

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



Сологова Диана Игоревна

Применение эрбиевого лазера при удалении нижних третьих моляров

3.1.7. Стоматология

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор
Тарасенко Светлана Викторовна

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ ПРИ ЗАТРУДНЕННОМ ПРОРЕЗЫВАНИИ НИЖНИХ ТРЕТЬИХ МОЛЯРОВ. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	13
1.1. Этиология и патогенез ретенции и дистопии нижних третьих моляров.....	14
1.2. Методы хирургического лечения пациентов с затрудненным прорезыванием нижних третьих моляров.....	18
1.3. Современные методы альтерации тканей при операции удаления нижних третьих моляров при затрудненном прорезывании	28
1.4. Перспективы применения эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм при хирургическом лечении пациентов с затрудненным прорезыванием нижних третьих моляров	41
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	48
2.1. Клинические методы исследования	48
2.1.1. Распределение пациентов по группам исследования. Дизайн исследования. Методы стоматологического обследования.....	49
2.1.2. Методы стоматологического обследования	51
2.1.3. Клиническая оценка послеоперационного периода после удаления третьих моляров	52
2.1.4. Оценка эпителизации мягких тканей в послеоперационной области	54
2.2. Лучевые методы исследования регенерации кости в послеоперационной области.....	54
2.3. Лабораторные методы исследования	56
2.3.1. Иммунологические методы исследования смешанной слюны	56
2.4. Характеристика Er:YAG лазера DEKA 2949d plus	61
2.5. Традиционный метод операции удаления ретинированного третьего моляра	63

2.6. Метод удаления третьего моляра с применением лазерного излучения длинной волны 2940 нм	65
2.7. Методы статистической обработки результатов исследования	67
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	69
3.1. Характеристика пациентов, включенных в исследование	69
3.2. Результаты клинических исследований.....	70
3.2.1. Частота и характер послеоперационных осложнений.....	70
3.2.2. Результаты оценки послеоперационной боли.....	71
3.2.3. Результаты оценки послеоперационного коллатерального отёка	74
3.2.4. Результаты измерения ширины открывания рта после операции удаления зуба.....	78
3.2.5. Сроки эпителизации послеоперационной раны.....	82
3.3. Результаты лучевых методов исследования	83
3.4. Результаты иммунологического исследования	87
3.4.1. Содержание провоспалительных цитокинов IL-6, IL-8 и TNF α в динамике	88
3.4.2. Содержание показателей IgA, IgM, VEGF и HBD2 в динамике	94
3.5. Клинические примеры	100
ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	113
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	122
ВЫВОДЫ	123
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	125
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	126
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	127

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Ретенция и дистопия нижних третьих моляров приводят к ряду осложнений, таким как кариес второго моляра нижней челюсти, периостит, перикоронит, заболевания пародонта и т.д. [56, 153]. По данным научной литературы, операция удаления третьего моляра составляет около 90% всех манипуляций в хирургической стоматологической практике [58, 180].

Удаление ретинированных нижних третьих моляров при помощи режущих и вращающих инструментов может сопровождаться обильным интраоперационным кровотечением, затрудняющим обзор операционной области, более интенсивной болью и неприятными для пациента вибрациями от вращающих инструментов. В послеоперационном периоде характерен выраженный коллатеральный отёк, боль различной интенсивности и затруднённое открывание рта. Согласно научной литературе, частота встречаемости осложнений после удаления традиционным методом ретинированных нижних третьих моляров может составлять от 5 до 31% [81]. По данным работ [61, 62], осложнения после удаления нижних третьих моляров на фоне антибактериальной терапии имели разную частоту возникновения: в 3,4% случаев наблюдалась местная воспалительная реакция в области удалённого зуба и боль; в 3,8% – «сухая лунка»; в 1,9% – лихорадка; в 15% – мышечная контрактура и затруднённое открывание рта в послеоперационном периоде. В связи с осложненным течением послеоперационного периода, возникла необходимость поиска более эффективных методов удаления ретинированных третьих моляров [33, 44, 60]. Пьезохирургический наконечник успешно активно используется при удалении ретинированных третьих моляров в хирургической стоматологии, однако он не предназначен для работы на мягких тканях [145]. В стоматологической практике активно внедряются и используются лазерные технологии.

В челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии используются различные лазерные аппараты: диодный лазер, CO₂-лазер, Nd:YAG, Er:YAG и Er,Cr:YSGG [17, 30, 32, 38, 43]. Лазерное излучение обладает как хирургическими, так и терапевтическими эффектами, в связи с чем оно широко стало использоваться в пародонтологии, челюстно-лицевой хирургии, терапевтической стоматологии; при лечении слизистой оболочки полости рта, кариеса, при отбеливании зубов [59, 98, 99, 129, 141].

В хирургической стоматологии излучение лазерного аппарата при высокой степени поглощенной энергии способно вызывать абляцию тканей. Абляция тканей – это удаление вещества с биологической поверхности. Механизм абляции зависит от длины волны лазерного аппарата, от выбранного режима работы, от выбранной мощности излучения, длительности воздействия и плотности биологической ткани [2, 30].

Преимуществом лазерных технологий является наличие терапевтического эффекта [18, 43, 164], основанном на фотохимическом и фотофизическом воздействии, в результате чего оказываются противовоспалительный, бактерицидный, бактериостатический и анальгезирующий эффекты, стимулируются процессы регенерации и тканевого иммунитета [46, 59, 100, 164]. В отличие от традиционного метода удаления третьих моляров, лазерное излучение может оказывать разную выраженность гемостатического эффекта в зависимости от выбранного режима работы и мощности на лазерном аппарате [141].

Высокоинтенсивный эрбиевый лазер с длиной волны 2940 нм нашел широкое применение в стоматологии благодаря его универсальности, работы не только на мягких, но и на минерализованных тканях (кость, эмаль, дентин зуба) за счет поглощения лазерного луча хромофорами гидроксиапатита кальция [75, 95, 102, 122, 134, 164]. Эрбиевый лазер с длиной волны 2940 нм обладает терапевтическими и хирургическими эффектами на мягкие и твёрдые ткани, что оказывает благоприятное действие на послеоперационный период [42, 45]. В современной научной литературе представлены работы о применении эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм при удалении ретинированных нижних третьих моляров [75, 100,

107, 122], однако в них не уделяется внимание научному обоснованию эффективности его применения, а именно: рентгенологической оценки регенерации кости в послеоперационном периоде и состоянию местного иммунитета, воспалительным реакциям в послеоперационном периоде.

Следовательно, представляет интерес изучить эффективность применения лазерного излучения с длиной волны 2940 нм при удалении ретинированных нижних третьих моляров по данным не только клинических, но и лучевых и иммунологических методов исследования.

Степень разработанности темы исследования

В современной научной литературе представлены единичные работы, в которых показаны результаты клинических исследований по применению эрбиевого лазера при удалении ретинированных нижних третьих моляров, однако в них не уделяется достаточного внимания научному обоснованию эффективности его применения, а именно: состоянию местного иммунитета и воспалительным реакциям в послеоперационном периоде и лучевой диагностике в отдаленном периоде. Следовательно, представляет интерес изучить эффективность применения лазерного излучения с длиной волны 2940 нм у данной категории пациентов по данным не только клинических, но и лучевых и иммунологических методов исследования, т.е. определения экспрессии бета-дефензинов человека-2 (HBD2) и фактора некроза опухоли альфа (TNF- α) в буккальном эпителии и в прикреплённой слизистой оболочке (в области операции в динамике) сравнительно с применением режущих и вращающихся инструментов.

Цель и задачи исследования

Цель исследования:

Повышение эффективности хирургического лечения пациентов с ретинированными нижними третьими молярами путем применения эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм.

Задачи исследования:

1) Провести сравнительный анализ эффективности применения эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм и режущих и вращающихся инструментов при операции удаления ретинированных нижних третьих моляров по данным клинических методов исследования;

2) Изучить регенерацию кости после операции удаления ретинированных нижних третьих моляров по данным лучевых методов исследования в зависимости от метода лечения [171];

3) Определить особенность регенерации тканей и выраженность воспалительного ответа в послеоперационной области в зависимости от используемого инструмента альтерации при операции удаления ретинированных нижних третьих моляров по данным иммунологических методов исследования;

4) Разработать метод хирургического лечения пациентов с ретинированными нижними третьими молярами с использованием эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм.

Научная новизна

Впервые разработан метод хирургического лечения пациентов при операции удаления ретинированных третьих моляров нижней челюсти с использованием эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм.

Впервые обоснована целесообразность применения эрбиевого лазера для хирургического лечения пациентов с ретинированными третьими молярами на основании клинических и рентгенологических данных.

Впервые получены данные иммунологических исследований воспаления и регенерации биологических тканей в динамике при операции удаления ретинированного третьего моляра нижней челюсти эрбиевым лазером с длиной волны 2940 нм и режущими и вращающимися инструментами.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты диссертационного исследования убедительно доказывают преимущества лазерных технологий при хирургическом лечении пациентов с ретинированными нижними третьими молярами. Объективные рентгенологические данные КЛКТ и иммунологические данные ИФА смешанной слюны и экспрессии генов TNF α и HBD2 в сочетании с клиническими данными позволяют сделать вывод о более низкой интенсивности воспалительной реакции и высокой регенераторной способности слизистой оболочки в послеоперационной области после операций с применением эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм. Разработан и рекомендован практическому здравоохранению эффективный метод хирургического лечения пациентов с ретинированными третьими молярами на нижней челюсти с применением высокоинтенсивного эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм. Внедрение этого метода позволяет повысить эффективность лечения пациентов с данной нозологией, т.к. способствует более благоприятному течению послеоперационного периода и сокращению сроков регенерации.

Положения, выносимые на защиту

1. Эрбиевый лазер с длиной волны 2940 нм может быть эффективно использован при операции удаления ретинированных третьих моляров нижней

челюсти. Это способствует развитию незначительного послеоперационного коллатерального отёка, неинтенсивной боли и сокращению сроков заживления операционной раны по сравнению с применением режущих инструментов.

2. На основании рентгенологических результатов двух линейных показателей RID и RBH на КЛКТ регенерация кости в области послеоперационного костного дефекта в группе исследования с применением эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм проходила быстрее, чем в группе сравнения.

3. По данным иммунологического исследования, применение эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм способствует сокращению стадии воспаления и активации процессов регенерации у пациентов после удаления ретинированных третьих моляров нижней челюсти.

Степень достоверности и апробация результатов

Степень достоверности определяется достаточным количеством пациентов групп исследования (60 человек), сформированных методом случайной выборки по критериям включения и не включения. Использованы современные методы исследования (клинические, лабораторно-инструментальные, рентгенологические, иммунологические). Цифровые данные подвергнуты адекватным современным методам статистической обработки. Пациенты добровольно участвовали в исследовании, они подписывали информированное согласие. Основные положения диссертации изложены и обсуждены на: Паринских чтениях «Инновации в прогнозировании, диагностике, лечении и медицинской реабилитации пациентов с хирургической патологией черепно-челюстно-лицевой области и шеи» (Республика Беларусь, 2022); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы современной стоматологии», посвященной году стоматологического образования, научных исследований и клинических инноваций и 105-летию ВГМУ им. Н.Н. Бурденко (Москва, 2023); международном конгрессе стоматологов «Актуальные проблемы

стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» (Ташкент, 2023); Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы хирургической стоматологии и дентальной имплантологии» (Ташкент, 2022). Апробация диссертационной работы проведена на совместном заседании кафедр хирургической стоматологии, челюстно-лицевой хирургии, терапевтической стоматологии, ортопедической стоматологии, пропедевтики стоматологических заболеваний стоматологического факультета ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (г. Москва, 12.05.2025).

Внедрение результатов исследования

Результаты исследования внедрены в практику кафедры хирургической стоматологии Института стоматологии ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), включены в лекционный курс и практические занятия обучающихся Образовательного департамента Института стоматологии ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), включены в цикл тематического усовершенствования «Лазерные технологии в хирургической стоматологии» на кафедре хирургической стоматологии Института стоматологии ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Методология и методы исследования

Диссертационная работа представляет собой клиническое рандомизированное контролируемое исследование и была выполнена в соответствии с принципами и правилами доказательной медицины. В работе были использованы современные методы сбора и обработки первичных данных, а также клинические, лучевые и иммунологические методы исследования. Для получения

статистических результатов были использованы современные программы для статистической обработки данных.

Было обследовано и прооперировано 60 пациентов с ретинированными третьими молярами на нижней челюсти. Методом случайной выборки пациенты были распределены на 2 группы. В группу исследования вошли 30 пациентов, которым проводили удаление третьего моляра нижней челюсти с применением эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм. В группу сравнения также вошли 30 пациентов, которым удаление третьего моляра нижней челюсти было выполнено при помощи режущих и вращающихся инструментов.

Личный вклад автора

Автором был разработан дизайн диссертационного исследования, сформулированы задачи и поставлена цель исследования. Кроме того, проведен анализ современной научной литературы по теме диссертации, отбор пациентов, удовлетворяющих критериям включения в исследование; проведение стоматологического обследования и хирургического лечения 60 пациентов с ретинированными третьими молярами нижней челюсти, клинических, лучевых, иммунологических исследований. Составлен план индивидуального обследования и комплексного лечения пациентов. Статистическая обработка и анализ полученных результатов проведены с применением параметрических и непараметрических методов лично автором. А также автором сформулированы положения, выносимые на защиту, выводы и практические рекомендации. Автором подготовлены материалы диссертации к докладам и публикациям.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа Сологовой Д.И. на тему «Применение эрбиевого лазера при удалении нижних третьих моляров» соответствует паспорту научной

специальности 3.1.7.Стоматология, пунктам направления исследования 1 и 3: п. 1. Изучение этиологии, патогенеза, эпидемиологии, методов профилактики, диагностики и лечения поражений твердых тканей зубов (кариес и др.), их осложнений; п. 3. Изучение проблем хирургической стоматологии с разработкой методов диагностики и лечения заболеваний челюстей и полости рта.

Публикации по теме диссертации

По результатам исследования автором опубликовано 7 работ, в том числе 1 научная статья в журнале, включенном в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета/ Перечень ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук; 2 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах Scopus, PubMed; 1 иная публикация по результатам исследования; 3 публикации в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, 3-х глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы. Диссертация содержит 147 машинописных страниц, 26 таблиц и 46 рисунков. Список литературы включает 184 источника, из них 51 отечественных и 133 зарубежных авторов.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ ПРИ ЗАТРУДНЕННОМ ПРОРЕЗЫВАНИИ НИЖНИХ ТРЕТЬИХ МОЛЯРОВ. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Ретинированные нижние третьи моляры являются наиболее часто встречающейся патологией среди зубочелюстных аномалий, которая приводит к нарушению положения третьих моляров. Непрорезавшиеся клыки верхней челюсти (0.92%), премоляры нижней челюсти (0.4%), премоляры верхней челюсти (0.13%), клыки нижней челюсти (0.09%) также встречаются в клинической практике [56]. Различные диагнозы непрорезавшихся зубов указаны в МКБ-10 в следующих определениях: синдром прорезывания зубов (K00.7), ретинированные зубы (K01.0), импактные зубы (K01.1), аномалии положения зубов (K07.3).

В связи с высокой частотой частичной импакции нижнего третьего моляра в полости рта и потенциальным риском таких осложнений, как кариес и развитие периодонтальных заболеваний, хирургическое удаление этих зубов является одним из наиболее распространенных вмешательств в хирургической стоматологии [153]. Удаление третьих моляров составляет около 90% всех плановых хирургических процедур, что является одной из наиболее распространенных операций, выполняемых стоматологами-хирургами и челюстно-лицевыми хирургами [58, 73, 180].

Удаление сопровождается рядом послеоперационных осложнений, что связано с высокой степенью травматичности операции. По данным литературы, диапазон процента осложнений после удаления третьего нижнего моляра может варьироваться от 4.6% до 30.9% [81]. Частота встречаемости таких интраоперационных осложнений, как перелом корня зуба составляет 1.1%, кровотечение – 0.7%, травма мягких тканей – 0.5%, повреждение соседнего зуба – 0.2%. Такие послеоперационные осложнения, как отек/боль/тризм в 0.6% случаев, «сухая лунка» – в 0.5%, повреждение нижнего альвеолярного нерва – в 7.2% [81]. По данным зарубежных авторов, осложнения после удаления нижних третьих

моляров на фоне применения антибиотикотерапии имеют различную частоту встречаемости: в 3.4% случаев наблюдали локальную воспалительную реакцию в области удаленного зуба, в 3.8% – «сухую лунку», в 1.9% – лихорадку, в 15% – мышечную контрактуру [62].

В настоящее время возникает необходимость поиска малоинвазивных методов альтерации тканей для более комфортного течения послеоперационного периода. Одним из методов для проведения малотравматичного хирургического вмешательства могут служить лазерные технологии.

1.1. Этиология и патогенез ретенции и дистопии нижних третьих моляров

Зубочелюстная система человека представляет собой сложно сформированный аппарат с многообразием выполняемых функций, а также является началом дыхательной и пищеварительной систем организма [9].

Жевательный аппарат претерпевает существенные изменения в процессе эволюции в связи с изменением образа жизни, необходимостью дыхания, жевания и речеобразования. Первые принципы эволюции органов из-за изменения их функций были описаны А. Дорном в 1937 году [16].

С течением времени утрачивается основное биологическое значение органа из-за изменений условий окружающей среды, в связи с чем со временем возникает его редукция [40]. Согласно мнению Dahlberg A.A., аномалии формы и развития третьих моляров, ретенция и дистопия являются следствием эволюционной редукции зубочелюстной системы [87]. При этом, изменение размера зубов происходит значительно медленнее, чем редукция верхней и нижней челюстей, что в свою очередь приводит к развитию затрудненного прорезывания и дистопии третьих моляров [11]. Среди основных причин редукции зубочелюстной системы выделяют: изменение рациона питания, кулинарная обработка пищи, переход к прямохождению и развитие головного мозга [15].

О.И. Турель предоставил данные об уменьшении размеров нижней челюсти в процессе эволюции. Согласно этим данным, у гейдельбергской челюсти длина между мышелковым отростком нижней челюсти и центральными резцами была около 110-124 мм, в то время как у современных людей эта цифра не превышает 100 мм [26, 47]. Вероятнее всего, из-за уменьшения размеров зубочелюстной системы и увеличения скученности зубов, в процессе эволюции возникнет исчезновение третьих моляров, в результате чего появятся необходимые условия для других групп зубов [12].

Уменьшение размеров зубочелюстной системы со временем привело к тому, что лишь у незначительной части людей прорезывание третьих моляров происходит без осложнений, а у остальных наблюдается либо затрудненное прорезывание и полная ретенция третьих моляров, либо же полное отсутствие зачатков.

По данным научных исследований в постоянном прикусе отсутствие зачатков зубов встречается в 6.4% случаев чаще у женщин, чем у мужчин [52, 149]. При этом отсутствие зачатков именно третьих моляров встречается гораздо чаще, в 20-30% случаев [70, 149]. По данным предыдущих исследований, существует сильная взаимосвязь между отсутствием зачатков третьих моляров и отсутствием зачатков других групп зубов, при чем последние увеличивают вероятность отсутствия третьих моляров на 40% [65, 105, 154]. Исходя из этого, возникает предположение, что наличие или отсутствие зачатков третьих моляров контролируется тем же генетическим механизмом, что и другие постоянные зубы. У современного человека есть ряд генов, участвующих как в отсутствии зачатков зубов, так и в морфогенезе челюстно-лицевой области [135, 182]. С точки зрения эволюции это может указывать на общий механизм формирования зубов и развития челюстно-лицевой области.

Со временем, в ходе эволюции размер головного мозга и черепа человека увеличивался за счет изменения социальных условий и изменения качества пищи [88, 113]. При этом, с другой стороны, лицевые кости стали меньше по размеру, а количество зубов уменьшилось [53, 94, 125]. Недавние исследования показывают

устойчивую взаимосвязь между размерами лицевых костей и отсутствием зачатков третьих моляров у современного человека. У людей с одним или несколькими отсутствующими зачатками третьих моляров, размеры верхней и нижней челюстей становятся значительно меньше, чем у людей с сформированными третьими молярами [103, 154].

Ряд исследований доказывает, что существует некая корреляция между ростом современного человека и статусом прорезывания нижнего третьего моляра [84]. Более того, предполагают взаимосвязь между ростом человека и длиной верхней и нижней челюстей. Так в одном из исследований выявили статистически значимую взаимосвязь между измерениями челюстно-лицевой области и длинами верхней и нижней челюстей, более того, длина нижней челюсти имеет более высокую корреляцию с длиной верхней части тела, чем с длиной нижней части тела [83]. Прогноз ретенции третьего моляра нижней челюсти зависит от размеров нижней челюсти и разницей между длиной зубной дуги и размерами зубов [55].

Предполагается, что одной из причин ретенции нижнего третьего моляра является отсутствие достаточного пространства между вторым моляром нижней челюсти и передним краем ветви нижней челюсти. Так, в одном из исследований искали взаимосвязь между длиной нижней челюсти и ретенцией нижнего третьего моляра с различными типами лица [174]. Одной из целей исследования являлась возможность предсказать ретенцию или прорезывание третьего моляра нижней челюсти в раннем возрасте для удаления его в стадии зачатка с целью уменьшения послеоперационных осложнений и возможных сопутствующих патологий. В то же время, есть мнения, доказывающие, что зачатки в раннем возрасте, кажущиеся ретинированными, могут занять правильное положение в более позднем возрасте [116, 175, 181]. Исходя из результатов статистической обработки исследования, была замечена взаимосвязь между длиной нижней челюсти и ретенцией нижнего третьего моляра. У людей с короткой и нормальной длиной нижней челюсти процент ретенции нижнего третьего моляра составлял 66% и 64.5%, а у людей с длинной нижней челюстью 27.9% ретенции соответственно [174]. Исходя из этих

данных можно сделать вывод, что чем длиннее нижняя челюсть, тем меньше вероятность ретенции нижнего третьего моляра.

Немаловажным параметром при формировании и прорезывании третьих моляров являются параметры окружающей кости. Исходя из результатов исследований, чем выше степень минерализации окружающей кости, тем выше риск того, что несмотря на дальнейший рост и формирование корней, коронка третьего моляра не изменит своего положения. Таким образом, полностью сформированный зуб будет находиться в кости и не сможет прорезаться через плотную кортикальную пластинку нижней челюсти [14].

В научной литературе также имеются данные, свидетельствующие о том, что в формировании и прорезывании зубов важную роль играет генетический фактор. Время прорезывания зубов и последовательность в большей степени зависят от наследственности и играют важную роль в формировании прикуса и развитии возможных заболеваний пародонта [84, 92, 109]. Известно, что третьи моляры отличаются наибольшей вариабельностью по размерам и формам коронок и корней. Формирование и минерализация корней третьих моляров оказывает большое влияние на их прорезывание и расположение на нижней челюсти. Есть предположения, что прорезывание нижних третьих моляров в том числе зависит от генетического фактора, а именно, от ряда генов, отвечающих за ретенцию зубов [84, 108]. В будущем, возможно, генотип человека можно будет использовать для прогнозирования риска ретенции третьих моляров, однако, требуются дополнительные исследования на эту тему [84].

Кроме эволюционных и генетических теорий ретенции третьего моляра имеют место системные и локальные теории затрудненного прорезывания. Среди локальных теорий выделяют: высокую плотность окружающей кости, давление со стороны второго моляра нижней челюсти, хронический воспалительный процесс с последующим увеличением плотности надлежащей слизистой оболочки, недостаточность места в связи с недоразвитостью челюстей, ранняя потеря молочных зубов и некроз кости после воспалительных заболеваний [180]. Системные теории затрудненного прорезывания разделяют на пренатальные, такие

как наследственность и смешение разных рас, постнатальные, такие как анемия, сифилис, туберкулез, и редкие заболевания, к которым относятся ключично-черепная дисплазия, оксифеалия, ахондроплазия и расщелина неба [180].

Исходя из вышеизложенных данных, затрудненное прорезывание третьих моляров является полиэтиологическим заболеванием. При этом, многие теории ретенции третьих моляров дополняют друг друга, другие же - противоречат друг другу.

1.2. Методы хирургического лечения пациентов с затрудненным прорезыванием нижних третьих моляров

Удаление ретинированных третьих моляров нижней челюсти является травматичной операцией, что обусловлено затрудненным доступом, сложной и разнообразной анатомией их расположения. Для систематизации вариантов расположения третьих моляров разработаны ряд классификаций по расположению третьих моляров. Классификации пространственного расположения ретинированных нижних третьих моляров дают возможность определить степень ретенции зуба, что позволяет предоперационно определить степень сложности процедуры и составить план хирургического вмешательства.

В современной научной литературе и в клинической практике чаще всего используют следующие классификации: Winter, Tetsch и Wagner, Pell и Gregory, Asanami и Kasazaki [63, 110, 139, 168].

Одной из первых была предложена классификация Джорджа Уинтера в 1926 году по углу наклона третьего моляра по отношению к оси второго моляра. Он выделяет вертикальное, мезиальное, горизонтальное, дистальное, щечное, язычное, инверсию и комбинированное расположение нижнего третьего моляра [110]. Эта классификация является одной из часто используемых классификаций для пространственной оценки ретнированных зубов из-за простоты ее использования.

Для нее не требуются дополнительные измерительные приборы, что позволяет широко ею пользоваться в клинической практике.

В 1985 году авторами Tetsch и Wagner была предложена классификация ретенции третьего моляра. Эта классификация определяет форму ретенции третьего нижнего моляра, исходя из угла длинной оси этого зуба к окклюзионной плоскости. Выделяют вертикальную ретенцию, горизонтальную ретенцию, медиальный и дистальный наклон относительно второго моляра нижней челюсти, щечный и язычный наклон, а также комбинированные виды ретенции [168].

Классификации Winter и Tetsch&Wagner учитывают только угол наклона ретенированного моляра, они не учитывают количество места в зубной дуге, доступное для прорезывания зуба мудрости. При этом, в классификации Pell&Gregory определяют степень ретенции в зависимости от глубины ретенции зуба и от пространства между передним краем ветви нижней челюсти и дистальной поверхностью нижнего второго моляра [123]. В классификации Pell&Gregory выделяют три класса ретенции в зависимости от наличия пространства между передним краем ветви нижней челюсти и дистальной поверхностью второго моляра. 1-ый класс: есть достаточное пространство между краем ветви нижней челюсти и дистальной поверхностью второго моляра; 2-ой класс: мезио-дистальное расстояние между передней границей ветви нижней челюсти меньше, чем мезио-дистальная ширина коронки третьего моляра; 3-ий класс: отсутствие мезио-дистального расстояния между передней границей ветви нижней челюсти и дистальной поверхностью второго моляра, а третий моляр полностью находится в ветви нижней челюсти. Второй частью классификации Pell&Gregory является классификация по глубине расположения третьего моляра относительно окклюзионной поверхности второго моляра. Выделяют три позиции: позиция А: уровень окклюзионной поверхности третьего моляра находится на уровне окклюзионной поверхности второго моляра; позиция Б: уровень окклюзионной поверхности третьего моляра находится выше уровня шейки второго моляра, но ниже окклюзионной поверхности второго моляра; позиция В: окклюзионная поверхность третьего моляра находится ниже уровня шейки второго моляра [139].

Asanami и Kasazaki в 1993 году создали классификацию, в которой учитывается как ангуляция, так и пространственное положение моляра относительно окклюзионной плоскости и переднего края ветви нижней челюсти. Эта классификация описывает степень ретенции третьего нижнего моляра по вертикали, по горизонтали, наклон третьего моляра относительно оси второго моляра и расположение ретинированного зуба относительно переднего края ветви нижней челюсти [63].

Операция удаления ретинированного третьего моляра требует рациональной предоперационной подготовки. Наличие третьего моляра необходимо диагностировать систематически, оценивая как клинические, так и рентгенологические данные. В 2014 году Суви Мануэль и соавт. разработали всеобъемлющую форму для оценивания степени ретенции третьих моляров нижней челюсти и составления надлежащего плана лечения. Собирали анамнез пациента, проводили внешний осмотр, осмотр полости рта, оценивали степень разрушения третьего моляра, определяли степень сложности удаления по шкале Паранта и оценивали расположение зуба относительно ветви нижней челюсти, относительно второго моляра и нижнего альвеолярного нерва. В зависимости от сложности ретенции выбирали дизайн лоскута, метод альтерации тканей и технику ушивания мягких тканей [132].

От сложности операции напрямую зависит вид доступа, выбор разреза подлежащих мягких тканей и выбор метода удаления зуба. В связи с этим, возникает необходимость установления объективных критериев для оценки степени сложности предстоящей операции. Это позволит клиницистам проводить менее травматичное удаление с минимальными осложнениями.

В научной литературе предложены различные индексы для оценивания сложности удаления ретинированных третьих моляров. Одним из таких индексов является шкала Педерсона, по которому оценивают угол наклона зуба, глубину ретенции относительно окклюзионной поверхности второго моляра и расположение третьего моляра относительно передней границе ветви нижней челюсти. Исходя из суммы баллов сложность удаления оценивают как легкое,

средней сложности или очень сложное [138]. При этом, в ряде исследований считается, что шкала Педерсона является не надежным способом оценивания сложности удаления третьего моляра. Это объясняется тем, что в ней, в отличие от других шкал оценивания сложности удаления, не учитываются такие переменные, как количество, кривизна и ширина корней третьих моляров [106, 140, 152, 184]. В ряде исследований описаны другие индексы оценки сложности удаления, такие как шкала Паранта и шкала Харма [106, 176, 184].

Шкала Паранта сильно отличается от шкалы Педерсона, она больше используется как послеоперационная оценка сложности удаления. В шкале Паранта выделяют четыре степени сложности: первая степень - удаления, для которых необходимо использовать только хирургические щипцы, вторая степень – удаления, требующие остеотомии надлежащей кости, третья степень – удаления с остеотомией и резекцией коронковой части зуба, четвертая степень – удаления с разделением корней зуба. Шкала Паранта удобна с точки зрения простоты применения, но она так же, как и шкала Педерсона не учитывает морфологию и количество корней третьего моляра [152].

Шкала Харма является модифицированной версией шкалы Педерсона. В ней присутствуют все те же параметры, что и в шкале Педерсона, но еще учитывается анатомия и морфология корней третьих моляров. Предложенная шкала Харма с более высокой точностью может оценить сложность операционного вмешательства.

Определив степень сложности операционного вмешательства, возникает необходимость в выборе доступа и техники удаления третьего моляра, используя как клинические, так и рентгенологические данные.

Впервые методы удаления третьих моляров начали разрабатываться в конце 18-ого века. В то время не существовало определенных подходов и методов удаления зубов. Подходы к удалению зубов разрабатывались и передавались через обмен идеями между хирургами-стоматологами. В 1903 году национальная стоматологическая ассоциация опубликовала руководство по удалению третьих моляров – это была первая официальная рукопись. При этом, считается, что Карл

Эдмунд Келлс в 1856-1928 году внедрил комплексный подход по удалению третьих моляров, в 1918 году описал менее травматичный подход удаления зубов. В 1928 году Джордж Винтер опубликовал пособие по удалению третьих моляров, где подробно описывались клинические, рентгенологические данные и техники по удалению третьих моляров. Он объяснил, что необходимо выполнять остеотомию надлежащей кости таким образом, чтобы обеспечить точку опоры для элеватора.

В 1956 году Уорд описал три дизайна разреза при удалении третьих моляров верхней и нижней челюстей, которые до сих пор используются в современной практике: разрез по гребню альвеолярного отростка, продолжающийся интрасулькулярно и заканчивающийся вертикальным разрезом в области второго моляра. Другие два разреза описаны на верхней челюсти и были аналогичны первому разрезу с наличием или без вертикального разреза в зависимости от клинического случая.

В 1959 году Густав Отто Крюгер предложил лоскут-конверт, начинающийся по гребню альвеолярного отростка и продолжающийся интрасулькулярно до первого моляра нижней челюсти, то есть мезиальнее, чем разрез, предложенный Уордом в 1956 году.

В 1971 году Лусиан Сзмидт описал многочисленные варианты разделения на части ретинированных третьих моляров для менее травматичного удаления. Более того, описал разрез, начинающийся по гребню альвеолярного отростка и продолжающийся вестибулярно от второго моляра нижней челюсти.

В 1972 году Уолт Магнус усовершенствовал разрез конвертом, предложенный Густав Отто Крюгером в 1959 году. Уолт Магнус предложил провести разрез на 5 мм ниже десневой борозды второго моляра, обосновывая это тем, что регенерация мягких тканей при таком разрезе происходит значительно быстрее.

В 1999 году Донлон и Триута предложили минимально инвазивный подход, при котором разрез предлагается проводить с дистальной части второго моляра и продолжается щечно и дистально по направлению к наружной косой линии. Они

заявили, что преимуществом этой техники является меньший послеоперационный отек и боль, а также более быстрая регенерация мягких тканей.

Начало 21 века ознаменовалось появлением новых хирургических техник разрезов по получению доступа к ретинированному третьему моляру. Так в 2002 году Иер Нагешвар предложил разрез в виде запятой, который начинается в дистально-щечной области ниже второго моляра, плавно изгибается вверх и достигает десневого края дистально-щечной поверхности второго моляра [136].

Знание и понимание хирургических концепций необходимо для эффективного лечения и ведения пациентов. Длительность операции, травматичность, наличие или отсутствие послеоперационных осложнений и регенерация послеоперационной раны зависят от выбора вида разреза, дизайна лоскута и препарирования кости. Для облегчения удаления третьего моляра в научной литературе обосновывается важность дизайна лоскута для лучшей видимости и доступности операционного поля [118].

В настоящее время наиболее часто используемыми дизайнами лоскутов являются: лоскут в виде конверта, предложенный Уолтом Магнусом в 1972 году и лоскут Сзмида, предложенный Сзмидом в 1971 году. Оба дизайна лоскута обеспечивают минимальное нарушение кровоснабжения, что способствует хорошему процессу регенерации в мягких тканях [57]. При этом, лоскут Сзмида обеспечивает лучшую визуализацию третьего моляра, при котором отсутствует натяжение лоскута, в результате чего операция становится менее травматичной, а процесс регенерации мягких тканей протекает быстрее. Лоскут конвертом представляет собой больший риск повреждения круговой связки зуба и возможного возникновения пародонтального кармана в области второго моляра при проведении интрасулькулярного разреза [120, 183]. Дизайн лоскута Сзмида показал лучше результаты в постоперационном периоде по глубине пародонтального кармана и по убыли кости в сравнении с лоскутом конвертна в области вторых моляров нижней челюсти [120].

