

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Красноярский государственный медицинский  
университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации

*На правах рукописи*

**АМЕЛЮХИНА ЖАННА ЮРЬЕВНА**

**КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРА  
ДЛИНОЙ ВОЛНЫ 2780 НМ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО  
ЭНДОДОНТИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ**

3.1.7. Стоматология

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:  
**Фурцев Тарас Владимирович**  
доктор медицинских наук, доцент

Красноярск – 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>3</b>
<b>Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	<b>9</b>
1.1. Микрофлора корневого канала хронического апикального периодонтита .....	9
1.2. Современные аспекты медико-инструментального лечения апикальных форм периодонтитов .....	13
1.3. Применение лазера в лечении стоматологических заболеваний .....	19
<b>Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	<b>25</b>
2.1. Методы экспериментального исследования.....	25
2.1.1. Микробиологическое исследование .....	26
2.1.2. Электронно-микроскопические исследования.....	29
2.1.3. Метод энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии ....	33
2.2. Клиническое исследование .....	35
2.3. Методы лечения .....	37
2.4. Методы статистического анализа результатов .....	39
<b>Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ</b> .....	<b>42</b>
1.1. Экспериментальная часть.....	42
3.1.1. Результаты микробиологического исследования <i>in vitro</i> .....	42
3.1.2. Результаты микробиологического исследования <i>in vivo</i> .....	48
3.1.3. Результаты изменения поверхности дентина корневых каналов при различных способах обработки .....	50
3.1.4. Оценка герметичности obturации корневых каналов с учетом метода обработки.....	55
3.2. Результаты клинико-рентгенологического обследования пациентов .....	61
3.2.1. Результаты клинического обследования пациентов с деструктивными формами хронического апикального периодонтита.....	61
3.2.2. Сравнительная характеристика результатов лечения пациентов с деструктивными формами ХАП с применением Er, Cr: YSGG с длиной волны 2780 нм на мощности 1,5 Вт и традиционного протокола.....	64
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	<b>76</b>
<b>ВЫВОДЫ</b> .....	<b>87</b>
<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ</b> .....	<b>899</b>
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ</b> .....	<b>90</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	<b>91</b>

<b>Приложение А. Информированное добровольное согласие на проведение научного исследования .....</b>	<b>116</b>
<b>Приложение Б. Акты о внедрении в лечебно-диагностический процесс материалов научных исследований. ....</b>	<b>117</b>

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования

«Сохранение естественного зубного ряда является приоритетным направлением современной стоматологии» [1, 90]. Несмотря на значительные успехи клинической стоматологии в вопросах профилактики и лечения кариеса, осложненный кариес по-прежнему является самой распространенной патологией твердых тканей зуба, а хронический апикальный периодонтит более чем в 50% случаев представляет собой одно из наиболее частых показаний к удалению зубов, что значительно влияет на качество жизни пациентов [123, 158, 159].

Деструктивные формы хронического периодонтита предрасполагают к развитию одонтогенного воспалительного процесса в челюстно-лицевой области и могут влиять на снижение иммунологического статуса организма в целом, вызывая тяжелое течение заболеваний внутренних органов [33, 45, 87, 106, 107, 112, 146, 170, 198].

Одной из актуальных проблем современной стоматологии является поиск новых подходов к лечению пациентов с деструктивными формами периодонтитов с целью повышения его успешности, с максимально возможным прогнозируемым отдаленным результатом. Согласно данным D. Orstavik (2020), частота развития отдаленных клинических и рентгенологических признаков прогрессирования изменений в периапикальных тканях достигает 60–70% случаев у пациентов после ранее успешно проведенного эндодонтического лечения [167].

Успешность эндодонтического лечения во многом определяется качеством дезинфекции системы корневых каналов, что и на сегодняшний день является сложной задачей, так как «ни одна из существующих методик ирригации не может гарантировать качественной обработки микроструктур корневого дентина» [4, 6, 21, 78, 178, 183].

Дальнейший поиск, исследование, разработка модифицированных протоколов применения новейших технологий в эндодонтическом лечении хронического апикального периодонтита является значимым и актуальным направлением в современной стоматологии.

## **Степень разработанности темы исследования**

Успешность эндодонтического лечения пациентов с хроническим апикальным периодонтитом определяется качественным выполнением ряда стоматологических манипуляций: инструментальной и медикаментозной обработки системы корневых каналов, с применением эффективных антибактериальных и противовоспалительных медикаментозных препаратов, которые оказывают влияние на систему корневого канала и периапикальные ткани в целом, качественной и герметичной obturацией системы корневого канала. Доказана эффективность применяемых в практике врача стоматолога методов и способов проведения эндодонтического лечения [18, 21, 20, 36, 48, 62, 65, 68, 185]. Вместе с тем, в научных работах отечественных и зарубежных авторов отмечается, «что более чем в 60% случаев после успешно проведенного эндодонтического лечения у пациентов могут вновь развиваться как клинические, так и рентгенологические признаки патологии тканей периодонта» [9, 67, 72, 166].

Алогичность данных, опубликованных по исследуемой теме, а также отсутствию работ, посвященных разработке научно обоснованного алгоритма применения лазера Er;Cr;YSGG 2780 нм в комплексном эндодонтическом лечении пациентов с хроническим апикальным периодонтитом определили актуальность настоящего исследования, позволили сформулировать цель и задачи диссертационной работы.

**Цель исследования:** повышение эффективности эндодонтического лечения пациентов с хроническим апикальным периодонтитом при использовании лазера Er;Cr;YSGG 2780 нм.

### **Задачи исследования:**

1. Сравнить эффективность микробной деконтаминации в корневых каналах зубов с хроническим апикальным периодонтитом, с учетом метода обработки.
2. Исследовать морфологические изменения поверхности стенок корневого канала при разных протоколах обработки.
3. Оценить качество obturации корневых каналов при различных протоколах обработки.

4. Провести сравнительный анализ результатов КЛКТ в группах пациентов с хроническим апикальным периодонтитом до лечения, в течение 24 месяцев после эндодонтического лечения, по традиционному протоколу и с помощью лазера Er;Cr;YSGG 2780 нм.

5. Разработать алгоритм лечения хронического апикального периодонтита с помощью лазера Er;Cr;YSGG 2780 нм, исключающий применение гипохлорита натрия.

### **Научная новизна исследования**

Впервые получены и проанализированы новые данные о морфологических изменениях в стенках корневых каналов в результате воздействия лазера Er;Cr;YSGG 2780 нм на мощности 1,5 Вт при эндодонтическом лечении, отмечается морфологическая трансформация поверхности стенки корневого канала ввиду отсутствия дентинных канальцев, открывающихся в просвет корневого канала, при применении режима на мощности 1,5 Вт наблюдаются единичные открытые дентинные канальцы в 18,7%.

Впервые проведена комплексная сравнительная оценка влияния способа обработки корневого канала на герметичность obturации, наиболее качественные результаты obturации достигаются при проведении обработки корневого канала с помощью лазера Er;Cr;YSGG 2780 нм на мощности 1,5 Вт, дефекты прилегания obturирующего агента составляют  $0,38 \pm 0,65$  ( $p < 0,001$ ) в 28,6% случаях, что является лучшим результатом с группами сравнения.

Разработан и внедрен алгоритм обработки корневых каналов лазером Er;Cr;YSGG 2780 нм, основанный на элиминирующем действии на микроорганизмы в корневом канале у пациентов с хроническим апикальным периодонтитом, практическое применение которого показало высокую клиническую эффективность, восстановление очага деструкции происходит в 84% случаев в течение 24 месяцев при обработке лазером Er;Cr;YSGG 2780 нм на мощности 1,5 Вт, что эффективнее по сравнению с традиционным протоколом на 24%.

## **Теоретическая и практическая значимость работы**

1. Установлено повышение клинической эффективности эндодонтического лечения пациентов с хроническим апикальным периодонтитом при включении в протокол обработки лазером Er;Cr;YSGG 2780 нм на мощности 1,5 Вт, в сравнении с традиционным протоколом лечения.

2. Применение Er;Cr;YSGG 2780 нм на мощности 1,5 Вт значительно улучшает качество герметичности obturации корневого канала.

3. В ходе клинико-экспериментального исследования получены новые данные, подтверждающие эффективность использования лазера Er;Cr;YSGG 2780 нм при лечении пациентов с хроническим апикальным периодонтитом, что позволяет исключить применение гипохлорита натрия из протокола обработки корневого канала.

4. Полученные результаты исследования положены в основу разработанных практических рекомендаций по применению лазера Er;Cr;YSGG 2780 нм при эндодонтическом лечении пациентов с хроническим апикальным периодонтитом, что позволит повысить качество лечения.

## **Положения, выносимые на защиту**

1. Применение лазера Er;Cr;YSGG 2780 нм с параметрами: мощность – 1,5 Вт; частота 50 Гц, вода/воздух – 25/35, импульсов 20, tips 200 мк, при обработке корневых каналов у пациентов с хроническим апикальным периодонтитом, обеспечивает статистически значимый ( $p < 0,05$ ), значительно выраженный антибактериальный эффект в сравнении с другими режимами работы и традиционным протоколом медикаментозной обработки корневого канала.

