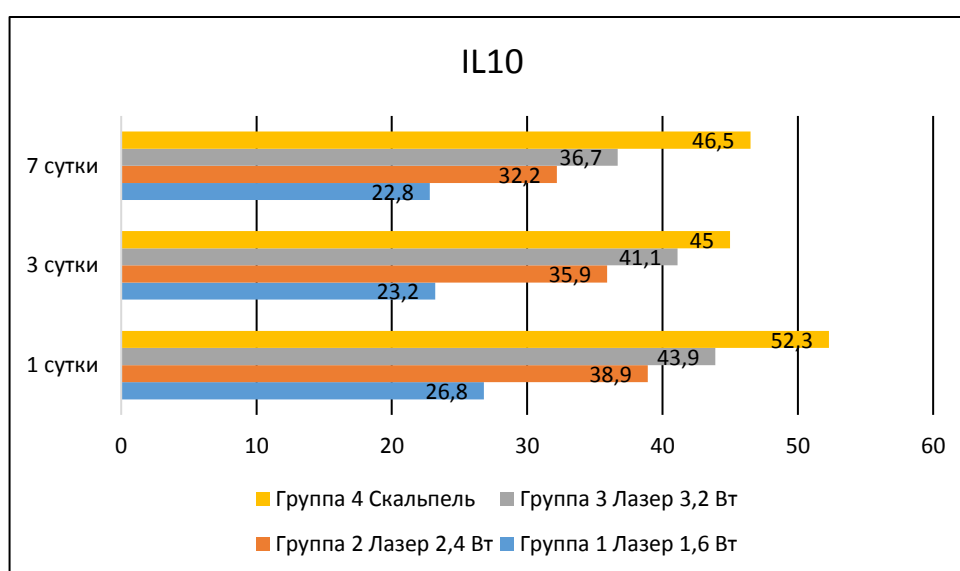


Рисунок 91 – Содержание IL10 (пг/мл) в слизистой оболочке рта кролика после воздействия излучением Nd:YAG лазера и скальпеля

На *3-е сутки* у животных 1-й группы, которым применяли лазерное излучение 1,6 Вт наблюдали тенденцию к незначительному уменьшению IL10, по сравнению с первыми сутками, показатели IL1 β и IL6 оставались практически неизменными. У животных 4-й группы, рану которым наносили скальпелем, ситуация складывалась наоборот, отмечено значительное увеличение IL1 β ($27,3 \pm 2,5$ пг/мл) и IL6 ($26,1 \pm 2,5$ пг/мл) по сравнению с первыми сутками, в тоже время количество IL10 снижалось ($47,2 \pm 2,53$ пг/мл), данные представлены в Таблице 29.

Таблица 29 – Количество цитокинов в слизистой оболочке рта животных (пг/мг ткани) после формирования раны излучением неодимового лазера разной мощности и скальпелем (M±m, min-max)

Цитокины (пг/мг ткани)	IL1β	IL6	IL10
Группа 1 (излучение лазера мощностью 1,6 Вт)			
1 сутки	16,5±1,31 (14,2 – 18,5)	16,2±1,48 (14,0 – 18,1)	26,8±1,83 (22,6 – 29,4)
3 сутки	16,8±1,43 (13,9 – 18,9)	16,5±1,48 (14,2–19,1)	23,2±1,25 (19,8 – 25,1)
7 сутки	16,1±1,86 (12,4 – 18,2)	16,1±1,15 (14,7 – 18,2)	22,8±1,96 (19,7 – 24,8)
Группа 2 (излучение лазера мощностью 2,4 Вт)			
1 сутки	19,5±2,75 (16,1 – 26,0)	18,2±1,86 (14,2-20,8)	38,9±3,97 (29,4-43,7)
3 сутки	22,7±3,05 (16,6 – 28,1)	18,0±0,96 (16,4 – 19,1)	35,9±2,91 (31,9 – 42,8)
7 сутки	19,0±2,21 (15,1 – 22,4)	17,8±0,83 (16,4 – 19,3)	32,4±1,75 (30,6 – 36,9)
Группа 3 (излучение лазера мощностью 3,2 Вт)			
1 сутки	24,1±1,52 (20,2 – 26,0)	22,8±1,72 (18,7 – 25,1)	43,9±5,65 (34,2 – 54,1)
3 сутки	26,7±2,07 (20,5 – 28,9)	24,5±1,02 (23,0 – 27,1)	41,1±3,18 (35,6 – 45,1)
7 сутки	23,3±1,92 (18,7 – 25,4)	21,7±3,41 (16,7 – 28,2)	36,7±3,26 (32,6 – 45,1)
Группа 4 Скальпель			
1 сутки	24,3±1,46 (21,5 – 26,4)	23,5±3,08 (18,1 – 27,5)	52,3±1,76 (49,9 – 55,2)
3 сутки	27,3±2,5 (23,6 – 31,0)	26,1±2,5 (21,4 – 29,3)	47,2±2,53 (44,1 – 52,1)
7 сутки	25,2±1,6 (22,7 – 29,1)	24,3±2,25 (18,3 – 26,8)	46,5±7,28 (28,3 – 55,2)

p<0,05

Содержание цитокинов у животных этой же группы к **7-м суткам** снижалось, однако показатели IL1β и IL6 были выше чем на первые сутки, а количество IL10 наоборот, было ниже чем на первые сутки. Следует отметить, что количество противовоспалительного цитокина IL10 у животных 1-й группы снижалось на 3-и сутки и существенно не менялось на 7-е сутки. У животных 2-й группы количество цитокинов было сопоставимо с показателями первых суток. На 7-е сутки имелась тенденция к снижению IL10 у животных всех групп, однако более выражена у животных 3-й группы, рану которым формировали с помощью неодимового лазера мощностью 3,2 Вт. Но, в отличие от показателей, полученных у животных 1-й

группы, уменьшение уровня IL10 у животных 3-й группы было значительным, в этой группе применяли наибольшую мощность лазерного излучения 3,2 Вт, однако статистически показатели были не достоверны ($p=0,76$, $p>0,05$). Необходимо отметить, что в ране, сформированной скальпелем, уже на 1-е сутки определяли достаточно высокие значения IL10, которые оставались высокими до конца эксперимента.

На модели раневого процесса был изучен характер заживления раны по показателям воспалительной реакции, которые менялись на разных сроках ранозаживления. Для этого были исследованы уровни провоспалительных цитокинов IL1 β и IL6, которые участвуют в формировании местной воспалительной реакции. Было показано, что наибольшее количество данных цитокинов определялось в образцах слизистой оболочки рта животных, полученных из раны, которая сформирована неодимовым лазером мощностью 3,2 Вт и в скальпельной ране, а наименьшее при воздействии лазера мощностью 1,6 Вт. Также меняется в ране количество IL10, и если у животных 4-й группы в 1-е сутки оно было повышено, равно как IL1 β и IL6, то на 3-и сутки у животных этой группы количество данных интерлейкинов начинало возрастать и сохранялось до конца эксперимента. Во 2-й и 3-й группах животных, рану которым формировали излучением неодимового лазера мощностью 2,4 и 3,2 Вт соответственно, выделение данного цитокина носило волнообразный характер с тенденцией к уменьшению на 3-и и 7-е сутки.

3.2.2. Результаты исследования содержания ферментов АСТ, ЛДГ, ЩФ в биоптате слизистой оболочке рта экспериментальных животных (Эксперимент №1)

Согласно полученным данным активность АСТ в гомогенатах слизистой оболочки рта опытных животных на *1-е сутки* заживления раны, сформированной излучением Nd:YAG лазера мощностью 1,6 Вт, была самая низкая ($6,2\pm 0,5$ мкмоль/мин·г ткани), а наибольшая активность данного фермента выявлена в

образцах ран, сформированных излучением Nd:YAG лазера мощностью 3,2 Вт ($7,45 \pm 0,3$ мкмоль/мин·г ткани) и скальпелем ($7,95 \pm 0,18$ мкмоль/мин·г ткани) (Рисунок 92).

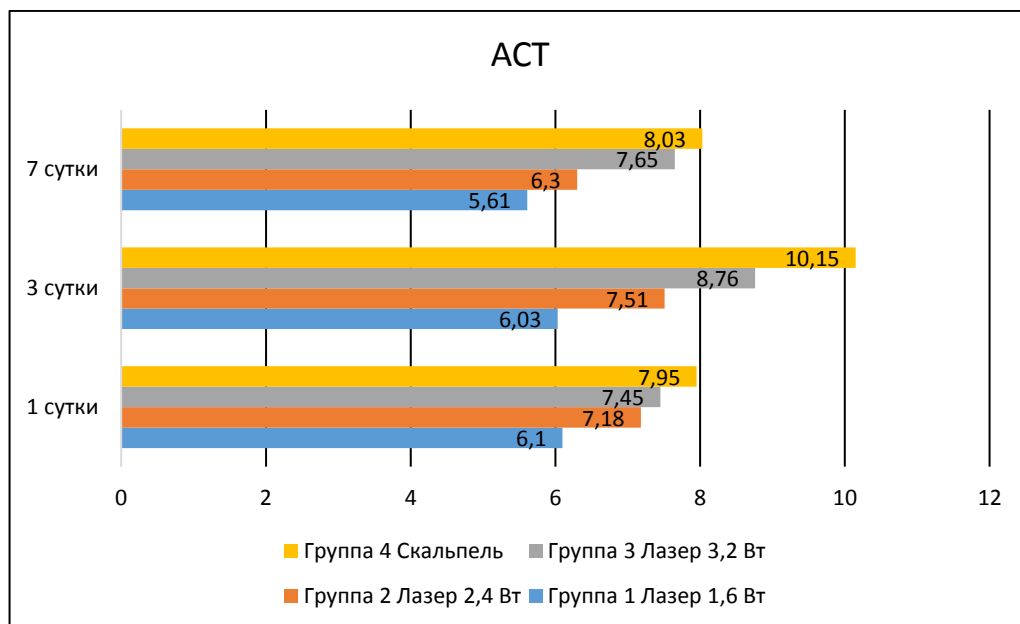


Рисунок 92 – Содержание АСТ (мкмоль/мин·г ткани) в биоптатах слизистой оболочки рта кролика в динамике заживления раны

На 1-е сутки у животных 3-й группы, рану которым формировали излучением Nd:YAG лазера мощностью 3,2 Вт и у животных в 4-й группы, оперированных скальпелем, в образцах слизистой оболочки рта выявлена более высокая активность ЩФ по сравнению с образцами слизистой оболочки рта после альтерации лазерным излучением мощностью 1,6 Вт и 2,4 Вт. Активность этого фермента была наибольшей у животных 4-й группы ($45,23 \pm 0,18$ мкмоль/мин·г ткани), которым рану наносили скальпелем (Рисунок 93). При этом у животных этой группы активация гликолитических процессов в клетках слизистой оболочки рта была меньше по сравнению с животными других групп, однако статистических различий в значении АЛТ на 1-е сутки не выявлено ($p=0,175$, $p>0,05$).

На **3-е сутки** у животных первой, второй и третьей групп активность АСТ достоверно не менялась по отношению к показателям, полученным в первые сутки

($p=0.016$, $p<0.05$), а активность ЩФ в этот срок достоверно ($p<0,05$) повышалась только у животных 4-й группы, рану которым сформировали скальпелем.

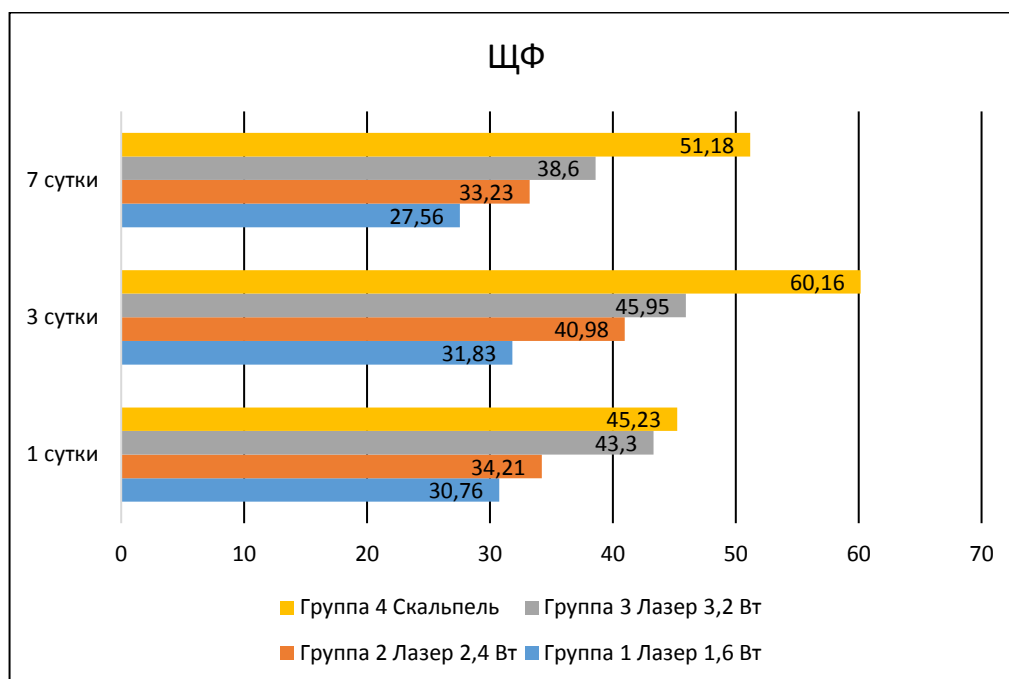


Рисунок 93 – Содержание ЩФ (мкмоль/мин·г ткани) в биоптатах слизистой оболочки рта кролика на 1-е, 3-и и 7-е сутки заживления раны, сформированной лазерным излучением и скальпелем

Активность гликолитического фермента ЛДГ незначительно возрастала в образцах слизистой оболочки рта, полученных у животных, подвергшихся излучению неодимового лазера мощностью 2,4 Вт и 3,2 Вт, в группе животных, оперированных скальпелем выявлено статистически достоверное повышение показателя ЛДГ ($p=0,00012$, $p<0.001$) (Рисунок 94).

В образцах слизистой оболочки рта животных 1-й группы, оперированных излучением лазера мощностью 1,6 Вт активность ЛДГ, напротив, тенденции к возрастанию данного показателя по сравнению с 1 сутками не отмечено, данные представлены в Таблице 30.

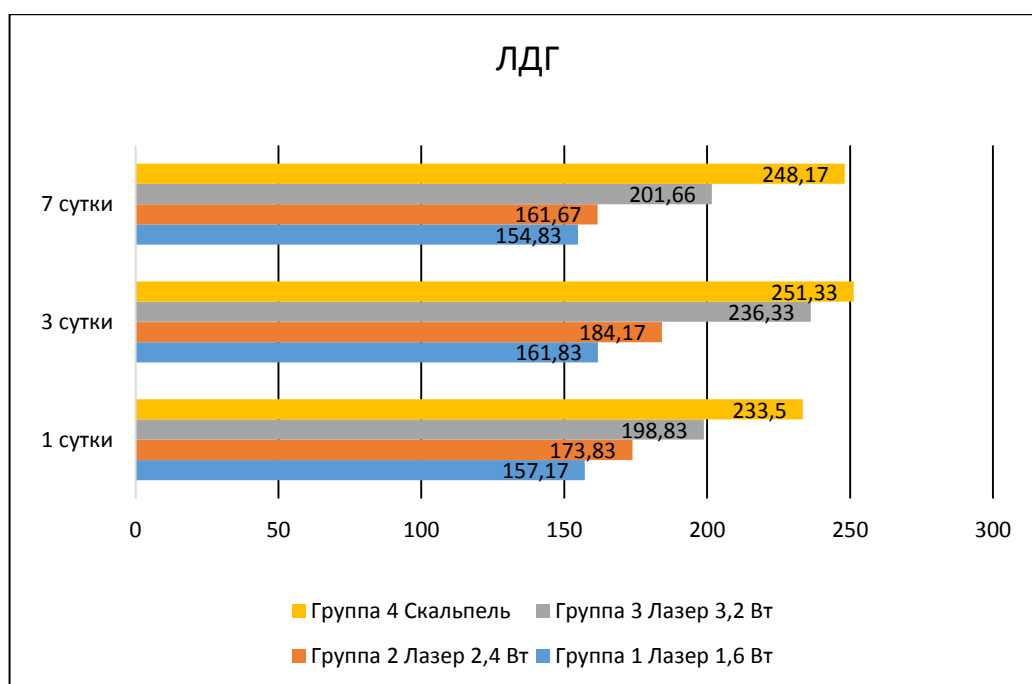


Рисунок 94 – Содержание ЛДГ (мкмоль/мин·г ткани) в биоптатах слизистой оболочки рта кролика на 1-е, 3-и и 7-е сутки заживления раны, сформированной лазерным излучением и скальпелем

На **7-е сутки** заживления раны активность АСТ в слизистой оболочке рта у животных 4-й группы существенно не менялась ($p > 0,5$), а у животных 1-й, 2-й и 3-й групп активность этого фермента достоверно снижалась ($p = 0,0002$, $p < 0,001$). При этом активность АСТ была наибольшей в образцах слизистой оболочки рта животных, которым наносили рану скальпелем ($8,03 \pm 0,57$ мкмоль/мин·г ткани). Следует отметить достоверное снижение ($p < 0,001$) активности ЩФ на 7-е сутки у подопытных животных 1-й группы в случае формирования раны излучением неодимового лазера мощностью 1,6 Вт.

Результаты корреляционного анализа показателей, полученных из образцов слизистой оболочки рта экспериментальных животных, которым рану формировали скальпелем показали сильную положительную достоверную связь между повышением количества IL-1 β и активностью ЛДГ в экспериментальных группах при мощности лазера 1,6 и 2,4 Вт ($R = 0,6$; $p = 0,008$), а также между концентрацией IL-1 β и уровнем ЩФ ($R = 0,48$; $p = 0,04$).

Таблица 30 – Активность ферментов в слизистой оболочке рта животных после формирования дефекта излучением неодимового лазера разной мощности и скальпелем

Ферменты (мкмоль/мин · г ткани)	АСТ	ЩФ	ЛДГ
Группа 1 (излучение лазера мощностью 1,6 Вт)			
1 сутки	6,20±0,5 (4,7 – 6,7)	30,76±2,6 (25,7 – 35,0)	157,17±9,83 (141,0 – 172,0)
3 сутки	6,03±0,25 (5,6 – 6,3)	31,83±2,19 (28,5 – 36,8)	161,83±6,11 (174,0 – 152,0)
7 сутки	5,61±0,24 (4,9 – 5,9)	27,56±3,6 (21,0 – 32,4)	154,83±9,17 (142,0 – 171,0)
Группа 2 (излучение лазера мощностью 2,4 Вт)			
1 сутки	7,18±0,25 (6,8 – 7,8)	34,21±1,45 (32,0 – 36,3)	173,83±11,11 (161,0 – 198,0)
3 сутки	7,51±0,25 (7,0 – 7,9)	40,98±2,45 (37,4 – 44,6)	184,17±9,56 (169,0 – 206,0)
7 сутки	6,3±0,27 (5,8 – 6,6)	33,23±2,6 (30,2 – 37,9)	161,67±9,0 (149,0 – 172,0)
Группа 3 (излучение лазера мощностью 3,2 Вт)			
1 сутки	7,45±0,3 (6,9 – 8,0)	43,3±3,2 (37,8 – 46,7)	198,83±11,17 (181,0 – 213,0)
3 сутки	7,73±0,6 (6,9 – 9,2)	45,95±1,03 (44,6 – 47,9)	236,33±6,11 (227,0 – 250,0)
7 сутки	7,65±0,37 (7,2 – 8,1)	38,6±1,77 (35,4 – 41,7)	201,66±6,33 (187,0 – 214,0)
Группа 4 Скальпель			
1 сутки	7,95±0,18 (7,6 – 8,3)	45,23±0,18 (43,5 – 47,1)	235,5±14,7 (208,0 – 252,0)
3 сутки	10,15±0,37 (9,7 – 11,0)	60,16±5,33 (51,4 – 73,4)	251,33±5,67 (236,0 – 262,0)
7 сутки	8,03±0,57 (6,9 – 8,8)	51,18±4,12 (45,1 – 58,4)	248,17±12,78 (222,0 – 272,0)

p<0,05

В остальных случаях связь между уровнем интерлейкинов и концентрацией ферментов печени была слабой или отрицательной, а также статистически не значимой, данные представлены в Таблице 31. Ранговая корреляция позволила сделать предположение, что сопоставленные молекулы, выделенные из раны, образованной скальпелем были взаимосвязаны между собой практически в 50%

случаях. Это подтверждает значительную реакцию тканей на повреждение скальпелем.

Таблица 31 – Корреляционная связь ферментов и интерлейкинов в 4 группах эксперимента

	Лазер 1,6 Вт			Лазер 2,4 Вт			Лазер 3,0 Вт			Скальпель		
	АСТ	ЩФ	ЛДГ	АСТ	ЩФ	ЛДГ	АСТ	ЩФ	ЛДГ	АСТ	ЩФ	ЛДГ
IL-1 β	-0,05	0,25	0,6**	0,24	0,48*	0,6**	-0,13	0,3	0,3	0,38	0,16	0,04
IL-6	0,25	-0,18	0,09	-0,09	0,07	0,24	0,003	0,31	0,41	0,15	0,15	0,11
IL-10	0,16	0,14	-0,21	0,24	0,16	0,36	-0,27	-0,04	-0,07	-0,25	-0,29	-0,36

*p<0,05; **p<0,01

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ РАЗНОЙ ДЛИНЫ ВОЛНЫ (Эксперимент №3)

В литературе последних лет различным аспектам дентальной имплантологии уделяется большое внимание отечественными и зарубежными авторами [16, 57, 71, 95, 150]. Однако, несмотря на многочисленные успехи, существуют и проблемы, которые следует решать. Значительно меньше внимания уделяется таким осложнениям дентальной имплантации, мукозит и периимплантит [48, 57, 58, 87].

Этиологическое лечение периимплантита направлено на снижение бактериальной нагрузки в перимплантатных карманах и обеззараживание поверхности имплантата с целью его остеоинтеграции [6, 49, 105, 130, 194, 264]. Для проведения профессиональной гигиены и лечения периимплантатного мукозита и периимплантита используют механическую обработку с помощью ручных или ультразвуковых устройств, дополнительно применяют химические агенты, что неблагоприятно влияет на ткани, окружающие имплантат, а также на поверхность самого имплантата [253, 306]. Кроме того, в ряде случаев при нехирургической терапии периимплантатный мукозит обратим, периимплантит остается проблематичным для лечения [235, 242].

По данным исследований использование излучения стоматологических лазеров при лечении перимплантатных заболеваний снижает вероятность развития периимплантита и повышает эффективность лечения [193, 299, 301]. В литературе мы не обнаружили сведений о том, как влияет лазерное излучение на поверхность имплантатов. Задачей данного экспериментального исследования явилось изучение влияния излучения неодимового лазера в сравнении с эрбиевым, диодным, углекислотным лазерами на микроструктуру поверхностей дентальных имплантатов различных систем.

4.1. Результаты исследования микрорельефа поверхности дентальных имплантатов после воздействия излучения Nd:YAG лазера

Поверхности образцов дентальных имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech» после прямого воздействия излучением Nd:YAG лазера с параметрами энергии 25 мДж, частотой импульсов 40 Гц, мощностью 1,0 Вт, тип импульса «very short» (350 мкс), имели термические повреждения малой степени (2 балла) в виде очень малого количества ясно видимых пузырей (Рисунок 95а, Рисунок 95б).

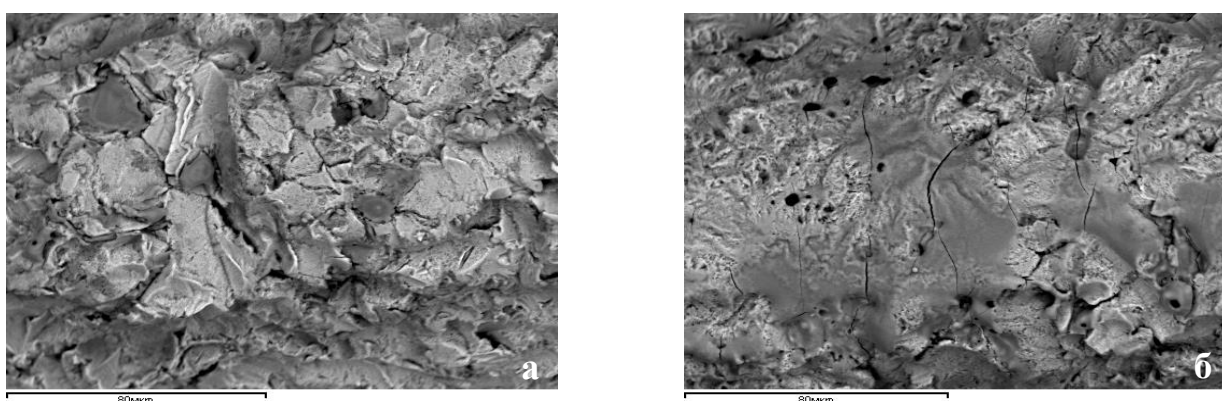


Рисунок 95 – Поверхность дентального имплантата «OsseoSpeed, Astra Tech»:
 а – интактная поверхность имплантата
 б – поверхность имплантата после воздействия излучением Nd:YAG лазера с параметрами работы: 25 мДж, 40 Гц, 1,0 Вт, тип импульса «very short»

При мощности 2,0 Вт (энергия 40 мДж, частота 50 Гц, тип импульса «very short» (350 мкс)) выявлено среднее количество дефектов, что соответствует степени разрушения в 3 балла, в виде значительного количества вздутий размером свыше 5 мкм с небольшим количеством ясно видимых трещин (Рисунок 96а, Рисунок 96б).

На поверхностях образцов дентальных имплантатов «Biotech BIS-Conic» после прямого воздействия излучением Nd:YAG лазера с параметрами энергии 25 мДж, частотой импульсов 40 Гц, мощностью 1,0 Вт, тип импульса «very short» (350 мкс), при сравнении с интактной поверхностью были выявлены множественные дефекты микрорельефа поверхности имплантата (степень разрушения 5 баллов) в виде расплавления, пузырей большого размера с множеством ясно видимых

глубоких трещин, расположенных хаотично по всей поверхности (Рисунок 97а, Рисунок 97б).

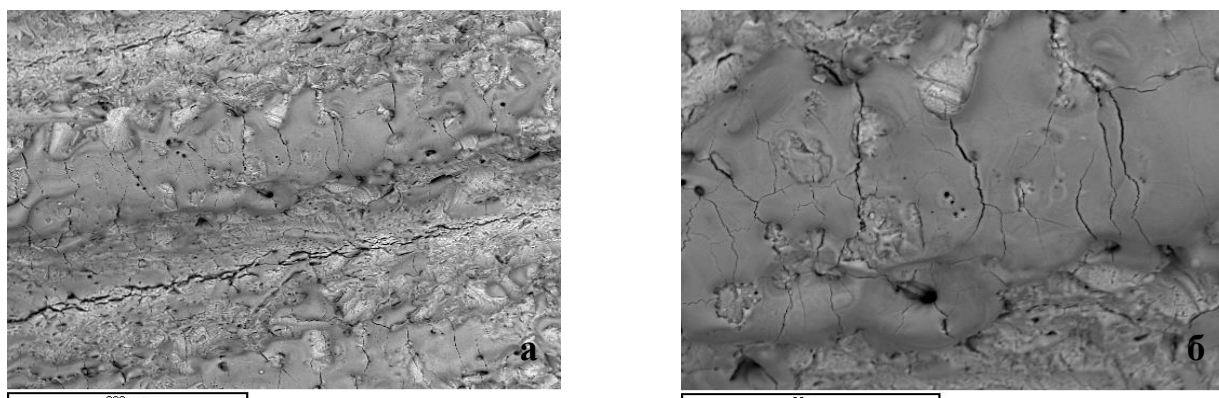


Рисунок 96 – Поверхность дентального имплантата «OsseoSpeed, Astra Tech» после воздействия излучением Nd:YAG лазера с параметрами работы 40 мДж, 50 Гц, 2,0 Вт, тип импульса «very short»: а – увеличение 200 мкм б – увеличение 80 мкм

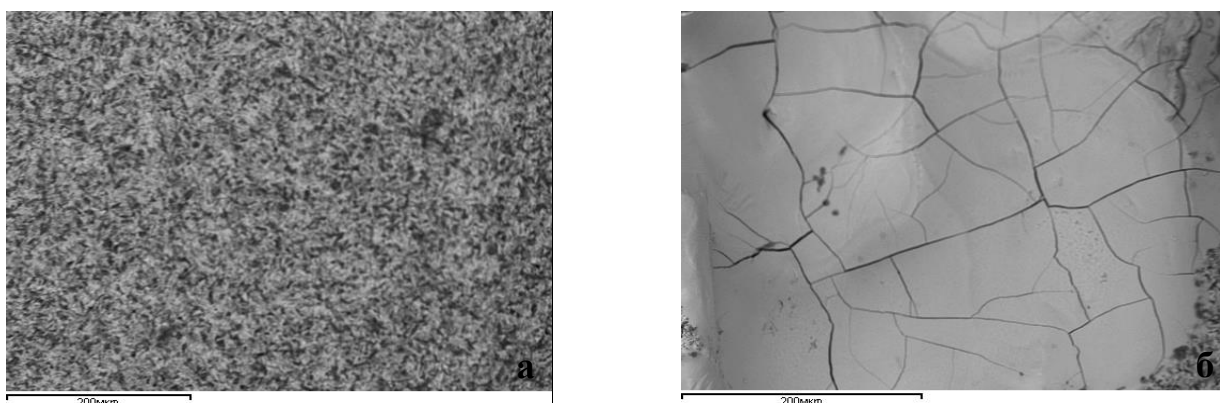


Рисунок 97 – Поверхность дентального имплантата «Biotech BIS-Conic»: а – интактная поверхность имплантата б – поверхность имплантата после воздействия излучением Nd:YAG лазера с параметрами работы: 25 мДж, 40 Гц, 1,0 Вт, тип импульса «very short»

При увеличении мощности до 2,0 Вт (параметры работы: 40 мДж, 50 Гц, тип импульса «very short» (350 мкс) выявлены дефекты, занимающие всю исследуемую поверхность имплантата, которая представляет собой один большой пузырь с единичными ясно видимыми трещинами, размером до 5 мкм (Рисунок 98а, Рисунок 98б).

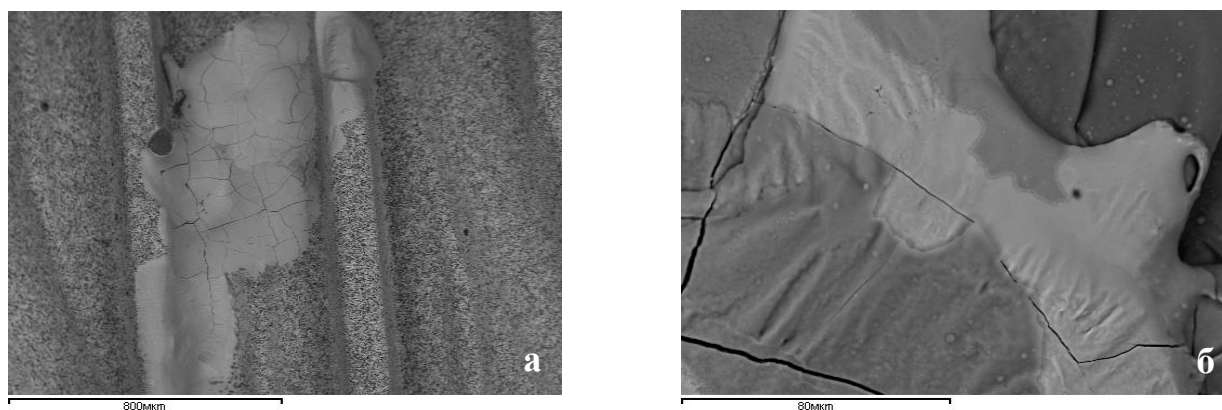


Рисунок 98 – Поверхность дентального имплантата «Biotech BIS-Conic» после воздействия Nd:YAG лазера с параметрами работы 40 мДж, 50 Гц, 2,0 Вт, тип импульса «very short»:
а – увеличение 800 мкм б – увеличение 200 мкм

При изучении поверхностей образцов дентальных имплантатов «Liko» после воздействия излучением Nd:YAG лазера (параметры работы: 25 мДж, 40 Гц, 1,0 Вт, тип импульса «very short» 350 мкс) при сравнении с интактной поверхностью выявлено среднее количество дефектов в виде умеренного количества вздутий размером свыше 5 мкм с малым количеством ясно видимых трещин (Рисунок 99а, Рисунок 99б). При увеличении мощности до 2,0 Вт дефекты, занимали всю исследуемую поверхность, поверхность представляла один большой пузырь с умеренным количеством видимых трещин до 5 мкм (Рисунок 100а, Рисунок 100б).

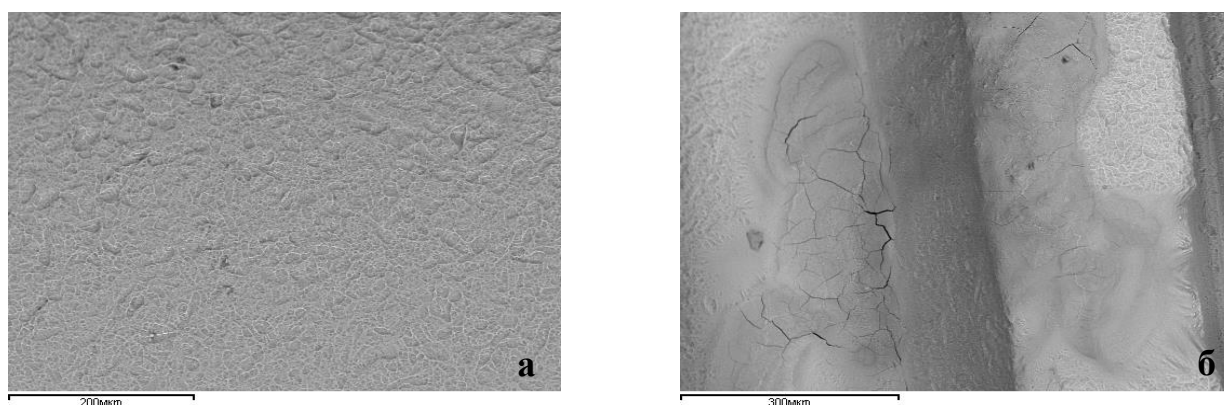


Рисунок 99 – Поверхность дентального имплантата «Liko»:
а – интактная поверхность имплантата
б – поверхность имплантата после воздействия излучением Nd:YAG лазера с параметрами работы: 25 мДж, 40 Гц, 1,0 Вт, тип импульса «very short»

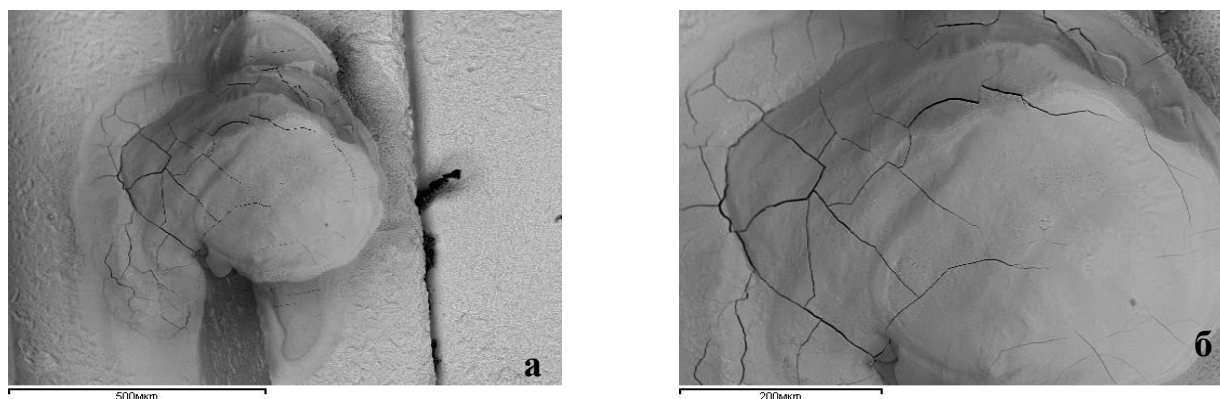


Рисунок 100 – Поверхность дентального имплантата «Liko» после воздействия Nd:YAG лазера с параметрами 40 мДж, 50 Гц, 2,0 Вт, тип импульса «very short»:
 а – увеличение 500 мкм б – увеличение 200 мкм

У образцов дентальных имплантатов «Nobel Active» после воздействия излучением Nd:YAG лазера с энергией 25 мДж, частотой импульсов 40 Гц, мощностью 1,0 Вт, тип импульса «very short» (350 мкс), при сравнении с интактной поверхностью выявлены дефекты микрорельефа, степень разрушения составила 5 баллов. В зоне воздействия множество видимых пузырей, которые чередуются с участками полного расплавления покрытия и расположенными как по краям дефектов, так и по всей зоне воздействия, размеры дефектов более 5 мкм, степень разрушения микрорельефа оценена в 5 баллов (Рисунок 101а, Рисунок 101б).

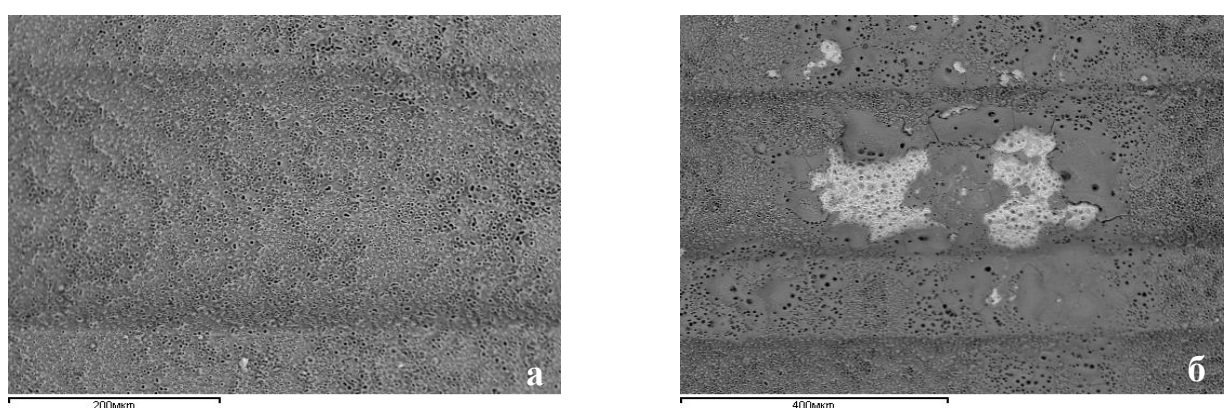


Рисунок 101 – Поверхность дентального имплантата «Nobel Active»:
 а – интактная поверхность имплантата
 б – поверхность имплантата после воздействия излучением Nd:YAG лазера с параметрами 25 мДж, 40 Гц, 1 Вт, тип импульса «very short»

На поверхности образцов дентальных имплантатов после воздействия мощностью 2,0 Вт (энергия 40 мДж, частота 50 Гц, тип импульса «very short» (350 мкс)) выявлена большая степень разрушения микрорельефа, оценённая в 5 баллов. При прямом воздействии лазерного излучения верхний слой в результате термического воздействия полностью расплавился и испарился, по краям дефекта расплавления участки отслоения покрытия, вздутия, размером свыше 5 мкм, признаков растрескивания не выявлено (Рисунок 102а, Рисунок 102б).

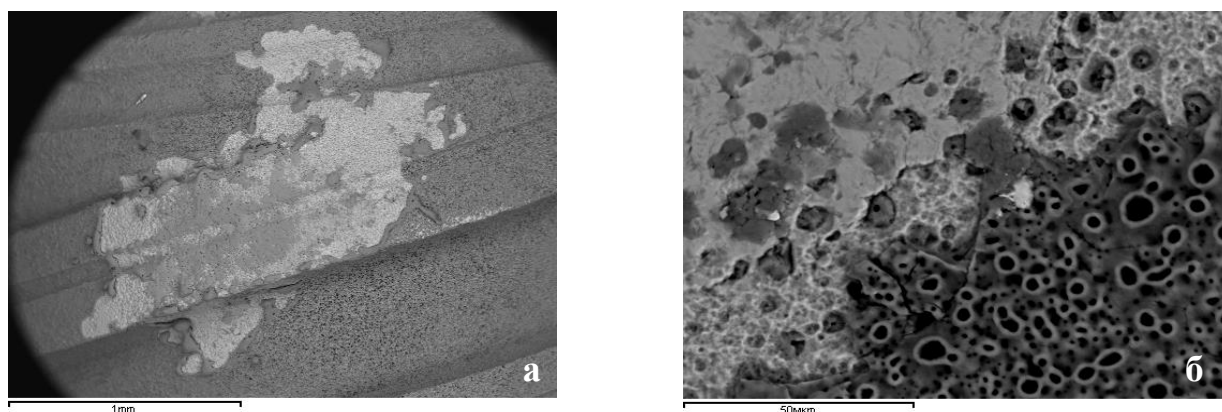


Рисунок 102 – Поверхность дентального имплантата «Nobel Active» после воздействия излучением Nd:YAG лазера с параметрами работы 40 мДж, 50 Гц, 2,0 Вт, тип импульса «very short»:
 а – увеличение 1000 мкм б – увеличение 50 мкм

При изучении поверхностей образцов дентальных имплантатов «Xive TG» после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт тип импульса «very short» (350 мкс), при сравнении с интактной поверхностью поверхность имела практически сплошной дефект микрорельефа, степень разрушения 5 баллов. Верхний слой в результате термического воздействия полностью расплавлен и представляет собой большой пузырь с глубокими и поверхностными хаотически расположенными трещинами (Рисунок 103а, Рисунок 103б).

При увеличении мощности до 2,0 Вт выявлена большая степень разрушения микрорельефа дентальных имплантатов равная 5 баллам. В зоне воздействия расплавление поверхности в виде одного большого вздутия, занимающего всю

поверхность зоны исследования, трещины разной глубины и размера, отслоение покрытия имплантата (Рисунок 104а, Рисунок 104б).

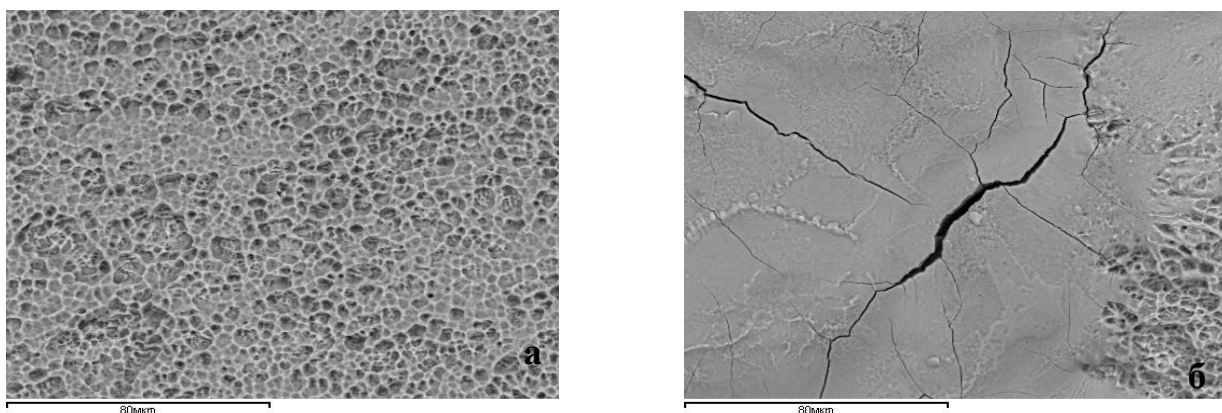


Рисунок 103 – Поверхность дентального имплантата «Xive TG»:

а – интактная поверхность имплантата

б – поверхность имплантата после воздействия излучением Nd:YAG лазера с параметрами работы 25 мДж, 40 Гц, 1,0 Вт, тип импульса «very short»

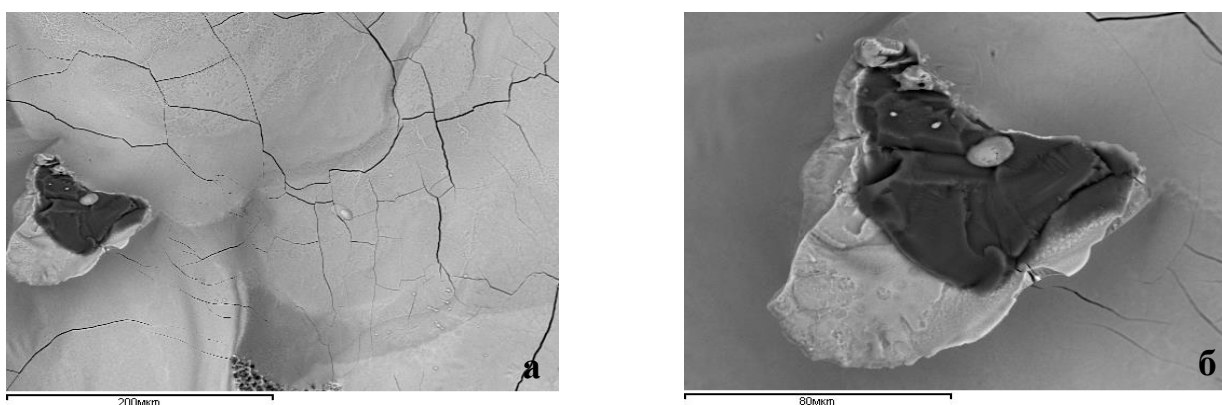


Рисунок 104 – Поверхность дентального имплантата «Xive TG» после воздействия излучения Nd:YAG лазера с параметрами работы: 40 мДж, 50 Гц, 2,0 Вт, тип импульса «very short»:

а – увеличение 400 мкм б – увеличение 50 мкм

Поверхности образцов дентальных имплантатов «Dentium» после прямого воздействия излучением Nd:YAG лазера с энергией 25 мДж, частотой импульсов 40 Гц, мощностью 1,0 Вт, тип импульса «very short» (350 мкс), при сравнении с интактной поверхностью, имели сплошной дефект микрорельефа, степень разрушения составила 5 баллов. В зоне воздействия расплавление поверхности в

виде одного большого вздутия, занимающего всю зону исследования, пронизанную трещинами шириной более 1 мкм (Рисунок 105а, Рисунок 105б).

При мощности 2,0 Вт (энергия 40 мДж, частота 50 Гц, тип импульса «very short») выявлена большая степень разрушения микрорельефа. Верхний слой в результате термического воздействия полностью расплавлен и представляет собой большой пузырь с небольшим количеством хаотически расположенных трещин, с отслоившимся верхним слоем (Рисунок 106а, Рисунок 106б).

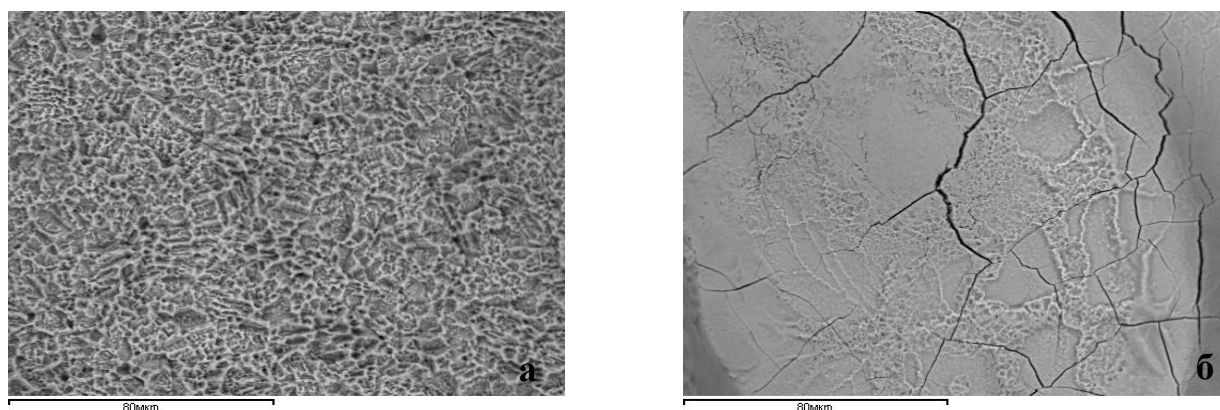


Рисунок 105 – Поверхность дентального имплантата «Dentium»:

а – интактная поверхность имплантата

б – поверхность имплантата после воздействия излучением Nd:YAG лазера с параметрами работы: 25 мДж, 40 Гц, 1,0 Вт, тип импульса «very short»

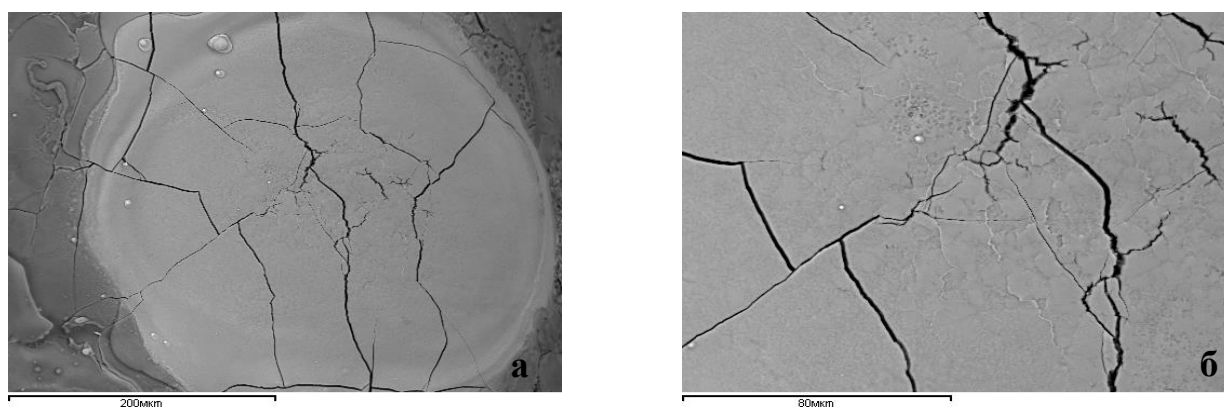


Рисунок 106 – Поверхность дентального имплантата «Dentium» после воздействия излучением Nd:YAG лазера с параметрами работы 40 мДж, 50 Гц, 2,0 Вт, тип импульса «very short»:

а – увеличение 400 мкм б – увеличение 50 мкм

По результатам сканирующей электронной микроскопии было выявлено, что в результате воздействия излучением Nd:YAG лазера повреждения получили все

поверхности дентальных имплантатов. Наибольшая степень разрушения микрорельефа поверхности имплантатов была выявлена при воздействии мощностью 2,0 Вт во всех группах образцов имплантатов, при мощности 1,0 Вт меньше всего пострадали поверхности имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech» и «Liko» (Рисунок 107).

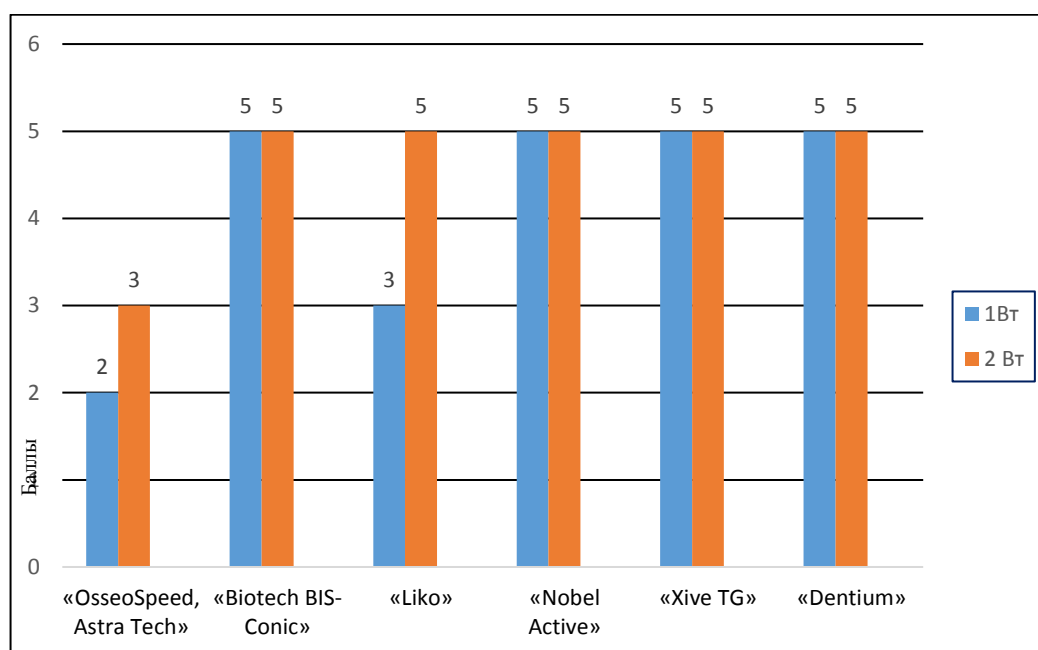


Рисунок 107 – Степень разрушений микрорельефа поверхности дентальных имплантатов после воздействия излучением Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт и 2,0 Вт

При излучении влияния излучения Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт на поверхностях дентальных имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech», «Biotech BIS-Conic», «Liko», «Xive TG», «Dentium» выявлены только вздутия и трещины, при увеличении мощности до 2,0 Вт выявлены все виды повреждений (вздутия, трещины, отслаивания) на поверхностях имплантатов «Nobel Active» и «Dentium», данные представлены в Таблице 32.

Таблица 32 – Показатели разрушений (в баллах) микрорельефа поверхностей дентальных имплантатов в зависимости от мощности излучения Nd:YAG лазера

Имплантат		Nd:YAG лазер мощность	Степень разрушения	Вздутия (количество /размер)	Трещины (количество /размер)	Отслаивания (область /размер)
1	«OsseoSpeed, Astra Tech»	1 Вт	2	1/3	0/0	0/0
		2 Вт	3	4/5	1/3	0/0
2	«Biotech BIS-Conic»	1 Вт	5	1/5	3/4	0/0
		2 Вт	5	1/5	1/3	0/0
3	«Liko»	1 Вт	3	3/5	3/3	0/0
		2 Вт	5	1/5	3/4	0/0
4	«Nobel Active»	1 Вт	5	1/3	0/0	5/5
		2 Вт	5	1/5	0/0	5/5
5	«Xive TG»	1 Вт	5	1/5	0/0	0/0
		2 Вт	5	1/5	3/3	1/5
6	«Dentium»	1 Вт	5	1/5	2/5	0/0
		2 Вт	5	1/5	3/3	1/5

4.2. Результаты исследования микрорельефа поверхности дентальных имплантатов после воздействия излучения KTP-Nd:YAG лазера

При изучении микрорельефа поверхностей образцов дентальных имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech» после прямого воздействия излучением KTP-Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт в режиме повторяющихся импульсов «Repeat» при T_{on} 37ms, T_{off} 50 ms, по сравнению с интактной поверхностью, повреждений не было, поверхности остались интактными, степень разрушения равна 0 баллов (Рисунок 108а, Рисунок 108б). При увеличении мощности KTP-Nd:YAG лазера до 2,0 Вт в режиме повторяющихся импульсов «Repeat» при T_{on} 37ms, T_{off} 50 ms выявлена аналогичная картина, поверхности имплантатов без признаков термического воздействия (Рисунок 109а, Рисунок 109б).

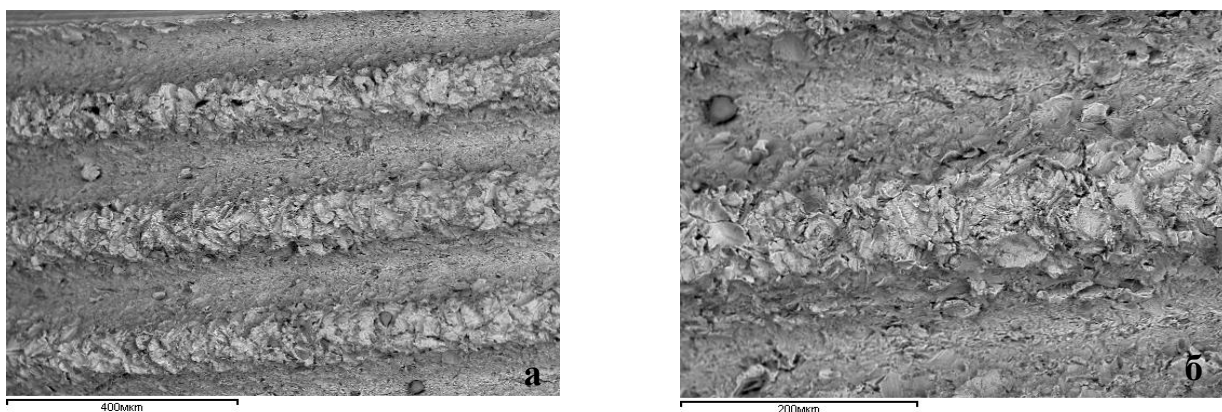


Рисунок 108 – Поверхность дентального имплантата «OsseoSpeed, Astra Tech»:
 а – интактная поверхность имплантата
 б – поверхность имплантата после воздействия излучением КТР-Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт, тип импульса «Repeat» (Ton 37ms, Toff 50 ms)

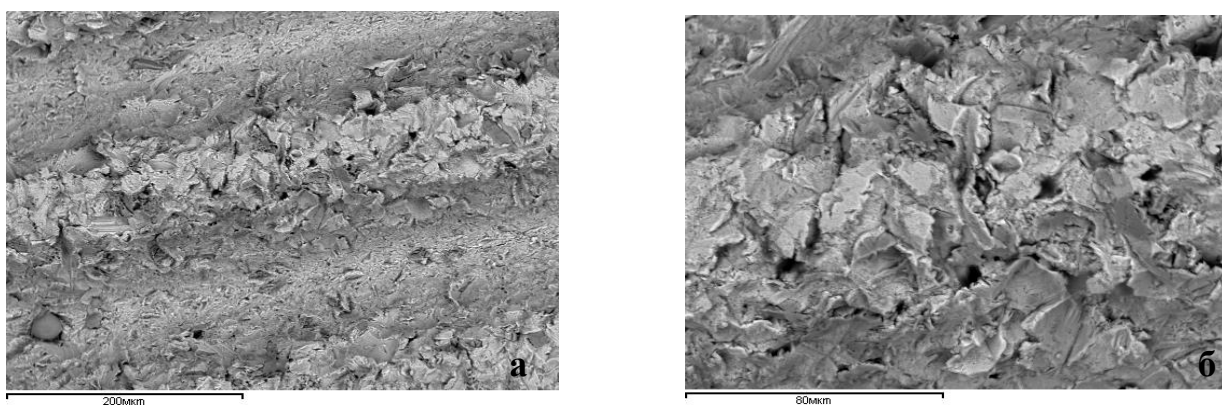


Рисунок 109 – Поверхность дентального имплантата «OsseoSpeed, Astra Tech» после воздействия излучением КТР-Nd:YAG лазера мощностью 2,0 Вт, тип импульса «Repeat» (Ton 37ms, Toff 50 ms):
 а – увеличение 200 мкм б – увеличение 80 мкм

После воздействия излучением КТР-Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт в режиме повторяющихся импульсов «Repeat» при Ton 37ms, Toff 50 ms, на поверхности образцов имплантатов «Biotech BIS-Conic» повреждений не выявлено, что соответствует степени разрушения в 0 баллов (Рисунок 110а, Рисунок 110б).

После воздействия излучением КТР-Nd:YAG лазера мощностью 2,0 Вт в режиме повторяющихся импульсов «Repeat» при Ton 37ms, Toff 50 ms, на поверхностях образцов дентальных имплантатов «Biotech BIS-Conic» при сравнении с интактной поверхностью также не выявлено повреждений (Рисунок 111а, Рисунок 111б).

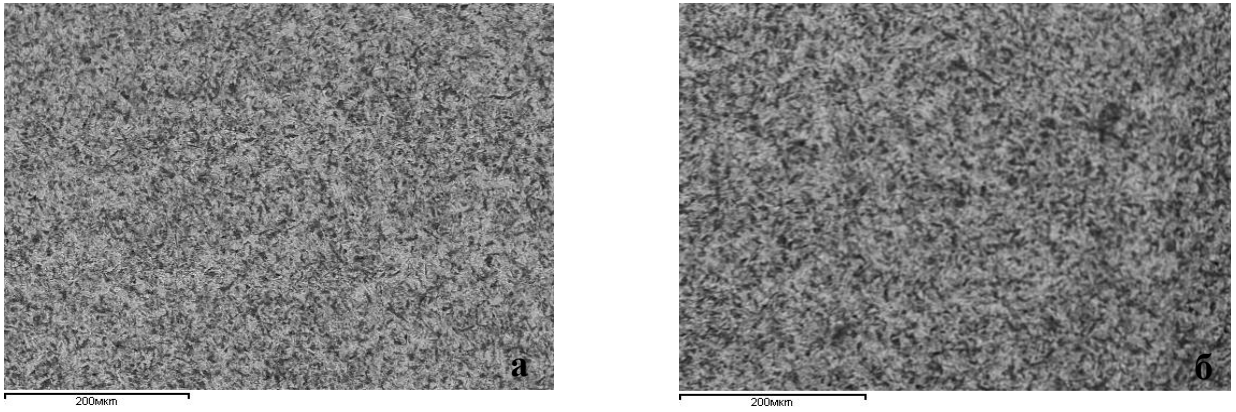


Рисунок 110 – Поверхность дентального имплантата «Biotech BIS-Conic»:
 а – интактная поверхность имплантата
 б – поверхность имплантата после воздействия излучением КТР-Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт, тип импульса «Repeat» (Ton 37ms, Toff 50 ms)

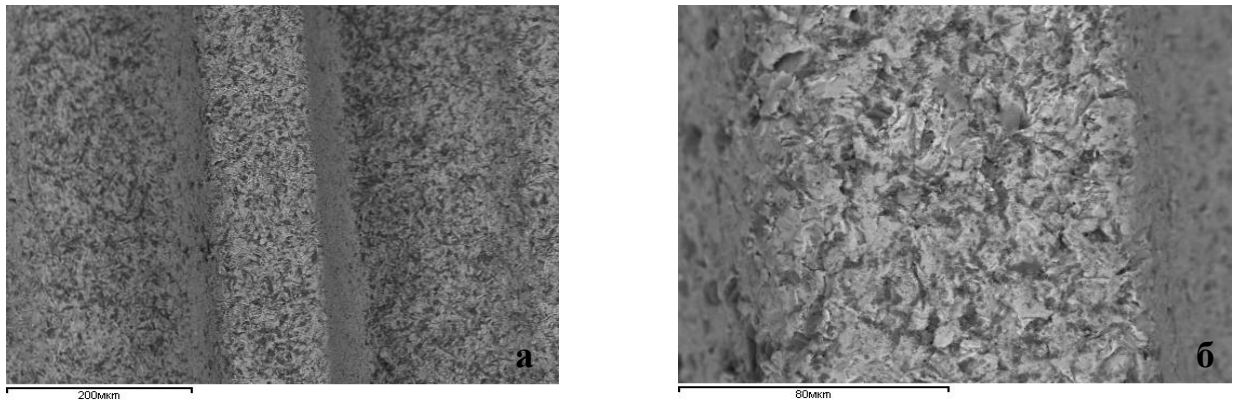


Рисунок 111 – Поверхность дентального имплантата «Biotech BIS-Conic» после воздействия излучением КТР-Nd:YAG лазера мощностью 2,0 Вт, тип импульса «Repeat» (Ton 37ms, Toff 50 ms):
 а – увеличение 200 мкм б – увеличение 80 мкм

При исследовании поверхностей образцов дентальных имплантатов «Liko» после воздействия излучением КТР-Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт в режиме повторяющихся импульсов «Repeat» при Ton 37ms, Toff 50 ms дефектов микрорельефа не было, поверхности имплантатов интактные (Рисунок 112а, Рисунок 112б).

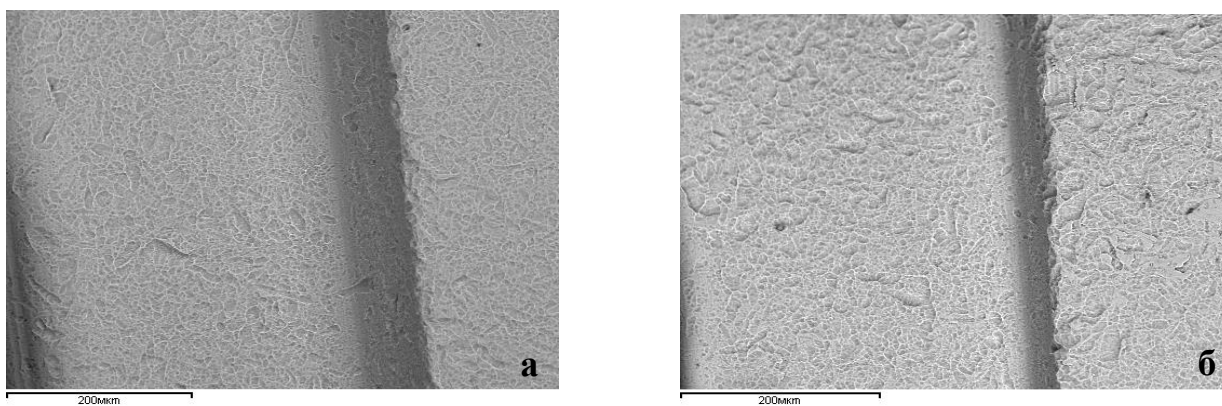


Рисунок 112 – Поверхность дентального имплантата «Liko»:
 а – интактная поверхность имплантата
 б – поверхность имплантата после воздействия излучением КТР-Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт, тип импульса «Repeat» (Ton 37ms, Toff 50 ms)

При увеличении мощности до 2,0 Вт в режиме повторяющихся импульсов отмечена очень малая степень разрушения (1 балл), в виде незначительного количества видимого плавления поверхности (Рисунок 113а, Рисунок 113б).

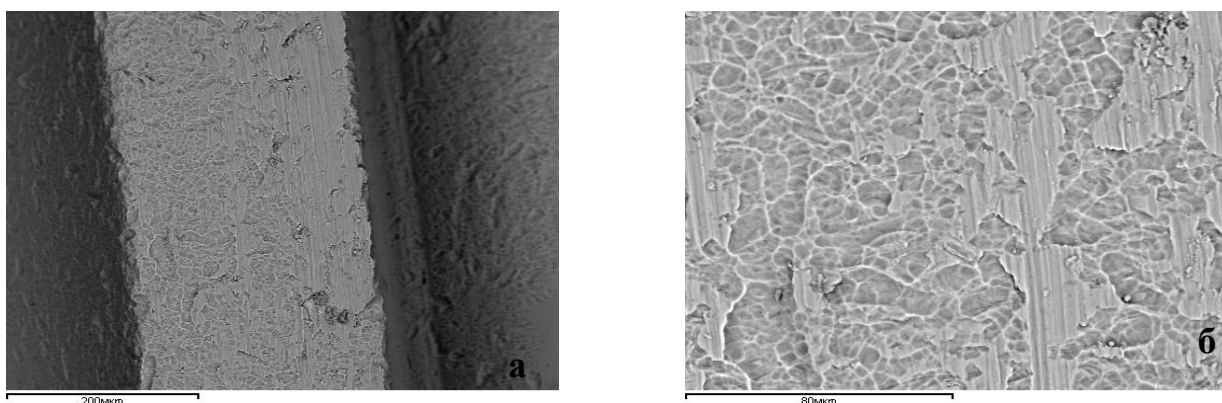


Рисунок 113 – Поверхность дентального имплантата «Liko» после воздействия излучением КТР-Nd:YAG лазера мощностью 2,0 Вт, тип импульса «Repeat» (Ton 37ms, Toff 50 ms):
 а – увеличение 200 мкм б – увеличение 80 мкм

При изучении поверхностей образцов дентальных имплантатов «Nobel Active» после прямого воздействия КТР-Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт в режиме повторяющихся импульсов «Repeat» при Ton 37ms, Toff 50 ms при сравнении с интактной поверхностью поверхность имеет незначительные дефекты

микрорельефа в виде пузырей малого размера, степень разрушения составила 1 балл (Рисунок 114а, Рисунок 114б).

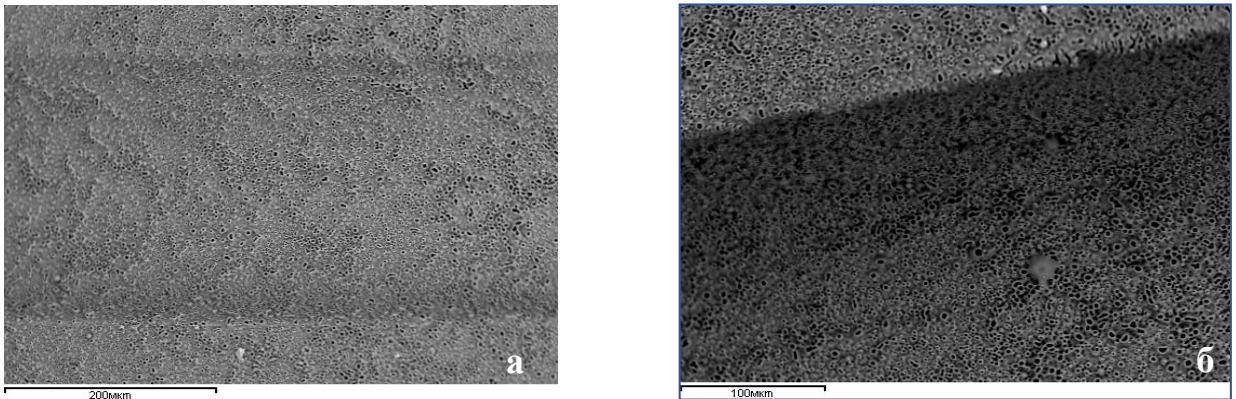


Рисунок 114 – Поверхность дентального имплантата «Nobel Active»:

а – интактная поверхность имплантата

б – поверхность имплантата после воздействия излучением КТР-Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт, тип импульса «Repeat» (Ton 37ms, Toff 50 ms)

При воздействии мощностью 2,0 Вт в режиме повторяющихся импульсов выявлена наибольшая степень разрушения микрорельефа поверхностей имплантатов, оценённая по шкале разрушений в 5 баллов, при этом выявлено значительное количество вздутий, размером свыше 5 мкм, умеренное количество широких и глубоких трещин, по краю дефекта малое число отслаиваний верхнего слоя размером более 5 мкм (Рисунок 115а, Рисунок 115б).