Степень выраженности таких послеоперационных явлений, как боль, коллатеральный отек мягких тканей и степень открывания рта после удаления зуба

напрямую влияют на качество жизни в послеоперационный период [160]. Так модифицированный дизайн лоскута Сзмида (треугольный лоскут) обеспечивает лучшее качество жизни в послеоперационный период, чем лоскут конвертом, вызывая меньше болевую реакцию и послеоперационный отек [160, 166].

Следующим этапом удаления третьего моляра после отслаивания лоскута является препарирование надлежащей кости вокруг ретинированного третьего моляра. Количество препарированной кости зависит от глубины расположения ретинированного третьего моляра в теле нижней челюсти. Удаление кости проводится при помощи ротационных инструментов, ультразвуковых технологий или лазерных технологий.

Кортикальная пластинка с вестибулярной поверхности выполняет важную роль в поддержании прочности нижней челюсти. При удалении ретинированных третьих моляров важно свести препарирование кости к минимуму, чтобы предотвратить риск возникновения перелома. Препарирование кости должно быть выполнено таким образом, чтобы не изменилась степень прочности нижней челюсти, но в то же время сохранить эффективность операции. Для этого с вестибулярной и дистальной поверхности от третьего моляра проводится в глубину вертикальный желоб, в результате чего создается достаточное пространство для вывихивания зуба. С помощью «метода желоба» сохраняется прочность кортикальной пластинки нижней челюсти и создается достаточное пространство для удаления зуба [180].

В тех случаях, когда зуб освобожден от надлежащей кости, но еще устойчив к умеренной силе, рекомендуется проводить секционирование самого зуба для извлечения из лунки. Секционирование зуба на части уменьшает время операции и позволяет проводить менее травматичную операцию, избегая препарирования кости вокруг зуба.

Техника секционирования зуба зависит от расположения и угла наклона третьего моляра в теле нижней челюсти. При выборе техники секционирования необходимо учитывать ангуляцию третьего моляра.

При медиальном наклоне третьего моляра проводится распил мезиальной поверхности коронки моляра до цементно-эмалевой границы. Это позволяет ввести и расположить рабочую часть элеватора между цементом зуба и костью. Кость используется в качестве опоры для элеватора, производятся вывихивающие движения зуба дистально. В ряде случаев дальнейшее движение зуба блокируется дистальным отделом кости. В таком случае возможно либо препарирование нависающего костного края с дистальной поверхности зуба, либо секционирование дистальной поверхности коронки третьего моляра, после чего проводится вывихивание зуба дистально при помощи элеватора.

При горизонтальной ретенции третьего моляра может потребоваться больше удаления надлежащей кости, по сравнению с мезиально-наклоненным третьим моляром. Количество удаляемой кости зависит от глубины ретенции моляра. Глубоко ретинированный третий моляр имеет тенденцию плотно прилегать коронковой частью или корневой частью к дистальной поверхности второго моляра, что усложняет его удаление. После отслаивания слизисто-надкостничного лоскута проводится препарирование кости над коронковой частью и над верхней третью корней третьего моляра. В пришеечной части третьего моляра проводится секционирование коронковой части зуба от корневой части, коронковая часть удаляется из лунки. Затем корневая часть выдвигается элеватором медиальнее на свободное место, разделяется при помощи бора или полностью извлекается из лунки. В тех случаях, когда ретинированный зуб не упирается в дистальную поверхность коронки второго моляра и, если удалено достаточное количество дистально нависающей кости, можно развернуть зуб в вертикальное положение, приложив усилие в мезиальном направлении.

Вертикальная ретенция считается одной из самых сложных вариантов расположения третьего моляра, в особенности, при глубокой ретенции. После отслаивания слизисто-надкостничного лоскута удаляется нависающая кость с окклюзионной, дистальной и вестибулярной сторон коронки третьего моляра, проводится секционирование дистальной поверхности коронки третьего моляра,

оказывается давление с мезиальной стороны, зуб приподнимается коронарно и вывихивается в дистальную сторону.

Дистально-наклоненный ретинированный третий моляр считается наиболее трудным для удаления зубом. Целью техники удаления этих зубов является создание адекватного щечного и дистального желоба вокруг коронки зуба на глубину ниже цервикальной линии. Это позволит сделать точку приложения элеватора на щечной стороне зуба. Затем, используя щечную кортикальную пластинку в качестве точки опоры, прикладывается усилие, чтобы сдвинуть зуб из лунки вверх и дистально. Дистальная часть коронки или вся коронка может быть разделена от корней и удалена. Это обеспечит сохранение структурной целостности нижней челюсти. Затем корни удаляются вместе или разделяются и удаляются из лунки по отдельности с помощью элеватора. В случаях, когда требуется секционирование корней, сначала следует удалить дистальный корень, затем медиальный корень.

В дополнение к стандартным хирургическим техникам, описанным выше, возникают случаи, где необходимо рассмотреть другие методы хирургического удаления. Это связано с тем, что не существует единой техники, которая подходит под все клинические случаи, следует изучать различные методы и выбирать подходящие в зависимости от клинической ситуации.

Одной из таких техник является кортикотомия с вестибулярной стороны нижней челюсти. В области ретинированного третьего моляра отслаивают трапециевидный слизисто-надкостничный лоскут, при помощи узкого фиссурного бора делают прямоугольное окно, медиальный и дистальный разрезы достигают нижнего края нижней челюсти. При помощи остеотома надламывают кортикальную пластину нижней челюсти, в результате чего обнажается ретинированный третий моляр. После удаления ретинированного зуба, кортикальный фрагмент нижней челюсти фиксируют с медиальной и дистальной сторон пластинами или винтами к телу челюсти, слизисто-надкостничный лоскут укладывают на место и фиксируют швами [167]. Плюсами такой методики является

хорошая визуализация операционного поля и сохранение окружающей зуб кости, которая при классической технике была бы удалена.

Одним из осложнений после удаления третьих моляров является повреждение нижнего альвеолярного нерва, в результате чего возникает потеря чувствительности в послеоперационной области. По данным научных исследований, в 0,6–5,3% возникает временная потеря чувствительности, меньше 1% случаев - постоянная потеря чувствительности [71, 76].

При планировании операции удаления третьих моляров необходимо учитывать точную взаимосвязь расположения корней третьего моляра и канала нижней челюсти. Выделяют три варианта расположения корней относительно канала нижней челюсти: корни прилежат к каналу, корни спаяны с каналом, корни проходят через канал нижней челюсти.

От расположения корней зуба относительно нижнечелюстного канала зависит выбор техники удаления зуба [79]. Возникла необходимость поиска альтернативной малотравматичной методики удаления третьего моляра. В 1984 году Экюйер и Дебийен впервые предложили технику коронэктомии, которая представляет собой удаление коронковой части зуба и преднамеренное сохранение корней зуба, что позволяет избежать повреждения нижнечелюстного канала [91]. Коронэктомия позволяет избежать повреждения нижнего альвеолярного нерва и предотвратить риск возникновения послеоперационной потери чувствительности [54, 82, 130].

В современном научном мире представлено разнообразие техник удаления третьих моляров в зависимости от клинического случая. Несмотря на большое количество разных дизайнов лоскутов и техник удаления третьих моляров, операция удаления ретинированных третьих моляров нижней челюсти все еще остается довольно травматическим хирургическим вмешательством. В связи с этим возникает необходимость поиска малотравматичных методов альтерации как мягких тканей, так и кости.

1.3. Современные методы альтерации тканей при операции удаления нижних третьих моляров при затрудненном прорезывании

На сегодняшний день в хирургической стоматологии представлено несколько методов альтерации мягких и твердых тканей. К ним относятся скальпель, ротационная группа инструментов, радиохирurgia, ультразвуковые методы и лазерные технологии.

Скальпель считается предпочтительным хирургическим режущим инструментом благодаря его точности, возможности контроля, сохранения целостности тканей и хорошего заживления раневой поверхности. Однако его основным недостатком является кровотечение, что играет немаловажную роль в хирургии. Это вызвало необходимость развития других методов альтерации тканей. В то время, как хирургический доступ традиционно основывается в основном на скальпеле, научные современные технологии двигаются дальше. Достижения в области гаджетов позволили улучшить клиническое мастерство и комфорт пациентов, тем самым снизив воздействие, вызванное травматическим хирургическим лечением [124]. Широко экспериментировали с использованием методов, альтернативных традиционному скальпелю, таких как радиочастотная электрохирurgia, ультразвуковая хирurgia и лазерные технологии. Каждый из этих методов имеют разные механизмы действия, оказывают разные эффекты на биологические ткани, имеют как положительные, так и отрицательные стороны. Выбор метода альтерации тканей зависит от преследуемых целей и эффектов, необходимых в определенном клиническом случае.

Радиохирurgia является одной из форм электрохирurgии, которая работает в диапазоне частот от 3,0 до 4,0 МГц [157]. Термин «радиохирurgia» был введен доктором Гольдштейном, чтобы отличить использование запатентованных ультравысокочастотных радиоволн 3,8 МГц от электрохирurgии (0,5–2,9 МГц) [112]. Радиочастотная электрохирurgia представляет собой метод рассечения

мягких тканей радиочастотным электродом, на который подается электрический ток. Альтерация тканей происходит за счет локального воздействия высоких температур в зоне касания электродом биологических тканей. Диффузия выделяемого тепла вызывает денатурацию внутриклеточных белков, проявляющуюся в виде коагуляционного некроза на различном расстоянии от разреза, известного как «латеральное термическое повреждение» [78]. Глубина проникновения радиочастотной энергии обратно пропорциональна частоте, поэтому более низкие частоты радиочастот проникают глубже в биологические ткани [67].

Аппараты радиочастотной электрохирургии нашли широкое применение в разных областях медицины, таких как гинекология, дерматология, онкология, венерология, стоматология. В отличие от скальпеля, радиочастотная электрохирургия обладает бактерицидным эффектом за счет создания высоких температур и гемостатическим эффектом, что обеспечивает хорошую визуализацию операционного поля. При этом есть данные, что такой вид альтерации тканей приводит к широкому диапазону повреждения тканей, к замедлению регенерации раневой поверхности и значительному рубцеванию [66]. В одном из исследований опубликованы данные о наличии зоны коагуляционного некроза мягких тканей, что может быть вызвано избыточным выделением тепла в мягкие ткани электромагнитным полем хирургического инструмента [117]. Продолжительное или повторное действие на мягкие ткани вызывает избыточное накопление тепла и обугливание мягких тканей. Следует избегать контакта с надкостницей, костью и витальными зубами [89]. В имплантологии удельный ток частотой 4 МГц позволяет провести разрезы в области имплантатов и обеспечить хорошую видимость за счет адекватного гемостатического эффекта [72, 104]. Также радиочастотная хирургия используется для создания необходимого десневого контура вокруг ортопедической конструкции [115]. Разрез проводится послойно через каждые 10 секунд [157]. Широкое применение радиочастотная электрохирургия нашла в мукогингивальной хирургии при удлинении клинической

коронки зуба, при френулопластике, вестибулопластике и иссечении гипертрофированных мягких тканей [156, 162].

Есть данные применения радиочастотной электрохирургии при меланиновой гиперпигментации дёсен. Гиперпигментация дёсен считается больше эстетической проблемой, чем медицинской, но она может доставлять большой дискомфорт в жизни пациента. Поверхностного применения радиохирургии достаточно для удаления пигментации, при этом пациенты сообщают о незначительном дискомфорте или его отсутствии во время этой процедуры [159]. Некоторые авторы сообщают о возможности применения радиохирургии с целью уменьшения или устранения пародонтальных карманов [158]. Операция оперкулэктомии – это иссечение «капюшона» над коронковой частью ретинированного третьего моляра. Радиохирургический аппарат также можно использовать для обнажения коронок ретинированных третьих моляров [68]. Одной из проблем при альтерации мягких тканей скальпелем является оказываемое давление на ткани, которое искажает контроль и точность проведения разреза. Радиоволновые электроды в отличие от скальпеля с тонким наконечником скользят по ткани без давления [151].

В научной литературе есть данные об использовании радиочастотной электрохирургии при альтерации мягких тканей при удалении ретинированных третьих моляров. При альтерации тканей скальпелем время операции было больше, чем при альтерации радиохирургическим методом, это было связано с гемостатическим эффектом, который обеспечивал адекватную визуализацию операционного поля во время удаления третьего моляра, в связи с чем время операции сокращалось. По данным исследования, регенерация при альтерации мягких тканей радиочастотным методом была быстрее, чем при альтерации мягких тканей скальпелем, при этом разница между группами не была статистически значимой. Интраоперационное кровотечение в мягких тканях при альтерации скальпелем было значительно больше, чем при рассечении тканей методом радиочастотной электрохирургии, разница между группами была статистически значимой [124].

Одним из современных вариантов альтерации кости является пьезохирургический метод. Пьезоэлектрическая хирургия – это метод альтерации кости, основанный на ультразвуковых колебаниях. Он был разработан итальянским челюстно-лицевым хирургом Томазо Верчеллотти в 1988 году для преодоления ограничений традиционных инструментов в челюстно-лицевой хирургии путем модификации и улучшения традиционной ультразвуковой технологии [144].

Пьезохирургия основана на пьезоэлектрическом эффекте, впервые описанном Жаном и Марией Кюри в 1880 году, согласно которому некоторые виды керамики и кристаллов деформируются при пропускании через них электрического тока, что приводит к колебаниям ультразвуковой частоты. Полученные вибрации усиливаются и передаются на вибрационный наконечник, который при воздействии с небольшим давлением на кость приводит к явлению кавитации – механическому режущему эффекту, возникающему исключительно на минерализованной ткани. Пьезохирургический прибор примерно в три раза мощнее, чем обычная ультразвуковая стоматологическая установка, что позволяет ей разрезать высокоминерализованный кортикальный слой кости. Мощность и частоту вибрации, а также интенсивность ирригации можно регулировать. Частота обычно устанавливается между 25 и 30 кГц. Эта частота вызывает микровибрации амплитудой 60–210 мкм, обеспечивающие мощность наконечника более 5 Вт. В зависимости от выполняемого вмешательства, выбирают режим и мощность на ультразвуковом аппарате. Ультразвуковые колебания сопровождаются ирригацией физиологическим раствором операционного поля во избежание перегрева кости [155].

В отличие от микропил, хирургических фрез и боров, к которым хирург должен прилагать определенное давление, пьезохирургическое устройство требует лишь оказания минимального давления на кость, что позволяет выполнять точный разрез. Механизм действия основан на кавитационном эффекте, создаваемом распределением охлаждающей жидкости и типом вибрации, создаваемой инструментом, при котором кровь практически вымывается, что обеспечивает хорошую видимость операционного поля. Видимость операционного поля всегда

оптимальна благодаря «кавитационному эффекту» (физический эффект, возникающий в результате ультразвуковой вибрации пузырьков воздуха и воды), обеспечиваемому охлаждающей ирригационной жидкостью, уменьшающей приток крови в области разреза [114].

По данным научных исследований, при микроскопическом исследовании костных отломков, полученных при пьезохирургии, признаков коагуляционного некроза, характерного для применения ротационной группы инструментов, не выявлено [69].

В отличие от ротационной группы инструментов, которые производят громкие макровибрационные колебания, пьезохирургический инструмент производит микровибрационные колебания, в результате чего возникает низкий уровень шума, что сводит к минимуму стресс и страх, возникающий у пациентов во время операции. Более того, молекулы кислорода, выделяемые во время альтерации кости, обладают антисептическим эффектом, а ультразвуковые микроколебания стимулирует клеточный метаболизм, что положительно влияет на операционную область [86, 114].

При контактировании мягких тканей с ультразвуковой насадкой пьезохирургического инструмента, повреждения тканей не происходит, что даёт преимущество ультразвуковым технологиям при работе рядом с мягкими тканями. Тем самым снижается риск травматизации окружающих мягких тканей [143].

Пьезоэлектрическая хирургия нашла широкое применение в челюстно-лицевой области за счет меньшей травматизации тканей, хорошей видимости операционного поля, минимального термического эффекта на кость, более мягкого послеоперационного периода, безопасного, точного и удобного использования как для врача, так и для пациента [86, 137].

С момента появления пьезоэлектрического скальпеля, он активно использовался в операциях ортогнатической хирургии, при операциях на височно-нижнечелюстном суставе и при ринопластике за счёт его точности и безопасности.

Пьезохирургическая техника используется в ортогнатической хирургии в таких операциях как сагиттальная остеотомия, остеотомия по Ле Форту 1 и

ментопластика. По данным научных публикаций, в сравнении с традиционными методами альтерации кости, пьезохирургический скальпель вызывает меньше интраоперационных кровотечений, что обеспечивает хорошую визуализацию операционного поля, снижает риск повреждения сосудисто-нервных пучков во время операции. Коллатеральной отёк мягких тканей был выражен значительно меньше по сравнению с традиционными методами альтерации кости. Одним из основных преимуществ пьезохирургического метода при ортогнатической хирургии на нижней челюсти - быстрое восстановление чувствительности в области нижнего альвеолярного нерва за счет атравматичного вмешательства [137].

При операциях в области височно-нижнечелюстного сустава пьезохирургический метод позволяет выполнить точную остеотомию без повреждения анатомических структур в области мышечкового отростка нижней челюсти [114].

При операции ринопластики также наблюдались точность остеотомии и бережное отношение к мягким тканям [114].

Большое распространение в хирургической стоматологии получила техника «костной крышки» за счет сохранения нативной кости при оперативных вмешательствах. Методика операции заключается в удалении костной крышки по периметру, проведения операции и возвращению костного фрагмента в исходное положение. Целью этого метода является сохранение кости, которая в противном случае была бы утрачена при остеотомии [103]. Пьезохирургический метод широко распространён при применении этой техники при таких операциях, как синус-лифтинг, резекция верхушки корня, при удалении новообразований в кости, при удалении ретинированных третьих молярах [169]. Также есть данные об использовании этой техники при помощи пьезохирургического метода при удалении дентальных имплантатов вследствие периимплантита, что обеспечивает сохранение окружающей имплантат кости. При помощи пьезохирургического метода проводится удаление костной крышки в области имплантата, удаление имплантата и фиксация костного фрагмента в исходное положение [126, 169].

Операция удаления ретинированных третьих моляров интраоперационно сопровождается высокой степенью травматизации как мягких тканей, так и кости, выраженными послеоперационными явлениями, такими как боль, коллатеральный отёк мягких тканей и мышечная контрактура, что напрямую оказывает влияние на качество жизни пациента. Традиционно ротационная группа инструментов используется с целью альтерации кости при удалении ретинированных третьих моляров, что вызывает значительный перегрев кости и окружающих мягких тканей. Это ведёт к послеоперационному дискомфорту и долгой регенерации тканей в послеоперационной области.

В настоящее время, в связи с тенденциями к малоинвазивной и малотравматичной хирургии, метод пьезохирургии стал активно использоваться при удалении ретинированных моляров нижней челюсти. Пьезохирургический инструмент избирательно воздействует на твердые ткани, тем самым снижая вероятность ятрогенного повреждения окружающих тканей, включая мягкие ткани и сосудисто-нервные структуры [146]. По статистическим данным современной научной литературы, такие послеоперационные явления как боль, коллатеральный отек мягких тканей и степень открывания рта в значительной степени меньше выражены при альтерации ткани при помощи пьезохирургического метода, в отличие от ротационной группы инструментов. Ультразвуковая пьезохирургия более безопасная и предпочтительная альтернатива традиционной ротационной группе инструментов, способствующая более быстрой регенерации и послеоперационному восстановлению [145]. Более того, через 24 и 72 часа в послеоперационном периоде при удалении ретинированных моляров при помощи пьезохирургического метода, выявили значительное снижение уровня С-реактивного белка в отличие от удаления при помощи ротационной группы инструментов [80].

Есть данные о влиянии продолжительности операции на послеоперационный результат. По данным научных публикаций, при альтерации кости пьезохирургическим методом, требуется больше времени по сравнению с ротационной группой инструментов. При этом, несмотря на продолжительность

операции, пациенты склоняются больше к пьезохирургии за счет меньшего уровня шума и вибраций [146, 147].

При операции удаления ретинированного третьего моляра нижней челюсти есть риск повреждения канала нижней челюсти, что может привести к необратимым последствиям. При альтерации тканей пьезохирургическим методом не было выявлено случая послеоперационной парестезии или анестезии в области канала нижней челюсти, что обусловлено избирательным действием инструмента только на твердые ткани [133, 146].

Тем самым, избирательное действие пьезохирургического аппарата, атравматичное воздействие и отсутствие перегревания кости являются уникальными преимуществами перед ротационной группой инструментов при удалении ретинированных третьих моляров.

Применение лазерных технологий

В современной стоматологии развиваются инновационные технологии, главной задачей которых является малотравматичность, малоинвазивность, безболезненность и благоприятное прохождение послеоперационного периода. Такими свойствами обладают современные лазерные технологии. Именно лазерное излучение позволило проводить безболезненные и малотравматичные операции, что приводит к уменьшению реабилитационного периода пациентов [3].

В 1964 году в СССР состоялась первая операция, проведенная профессором Линником Л.А. на сетчатке глаза при помощи фотокоагулятора. За рубежом первые успешные попытки использования лазерного излучения в медицине состоялись в США Леоном Голдманом, он использовал рубиновый лазер для удаления винных пятен и меланомы с кожи. Первым лазером, используемым в хирургии для рассечения тканей был CO₂ - лазер, разработанный в 1967 году группой В.П. Беляева под руководством академика Н.Д. Девяткова во Фрязинском «Истоке».

Лазер (англ. LASER, сокращение от Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – «стимулированное излучение за счёт увеличения светового потока») – это устройство, преобразующее энергию накачки в энергию когерентного, монохроматического, поляризованного и узконаправленного потока

излучения. Все лазерные устройства состоят из трех основных составляющих: активной среды, системы накачки и оптического резонатора. Вид активной среды во многом определяет основные характеристики лазера, такие как: длина волны лазерного излучения, мощность излучения и режима работы лазера.

Основными направлениями применения лазерных технологий в медицине являются: лазерная диагностика, лазерная терапия, фотодинамическая терапия и лазерная хирургия [1, 93].

В медицине используется лазерное воздействие различной интенсивности. Различают высокоэнергетическое и низкоэнергетическое излучение. Высокоэнергетическое излучение применяется в хирургии для рассечения и удаления тканей, в то время как низкоэнергетическое излучение оказывает лечебное и физиотерапевтическое действие [4, 129].

Выделяют газовые, жидкостные, твердотельные и полупроводниковые лазеры. Использование того или иного лазера в медицине зависит от длины волны лазерного излучения, от которой во многом зависит взаимодействие с биологической тканью. Есть данные, подтверждающие, что чем больше длина волны лазерного излучения, тем более поверхностно действует лазер на биологические ткани [25, 128].

При воздействии лазера на ткань, лазерное излучение поглощается определенным веществом, которое входит в состав биологической ткани. Эти вещества носят название «хромофоры». В качестве хромофора могут быть различные пигменты (меланин), протеины, гидроксиапатиты, гемоглобин, содержащийся в крови, коллаген и вода. От типа используемого лазера и области его применения зависит вид поглощаемого хромофора. Чем выше содержание в тканях вещества - поглотителя лазерного излучения (хромофора), тем большее количество энергии излучения поглощается и тем выше эффективность воздействия лазера на ткань [49, 129].

Различают разные режимы работы лазера: импульсный, непрерывный, импульсно-периодический, режим пачек импульсов и суперимпульсный режим. От длины волны, выбора мощности и режима работы лазера зависит действие лазера

на биологические ткани. Важно учитывать вид и плотность биологической ткани, длину волны лазера, выбор мощности и режима излучения. Все эти характеристики напрямую влияют на эффекты, оказываемые лазерным излучением на биологические ткани [20, 30, 36].

Лазерная хирургия основана на деструктивном воздействии на ткань. Деструкцию тканей вызывают тепловой, гидродинамический и фотохимический эффекты. При повышении температуры биологической ткани в ней происходят те или иные процессы. В зависимости от величины температуры различают: эффект карбонизации(обугливания) при 200-2000С, абляцию тканей, vaporization(испарение) при 110С, коагуляцию при 100С, денатурацию при 68С и биомодуляцию при 55С [27, 33].

Излучение хирургического лазера вызывает повреждение или гибель живой ткани, а при достаточно высокой плотности поглощенной энергии – абляцию ткани. Под термином «абляция» понимают удаление вещества с биологической поверхности. Механизм абляции зависит от длины волны лазерного излучения, мощности излучения, длительности воздействия и выбранного режима работы лазера [2, 30].

Лазерная терапия основана на фотохимическом и фотофизическом воздействии, при котором поглощенный тканями свет возбуждает в них атомы и молекулы, приводя в действие терапевтические механизмы организма. Тем самым оказывает противовоспалительный эффект, бактерицидный, бактериостатический, стимулирует тканевой иммунитет и процессы регенерации [43, 164].

Лазерное излучение обладает рядом как хирургических, так и терапевтических эффектов, благодаря чему оно нашло широкое применение в пародонтологии, имплантологии, челюстно-лицевой хирургии, при лечении заболеваний слизистой оболочки полости рта, воспалительных заболеваний, эндодонтии, кариесологии и отбеливании зубов [10, 19, 141].

Механизм действия хирургических высокоэнергетических лазеров основан на трансформации световой энергии лазерного излучения в термическую энергию в области биологической ткани, в результате чего возникают достаточно высокие

температуры. Это приводит к мгновенному испарению межтканевой и внутриклеточной жидкости, в результате чего возникают продукты испарения и горения. При разрезе биологических тканей при помощи лазерного луча по краям разреза образуется плотный стерильный термический струп, в основе которого лежит коагуляционный (сухой) термический некроз тканей [49].

При проведении разреза лазерным лучом возникает полный гемостаз в результате коагуляции крови в просвете сосудов диаметром не больше 0,5 мм. Это обеспечивает удобство работы во время операции, наличие «сухой раны», адекватной визуализации операционного поля, в отличие от альтерации тканей при помощи хирургического скальпеля. В хирургической стоматологии используются разные лазерные системы с разными длинами волн в зависимости от преследуемых целей. В зависимости от выбранной длины волны, мощности и режима работы лазера, лазерное излучение может оказывать разную интенсивность гемостатического эффекта в операционной области. При удалении ретинированных третьих моляров нет необходимости в полной коагуляции сосудов и в «сухой ране».

Особенностью лазерной абляции тканей является проведение идеально ровного разреза тканей с образованием по краям плотного термического струпа желто-коричневого цвета с черными вкраплениями из-за возникновения эффекта обугливания минеральных компонентов биологической ткани [6, 18].

В.И. Елисеенко (2011) было доказано, что заживление ран после лазерного излучения происходит по типу асептического продуктивного воспаления. Происходит редукция фазы экссудативного воспаления из-за термического лазерного воздействия, активной пролиферацией макрофагов и отсутствием нейтрофильной инфильтрации формирующейся ткани. Макрофаги стимулируют образование IgM и IgG, индуцируют синтез фибробластов и коллагена, в результате чего стимулируется репаративная реакция в тканях. В результате отсутствия нейтрофильной инфильтрации, при регенерации не происходит образования рубцовых деформаций на поверхности ткани.

При альтерации мягких тканей при помощи традиционного хирургического скальпеля, заживление тканей проходит с развитием экссудативной стадии воспаления, грануляцией ткани на 3-5 сутки, образованием фиброзной ткани на 7-10 сутки и эпителизацией раны на 14-21 сутки. При абляции тканей при помощи лазерного луча сроки регенерации раны сокращаются в 1.5-2 раза за счет отсутствия фазы экссудации и заживления раны по типу асептического продуктивного воспаления [18].

Очень высокие температуры при выполнении разреза лазерным излучением на тканях обеспечивают стерильность послеоперационной раны. При воздействии лазерного излучения на биологические ткани, микроорганизмы подвергаются инактивации, денатурации и испарению с поверхности раны, что обеспечивает обеззараживание операционного поля и снижение риска инфицирования. Тем самым, можно сделать вывод, что лазерное излучение обладает бактерицидным и бактериостатическими эффектами, что дает преимущество перед традиционными методами альтерации тканей [18, 44].

Низкоэнергетическое излучение красного и инфракрасного спектра оказывает физиотерапевтическое и лечебное действие на организм человека. Лазерная терапия оказывает широкий спектр фотофизических и фотохимических изменений, результатом которых является стимуляция изменений рецепторной чувствительности, укорочение фазы воспаления, увеличение потребления тканями кислорода, активация транспорта кислорода, улучшение микроциркуляции крови, активизация переноса веществ через сосудистые стенки и повышение эластичности мембран эритроцитов. Благодаря низкоэнергетическому излучению возникает ряд терапевтических эффектов на биологические ткани: противовоспалительный, регенеративный, иммуностимулирующий, бактериостатический и анальгезирующий. В совокупности эффекты низкоэнергетического лазерного излучения приводят к улучшению результатов лечения и сокращению послеоперационного периода [6, 31, 51, 172].

Ряд авторов описывают широкое использование таких лазеров, как CO₂, Nd:YAG, диодный, Er:YAG и Er,Cr:YSGG при операциях на мягких тканях в

хирургической стоматологии. К таким операциям относятся гингивопластика, френулопластика [38], гингивэктомия [43], депигментация десны [111], удлинение коронковой части зуба, удаление доброкачественных образований [31].

В отличие от хирургического скальпеля, высокоинтенсивное лазерное излучение вызывает взрывное испарение тканевой воды, извержение паров воды, клеточных и тканевых структур, что ведет к эффекту абляции тканей [35].

Доказано, что глубина воздействия лазерного излучения зависит от длины волны лазерного аппарата. Есть данные, что чем больше длина волны лазера, тем более поверхностно он действует на биологические ткани. Так, глубина проникновения у CO₂, Er:YAG, и Er,Cr:YSGG лазеров составляет 0,05 мм в биологические ткани, что вызывает поверхностную вапоризацию тканей [50].

Такие лазеры, как Nd:YAG, диодный, Er:YAG и CO₂ лазеры нашли широкое применение в пародонтологии. В отличие от режущих инструментов, проведение таких операций, как гингивопластика, френулопластика, забор мягкотканного трансплантата и открытый кюретаж при помощи лазерных технологий, сопровождается противовоспалительным, бактериостатическим эффектом, лучшей регенерацией мягких тканей, отсутствием рубцевания и удобством визуализации операционного поля за счет гемостатического эффекта [24, 43, 50, 129].

Более того, лазерное излучение используется при лечении заболеваний слизистой оболочки полости рта и лихеноидных поражений челюстно-лицевой области. Так, при помощи комбинации высокоинтенсивного лазерного излучения Er:YAG и CO₂ лазеров производят иссечение пораженных участков тканей. При этом, при использовании Er:YAG лазера отмечалось ускорение процессов заживления слизистой оболочки в два раза, по сравнению с использованием CO₂ лазера [17, 30].

Известно, что гидроксипатит кальция способен поглощать лазерный луч. За счет этого Er:YAG лазер способен проводить альтерацию твердых тканей, таких как твердые ткани зуба и кость. Тем самым Er:YAG лазер нашел свое применение при лечении поражений в периапикальных тканях челюстей, при проведении зубосохраняющих операций, при заборе костного трансплантата и при удалении

ретинированных зубов. В отличие от других лазерных технологий, Er:YAG лазер может использоваться как при альтерации мягких тканей, так и при абляции кости [38, 39, 44, 77].

В работе Морозовой Е.А. 2017г доказано, что применение Er:YAG лазера при хирургическом лечении корневых кист челюстей способствует меньшей травматизации тканей, сокращению сроков заживления мягких тканей и кости, снижению болевой реакции, уменьшению коллатерального отека в послеоперационный период. По данным лучевых методов исследования в послеоперационной области определялось формирование плотного остеорегенерата в более ранние сроки, чем при лечении ротационной группой инструментов [45].

Лазерное излучение вызывает меньшую травматизацию тканей, обладает рядом терапевтических и хирургических эффектов, которые отсутствуют как у хирургического скальпеля, так и у ротационной группы инструментов. Тем самым, применение лазерных технологий является методом выбора в хирургической стоматологии как при альтерации мягких тканей, так и при альтерации кости.

1.4. Перспективы применения эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм при хирургическом лечении пациентов с затрудненным прорезыванием нижних третьих моляров

Одним из достижений современной хирургической стоматологии стало проведение хирургических операций при помощи высокоинтенсивных лазерных технологий, что позволило повысить качество проводимых операций, уменьшить травматичность и выйти на новый уровень лазерной хирургии [33, 177].

Высокоинтенсивные лазерные технологии, основанные на эрбии (Er:YAG и Er, Cr:YSGG), стали широко распространены в хирургической стоматологии за счет своей способности работать как на мягких, так и на твердых тканях, таких как эмаль, дентин зуба и кость [164].

Эрбиевый лазер с длинами волн 2780 нм и 2940 нм относится к твердотельным лазерам. Его активной лазерной средой является алюмо-иттриевый гранат ($\text{Er: Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$), лимитированный ионами эрбия. Свет, излучаемый Er: YAG лазерами находится в инфракрасной области спектра [44].

Известно, что действие лазерных технологий зависит от длины волны и глубины проникновения лазерного луча в биологические ткани. Семейство эрбиевых лазеров не оказывает термического повреждения биологических тканей за счет их поверхностного действия как на мягкие, так и на твердые ткани [141].

Хромофором, веществом, способным поглощать энергию лазерного луча и трансформировать его в тепловую, является вода. При лазерном воздействии на ткани именно молекулы воды вскипают, испаряются, тем самым увеличивая внутритканевое давление. Возникают микровзрывы на поверхности ткани, в результате чего образуется механическое разрушение (эффект абляции) с минимальными термическими изменениями [141].

В отличие от традиционных методов альтерации тканей, энергия световой волны лазера концентрируется в пространстве в виде очень узкого луча. Он обладает высокой направленностью и монохроматичностью, передает энергию непрерывно или в виде коротких импульсов, что дает возможность выбора режима абляции тканей в зависимости от целей операции. Световой луч лазера служит чрезвычайно острым и стерильным режущим инструментом, при помощи которого можно проводить операции как в контактном, так и бесконтактном режиме [45, 49].