2. Обработка лазером Er;Cr;YSGG 2780 нм при мощности 1,5 Вт приводит к морфологическим изменениям в стенке корневого канала, что способствует минимальному зазору между obtурирующим материалом и стенкой канала.

3. Клиническое применение лазера Er;Cr;YSGG 2780 нм по предложенному алгоритму в комплексной терапии хронического апикального периодонтита позволяет исключить применение антисептических растворов и достигнуть в течение 12 месяцев в 67%, 24 месяцев в 81% случаев полного исчезновения очага деструкции в периапикальных тканях.

**Степень достоверности и апробации результатов.** Достоверность полученных результатов подтверждается достаточным количеством экспериментальных и клинико-лабораторных наблюдений, а также использованием современных информативных методов исследования и статистического анализа, адекватных поставленной цели и задачам исследований.

**Апробация материалов диссертации.** Основные положения диссертационного исследования доложены и обсуждены на заседаниях проблемной комиссии «стоматологии и оториноларингологии» Красноярского государственного медицинского университета имени проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого (Красноярск, 2020, 2022, 2023); на XV Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы стоматологии» (Красноярск, 2021); на Национальном конгрессе с международным участием «Паринские чтения 2022» (Минск, Беларусь, 2022); на XVII Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы стоматологии» (Красноярск, 2023). Апробация диссертационной работы проведена на проблемной комиссии «стоматологии и оториноларингологии» (2024) (протокол № 80)

**Внедрение результатов исследования в практику.** Основные результаты исследования внедрены в учебный процесс кафедры терапевтической стоматологии ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России (г. Самара), кафедры терапевтической стоматологии ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России (г. Новосибирск); в лечебную работу ООО «Лечебно-научно-учебно-производственный центр «МедиДент» (г. Красноярск); в лечебную работу стоматологической клиники «Лазер Смайл» (г. Самара) (Приложение Б).

**Публикации результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 5 печатных работ, из них 4 – в изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий или входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук и изданиях, приравненные к ним.

### **Личный вклад автора в исследование**

Автором проведен поиск и обзор отечественных и зарубежных источников литературы по теме исследования, а также патентно-информационный поиск; проведены клинические и экспериментальные исследования.

Лично автором подготовлены образцы (обработка корневых каналов удаленных зубов, последующая obturация, приготовление шлифов, сколов) для экспериментального исследования. Экспериментальные исследования проводились при непосредственном участии автора.

Диссертант лично проводила клиническое обследование и лечение 127 пациентов с хроническим апикальным периодонтитом, анализ рентгенологических и КЛКТ-исследований, статистическую обработку и анализ полученных результатов. Автором подготовлены и опубликованы статьи в журналах из перечня ВАК и РИНЦ.

Диссертант при участии научного руководителя формулировала цель и задачи исследования, выводы и научные положения, выносимые на защиту, разрабатывала дизайн исследования.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 121 странице печатного текста, который включает 40 рисунков и 20 таблиц. Работа имеет классическую структуру: состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследования, главы результатов собственных исследований, обсуждения полученных результатов, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, содержащего 99 отечественных источников и 101 иностранный источник, а также 2 приложения.

## Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1. Микрофлора корневого канала хронического апикального периодонтита

Полость рта представляет собой сложную и динамичную среду. Микробиоту ротовой полости формируют более 1000 видов микроорганизмов [31, 65, 90, 114, 125, 181, 182, 186]. «В настоящее время установлена способность неоральных микроорганизмов колонизировать ротовую полость» [200]. Неоральные микроорганизмы «они могут не только встречаться в значительном количестве у лиц с ослабленным иммунитетом и госпитализированных больных, но и колонизировать слизистую оболочку полости рта [116, 155, 165, 184, 197], что превращает «полость рта в резервуар для многочисленных патогенов, которые способствуют развитию инфекций [28, 31, 12, 200].

Несмотря на то, что «полость рта является одной из самых густонаселенных микробами экосистем организма человека, замкнутая анатомия корневых каналов зуба обеспечивает эффективный первичный барьер против микробной колонизации пульпы» [80, 86]. «Бактерии не попадают в пульпу через коронковую часть зуба до тех пор, пока целостность эмали не нарушена» [80]. «Интактная пульпа зуба в норме является стерильной и не имеет комменсальной микробиоты» [171].

В фундаментальных исследованиях Ресога J. и соавт. (1991) была доказана роль микроорганизмов как первичных этиологических агентов инфекций корневых каналов [90]. Современный уровень знаний и диагностики подтверждает, что главная причина развития воспалительных заболеваний периодонта – микробный фактор [16, 36, 69, 80, 86, 109, 145, 162, 171].

«Указывая на важность микроорганизмов в развитии апикального периодонтита, ряд исследователей обращает внимание на то, что микроорганизмы могут попасть в полость зуба через трещины после травмы, так как трещина не всегда заканчивается в эмали» [15, 90], из кариозных очагов [2, 34, 131, 176], из пародонтальных карманов [59, 61, 64,], «редко ретроградно – при нагнаивании опухолей, первичных кист челюстей или при сепсисе» [195].

Нередко апикальный периодонтит возникает после проведения эндодонтического лечения, при формировании условий одномоментного проталкивания инфицированного распада пульпы в ткани периодонта [4, 29, 151])

I. F. Person (2017) в эксперименте доказал, что хронический апикальный периодонтит «обусловлен поступлением инфекционно-токсического содержимого корневых каналов через верхушечное отверстие» [171].

«В последнее десятилетие молекулярно-генетическая диагностика позволила идентифицировать микроорганизмы в корневых каналах до видовой и штаммовой принадлежности. Высокая чувствительность и специфичность полимеразной цепной реакции (ПЦР), методы секвенирования ДНК дают возможность оценить микробиом эндодонтических инфекций, установить уровень микробной контаминации и оценить контроль эффективности эрадикации патогенов корневого канала» [108].

«Ю. Винниченко (2000) из корневых каналов пациентов с апикальным периодонтитом выделил *E. faecium*, *E. faecalis*, *S. aureus*, *S. epidermidis*, *S. pyogenes* групп А и В, *S. viridans*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Providencia alcalifaciens*. Доминантная микрофлора – факультативные анаэробы в полимикробных ассоциациях» [17].

Более поздние исследования отечественных авторов [5, 7, 8, 18, 69] показали, что микробный пейзаж при хроническом апикальном периодонтите в корневых каналах представлен смешанной факультативно-анаэробной и облигатноанаэробной микрофлорой, при их разной роли в развитии периодонтита:

1. Факультативно-анаэробная микрофлора: представители рода *Streptococcus* (выявленные в 65,8% случаев исследований); в пропорции 2,7:1 к другим видам микроорганизмов; стафилококки (62,8%); энтерококки (50%); облигатно-анаэробные микроорганизмы (22,1%); неспорообразующие и факультативно-анаэробные палочки (16,8%); дрожжеподобные грибы рода *Candida* (14,6%); факультативно-анаэробные кокки (10,9%).

2. Облигатноанаэробная микрофлора (36,3% случаев микробиологического исследования): *Eubacterium spp.* (70%), *Fusobacterium spp.* (35,5%), *Leptotrichia spp.* (30%), *Peptococcus spp.* (27,3%), *Peptostreptococcus spp.* (27,3%), *Bacteroides spp.* (8%), *Propionibacterium spp.* (29,2%), *Veillonella spp.* (5,5%).

В целом бактериальная плотность выявленных факультативно-анаэробных и облигатноанаэробных микроорганизмов на корневой канал составляет  $10^5$ – $10^8$  КОЕ/мл.

Аналогичные результаты получены J. F. Siqueira и соавт. (2002), которые выявили доминирование пигментообразующих грамотрицательных анаэробов, что свидетельствует о важности этих бактерий в этиологии и развитии периодонтита. Необходимо отметить, что авторы «корреляции между выделенными видами и клиническими признаками заболевания не выявили» [186].

С. Н. Громова с соавт. (2020) подчёркивают, что «в инфицированном корневом канале могут персистировать более двенадцати видов бактерий и грибов, количество бактериальных клеток (колониеобразующие единицы, КОЕ/г) варьирует от  $< 10^2$  до  $> 10^8$  на 1 г образца» [16].

*E. faecalis* часто выявляют в монокультуре из каналов, подвергавшихся эндодонтическому лечению, но редко обнаруживают при первичном апикальном периодонтите. *E. faecalis* – грамположительный факультативный анаэроб, неподвижный и не образующий спор микроорганизм, при средних размерах в 1 микрон, может проникать в дентинные каналы путем последовательного деления на глубину 500 мкм и более [122, 189, 190]. «Обычной средой обитания *E. faecalis* является желудочно-кишечный тракт, но в качестве транзитной микробиоты он часто обнаруживается в гепатобилиарном тракте, влагалище, полости рта» [194].