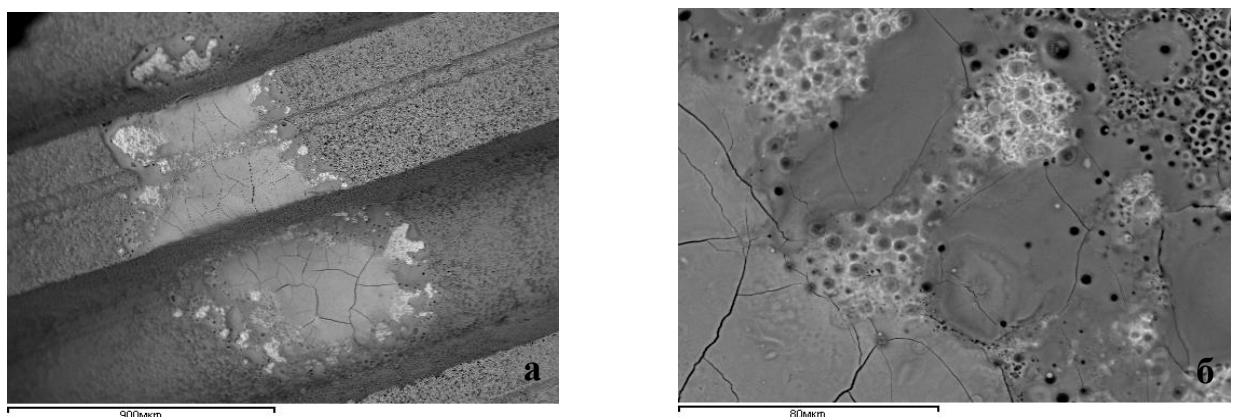


Рисунок 115 – Поверхность дентального имплантата «Nobel Active» после воздействия КТР-Nd:YAG лазера мощностью 2 Вт:

а – увеличение 900 мкм б – увеличение 80 мкм

При изучении поверхностей образцов дентальных имплантатов «Xive TG» после прямого воздействия КТР-Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт и 2,0 Вт в режиме повторяющихся импульсов «Repeat» при Ton 37ms, Toff 50 ms при сравнении с интактной поверхностью, дефекты микрорельефа не выявлены, степень разрушения равна 0 баллов (Рисунок 116а, Рисунок 116б).

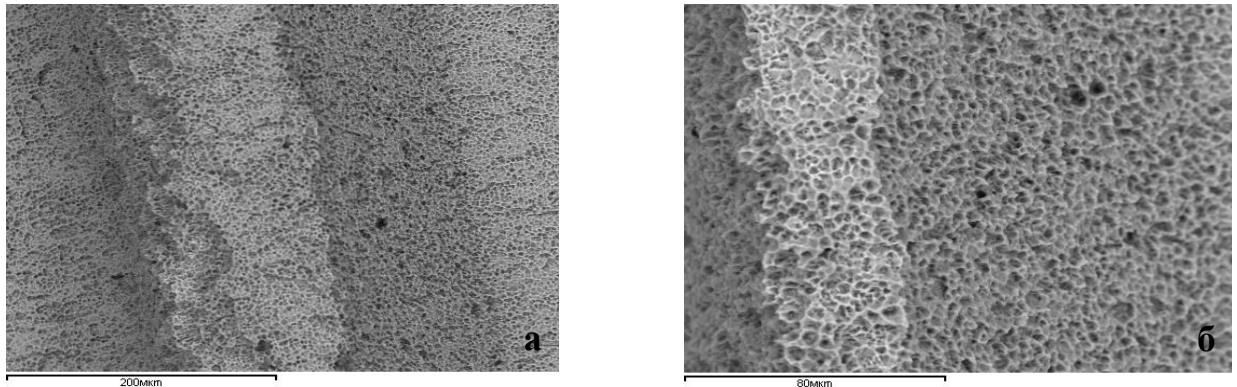


Рисунок 116 – Поверхность дентального имплантата «Xive TG» после воздействия излучения КТР-Nd:YAG лазера:
а – мощность излучения 1,0 Вт б – мощность излучения 2,0 Вт

При изучении поверхностей образцов дентальных имплантатов «Dentium» после воздействия КТР-Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт в режиме повторяющихся импульсов «Repeat» при Ton 37ms, Toff 50 ms дефектов микрорельефа не выявлено, поверхности имплантатов интактные (Рисунок 117а, Рисунок 117б).

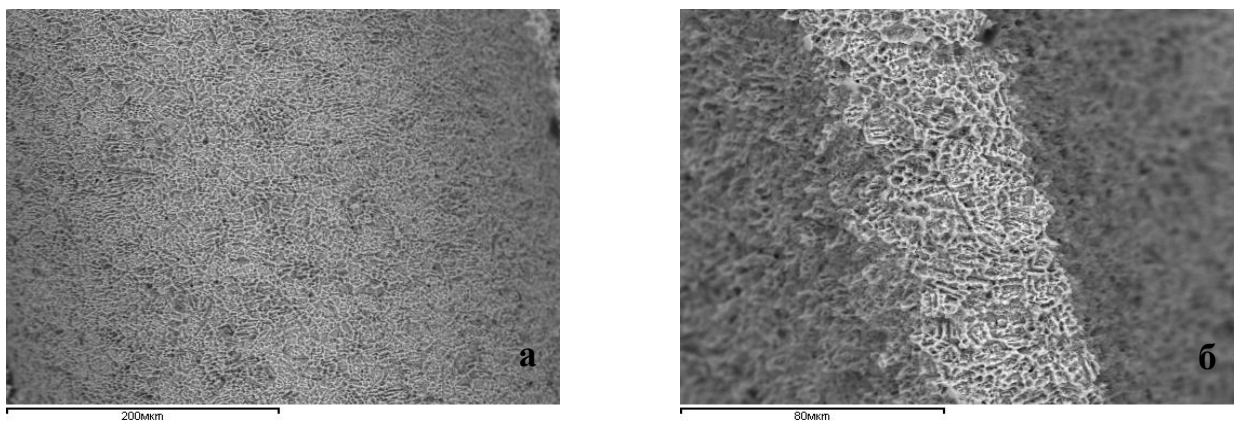


Рисунок 117 – Поверхность дентального имплантата «Dentium»:
а – интактная поверхность имплантата
б – поверхность после воздействия излучением КТР-Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт, тип импульса «Repeat» (Ton 37ms, Toff 50 ms)

При увеличении мощности до 2,0 Вт в режиме повторяющихся импульсов выявлены едва заметные дефекты, в виде очень малого количества пузырей, степень разрушения равна 1 балл (Рисунок 118а, Рисунок 118б).

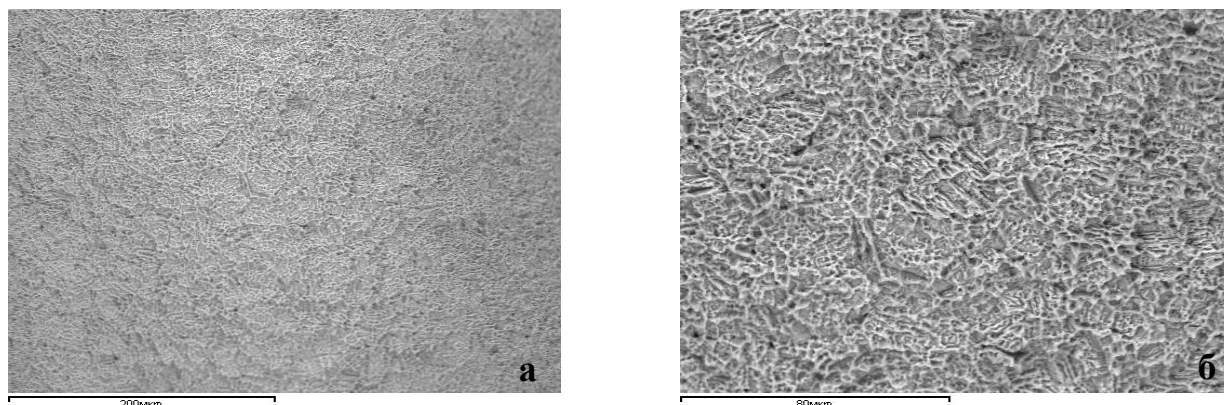


Рисунок 118 – Поверхность дентального имплантата «Dentium» после воздействия излучения КТР-Nd:YAG лазера мощностью 2,0 Вт, тип импульса «Repeat» (Ton 37ms, Toff 50 ms):
а – увеличение 200 мкм б – увеличение 80 мкм

Результаты сканирующей электронной микроскопии показали, что наибольшая степень разрушения микрорельефа поверхности имплантатов при воздействии излучения КТР-Nd:YAG лазера мощностью 2,0 Вт была выявлена только в одном случае, при мощности 1,0 Вт большинство поверхностей имплантатов не имели повреждений (Рисунок 119).

При излучении воздействия КТР-Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт не пострадали поверхности дентальных имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech», «Biotech BIS-Conic», «Liko», «Xive TG», «Dentium». При увеличении мощности до 2,0 Вт наибольшее количество повреждений (вздутия, трещины, отслаивания) выявлено на поверхностях имплантатов «Nobel Active» и небольшое количество вздутий и «Dentium», данные представлены в Таблице 33.

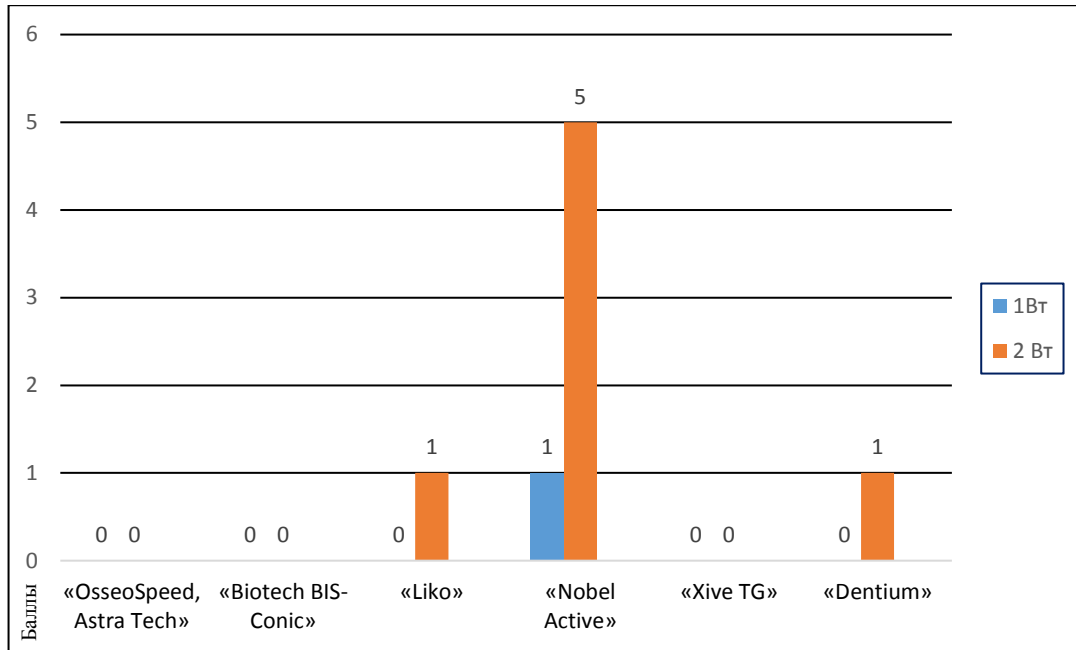


Рисунок 119 – Степень разрушений микрорельефа поверхности дентальных имплантатов при воздействии KTP-Nd:YAG лазера мощностью 1,0 Вт и 2,0 Вт

Таблица 33 – Показатели разрушений (в баллах) микрорельефа поверхностей дентальных имплантатов в зависимости от мощности излучения KTP-Nd:YAG лазера

Имплантат	КТП-Nd:YAG лазер мощность	Степень разрушения	Вздутия (количество /размер)	Трещины (количество /размер)	Отслаивания (область /размер)
1. «OsseoSpeed, Astra Tech»	1 Вт	0	0/0	0/0	0/0
	2 Вт	0	0/0	0/0	0/0
2. «Biotech BIS-Conic»	1 Вт	0	0/0	0/0	0/0
	2 Вт	0	0/0	0/0	0/0
3. «Liko»	1 Вт	0	0/0	0/0	0/0
	2 Вт	1	2/2	0/0	0/0
4. «Nobel Active»	1 Вт	1	1/3	0/0	0/0
	2 Вт	5	4/5	3/4	2/5
5. «Xive TG»	1 Вт	0	0/0	0/0	0/0
	2 Вт	0	0/0	0/0	0/0
6. «Dentium»	1 Вт	0	0/0	0/0	0/0
	2 Вт	1	1/1	0/0	0/0

4.3. Результаты исследования микрорельефа поверхности дентальных имплантатов после воздействия излучения Er:YAG лазера

В ходе изучения микрорельефа поверхностей образцов дентальных имплантатов с помощью сканирующей электронной микроскопии было выявлено, что поверхности имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech» после прямого воздействия излучением Er:YAG лазера с параметрами энергии 100 мДж, частотой 10 Гц и мощностью 1,0 Вт, типом импульса «very short» (230 мкс) при сравнении с интактной поверхностью дефектов микрорельефа не имеют (Рисунок 120а, Рисунок 120б).

При воздействии мощностью 2,0 Вт с энергией 200 мДж, частотой импульсов 10 Гц, типом импульса «very short» (230 мкс), отмечена очень малая степень разрушения в виде малого количества едва заметных пузырей, что соответствует степени разрушения в балл1 (Рисунок 121а, Рисунок 121б).

Поверхности образцов дентальных имплантатов «Biotech BIS-Conic» после воздействия излучением Er:YAG лазера с параметрами энергии 100 мДж, частотой 10 Гц, мощностью 1 Вт, типом импульса «very short» (230 мкс) при сравнении с интактной поверхностью имели значительное количество дефектов микрорельефа в виде явно видимых пузырей (Рисунок 122а, Рисунок 122б).

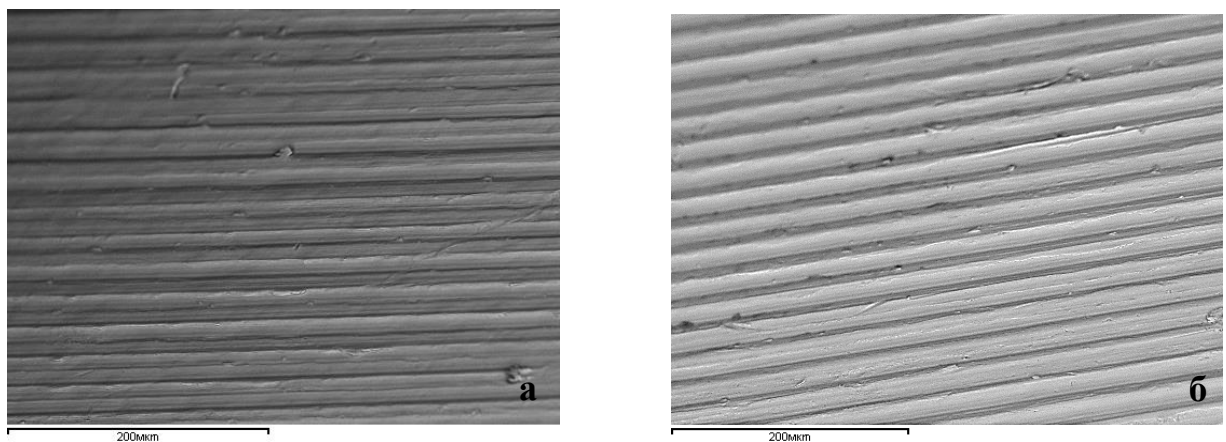


Рисунок 120 – Поверхность дентального имплантата «OsseoSpeed, Astra Tech»:
 а – интактная поверхность имплантата
 б – поверхность имплантата после воздействия излучением Er:YAG лазера с параметрами: 100 мДж, 10 Гц, 1,0 Вт, тип импульса «very short»

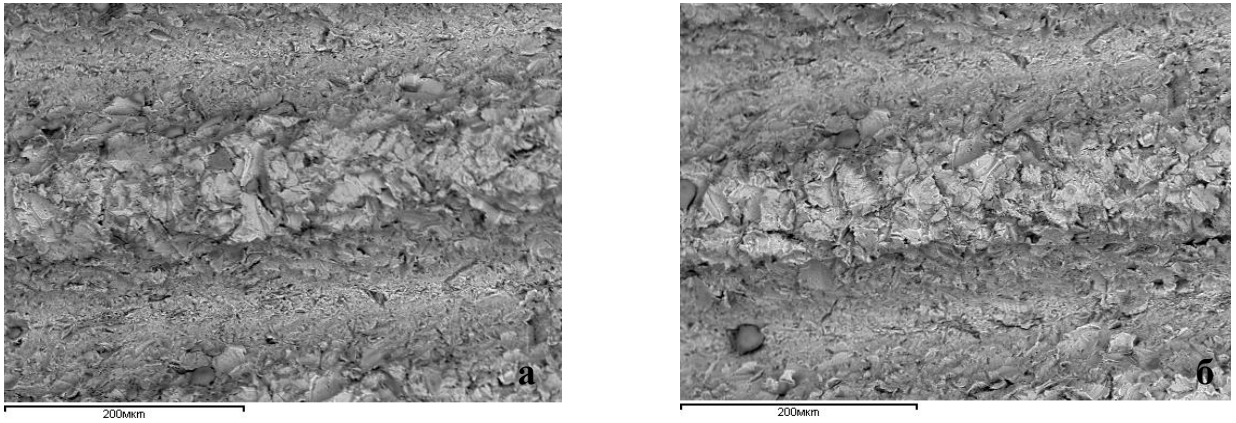


Рисунок 121 – Поверхность дентального имплантата «OsseoSpeed, Astra Tech»:
 а – интактная поверхность имплантата
 б – поверхность имплантата после воздействия излучением Er:YAG лазера с параметрами: 200 мДж, 10 Гц, 2,0 Вт, тип импульса «very short»

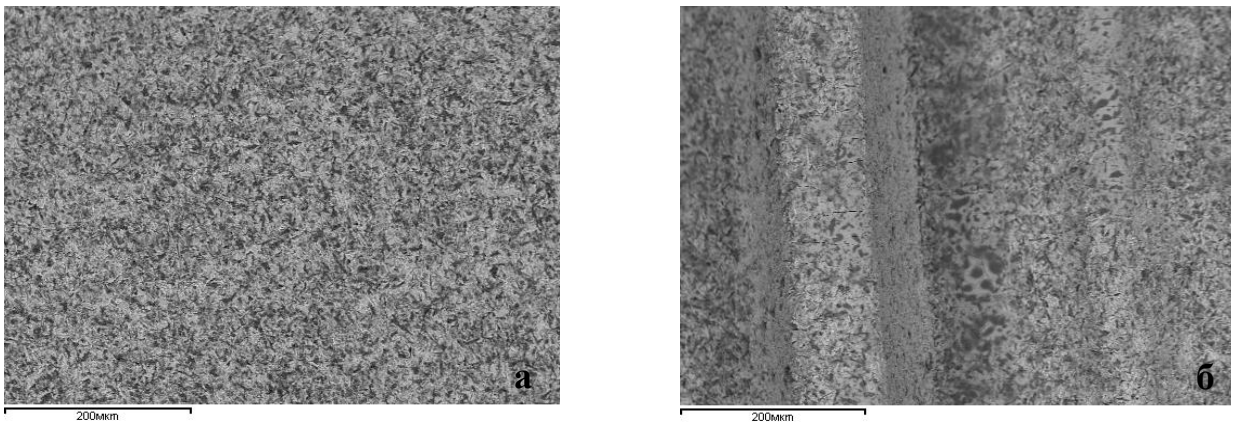


Рисунок 122 – Поверхность дентального имплантата «Biotech BIS-Conic»:
 а – интактная поверхность имплантата
 б – поверхность имплантата после воздействия излучением Er:YAG лазера с параметрами: 100 мДж, 10 Гц, 1,0 Вт, тип импульса «very short»

При увеличении мощности до 2,0 Вт с энергией 200 мДж, частотой 10 Гц, тип импульса «very short» (230 мкс) выявлена средняя степень разрушения поверхностей имплантатов, соответствующая 3 баллам, на поверхностях обнаружено значительное количество пузырей размером свыше 5 мкм, с хаотичным растрескиванием поверхности (Рисунок 123а, Рисунок 123б).

При изучении поверхностей образцов дентальных имплантатов «Liko» после воздействия излучением Er:YAG лазера с энергией 100 мДж, частотой 10 Гц, мощностью 1,0 Вт, тип импульса «very short» (230 мкс) при сравнении с интактной поверхностью дефектов не выявлено (Рисунок 124а, Рисунок 124б).

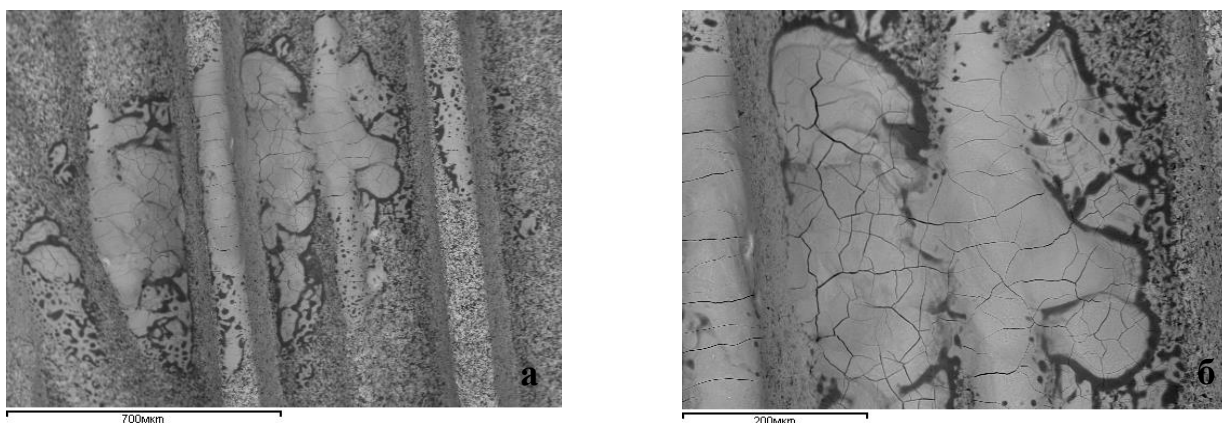


Рисунок 123 – Поверхность дентального имплантата «Biotech BIS-Conic» после воздействия излучением Er:YAG лазера с параметрами: 200 мДж, 10 Гц, 2,0 Вт, тип импульса «very short»
а – увеличение 700 мкм б – увеличение 200 мкм

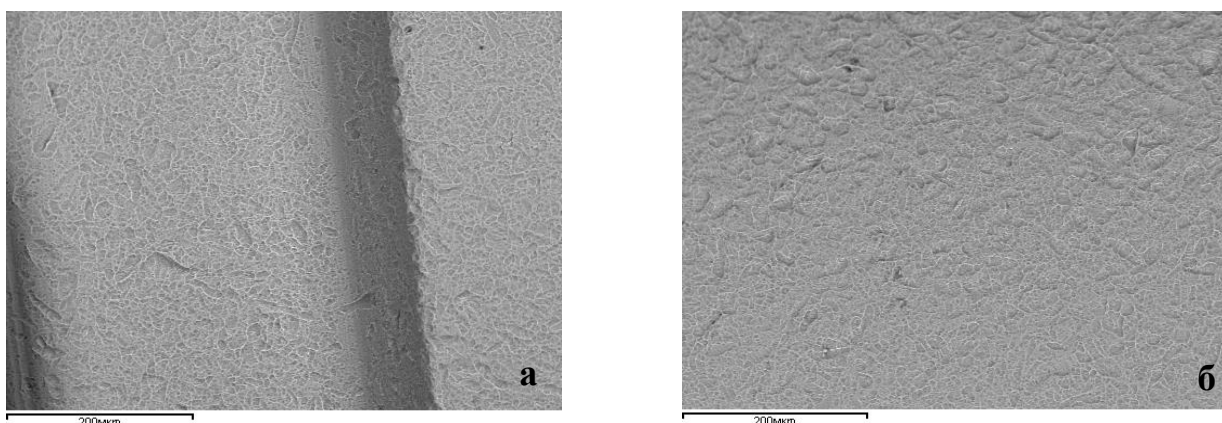


Рисунок 124 – Поверхность дентального имплантата «Liko»:
а – интактная поверхность имплантата
б – поверхность имплантата после воздействия излучением Er:YAG лазера с параметрами: 100 мДж, 10 Гц, 1,0 Вт, тип импульса «very short»

При увеличении мощности до 2,0 Вт с параметрами энергии 200 мДж, частотой 10 Гц, тип импульса «very short» на поверхностях имплантатов обнаружена едва заметная степень разрушения, характеризующаяся в 1 балл в виде незначительного расплавления поверхности (Рисунок 125а, Рисунок 125б).

Поверхности образцов интактных дентальных имплантатов «Nobel Active» после прямого воздействия Er:YAG лазера с энергией 100 мДж, частотой импульса 10 Гц, мощностью 1,0 Вт, тип импульса «very short» (230 мкс) имели сплошные дефекты микрорельефа, степень разрушения составила 5 баллов (Рисунок 126а,

Рисунок 126б), в зоне воздействия значительное количество пузырей размером и отслаиваний верхнего слоя поверхности имплантата свыше 5 мкм.

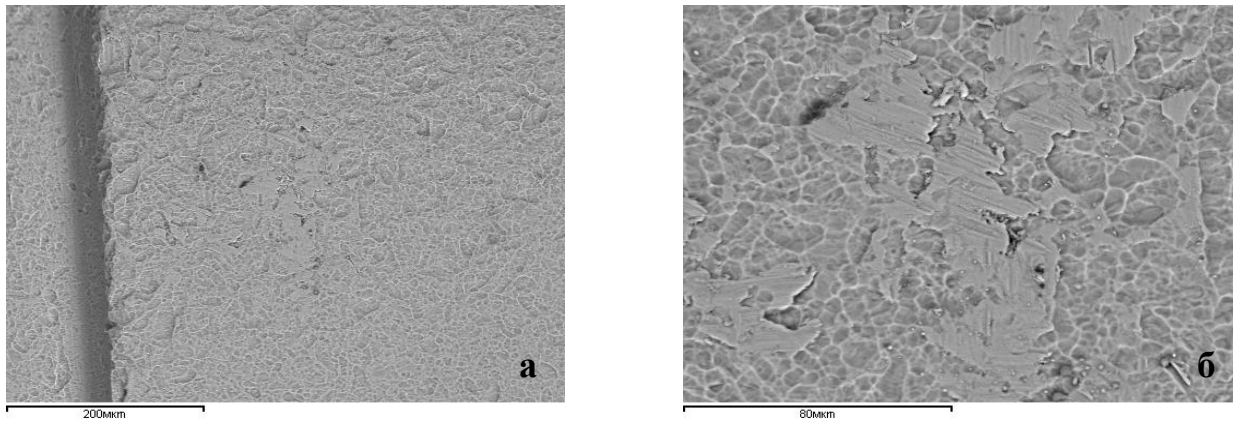


Рисунок 125 – Поверхность дентального имплантата «Liko» после воздействия излучением Er:YAG лазера с параметрами 200 мДж, 10 Гц, 2,0 Вт, тип импульса «very short»:
а – увеличение 200 мкм б – увеличение 80 мкм

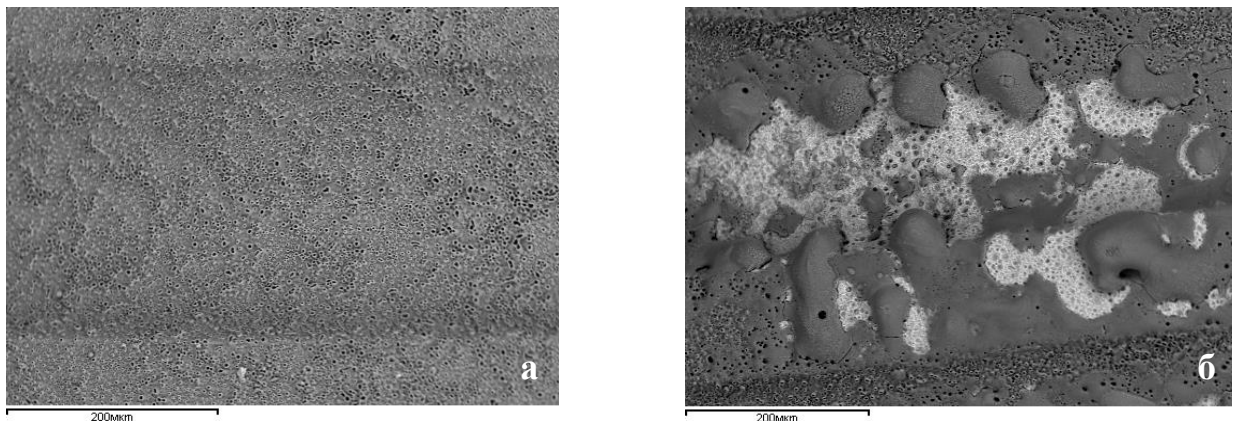


Рисунок 126 – Поверхность дентального имплантата «Nobel Active»:
а – интактная поверхность имплантата
б – поверхность имплантата после воздействия излучением Er:YAG лазера с параметрами: 100 мДж, 10 Гц, 1,0 Вт, тип импульса «very short»

При увеличении мощности до 2,0 Вт (энергия 200 мДж, частота 10 Гц, тип импульса «very short» 230 мкс) также выявлены значительные дефекты микрорельефа, оценённые в 5 баллов. Верхний слой в результате термического воздействия полностью расплавился и отслоился, по краям дефектов верхнего слоя лишь небольшое количество ясно видимых вздутий размерами до 0,5 мкм (Рисунок 127а, Рисунок 127б).

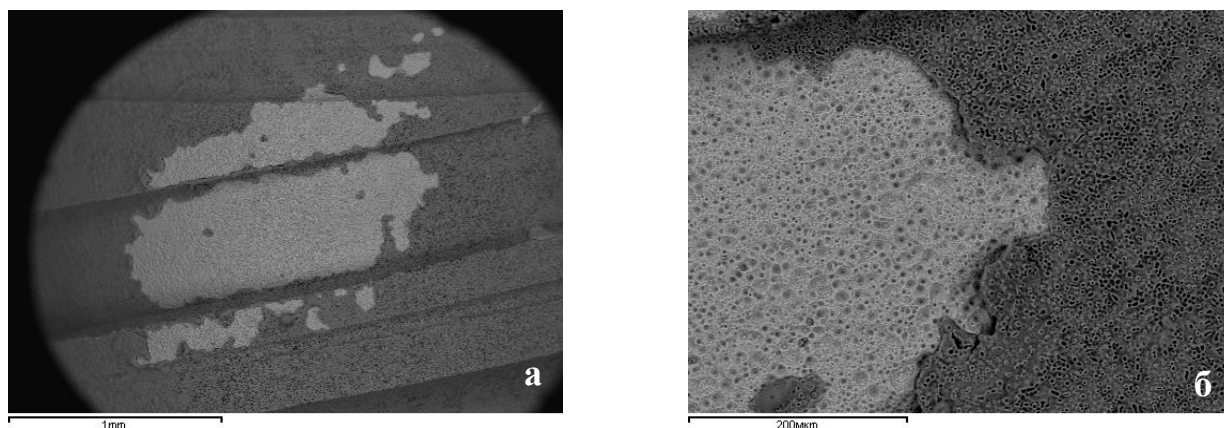


Рисунок 127 – Поверхность дентального имплантата «Nobel Active» после воздействия излучения Er:YAG лазера с параметрами 200 мДж, 10 Гц, 2,0 Вт, тип импульса «very short»: а – увеличение 1000 мкм б – увеличение 200 мкм

При оценке поверхностей образцов дентальных имплантатов «Xive TG» после воздействия излучением Er:YAG лазера с энергией 100 мДж, частотой импульсов 10 Гц, мощностью 1,0 Вт, тип импульса «very short» дефектов термического повреждения не выявлено (Рисунок 128а, Рисунок 128б).

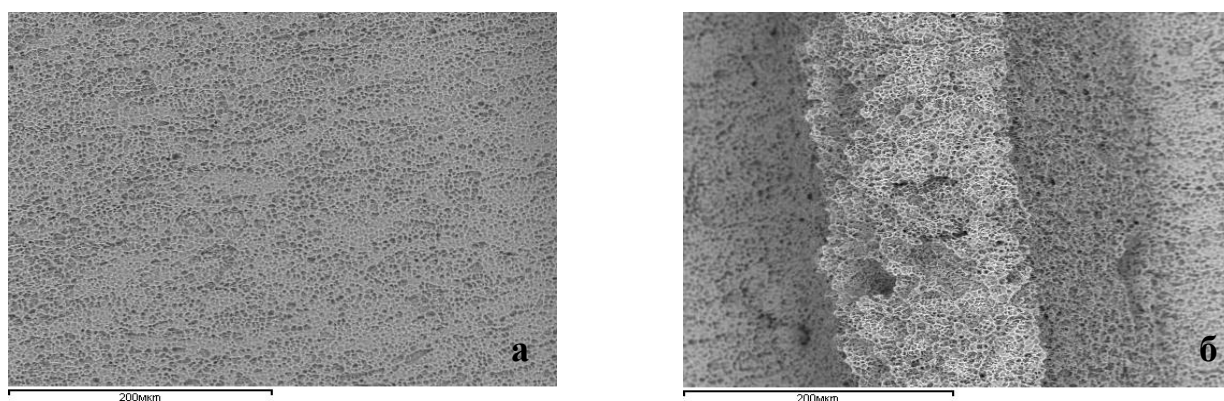


Рисунок 128 – Поверхность дентального имплантата «Xive TG»: а – интактная поверхность имплантата б – поверхность имплантата после воздействия излучением Er:YAG лазера с параметрами: 100 мДж, 10 Гц, 1,0 Вт, тип импульса «very short»

При увеличении мощности до 2,0 Вт с параметрами энергии 200 мДж, частотой импульса 10 Гц, тип импульса «very short» (230 мкс) выявлена малая степень разрушения (балл 2) в виде значительного количества вздутий размером свыше 5 мкм, умеренного количества ясно видимых трещин, расположенных беспорядочно по всей исследуемой поверхности имплантата (Рисунок 129а и 129б).

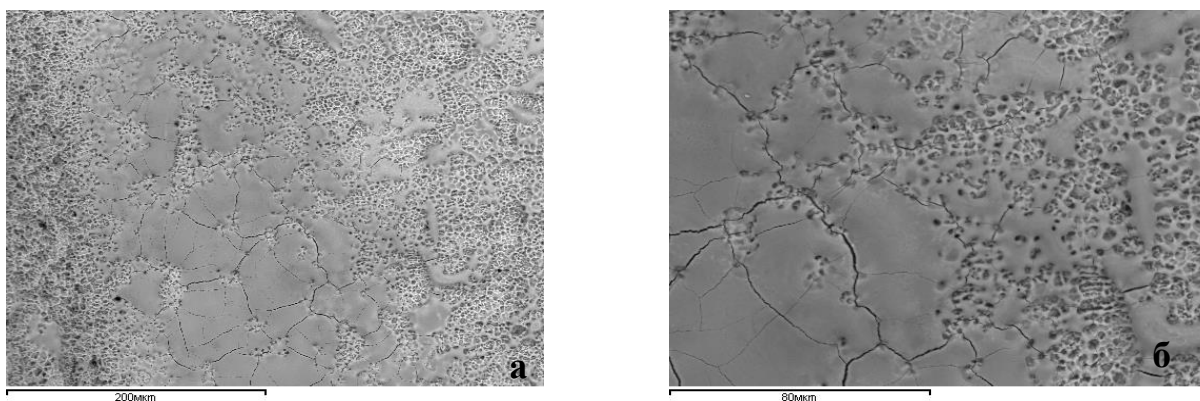


Рисунок 129 – Поверхность дентального имплантата «Xive TG» после воздействия излучением Er:YAG лазера с параметрами 200 мДж, 10 Гц, 2,0 Вт, тип импульса «very short»:
а – увеличение 200 мкм б – увеличение 80 мкм

На поверхностях образцов дентальных имплантатов «Dentium» после воздействия Er:YAG лазера с параметрами 100 мДж, 10 Гц, 1,0 Вт, тип импульса «very short» (230 мкс) дефекты не выявлены, степень разрушения равна 0 баллов (Рисунок 130а, Рисунок 130б).

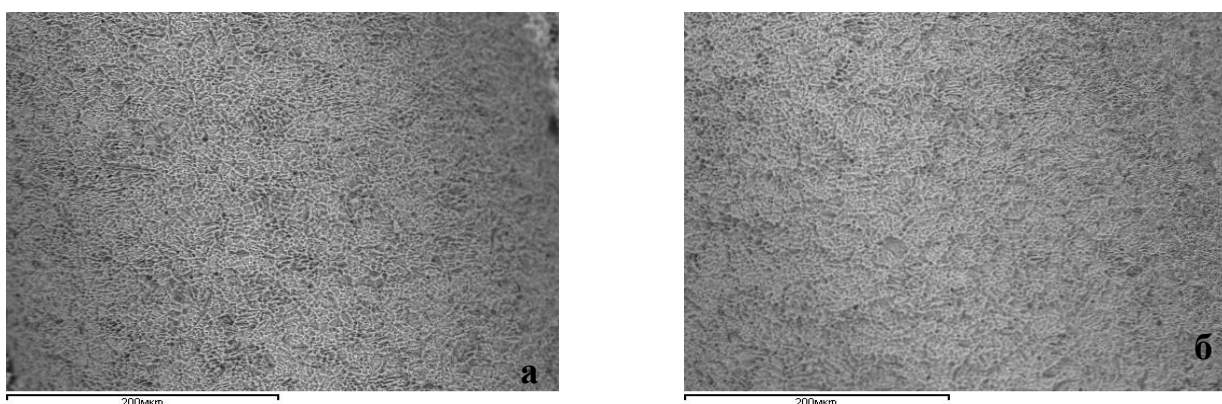


Рисунок 130 – Поверхность дентального имплантата «Dentium»:
а – интактная поверхность имплантата
б – поверхность имплантата после воздействия излучением Er:YAG лазера с параметрами: 100 мДж, 10 Гц, 1,0 Вт, тип импульса «very short»

При увеличении мощности до 2,0 Вт с параметрами энергии 200 мДж, частотой импульсов 10 Гц, тип импульса «very short» (230 мкс) отмечена малая степень разрушения, соответствующая 2 баллам, в виде значительного количества вздутий размером свыше 5 мкм, малого количества ясно видимых трещин, расположенных хаотически (Рисунок 131а, Рисунок 131б).

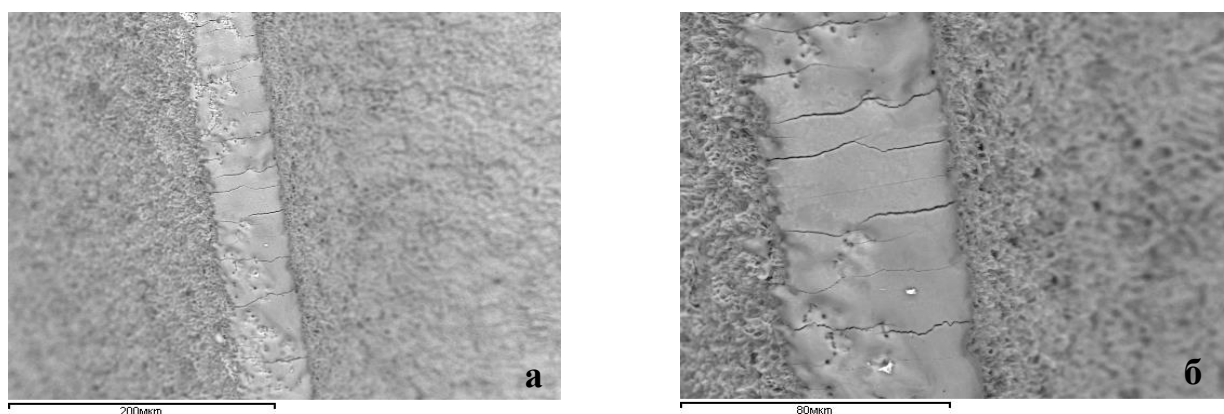


Рисунок 131 – Поверхность дентального имплантата «Dentium» после воздействия излучением Er:YAG лазера мощностью 2,0 Вт:
а – увеличение 200 мкм б – увеличение 80 мкм

Изучив данные сканирующей электронной микроскопии, было выявлено, что наибольшая степень разрушения микрорельефа поверхности имплантатов была при воздействии излучением Er:YAG лазера мощностью 2,0 Вт, при мощности 1,0 Вт большинство поверхностей имплантатов не имели повреждений или повреждения были минимальные и ограничивались только незначительным расплавлением (Рисунок 132).

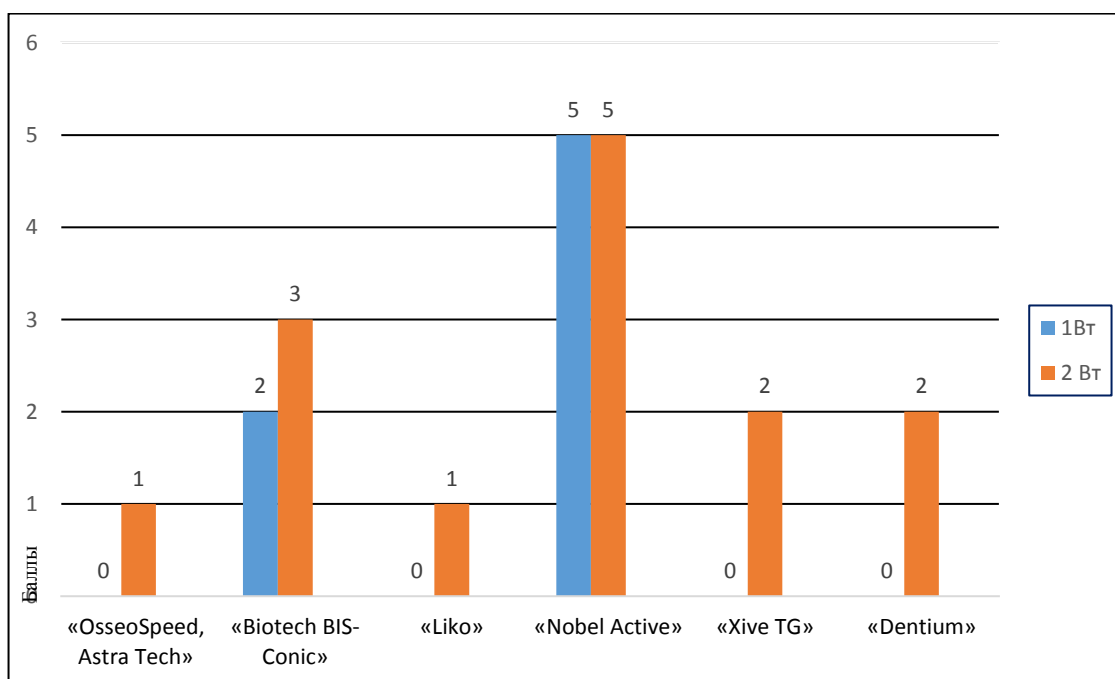


Рисунок 132 – Степень разрушений микрорельефа поверхности дентальных имплантатов после воздействия Er:YAG лазера мощностью 1,0 Вт и 2,0 Вт

При излучении Er:YAG лазера мощностью 1,0 Вт отсутствие повреждений было выявлено на поверхностях имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech», «Liko», «Xive TG», «Dentium». При увеличении мощности до 2,0 Вт наибольшее количество повреждений (вздутия, трещины, отслаивания) выявлено на поверхностях имплантатов «Biotech BIS-Conic», «Nobel Active», «Xive TG», «Dentium» и минимальное повреждение у имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech» и «Liko», данные представлены в Таблице 34.

Таблица 34 – Показатели разрушений (в баллах) микрорельефа поверхностей дентальных имплантатов в зависимости от мощности излучения Er:YAG лазера

Имплантат	Er:YAG лазер мощность	Степень разрушения	Вздутия (количество /размер)	Трещины (количество /размер)	Отслаивания (область /размер)
1. «OsseoSpeed, Astra Tech»	1 Вт	0	0/0	0/0	0/0
	2 Вт	1	1/1	0/0	0/0
2. «Biotech BIS-Conic»	1 Вт	2	1/2	0/0	0/0
	2 Вт	3	4/5	3/3	0/0
3. «Liko»	1 Вт	0	0/0	0/0	0/0
	2 Вт	1	1/1	0/0	0/0
4. «Nobel Active»	1 Вт	5	4/5	0/0	4/5
	2 Вт	5	5/4	0/0	3/3
5. «Xive TG»	1 Вт	0	0/0	0/0	0/0
	2 Вт	2	4/5	3/3	0/0
6. «Dentium»	1 Вт	0	0/0	0/0	0/0
	2 Вт	2	4/5	2/3	0/0

4.4. Результаты исследования микрорельефа поверхности дентальных имплантатов после воздействия излучения CO₂ лазера

По данным сканирующей электронной микроскопии в ходе изучения микрорельефа поверхностей образцов дентальных имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech» после воздействия излучением CO₂ лазера мощностью 1,0 Вт, с частотой импульсов 10 Гц, тип импульса «PW» при сравнении с интактной поверхностью признаков температурного воздействия не выявлено (Рисунок 133а, Рисунок 133б).

При воздействии на поверхности дентальных имплантатов излучения CO_2 лазера мощностью 2,0 Вт с частотой импульсов 50 Гц, тип импульса «PW» (Рисунок 134а, Рисунок 134б) выявлена очень малая степень разрушения в виде незначительного количества видимых мелких пузырей, что соответствует 1 баллу.

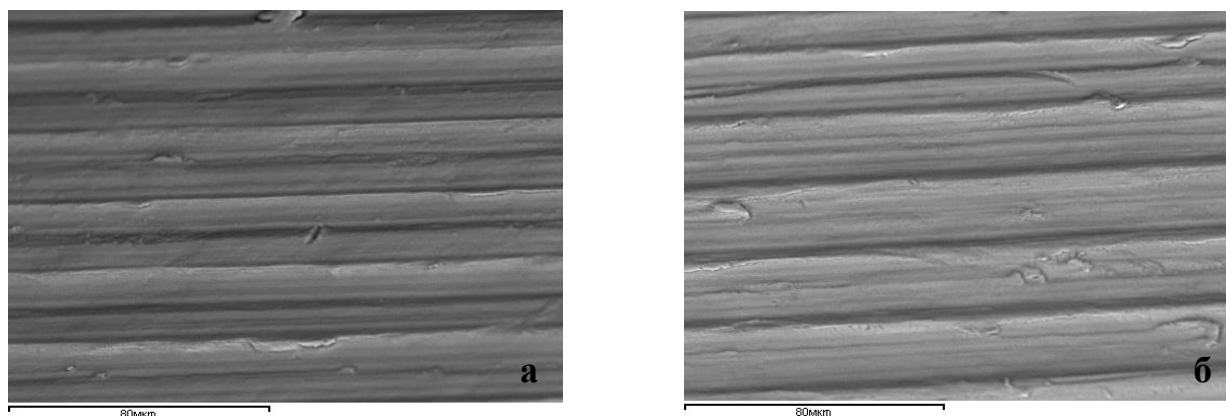


Рисунок 133 – Поверхность дентального имплантата «OsseoSpeed, Astra Tech»:
а – интактная поверхность имплантата
б – поверхность имплантата после воздействия CO_2 лазера мощностью 1,0 Вт

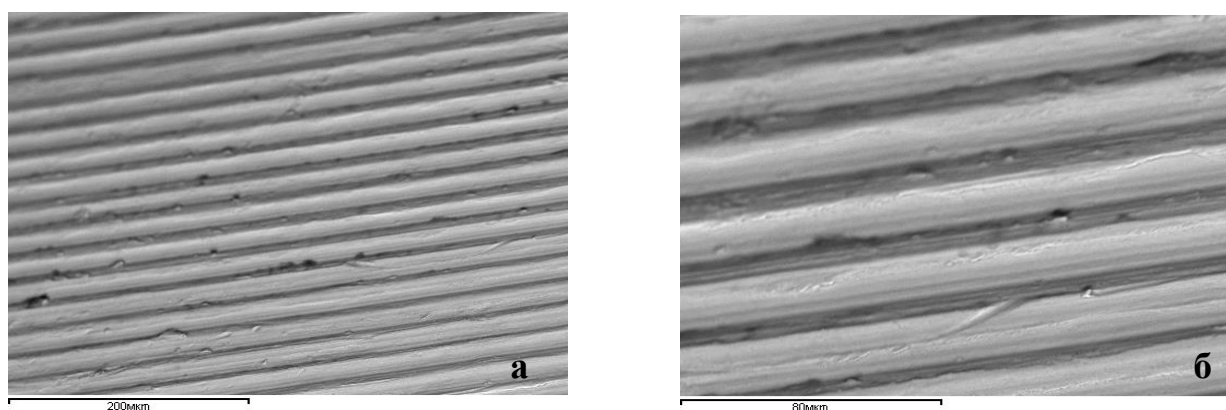


Рисунок 134 – Поверхность дентального имплантата «OsseoSpeed, Astra Tech» подвергнутая воздействию CO_2 лазера мощностью 2,0 Вт:
а – увеличение 200 мкм б – увеличение 80 мкм

На поверхностях образцов дентальных имплантатов «Biotech BIS-Conic» после воздействия излучением CO_2 лазера мощностью 1,0 Вт, с частотой импульсов 10 Гц, тип импульса «PW» и мощностью 2,0 Вт с частотой импульсов 50 Гц, тип импульса «PW», при сравнении с интактной поверхностью разрушений микрорельефа имплантатов не выявлено (Рисунки: 135а, 135б, 136а, 136б).

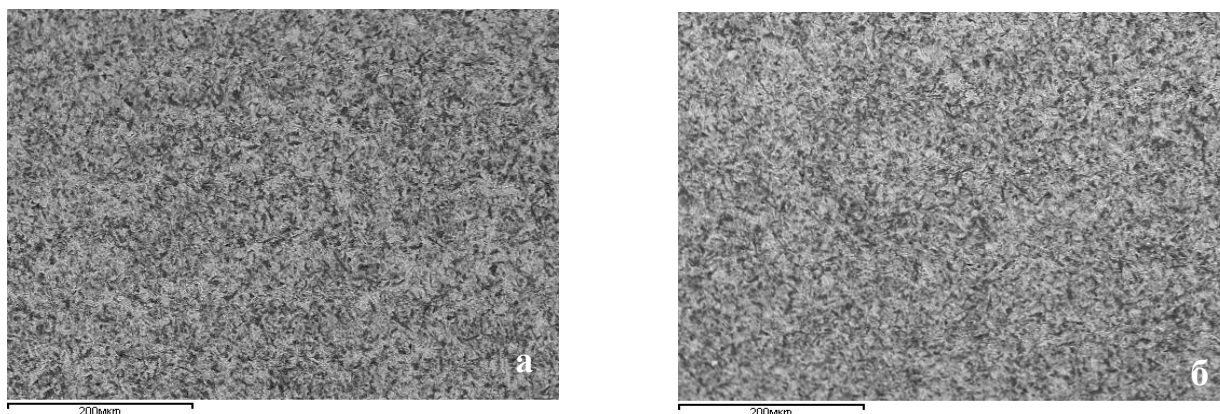


Рисунок 135 – Поверхность дентального имплантата «Biotech BIS-Conic»:
 а – интактная поверхность имплантата
 б – поверхность имплантата, подвергнутая воздействию излучением CO₂ лазера мощностью 1,0 Вт, частотой импульсов 10 Гц, тип импульса «PW»

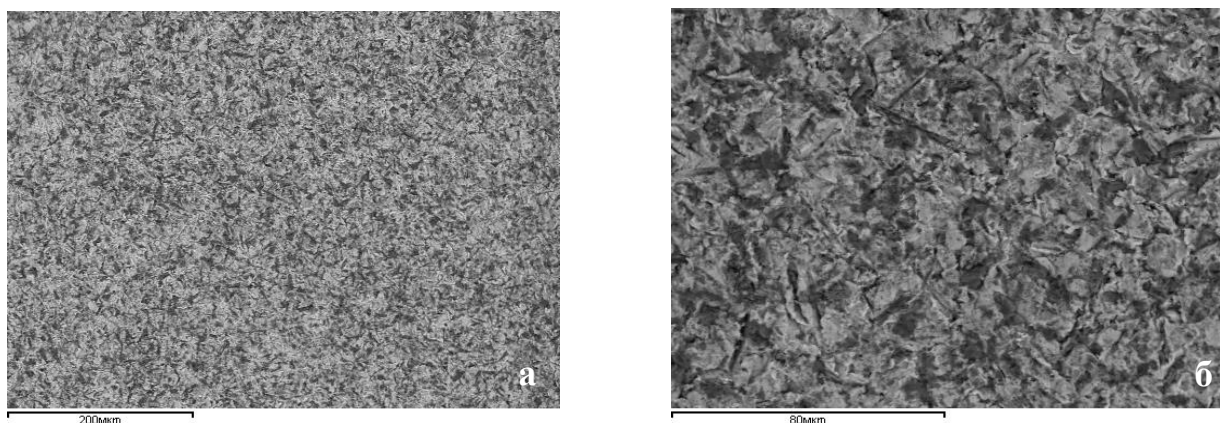


Рисунок 136 – Поверхность дентального имплантата «Biotech BIS-Conic»
 подвергнутая воздействию излучением CO₂ лазера мощностью 2,0 Вт:
 а – увеличение 200 мкм б – увеличение 80 мкм

На поверхностях образцов дентальных имплантатов «Liko» после воздействия излучением CO₂ лазера мощностью 1,0 Вт, частотой импульсов 10 Гц, тип импульса «PW» признаков температурного воздействия не выявлено, имплантаты остались интактными (Рисунок 137а, Рисунок 137б). При увеличении мощности CO₂ лазера до 2,0 Вт (частота импульсов 50 Гц, тип импульса «PW») малая степень разрушения в виде малого количества едва видимых пузырей с очень малым количеством видимых отслаиваний, соответствующая 2 баллам (Рисунок 138а, Рисунок 138б).

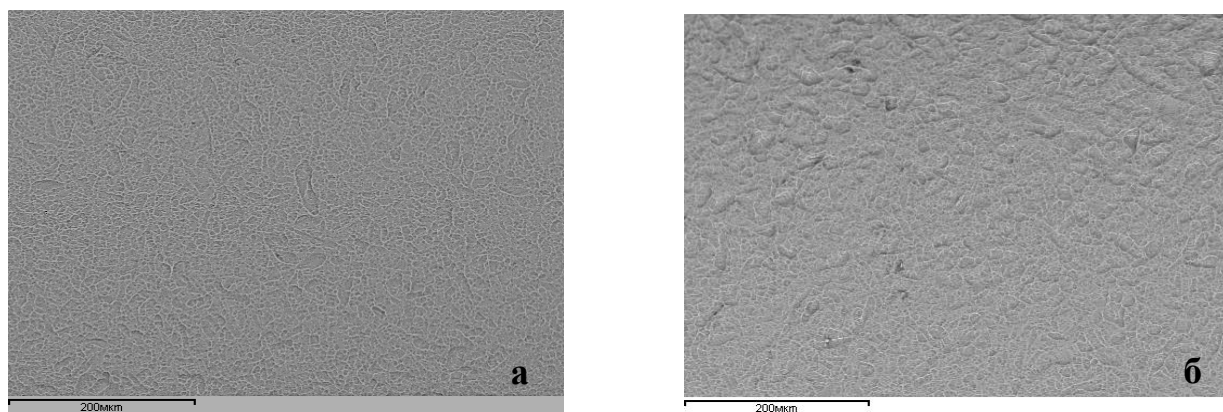


Рисунок 137 – Поверхность дентального имплантата «Liko»
 а – интактная поверхность имплантата
 б – поверхность имплантата, подвергнутая воздействию CO₂ лазера мощностью 1,0 Вт, частотой импульсов 10 Гц, тип импульса «PW»

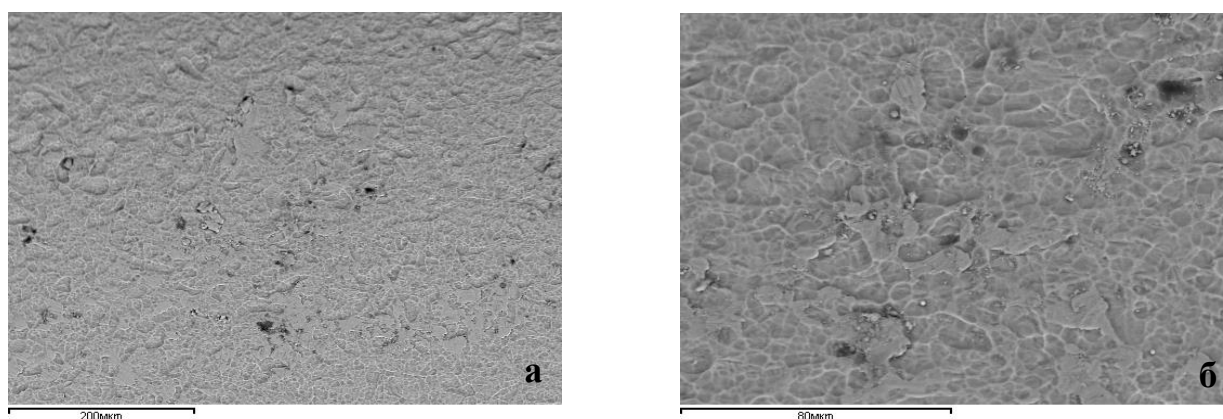


Рисунок 138 – Поверхность дентального имплантата «Liko» подвергнутая воздействию CO₂ лазера мощностью 2,0 Вт частотой импульсов 50 Гц, тип импульса «PW»:
 а – увеличение 200 мкм б – увеличение 80 мкм

При изучении поверхностей образцов дентальных имплантатов «Nobel Active» после прямого воздействия излучением CO₂ лазера мощностью 1,0 Вт, частотой импульсов 10 Гц, тип импульса «PW» при сравнении с интактной поверхностью (Рисунок 139а) выявлены разрушения микрорельефа средней степени, что соответствует 3 баллам. На поверхности умеренное количество пузырей, небольшое количество хаотично расположенных ясно видимых трещин, отмечено отслаивание покрытия имплантата (Рисунок 139б).

При увеличении мощности CO₂ лазера до 2,0 Вт (частота импульса 50 Гц, тип импульса «PW») (Рисунок 140а, Рисунок 140б) выявлена значительная степень

разрушения микрорельефа имплантатов, соответствующая 4 баллам. На поверхности образцов имплантатов умеренное количество видимых пузырей, небольшое количество ясно видимых трещин, расположенных беспорядочно, умеренное количество отслаиваний размером свыше 5 мкм.

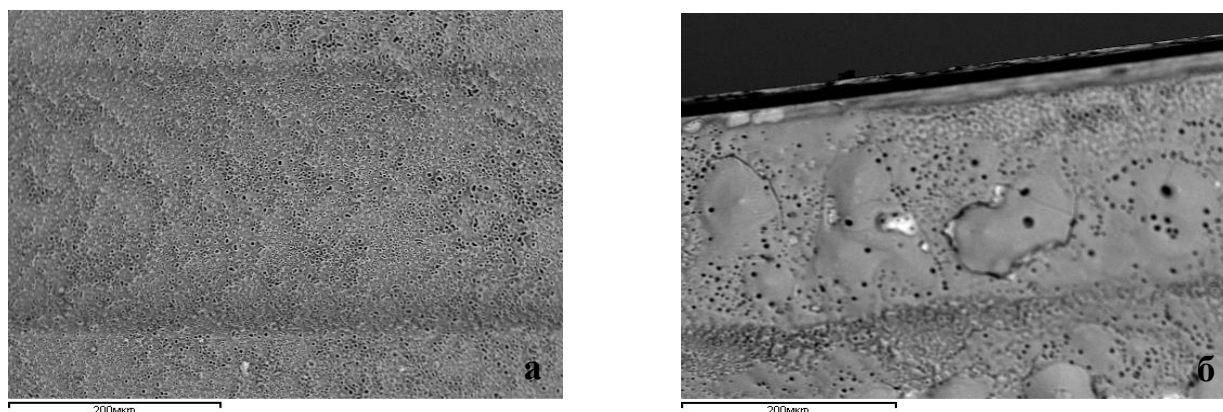


Рисунок 139 – Поверхность дентального имплантата «Nobel Active»:
 а – интактная поверхность имплантата
 б – поверхность имплантата, подвергнутая воздействию излучения CO₂ лазера мощностью 1,0 Вт, частотой импульсов 10 Гц, тип импульса «PW»

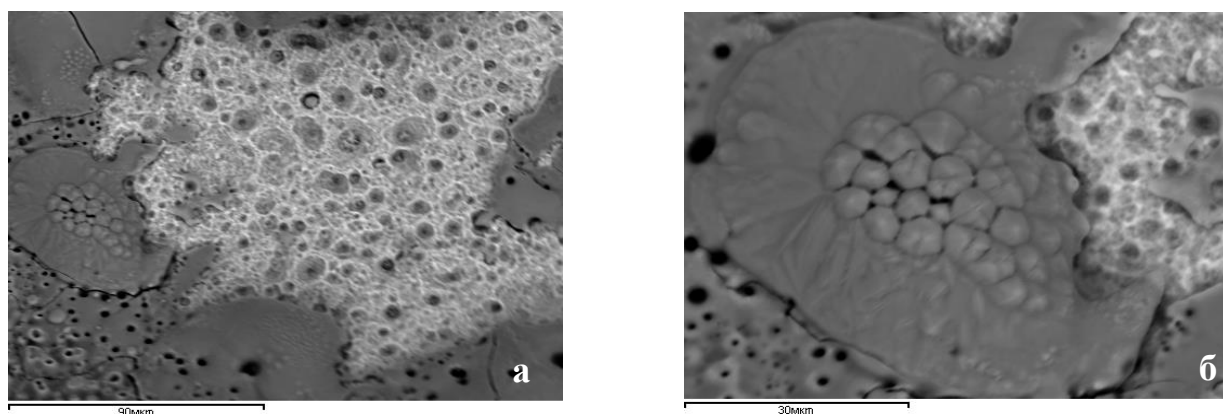


Рисунок 140 – Поверхность дентального имплантата «Nobel Active» после воздействия CO₂ лазера мощностью 2,0 Вт:
 а – увеличение 90 мкм б – увеличение 30 мкм

На поверхностях образцов дентальных имплантатов «Xive TG» после воздействия CO₂ лазера мощностью 1,0 Вт, частотой импульсов 10 Гц, тип импульса «PW» микрорельеф без признаков температурного воздействия (Рисунок 141а, Рисунок 141б).

При увеличении мощности CO_2 лазера до 2,0 Вт с частотой импульсов 50 Гц, тип импульса «PW» выявлена очень малая степень разрушения (балл 1) в виде малого количества едва заметных пузырей (Рисунок 142а, Рисунок 142б).

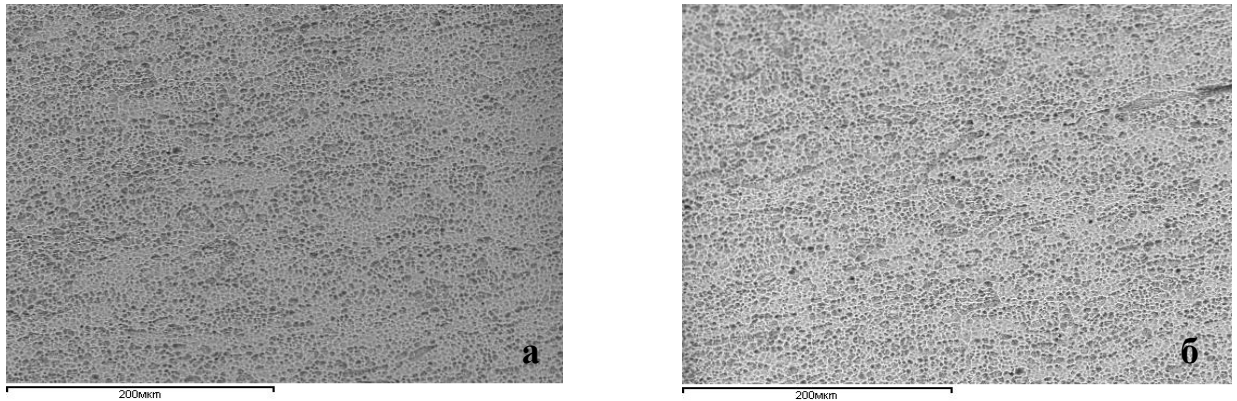


Рисунок 141 – Поверхность дентального имплантата «Xive TG»:
 а – интактная поверхность имплантата
 б – поверхность имплантата после воздействия излучением CO_2 лазера мощностью 1,0 Вт, частотой импульсов 10 Гц, тип импульса «PW»

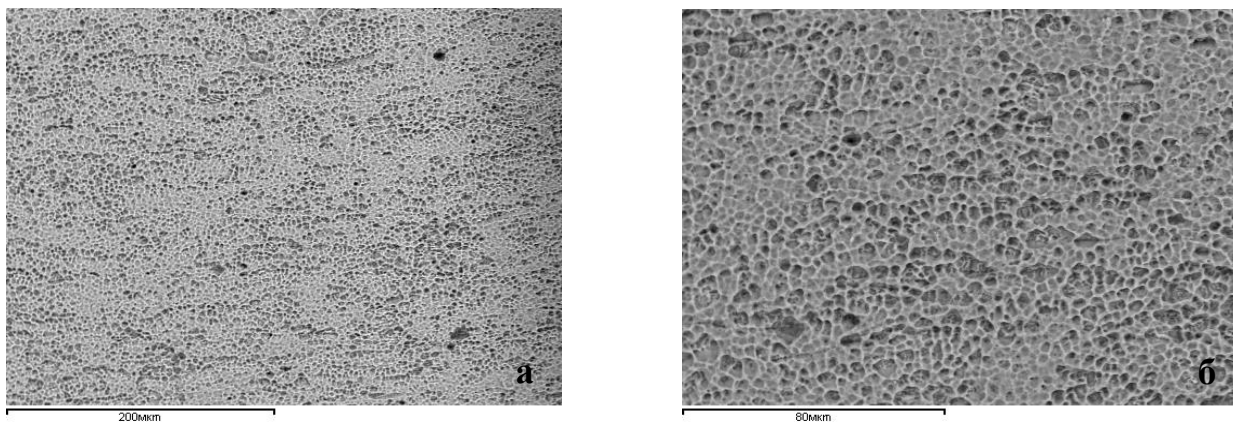


Рисунок 142 – Поверхность дентального имплантата «Xive TG» после воздействия CO_2 лазера мощностью 2,0 Вт:
 а – увеличение 200 мкм б – увеличение 80 мкм

При изучении образцов дентальных имплантатов «Dentium» подвергнутых воздействию излучения CO_2 лазера мощностью 1,0 Вт, частотой импульсов 10 Гц, тип импульса «PW» при сравнении с интактной поверхностью (Рисунок 143а) дефектов микрорельефа не выявлено (Рисунок 143б).

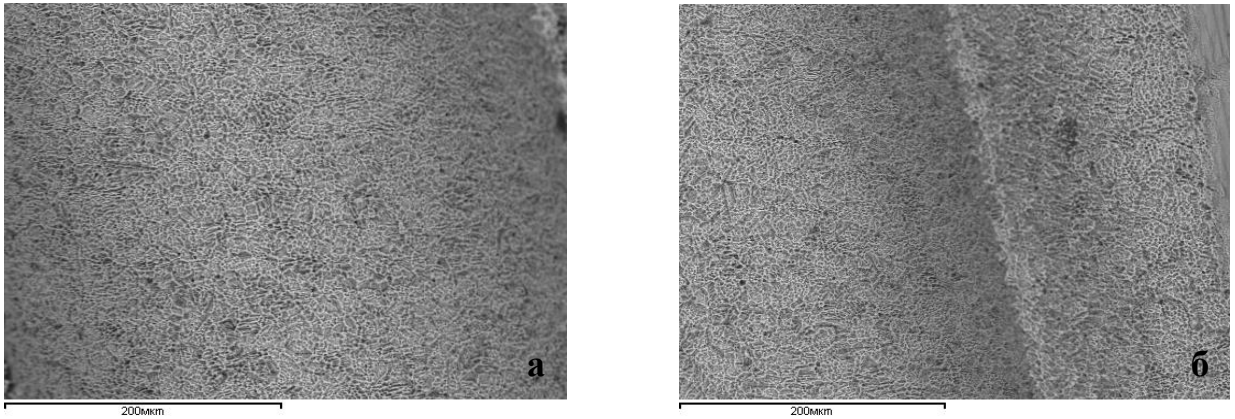


Рисунок 143 – Поверхность дентального имплантата «Dentium»:
 а – интактная поверхность имплантата
 б – поверхность имплантата после воздействия CO₂ лазера мощностью 1,0 Вт, частотой импульсов 10 Гц, тип импульса «PW»

Увеличив мощность излучения CO₂ лазера до 2,0 Вт при частоте импульсов 50 Гц, тип импульса «PW» была очень малая степень разрушения, соответствующая 1 баллу, характеризующаяся очень малым количеством едва заметных пузырей (Рисунок 144а, Рисунок 144б).