В отличие от других лазерных технологий, помимо молекул воды, эрбиевый лазер с длиной волны 2940 нм способен поглощать гидроксиапатит кальция, что обуславливает его действие на твердые ткани и расширяет возможности применения при операциях на кости и твердых тканях зуба [34, 39].

Известно, что при операциях на кости при помощи ротационной группы инструментов, возникают такие эффекты, как давление на ткани, трение и сильные вибрационные колебания, что в совокупности вызывает дискомфорт у пациентов. Процесс лазерного воздействия на ткани происходит без давления и трения, не сопровождается вибрацией, что дает преимущество лазерным

технологиям перед традиционными методами альтерации твердых тканей. За счет этого эрбиевый лазер с длиной волны 2940 нм является лазером выбора в хирургической стоматологии [44, 45, 95, 134].

Параметры и режим работы лазера является важным этапом перед началом хирургического вмешательства. От этого зависит какое действие и с какой интенсивностью будет оказывать лазер на биологические ткани. Выбор режима лазерного излучения зависит от ткани, на которой планируется операция и от необходимых для врача эффектов лазерного излучения [44].

Так, у эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм абляция тканей происходит при определенной плотности энергии (порога абляции). Для эмали этот порог составляет примерно 3.3 Дж/см², для дентина 2.8 Дж/см², для кости 1.3 Дж/см², для кожи 0.8 Дж/см² [45].

Ряд авторов предоставляет данные об ускорении регенерации кости при ее альтерации эрбиевым лазером с длиной волны 2940 нм [33].

В экспериментальном исследовании, проведенном на животных при помощи излучения эрбиевого лазера, создавался костный дефект. Процесс регенерации в зоне травмы кости согласуется с общими процессами остеогенеза, но в отличие от травмы, вызванной вращающимся инструментом, отмечается более быстрое очищение зоны травмы и более быстрая активация остеобластических элементов [29, 45].

Излучение эрбиевого лазера в режиме абляции не вызывает термических повреждений кортикального слоя кости, способствует более быстрому образованию интермедиарной костной мозоли в зоне дефекта ткани. При этом, при создании дефекта при помощи физиодиспенсера, регенерация происходит через создание всех трех видов костных мозолей - эндостальной, периостальной и интермедиарной, что увеличивает сроки регенерации кости [29, 30, 45].

Похожие результаты получены и при клинических исследованиях, согласно которым после лазерного воздействия регенерация и формирование зрелой кости в области послеоперационного костного дефекта в челюстных костях проходит в более сжатые сроки, чем после воздействия вращающимся инструментом [29, 45].

По данным денситометрии, плотность кости через 3 месяца после операции цистэктомии, проведенной эрбиевым лазером, больше, чем при операции, проведенной стандартными хирургическими инструментами [29, 50].

При воздействии роторной группы инструментов на кость, процесс регенерации протекает по всей площади костного дефекта, равномерно, но медленнее, чем при воздействии лазерным излучением эрбиевого лазера. При этом, процесс репарации кости при лазерном воздействии начинается с периферии костного дефекта и постепенно сужается к центру, что приводит к сокращению сроков остеогенеза [29, 50].

Зарубежные коллеги так же выявили, что излучение эрбиевым лазером с длиной волны 2940 нм может ускорять процесс регенерации тканей периодонта за счет усиления пролиферативной активности клеточных структур. Лазерное излучение эрбиевого лазера стимулирует пролиферацию и миграцию фибробластов посредством индуцирования белка галектина-7 (LGALS7). Галектин-7 – белок, участвующий в модулировании межклеточных взаимодействий. Эти результаты помогают понять механизм действия лазерного излучения на молекулярном уровне, лежащем в основе действия Er:YAG лазера на ткани периодонта [102].

По данным исследования [44], заживление дефекта слизистой оболочки при абляции ткани эрбиевым лазером происходило быстрее, чем при альтерации хирургическим скальпелем. В раневых поверхностях, образованных скальпелем, быстрее развивалась воспалительная реакция с образованием нейтрофильного лейкоцитарного вала. По краям раневой поверхности образовывалась гематома и выраженный коллатеральный отёк. В ране, образованной лазерным лучом эрбиевого лазера лейкоцитарная инфильтрация и коллатеральный отек были выражены слабее.

Регенерация и замещение раневого дефекта тканей начинается с формирования фибробластического барьера. Синтез и пролиферация фибробластов происходит под действием факторов роста фибробластов, тромбоцитов, интерлейкина-1b, b-трансформирующего некроза опухоли [29].

В ходе исследования выявили, что в области раны слизистой оболочки, проведенной эрбиевым лазером, на 2-ые и 3-и сутки наблюдался активный всплеск синтеза основного фактора роста фибробластов (оФРФ- β). На 5-ые сутки количество оФРФ- β уменьшалось и было сопоставимо с данными контроля, что свидетельствует о завершении эпителизации раневой поверхности. При нанесении раны хирургическим скальпелем длительность образования грануляций составляла от 2 до 5 суток, к 7-ым суткам количество оФРФ- β уменьшалось и приближалось к значениям контрольной группы, что свидетельствует о завершении эпителизации [29].

При воздействии эрбиевым лазером, раневая поверхность под швами заживает первичным натяжением за $5 \pm 0,5$ суток. При проведении операции хирургическим скальпелем, эпителизация раневой поверхности наступает через $7,5 \pm 0,5$ суток [29].

Без наложения швов, под вторичным натяжением, эпителизация раневой поверхности после альтерации эрбиевым лазером наступает через $6 \pm 0,14$ суток. При альтерации хирургическим скальпелем, заживление вторичным натяжением происходит через $14 \pm 0,25$ суток [29].

Таким образом, заживление раны, нанесенной на слизистую оболочку полости рта лазером, происходит быстрее, чем заживление раны, нанесенной при помощи хирургического скальпеля [28].

По данным зарубежных коллег, лечебное и физиотерапевтическое действие эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм способно приостановить резорбцию кости путем воздействия лазерного излучения на лунку после операции удаления зуба, стимулируя процессы пролиферации клеток, усиливая дифференцировку стволовых клеток и ускоряя процессы регенерации тканей [121].

В настоящее время все больше появляется научных работ по теме применения Er:YAG лазера при операции удаления ретинированных третьих моляров, которые оказывают положительное воздействие лазерного излучения в том числе и в послеоперационный период [28, 90, 97, 142].

Достоверно известно о ряде преимуществ применения эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм перед ротационными и режущими инструментами, который включает: хорошую визуализацию операционного поля за счет гемостатического эффекта, стерилизацию рабочего поля, бактерицидный эффект, уменьшение травматичности биологических тканей и коллатерального отека [28, 122, 148].

Известно, что эрбиевый лазер с длиной волны 2940 нм не оказывает интенсивный гемостатический эффект, как другие лазерные технологии, что позволяет его использовать при операции удаления ретинированных зубов. Тем самым, применение Er:YAG лазера позволяет организовать хороший кровяной сгусток в лунке зуба после удаления и обеспечить визуализацию операционного поля [74, 122].

В ряде исследований представлены сравнительные данные о применении эрбиевого лазера длиной волны 2940 нм и традиционных методов альтерации тканей, таких как скальпель и ротационная группа инструментов при операции удаления ретинированного третьего моляров. В послеоперационном периоде наблюдалось значительное снижение болевой реакции, коллатерального отека и мышечной контрактуры при удалении зубов при помощи Er:YAG лазера с длиной волны 2940 нм. в отличие от удаления при помощи ротационной группы инструментов и скальпеля [97, 134, 178].

Применение эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм вызывает меньшую травматизацию как мягких тканей, так и кости, что уменьшает риск возникновения послеоперационных осложнений.

По данным исследований, удовлетворенность пациентов при удалении третьих моляров при помощи эрбиевого лазера была значительно выше, чем при удалении при помощи скальпеля и ротационной группы инструментов. Это обусловлено тем, что лазерные технологии не оказывают выраженных вибрационных колебаний при работе на кости, тем самым обеспечивая комфортный интраоперационный период.

В сравнении с традиционными методами удаления, применение лазерных технологий при операции удаления ретинированных третьих моляров

обеспечивает более комфортный как интраоперационный период, так и послеоперационный период [122].

Продолжительность лазерных технологий при удалении ретинированных третьих моляров может быть увеличена по сравнению с традиционными методами удаления, но это может быть оправдано снижением риска возникновения послеоперационных осложнений [97, 142].

Таким образом, представляет интерес оценить эффективность применения эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм при операции удаления ретинированных третьих моляров.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Клинические методы исследования

Стоматологическое лечение пациентов проводили на кафедре хирургической стоматологии Института стоматологии им. Е.В. Боровского ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет) Министерства здравоохранения Российской Федерации. Всего было обследовано 60 пациентов с диагнозами «ретинированные зубы» (K01.0) и «импактные зубы» (K01.1), которым было показано удаление третьих моляров нижней челюсти.

Согласно критериям включения и невключения в исследование было включено 60 пациентов в возрасте от 21 до 70 лет.

Критериями включения пациентов в исследование являются:

- 1) возраст пациентов от 21 до 70 лет;
- 2) показания к удалению ретинированных нижних третьих моляров;
- 3) наличие второго моляра нижней челюсти в зубного дуге;
- 4) ретинированные третьи моляры класса В и С по классификации Пелла и Грегори (класс В - окклюзионная плоскость третьего моляра расположена между окклюзионной плоскостью и эмалево-дентинным соединением второго моляра; класс С - окклюзионная плоскость третьего моляра полностью расположена ниже уровня эмалево-дентинного соединения второго моляра);
- 5) отсутствие сопутствующих патологий или сопутствующие патологии в стадии компенсации;
- 6) проведённая терапевтическая и хирургическая санация полости рта;
- 7) удовлетворительная гигиена полости рта.

Критериями невключения пациентов в исследование являются:

- 1) не соответствие по возрастной группе;
- 2) наличие сопутствующих патологий в стадии обострения и декомпенсации;

- 3) беременность, период лактации;
- 4) психические заболевания и заболевания ЦНС;
- 5) злокачественные новообразования;
- 6) злоупотребление алкоголем и наркотическими веществами в анамнезе;
- 7) неудовлетворительная гигиена полости рта;
- 8) отсутствие соседнего зуба в зубной дуге;
- 9) воспалительные заболевания пародонта.

Критериями исключения являются:

- 1) обострение сопутствующей патологии во время исследования;
- 2) нарушение рекомендаций врача, отклонение от протокола исследования;
- 3) нежелание пациента продолжать участие в исследовании.

2.1.1. Распределение пациентов по группам исследования. Дизайн исследования. Методы стоматологического обследования

Для достижения поставленной нами цели было проведено обследование 60 пациентов с ретинированными и импактными третьими молярами нижней челюсти (K01.0; K01.1) с последующим их хирургическим лечением, наблюдением и ведением в послеоперационном периоде.

Из общего количества 60 обследованных пациентов 55% (33 пациента) составили женщины, 45% (27 пациентов) – мужчины. Распределение пациентов по группами по гендерному признаку представлено в Таблице 1 [21].

Таблица 1 – Распределение пациентов по группам по гендерному признаку, абс.(%)

Группа	Женщины абс.(%)	Мужчины абс.(%)	Итого
группа исследования	13 (21.7%)	17 (28.3%)	30 (50%)
группа сравнения	20 (33.3%)	10 (16.7%)	30 (50%)

Все пациенты были распределены на 4 возрастные группы. Было выявлено, что 25 (41.7%) пациентов были в возрастной группе 45-59 лет, а 21 (35%) пациентов были в возрасте от 25 до 44. Наибольшее количество пациентов, которым проводилось хирургическое вмешательство, было в возрасте от 25 до 59 лет (Таблица 2) [8].

Таблица 2 – Распределение пациентов по группам по возрастному признаку, абс.(%)

Группа	18-24 лет абс.(%)	25-44 лет абс.(%)	45-59 лет абс.(%)	60-75 лет абс.(%)
группа исследования	3 (5%)	10 (16.7%)	14 (23.3%)	3 (5%)
группа сравнения	4 (6.7%)	11 (18.3%)	11 (18.3%)	4 (6.7%)
Итого	7 (11.7%)	21 (35%)	25 (41.7%)	7 (11.7%)

Количество пациентов в группах исследования по возрастному и гендерному признаку было сопоставимо [28].

Количество пациентов в выборке рассчитывали согласно Sample Size Calculator по формуле (Рисунок 1):

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{n_2}{n_1} = 1 \\
 n_1 &= \frac{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2/K)(z_{1-\alpha/2} + z_{1-\beta})^2}{\Delta^2} \\
 n_1 &= \frac{(2.41^2 + 2.41^2/1)(1.96 + 0.84)^2}{1.908^2} \\
 n_1 &= 25 \\
 n_2 &= K * n_1 = 25
 \end{aligned}$$

Рисунок 1 – Расчет количества пациентов в одной группе пациентов

В каждую группу с учётом 10% drop out было включено 30 пациентов. В обеих группах всего было 60 пациентов.

Все обследованные пациенты были разделены на две группы методом случайного распределения.

В группу сравнения вошло 30 пациентов, которым проводили операцию удаления ретинированного третьего моляра нижней челюсти по традиционному методу с применением режущих и вращающих инструментов.

Во группу исследования вошло 30 пациентов, которым проводили операцию удаления ретинированного третьего моляра нижней челюсти при помощи Er: YAG лазера с длиной волны 2940 нм.

2.1.2. Методы стоматологического обследования

Стандартное обследование стоматологического пациента на амбулаторном приёме включало комплекс диагностических мероприятий, проводимых с целью определения общего состояния пациента, постановке диагноза и составления плана лечения.

В обследование входило выявление жалоб пациента, сбор анамнеза жизни, анамнеза настоящего заболевания, проводили физикальный осмотр, инструментальные и дополнительные методы диагностики. При внешнем осмотре отмечали общее состояние пациента, поведение, речь, симметричность лица, осматривали кожные покровы и красную кайму губ, проводили пальпаторное исследование точек выхода ветвей тройничного нерва, регионарных лимфатических узлов, больших слюнных желез и височно-нижнечелюстных суставов [41].

Внутриротовой осмотр проводили при помощи стоматологического зеркала и зонда. При осмотре преддверия полости рта обращали внимание на цвет и увлажненность слизистой оболочки, на смыкание зубных рядов, на глубину преддверия полости рта и выраженность уздечек верхней и нижней губ [41]. При осмотре собственно полости рта оценивали степень открывания рта, состояние жевательных мышц, пародонта, измеряли глубину пародонтальных карманов при

помощи пародонтального зонда, оценивали состояние твёрдого и мягкого нёба, языка и уздечки языка. Определяли степень подвижности зубов, выявляли кариозные и не кариозные поражения твёрдых тканей зубов, оценивали состояние прямых и непрямых реставраций в полости рта. При необходимости пациента направляли на терапевтическую санацию полости рта к стоматологу-терапевту и на ортопедическую реабилитацию к стоматологу-ортопеду. Всем пациентам перед хирургическим вмешательством проводили профессиональную гигиену полости рта [41].

Все пациенты перед хирургическим лечением подписали информированное добровольное согласие на проведение оперативного вмешательства и были подробно проинформированы о сроках и этапах стоматологического лечения. На проведение всех исследований было получено разрешение этического комитета (выписка из протокола заседания этического комитета № 20-21 от 18.11.2021г).

2.1.3. Клиническая оценка послеоперационного периода после удаления третьих моляров

Послеоперационный клинический осмотр пациентов проводили на 1, 3, 5, 7 и 10 сутки после хирургического вмешательства. Оценивали общее состояние пациента, наличие лихорадки, жалобы в послеоперационной области, состояние мягких тканей в области удаленного зуба, швы, наличие осложнений и состояние гигиены полости рта.

Оценку послеоперационной боли проводили на 1, 3, 5, 7 и 10 сутки по визуально-аналоговой шкале боли (11-point visual analogue scale (VAS)). Это субъективный метод оценивания боли, который представляет собой 10-балльную шкалу: 0 баллов - нет боли, от 1 балла до 3 баллов – слабая боль, от 4 баллов до 6 баллов – средняя боль, от 7 баллов до 9 баллов – сильная боль, 10 баллов – очень сильная боль (Рисунок 2). При внесении данных в таблицу учитывалось количество принимаемых обезболивающих препаратов.

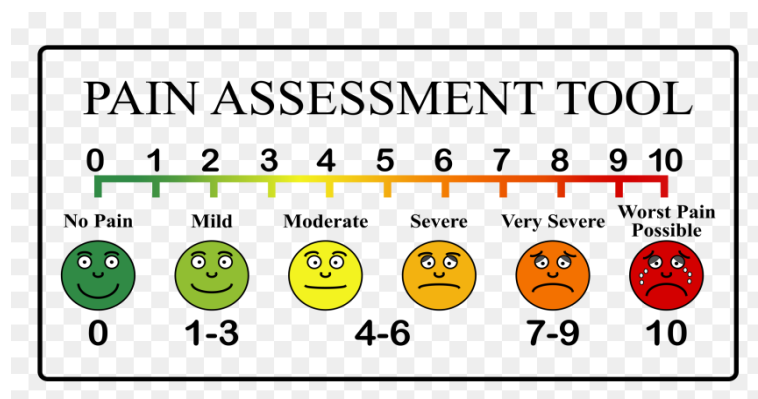


Рисунок 2 – Шкала оценки боли в послеоперационном периоде

Оценку коллатерального отёка мягких тканей проводили на 1, 3, 5, 7 и 10-е сутки после хирургического вмешательства по 5-балльной шкале, где: 0 баллов – нет отёка мягких тканей, 1 балл – пациент ощущает слабый незначительный отёк тканей, 2 балла – заметный небольшой отёк, не осложняющий жевательные и глотательные движения, 3 балла – заметный отек мягких тканей, оказывающий влияние на жевание и глотание, 4 балла – сильный отек мягкий тканей, не вызывающий мышечную контрактуру, 5 баллов – очень сильный отёк мягких тканей, вызывающий мышечную контрактуру (Рисунок 3). При каждом послеоперационном осмотре данные по коллатеральному отёку в виде баллов вносили в таблицу.

0 баллов (нет отёка) – нет отёка мягких тканей;
1 балл (слабый отёк) – пациент ощущает слабый незначительный отёк тканей;
2 балла (умеренный отёк) – заметный небольшой отёк, не осложняющий жевательные и глотательные движения;
3 балла (выраженный отёк) – заметный отек мягких тканей, оказывающий влияние на жевание и глотание;
4 балла (сильный отёк) – сильный отек мягкий тканей, не вызывающий мышечную контрактуру;
5 баллов (очень сильный отёк) – очень сильный отёк мягких тканей, вызывающий мышечную контрактуру.

Рисунок 3 – Шкала оценки коллатерального отёка в послеоперационном периоде

Мышечную контрактуру (степень открывания полости рта) оценивали перед хирургическим вмешательством и на 1, 3, 5, 7 сутки в послеоперационном периоде. Измерения проводили при помощи штангенциркуля при максимально возможно открытом рте в миллиметрах (мм). Расстояние измеряли при помощи штангенциркуля от режущего края центрального резца верхней челюсти до режущего края центрального резца нижней челюсти. Данные по измерениям вносили в таблицу в миллиметрах (мм).

Всем пациентам в динамике проводили **оценку гигиенического состояния полости рта** при помощи упрощенного гигиенического индекса ОНI-s (Greene, Vermillion 1969).

Выявляли наличие общих и местных послеоперационных осложнений: альвеолит, неврит, луночковый остеомиелит, расхождение швов в послеоперационном периоде, лихорадка и ухудшение общего состояния.

2.1.4. Оценка эпителизации мягких тканей в послеоперационной области

Оценку эпителизации мягких тканей в послеоперационной области проводили при помощи бинарного критерия 1/0 на сутки, когда произошла полная эпителизация раны в послеоперационной области. Эпителизацию мягких тканей оценивали при помощи фотопротокола на 5, 7 и 10 сутки после операции.

2.2. Лучевые методы исследования регенерации кости в послеоперационной области

Лучевое исследование включало в себя конусно-лучевую компьютерную томографию.

Для проведения лучевого исследования использовали компьютерный томограф KAVO, ORTOPANTOMOGRAPH OP 3D, тип PCX-1 для проведения компьютерной томографии, представленным на Рисунке 4.



Рисунок 4 – Вид компьютерного томографа KAVO, ORTOPANTOMOGRAPH OP 3D

Конусно-лучевую компьютерную томографию проводили до операции удаления зуба, после операции, через 12 и 24 недели после хирургического вмешательства для оценки регенерации кости, качества полученного остеорегенерата и для выполнения линейных измерений остеорегенерата [21].

Оценивание регенерации кости в области лунки удаленного зуба проводили при помощи измерения двух показателей на компьютерной томограмме: radiographic bone height (RBH) и radiographic infrabony defect (RID) после операции, через 12 и 24 недели после операции. Обязательным условием для измерения остеорегенерата было наличие второго моляра нижней челюсти на стороне удаленного зуба.

Линейные показатели:

- Radiographic bone height (RBH) – расстояние от рентгенологической верхушки дистального корня второго моляра до точки пересечения дистального корня второго моляра и медиальной стенки лунки удаленного зуба;
- Radiographic infrabony defect (RID) – расстояние от цементно-эмалевой границы второго моляра до точки пересечения дистального корня второго моляра и медиальной стенкой лунки удаленного зуба (Рисунок 5).

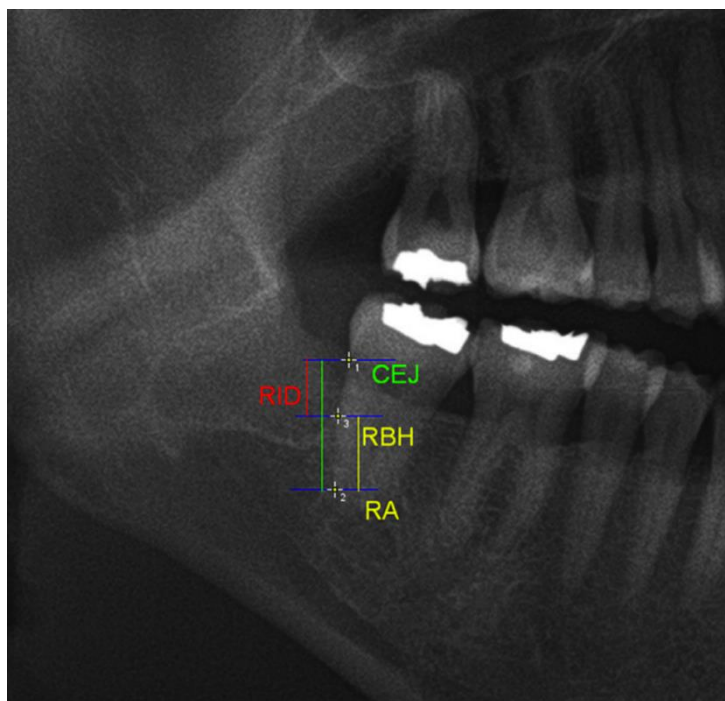


Рисунок 5 – Линейные показатели на рентгенограмме: CEJ – цементно-эмалевая граница второго моляра нижней челюсти; RA – рентгенологическая верхушка дистального корня второго моляра нижней челюсти; RID – расстояние от цементно-эмалевой границы второго моляра до точки пересечения дистального корня второго моляра и медиальной стенкой лунки удаленного зуба; RBH – расстояние от рентгенологической верхушки дистального корня второго моляра до точки пересечения дистального корня второго моляра и медиальной стенки лунки удаленного зуба

2.3. Лабораторные методы исследования

2.3.1. Иммунологические методы исследования смешанной слюны

Иммунологические методы исследования проводили на базе ФГБНУ научно-исследовательского института вакцин и сывороток имени И.И. Мечникова. Интерпретацию полученных данных проводили совместно с академиком РАН, д.м.н., Свитич Оксаной Анатольевной.

Методика сбора, получения и подготовки смешанной слюны пациентов до и после операции

Сбор смешанной слюны в полости рта проводили со слизистой оболочки щеки и с прикрепленной слизистой оболочки в области удаленного зуба.

Смешанную слюну собирали при помощи урогенитальных ёршиков до операции, сразу после операции, через 3 и 7 суток.

Ёршики, пропитанные слюной, помещали в пластиковые пробирки типа «эпиндорф», содержащие культурную среду.

Выделение мРНК Набором «РИБО-сорб»

Из клеток слизистых выделяли общую РНК методом сорбции с помощью коммерческого набора «РИБО-сорб» (Amplisense, Россия) в соответствии с протоколом проведения для данного набора. Для этого пробирку на 1,5 мкл в количестве 100 мкл, добавили 300 мкл лизирующего буфера. Далее пробирки ресуспензировали в центрифуге типа Vortex (Minispin, Германия) и добавляли 25 мкл сорбента. После чего пробы ресуспензировали и отстаивались в течении 1 и 5 минут. После чего была удалена надосадочная жидкостью с целью проведения серии отмывок «Растворами для отмывки 1,3,4». «Раствором отмывки 1» в количестве 400 мкл добавляли в пробирку с образцом, тщательно ресуспензировали дозатором в течении 30 секунд и удаляли надосадочную жидкость. «Раствором для отмывки 3» в количестве 500 мкл на пробу отмывали дважды в соответствии с протоколом для данного набора. Далее использовали «Раствор для отмывки 4» в количестве 400 мкл и ресуспензировали. После чего удалялась надосадочная жидкость и пробирки с открытыми крышками были погружены в термостат «Термит» (ДНК технология, РФ) при температуре 65 °С на 15 минут для высыхания. После чего, в каждую пробирку было добавлено по 50 мкл РНК- буфера с последующим ресуспензированием и далее инкубировали в течении трех минут в термостате «Термит» (ДНК-Технология РФ) при температуре 60 °С. Далее надосадочная жидкость удалялась в отдельные пробирки и хранилась при температуре минус 70 °С для последующего проведения реакции обратной транскрипции и ПЦР анализа [5].

Реакция обратной транскрипции

Реакцию обратной транскрипции проводили для синтеза на матрице мРНК кДНК для последующего проведения полимеразной цепной реакции в режиме

реального времени с помощью «Набора для обратной транскрипции -1» (Синтол, РФ) [5].

В пробирке на 1,5 мкл (Eppendorf, Германия) готовили смесь двух праймеров: 1 мкл OligoDT15, который комплиментарен поли(А)- концу зрелых мРНК, который используется для лучшего изучения 3'конца РНК и 1 мкл универсального праймера Random-6 (случайная последовательность шестичленных олигонуклеотидов) и 8 мкл очищенной деонизированной воды (MQ) на 1 пробу. Смесь раскапывали по пробиркам по 8 мкл на 1 пробу. Далее добавляли по 5 мкл РНК (концентрация в диапазоне 0,18-0,2 мгк /мкл) [5].

В отдельной пробирке приготовили реакционную смесь: MMLV-RT-1мкл 2,5X Реакционная смесь – 10 мкл [5].

Пробирки с пробами и праймерами инкубировали в термостате при температуре 75 °С («Термит» ДНК технология РФ) в течении 3 минут, а затем инкубировали в холодильнике до +4 °С в течении 3 минут, после чего добавляли по 13 мкл реакционной смеси. Далее пробирки инкубировались в термостате на 37 °С в течении часа и потом переносились в амплификатор при 95 °С на 5 минут [5].

Полученная к-ДНК хранилась при температуре -70 °С для дальнейшей постановки реакции ПЦР-РВ [5].

Полимеразная цепная реакция в режиме реального времени

В своей работе мы использовали модификацию метода ПЦР, называемую ПЦР реального времени с использованием интеркалирующего красителя SYBR green. Неспецифичные зонды SYBR Green встраиваются в двуцепочечную молекулу ДНК и в результате чего запускается флуоресценция [5, 22].

В полимеразной цепной реакции использовали Hot Start Taq ДНК полимеразу, выделенную из рекомбинантного штамма E.coli экспрессирующего ген ДНК-полимеразы из *Thermus aquaticus* YT1. Hot Start Taq ДНК полимеразы – это сложная смесь специфичных моноклональных антител и термостабильной Taq ДНК полимеразы с молекулярной массой в 94-95 kD. Hot Start Taq ДНК полимеразы не активна в условиях приготовления реакции амплификации, что позволяет исключать образование димеров праймеров и ошибочное праймирование на

протяжении стадии преамплификации, таким образом улучшая специфичность по сравнению со стандартными ДНК полимеразы. Преимуществом Hot Start является отсутствие дополнительно нагрева для активации полимеразы и тепловая активация фермента происходит в течении первой денатурации [22].

Последовательность праймеров для генов TNF- α , IL-17A подбирали с помощью программы Vector NTI, анализируя последовательность интересующих генов, полученную из GenBank (Таблица 3) [22].

Последовательности праймеров с расчетными и экспериментальными температурами отжига представлено в Таблице 3.

Таблица 3 – Последовательности праймеров с расчетными и экспериментальными температурами отжига

Название	Последовательность	Расчётная температура (°C)	Экспериментальная температура °C
TNF- α	F: TCTCGGTTTCTTCTCCATCA R: ATAGGTTTTGAGGGGCATGT	60 60	62
IL-17A	F: ACAACCGATCCACCTCACCTA R: CTTTGCCTCCCAGATCACAGT	63,5 63,5	63,5
HBD2	F: TGTATCTCCTCTTCTCGTTC R: TGCCAATTTGTTTATACCTTCA	60 60	60
HBD1	F: GCAGTGGAGGGCAATGTCTG R: TTCCCTCTGTAACAGGTGCCTA	60 60	60

Подборка оптимальных температур отжига праймеров IL-17A осуществлялась с использованием формул $T_m(^{\circ}\text{C}) = 2 \times (A+T) + 4 \times (G+C)$.

В отдельном пробирке на 1,5 мл готовили реакционную смесь [22]:

дНТФ, 2,5 мМ	2,5 мкл
10х буфер	1,5 мкл
MgCl ₂ 25мМ	1,5 мкл
прямой праймер (для TNF-а, IL-17A, HBD1, HBD2 β-актина), 10 пкмоль/мкл	1 мкл
обратный праймер (для TNF-а, IL-17A, HBD1, HBD2 β-актина), 10 пкмоль/мкл	1 мкл
деионизированная вода	5,5 мкл
Taq-ДНК-полимераза	0,2 мкл

Реакционную смесь готовили из реактивов «Набора для проведения ПЦР-РВ в присутствии интеркалирующего красителя SYBR Green I» (Синтол, Россия).

Реакционную смесь разносили в ПЦР пробирки (0,2 мл) по 12 мкл и добавляли по 3 мкл проб кДНК, полученных с помощью проведения реакции обратной транскрипции, а в пробирку отрицательного контроля добавляли 3 мкл деионизированной воды (Синтол, РФ). Далее пробирки помещали в прибор ДТPrime 5/ДТ-96 (ДНК-технология, РФ) [5, 22].

Программа прибора:

95 °С – 05:00	} *1 цикл
95 °С - 00:25	
60-63,5 °С - 00:20	} *40 циклов
70°С – 00:30	
95 °С – 00:15	} *1 цикл

В результате получали зависимость интенсивности флуоресценции от количества циклов амплификации. По этим данным рассчитывалась скорость нарастания флуоресценции и по калибровочной прямой определяли количество ДНК в образцах [22].

Для контроля использовались две пробы: отрицательный контроль ПЦР (К-): реакционная смесь + вода и отрицательный контроль обратной транскрипции (RTK-) [22].

Специфичность ПЦР продукта проводили с помощью построения кривой плавления.

Стандартизация результатов ПЦР-РВ проводилась по уровню экспрессии гена «домашнего хозяйства» β -актина [5]. Обхват экспрессии гена был посчитан методом относительного анализа экспрессии гена с использованием метода $\Delta\Delta C_t$.

2.4. Характеристика Er:YAG лазера DEKA 2949d plus

В аппарат Smart 2940D plus входит Er:YAG лазер (Рисунок 6) и диодный лазер – указатель. Er:YAG лазер генерирует излучение в инфракрасном спектре электромагнитных волн, диодный лазер-указатель излучает видимый спектр красного цвета. Характеристики Er:YAG лазера показаны в Таблицах 4, 5, 6 [31].



Рисунок 6 – Er:YAG лазер DEKA 2949D plus

Таблица 4 – Характеристика Er:YAG лазера [31]

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

Таблица 5 – Характеристика диодного лазера [31]

Характеристика	Значение
Длина волны	680 нм
Максимальная мощность на выходе	1мВт
Вывод излучения	Зеркальный манипулятор
Диаметр пятна	1 мм
Габариты пучка (на выходе лазера)	1.5×0.8

Таблица 6 – Общие характеристики Er:YAG лазера [31]

Характеристика	Значение
Степень электрической защиты	B
Тип электрической защиты	I
Класс лазерной системы	4
Ионизирующее излучение	Отсутствует
Защитные очки	OD $\geq$ 5 при $\lambda=2,94$ мкм, DL5
Частота повторения импульсов	10-30 Гц
Энергия импульса	“very shot”- 230 мкс “shot”- 450 мкс “long”- 700 мкс

Показания к использованию Er:YAG лазера. Система DEKA Smart 2940D plus – это прибор медицинского назначения, предназначенный для операций как на мягких, так и на твёрдых тканях с целью проведения разрезов, иссечений, вапоризации и коагуляции тканей. Непосредственная область применения – стоматология [31].

Противопоказания к использованию Er:YAG лазера. Не рекомендуется использовать эрбиевый лазер с металлическими конструкциями в полости рта и амальгамой [31].

2.5. Традиционный метод операции удаления ретинированного третьего моляра

Пациентам группы сравнения с диагнозами: ретинированные зубы (K01.0), импактные зубы (K01.1), хронический апикальный периодонтит (K04.5) и кариес цемента (K02.2) проводили удаление нижних третьих моляров при помощи режущих и вращающихся инструментов.

Под местной анестезией препаратом Ultracaini DS Forte 1:100 000 проводили разрез слизистой оболочки при помощи скальпеля 15С в области ретинированного зуба. При помощи распатора отслаивали слизисто-надкостничный треугольный лоскут в области ретинированного третьего моляра нижней челюсти. При помощи повышающего наконечника и шаровидного бора с водным охлаждением проводили остеотомию нависающего края кости над третьим моляром нижней челюсти (Рисунок 7).