В своем исследовании А. С. Anderson (2016) подчеркивает, «что только 33% зубов, из которых выделяли этот микроорганизм, были успешно излечены после повторного пломбирования корневых каналов. Несмотря на то, что частота обнаружения *E. faecalis* в полости рта у здоровых лиц сравнительно невелика 1–20%, но повышается до 68% у пациентов со стоматологическими заболеваниями, такими как кариес, периодонтит, заболевания пародонта и СОПР» [135].

*E. faecalis* является наиболее превалирующим по частоте встречаемости микроорганизмом, опосредующим неудачи эндодонтического лечения и возникновение скудной вторичной инфекционной симптоматики, причиной резистентных вто-

ричных апикальных периодонтитов [126, 187, 196, 199], хотя и не считается распространенным этиологическим агентом, вызывающим пульпит и первичный апикальный периодонтит.

Полученные авторами результаты находят подтверждение и в работах российских ученых: так, В. Л. Кукушкин с соавт. (2017) подтвердили, что «грибы рода *Candida* и *E. faecalis* являются редкими обитателями системы эндодонта при хроническом апикальном периодонтите» [5], однако именно они способствуют малоэффективному затяжному эндодонтическому лечению в связи с высокой антимикробной резистентностью [5].

Т. С. Pereira, R. J. В. Dijkstra и соавт. (2021) утверждают, что микроорганизмы находятся в эндодонте в двух состояниях:

1) в виде биопленки, покрывающей стенки основного канала, боковых каналов и перешейков полости зуба, иногда погружается в дентинные канальцы на глубину 300 мкм; в 70–80% случаев при периодонтите биопленка проникает в дентинные канальцы, иногда покрывает периапикальный периодонт;

2) в планктонной фазе – свободные микробы, которые находятся в жидкой среде эндодонта (пульпа, некротические массы, дентинная жидкость) [106, 115, 189, 193].

P. N. Nair (1987) впервые расшифровал ультраструктуру биопленки бактерий в инфицированном корневом канале как конгломерат микроорганизмов, который погружен в экстрацеллюлярный аморфный матрикс.

«Биопленка в системе корневых каналов зуба – высокоорганизованная структура, включающая в себя бактериальные клетки, покрытые высокоадгезивной внеклеточной полимерной матрицей, с помощью которой они прикрепляются к поверхностям стенок корневых каналов и дентинных трубочек» [181].

Работы многих исследователей доказательно утверждают, что формирование биопленок происходит «при вторичном инфицировании, длительно существующем воспалении, неудачном лечении, с преобладанием грамотрицательных анаэробных штаммов» [96, 103, 191].

Согласно данным, полученным Л. А. Мозговой и соавт. (2018), «микроорганизмы при гранулематозной форме хронического апикального периодонтита чаще всего существуют в виде биопленки. Выявлено, что при деструктивных формах хронического апикального периодонтита пленкообразующая способность штаммов энтерококков более чем в 6 раз выше, чем при других формах апикальных периодонтитов. По мнению авторов, длительное существование инфекционно-воспалительного процесса повышает способность штаммов микроорганизмов к пленкообразованию» [51, 108].

Таким образом, хотя инфекционная природа эндодонтической патологии была установлена несколько десятилетий назад, с развитием современных методов микробиологической диагностики качественный состав микроорганизмов пересматривается и с каждым исследованием дополняется. Любые виды микробов, вновь обнаруженные в пространстве корневых каналов, могут быть потенциальными патогенами. Дальнейшие исследования видового состава микрофлоры корневых каналов являются востребованными, и позволят только увеличить клиническую эффективность эндодонтического лечения.

## **1.2. Современные аспекты медико-инструментального лечения апикальных форм периодонтитов**

В ряде публикаций показано, «что основные принципы эффективного лечения апикального периодонтита заключаются в тщательной инструментальной и медикаментозной обработке инфицированных корневых каналов с последующей герметизацией всех входных и выходных отверстий» [15, 18, 90, 118, 120].

С 1838 г., когда Edwin Maynard изготовил из часовой пружины первый инструмент для удаления пульпы из корневого канала, и по настоящее время эндодонтический инструментарий продолжает совершенствоваться [65].

Цели и задачи данного этапа лечения остаются постоянными, несмотря на многообразие современных методик и инструментов: дезинфекция и формирование корневого канала для качественной ирригации и obturation, удаление распада пульпы, инфицированного дентина [1, 18, 20, 26, 29, 128, 161].

«Критериями качества инструментальной обработки корневого канала являются придание каналу конусообразной формы, сохранение неизменного диаметра апикального отверстия, наличие сформированного апикального уступа» [28], дебритмент корневого канала и трехмерная подготовка канала для планируемого obturирования. При этом рекомендуется достаточное для качественного дебритмента увеличение канала с сохранением исходной анатомической формы и круглого поперечного сечения последнего с гладкими, сужающимися к апексу стенками [68, 75, 82, 84].

Имеется научно обоснованное мнение, что «классические эндодонтические инструменты с постоянной конусностью 2% не позволяют качественно провести формирование корневого канала, не обладают достаточной гибкостью, которая к тому же уменьшается по мере увеличения размера инструмента, согласно стандартизации ISO» [4, 28]. Авторы также подчеркивают:

1) классические стальные файлы наиболее применимы при использовании «Step-Back» техники препарирования корневого канала, которая далеко не всегда приемлема, так как имеет высокий риск выталкивания инфицированных тканей в периапикальную область и не позволяет качественно производить медикаментозную обработку корневого канала в процессе его препарирования, создавая опасность блокировки просвета дентинными опилками;

2) имеются необработанные участки, и сам просвет канала имел форму неправильной геометрической фигуры в более чем 50% случаев.

По мнению Н. Н. Фирсовой с соавт. (2019), «метод эндодонтической обработки сложных корневых каналов ручными инструментами может привести к значительному числу осложнений во время препарирования; кроме того, он более затратный по времени, чем обработка роторными инструментами» [84]. Авторы исследовали эффективность инструментальной обработки зубов с С-образной системой корневых каналов с использованием двух эндодонтических систем: Gentlefile и XP-endo. «СЭМ-фотографии образцов, обработанных Gentlefile, показали более грубые дентинные поверхности, наличие смазанного слоя, меньшее количество открытых дентинных канальцев, чем при использовании инструментов XP-endo» [84].

Высокие требования к качеству инструментальной обработки обуславливают приоритетность препарирования и формирования системы корневого канала с помощью машинных никель-титановых инструментов, в частности, с использованием специальных эндомоторов для контроля торка, а также системы ProTaper с прогрессирующей конусностью и безопасной верхушкой для качественного формирования корневого канала. «Хорошие результаты по качеству и времени инструментальной обработки корневого канала были получены при использовании ProTaper Mtwo (VDW). Авторы считают важным тот факт, что каждый инструмент этой системы работает сразу на всю рабочую длину, не требуя поочередной, последовательной обработки корневого канала по методике «Crown Down». В процессе исследования было установлено время на обработку одного корневого канала, которое составило 233 секунды, с учетом того, что для полноценного препарирования нужно последовательно использовать всего четыре машинных файла» [60, 90].

Результаты исследования Г. Р. Рувинской с соавт. (2016) «продемонстрировали, что качество механической обработки корневого канала реципрокными инструментами выше, чем при работе с полновращающимися ротационными инструментами» [75]. «При инструментальной обработке корневого канала были получены ровные гладкие стенки в апикальных, срединной и корональных третях корневых каналов» [75] (полновращающимися и/или реципрокными видами инструментов). «Степень шероховатости при обоих типах обработки сопоставима ( $9,94 \pm 0,03$  и  $9,56 \pm 0,07$  мкм). Однако количество микротрещин на единицу периметра шлифа в группе реципрокных инструментов составило 2,2 ед., что в 3 раза меньше, чем в группе обработанных полновращающимися файлами, где этот показатель достиг 6,1 ед.» [75].

В то же время В. Э. Статкевич с соавт. (2018) считают, что качество инструментальной обработки корневых каналов ручными ProTaper, стандартными стальными файлами и машинными обработками никель-титановыми протейперами обеспечивает оптимальную форму и размер для пломбирования корневого канала, что позволяет добиться положительного результата в 96% случаев [82].

Во время препарирования корневого канала большая часть органических остатков удаляется, в том числе микроорганизмов. Однако в канале остается часть бактерий, которые способны к размножению и жизнедеятельности и, что обуславливает проведение антисептической обработки.

Учеными высказывается единодушное мнение [18, 36, 69, 125, 127, 149, 188], что «антисептическая обработка корневых каналов является одной из значимых составляющих эндодонтического лечения» [69]. Однако, несмотря на то, что ряд исследователей исследовали и продолжают исследовать этот вопрос, «на сегодняшний день ни один из известных химических агентов не способен удовлетворить всем требованиям, предъявляемым к растворам для промывания корневых каналов» [62, 153].

При мощном развитии инструментальных методик обработки корневых каналов средства для антисептической обработки корневых каналов чаще всего представлены разными вариациями растворов гипохлорита натрия (NaOCl), хлоргексидина (СНХ), ЭДТА, гидроокисью кальция [83, 141].