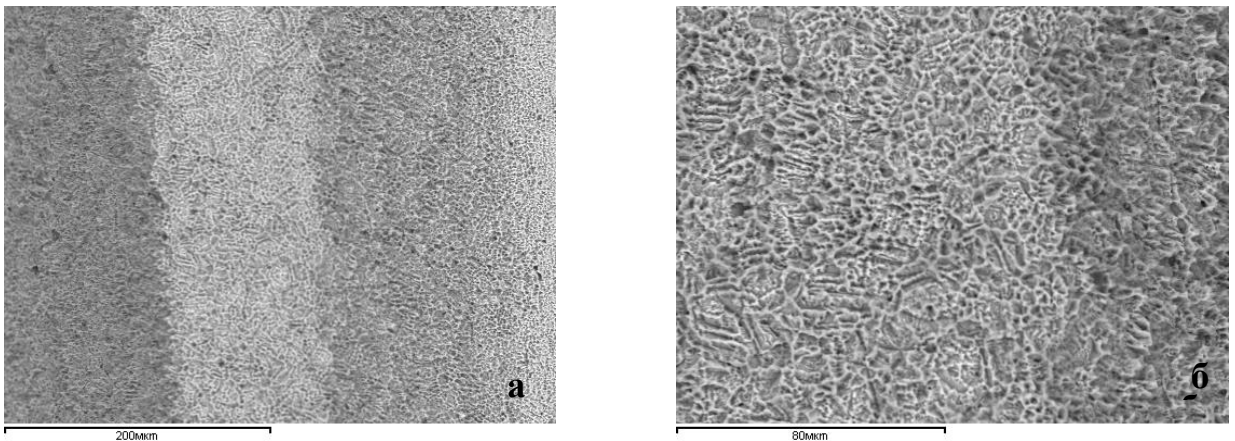


Рисунок 144 – Поверхность имплантата «Dentium» после воздействия CO₂ лазера мощностью 2,0 Вт, частотой импульсов 50 Гц, тип импульса «PW»
 а – увеличение 200 мкм; б – увеличение 80 мкм

По данным сканирующей электронной микроскопии наибольшая степень разрушения микрорельефа поверхности имплантатов была выявлена при воздействии излучения CO₂ лазера мощностью 2,0 Вт. При мощности 1,0 Вт большинство поверхностей имплантатов имели минимальные повреждения или отсутствие повреждений микрорельефа поверхностей (Рисунок 145).

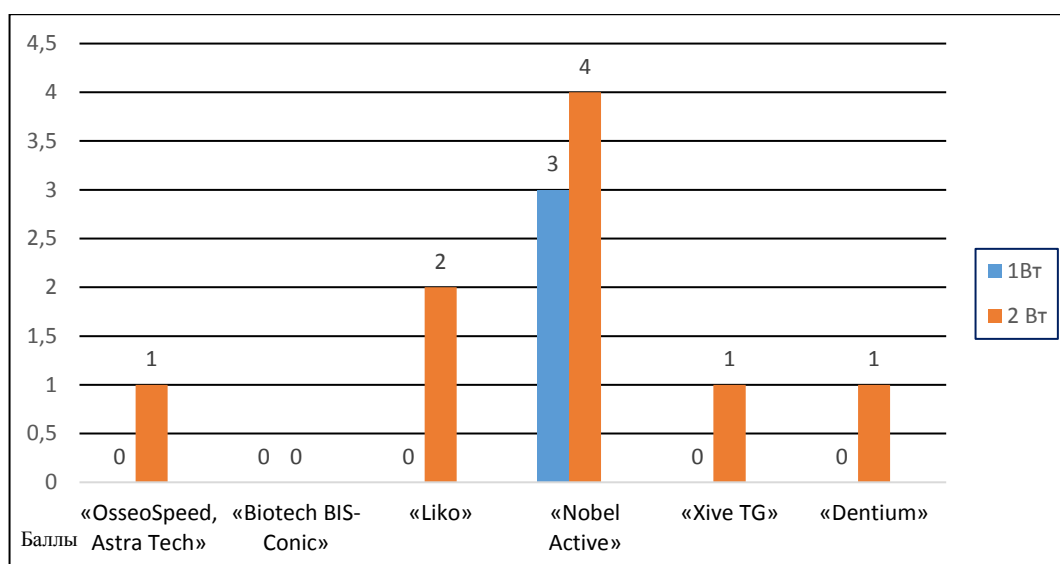


Рисунок 145 – Степень разрушений микрорельефа поверхностей дентальных имплантатов после воздействия CO₂ лазера мощностью 1,0 Вт и 2,0 Вт

При лазерном излучении мощностью 1,0 Вт отсутствие или незначительное количество повреждений в виде вздутий выявлено на поверхностях имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech», «Biotech BIS-Conic», «Liko», «Xive TG», «Dentium». При использовании мощности 2,0 Вт наибольшее количество повреждений (вздутия, трещины, отслаивания) было на поверхностях имплантатов «Liko» и «Nobel Active» и минимальное повреждение у имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech», «Xive TG» и «Dentium», данные представлены в Таблице 35

Таблица 35 – Показатели разрушений (в баллах) микрорельефа поверхностей дентальных имплантатов в зависимости от мощности излучения CO₂ лазера

Имплантат	CO ₂ лазер мощность	Степень разрушения	Вздутия (количество /размер)	Трещины (количество /размер)	Отслаивания (область /размер)
1. «OsseoSpeed, Astra Tech»	1 Вт	0	0/0	0/0	0/0
	2 Вт	1	1/1	0/0	0/0
2. «Biotech BIS-Conic»	1 Вт	0	0/0	0/0	0/0
	2 Вт	0	0/0	0/0	0/0
3. «Liko»	1 Вт	0	0/0	0/0	0/0
	2 Вт	2	2/2	0/0	1/1
4. «Nobel Active»	1 Вт	3	3/5	1/2	1/1
	2 Вт	4	3/5	1/2	3/5
5. «Xive TG»	1 Вт	0	0/0	0/0	0/0
	2 Вт	1	1/1	0/0	0/0
6. «Dentium»	1 Вт	0	0/0	0/0	0/0
	2 Вт	1	1/1	0/0	0/0

4.5. Результаты исследования микрорельефа поверхности дентальных имплантатов после воздействия излучения «ИРЭ-Полюс» лазера

При изучении поверхностей образцов дентальных имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech» после прямого воздействия излучением лазера ЛСП «ИРЭ-Полюс» с длительностью импульса 400 мс, длительностью паузы 500 мс, мощностью 1,0 Вт в импульсно-периодическом режиме при сравнении с интактной поверхностью выявлено очень малое количество дефектов микрорельефа в виде небольшого количества видимых пузырей, степень разрушения составила 1 балл (Рисунок 146а, Рисунок 146б).

При увеличении мощности до 2,0 Вт (длительность импульса 400 мс, длительность паузы 500 мс, импульсно-периодический режим) отмечены значительные дефекты микрорельефа поверхностей имплантатов, в виде вздутий поверхности, размер которых превышал 5 мкм, с небольшим количеством ясно видимых не глубоких трещин, в центре вздутий кратер с четкими краями по форме напоминающий световод лазера (Рисунок 147а, Рисунок 147б).

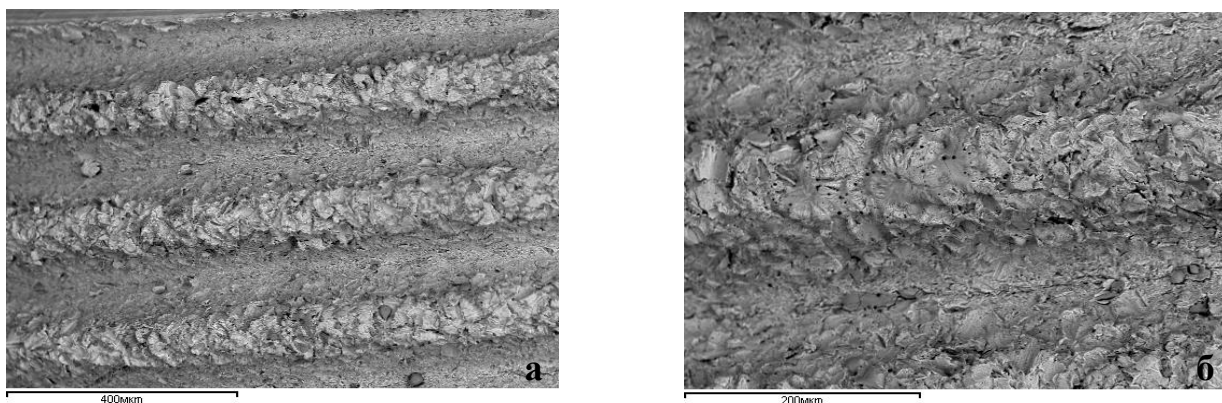


Рисунок 146 – Поверхность дентального имплантата «OsseoSpeed, Astra Tech»:
 а – интактная поверхность имплантата
 б – поверхность имплантата после воздействия излучения лазера ЛСП «ИРЭ-Полюс» мощность 1,0 Вт, импульсно-периодический режим

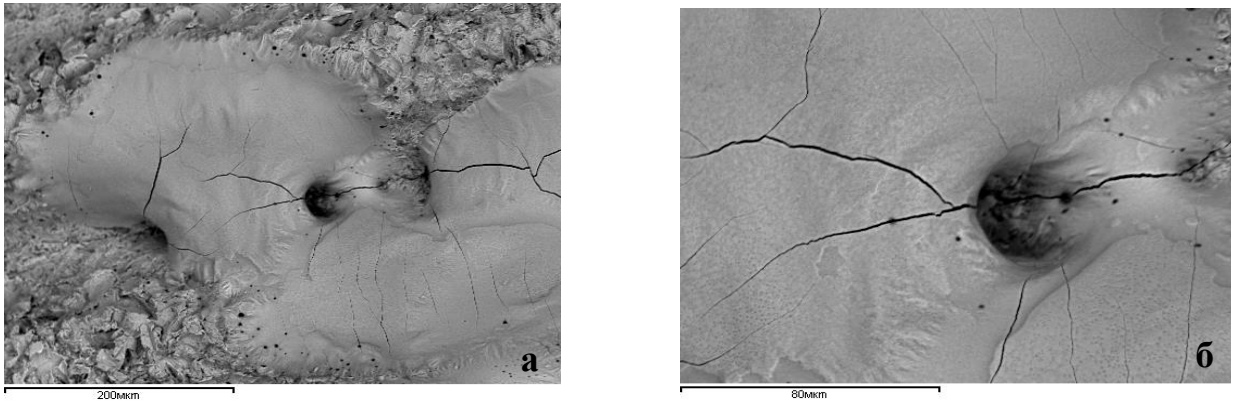


Рисунок 147 – Поверхность дентального имплантата «OsseoSpeed, Astra Tech» после воздействия излучения лазера ЛСП «ИРЭ-Полюс» мощностью 2,0 Вт, импульсно-периодический режим:
а – увеличение 200 мкм б – увеличение 80 мкм

На поверхностях образцов дентальных имплантатов «Biotech BIS-Conic» после воздействия излучением лазера ЛСП «ИРЭ-Полюс» с длительностью импульса 400 мс, длительностью паузы 500 мс, мощностью 1,0 Вт в импульсно-периодическом режиме признаков разрушения микрорельефа не выявлено, поверхности имплантатов интактные, степень разрушения равна 0 баллов (Рисунок 148а, Рисунок 148б).

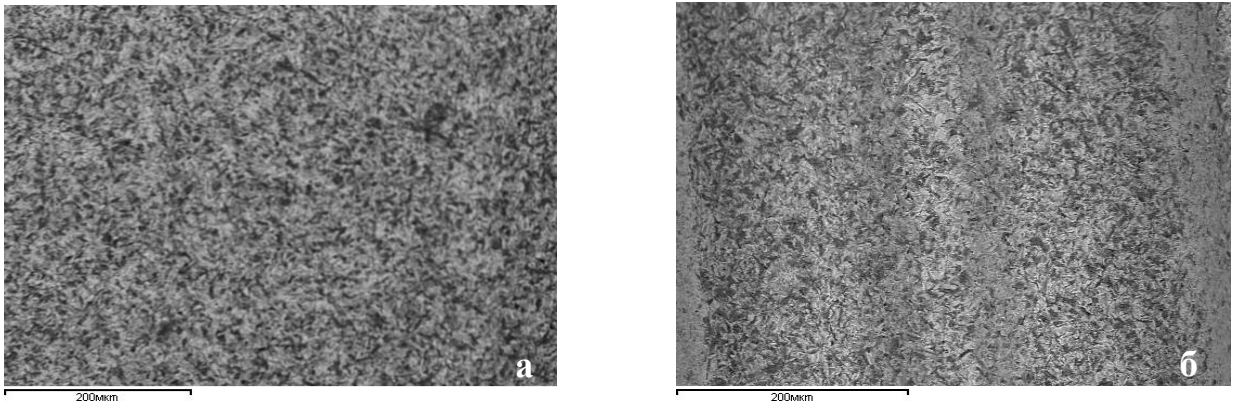


Рисунок 148 – Поверхность дентального имплантата «Biotech BIS-Conic»:
а – интактная поверхность имплантата
б – поверхность имплантата после воздействия излучением лазера ЛСП «ИРЭ-Полюс» мощностью 1,0 Вт, импульсно-периодический режим

При мощности 2,0 Вт (длительность импульса 400 мс, длительность паузы 500 мс, импульсно-периодический режим) отмечены едва заметные дефекты в виде

нескольких едва видимых пузырей, степень разрушения поверхности имплантатов составила 1 балл (Рисунок 149а, Рисунок 149б).

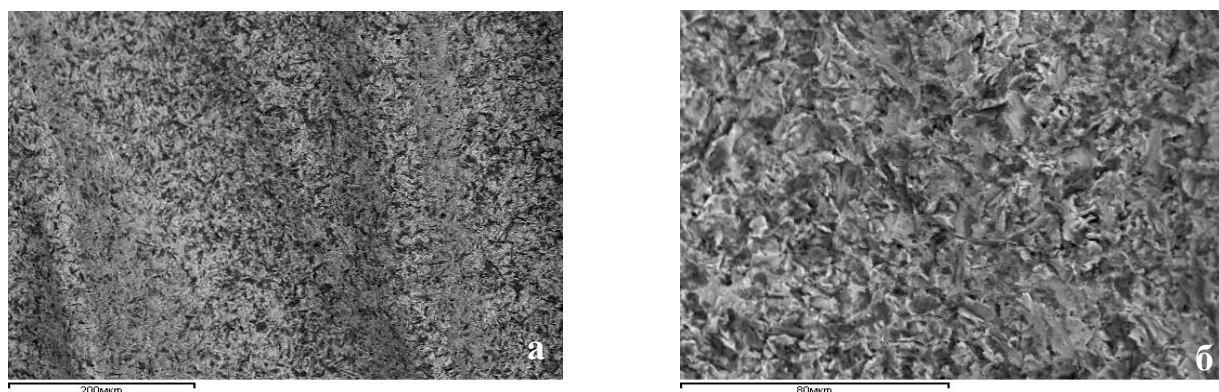


Рисунок 149 – Поверхность дентального имплантата «Biotech BIS-Conic» после воздействия излучения лазера ЛСП «ИРЭ-Полус» мощностью 2,0 Вт:
а – увеличение 200 мкм б – увеличение 80 мкм

При изучении поверхностей образцов дентальных имплантатов «Liko» после воздействия лазера ЛСП «ИРЭ-Полус» с длительностью импульса 400 мс, длительностью паузы 500 мс, мощностью 1,0 Вт в импульсно-периодическом режиме дефектов микрорельефа не было, степень разрушения 0 баллов (Рисунок 150а, Рисунок 150б).

При увеличении мощности до 2,0 Вт обнаружены незначительные повреждения в виде нескольких едва видимых пузырей (Рисунок 151а и 151б).

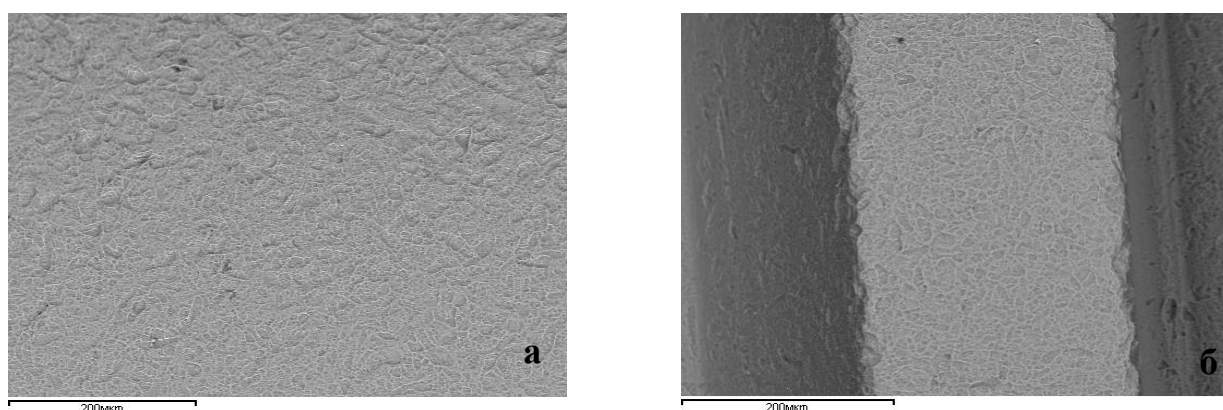


Рисунок 150 – Поверхность дентального имплантата «Liko»:
а – интактная поверхность имплантата
б – поверхность имплантата после воздействия излучения лазера ЛСП «ИРЭ-Полус» мощностью 1,0 Вт

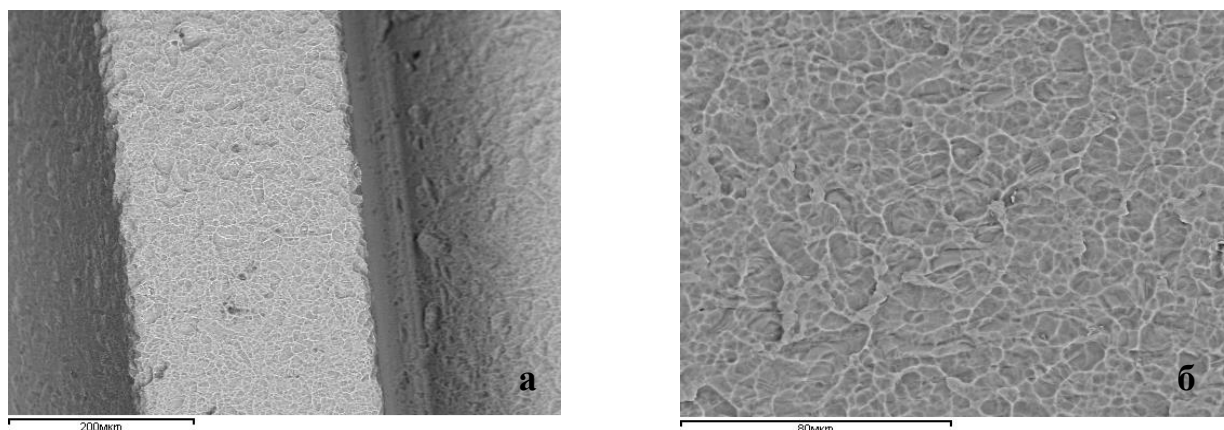


Рисунок 151 – Поверхность дентального имплантата «Liko» после воздействия лазера ЛСП «ИРЭ-Полнос» мощностью 2,0 Вт в импульсно-периодическом режиме:

а – увеличение 200 мкм б – увеличение 80 мкм

Поверхности образцов дентальных имплантатов «Nobel Active» после воздействия лазера ЛСП «ИРЭ-Полнос» с длительностью импульса 400 мс и паузы 500 мс, мощностью 1,0 Вт в импульсно-периодическом режиме имели множество дефектов микрорельефа, степень разрушения поверхности имплантатов составила 5 баллов. Повреждения представлены вздутиями размером свыше 5 мкм и небольшим количеством трещин (Рисунок 152а, Рисунок 152б).

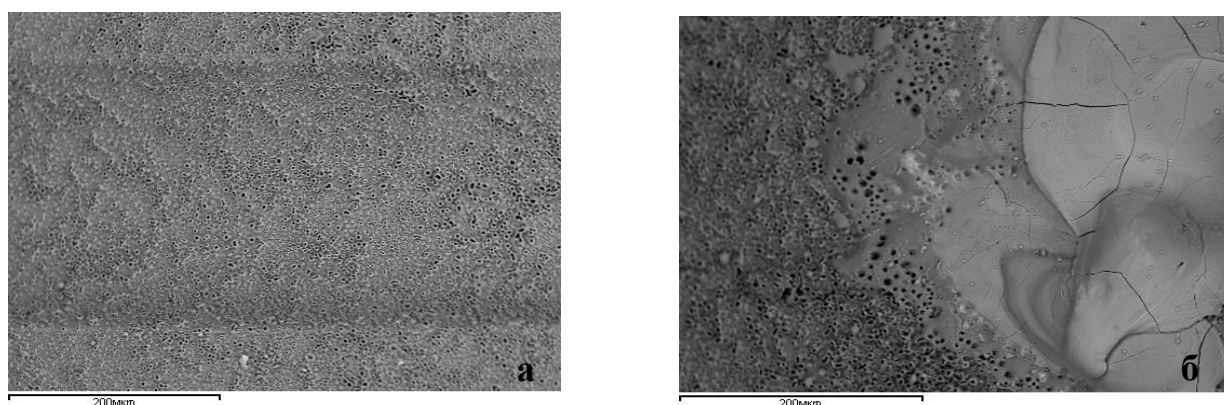


Рисунок 152 – Поверхность дентального имплантата «Nobel Active»:
а – интактная поверхность имплантата

б – поверхность имплантата после воздействия лазера ЛСП «ИРЭ-Полнос» мощностью 1,0 Вт, импульсно-периодический режим

При мощности 2,0 Вт с длительностью импульса 400 мс и паузы 500 мс, в импульсно-периодическом режиме выявлена большая степень разрушения

микрорельефа (5 баллов). Верхний слой покрытия имплантатов в результате термического воздействия полностью расплавился и сконцентрировался по краям дефекта в виде вздутий, обнажились пористые поверхности имплантатов, степень разрушения 5 баллов. Умеренное количество вздутий размером свыше 5 мкм располагалось как в центре дефектов так по всему краю дефекта верхнего слоя, выявлено малое количество мелких трещин (Рисунок 153а, Рисунок 153б).

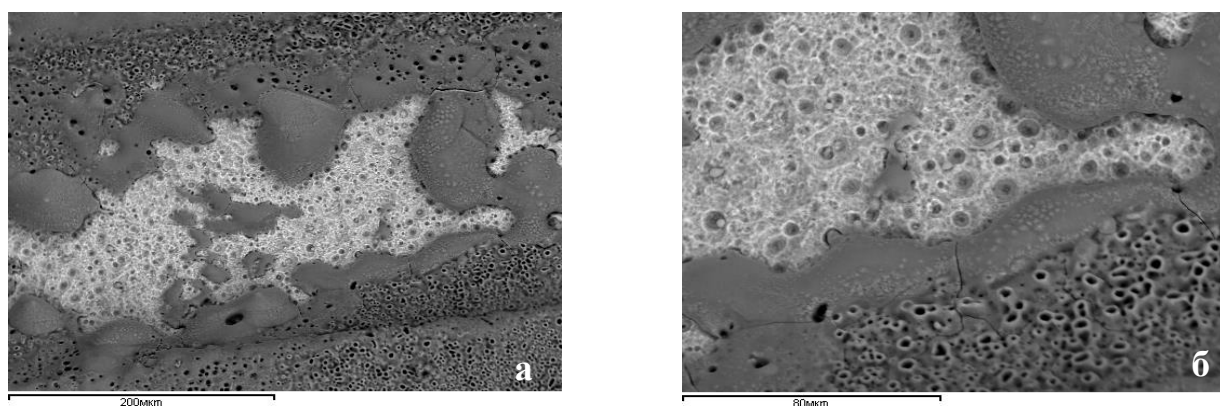


Рисунок 153 – Поверхность дентального имплантата «Nobel Active» после воздействия излучением лазера ЛСП «ИРЭ-Полюс» мощностью 2,0 Вт:
а – увеличение 200 мкм б – увеличение 80 мкм

При изучении поверхностей образцов дентальных имплантатов «Xive TG» после воздействия излучением лазера ЛСП «ИРЭ-Полюс» с длительностью импульса 400 мс, длительность паузы 500 мс, мощностью 1,0 Вт в импульсно-периодическом режиме при сравнении с интактной поверхностью признаков разрушения микрорельефа не выявлено (балл 0), (Рисунок 154а, Рисунок 154б).

При увеличении мощности до 2,0 Вт с теми же параметрами выявлены едва заметные повреждения в виде нескольких едва видимых пузырей, степень разрушения микрорельефа составила 1 балл (Рисунок 155а, Рисунок 155б).

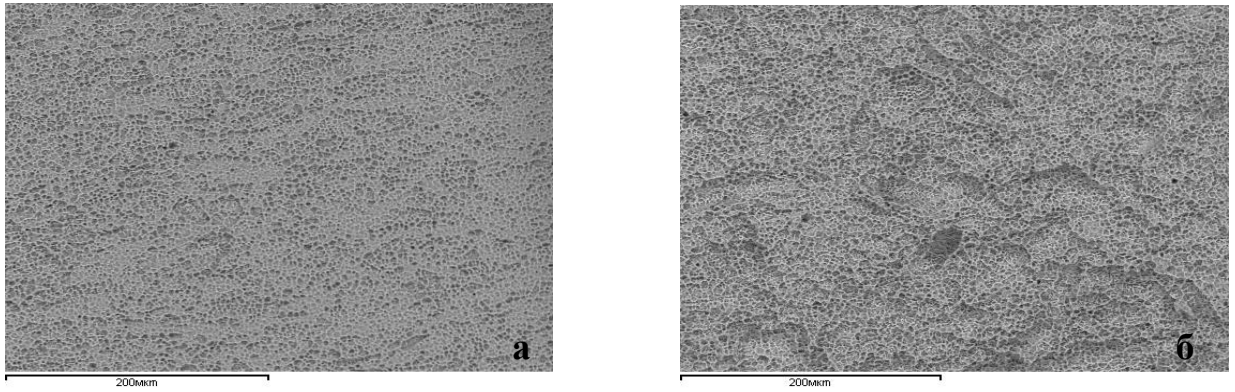


Рисунок 154 – Поверхность дентального имплантата «Xive TG»:
 а – интактная поверхность имплантата
 б – поверхность после воздействия лазера ЛСП «ИРЭ-Полюс» мощностью 1,0 Вт

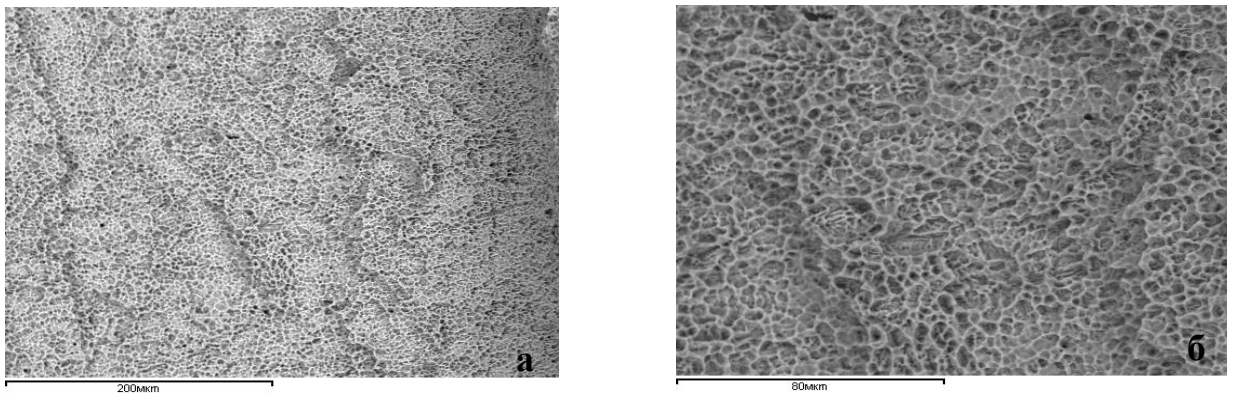


Рисунок 155 – Поверхность дентального имплантата «Xive TG» после
 воздействия лазера ЛСП «ИРЭ-Полюс» мощностью 2,0 Вт:
 а – увеличение 200 мкм б – увеличение 80 мкм

На поверхностях образцов дентальных имплантатов «Dentium» после воздействия излучения лазера ЛСП «ИРЭ-Полюс» с длительностью импульса 400 мс, длительностью паузы 500 мс, мощностью 1,0 Вт в импульсно-периодическом режиме повреждений поверхности не выявлено, степень разрушения 0 баллов (Рисунок 156а, Рисунок 156б).

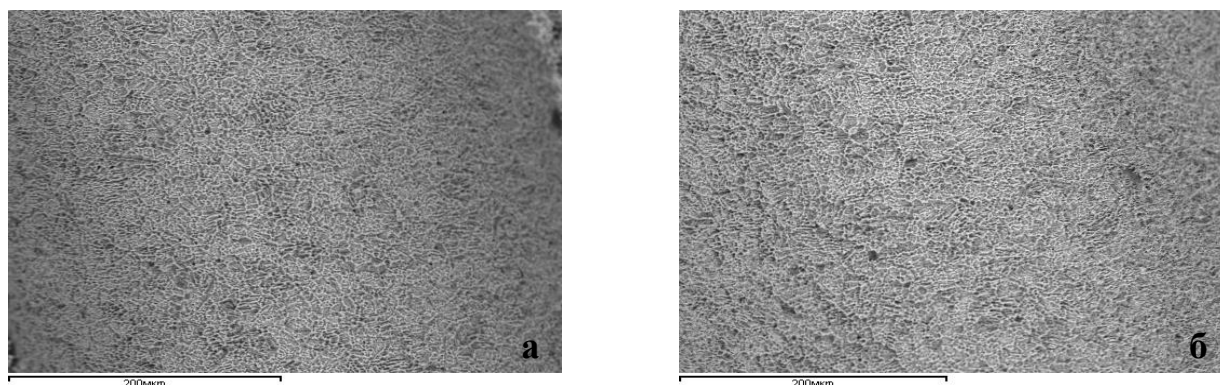


Рисунок 156 – Поверхность дентального имплантата «Dentium»:
 а – интактная поверхность имплантата
 б – поверхность имплантата после воздействия излучения лазера ЛСП
 «ИРЭ-Полюс» мощность 1,0 Вт, импульсно-периодический режим

При увеличении мощности до 2,0 Вт с теми же параметрами выявлены едва заметные дефекты в виде небольшого количества едва видимых пузырей (Рисунок 157а, Рисунок 157б).

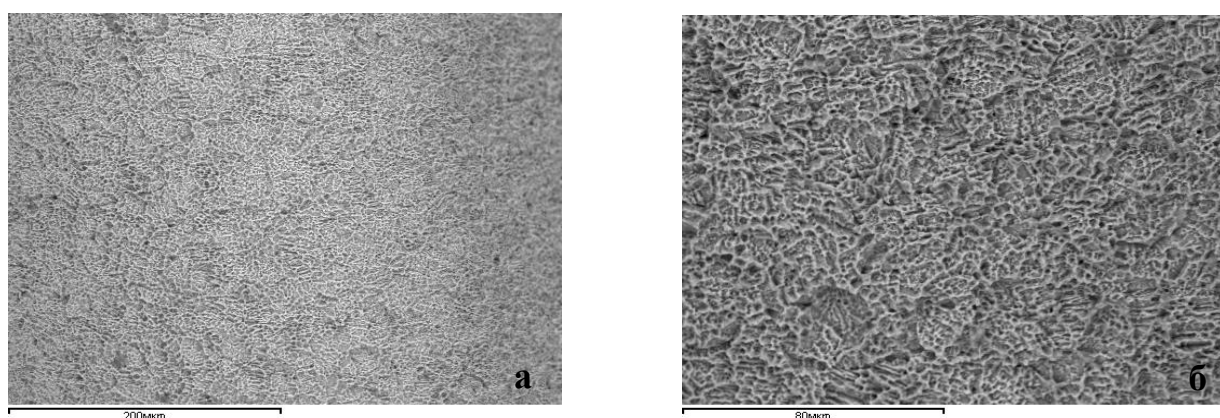


Рисунок 157 – Поверхность дентального имплантата «Dentium» после воздействия излучением лазера ЛСП «ИРЭ-Полюс» мощностью 2,0 Вт:
 а – увеличение 200 мкм б – увеличение 80 мкм

Полученные данные сканирующей электронной микроскопии показали, что в результате воздействия излучения лазера ЛСП «ИРЭ-Полюс» наибольшая степень разрушения микрорельефа поверхности имплантатов была при мощности 2,0 Вт, при мощности 1,0 Вт большинство поверхностей имплантатов имели минимальные повреждения и два вида имплантатов не имели повреждений поверхностей (Рисунок 158).

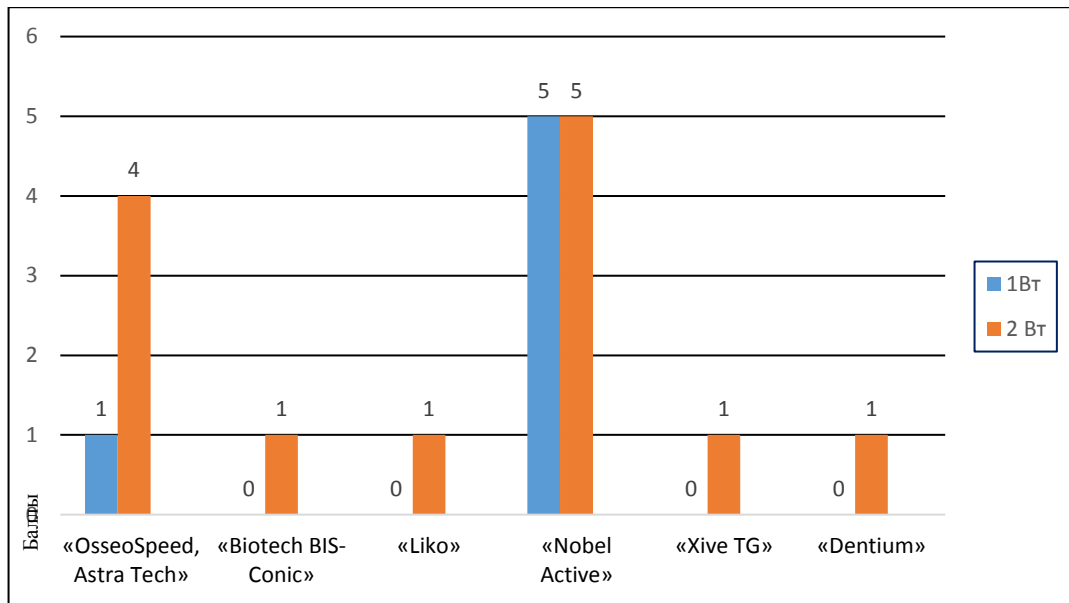


Рисунок 158 – Степень разрушений микрорельефа поверхности дентальных имплантатов при воздействии лазера ЛСП «ИРЭ-Полус» мощностью 1,0 Вт и 2,0 Вт

При излучении лазера ЛСП «ИРЭ-Полус» мощностью 1,0 Вт на поверхностях имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech» и «Nobel Active» выявлены вздутия и трещины, отслоения покрытия только у имплантата «Nobel Active», остальные имплантаты не пострадали.

При увеличении мощности до 2,0 Вт интактных имплантатов не выявлено, все виды повреждений (вздутия, трещины, отслаивания) были на поверхностях имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech» и «Nobel Active», остальные имплантаты – «Biotech BIS-Conic», «Liko», «Xive TG» и «Dentium» имели расплавление поверхности в виде вздутия, данные представлены в Таблице 36.

Таблица 36 – Показатели разрушений (в баллах) микрорельефа поверхностей дентальных имплантатов в зависимости от мощности лазера ЛСП «ИРЭ-Полус»

Имплантат	ЛСП «ИРЭ-Полус лазер мощность	Степень разрушения	Вздутия (количество /размер)	Трещины (количество /размер)	Отслаивания (область /размер)
1. «OsseoSpeed, Astra Tech»	1 Вт	1	3/3	0/0	0/0
	2 Вт	4	1/5	1/3	0/0
2. «Biotech BIS-Conic»	1 Вт	0	0/0	0/0	0/0
	2 Вт	1	1/1	0/0	0/0
3. «Liko»	1 Вт	0	0/0	0/0	0/0
	2 Вт	1	1/1	0/0	0/0
4. «Nobel Active»	1 Вт	5	2/5	2/2	0/0
	2 Вт	5	5/5	0/0	3/5
5. «Xive TG»	1 Вт	0	0/0	0/0	0/0
	2 Вт	1	1/1	0/0	0/0
6. «Dentium»	1 Вт	0	0/0	0/0	0/0
	2 Вт	1	2/1	0/0	0/0

В результате экспериментального исследования методом сканирующей электронной микроскопии было выявлено, что наибольшая степень разрушения микрорельефа поверхности дентальных имплантатов была при воздействии излучения Nd:YAG лазера и минимальные или отсутствие повреждений поверхностей при воздействии излучения КТР-Nd:YAG. При лазерном излучении мощностью 1,0 Вт отмечено меньшее количество вздутий, растрескиваний и расслаиваний на поверхности дентальных имплантатов при использовании КТР-Nd:YAG, CO₂ и полупроводникового ИРЭ-полус лазеров и наибольшее количество повреждений при воздействии Nd:YAG и Er:YAG лазеров (Рисунок 158). При мощности 2,0 Вт больше всего оказало влияние излучение Nd:YAG и Er:YAG лазеров в виде полного расправления верхнего слоя на поверхности имплантатов и меньшее разрушающее воздействие излучение КТР-Nd:YAG, диодного ИРЭ-полус и CO₂ лазеров (Рисунок 160).

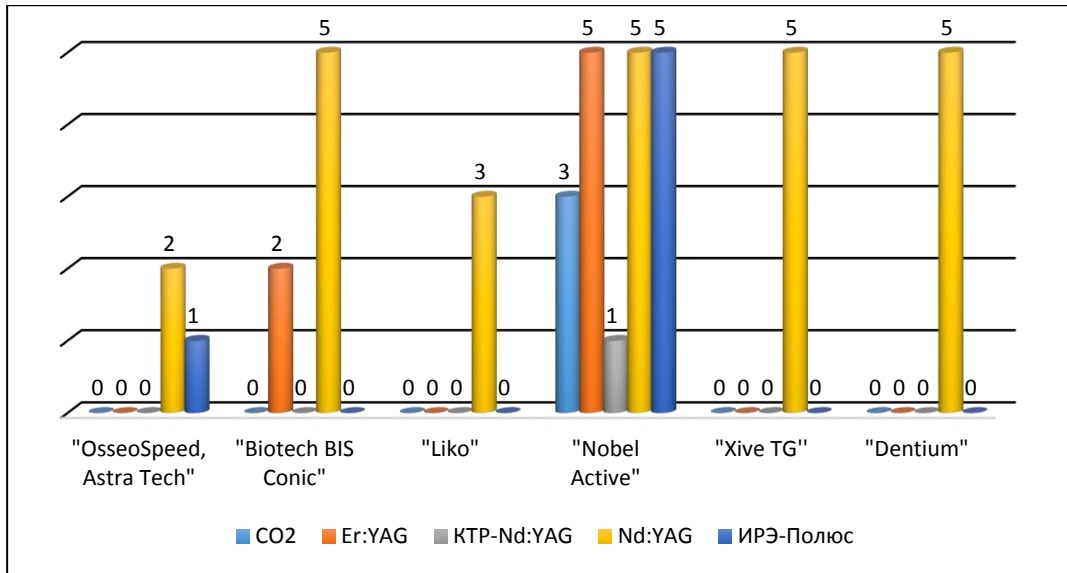


Рисунок 159 – Выраженность степени разрушений микрорельефа поверхностей дентальных имплантатов в баллах при лазерном воздействии мощностью 1,0 Вт

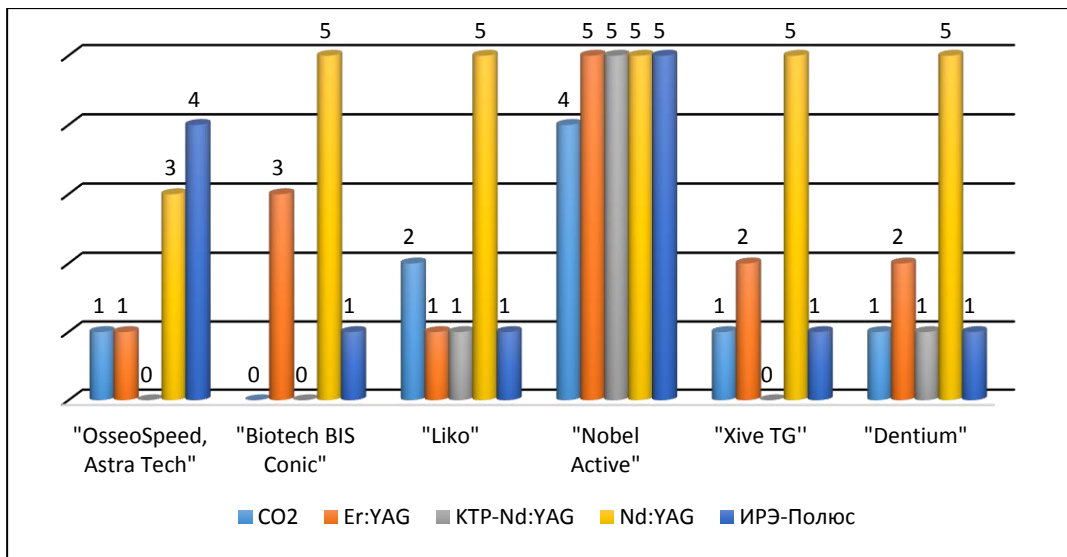


Рисунок 160 – Выраженность степени разрушений микрорельефа поверхностей дентальных имплантатов в баллах при лазерном воздействии мощностью 2,0 Вт

Данные статистического анализа площади повреждения при воздействии излучения лазеров с разной длиной волны мощностью 1,0 Вт на поверхности дентальных имплантатов представлены в Таблице 37. По результатам расчетов, было установлено, что между группами существуют различия, причем, статистически значимые ($p=0,02942$, $p<0,05$).

Таблица 37 – Статистический анализ площади разрушений микрорельефа поверхностей дентальных имплантатов при лазерном воздействии мощностью 1,0 Вт

	Nd:YAG лазер	KTP-Nd:YAG лазер	Er:YAG лазер	CO ₂ лазер	ЛСП «ИРЭ-Полус»
Min	37,70	0,00	0,0	0,000	0,00
1st Qu	49,12	0,00	0,0	0,000	0,00
Median	73,20	0,00	0,0	0,000	13,60
Mean	67,10	7,5	20,30	1,845	19,08
3rd Qu	77,85	0,0	20,77	0,000	29,30
Max	100,00	45,0	94,10	49,700	57,30
	67,1±18,7	9,0±12,5	20,3±27,06	8,2±13,08	19,1±19,1

Данные статистического анализа площади повреждения при воздействии на поверхность дентальных имплантатов лазеров с разной длиной волны мощностью 2,0 Вт представлены в Таблице 38. По результатам расчетов между группами существуют статистически значимые различия ($p=0,01339$, $p<0,05$).

Таблица 38 – Статистический анализ площади разрушений микрорельефа поверхностей дентальных имплантатов при лазерном воздействии мощностью 2,0 Вт

	Nd:YAG лазер	KTP-Nd:YAG лазер	Er:YAG лазер	CO ₂ лазер	ЛСП «ИРЭ-Полус»
Min	74,20	0,00	13,40	0,00	6,10
1st Qu	92,01	0,00	20,15	8,10	7,70
Median	96,58	3,25	60,10	13,80	35,80
Mean	93,17	17,62	55,18	22,60	43,32
3rd Qu	100,00	24,05	83,03	26,60	78,15
Max	100,00	69,30	100,00	71,30	91,60
	93,2±6,84	17,61±21,32	55,18±33,45	22,6±18,47	43,3±36,01

Полученные результаты показывают, что при воздействии непосредственно на поверхность имплантатов лазерным излучением с мощностью 1,0 Вт максимальное 100% повреждение поверхностей имплантатов было выявлено при воздействии излучения неодимового лазера, а минимальное – 45% при воздействии

излучения KTP-Nd:YAG лазера. При увеличении мощности излучения лазеров до 2,0 Вт 100% повреждение поверхностей имплантатов было выявлено при воздействии излучения Er:YAG и Nd:YAG лазеров, причем при воздействии Nd:YAG лазера повреждений поверхностей в 1,6 раза было больше чем при воздействии излучения Er:YAG лазера. Наименьшая площадь повреждения 69,30% при мощности 2,0 Вт была выявлена при воздействии излучения KTP-Nd:YAG лазера.

Согласно полученным данным площадь повреждения зависела от мощности лазера и при увеличении до 2,0 Вт были выявлены значительные разрушения поверхностей. По результатам расчетов показателей мощности существует статистически значимое различие ($p=0,0191$, $p<0,05$). Динамика различий этих показателей представлена на диаграммах (Рисунок 161, Рисунок 162)

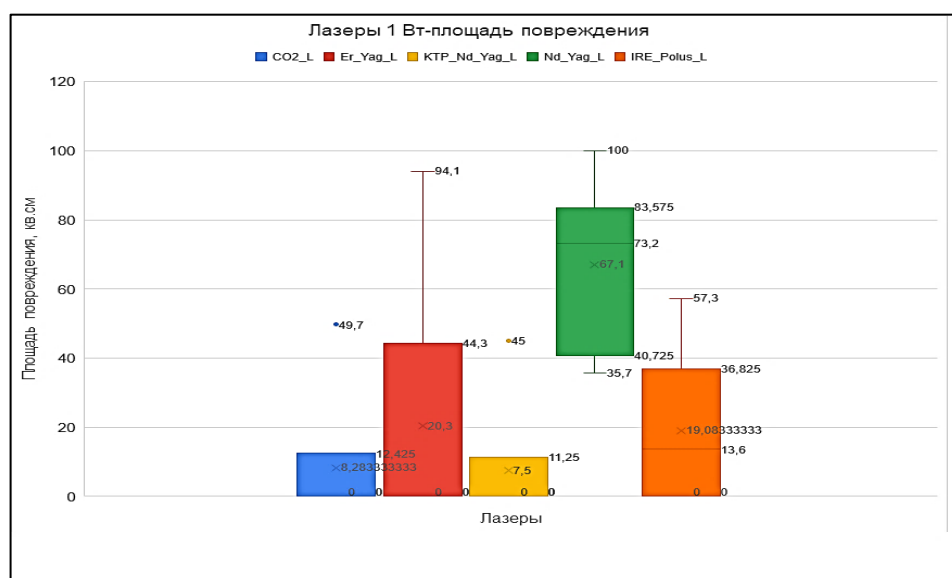


Рисунок 161 – Выраженность степени разрушений микрорельефа поверхностей дентальных имплантатов в баллах при лазерном воздействии мощностью 1,0 Вт

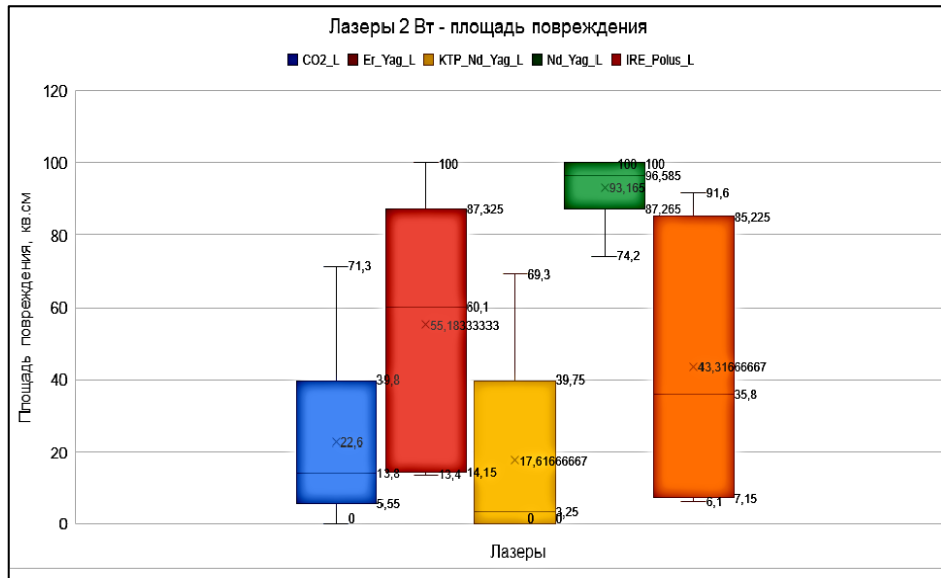


Рисунок 162 – Выраженность степени разрушений микрорельефа в баллах поверхностей дентальных имплантатов при лазерном воздействии мощностью 2,0 Вт

ГЛАВА 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ СО СТОМАТОЛОГИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕОДИМОВОГО ЛАЗЕРА И РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

5.1. Характеристика пациентов со стоматологическими заболеваниями, включенных в исследование

По критериям включения в наше исследование вошли 630 пациентов с различными стоматологическими заболеваниями полости рта (Рисунок 163). Из них было 369 женщин и 261 мужчина в возрасте от 18 до 86 лет (Рисунок 164).

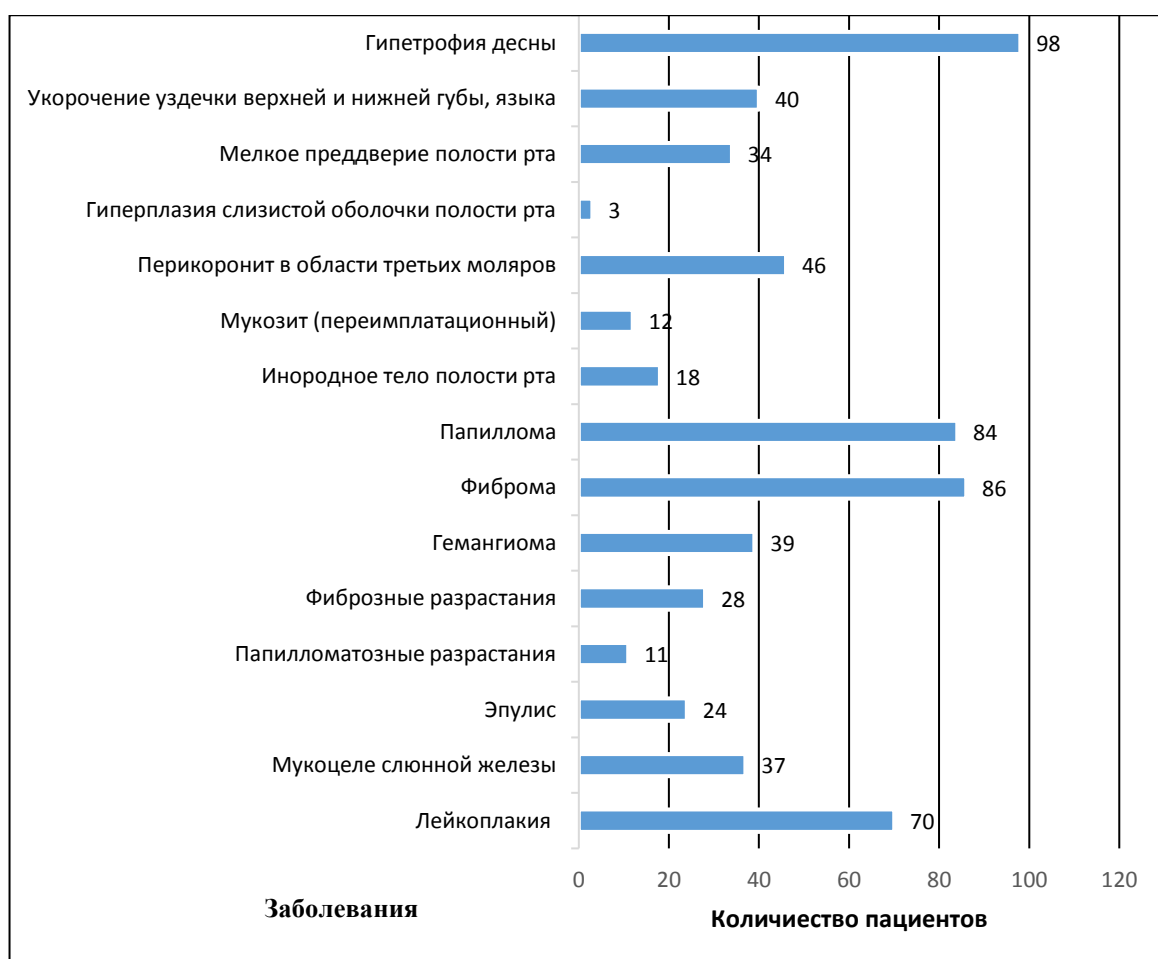


Рисунок 163 – Распределение пациентов по стоматологическим
заболеваниям (МКБ10)

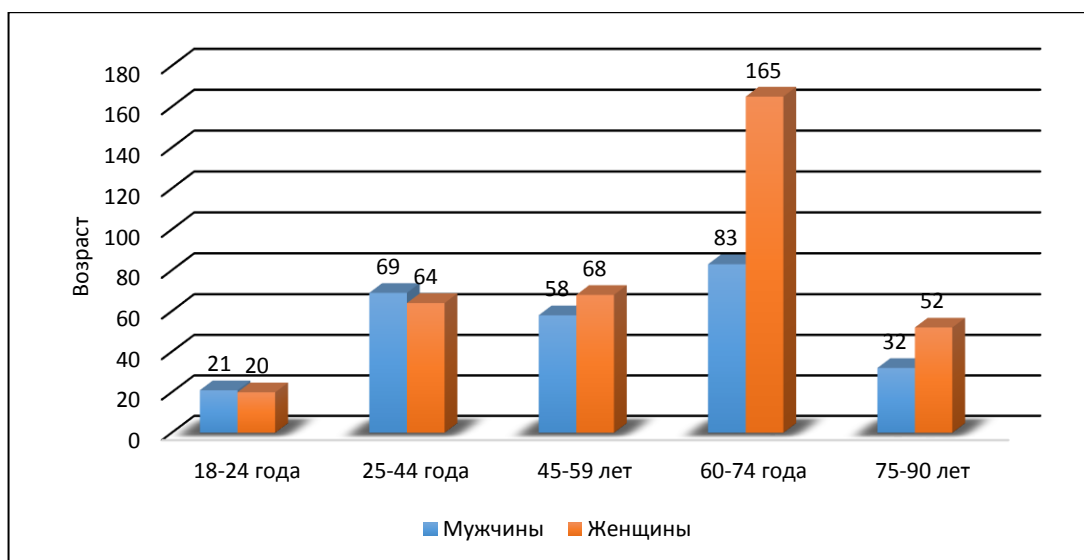


Рисунок 164 – Распределение пациентов по возрасту и полу

Проводя анализ полученных данных анамнеза у 392 (62%) пациентов были выявлены соматические заболевания в стадии компенсации: заболевания сердечно-сосудистой системы, заболевания органов пищеварения, заболевания эндокринной системы, заболевания нервной системы и аллергические реакции. По полученным данным, наибольшее число пациентов имели заболевания сердечно-сосудистой системы – 281 (45%) от общего числа обследованных пациентов. Отсутствие соматических заболеваний было выявлено у 238 (38%) пациентов (Рисунок 165).

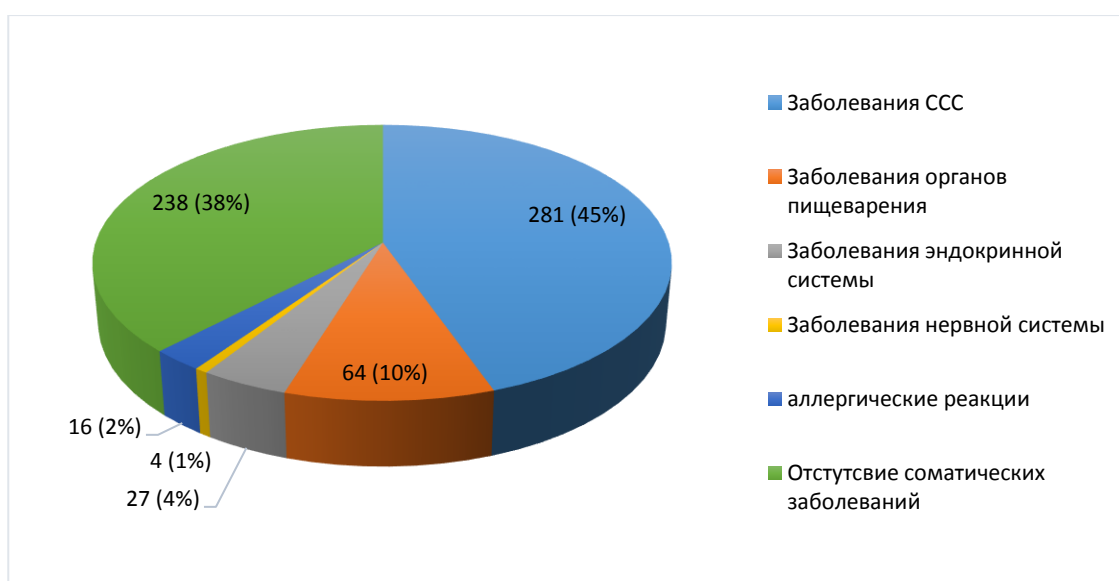


Рисунок 165 – Распределение пациентов по общесоматическим заболеваниям

Состояние всех пациентов до операции было удовлетворительным, при чем у 126 (20%) пациентов жалоб на наличие стоматологического заболевания не было. Это были пациенты с патологией десны и слизистой оболочки рта, а именно с гипертрофией десны, укорочением уздечки верхней губы, мелким преддверием полости рта. В 504 случаях (80%) были жалобы характерные для стоматологических заболеваний полости рта. Жалобы на наличие безболезненного образования предъявляли 358 (57%) пациентов, на наличие образований белого цвета при веррукозной лейкоплакии 70 (11%) пациентов, у 46 пациентов в 7% случаях выявлены жалобы на наличие боли, отека и гиперемии десны в области прорезающихся нижних третьих моляров. Жалобы на наличие постоянной ноющей боли в области зуба или слизистой оболочки альвеолярного отростка верхней или альвеолярной части нижней челюстей предъявляли 18 (3%) пациентов с инородным телом полости рта. В 2% случаев (12 пациентов) выявлены жалобы на кровоточивость, гиперемию или отечность десны в области установленных дентальных имплантатов.

Ортопантомографию, радиовизиографию проводили пациентам с эпюлисами, фиброзными разрастаниями, лейкоплакией, перикоронитом в области третьих моляров, с инородным телом в области верхней или нижней челюстей. На рентгеновских снимках оценивали состояние костной ткани, положение третьих моляров, наличие очагов хронической одонтогенной инфекции, интерфейс имплантат/кость.

Кроме того, при осмотре зубных рядов у 112 (18%) пациентов выявили небольшое количество зубного налета вдоль десневого края, а у 27 (4%) – наличие зубного налета и зубного камня. Наличие острых краев зубов у 152 (24%) пациентов. Данным пациентам проводили профессиональную гигиену полости рта, сошлифовывание острых краев зубов и пломб, лечение кариозных поражений, восстановление частично поврежденных пломб или замену значительно поврежденных пломб на новые, коррекцию навыков самостоятельной гигиены полости рта. У 19 (3%) пациентов были выявлены некачественно изготовленные коронки, не удовлетворительно фиксируемые съемные зубные протезы, сколы

реставрационных материалов. Этим пациентов направляли в стоматологическое ортопедическое отделение для рационального ортопедического лечения.

На основании проведенного обследования составляли план лечения, который включал в себя по показаниям терапевтическую, пародонтологическую и ортопедическую подготовку. Пациенты внутри групп были разделены на подгруппы по характеру заболеваний, данные представлены в Таблице 39.

Таблица 39 – Распределение пациентов 1-й и 2-й групп на подгруппы по нозологиям

Подгруппы	Заболевания	1-я группа Nd:YAG лазер		Всего	2-я группа Скальпель		Всего
		муж	жен		муж	жен	
Подгруппа А (патология десны и слизистой оболочки рта)	Гипертрофия десны	20 (3,2%)	30 (4,9%)	88 (14%)	19 (3%)	29 (4,6%)	87 (13,8%)
	Укорочение уздечки верхней и нижней губы, языка	3 (0,5%)	17 (2,7%)		3 (0,5%)	17 (2,7%)	
	Мелкое преддверие полости рта	5 (0,8%)	11 (1,7%)		6 (1%)	12 (1,9%)	
	Гиперплазия слизистой оболочки полости рта вследствие раздражения	1 (0,1%)	1 (0,1%)		0 (0%)	1 (0,1%)	
Подгруппа Б (воспалительные заболевания полости рта)	Перикоронит в области третьих моляров	17 (2,7%)	6 (1%)	39 (6,2%)	17 (2,7%)	6 (1%)	37 (5,8%)
	Мукозит (периимплантатный)	3 (0,5%)	3 (0,5%)		2 (0,3%)	2 (0,3%)	
	Инородное тело полости рта	2 (0,3%)	8 (1,2%)		1 (0,1%)	9 (1,4%)	
Подгруппа В (новообразования и кисты полости рта)	Папиллома	14 (2,2%)	27 (4,3%)	153 (24,3%)	15 (2,5%)	28 (4,5%)	156 (24,9%)
	Фиброма	18 (3%)	25 (3,9%)		17 (2,7%)	26 (4,1%)	
	Гемангиома	9 (1,5%)	10 (1,6%)		9 (1,5%)	11 (1,7%)	
	Фиброзные разрастания	10 (1,6%)	4 (0,6%)		9 (1,5%)	5 (0,8%)	
	Папилломатозные разрастания	4 (0,6%)	1 (0,1%)		5 (0,8%)	1 (0,1%)	
	Эпулис	5 (0,8%)	7 (1,1%)		5 (0,8%)	7 (1,1%)	
	Мукоцеле слюнной железы	12 (1,9%)	7 (1,1%)		11 (1,7%)	7 (1,1%)	
Подгруппа Г (предраковые заболевания полости рта)	Лейкоплакия	10 (1,6%)	25 (3,9%)	35 (5,5%)	10 (1,5%)	25 (3,9%)	35 (5,5%)
		133 (21%)	182 (29%)	315 (50%)	129 (20,5%)	187 (29,5%)	315 (50%)
Общее количество пациентов		630 (100%)					

Хирургическое лечение пациентов со стоматологическими заболеваниями полости рта проводили в амбулаторных условиях под местной анестезией анестетиком Ультракаин® Д-С 1:200000 0,3-1,0 мл. Перед операцией в течение 1 минуты проводили антисептическую обработку полости рта с помощью 0,05% водного раствора хлоргексидина биглюконата. Оперативное вмешательство проводили с помощью излучения Nd:YAG лазера и скальпеля с лезвием №15С.

5.2. Характеристика послеоперационной боли

Послеоперационный период у всех групп пациентов протекал без осложнений и отличался в зависимости от метода операции. Пациенты, у которых применяли излучение Nd:YAG лазера отмечали безболезненность операции, минимальный дискомфорт, в послеоперационном периоде – удовлетворительное состояние, отсутствие боли и отека или боль и отек были минимальными или средней интенсивности, что не требовало приема обезболивающих препаратов.

У всех пациентов, оперированных с помощью Nd:YAG лазера, операция проходила с минимальным кровотечением или бескровно, что способствовало хорошей визуализации операционного поля и создавало возможность иссекать патологически изменённые ткани более точно в планируемом объеме, на всей раневой поверхности формировали коагуляционную пленку (Рисунок 166а и 166б).

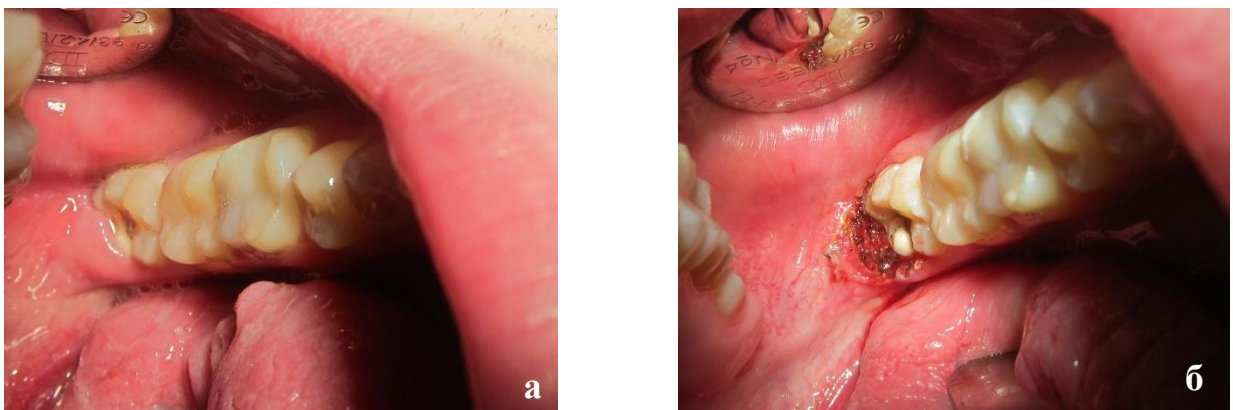


Рисунок 166 – Операция оперкулэктомия излучением Nd:YAG лазера мощностью 2,4 Вт:
а – вид до операции б – вид после операции

Использование излучения Nd:YAG лазера позволило иссекать патологически изменённые ткани целиком, без повреждения, что является преимуществом при получении ткани для биопсии, так же иссечение патологических тканей в полном объеме позволяет избежать возникновения рецидивов. При работе лазерным световодом в бесконтактном режиме или с легким касанием с тканью была исключена возможность оказывать на нее давление, кроме того гибкий световод Nd:YAG лазера позволял работать в труднодоступных областях полости рта (Рисунок 167а, Рисунок 167б).



Рисунок 167 – Операция с помощью Nd:YAG лазера:
 а – выпаривание гемангиомы угла рта и слизистой оболочки щеки справа
 б – иссечение фибромы слизистой оболочки левой щеки

После операции пациенты, у которых патологические очаги иссекали в углах рта, в ретромолярной области, на языке и в области дна полости рта, ощущали затруднение при пережевывании пищи и речи. При этом у пациентов 1-й группы, операцию которым проводили с помощью Nd:YAG лазера, возникший дискомфорт после операции отмечали только в течение $1 \pm 0,5$ суток, а пациенты 2-й группы, оперированные с помощью скальпеля с лезвием №15С, в течение $3 \pm 0,5$ суток. Функция глотания у пациентов обеих групп в послеоперационном периоде нарушена не была. Ограничение открывания рта, наличие контрактуры жевательных мышц, реакции со стороны регионарных лимфатических узлов в те же сроки исследования так же в обеих группах выявлено не было.

Температура тела пациентов во всех группах исследования до операции была в пределах физиологической нормы. После операции температура тела в группах существенно не менялась, однако пациентам оперированным лазерным излучением не назначали антибактериальные и противовоспалительные препараты, а пациентам 2-й группы после традиционного лечения назначали антибактериальные и противовоспалительные препараты. Пациентам обеих групп назначали полоскание полости рта 0,05% водным раствором хлоргексидина биглюконата в течение 7 суток и щадящую диету.

Большинство пациентов 1-й группы, оперированных с помощью лазерного излучения, на 1-е сутки после операции не испытывали боль в послеоперационной области или предъявляли жалобы на боль слабой интенсивности в 28,3% и 50,7 % случаев соответственно. Наряду с этим, 21% наблюдений в этой группе показали боль умеренной интенсивности (Рисунок 168).

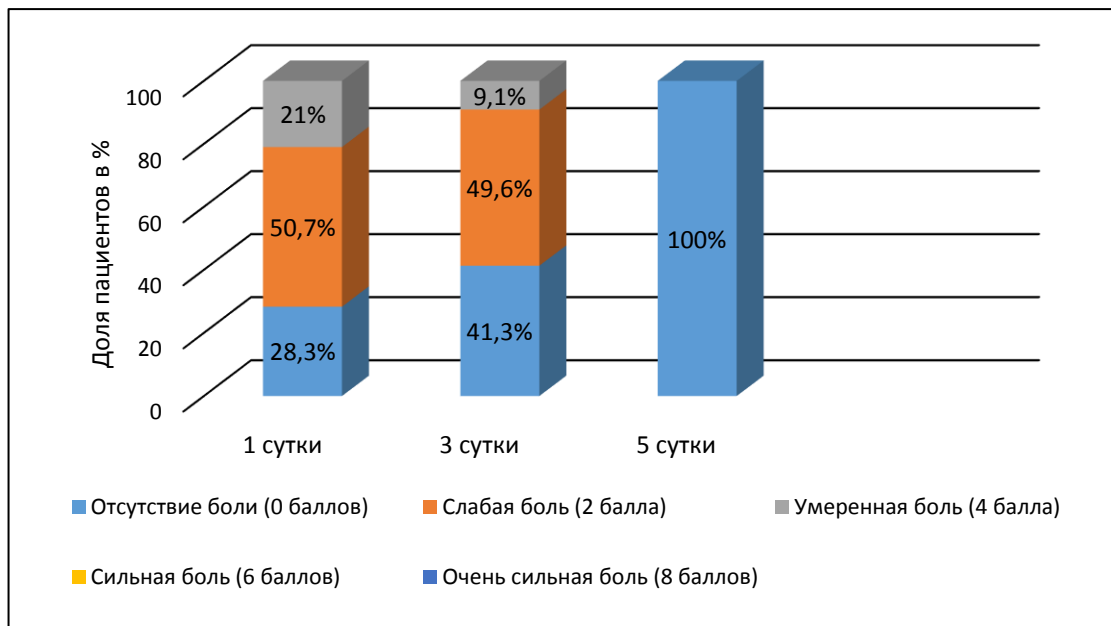


Рисунок 168 – Интенсивность боли у пациентов 1-й группы после операции излучением Nd:YAG лазера

При чем наибольшая часть пациентов с отсутствием боли (16,3%) была из 1А подгруппы. Это в основном пациенты, которым проводили гингивоэктомию в области десневого края. В 1Б подгруппе отсутствие боли отмечали в 2% случаев у

пациентов с периимплантатным мукозитом. В 1В подгруппе в 9,5% случаев не предъявляли жалоб на боль пациенты, оперированные по поводу новообразований полости рта: фибром, папиллом. В 1Г подгруппе у пациентов с предраковыми заболеваниями полости рта, а именно, с веррукозной лейкоплакией (11% случаев), и в 1Б подгруппе у пациентов с перикоронитом и инородным телом полости рта (10% случаев) боль была умеренной интенсивности. Не выраженный характер боли был зарегистрирован у пациентов 1А подгруппы (11,7%) и 1В подгруппы (38,5%), которым проводили френулотомию, вестибулопластику, удаление новообразований полости рта. Данные представлены в Таблице 40.