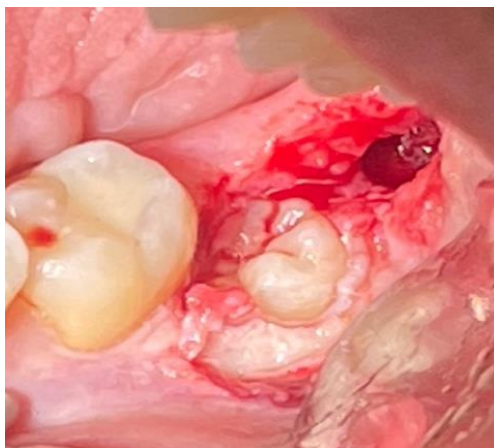


Рисунок 7 – Ретинированный нижний третий моляр после отслаивания слизисто-надкостничного лоскута и остеотомии нависающего края кости

Третий моляр сегментировали бором Линдемана. Элеваторами и люксаторами проводили удаление зуба из лунки. Была проведена ревизия лунки зуба, контроль целостности стенок лунки и гемостаз (Рисунок 8).

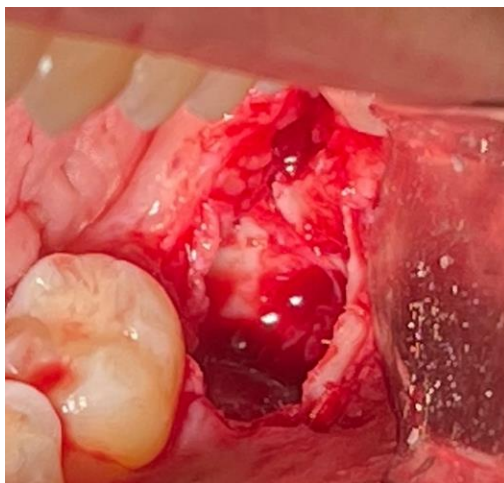


Рисунок 8 – Лунка зуба сразу после операции

Слизисто-надкостничный лоскут мобилизовывали, возвращали в исходное положение, рану ушивали простыми узловыми швами с использованием нерезорбируемого монофиламентного шовного материала Полипропилен 5/0 (Рисунок 9).

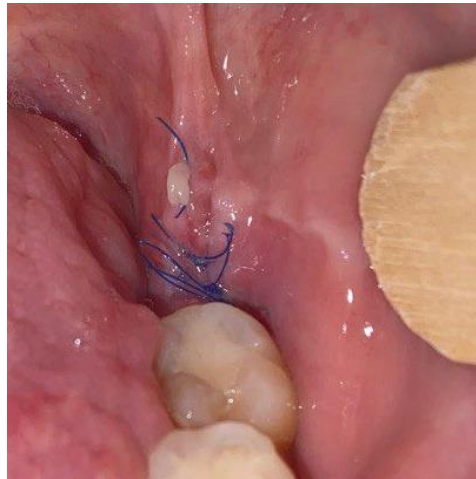


Рисунок 9 – Ушивание раны простыми узловыми швами

2.6. Метод удаления третьего моляра с применением лазерного излучения длиной волны 2940 нм

Пациентам группы исследования с диагнозами: ретинированные зубы (K01.0), импактные зубы (K01.1), хронический апикальный периодонтит (K04.5), кариес цемента (K02.2) были удалены ретинированные нижние третьи моляры с использованием эрбиевого лазера длиной волны 2940 нм. Под местной анестезией Ultracaini DS Forte 1:100 000 проводили разрез лучом эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм в режиме абляции при энергии 100 мДж, частоте импульсов 10 Гц, при легком контакте сапфирового световода с поверхностью слизистой оболочки, без нажима, под углом 45° . При помощи распатора отслаивали слизисто-надкостничный треугольный лоскут в области ретинированного нижнего третьего моляра. Лазерным лучом в режиме very short (короткие импульсы – 230 мкс) с энергией 250 мДж, частоте импульсов 10 Гц. и мощностью 5W с водным охлаждением проводили остеотомию нависающего края кости над третьим моляром (Рисунок 10).



Рисунок 10 – Ретинированный нижний третий моляр после отслаивания слизисто-надкостничного лоскута и остеотомии нависающего края кости

При необходимости сепарировали зуб на фрагменты, увеличивая энергию до 200 мДж, частоту импульсов – до 20 Гц. Элеваторами и люксаторами извлекали зуб из лунки. Проводили ревизию лунки удаленного зуба, контроль целостности стенок лунки (Рисунок 11).



Рисунок 11 – Лунка зуба сразу после операции удаления

Далее стенки лунки удаленного зуба подвергали облучению расфокусированным лазерным лучом (фибер на расстоянии 1,5 см от стенок) при энергии 100 мДж, частоте импульсов 10 Гц с целью бактерицидной обработки и стимуляции репаративного процесса в кости (Рисунок 12).



Рисунок 12 – Облучение лунки зуба расфокусированным лазерным лучом эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм

Слизисто-надкостничный лоскут возвращали в исходное положение, рану ушивали простыми узловыми швами при помощи нерезорбируемого монофиламентного шовного материала Полипропилен 5/0 (Рисунок 13).



Рисунок 13 – Ушивание раны простыми узловыми швами

2.7. Методы статистической обработки результатов исследования

Все полученные данные исследований сводили в статистические таблицы, после чего проводили расчеты, вычисления и оценку показателей статистических данных. Для оценки показателей статистических данных использовалась программа Jamovi.

Сбор первичных данных был произведен в программе Microsoft Excel. Полученные данные обрабатывали в программе Jamovi с вычислением средней арифметической величины (Mean), среднеквадратичного отклонения (SD), медианы (Median) и интерквартильного размаха (IQR(Q1-Q3)). Сравнение показателей проводили как между группами, так и внутри каждой группы. За достоверную разницу принимали значение $p < 0,05$.

Показатели послеоперационной боли, коллатерального отёка, степени открывания рта между группами рассчитывали по критерию Манна-Уитни, так как выборка имела не нормальное распределение данных. Показатели послеоперационной боли, коллатерального отёка, степени открывания рта внутри каждой группы рассчитывали по критерию Фридмана. Корреляционный анализ между послеоперационной болью и коллатеральным отёком, и между степенью открывания рта и коллатеральным отёком был проведен по критериям Пирсона и Спирмена. Оценка лучевых методов исследования по показателям RID и RBH и иммунологические показатели были проведены по критерию Манна-Уитни между группами и по критерию Фридмана внутри каждой группы.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Характеристика пациентов, включенных в исследование

В соответствии с критериями включения в данное исследование вошло 60 пациентов с диагнозом ретинированные зубы (K01.0), импактные зубы (K01.1), хронический апикальный периодонтит (K04.5), кариесом цемента (K02.2) третьих моляров нижней челюсти. Из них 27 мужчин (45%) и 33 женщины (55%), возраст которых варьировал от 18 до 75 лет (Рисунок 14) [8].

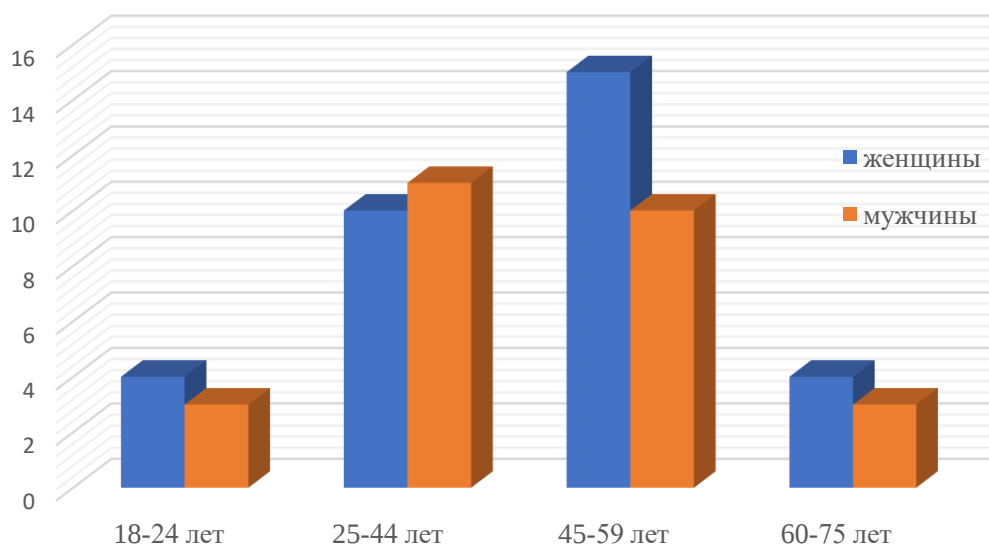


Рисунок 14 – Распределение пациентов по возрастному и гендерному признаку

По данным анамнеза выявили наличие сопутствующих соматических заболеваний у 36 (60%) пациентов в стадии компенсации. Наибольшее число пациентов имели заболевания сердечно-сосудистой системы (33% от общего числа обследованных) (Рисунок 15) [28].

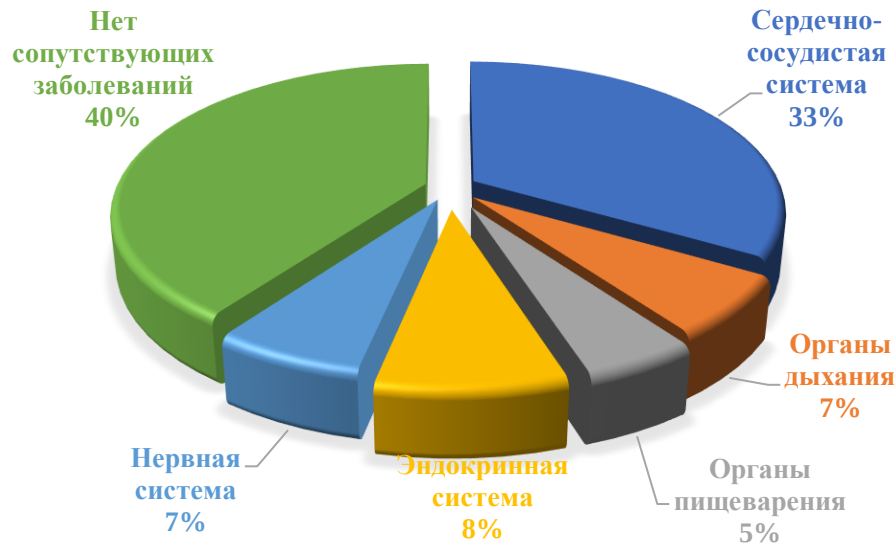


Рисунок 15 – Распределение пациентов по характеру соматических заболеваний

Перед проведением оперативного вмешательства по удалению третьего моляра нижней челюсти всем пациентам проводили оценку упрощенного гигиенического индекса зубного налета OHI-s (Greene, Vermillion 1969). У 34 (56,6%) пациентов выявили удовлетворительное состояние гигиены полости рта, у 15 (25%) пациентов был хороший уровень гигиены полости рта. У 11 (18,3%) пациентов был выявлен плохой уровень гигиены полости рта. Всем пациентам перед операцией удаления зуба была проведена профессиональная гигиена полости рта [8, 21].

Всем пациентам перед проведением оперативного вмешательства была проведена компьютерная томография для тщательного планирования хода операции.

3.2. Результаты клинических исследований

3.2.1. Частота и характер послеоперационных осложнений

В послеоперационном периоде в ходе наблюдения за пациентами после проведенного хирургического вмешательства был получен ряд осложнений,

которые в незначительной степени повлияли на результат проведенного лечения (Таблица 7).

Таблица 7 – Осложнения в послеоперационный период (абс., %) [8]

Осложнения	Группы исследования	
	1 группа	2 группа
Альвеолит		1 (1.6%)
Расхождение швов в послеоперационном периоде	2(3.3%)	
Формирование гематомы		1 (1.6%)
Парестезия в послеоперационный период	1 (1.6%)	
Формирование эмфиземы	1 (1.6%)	

3.2.2. Результаты оценки послеоперационной боли

Исследование субъективных болевых ощущений у пациентов проводили на 1, 3, 5, 7 и 10-ые сутки после операции и фиксировали по визуально-аналоговой шкале выраженности боли.

При анализе послеоперационной боли у пациентов обеих групп исследования выявлено, что показатели выраженности боли у пациентов группы сравнения статистически были выше на протяжении первой недели после операции ($p < 0.001$) (Таблица 8), (Рисунок 16).

Таблица 8 – Выраженность послеоперационной боли у пациентов группы исследования и группы сравнения (баллы)

ВЫРАЖЕННОСТЬ БОЛИ			
СУТКИ	Группа исследования (Er: YAG) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	Группа сравнения (скальпель) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	P value (Mann-Whitney)
1-ые	1.50±0.78	5.03±0.93	<0.001
	1.00	5.00	
	1.00(2.00-1.00)	2.00(6.00-4.00)	
3-и	0.93±0.87	5.10±0.96	<0.001
	1.00	5.00	
	1.00(1.00-0.00)	2.00(6.00-4.00)	
5-ые	0.23±0.57	3.33±1.09	<0.001
	0.00	3.00	
	0.00(0.00-0.00)	1.00(4.00-3.00)	
7-ые	0.10±0.31	2.03±0.89	<0.001
	0.00	2.00	
	0.00(0.00-0.00)	1.75(2.75-1.00)	
10-ые	0.00±0.00	0.37±0.49	<0.001
	0.00	0.00	
	0.00(0.00-0.00)	1.00(1.00-0.00)	
P value (Kruskal-Wallis)	<0.001	<0.001	

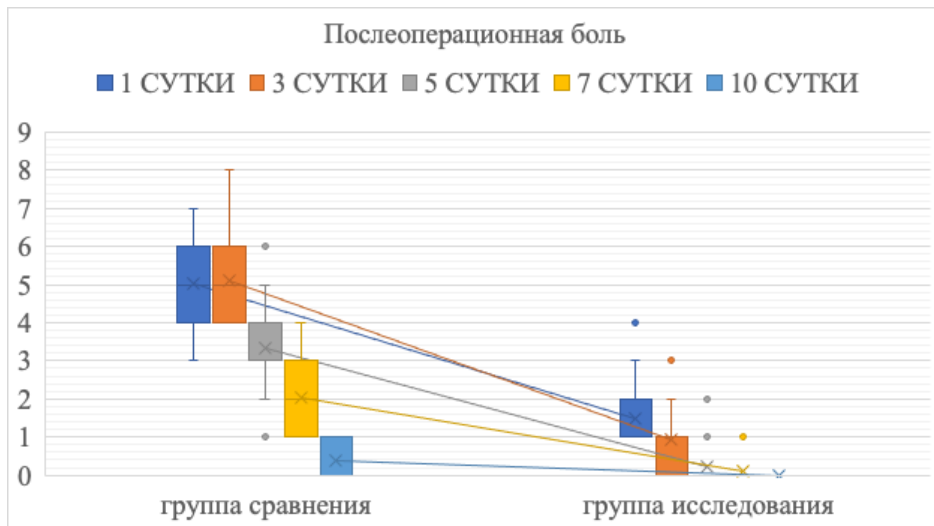


Рисунок 16 – Выраженность послеоперационной боли у пациентов группы исследования и группы сравнения (баллы)

На 1-е сутки сильно выраженную боль испытывали 10 (33,3%) пациентов группы сравнения, умеренно выраженную боль также чаще испытывали пациенты группы сравнения, соответственно, ($p < 0.00001$). На 1-ые сутки слабо выраженную боль больше испытывали пациенты группы исследования - 29 (96,7%), соответственно, $p < 0.00001$ (Таблица 9) [41].

На 3-и сутки отсутствие боли наблюдали у 10 (33,3%) пациентов группы исследования, слабо выраженную боль испытывали 20 (66,7%) пациентов группы исследования. Умеренно выраженную боль испытывали 20 (66,7%) пациентов группы сравнения, сильно выраженную боль испытывали 9 (30%) пациентов группы сравнения (Таблица 9).

На 5-ые сутки не ощущали боль в группе исследования 25 (83,3%) пациентов, слабо выраженная боль больше была выражена у пациентов группы сравнения - у 18 (60%) пациентов, чем в группе исследования – у 5 (16,7%) пациентов, соответственно ($p < 0.000557$). В группе сравнения умеренно выраженную боль испытывали 11 (36,7%) пациентов, сильно выраженную боль испытывал 1 (3,3%) пациент (Таблица 9).

На 7-ые сутки у 27 (90%) пациентов группы исследования отсутствовала боль. В группе сравнения слабо выраженную боль ощущали 28 (93,3%) пациентов группы сравнения, в группе исследования - 3 (10%) пациента, соответственно, $p < 0.00001$. Умеренно выраженная боль испытывали 2 (6,7%) пациента группы сравнения (Таблица 9) [41].

На 10-ые сутки отсутствовала боль у 30 (100%) пациентов группы исследования и у 19 (63,3%) пациентов группы сравнения. Слабо выраженную боль испытывали 11 (36,7%) пациентов группы сравнения (Таблица 9) [41].

Таблица 9 – Степень выраженности послеоперационной боли по баллам у пациентов группы исследования и группы сравнения

Группы	Сутки	ВЫРАЖЕННОСТЬ БОЛИ					
		отсутствие боли (0 баллов)	слабо выраженная (1-3 балла)	умеренно выраженная (4-5 баллов)	сильно выраженная (6-7 баллов)	очень сильная (8-9 баллов)	нестерпимая боль (10 баллов)
Группа исследования (Er:YAG) n (%)	1-е	-	29 (96,7%)	1 (3,3%)	-	-	-
	3-и	10 (33,3%)	20 (66,7%)	-	-	-	-
	5-е	25 (83,3%)	5 (16,7%)	-	-	-	-
	7-е	27 (90%)	3 (10%)	-	-	-	-
	10-е	30 (100%)	-	-	-	-	-
Группа сравнения (скальпель) n (%)	1-е	-	1 (3,3%)	19 (63,3%)	10 (33,3%)	-	-
	3-и	-	-	20 (66,7%)	9 (30%)	1 (3,3%)	-
	5-е	-	18 (60%)	11 (36,7%)	1 (3,3%)	-	-
	7-е	-	28 (93,3%)	2 (6,7%)	-	-	-
	10-е	19 (63,3%)	11 (36,7%)	-	-	-	-

3.2.3. Результаты оценки послеоперационного коллатерального отёка

Исследование коллатерального отёка у пациентов проводили на 1, 3, 5, 7 и 10-ые сутки после операции и фиксировали по визуально-аналоговой шкале выраженности коллатерального отёка.

При анализе послеоперационного коллатерального отёка у пациентов обеих групп можно сделать вывод, что показатели выраженности коллатерального отёка

у пациентов группы сравнения статистически выше на протяжении всего послеоперационного периода ($p < 0.001$) (Таблица 10), (Рисунок 17).

В течение послеоперационного периода внутри группы исследования и группы сравнения были статистически значимы различия между 1, 3, 5, 7 и 10-ыми сутками в пользу уменьшения коллатерального отёка ($p < 0.001$) и ($p < 0.001$), соответственно (Таблица 10).

Таблица 10 – Выраженность коллатерального отёка у пациентов группы исследования и группы сравнения (баллы)

ВЫРАЖЕННОСТЬ КОЛЛАТЕРАЛЬНОГО ОТЁКА			
СУТКИ	Группа исследования (Er: YAG) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	Группа сравнения (скальпель) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	P value (Mann-Whitney)
1-ые	1,40±0,72	3,41±0,83	<0.001
	1,00	4,00	
	1,00(2,00-1,00)	1,0(4,00-3,00)	
3-и	0,97±1,10	4,41±0,91	<0.001
	1,00	4	
	1,00(1,00-0,00)	1,00(5,00-4,00)	
5-ые	0,367±0,81	2,52±0,99	<0.001
	0,00	3,00	
	0,00(0,00-0,00)	1,00(3,00-2,00)	
7-ые	0,13±0,43	1,21±0,77	<0.001
	0,00	1,00	
	0,00(0,00-0,00)	1,00(2,00-1,00)	
10-ые	0,00±0,00	0,38±0,49	<0.001
	0,00	0,00	
	0,00(0,00-0,00)	1,00(1,00-0,00)	
P value (Kruskal-Wallis)	<0.001	<0.001	

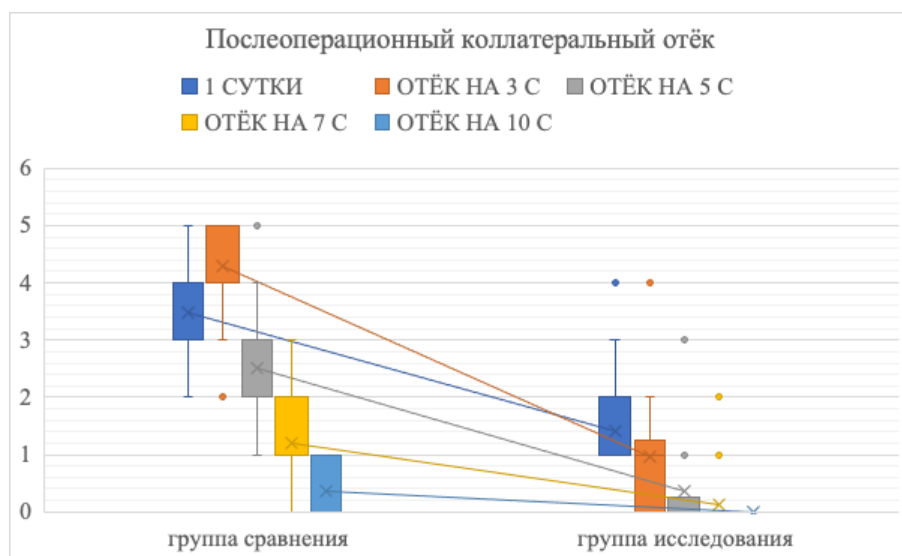


Рисунок 17 – Выраженность коллатерального отёка у пациентов группы исследования и группы сравнения (баллы)

На 1-е сутки в группе исследования слабо выраженный коллатеральный отёк наблюдали у большего числа пациентов - у 28 (93%), чем в группе сравнения - у 5 (16,67%) пациентов, $p < 0,00001$. Умеренно выраженный отёк в группе исследования был у 2(7%) пациентов, в группе сравнения – у 23(76,67%) пациентов, $p < 0,00001$. Сильно выраженный отёк отмечали в группе сравнения у 2 (6,67%) пациентов (Таблица 11) [41].

На 3-и сутки в группе исследования отсутствие коллатерального отёка наблюдали у 12 (40%) пациентов. Слабо выраженный коллатеральный отёк отмечали у 16 (53,33%) пациентов группы исследования и 1 (3,33%) пациента группы сравнения, $p < 0,000017$. Умеренно выраженный коллатеральный отёк был у 16 (53,33%) пациентов группы сравнения и у 2 (6,66%) пациентов группы исследования, $p < 0,00008$. Сильно выраженный отек в группе сравнения был у 13 (43,33%) пациентов (Таблица 11).

На 5-ые сутки в группе исследования отсутствие коллатерального отёка наблюдали у 23(90%) пациентов. Слабо выраженный коллатеральный отёк

отмечали у 14 (46,67%) пациентов группы сравнения, и у 5 (16,67%) пациентов группы исследования, $p < 0,012498$. Умеренно выраженный отёк был у 15 (50%) пациентов группы сравнения, и у 2 (6,67%) пациентов группы исследования, $p < 0,000196$. Сильно выраженный коллатеральный отек в группе сравнения был у 1 (3,33%) пациента (Таблица 11).

На 7-ые сутки в группе исследования отсутствие коллатерального отёка наблюдали у 27 (90%) пациентов, в группе сравнения у 4 (13,33%) пациентов, $p < 0,00001$. Слабо выраженный отёк в группе сравнения был у 24 (80%) пациентов, в группе исследования - у 3 (10%) пациентов, $p < 0,00001$. Умеренно выраженный отёк в группе сравнения наблюдали у 2 (6,67%) пациентов (Таблица 11).

На 10-ые сутки в группе исследования отсутствие коллатерального отёка наблюдали у 30 (100%) пациентов, в группе сравнения у 19 (63,33%) пациентов. Слабо выраженный коллатеральный отёк в группе сравнения наблюдали у 11 (36,7%) пациентов (Таблица 11) [41].

Таблица 11 – Степень выраженности коллатерального отёка у пациентов группы исследования и группы сравнения (баллы) [28]

Группы	Сутки	ВЫРАЖЕННОСТЬ КОЛЛАТЕРАЛЬНОГО ОТЁКА			
		отсутствие коллатерального отёка (0 баллов)	слабо выраженный отёк (1-2 балла)	умеренно выраженный отёк (3-4 балла)	сильно выраженный отёк (5 баллов)
Группа исследования (Er:YAG) n (%)	1-е	-	28(93%)	2(7%)	-
	3-и	12(40%)	16(53,33%)	2(6,66%)	-
	5-е	23(76,67%)	5(16,67%)	2(6,67%)	-
	7-е	27(90%)	3(10%)	-	-
	10-е	30(100%)	-	-	-
Группа сравнения (скальпель) n (%)	1-е	-	5(16,67%)	23(76,67%)	2(6,67%)
	3-и	-	1(3,33%)	16(53,33%)	13(43,33%)
	5-е	-	14(46,67%)	15(50%)	1(3,33%)
	7-е	4(13,33%)	24(80%)	2(6,67%)	-
	10-е	19(63,33%)	11(36,67%)	-	-

3.2.4. Результаты измерения ширины открывания рта после операции удаления зуба

Ширину открывания рта у пациентов измеряли до операции удаления зуба и после операции на 1, 3, 5, 7 и 10-ые сутки при помощи штанген-циркуля от режущего края центральных резцов верхней челюсти до режущего края центральных резцов нижней челюсти. Полученные результаты регистрировали в миллиметрах.

Ширина открывания рта до удаления зуба была примерно одинакова у всех пациентов, не было выявлено статистически значимых отличий между группами ($p < 0.435$) (Таблица 12), (Рисунок 18). На 1-ые, 3, 5, 7 и 10-ые сутки разница в показателях ширины открывания рта у пациентов группы исследования и группы сравнения имели существенные различия, т.е. результаты были статистически значимы ($p < 0.001$) (Таблица 12).

В течение послеоперационного периода внутри группы исследования и группы сравнения были статистически значимы различия между 1, 3, 5, 7 и 10-ыми сутками при увеличении показателей ширины открывания рта ($p < 0.009$) и ($p < 0.001$), соответственно (Таблица 12).

При определении в каждой группе разницы показателей ширины открывания рта до удаления зуба и после удаления на 1, 3, 5, 7, 10-ые сутки также были выявлены статистически значимые различия. Разница результатов дельт между группами тоже были статистически значимы ($p < 0.001$) (Таблица 12).

Таблица 12 – Выраженность степени открывания рта у пациентов группы исследования и группы сравнения (мм)

СТЕПЕНЬ ОТКРЫВАНИЯ РТА						
СУТКИ	Группа исследования (Er:YAG) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	Группа сравнения (скальпель) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	P value (Mann-Whitney) между 1 и 2 группами	<u>ДЕЛЬТА</u> (разница после удаления и до удаления у группы исследования)	<u>ДЕЛЬТА</u> (разница после удаления и до удаления у группы сравнения)	P value (Mann-Whitney) между дельтами группы исследования и группы сравнения
открывание рта до операции	46.3±4.69	45.0±4.05	<0.435			
	47.0	45.0				
	6.25(49.0-42.8)	5.75(48.8-43.0)				
1-ые	43.8±4.34	37.7±4.98	<0.001	2.57±2.47	7.33±4.09	<0.001
	44.5	37.0		2.00	6.00	
	5.25(46.8-41.5)	7.00(42.0-35.0)		1.00(2.00-1.00)	2.75(7.75-5.00)	
3-и	42.7±5.07	33.4±6.40	<0.001	3.60±4.38	11.6±5.88	<0.001
	44.0	34.0		2.00	10.0	
	8.25(46.8-38.5)	9.00(39.0-30.0)		2.00(3.00-1.00)	3.75(12.0-8.25)	
5-ые	44.6±4.61	35.1±4.99	<0.001	1.73±3.60	9.90±4.48	<0.001
	46.0	35.0		0.00	10.5	
	7.50(48.0-40.5)	8.50(38.8-30.3)		1.00(1.00-0.00)	2.00(11.0-9.00)	
7-ые	45.2±4.46	41.0±4.00	<0.001	1.10±2.50	4.03±3.51	<0.001
	46.5	41.5		0.00	2.00	
	6.25(48.8-42.5)	6.75(44.0-37.3)		0.750(0.750-0.00)	2.75(4.75-2.00)	
10-ые	46.3±4.63	42.3±3.77	<0.001	0.0333±0.183	2.73±2.79	<0.001
	47.0	42.5		0.00	2.00	
	6.25(49.0-42.8)	4.75(44.8-40.0)		0.00(0.00-0.00)	2.75(3.75-1.00)	
P value (Kruskal-Wallis)	<0.009	<0.001				

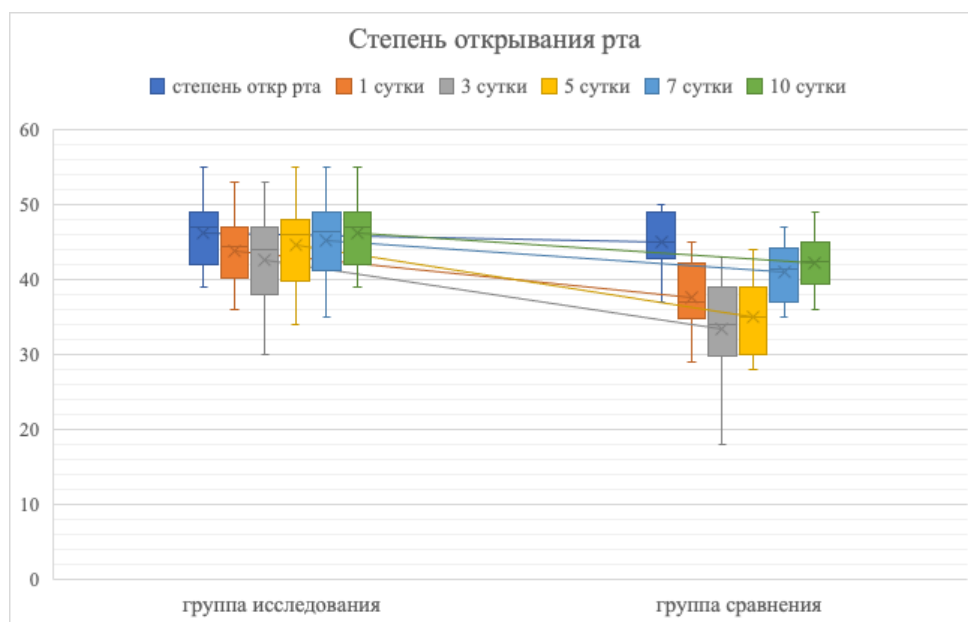


Рисунок 18 – Выраженность степени открывания полости рта до и после операции у пациентов группы исследования и группы сравнения (мм)

Корреляционный анализ был проведен по критериям Пирсона и Спирмена между послеоперационной болью и коллатеральным отёком на 1, 3, 5, 7 и 10-е сутки после операции (Таблица 13).

В группе исследования на 1-ые и 3-и сутки при проведении корреляционного анализа была выявлена умеренная положительная связь между послеоперационной болью и отеком ($R=0.674$; $p < 0.001$); ($R=0.576$; $p < 0.001$) [28].

В группе исследования на 5-е и 7-е сутки при проведении корреляционного анализа была выявлена сильная положительная связь между послеоперационной болью и отеком ($R=0.933$; $p < 0.001$); ($R=0.937$; $p < 0.001$) (Таблица 13) [28].

Таблица 13 – Корреляционный анализ между послеоперационной болью и коллатеральным отёком в группе исследования и группе сравнения

Сутки	Группа исследования (Er: YAG) Пирсон (R); Спирман (rho)	P- value	Группа сравнения (скальпель) Пирсон (R); Спирман (rho)	P- value
1-е	R=0.674	P <0.001	R=0.282	p=0.065
	RHO=0.472	P <0.004	RHO=0.238	p=0.103
3-и	R=0.576	P <0.001	R=0.032	p=0.433
	RHO=0.322	P <0.041	RHO= - 0.035	p=0.574
5-е	R=0.933	P <0.001	R=-0.130	p=0.752
	RHO=0.839	P <0.001	RHO=-0.149	p=0.784
7-е	R=0.937	P <0.001	R=-0.061	p=0.626
	RHO=0.999;	P <0.001	RHO=-0.176	p=0.824
10-е	-	-	R=-0.148	p=0.783
	-	-	RHO=-0.148	p=0.783

Корреляционный анализ был проведен по критериям Пирсона и Спирмена между послеоперационным коллатеральным отёком и степенью открывания рта на 1, 3, 5, 7 и 10-е сутки после операции (Таблица 14).

В группе исследования на 1-ые сутки при проведении корреляционного анализа была выявлена умеренная положительная связь между послеоперационным отёком и степенью открывания рта ($R=0.582$; $p < 0.001$) (Таблица 14) [28].

В группе исследования на 3-и сутки при проведении корреляционного анализа была выявлена сильная положительная связь между послеоперационным отёком и степенью открывания рта ($R=0.751$; $p < 0.001$) (Таблица 14) [28].

В группе исследования на 5-е и 7-е сутки при проведении корреляционного анализа была выявлена сильная положительная связь между послеоперационным отёком и степенью открывания рта ($R=0.876$; $p < 0.001$; ($R=0.528$; $p < 0.003$) (Таблица 14) [28].