Самим эффективным средством против бактериальных биопленок (включая *E. faecalis*), по мнению ряда авторов, является гипохлорит натрия (NaOCl) с выраженным бактерицидным и протеолитическим действием, в концентрациях от 0,5 до 6%, все из которых демонстрируют выраженные результаты [3, 90]. Одним из недостатков, помимо пагубного воздействия на органические компоненты дентина, является высокое поверхностное натяжение, что ограничивает его проникновение в неровности системы корневых каналов, такие как глубинные отделы дентинных канальцев, перешейки и «плавники».

Daiana Elisabeth Böttcher и соавт. (2015) в своих работах отмечают, что минимальная ингибирующая концентрация СНХ, от которой нарушается нормальная жизнедеятельность 90% микроорганизмов, колеблется от 0,032 до 0,040 мг/мл для Gr+ и Gr- микроорганизмов, но концентрации СНХ 0,051 мг/мл и 0,066 мг/мл были определены спустя 48 часов и 7 дней после медикаментозной обработки корневых каналов, что говорит о его антибактериальной долгосрочной эффективности [122].

Для дезинфекции корневых каналов раствор гипохлорита натрия рекомендуют использовать поочередно с препаратами, которые растворяют неорганический компонент стенки корневого канала, поскольку он не способен убирать смазанный слой. Н. О. Ozdemir и соавт. (2017) утверждают, что применение комбинации 2,5%-го раствора гипохлорита натрия и 17%-й этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) значительно уменьшает количество микробной биопленки на поверхности корневых каналов [90].

17%-я ЭДТА является деминерализующим средством, которое рекомендовано в качестве вспомогательного при медикаментозной обработке корневых каналов. Несмотря на недостаточную или незначительную антибактериальную активность, 17%-я ЭДТА хорошо удаляет смазанный слой дентина, что способствует очистке и раскрытию дентинных канальцев для более качественной их ирригации и obturации [28].

Дискутабельной остается возможность адекватной дезинфекции в одно посещение. В то же время клинические исследования возможностей лечения инфицированных зубов с апикальным периодонтитом в несколько посещений дают неоднозначные результаты [1, 28, 90].

С точки зрения А. А. Адамчика (2017) и других авторов, недостаточно для достижения терапевтического эффекта качественной инструментальной и медикаментозной обработки в инфицированных корневых каналах. Усиление дезинфекции корневого канала после завершения инструментальной и медикаментозной обработки обуславливает необходимость временной obturации канала пастой, которая содержит гидроокись кальция, воздействующей (благодаря высокому рН) на микрофлору и вызывающей лизис некротизированных тканей [1, 168, 169].

Вместе с тем имеются данные И. А. Юровской с соавт. (2019), которые в результате своих исследований делают вывод, что «в зубах с сильно разрушенной апикальной конструкцией успешный исход лечения отмечен в 53% случаев при лечении в одно посещение и в 61% – в два» [26]. «Относительная вероятность успешного исхода была в 1,38 раза выше после лечения в два посещения. В то же время общий низкий процент успешных результатов (58%) позволяет сделать вывод, что

ни одно-, ни двухсеансный метод лечения периодонтита в зубах с полностью разрушенной апикальной констрикцией нельзя рекомендовать для получения предсказуемого результата лечения» [26].

Неоднозначным в современной стоматологии становится вопрос в отношении способов ирригации [164].

Убедительно мнение, что «традиционные способы ирригации с помощью эндодонтического шприца не обладают достаточной эффективностью в отношении смазанного слоя и микробной биопленки, особенно в области апекса» [90].

Ellen Deleu (2013) со своими коллегами «при сравнении обычного протокола ирригации с использованием эндодонтических шприцев и различных вариантов дополнительной активации растворов ирригантов (мануально-динамическая ирригация, пассивно-ультразвуковая ирригация, лазер-активированная ирригация) пришла к выводу, что обычный протокол ирригации удалял значительно меньше дентинных опилок и смазанного слоя, по сравнению с теми группами, где использовалась активация ирригантов» [123, 133].

Это подтверждается и в исследованиях научных школ отечественных ученых В. Н. Царева (2016) и И. М. Рабиновича (2012). Согласно их выводам, сделанным «в результате микробиологических исследований, более эффективное очищение канала от органических остатков, микроорганизмов и продуктов их метаболизма происходит с помощью длительной ирригации корневых каналов антибактериальными препаратами в сочетании с ультразвуковой активацией, что позволяет обрабатывать труднодоступные участки, особенно при различных вариантах анатомического строения корневых каналов» [66].

Все вышеизложенное позволяет заключить, что в литературе описаны многочисленные стратегии борьбы с проявлением эндодонтической инфекции [50, 68, 90, 169, 171]. Однако необходимо учитывать наличие у микроорганизмов разнообразных механизмов резистентности, которые зачастую нивелируют эффективность традиционных подходов к эндодонтическому лечению, не смотря на наличие вспомогательной аппаратуры, материалов, технологий. Проблема эффективности эндодонтического лечения на современном этапе далека от ее окончательного решения.

Таким образом, на основании проведенного анализа литературных источников можно заключить, что дальнейший поиск оптимального ирриганта, методик его активации, способных полностью элиминировать устойчивые микроорганизмы, остается актуальным.

### 1.3. Применение лазера в лечении стоматологических заболеваний

Лазер – это устройство, в котором энергия (тепловая, химическая, электрическая) преобразуется в энергию электромагнитного поля – лазерный луч. Лазеры были созданы в 1955 г. российскими физиками А. М. Прохоровым и Н. Г. Басовым и, независимо от них, американским физиком Ч. Таунсом, за что удостоены Нобелевской премии (1964 г.) [41, 59].

В стоматологической практике возможно использование лазеров 5 типов (Таблица 1).

**Таблица 1** – Типы лазеров, используемых в стоматологической практике [10, 46, 23]

<i>Тип</i>	<i>Описание</i>
Тип I	Аргоновый лазер, используемый для препарирования и отбеливания зубов, медикаментозной гипертрофии десен
Тип II	Аргоновый лазер, применяемый при операциях на мягких тканях
Тип III	Nd: YAG, CO <sub>2</sub> , диодные лазеры, применяемые при операциях на мягких тканях, для удаления доброкачественных опухолей
Тип IV	Er: YAG-лазер, предназначенный для препарирования твердых тканей зуба, удаления разрастания десны вокруг имплантата
Тип V	Er, Cr: YSGG-лазеры, предназначенные для препарирования и отбеливания зубов, эндодонтических вмешательств, а также для хирургического воздействия на мягкие ткани. По химической структуре рабочее вещество представляет собой иттрий-скандий-галлиевый гранат, модифицированный атомами эрбия и хрома. Рабочая длина волны данного типа излучателей – 2780 нм. Среди хирургических аппаратов в силу своей универсальности и высокой технологичности различные модификации YSGG-лазера наиболее популярны

Развитие лазерной терапии в стоматологической практике связано в первую очередь с такими именами, как О. И. Ефанов, Л. Я. Зазулевская, Д. Л. Корытный, А. А. Кунин, А. А. Прохончуков, И. А. Шугайлов. Используемые ими для исследований на первом этапе гелий-неоновые лазеры (ГНЛ) не позволяли достичь тех результатов, которые обеспечивают сегодня современные лазерные аппараты на базе

полупроводниковых (диодных) лазеров, способных рассекать, коагулировать и аб-лирывать биологическую ткань [10, 55, 98, 105, 139, 144].

Исследования, проведенные в последние годы, доказали бактериостатические и бактерицидные свойства диодного лазера [49, 54, 77, 101, 102, 104, 136, 156], противовоспалительные и стимулирующие репарацию [71, 76, 138]. При проведении хирургических манипуляций Т. В. Закиров (2013) с коллегами регистрировали «стерильные условия во время вмешательства и отсутствие кровоточивости во время операции и после неё, прогнозируемую глубину повреждения, высокую точность разреза» [27, 140].

«R. Fekrazad и соавт. (2014) указывают на хороший гемостатический эффект, что приводит к минимальной рецессии десневого края» [177]. Chang и соавт. (2013) в результате своих наблюдений отмечают полное отсутствие или в единичных случаях образование более нежных и эластичных, не стягивающих ткани рубцов [154].

В 2017 году S. B. Vozkurt и соавт. «опубликовали исследование, в котором показано, что диодный лазер стимулирует систему иммунной защиты, чувствительность к антибиотикам, положительно регулирует функции цементной бляшки *in vitro*» [113]. Возникающий десенсибилизирующий эффект «с активацией иммунокомпетентной системы, клеточной и гуморальной специфической иммунологической защиты, повышение общих защитно-приспособительных реакций организма отмечается» [19] и в работах других российских и зарубежных ученых [54, 79, 119, 148].

Особенно ценно, что диодный лазер обладает высоким уровнем безопасности, поэтому его применение в эндодонтии и пародонтологии лишено опасности повреждения структуры тканей зуба [35, 47, 52, 63, 74, 81, 88, 97, 117, 130, 137])

Лазеры активно используются в эндодонтии для проведения препарирования зубов [39], для стерилизации каналов и запечатывания дентинных канальцев [13, 50, 53, 111, 129, 132, 143]. Лазеры дают возможность хирургического проведения гингивэктомии, гингивопластики, френулопластики, лечения периимплантита, есть опыт лечения периферической оссифицирующей фибромы [24, 38, 42, 89]. Данный вид лазера можно применять: при лечении эрозивно-язвенных поражений

слизистой оболочки полости рта; в профилактике кариеса; для коррекции контура десны перед ортопедическим лечением с целью достижения наилучшего эстетического клинического результата в эстетической стоматологии [71, 142, 157, 163].