Таблица 40 – Интенсивность боли у пациентов 1-й группы, оперированных излучением Nd:YAG лазера в динамике

Подгруппы	Сутки	Интенсивность боли						баллы min/max
		нет боли (0 баллов)	слабая боль (2 балла)	умеренная боль (4 балла)	Сильная боль (6 баллов)	очень сильная боль (8 баллов)	нестерпимая боль (10 баллов)	
1А подгруппа (патология десны и слизистой оболочки рта) (n=88; 28%)	1-е	51 (16,3%)	37 (11,7%)	-	-	-	-	0-3 (1,01±1,2)
	3-и	51 (16,3%)	23 (7,3%)	14 (4,4%)	-	-	-	0-5 (1,35±1,6)
	5-е	88 (28%)	-	-	-	-	-	0-1 (0,13±0,2)
1Б подгруппа (воспалительные заболевания полости рта) (n=39; 12%)	1-е	7 (2%)	-	32 (10%)	-	-	-	0-4 (3,16±0,9)
	3-и	7 (2%)	17 (5,3%)	15 (4,7%)	-	-	-	0-4 (2,77±1,1)
	5-е	39 (12%)	-	-	-	-	-	0
1В подгруппа (новообразования и кисты полости рта) (n=153; 49%)	1-е	30 (10%)	123 (39%)	-	-	-	-	1-3 (1,98±0,4)
	3-и	53 (17%)	100 (32%)	-	-	-	-	0-2 (0,74±0,5)
	5-е	153 (49%)	-	-	-	-	-	0
1Г подгруппа (предраковые заболевания полости рта) (n=35; 11%)	1-е	-	-	35 (11%)	-	-	-	3-4 (3,51±0,5)
	3-и	19 (6%)	16 (5%)	-	-	-	-	1-3 (0,74±0,8)
	5-е	35 (11%)	-	-	-	-	-	0

На 3-и сутки сильную боль не регистрировали ни у одного пациента, доля пациентов с отсутствием боли увеличилась до 41,3% случаев, с умеренной болью уменьшилась в 2,3 раза и составила 9,1% случаев, половина пациентов (49,6%) испытывала боль слабой интенсивности, соответствующая 2 баллам по вербальной рейтинговой шкале боли (ВРШ). Через 5 суток ни один пациент 1-й группы не испытывал боль в послеоперационной области.

Во 2-й группе на 1-е сутки после хирургического лечения скальпелем жалобы на сильную боль в послеоперационной области предъявляли пациенты в 26,0% случаев, что требовало приема обезболивающих препаратов до 3 раз в день, остальные пациенты испытывали слабую и умеренную боль – 25,4% и 48,6% соответственно, пациентов с отсутствием боли не было (Рисунок 169).

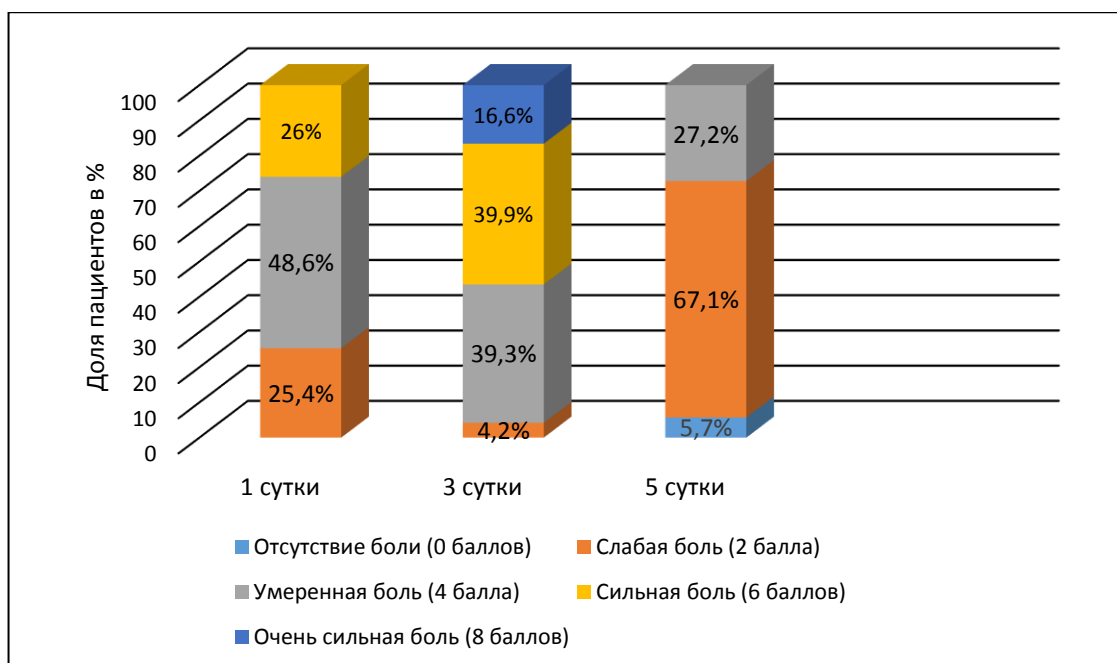


Рисунок 169 – Интенсивность боли у пациентов 2-й группы после операции скальпелем с лезвием №15С

При традиционном лечении на 1-е сутки боль сильной интенсивности была зарегистрирована в подгруппах 2А (11,7%), 2Б (7,7%) и 2Г (6,6%), это в основном пациенты, которым проводили операции: френулотомию, вестибулопластику, оперкулэктомия, иссечение мукоцеле слюнной железы и иссечение участков веррукозной лейкоплакии. Боль слабой интенсивности была выявлена у пациентов

всех четырех подгрупп, это были пациенты, которым проводили операции: гингивэктомию в области десневого края, иссечение гиперплазированной слизистой оболочки рта, удаление новообразований полости рта (фибром, папиллом). Также боль умеренной интенсивности испытывали пациенты во всех подгруппах оперированные по поводу мелкого преддверия полости рта, укороченной уздечки языка, с перикоронитом, инородным телом полости рта, с наличием новообразований полости рта (гемангиома, фиброзное и папилломатозные разрастание, эпюлис, мукоцеле малой слюнной железы, лейкоплакия), данные представлены в Таблице 41.

Таблица 41 – Интенсивность боли у пациентов 2-й группы, оперированных скальпелем в динамике

Подгруппы	Сутки	Интенсивность боли						баллы min/max
		нет боли (0 баллов)	слабая боль (2 балла)	умеренная боль (4 балла)	Сильная боль (6 баллов)	очень сильная боль (8 баллов)	нестерпимая боль (10 баллов)	
2А подгруппа (патология десны и слизистой оболочки рта) (n=87; 27,5%)	1-е	-	11 (3,5%)	39 (12,3%)	37 (11,7%)	-	-	3-6 (4,72±1,1)
	3-и	-	3 (0,9%)	20 (6,3%)	47 (14,8%)	17 (5,5%)	-	3-9 (6,32±1,0)
	5-е	-	47 (14,8%)	40 (12,7%)	-	-	-	3-4 (3,46±0,3)
2Б подгруппа (воспалительные заболевания полости рта) (n=37; 12%)	1-е	-	4 (1,3%)	9 (3%)	24 (7,7%)	-	-	3-6 (5,43±0,7)
	3-и	-	6 (2%)	-	17 (5,5%)	14 (4,5%)	-	3-8 (6,43±1,4)
	5-е	-	11 (3,5%)	26 (8,5%)	-	-	-	2-4 (3,08±0,7)
2В подгруппа (новообразования и кисты полости рта) (n=156; 49,5%)	1-е	-	65 (20,6%)	91 (28,9%)	-	-	-	3-5 (3,76±0,6)
	3-и	-	4 (1,3%)	104 (33%)	48 (15,2%)	-	-	3-7 (5,17±0,7)
	5-е	18 (5,7%)	138 (43,8%)	-	-	-	-	1-3 (2,0±0,2)
2Г подгруппа (предраковые заболевания полости рта) (n=35; 11%)	1-е	-	-	14 (4,4%)	21 (6,6%)	-	-	4-6 (5,51±0,6)
	3-и	-	-	-	14 (4,4%)	21 (6,6%)	-	6-9 (7,71±0,8)
	5-е	-	16 (5%)	19 (6%)	-	-	-	2-5 (3,51±1,4)

На 3-и сутки небольшое количество пациентов (16,6%) зарегистрировано с болью очень сильной интенсивности, это в основном пациенты оперированные по поводу мелкого преддверия полости рта, перикоронита и веррукозной лейкоплакии (2А подгруппа (5,5%), 2Б подгруппа (4,5%), 2Г подгруппа (6,6%)), кроме того увеличилось количество пациентов с сильной болью во всех четырех подгруппах, их доля составила 39,3% случаев. А вот доля прооперированных пациентов, испытывающих слабую боль, уменьшилась и составила 4,2%, также уменьшилось количество лиц, ощущающих умеренную боль – 39,3% случаев. На 5-е сутки был отмечен рост доли пациентов со слабой болью – 67,1% и с отсутствием боли – 5,7%, в то же время отмечена тенденция к уменьшению и количества пациентов с умеренной болью до 27,2%. Умеренная боль сохранялась в основном у пациентов 2А, 2Б и 2Г подгрупп, оперированных по поводу преддверия полости рта, перикоронита и веррукозной лейкоплакии.

По данным исследования при традиционном методе лечения с помощью скальпеля лезвием №15С в послеоперационном периоде интенсивность боли соответствовала на 1-е сутки 3-6 баллам, на 3-и сутки – 3-9 баллам, на 5-е сутки – 1-5 баллам на фоне приема антибактериальных и обезболивающих препаратов, по длительности боль сохранялась в течение $5,0 \pm 0,5$ суток. При использовании Nd:YAG лазера интенсивность боли была минимальна к четвертым суткам и составила на 1-е сутки 0-4 балла, на 3-и сутки 0-5 баллов, на 5-е сутки 0-1 балл без приема антибактериальных и обезболивающих препаратов, по длительности боль наблюдали в течение $3,0 \pm 0,5$ суток.

Результаты статистического анализа интенсивности боли пациентов 1-й и 2-й групп на 1, 3 и 5 сутки после операции представлены в Таблице 42 и на Рисунке 170. Полученные данные показывают, что среднее значение интенсивности боли по ВРШ (баллы) у пациентов 1-й группы спустя 1-е сутки после операции составило $1,845 \pm 1,049$ баллов, во 2-й группе – $4,427 \pm 1,130$ баллов. Так в 1-й группе распределение было ненормальным, в этой группе пациентам операции выполняли с применением излучения лазера, а во 2-й группе при использовании скальпеля распределение было нормальным, поэтому для сравнения групп по степени

выраженности боли был выбран непараметрический критерий Манни-Уитни. По результатам расчетов, было установлено, что между группами существуют различия, причем, статистически значимые ($p=0$, $p<0,05$).

Таблица 42 – Статистический анализ боли (ВРШ, баллы) в динамике

	1 сутки		3 сутки		5 сутки	
	1-я группа Nd:YAG лазер	2-я группа Скальпель	1-я группа Nd:YAG лазер	2-я группа Скальпель	1-я группа Nd:YAG лазер	2-я группа Скальпель
n	315	315	315	315	315	315
Min	0,000	3,000	0,000	3,000	0,00000	1,00
1st Qu	1,000	3,000	0,000	5,000	0,00000	2,00
Median	2,000	4,000	1,000	6,000	0,00000	2,00
Mean	1,845	4,427	1,272	5,902	0,03514	2,69
3rd Qu	3,000	6,000	2,000	7,000	0,00000	3,00
Max	3,000	7,000	5,000	9,000	1,00000	5,00
S	1,049	1,130	1,328	1,434	0,1839	0,99

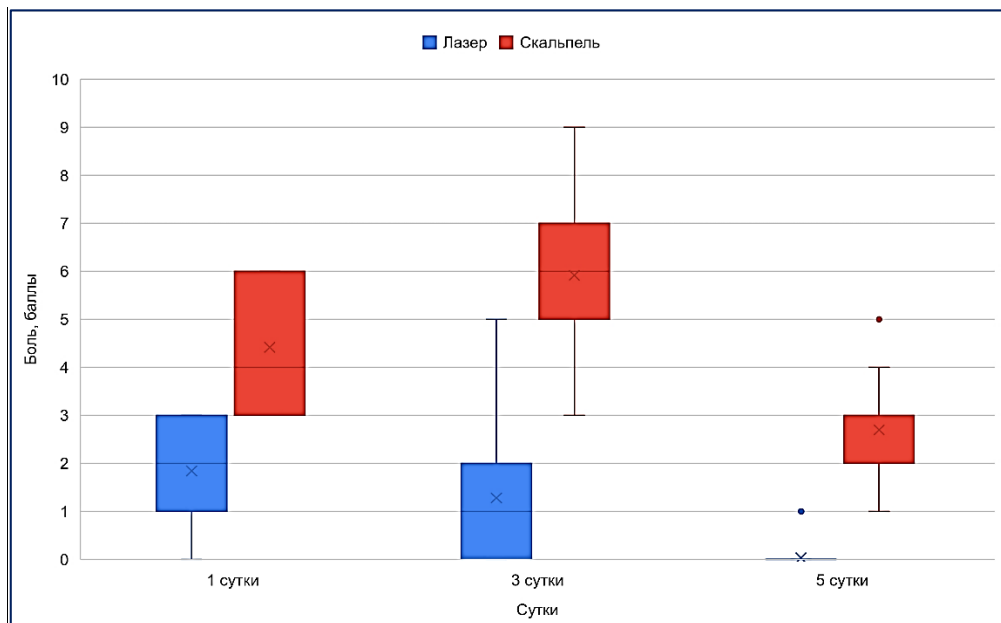


Рисунок 170 – Динамика интенсивности боли у пациентов 1-й и 2-й группы после операции

На 3-и сутки среднее значение интенсивности боли у пациентов 1-й группы было $1,272 \pm 1,328$ баллов, во 2-й группе – $5,902 \pm 1,434$ баллов, различия между 1-й и 2-й группами были статистически значимы ($p=0,013$). По результатам расчетов на 5-е сутки было установлено, что между группами существуют статистически значимые различия ($p=0,070$).

5.3. Характеристика выраженности коллатерального отека в послеоперационной области

После проведения хирургического лечения с помощью Nd:YAG лазера в отличие от традиционного метода на 1-е сутки у пациентов отсутствовал умеренно выраженный коллатеральный отек. Слабовыраженный отек после операции наблюдали в 77,4% случаев и его отсутствие у 22,6% пациентов (Рисунок 171).

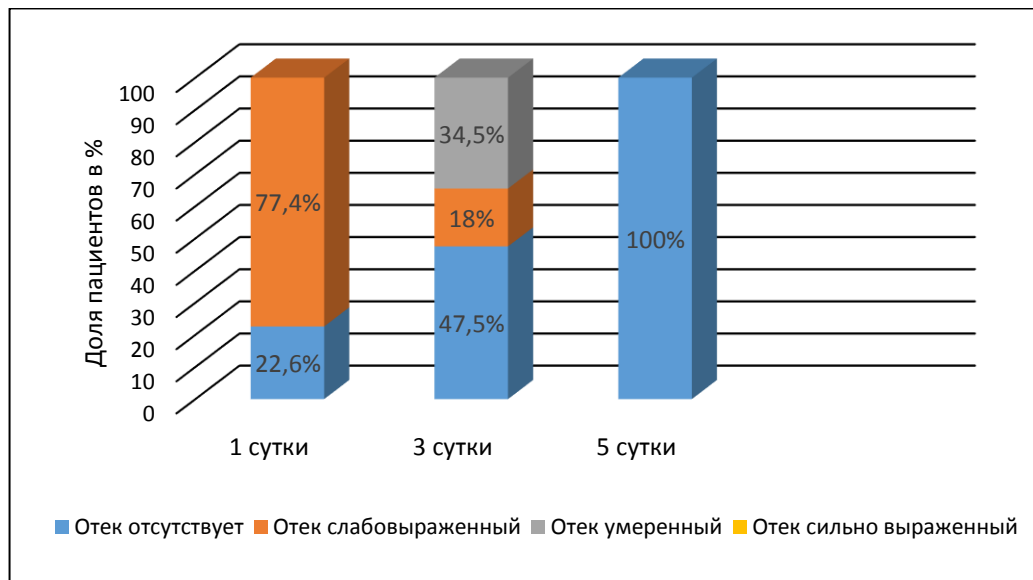


Рисунок 171 – Выраженность послеоперационного отека у пациентов 1-й группы после операции излучением Nd:YAG лазера

На 3-и сутки после операции отмечена тенденция к уменьшению выраженности коллатерального отека, доля пациентов с отсутствием отека увеличилась до 47,5%, однако наблюдали пациентов с умеренным отеком (34,5%)

и слабовыраженным (18%). При чем пациентов с умеренно выраженным коллатеральным отеком наблюдали во всех подгруппах, это в основном пациенты, которым проводили операции: френулотомию, вестибулопластику, оперкулэктомия, удаление инородного тела полости рта, удаление новообразований полости рта (гемангиома, мукоцеле малой слюнной железы), удаление участков веррукозной лейкоплакии, данные представлены в Таблице 43.

Таблица 43 – Выраженность коллатерального у пациентов 1-й группы, оперированных излучением Nd:YAG лазера в динамике

Подгруппы	Сутки	Выраженность коллатерального отека				баллы min/max
		Отек отсутствует (0 баллов)	Отек слабовыраженный (1 балл)	Отек умеренный (2 балла)	Отек сильно выраженный (3 балла)	
1А подгруппа (патология десны и слизистой оболочки рта) (n=88; 28%)	1-е	51 (16%)	37 (12%)	-	-	0-1 (0,42±0,5)
	3-и	51 (16%)	-	37 (12%)	-	0-2 (0,84±1,0)
	5-е	88 (28%)	-	-	-	-
1Б подгруппа (воспалительные заболевания полости рта) (n=39; 12%)	1-е	11 (3,6%)	26 (8,4%)	-	-	0-1 (0,69±0,4)
	3-и	8 (2,5%)	-	31 (9,5%)	-	0-2 (1,64±0,5)
	5-е	39 (12%)	-	-	-	-
1В подгруппа (новообразования и кисты полости рта) (n=153; 49%)	1-е	10 (3%)	143 (46%)	-	-	0-1 (0,93±0,1)
	3-и	91 (29%)	37 (12%)	25 (8%)	-	0-2 (0,56±0,7)
	5-е	153 (49%)	-	-	-	-
1Г подгруппа (предраковые заболевания полости рта) (n=35; 11%)	1-е	-	35 (11%)	-	-	1 (1,0±0)
	3-и	-	20 (6%)	15 (5%)	-	1-2 (1,42±0,5)
	5-е	35 (11%)	-	-	-	-

Через 5 суток коллатеральный отек в послеоперационной области отсутствовал у всех пациентов 1-й группы.

На 1-е сутки во 2-й группе после хирургического лечения скальпелем практически у всех пациентов наблюдали коллатеральный отек мягких тканей, лишь в 1,2% случаев отека не было. При этом у 40,8% отек был слабовыраженный, а у 58% – умеренный (Рисунок 172).

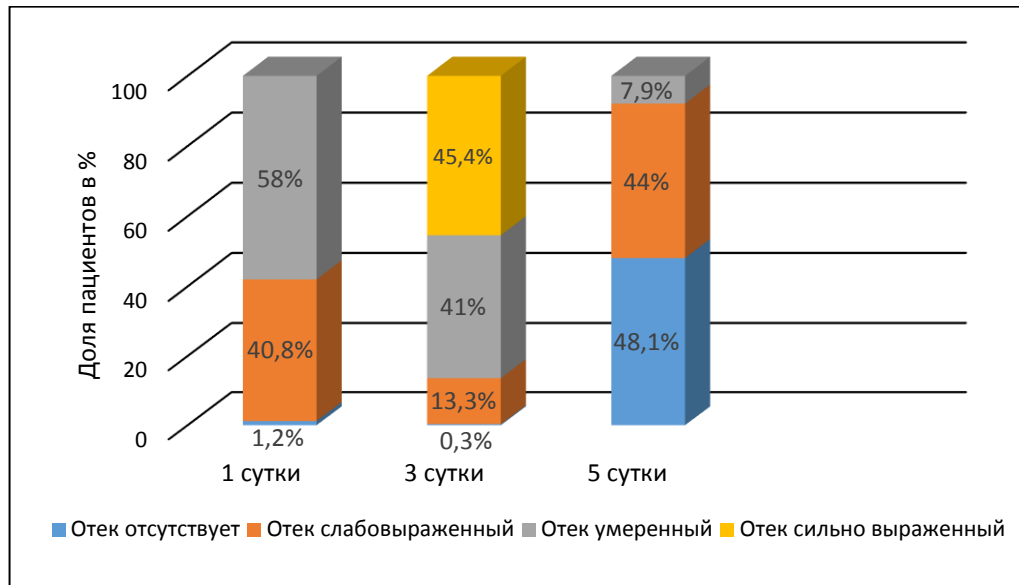


Рисунок 172 – Выраженность отека у пациентов 2-й группы после операции скальпелем с лезвием №15С

Отсутствие отека наблюдали в 2В подгруппе у пациентов оперированных по поводу новообразований полости рта, а именно папиллом малого размера до 0,5 см в диаметре. Умеренный отек наблюдали во всех подгруппах, это были в основном пациенты, оперированные по поводу мелкого преддверия полости рта, укороченных уздечек верхней губы и языка, с перикоронитом, инородного тела полости рта, новообразований полости рта (фиброма, гемангиома, эпулис, мукоцеле малой слюнной железы, лейкоплакия), данные представлены в Таблице 44.

На 3-и сутки после операции коллатеральный отек все еще сохранялся практически у всех пациентов, доля пациентов с сильно выраженным отеком была самая высокая и составила 45,4%, отек умеренно выраженный сохранялся в 41% случаев, слабовыраженный отек отмечали у 13,3% пациентов и отсутствие отека регистрировали только у 0,3% пациентов. Сильно выраженный отек регистрировали у пациентов, которым проводили операции – френулотомию, вестибулопластику, оперкулэктомию, удаление инородного тела полости рта, новообразований полости рта (гемангиома, мукоцеле малой слюнной железы), участков веррукозной лейкоплакии. На 5 сутки умеренный отек сохранялся у 7,9%

пациентов, слабовыраженный – 41%, отсутствие отека наблюдали у 48,1% пациентов. На 7 сутки отек отсутствовал у всех пациентов 2-й группы.

Таблица 44 – Выраженность коллатерального отека у пациентов 2-й группы, оперированных скальпелем в динамике

Подгруппы	Сутки	Выраженность коллатерального отека				min/max
		Отек отсутствует (0 баллов)	Отек слабовыраженный (1 балл)	Отек умеренный (2 балла)	Отек сильно выраженный (3 балла)	
2А подгруппа (патология десны и слизистой оболочки рта) (n=87; 27,5%)	1-е	-	33 (10,5%)	54 (17%)	-	1-2 (1,62±0,5)
	3-и	-	12 (3,4%)	38 (12,1%)	37 (12%)	1-3 (2,29±0,6)
	5-е	52 (16,5%)	35 (11%)	-	-	0-1 (0,39±0,5)
2Б подгруппа (воспалительные заболевания полости рта) (n=37; 12%)	1-е	-	7 (2,4%)	30 (9,6%)	-	1-2 (1,84±0,3)
	3-и	-	5 (1,6%)	-	32 (10,4%)	1-3 (2,73±0,5)
	5-е	13 (4,3%)	24 (7,7%)	-	-	0-1 (0,65±0,5)
2В подгруппа (новообразования и кисты полости рта) (n=156; 49,5%)	1-е	4 (1,2%)	68 (21,6%)	84 (26,7%)	-	0-2 (1,51±0,5)
	3-и	1 (0,3%)	26 (8,3%)	91 (28,9%)	38 (12%)	0-3 (2,08±0,5)
	5-е	85 (27%)	71 (22,5%)	-	-	0-1 (0,46±0,5)
2Г подгруппа (предраковые заболевания полости рта) (n=35; 11%)	1-е	-	20 (6,3%)	15 (4,7%)	-	1-2 (1,42±0,5)
	3-и	-	-	-	35 (11%)	3 (3)
	5-е	1 (0,3%)	9 (2,8%)	25 (7,9%)	-	0-2 (1,71±0,4)

Анализируя полученные данные при традиционном методе лечения с помощью скальпеля лезвием №15С в послеоперационном периоде выраженность коллатерального отека в баллах составила на 1 сутки – 0-2 балла, на 3 сутки – 0-3 балла и на 5 сутки – 0-2 балла на фоне приема антибактериальных и обезболивающих препаратов, длительность боли наблюдали в течении 6,0±0,5 суток. При использовании Nd:YAG лазера степень выраженности отека была минимальна к третьим суткам и составила на 1 сутки – 0-1 балл, на 3 сутки – 0-2 балла, на 5 сутки – 0 баллов без приема антибактериальных и обезболивающих препаратов, по длительности отек наблюдали в течение 3,0±0,5 суток.

Результаты статистического анализа выраженности послеоперационного отека у пациентов 1-й и 2-й групп на 1, 3 и 5 сутки после операции представлены в Таблице 45 и на Рисунке 173.

Таблица 45 – Статистический анализ выраженности послеоперационного коллатерального отека в динамике

	1 сутки		3 сутки		5 сутки	
	1-я группа Nd:YAG лазер	2-я группа Скальпель	1-я группа Nd:YAG лазер	2-я группа Скальпель	1-я группа Nd:YAG лазер	2-я группа Скальпель
n	315	315	315	315	315	315
Min	0,0000	0,000	0,0000	1,000	0,0000	0,0000
1st Qu	1,0000	1,000	0,0000	2,000	0,0000	0,0000
Median	1,0000	2,000	1,0000	2,000	0,0000	1,0000
Mean	0,7722	1,639	0,8608	2,307	0,0000	0,5974
3rd Qu	1,0000	2,000	2,0000	3,000	0,0000	1,0000
Max	2,0000	3,000	2,0000	3,000	0,0000	2,0000
S	0,4226	0,5079	0,8952	0,7008	0,0000	0,6325

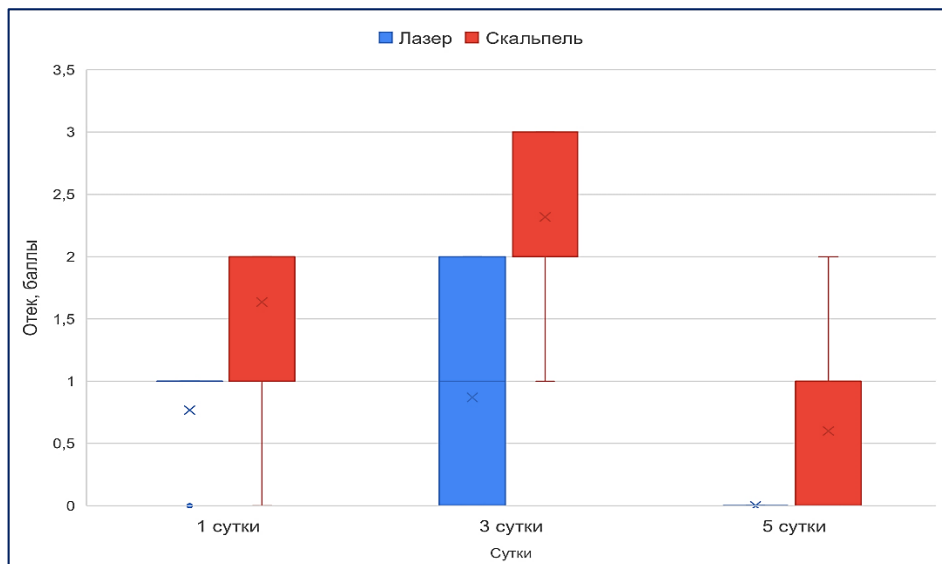


Рисунок 173 – Динамика выраженности послеоперационного отека у пациентов 1-й и 2-й группы после операции

Полученные данные показывают, что среднее значение выраженности коллатерального отека в баллах у пациентов 1-й группы спустя 1 сутки после операции составило $0,7722 \pm 0,4226$ баллов, во 2 группе – $1,639 \pm 0,5079$ баллов.

В 1-й группе операции выполняли с применением лазера – распределение было ненормальным, а во 2-й группе при использовании скальпеля – нормальным, поэтому для сравнения групп по степени выраженности коллатерального отека был выбран непараметрический критерий Манни-Уитни. По результатам расчетов, было установлено, что между группами существуют статистически значимые различия ($p=0, p<0,05$).

На 3-и сутки среднее значение выраженности отека у пациентов 1-й группы было – $0,8608 \pm 0,8952$ баллов, во 2 группе – $2,307 \pm 1,434$ баллов, различия между 1-й и 2-й группами статистически значимы ($p=0,067$). По результатам расчетов на 5-е сутки было установлено, что между группами существуют статистически значимые различия ($p=0,024$).

При проведении корреляционно анализа была выявлена сильная положительная статистически достоверная ($p=0, p<0,05$) связь при оценке показателей между степенью выраженности боли и отека на 1-е сутки после операции в 1-й группе у пациентов, оперированных с помощью Nd:YAG лазера (критерий Пирсона $R=0,77$) (Рисунок 174).

На 3 сутки после операции в группе применения лазера была также выявлена сильная положительная статистически достоверная ($p=0, p<0,05$) связь между степенью выраженности боли и отека при оценке показателей (критерий Пирсона $R=0,74$) (Рисунок 175). Связь между болью и отеком на 5-е сутки после операции с применением Nd:YAG лазера не выявлена (критерий Пирсона не известен, регрессия не линейного характера), так как на 5 сутки боль и коллатеральный отек у пациентов отсутствуют (Рисунок 176).

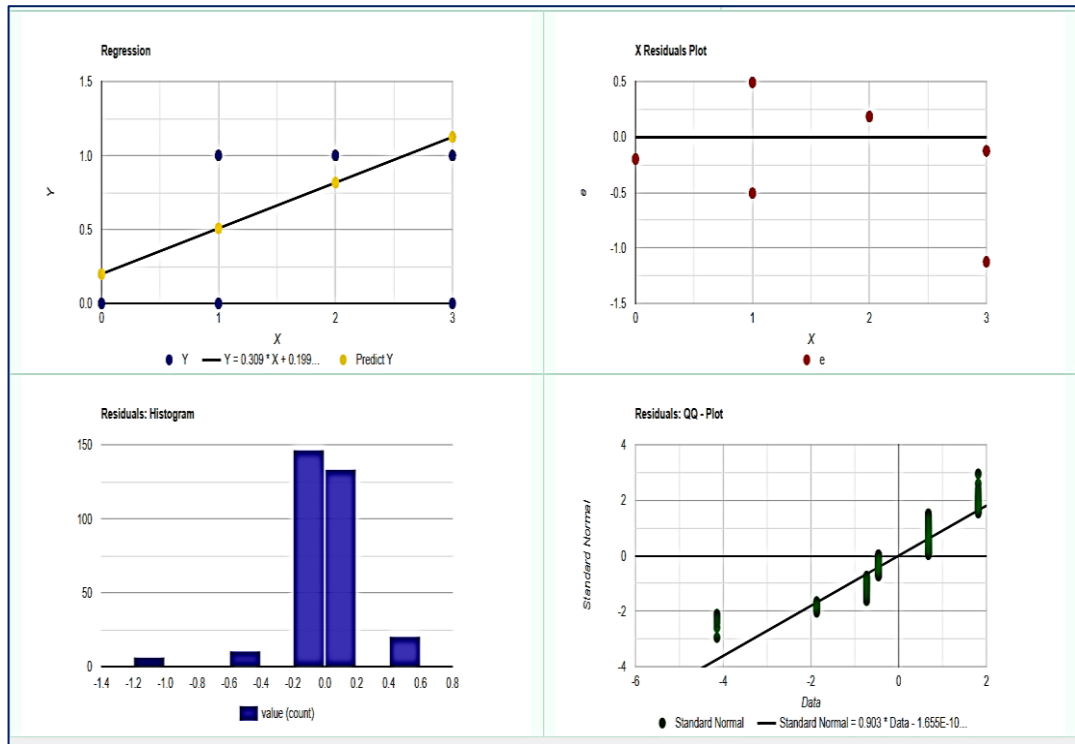


Рисунок 174 – Корреляционный анализ между болью и отеком на 1-е сутки после операции Nd:YAG лазером

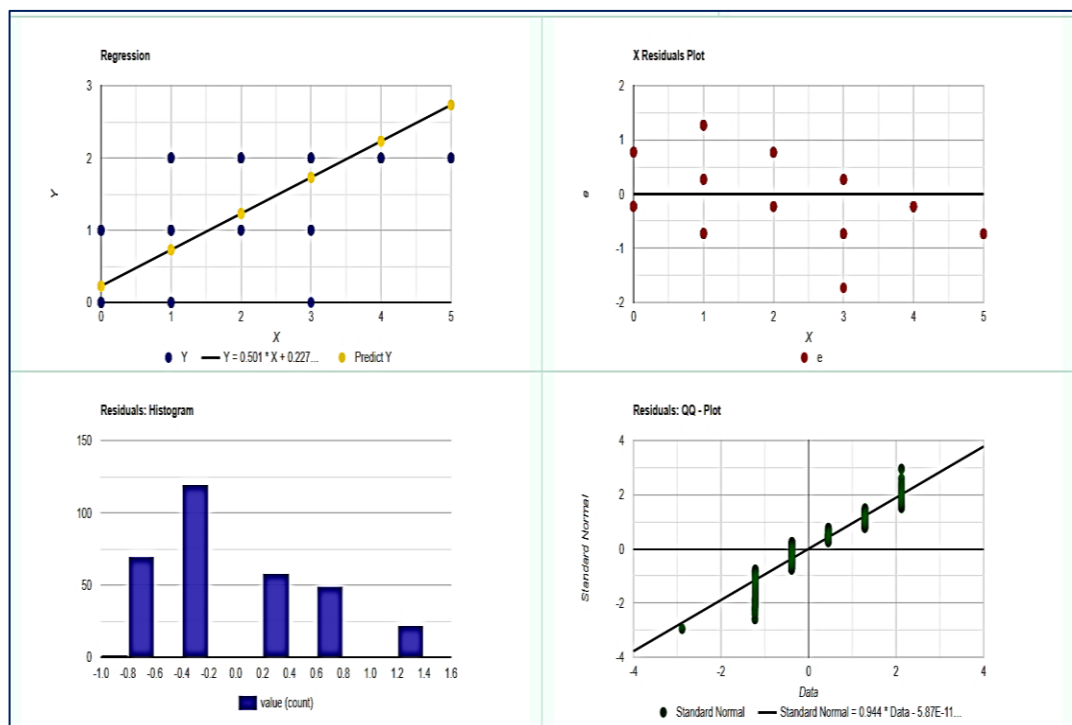


Рисунок 175 – Корреляционный анализ между болью и отеком на 3-е сутки после операции Nd:YAG лазером

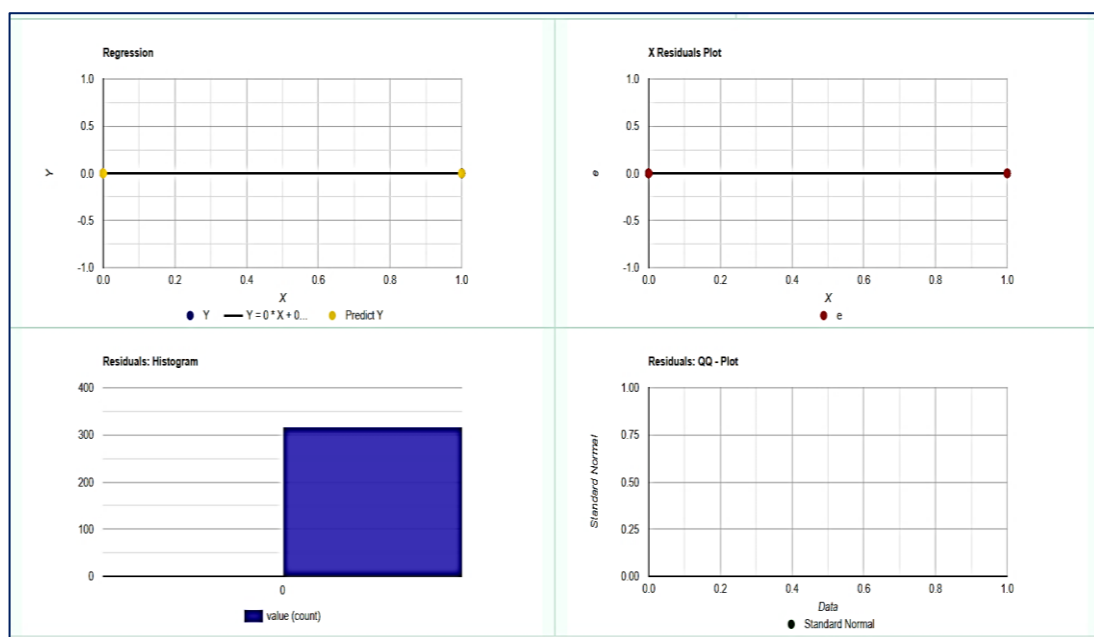


Рисунок 176 – Корреляционный анализ между болью и отеком на 5-е сутки после операции Nd:YAG лазером

Корреляционный анализ между послеоперационной болью и послеоперационным коллатеральным отеком в динамике показал, что имела место прямая корреляционная связь, сильно положительно статистически достоверная ($p=0$, $p<0,05$) в группе применения Nd:YAG лазера (критерий Пирсона $R=0,79$) (Рисунок 177).

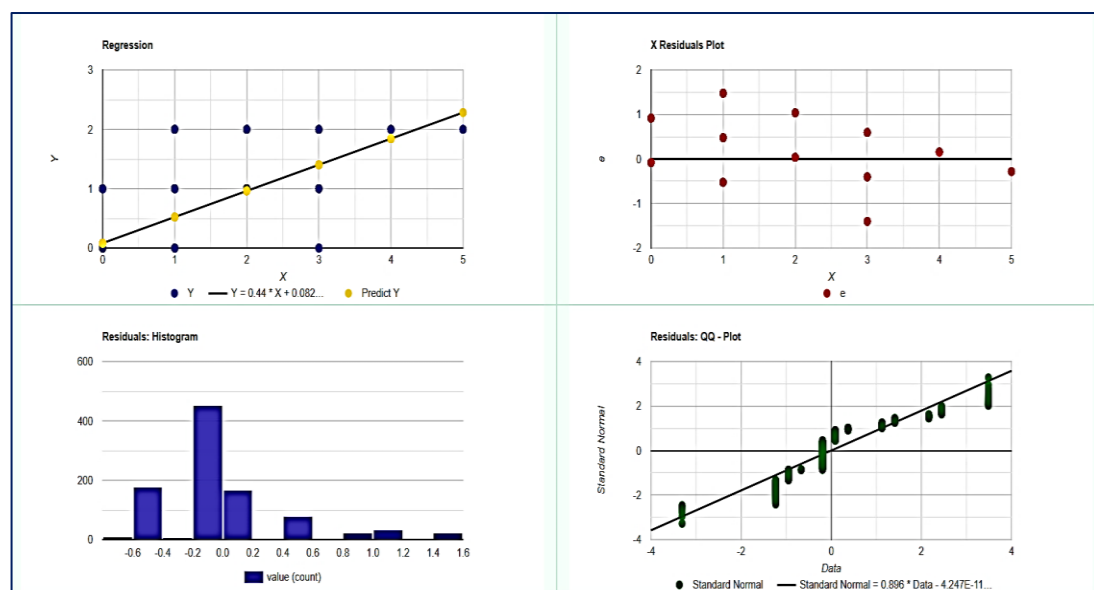


Рисунок 177 – Корреляционный анализ между болью и отеком в динамике после операции Nd:YAG лазером

При проведении корреляционного анализа во 2-й группе после применения скальпеля с лезвием №15С на 1-е сутки была выявлена умеренная положительная статистически достоверная ($p=1,412e-13$, $p<0,05$) связь между степенью выраженности боли и отека при оценке показателей (критерий Пирсона $R=0,4$) (Рисунок 178).

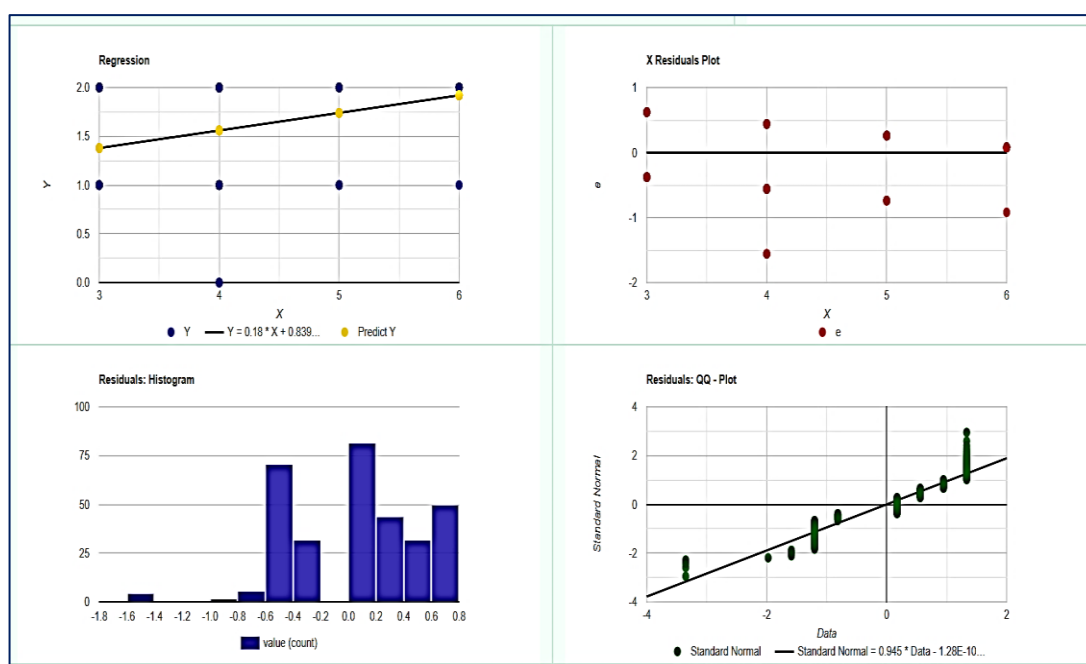


Рисунок 178 – Корреляционный анализ между болью и отеком на 1-е сутки после операции скальпелем с лезвием №15С

На 3-и сутки была выявлена сильная положительная статистически достоверная связь между степенью выраженности боли и отека ($p=0$, $p<0,05$, критерий Пирсона $R=0,72$) (Рисунок 179), на 5-е сутки – умеренная положительная статистически достоверная связь при оценке показателей после операции в группе применения скальпеля ($p=1,529e-10$, $p<0,05$, критерий Пирсона $R=0,35$) (Рисунок 180).

При проведении корреляционного анализа между болью и коллатеральным отеком после операции в динамике была выявлена сильная положительная статистически достоверная ($p=0$, $p<0,05$) связь между степенью интенсивности боли и выраженности отека при оценке показателей в динамике во 2-й группе при операции скальпелем лезвием №15С (критерий Пирсона $R=0,79$) (Рисунок 181)

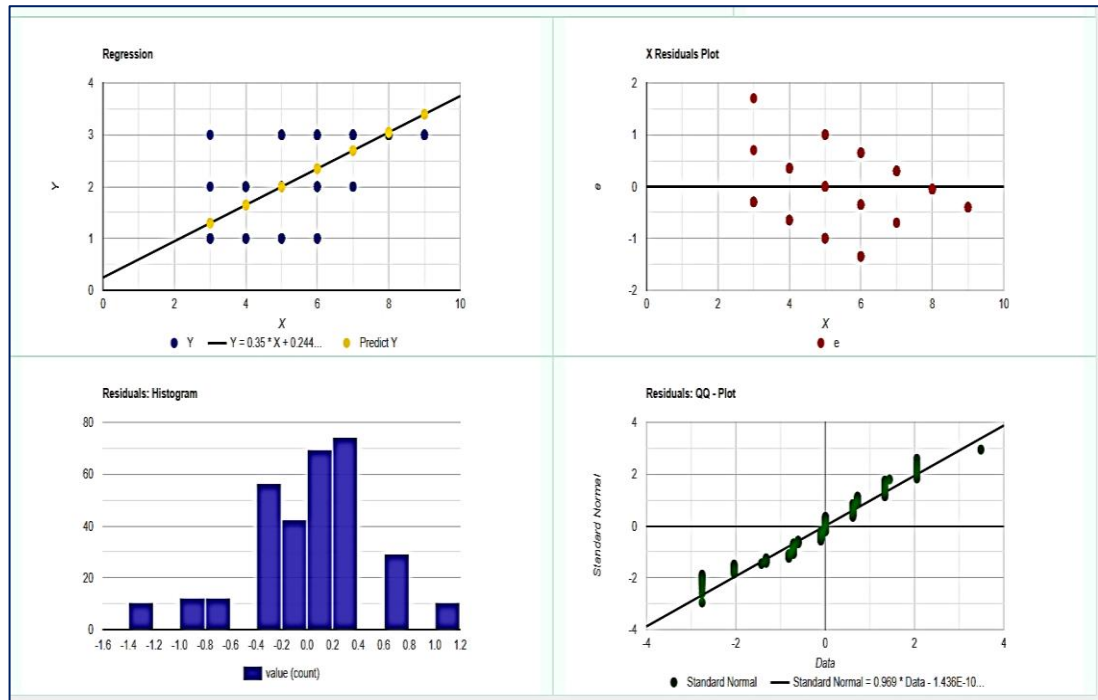


Рисунок 179 – Корреляционный анализ между болью и отеком на 3-е сутки после операции скальпелем с лезвием №15С

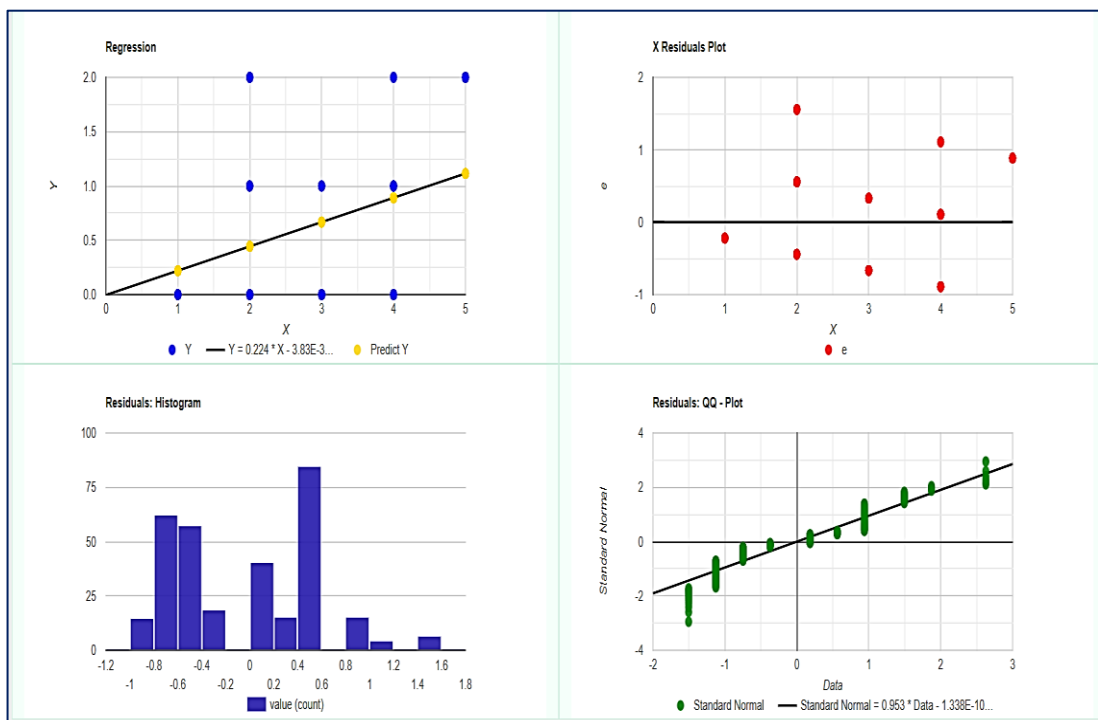


Рисунок 180 – Корреляционный анализ между болью и отеком на 5-е сутки после операции скальпелем с лезвием №15С

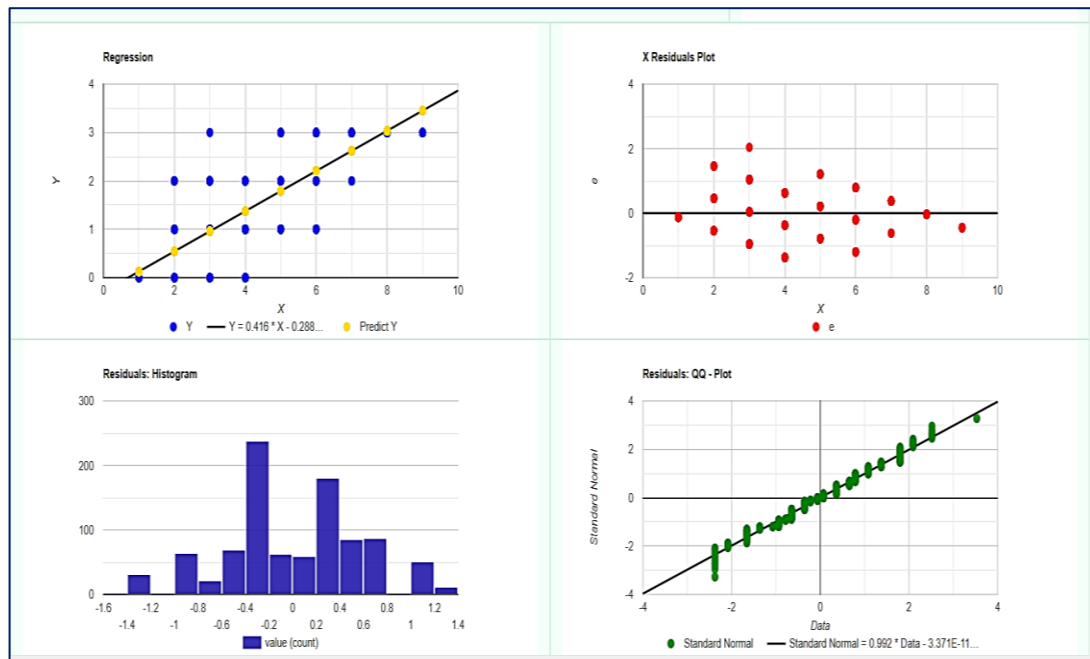


Рисунок 181 – Корреляционный анализ между болью и отеком в динамике после операции скальпелем с лезвием №15С

5.4. Особенность заживления операционной раны в зависимости от способа альтерации

В послеоперационном периоде в зависимости от метода хирургического лечения у пациентов определены достоверные различия не только по интенсивности послеоперационной боли и выраженности коллатерального отека, но и по срокам эпителизации раневой поверхности.

При проведении оперативных вмешательств у пациентов 1-й и 2-й групп, у которых накладывали швы – рана зажила первичным натяжением, без наложения швов на рану – заживление проходило вторичным натяжением, при использовании лазерного излучения рана заживала под коагуляционной пленкой, при операциях скальпелем заживление раны проходило под йодоформным тампоном. При использовании излучения неодимового лазера у пациентов 1-й группы, которым на рану накладывали швы, на 1-е сутки гиперемии, отечности, инфильтрации в области оперативного вмешательства не отмечали, швы были состоятельными.

Эпителизацию послеоперационной раны наблюдали на $5,0 \pm 0,5$ сутки (Рисунок 182а, Рисунок 182б, Рисунок 183а, Рисунок 183б).

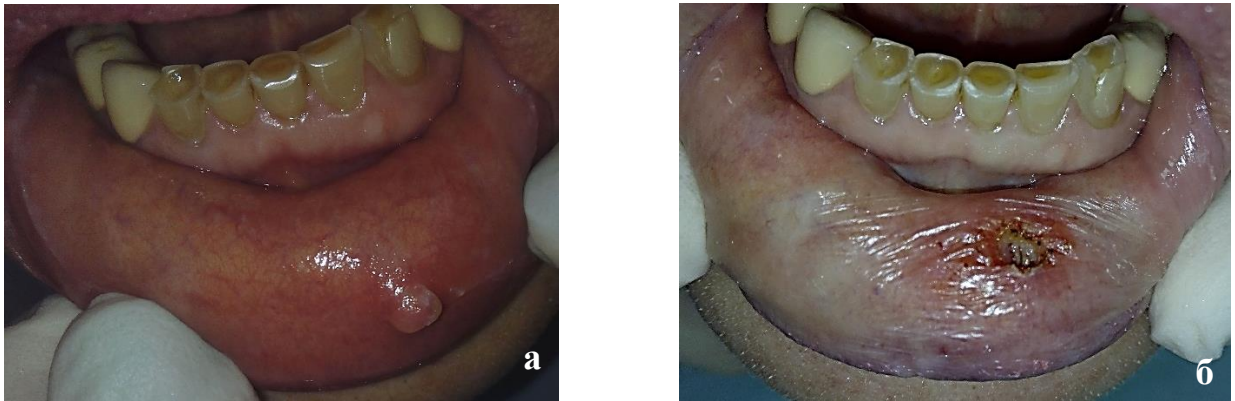


Рисунок 182 – Фиброма слизистой оболочки нижней губы:

а – вид до операции

б – послеоперационная область после иссечения Nd:YAG лазером



Рисунок 183 – Фиброма слизистой оболочки нижней губы:

а – вид после операции

б – вид операционной раны после снятия швов на 5 сутки

При проведении операций с помощью скальпеля у пациентов 2-й на 1-е сутки местно наблюдали умеренную гиперемию и отечность тканей у 99,7% пациентов, швы у всех пациентов были состоятельными. На $5 \pm 0,5$ сутки эти явления купировались, расхождения швов не было. Заживление послеоперационной раны наблюдали на $7 \pm 0,5$ сутки.

Послеоперационный рубец на $5 \pm 0,5$ сутки в случае оперативного вмешательства неодимовым лазером имел красный цвет, слегка возвышался над поверхностью окружающих тканей, был не растяжим, плотной консистенции. Аналогичные результаты при иссечении скальпелем наблюдали только на 7-е

сутки. При осмотре на 14-е сутки рубец при операциях лазером был розово-красного цвета, плотноэластической консистенции, не растяжим. На 30-е сутки на месте оперативного вмешательства образовавшийся рубец был бледно-розового цвет, слегка возвышался над слизистой оболочкой, при пальпации поддавался растяжению, имел плотноватую консистенцию. Через 3 месяца рубец представлял собой плоскую тонкую светлую полоску, внешне не различимую от окружающих неповрежденных тканей. При традиционном хирургическом методе лечения подобные результаты наблюдали только через 6 месяцев после операции. При осмотре через 6 и 12 месяцев состояние рубцов как при операциях неодимовым лазером, так и скальпелем не менялось.

На при проведении операций без наложения швов на 1-е сутки у 58% пациентов, оперированных скальпелем, местно была выявлена умеренная гиперемия краев раны слизистой оболочки рта и отёчность, у 40,8% пациентов – слабо выраженная гиперемия и отек. На 3-и сутки сильно выраженную гиперемию и отечность наблюдали у 45,4% пациентов, умеренную гиперемию и отек в 41% случаев и только в 13,3% случаев данные явления были слабо выражены. К 5 суткам явления отека и гиперемии были купированы. Через 3-е суток в послеоперационной ране появлялись грануляции, через 5 суток вся рана была полностью покрыта грануляционной тканью, что давало возможность вести рану без наложения йодоформного тампона.

В зависимости от площади послеоперационной раневой поверхности полную эпителизацию раны наблюдали на $7,0 \pm 0,5$ сутки при площади послеоперационной раны до $0,5 \text{ см}^2$, на $10,0 \pm 0,5$ сутки при площади раневой поверхности от $0,5$ до $1,0 \text{ см}^2$ и на $14,0 \pm 0,5$ сутки если площадь раны была более $1,0 \text{ см}^2$ (Рисунок 184). На 30-е сутки при местном осмотре выявляли созревание рубца с грубой деформацией, который к 6 месяцам по мере созревания становился мягким и эластичным.

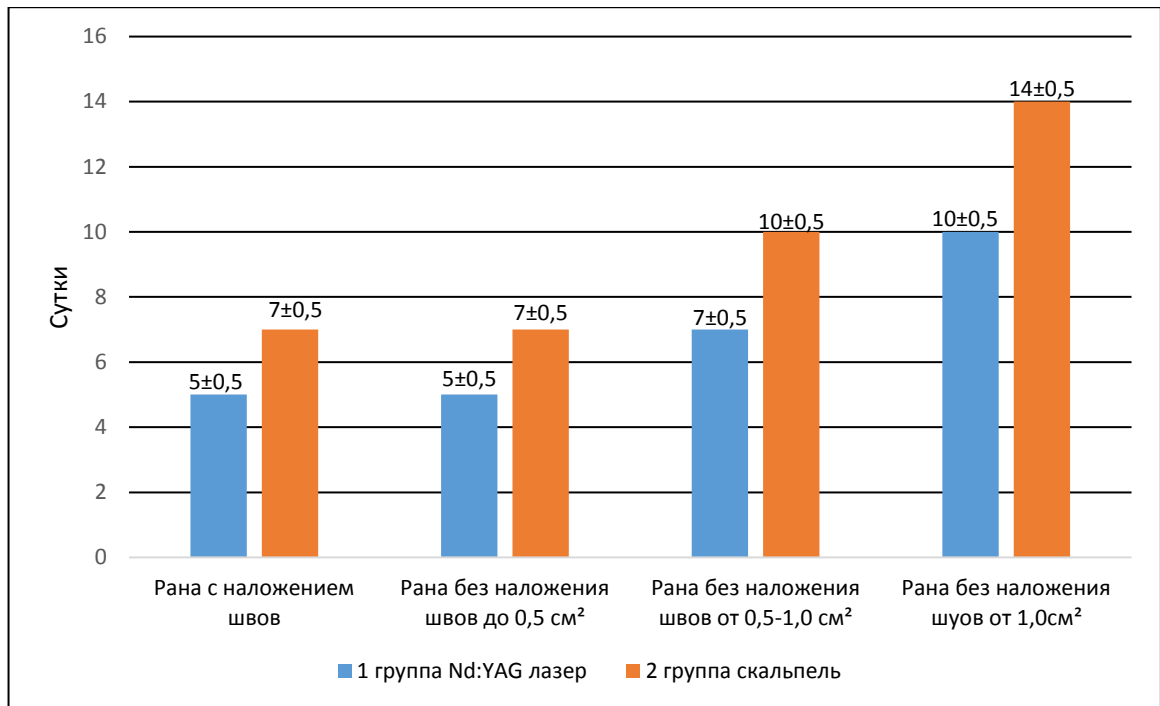


Рисунок 184 – Динамика эпителизации послеоперационной раны в зависимости от хирургического метода лечения и площади раневой поверхности

У пациентов 1-й группы, раны которых заживали под коагуляционной пленкой, полную эпителизацию наблюдали на $5,0 \pm 0,5$ сутки если площадь послеоперационной раны была менее $0,5 \text{ см}^2$, на $7,0 \pm 0,5$ сутки при площади раневой поверхности от $0,5$ до $1,0 \text{ см}^2$ и на $10,0 \pm 0,5$ сутки если площадь раны была более $1,0 \text{ см}^2$. Во все сроки наблюдения отмечено отсутствие сильно выраженных функциональных нарушений: воспалительной реакции, гиперемии и отёчности тканей. На 1-е сутки отечность и гиперемия были слабовыраженны, на 3-и сутки гиперемия и отек – умеренно выражены в 34% случаев, в остальных случаях наблюдали отсутствие или слабо выраженную реакцию тканей. Через 5 суток данные явления были полностью купированы. Сразу после операции излучением неодимового лазера раневая поверхность была покрыта коагуляционной пленкой (Рисунок 185а, 185б), площадь которой постепенно сокращалась за счет краевой эпителизации, заживление раны в данном случае проходило под фибринозной пленкой (Рисунок 186а). Через 3 месяца наблюдали образование мягкого эластичного рубца без деформации (Рисунок 186б).

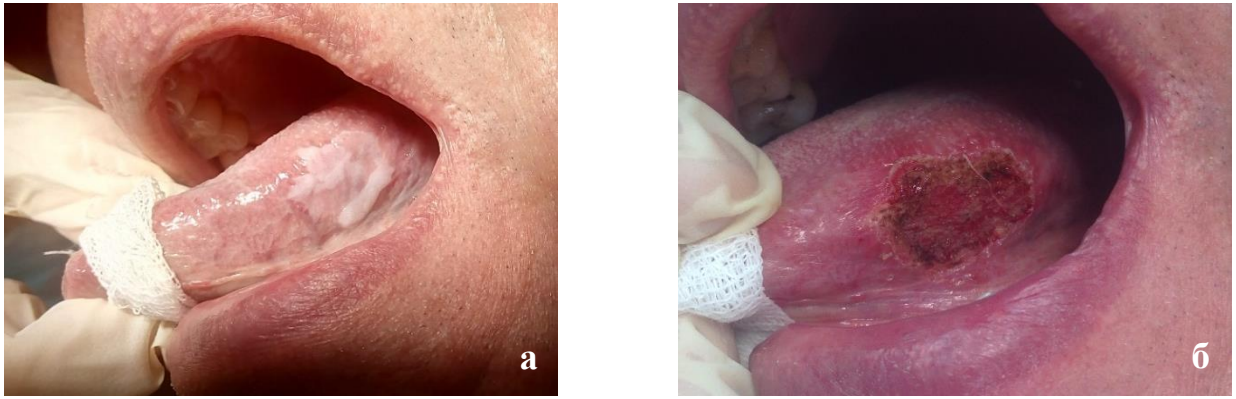


Рисунок 185 – Веррукозная лейкоплакия языка:

а – вид до операции

б – язык после иссечения пораженного участка излучением Nd:YAG лазера

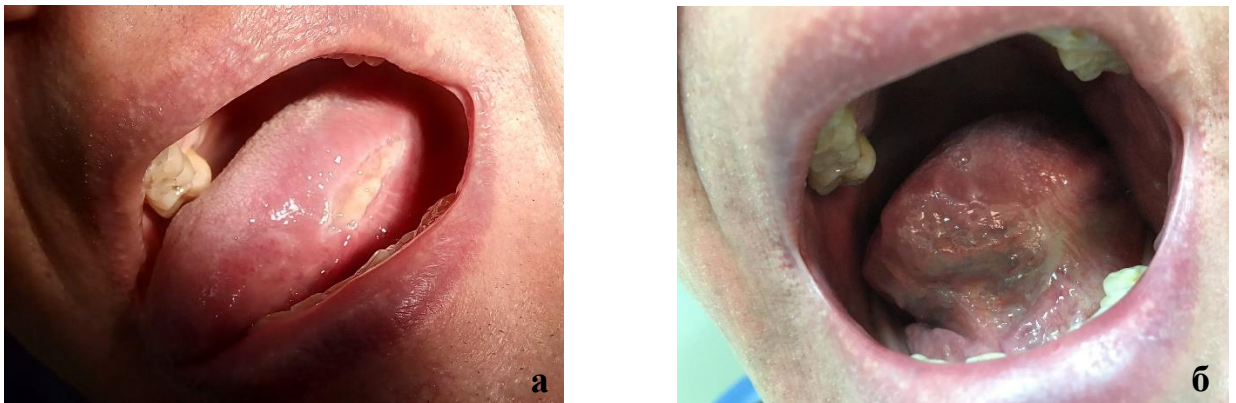


Рисунок 186 – Веррукозная лейкоплакия языка:

а – вид раны на 5-е сутки

б – вид послеоперационной области через 3 месяца

У всех пациентов с новообразованиями, кистами полости рта и веррукозной лейкоплакией во время операций иссекали пораженный участок слизистой оболочки рта и для верификации диагноза отправляли на патоморфологическое исследование. Во всех случаях клинический диагноз был подтверждён патоморфологически, злокачественных образований выявлено не было.

С помощью *U*-критерия Манна-Уитни определена достоверность различий показателей групп между собой при оценке сроков заживления послеоперационной раны, различия показателей 1-й и 2-й групп существенны и отражают тенденцию к сокращению сроков заживления послеоперационной раны при использовании излучения Nd:YAG лазера. Различия между показателями в 1-й и 2-й группах

являются достоверными и отражают высокую зависимость от метода операции, данные представлены в Таблице 46.

Таблица 46 – Динамика заживления операционной раны в зависимости от площади послеоперационной раны и метода лечения во всех группах

Сроки наблюдения (сутки)	Показатели	1 группа Nd:YAG (n=86)			2 группа скальпель (n=86)		
		до 0,5 см ² (n=34)	0,5-1,0 см ² (n=21)	от 1,0 см ² (n=31)	до 0,5 см ² (n=30)	0,5-1,0 см ² (n=24)	от 1,0 см ² (n=32)
1 сутки	боль (баллы)	0-1	2-3	2-3	3-4	4-6	5-7
	отек (баллы)	0-1	0-1	1	1-2	2	1-2
	S см ² (ср.зн.)	0,3±0,1	0,7±0,1	2,8±1,5	0,3±0,1	0,7±0,1	2,9±1,6
3 сутки	боль (баллы)	0	1-2	3-5	4-5	5-6	7-9
	отек (баллы)	0	0	2	1-2	2-3	3
	S см ² (ср.зн.)	0,3±0,1*	0,7±0,1*	3,2±1,7	0,6±0,1	1,1±0,1*	3,4±1,7
5 сутки	боль (баллы)	0	0	0-3	1-2	1-3	3-4
	отек (баллы)	0	0	0	0	0	0-1
	S см ² (ср.зн.)	0	0,2±0,1	1,1±0,8*	0,2±0,1	0,6±0,2*	2,9±1,6*
7 сутки	S см ² (ср.зн.)	0	0	0,2±0,1*	0	0,1±0,1	1,0±0,7
10 сутки	S см ² (ср.зн.)	0	0	0	0	0	0,4±0,3*
14 сутки	S см ² (ср.зн.)	0	0	0	0	0	0,01±0,02
Средние сроки заживления (сутки)		5,0±0,5	7,0±0,5	10,0±0,5	7,0±0,5	10,0±0,5	14,0±0,5

Примечание. * – статистически значимое различие с соответствующим показателем на 1 сутки (*U* – критерий Манна-Уитни, $p < 0,05$)

Проведенный корреляционный анализ между показателями боли и отека в зависимости от площади поражения показал, что имелась положительная достоверная связь между площадью повреждения и отеком, площадью повреждения и болью. Так на 1-е сутки в 1-й группе выявлена сильная прямая положительная достоверная связь между площадью повреждения и отеком ($R=0,62$), между площадью повреждения и болью ($R=0,77$). Во 2-й группе при операциях скальпелем выявлена сильная статистически значимая связь между площадью повреждения и отеком ($R=0,82$), умеренная статистически значимая связь между площадью повреждения и болью ($R=0,36$). На 3-и сутки в группе пациентов, оперированных неодимовым лазером, выявлена сильная статистически

значимая связь между площадью повреждения и отеком и площадью повреждения и болью ($R=0,78$) и ($R=0,58$) соответственно. В группе оперированных скальпелем выявлена умеренная статистически значимая связь между площадью повреждения и отеком ($R=0,4$), сильная статистически значимая связь между площадью повреждения и болью ($R=0,63$). На 5-е сутки коэффициент корреляции для площади повреждения и отека не рассчитывали. При проведении корреляционного анализа между площадью повреждения и болью как при лазерных операциях, так и при операциях скальпелем была выявлена сильная статистически значимая связь ($R=0,76$) и ($R=0,62$).

Согласно полученным нами данным статистически достоверное уменьшение площади повреждения в 1-й группе свидетельствует о положительном клиническом эффекте при операциях с помощью лазерного излучения (уменьшение боли, коллатерального отека и сроков заживления раны).

5.5. Результаты термометрии слизистой оболочки рта при воздействии излучения неодимового лазера у пациентов со стоматологическими заболеваниями

Определение температуры нагрева слизистой оболочки рта после воздействия излучения Nd:YAG лазера проводили методом термометрии контактным способом в зоне оперативного вмешательства и бесконтактным способом методом инфракрасной термографии. В исследование по критериям включения из 630 (100%) пациентов вошли 540 (86%) пациентов со следующими стоматологическими заболеваниями полости рта: укорочение уздечек верхней губы, нижней губы, языка ($n=40$); мелкое преддверие полости рта ($n=34$); гипертрофия десны ($n=98$); гиперплазия слизистой оболочки полости рта вследствие раздражения ($n=3$); перикоронит в области третьих моляров ($n=25$); папиллома ($n=102$); фиброма ($n=96$); фиброзные разрастания ($n=28$); папилломатозные разрастания ($n=11$); эпулис ($n=24$); мукоцеле слюнной железы ($n=37$); лейкоплакия ($n=42$).

Операции проводили излучением Nd:YAG лазера в режиме абляции мощностью 2,4 Вт и 3,2 Вт. Все 540 пациентов были распределены на 8 групп исследования согласно топографическим областям и режимам работы Nd:YAG лазера, данные представлены в Таблице 47.