Таблица 14 – Корреляционный анализ между послеоперационным коллатеральным отёком и степенью открывания рта в группе исследования и группе сравнения

Сутки	Группа исследования (Er:YAG) Pearson (r); Spearman (rho)	P- value	Группа сравнения (скальпель) Pearson (r); Spearman (rho)	P- value
1-е	R=0.582	P <0.001	R=0.258	p=0.084
	RHO= 0.580	P <0.001	RHO= 0.217	p=0.125
3-и	R=0.751	P <0.001	R=-0.214	p=0.872
	RHO= 0.641	P <0.001	RHO=-0.038	p=0.580
5-е	R=0.876	P <0.001	R=-0.107	p=0.713
	RHO= 0.776	P <0.001	RHO=-0.163	p=0.805
7-е	R=0.528	P <0.003	R=-0.093	p=0.687
	RHO= 0.569	P <0.001	RHO=-0.017	p=0.535
10-е	-	-	R=0.477	p=0.004
	-	-	RHO=0.527	p=0.001

3.2.5. Сроки эпителизации послеоперационной раны

В группе исследования эпителизацию послеоперационной раны наблюдали на 5-е сутки в 90% случаев (27 пациентов), на 7-е сутки - в 10% случаев (3 пациента) (Таблица 15).

В группе сравнения эпителизацию послеоперационной раны наблюдали на 7-е сутки в 83.3% случаев (25 пациентов), на 10-е сутки - в 16.7% случаев (5 пациентов) (Таблица 15).

Таблица 15 – Сроки эпителизации послеоперационной раны в зависимости от метода лечения

Группы	Сутки	ЭПИТЕЛИЗАЦИЯ	
		отсутствие эпителизации (0 баллов)	эпителизация (1 балл)
Группа исследования (Er:YAG) n (%)	5-е	3(10%)	27(90%)
	7-е	27(90%)	3(10%)
	10-е	30(100%)	-
Группа сравнения (скальпель) n (%)	5-е	30(100%)	-
	7-е	5(16,7%)	25(83,3%)
	10-е	25(83,3%)	5(16,7%)

3.3. Результаты лучевых методов исследования

Лучевые методы исследования всем пациентам обеих групп проводили при помощи конусно-лучевой компьютерной томографии до операции, сразу после операции удаления зуба, через 12 недель и 24 недели после операции.

При помощи линейных измерений в программе по просмотру КЛКТ проводили измерение двух показателей в миллиметрах (мм):

RID (Radiographic infrabony defect) – расстояние от цементно-эмалевой границы второго моляра до точки пересечения дистального корня второго моляра и медиальной стенкой лунки удаленного зуба (Рисунок 19);

RBH (Radiographic bone height) – расстояние от рентгенологической верхушки дистального корня второго моляра до точки пересечения дистального корня второго моляра и медиальной стенки лунки удаленного зуба (Рисунок 19).

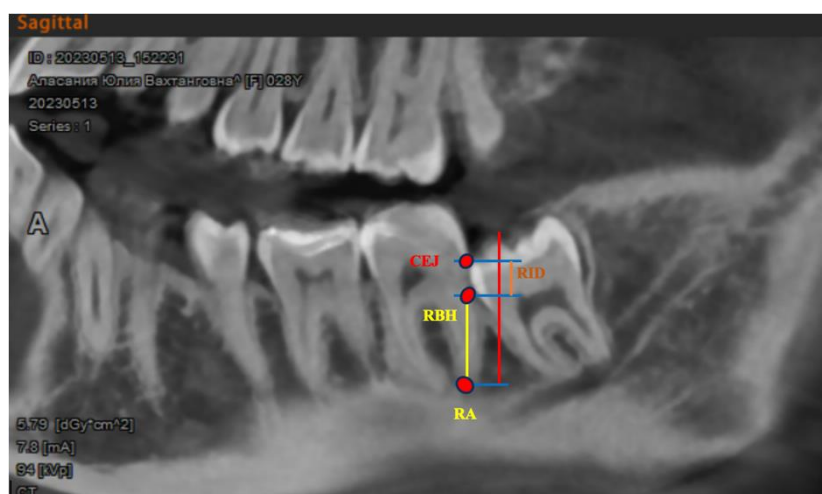


Рисунок 19 – Рентгенологические параметры на КЛКТ

Radiographic infrabony defect ((RID) расстояние от цементно-эмалевой границы второго моляра до точки пересечения дистального корня второго моляра и медиальной стенкой лунки удаленного зуба)

До операции и сразу после операции удаления ретинированного третьего нижнего моляра, расстояние от цементно-эмалевой границы второго моляра до точки пересечения дистального корня второго моляра и медиальной стенкой лунки

удаленного зуба в обеих группах было примерно одинаковым, не было статистически значимой разницы между группами ($p = 0.067$) (Таблица 16).

Через 12 недель после операции расстояние RID было значительно меньше у пациентов группы исследования ($p < 0.001$), что означает, что регенерация кости после операции при помощи лазерных технологий происходила быстрее, чем при использовании скальпеля и бормашины (Таблица 16), (Рисунок 20).

Через 24 недели после операции удаления ретинированного третьего нижнего моляра расстояние RID было также статистически меньше у пациентов группы исследования при использовании лазерных технологий, чем у пациентов группы сравнения при применении режущих и вращающих инструментов ($p < 0.001$) (Таблица 16), (Рисунок 20).

Таблица 16 – Расстояние от цементно-эмалевой границы второго моляра до точки пересечения дистального корня второго моляра и медиальной стенкой лунки удаленного зуба в зависимости от метода лечения (мм)

Radiographic infrabony defect (RID)			
Неделя	Группа исследования (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	Группа сравнения (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	P value (Mann-Whitney)
0 нед.	8.10±2.04	7.07±2.30	0.067
	8.50	6.00	
	3.75(10.0-6.25)	3.50(8.75-5.25)	
12 нед.	3.03±1.13	5.27±2.00	<0.001
	3.00	5.00	
	2.00(4.00-2.00)	2.00(6.00-4.00)	
24 нед.	0.533±0.629	3.17±0.913	<0.001
	0.00	3.00	
	1.00(1.00-0.00)	1.00(4.00-3.00)	
P-value (Kruskal-Wallis)	<0.001	<0.001	

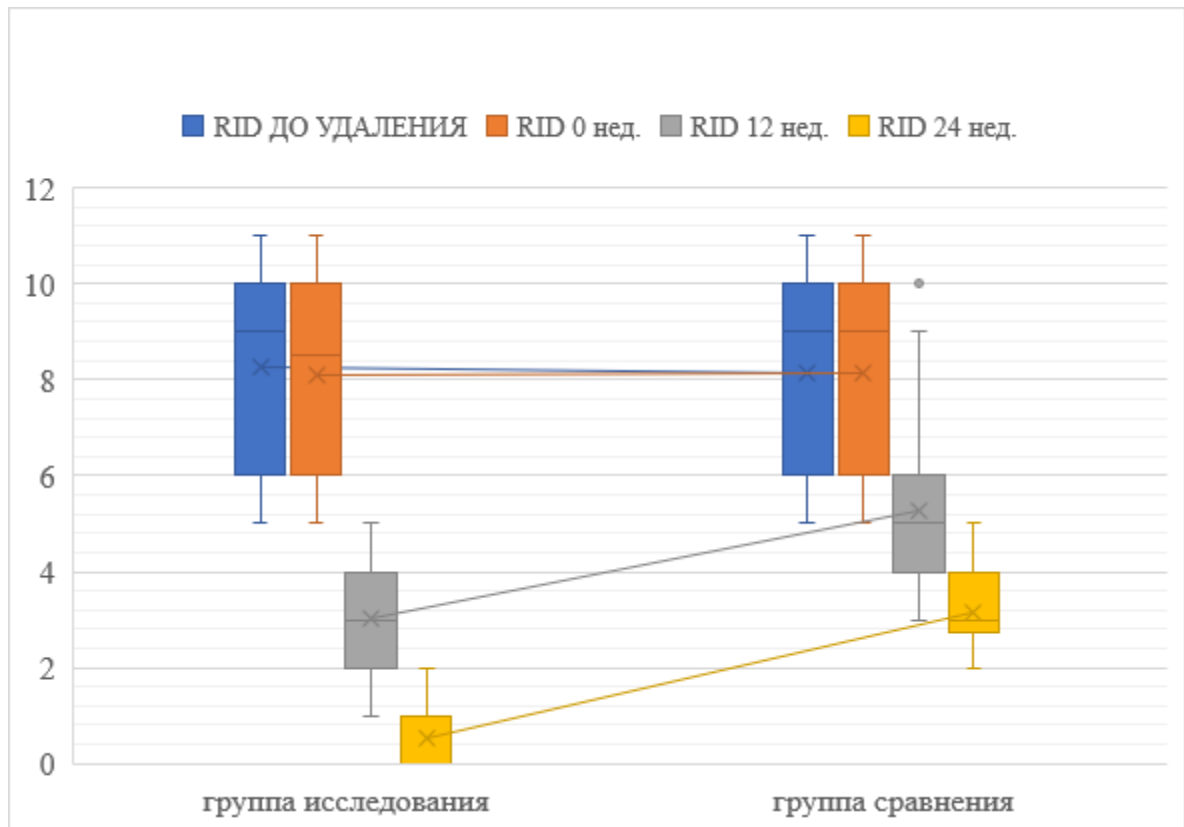


Рисунок 20 – Показатели RID (расстояние от цементно-эмалевой границы второго моляра до точки пересечения дистального корня второго моляра и медиальной стенкой лунки удаленного зуба) в группе исследования и группе сравнения в динамике (мм)

Radiographic bone height ((RBH) Расстояние от рентгенологической верхушки дистального корня второго моляра до точки пересечения дистального корня второго моляра и медиальной стенки лунки удаленного зуба)

Сразу после операции удаления третьего нижнего моляра, расстояние от рентгенологической верхушки дистального корня второго моляра до точки пересечения дистального корня второго моляра и медиальной стенки лунки удаленного зуба в обеих группах было примерно одинаковым, не было статистически значимой разницы между показателями у пациентов обеих групп ($p = 1.000$) (Таблица 17).

Через 12 недель после операции расстояние RBH было значительно больше в группе исследования ($p < 0.001$), что означает, что регенерация кости после

удаления при помощи лазерных технологий происходила быстрее в сравнении с группой сравнения (Таблица 17), (Рисунок 21).

Через 24 недели после операции удаления третьего моляра расстояние RBH было также статистически больше в группе исследования, чем в группе сравнения при операции удаления третьего моляра при помощи режущих и вращающих инструментов ($p < 0.001$) (Таблица 17), (Рисунок 21).

Таблица 17 – Расстояние от рентгенологической вершины дистального корня второго моляра до точки пересечения дистального корня второго моляра и медиальной стенки лунки удаленного зуба в обеих группах (мм)

Radiographic bone height (RBH)			
Неделя	Группа исследования (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	Группа сравнения (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	P value (Mann-Whitney)
0 нед.	7.03±1.27	7.03±1.27	1.000
	7.00	7.00	
	2.00(8.00-6.00)	2.00(8.00-6.00)	
12 нед.	12.2± 1.81	9.27±1.34	<0.001
	12.5	9.00	
	2.75(13.8-11.00)	1.75(10.0-8.25)	
24 нед.	14.8± 1.32	11.1±1.37	<0.001
	15.0	11.0	
	2.00(16.0-14.0)	1.75(12.0-10.3)	
P value (Kruskal-Wallis)	<0.001	<0.001	

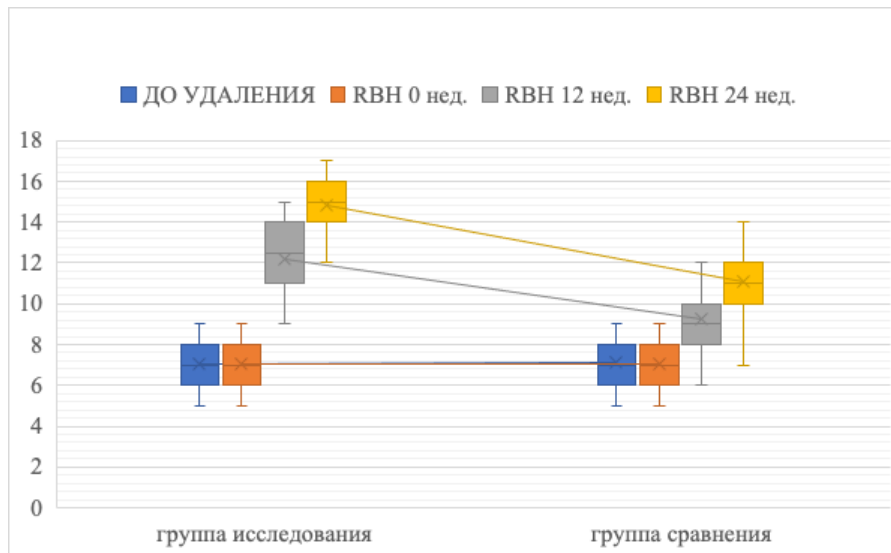


Рисунок 21 – Показатели RBH (расстояние от рентгенологической верхушки дистального корня второго моляра до точки пересечения дистального корня второго моляра и медиальной стенки лунки удаленного зуба) в группе исследования и группе сравнения в динамике (мм)

3.4. Результаты иммунологического исследования

Оценку иммунологических показателей проводили в динамике: до удаления, после удаления, на 3-и и 7-е сутки.

В смешанной слюне исследовали динамику следующих показателей: провоспалительных цитокинов IL-6, IL-8, TNF α , IgA и фактора роста эндотелия сосудов (VEGF).

С буккального эпителия щеки и кератинизированной слизистой оболочки в области третьего моляра определяли экспрессию генов следующих показателей в динамике: фактор некроза опухоли альфа (TNF α) и бетта-дефензин человека-2 (HBD2).

3.4.1. Содержание провоспалительных цитокинов IL-6, IL-8 и TNF α в динамике

Содержание провоспалительного цитокина IL-6 оценивали в динамике в смешанной слюне. На 7-ые сутки после операции удаления ретинированного третьего моляра нижней челюсти наблюдали разницу в содержании IL-6 в смешанной слюне между группами ($p < 0.093$). После операции удаления и на 3-и сутки не были выражены статистически значимые различия показателей между группами в содержании IL-6 в смешанной слюне ($p = 1.000$). В течение послеоперационного периода внутри группы исследования и группы сравнения были статистически значимы различия до операции удаления, после операции удаления, на 3-и и на 7-ые сутки ($p < 0.004$; $p < 0.008$) (Таблица 18), (Рисунок 22).

Таблица 18 – Содержание IL-6 в смешанной слюне в динамике в группе исследования и в группе сравнения (пг/мл)

СОДЕРЖАНИЕ IL-6			
СУТКИ	Группа исследования (Er:YAG) (mean $\pm$ SD) median IQR(Q3-Q1)	Группа сравнения (скальпель) (mean $\pm$ SD) median IQR(Q3-Q1)	P value (Mann-Whitney)
до операции	15.1 $\pm$ 16.3	11.5 $\pm$ 18.6	<0.395
	10.2	7.28	
	6.39(13.8-7.45)	5.81(10.2-4.39)	
после операции	43.8 $\pm$ 48.6	84.3 $\pm$ 186	<0.933
	25.0	26.7	
	17.5(34.2-16;8)	51.7(68.4-16.7)	
3-и сутки	73.9 $\pm$ 45.3	108 $\pm$ 104	1.000
	91.4	83.5	
	55.1(101-45.7)	136(169-33.1)	
7-е сутки	339 $\pm$ 168	101 $\pm$ 139	<0.093
	268	16.6	
	6.91(275-268)	158(167-8.30)	
P value (Kruskal-Wallis)	<0.004	<0.008	

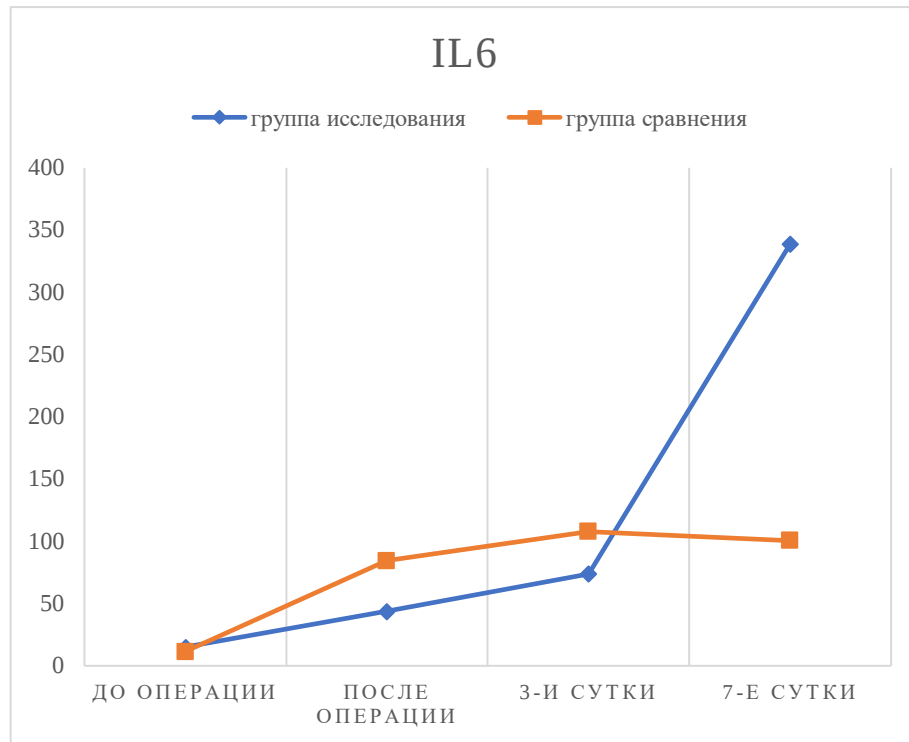


Рисунок 22 – Содержание IL-6 в смешанной слюне в группе исследования и в группе сравнения (пг/мл)

Содержание провоспалительного цитокина IL-8 оценивали в динамике в смешанной слюне. После операции и на 3-и сутки между группами не были выражены статистически значимые различия ($p < 0.500$; $p < 0.343$). На 7-е сутки после удаления были выражены статистически значимые различия между группами ($p < 0.030$). В течение послеоперационного периода внутри группы исследования и группы сравнения были статистически значимы различия до операции удаления, после операции удаления, на 3-и и на 7-ые сутки ($p < 0.051$; $p < 0.055$) (Таблица 19), (Рисунок 23).

Таблица 19 – Содержание IL-8 в смешанной слюне в динамике в группе исследования и в группе сравнения (пг/мл)

СОДЕРЖАНИЕ IL-8			
СУТКИ	Группа исследования (Er:YAG) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	Группа сравнения (скальпель) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	P value (Mann-Whitney)
до операции	121±154	251 ±418	<0.553
после операции	54.4	16.6	<0.500
	128(143-15.4)	278(278-10.9)	
	282±267	282±267	
3-и сутки	158	165?	<0.343
	370(480-111)	262(303-41.2)	
	396±568	571±403	
7-е сутки	123	655	<0.030
	396(429-32.4)	495(789-295)	
	28.1±62.9	498±770	
P value (Kruskal-Wallis)	0.00916	94.9	<0.055
		477(539-61.8)	
	<0.051	<0.055	

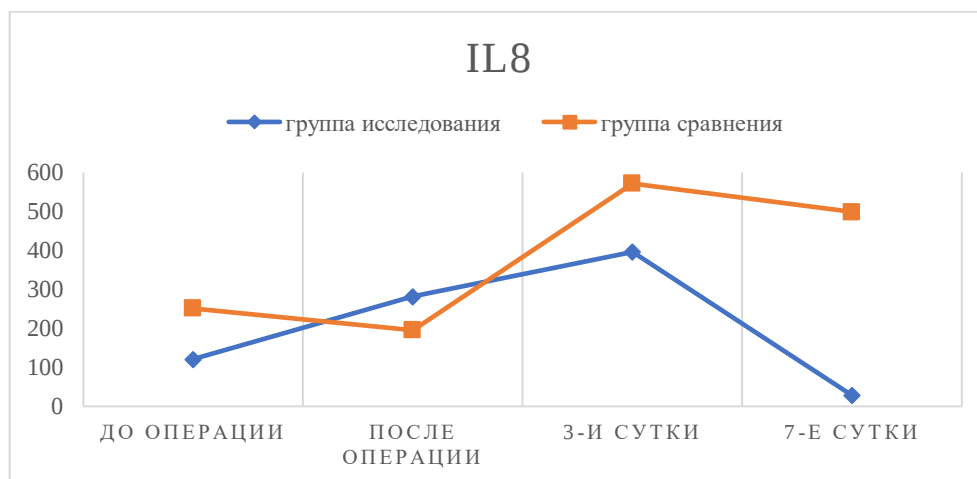


Рисунок 23 – Содержание IL-8 в смешанной слюне в динамике в группе исследования и в группе сравнения (пг/мл)

Содержание TNFα оценивали в динамике в смешанной слюне. После удаления и на 7-е сутки между группами была выражена статистически значимая разница в содержании TNFα в смешанной слюне ($p < 0.003$; $p < 0.015$). В течение

послеоперационного периода внутри группы исследования отмечали значительные различия до удаления, после удаления, на 3-и и на 7-ые сутки ($p < 0.011$) (Таблица 20), (Рисунок 24).

Таблица 20 – Содержание TNFa в смешанной слюне в динамике в группе исследования и в группе сравнения (пг/мл)

СОДЕРЖАНИЕ TNFa (слюна)			
СУТКИ	Группа исследования (Er:YAG) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	Группа сравнения (скальпель) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	P value (Mann-Whitney)
до операции	38.7±17.4	6.45±8.74	<0.003
после операции	39.3	2.69	<0.003
	23.3(53.6-30.3)	5.46(6.53-1.07)	
	46.1±12.4	9.40±10.7	
3-ьи сутки	40.6	5.67	<0.087
	18.7(59.0-40.3)	3.75(8.11-4.36)	
	12.8±5.15	6.73±6.96	
7-ые сутки	14.3	3.78	<0.015
	7.31(59.0-40.3)	8.85(10.5-1.61)	
	26.3±9.93	7.07±5.64	
	30.3	4.86	<0.015
	2.44(31.7-29.2)	8.64(11.0-2.39)	
P value (Kruskal-Wallis)	<0.011	<0.283	

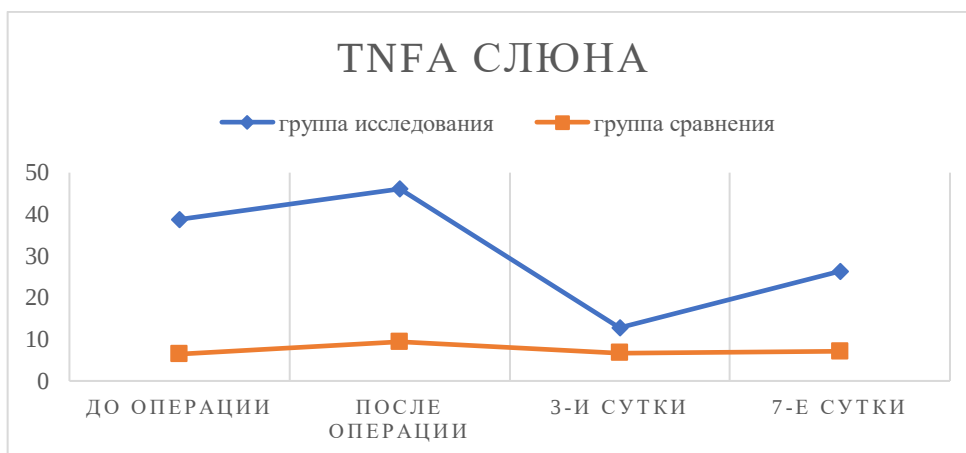


Рисунок 24 – Содержание TNFa в динамике в смешанной слюне в динамике в группе исследования и в группе сравнения (пг/мл)

Экспрессию гена TNF α оценивали в динамике в буккальном эпителии. После операции удаления и на 3-и сутки между группами была выражена статистически значимая разница в экспрессии гена TNF α в буккальном эпителии ($p < 0.024$; $p < 0.029$). В течение послеоперационного периода внутри группы исследования отмечали значительные различия до операции удаления, после операции удаления, на 3-и и на 7-ые сутки ($p < 0.004$) (Таблица 21), (Рисунок 25).

Таблица 21 – Экспрессия гена TNF α в буккальном эпителии в динамике в группе исследования и в группе сравнения (относит. ед.)

ЭКСПРЕССИЯ ГЕНА TNF α (буккальный эпителий)			
СУТКИ	Группа исследования (Er:YAG) (mean $\pm$ SD) median IQR(Q3-Q1)	Группа сравнения (скальпель) (mean $\pm$ SD) median IQR(Q3-Q1)	P value (Mann-Whitney)
до операции	0.00 $\pm$ 0.00	9.33 $\pm$ 9.82	<0.007
	0,00	5	
	0.00(0.00-0.00)	17.0(20.3-3.00)	
после операции	0.00 $\pm$ 0.00	10.5 $\pm$ 15.6	<0.024
	0,00	1.50	
	0.00(0.00-0.00)	22.8(23.0-0.250)	
3-ьи сутки	0.00 $\pm$ 0.00	4.57 $\pm$ 7.35	<0.029
	0,00	1	
	0.00(0.00-0.00)	4.50(5.00-0.500)	
7-ые сутки	0.00 $\pm$ 0.00	5.50 $\pm$ 9.84	<0.166
	0,00	0.00	
	0.00(0.00-0.00)	7.00(7.00-0.00)	
P value (Kruskal-Wallis)	<0.004	<0.370	

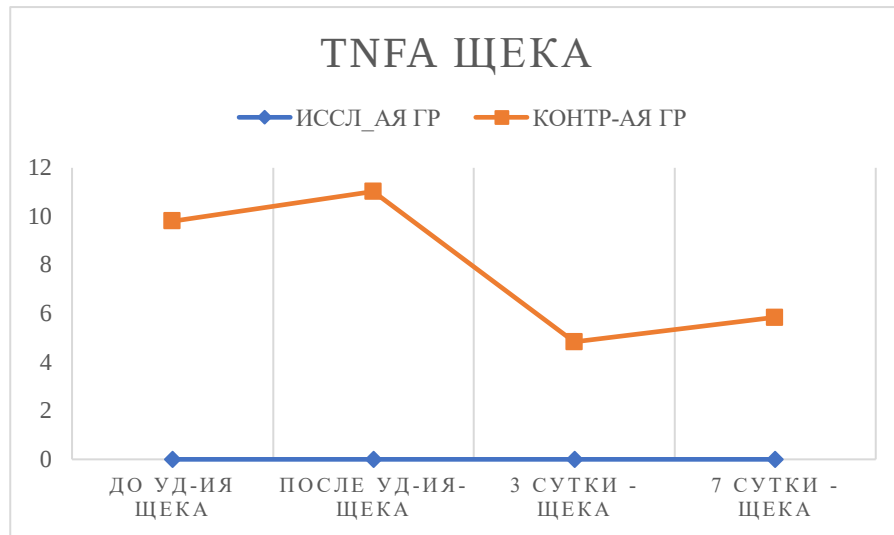


Рисунок 25 – Экспрессия гена TNFα в динамике в буккальном эпителии в динамике в группе исследования и в группе сравнения (относит. ед.)

Экспрессию гена TNFα оценивали в динамике в области удаленного зуба (прикрепленная кератинизированная слизистая оболочка). После удаления и на 3-и сутки между группами была выражена статистически значимая разница в содержании TNFα в области прикрепленной кератинизированной слизистой оболочки области операции ($p < 0.011$; $p < 0.050$). В течение послеоперационного периода внутри групп не было выявлено статистически значимых различий до удаления, после удаления, на 3-и и на 7-ые сутки ($p < 0.174$; $p < 0.308$) (Таблица 22), (Рисунок 26).

Таблица 22 – Экспрессия гена TNFα в прикрепленной кератинизированной слизистой оболочке области удаления в динамике в группе исследования и в группе сравнения (относит. ед.)

ЭКСПРЕССИЯ ГЕНА TNFα (область удаления)			
СУТКИ	Группа исследования (Er: YAG) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	Группа сравнения (скальпель) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	P value (Mann-Whitney)
до операции	0.00±0.00	3.70±4.62	<0.024
	0,00	1,50	
	0.00(0.00-0.00)	5.75(6.00-0.25)	
после операции	0.00±0.00	9.30±20.0	<0.011

Продолжение Таблицы 22

	0,00	1,00	
	0.00(0.00-0.00)	7.00(8.00-1.00)	
3-ьи сутки	0.00±0.00	7.29±14.6	<0.050
	0,00	1,00	
	0.00(0.00-0.00)	4.00(4.50-0.500)	
7-ые сутки	0.00±0.00	0.625±1.19	<0.295
	0,00	0.00	
	0.00(0.00-0.00)	0.500(0.500-0.00)	
P value (Kruskal-Wallis)	<0.174	<0.308	

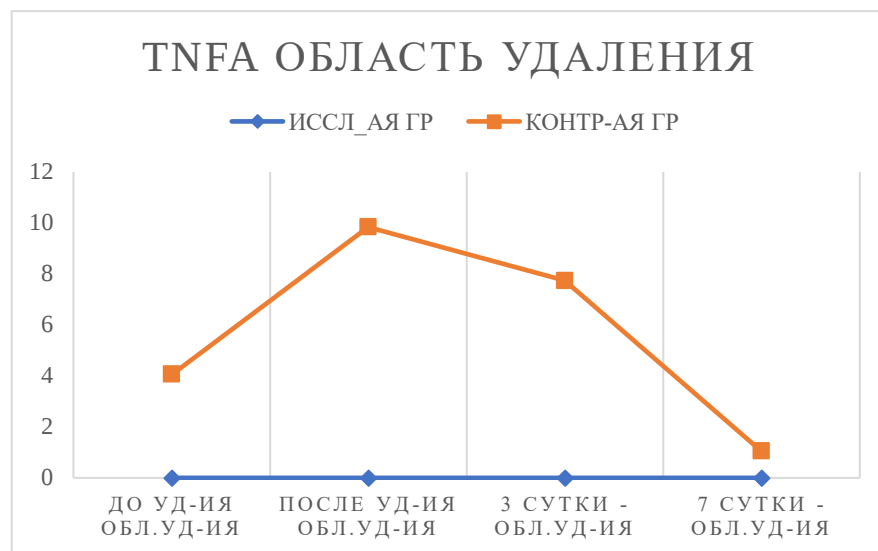


Рисунок 26 – Экспрессия гена TNFα в прикрепленной кератинизированной слизистой оболочке в области удаления в динамике в группе исследования и в группе сравнения (относит. ед.)

3.4.2. Содержание показателей IgA, IgM, VEGF и HBD2 в динамике

Содержание IgA оценивали в динамике в смешанной слюне. После операции удаления, на 3-и и на 7-е сутки между группами не было выраженной статистически значимой разницы в содержании IgA в смешанной слюне. В течение послеоперационного периода внутри группы исследования и группы сравнения не

было выявлено статистически значимых различий до операции удаления, после операции удаления, на 3-и и на 7-ые сутки (Таблица 23), (Рисунок 27).

Таблица 23 – Содержание IgA в смешанной слюне в динамике в группе исследования и в группе сравнения (мг/л)

СОДЕРЖАНИЕ IgA (смешанная слюна)			
СУТКИ	Группа исследования (Er: YAG) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	Группа сравнения (скальпель) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	P value (Mann-Whitney)
до операции удаления	416±273	459±275	<0.612
	315,00	412,00	
	54.6(354-300)	262(546-284)	
после операции удаления	470±179	545±301	<0.497
	434,00	509,00	
	159(492-333)	409(759-350)	
3-и сутки	787±363	454±354	<0.268
	822,00	359,00	
	77.1(852-775)	582(762-180)	
7-е сутки	523±396	529±513	1.000
	384,00	392,00	
	294(639-344)	408(602-194)	
P value (Kruskal-Wallis)	<0.183	<0.780	

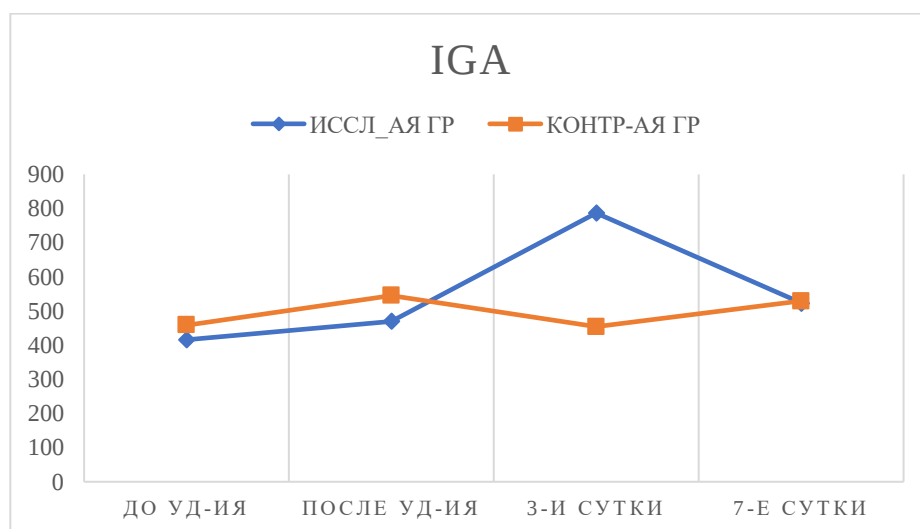


Рисунок 27 – Содержание IgA в смешанной слюне в динамике в группе исследования и в группе сравнения (мг/л)

Содержание VEGF оценивали в динамике в смешанной слюне. После удаления, на 3-и и на 7-е сутки между группами не было выраженной статистически значимой разницы в содержании VEGF в смешанной слюне ($p < 0.893$; $p < 0.343$; $p < 0.354$). В течение послеоперационного периода внутри 1-ой и 2-ой групп не было выявлено статистически значимых различий до удаления, после удаления, на 3-и и на 7-ые сутки ($p < 0.469$; $p < 0.526$) (Таблица 24), (Рисунок 28).