М. Saglan и соавт. (2014) «при исследовании эффективности диодного лазера как дополнительного лечения хронического периодонтита наблюдали уменьшение общего количества интерлейкинов-1 $\beta$  и -6, матричной металлопротеиназы MMP1, матричной металлопротеиназы MMP-8 и матрикс-матриксной металлопротеиназы ( $p < 0,05$ ), а содержание интерлейкина-8 увеличилось после лечения. Авторы отметили, что в результате лазерного воздействия улучшились клинические и биохимические показатели крови» [117].

Однако в работах Ellen Deleu, Maarten и соавт. (2015) зафиксировано, что при использовании диодного лазера 980 нм «произошла карбонизация стенки корневого канала, что может указывать на чрезмерно высокие температуры. Поглощение диодного лазерного излучения в водных растворах значительно меньше, чем в дентине стенки корневого канала» [123], а это может способствовать повреждению дентина [123].

При применении лазерных фракционных воздействий с длиной волны 980 нм установлено, что воздействие с мощностью 7 Вт и длительностью импульса 120 мс стимулирует регенерацию слизистой оболочки полости рта (СОПР), является малотравматичным, оптимальным и приводит к формированию абляционной микроколоники, формирующееся микроповреждение затрагивает только слои слизистой оболочки полости рта, не оказывая патологического воздействия на подлежащие ткани [63, 120]).

Согласно опросу независимых экспертов, уменьшается площадь рубца на 18–100% в результате применения лазерного фракционного воздействия для лечения рубцовых изменений слизистой оболочки полости рта. «В тех случаях, когда лазерное фракционное воздействие проводилось для устранения борозды Стиллмана, в 82 $\pm$ 6% случаев борозда Стиллмана более не наблюдалась у пациентов через 3–6 месяцев после лечения» [91].

В то же время А. V. Belikov и соавт. (2018) считают, «что имеющихся на сегодняшний день экспериментальных данных недостаточно для адекватного обоснования использования лазерного фракционного воздействия в стоматологической практике» [147].

«В более короткие сроки лечения гингивита выраженный противовоспалительный и деконгестивный эффект получили при клиническом наблюдении применения лазерного аппарата «Оптодан». Снижение болевого синдрома, уменьшение кровоточивости десен при чистке, восстановление формы десневых сосочков и маргинальной десны за счет уменьшения отека на третьем сеансе отмечали 84% пациентов, у 72% пациентов отмечена положительная динамика феномена стиплинга к пятому сеансу лазерной терапии. В контрольной же группе аналогичные изменения наблюдались лишь после полного курса (8–10 сеансов) местной противовоспалительной терапии с включением стероидных препаратов» [92].

В настоящее время многие ученые обращаются к исследованию возможностей фотодинамической терапии (ФДТ), находящей широкое применение в различных областях стоматологии. По данным литературы, метод активно используется для лечения лейкоплакии, красного плоского лишая, хронического гингивита и пародонтита, кариеса зубов, периимплантита, опухолей челюстно-лицевой области, вирусных заболеваний [30, 48, 58, 93, 94, 137, 152, 172, 174].

По мнению К. В. Лосева с соавт. (2022), при лечении хронического генерализованного катарального гингивита лечебное воздействие ФДТ было более эффективно, чем УФО. Применение ФДТ является эффективным неинвазивным дополнительным методом лечения пациентов с заболеваниями пародонта, способствует более быстрому уменьшению воспалительного процесса и удлиняет период ремиссии заболевания [73].

К. Н. Керимов с соавт. (2019) отмечают, что «исследования *in vitro*, *ex vivo* и *in vivo* с использованием фотодинамической терапии доказали: данный подход обеспечивает максимальное обеззараживание корневых каналов» [62]. Авторы подчеркивают, «что когда корневые каналы были запломбированы без предшествующей фотодинамической терапии, то в апикальной и периапикальной областях

наблюдались воспалительный клеточный инфильтрат, фибриллярная диссоциация и генерализованный отек» [62].

Ряд публикаций свидетельствует, что фотодинамическая терапия вызывает незначительные вредные эффекты для клеток хозяина. Так, W. Xu и соавт. (2020) показали, что существует терапевтическое окно, в котором бактерии могут быть устранены, но здоровые клетки хозяина остаются неповрежденными, для этого важно установить параметры безопасного применения лазеров в клинических условиях таким образом, чтобы способствовать фотодинамической инактивации микроорганизмов, не нанося вреда здоровым клеткам [62, 85, 160, 192].

«Однако остается открытым вопрос о возможности повреждения излучением клеточных структур пульпы зуба, так как в ней имеются тканевые элементы, например, эритроциты, содержащие гемоглобин, который является хромофором для ND:YAG-лазера» [32].

По данным работ Е. А. Морозовой с соавт. (2022) использование Er:YAG-лазера в хирургической стоматологии способствует меньшей травматизации тканей, отсутствию болевой реакции или ее значительному уменьшению, уменьшению послеоперационного коллатерального отека, сокращению сроков заживления мягких тканей, образованию мягких эластичных рубцов и восстановления костной ткани. Так, коллатеральный отек мягких тканей наблюдали от 3 до 5 суток при использовании традиционного метода цистэктомии, а латеральный отек был невыраженным и определялся в течение 2–3 суток при использовании Er:YAG-лазера. «Эпителизацию при традиционном методе цистэктомии наблюдали на 7–8-е сутки, в то время как при использовании хирургических лазеров – на 5–6-е сутки, что позволило снимать швы в более ранние сроки» [88, 99, 100].

Н. И. Крихелли с соавт. (2021) показали в своем исследовании «эффективность обработки поверхности клиновидных дефектов Er,Cr:YSGG-лазером с длиной волны 2780 нм» [39], мощность 4 Вт: уменьшение закупорки дентинных канальцев минерализованными кристаллами, что улучшает микроморфологию дентина, по сравнению с традиционным методом препарирования клиновидных дефектов [39].

Рядом ученых убедительно доказана результативность использования в эндодонтической практике эрбиевых лазеров (Er,Cr:YSGG-2.780 нм/ Er: YAG-2.940 нм), что обуславливается кавитационным эффектом (образованием пузырьков пара на кончике волокна, вызывающих очень быстрое движение жидкости в канале) [14, 95, 98, 110].

С. Н. Разумова и А. С. Браго (2019) в исследовании *in vitro* определили: до медикаментозной обработки корневого канала высеяны высокие титры штаммов *E. faecalis* ( $1,42 \cdot 10^9$  КОЕ/мл), *S.anguinis* ( $2 \cdot 10^9$  КОЕ/мл) и *Candida albicans* ( $4,55 \cdot 10^{11}$  КОЕ/мл). После проведения механической и медикаментозной обработки корневых каналов с 17%-м раствором ЭДТА в сочетании с эрбиевым лазером во всех испытанных образцах рост колоний не зафиксирован, что свидетельствует о стерилизации корневого канала [67].

Аналогичные российским исследованиям данные опубликованы Е. Henninger и соавт. (2019). Авторы исследовали эффективность излучения эрбиевого лазера на штаммах *S. gordonii* в сочетании с *Actinomyces oris* или *Fusobacterium nucleatum* и показали суперэффективность этой обработки при эндодонтических инфекциях [150].

Meire MA и De Prijk K. (2009) «показали эффективность дезинфицирующего действия лазеров по отношению к *E. faecalis* по сравнению с NaOCl. В эксперименте использовали отдельно NaOCl и отдельно лазер (без активации каких-либо ирригантов). В результате авторы пришли к выводу, что лазеры были менее эффективны, чем NaOCl в снижении *E. faecalis* как *in vitro*, так и в зараженной модели зуба» [129].

Таким образом, лазерные технологии, несомненно, открывают новое перспективное направление в лечении тканей периодонта, кариеса и его осложнений. Сегодня доступны лазеры с широким диапазоном характеристик, и поэтому возможно их многообразное применение в различных областях стоматологии. В то же время, есть работы, в которых отмечено и отсутствие лечебного эффекта, и осложнения, возникающие при работе с лазерами. Дальнейшее исследование, разработка модифицированных протоколов применения лазерных технологий в эндодонтической практике является современным направлением в стоматологии.

## Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Диссертационное исследование состояло из клинического и экспериментального разделов. Клиническое исследование проводили на базе ООО ЛНУПЦ Меди-Дент (г. Красноярск). Экспериментальные исследования проводили в лаборатории электронной микроскопии Центра коллективного пользования Сибирского федерального университета г. Красноярска и в центре лабораторных исследований АБВ г. Красноярска.