Таблица 47 – Распределение пациентов по топографическим областям

	Топографическая область	Мощность 2,4 Вт	Мощность 3,2 Вт	Всего пациентов
1 группа	Краевая (маргинальная) десна	98	-	98
2 группа	Уздечки верхней и нижней губ, преддверие рта	34	40	74
3 группа	Слизистая оболочка альвеолярной кости	61	44	105
4 группа	Губа (нижняя)	48	-	48
5 группа	Небо	20	-	20
6 группа	Язык	81	51	132
7 группа	Щека (слизистая оболочка)	12	26	38
8 группа	Ретромолярная область	8	17	25
Всего		362	178	540

Термометрию проводили в два этапа: до операции и сразу после операции, в зоне оперативного вмешательства устанавливали ТЦЦ-8 поочередно на три топографические точки (Рисунок 187а и 187б). Полученные данные до операции с трех топографических точек фиксировали в журнал (Рисунок 188а и 188б).



Рисунок 187 – Термометрия:

а – фиброма слизистой оболочки левой щеки

б – измерение температуры в зоне операции методом термометрии



Рисунок 188 – Термометрия (а, б) – показания цифрового термометра температуры исследуемых топографических точек перед операцией

Одновременно с термометрией проводили бесконтактную инфракрасную термографию с помощью мобильного тепловизора (Рисунок 189а). Полученное значение температуры в зоне операции перед хирургическим вмешательством заносили в журнал (Рисунок 189б).

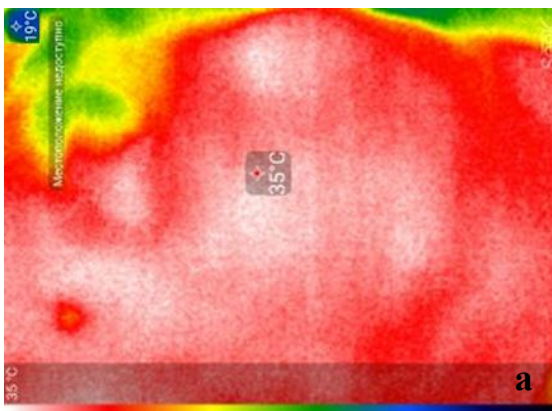


Рисунок 189 – Инфракрасная термография:
 а – измерение температуры в зоне операции методом инфракрасной термографии перед хирургическим вмешательством
 б – показание температуры мобильного тепловизора в зоне операции

Сразу после операции измеряли температуру раневой поверхности с помощью цифрового термометра (Рисунок 190а, Рисунок 190б) и мобильного тепловизора, данные фиксировали в журнал (Рисунок 191а, Рисунок 191б).

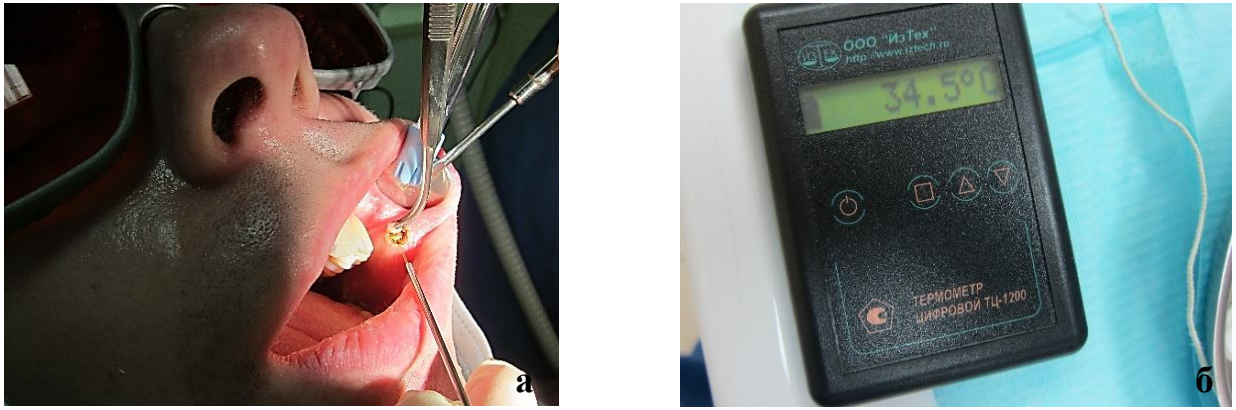


Рисунок 190 – Термометрия:
 а – измерение температуры в зоне операции
 методом термометрии после операции
 б – показание цифрового термометра температуры исследуемой
 топографической точки после операции

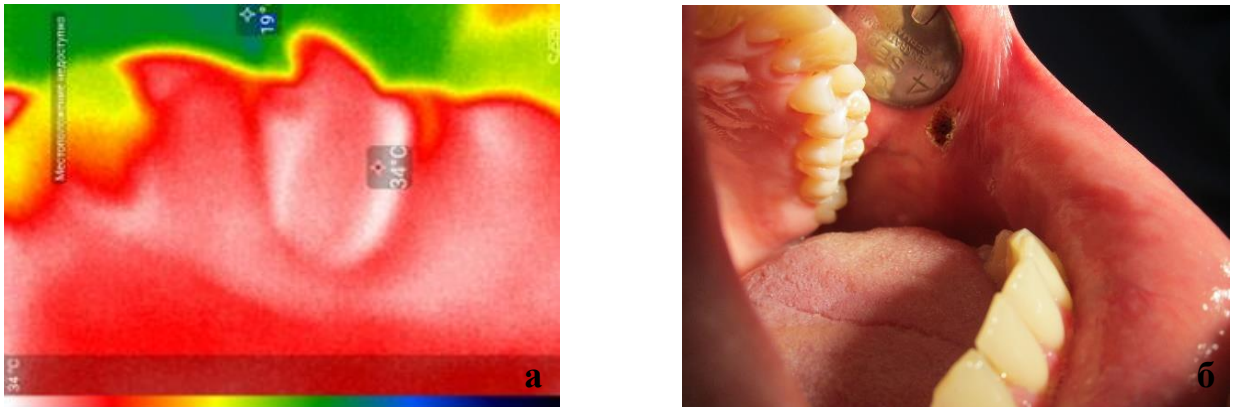


Рисунок 191 – Инфракрасная термография:
 а – показание температуры мобильного тепловизора зоны операции
 после оперативного вмешательства
 б – лазерная рана после иссечения образования излучением
 Nd:YAG лазера мощностью 3,2 Вт

При проведении контактной термометрии было выявлено изменение температуры в зоне операции в зависимости от топографической области и мощности излучения Nd:YAG лазера. При проведении операций излучением Nd:YAG лазера мощностью 2,4 Вт выявлено снижение температуры в зоне операции во всех группах исследования, что подтверждено данными мобильного тепловизора, наибольшее понижение температуры было при операциях на губе, средние показатели температуры до операции составили $34,49 \pm 1,29^\circ\text{C}$, после операции - $33,6 \pm 0,91^\circ\text{C}$, по сравнению с исходными данными температура понизилась на $0,89^\circ\text{C}$.

Наименьшее понижение температуры выявлено при операциях на языке - на $0,3^{\circ}\text{C}$, что меньше чем на губе в 3 раза. Проведенная статистическая обработка данных показала значимую разницу показателей температуры до и после операции излучением неодимового лазера мощностью лазера 2,4 Вт в 1, 2, 3, 4 и 8 группах, в 5, 6 и 7 группах разница была статистически не значимой, данные представлены в Таблице 48.

Таблица 48 – Показатели термометрии по топографическим областям, мощность Nd:YAG лазера 2,4 Вт

	Топографическая область	Мощность 2,4 Вт		P*
		t° C до операции (min-Max)	t° C после операции (min-Max)	
1 группа	Краевая (маргинальная) десна	(30,6-35,6) 32,56±1,16	(28,0-35,0) 31,76±1,05	4,009e-05
2 группа	Уздечки верхней и нижней губ, преддверие рта	(32,5-35,7) 34,22±0,63	(31,6-35,0) 33,4±0,63	0,0004
3 группа	Слизистая оболочка альвеолярной кости	(30,6-36,1) 33,64±1,22	(29,9-34,9) 32,94±1,11	0,006
4 группа	Губа (нижняя)	(30,9-37,0) 34,49±1,29	(30,0-35,6) 33,6±0,91	0,006
5 группа	Небо	(30,6-35,2) 33,27±1,17	(30,1-34,8) 32,77±0,99	0,228
6 группа	Язык	(31,8-36,4) 33,99±1,4	(31,5-35,8) 33,66±1,29	0,125
7 группа	Щека (слизистая оболочка)	(33,8-36,3) 35,02±0,74	(33,3-35,8) 34,49±0,76	0,173
8 группа	Ретромолярная область	(34,7-36,1) 35,66±0,28	(34,4-35,8) 35,21±0,32	0,04

Примечание. * – критерий Уилкокса T, статистически значимым результат считали при $p < 0,05$

При проведении операций излучением Nd:YAG лазера мощностью 3,2 Вт также выявлено снижение температуры в зоне операции во всех группах исследования, что подтверждено данными мобильного тепловизора, однако в два раза меньше чем при мощности 2,4 Вт. Наибольшее понижение температуры было при операциях на уздечках верхней губы и нижней губы, преддверия рта, средние показатели температуры до операции составили $33,79 \pm 0,46^{\circ}\text{C}$, после операции - $33,41 \pm 0,48^{\circ}\text{C}$, по сравнению с исходными данными температура понизилась на $0,4^{\circ}\text{C}$. Наименьшее понижение температуры выявлено при операциях на языке - на

0,2°C. Статистический анализ полученных данных показал достоверную разницу показателей температуры до и после операции излучением неодимового лазера мощностью лазера 3,2 Вт во 2 и 8 группах, в 3, 6 и 7 группах статистически достоверной разницы не было выявлено, данные представлены в Таблице 49.

Таблица 49 – Показатели термометрии по топографическим областям мощность Nd:YAG лазера 3,2 Вт

	Топографическая область	Мощность 3,2 Вт		P*
		t° С до операции (min-Max) 33,79±0,46	t° С после операции (min-Max) 33,41±0,48	
2 группа	Уздечки верхней и нижней губ, преддверие рта	(33,1-34,7) 33,79±0,46	(32,5-34,2) 33,41±0,48	0,003
3 группа	Слизистая оболочка альвеолярной кости	(31,2-35,6) 33,45±1,18	(30,8-34,8) 33,19±1,08	0,281
6 группа	Язык	(33,1-35,6) 34,49±1,29	(32,8-35,2) 34,25±0,64	0,053
7 группа	Щека (слизистая оболочка)	(34,8-36,3) 35,06±0,51	(33,8-35,8) 34,77±0,5	0,121
8 группа	Ретромолярная область	(34,6-36,2) 35,15±0,36	(34,3-35,8) 34,91±0,36	0,043

Примечание. * – критерий Уилкокса T, статистически значимым результат считали при $p < 0,05$

По полученным результатам термометрии при режимах работы Nd:YAG лазера: энергия 80 мДж, частота 40 Гц, короткие импульсы 350 нс (режим «short»), мощность 3,2 Вт; энергия 60 мДж, длительность импульса 350 нс (режим «short»), частота импульса 40 Гц, мощность 2,4 Вт перегрева тканей не выявлено. Отмечено снижение локальной температуры после операции во всех группах исследования при мощности 2,4 Вт от 0,3°C до 0,89°C, при 3,2 Вт от 0,2°C до 0,4°C (Рисунок 192), что клинически иллюстрируется стабильным протеканием фазы регенерации мягких тканей, минимальным отеком и болью, более ранней реорганизацией рубца.

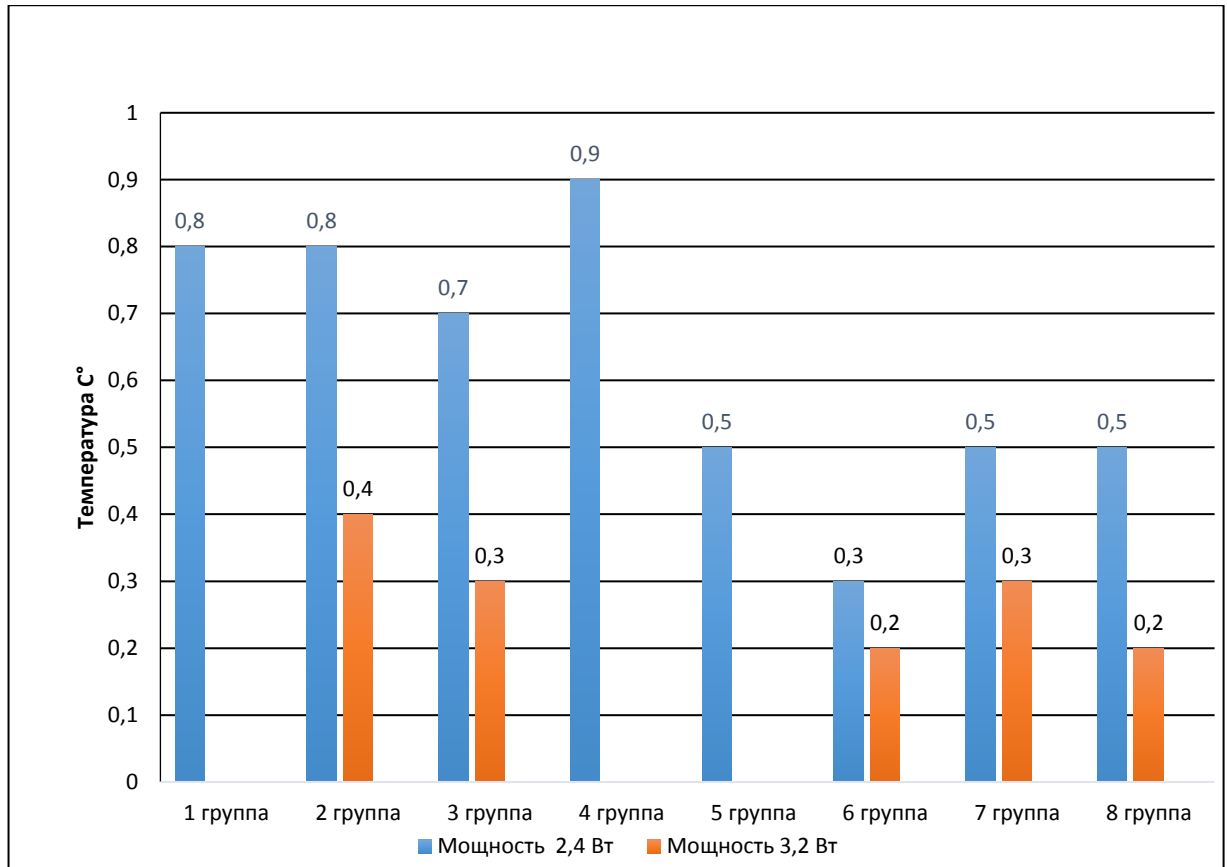


Рисунок 192 – Разница показателей термометрии при мощности излучения Nd:YAG лазера 2,4 Вт И 3,2 Вт по топографическим областям

5.6. Содержание провоспалительных и противовоспалительных интерлейкинов в смешанной слюне пациентов в динамике

Наряду с клиническими исследованиями области оперативного вмешательства у пациентов со стоматологическими заболеваниями в нашей работе проводили исследование цитокинового профиля смешанной слюны, сравнительные результаты мониторинга представлены в Таблице 50.

Динамику изменений показателей смешанной слюны прослеживали трёхкратно: до лечения, через 7 и 30 суток. Согласно полученным данным до операции у пациентов со стоматологическими заболеваниями разницы показателей IL1 β , IL6, IL10 между сравниваемыми группами при хирургическом лечении неодимовым лазером и скальпелем не выявлено, что говорит об однородности групп. Однако разница показателей уровня IL1 β и IL6 до операции в обеих была

статистически не значимой (Рисунок 193), а вот разница количества IL10 до операции в группах скальпеля и лазера была статистически значимой ($W=44046$, $p=0,01$, $p<0,05$), что может быть связано с разным количеством пациентов, имеющих стоматологические заболевания полости рта с выраженным воспалительным процессом (Рисунок 194).

Таблица 50 – Средние показатели маркеров воспалительной реакции ($M\pm m$)

Цитокины	Сутки	Группы		P*
		1-я группа Nd:YAG лазер	2-я группа Скальпель	
IL1 β (пг/мл)	до операции	209,04 \pm 44,47	209,89 \pm 44,29	W = 50071, p= 0,84, p>0,05
	7	291,33 \pm 69,46	347,48 \pm 89,61	W = 68445, p<2,2e-16, p<0,0001
	30	141,57 \pm 18,91	154,47 \pm 21,06	W = 67175, p=1,481e-14, p<0,001
IL6 (пг/мл)	до операции	97,88 \pm 14,29	97,58 \pm 14,04	W = 49221, p= 0,86, p>0,05
	7	174,97 \pm 50,35	211,91 \pm 47,69	W = 73002, p<2,2e-16, p<0,0001
	30	90,91 \pm 8,63	93,56 \pm 8,7	W = 59536, p=1,395e-05, p<0,05
IL10 (пг/мл)	до операции	187,4 \pm 31,46	183,72 \pm 32,5	W = 44046, p= 0,01, p<0,05
	7	282,3 \pm 107,68	337,51 \pm 107,01	W = 69194, p<2,2e-16, p<0,0001
	30	168,1 \pm 11,25	170,58 \pm 11,17	W = 55218, p=0,01, p<0,05

Примечание. * – критерий Уилкокса T, статистически значимым результат считали при $p<0,05$

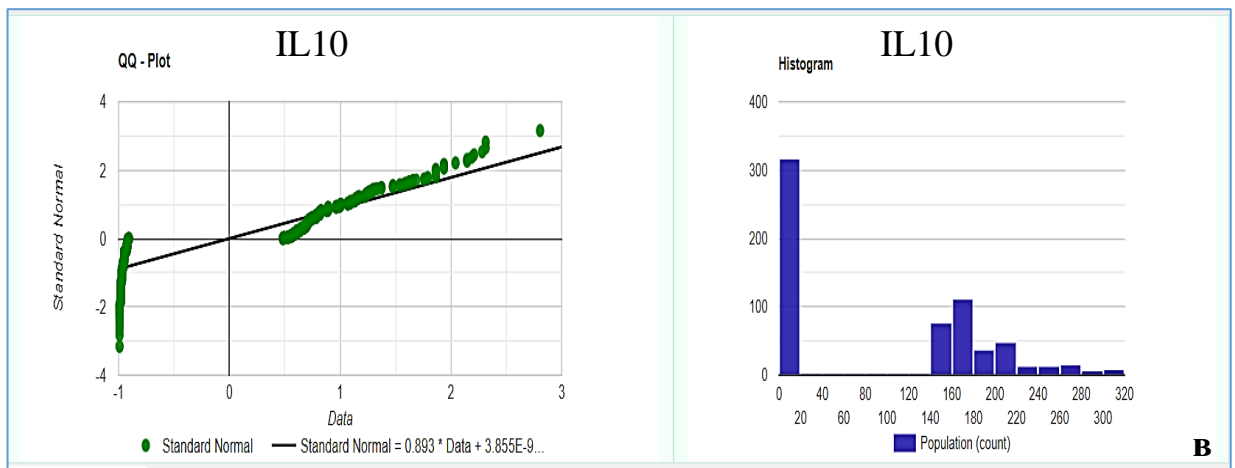
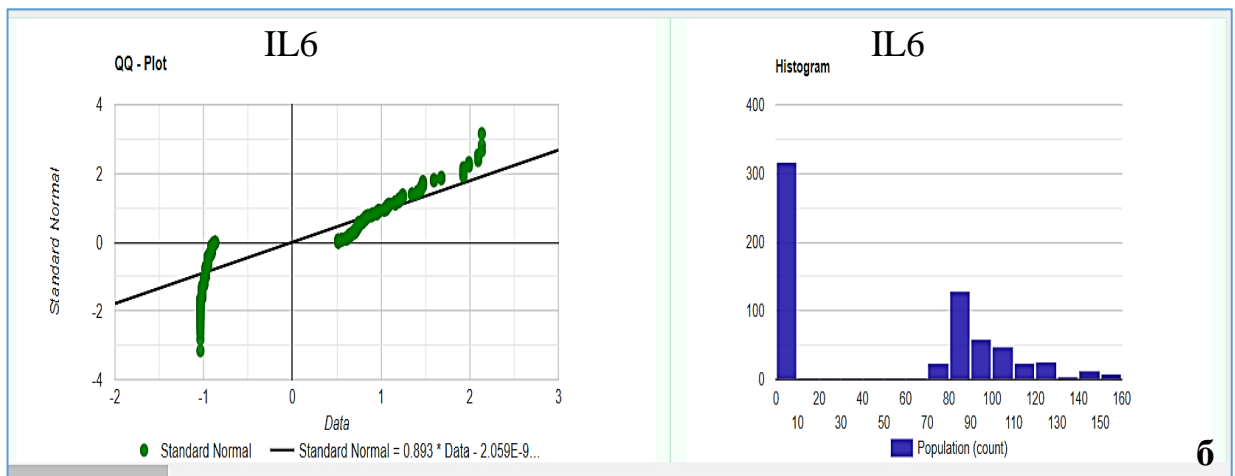
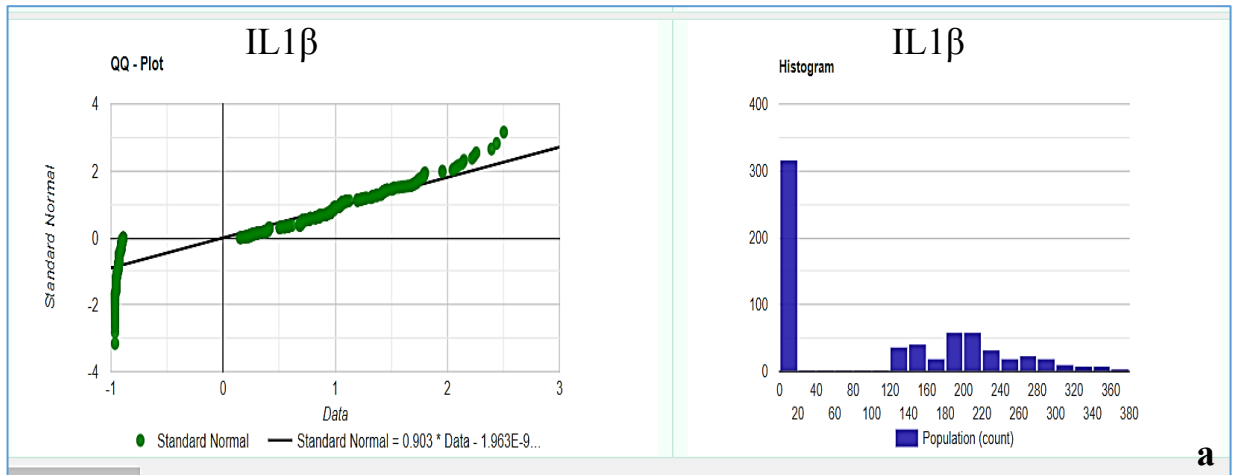


Рисунок 193 – Исходные показатели цитокинового профиля у пациентов 1-й группы, оперированных неодимовым лазером:
 а – IL1β б – IL6 в – IL10

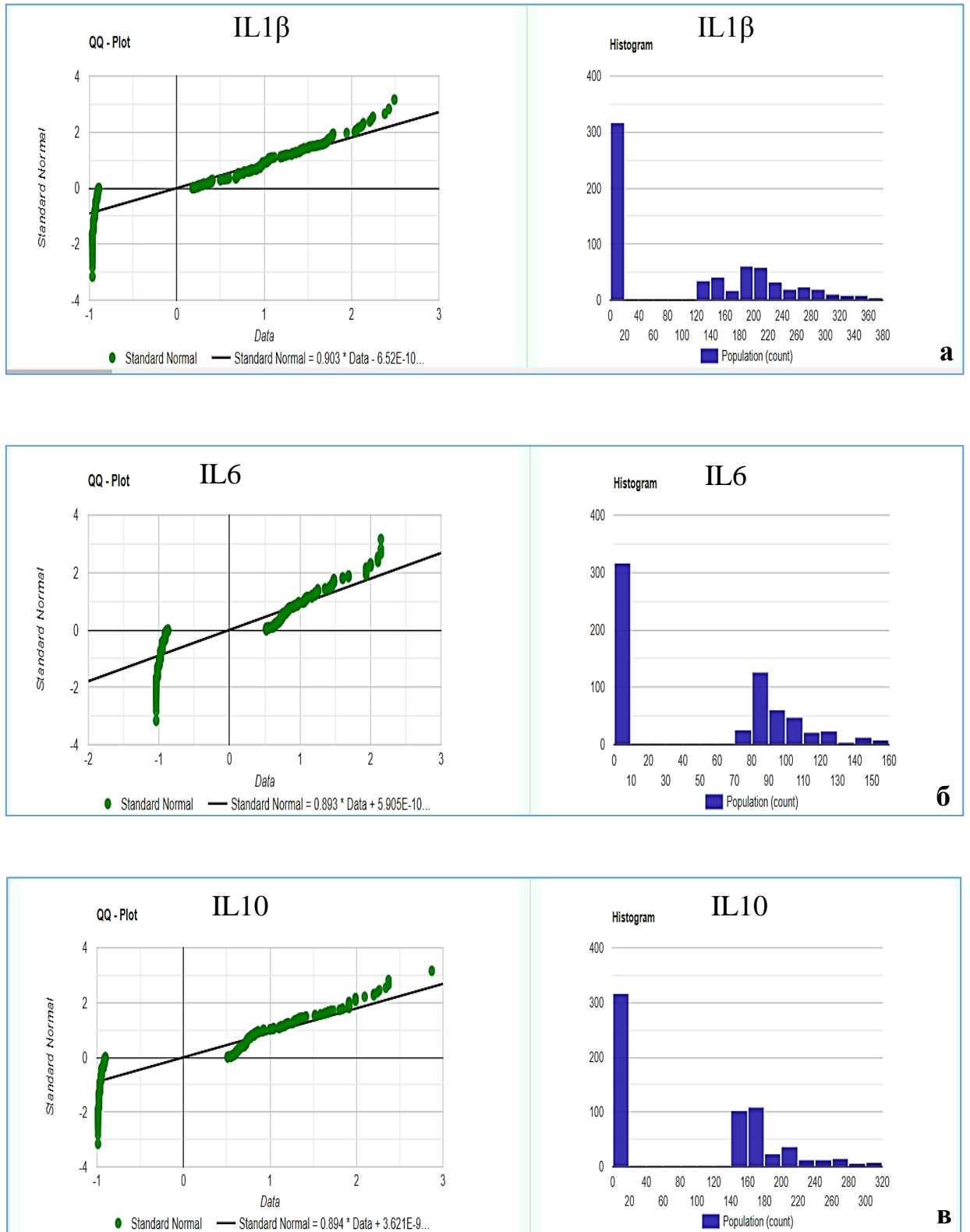


Рисунок 194 – Исходные показатели цитокинового профиля у пациентов 2-й группы, оперированных скальпелем:
 а – IL1 β б – IL6 в – IL10

На 7-е сутки выявлены статистически достоверные различия между группами, отмечена тенденция к увеличению показателей IL1 β , IL6, IL10, так достоверно возросло количество IL1 β ($p < 0,0001$) и IL6, IL10 ($p < 0,05$). Наибольшее увеличение показателей IL1 β , IL6 и IL10 на 7-е сутки было у пациентов 2-й группы, у которых операции проводили с помощью скальпеля лезвием №15С. Следует отметить, что количество провоспалительного IL10 у пациентов 2-й группы было существенно больше чем у пациентов в 1-й группе, оперированных неодимовым лазером – $337,51 \pm 107,01$ пг/мл и $282,3 \pm 107,68$ пг/мл соответственно. Уровень IL1 β увеличился в 1,4 раза при операциях лазером, в случае операции скальпелем – 1,7 раза. Аналогичная ситуация отмечена и для IL6, при операциях скальпелем уровень IL6 увеличился в 2,2 раза, а при операциях лазером в 1,8 раз, что значительно меньше при одинаковых исходных данных. Хочется отметить, что повышение показателей интерлейкинов внутри групп у пациентов также было неравномерным, наиболее высокие показатели получены у пациентов, которым операции выполняли неодимовым лазером – френулотомию, вестибулопластику, оперкулэктомия, удаление инородного тела полости рта, новообразований полости рта (гемангиома, мукоцеле малой слюнной железы) и участков веррукозной лейкоплакии если площадь раневой поверхности была более $1,0 \text{ см}^2$, а небольшое повышение активности цитокинов было выявлено у пациентов, у которых площадь послеоперационной раны была от $0,5$ до $1,0 \text{ см}^2$. У пациентов, оперированных лазером, у которых в послеоперационном периоде площадь раневой поверхности была менее $0,5 \text{ см}^2$ показатели интерлейкинов соответствовали норме или повышение было незначительном (Рисунок 195). При операциях скальпелем наоборот, у всех пациентов было отмечено повышение показателей цитокинов в разной степени, причем в 0,3-0,4 раза больше (Рисунок 196). Разница уровней IL1 β ($p < 2.2e-16$, $p < 0,0001$), IL6 ($p < 2.2e-16$, $p < 0,0001$) и IL10 ($p < 2.2e-16$, $p < 0,0001$) на 7-е сутки после операций в обеих группах была статистически значимой. После проведенных операций излучением Nd:YAG лазера на 7-е сутки у всех пациентов отмечен менее выраженный цитокиновый

ответ, что может быть связано с предотвращением иммунодепрессивного эффекта оперативного вмешательства.

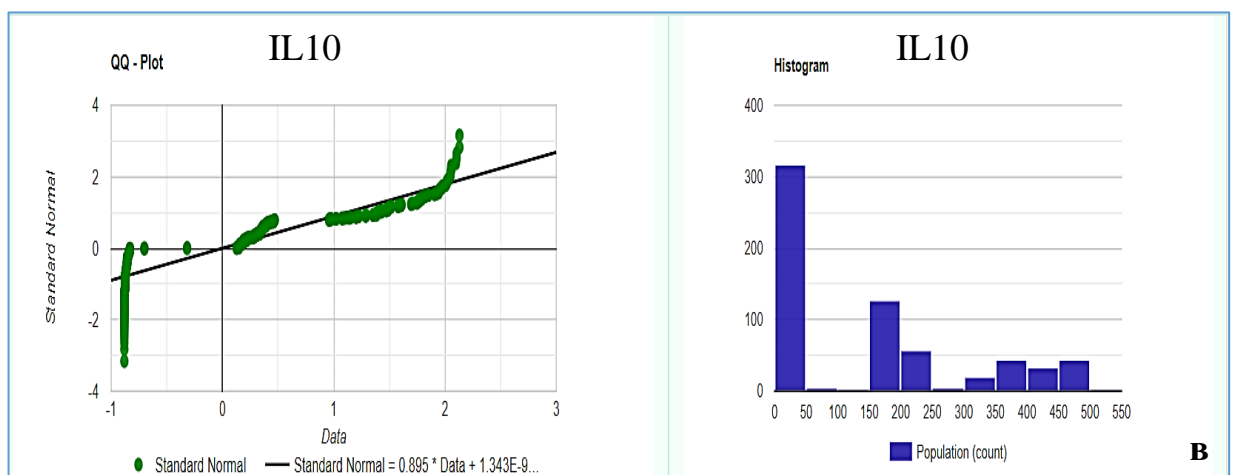
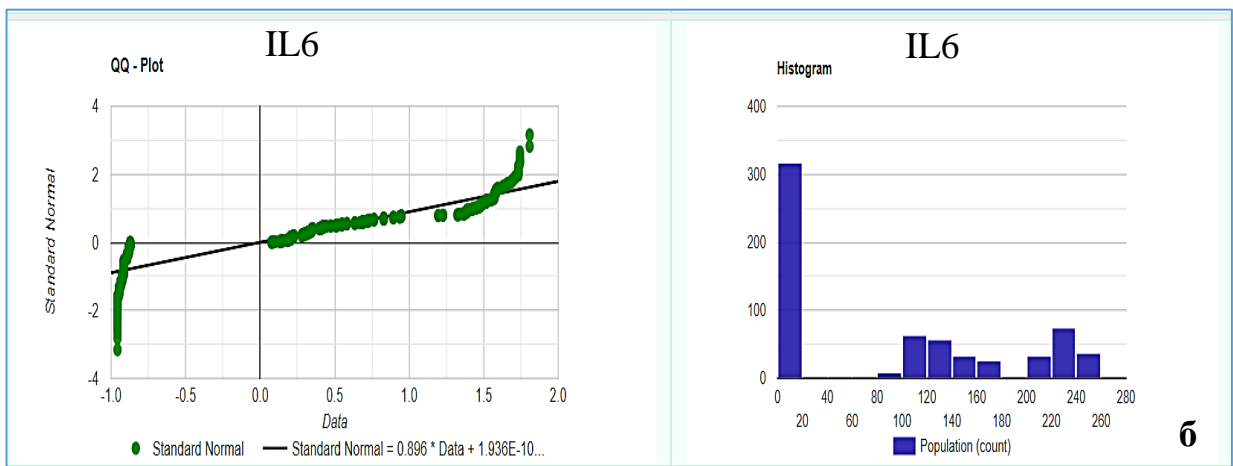
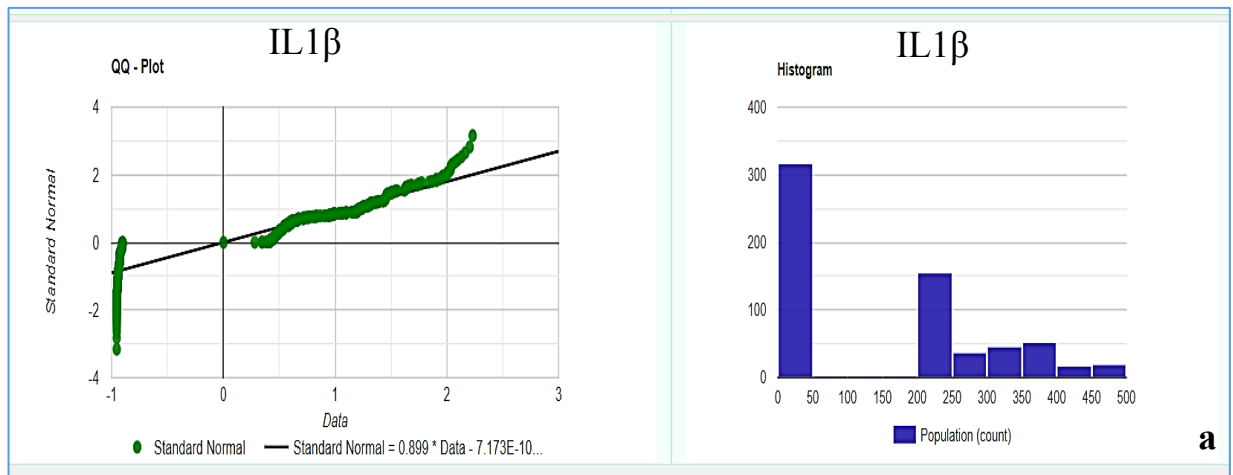


Рисунок 195 – Показатели цитокинового профиля на 7-е сутки у пациентов 1-й группы, оперированных неодимовым лазером:
а – IL1β б – IL6 в – IL10

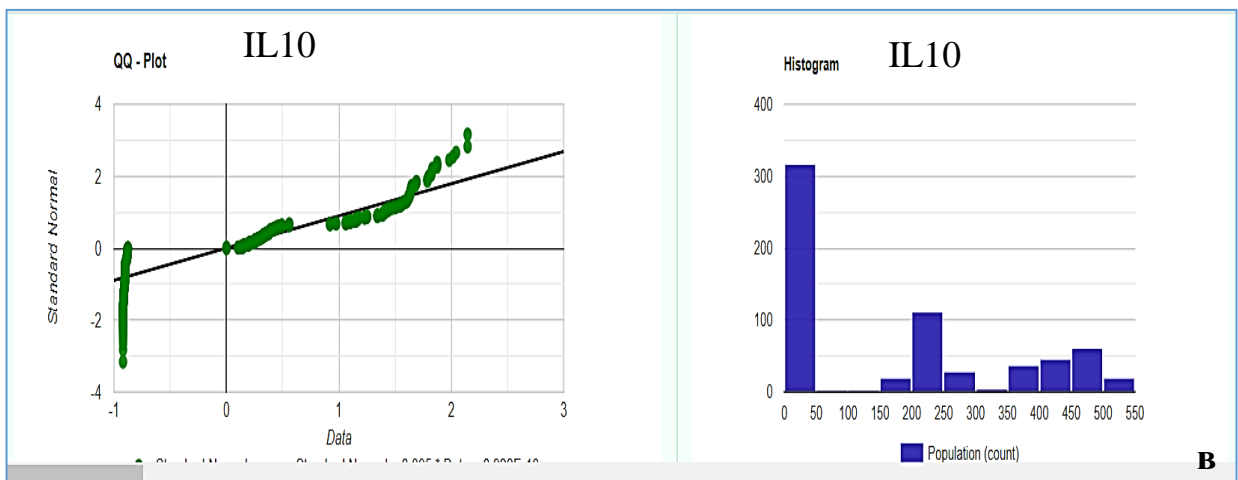
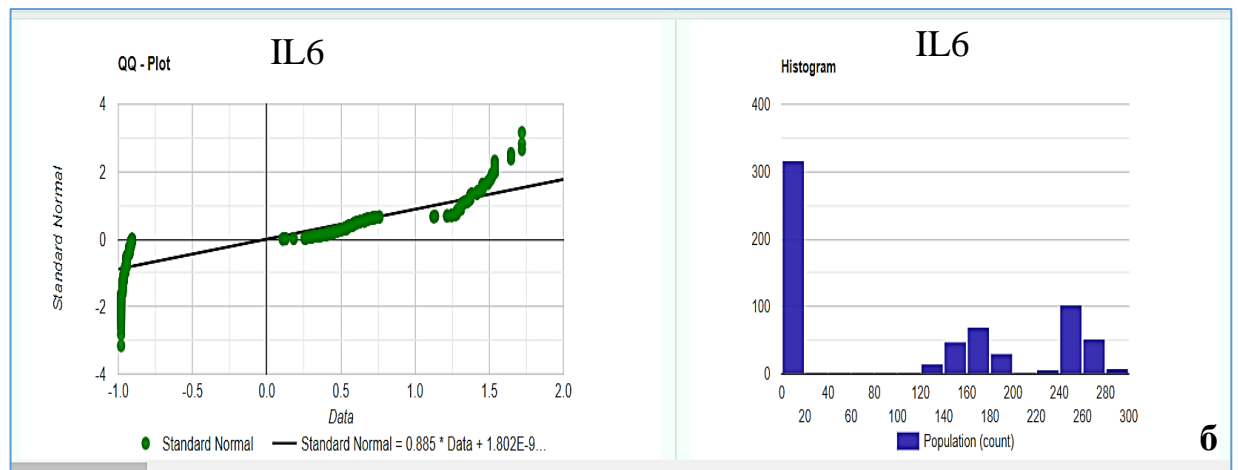
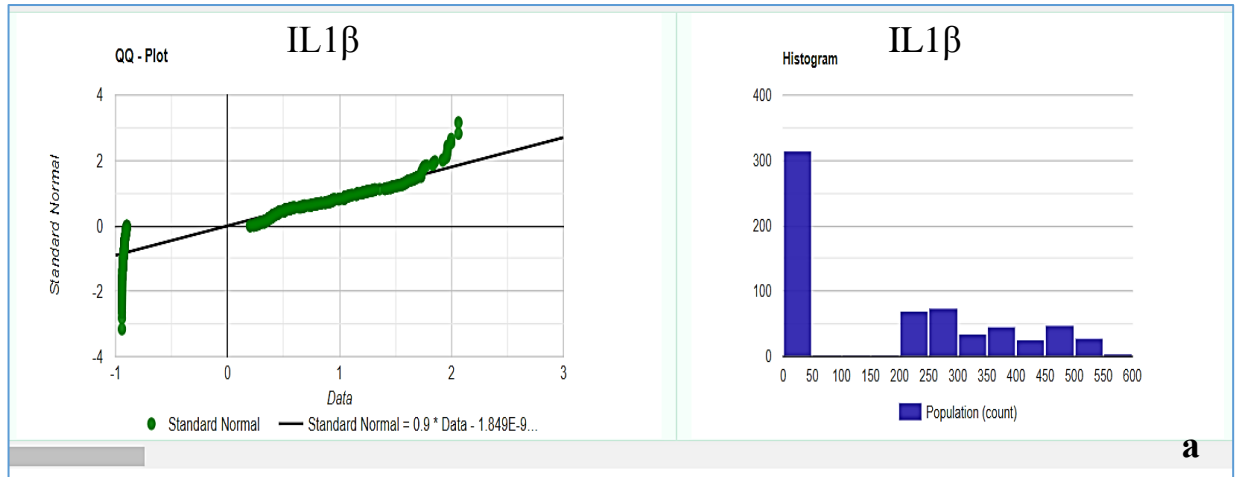


Рисунок 196 – Показатели цитокинового профиля на 7-е сутки у пациентов 2-й группы, оперированных скальпелем:
 а – IL1β б – IL6 в – IL10

На 30-е сутки после лечения неодимовым лазером отмечена полная нормализация уровней для IL1 β , IL6 и IL10 (Рисунок 197.)

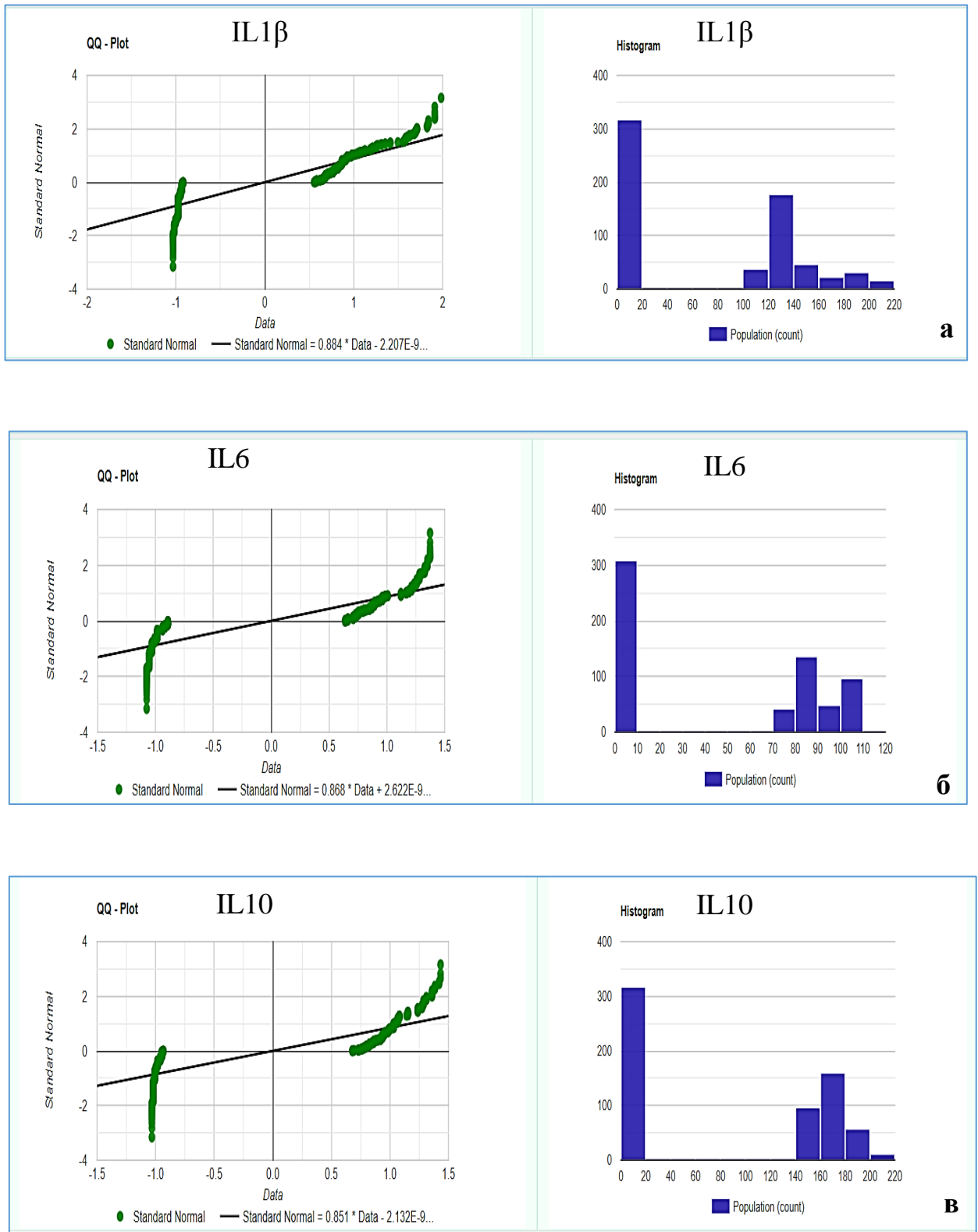


Рисунок 197 – Показатели цитокинового профиля на 30-е сутки у пациентов 1-й группы, оперированных неодимовым лазером:
а – IL1 β б – IL6 в – IL10

Во 2-й группе у пациентов, оперированных скальпелем, при нормализации показателей IL6 и IL10 на 30-е сутки всё-таки оставался незначительно повышенным показатель IL1 β (Рисунок 198).

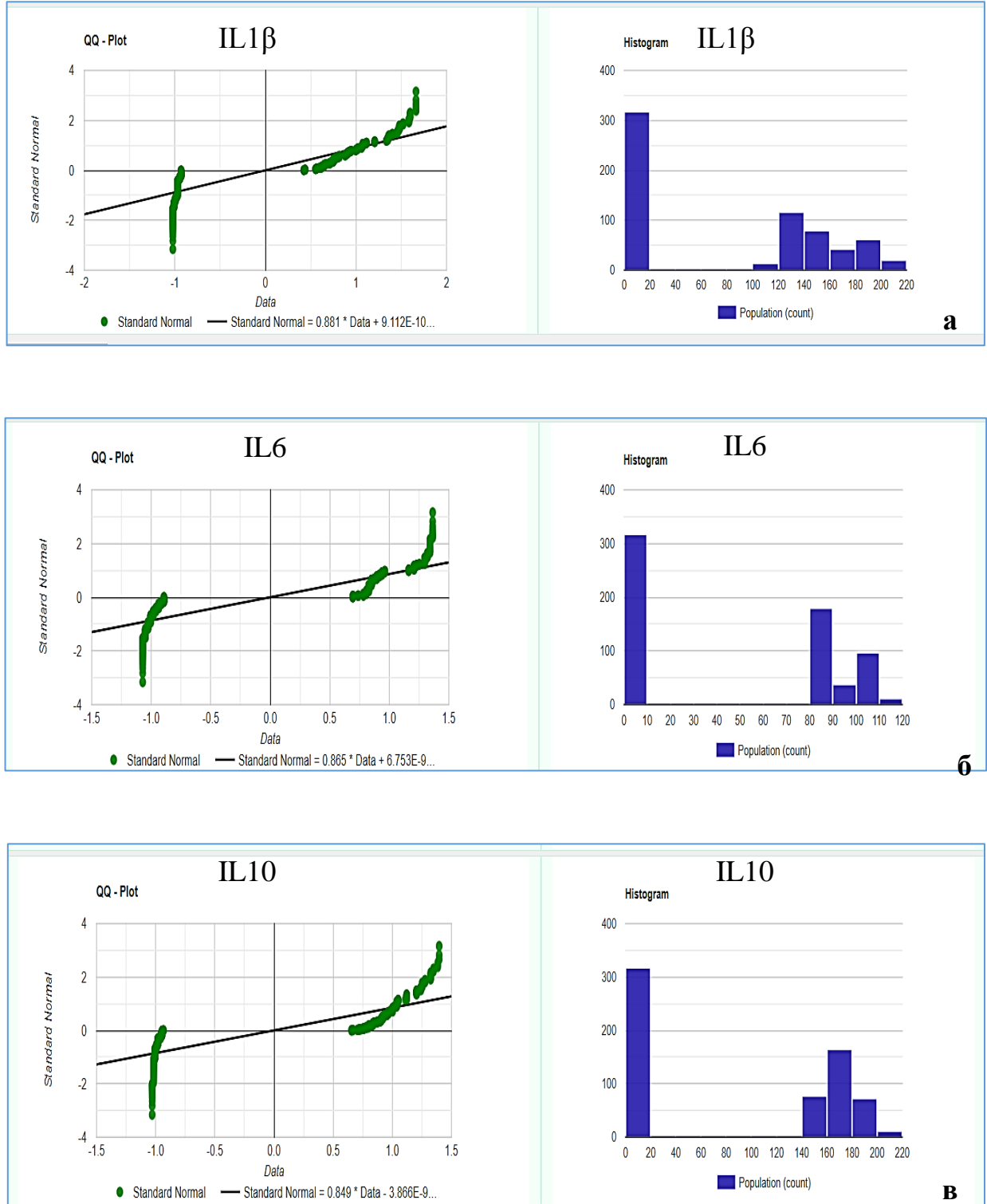


Рисунок 198 – Показатели цитокинового профиля на 30-е сутки у пациентов 2-й группы, оперированных скальпелем:
а – IL1 β б – IL6 в – IL10

Согласно полученным данным цитокиновый профиль у пациентов со стоматологическими заболеваниями полости рта при лечении с помощью излучения Nd:YAG лазера приходил в норму быстрее, чем при лечении скальпелем, и через 30 суток после лечения практически достигал нормальных значений в обеих группах. Следовательно, цитокиновый индекс смешанной слюны при хирургическом лечении пациентов со стоматологическими заболеваниями является важным диагностическим маркером выраженности воспаления, причём провоспалительные цитокины IL1 β и IL6 участвуют в формировании местной воспалительной реакции и их степень повышения отражает тяжесть процесса: при операциях лазером их концентрация соответственно меньше в 0,5 раза, чем при операциях скальпелем.

Также количество противовоспалительного цитокина IL10 существенно менялось на 7-е сутки, причем значительное его повышение отмечено у пациентов, оперированных скальпелем – в 0,6 раза больше чем у пациентов, оперированных лазером, а через 30 суток данный цитокин приходил к норме, но за некоторым исключением – так, цитокин IL10 при операциях с помощью Nd:YAG лазера соответствовал норме, отсутствие полной нормализации этого параметра отмечено у пациентов, оперированных скальпелем. Динамика различий этих показателей представлена на диаграммах (Рисунок 199, 200, 201).

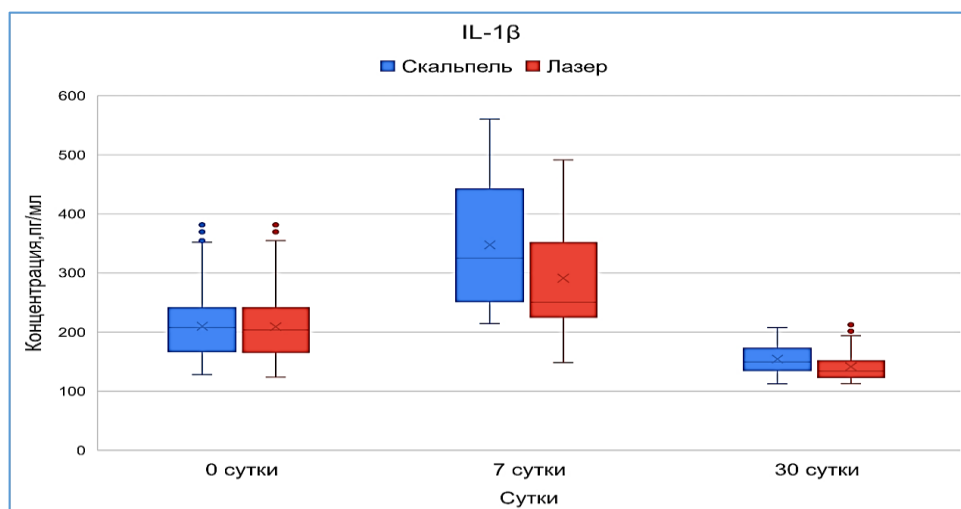


Рисунок 199 – Динамика цитокинового индекса IL1 β у пациентов 1-й и 2-й группы

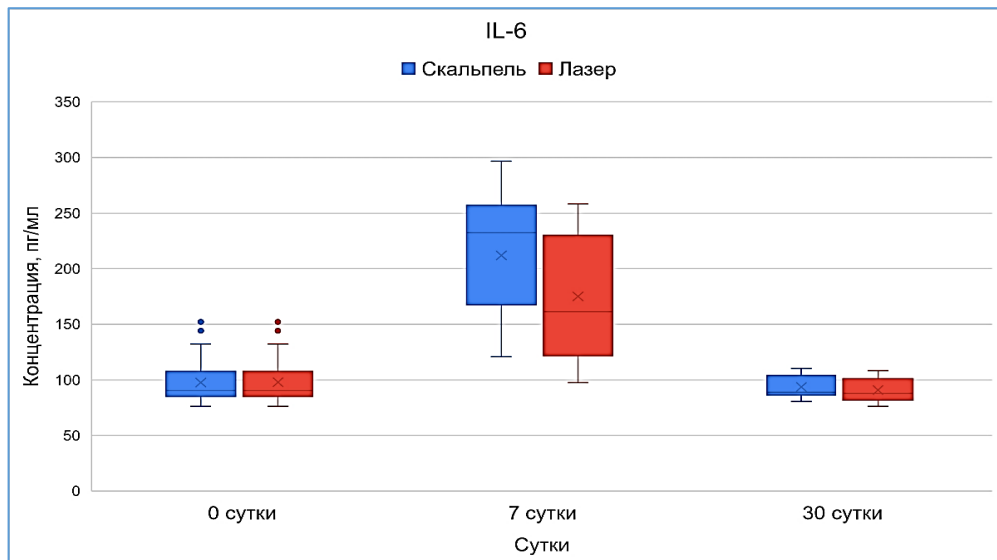


Рисунок 200 – Динамика цитокинового индекса IL6 у пациентов 1-й и 2-й группы

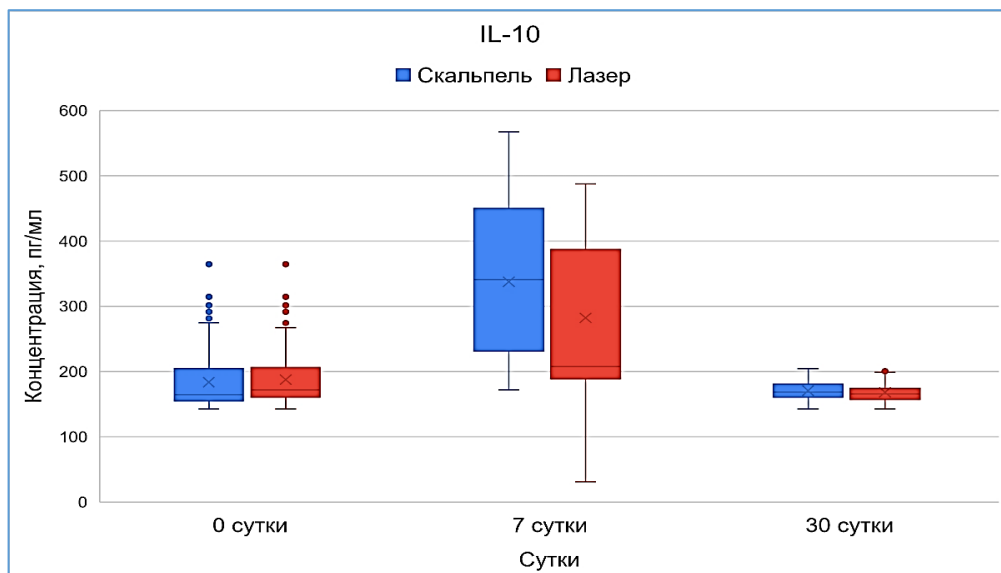


Рисунок 201 – Динамика цитокинового индекса IL10 у пациентов 1-й и 2-й группы

5.7. Содержание показателей местного иммунитета SIgA, IgG, IgM в смешанной слюне пациентов в динамике

Оценку местного иммунитета в полости рта у пациентов со стоматологическими заболеваниями изучали по показателям SIgA, IgG общий, IgM общий в смешанной слюне до операции, через 7 и 30 суток после операции.

Согласно полученным до операции у пациентов со стоматологическими заболеваниями полости рта исходные показатели SIgA были снижены, а показатели общего IgG и общего IgM статистически достоверно были повышены, между сравниваемыми группами при хирургическом лечении неодимовым лазером и скальпелем разницы показателей местного иммунитета не выявлено, группы однородны, данные представлены в Таблице 51.

Таблица 51 – Средние показатели иммуноглобулинов в полости рта у пациентов

Цитокины	Сутки	Группы		p*
		1-я группа Nd:YAG лазер	2-я группа Скальпель	
SIgA (мг/мл)	до операции	0,23±0,02	0,24±0,01	W = 58944, p = 3,481e-05, p<0,001
	7	0,38±0,09	0,20±0,02	W = 45765, p-value< 2,2e-16, p<0,001
	30	0,26±0,05	0,25±0,04	W = 49814, p-value=0,93, p>0,05
IgG (общий) (мг/мл)	до операции	0,148±0,016	0,149±0,015	W = 51886, p = 0,03067, p>0,05
	7	0,151±0,015	0,143±0,012	W = 59210, p-value = 1.572e-05, p<0.001
	30	0,131±0,006	0,141±0,011	W = 70499, p-value <2,2e-16, p<0,001
IgM (общий) (мг/мл)	до операции	0,0360±0,009	0,0369±0,008	W = 53500, p = 0,08, p>0,05
	7	0,0242±0,006	0,069±0,022	W = 96492, p-value <2,2e-16, p<0,001
	30	0,0195±0,002	0,0231±0,006	W = 63544, p-value =1,049e-09, p<0,001

Примечание. * – критерий Уилкокса T, статистически значимым результат считали при $p<0,05$

Однако внутри обеих групп выявленная небольшая (0,01 мг/мл) разница показателей уровня SIgA до операции, которая была статистически значимой (Рисунок 202, 203).

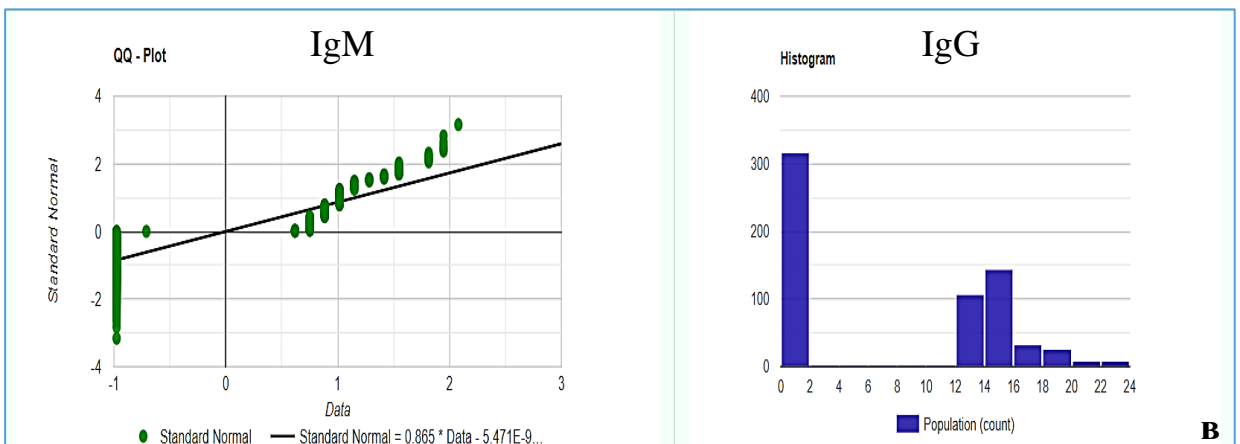
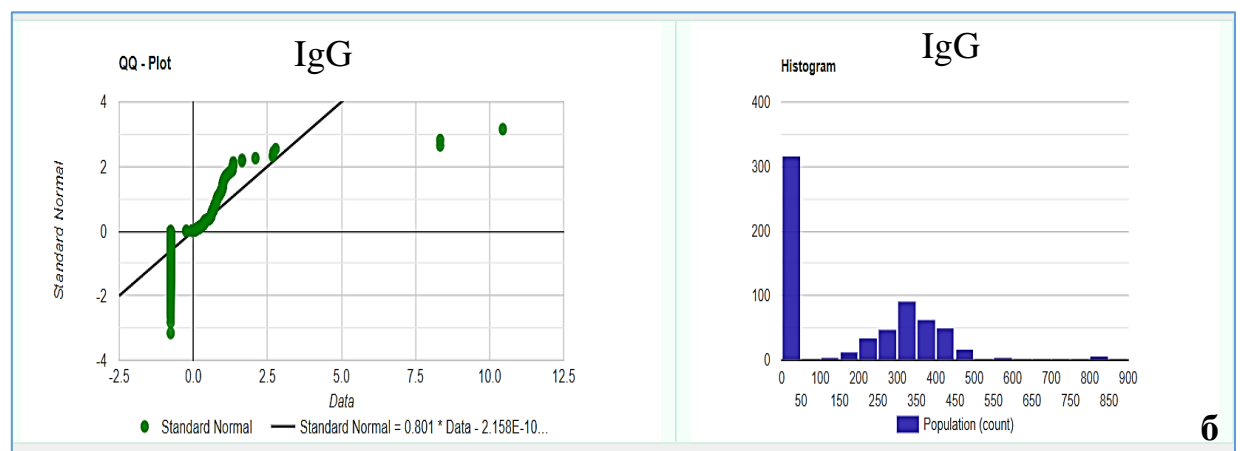
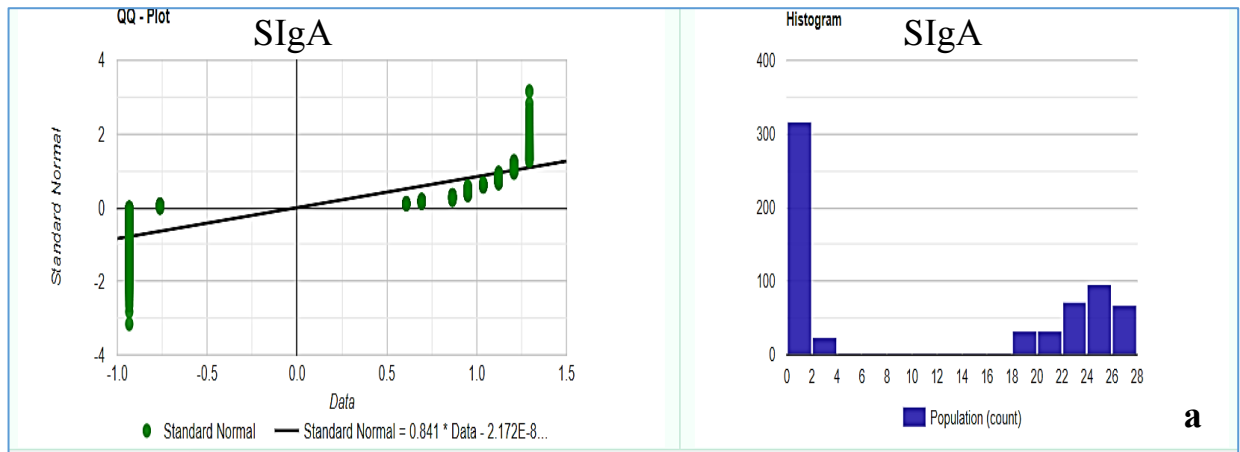


Рисунок 202 – Исходные показатели иммуноглобулинов у пациентов 1-й группы, оперированных неодимовым лазером:
 а – SIgA б – IgG в – IgM

Разница количества общих IgG и IgM до операции в обеих группах была статистически значимой ($p = 0,3067$, $p > 0,05$; $p = 0,08$, $p > 0,05$), что может быть

связано с разным количеством пациентов со стоматологическими заболеваниями полости рта, имеющих воспалительный процесс.

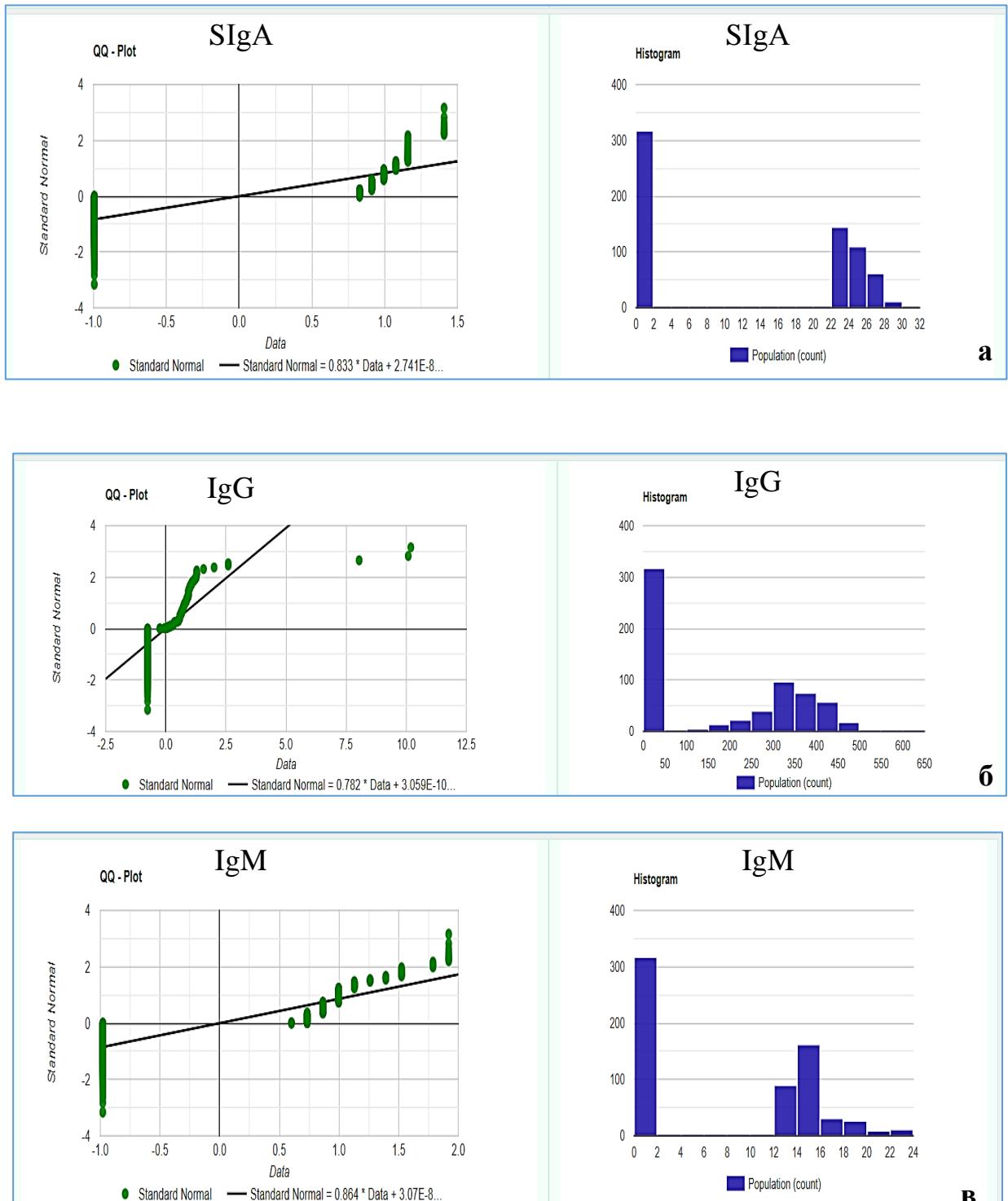


Рисунок 203 – Исходные показатели иммуноглобулинов у пациентов 2-й группы, оперированных скальпелем:
а – SIgA б – IgG в – IgM

У пациентов, имеющих стоматологическое заболевание полости рта, сопровождающееся выраженным воспалительным процессом показатель SIgA до операции, был снижен, а общий IgG и общий IgM были повышены, что подтверждает снижение защитной роли SIgA и преобладание воспалительного компонента IgG над защитным в полости рта, тогда как у пациентов со стоматологическими заболеваниями полости рта без выраженного воспалительного процесса эти значения не отличались от нормы.

Через 7 суток после операции у пациентов, оперированных скальпелем отмечено дальнейшее снижение содержания защитного SIgA с $0,24 \pm 0,01$ до $0,20 \pm 0,02$ мг/мл, а через 30 суток у пациентов с исходно нормальными показателями местного иммунитета было выявлено полное восстановление активности его содержания. При исходно сниженном показателе SIgA было выявлено его повышение, но оно все равно не достигало нормальных показателей, среднее значение составило $0,25 \pm 0,04$ мг/мл. Было отмечено уменьшение концентрации IgG с $0,149 \pm 0,015$ мг/мл до $0,143 \pm 0,012$ мг/мл, что говорит об уменьшении защитной функции в полости рта, на 30-е сутки значение IgG приближалось к норме и составило $0,141 \pm 0,011$. Количество IgM достоверно повышалось ($p > 0,05$) на 7-е сутки, по сравнению с исходными показателями с $0,0369 \pm 0,008$ мг/мл до $0,069 \pm 0,022$ мг/мл, через 30 суток в смешанной слюне пациентов количество IgM приближалось к норме и составило до $0,0231 \pm 0,006$ мг/мл (Рисунок 204, Рисунок 205).

После операций излучением неодимового лазера в смешанной слюне пациентов на 7-е сутки наблюдали повышение содержания SIgA с $0,23 \pm 0,02$ мг/мл до $0,38 \pm 0,09$ мг/мл, а через 30 суток уменьшение содержания до нормальных показателей $0,26 \pm 0,05$ мг/мл. Также на 7-е сутки после операций лазерным излучением произошло небольшое увеличение содержания IgG с $0,148 \pm 0,016$ мг/мл до $0,151 \pm 0,015$ мг/мл и через 30 суток – наоборот, снижение до нормальных показателей $0,131 \pm 0,006$ мг/мл. Это свидетельствует о возрастании защитной роли секреторного SIgA и способности эпителиальных клеток слизистой оболочки рта продуцировать секреторный компонент. Количество IgM достоверно понижалось

на 7-е сутки по сравнению с исходными показателями с $0,0360 \pm 0,009$ мг/мл до $0,0242 \pm 0,0006$ мг/мл и через 30 суток количество IgM было нормальным $0,0195 \pm 0,002$ мг/мл (Рисунок 206, 207).