Таблица 24 – Содержание VEGF в смешанной слюне в динамике в группе исследования и в группе сравнения (мЕ/мл)

СОДЕРЖАНИЕ VEGF в слюне			
СУТКИ	Группа исследования (Er: YAG) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	Группа сравнения (скальпель) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	P value (Mann-Whitney)
до операции удаления	1339±1082	2276±2633	<0.886
	631,00	1662,00	
	1632(2241-609)	3488(3692-204)	
после операции удаления	2384±2036	2762±2389	<0.893
	1519,00	2449,00	
	1191(2351-1160)	3808(4469-661)	
3-и сутки	1413±1387	3548±3865	<0.343
	827,00	2874,00	
	1829(2177-348)	1869(3427-1558)	
7-е сутки	1336±713	3283±2609	<0.354
	1324,00	3152,00	
	514(1520-1006)	3675(4889-1215)	
P value (Kruskal-Wallis)	<0.469	<0.526	

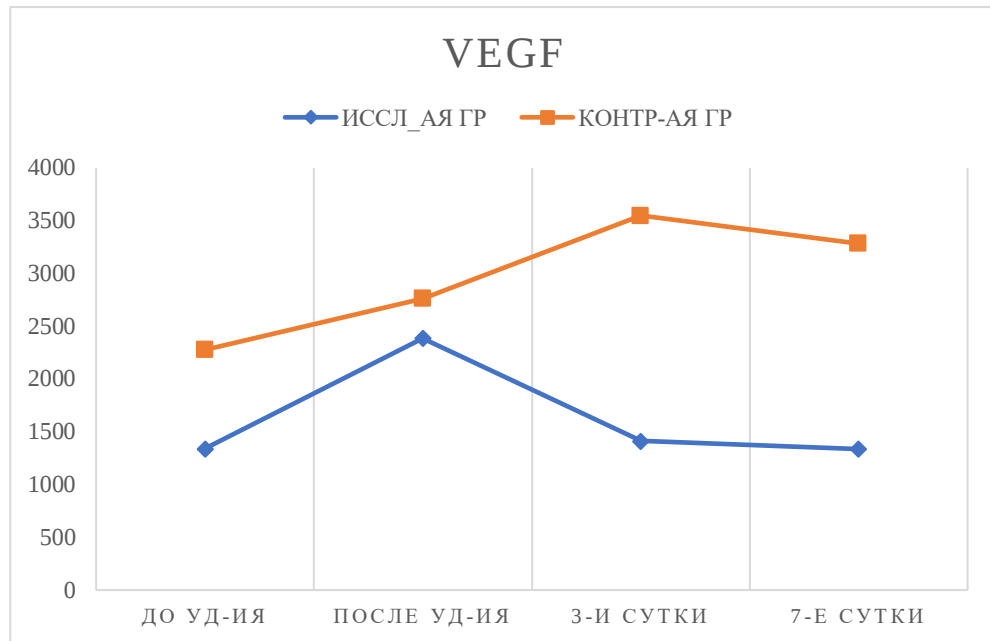


Рисунок 28 – Содержание VEGF в смешанной слюне в динамике в группе исследования и в группе сравнения (мЕ/мл)

Экспрессию гена HBD2 оценивали в динамике в буккальном эпителии. После операции удаления, на 3-и и на 7-е сутки между группами была статистически значимая разница в экспрессии гена HBD2 в буккальном эпителии ($p < 0.007$; $p < 0.018$; $p < 0.005$). В течение послеоперационного периода внутри группы исследования и группы сравнения не было выявлено статистически значимых различий до операции удаления, после операции удаления, на 3-и и на 7-е сутки ($p < 0.235$; $p < 0.895$) (Таблица 25), (Рисунок 29).

Таблица 25 – Экспрессия гена HBD2 в буккальном эпителии в динамике в группе исследования и в группе сравнения (относит. ед.)

ЭКСПРЕССИЯ ГЕНА HBD2 (буккальный эпителий)			
СУТКИ	Группа исследования (Er: YAG) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	Группа сравнения (скальпель) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	P value (Mann-Whitney)
до операции удаления	202±294	28.1±61.2	<0.016
	68.6	7,31	
	50.8(119-68.6)	16.6(16.8-0.199)	

Продолжение Таблицы 25

после операции удаления	197±148	51.1±147	<0.007
	122,00	3,66	
	193(293-100)	6.47(6.71-0.238)	
3-и сутки	186±146	34.8±81.1	<0.018
	124,00	1,29	
	239(306-66.6)	11.2(11.5-0.333)	
7-е сутки	202±201	202±201	<0.005
	119,00	3,37	
	219(302-82.2)	10.9(11.1-0.232)	
P value (Kruskal-Wallis)	<0.235	<0.895	

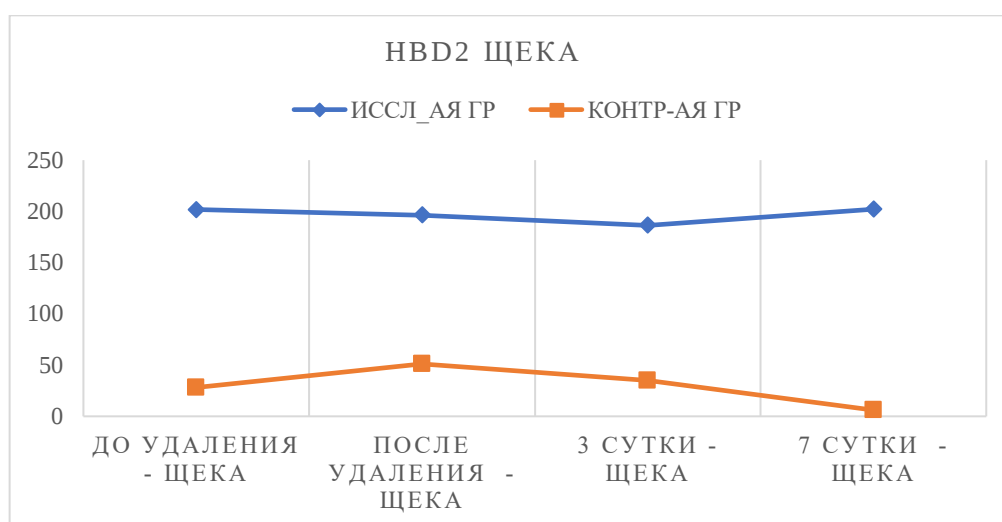


Рисунок 29 – Экспрессия гена HBD2 в буккальном эпителии в динамике в группе исследования и в группе сравнения (относит. ед.)

Экспрессию гена HBD2 оценивали в динамике в прикрепленной слизистой в послеоперационной области. После операции удаления, на 3-и и на 7-е сутки между группами была статистически значимая разница в экспрессии гена HBD2 в буккальном эпителии ($p < 0.019$; $p < 0.006$; $p < 0.017$). В течение послеоперационного периода внутри группы исследования и группы сравнения не было выявлено статистически значимых различий до операции удаления, после операции удаления, на 3-и и на 7-ые сутки ($p < 0.462$; $p < 0.925$) (Таблица 26), (Рисунок 30).

Таблица 26 – Экспрессия гена HBD2 в послеоперационной области в динамике в группе исследования и в группе сравнения (относит. ед.)

ЭКСПРЕССИЯ ГЕНА HBD2 (послеоперационная область)			
СУТКИ	Группа исследования (Er: YAG) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	Группа сравнения (скальпель) (mean±SD) median IQR(Q3-Q1)	P value (Mann-Whitney)
до операции удаления	314±479	7.82±11.5	<0.007
	109,00	3,41	
	247(269-22.2)	7.71(7.84-0.122)	
После операции удаления	632±718	12.2±16.3	<0.019
	511,00	3,04	
	1060(1101-41.3)	27.7(27.8-0.0446)	
3-и сутки	795±1031	3.81±5.62	<0.006
	357,00	1,29	
	676(913-238)	5.28(5.32-0.0442)	
7-е сутки	170±189	4.31±6.62	<0.017
	73.5	1,29	
	170(231-61.0)	5.69(5.86-0.174)	
P value (Kruskal-Wallis)	<0.462	<0.925	

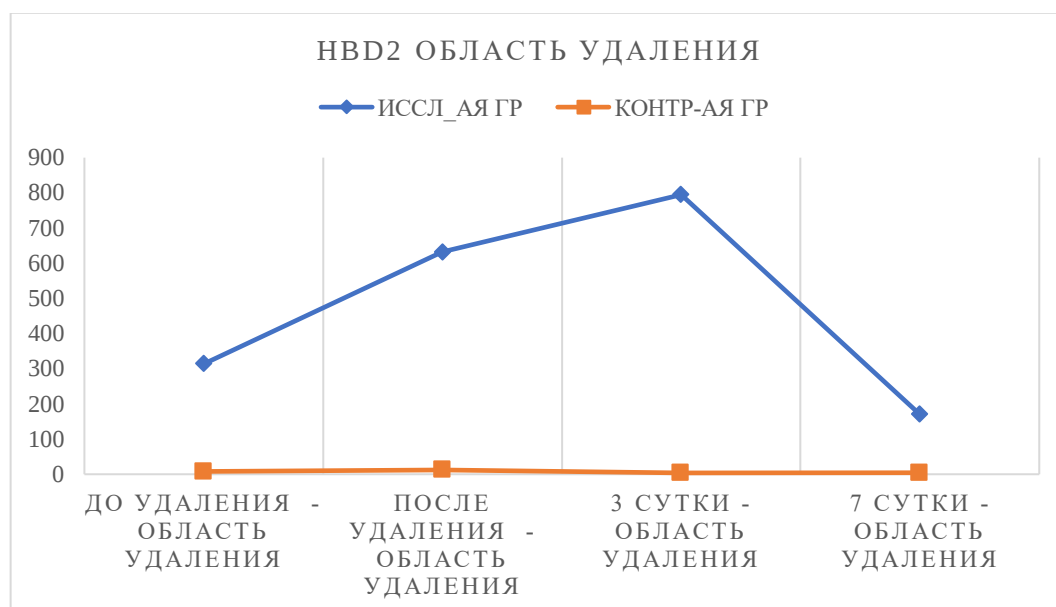


Рисунок 30 – Экспрессия гена HBD2 в послеоперационной области в динамике в группе исследования и в группе сравнения (относит. ед.)

3.5. Клинические примеры

Клинический пример № 1 (пациент группы исследования)

На кафедру хирургической стоматологии Института стоматологии им. Е.В. Боровского ФГАОУ ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет) обратилась пациентка А., 35 лет. На КЛКТ был обнаружен ретинированный и дистопированный зуб 3.8, коронка которого упиралась в дистальный корень зуба 3.7, что является риском развития кариеса цемента дистального корня зуба 3.7.

Со слов пациента, аллергологический анамнез не отягощен, наличие инфекционных заболеваний отрицает.

При внешнем осмотре конфигурация лица не изменена, кожные покровы бледно-розового цвета, патологических изменений и образований на кожных покровах не обнаружено. Регионарные лимфатические узлы при пальпации безболезненны, не увеличены, плотно-эластичной консистенции, не спаяны с подлежащими тканями [13].

При осмотре полости рта слизистая оболочка полости рта бледно-розового цвета, увлажнена, патологических изменений не обнаружено. Слизистая оболочка над ретинированным зубом 3.8 бледно-розового цвета, воспалительных изменений в данной области не обнаружено (Рисунок 31).



Рисунок 31 – Ретинированный зуб 3.8

До операции боль и коллатеральный отёк мягких тканей отсутствовали. Степень открывания рта составляла 48 мм.

В институте стоматологии пациентке А. была проведена конусно-лучевая компьютерная томография, на которой был диагностирован ретинированный и дистопированный зуб 3.8 с медиальным наклоном в сторону дистального корня зуба 3.7 (Рисунок 32). Был поставлен диагноз K01.0 - ретинированный зуб 3.8.

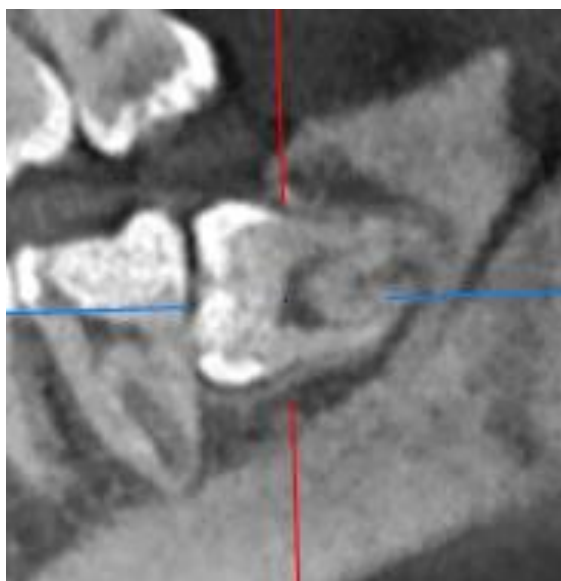


Рисунок 32 – Ретинированный зуб 3.8 на КЛКТ

В соответствии с планом лечения после санации полости рта под местной анестезией раствором Ultracaini DS Forte 1:100000 проводили малотравматичный разрез лазерным лучом в режиме абляции при помощи эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм при энергии 150 мДж, частоте импульсов 20 Гц, мощности 5W при легком контакте фибера с поверхностью слизистой оболочки, без нажима, под углом 45°, отслаивали треугольный слизисто-надкостничный лоскут при помощи распатора (Рисунок 33).

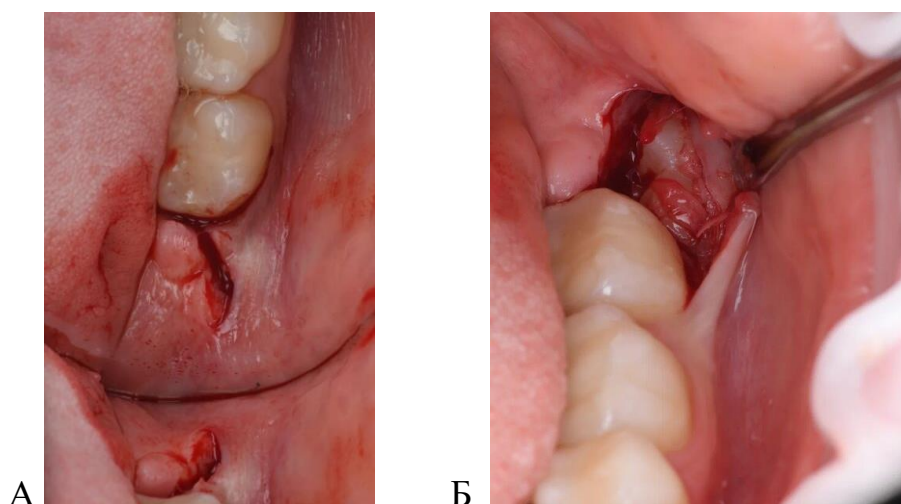


Рисунок 33 – Разрез и отслаивание слизисто-надкостничного лоскута

Лазерным лучом в режиме very short (короткие импульсы – 230 мкс) при энергии 250 мДж, частоте импульсов 20 Гц. и мощности 5W проводили остеотомию нависающего края кости над третьим моляром, сепарировали зуб на фрагменты. При помощи элеваторов и люксаторов проводили экстракцию зуба из лунки (Рисунок 34).

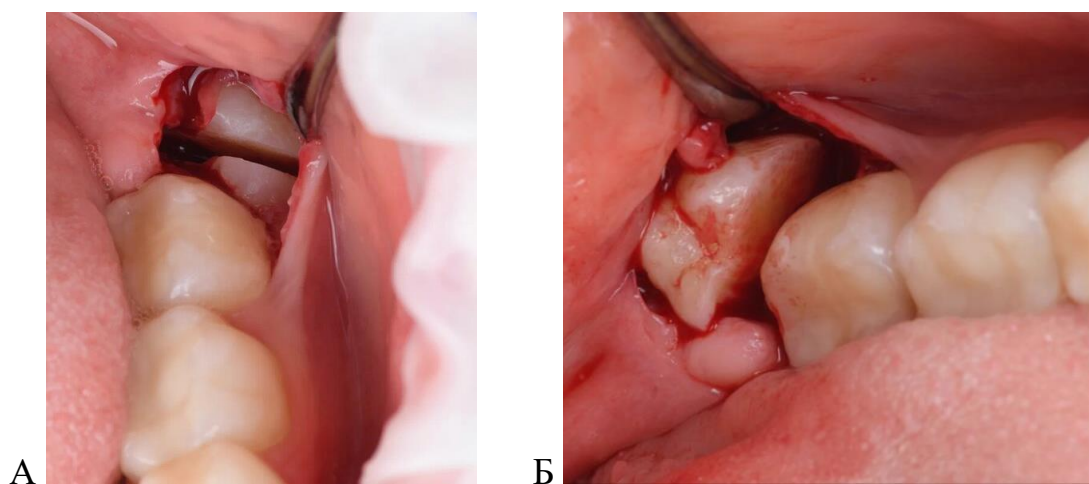


Рисунок 34 – Сепарация зуба 3.8 и удаление из лунки

После проводили ревизию лунки удаленного зуба, контроль целостности стенок лунки, гемостаз. Бактерицидную обработку костных стенок

лунки осуществляли расфокусированным лазерным лучом (фибер на расстоянии 1,5 см от стенок) при энергии 100 мДж, частоте импульсов 10 Гц.

Слизисто-надкостничный лоскут укладывали в исходное положение, рану ушивали простыми узловыми швами при помощи нерезорбируемого монофиламентного шовного материала Полипропилен 5/0 (Рисунок 35).



Рисунок 35 – Адаптация и ушивание слизисто-надкостничного лоскута

В послеоперационном периоде пациенту назначили Амоксиклав 625 мг по 1 табл. 2 раза в день после приема пищи, Найз (нимесулид) по 1 табл. при болях. Даны рекомендации по уходу за послеоперационной областью.

После операции, на 1-е сутки по визуально-аналоговой шкале боли у пациентки А. боль составляла 2 балла, коллатеральный отёк мягких тканей составлял 1 балл, степень открывания рта составляла 45 мм.

На 3-и сутки по визуально-аналоговой шкале боли у пациентки А. боль составляла 3 балла, коллатеральный отёк мягких тканей составлял 2 балла, степень открывания рта составляла 40 мм.

На 5-е сутки по визуально-аналоговой шкале боли у пациентки А. боль составляла 0 баллов, коллатеральный отёк мягких тканей составлял 1 балл, степень открывания рта составляла 45 мм. На 7 сутки было произведено снятие швов.

На 7-е и 10-е сутки по визуально-аналоговой шкале боли у пациентки А. боль составляла 0 баллов, коллатеральный отёк мягких тканей составлял 0 баллов, открывание рта было полностью восстановлено и составляло 48 мм.

Полная эпителизация послеоперационной области произошла на 10 сутки после операции (Рисунок 36).



Рисунок 36 – Полная эпителизация послеоперационной области

Конусно-лучевая компьютерная томография была проведена до операции, после операции, через 3 и 6 месяцев. До операции показатель RBH составлял 7 мм, показатель RID составлял 4.9 мм. После операции показатель RBH составлял 7 мм, показатель RID составлял 4.9 мм (Рисунок 37).

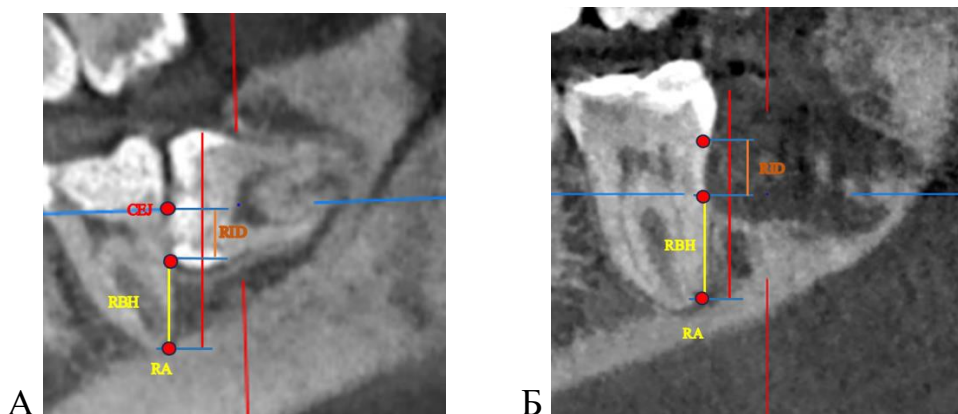


Рисунок 37 – Линейные показатели RBH и RID на КЛКТ до и после операции

Через 3 мес. после операции показатель RBH составлял 9.5 мм, показатель RID составлял 2.8 мм. Через 6 мес. после операции показатель RBH составлял 10.88 мм, показатель RID составлял 1.2 мм (Рисунок 38).

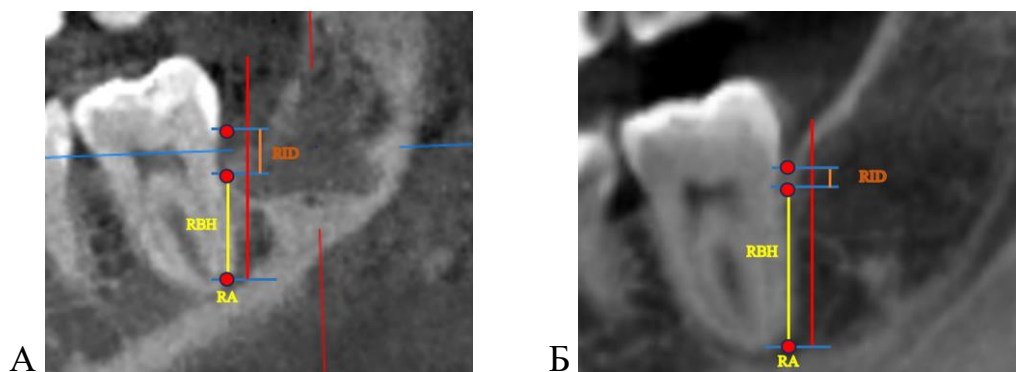


Рисунок 38 – Линейные показатели RBH и RID на КЛКТ через 3 и 6 мес. после операции

При проведении иммунологического исследования измеряли содержание IL-6, IL-8, TNF α , IgA и фактора роста эндотелия сосудов (VEGF) в смешанной слюне в динамике.

Содержание IL-6 до операции составляло 7,45 пг/мл, после операции - 13,44 пг/мл, на 3-и сутки - 100,84 пг/мл, на 7-е сутки - 274,54 пг/мл.

Содержание IL-8 до операции составляло 15,45 пг/мл, после операции - 16,02 пг/мл, на 3-и сутки - 123,14 пг/мл, на 7-е сутки - 0,00 пг/мл [31].

Содержание TNF α до операции составляло 30,33 пг/мл, после операции - 40,35 пг/мл, на 3-и сутки - 7,57 пг/мл, на 7-е сутки - 31,68 пг/мл.

Содержание IgA до операции составляло 354,36 мг/л, после операции - 433,64 мг/л, на 3-и сутки - 775,22 мг/л, на 7-е сутки - 383,69 мг/л.

Содержание VEGF до операции составляло 631,05 мЕ/мл, после операции - 2350,85 мЕ/мл, на 3-и сутки - 3475,55 мЕ/мл, на 7-е сутки - 1005,61 мЕ/мл.

При проведении иммунологического исследования измеряли экспрессию гена бетта-дефензина человека-2 (HBD2) и фактора некроза опухоли альфа (TNF α) в области буккального эпителия и прикрепленной кератинизированной слизистой в зоне операции в динамике.

Экспрессия HBD2 до операции в буккальном эпителии составляло 68,59 (отн.ед.), после операции - 105,42 (отн.ед.), на 3-и сутки - 376,67 (отн.ед.), на 7-е сутки - 520,95(отн.ед.). Экспрессия HBD2 до операции в прикрепленной кератинизированной слизистой составляло 250,56 (отн.ед.), после операции – 400,67 (отн.ед.), на 3-и сутки – 602,4 (отн.ед.), на 7-е сутки – 203,5 (отн.ед.).

Экспрессия TNFa была выражена в малых значениях, которые до операции в буккальном эпителии составляло 0,00 (отн.ед.), после операции - 0,00 (отн.ед.), на 3-и сутки - 0,00 (отн.ед.), на 7-е сутки - 0,00 (отн.ед.).

Экспрессия TNFa была выражена в малых значениях, которые до операции в кератинизированной прикрепленной слизистой составляли 0,00 (отн.ед.), после операции – 0,00 (отн.ед.), на 3-и сутки – 0,00 (отн.ед.), на 7-е сутки – 0,00 (отн.ед.).

Клинический пример № 2 (пациент группы сравнения)

На кафедру хирургической стоматологии Института стоматологии им. Е.В. Боровского ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет) обратилась пациентка К., 27 лет. На КЛКТ был обнаружен ретинированный и дистопированный зуб 3.8, коронка которого упиралась в дистальный корень зуба 3.7, что является риском развития кариеса цемента дистального корня зуба 3.7.

Со слов пациента, аллергологический анамнез не отягощен, наличие инфекционных заболеваний отрицает.

При внешнем осмотре конфигурация лица не изменена, кожные покровы бледно-розового цвета, патологических изменений и образований на кожных покровах не обнаружено. Регионарные лимфатические узлы при пальпации безболезненны, не увеличены, плотно-эластичной консистенции, не спаяны с подлежащими тканями [13].

При осмотре полости рта слизистая оболочка полости рта бледно-розового цвета, увлажнена, патологических изменений не обнаружено. Слизистая оболочка над ретинированным зубом 3.8 бледно-розового цвета, воспалительных изменений в данной области не обнаружено (Рисунок 39).



Рисунок 39 – Ретинированный зуб 3.8

До операции боль и коллатеральный отёк мягких тканей отсутствовали. Степень открывания рта составляла 49 мм.

В институте стоматологии пациентке К. была проведена конусно-лучевая компьютерная томография, на которой был диагностирован ретинированный и дистопированный зуб 3.8 с медиальным наклоном в сторону дистального корня зуба 3.7 (Рисунок 40). Был поставлен диагноз K01.0 - ретинированный зуб 3.8.

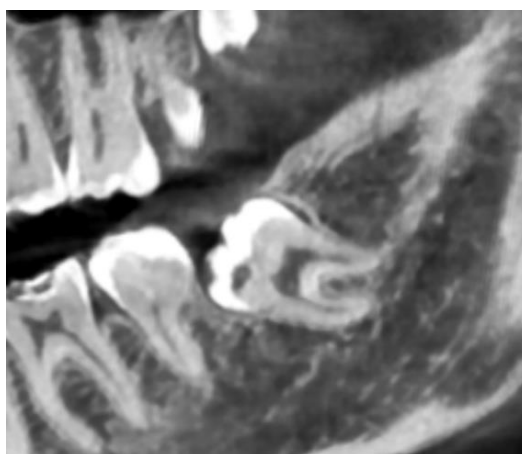


Рисунок 40 – Ретинированный зуб 3.8 на КЛКТ

В соответствии с планом лечения после санации полости рта под местной анестезией раствором Ultracaini DS Forte 1:100000 проводили разрез скальпелем 15С, мобилизовали треугольный слизисто-надкостничного лоскута при помощи распатора (Рисунок 41).



Рисунок 41 – Отслаивание слизисто-надкостничного лоскута

Зуб 3.8 был сегментирован при помощи повышающего наконечника и фрезы Линдемана. При помощи элеваторов и люксаторов части зуба были удалены из лунки (Рисунок 42).



Рисунок 42 – Удаление зуба 3.8 из лунки

После проводили ревизию лунки удаленного зуба, контроль целостности стенок лунки, гемостаз. Слизисто-надкостничный лоскут укладывали в исходное положение, рану ушивали простыми узловыми швами при помощи нерезорбируемого монофиламентного шовного материала Полипропилен 5/0 (Рисунок 43). Снятие швов было проведено на 7 сутки.



Рисунок 43 – Адаптация и ушивание слизисто-надкостничного лоскута

В послеоперационном периоде пациенту назначили Амоксиклав 625 мг по 1 табл. 2 раза в день после приема пищи, Найз (нимесулид) по 1 табл. при болях. Даны рекомендации по уходу за послеоперационной областью.

После операции на 1-е сутки по визуально-аналоговой шкале боли у пациентки А. боль составляла 3 балла, коллатеральный отёк мягких тканей составлял 3 балла, степень открывания рта составляла 40 мм.

На 3-и сутки по визуально-аналоговой шкале боли у пациентки А. боль составляла 5 баллов, коллатеральный отёк мягких тканей составлял 4 балла, степень открывания рта составляла 38 мм.

На 5-е сутки по визуально-аналоговой шкале боли у пациентки А. боль составляла 3 балла, коллатеральный отёк мягких тканей составлял 2 балла, степень открывания рта составляла 42 мм [41].

На 7-е и 10-е сутки по визуально-аналоговой шкале боли у пациентки А. боль составляла 0 баллов, коллатеральный отёк мягких тканей составлял 1 балл, открывание рта было полностью восстановлено и составляло 47 мм.

Полная эпителизация послеоперационной области произошла на 14 сутки (Рисунок 44).



Рисунок 44 – Полная эпителизация послеоперационной области

Конусно-лучевая компьютерная томография была проведена до операции, после операции, через 3 и 6 месяцев. До операции показатель RVH составлял 7.03 мм, показатель RID составлял 5.85 мм. Сразу после операции показатель RVH составлял 7.02 мм, показатель RID составлял 5.83 мм (Рисунок 45).

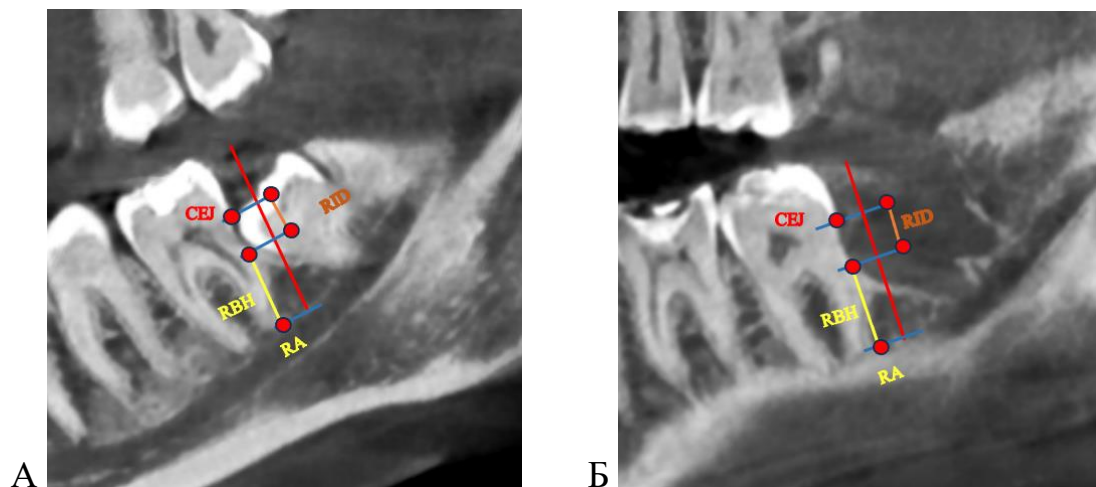


Рисунок 45 – Линейные показатели RVH и RID на КЛКТ до и после операции

Через 3 мес. после операции показатель RVH составлял 8.4 мм, показатель RID составлял 4.83 мм. Через 6 мес. после операции показатель RVH составлял 10.2 мм, показатель RID составлял 3.9 мм (Рисунок 46).

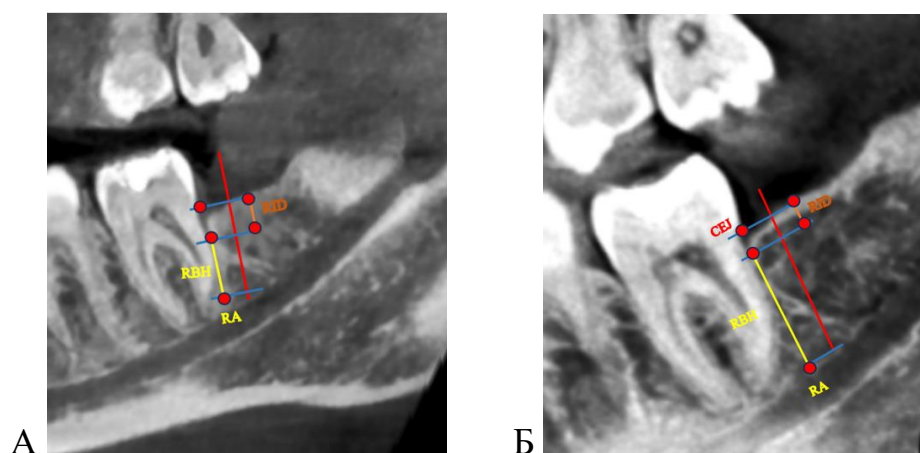


Рисунок 46 – Линейные показатели RBH и RID на КЛКТ через 3 и 6 мес. после операции

При проведении иммунологического исследования измеряли содержание IL-6, IL-8, TNF α , IgA и фактора роста эндотелия сосудов (VEGF) в смешанной слюне в динамике.

Содержание IL-6 до операции составляло 13,33 пг/мл, после операции – 22,78 пг/мл, на 3-и сутки – 240,98 пг/мл, на 7-е сутки - 289,05 пг/мл.

Содержание IL-8 до операции составляло 10,74 пг/мл, после операции - 72,33 пг/мл, на 3-и сутки - 655,17 пг/мл, на 7-е сутки - 177,65 пг/мл.

Содержание TNF α до операции составляло 2,69 пг/мл, после операции - 4,59 пг/мл, на 3-и сутки - 14,34 пг/мл, на 7-е сутки - 2,18 пг/мл.

Содержание IgA до операции составляло 235,58 мг/л, после операции - 509,01 мг/л, на 3-и сутки - 359,40 мг/л, на 7-е сутки - 575,39 мг/л.

Содержание VEGF до операции составляло 91,59 мЕ/мл, после операции - 4478,49 мЕ/мл, на 3-и сутки - 1873,84 мЕ/мл, на 7-е сутки - 402,32 мЕ/мл.

При проведении иммунологического исследования измеряли экспрессию гена бетта-дефензина человека-2 (HBD2) и фактора некроза опухоли альфа (TNF α) в области буккального эпителия и кератинизированной прикрепленной слизистой в зоне операции в динамике.

Экспрессия HBD2 до операции в буккальном эпителии составляла 190,02 (отн.ед.), после операции - 3,66 (отн.ед.), на 3-и сутки - 0,02 (отн.ед.), на 7-е сутки - 0,11 (отн.ед.).

Экспрессия HBD2 до операции в кератинизированной прикрепленной слизистой составляла 7,84 (отн.ед.), после операции – 0,09 (отн.ед.), на 3-и сутки – 1,29 (отн.ед.), на 7-е сутки – 1,29 (отн.ед.).