На первом этапе в условиях эксперимента оценивали состояние микробного пейзажа корневых каналов в 67 зубах, удаленных по поводу хронического апикального периодонтита. На втором этапе проводили оценку антибактериальной эффективности протоколов медикаментозной обработки корневых каналов: традиционного и с применением лазера Er,Cr:YSGG с длиной волны 2780 нм (Waterlase iPlus, Biolase, USA) различной мощности. Исследовали изменение морфологического строения стенки корневого канала (62 зубов) с учетом метода обработки каналов. Устанавливали степень адаптации пломбировочного материала к стенке корневого канала в зависимости от протокола медикаментозной обработки корневых каналов (54 зуба).

На третьем этапе оценивали клиническую целесообразность применения исследуемых протоколов медикаментозной обработки корневых каналов (127 пациентов).

### 2.1. Методы экспериментального исследования

Критерии включения в экспериментальное исследование:

– удаление по причине ХАП.

Критерии исключения (экспериментальная часть):

– сложная анатомия системы корневых каналов;

– непроходимость корневых каналов;

– эндодонтически пролеченные зубы.

Все зубы подвергались препарированию шаровидным бором, вскрытию и раскрытию полости зуба. Механическая обработка корневых каналов всех зубов

проводилась ручными файлами и машинными никель-титановыми файлами ProTaper Universal (DentsplySirona Endodontics), корневые каналы обрабатывали минимум до размера ISO 30.06.

С учетом медикаментозной обработки корневых каналов зубы были разделены на четыре группы (Таблица 2):

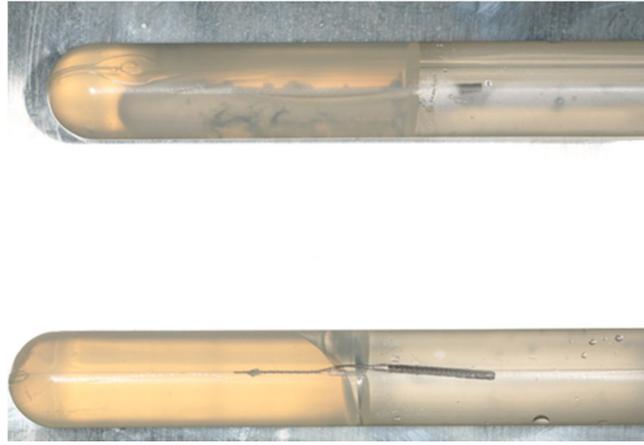
**Таблица 2** – Группы зубов

<i>Группа зубов</i>	<i>Характеристика группы</i>
1-я группа (контрольная группа)	Медикаментозная обработка корневых каналов 17 зубов проводилась по традиционному протоколу: в качестве ирриганта 3%-й раствор гипохлорита натрия, 17% раствор ЭДТА и пассивная ультразвуковая активация (общий объем растворов составлял 20 мл на каждый канал)
2-я группа	В качестве ирриганта использовался только бидистиллят, а затем каналы 15 зубов подвергали обработке лазером на следующих характеристиках: мощность – 1 Вт; частота 50 Гц, вода/воздух – 25/35; импульсов 20. tips 200 мк. Лазерную насадку помещали в канал на глубину 1 мм от рабочей длины и медленными спиралевидными движениями продвигались в корональном направлении в течение 25 сек. Обработку лазером повторяли 5-кратно, в перерывах орошая канал бидистиллятом
3-я группа	18 зубов подвергали аналогичной обработке (II группа), изменив мощность лазера на 1,5 Вт
4-я группа	17 зубов обрабатывали по традиционному протоколу, используя в качестве ирриганта 3%-й NaOCl и 17%-й раствор ЭДТА и лазерную активацию ирригантов (LAI). Лазерная активация раствора проводилась при помощи насадки tips 500 мк. Насадку 5-кратно по 25 сек. при 75 мДж, 20 Гц, 1,5 Вт погружали в корневой канал, не доходя 5 мм до апекса, в перерывах орошая свежей порцией ирриганта

### ***2.1.1. Микробиологическое исследование***

Объектом исследования служила микрофлора корневых каналов, полученная до обработки, сразу после обработки и спустя трое суток после инкубации в термостате, с целью оценки эффективности эрадикации патогенов.

Микробиологическое исследование проводилось на 67 человеческих зубах, удаленных по поводу осложненного кариеса. Во всех зубах проводили препарирование кариозной полости бором, раскрытие полости зуба и забор содержимого корневых каналов стерильным пульпоэкстрактором для контроля исходной микробной контаминации. Затем пульпоэкстрактор переносили в пробирку с транспортной средой Эймса (Рисунок 1).



**Рисунок 1** – Транспортная среда Эймса (AMIES)

Для инструментальной обработки зубов использовали ручные файлы и машинные никель-титановые файлы ProTaper Universal (DentsplySirona Endodontics): корневые каналы обрабатывали минимум до размера ISO 30.06. Все зубы разделили на четыре группы в зависимости от метода обработки: 1-я группа – 17 зубов; 2-я группа – 15 зубов; 3-я группа – 18 зубов; 4-я группа – 17 зубов.

Забор материала из обработанных каналов проводили стерильным пульпоэкстрактором либо бумажным пином, помещенными на всю длину корневого канала на 30 сек., затем штифт погружали в транспортную среду Эймса (Рисунок 1). Обработанные зубы помещали в стерильный бидистиллят и вместе с образцами для микробиологического исследования, полученными до и после обработки в течение 1 часа, передавали в лабораторию.

Для посева готовилась суспензия путем отмывки пульпоэкстрактора/пина в 1 мл бидистиллята с помощью Vortex (Рисунок 2).



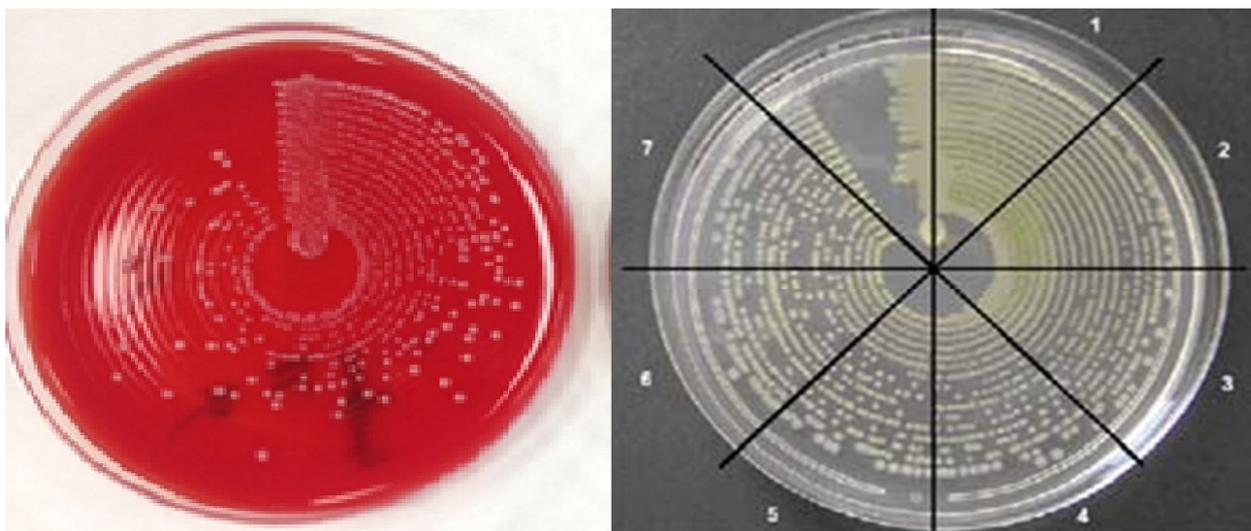
**Рисунок 2** – Приготовление суспензии с помощью Vortex

Полученную суспензию инокулировали на чашки в количестве 10 мкл. Посев проводили по протоколу «Раневое отделяемое» с помощью системы автоматического посева PREVI Isola (Рисунок 3) на желточно-солевой агар (ЖСА), среду Эндо и две чашки 5%-го кровяного агара (КА). Для выделения анаэробов чашку с 5%-м кровяным агаром немедленно после посева помещали в герметичный контейнер с газогенерирующим пакетом «АНАЭРОГАЗ».



**Рисунок 3** – Система автоматического посева Previ Isola

Все чашки инкубировали в термостате в течение 48 часов, с просмотром через 24 часа. Спустя 48 часов инкубации проводили количественный учет колоний, с последующим перерасчетом полученного результата на весь объем суспензии (1мл) (Рисунок 4).



**Рисунок 4** – Количественный учет

Удаленные зубы инкубировались в термостате в течение трех суток при температуре 37 °С, после чего производили аналогичный посев.

Чистые культуры микроорганизмов получали из изолированных колоний. Идентификацию проводили с применением MALDI-TOF-масс-спектрометрии на анализаторе Vitek MS (BioMerieux, Франция) на базе ООО «Центр лабораторных технологий АБВ».

Микробиологическое исследование также проводилось *in vivo* на зубах с хроническим апикальным периодонтитом у 127 пациента по вышеописанной методике.

### *2.1.2. Электронно-микроскопические исследования*

Электронно-микроскопические исследования проводили на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) JEOL JSM 7001-F (Япония), укомплектованном энергодисперсионным спектрометром (Рисунок 5) в лаборатории электронной микроскопии Центра коллективного пользования Сибирского федерального университета.