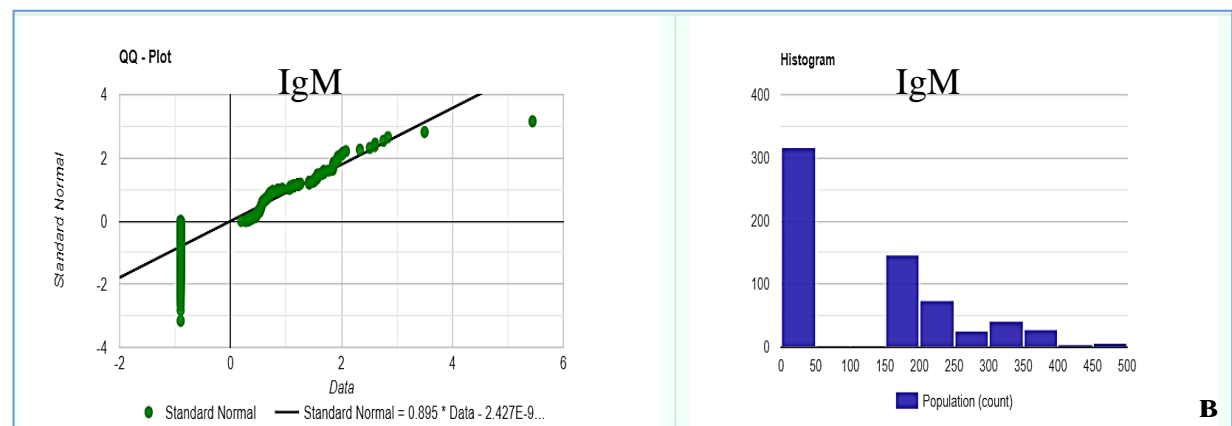
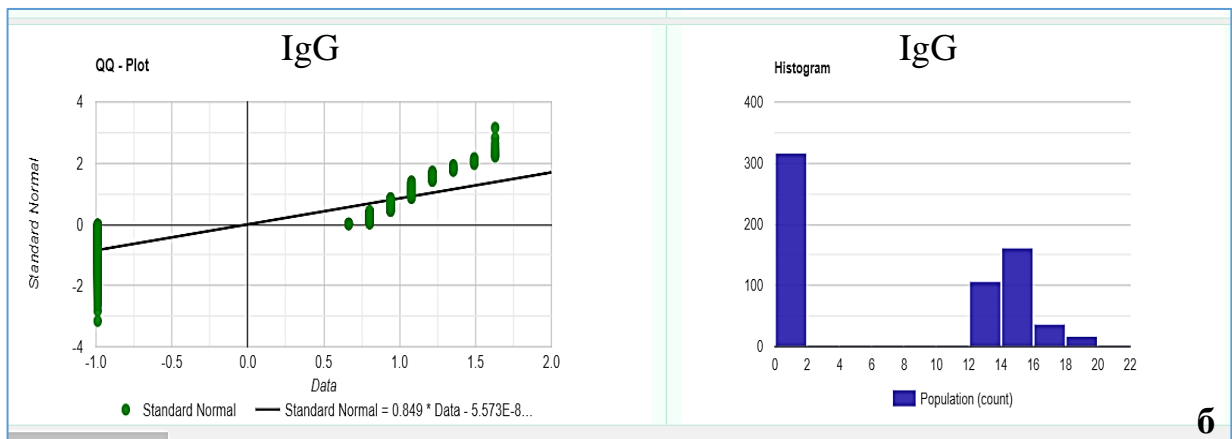
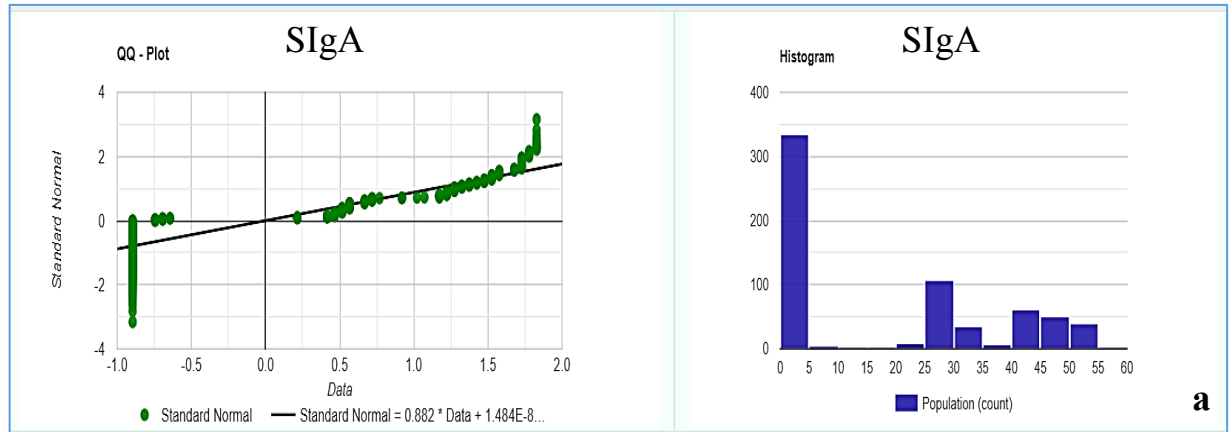


Рисунок 204 – Показатели иммуноглобулинов на 7-е сутки у пациентов 1-й группы, оперированных неодимовым лазером:
а – SIgA б – IgG в – IgM

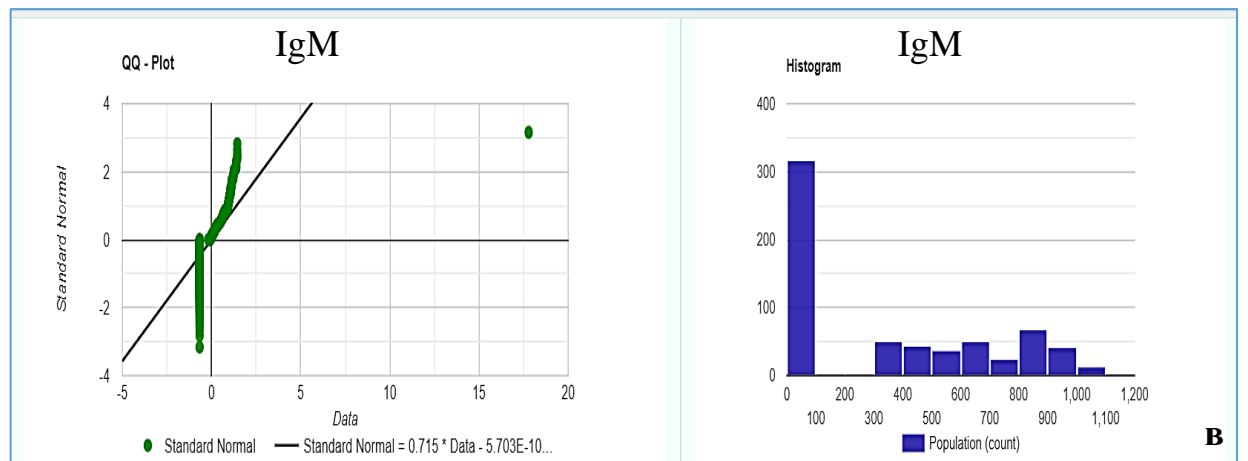
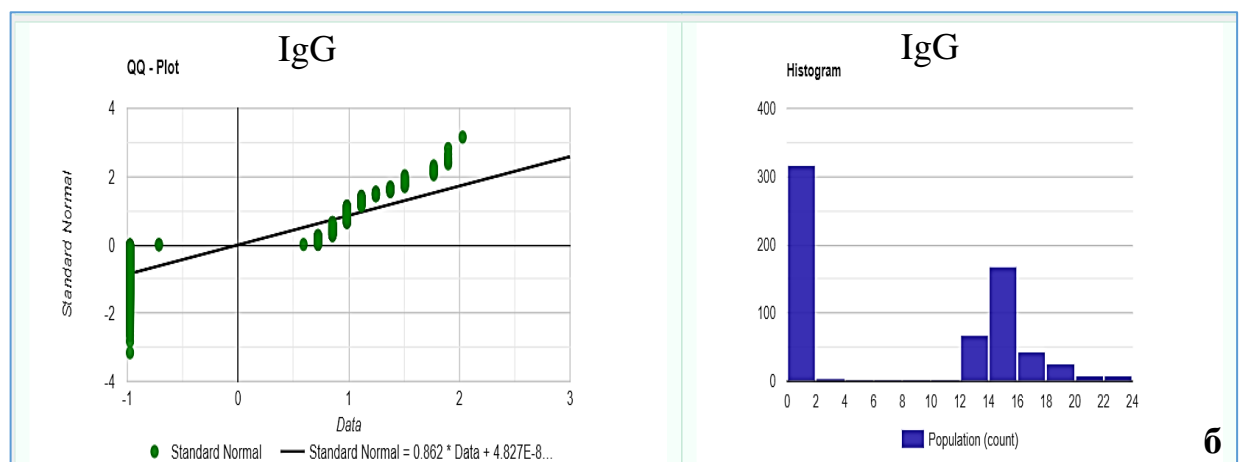
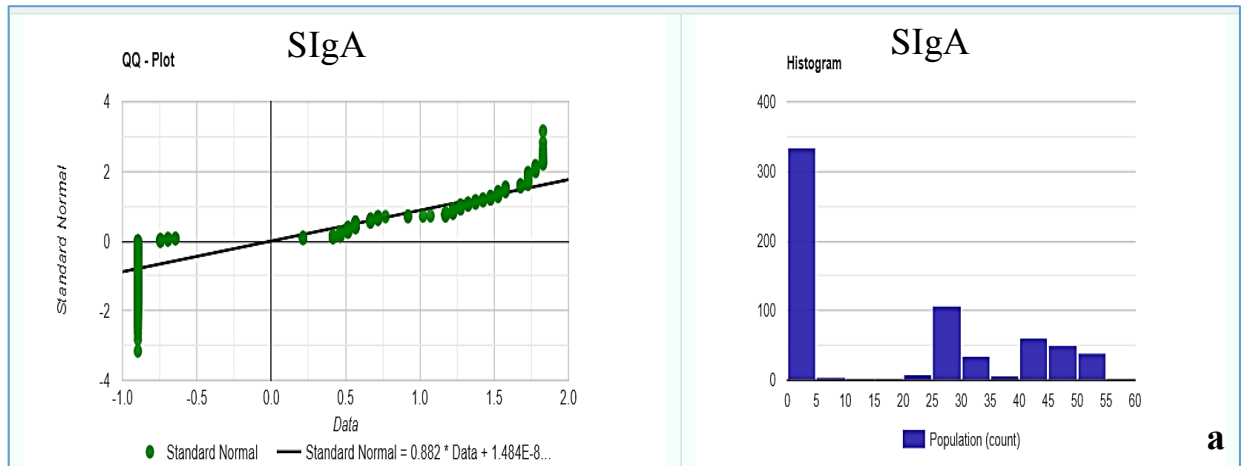


Рисунок 205 – Показатели иммуноглобулинов на 7-е сутки у пациентов 2-й группы, оперированных скальпелем:
 а – SIgA б – IgG в – IgM

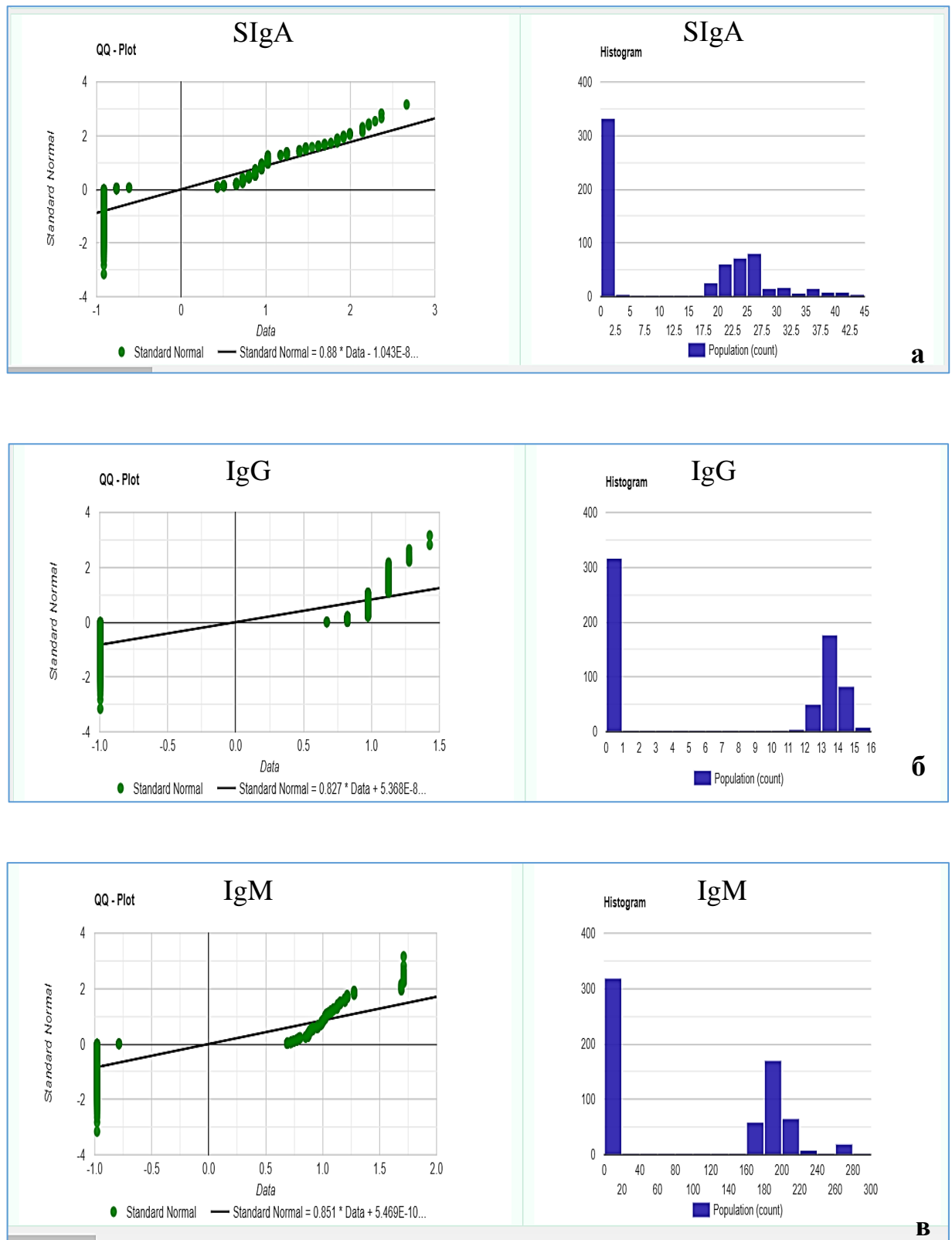


Рисунок 206 – Показатели иммуноглобулинов на 30-е сутки у пациентов 1-й группы, оперированных неодимовым лазером:
 а – SIgA б – IgG в – IgM

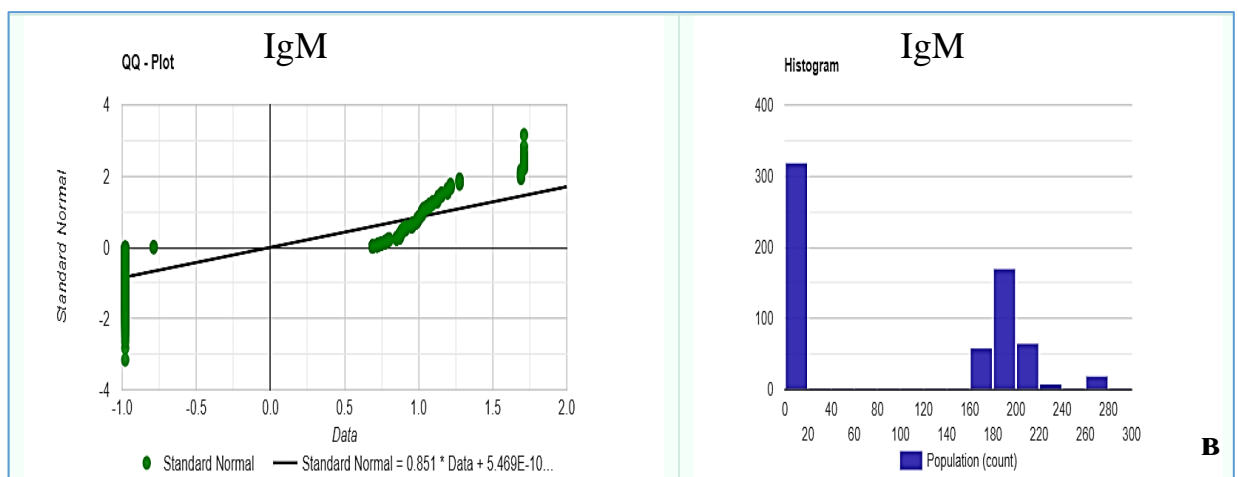
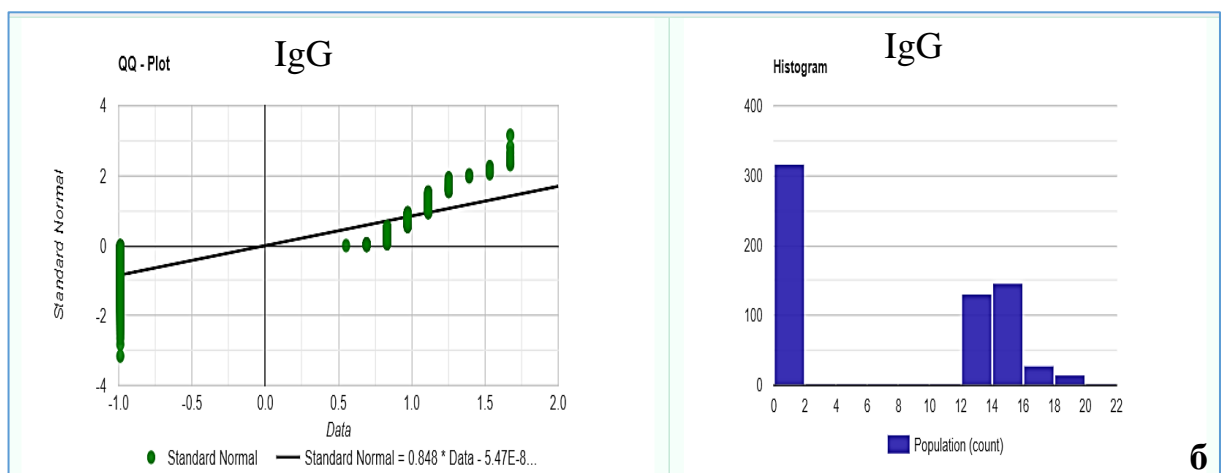
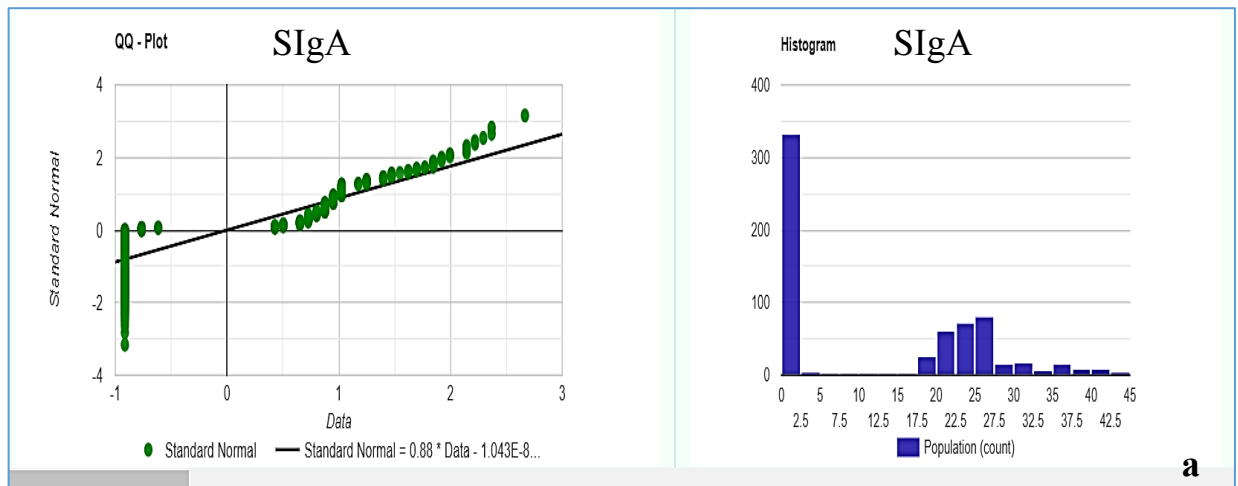


Рисунок 207 – Показатели иммуноглобулинов на 30-е сутки у пациентов 2-й группы, оперированных скальпелем:
а – SIgA б – IgG в – IgM

Согласно полученным данным после операций Nd:YAG лазером на 7-е сутки наблюдали увеличение активности показателей преимущественно секреторных и в

меньшей степени клеточных механизмов защиты, это вероятно связано со способностью неодимового лазера стимулировать выход в полость рта иммунокомпетентных клеток, которые восстанавливают секреторные и клеточные механизмы защиты. На 30-е сутки после лечения показатели достигали нормальных значений.

При традиционном лечении скальпелем на 7-е сутки отмечено снижение показателей местного иммунитета, что предположительно объясняется иммунодепрессивным воздействием оперативного лечения, на 30-е сутки показатели приближались к норме. Динамика различий показателей SIgA, IgG общий, IgM общий в смешанной слюне представлена на диаграммах (Рисунок 208, 209, 210).

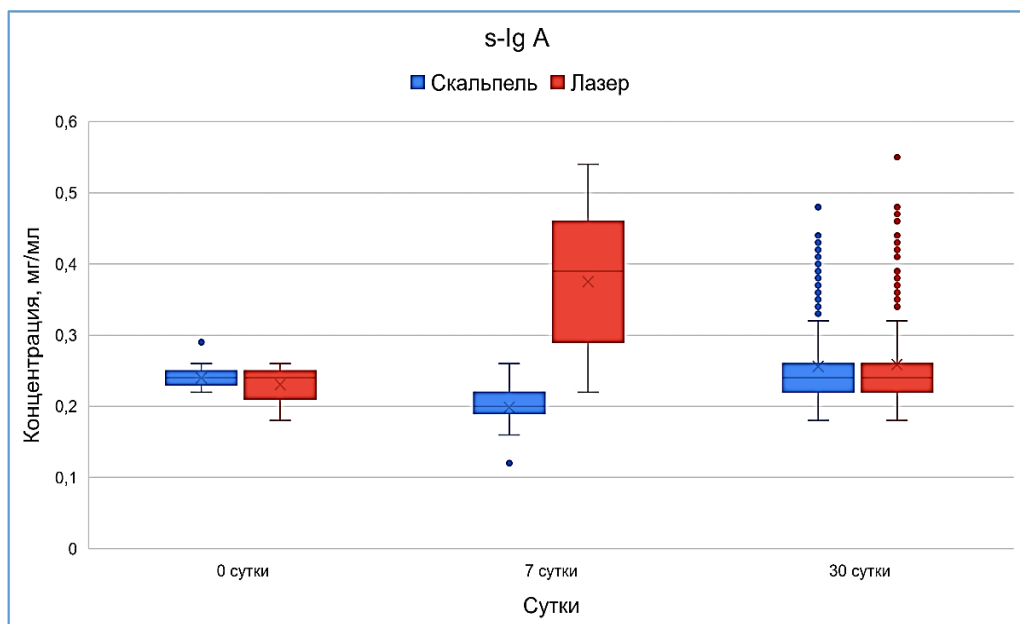


Рисунок 208 – Динамика показателей SIgA у пациентов 1-й и 2-й группы

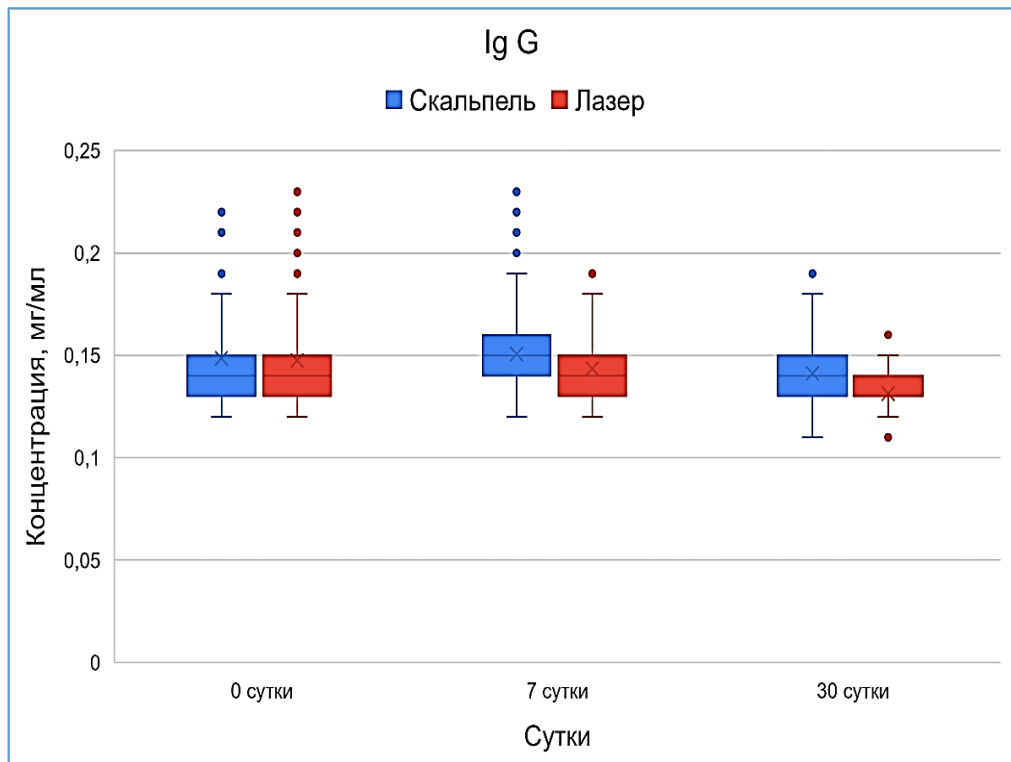


Рисунок 209 – Динамика показателей IgG у пациентов 1-й и 2-й группы

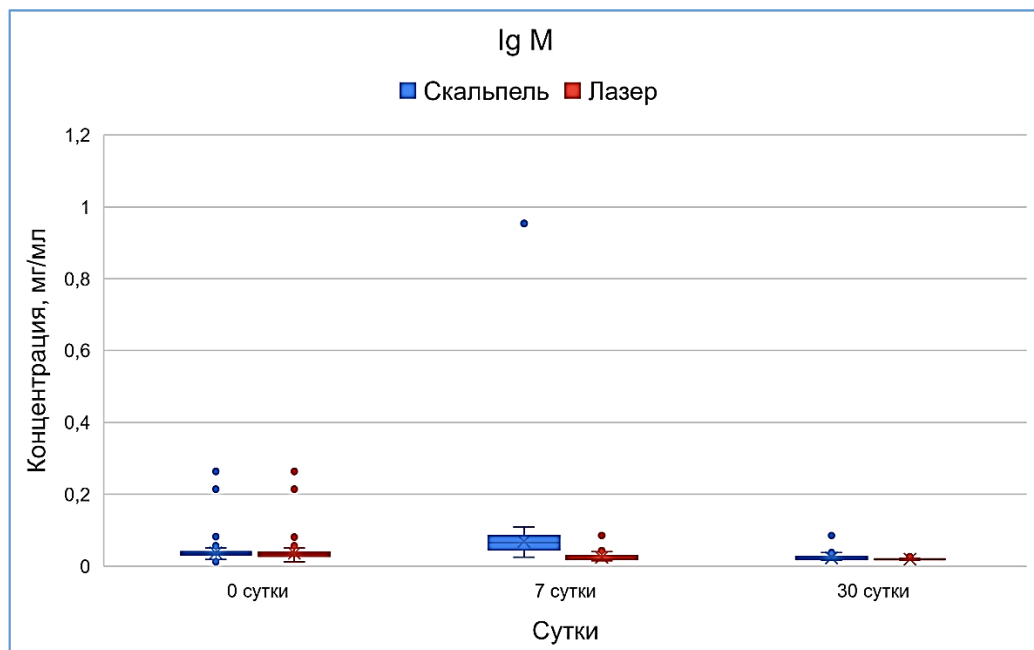


Рисунок 210 – Динамика показателей IgM у пациентов 1-й и 2-й группы

5.8. Клинические примеры

Клинический случай 1. Пациентка Г., 61 год, обратилась в Институт стоматологии им. Е.В. Боровского с жалобами на разрушение 2.1, 2.2 зубов, несостоятельность мостовидного протеза.

Из анамнеза: при приеме пищи произошло выпадение мостовидного протеза, обратилась к стоматологу ортопеду, пациентке было предложено рациональное протезирование, в хирургическое отделение направлена на хирургическую санацию полости рта. Проведено клинико-рентгенологическое обследование.

Перенесенные и сопутствующие заболевания: гиперплазия щитовидной железы, гипертония I степени. Аллергологический анамнез не отягощен. Инфекционные заболевания: гепатит, ВИЧ, сифилис отрицала.

При осмотре конфигурация лица была не изменена, открывание рта свободное, регионарные лимфатические узлы не увеличены, безболезненные, подвижны, мягко-эластической консистенции. В полости рта выявлены несостоятельные ортопедические конструкции, патологическая стираемость зубов 4.1, 3.1, 3.2, кариес 4.2 зуба, корни зубов 2.1, 2.2. В проекции верхушек корней зубов 2.1, 2.2 зубов выявлен небольшой отек слизистой оболочки с вестибулярной стороны, пальпация данной области была слегка болезненна. Зуб 2.4 подвижен (II степень). Уздечка верхней губы рубцово-изменена, в области уздечки выявлено образование 0,2x0,2x0,3 см цвета слизистой оболочки (Рисунок 211а). На ортопантограмме в области верхушки корня зуба 1.3 выявлено разрежение костной ткани с четкими контурами 0,5x0,5 см, в области верхушек корней зубов 2.1 и 2.2, 2.3 – деструкция костной ткани с четкими контурами округлой формы 1,1x1,4см и 1,0x1,3 см соответственно (Рисунок 211б). В области корня зуба 2.4 расширение периодонтальной щели по всей длине корня, а также кариозный процесс корней данных зубов. В области зуба 2.7 атрофия костной ткани на 2/3 корня зуба. Зуб 4.2 имеет кариозную полость коронковой части зуба, в области верхушки корня зуба 3.3 разрежение костной ткани округлой формы с четкими контурами размером 0,3x0,3 см.

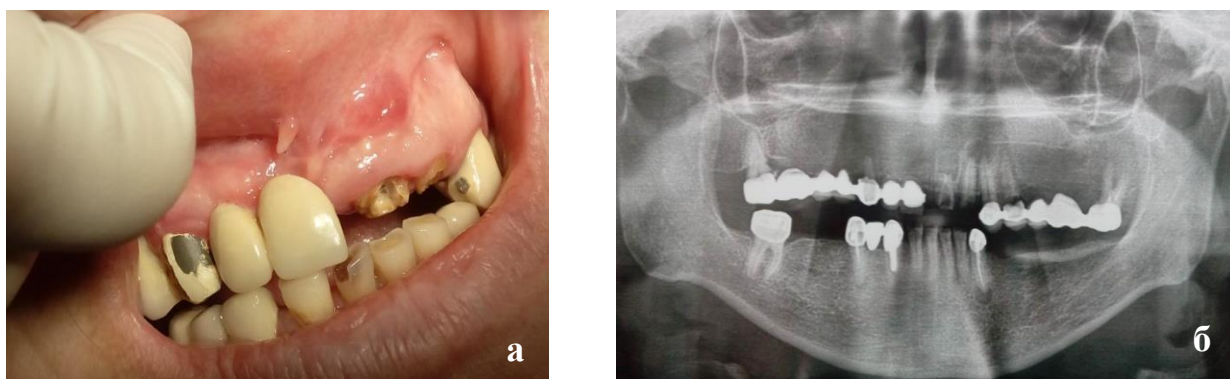


Рисунок 211 – Пациентка Г.:
а – вид в полости рта б – ортопантограмма

По данным клинико-рентгенологического обследования поставлены следующие диагнозы: К 08.1 Потеря зубов вследствие несчастного случая, удаления или локальной периодонтальной болезни; К 02.1 Кариес дентина 4.2 зуба; К 04.5 Хронический апикальный периодонтит 1.3, 2.4, 3.3, 4.3 зубов; К 04.8 Корневая киста 2.1, 2.2, 2.3 зубов; К 05.3 Хронический пародонтит 2.7 зуба; D 10.0 Короткая уздечка верхней губы; D 37.0 Образование полости рта (папиллома).

План лечения включал: консультацию врача стоматолога ортопеда консультацию врача стоматолога терапевта, терапевтическое лечение зубов, хирургическую санацию полости рта, удаление образования в области уздечки верхней губы, пластику уздечки верхней губы, рациональное ортопедическое лечение.

Лечение: после консультаций смежных специалистов первым этапом под местной анестезией Ультракаин® Д-С 1:200000-1,7 мл проводили удаление корней зубов, отслаивание слизисто-надкостничного лоскута, удаление корневых кист, сглаживание острых краев костной ткани (Рисунок 212). Затем слизисто-надкостничный лоскут укладывали на место и фиксировали швами Пролен 5,0 (Рисунок 213).

Вторым этапом проводили иссечение рубцово-изменённой уздечки верхней губы и образования, пластику уздечки верхней губы под местной анестезией Ультракаин® Д-С 1:200000-0,5 мл излучением неодимового лазера в импульсно-периодическом режиме мощностью 2,4 Вт (Рисунок 214, Рисунок 215 и 216).

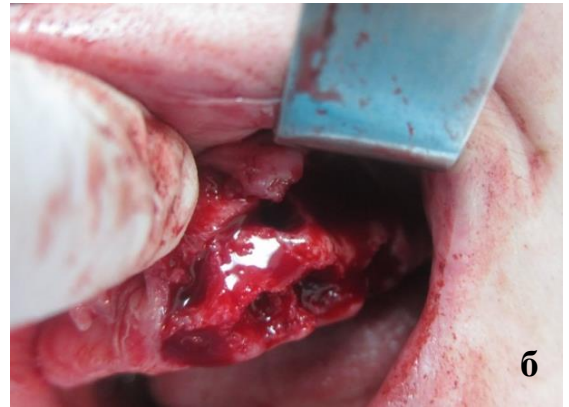


Рисунок 212 – Вид в полости рта:
 а – после снятия ортопедических конструкций
 б – после удаления корней зубов и корневых кист



Рисунок 213 – Вид в полости рта после хирургической санации:
 а – непосредственно после операции
 б – на 7-е сутки после операции



Рисунок 214 – Вид в полости рта:
 а – через 14 суток
 б – иссечение образования верхней губы Nd:YAG лазером мощностью 3,2 Вт

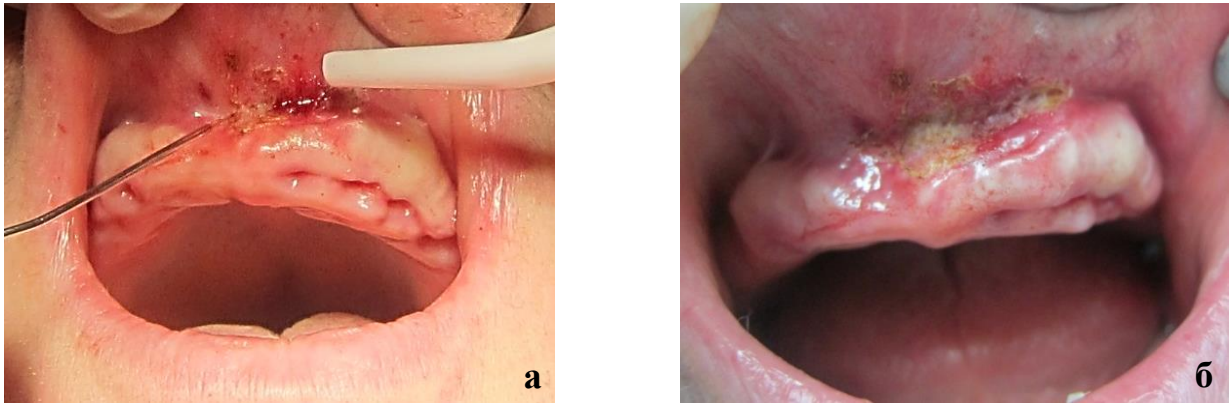


Рисунок 215 – Вид в полости рта:
 а – иссечение рубцово-измененной уздечки верхней губы
 Nd:YAG лазером мощностью 3,2 Вт
 б – послеоперационная область после лазерного иссечения

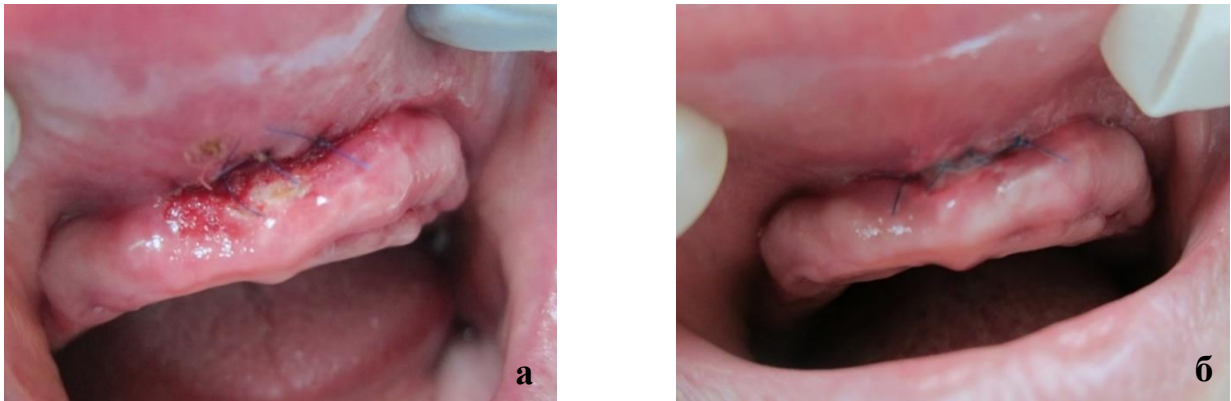


Рисунок 216 – Вид в полости рта:
 а – слизистая оболочка фиксирована швами Пролен 5,0
 б – послеоперационная область на 7-е сутки

Термометрическое исследование показало снижение температуры в послеоперационной области на $0,4^{\circ}\text{C}$ с $33,7^{\circ}\text{C}$ до $33,3^{\circ}\text{C}$.

При биохимическом исследовании в смешанной слюне до операции содержание показателей интерлейкинов было следующее: IL1 β -182,3 пг/мл, IL6-122,1 пг/мл, IL10-198,5 пг/мл, местного иммунитета – SIgA-0,23 мг/мл, IgG-0,143 мг/мл, IgM-0,2708 мг/мл, что подтверждало наличие незначительного воспалительного процесса в полости рта.

Послеоперационный период как на первом, так и на втором этапе хирургического лечения протекал без особенностей. На втором этапе хирургического лечения на первые сутки после операции иссечения рубцово-

изменённой уздечки верхней губы и образования пациентка отмечала слабо выраженные болевые ощущения и незначительный отек, гиперемии в области операции не было. На 3-и и 5-е сутки пациентка отмечала отсутствие боли и отека в области проведенного хирургического лечения, швы сняты на 5-е сутки. Диагноз папиллома слизистой оболочки верхней челюсти подтвержден патоморфологически №3404-16.

На 7-и сутки отмечали повышение уровня содержания провоспалительных цитокинов: IL1 β -331,4 пг/мл, IL6-183,7 пг/мл, IL10-257,3 пг/мл. При исследовании местного иммунитета отмечали увеличение SIgA-0,42 мг/мл, общего IgG-0,153 мг/мл и понижение общего IgM-0,2661 мг/мл. На 30-е сутки показатели цитокинов снизились и соответствовали норме – IL1 β -141,3 пг/мл, IL6-92,6 пг/мл, IL10-167,3 пг/мл и местного иммунитета – SIgA-0,26 мг/мл, общего IgG-0,134 мг/мл, общего IgM-0,0192 мг/мл. Это свидетельствовало об активации гуморального иммунитета, снижении уровня воспалительного процесса в тканях. При визуальном осмотре через 30 суток на слизистой оболочке в области верхней челюсти определяли рубец розового цвета, мягко-эластической консистенции. Через 3 месяца рубец был бледно-розового цвета, мягко-эластической консистенции, не различимый от окружающих тканей (Рисунок 217а, 217б).



а



б

Рисунок 217 – Вид в полости рта:
а – слизистая оболочка через 3 месяца
б – ортопедическая конструкция на верхней челюсти

Клинический случай 2. Пациент К., 28 лет обратился в Институт стоматологии им. Е.В. Боровского с жалобами на образование шаровидной формы на внутренней поверхности нижней губы. Из анамнеза было выяснено, что появление образования заметил спустя неделю после установки формирователей десны. Пациент отметил, что образование постепенно увеличивалось в размере, боли и дискомфорта при приеме пищи и разговоре не испытывал. Перенесенные и сопутствующие заболевания отрицал, аллергологический анамнез не был отягощен.

При внешнем осмотре конфигурация лица была не изменена, регионарные лимфатические узлы не увеличены, безболезненные, подвижны, мягко-эластической консистенции. Открывание рта свободное, безболезненное. В полости рта: слизистая оболочка бледно-розового цвета, увлажнена. На слизистой оболочке нижней губы слева в проекции премоляров было выявлено образование округлой формы диаметром 1,0 см, слизистая оболочка над ним истончена (Рисунок 218а). Образование подвижное, слабо болезненное, при бимануальной пальпации выявлена флюктуация. Был поставлен клинический диагноз: мукоцеле слюнной железы (K11.6).

Лечение: пациенту под местной анестезией Ультракаин® Д-С 1:200000-0,5 с помощью неодимового лазера в импульсно-периодическом режиме с мощностью 2,4 Вт проведено иссечение образования (Рисунок 218б), наложены швы (Рисунок 219а). Полученный материал направлен на патоморфологическое исследование. Послеоперационный период протекал без особенностей. Снятие швов проводили на 6 сутки. Диагноз верифицирован патоморфологически.

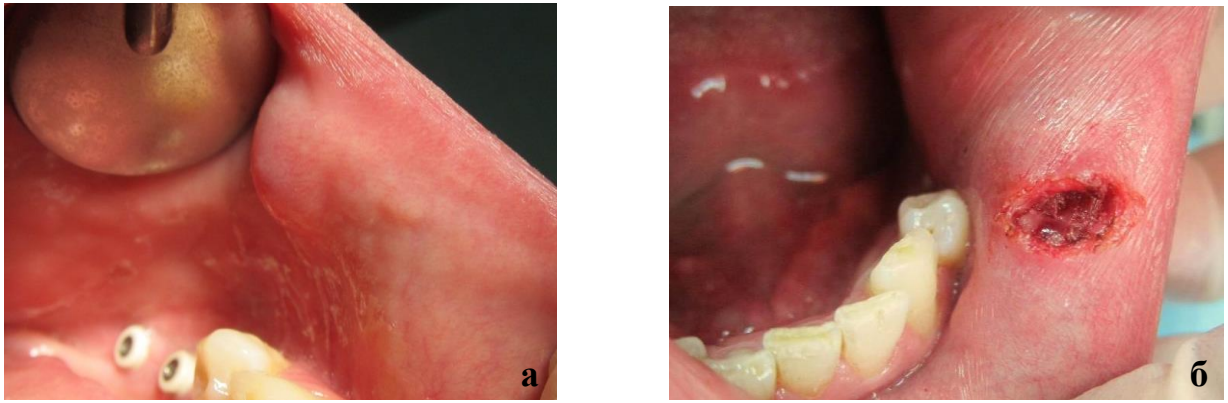


Рисунок 218 – Мукоцеле слизистой оболочки нижней губы:

а – вид до операции

б – вид после иссечения мукоцеле излучением

Nd:YAG лазера мощностью 2,4Вт

Через 2 месяца наблюдали образование мягкого эластичного рубца, едва отличимого от окружающих тканей (Рисунок 219б).

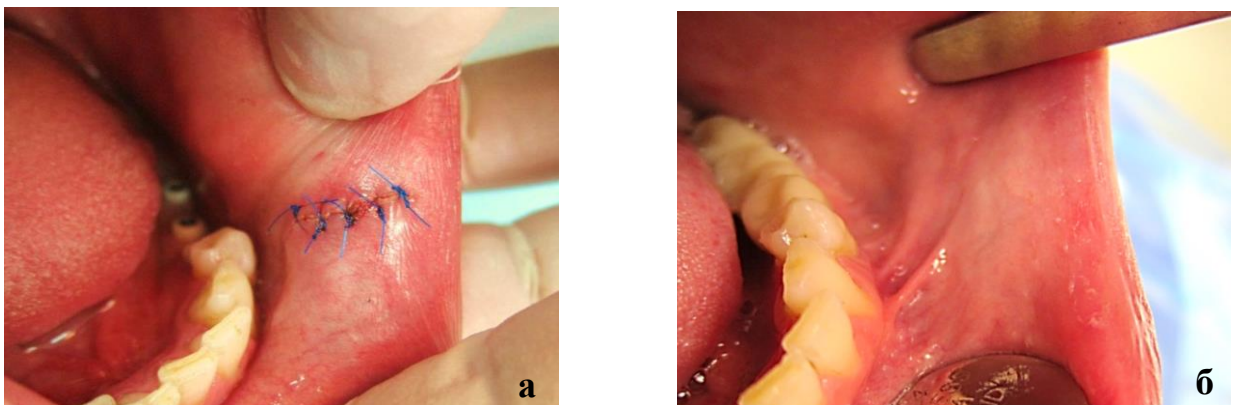


Рисунок 219 – Мукоцеле слизистой оболочки нижней губы:

а – рана ушита нитью Пролен 5,0

б – вид послеоперационной раны через 2 месяца

Данные термометрического исследования показали снижение температуры в послеоперационной области на $0,5^{\circ}\text{C}$ с $33,9^{\circ}\text{C}$ до $33,4^{\circ}\text{C}$.

Послеоперационный период протекал без особенностей, на первые сутки после операции пациент отмечал слабо выраженные болевые ощущения и незначительный отек, гиперемии в области операции не было. На 3-и и 5-е сутки боли и отека в области проведенного хирургического лечения не было, швы сняты

на 5-е сутки. Диагноз мукоцеле слизистой оболочки нижней губы подтвержден патоморфологически №3701-17.

На 7-и сутки отмечали повышение показателей провоспалительных цитокинов: IL1 β -273,7 пг/мл, IL6-198,7 пг/мл, IL10-262,1 пг/мл. При исследовании местного иммунитета отмечали увеличение SIgA-0,41 мг/мл, общего IgG-0,149 мг/мл и понижение общего IgM-0,2658 мг/мл. На 30 сутки показатели снизились и соответствовали норме: IL1 β -140,4 пг/мл, IL6-90,3 пг/мл, IL10-166,1 пг/мл, местного иммунитета – SIgA-0,26 мг/мл, общего IgG-0,132 мг/мл, общего IgM-0,0191 мг/мл, что говорило об активации гуморального иммунитета и снижении воспаления в тканях.

Клинический случай 3. Пациентка Л., 24 года обратилась в Институт стоматологии им. Е.В. Боровского с жалобами на образование на внутренней поверхности нижней губы. Из анамнеза было выяснено, что появление образования заметила во время ортодонтического лечения, которое длилось 10 месяцев. Образование росло медленно, не беспокоило. После окончания ортодонтического лечения и снятия конструкций направлена в хирургическое отделение на иссечение образования.

Перенесенные и сопутствующие заболевания отрицала, аллергологический анамнез не был отягощен.

При внешнем осмотре конфигурация лица не была изменена, регионарные лимфатические узлы не увеличены, безболезненные, подвижны, мягко-эластической консистенции. Открывание рта свободное, безболезненное. В полости рта: слизистая оболочка бледно-розового цвета, увлажнена. На слизистой оболочке нижней губы справа в проекции резцов выявлена гипертрофированная слизистая оболочка размером 0,5x1,2x0,4см, подвижная, безболезненная (Рисунок 220а). Был поставлен клинический диагноз: гиперплазия слизистой оболочки полости рта вследствие раздражения (K13.6).

Лечение пациентке проводили под местной анестезией Ультракаин® Д-С 1:200000-0,7 с помощью излучения неодимового лазера в импульсно-периодическом режиме с мощностью 2,4 Вт (Рисунок 220б).



Рисунок 220 – Гиперплазия слизистой оболочки нижней губы:
 а – вид до операции
 б – иссечение гиперплазированной слизистой оболочки излучением Nd:YAG лазера мощностью 2,4Вт

Проведено иссечение гиперплазированной слизистой оболочки нижней губы (Рисунок 221а), на рану наложены швы нитью Пролен 5,0 (Рисунок 221б). Полученный материал направляли на патоморфологическое исследование. Снятие швов проводили на 5 сутки (Рисунок 222а).



Рисунок 221 – Гиперплазия слизистой оболочки нижней губы:
 а – вид после операции
 б – на рану наложены швы Пролен 5,0

Термометрическое исследование показало снижение температуры в послеоперационной области на 0,5°С с 34,8°С до 34,3°С.

Послеоперационный период протекал без особенностей, боли и отека не было во весь период наблюдения. Диагноз гиперплазия слизистой оболочки полости рта вследствие раздражения подтвержден патоморфологически №2305-18.

На 7-и сутки отмечали повышение показателей провоспалительных цитокинов: IL1 β -231,3 пг/мл, IL6-184,4 пг/мл, IL10-202,6 пг/мл. При исследовании местного иммунитета отмечали увеличение SIgA-0,38 мг/мл, IgG-0,139 мг/мл и понижение IgM-0,272,3 мг/мл. На 30 сутки показатели снизились и соответствовали норме: IL1 β -141,5 пг/мл, IL6-91,9 пг/мл, IL10-162,4 пг/мл, местного иммунитета – SIgA-0,25 мг/мл, IgG-0,131 мг/мл, IgM-0,0193 мг/мл, что говорило об активации гуморального иммунитета и снижении воспаления в тканях. При визуальном осмотре через 30 суток на слизистой оболочке нижней губы рубец розового цвета, мягко-эластической консистенции. Через 3 месяца рубец был бледно-розового цвета, мягко-эластической консистенции, не различим от окружающих тканей (Рисунок 222б).



Рисунок 222 – Гиперплазия слизистой оболочки нижней губы:

- а – вид после операции на 7-е сутки
- б – вид после операции через 3 месяца

**ГЛАВА 6. КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ НЕОДИМОВОГО ЛАЗЕРА
ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ СО
СТОМАТОЛОГИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ, ОСНОВАННАЯ НА
МАЛОТРАВМАТИЧНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ И АКТИВАЦИИ
РЕГЕНЕРАТОРНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТКАНЕЙ
ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЙ ОБЛАСТИ**

Несмотря на существующие достижения в оптимизации хирургического лечения пациентов со стоматологическими заболеваниями актуальными остаются вопросы повышения его эффективности [15, 28, 98, 153, 228, 236].

В доступной отечественной и иностранной литературе представлены современные методики лечения стоматологических заболеваний, в которых авторы сообщают об эффективности применения вновь разработанных материалов, препаратов, механических режущих инструментов и материалов, из которых они изготовлены, физиотерапевтических методов реабилитации, способствующих профилактике гнойно-воспалительных осложнений, укорочению сроков заживления послеоперационных ран [17, 21, 34, 38, 60, 153, 228, 308].

Однако лишь в небольшом количестве работ акцентируется внимание на важности оптимального выбора инструмента альтерации при оперативном вмешательстве и его значение в течение послеоперационного периода и достижении положительных результатов в итоге [38, 60, 117, 153, 168, 228, 287].

В литературе некоторыми авторами [11, 33, 47, 54, 83, 92, 115, 228] проведен углубленный анализ клинической эффективности излучения эрбиевого, углекислотного, диодного лазеров при хирургическом лечении некоторых нозологий в стоматологии [1, 28, 33, 51, 97, 101, 117, 187, 210, 237, 262, 314], представлены хирургические методики лечения стоматологических заболеваний с помощью данных лазеров [33, 47, 60]. Однако подобная информация в отношении неодимового лазера с длиной волны 1064 нм в литературе встречается в единичных работах. Кроме того, мы не нашли исчерпывающей информации о фундаментальных исследованиях относительно влияния излучения неодимового

лазера на регенерацию мягких тканей полости рта после вмешательства в сравнении со скальпельной раной. Возможно, это связано с тем, что лазер с длиной волны 1064 нм физики адаптировали для стоматологии не так давно, как другие высокоинтенсивные лазерные системы.

Нас заинтересовала характеристика лазерной системы с длиной волны 1064 нм, излучение которой кроме всех преимуществ лазеров одинаково может адсорбироваться как водой, так и белком биоткани, а также его выраженное антимикробное действие. Гипотетически при оптимальном режиме работы применение такой системы в клинике при малотравматичном бактерицидном бескровном воздействии должно способствовать повышению регенераторного потенциала тканей послеоперационной области и сокращению сроков заживления послеоперационной раны.

В итоге наше исследование показало, какую важную роль играет правильный выбор инструмента альтерации в достижении оптимальных результатов лечения. Экспериментально доказано, что малотравматичное воздействие излучения неодимового лазера, выраженный гемостатический эффект и защита коагуляционным слоем раны, от ротовой жидкости с наличием микрофлоры, способствуют активации репаративно-регенеративного процесса в послеоперационной области. Морфологические исследования показали различия заживления лазерной и скальпельной раны. Раневой дефект, сформированный лазерным излучением, по сравнению со скальпельным дефектом значительно быстрее проходил все стадии раневого процесса. Лазерный разрез бескровен в связи с коагуляцией плазменных белков и форменных элементов крови в просвете кровеносных сосудов, что обеспечивает иной характер воспалительной реакции в репаративном процессе, заключающийся в развитии асептического воспалительного продуктивного воспаления. Минимальны альтеративные процессы и расстройства микроциркуляции, слабее выражена интенсивность воспалительных процессов, раньше начинались и интенсивней проходили репаративные процессы: пролиферация фибробластов, неоангиогенез, продукция

коллагена, фибриллогенез, созревание и фиброзно-рубцовая трансформация грануляционной ткани, эпителизация раневой поверхности.

Понимание роли инструмента альтерации в ходе самой операции и течение послеоперационного периода, а именно, выраженности воспалительной реакции на оперативное вмешательство, боли и коллатерального отека из-за нарушения микроциркуляции и нейтрофильной инфильтрации тканей, а в последствие формирования рубца натолкнуло нас на мысль о разработке новой концепции применения неодимового лазера при хирургическом лечении пациентов со стоматологическими заболеваниями. Это касается лечения практически всех нозологий полости рта и красной каймы губ, при которых используются режущие инструменты. Методики большинства лазерных операций приведены во 2 главе. Сравнительный анализ выявил явные преимущества применения лазерного излучения перед режущими инструментами (скальпель) в эксперименте и клинике. Следовательно, мы можем констатировать внедрение в практику хирургической стоматологии концептуальной модели применения неодимового лазера при хирургическом лечении стоматологических заболеваний, научно обоснованной данными экспериментальных, клинических и лабораторных исследований.

Проведенное экспериментальное исследование позволило существенно конкретизировать процессы, проходящие в лазерной ране, определяя отличия со скальпельной раной. Если в лазерной ране определяется коагуляционный некроз тканей, то в скальпельной – влажный колликвационный некроз. Особенность гемостаза лазерной раны состоит в том, что при мощности лазерного излучения от 2,0 до 4,0 Вт на 1-е сутки в кровеносных сосудах в зоне коагуляционного термического некроза была выявлена коагуляция плазмы, форменных элементов крови и стенок сосудов с образованием коагуляционных гиалиновых «лазерных тромбов», которые закупоривали просвет сосудов, что обеспечивало полный гемостаз и лимфостаз во время оперативного вмешательства. В отдаленных участках ткани тромбоза сосудов не выявлено. Перфорации кровеносных сосудов не было, отдаленные сосуды были полнокровны, в их просветах встречались полиморфно-ядерные лейкоциты без признаков распада. Через трое суток в

кровеносных сосудах, подвергшихся лазерному воздействию, коагуляционные «лазерные тромбы» подвергались начальным явлениям организации, уплотнению и ретракции, формированию грануляционной ткани. Отсутствие нейтрофильной инфильтрации видимо связано с изменением свойств экссудата и снижением проницаемости сосудистой стенки в процессе заживления лазерных ран, что связано с особенностями раневого процесса при воздействии лазерного излучения.

На экспериментальной модели с использованием лабораторных животных показано, что воздействие излучения неодимового лазера обеспечивает иной характер воспалительной реакции в репаративном процессе, заключающийся в развитии продуктивного асептического воспаления с активной ранней пролиферацией клеточных элементов макрофагального и фибробластического ряда, отсутствии выраженных экссудативных процессов и формирования демаркационной лейкоцитарной (нейтрофильной) инфильтрации на границе коагулированных и интактных тканей. Кроме того, эффект лазерного воздействия локализован только в зоне оперативного вмешательства, окружающие здоровые ткани не страдают. Этим объясняется минимальная травма тканей, сокращение сроков заживления раны.

На модели раневого процесса был изучен характер заживления раны по показателям воспалительной реакции, которые менялись на разных сроках ранозаживления. Для этого был исследован цитокиновый профиль биоптата слизистой оболочки полости рта лабораторных животных в зависимости от метода формирования дефекта. Более низкое содержание провоспалительных цитокинов IL1 β и IL6, противовоспалительного IL10, ферментов печени АСТ, ЛДГ, ЩФ после воздействия неодимового лазера свидетельствовало о невыраженной воспалительной реакции на альтерацию. Это коррелирует с данными клинических исследований, в которых отмечается невыраженные боль и отек после лазерного вмешательства по сравнению с традиционным методом лечения.

Об эффективном и безопасном применении лазерного излучения при малой мощности до 1.0 Вт при проведении профессиональной гигиены и лечении мукозита и периимплантита у пациентов с установленными дентальными

имплантатами свидетельствуют данные электронной микроскопии микрорельефа поверхностей дентальных имплантатов после воздействия излучения различных лазерных систем в эксперименте №3. Увеличении мощности излучения до 2,0 Вт влечет за собой повреждение поверхности имплантата вплоть до расплавления.

Клинический опыт применения неодимового лазера подтвердил преимущества, выявленные экспериментально. Фотоматериал показывает бескровное течение операций, хорошую визуализацию операционного поля. Это очень важно при удалении новообразований и поражений слизистой оболочки полости рта, т.к. полностью соответствует правилам абластики в онкологии, т.е. коагуляция сосудов препятствует попаданию опухолевых клеток в кровеносное русло. Кроме того, фиброволокно диаметром 100 мкм позволяет ювелирно выравнять контур десны перед ортопедическим лечением, которое можно начинать в день операции. Отмечено более благоприятное течение послеоперационного периода, укорочение сроков заживления раны при всех нозологиях. Коагуляционный слой, сформированный лазерным излучением на раневой поверхности, покрытой в последствие фибринозным налетом, является надежной защитой от ротовой жидкости с микрофлорой.

Данные термометрии и инфракрасной термографии свидетельствуют о локальном воздействии лазерного излучения с сохранением окружающих тканей. Даже в зоне лазерного воздействия после операции показатели не превышают нормальных значений.

Исследования цитокинового профиля смешанной слюны подтвердило сниженную воспалительную реакцию на оперативное вмешательство, а данные о состоянии клеточного и гуморального иммунитета полости рта не выявило иммуносупрессивного эффекта после лазерного воздействия.

Таким образом, нами разработана и внедрена концепция применения неодимового лазера при хирургическом лечении пациентов с заболеваниями полости рта. Концепции дано научное обоснование по данным экспериментальных, морфологических, биохимических, клинических и термометрических методов исследования по принципам доказательной медицины на достаточном

клиническом и экспериментальном материале, позволяющем получить достоверные данные. Суть концепции состоит в том, то излучение неодимового лазера в качестве инструмента альтерации в отличие от скальпеля является малотравматичным, безопасным (зона термодеструкции ограничена операционным полем), обладающим кровоостанавливающим, бактерицидным, обезболивающим, противоотечным, противовоспалительным действием, способствует активации репаративно-регенеративных процессов в послеоперационной ране. Все это определяет повышение эффективности хирургического лечения пациентов в клинике хирургической стоматологии.

ГЛАВА 7. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодня малотравматичные операции, осуществляемые с помощью современного оборудования, позволяют максимально сохранять интактные ткани и минимизировать операционную травму. Традиционное использование режущих инструментов (скальпеля) может повлечь за собой интраоперационное кровотечение, затрудняющее обзор операционного поля и увеличивающее длительность самой операции, способствовать выраженной воспалительной реакции организма пациента на альтерацию, удлинить сроки заживления послеоперационной раны, способствовать формированию грубых рубцов, вызывающих функциональные и эстетические нарушения [28, 37, 38, 55, 68, 98, 153, 228, 308].

В доступной отечественной и иностранной литературе широко представлены современные методики оперативных вмешательств, предложен большой выбор инструментов альтерации для операций на мягких тканях полости рта. На сегодняшний день разработаны методы нанесения разреза на ткани на основе физических факторов воздействия (электрического тока, ультразвука, радиоволн, лазерного излучения) [214, 263, 299]. Следует отметить, что эффективность применения этих методов требует дальнейшего изучения и проведения сравнительного анализа с традиционным использованием скальпеля. Технические характеристики приборов физического воздействия постоянно совершенствуются, каждая новая модель требует проведения экспериментальных и клинических исследований, научного обоснования перед широким внедрением в практику, это касается и применения лазерных технологий в хирургической стоматологии [135, 176, 241, 313].

В связи с этим были проведены маркетинговые исследования современного оборудования, применяемого в хирургической стоматологии, в результате которых был сделан выбор в пользу лазерных технологий, применение которых делает возможным сведение к минимуму часто возникающих рисков как в процессе

операции, так и после операции, и которые с точки зрения рациональных, экономических, эстетических и технических преимуществ являются оптимальными.

В клинической практике лазерные системы нашли широкое применение в лечении различных стоматологических заболеваний, так как позволяют проводить оперативное вмешательство без анестезии и травмирующего фактора, кроме того прециозно иссекать патологические ткани [1, 10, 33, 47, 60, 115, 117, 132, 153, 184, 228, 308].

Лазерное воздействие основано на использовании световой энергии квантов инфракрасного диапазона, электромагнитных излучений и их влияния на свойства живых клеток. Хирургические лазеры имеют большой спектр действия, поэтому в основу их работы закладываются различные принципы воздействия на ткани: общее – на различные системы и внутренние органы целостного организма; местное – на клеточные элементы ткани, что дает возможность проведения высокоэффективного патогенетического многофакторного лечения стоматологических заболеваний [68, 96, 112, 117, 210, 213, 225, 256, 282, 314]. Лазеры последних поколений имеют импульсы переменной длительности, что позволяет врачу выбирать оптимальный режим работы от стерилизации и коагуляции до разреза [10, 33, 68, 101, 112, 132, 210, 314].

Проведен углубленный анализ регенерации твердых и мягких тканей челюстно-лицевой области после воздействия на них излучением эрбиевого, углекислотного, диодных лазеров [1, 28, 33, 51, 97, 101, 117]. Однако отсутствуют фундаментальные работы, в которых было бы описано влияние излучения стоматологического неодимового лазера на регенерацию слизистой оболочки рта, выраженность воспалительной реакции на альтерацию при оперативных вмешательствах в полости рта. В литературе имеются лишь единичные работы о положительных результатах клинического применения неодимового лазера.

В связи с вышеизложенной актуальной проблемой представляется целесообразным научное и экспериментальное обоснование практического применения неодимового лазера в хирургической стоматологии, определение

оптимальных параметров работы неодимового лазера при операциях на мягких тканях полости рта, разработка и внедрение в амбулаторную стоматологическую практику новой методики хирургического лечения стоматологических заболеваний полости рта излучением неодимового лазера.

В заключении обобщены и проанализированы результаты экспериментальных, клинических и лабораторных исследований по изучению влияния излучения неодимового лазера на регенерацию мягких тканей полости рта, определены параметры работы неодимового лазера при лечении пациентов с различными стоматологическими заболеваниями полости рта. В ходе работы удалось расширить понимание особенностей процессов регенерации ран слизистой оболочки рта после лазерного воздействия, воздействия лазерного излучения на кровеносные сосуды и выявить влияние излучения неодимового лазера с длиной волны 1064 нм на микрорельеф поверхности имплантатов различных систем.

С этой целью в экспериментальных исследованиях на животных было изучено воздействие излучения неодимового лазера с различными параметрами работы на слизистую оболочку рта с определением глубины термических изменений, отслеживанием динамики репаративных процессов слизистой оболочки рта. На кровеносных сосудах ушных раковин лабораторных животных изучили влияние излучения неодимового лазера, особенности репаративных процессов после лазерной фотокоагуляции кровеносных сосудов в динамике. Для работы на мягких тканях нами были выбраны параметры работы неодимового лазера с короткими импульсами излучения «Short», так как по данным литературы лазерное излучение с короткими импульсами большой мощности не оказывает выраженного термического повреждения твердых и мягких тканей и способствует активации репаративных процессов [1, 28, 51, 117, 153, 168, 232, 287]. Процесс регенерации слизистой оболочки рта оценивали по клиническим, морфологическим, биохимическим методам исследования.

В эксперименте при работе с лабораторными животными мы проводили исследование в соответствии с приказом Минздрава СССР №755 от 12.08.1977г., Федеральным законом №52 от 24.04.1995 «О животном Мире», положением об

юридических и этических принципах медико-биологических исследований» (бюллетень ВАК Минобразования России. 2002. №3 с. 77–75), требованиями Европейской конвенции по защите лабораторных животных. В экспериментальных исследованиях объектом исследования были кролики мужского пола породы Шиншилла массой от 2,5 до 4,0 кг в количестве 78 половозрелых особей. Экспериментальное исследование состояло из трех этапов. На первом этапе проводили изучение воздействия излучения неодимового лазера с различными параметрами работы на регенерацию слизистой оболочки рта экспериментальных животных по данным морфологического и биохимического метода исследования. На втором этапе изучали воздействие излучения Nd:YAG лазера на гемостаз и кровеносные сосуды, в качестве биологической модели использовали ушные раковины кроликов. Третий этап состоял из исследования влияния излучения различных лазерных систем, в том числе и неодимового, на микрорельеф поверхностей различных систем дентальных имплантатов по данным электронной микроскопии.

Все животные **на первом этапе эксперимента** были разделены на 4 группы: в 1-й группе у животных иссечение слизистой оболочки полости рта проводили стандартным хирургическим скальпелем; во 2-й, 3-й и 4-й группах раневую поверхность на слизистой оболочке рта формировали излучением Nd:YAG лазера различной мощности: 1,6 Вт, 2,4 Вт и 3,2 Вт соответственно. Схема проведения эксперимента у лабораторных животных (кроликов) включала морфологическое и биохимическое исследование биоптата слизистой оболочки рта в области формирования раны.

Сравнительный анализ данных морфологического исследования у экспериментальных животных показал, что заживление дефекта слизистой оболочки рта после механического и лазерного воздействия протекало по-разному, несмотря на то что к окончанию срока наблюдения на 21-е сутки во всех группах наблюдали заживление сформированного дефекта мягких тканей, макроскопически эпителизацию слизистой оболочки рта в области лазерного

дефекта наблюдали уже на 3-и сутки исследования после выведения кроликов из эксперимента, в то время как скальпельная рана была еще покрыта фибрином.

После воздействия излучения Nd:YAG лазера при различных параметрах мощности, на всем протяжении исследования выявлена стереотипная гистологическая картина. Однако во всех 3 группах на 1-е сутки обращает на себя внимание наличие в просвете кровеносных сосудов подслизистого слоя так называемых «коагуляционных лазерных тромбов» [43, 45], это подвергшиеся коагуляции плазменные белки и форменные элементы крови в просвете кровеносных сосудов вследствие термического воздействия лазерного излучения, которые обеспечивают полный гемостаз во время операции. Кроме того, уже на 3-и сутки в лазерных ранах наблюдали формирование грануляционной ткани с многочисленными новообразованными капиллярами, клеточными элементами макрофагального ряда без отека и нейтрофильной инфильтрации тканей. Имела место краевая эпителизация поверхности дефекта, более интенсивная, чем у животных 1-й группы, оперированных скальпелем, а у трех из пяти животных 2-й группы, оперированных лазерным излучением мощностью 1,6 Вт, раневой дефект был полностью эпителизирован.

При изучении глубины термического коагуляционного некроза (повреждения) тканей слизистой оболочки рта кроликов по данным морфологического метода исследования было выявлено, что глубина коагуляционного некроза зависела от параметров лазерного излучения. Так, на 1-е сутки у экспериментальных животных 2-й группы, у которых применяли излучение мощностью 1,6 Вт, показатели глубины коагуляционного некроза были наименьшие ($24,6 \pm 2,4$ мкм), а наибольшая глубина коагуляционного некроза слизистой оболочки рта была у животных 4-й группы ($78,2 \pm 4,6$ мкм), воздействие которым проводили излучением мощностью 3,2 Вт. На 3-и сутки была отмечена выраженная тенденция к уменьшению глубины коагуляционного некроза во всех группах исследования.

В отличие от лазерных ран на 1-е сутки скальпельная рана у животных 1-й группы представлена гомогенным колликвационным (влажным) некрозом всех

тканей с многочисленными очаговыми и диффузными кровоизлияниями, с отеком и диффузной нейтрофильной инфильтрацией. На 3-и сутки в скальпельных ранах, в отличие от лазерных ран отмечали нейтрофильную инфильтрацию, венозное полнокровие, периваскулярные диапедезные и очаговые кровоизлияния.