Экспрессия TNFa до операции в буккальном эпителии составляла 6,23 (отн.ед.), после операции - 30,70 (отн.ед.), на 3-и сутки - 20,25 (отн.ед.), на 7-е сутки - 28,64 (отн.ед.).

Экспрессия TNFa до операции в кератинизированной прикрепленной слизистой составляло 7,67 (отн.ед.), после операции – 1,79 (отн.ед.), на 3-и сутки – 1,45 (отн.ед.), на 7-е сутки – 2,20 (отн.ед.).

ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Актуальность проблемы повышения эффективности хирургического лечения пациентов с ретенцией и дистопией третьих моляров сопряжена, с одной стороны, частотой встречаемости патологии, с другой стороны, высокой травматичностью операции удаления этих зубов. Так, по данным клинических исследований частота встречаемости операции удаления третьего моляра в стоматологических лечебно-профилактических учреждениях (ЛПУ) составляет от 5.99% до 8.63% от всех стоматологических манипуляций [48]. В настоящее время ретинированные нижние третьи моляры являются часто встречающейся патологией среди зубочелюстных аномалий, которая приводит к нарушению положения третьих моляров, что затрудняет их удаление, повышает травматичность вмешательства [37, 166].

Ряд осложнений, возникающих после операции удаления зуба, в муниципальных учреждениях составляют 43,75% случаев, в ведомственных учреждениях – 40,95%, в частных ЛПУ – 34,33% [81]. По данным клинических исследований, осложнения после удаления нижних третьих моляров на фоне применения антибиотикотерапии имеют различную частоту встречаемости: в 3.4% случаев наблюдали локальную воспалительную реакцию в области удаленного зуба, в 3.8% - «сухую лунку», в 1.9% - лихорадку, в 15% - мышечную контрактуру [62].

В связи с высокой степенью травматизации при операции удаления ретинированных третьих моляров нижней челюсти, возникает необходимость поиска малотравматичных методов альтерации как мягких, так и твердых тканей [45]. Современная медицина стремится обеспечить наименее инвазивное хирургическое вмешательство, тем самым обеспечив наиболее комфортное течение послеоперационного процесса. С этой целью целесообразно использовать лазерные технологии [23].

Лазерные технологии, в отличие от режущих и вращающих инструментов, оказывают селективное кратковременное повреждение тканей. Механизм деструктивного действия лазерного излучения на мягкие и минерализованные ткани при их абляции основан на тепловом эффекте [14, 35]. При этом лазерные технологии не оказывают выраженных вибрационных колебаний при работе на кости, обладают выраженным гемостатическим эффектом, что облегчает визуализацию операционного поля, оказывают бактерицидный и бактериостатический эффект. Кроме того, рассеянная часть излучения оказывает физиотерапевтическое действие на ткани послеоперационной области: обеспечивает антибактериальное, иммуностимулирующее, обезболивающее действие, активирует процессы репарации [7, 38, 44].

Ряд авторов, опираясь на полученные данные, пришли к выводу, что применение хирургических лазерных технологий в отличие от традиционных методов альтерации, таких как, режущие и вращающиеся группы инструментов, способствуют уменьшению послеоперационного отёка, боли и ускоряют регенерацию послеоперационной раны [30, 64, 178].

Анализ результатов клинических и лучевых методов исследований показывает, что лазерное излучение обладает меньшей травматизацией тканей во время операции, способствует сокращению сроков регенерации тканей и снижению риска возникновения инфицирования [45]. Также, отечественными и зарубежными авторами доказано, что лазерное излучение обладает бактериостатическим и бактерицидным действием, повышает чувствительность микрофлоры к антибактериальным препаратам, а также способствует уменьшению зоны термического воздействия лазера, которая защищает поверхность раны от слюны и микрофлоры полости рта [39, 128]. Режущие и вращающие группы инструментов не обладают вышеперечисленными свойствами.

С целью абляции мягких и минерализованных тканей в клинической практике широко используют эрбиевый лазер с длиной волны 2940 нм. По данным современной литературы эрбиевый лазер применяют при френулопластике и вестибулопластике, при хирургическом лечении корневых кист челюстей, при

лечении хронического пародонтита, периимплантита, при хирургическом удлинении коронки зуба, при меланиновой гиперпигментации десны и т.д. [45, 77, 85, 96, 101, 111, 129, 134, 161, 165, 179].

Представленный анализ обзора литературных данных свидетельствует об интраоперационных преимуществах и позитивном влиянии лазерного излучения на регенерацию мягких и минерализованных тканей послеоперационной области. Это побудило исследовать эффективность применения эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм при операции удаления ретинированных нижних третьих моляров [28].

Следовательно, целью нашего исследования было оценить эффективность хирургического лечения пациентов с ретенцией третьих нижних моляров при использовании лазерного излучения с длиной волны 2940 нм. Для достижения этой цели нами были поставлены задачи сравнительного анализа эффективности использования эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм и традиционных режущих и вращающихся инструментов при удалении ретинированных третьих моляров нижней челюсти по данным клинических, лучевых и иммунологических методов исследования.

По данным клинических методов исследования выявлены значительные преимущества лазерных технологий.

Так, *при оценке послеоперационной боли* у пациентов обеих групп показатели выраженности боли в группе сравнения статистически были выше во все сроки наблюдения ($p < 0.001$). Полученные данные коррелируют с результатами других исследований. Так, в исследовании Seied Omid Keyhan и соавт. (2019 год) авторы также оценивали выраженность боли по визуально-аналоговой шкале боли (ВАШ) [44]. Разница между выраженностью боли в трёх группах на всех послеоперационных сроках была в пользу лазерных технологий, но не статистически значимая [44]. В исследовании Bedriye Gizem Çelebioğlu Genç и соавт. в 2023 году авторами были получены схожие с нашими результаты [33]. По данным исследования выраженность боли через 24 часа после операции была статистически значима в пользу лазерной группы между группами эрбиевого

лазера, вращающейся группой инструментов и группой пьезохирургии ($p < 0.022$) [33]. Однако в исследовании Tayfun Cıvık и соавт. в 2021 году были получены отличные от наших результаты [7]. Выраженность боли в трех группах исследования (группа лазера, группа вращающих инструментов и группа пьезохирургии) не была статистически значима и выраженность болевой реакции была практически одинакова во всех группах [7]. Различия между результатами исследований могут быть связаны со степенью ретенции третьих моляров, со сложностью и длительностью операции удаления зуба и с опытом стоматолога-хирурга, что напрямую может влиять на течение послеоперационного процесса.

При оценке послеоперационного отёка у пациентов обеих групп выявлено, что показатели выраженности коллатерального отёка у пациентов группы сравнения статистически были выше на протяжении всего послеоперационного периода ($p < 0.001$). На 3 сутки, когда максимально выражена послеоперационная клиническая картина, сильно выраженный отёк наблюдали у 13 (43.33%) пациентов группы сравнения, в группе эрбиевого лазера – ни у одного пациента. Во все сроки наблюдения отмечали достоверные различия показателей выраженности коллатерального отека после операции в пользу лазерных технологий, что подтверждает обезболивающее действие лазерного излучения.

В исследовании Seied Omid Keyhan и соавт. 2019 года авторы оценивали выраженность коллатерального отёка после удаления третьих моляров между тремя группами: группа эрбиевого лазера, группа вращающих инструментов и группа пьезохирургического аппарата. На 2-ые сутки после операции разница между показателями коллатерального отёка среди трёх групп была статистически выражена ($p < 0.0001$) в пользу группы эрбиевого лазера [44].

В исследовании Bedriye Gizem Çelebioğlu Genç и соавт. в 2023 году авторами были получены отличные от нашего исследования результаты [33]. Между тремя группами исследований (группа лазера, группа вращающих инструментов и группа пьезохирургии) не было статистически значимой разницы по послеоперационному коллатеральному отёку через 48 часов и 7 дней после операции [33].

В то же время, в исследовании Tayfun Cıvık и соавт. в 2021 году были получены схожие по показателям коллатерального отёка с нашими результаты. Между группой эрбиевого лазера и группой вращающихся инструментов была разница между показателями в пользу лазера [7].

Результаты систематического обзора и мета-анализа, проведенного Pedro Henrique da Hora и др. в 2022 году были схожи с результатами нашего исследования [27]. Послеоперационная боль, коллатеральный отёк и послеоперационные осложнения в группе эрбиевого лазера были статистически менее выражены, чем в группе вращающихся инструментов (послеоперационная боль – $p < 0,030$; отёк – $p < 0,004$; осложнения – $p < 0,0004$) [27].

При оценке степени открывания рта после операции у пациентов обеих групп выявлено, что показатели по выраженности открывания рта у пациентов на 1, 3, 5, 7 и 10 сутки в группе сравнения статистически были ниже на протяжении всего послеоперационного периода ($p < 0.001$). На 3-и сутки после операции степень открывания рта в группе эрбиевого лазера составляла 42.7 ± 5.07 мм, в группе сравнения – 33.4 ± 6.40 мм ($p < 0.001$); на 7-ые сутки в группе исследования – 45.2 ± 4.46 , в группе сравнения – 41.0 ± 4.00 ($p < 0.001$).

Так, в исследовании Seied Omid Keyhan и др. авторы получили аналогичные результаты по степени открывания рта после операции [44]. При этом, в исследовании Pedro Henrique da Hora и др. в 2022 году получили отличные от нашего исследования результаты по степени открывания рта. Авторы не получили статистически значимую разницу между степенью открывания рта в исследуемой группе (группа эрбиевого лазера) и группе сравнения (группа вращающихся инструментов) ($P = 0.200$) [27]. В исследовании Deepak Passi и др. 2013 года выраженность послеоперационной контрактуры в группе эрбиевого лазера была более выражена, авторы это связывали с длительностью операции удаления третьего моляра.

Результаты *лучевых методов исследования* были значимы как при диагностике, так и в качестве критерия оценки регенерации кости в области костного дефекта после операции удаления ретинированного нижнего третьего

моляра. При этом были получены объективные данные линейных размеров в динамике. *Первичной конечной точкой* являлся линейный показатель RVH (radiographic bone high) через 24 недели после удаления третьего моляра. Регенерацию кости в области удаленного третьего моляра оценивали по конусно-лучевой компьютерной томограмме в динамике.

При оценке линейного показателя RVH по КЛКТ внутри группы сравнения выявили статистические значимые различия между показателями: сразу после операции (7.03 ± 1.27 мм), на 12 неделе (9.27 ± 1.34 мм) и на 24 неделе (11.1 ± 1.37 мм) в послеоперационном периоде ($p < 0.001$).

При оценке линейного показателя RID по КЛКТ внутри группы сравнения выявили статистически значимые различия между показателями: сразу после операции (7.07 ± 2.30 мм), на 12 неделе (5.27 ± 2.00 мм) и на 24 неделе (3.17 ± 0.913 мм) в послеоперационном периоде ($p < 0.001$).

Похожее исследование было проведено Eugene Kim и соавт. в 2019 году, где оценку регенерации кости в области удаленных третьих моляров проводили при помощи линейных показателей RVH и RID. По данным авторов исследования показатель RVH сразу после операции составлял 6.71 ± 0.22 мм, через 24 недели - 13.07 ± 0.15 мм, что коррелирует с данными, полученными в нашем исследовании. Показатель RID сразу после удаления составлял 9.58 ± 2.25 мм, через 24 недели - 3.21 ± 1.39 мм, что так же коррелирует с данными, полученными в нашем исследовании [163].

В исследовании Inocêncio Faria и соавт. в 2013 году также получили похожие с нашим исследованием результаты. Линейный показатель RVH сразу после удаления составил 8.77 ± 2.25 мм, через 3 месяца 10.05 ± 1.78 мм, через 6 месяцев 10.96 ± 1.61 мм ($p < 0.001$). Показатель RID сразу после удаления составлял 4.54 ± 1.87 мм, через 3 месяца - 3.14 ± 1.74 мм, через 6 месяцев - 2.59 ± 1.85 мм ($p < 0.001$) [150].

По результатам нашего исследования через 12 недель после удаления третьего моляра линейный показатель RVH (radiographic bone high) был значительно выше в группе исследования (12.2 ± 1.81), чем в группе сравнения

(9.27 ± 1.34), ($p < 0.001$); через 24 недели после удаления третьего моляра показатель RVH было также статистически выше в группе исследования (14.8 ± 1.32), чем в группе сравнения (11.1 ± 1.37), что означает, что регенерация кости после операции при помощи эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм происходила быстрее в сравнении с группой сравнения ($p < 0.001$).

Полученные данные по линейному показателю RID через 12 недель после операции были меньше в группе исследования (3.03 ± 1.13 мм), чем в группе сравнения (5.27 ± 2.00 мм), что означает, что регенерация кости после удаления при помощи лазерных технологий происходила быстрее в сравнении с группой сравнения ($p < 0.001$); через 24 недели после удаления третьего моляра расстояние RID было также статистически меньше в группе исследования (0.533 ± 0.629 мм), чем в группе сравнения (3.17 ± 0.913 мм) при удалении третьего моляра при помощи режущих и вращающихся инструментов ($p < 0.001$).

Блок *иммунологических исследований* отличает наше исследование от всех предыдущих. Оно обосновано тем, что, как известно, низкоинтенсивная лазерная терапия широко используется в терапевтических целях в современной стоматологии для модуляции иммунного ответа, ускорения регенерации и обезболивающего эффекта [98, 131, 172]. По данным ряда исследований, биостимулирующая терапия может индуцировать экспрессию бета-дефензина человека-2 (hBD-2) посредством двух пересекающихся механизмов: первый действует непосредственно через выработку активной формы кислорода, а второй - через активацию TGF- β 1, опосредованную действием активной формы кислорода [127]. Активные формы кислорода (АФК) вырабатываются в ответ на лазерное излучение. АФК могут (1) непосредственно увеличивать выработку hBD-2 или (2) косвенно стимулировать активацию TGF β 1, которая, в свою очередь, стимулирует выработку hBD-2. Таким образом, TGF β 1 и hBD-2 могут действовать синергически, ускоряя заживление ран [127].

Так, в нашем исследовании при определении экспрессии гена бета-дефензин человека-2 (hBD2) в динамике до и после операции удаления ретинированного третьего нижнего моляра выявили, что в области буккального эпителия в группе

исследования после вмешательства значения hBD2 во все сроки наблюдения значительно превышали таковые в группе сравнения, что свидетельствует о более высокой регенеративной способности биологических тканей в группе исследования.

В прикрепленной кератинизированной слизистой оболочке области операции при определении экспрессии гена бетта-дефензин человека-2 (hBD2) выяснено, что его значения в группе исследования значительно превышают значения группы сравнения ($p < 0.019$), что свидетельствует о более высоком регенераторном потенциале тканей послеоперационной области в группе исследования при использовании эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм.

В исследовании Yu-Hsiu Chu и др. авторы предположили, что низкоинтенсивная лазерная терапия может защитить эндотелиальные клетки от апоптоза, вызванного воспалительным процессом [131]. В эндотелиальных клетках низкоинтенсивная лазерная терапия стимулирует клеточную пролиферацию, экспрессию фактора роста эндотелия сосудов (VEGF) и ангиогенез. Однако, до сих пор неясно, может ли низкоинтенсивная лазерная терапия предотвращать апоптоз эндотелиальных клеток, вызванный воспалительным процессом. Поскольку апоптоз сосудистого эндотелия является одним из основных эффектов TNF- α , авторы предположили, что низкоинтенсивная лазерная терапия может улучшать регенерацию биологических тканей, защищая эндотелиальные клетки от повреждения, вызванного TNF. На основании результатов исследования авторы выявили, что низкоинтенсивная лазерная терапия защищает индуцированный TNF апоптоз эндотелиальных клеток посредством подавления передачи сигналов митоген-активируемой протеинкиназы p38 (MAPK) [131].

Так, в нашем исследовании при исследовании экспрессии гена TNF- α в динамике до и после операции, выявили, что после удаления и на 3-и сутки между группами была выражена статистически значимая разница в содержании TNF α в буккальном эпителии в пользу группы исследования ($p < 0.024$; $p < 0.029$). Также содержание TNF α оценивали в динамике в прикрепленной кератинизированной слизистой оболочке области операции. После удаления и на 3-и сутки между

группами была выражена статистически значимая разница в содержании TNF α в кератинизированной прикрепленной слизистой оболочки области удаленного зуба в пользу группы исследования ($p < 0.011$; $p < 0.050$). Полученные результаты содержания TNF α в послеоперационном периоде свидетельствуют о стимулирующем воздействии лазерного излучения на регенерацию, вероятно, путем защиты эндотелиальных клеток от повреждения, вызванного TNF- α , что коррелирует с результатами вышеописанного исследования Yu-Hsiu Chu и др. в 2018 году [28].

По данным современной научной литературы, низкоинтенсивная лазерная терапия способна стимулировать экспрессию фактора роста эндотелия сосудов (VEGF) и ангиогенез [119, 131]. В нашем исследовании не было получено статистически значимой разницы между группой исследования и группой сравнения в содержании VEGF в смешанной слюне после удаления ($p < 0.893$), на 3 сутки ($p < 0.343$) и на 7 сутки ($p < 0.354$).

IL-6 является как провоспалительным, так и противовоспалительным цитокином. Он секретируется Т-клетками и макрофагами для стимуляции иммунного ответа, а также является ранним маркером повреждения тканей. IL-6 играет двойную роль как в ремоделировании кости, так и в формировании и резорбции кости [119]. В некоторых исследованиях описано влияние низкоинтенсивной лазерной терапии на повышение уровня IL-6 в тканях [119, 170]. В нашем исследовании не было получено статистически значимой разницы между группой исследования и группой сравнения в содержании IL-6 в смешанной слюне после удаления ($p < 0.933$), на 3 сутки ($p = 1.000$) и на 7 сутки ($p < 0.093$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенного диссертационного исследования можно сделать заключение, что применение лазерных технологий позволило повысить эффективность лечения пациентов при операции удаления ретинированных нижних третьих моляров. Послеоперационная боль и коллатеральный отёк мягких тканей менее выражены в группе исследования с применением Er:YAG-лазера. Степень открывания рта в группе исследования выражена меньше, чем в группе сравнения. Экспрессия гена HBD2 в ответ на лазерное излучение в группе исследования была выражена больше, чем в группе сравнения, что говорит об ускорении регенерации ран в послеоперационном периоде. При воздействии лазерного излучения в исследуемой группе экспрессия гена TNF- α была меньше, чем в группе сравнения, что означает менее выраженный воспалительный процесс и ускорение регенерации ран в группе эрбиевого лазера.

ВЫВОДЫ

1. По данным клинических методов исследования течение послеоперационного периода у пациентов группы исследования (Er: Yag) по сравнению с пациентами группы сравнения (режущие и вращающиеся инструменты) на 1,3,5,7 сутки характеризовалось менее выраженной послеоперационной болью ($p<0.001$; $p<0.001$; $p<0.001$; $p<0.001$); менее выраженным коллатеральным отёком мягких тканей ($p<0.001$; $p<0.001$; $p<0.001$; $p<0.001$); более выраженной степенью открывания рта ($p<0.001$; $p<0.001$; $p<0.001$; $p<0.001$). Эпителизация раневой поверхности в послеоперационный период проходила быстрее в группе исследования, чем в группе сравнения ($p<0.001$).

2. По данным конусно-лучевой компьютерной томографии, на основании результатов двух линейных показателей RID и RBH регенерация кости в области послеоперационного костного дефекта в группе исследования проходила быстрее, чем в группе сравнения. Линейный показатель от цементно-эмалевой границы второго моляра до точки пересечения дистального корня второго моляра и медиальной стенкой лунки удаленного зуба (RID) в группе сравнения был больше, чем в группе исследования (Er:Yag) через 12 и 24 недели после удаления третьего моляра ($p<0.001$; $p<0.001$); линейный показатель от рентгенологической верхушки дистального корня второго моляра до точки пересечения дистального корня второго моляра и медиальной стенки лунки удаленного зуба (RBH) в группе исследования (Er:Yag) был больше, чем в группе сравнения через 12 и 24 недели после удаления третьего моляра ($p<0.001$; $p<0.001$).

3. По данным иммунологического исследования бетта-дефензина человека-2 (HBD2) регенеративная способность раневой поверхности была выше в группе исследования, чем в группе сравнения на 3 и 7 сутки после операции удаления третьего моляра ($p < 0.018$; $p < 0.005$).

4. По данным иммунологического исследования экспрессии генов фактора некроза опухоли альфа (TNF-а) в буккальном эпителии и в прикрепленной

кератинизированной слизистой в области удаленного третьего моляра в группе исследования наблюдалось статистически значимо меньшее количество TNF-а, так как действие лазерного излучения защищает эндотелиальные клетки от повреждения, вызванного фактором некроза опухоли альфа (TNF-а).

5. Применение эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм способствует повышению эффективности хирургического лечения пациентов при удалении ретинированных нижних третьих моляров.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При удалении ретинированных нижних третьих моляров рассечение мягких тканей, остеотомию костной ткани и фрагментацию зуба рекомендовано проводить контактным путем эрбиевым лазером с длиной волны 2940 нм с применением наконечника с сапфировым световодом.

2. При работе с минерализованными тканями (кость, эмаль зуба, дентин, цемент корня зуба) необходимо увеличивать энергию эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм до 250 мДж и мощность до 5W; при работе на мягких тканях энергия эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм может составлять 100-200 мДж, мощность – 3W.

3. При работе эрбиевым лазером с длиной волны 2940 нм световод не должен быть в контакте с металлическими конструкциями во избежание ожога окружающих тканей.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

Er:YAG – эрбиевый лазер

RID – radiographic infrabony defect

RBH - radiographic bone high

TNF- α – фактора некроза опухоли альфа

HBD2 – бета дефензин человека-2

IL-6 – интерлейкин-6

IL-8 - интерлейкин-6

VEGF – фактор роста эндотелия сосудов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 15-летний опыт применения стоматологического полупроводникового диодного аппарата "Оптодан" для магнито-лазерной профилактики и лечения стоматологических и сопутствующих заболеваний - факторов риска (часть 2) / А. А. Прохончуков, Н. А. Жижина, А. Г. Колесник [и др.] // Стоматология для всех. – 2009. – № 2. – С. 38-41.
2. Аббас, Н. Терапия мягких тканей с помощью диодного лазера «ЛАМИ» / Н. Аббас, А. Н. Вертей // Dental Market. – 2007. – № 1. – С. 39-42.
3. Аббас, Н. Применение полупроводниковых стоматологических лазерных систем в хирургии и пародонтологии / Н. Аббас // Стоматологический бизнес. – 2006. – Т. 5. – С. 13-16.
4. Аббас, Н. Принципы использования лазерных систем в стоматологии / Н. Аббас // Dental Market. – 2005. – № 2. – С. 7-8.
5. Абрамова, Н. Д. Особенности PRR опосредованных механизмов мукозального иммунитета при вирусной инфекции, вызванной SARS CoV-2 : специальность 3.2.7. «Иммунология» : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Абрамова Наталья Дмитриевна ; Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова. – Москва, 2025. – 126 с.
6. Агеева, С.А. Перспективы использования лазерного излучения в функциональной и эстетической хирургии носа / С.А. Агеева, В.И. Елисеенко, И. А. Петров // Лазерная медицина. – 2017. – Т. 21. – № 4. – С. 5-10.
7. Анализ клинико-экспериментальных исследований применения лазерных технологий в хирургической стоматологии / И. В. Тарасенко, А. Ю. Дробышев, Р. Р. Пиямов [и др.] // Лазерная медицина. – 2011. – Т. 15. – № 2. – С. 106.
8. Ашурко, И. П. Сравнительный анализ различных методов увеличения ширины кератинизированной прикрепленной десны у пациентов при проведении дентальной имплантации : специальность 14.01.14 "Стоматология" : диссертация ...

кандидата медицинских наук / Ашурко Игорь Павлович; Первый московский государственный медицинский университет. им. И.М. Сеченова. – Москва, 2016. – 162 с.

9. Биомеханическое описание структуры костных тканей зубочелюстной системы человека / В. М. Тверье, Е. Ю. Симановская, А. Н. Еловикова [и др.] // Российский журнал биомеханики. – 2007. – Т. 11. – № 1. – С. 9-24.

10. Бургонский, В. Г. Теоретические и практические аспекты применения лазеров в стоматологии / В. Г. Бургонский // Современная стоматология. – 2007. – Т. 1. – С. 10-15.

11. Василевская, З. Ф. Деформации зубочелюстной системы у детей / З. Ф. Василевская, А. Д. Мухина, М. М. Хотимская. – Киев : Здоров'я, 1964. – 330 с. – URL: http://dental-ss.org.ua/load/kniga_stomatologia/ortodontija/deformacii_zubocheljustnoj_sistemy_u_detej/7-1-0-548 (дата обращения: 05.09.2022). – Текст : электронный.

12. Гарбер, О. Г. Особенности кариеса у лиц с аномалиями прикуса и положения зубов / О. Г. Гарбер, В. Б. Недосеко / Тезисы докладов зональной научно-практической конференции. – 1990. – С. 31.

13. Гор, И. А. Лечение пациентов с инородным телом (пломбировочным материалом) в костной ткани челюстей и мягких тканях : специальность 14.01.14 "Стоматология" : диссертация ... кандидата медицинских наук / Гор Илана Александровна; Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). – Москва, 2020. – 150 с.

14. Демидова, И. И. Некоторые вопросы биомеханики прорезывания зубов / И. И. Демидова, А. Р. Андреищев // Стоматология детского возраста и профилактика. – 2002. – № 3-4. – С. 24-26.

15. Дистель, В. А. Взаимосвязь формы лица, челюстей, редукции зубов и поражаемости кариесом / В. А. Дистель // Стоматология. – 1985. – № 2. – С. 19-20.

16. Дорн, А. Происхождение позвоночных животных и принцип смены функций / А. Дорн // Москва, Ленинград : Госиздат. – 1937. – 195 с.

17. Евграфова, А. О. Сравнительный анализ эффективности применения хирургических лазерных технологий для лечения лейкоплакии слизистой оболочки полости рта : специальность 14.01.14 "Стоматология" : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Евграфова Анна Олеговна; Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова. – Москва, 2011. – 96 с.
18. Елисеенко, В. И. Особенности заживления лазерных ран / В. И. Елисеенко // Лазерная медицина. – 2011. – Т. 15. – № 2. – С. 24.
19. Жилин, К. М. Влияние длины волны лазерного излучения ближнего ИК - диапазона на характер силового воздействия на биологические ткани (кровь, венозная стенка, слизистая оболочка и костная ткань) : специальность 01.04.21 "Лазерная физика" : диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / Жилин Кирилл Максимович ; Национальный исследовательский ядерный университет. – Москва, 2013. – 129 с.
20. Журавлев, А. Н. Сравнительный анализ стрессовой реакции организма при хирургическом лечении стоматологических заболеваний с использованием режущих и ротационных инструментов и лазерного излучения : специальность 14.01.14 "Стоматология" : диссертация ... кандидата медицинских наук/ Журавлев Александр Николаевич; Первый Московский государственный медицинский университет. им. И.М. Сеченова МЗ России. – Москва, 2019. – 131 с.
21. Знаменская, Ю. П. Применение препарата на основе гиалуроновой кислоты при аугментации лунок удаленных зубов перед дентальной имплантацией : специальность 14.01.14. "Стоматология" : диссертация ... кандидата медицинских наук / Знаменская Юлия Павловна; Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). – Москва, 2021. – 155 с.
22. Карташов, Д. Д. Комплексный анализ противомикробных пептидов в биологических средах человека : специальность 14.03.09 «Клиническая иммунология, аллергология» : диссертация ... кандидата медицинских наук /

Карташов Дмитрий Дмитриевич; Российский государственный медицинский университет. – Москва, 2010. – 104 с.

23. Клиническое применение излучения диодного лазера для хирургического лечения пациентов со стоматологическими заболеваниями / М. Е. Анатольевна, Т. С. Викторова, Ж. А. Николаевич [и др.] // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. – 2018. – Т. 26. – № 2. – С. 268-279.

24. Куртакова, И. В. Клинико-биохимическое обоснование применения диодного лазера в комплексном лечении заболеваний пародонта : специальность 14.00.21; 03.00.04 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Куртакова Инга Вячеславовна; Московский государственный медико-стоматологический университет. – Москва, 2009. – 24 с.

25. Лазерные технологии в стоматологии / Ю. В. Мандра, Х.Т. Абдулкеримов, Е. Н. Светлакова [и др.]. – Издательский Дом «ТИРАЖ», 2019. – С. 140 с.

26. Леонтьев, В.К. Минерализующая функция слюны и ее особенности – Текст : электронный / В.К. Леонтьев. – URL: <https://dentalcommunity.ru/articles/3008/> (дата обращения: 11.09.2022). – Текст : электронный.

27. Масычев, В. И. Введение в лазерную стоматологию / В. И. Масычев, С. И. Рисованный, О. Н. Рисованная. – Краснодар : Краснодар. изв., 2004. – 121 с.

28. Морозова, Е. А. Применение неодимового лазера в хирургической стоматологии : диссертация ... доктора медицинских наук : 14.01.14 / Морозова Елена Анатольевна; ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). – Москва, 2022. – 341 с.

29. Оптимизация регенерации минерализованных и мягких тканей челюстно-лицевой области после воздействия излучением Er:YAG-лазера / С. В. Тарасенко, Т. П. Вавилова, И. В. Тарасенко [и др.] // Российский стоматологический журнал. – 2016. – Т. 20. – № 2. – С. 66-73. – DOI: 10.18821/1728-28022016;20(2)66-73.

30. Опыт применения хирургических лазерных технологий в амбулаторной практике / С. В. Тарасенко, А. В. Толстых, Е. А. Морозова [и др.] // Инновации и перспективы в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. – 2009. – С. 316-317.

31. Пиямов, Р. Р. Сочетанное применение интраоперационной микроскопии и высокоинтенсивных лазеров при лечении пациентов с поражениями в периапикальных тканях : специальность 14.01.14 "Стоматология" : диссертация ... кандидата медицинских наук / Пиямов Роман Рустамович ; Первый московский государственный медицинский университет. им. И.М. Сеченова. – Москва, 2018. – 164 с.
32. Применение диодного лазерного скальпеля в амбулаторной хирургической стоматологии : новая медицинская технология / А. А. Кулаков, Л. А. Григорьянц, А. С. Каспаров [и др.]. – Москва, 2008. – 23 с.
33. Применение хирургических лазерных технологий в амбулаторной практике / С. В. Тарасенко, А. В. Толстых, Е. А. Морозова [и др.] // Сборник трудов VI Всероссийской конференции «Образование, наука и практика в стоматологии». – 2009. – С. 117-118.
34. Применение эрбиевого лазера с длиной волны 2940 нм при удалении ретинированных третьих моляров / Д.И. Сологова, С.В. Тарасенко, Е.Ю. Дьячкова, О.А. Свитич, Е.М. Туманова, С.И. Сологов // Российский стоматологический журнал. – 2025. – Т. 29. – № 2. – С. 161-173. – DOI: 10.17816/dent643269.
35. Результаты гистологического исследования влияния лазерного излучения в режиме селективного фототермолиза на сосудистые поражения. эксперимент / Е. А. Морозова, О.З. Топольницкий, В.И. Елисеенко [и др.] // Российский стоматологический журнал. – 2017. – Т. 21. – № 5. – С. 237-241.
36. Рейханьян, А. Клиническое применение Er:YAG и CO₂ лазера в имплантологии / А. Рейханьян // Dental Market. – 2007. – № 2. – С. 59-61.
37. Рентгенологический анализ положения зачатков аномально расположенных нижних третьих моляров в процессе их формирования и роста / М. Н. Морозова, С. А. Демьяненко, Н. В. Марченко, В. Н. Кириченко, Е. В. Романова, А. Л. Морозова // Проблемы стоматологии. – 2020. – Т. 16. – № 1. – С. 108-113.
38. Рисованная, О. Н. Преимущества использования лазерных технологий при проведении френулэктомии / С. И. Рисованный, О. Н. Рисованная // Dental Market. – 2007. – № 1. – С. 34-36.

39. Рисованная, О. Н. Современные лазерные технологии в лечении твердых тканей зуба / О.Н. Рисованная // Кубанский научный медицинский вестник. – 2013. – Т. 6. – № 861. – С. 151-155.
40. Северцов, А. Н. Морфологические Закономерности Эволюции / А. Н. Северцов. – Москва, Ленинград : Изд-во Акад. наук СССР, 1939. – С. 610.
41. Степанов, М. А. Хирургическое лечение лихеноидных поражений челюстно-лицевой области с помощью высокоинтенсивных лазеров : специальность 14.01.14. "Стоматология" : диссертация ... кандидата медицинских наук / Степанов Михаил Александрович; Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). – Москва, 2020. – 149 с.
42. Тарасенко, И. В. Клинико-экспериментальное обоснование применения эрбиевого лазера в хирургической стоматологии: специальность 14.01.14 "Стоматология" : диссертация ... доктора медицинских наук / Тарасенко Игорь Владимирович ; Московский государственный медико-стоматологический университет. – Москва, 2012. – 184 с.
43. Тарасенко, С. В. Клиническая эффективность хирургических лазерных технологий в пародонтологии / С. В. Тарасенко, Н. М. Лазарихина, И. В. Тарасенко // Стоматологическое образование. – 2007. – Т. 3. – № 6. – С. 60-63.
44. Тарасенко, С. В. Сочетанное применение эрбиевого и диодного лазеров под контролем операционного микроскопа при лечении пациентов с периапикальными поражениями / С. В. Тарасенко, Р. Р. Пиямов, Е. А. Морозова // Российский стоматологический журнал. – 2016. – Т. 20. – № 5. – С. 277-281.
45. Тарасенко, С. В. Применение эрбиевого лазера для хирургического лечения корневых кист челюстей / С. В. Тарасенко, Е. А. Морозова, И. В. Тарасенко // Российский стоматологический журнал. – 2017. – Т. 21. – № 2. – С. 93-96.
46. Тарасенко, С. В. Экспериментальное обоснование применения лазерного излучения длиной волны 445 ± 40 nm в клинической практике / С. В. Тарасенко, Н. В. Романенко // Российский стоматологический журнал. – 2021. – Т. 25. – № 6. – С. 573-582.