**Рисунок 5** – Сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) JEOL JSM 7001-F (Япония)

#### **А. Оценка морфологии корневого канала**

Для оценки морфологии поверхности дентина корневого канала после воздействия на него различных видов обработки подготавливали продольные сколы 62 зубов. С внешней стороны зуба делался продольный распил пиковидным бором, а затем зуб раскалывался при помощи шпателя (Рисунок 6).



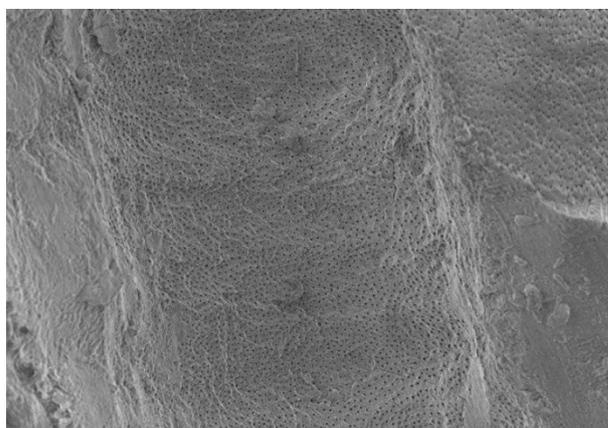
**Рисунок 6** – Продольный скол зуба. Образец 5.6

Полученные образцы клеивали в электропроводящий клей, а на исследуемую поверхность наносили методом термического распыления электропроводящий слой Au толщиной 20 нм. (Рисунок 7).



**Рисунок 7** – Продольный скол зуба, покрытый Au толщиной 20 нм. Образец 7.6

Морфологическое строение поверхности корневого канала исследовали в режиме вторичных электронов (se<sub>i</sub>) на увеличениях:  $\times 300$  и  $\times 1500$ ,  $\times 2000$ ,  $\times 5000$ . Полученные изображения сохранялись в виде графического файла (Рисунок 8).

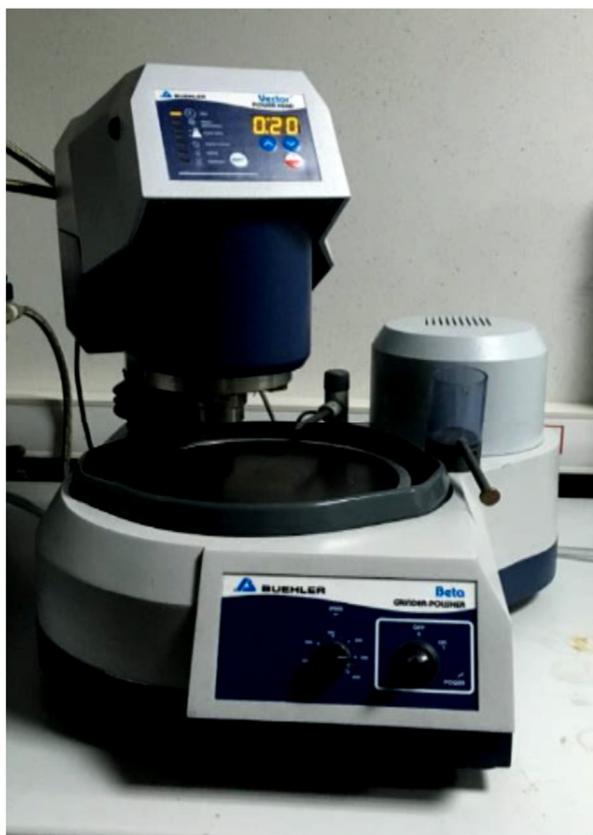


**Рисунок 8** – СЭМ изображение просвета корневого канала. Образец 5.1, увеличение  $\times 300$

## Б. Оценка плотности obturации

Зубы в количестве 54 штук, обработанные по вышеописанной методике и также разделенные на четыре группы в зависимости от метода обработки, obtурировали с помощью системы «Thermafil» (Dentsply, США) и силера на основе эпоксиодно-аминовой смолы «АН PLUS» (Dentsply, США). Запломбированные зубы помещались в термостат на влажной губке, где находились при температуре 37 °С в течение 8 часов до окончательного застывания силера в коревых каналах.

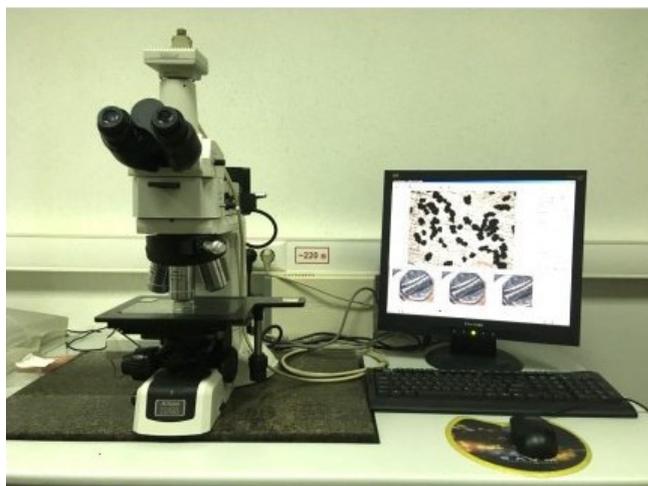
Пробоподготовка включала изготовление продольных шлифов 62 корней зубов на установке для изготовления шлифов «Beta Grinder-Polishes, Vector Power Head, Pri Met 3000 Modular dispensing system» (Buehler, Германия), изображенной на Рисунке 9.



**Рисунок 9** – Установка для изготовления шлифов «Beta Grinder-Polishes, Vector Power Head, Pri Met 3000 Modular dispensing system» (Германия)

Шлифование проводилось на диске с абразивными бумагами крупностью зерна из карбида кремния 400, 800, 1200, 2000, 2400 с подачей воды. После шлифо-

вания образец промывали под проточной водой. Промежуточный контроль поверхности шлифа проводился на оптическом микроскопе NIKON ECLIPS LV 100 (Рисунок 10).



**Рисунок 10** – Оптический микроскоп NIKON ECLIPS LV 100 (Япония)

Полученные образцы клеивали в электропроводящий клей на основе углерода, а на исследуемую поверхность наносили методом термического напыления электропроводящий слой Au толщиной 20 нм на установке JEE-420 (Япония) (Рисунки 11, 12).



**Рисунок 11** – Установка для нанесения электропроводящего слоя методом термического напыления JEE-420



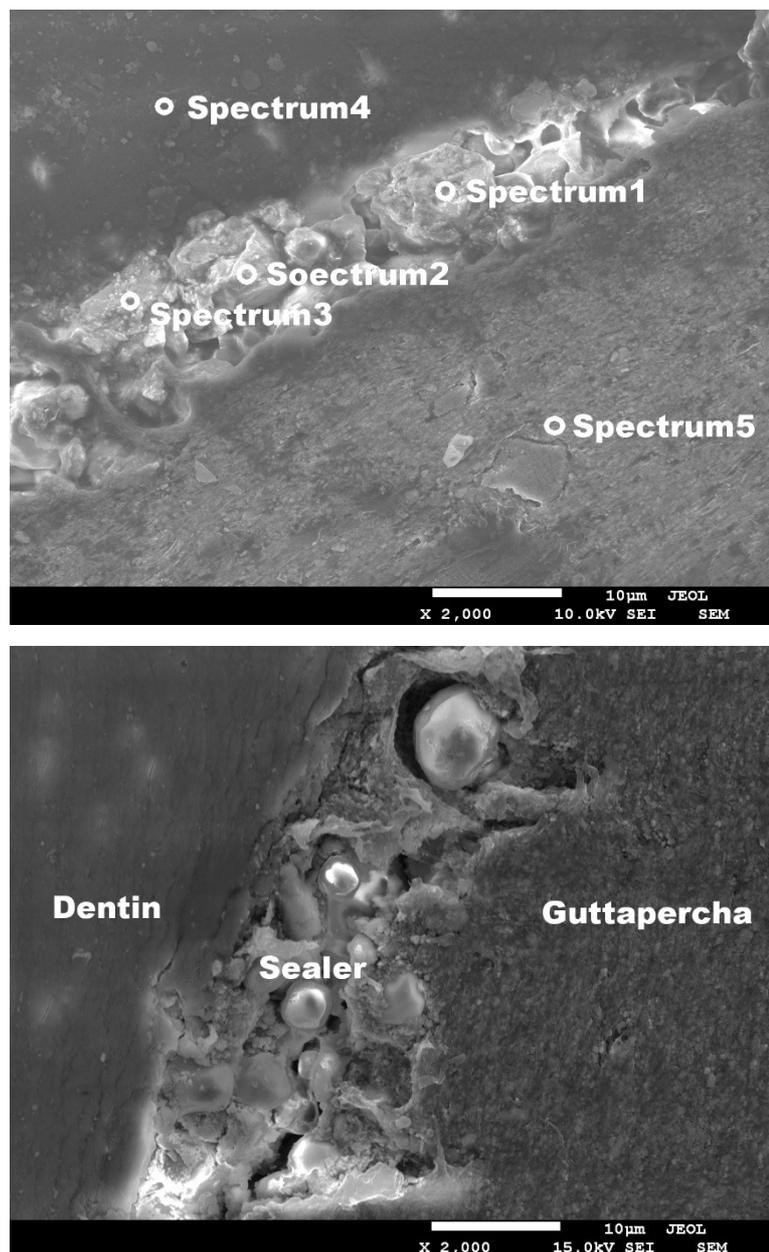
**Рисунок 12** – Продольный шлиф зуба, покрытый Au толщиной 20 нм.  
Образец 2.6, 2.7

Замеры проводили с помощью управляющей программы микроскопа в апикальной трети, средней трети и корональной трети корня. Полученные изображения с замерах сохраняли в виде графического файла.