На 5-е сутки в скальпельной ране площадь раневого дефекта сокращалась за счет краевой эпителизации, но оставались еще неэпителизированные участки раны, под которыми расположена незрелая грануляционная ткань с нейтрофильной инфильтрацией. В лазерной ране дефекты полностью эпителизированы, происходило созревание грануляционной ткани и трансформация ее в фиброзную. У экспериментальных животных 2-й группы, оперированных с помощью лазерного излучения мощностью 1,6 Вт, зона операции практически не была видна.

На 7-е сутки полностью эпителизирована только одна скальпельная рана из пяти раневых дефектов, под эпителием сохранялась грануляционная ткань. Лазерные раны во всех трех группах полностью эпителизированы, причем нет рубцовой деформации тканей. При этом у части животных происходит разрыхление последней, уменьшение числа сосудов и клеток, что свидетельствует об инволюции рубца.

Через 10 суток в лазерных ранах наблюдали картину, практически аналогичную вышеописанной. В скальпельной ране выявлено неполное заживление ран, в центре дефектов оставались островки, заполненные грануляционной тканью.

На 14-е сутки после воздействия скальпелем наблюдали полную эпителизацию ран, причем под эпителием сохранялась грануляционная ткань в стадии фиброзирования, но еще с незаконченной рубцовой трансформацией. После лазерного воздействия эпителий над бывшим дефектом уже практически не отличается от интактного эпителия слизистой оболочки, а рубцовая ткань подвергалась инволюции и мало отличалась по структуре и клеточному содержанию от слизистой оболочки ротовой полости.

На 21-е сутки после лазерного воздействия та же гистологическая картина у животных всех трех групп. В ранах, нанесенных скальпелем, отмечено полное восстановление гистологической структуры слизистой оболочки рта.

Итак, раневой дефект, сформированный лазерным излучением, по сравнению со скальпельным дефектом значительно быстрее проходил все стадии раневого процесса. Минимальны альтеративные процессы и расстройства микроциркуляции, слабее выражена интенсивность воспалительных процессов, раньше начинались и интенсивней проходили репаративные процессы: пролиферация фибробластов, неоангиогенез, продукция коллагена, фибриллогенез, созревание и фиброзно-рубцовая трансформация грануляционной ткани, эпителизация раневой поверхности. Кроме того, регенерация слизистой оболочки рта зависела не только от излучения неодимового лазера, но и от его мощности. Полученные результаты глубины коагуляционного некроза согласовывались с мощностью лазерного излучения, сравнительный анализ которых показал, что наименьшая глубина термического некроза отмечена у животных 2-й группы, которых оперировали лазерным излучением мощностью 1,6 Вт, с этим связано наибольшее сокращение глубины коагуляционного некроза – в 2,2 раза на 3-и сутки и сокращение сроков эпителизации раны.

Общеизвестно, что характер локальной воспалительной реакции в ответ на повреждение тканей зависит от инструмента альтерации и иммунологической реактивности организма. Синтез цитокинов начинается в ответ на повреждение тканей или проникновение инфекции. Продукция цитокинов является частью клеточного ответа, который связан с распознаванием структурных компонентов патогенов, так называемых патоген-ассоциированных молекулярных паттернов. Важная роль IL1 в фазе воспаления подтверждается тем, что экспрессия мРНК и уровни продукции белков IL1 α и IL1 β повышаются на ранних стадиях заживления ран [196, 285]. В связи с этим и первые проявления биологического действия IL1 сводятся к активации местных защитных реакций. Поскольку практически все клетки организма имеют рецепторы к IL1, этот цитокин очень быстро активизирует

практически все типы клеток, участвующих в формировании локальной воспалительной реакции [25, 109, 181].

Мы изучили в сравнительном аспекте на модели раневого процесса характер заживления раны слизистой оболочки рта экспериментальных животных (кроликов) по показателям воспалительной реакции, которые менялись на разных стадиях раневого процесса. Для этого были исследованы уровни провоспалительных цитокинов $IL1\beta$ и $IL6$, противовоспалительного цитокина – $IL10$, которые участвуют в формировании местной воспалительной реакции. Все животные были разделены на 4 группы: в 1-й группе у животных иссечение слизистой оболочки рта проводили стандартным хирургическим скальпелем; во 2-й, 3-й и 4-й группах раневую поверхность на слизистой оболочке рта сформировали излучением Nd:YAG лазера мощностью 1,6 Вт, 2,4 Вт и 3,2 Вт соответственно. Проведенный нами ИФА показал, что в образцах слизистой оболочки рта животных во все сроки заживления раны слизистой оболочки рта содержание провоспалительных цитокинов $IL1\beta$ и $IL6$ было наибольшее у животных, раны которых были сформированы излучением неодимового лазера мощностью 3,2 Вт и скальпелем, а наименьшее – при воздействии излучения лазера мощностью 1,6 Вт. Также на 1-е сутки меняется в ране количество $IL10$. У животных 4-й группы оно было повышено также, как и количество $IL1\beta$ и $IL6$. На 3-и сутки у животных этой группы количество данных интерлейкинов еще возрастает и сохраняется высоким до конца эксперимента. У животных 2-й и 3-й групп, подвергнутых воздействию излучения неодимового лазера мощностью 2,4 и 3,2 Вт соответственно, содержание данного цитокина носило волнообразный характер с тенденцией к уменьшению на 3-и и 7-е сутки.

Полученные результаты позволили сделать вывод, что цитокиновый профиль зависит от инструмента альтерации. У животных, рану которым наносили лазерным излучением мощностью 3,2 Вт и скальпелем, выявлена самая выраженная воспалительная реакция тканей на травму, причем при использовании скальпеля количество данных интерлейкинов во все сроки наблюдения возрастало до конца эксперимента. У животных 3-й группы, оперированных лазерным

излучением мощностью 3,2 Вт, уровень цитокинов носил волнообразный характер с тенденцией к уменьшению на 7-е сутки, что подтверждает более низкую воспалительную реакцию за счет меньшей оперативной травмы тканей при лазерном воздействии, по сравнению со скальпелем, что способствует активации процессов регенерации.

В процесс заживления раны вовлекаются как поврежденная клетка, так и клетки, участвующие в воспалении, а также различные факторы роста. Эти механизмы включаются уже на стадии повреждения тканей и непрерывно продолжаются до полного восстановления поврежденной структуры [289]. О повреждении клетки, её некрозе, состоянии цитоплазматической мембраны можно судить по активности ЩФ и АСТ, а об интенсивности протекания гликолиза, который обеспечивает клетку энергией в условиях гипоксии – по активности ЛДГ [64, 90, 251, 293].

Результаты биохимического исследования содержания ферментов АСТ, ЛДГ, ЩФ в биоптате слизистой оболочки рта животных показали, что активность ферментов во всех группах исследования была различной. В области раны, сформированной излучением неодимового лазера мощностью 1,6 Вт, на 1-е сутки активность ферментов АСТ и ЩФ была самая низкая, а наибольшая в образцах ран, сформированных лазерным излучением мощностью 3,2 Вт и скальпелем. У животных 4-й группы, которых оперировали скальпелем, активация гликолитических процессов в клетках слизистой оболочки рта была меньше по сравнению с животными других групп. На 3-е сутки у животных первой, второй и третьей групп активность АСТ существенно не менялась по отношению к показателям, полученным в первые сутки, а у животных 4-й группы, рану которым формировали скальпелем, наблюдали активный всплеск активности ЩФ. Активность гликолитического фермента ЛДГ незначительно возрастала у животных, подвергшихся излучению неодимового лазера мощностью 2,4 Вт и 3,2 Вт. У животных, оперированных скальпелем, выявлено значительное повышение показателя ЛДГ. На 7-е сутки отмечено снижение активности всех изучаемых ферментов в группах животных, оперированных скальпелем, однако активность

АСТ, ЩФ, ЛДГ в слизистой оболочке рта у животных 4-й группы существенно не менялась.

Результаты корреляционного анализа показателей, полученных из образцов слизистой оболочки рта экспериментальных животных, рану которым формировали скальпелем, показали сильную положительную достоверную связь между повышением количества IL1 β и активностью ЛДГ в экспериментальных группах при мощности лазера 1,6 и 2,4 Вт ($R=0,6$; $p=0,008$), а также между концентрацией IL1 β и уровнем ЩФ ($R=0,48$; $p=0,04$). Ранговая корреляция позволила сделать предположение, что сопоставленные молекулы, выделенные из раны, образованной скальпелем, были взаимосвязаны между собой практически в 50% случаях. Это подтверждает значительную реакцию тканей на повреждение скальпелем.

Наши исследования показали, что в ране слизистой оболочки рта кролика, сформированной излучением неодимового лазера, на 1-е сутки количество ферментов увеличивается на фоне роста количества интерлейкинов, которые постепенно снижаются на 3-и и 7-е сутки, что значительно отличается от показателей, полученных при нанесении раны скальпелем. Выявленные изменения между уровнем интерлейкинов и активностью ферментов совпадают с данными морфологических исследований, после воздействия излучения неодимового лазера на ранних сроках заживления раны наблюдали оптимальное очищение раны и течение репаративных процессов. Таким образом, заживление раны слизистой оболочки рта сформированной лазерным излучением проходило в более короткие сроки, чем раны, сформированной скальпелем.

На втором этапе экспериментальных исследований проводили изучение гемостатического эффекта и коагуляции сосудов под воздействием излучения неодимового лазера. Экспериментальных животных (кроликов) делили на 3 группы в зависимости от параметров мощности излучения: 1,0 Вт; 2,0 Вт и 4,0 Вт.

Сравнительный анализ морфометрических данных у экспериментальных животных 2-й и 3-й группы, которым применяли мощность лазерного излучения 2,0 Вт и 4,0 Вт показал, что на 1-е сутки в кровеносных сосудах в зоне

коагуляционного термического некроза была выявлена коагуляция плазмы, форменных элементов крови и стенок сосудов с образованием коагуляционных гиалиновых «лазерных тромбов», которые закупоривали просвет сосудов, что обеспечивает полный гемостаз и лимфостаз во время оперативного вмешательства. В отдаленных участках ткани тромбоза сосудов не выявлено. У животных 1-й группы, которых оперировали лазерным излучением мощностью 1,0 Вт, коагуляции в просвете сосудов выявлено не было.

Глубина коагуляционного некроза эпидермиса и подлежащей дермы так же зависела от мощности лазерного излучения, на 1-е сутки наименьшая глубина коагуляционного некроза - $126,76 \pm 9,6$ мкм - была при воздействии лазерным излучением мощностью 1,0 Вт у животных 1-й группы, наибольшая - $181,56 \pm 6,8$ мкм - у животных 3-й группы, которым воздействовали мощностью 4,0 Вт. На 3-и сутки отмечено равномерное уменьшение глубины раневого дефекта во всех трех группах. В ходе исследования было выявлено, что при мощности 1,0 Вт, 2,0 Вт и 4,0 Вт перфорации кровеносных сосудов не выявлено, отдаленные сосуды были полнокровны, в их просветах встречались полиморфно-ядерные лейкоциты без признаков распада. Через трое суток в кровеносных сосудах, подвергшихся лазерному воздействию, коагуляционные «лазерные тромбы» подвергались начальным явлениям организации, уплотнению и ретракции, формированию грануляционной ткани. Среди клеточных элементов грануляционной ткани, так и в подлежащей дерме лейкоцитов мало. Отсутствие нейтрофильной инфильтрации видимо связано с изменением свойств экссудата и снижением проницаемости сосудистой стенки в процессе заживления лазерных ран, что связано с особенностями раневого процесса при воздействии лазерного излучения. Полное восстановление гистологической структуры эпидермиса наблюдали у животных 1-й группы на 7-е сутки, полное восстановление гистологической структуры кожи без признаков деформации и рубцевания у животных 2-й и 3-й группы на 14-е сутки.

Результаты морфологического исследования показали, что воздействие излучения неодимового лазера характеризуется коагуляционным характером

некроза эпидермиса и дермы разной глубины. Лазерный разрез бескровен, это связано с коагуляцией плазменных белков и форменных элементов крови в просвете кровеносных сосудов, что обеспечивает иной характер воспалительной реакции в репаративном процессе, заключающийся в развитии продуктивного асептического воспаления с активной ранней пролиферацией клеточных элементов макрофагального и фибробластического ряда, отсутствии выраженных экссудативных процессов и формирования демаркационной лейкоцитарной (нейтрофильной) инфильтрации на границе коагулированных и интактных тканей. Этим объясняется минимальная травма тканей, сокращение сроков заживления раны.

На третьем этапе эксперимента проводили обоснование применения излучения неодимового лазера для лечения пациентов с воспалением тканей, окружающих остеоинтегрированный дентальный имплантат, по данным сканирующей электронной микроскопии микрорельефа поверхностей дентальных имплантатов после воздействия лазерным излучением. В экспериментальном исследовании использованы дентальные имплантаты известных имплантационных систем после воздействия на них излучения неодимового, эрбиевого, диодного, углекислотного лазеров. Изучали площадь плавления и разрушения микрорельефа поверхностей имплантатов после лазерного воздействия, а также степень повреждения микроструктуры поверхности имплантатов (плавления, трещины, дефекты поверхности имплантатов).

Образцы имплантатов «OsseoSpeed, Astra Tech», «Biotech BIS-Conic», «Liko», «Xive TG» и «Dentium» были распределены по группам исследования в зависимости от способа лазерного воздействия, лазерный луч направляли непосредственно на поверхность имплантатов и воздействовали в течение 1 секунды точечно мощностью 1,0 Вт и 2,0 Вт, с целью выбора оптимального режима работы.

Установлено, что наименьшая степень разрушения микрорельефа поверхности имплантатов была выявлена при лазерном излучении мощностью 1,0 Вт. При этом отмечено меньшее количество вздутий, растрескиваний и

расплаиваний на поверхности имплантатов при использовании КТР-Nd:YAG, CO₂ и полупроводникового ИРЭ-диодных лазеров в отличие от Nd:YAG и Er:YAG лазеров.

При увеличении мощности до 2,0 Вт излучение Nd:YAG и Er:YAG лазеров вызывало полное расплавление верхнего слоя на поверхности имплантатов. Несколько меньшее разрушающее воздействие (площадь 69,30%) оказывало излучение КТР-Nd:YAG, диодного ИРЭ-диода и CO₂ лазеров. Результаты расчетов показателей мощности имели статистически значимое различие ($p=0,0191$, $p<0,05$).

Итак, анализ результатов исследований показал, что лазерное излучение, направленное на поверхность дентального имплантата, оказывает повреждающее действие на ее микрорельеф в меньшей степени при меньшей мощности (1,0 Вт), в большей - при увеличении мощности (2,0 Вт). Выявлено более щадящее воздействие при излучении КТР-Nd:YAG, диодного ИРЭ-диода и CO₂ лазеров, более агрессивное – Er:YAG и Nd:YAG лазеров.

Следовательно, при лечении воспаления тканей, окружающих остеоинтегрированный дентальный имплантат, целесообразно применять излучение стоматологических лазеров мощностью 1,0 Вт. При этом лазерный луч следует направлять не на поверхность имплантата, а на окружающие его ткани, вовлеченные в воспалительный процесс, т.е. работать бесконтактно по отношению к имплантату.

Экспериментальное обоснование концепции применения неодимового лазера позволило перейти к клинической части работы. Проведено проспективное исследование 630 пациентов в возрасте от 18 до 86 лет с различными стоматологическими заболеваниями полости рта. Из 630 пациентов 392 (62%) имели сопутствующие соматические заболевания в стадии компенсации: сердечно-сосудистой системы 281 (45%), органов пищеварения 64 (10%), эндокринной системы 27 (4%), нервной системы 4 (1%), аллергические реакции 16 (2%), отсутствие сопутствующей патологии 238 (38%) пациентов. Все пациенты были разделены на 2 группы: пациентам 1-й группы оперативное вмешательство осуществляли с помощью неодимового лазера; пациентам 2-й группы – с помощью

скальпеля с лезвием №15С. Внутри групп пациенты были разделены на подгруппы по характеру заболеваний: подгруппа А (патология десны и слизистой оболочки рта: гипертрофия десны, укорочение уздечки верхней и нижней губ, языка, мелкое преддверие полости рта, гиперплазия слизистой оболочки полости рта вследствие раздражения), подгруппа В (воспалительные заболевания полости рта: перикоронит в области третьих моляров, мукозит (периимплантационный), инородное тело полости рта), подгруппа В (новообразования и кисты полости рта: папиллома, фиброма, гемангиома, фиброзные разрастания, папилломатозные разрастания, эпулис, мукоцеле слюнной железы), подгруппа Г (предраковые заболевания полости рта: лейкоплакия).

При сравнении показателей интенсивности и длительности боли у пациентов всех групп послеоперационный период протекал без осложнений и отличался в зависимости от метода операции. На 1-е сутки у 21% пациентов 1-й группы, оперированных с помощью лазерного излучения, боль была умеренной интенсивности, большинство пациентов боли не испытывали или предъявляли жалобы на боль слабой интенсивности (28,3% и 50,7 % соответственно). Наибольшую часть пациентов с отсутствием боли составляли пациенты, которым проводили гингивэктомию в области десневого края (16%), лечение периимплантационного мукозита (2%), иссечение новообразований полости рта (фибром, папиллом) (9,5%), иссечение слизистой оболочки, пораженной веррукозной лейкоплакией (11%). На 3-и сутки в 1-й группе доля пациентов с отсутствием боли существенно увеличилась до 41,3%, с умеренной болью уменьшилась в 2,3 раза и составила 9,1% случаев, половина пациентов (49,6%) испытывала боль слабой интенсивности. Это в основном пациенты, которым проводили френулотомия, вестибулопластику, удаление новообразований полости рта. Через 5 суток ни один пациент 1-й группы не испытывал боль в послеоперационной области.

Во 2-й группе на 1-е сутки после хирургического лечения скальпелем жалобы на сильную боль в послеоперационной области предъявляли 26,0% пациентов, что требовало приема обезболивающих препаратов до 3 раз в день. Это были пациенты,

которым проводили френулотомию, вестибулопластику, оперкулэктомия, иссечение мукоцеле слюнной железы и иссечение участков веррукозной лейкоплакии. Остальные пациенты испытывали боль слабой и умеренной интенсивности (5,4% и 48,6%), пациентов с отсутствием боли не было. На 3-и сутки во 2-й группе отмечена отрицательная динамика – увеличилось количество пациентов с сильной болью (39,3%), выявлена боль очень сильной интенсивности (16,6%) у пациентов, оперированных по поводу мелкого преддверия полости рта, перикоронита и веррукозной лейкоплакии. Доля пациентов, испытывающих слабую боль, уменьшилась до 4,2%, умеренную боль - до 39,3%. На 5-е сутки наблюдали увеличение роста доли пациентов с отсутствием боли и со слабой болью (5,7% и 67,1%). Боль умеренной интенсивности сохранялась в основном у 27,2% пациентов, оперированных по поводу мелкого преддверия полости рта, перикоронита и веррукозной лейкоплакии.

Резюмируя показатели интенсивности и длительности боли в динамике у пациентов при использовании излучения неодимового лазера и скальпеля, можно заключить, что наиболее благоприятными они являются у пациентов 1-й группы, оперированных лазерным излучением, у которых боль является наименее интенсивной и почти полностью исчезает на 3-и сутки после операции. Это согласуется с данными исследований, проведенных ранее другими авторами [198, 213, 251, 288, 313]. Это можно объяснить тем, что во время операции лазерным излучением не возникает давления, вибрации, повышения температуры в области оперируемых тканей [117, 120, 138, 172, 210, 303], при воздействии на ткани лазерное излучение уменьшает высвобождение медиаторов боли [165], снижает чувствительность нервных окончаний за счет снижения уровня брадикинина, вызывающего боль в поврежденных тканях, он в свою очередь нормализует ионные каналы и высвобождает эндорфины (естественные обезболивающие средства организма) и энкефалины (связанные с эндорфинами), которые оказывают обезболивающее действие [205, 209, 212].

Выраженность коллатерального отека в послеоперационном периоде также отличалась в зависимости от метода лечения. У пациентов, у которых при

проведении хирургического лечения применяли лазерное излучение, коллатерального отека не было на всем протяжении наблюдения в 22,7% случаев. У остальных пациентов он был незначительный и сохранялся в течении $3 \pm 0,5$ суток. При хирургическом лечении пациентов 2-й группы с использованием скальпеля коллатеральный отек наблюдали различной выраженности на протяжении $5 \pm 0,5$ суток, слабовыраженный отек отмечен только в 13,3% случаев, а отсутствие отека лишь в 1,2% случаев. Это были пациенты, оперированные по поводу папиллом до 0,5 см в диаметре.

На 1-е сутки наибольшее количество пациентов в 1-й группе (77,4%) было со слабовыраженным отеком, у остальных пациентов коллатеральный отек отсутствовал. В то время как во 2-й группе наибольшее количество пациентов (58%) было с умеренно выраженным коллатеральным отеком, доля лиц со слабовыраженным отеком была наименьшая (40,8%). На 3-и сутки наблюдений у пациентов 1-й группы, оперированных с помощью лазерного излучения, отмечена тенденция к уменьшению выраженности коллатерального отека, доля пациентов с отсутствием отека увеличилась до 47,5%, также уменьшилось количество пациентов со слабовыраженным отеком (18%), однако зарегистрированы пациенты с умеренным отеком (34,5%). В основном это были пациенты, которым проводили операции: френулотомию, вестибулопластику, оперкулэктомию, удаление инородного тела полости рта, удаление новообразований полости рта (гемангиома, мукоцеле малой слюнной железы), удаление участков веррукозной лейкоплакии. Во 2-й группе коллатеральный сохранялся у пациентов в 99,7% случаев, причем только в этой группе была зарегистрирована самая высокая доля пациентов с сильно выраженным отеком (45,4%), кроме того с умеренно выраженным отеком – 41% случаев, слабовыраженным – 13,3% случаев. Сильно выраженный коллатеральный отек был у пациентов, после операций: френулотомии, вестибулопластики, оперкулэктомии, удаления инородного тела полости рта, удаления гемангиомы, мукоцеле малой слюнной железы и участков веррукозной лейкоплакии. Через 5 суток у всех пациентов 1-й группы коллатеральный отек

отсутствовал, однако во 2-й группе почти у половины пациентов наблюдали отек умеренной (7,9%) и слабой выраженности (41%).

Анализируя полученные данные, становится ясно, что у пациентов при традиционном методе лечения с помощью скальпеля лезвием №15С в послеоперационном периоде на фоне приема антибактериальных и обезболивающих препаратов степень выраженности отека была минимальна к пятым суткам, по длительности отек наблюдали в течении $6,0 \pm 0,5$ суток. При использовании Nd:YAG лазера степень выраженности отека была минимальна к третьим суткам без приема антибактериальных и обезболивающих препаратов, по длительности отек составил $3,0 \pm 0,5$ суток. При проведении статистического анализа выраженности послеоперационного коллатерального отека у пациентов 1-й и 2-й групп на 1-е, 3-и и 5-е сутки после операции было установлено, что между группами существуют статистически значимые различия ($p=0$, $p<0,05$), по результатам расчетов на 3-и сутки $p=0,067$, на 5-е сутки $p=0,024$.

Обобщая полученные результаты длительности и выраженности коллатерального отека у пациентов со стоматологическими заболеваниями при использовании неодимового лазера и скальпеля для хирургического вмешательства, можно констатировать, что наилучшими они являются у пациентов 1-й группы, оперированных лазерным излучением, у которых коллатеральный отек был наименее выражен и быстрые уменьшался.

Корреляционный анализ между степенью интенсивности боли и выраженности отека в 1-й группе показал сильную положительную статистически достоверную ($p=0$, $p<0,05$) связь, на 1-е сутки критерий Пирсона $R=0,77$, на 3-е сутки – $R=0,74$, на 5-е сутки после операции связь между болью и отеком с применением Nd:YAG лазера не выявлена, так как на 5 сутки боль и коллатеральный отек у пациентов отсутствуют. Проведенный корреляционный анализ между послеоперационными болью и коллатеральным отеком в 1-й группе при использовании Nd:YAG лазера в динамике показал прямую корреляционную связь, сильно положительно статистически достоверную ($p=0$, $p<0,05$) (критерий Пирсона $R=0,79$). Корреляционный анализ во 2-й группе при использовании

скальпеля на 1-е сутки показал умеренную положительную статистически достоверную связь между степенью выраженности боли и отека при оценке показателей (критерий Пирсона $R=0,4$), на 3-и сутки – сильную положительную статистически достоверную связь ($R=0,72$), на 5-е сутки – умеренную положительную статистически достоверную связь ($R=0,35$). Корреляционный анализ между болью и коллатеральным отеком в послеоперационном периоде показал сильную положительную статистически достоверную ($R=0,78$).

Вероятнее всего, низкий уровень боли и коллатерального отека связан с меньшим травматическим воздействием на ткани операционной области при использовании лазерного излучения по сравнению с режущими инструментами, а также его индуцированным действием на клетки ткани. Во время операции не возникает давления, трения, вибрации, а также повышения температуры оперируемых тканей.

При исследовании заживления послеоперационных ран по срокам также выявлены достоверные различия в зависимости от метода хирургического лечения. На более ранних сроках зарегистрирована эпителизация послеоперационных ран у пациентов 1-й группы, оперированных излучением неодимового лазера, причем у пациентов, раны которых были ушиты, разница в сроках эпителизации составила $2,0 \pm 0,5$ суток, при использовании лазерного излучения эпителизацию наблюдали на $5,0 \pm 0,5$ сутки, при традиционном методе – на $7,0 \pm 0,5$ сутки. Кроме того, при динамическом наблюдении отмечали более раннюю реорганизацию рубца при операциях лазерным излучением, так на 14-е сутки рубец имел розово-красный цвет, при пальпации плотноэластический, не растяжимый, к 30-м суткам бледно-розовый рубец слегка возвышался над слизистой оболочкой, при пальпации поддавался растяжению, через 3 месяца послеоперационный рубец представлял собой плоскую тонкую светлую полоску, внешне не различимую от окружающих неповрежденных тканей. При традиционном хирургическом методе лечения аналогичные результаты отмечали только через 6 месяцев после операции.

При исследовании ран после лазерных операций полную эпителизацию наблюдали на более ранних сроках. Согласно нашим наблюдениям разница сроков

заживления была связана не только с размерами раны, но и с инструментом альтерации. Так у пациентов 1-й группы, раны которых заживали под коагуляционной пленкой, полную эпителизацию наблюдали на $5,0 \pm 0,5$ сутки если площадь послеоперационной раны была менее $0,5 \text{ см}^2$, при площади раны от $0,5$ до $1,0 \text{ см}^2$ – на $7,0 \pm 0,5$ сутки и на $10,0 \pm 0,5$ сутки если площадь раны была более $1,0 \text{ см}^2$. Во все сроки наблюдения выраженных функциональных нарушений – гиперемии и отёчности тканей не выявлено, только на 3-и сутки в 34% случаев наблюдали умеренно выраженные гиперемию и отек, в остальных случаях – отсутствие или слабо выраженную реакцию тканей. На 5-е сутки данные явления были полностью купированы. Раневая поверхность после лазерных операций была сразу покрыта коагуляционной пленкой, площадь которой постепенно сокращалась за счет краевой эпителизации, заживление раны в данном случае проходило под фибринозной пленкой. Через 3 месяца наблюдали образование мягкого эластичного рубца без деформации.

В случае операций скальпелем полную эпителизацию раны наблюдали на $7,0 \pm 0,5$ сутки при площади послеоперационной раны до $0,5 \text{ см}^2$, на $10,0 \pm 0,5$ сутки при площади раны от $0,5$ до $1,0 \text{ см}^2$ и на $14,0 \pm 0,5$ сутки если площадь раны была более $1,0 \text{ см}^2$. На 1-е сутки у пациентов местно была выявлена умеренная гиперемия краев раны слизистой оболочки рта и отёчность, которые на 3-и сутки имели тенденцию к увеличению и только к 5-м суткам явления отека и гиперемии были купированы. На 5-е сутки вся рана полностью покрывалась грануляционной тканью, что давало возможность вести рану без наложения йодоформного тампона. На 30-е сутки при местном осмотре выявляли созревание рубца с грубой деформацией, который к 6 месяцам по мере созревания становился мягким и эластичным.

С помощью *U*-критерия Манна-Уитни была определена достоверность различий показателей между 1-й и 2-й группами при оценке сроков заживления операционных ран, различия достоверны и отражают высокую зависимость от метода, они отражают существенную тенденцию к сокращению сроков заживления

послеоперационной раны при использовании излучения Nd:YAG лазера, по сравнению со скальпелем.

При исследовании зависимости между показателями послеоперационной боли, коллатерального отека в зависимости от площади повреждения корреляционный анализ показал положительную достоверную связь между площадью повреждения и отеком, площадью повреждения и болью в обеих группах. Так на 1-е сутки и 3-и сутки в 1-й группе выявлена сильная прямая положительная достоверная связь между площадью повреждения и отеком ($R=0,62$) и ($R=0,78$) и ($R=0,58$) соответственно. Во 2-й группе на 1-е сутки при операциях скальпелем выявлена сильная статистически значимая связь между площадью повреждения и отеком ($R=0,82$), умеренная статистически значимая связь между площадью повреждения и болью ($R=0,36$), на 3-и сутки выявлена умеренная статистически значимая связь между площадью повреждения и отеком ($R=0,4$), сильная статистически значимая связь между площадью повреждения и болью ($R=0,63$). При проведении корреляционного анализа между площадью повреждения и болью как при лазерных операциях, так и при операциях скальпелем была выявлена сильная статистически значимая связь ($R=0,76$) и ($R=0,62$).

Клиническая оценка послеоперационного периода позволила установить, что влияние излучения неодимового лазера при хирургическом лечении пациентов со стоматологическим заболеваниями полости рта позволяет уменьшить степень выраженности воспалительной реакции на оперативное вмешательство, а также уменьшить интенсивность и длительность боли, выраженность и длительность коллатерального отека, сократить сроки заживления послеоперационной раны.

Современная концепция хирургического лечения базируется на использовании объективных критериев оценки раневого процесса. Как известно, одним из признаков воспалительного процесса является повышение температуры в воспалительном очаге в результате нарушения обменных процессов и нарушения микроциркуляции. Термометрия как метод достаточно широко используется в медицине для исследования не только общего состояния организма, но и местного статуса при различных воспалительных заболеваниях [37, 104, 164, 222, 249]. В

стоматологии термометрию применяют для измерения температурных изменений при различных патологических процессах в зубодесневых карманах, коронковой части зуба, корневых каналах зубов, мягких тканях ротовой полости [18], в ортопедической стоматологии для оценки состояния препарированных зубов под несъемные конструкции протезов [84, 88, 272]. В настоящее время всё большую популярность в связи с достаточной информативностью и неинвазивностью приобретает современный диагностический метод – медицинская термография, это метод регистрации естественного теплового излучения тела человека в невидимой инфракрасной области электромагнитного спектра [73]. В стоматологии термографию применяют для диагностики заболеваний челюстно-лицевой области, дёсен и языка [37].

В нашей работе для оценки температурных изменений слизистой оболочки рта в зоне оперативного вмешательства излучением Nd:YAG-лазера проводили методом контактной термометрии и методом бесконтактной инфракрасной термографии непосредственно до операции и сразу после операции. При проведении контактной термометрии было выявлено изменение температуры в зоне операции в зависимости от топографической области и мощности излучения Nd:YAG лазера. При проведении операций излучением Nd:YAG-лазера как мощностью 2,4 Вт так и мощностью 3,2 Вт перегрева тканей не выявлено, отмечено снижение температуры в зоне операции во всех группах исследования, что подтверждено данными мобильного тепловизора.

При проведении операций излучением Nd:YAG лазера мощностью 2,4 Вт выявлено снижение температуры в зоне операции во всех группах исследования, что подтверждено данными термографии, наибольшее понижение температуры было при операциях на губе, средние показатели температуры до операции составили $34,49 \pm 1,29^\circ\text{C}$, после операции - $33,6 \pm 0,91^\circ\text{C}$, по сравнению с исходными данными температура понизилась на $0,89^\circ\text{C}$. Наименьшее понижение температуры выявлено при операциях на языке – на $0,3^\circ\text{C}$, средние показатели температуры до и после операции составили $33,99 \pm 1,4^\circ\text{C}$ и $33,66 \pm 1,29^\circ\text{C}$ соответственно. Проведенная статистическая обработка данных показала значимую разницу

показателей температуры до и после операции излучением неодимового лазера мощностью лазера 2,4 Вт в 1-й группе ($p=4,009e-05$), 2-й группе ($p=0,0004$), 3 группе ($p=0,006$, 4 группе ($p=0,006$) и 8 группе ($p=0,04$). В 5-й, 6-й и 7-й группах разница была статистически не значимой.

При проведении операций излучением Nd:YAG лазера мощностью 3,2 Вт также выявлено снижение температуры в зоне операции во всех группах исследования. Наибольшее понижение температуры было при операциях на уздечках верхней и нижней губ, преддверия рта, по сравнению с исходными данными температура понизилась на $0,4^{\circ}\text{C}$, средние показатели температуры до операции составили $33,79\pm 0,46^{\circ}\text{C}$, после операции - $33,41\pm 0,48^{\circ}\text{C}$. Наименьшее понижение температуры выявлено при операциях на языке - на $0,2^{\circ}\text{C}$, средние показатели температуры до и после операции составили $34,49\pm 1,29^{\circ}\text{C}$ и $34,25\pm 0,64^{\circ}\text{C}$ соответственно. Статистическая обработка полученных данных показала достоверную разницу показателей температуры до и после операции излучением неодимового лазера мощностью лазера 3,2 Вт во 2-й группе ($p=0,003$) и 8-й группе ($p=0,043$). В 3-й, 6-й и 7-й группах статистически достоверной разницы не было выявлено.

Суммируя полученные данные термометрии при хирургическом лечении с применением неодимового лазера перегрева тканей не выявлено, напротив, отмечено снижение локальной температуры в операционной зоне после операции во всех группах исследования при мощности 2,4 Вт от $0,3^{\circ}\text{C}$ до $0,89^{\circ}\text{C}$, при 3,2 Вт от $0,2^{\circ}\text{C}$ до $0,4^{\circ}\text{C}$, что подтверждено данными термографии. Клинически отмечено стабильное протекание фазы регенерации мягких тканей, минимальный отек и боль, более ранняя реорганизация послеоперационного рубца.

Степень выраженности воспалительной реакции на хирургическую операцию обусловлена иммунным ответом [157]. В ответ на повреждение тканей организма запускается каскад химических сигналов, которые активируют хемотаксис активированных лейкоцитов из общего кровотока в места повреждения, продуцируют цитокины, и те в свою очередь вызывают воспалительные реакции [216]. Цитокины контролируют процессы миграции в

очаг воспаления эффекторных клеток, активируют их функциональную активность и регулируют процессы восстановления поврежденных тканей [98, 126]. Иммунная регуляция на уровне дифференцировки Th-1 и Th-2 хелперов позволяет реализовывать различные варианты воспалительной реакции, в которой цитокиновый профиль занимает центральное место [157].

В результате исследований уровня провоспалительных IL1 β , IL6 и противовоспалительного IL10 цитокинов в смешанной слюне у пациентов со стоматологическими заболеваниями до операции разницы показателей интерлейкинов между сравниваемыми группами при хирургическом лечении неодимовым лазером и скальпелем не выявлено, что говорит об однородности групп. Однако разница количества IL10 до операции в зависимости от инструмента альтерации была статистически значимой ($W = 44046$, $p = 0,01$, $p < 0,05$), что вероятно связано с разным количеством пациентов, имеющих стоматологические заболевания полости рта с выраженным воспалительным процессом.

На 7-е сутки выявлены статистически достоверные различия между группами, а именно существенное количественное нарастание уровней IL1 β ($p < 0,0001$) и IL6, IL10 ($p < 0,05$) у пациентов 2-й группы, у которых операции проводили с помощью скальпеля с лезвием №15С, причем количество провоспалительного IL10 было существенно больше, чем у пациентов 2-й группы, оперированных скальпелем – $337,51 \pm 107,01$ пг/мл и $282,3 \pm 107,68$ пг/мл соответственно. Максимальные сдвиги в концентрации цитокинов IL1 β , IL6 на 7-е сутки наблюдали у пациентов в случае операции скальпелем, у которых площадь раневой поверхности была более $1,0 \text{ см}^2$ (операции: френулотомия, вестибулопластика, оперкулэктомия; удаление инородного тела полости рта, гемангиомы, мукоцеле малой слюнной железы, веррукозной лейкоплакии), разница уровней IL1 β ($W = 68445$, $p < 2,2e-16$, $p < 0,0001$) и IL6 ($W = 73002$, $p < 2,2e-16$, $p < 0,0001$) на 7-е сутки после операций в обеих группах была статистически значимой. На 30-е сутки после лечения отмечена полная нормализация уровней цитокинов IL1 β , IL6 и IL10 у пациентов 2-й группы, оперированных скальпелем,

при нормализации показателей IL6 и IL10 на 30-е сутки оставался незначительно повышенным показатель IL1 β .

Резюмируя полученные данные, можно заключить, что цитокиновый профиль у пациентов со стоматологическими заболеваниями полости рта при лечении с помощью излучения Nd:YAG лазера приходил в норму быстрее, чем при лечении с помощью скальпеля, и через 30 суток достигал нормальных значений уже после лечения в обеих группах. Следовательно, цитокиновый индекс смешанной слюны при хирургическом лечении пациентов со стоматологическими заболеваниями является важным диагностическим маркером выраженности воспаления, причём провоспалительные цитокины IL1 β и IL6 участвуют в формировании местной воспалительной реакции и степень их повышения отражает тяжесть процесса: при операциях лазером их концентрация соответственно меньше в 0,5 раза, чем при операциях скальпелем. Также количество противовоспалительного цитокина IL10 существенно менялось на 7-е сутки, причём значительное его повышение отмечено у пациентов, оперированных скальпелем в 0,6 раза по сравнению с лазерными операциями, через 30 суток показатель приходил к норме.

Сравнивая полученные данные иммуноферментного анализа у всех пациентов со стоматологическими заболеваниями до операции можно отметить, что исходные показатели содержания защитного SIgA были снижены, а показатели общего IgG и общего IgM статистически достоверно повышены. Однако внутри обеих групп выявленная небольшая (0,01 мг/мл) разница показателей уровня SIgA до операции была статистически значимой.

Разница количества общих IgG и IgM до операции в обеих группах была статистически значимой ($p = 0,3067$, $p > 0,05$; $p = 0,08$, $p > 0,05$), что может быть связано с разным количеством пациентов со стоматологическими заболеваниями полости рта, имеющих воспалительный процесс. После проведения хирургического лечения излучением Nd:YAG-лазера через 7-ь суток наблюдали увеличение активности показателей преимущественно секреторных и в меньшей степени клеточных механизмов защиты, что может быть связано со способностью

неодимового лазера стимулировать выход в полость рта иммунокомпетентных клеток, которые восстанавливают секреторные и клеточные механизмы защиты. На 30-е сутки после лечения показатели достигали нормальных значений. При традиционном лечении скальпелем на 7-е сутки отмечено снижение показателей местного иммунитета, что предположительно объясняется иммунодепрессивным воздействием оперативного лечения, на 30-е сутки показатели приближались к норме.

Оценивая полученные данные можно предположить наличие у излучения неодимового лазера индуцированного воздействия на эпителиальные клетки слизистой оболочки рта, что способствует восстановлению основных параметров местного иммунитета и взаимосвязей между ними, лазерное излучение повышает иммунореактивность местного иммунитета, что подтверждается данными исследований [120, 124, 280].

Таким образом, в результате проведенного экспериментального и клинического исследования разработана и научно обоснована концепция применения излучения неодимового лазера в хирургической стоматологии на основе выявленного многофакторного положительного влияния излучения высокоинтенсивного неодимового лазера с длиной волны 1064 нм на мягкие ткани полости рта операционной области вследствие малотравматичного кратковременного воздействия, не вызывающего перегрева окружающих тканей, сниженной воспалительной реактивности на вмешательство, повышения репаративно-регенераторного потенциала мягких тканей послеоперационной области, повышения иммунореактивности местного иммунитета, а в конечном результате повышения эффективности хирургического лечения пациентов со стоматологическими заболеваниями.

ВЫВОДЫ

1. Теоретико-методологический анализ эффективности применения излучения неодимового лазера как инструмента альтерации по данным литературы позволил обосновать концепцию применения излучения неодимового лазера при хирургическом лечении пациентов со стоматологическими заболеваниями как малотравматичного безболезненного безопасного воздействия, при котором повышается регенераторный потенциал тканей послеоперационной области.
2. По данным морфологического метода исследования в эксперименте на животных выявлено выраженное позитивное действие излучения неодимового лазера на регенерацию слизистой оболочки рта в сравнении со скальпелем, так как при этом минимальны альтерация тканей и расстройства микроциркуляции, слабее выражена интенсивность воспалительных процессов, раньше начинаются и интенсивней протекают репаративные процессы: пролиферация фибробластов, неоангиогенез, продукция коллагена, фибриллогенез, созревание и фиброзно-рубцовая трансформация грануляционной ткани без рубцовой деформации, эпителизация раневой поверхности.
3. По данным биохимического метода исследования в эксперименте на животных низкое содержание провоспалительных цитокинов $IL1\beta$ и $IL6$, противовоспалительного $IL10$, ферментов печени АСТ, ЛДГ, ЩФ после воздействия неодимового лазера свидетельствует о невыраженной воспалительной реакции на альтерацию.
4. В эксперименте на животных определены оптимальные параметры работы неодимового лазера: при мощности излучения 1,6 Вт энергия 40 мДж, при мощности 2,4 Вт – 60 мДж, при мощности 3,2 Вт – 80 мДж. Длительность импульса 350 нс (режим «short»), частота импульса 40 Гц при всех показателях мощности и энергии. Лазерное излучение с такими параметрами способствует оптимизации репаративных процессов, укорочению сроков заживления послеоперационной раны слизистой оболочки рта на $2,0\pm 0,5$ суток, на фоне невыраженного воспаления. При режиме работы неодимового лазера

мощностью 4,0 Вт с энергией 80 мДж, частотой 50 Гц, длительностью импульса 350 нс (режим «short») выявлена наибольшая глубина коагуляционного некроза $181,56 \pm 6,8$ мкм, что удлиняло срок заживления раны до $10 \pm 0,5$ суток.

5. По экспериментальным данным сканирующей электронной микроскопии микрорельефа поверхностей дентальных имплантатов доказана эффективность применения лазерных технологий. Однако лазерное излучение различной длины волны может быть безопасно использовано с разными определенными параметрами мощности. Лазерное излучение мощностью 1,0 Вт позволяет минимизировать, растрескивание, плавление, вздутие и площадь повреждения поверхности. Максимальное повреждение поверхности имплантатов в виде полного расправления верхнего слоя 100% площади было выявлено при воздействии мощностью 2,0 Вт Nd:YAG и Er:YAG лазеров.
6. По данным клинических методов исследования использование неодимового лазера способствовало более благоприятному течению послеоперационного периода: на $3 \pm 0,5$ сутки боли и отека не наблюдали, регенерация наступала при ушивании раны на $5 \pm 0,5$ сутки, без наложения швов на $10 \pm 0,5$ сутки. После традиционного лечения боль и коллатеральный отек сохранялись до $5 \pm 0,5$ суток, заживление регистрировали при ушивании раны на $7 \pm 0,5$ сутки, без наложения швов на $14 \pm 0,5$ сутки.
7. По данным термометрии слизистой оболочки рта после лазерной операции перегрева тканей не выявлено. Максимальная температура послеоперационной раны составила $35,66 \pm 0,28^\circ\text{C}$. Температура окружающих тканей не превышала референсных значений.
8. Данные биохимических методов исследования цитокинового профиля смешанной слюны свидетельствуют о сниженной воспалительной реакции в ответ на лазерное воздействие, т.к. у пациентов, оперированных лазером, содержание интерлейкинов соответствовало норме или повышение было незначительном. После операций скальпелем у всех пациентов на 7-е сутки было отмечено повышение уровня цитокинов, разница уровней IL1 β (W = 68445, $p < 2,2e-16$, $p < 0,0001$), IL6 (W = 73002, $p < 2,2e-16$, $p < 0,0001$) и IL10 (W = 69194, $p < 2,2e-16$, $p < 0,0001$) была достоверной.

9. По данным иммуноферментного анализа смешанной слюны использование неодимового лазера в режиме абляции не вызывает иммуносупрессии местного клеточного и гуморального иммунитета полости рта, о чем свидетельствует увеличение активности показателей преимущественно секреторных и в меньшей степени клеточных механизмов защиты, по сравнению с исходными показателями увеличение содержания SIgA с $0,23 \pm 0,02$ мг/мл до $0,38 \pm 0,09$ мг/мл, IgG с $0,148 \pm 0,016$ мг/мл до $0,151 \pm 0,015$ мг/мл и достоверное снижение IgM с $0,0360 \pm 0,009$ мг/мл до $0,0242 \pm 0,0006$ мг/мл.
10. По результатам исследования разработана концепция применения неодимового лазера в хирургической стоматологии при хирургическом лечении пациентов со стоматологическими заболеваниями. Доказана эффективность применения излучения неодимового лазера с длиной волны 1064 нм в импульсно-периодическом режиме, мощностью 1,6 Вт, 2,4 Вт, 3,2 Вт, т.к. это способствует оптимизации регенерации мягких тканей послеоперационной области полости рта.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Работу с неодимовым лазером необходимо осуществлять в специально оборудованном помещении в соответствии с СанПин 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах», международным стандартом ГОСТ Р МЭК 60825-1-2013 «Безопасность лазерной аппаратуры», международным стандартом 31581-2012 «Лазерная безопасность. Общие требования при работе и эксплуатации лазерных изделий».
2. При работе с неодимовым лазером необходимо использовать специальные средства защиты. Защитные очки, соответствующие длине волны используемого лазерного излучения, необходимы как оперирующему хирургу, так и ассистенту врача, и пациенту. Защитные очки должны соответствовать Европейскому регламенту EN 207 "Индивидуальные защитные очки. Фильтры и защитные очки от лазерного излучения", кроме того, они должны обладать следующими характеристиками: $OD > 5 @ 1,06 \mu\text{m}$, спектральное пропускание - уровень L4. Глаза, не защищенные защитными очками, могут серьезно пострадать вплоть до поражения сетчатки, если приблизить их к источнику лазерного излучения на расстояние меньше, чем допустимое минимально безопасное расстояние для глаз (3 м).
3. Пациентам, у которых в медицинских картах стоматологического больного значится диагноз: герпес, показано профилактическое назначение противовирусных препаратов, например, ацикловира 200,0 мг 2 раза в день 1 день до стоматологического вмешательства и 2 раза в день на следующий день после операции.
4. Режим работы неодимового лазера с длиной волны 1064 нм при хирургическом лечении пациентов со стоматологическими заболеваниями зависит от плотности ткани. Используется: мощность 1,6 Вт, 2,4 Вт, 3,2 Вт в режиме абляции с энергией 40, 60, 80 мДж, длительностью импульса 350 нс (режим «short»), частотой импульса 40 Гц, мощность 1,6 Вт, в импульсно-периодическом режиме.

5. Хирургический метод лечения пациентов со стоматологическими заболеваниями с применением неодимового лазера необходимо проводить следующим образом: под местной анестезией препаратами артикаинового ряда излучением неодимового лазера мощностью от 1,6 до 3,2 Вт в зависимости от плотности оперируемых мягких тканей проводят иссечение патологических тканей в пределах здоровых тканей с помощью световода (фиброволокно диаметром 200 мкн), который находится в легком контакте со слизистой оболочкой, либо на расстоянии 1мм от нее.
6. Режим абляции предполагает работу лазера в импульсно-периодическом режиме короткими импульсами 350 нс.
7. После проведения операции накладывают швы или раневую поверхность в режиме коагуляции покрывают коагуляционным слоем, сформированным рассеянным излучением неодимового лазера при мощности 1,5 Вт на расстоянии 10 мм от поверхности раны в течение 1 мин круговыми движениями световода под углом 45°.
8. Для предотвращения развития коллатерального отёка местно применяют наложение холода на 15-20 минут через каждые 2-3 часа в первый день после операции.
9. В качестве критерия оценки эффективности проводимого хирургического лечения пациентов со стоматологическими заболеваниями полости рта необходимо проводить ИФА смешанной слюны, так как показатели цитокинового профиля и содержания иммуноглобулинов свидетельствуют о состоянии клеточного и гуморального иммунитета полости рта в динамике лечения, дают представление о возможном иммуносупрессивном эффекте хирургического вмешательства.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

CO ₂	– углекислотный лазер
Er: YAG	– эрбиевый лазер
ex vivo	– вне организма
IgG	– иммуноглобулин класса G - гликопротеин
IgM	– иммуноглобулин класса M - пентамер
IL1 β	– интерлейкин (провоспалительный цитокины)
IL1 α	– интерлейкин (провоспалительный цитокины)
IL6	– интерлейкин (провоспалительный цитокины)
IL8	– интерлейкин (провоспалительный цитокины)
IL10	– интерлейкин (противовоспалительные цитокины)
m	– стандартная ошибка средней арифметической (статистика)
M	– среднее арифметическое (статистика)
Me	– медиана (статистика)
n	– номер
Nd:YAG	– неодимовый лазер
Nd:YAG-KTP	– неодимовый лазер с удвоением частоты
OD>5 @	– защитные очки от света в диапазоне (980-2500 нм)
L4	– уровень защиты глаз в диапазоне (980-2500 нм)
p	– уровень значимости
pH	– водородный показатель
PDGF-BB	– фактор роста тромбоцитов
PW	– импульсный режим
R	– критерий Пирсона
Repeat	– тип импульса
Toff	– повторяющиеся импульсы
Ton	– режим импульса
S	– площадь
sIgA	– иммуноглобулин - секреторный IgA

SRP	– не антивирусная программа
<i>T</i>	– критерий Вилкоксона
TGF- β 1	– трансформирующий фактор роста
Th	– Т-лимфоцит
TNF- α	– фактор некроза опухоли
<i>U</i>	– критерий Манна-Уитни
very short	– тип импульса очень короткий импульс
W	– статистика
АСТ	– аспартатаминотрансфераза
АТФ	– аденозинтрифосфорная кислота
ВАК	– высшая аттестационная комиссия
ВРШ	– (Numerical Rating Scale, NRS) статистический анализ интенсивности болевого синдрома
Вт	– ватт
Гц	– герц
Дж/см ²	– джоуль/сантиметр
ИФА	– иммуноферментный анализ
ИСО	– международная организация по стандартизации
кВт	– киловатт
ЛДГ	– лактатдегидрогеназа
МГц	– мегагерц
Мг	– миллиграмм
мДж	– миллиджоуль
МЕ/мин·г	– международная единица /грамм в минуту
мкм	– микрометр
МКБ	– международная классификация болезней
мкс	– микросекунда
мин	– минут
мм	– миллиметр
мрад	– миллирадиана

нм	– нанометр
нс	– наносекунда
Окр	– окраска
пг/мм	– пикограмм/миллилитр
С°	– градус по Цельсию
см ²	– сантиметр квадратный
т.д.	– так далее
т.к.	– так как
ТЦ	– цифровой термометр
ТЦЩ	– термометрический цифровой щуп
ув.	– увеличение
ЩФ	– щелочная фосфатаза

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакарова, С.С. Применение хирургических лазеров при лечении больных с доброкачественными новообразованиями мягких тканей рта и хроническими заболеваниями пародонта : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.01.14 / Абакарова Саида Садуллаевна. – М., 2010. – 3 с.
2. Айрапетян, В.С. Физика лазеров : учебное пособие / В.С. Айрапетян, О.К. Ушаков. – Новосибирск СГГА, 2012. – 134 с.
3. Айхлер, Ю. Лазеры. Исполнение, управление, применение / Ю. Айхлер, Г.И. Айхлер. – М. : Техносфера, 2012.–496 с.
4. Александров, М.Т. Лазерная клиническая биофотометрия (теория, эксперимент, практика) / М.Т. Александров. – М. : Техносфера, 2008. – 17 с.
5. Александров, М.Т. Лазерные Раман-флуоресцентные медицинские технологии в стоматологии – от эксперимента к клинике / Под ред. М.Т. Александрова – Москва: КнигИздат, 2020. – 160 с.
6. Амхадова, М.А. Эффективность применения никотинамидадениннуклеотид гидрида в комплексном лечении пациентов с периимплантитом / М.А. Амхадова, И.С. Амхадов, Э.Ш. Алескеров, В.И. Зеленский, Е.А. Ремизова, А.А. Атаманчук // Российский стоматологический журнал. – 2020. – Т. 24. (3). – С. 146-153.
7. Арцимович, И.В. Обзор моделей микрохирургических операций для отработки мануальных навыков хирургов / И.В. Арцимович, М.С. Асадулаев, Е.В. Зиновьев // Интерактивная наука. – 2017. – Т. 4. (14). – С. 52-54.
8. Ашрафов, А.А. Современные методы рассечения паренхимы печени / А.А. Ашрафов, Н.Ю. Байрамов, М.Д. Меликова // Анналы хирургической гепатологии. – 2000. – Т. 5. (2). – С. 54-60.
9. Ашурко, И.П. Сравнительный анализ различных методов увеличения ширины кератинизированной прикрепленной десны у пациентов при проведении дентальной имплантации: дисс. ... канд. мед. наук : 14.01.14 / Ашурко Игорь Павлович. – Москва, 2016. – С.12-18.

10. Баграмов, Р.И. Лазеры в стоматологии, челюстно-лицевой хирургии и реконструктивно-пластической хирургии. Под редакцией М.Т. Александрова / Р.И. Баграмов, М.Т. Александров, Ю.Н. Сергеев. – М. : Техносфера, 2010. – 7 с.
11. Баев, И.В. Применение микросекундного Nd:YAG-лазера в реставрационной стоматологии : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.14 / Баев Игорь Владимирович. – М., 2015. – 159 с.
12. Белашов, И.В. Теоретическое обоснование эффективности процесса регенерации кожного рубца по данным визуализации режущей поверхности медицинского скальпеля / И.В. Белашов, А.Р. Слетова, А.А. Слетов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3. – С. 157.
13. Белошенков, В.В. Анатомо-физиологические особенности челюстно-лицевой области и ее методы исследования : учебное пособие под редакцией Лапкина М.М. и Н.В. Куряжиной / В.В. Белошенков. – М : Медицинская книга, 2005. – 34 с.
14. Бертолотти, М. История лазера. Научное издание / М. Бертолотти; пер. с англ. Крюкова П. Г. – Издательский дом: Интеллект, 2011. – 101 с.
15. Беспалова, Н.А. Возможности клинического использования метода инфракрасной термометрии в оценке течения раневого процесса после операции вестибулопластика с использованием свободных десневых трансплантатов / Н.А. Беспалова, Е.А. Дурново, Е.С. Галкина, В.А. Тараканова, Н.Б. Рунова // Пародонтология. – 2020. –Т.25.(2) – С. 127-133.
16. Блинова, А.В. Периимплантит - основное осложнение дентальной имплантации (обзор литературы) / А.В. Блинова, Р.А. Рюмшин, В.А. Румянцев // Верхневолжский медицинский журнал. – 2018. – Т. 17. (1). – С. 13-18.
17. Богатов, В.В. Лазеры в челюстно-лицевой и пластической хирургии / В.В. Богатов // Стоматология. – 2009. – Т.88.(5). – С. 37-38.
18. Большаков, Г.В. Изменение температуры поверхности коронки препарированного зуба / Г.В. Большаков, М.А. Нефедова // Результаты клинических и экспериментальных исследований ММСИ. - М., 1974. - С. 37-38.

19. Боровский, Е.В. Терапевтическая стоматология : учебник для студентов медицинских вузов / Е.В. Боровский. – М. : МИА, 2004. – 840 с.
20. Боровский, Е.В. Биология полости рта : монография / Е.В. Боровский, В.К. Леонтьев. – М. : Медкнига, 2001. – 22 с.
21. Брайловская, Т.В. Клинико-морфологическое обоснование концепции выполнения первично-восстановительных операций при повреждениях челюстно-лицевой области : дис. ... д-ра мед. наук : 14.00.21 / Брайловская Татьяна Владиславовна. – М., 2009. – 198 с.
22. Будылина, С.М. Физиология челюстно-лицевой области : учебник под ред. С.М. Будылиной, В.П. Дегтярева / С.М. Будылина, В.П. Дегтярев – М: Медицина, 2000. – С. 66-84.
23. Быков, Л.В. Гистология и эмбриональное развитие органов полости рта человека : учебное пособие для стоматологических факультетов / Л.В. Быков. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 624 с.
24. Быков, Л.В. Повреждение и репаративная регенерация эпителия слизистой оболочки полости рта при воздействии цитостатиков (тканевые, клеточные и молекулярные механизмы) / Л.В. Быков, И.В. Леонтьева // Морфология. – 2011. – Т. 139. (2). – С. 7-17.
25. Варюшина Е.А. Провоспалительные цитокины в регуляции процессов воспаления и репарации: дис. ... док. биол. наук : 03.03.03 / Варюшина Елена Анатольевна. – С-П., 2012. – 20 с.
26. Василевская, Е.А. Современные методы лечения инфантильных гемангиом / Е.А. Василевская, К.Л. Варданян, Э.М. Дзыбова // Клиническая дерматология и венерология. – 2015. – №6. – С. 15-19.
27. Вейнов, В.П. Современные инструменты для стоматологии учебник для вузов / В.П. Вейнов, И. Н. Мусин. Издательство Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии / учебник для вузов, 2020. – 232 с.
28. Воложин, А.И. Особенности заживления слизистой оболочки полости рта при нанесении раны скальпелем, лазером и радионожом (экспериментальное исследование) / А.И. Воложин, О.З. Топольницкий, А.Б. Шехтер, Е.И.

- Дорофеева, Ю.А. Зуйков, С.В. Тарасенко // *Стоматология*. – 2011. – №1. – С. 17-18.
29. Геворков, А.Р. Основы микрохирургии / А.Р. Геворков, Н.Л. Мартиросян, С.С. Дыдыкин, Ш.Ш. Элиава. М.:ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 95 с.
30. Гейниц, А.В. ГНЦ лазерной медицины – четверть века на пути создания лазерных инновационных технологий в медицине / А.В. Гейниц, Г.И. Цыганова // *Лазерная медицина*. – 2011. – Т. 15 (2). – С. 16-18.
31. Гемонов, В.В. Гистология и эмбриология полости рта и зубов : учебное пособие / В.В. Гемонов, Э.Н. Лаврова, Л.И. Фалин. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 43 с.
32. Гемонов, В. В. Гистология и эмбриология органов полости рта и зубов : учебное пособие / Гемонов В. В. , Лаврова Э. Н. , Фалин Л. И. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2019. - 320 с.
33. Гуторова, А.М. Сравнительный анализ репаративных процессов в зависимости от метода хирургического лечения : дис. ... канд. мед. наук: 14.00.14 / Гуторова Анна Михайловна. – М., 2020. – 147 с.
34. Диомидов, И.А. Эффективность применения ND-YAG-лазерного излучения при лечении больных с сосудистыми аномалиями / И.А. Диомидов, И.С. Васильев, Ю.С. Васильев // *Вестник ЮУрГУ Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура»*. – 2013. – Т. 13. (2) – С. 86-88.
35. Диомидов, И.А. Эффективность применения лазерного излучения в лечении больных с сосудистыми аномалиями / И.А. Диомидов, В.А. Виссарионов // *Экспериментальная и клиническая стоматология*. – 2013. – №6. – С. 27-29.
36. Дурново, Е.А. Возможности инфракрасной термографии в комплексной диагностике заболеваний челюстно-лицевой области / Е.А. Дурново, М.С. Марочкина, Н.Е. Хомутичкина и др. // *Современные проблемы науки и образования*. 2012; (4): 30.
37. Дурново, Е.А. Возможности оптимизации течения раневого процесса на слизистой оболочке в полости рта с использованием фотодинамической терапии / Е.А. Дурново, В.А. Тараканова // *Dental Forum*. – 2019. – № 4 (75). – С. 35-36.

38. Дурново, Е.А. Экспериментально-клиническая оценка эффективности использования полимерной мембраны при оперативных вмешательствах на слизистой оболочке полости рта / Е.А. Дурново, Д.А. Рябова, Н.Ю. Орлинская, Н.Е. Хомутишникова // *Стоматология*. – 2018. – Т. 97. (5). – С. 48-53.
39. Дыдыкин, С.С. Современные хирургические инструменты: справочник / С.С. Дыдыкин, Е.В. Блинова, А.Н. Щербюк. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 144 с.
40. Евграфова, А.О. Сравнительный анализ эффективности применения хирургических лазерных технологий для лечения лейкоплакии слизистой оболочки полости рта : автореф. дисс. ... канд. мед. наук : 14.01.14 / Евграфова Анна Николаевна. – Москва, 2011. – 23 с.
41. Евтухов, В.Л. Современный инструментарий в челюстно-лицевой хирургии: учеб.-метод. пособие / В.Л. Евтухов, И.О. Походенько-Чудакова, Н.Н. Чешко. – Минск: БГМУ. – 2011. – 88 с.
42. Евтушенко, Г.С. Лазерные системы в медицине. Учебное пособие / Г.С. Евтушенко, А.А. Аристов. – Из-во : Томского политехнического университета, 2003. –123 с.
43. Елисеенко, В.И. Морфологическое обоснование применения лазеров в хирургии и эндоскопии желудка : дис. ... д-ра мед. наук : 14.00.15 / Елисеенко Владимир Иванович. – М., 1983. – С. 116-269.
44. Елисеенко, В.И. Особенности заживления лазерных ран / В.И. Елисеенко // *Лазерная медицина*. – 2011. – Т. 15. (2). – 24 с.
45. Елисеенко, В.И. Патологическая анатомия и патогенез лазерной раны / В.И. Елисеенко // *Лазерная медицина*. – 2017. – Т. 21. (4). – С. 5-10.
46. Жижин, Н.К. Использование лазеров в хирургии / Н.К. Жижин, Ю.Ю. Колбас, Е.В. Кузнецов // *Фотоника*. – 2020. Т. 14. (3). – С. 282-292.
47. Журавлев, А.Н. Сравнительный анализ стрессовой реакции организма при хирургическом лечении стоматологических заболеваний с использованием режущих и ротационных инструментов и лазерного излучения : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.14 / Журавлев Александр Николаевич. – М., 2019. – 131 с.

48. Зорина, О.А. Особенности иммунологических аспектов остеорезорбции при периимплантите, хроническом пародонтите и раке альвеолярного отростка и альвеолярной части челюстей / О.А. Зорина, М.А. Амхадова, А.А. Хамукова, Э.Ш. Алескеров, Г.А. Айрапетов, А.А. Демидова //Стоматология. – 2020. – Т. 99. (4). – С. 27-32.
49. Ипполитов, Е.В. Клинико-иммунологический мониторинг содержания цитокинов десневой жидкости у пациентов с периимплантитом при фотодинамической терапии / Е.В. Ипполитов, С.Т. Ильясова, Г.Д. Ахмедов, А.В. Арутюнян, В.Н. Царев //Медицинский алфавит. – 2020. – № 12. – С. 15-18.
50. Каган, И. И. Топографическая анатомия и оперативная хирургия В 2 т. Т. 1 : учебник / под ред. И. И. Кагана, И. Д. Кирпатовского - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2013.–512 с.
51. Каспаров, А.С. Клинико-морфологическое обоснование применения диодного лазерного скальпеля в амбулаторной хирургической стоматологии : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.14 / Каспаров Александр Сергеевич. – М., 2019. – 182 с.
52. Козлов, В.И. 30 лет во главе лазерной медицины в России / В.И. Козлов, Г.И. Цыганова // Лазерная медицина. – 2016. – Т. 20. (3). – С. 15-20.
53. Конвиссар, Р.А. Лазеры в стоматологии. Фундаментальные основы и клиническая практика : пер. с англ. под науч. ред. А.С. Каспарова / Р. А. Конвиссар. – М.: ТАРКОММ, 2020. – 474 с.
54. Крикун, Е.В. Клинико-иммунологическое обоснование применения диодного лазера в комплексном лечении эндо-пародонтальных поражений : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.14 / Крикун Елена Валерьевна. – Уфа, 2020. – 163 с.
55. Кузин, М.И. Раны и раневая инфекция. Руководство для врачей / М.И. Кузин, Б.М. Костюченко. – М. : «Медицина», 1990. – С. 170-174.
56. Кузнецов, С.Л. Гистология : учебник / С.Л. Кузнецов, Н.Н. Мушкамбаров. – М.: МИА, 2007. – 600 с.
57. Кулаков, А.А. Клинико-морфологическое и иммуногистохимическое исследование тканей при периимплантите и пародонтите / А.А., Кулаков Е.А.

- Коган, В.Н. Николенко, Т.В. Брайловская, А.П. Ведяева, Е.В. Блинова, Н.В. Жарков, С.П. Боев // Медицинский вестник Северного Кавказа. – 2019. – Т. 14. (4). – С. 653-659.
58. Кулаков, А.А. Морфологические и молекулярно-биологические особенности воспалительных и регенераторных процессов в тканях пародонта при периимплантите и пародонтите / А.А. Кулако, Е.А. Коган, Т.В. Брайловская, А.П. Ведяева, Н.В. Жарков // Доклады Российской академии наук. Науки о жизни. – 2020. – Т. 492. (1). – С. 300-304.
59. Кулаков, А.А. Применение диодного лазерного скальпеля в амбулаторной хирургической стоматологии / А.А. Кулаков, Л.А. Григорьянц, А.С. Каспаров. – М.: ФГУ «ЦНИИС и ЧЛХ Родмедтехнологий», 2008. – С. 9-12.
60. Кулаков, А.А. Диодный лазерный скальпель – как современный инструмент хирурга стоматолога / А.А. Кулаков, Л.А. Григорьянц, А.С. Каспаров // Стоматолог-практик. – 2009. – №2. – С. 10-13.
61. Лазарихина, Н.М. Применение эрбиевого лазера для хирургического лечения пародонтита : дис. ... канд. мед. наук : 14.01.14 / Лазарихина Наталья Михайловна. – М., 2007. – 144 с.
62. Лаптев, П.И. Комбинированное лечение больных раком губы и органов полости рта с применением локальной СВЧ-гипертермии и СО₂ лазера : дис. ... д-ра. мед. наук : 14.01.21 / Лаптев Петр Иванович. – М., 2003. – С. 221-222.
63. Лепилин, А.В. Обоснование применения лазерного излучения фиолетового спектра (405 нм) после проведения хирургических операций в полости рта / А.В. Лепилин, Ю.М. Райгородский, Д.А. Григорьева, Н.Л. Ерокина, Г.Р. Бахтеева // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация // 2018. – Т. 17. (3). – С. 141-144.
64. Литвицкий, П.Ф. Патофизиология. Учебник: в 2 т. / П.Ф. Литвицкий // – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. – Т. 1. – 624 с.
65. Марри, Р. Биохимия человека : учебник в 2 томах, пер. с англ. / Р Марри, Д. Греннер, П. Мейес, В. Родуэлл Т. – М. : Мир, 1993. – 415 с.
66. Мещерякова, М.А. Оперативная хирургия и топографическая анатомия / М.А. Мещерякова. – Издательство: М.: Академия, 2005. – 512 с.

67. Минаев, В.П. Современные лазерные аппараты для хирургии и силовой терапии на основе полупроводниковых и волоконных лазеров. Рекомендации по выбору и применению / В.П. Минаев, К.М. Жилин. – Изд. : Балабанов И.В., 2009. – С. 5-11.
68. Минаев, В.П. Лазерные аппараты для хирургии и силовой терапии: вчера, сегодня, завтра / В.П. Минаев // Лазерная Медицина. – 2012. Т. 16. (3). – С.57-65.
69. Михайлов, В.В. Основы патологической физиологии. Руководство для врачей / Михайлов В.В. – М. : Медицина, 2001. – 704 с.
70. Минаев, В.П. Лазерные медицинские системы и медицинские технологии на их основе: Учебное пособие / В.П. Минаев – 4-е, исправленное и дополненное издание – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2020. – 360 с.
71. Михальченко, Д.В. Проблема воспаления в периимплантатных тканях и факторы, влияющие на его течение (обзор литературы) / Д.В. Михальченко, А.Т. Яковлев, Е.Ю. Бадрак, А.В. Михальченко // Волгоградский научно-медицинский журнал. – 2015. – № 4. (48). – С. 15-17.
72. Мозокина, М.М. Применение хирургических лазерных технологий при лечении образований сосудистого характера челюстно-лицевой области : дис. ... канд. мед. наук : 14.01.14 / Мозокина Марина Мирославовна. – М., 2013. – 115 с.
73. Морозов, А.М. Медицинская термография: возможности и перспективы / А.М. Морозов, Е.М. Мохов, В.А. Кадыков, А.В. Панова // Казанский медицинский журнал. – 2018. – №2 (99). – С. 264-270.
74. Морозова, Е.А. Анализ сканирующей электронной микроскопии поверхностей имплантатов после лазерного воздействия / Е.А. Морозова, С.В. Тарасенко, И.В. Тарасенко, Р.Д. Гарипов // Лазерная Медицина. – 2014. – Т.18 (4). – с.60
75. Морозова, Е.А. Применение неодимового лазера в хирургической стоматологии / Е.А. Морозова, С.В. Тарасенко, Т.П. Вавилова, М.М. Мозокина // Кремлевская медицина. Клинический вестник. – 2018. – №2. – С.61-68.