47. Турель, О. И. К вопросу об использовании ретенированных зубов в целях восстановления зубной дуги / О. И. Турель // Советская стоматология. – 1931. – Т. 5. – С. 19.
48. Частота и структура осложнений после удаления зубов мудрости нижней челюсти / А. К. Иорданишвили, А. А. Пономарев, Н. В. Коровин, М. Г. Гайворонская // Медицинский вестник Башкортостана. – 2016. – Т. 62. – № 2. – С. 71-73.
49. Шахно, Е. А. Физические основы применения лазеров в медицине / Е. А. Шахно. – Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2012. – С. 129.
50. Экспериментальное обоснование и клиническое применение Er,Cr:YSGG лазера в комплексном лечении хронического генерализованного пародонтита / С. В. Тарасенко, И. В. Тарасенко, А. И. Воложин [и др.] // Российский стоматологический журнал. – 2009. – № 1. – С. 15-18.
51. Экспериментальное обоснование применения ND : YAG- лазера для лечения сосудистых поражений / Е. А. Морозова, В. И. Елисеенко, А. А. Давтян [и др.] // Лазерная медицина. – 2017. – Т. 3. – № 21. – С. 22-27.
52. A meta-analysis of the prevalence of dental agenesis of permanent teeth / B. J. Polder, M. A. Van't Hof, F. P. G. M. Van Der Linden, A. M. Kuijpers-Jagtman // Community Dentistry and Oral Epidemiology. – 2004. – Vol. 32. – № 3. – P. 217-226.
53. A simple rule governs the evolution and development of hominin tooth size / A. Evans, E. Daly, K. Catlett [et al.] // Nature. – 2016. – Vol. 530. – № 7591. – P. 477-480.
54. A systematic review of the complications of high-risk third molar removal and coronectomy: development of a decision tree model and preliminary health economic analysis to assist in treatment planning / P. Pitros, N. O'Connor, A. Tryfonos, V. Lopes // British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. – 2020. – Vol. 58. – № 9. – P. e16-e24.
55. Akinbami, B. O. Analysis of body mass index, the mandible, and dental alveolar arch factors in prediction of mandibular third molar impaction: A pilot study / B. O. Akinbami, B. C. Didia // Journal of Contemporary Dental Practice. – 2010. – Vol. 11. – № 6. – P. 41-48.

56. Alberto, P. L. Surgical Exposure of Impacted Teeth / P. L. Alberto // *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*. – 2020. – Vol. 32. – № 4. – P. 561-570.
57. Alqahtani, N. A. Evaluation of two flap designs on the mandibular second molar after third molar extractions / N. A. Alqahtani, S. Khaleelahmed, F. Desai // *Journal of oral and maxillofacial pathology : JOMFP*. – 2017. – Vol. 21. – № 2. – P. 317-318.
58. Analysis of complications after the removal of 339 third molars / A. Kiencało, M. Jamka-Kasprzyk, M. Panaś, G. Wyszynska-Pawelec // *Dental and Medical Problems*. – 2021. – Vol. 58. – № 1. – P. 75-60.
59. Analysis of the Effect of Nd:YAG Laser Irradiation on Soft Tissues of the Oral Cavity in Different Modes in an In Vivo Experiment / R. Garipov, M. Elena, E. Diachkova [et al.] // *Biointerface Research in Applied Chemistry*. – 2022. – Vol. 12. – № 3. – P. 2881-2888.
60. Antibiotics Efficiency in the Infection Complications Prevention after Third Molar Extraction: A Systematic Review / D. Sologova, E. Diachkova, I. Gor [et al.] // *Dentistry Journal*. – 2022. – № 10(4). – P. 72.
61. Antibiotics or No Antibiotics, That Is the Question: An Update on Efficient and Effective Use of Antibiotics in Dental Practice / A. Buonavoglia, P. Leone, A. G. Solimando [et al.] // *Antibiotics*. – 2021. – Vol. 10. – № 5. – P. 550.
62. Antibiotics to prevent complications following tooth extractions: A cochrane review / G. Lodi, L. Azzi, E. M. Varoni [et al.] // *Dental Cadmos*. – 2021. – Vol. 89. – № 6. – P. 416-427.
63. Asanami, S. Expert third molar extractions / S. Asanami, Y. Kasazaki. – Tokyo: Quintessence Publishing, 1990. – 103 p.
64. Assessing Postoperative Discomfort After Third Molar Surgery: A Prospective Study / G. B. Grossi, C. Maiorana, R. A. Garramone [et al.] // *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. – 2007. – Vol. 65. – № 5. – P. 901-917.
65. Association between third molar agenesis patterns and agenesis of other teeth in a Japanese orthodontic population / S. Endo, S. Sanpei, R. Ishida [et al.] // *Odontology*. – 2015. – Vol. 103. – № 1. – P. 89-96.

66. Bacteremia following laser and conventional surgery in hamsters / R. Kaminer, C. Liebow, J. E. Margarone 3rd [et al.] // *Journal of oral and maxillofacial surgery*. – 1990. – Vol. 48. – № 1. – P. 45-48.
67. Beasley, K. L. Radiofrequency in cosmetic dermatology / K. L. Beasley, R. A. Weiss // *Dermatologic clinics*. – 2014. – Vol. 32. – № 1. – P. 79-90.
68. Bellows, J. Laser and radiosurgery in veterinary dentistry / J. Bellows // *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. – 2013. – № 43. – P. 651-68.
69. Brujan, E. A. The role of cavitation microjets in the therapeutic applications of ultrasound / E. A. Brujan // *Ultrasound Med Biol*. – 2004. – № 30. – P. 381-387.
70. Carter, K. Morphologic and demographic predictors of third molar agenesis: A systematic review and meta-analysis / K. Carter, S. Worthington // *Journal of Dental Research*. – 2015. – Vol. 94. – № 7. – P. 886-894.
71. CBCT Radiological Features as Predictors of Nerve Injuries in Third Molar Extractions: Multicenter Prospective Study on a Northeastern Italian Population / S. Bigagnoli, C. Greco, F. Costantinides [et al.] // *Dentistry Journal*. – 2021. – Vol. 9. – P. 23.
72. Clinical and histological study of a xenogenic bone substitute used as a filler in postextractive alveolus / C. Arcuri, F. Cecchetti, F. Germano [et al.] // *Minerva stomatologica*. – 2005. – № 54(6). – P. 351-362.
73. Clinical relevance of cone beam computed tomography in mandibular third molar removal: A multicentre, randomised, controlled trial / H. Ghaeminia, N. L. Gerlach, T. J. M. Hoppenreijns [et al.] // *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. – 2015. – Vol. 43. – № 10. – P. 2158-2167.
74. Comparative Study of Piezoelectric and Rotary Osteotomy Technique for Third Molar Impaction / S. A. Basheer, R. Jay Govind, A. Daniel [et al.] // *The journal of contemporary dental practice*. – 2017. – Vol. 18. – № 1. – P. 60-64.
75. Comparative Study of the Surgical Excision of Impacted Mandibular Third Molars Using Surgical Burs and an Erbium-Doped Yttrium Aluminum Garnet (Er:YAG) Laser / R. Sandhu, H. Kumar, R. Dubey [et al.] // *Cureus*. – 2023. – DOI 10.7759/cureus.49816.

76. Comparison of Digital OPG and CBCT in Assessment of Risk Factors Associated with Inferior Nerve Injury during Mandibular Third Molar Surgery / R. Issrani, N. Prabhu, M. Sghaireen [et al.] // *Diagnostics*. – 2021. – Vol. 11. – № 12. – P. 2282.
77. Comparison of Er:YAG laser and surgical drill for osteotomy in oral surgery: an experimental study / D. G. Pandurić, I. Bago, D. Katanec [et al.] // *Journal of oral and maxillofacial surgery: official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*. – 2012. – Vol. 70. – № 11. – P. 2515-2521.
78. Comparison of lateral thermal injury and healing of porcine skin incisions performed by CO2-laser, monopolar electrosurgery and radiosurgery: a preliminary study based on histological and immunohistochemical results / O. K. Schoinohoriti, E. Chrysomali, F. Tzerbos, I. Iatrou // *International journal of dermatology*. – 2012. – Vol. 51. – № 8. – P. 979-986.
79. Comparison of panoramic radiograph and cone beam computed tomography findings for impacted mandibular third molar root and inferior alveolar nerve canal relation / P. Patel, J. Shah, B. Dudhia [et al.] // *Indian Journal of Dental Research*. – 2020. – Vol. 31. – № 1. – P. 91.
80. Comparison of the C-Reactive Protein Level and Visual Analog Scale Scores between Piezosurgery and Rotatory Osteotomy in Mandibular Impacted Third Molar Extraction / L. Shetty, K. Gangwani, U. Londhe [et al.] // *Life (Basel, Switzerland)*. – 2022. – Vol. 12. – № 6. – P. 923.
81. Complications of Third Molar Extraction: A retrospective study from a tertiary healthcare centre in Oman / N. Sayed, A. Bakathir, M. Pasha, S. Al-Sudairy // *Sultan Qaboos University Medical Journal*. – 2019. – Vol. 19. – № 3. – P. e230.
82. Coronectomy of the mandibular third molar: Respect for the inferior alveolar nerve / A. J. Kouwenberg, L. P. P. Stroy, V. D. Rijt [et al.] // *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. – 2016. – Vol. 44. – № 5. – P. 616-621.
83. Correlation between craniofacial growth and upper and lower body heights in subjects with Class I occlusion / T. S. Al-Jewair, C. B. Preston, C. Flores-Mir, P. Ziarnowski // *Dental press journal of orthodontics*. – 2018. – Vol. 23. – № 2. – P. 37-45.

84. Correlation Between Height and Impacted Third Molars and Genetics Role in Third Molar Impaction / W. L. Adeyemo, O. James, A. A. Oladega [et al.] // *Journal of Maxillofacial & Oral Surgery*. – 2021. – Vol. 20. – № 1. – P. 149.
85. Correlation between temperature rise and auto-fluorescence: ex vivo study with Er:YAG laser, Quantum Molecular Resonance scalpel and Nd:YAG laser on hard and soft tissues / G. Ghidini, I. Giovannacci, C. D. Haddad [et al.] // *Journal of biological regulators and homeostatic agents*. – 2021. – Vol. 35. – № 2. – Suppl. 1. – P. 357-364.
86. Crosetti, E. Piezosurgery in head and neck oncological and reconstructive surgery: personal experience on 127 cases / E. Crosetti, B. Battiston, G. Succo // *Acta Otorhinolaryngol Ital*. – 2009. – № 29. – P. 1-9.
87. Dahlberg, A. A. The changing dentition of man / A. A. Dahlberg // *The Journal of the American Dental Association*. – 1945. – Vol. 32. – № 11. – P. 676-690.
88. DeCasien, A. Primate brain size is predicted by diet but not sociality / A. DeCasien, S. Williams, J. P. Higham // *Nature Ecology and Evolution*. – 2017. – Vol. 1. – № 5. – P. 112.
89. Deepa, D. Gingival depigmentation by scalpel, diode laser and electrosurgery-a case report / D. Deepa, A. Chawla, P. Srivastava // *Indian Journal of Dental Sciences*. – 2013. – Vol. 5. – № 1. – P. 62-64.
90. Does laser therapy improve the wound healing process after tooth extraction? A systematic review / C. H. J. Lemes, W. L. de O. da Rosa, C. L. Sonogo [et al.] // *Wound repair and regeneration : official publication of the Wound Healing Society [and] the European Tissue Repair Society*. – 2019. – Vol. 27. – № 1. – P. 102-113.
91. Ecuyer, J. Surgical deductions / J. Ecuyer, J. Debien // *Actualites odontostomatologiques*. – 1984. – Vol. 38. – № 148. – P. 695-702.
92. Effect of Genetic and Environmental Factors on the Impaction of Lower Third Molars / G. Trakinienė, D. Smailienė, K. Lopatienė [et al.] // *Applied Sciences*. – 2021. – Vol. 11. – № 4. – P. 1824.
93. Effectiveness of Photodynamic Therapy as Antiseptic Measure for Oral Cavity and Pharynx: A Systematic Review / D. Sologova, M. Petukhova, P. Podoplelova [et al.] // *Dentistry Journal*. – 2023. – № 11(8). – P. 192.

94. Effects of brain and facial size on basicranial form in human and primate evolution / M. Bastir, A. Rosas, C. Stringer [et al.] // *Journal of Human Evolution*. – 2010. – Vol. 58. – № 5. – P. 424-431.
95. Effects on Bone Repair of Osteotomy With Drills or With Erbium, Chromium: Yttrium-Scandium-Gallium-Garnet Laser: Histomorphometric and Immunohistochemical Study / J. Caldeira, A. Paula, S. Faloni [et al.] // *J Periodontol*. – 2016. – № 87(4). – P. 452-460.
96. Efficacy of Er:YAG laser in the treatment of chronic periodontitis: Systematic review and meta-analysis / F. Sgolastra, A. Petrucci, R. Gatto, A. Monaco // *Lasers in Medical Science*. – 2012. – Vol. 27. – № 3. – P. 661-673.
97. Efficiency of Laser versus Bur in Impacted Mandibular Third Molar Surgery: An Original Research / N. Maiti, P. Sharma, S. Jadon [et al.] // *Journal of pharmacy & bioallied sciences*. – 2021. – Vol. 13. – № 2. – P. S1501-S1505.
98. Enhanced periodontal tissue healing via vascular endothelial growth factor expression following low-level erbium-doped: yttrium, aluminum, and garnet laser irradiation: In vitro and in vivo studies / S. Takemura, K. Mizutani, R. Mikami [et al.] // *Journal of Periodontology*. – 2024. – Vol. 95. – № 9. – P. 853-866.
99. Erbium, chromium:Yttrium-scandium-gallium-garnet (Er, Cr:YSGG) laser versus diode laser in the treatment of pericoronitis / C. N. Eroglu, S. K. Tunc, M. N. Yuksek, S. Elasan // *Nigerian Journal of Clinical Practice*. – 2023. – Vol. 26. – № 7. – P. 980-985.
100. Erbium Yttrium-Aluminum-Garnet Laser Versus Traditional Bur in the Extraction of Impacted Mandibular Third Molars: Analysis of Intra- and Postoperative Differences / I. Giovannacci, G. Giunta, G. Pedrazzi [et al.] // *The Journal of craniofacial surgery*. – 2018. – Vol. 29. – № 8. – P. 2282-2286.
101. Er:YAG Laser for Surgical Crown Lengthening: A 6-Month Clinical Study / C.-K. Chen, Y.-T. Wu, N.-J. Chang [et al.] // *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*. – 2017. – Vol. 37. – № 2. – P. e149-e153.
102. Er:YAG laser promotes proliferation and wound healing capacity of human periodontal ligament fibroblasts through Galectin-7 induction / T. Lin, C. C. Yu, C. M.

Liu [et al.] // Journal of the Formosan Medical Association. – 2021. – Vol. 120. – № 1. – Pt. 2. – P. 388-394.

103. Factors of Successful Treatment Using the Bone Lid Technique in Maxillofacial Surgery: A Pilot Study / S. Sukegawa, N. Yamamoto, T. Matsuyama [et al.] // Journal of Hard Tissue Biology. – 2021. – Vol. 30. – № 2. – P. 193-198.

104. Ferris, R. T. Periodontal-flap management is improved with radiosurgery / R. T. Ferris // Dent Econ. – 1993. – Vol. 83. – P. 96-97.

105. Garn, S. Third molar polymorphism and its significance to dental genetics / S. Garn, A. Lewis, J. Vicinus // J. of dental research. – 1963. – Vol. 42. – № 6. – P. 1344-1363.

106. Gbotolorun, O. M. Assessment of factors associated with surgical difficulty in impacted mandibular third molar extraction / O. M. Gbotolorun, G. T. Arotiba, A. L. Ladeinde // Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons. – 2007. – Vol. 65. – № 10. – P. 1977-1983.

107. Genç, B. G. Ç. A Clinical Comparison of Er:YAG Laser, Piezosurgery, and Conventional Bur Methods in the Impacted Third Molar Surgery / B. G. Ç. Genç, K. Orhan, S. Or // Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery. – 2023. – Vol. 41. – № 6. – P. 283-290.

108. Genetic and environmental influences on third molar root mineralization / G. Trakinienė, I. Andriuškevičiūtė, L. Šalomskienė [et al.] // Archives of Oral Biology. – 2019. – Vol. 98. – P. 220-225.

109. Genome-wide association study identifies four loci associated with eruption of permanent teeth / F. Geller, B. Feenstra, H. Zhang [et al.] // PLoS genetics. – 2011. – Vol. 7. – № 9. – P. e1002275.

110. George, B. Winter. Principles of exodontia as applied to the impacted mandibular third molar : a complete treatise on the operative technic with clinical diagnoses and radiographic interpretations / B. George. – St. Louis, Mo. : American medical book company, 1926. – 835 p.

111. Gingival melanin depigmentation by Er:YAG laser: A literature review / V. Pavlic, Z. Brkic, S. Marin [et al.] // *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*. – 2018. – Vol. 20. – № 2. – P. 85-90.
112. Goldstein, A. Radio microsurgery update: troughing and impression taking / A. Goldstein // *Dentistry Today*. – 2007. – Vol. 26. – № 11. – P. 120-121.
113. González-Forero, M. Inference of ecological and social drivers of human brain-size evolution / M. González-Forero, A. Gardner // *Nature*. – 2018. – Vol. 557. – P. 554-557.
114. Gonzalez-Lagunas, J. Is the piezoelectric device the new standard for facial osteotomies? / J. Gonzalez-Lagunas // *Journal of stomatology, oral and maxillofacial surgery*. – 2017. – Vol. 118. – № 4. – P. 255-258.
115. Guillaume, B. Implant surgery and high-frequency currents. Operative indications / B. Guillaume // *Dent Today*. – 2003. – № 22(11). – P. 80-85.
116. Hattab, F. N. Positional changes and eruption of impacted mandibular third molars in young adults: a radiographic 4-year follow-up study / F. N. Hattab // *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. – 1997. – № 84(6). – P. 604-608.
117. Histologic evaluation of electrosurgery with varying frequency and waveform / W. L. Maness, F. W. Roeber, R. E. Clark [et al.] // *The Journal of Prosthetic Dentistry*. – 1978. – Vol. 40. – № 3. – P. 304-308.
118. Immediate or delayed retrieval of the displaced third molar: A review / D. Di Nardo, G. Mazzucchi, M. Lollobrigida [et al.] // *J. Clin. Exper. Dent*. – 2019. – Vol. 11. – P. e55-61.
119. Incidence of alveolar osteitis after mandibular third molar surgery. Can inflammatory cytokines be identified locally? / H. Øyri, J. L. Jensen, P. Barkvoll [et al.] // *Acta Odontol Scand*. – 2020. – Vol. 79. – № 3. – P. 205-211.
120. Influence of Surgical Flap Design (Envelope and Szmyd) for Removal of Impacted Mandibular Third Molars on Clinical Periodontal Parameters: A Clinical Trial / M. Ahmad, Z. A. Khan, T. U. Khan [et al.] // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2021. – Vol. 18. – № 9. – P. 4465.

121. Interaction between Laser Light and Osteoblasts: Photobiomodulation as a Trend in the Management of Socket Bone Preservation-A Review / A. Amaroli, E. Colombo, A. Zekiy [et al.] // *Biology*. – 2020. – Vol. 9. – № 11. – P. 1-15.
122. Is the Er: YAG Laser Effective in Reducing Pain, Edema, and Trismus After Removal of Impacted Mandibular Third Molars? A Meta-Analysis / P. H. da H. Sales, A. W. P. Barros, P. G. de B. Silva [et al.] // *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*. – 2022. – № 80(3). – P. 501-516.
123. Jaroń, A. The Pattern of Mandibular Third Molar Impaction and Assessment of Surgery Difficulty: A Retrospective Study of Radiographs in East Baltic Population / A. Jaroń, G. Trybek. – Текст : электронный // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2021. – Vol. 18. – № 11. – P. 6016.
124. 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 // *Journal of maxillofacial and oral surgery*. – 2018. – Vol. 17. – № 4. – P. 458-465.
125. Kavanagh, K. D. Predicting evolutionary patterns of mammalian teeth from development / K. D. Kavanagh, A. R. Evans, J. Jernvall // *Nature*. – 2007. – Vol. 449. – № 7161. – P. 427-432.
126. Kwon, Y. D. Piezoelectric Trapezoidal Osteotomy for the Retrieval of a Displaced Dental Implant in the Osteoporotic Mandibular Body / Y. D. Kwon, A. Pae // *Implant dentistry*. – 2016. – Vol. 25. – № 5. – P. 703-706.
127. Laser Biostimulation Induces Wound Healing-Promoter β 2-Defensin Expression in Human Keratinocytes via Oxidative Stress / M. Migliario, P. Yerra, S. Gino [et al.] // *Antioxidants*. – 2023. – Vol. 12. – № 8. – P. 1550.
128. Laser Prospects in Dentistry and Maxillofacial Surgery / V. V. Chernegov, L. V. Vasilieva, A. A. Mitrofanov, O. V. Mitrofanova // *Avicenna Bulletin*. – 2020. – Vol. 22. – № 3. – P. 478-483.
129. Lasers in minimally invasive periodontal and peri-implant therapy / K. Mizutani, A. Aoki, D. Coluzzi [et al.] // *Periodontology 2000*. – 2016. – Vol. 71. – № 1. – P. 185-212.

130. Leung, Y. Y. Long-term morbidities of coronectomy on lower third molar / Y. Y. Leung, L. K. Cheung // Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology. – 2016. – Vol. 121. – № 1. – P. 5-11.
131. Low-level laser therapy prevents endothelial cells from TNF- α /cycloheximide-induced apoptosis / Y. H. Chu, S. Y. Chen, Y. L. Hsieh [et al.] // Lasers in medical science. – 2018. – Vol. 33. – № 2. – P. 279-286.
132. Manuel, S. A Comprehensive Proforma for Evaluation of Mandibular Third Molar Impactions / S. Manuel, L. K. Surej Kumar, M. P. Varghese // Journal of Maxillofacial & Oral Surgery. – 2014. – Vol. 13. – № 4. – P. 378.
133. Mistry, F. Postsurgical consequences in lower third molar surgical extraction using micromotor and piezosurgery / F. Mistry, N. Hegde, M. Hegde // Annals of maxillofacial surgery. – 2016. – Vol. 6. – № 2. – P. 251.
134. Morphological and ultrastructural comparative analysis of bone tissue after Er:YAG laser and surgical drill osteotomy / D. G. Panduric, I. B. Juric, S. Music [et al.] // Photomedicine and laser surgery. – 2014. – Vol. 32. – № 7. – P. 401-408.
135. Msx1 role in craniofacial bone morphogenesis / A. Nassif, I. Senussi, F. Meary [et al.] // Bone. – 2014. – Vol. 66. – P. 96-104.
136. Nageshwar, P. Comma incision for impacted mandibular third molars / P. Nageshwar // J Oral Maxillofac Surg. – 2002. – Vol. 60. – P. 1506-1509.
137. Orthognathic surgery: a randomized study comparing Piezosurgery and Saw techniques / F. Cascino, I. V. Aboh, M. E. Giovannoni [et al.] // Annali italiani di chirurgia. – 2021. – Vol. 92. – P. 299-304.
138. Pederson, G.W. Surgical removal of tooth / G.W. Pederson // Oral surgery. – Philadelphia : WB Saunders, 1988. – 405 p.
139. Pell, G.J. Impacted mandibular third molars: Classification and modified techniques for removal / G.J. Pell, B.T. Gregory // Dent Digest. – 1933. – Vol. 39. – P. 330-338.
140. Pell-Gregory classification is unreliable as a predictor of difficulty in extracting impacted lower third molars / A. G. García, F. G. Sampedro, J. G. Rey [et al.] // British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. – 2000. – Vol. 38. – № 6. – P. 585-587.

141. Periodontal and peri-implant wound healing following laser therapy / A. Aoki, K. Mizutani, F. Schwarz [et al.] // *Periodontology* 2000. – 2015. – Vol. 68. – № 1. – P. 217-269.
142. Piezoelectric Surgery Versus Conventional Osteotomy in Impacted Lower Third Molar Extraction: Evaluation of Perioperative Anxiety, Pain, and Paresthesia / S. I. Kirli Topcu, A. Palancioglu, M. Yaltirik, M. Koray // *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*. – 2019. – Vol. 77. – № 3. – P. 471-477.
143. Piezosurgery: an ultrasound device for cutting bone and its use and limitations in maxillofacial surgery / G. Eggers, J. Klein, J. Blank, S. Hassfeld // *Br J Oral Maxillofac Surg*. – 2004. – № 42. – C. 451-453.
144. Piezosurgery in oral and maxillofacial surgery / G. Pavlíková, R. Foltán, M. Horká [et al.] // *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. – 2011. – Vol. 40. – № 5. – P. 451-457.
145. Piezosurgery versus Rotatory Osteotomy in Mandibular Impacted Third Molar Extraction / B. Bhati, P. Kukreja, S. Kumar [et al.] // *Annals of maxillofacial surgery*. – 2017. – Vol. 7. – № 1. – P. 5-10.
146. Piezosurgery vs bur in impacted mandibular third molar surgery: Evaluation of postoperative sequelae / C. Patil, A. Jadhav, R. K [et al.] // *Journal of oral biology and craniofacial research*. – 2019. – Vol. 9. – № 3. – P. 259-262.
147. Piezosurgery vs conventional rotary instrument in the third molar surgery: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials / J. Liu, C. Hua, J. Pan [et al.] // *Journal of dental sciences*. – 2018. – Vol. 13. – № 4. – P. 342-349.
148. Postoperative evaluation of Er:YAG laser, piezosurgery, and rotary systems used for osteotomy in mandibular third-molar extractions / T. Civak, T. Ustun, H. N. Yilmaz, B. Gursoy // *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. – 2021. – № 49(1). – P. 64-69.
149. Prevalence of hypodontia and associated factors: a systematic review and meta-analysis / K. Khalaf, J. Miskelly, E. Voge, T. V. Macfarlane // *J Orthod*. – 2014. – № 41(4). – P. 299-316.

150. Radiological infrabony defects after impacted mandibular third molar extractions in young adults / A. Inocência Faria, M. Gallas-Torreira, M. López-Ratón [et al.] // *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. – 2013. – Vol. 71. – № 12. – P. 2020-2028.
151. Radiosurgery in dentistry: a review / C. Lorenzi, L. Arcuri, F. Lio [et al.] // *La Clinica terapeutica*. – 2019. – Vol. 170. – № 1. – P. E48-E54.
152. Reliability of Pederson Scale in Surgical Extraction of Impacted Lower Third Molars: Proposal of New Scale / M. Y. Kharma, S. Sakka, G. Aws [et al.] // *Journal of Oral Diseases*. – 2014. – P. 1-4.
153. Renton, T. Factors predictive of difficulty of mandibular third molar surgery / T. Renton, Y. Smeeton, M. McGurk // *British Dental Journal*. – 2001. – Vol. 190. – № 11. – P. 607-610.
154. Scheiwiller, M. Third molar agenesis in modern humans with and without agenesis of other teeth / M. Scheiwiller, E. S. Oeschger, N. Gkantidis // *PeerJ*. – 2020. – Vol. 8. – P. e10367.
155. Schneiderian membrane perforation rate during sinus elevation using piezosurgery: clinical results of 100 consecutive cases / S.S. Wallace, Z. Mazor, S.J. Froum [et al.] // *Int J Periodontics Restorative Dent*. – 2007. – № 27. – P. 413-419.
156. Sherman, J.A. Cosmetic gingivectomy using radiosurgery / J.A. Sherman // *Dent Today*. – 2014. – № 33. – P. 124-126.
157. Sherman, J. A. Implant exposure using radiosurgery / J. A. Sherman // *Dent Today*. – 2007. – № 26(4). – P. 92.
158. Sherman, J.A. Oral surgery simplified with radiosurgery / J.A. Sherman // *Dent Today*. – 2008. – № 27. – P. 123-633.
159. Sherman, J. A. Radiosurgery for gingival melanin depigmentation / J. A. Sherman, A. Gurkan, F. Arıkan // *Dent Today*. – 2009. – Vol. 118. – № 28(1). – P. 120-121.
160. Şimşek Kaya, G. The influence of flap design on sequelae and quality of life following surgical removal of impacted mandibular third molars: A split-mouth randomised clinical trial / G. Şimşek Kaya, G. Yapıcı Yavuz, N. Saruhan // *Journal of Oral Rehabilitation*. – 2019. – Vol. 46. – № 9. – P. 828-835.

161. Smeo, K. Antibacterial effect of Er:YAG laser in the treatment of peri-implantitis and their effect on implant surfaces: a literature review / K. Smeo, R. Nasher, N. Gutknecht. – Текст : электронный. – Lasers in Dental Science. – № 2 (4). – P. 201-211.
162. Smith, M.M. Gingivectomy, gingivoplasty, and osteoplasty for mandibular canine tooth malocclusion / M.M. Smith // Vet Dent. – 2013. – № 30. – P. 184-97.
163. Spontaneous bone regeneration after surgical extraction of a horizontally impacted mandibular third molar: a retrospective panoramic radiograph analysis / E. Kim, M. Y. Eo, T. Thi [et al.] // Maxillofac Plast Reconstr Surg. – 2019. – № 41(1). – P. 4.
164. Strakas, D. Erbium lasers in operative dentistry – a literature review / D. Strakas, N. Gutknecht // Lasers in Dental Science. – 2018. – Т. 2. – № 3. – С. 125-136.
165. Surgical laser oral depigmentation procedure: an investigation on the optimum power settings using Er:YAG laser / Y. Stas, A. Hassan, N. F. Noor [et al.] // Lasers in Dental Science. – 2018. – Vol. 2. – № 3. – P. 181-192.
166. Surgical techniques for the removal of mandibular wisdom teeth / E. Bailey, W. Kashbour, N. Shah [et al.] // Cochrane Database of Systematic Reviews. – 2020. – Vol. 2020. – № 7. – CD004345.
167. Tay, A. B. G. Buccal corticotomy for removal of deeply impacted mandibular molars / A. B. G. Tay // The British journal of oral & maxillofacial surgery. – 2007. – Vol. 45. – № 1. – P. 83-84.
168. Tetsch, P. Operative extraction of wisdom teeth / P. Tetsch, W. Wagner. – London : Wolfe Medical Publications Ltd, 1985. – 160 с.
169. The Bone Lid Technique in Oral and Maxillofacial Surgery: A Scoping Review / S. Sivoilella, G. Brunello, S. Panda [et al.]. – Текст : электронный // Journal of clinical medicine. – 2022. – Vol. 11. – № 13. – P. 3667.
170. The Effect of Low-level Laser Therapy on VEGF, IL-6 Expression and Viability of Oral Squamous Cell Carcinoma Cells / A. Mansourian, S. Pourshahidi, Y. Vafi Manshadi [et al.] // Photochemistry and Photobiology. – 2022. – Vol. 98. – № 5. – P. 1190-1194.

171. The Efficacy of Er:YAG Laser in the Extraction of Impacted Third Molars: A Randomized Clinical Trial / D. Sologova, E. Diachkova, S. Sologova [et al.] // *Dentistry Journal*. – 2024. – № 12(12). – P. 388.
172. The Use of Low-Level Laser Therapy to Reduce Postoperative Morbidity After Third Molar Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis / F. Domah, R. Shah, U. B. Nurmatov, N. Tagiyeva // *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*. – 2021. – Vol. 79. – № 2. – P. 313.e1-313.e19.
173. Third molar agenesis is associated with facial size / N. Gkantidis, M. Tacchi, E. S. Oeschger [et al.] // *Biology*. – 2021. – Vol. 10. – № 7. – P. 650.
174. Third molar impaction in different facial types and mandibular length: A cross-sectional study / K. M. Hasan, C. R. Sobhana, S. K. Rawat [et al.] // *National Journal of Maxillofacial Surgery*. – 2021. – Vol. 12. – № 1. – P. 83.
175. Third molar outcomes from age 18 to 26: findings from a population-based New Zealand longitudinal study / E. Kruger, W. Thomson [et al.] // *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. – 2001. – № 92(2). – P. 150-155.
176. Trismus and pain after removal of impacted lower third molars / M. Parant, G.A. Garcia, G.F. Sampedro [et al.] // *J Oral Maxillofac Surg*. – 1997. – Vol. 55. – P. 1223-1226.
177. Use of lasers and piezoelectric in intraoral surgery / D. L. Costa, E. Thomé de Azevedo, P. E. Przysiezny, L. E. Kluppel // *Oral and maxillofacial surgery clinics of North America*. – 2021. – Vol. 33. – № 2. – P. 275-285.
178. Use of piezoelectric surgery and Er:YAG laser: which one is more effective during impacted third molar surgery? / S. O. Keyhan, H. R. Fallahi, B. Cheshmi [et al.] // *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*. – 2019. – Vol. 41. – № 1.
179. Using Er:YAG laser to remove lithium disilicate crowns from zirconia implant abutments: An in vitro study / J. G. Deeb, S. Bencharit, N. Dalal [et al.] // *PLoS ONE*. – 2019. – Vol. 14. – № 11. – P. 1-12.

180. Varghese, G. Management of Impacted Third Molars / G. Varghese. – Текст : электронный // Oral and Maxillofacial Surgery for the Clinician. – 2021. – URL: https://doi.org/10.1007/978-981-15-1346-6_14 (дата обращения: 07.02.2022).
181. Ventä, I. Radiographic follow-up of impacted third molars from age 20 to 32 years / I. Ventä, L. Turtola, P. Ylipaavalniemi // Int J Oral Maxillofac Surg. – 2001. – № 30(1). – P. 54-57.
182. Williams, M. The changing landscape in the genetic etiology of human tooth agenesis / M. Williams, A. Letra // Genes (Basel). – 2018. – Vol. 9. – № 5. – P. 255.
183. Yolcu, U. Comparison of a new flap design with the routinely used triangular flap design in third molar surgery / U. Yolcu, A. H. Acar // International journal of oral and maxillofacial surgery. – 2015. – Vol. 44. – № 11. – P. 1390-1397.
184. Yuasa, H. Classification of surgical difficulty in extracting impacted third molars / H. Yuasa, T. Kawai, M. Sugiura // British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. – 2002. – Vol. 40. – № 1. – P. 26-31.