76. Морозова, Е.А. Результаты биохимического исследования заживления раны слизистой оболочки полости рта в эксперименте / Е.А. Морозова, С.В. Тарасенко, Т.П. Вавилова // *Стоматология*. – 2017. – № 96 (6). – Выпуск 2. – С. 27.
77. Морозова, Е.А. Результаты гистологического исследования регенерации слизистой оболочки щеки кролика после нанесения дефектов излучением диодных лазеров / Е.А. Морозова, С.В. Тарасенко, А.Б. Шехтер, А.М. Гуторова // *Стоматология*. – 2017. – № 96 (6). – Выпуск 2. – С. 61-62.
78. Морозова, Е.А. Сочетанное применение Er:YAG и Nd:YAG лазеров для хирургического лечения регулярных кист челюстей : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.14 / Морозова Елена Анатольевна. – М., 2011. – С. 29-41.
79. Морозова, Е.А. Сравнительная оценка регенерации слизистой оболочки рта после излучения Nd:YAG лазера и механической травмы в эксперименте / Е.А. Морозова, С.В. Тарасенко, В.И. Елисеенко, А.М. Гуторова // «Вятский медицинский вестник». – №2(62). – 2019. – С.34-42.
80. Морозова, Е. А. Хирургическое лечение пациентов со стоматологическими заболеваниями с помощью неодимового лазера / Е. А. Морозова, С. В. Тарасенко, Р. Д. Гарипов, И. В. Тарасенко, А. Н. Журавлев // *Стоматология*. – 2016. – №95(6-2). – С.47-47.
81. Морозова, Е.А. Экспериментальное обоснование применения Nd:YAG-лазера для лечения сосудистых поражений / Е.А. Морозова, В.И. Елисеенко, А.А. Давтян, М.Н. Корнильев // «Лазерная медицина». – Т. 21(3). – 2017. – С.22-27.
82. Москвин, С.В. Эффективность лазерной терапии / С.В. Москвин. – М. : Техника, 2003. – 256 с.
83. Мусаева, Э. М. Профилактика и методы лечения посттравматической невропатии третьей ветви тройничного нерва, возникающей при проведении ортогнатических операций : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.14 / Мусаева Эльвира Магометовна. – М., 2020. – 147 с.
84. Николаев, С. В. Применение термоодонтометрических, реопародонтографических методов исследования, электроодонтодиагностики

- для профилактики осложнений одонтопрепарирования при изготовлении металлокерамических и цельнолитых зубных конструкций / С. В. Николаев // Российский стоматологический журнал. – 2007. – №5. – С. 36-38
85. Новикова, А. Применение диодных лазеров в стоматологии на примере KaVo GENTLEray 980 / А. Новикова // Инновационная стоматология (пилотный выпуск - Лазеры). – 2010. – №1. – С. 68-71.
86. Новицкий, В.В. Патологическая физиология : учебник в 2 т. 4-е изд., перераб. и доп. / В.В. Новицкий, Е.В. Гольберг, О.И. Урасова. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. – Т. 1. – 848 с.
87. Олесов, Е.Е. Персонализированный подход к профилактике воспалительных осложнений дентальной имплантации / Е.Е. Олесов, В.В. Никитин, Е.В. Глазкова, В.Н. Олесова, А.Ф. Степанов // Курортная медицина. – 2017. – № 3. – С. 188-190.
88. Пархоменко, А.Н. Оптимизация одонтопрепарирования в клинической практике стоматолога-ортопеда : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.14 / Пархоменко Алексей Николаевич. – Волгоград., 2018. – 8 с.
89. Пахлеваян, В.Г. Электрокоагуляционный гемостаз, преимущества и недостатки / В.Г. Пахлеваян, С.А. Колесников // Научные ведомости. Серия Медицина. Фармация. – 2016. – № 5(226). – С. 5-9.
90. Пауков, В. С. Патологическая анатомия и патологическая физиология / В. С. Пауков, П. Ф. Литвицкий - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2017. - 256 с.
91. Петросян, М.Э. Гистологическое исследование влияния неодимового лазера на слизистую оболочку полости рта / Петросян М.Э. Морозова Е.А. // Сборник статей I (71 Всероссийской) научно-практической конференции молодых ученых и студентов «Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения» Форум медицинских и фармацевтических вузов России «За качественное образование». Россия, г. Екатеринбург, 13-15 апреля. – 2016. – Т.3. – С. 2428-2432.
92. Пиямов, Р.Р. Сочетанное применение интраоперационной микроскопии и высокоинтенсивных лазеров при лечении пациентов с поражениями в

- периапикальных тканях : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.14 / Пиямов Роман Рустамович. – М., 2018. – 164 с.
93. Полушина, Л.Г. Особенности иммунологической реактивности в патогенезе хронического пародонтита : дис. ... канд. мед. наук : 14.03.13 / Полушина Лариса Георгиевна. – Екатеринбург., 2019. – 20 с.
94. Поройский, С.В. Морфологическая характеристика процесса репаративной регенерации слизистой полости рта при различных способах ее стимуляции / С.В. Поройский, И.В. Фирсова, А.В. Поройская, Ю.А. Македонова // Волгоградский научно-медицинский журнал. – 2019. – № 3. – С. 15-20.
95. Походенько-Чудакова, И.О. Определение тяжести течения периимплантита на основании данных морфологического исследования в эксперименте / И.О. Походенько-Чудакова, Т.Л. Шевела, С.Л. Кабак // Медицинский журнал. – 2018. – № 4. (66). – С. 77-81
96. Прохончуков, А.А. Лазеры в стоматологии / А.А. Прохончуков, Н.А. Жижина. – М. : Медицина. – 1986. – 174 с.
97. Прохончуков, А.А. 30-летний опыт применения лазеров в стоматологии / А.А. Прохончуков // Стоматология. – 1995. – №4. – С. 68-73.
98. Рагимов, Ч.Р. Сравнительная характеристика заживления хирургических ран слизистой оболочки полости рта и кожи домашних свиней. Светооптическое и электронно-микроскопическое исследование / Ч.Р. Рагимов, Э.К. Гасымов, Т.Р. Кулиев, Ф.Г. Рзаев // Раны и раневые инфекции. Журнал им. проф. Б.М. Костюченка. – 2015. – Т. 2. (40). – С. 8-13.
99. Рвишвили, А.Ш. Криохирurgia / под ред. А. Ш. Рвишвили, А. В. Чжао, Д. А. Ионкина. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2019. – 376 с.
100. Рисованная, О.Н. Преимущества использования лазерных технологий при проведении френулэктомии. Продолжение / О.Н. Рисованная, С.И. Рисованный // Dental Market. – 2007. – №1. – С. 34-36.
101. Рисованный, С.И. Лазерная стоматология / С.И. Рисованный, О.Н. Рисованная, В.И. Масычев. – Краснодар, Кубань-Книга. – 2005. – С. 74-124.

102. Робустова, Т.Г. Хирургическая стоматология : учебник под редакцией Т.Г. Робустовой, 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 2010. – 688 с.
103. Рыжевский, Д.В. Использование селективного фототермолиза со склерозированием для лечения врожденных и неонатальных сосудистых гиперплазий кожи челюстно-лицевой области у детей / Д.В. Рыжевский, В.В. Трубин, Е.А. Дурново // Современные технологии в медицине. – 2014. Т. 6. – №4. – С. 145-150.
104. Рябоконт, Е.Н. Исследование термометрических показателей десны при лечении фуркационных перфораций твердых тканей зуба / Е.Н. Рябоконт, Э.И. Доля, Н.А. Жданова // Украинский стоматологический альманах. – 2016. – №1. (1). – С. 48-52.
105. Седых, П.Н. Периимплантит: причины возникновения и методы хирургического лечения / П.Н. Седых, Т.З. Маммаев, М. А. Александрова // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2018. – Т. 8. (7). – С. 292-293.
106. Серов, В.В. Патологическая анатомия. Курс лекций : учебное пособие / В.В. Серов, М.А. Пальцев. – М.: Медицина, 1998. – 640 с.
107. Серов, В.В. Соединительная ткань (функциональная морфология и общая патология) : монография / В.В. Серов, А.Б. Шехтер. – М: Медицина, 1981. – 312 с.
108. Семенов, Г.А. Топографическая анатомия и оперативная хирургия для стоматологов / Г.А. Семенов, В.А. Лебедев. – Изд: Санкт-Петербург: Питер, 2020. – 304с.
109. Симбирцев, А.С. Интерлейкин -1: от эксперимента в клинику // А.С. Симбирцев // Медицинская иммунология. – 2001. – Т. 3. 3). – С. 431-438.
110. Соколов, А.Л. Применение лазерного излучения 1,56 мкм для эндовазальной облитерации вен в лечении варикозной болезни / А.Л. Соколов, К.К. Лядов, М.М. Луценко, С.В. Лавренко, А.А. Любимова, Г.О. Вербицкая, В.П. Минаев // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2009. – Т. 15. (1). – С. 69-75.
111. Спокойный, Л.Б. Лазерные системы Fotona-реали сегодняшнего дня / Л.Б. Спокойный // Dental Market. – 2005. – №2. – С. 10-14.

112. Спокойный, Л.Б. Лазерная стоматология – реальность / Л.Б. Спокойный // Современная стоматология. – 2007. – №3. – С. 165-170.
113. Спокойный, Л.Б. Fidelis Plus III – лучшая в мире лазерная система для стоматологии (Er:YAG + Nd:YAG) / Л.Б. Спокойный, Д.В. Махоня // Стоматолог практик. – 2009. – №2. – С. 18-22.
114. Степанов, А.Н. Применение высокоинтенсивного лазерного излучения в комплексном лечении хронических форм периодонтитов : дис... канд. мед. наук : 14.01.14 / Степанов Алексей Николаевич. – Воронеж, 2003. – 89 с.
115. Степанов, М.А. Хирургическое лечение лихеноидных поражений челюстно-лицевой области с помощью высокоинтенсивных лазеров : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.14 / Степанов Михаил Александрович. – М., 2020. – 149 с.
116. Струков, А.И. Патологическая анатомия : учебник под редакцией Паукова В.С. 6-е изд. перераб и доп. / А.И. Струков, В.В Серов // М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 880 с.
117. Тарасенко, И.В. Клинико-экспериментальное обоснование применения эрбиевого лазера в хирургической стоматологии : дис. ... д-ра. мед. наук. 14.01.14 / Тарасенко Игорь Владимирович. – М., 2012. – 184 с.
118. Тарасенко, С.В. Анализ поверхности дентальных имплантатов после воздействия на них излучения лазерных стоматологических систем / С.В. Тарасенко, Е.А. Морозова, Р.Д. Гарипов // «Фотоника» Photonics Russia. – №1 (69). – 2018. – С.106-118.
119. Тарасенко, С.В. Оптимизация регенерации минерализованных и мягких тканей челюстно-лицевой области после воздействия Er:YAG-лазера / С.В. Тарасенко, Т.П. Вавилова, И.В. Тарасенко, Е.А. Морозова, А.М. Гуторова // Российский стоматологический журнал. – 2016. – Т.20(2). – С.66-73
120. Толстых, А.В. Применение эрбиевого лазера для хирургического лечения радикулярных кист челюстей : дис. ... канд. мед. наук 14.01.14 / Толстых Анна Викторовна. – М., 2009. – С. 9-16.

121. Трезубов, В. Н. Стоматологический кабинет: оборудование, материалы, инструменты : учебное пособие. / В. Н. Трезубов, Л. М. Мишнёв, М. М. Соловьёв, О. А. Краснослободцева. – Санкт-Петербург: «СпецЛит» 2006. – 144 с.
122. Тургунов, Е.М. Хирургический инструментарий: учебное пособие / Е.М.Тургунов, А.А. Нурбеков, А.Е. Алибеков, А.М. Балыкбаева // Караганда: Карагандинский Государственный Медицинский Университет, 2017. – 146 с.
123. Цымбалов, Э. Е. Структурная организация микрососудистого русла слизистой оболочки полости рта человека (экспериментально-морфологическое исследование) : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.02 / Э. Е. Цымбалов. – М., 2008. – 23 с.
124. Хурхуров, Б.Р. Влияние лазерного излучения на состояние местного иммунитета в полости рта у больных с гнойно-воспалительными заболеваниями челюстно-лицевой области / Б.Р. Хурхуров, З.И. Савченко, И.В. Тарасенко, О.В. Евстифеева, С.В. Тарасенко // Лазерная медицина. – 2013. – Т. 17. (2). – С. 11-15.
125. Хурхуров, Б.Р. Сравнительная оценка эффективности применения углекислотного и эрбиевого лазеров и традиционного метода лечения пациентов с гнойно-воспалительными заболеваниями челюстно-лицевой области: автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.14. / Хурхуров Баграт Рафаэлович. – М., 2013. – 19 с.
126. Чернышев, В.А. Иммунология воспаления: роль цитокинов / А.В. Чернышев, Е.Ю. Гусев // Медицинская иммунология. – 2001. - №3. (3). – С. 361-368.
127. Шангина, О.Р. Взаимодействие лазерного излучения с биологическими тканями / О.Р. Шангина, Р.Д. Гайнутдинова // Практическая медицина. 2019. Т. 17. (1). – С. 24-27.
128. Шатохина, Н.А. О возможности повышения качества хирургического лечения за счет снижения болевого синдрома в послеоперационном периоде / Н.А. Шатохина, А.М. Морозов, С.В.Жуков, Э.В. Буланова // Тверской медицинский журнал. – 2020. – № 1. – С. 50-54.
129. Шахно, Е.А. Физические основы применения лазеров в медицине : учебное пособие / Е.А. Шахно. – СПб: НИУ ИТМО, 2012, – 129 с.

130. Шевела, Т.Л. *Helicobacter pylori* - как этиологический фактор развития периимплантита (клинический пример) / Т.Л. Шевела Т.Л. // *Здравоохранение Кыргызстана*. – 2020. – № 2. – С. 11-16.
131. Штрунова, Л.Н. Сравнительная клиничко-биохимическая оценка эффективности применения лазерных технологий и традиционного хирургического метода лечения у пациентов с перикоронитом : дис. ... канд. мед. наук : 14.01.14 / Штрунова Любовь Николаевна. – М., 2011. – 128 с.
132. Шугайлов, А.И. Перспективы развития лазерных технологий для диагностики и лечения стоматологических заболеваний / А.И. Шугайлов // *Иновационная стоматология (пилотный выпуск - Лазеры)*. – 2010. – №1. – С. 72-80.
133. Abduljabbar, T. Effect of Nd:YAG laser-assisted non-surgical mechanical debridement on clinical and radiographic peri-implant inflammatory parameters in patients with peri-implant disease / T. Abduljabbar, F. Javed, S.V. Kellsarian, F. Vohra, G.E. Romanos // *J Photochem Photobiol B*. – 2017. – V. 168. – P. 16-19.
134. Abduljabbar, T. Efficacy of scaling and root planning with and without adjunct Nd:YAG laser therapy on clinical periodontal parameters and gingival crevicular fluid interleukin 1-beta and tumor necrosis factor-alpha levels among patients with periodontal disease: A prospective randomized split-mouth clinical study / T. Abduljabbar, F. Vohra, S.V. Kellesarian, F. Javed // *J Photochem Photobiol B*. – 2017. – V. 169. – P. 70-74.
135. Akimoto, Y. Galectin expression in healing wounded skin treated with low-temperature plasma: Comparison with treatment by electronical coagulation. *Arch Biochem Biophys* // Y. Akimoto, S. Ikehara, T. Yamaguchi, J. Kim, H. Kawakami, N. Shimizu, M. Hori, H. Sakakita, Y. Ikehara // *Arch Biochem Biophys*. – 2016. – V. 605. – P. 86-94.
136. Akiyama, N. Regulation of DNA methylation levels in the process of oral mucosal regeneration in a rat oral ulcer model / N. Akiyama, T. Yamamoto-Fukuda, M. Yoshikawa, H. Kojima // *Histol Histopathol*. – 2020. – V. 35. (3). – P. 247-256.

137. Aoki, A. Periodontal and peri-implant wound healing following laser therapy / A. Aoki, K. Mizutani, F. Schwarz, A. Sculean, R.A. Yukna, A.A. Takasaki, G.E. Romanos, Y. Taniguchi, K.M. Sasaki, J.L. Zeredo, G. Koshy, G.J. Coluzzi, J.M. White, Y. Abiko, I. Ishikawa, Y. Izumi. // *Periodontology*. – 2000. – V. 68. (1). – P. 217-69.
138. Asnaashari, M. Application of Laser in Oral Surgery / M. Asnaashari, S. Zadsirjan // *J Lasers Med Sci*. – 2014. – V. 5. (3). – P. 97-107.
139. Azmat, C.E. Wound Closure Techniques / C.E. Azmat, M. Council. 2020 Nov 4. In: StatPearls [Internet] // Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan– V. 4 PMID: 29262163
140. Basu, S. Harmonic Scalpel Versus Coblation Tonsillectomy A Comparative Study / S. Basu, A. Sengupta, A.B. Dubey, A. Sengupta // *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. – 2019. – V. 71. (4). – P. 498-503.
141. Bedini, R. Microhardness and morphological changes induced by Nd:Yag laser on dental enamel: an *in vitro* study / R Bedini, L Manzon, G Fratto, R Pecci // *Ann Ist Super Sanita*. – 2010. – V. 46. (2). – P. 168-172.
142. Bekhor, P.S. Long-pulsed Nd:YAG laser treatment of venous lakes: report of a series of 34 cases // *Dermatol Surg*. – 2006. – V. 32. (9). – P. 1151-4.
143. Ben Hatit, Y. The effects of a pulsed Nd:YAG laser on subgingival bacterial flora and on cementum: an in vivo study Affiliations / Y. Ben Hatit, R. Blum, C. Severin, M. Maquin, M. H. Jabro // *J Clin Laser Med Surg*. – 1996. – V. 14. (3). – P. 137-43.
144. Berkovitz, B.K. Oral Anatomy, Histology and Embryology / B.K. Berkovitz, G.R. Hoiand, B.J. Moxam. – St Louis: Mosby, 2009. – 416 p.
145. Binder, J.P. Microsurgery / J.P Binder // *Ann Chir Plast Esthet*. – 2010. – V. 55. (5). – P. 442-51.
146. Bou Chebel, F. Clinical Comparative Evaluation of Nd:YAG Laser and a New Varnish Containing Casein Phosphopeptides-Amorphous Calcium Phosphate for the Treatment of Dentin Hypersensitivity: A Prospective Study / F. Bou Chebel, C.M. Zogheib, N.Z. Baba, K.A. Corbani // *J Prosthodont*. – 2018. – V. 27. (9). – P. 860-867.

147. Brodovskyi, S.P. Optimization of surgical treatment of hemorrhoidal disease stages III-IV / S.P. Brodovskyi, A.G. Iftodiy, I.M. Kozlovska // *Klin Khir.* – 2017. V. 2. – P. 10-12.
148. Bryja, A. New Gene Markers Involved in Molecular Processes of Tissue Repair, Response to Wounding and Regeneration Are Differently Expressed in Fibroblasts from Porcine Oral Mucosa during Long-Term Primary Culture / A. Bryja, P. Sujka-Kordowska, A. Konwerska, S. Ciesiolka, M. Wieczorkiewicz, D. Bukowska, P. Antosik, R. Bryl, M.T. Skowronski, J.M. Jaskowski, P. Mozdziak, A. Angelova Volponi, J.A. Shibli, B. Kempisty M. Dyszkiewicz-Konwinska // *Animals (Basel).* – 2020. – V. 10. (11). – P. 1938.
149. Bucur, M. Variation in Expression of Inflammation-Related Signaling Molecules with Profibrotic and Antifibrotic Effects in Cutaneous and Oral Mucosa Scar / M. Bucur, O. Dinca, C. Vladan, C. Popp, L. Nichita, M. Cioplea, P. Stinga, P. Mustatea, S. Zurac, E. Ionescu // *J Immunol Res.* – 2018. – V. 28. – P. 5196023.
150. Buser, D. Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions / D. Buser, L. Sennerby, H. De Bruyn // *Periodontol 2000.* – 2017. – V.73.(1). – P. – 7-21.
151. Byrd, K.M. Heterogeneity within Stratified Epithelial Stem Cell Populations Maintains the Oral Mucosa in Response to Physiological Stress / K.M. Byrd, N.C. Piehl, J.H. Patel, W.J. Huh, I. Sequeira, K.J. Lough, B.L. Wagner, P. Marangoni, F.M. Watt, O.D. Klein, R.J. Coffey, S.E. Williams // *Cell Stem Cell.* – 2019. – V. 25. (6). – P. 814-829.
152. Carvalho Nogueira, P.T. Cryosurgery with refrigerant gas as a therapeutic option for the treatment of leukoplakia: a case report / P.T. Carvalho Nogueira, Jr. O. Brasil, A.D. Albuquerque Neto, L.L. Nogueira Filho, B.L. Souza, J.R. Laureano Filho // *Gen Dent.* – 2016. – V. 64. (6). – P. 61-64.
153. Chandra, G.B. Evaluation of surgical scalpel versus semiconductor diode laser techniques in the management of gingival melanin hyperpigmentation: A split-mouth randomized clinical comparative study / G.B. Chandra, M.B. VinayKumar, N.N.

- Walavalkar, K.L. Vandana, P.K. Vardhan // *J Indian Soc Periodontol.* – 2020. – V. 24. (1). – P. 47-53.
154. Charoenkwan, K. Scalpel versus electrosurgery for major abdominal incisions / K. Charoenkwan, Z. Ihezor-Ejiofor, K. Rerkasem, E. Matovinovic [Internet] // *Cochrane Database Syst Rev.* – 2017. Jun 14;6(6):CD005987.
155. Chauvel-Picard, J. Stimulation of oral mucosal regeneration by low intensity pulsed ultrasound: an in vivo study in a porcine model / J. Chauvel-Picard, P. Korn, S. Corbin, S. Brosset, J.C. Bera, A. Gleizal // *J Prosthodont Res.* – 2021. – V. 65. (1). – P. 46-51.
156. Chen, L. Overexpression of the Oral Mucosa-Specific microRNA-31 Promotes Skin Wound Closure / L. Chen, A. Simoes, Z. Chen, Y. Zhao, X. Wu, Y. Dai, L.A. DiPietro, X. Zhou // *Int J Mol Sci.* – 2019. – V. 20. (15). – P. 3679.
157. Chen, L. Site-Specific Expression Pattern of PIWI-Interacting RNA in Skin and Oral Mucosal Wound Healing / L. Chen, Z. Chen, A. Simoes, X. Wu, Y. Dai, L.A. DiPietro, X. Zhou // *Int J Mol Sci.* – 2020. – V. 21. (2). – P. 521.
158. Chor, A. In Vitro Degradation of Electrospun Poly (Lactic-Co-Glycolic Acid) (PLGA) for Oral Mucosa Regeneration / A. Chor, R.P. Gonçalves, A.M. Costa, M. Farina, A. Ponche, L. Sirelli, G. Schrodj, S. Gree, L.R. Andrade, K. Anselme, M.L. Dias // *Polymers (Basel).* – 2020. – V. 12. (8). – P. 1853.
159. Clark, C. Treatment of superficial cutaneous vascular lesions: experience with the KTP 532 nm laser / C. Clark, H. Cameron, H. Moseley, J. Ferguson, S.H. Ibbotson // *Lasers in Medical Science.* – 2004. – №19 – V. 10. – P. 1-5.
160. Clebak, K.T. Cutaneous Cryosurgery for Common Skin Conditions / K.T. Clebak, M. Mendez-Miller, J. Croad // *J Am Fam Physician.* – 2020. – V. 101. (7). – P. 399-406.
161. Cranwell, W.C. Optimising cryosurgery technique / W.C. Cranwell, R. Sinclair // *Aust Fam Physician.* – 2017. – V. 46. (5). – P. 270-274.
162. Crispi, C.P. Hemostasis with the Ultrasonic Scalpel / C.P. Crispi, P.S. da Silva Reis, F.L.F. Mendes, M.M. Filgueiras, M. de Freitas Fonseca // *JLSLS.* – 2018. – V. 22. (4). – P. 00042.

163. Crockett, D.J. Treatment of oral cavity venous malformations with the Nd:YAG laser using the underwater technique / D.J. Crockett, J.D. Meier, K.F. Wilson, J.F. Grimmer // *Otolaryngology - Head and Neck Surgery (United States)*. – 2013. – V. 149. (6). – P. 954-956.
164. Dang, J. Use of Infrared Thermography for Assessment of Burn Depth and Healing Potential: A Systematic Review / J. Dang, M. Lin, C. Tan, C.H. Pham, S. Huang, I.F. Hulsebos, H. Yenikomshian, J. Gillenwater // *J Burn Care Res*. – 2021. – V. 42. (6). – P. 1120–1127.
165. David, C.M. Lasers in Dentistry: A Review / C.M. David, P. Gupta // *Int J Adv Health Sci*. – 2015. – V.2 (8). – P.7-13.
166. Del Corso, G. Laser evaporation versus laser excision of oral leukoplakia: A retrospective study with long-term follow-up / G. Del Corso, D.B. Gissi, A. Tarsitano, E. Costabile, C. Marchetti, L. Montebugnoli, M.P. Foschini // *J Craniomaxillofac Surg*. – 2015. – V. 43. (6). – P. 763-8.
167. Demirbas, A.E. Is Ultrasonic Bone Scalpel Useful in Le Fort I Osteotomy? / A.E. Demirbas, S. Bilge, S. Celebi, N. Kutuk, A. Alkan // *J Oral Maxillofac Surg*. – 2020. – V. 78. (1). – P.141.e1-141.e10.
168. Deppe, H. Laser applications in oral surgery and implant dentistry / H. Deppe, H.H. Horch // *Lasers Med Sci*. – 2007. – Vol. 22. (4). – P. 217-221.
169. Derman, I.D. Effect of Heat Level and Expose Time on Denaturation of Collagen Tissues / I. D. Derman, E.C. Şenel, O. Ferhanoglu, I. Cilesiz, M. Kazanci // *Cell Mol Bioeng*. – 2020. – V. 28:14(1). – P.113-119.
170. Develioglu, H. A Papilloma-like Atypical Gingival Enlargement Treated Using Nd:YAG Laser / H. Develioglu, O. Bakar, F. Goze // *West Indian Med J*. – 2014. – V. 63 (6). – P. 661-3.
171. Ding, Y. Application of Nd:YAG laser in stomatology / Y. Ding, S. Xiao, H. Yang, S. Meng // *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. – 2015. – V. 33. (5). – P. 445-50.
172. Dilsiz, A. Root Surface Biomodification with Nd:YAG laser for the treatment of gingival recession with subepithelial connective tissue grafts / A Dilsiz, T. Aydin, V

- Canakci, Y Cicek // *Photomedicine and Laser Surgery*. – 2010. – V. 28. (3). – P. 337–343.
173. Dilsiz, A. Clinical evaluation of Nd:YAG and 685-nm diode laser therapy for desensitization of teeth with gingival recession / A. Dilsiz, V. Canakci, A. Ozdemir, Y. Kaya // *Photomedicine and Laser Surgery*. – 2009. – V. 27. (6). – P. 843–848.
174. Donald, A. M. The effect of Nd:YAG radiation at nanosecond pulse duration on dentin crater depth / A. M. Donald, N. Claffey, G. Pearson, W. Blau, D. Setchell // *Biomaterials*. – 2002. – V. 23. – P. 51-85.
175. Durnovo, E.A. Experimental and clinical study of the effectiveness of polymeric membrane in surgical interventions on the oral mucosa / E.A. Durnovo, D.A. Riabova, N.Y. Orlinskaya, N.E. Khomutinnikova // *Stomatologiya (Mosk)*. – 2018. – V. 97. (5). – P. 48-53.
176. Duscher, D. Comparison of energy-based tissue dissection techniques in abdominoplasty: a randomized, open-label study including economic aspect / D. Duscher, M.M. Aitzetmuller, J.J. Shan, R. Wenny, E.A. Brett, C.J. Staud, D. Riesl, G.M. Huemer // *Aesthet Surg J*. – 2019. – V. 39. (5). – P. 536-543.
177. Dutta, D.K. The Harmonic Scalpel / D.K. Dutta, I. Dutta // *J Obstet Gynaecol India*. – 2016. – V. 66. (3). – P. 209-10.
178. Ekin, M. Comparative cosmetic outcome of surgical incisions created by the PEAK Plasma Blade and a scalpel after cesarean section by Patient and Observer Assessment Scale (POSAS): A randomized double blind study / M. Ekin, H. Dagdeviren, S.S. Caypinar, B. Erdogan, M.E. Ayag, H. Cengiz, L. Yasar, Ç. Helvacioğlu // *Taiwan J Obstet Gynecol*. – 2018. – V. 57. (1). – P. 68-70.
179. Eman, A.M. The effect of gallium arsenide laser irradiation on odontogenesis / A.M. Eman, K.I. Sausan // *Journal of International Dental and Medical Research*. – 2010. – V. 3. (2). – P. 52-58.
180. Erbasar, G.N.H. Management of a recurrent pyogenic granuloma of the hard palate with diode laser: A case report / G.N.H. Erbasar, B Senguven, S.E. Gultekin, S. Cetiner // *J Lasers Med. Sci*. – 2016. – V.7. (1). – P. 56-61.

181. Ertugrul, A.S. Comparing the efficiency of Er,Cr:YSGG laser and diode laser on human beta-defensin-1 and IL-1beta levels during the treatment of generalized aggressive periodontitis and chronic periodontitis / A.S. Ertugrul, Y. Tekin, A.C. Talmac // *J Cosmet Laser Ther.* – 2017. – V. 19. (7). – P. 409-417.
182. Fekrazad, R. Pyogenic granuloma: surgical treatment with Er: YAG laser / R. Fekrazad, H. Nokhbatolfoghahaei, F. Khoei, K.A.M. Kalhori // *J Lasers in Med Sci.* – 2014. – V.5. (4). – P. 199-205.
183. Floratos, S. Modern Endodontic Microsurgery Concepts: A Clinical Update / S. Floratos, S. Kim // *Dent Clin North Am.* – 2017. – V. 61. (1). – P. 81-91.
184. Fornaini, C. Different laser wavelengths comparison in the second-stage implant surgery: an ex vivo study / C. Fornaini, E. Merigo, P. Vescovi, M. Bonanini, W. Antonietti, L. Leoci, G. Lagori, M. Meleti // *J Lasers in Med Sci.* – 2014. – V. 30. (6). – P. 1631-1639.
185. Fornaini, C. Nd:YAP laser in the treatment of dentinal hypersensitivity: An ex vivo study / C. Fornaini, N. Brulat-Bouchard, E. Medioni, S. Zhang, J.P. Rocca, E. Merigo // *J Photochem Photobiol B.* – 2020. – V. 203. – P. 111740.
186. Fraga, T.S. Impact of scalpel type on operative time and acute complications in thyroidectomies / T.S. Fraga, H.F. Köhler, T.C. Chulam, L.P. Kowalski // *Braz J Otorhinolaryngol.* – 2019. – V. S1808-8694. (19). – P. 30111-9.
187. Gabric, D. Evaluation of innovative digitally controlled Er:YAG laser in surgical treatment of oral leukoplakia – a preliminary study / D. Gabric, V. Brailo, A. Ivek, K. Krpan, N. Matulic, D. V. Vrdoljak, A. Baraba and V.V. Boras // *Acta Clin Croat.* – 2019. – V. 58. – P. 615-620.
188. Gaston-Johansson, F. Similarities in pain descriptions of four different ethnic-culture groups / F. Gaston-Johansson, M. Albert, E. Fagan, L. Zimmerman // *J. Pain Symptom Manage.* – 1990. – Vol. 5, №2. – P. 94-100.
189. Gater, L. Why lasers; why now? / L. Gater - *AGD Impact.* - 2005. - P.10-15.
190. Gerasimenko, A. Development of technique for laser welding of biological tissues using laser welding device and nanocomposite solder / A. Gerasimenko et al. // *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* – 2015. – PMID: 26738200

191. Gerasimenko, A.Y. The study of the interaction mechanism between bovine serum albumin and single-walled carbon nanotubes depending on their diameter and concentration in solid nanocomposites by vibrational spectroscopy / A.Y. Gerasimenko, G.N. Ten, D.I. Ryabkin, ... E.A. Morozova, , L.P. Ichkitidze // *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* this link is disabled. – 2020. – V. 227. – P.117682.
192. Giovannacci, I. Postoperative discomfort in oral soft tissue surgery: a comparative perspective evaluation of Nd:YAG Laser, quantic molecular resonance scalpel and cold blade / I. Giovannacci, G. Mergoni, M. Meleti, E. Merigo, C. Fornaini, M. Manfredi, M. Bonanini, P. Vescovi // *Minerva Stomatol.* –2015. – V. 64 (1). – P. 9-20.
193. Goncalves, F. Effectiveness of 980-nm diode and 1064-nm extra-long-pulse neodymium-doped yttrium aluminum garnet lasers in implant disinfection / F. Goncalves, A.L. Zanetti, R.V. Zanetti, F.S. Martelli, L.F. Tomazinho, J.M. Granjeiro // *Photomedicine and Laser Surgery.* – 2010. – V.28. (2). – P. 273–280.
194. Goncalves, I.M.R. Antibiofilm effects of titanium surfaces modified by laser texturing and hot-pressing sintering with silver // I.M.R. Gonçalves, E.R. Herrero, O. Carvalho, B. Henriques, F.S. Silva, W. Teughels, J.C.M. Souza // *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* – 2021. – V.109 (10). – P. 1588-1600.
195. Granevik Lindstrom, M. The Antibacterial Effect of Nd:YAG Laser Treatment of Teeth with Apical Periodontitis: A Randomized Controlled Trial / M. Granevik Lindstrom, E. Wolf, H. Fransson // *J Endod.* – 2017. – V. 43. (6). – P. 857-863.
196. Gkogkos, A.S. Effect of Nd:YAG Low Level Laser Therapy on Human Gingival Fibroblasts / A.S. Gkogkos, I.K. Karoussis, I.D. Prevezanos, K.E. Marcopoulou, K. Kyriakidou, I.A. Vrotsos // *Int J Dent.* – 2015. – P. 258941.
197. Grellner, W. Time-dependent immunohistochemical detection of proinflammatory cytokines (IL-1beta, IL-6, TNF-alpha) in human skin wounds. *Forensic Sci. Int.* – 2002. – Vol. 130. – P. 90-96.
198. Guerios, L.A. Papilloma and fibroma / L.A. Guerios, I.H. Silva, D. F. Cavalcanti, L. L. Dos Santos, J.C. Leao // *Lasers in Dentistry: Guide for Clinical Practice.* – 2015. – P. 243-247.

199. Guild, G.N. Efficacy of Hybrid Plasma Scalpel in Reducing Blood Loss and Transfusions in Direct Anterior Total Hip Arthroplasty / G.N. Guild, R.P. Runner, G.M. Castilleja, M.J. Smith, C.L. Vu // *J Arthroplasty*. – 2017. – V. 32. (2). – P. 458-462.
200. Guo, L. Clinical Evaluation of Nd:YAG Laser With and Without Dentin Bonding Agent for the Treatment of Occlusal Hypersensitivity / L. Guo, P.K. Kayastha, L. Chen, M. Shakya, X. Chen // *Oper Dent*. – 2019. – V. 44. (3). – P. 227-234.
201. Guo, X. Effect of Different Irradiation Times on the occlusion of dentinal tubules when using a Nd:YAG laser: an in vitro SEM study / X. Guo, J. Yu, R.J. Smales, H. Chen, H. Si, Y. Wu // *Open Journal of Stomatology*. – 2015. – V. 5. – P. 72-79.
202. Gupta, S. Lasers in dentistry - an overview / S. Gupta, S. Kumar // *Trends Biomater. Artif. Organs*. – 2011. – Vol. 25. (3). – P. 119-123.
203. Gupta, V. Sutureless Appendectomy by Using Harmonic Scalpel: Is It Possible? / V. Gupta, S.P. Singh, S.P. Singh, M. Bansal, A. Pandey // *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. – 2020. – V. 30. (4). – P. 429-432.
204. Hafner, H.M. Wavelet analysis of skin blood flow in dermatosurgery using primary closure with tension / H.M. Hafner, K. Brauer, M. Kneilling, M. Moehrle, H. Breuninger // *Clin Hemorheol Microcirc*. – 2011. – V. 47. (2). – P. 99-109.
205. Hagiwara, S. Pre-Irradiation of blood by gallium aluminum arsenide (830nm) low level laser enhances peripheral endogenous opioid analgesia in rats / S. Hagiwara, H. Iwasaka, A. Hasegawa, et al. // *Anesth Analg*. – 2008. – V.107. – P.1058–63.
206. Harris, D.M. Change in clinical indices following laser or scalpel treatment for periodontitis: A split-mouth, randomized, multi-center trial. *Lasers in Dentistry XX* / D.M. Harris, D.M. Nicholso, D. McCarthy, R.A. Yukna, M.A. Reynolds, H. Greenwell, J. Finley, T.K. McCawley, P. Xenoudi, R.H. Gregg // *San Francisco. Progress in Biomedical Optics and Imaging - Proceedings of SPIE*. – 2014. – P. 8929.
207. Hasar, Z.B. Comparison of Radiofrequency and Electrocautery With Conventional Scalpel Incisions / Z.B. Hasar, N. Ozmeric, B. Ozdemir, C. Gokmenoglu, E. Baris, G. Altan, S. Kahraman // *J Oral Maxillofac Surg*. – 2016. – V. 74. (11). – P. 2136-2141.

208. Hema, D. Radiosurgery in periodontics: Have we forgotten it? / D. Hema, J.S. Prasanna // *J Indian Soc Periodontol.* – 2021. – V. 25. (1). – P. 6-10.
209. Hsieh, Y.L. Fluence-dependent effects of lowlevel laser therapy in myofascial trigger spots on modulation of biochemicals associated with pain in a rabbit model // Y.L. Hsieh, C.Z. Hong, L.W. Chou et al. // *Lasers Med Sci.* – 2015. – V. 30. – P.209–16.
210. Hsu, V.M. Efficacy of Nd:YAG laser therapy for the treatment of verrucae: a literature review / V.M. Hsu, A.S. Aldahan, J.P. Tsatalis, M. Perper, K. Nouri // *Lasers Med Sci.* – 2017. – V. 32. (5) – P. 1207-1211.
211. Hu, A.P. Clinical effect of Nd:YAG laser combined with total glucosides of paeony for the treatment of erosive oral lichen planus / A.P. Hu, Z.X. Liu // *Shanghai Kou Qiang Yi Xue.* – 2016. – V. 25. (4). – P. 481-483.
212. Hyun, J.S. Effectiveness of high-intensity laser therapy in the treatment of musculoskeletal disorders. A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials / J.S. Hyun, M.Pharm, S. Hyun-Ju, L. Youngjin, K.K. Sung // *Song et al. Medicine.* – 2018. – V.97:51. – e13126
213. Ilaria, G. Advantages of new technologies in oral mucosal surgery: an intraoperative comparison among Nd:YAG laser, quantic molecular resonance scalpel, and cold blade / G. Ilaria, M. Marco, M. Elisabetta, M. Giovanni, F. Carlo, M. Maddalena, B. Mauro, V. Paolo // *J Lasers Med. Sci.* – 2015. – V. 30. (7). – P. 1903-1910.
214. Ismail, A. Cutting electrocautery versus scalpel for surgical incisions: a systematic review and meta-analysis / A. Ismail, A. Abushouk, A. Elmaraezy, A. Menshawy, E. Menshawy, M. Ismail, E. Samir, A. Khaled, H. Zakarya, A. El-Tonoby, E. Ghanem // *J Surg Res.* – 2017. – V. 220. – P. 147-163.
215. Izadpanah, A. Pediatric Microsurgery: A Global Overview / A. Izadpanah, S.L. Moran // *Clin Plast Surg.* – 2020. – V. 47. (4). – P. 561-572.
216. Jabbour H.N. Inflammatory pathways in female reproductive health and disease / H.N. Jabbour, K.J. Sales, R.D. Catalano, J.E. Norman // *Reproduction.* – 2009. – V. 138. (6). – P. 903-19.

217. Jesse, J. The Evolution of Lasers in Dentistry: Ruby for Er:YSGG / J. Jesse, S. Desai, P. Oshita // Continuing Dental Education Units of the Academy of Dental Therapeutics and Stomatology – 2006. - V. 4 – P. 10.
218. Ji, M.J. Efficacy and Safety of Conjunctival Cystectomy Using High-Frequency Radiowave Electrosurgery: A Preliminary Report / M.J. Ji, S.J. Lee, S.B. Han, J.Y. Hyon // Eye Contact Lens. – 2019. – V. 45. (6). – P.410-413.
219. Joao Batista, B. W. Laser therapy improves healing of bone defects submitted to autologous bone graft / B.W. Joao Batista, B.P. Antonio Luiz, O. Marilia G, M.O. Flávio Augusto, R. Luciana Maria // Photomed Laser Surg. – 2006. – V. 24. (1). – P. 38-44.
220. John, H.E. Clinical applications of dynamic infrared thermography in plastic surgery: a systematic review / H.E. John, V. Niumsawatt, W.M. Rozen, I.S. Whitaker // Gland Surg. – 2016. – V.5. (2). – P. 122-32.
221. Junior, R.M. Labial frenectomy with Nd:YAG laser and conventional surgery: a comparative study / R.M. Junior, L.A. Gueiros, I.H. Silva, A. de Albuquerque Carvalho, J.C. Leao // Lasers Med Sci. – 2013. – V. 22. – P. 22.
222. Khamaal, I.M. The Impact of Nd-YAG Laser on Salivary Streptococcus Mutans and Lactobacilli in Vitro / I.M. Khamaal, I. Al-Hasnawi, M.H. Nada Jafer, I. Radhi // Indian Journal of Public Health Research. – 2019. – V.10 (10). – P. 2359-2362.
223. Kalia, V. Comparative Analysis of Radiosurgery and Scalpel Blade Surgery in Impacted Mandibular Third Molar Incisions: a Clinical Trial / V. Kalia, N. Siddiqui, G. Kalra // J Maxillofac Oral Surg. – 2018. – V. 17. (4). – P. 458-465.
224. Kang, M. Outcome of nonsurgical retreatment and endodontic microsurgery: a meta-analysis / M. Kang, In. Jung, M. Song, S.Y. Kim, H.C. Kim, E. Kim // Clin Oral Investig. – 2015. – V. 19. (3). – P. 569-82.
225. Keskiner, I. Effect of Photobiomodulation on Transforming Growth Factor- β 1, Platelet-Derived Growth Factor-BB, and Interleukin-8 Release in Palatal Wounds After Free Gingival Graft Harvesting: A Randomized Clinical Study / I. Keskiner, M. Lutfioglu, A. Aydogdu, N.I. Saygun, M.A. Serdar // Photomed Laser – 2016. – V. 34. (6). – P. 263-71.

226. Khater, M.M. Efficacy of 1064 Q switched Nd:YAG laser in the treatment of oral lichen planus / M.M. Khater, K. Fathia // *J Dermatolog Treat.* – 2020. – V. 31. (6). – P. 655-659.
227. Kocaman, G. The use of surgical Nd:YAG laser in an oral pyogenic granuloma: a case report / G. Kocaman, N. Belduz, C. Erdogan, E. Ozbek, E. Sadik, C. Kara // *J Cosmet Laser Ther.* – 2014. – V.16 (4). – P. 197-200.
228. Kohale, BR. Effect of low-level laser therapy on wound healing and patients' response after scalpel gingivectomy: A randomized clinical split-mouth study / B.R. Kohale, A.A. Agrawal, C.P. Raut // *J Indian Soc Periodontol.* – 2018. – V. 22. (5). – P. 419-426.
229. Kramer, E.A. Energy-Based Tissue Fusion for Sutureless Closure: Applications, Mechanisms, and Potential for Functional Recovery / E.A. Kramer, M.E. Rentschler // *Annu Rev Biomed Eng.* – 2018. – V.4(20). – P. 1-20.
230. Kubyshkin, V.A. History of cryosurgery / V.A. Kubyshkin, D.A. Ionkin, S.V. Kungurtsev, A.V. Chzhao // *Khirurgiia (Mosk).* – 2015. V. 5. – P. 62-74.
231. Kuperman, S. Examination of the Therapeutic Potential of Mouse Oral Mucosa Stem Cells in a Wound-Healing Diabetic Mice Model / S. Kuperman, R. Efraty, I. Arie, A. Rahmanov, M. Rahmanov Gavriellov, M. Noff, R. Fishel, S. Pitaru // *Int J Environ Res Public Health.* – 2020. – V. 17. (13). – P. 4854.
232. Kurt, S. Evaluation of the effects of Er:YAG laser, Nd:YAG laser, and two different desensitizers on dentin permeability: in vitro study / S. Kurt, T. Kırtıloğlu, N.A. Yılmaz, E. Ertas, H. Orucoglu // *Lasers Med Sci.* – 2018. – V. 33. (9). – P. 1883-1890.
233. Kwon, Y.H. Nd:YAG laser ablation of enamel for orthodontic use: tensile bond strength and surface modification / Y.H. Kwon, O.W. Kwon, H.I. Hyung, K.H. Kim // *Dental Materials Journal.* – 2003. – V. 22. (3). – P. 397-403.
234. Lacitignola, L. Comparative morphological effects of cold-blade, electrosurgical, and plasma scalpels on dog skin / L. Lacitignola, S. Desantis, G. Izzo, F. Staffieri, R. Rossi, L. Resta, A. Crovace // *Vet Sci.* – 2020. – V. 7. (1). – P. 8.

235. Lang, N.P. Periimplant diseases: where are we now? Consensus of the Seventh European Workshop on Periodontology / N.P. Lang, T. Berglundh // *J Clin Periodontol.* – 2011. – V. 38. (11). – P. 178-81.
236. Larjava, H. Exploring scarless healing of oral soft tissues / H. Larjava, C. Wiebe, C. Gallant-Behm et al. // *J Can Dent Assoc.* – 2011. – V. 77. – P. 18.
237. Lan, W.H. Morphologic study of Nd:YAG laser usage in treatment of dental hypersensitivity / W.H. Lan, B.S. Lee, H.C. Liu, C.P. Lin // *J Endod.* – 2004. – V. 30 – P. 131-134.
238. Lauritano, D. The Effectiveness of Laser-Assisted Surgical Excision of Leukoplakias and Hyperkeratosis of Oral Mucosa: A Case Series in A Group of Patients / D. Lauritano, A. Lucchese, F. Gabrione, D. Di Stasio, J. Silvestre Rangil, F. Carinci // *Int J Environ Res Public Health.* – 2019. – V. 16. (2). – P. 210.
239. Lee, E.M.R. Bioactive glass and high-intensity lasers as a promising treatment for dentin hypersensitivity: An in vitro study / E.M.R. Lee, R. Borges, J. Marchi, C. de Paula Eduardo, M.M. Marques // *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* – 2020. – P. 108. (3). – P. 939-947.
240. Li, D. The harmonic scalpel versus electrocautery for parotidectomy: A meta – analysis / D. Li, Y. Kou, S. Huang, Z. Wang, C. Ning, T. Zhao // *J Craniomaxillofac Surg.* – 2019. – V.47. (6). – P. 915-921.
241. Lin, W. Scalpel can achieve better clinical outcomes compared with electric cautery in primary total knee arthroplasty: a comparison study / W. Lin, Y. Dai, J. Niu, G. Yang, M. Li, F. Wang // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2020. – V. 21. (1). – P. 409.
242. Lindhe, J. Peri-implant diseases: Consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology / J. Lindhe, J. Meyle // *J Clin Periodontol.* – 2008. – V. 35. (8). – P. 282-5.
243. Liu, J. Sequential delivery of intense pulsed light and long-pulse 1.064-nm neodymium-doped yttrium aluminum garnet laser shows better effect in the treatment of facial telangiectasias than using them separately / J. Liu, B.R. Zhou, D. Wu, Y. Xu, D. Luo // *G Ital Dermatol Venereol.* – 2017. – V. 152. (1). – P. 1-7.

244. Lopes, A. O. Comparative evaluation of the effects of Nd:YAG laser and a desensitizer agent on the treatment of dentin hypersensitivity: a clinical study / A.O. Lopes, C.C. Aranha, C.C. Aranha // *Photomedicine and Laser Surgery*. – 2013. – V. 31. (3). – P. 132–138.
245. Lopes, B.M. Short-term clinical and immunologic effects of scaling and root planing with Er:YAG laser in chronic periodontitis / B.M. Lopes, R.A. Marcantonio, G.M. Thompson, L.H. Neves, L.H. Theodoro // *J Periodontol*. – 2008. – V. 79. (7). – P. 1158-67.
246. Maleki-Pour, M.R. Effect of Nd:YAG Laser Irradiation on the Number of Open Dentinal Tubules and Their Diameter with and without Smear of Graphite: An in Vitro Study / M.R. Maleki-Pour, R. Birang, M. Khoshayand, N. Naghsh. // *J Lasers Med Sci*. – 2015. – V. 6. (1). – P. 32-9.
247. Mavrogenis, A.F. The history of microsurgery / A.F. Mavrogenis, K. Markatos, T. Saranteas, I. Ignatiadis, S. Spyridonos, M. Bumbasirevic, A.V. Georgescu, A. Beris, P.N. Soucacos // *Eur J Orthop Surg Traumatol*. – 2019. – V. 29. (2). – P. 247-254.
248. Maximiano, V. Nd:YAG laser and calcium sodium phosphosilicate prophylaxis paste in the treatment of dentin hypersensitivity: a double-blind randomized clinical study / V. Maximiano, A.C. Machado, M.L. Yoshida, C.M. Pannuti, T. Scaramucci, A.C.C. Aranha // *Clin Oral Investig*. – 2019. – V. 23. (8). – P. 3331-3338.
249. Mazeika, E. Medical infrared thermography as hidradenitis suppurativa diagnostic tool: literature review / E. Mazeika, V. Jariene, S. Valiukeviciene // *Postepy Dermatol Alergol*. – 2021. – V. 38. (2). – P. 32-35.
250. Mayer, H.M. A History of Endoscopic Lumbar Spine Surgery: What Have We Learnt? / H.M. Mayer HM // *Biomed Res Int*. – 2019. – V.3. – P. 4583943.
251. Medeiros, J. R. Nd:YAG laser photocoagulation of benign oral vascular lesions: a case series / J. R.Medeiros , I.H. Silva, A.T. Carvalho, J.C. Leao, L.A. Gueiros // *J Lasers Med. Sci*. – 2015. – V. 30. (8). – P. 2215-2220.
252. Medeiros, J. R. Labial frenectomy with Nd:YAG laser and conventional surgery: a comparative study / J.R. Medeiros, L.A. Gueiros, I.H. Silva, A. Albuquerque Carvalho, J.C. Leao // *J Lasers in Med Sci*. – 2015. – V. 30. (2). – P. 851-856.

253. Mellado-Valero, A. Decontamination of dental implant surface in peri-implantitis treatment: A literature review / A. Mellado-Valero, P. Buitrago-Vera, M-F Sola-Ruiz, J-C Ferrer-Garcia // *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. – 2013. – V.18. (6). – P. – e869-76.
254. Meghan, F. Laser treatment of pediatric vascular lesions: port wine stains and hemangiomas / F. Meghan, B.S. Stier, A. Sharon, et al. // *J Am Acad Dermatol*. – 2008. – V.58. – P. 261-285.
255. Mehl, A. 3D volume-ablation rate and thermal side effect with the Er:YAG and Nd:YAG laser / A. Mehl, L. Kremers, K. Salzmann, R. Hickel // *Dent Mater*. – 1997. – V.13. – P. 246-251.
256. Minovska, A. Nd:YAG and Er:YAG wavelengths used as a therapeutic tool in periodontal disease / A. Minovska // *Review Paper (RP) Balk J Stom*. – 2011. – V.15 – P. 59-65.
257. Miyazaki, H. Intralesional laser treatment of voluminous vascular lesions in the oral cavity / H. Miyazaki, J. Kato, H. Watanabe et al. // *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. – 2009. – V. 107. (2). – P. 64–172.
258. Monadi Sefidan, A.R. Scalpel blade changer / A.R. Monadi Sefidan, B. Hajipour // *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. – 2014. – V.18. (22). – P. 3420-4.
259. Monteiro, L. A histological evaluation of the surgical margins from human oral fibrous-epithelial lesions excised with CO2 laser, Diode laser, Er:YAG laser, Nd:YAG laser, electrosurgical scalpel and cold scalpel / L. Monteiro, M.L. Delgado, F. Garces, M. Machado, F. Ferreira, M. Martins, F. Salazar, J.J. Pacheco // *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. – 2019. – V. 24. (2). – P. 271-80.
260. Moura-Netto, C. Nd:YAG Laser irradiation effect on apical intracanal dentin - a microleakage and SEM evaluation / C. Moura-Netto, C.A.B. Guglielmi, A.C.V. Mello-Moura, R.M. Palo, D.P. Raggio, L.C. Caldeira // *Braz Dent J*. – 2011. – V. 22. (5). – P. 377-38.

261. Mungnirandr, A. Neodymium-doped yttrium aluminium garnet laser treatment of pediatric venous malformation in the oral cavity / A. Mungnirandr, W. Nuntasunti, W. Manuskiatti // *Dermatol Surg.* – 2016. – V. 42. (7). – P. 875-9.
262. Nadhreen, A.A. Low-level laser therapy in dentistry: Extra-oral applications / A.A. Nadhreen, N.M. Alamoudi, H.M. Elkhodary // *Niger J Clin Pract.* – 2019. – V. 22. (10). – P. 1313-1318.
263. Nagargoje, G.L. Evaluation of Electrocautery and Stainless Steel Scalpel in Oral Mucoperiosteal Incision for Mandibular Anterior Fracture / G.L. Nagargoje, S. Badal, S.A. Mohiuddin, A.S. Balkunde, S.S. Jadhav, D.R. Bholane // *Ann Maxillofac Surg.* – 2019. – V. 9. (2). – P. 230-234.
264. Namour, M. Q-Switch Nd:YAG Laser-Assisted Decontamination of Implant Surface / M. Namour, M.El. Mobadder, D. Magnin, A. Peremans, T. Verspecht, W. Teughels, L. Lamard, S. Nammour, E. Rompen // *Dent J (Basel).* – 2019. – V.7(4). – P. 99.
265. Nammour, S. Success Rate of Benign Oral Squamous Papilloma Treatments After Different Surgical Protocols (Conventional, Nd:YAG, CO(2) and Diode 980 nm Lasers): A 34-Year Retrospective Study / S. Nammour, M.E. Mobadder, A. Namour, M. Namour, U. Romeo, A.J. Espana-Tost, J. Arnabat-Dominguez, K. Grzech-Lesniak, T. Zeinoun, P. Vescovi. // *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* – 2021. – V. 39. (2). – P. 123-130.
266. Natekar, M. A comparative evaluation: Oral leukoplakia surgical management using diode laser, CO2 laser, and cryosurgery / M. Natekar, H.P. Raghuvver, D.K. Rayapati, E.S. Shobha, N.T. Prashanth, V. Rangan, A.G. Panicker // *J Clin Exp Dent.* – 2017. – V. 9. (6). – P. 779-784.
267. Negi, S. Modulatory effects by neodymium-doped yttrium aluminum garnet laser on fibroblast attachment to single rooted tooth surfaces following ultrasonic scaling and root planning: An in vitro study / S. Negi, M. Krishnamurthy, K.K. Ganji, S. Pendor // *Author information: J Indian Soc Periodontol.* – 2015. – V. 19. (1). – P. 25-31.

268. Nicholsona, D. Pulsed Nd:YAG laser treatment for failing dental implants due to peri-implantitis. *Lasers in Dentistry XX*, edited by Peter Rechmann, Daniel Fried / D. Nicholsona, K. Blodgett, O.R. Beaverton, C. Charles, N.H. Newmarket. et al. // *Proc. of SPIE*. – 2014. – V. 8929. – P. 89290H.
269. Nijhawan, R.I. Successful use of 1064 Nm Nd:YAG in conjunction with 2790 Nm YSGG ablative laser for traumatic scarring / R.I. Nijhawan, M.I. Perez // *J Drugs in Dermatology*. – 2014. – V.13. (1). – P. 80-81.
270. Nikoloudaki, G. Wound healing and fibrosis: a contrasting role for periostin in skin and the oral mucosa / G. Nikoloudaki, K. Creber, D.W. Hamilton // *Am J Physiol Cell Physiol*. – 2020. – V. 318. (6). – P.1065-1077.
271. Nogueira, P.T.B.C. Cryosurgery as an Option for the Treatment of Vascular Lesions of the Oral Cavity / P.T.B.C. Nogueira, M.M.C.J. Remigio, A.M.C. de Queiroz, A.A. da Silva, J.R.L. Filho // *Case Rep Otolaryngol*. – 2017. – P.8529016.
272. Ottl, P. Temperature response in the pulpal chamber during ultrahigh-speed tooth preparation with diamond burs of different grit / P. Ottl, H. C. Lauer // *J. Prosthet. Dent*. – 1998. – Vol.80, N1. – P. 12-19.
273. Ozdogan, M.S. Shear bond strength of a self-adhesive resin cement to dentin surface treated with Nd:YAG and femtosecond lasers / M.S. Ozdogan, I. Karaokutan, M. Yildirim, K.A. Aydemir, A. Karatay, F. Aykent // *Lasers Med Sci*. – 2021. – V. 36. (1). – P. 219-226.
274. Ozturan, S. Effects of Nd:YAG laser irradiation for minimizing edema and pain after sinus lift surgery: Randomized controlled clinical trial / S. Ozturan, A. Sirali, H. // *Photomedicine and Laser Surgery*. – 2015. – V. 33. (4). – P. 193-199.
275. Penha, K.S. Interaction effect of Nd:YAG laser and universal adhesive system for dentin sealing / K.S. Penha, C.R. Torres, R.J. Tavares, L.M. Firoozmand // *J Clin Exp Dent*. – 2020. – V. 12. (12). – P. 1124-1130.
276. Penmetsa, G.S. Melanocyte Response Following Depigmentation by Cryosurgery and Mucosal Excision: A Comparative Clinical and Histopathological Study / G.S. Penmetsa, A. Mopidevi, C.D. Dwarakanath, M.A.K.V. Raju // *Contemp Clin Dent*. – 2019. – V. 10. (2). – P. 214-219.

277. Pereira, D.L. Variation on Molecular Structure, Crystallinity, and Optical Properties of Dentin Due to Nd:YAG Laser and Fluoride Aimed at Tooth Erosion Prevention / D.L. Pereira, A.Z. Freitas, L. Bachmann, C. Benetti, D.M. Zezell, P.A. Ana // *Int J Mol Sci.* – 2018. – V. 19. (2). – P. 433.
278. Pozza, D.H. CO₂, Er:YAG and Nd:YAG lasers in endodontic surgery / D.H. Pozza, P.W. Fregapani, C.B. Xavier, J.B. Blessmann Weber, M.Gt. Oliveira // *Appl Oral Sci.* – 2009. – V. 17. (6). – P. 596-9.
279. Protsaio, A.C.R. Laser Techniques or Scalpel Incision for Labial Frenectomy: A Meta-analysis / A.C.R. Protasio, E.L. Galvao, S.G.M. Falci // *J Maxillofac Oral Surg.* – 2019. – V. 18. (4). – P. 490-499.
280. Qi, Y. Effects of Physical Stimulation in the Field of Oral Health. Scanning / Y. Qi, S. Zhang, M. Zhang et al. // *Published.* – 2021. – V. 2021. – P. 5517567-17.
281. Rashed, F.M. The Effect of Using Bone Marrow Mesenchymal Stem Cells Versus Platelet Rich Plasma on the Healing of Induced Oral Ulcer in Albino Rats / F.M. Rashed, O.M. GabAllah, S.Y. AbuAli, M.T. Shredah // *Int J Stem Cells.* – 2019. – V. 12. (1). – P. 95-106.
282. Rivers, J.K. Laser Therapy for an acquired glomuvenous malformation (glomus tumour): a nonsurgical approach / J.K. Rivers, C.A. Rivers, M.K. Li, M. Martinka // *J Cutan Med Surg.* – 2016. – V. 20. (1). – P. 80-3.
283. Romeo, U. Biopsy of different oral soft tissues lesions by KTP and diode laser: histological evaluation / U. Romeo, C. Russo, G. Palaia, R. Giudice, A. Vecchio, P. Visca, G. Migliau, A. Biase // *The Scientific World Journal.* – 2014. – V. 761704. – P. 6.
284. Romeo, U. Non-surgical periodontal therapy assisted by potassium–titanyl–phosphate laser: a pilot study / U. Romeo, G. Palaia, R. Botti, V. Leone, J.P. Rocca, A. Polimeni // *Lasers Med Sci.* – 2010. – V.25 – P. 891–899.
285. Roeland, J.G. de Moor. Препарирование полостей с помощью лазеров / J.G. Roeland de Moor, I. M. Katleen Delm // *Инновационная стоматология.* – 2010. – V. 1. – С. 6-19.

286. Ryabkin, D.I. Reconstruction of Tracheal Cartilage Using Laser Soldering Technology / D.I. Ryabkin, A.Y. Gerasimenko, V.V. Molodykh, E.A. Morozova // Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2021. – 2021. – P. 2864–2867.
287. Ryu, S.W. A comparative histological and immunohistochemical study of wound healing following incision with a scalpel, CO2 laser or Er,Cr:YSGG laser in the guinea pig oral mucosa / S.W. Ryu, S.H. Lee, H.J. Yoon // Acta Odontol Scand. – 2012. – V. 70. (6). – P. 448-54.
288. Sarmadi, R. Evaluation of upper labial frenectomy: A randomized, controlled comparative study of conventional scalpel technique and Er:YAG laser technique / R. Sarmadi, Sanadi, D. Rizwan, M. Suvidha, S. Munaf, C. NamrataJ, Laksha et al. // Clin Exp Dent Res. – 2021. – P. 33369213.
289. Sato, Y. The expression of mRNA of proinflammatory cytokines during skin wound healing in mice: a preliminary study for forensic wound age estimation (II) / Y. Sato, T. Ohshima. // Int. J. Legal. Med. – 2000. – V.113. – P.140-145.
290. Sexton, J. Laser management of vascular and pigmented lesions. In Catone G, Alling, editors: Laser applications in oral and maxillofacial surgery // Philadelphia. 1997. – WB Saunders. – P. 167-169.
291. Sezer, U. Effects of Low-Level laser therapy as an adjunct to standard therapy in acute pericoronitis, and its impact on oral health-related quality of life / U. Sezer, A. Eltas, K. Ustun, S.Z. Şenyurt, K. Erciyas, M.H. Aras // Photomedicine and Laser Surgery. – 2012. – V. 30. (10). – P. 592-597.
292. Sforza, D. Transanal repair of rectocele with high frequency radio scalpel / D. Sforza, C. Belardi, M. Pellicciaro, V. Filingeri // G Chir. – 2018. – V. 34. (5). – P. 303-308.
293. Shenbakam. Influence of antibacterial effects of tetracycline, laser, and photodynamic therapy on cell viability, cell damage, and virulence of Porphyromonas gingivalis / Shenbakam, R.J. Rao, S. Prabhu, S. Srirangarajan, V. Rudresh // Photodiagnosis Photodyn Ther. – 2021. – V. 36. – P. 102617.

294. Shin, T.M. How suture technique affects the cosmetic outcome of cutaneous repairs / T.M. Shin, J.S. Bordeaux // *J Drugs Dermatol.* – 2014. – V. 13. (8). – P. 967-9.
295. Siciliano, V.I. Soft tissues healing at immediate transmucosal implants placed into molar extraction sites with buccal self-contained dehiscences. A 12-month controlled clinical trial / V.I. Siciliano, G.E. Salvi, S. Matarasso et al. // *Clin. Oral. Implants Res.* – 2009. – V. 20. (5). – P. 482-488.
296. Silveira Teixeira, D. The topical effect of chlorhexidine and povidone-iodine in the repair of oral wounds. A review / D. Silveira Teixeira, M.A.Z. Figueiredo, K. Cherubini, S.D. Oliveira, F.G. Salum // *Stomatologija.* – 2019. – V. 21. (2). – P. 35-41.
297. Sivapathasundharam, B. Textbook of Oral Embryology and Histology / B. Sivapathasundharam. – Jay Pee Brothers, Medicine, 2018. – 370 p.
298. Somogyvari, K. Radiofrequency transoral microsurgical procedures in benign and malignant laryngeal and hypopharyngeal lesions (institutional experiences) / K. Somogyvari, I. Gerlinger, L. Lujber, A. Burian, P. Moricz // *ScientificWorldJournal* – 2015. – P. 926319.
299. Strauss, G. Laser-Assisted Therapy for the Treatment of Peri-implantitis. Part I. Clinical Outcomes / G. Strauss, D. Goteiner, K. Murawski, S.R. Singer, H.J. Drew, A. Sullivan // *Int J Periodontics Restorative Dent.* – 2021. – V. 41(4). – P. 563-568.
300. Xu, S.Q. Comparison Of The Effects Of Focus Harmonic Scalpel And Conventional Haemostasis On Parathyroid Function In Thyroid Surgery / S.Q. Xu, Y. Ma, H.W. Su, J.F. Cheng, Y.X. Zhou // *J Ayub Med Coll Abbottabad* . – 2019. – V. 31. (4). – P. 481-484.
301. Swider, K. Effect of Different Laser Wavelengths on Periodontopathogens in Peri-Implantitis: A Review of In Vivo Studies / K. Swider, M. Dominiak, K. Grzech-Lesniak, J. Matys // *Microorganisms.* – 2019. – V.29.7.(7). – P.189.
302. Timoshin, A. Use of bioresorbable plates on the basis of collagen and digestase for treatment of diseases of oral mucosa (review of clinical cases) / A. Timoshin, A. Sevbitov, G. Drobot, A. Yumashev, M. Timoshina // *Int. J. Green Pharm.* – 2018. – V. 12. (1). – P. 290-296.

303. Tsuka, Y. Effect of Nd: YAG laser irradiation and Mechanical force on cultured human osteoblasts / Y. Tsuka, R. Kunimatsu, H. Gunji, T. Abe, C. C. Medina, K. Nakajima, A. Kimura, T. Hiraki, A. Nakatani, K. Tanimoto // *Journal of Lasers in Medical Sciences*. – 2020. – V. 11. (2). – P.138-143.
304. Tsuka, Y. Effects of Nd:YAG low-level laser irradiation on cultured human osteoblasts migration and ATP production: in vitro study / Y.Tsuka, R. Kunimatsu, H. Gunji, K. Nakajima, A. Kimura, T. Hiraki, A. Nakatani, K. Tanimoto // *Lasers Med Sci*. – 2019. – V. 34. (1). – P. 55-60.
305. Tsunoda, N. Analysis of effects and indications of cryosurgery for oral mucoceles / N. Tsunoda, T. Kawai, M. Obara, S. Suzuki, I. Miyamoto, Y. Takeda, H. Yamada // *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. – 2020. – V. 2468-7855. (20). – P. 30160-9.
306. Unursaikhan, O. Comparative evaluation of roughness of titanium surfaces treated by different hygiene instruments / O. Unursaikhan, J-S. Lee, J-K. Cha, J-C. Park, U-W. Jung, C-S. Kim, K-S. Cho, S-H. Choi // *J Periodontal Implant Sci*. – 2012. – V. 42. – P. – 88-94.
307. Virmani, S. Lasers in restorative dentistry: an overview. / S. Virmani, M.N. Hegde, C. Shetty // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2013. – V. 4. (4). – P.1527-1535.
308. Wahab, P.U.A. Scalpel Versus Diathermy in Wound Healing After Mucosal Incisions: A Split-Mouth Study / P.U.A. Wahab, M. Madhulaxmi, P. Senthilnathan, M.R. Muthusekhar, Y. Vohra, R.P. Abhinav // *J Oral Maxillofac Surg*. – 2018. – V. 76. (6). – P. 1160-1164.
309. Walker, D.M. Oral mucosal: an overview / Donald Murray Walker // *Ann. Acad. Med. Singapore*. – 2004. – V. 33. (4). – P. 27-30.
310. Weber, J.B. Laser therapy improves healing of bone defects submitted to autologous bone graft / J.B. Weber, A.L. Pinheiro, M.G. de Oliveira, F.A. Oliveira, L.M. Ramalho // *Photomed Laser Surg*. – 2006. – V. 24. (1). – P.38-44.
311. Wlodawsky, R. N. Intraoral laser surgery / R.N. Wlodawsky, R.A.Strauss // *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. – 2004. – V.16. (2). – P. 149-63.

312. Xu, S.Q. Comparison Of The Effects Of Focus Harmonic Scalpel And Conventional Haemostasis On Parathyroid Function In Thyroid Surgery / S.Q. Xu, Y. Ma, H.W. Su, J.F. Cheng, Y.X. Zhou // *J Ayub Med Coll Abbottabad*. – 2019. – V. 31. (4). – P. 481-484.
313. Yadav, R.K. Frenectomy with conventional scalpel and Nd:YAG laser technique: A comparative evaluation / R.K. Yadav, U.P. Verma, I. Sajjanhar, R. Tiwari // *J Indian Soc Periodontol*. – 2019. – V. 23. (1). – P. 48-52.
314. Yongqian, C. A split-face comparison of Q-switched Nd:YAG 1064-nm laser for facial rejuvenation in Nevus of Ota patients / C. Yongqian, L. Li, B. Jianhai, H. Ran, G. Li, W. Hao, W. Xining, X. Shigang, W. Yibing // *J Lasers Med. Sci*. – 2017. – V. 32. (4). – P.765-769.
315. Yuan, S.M. Harmonic Scalpel for Internal Mammary Artery Harvest / S.M. Yuan // *J Coll Physicians Surg Pak*. – 2020. – V. 30. (5). – P. 516-518.
316. Yuanhong, L. Effects of Nd: YAG laser irradiation on the root surfaces and adhesion of *Streptococcus mutans* / L. Yuanhong, L. Zhongcheng, L. Mengqi, S. Daonan, Z. Shu, M. Shu // *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. – 2016. – V. 34. (6). – P. 579-583.
317. Zhang, G. Design and application of a retractable scalpel handle / G. Zhang, Q. Feng, Y. Gao, X. Yu, H. Ma, L. Tao // *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue*. – 2020. – V. 32. (7). – P. 869-870.
318. Zhou, J. Oral Mucosa Harbors a High Frequency of Endothelial Cells: A Novel Postnatal Cell Source for Angiogenic Regeneration / J. Zhou, J.H. Rogers, S.H. Lee, D. Sun, H. Yao, J.J. Mao, K.Y. Kong // *Stem Cells Dev*. – 2017. – V. 26. (2). – P. 91-101.