### ***2.1.3. Метод энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии***

Использовали сканирующий электронный микроскоп JEOL JSM 7001F (Япония), укомплектованный энергодисперсионным спектрометром Oxford Instruments INCA PET3 (Великобритания).

Методика **энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии** основана на облучении поверхности шлифа тонко сфокусированным пучком электронов высокой энергии (30 кВ), в результате взаимодействия которого с исследуемым материалом возникает рентгеновское излучение. Для обработки рентгеновского излучения применялся полупроводниковый кремний-дрейфовый детектор, что позволяет диагностировать элементы от бора до урана (Рисунок 13).



**Рисунок 13** – СЭМ изображение продольного среза корневого канала зуба (образец 3) после пломбирования с маркерами спектров ХРИ. Увеличение  $\times 2\,000$

Спектральное разрешение детектора не хуже 125 эВ при интегральной скорости счета около 100 000 имп/сек.

Стандартное программное обеспечение INCA включает программу для полуколичественного анализа, где в основе расчета концентраций лежит метод наименьших квадратов.

Состав рассчитывается автоматически с использованием собственной библиотеки, созданной на базе эталонов GP40 (производства компании PGT, USA).

## 2.2. Клиническое исследование

Проведено обследование 127 пациентов за период с 2020 по 2023 гг. с диагнозом К04.5 хронический апикальный периодонтит в стоматологической клинике «МедиДент» и на базе стоматологической поликлиники ФГБОУ ВО «КрасГМУ им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого».

Критерии включения:

- наличие согласия;
- подтвержденный диагноз «хронический апикальный периодонтит»;
- индекс СОРІ не более 6.

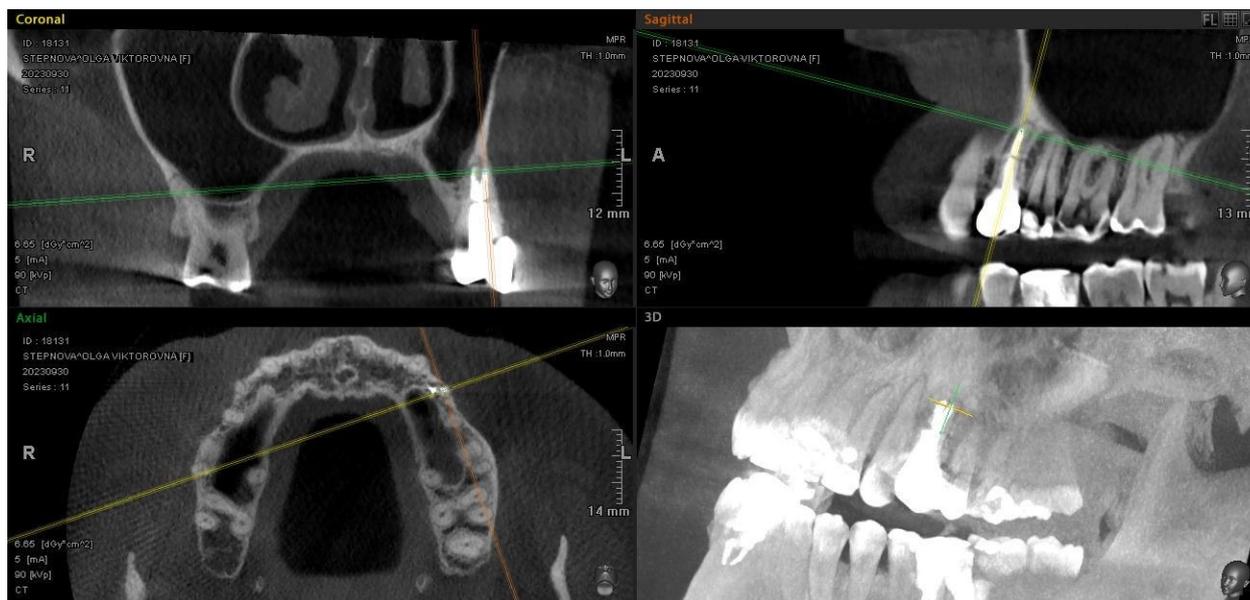
Критерии исключения:

- беременность, грудное вскармливание;
- наличие соматических заболеваний;
- невозможность прохождения корневых каналов зубов;
- искривление корневого канала более 20°;
- болезни периодонта в острой форме;
- отягощенный аллергологический анамнез;
- наличие онкологических заболеваний.

В соответствии с поставленными задачами, критериями включения и исключения, одобренными Локальным этическим комитетом при ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В. Ф. ВойноЯсенецкого» 27.11.2020 №102/2020, в исследование вошли 76 мужчин, 51 женщины, в возрасте от 22 до 53 лет. От каждого участника исследования было получено информированное письменное согласие (Приложение А).

Обследование пациентов с ХАП проводили по единой стандартной схеме: сбор жалоб, анамнеза, проведение объективного обследования (осмотр, зондирование, перкуссия, пальпация) с помощью специального набора инструментов: стоматологическое зеркало, зонд, пинцет. Результаты осмотра регистрировали в «Карте обследования»: наличие кариозных поражений и его осложнений, некариозных поражений, вид прикуса.

Для постановки диагноза проводилась КЛКТ диагностика на конуснолучевом компьютерном томографе Picasso-Trio-3-D Dental Imaging (Рисунок 14).



**Рисунок 14** – КЛКТ исследование. Пациент P1.19

Были пролечены 127 зубов с хроническим апикальным периодонтитом (Таблица 3). В исследование вошли зубы с углом искривления корневого канала до  $20^\circ$  по методике S. Schneider (1971) и диаметром, позволяющим ввести бумажный штифт № 30 по ISO перед проведением медикаментозной обработки.

Для характеристики патологического околоверхушечного процесса использовали классификацию МКБ-10. Распределение больных хроническим апикальным периодонтитом по характеру патологического процесса представлено в Таблице 3.

**Таблица 3** – Распределение пациентов с хроническим апикальным периодонтитом по характеру патологического процесса (по МКБ-10)

Диагноз	K04.4. Хронический гранулирующий периодонтит	K04.5. Хронический гранулематозный периодонтит
Кол-во пациентов	75	52
(%)	59	41

Все пациенты с хроническим апикальным периодонтитом были распределены на две группы. Данные приведены в Таблице 4.

**Таблица 4** – Распределение больных хроническим апикальным периодонтитом по группам

		I группа (контрольная)	II группа (основная)
Диагноз, абс (%)	Гранулематозный	30 (48%)	22 (34%)
	Гранулирующий	33 (52%)	42 (66%)
	Me [Q <sub>1</sub> ; Q <sub>3</sub> ]	34 [30; 36]	32 [28; 41]

1-я группа – 63 пациента, которым в комплексном лечении ХАП применяли медикаментозную обработку корневого канала по традиционному протоколу с использованием 3%-го раствора гипохлорита натрия, 17%-й ЭДТА и пассивной ультразвуковой активацией (контрольная группа).

2-я группа – 64 пациента, которым в комплексном лечении ХАП применяли лазерную обработку корневых каналов Er,Cr:YSGG с длиной волны 2780 нм (Waterlase iPlus, Biolase, USA) мощностью – 1,5 Вт.

### 2.3. Методы лечения

Пациентам двух клинических групп проводили комплекс традиционных лечебных мероприятий с учетом клинических рекомендаций СтАР (Постановление № 1 от 30.0.2014), включающий препарирование кариозной полости, раскрытие полости зуба, расширение устьев корневых каналов, диагностическое зондирование и определение рабочей длины корневых каналов. Далее производилось удаление путридных масс из корневых каналов, инструментальная обработка каналов по методике "Step-back" с использованием как ручных файлов, так и машинных никель-титановых ProTaper Universal (Dentsply Sirona Endodontics), корневые каналы обрабатывали минимум до размера ISO 30.06. Инструментальная обработка корневых каналов проводилась с применением микроскопа Leica (Япония).

Медикаментозную обработку корневых каналов пациентам I группы проводили по традиционному протоколу с применением в качестве ирригантов 3%-го раствора гипохлорита натрия, 17%-го раствора ЭДТА и пассивной ультразвуковой активации при помощи аппарата P5 Newtron B.LED (Satelec Acteon Group) (общий объем растворов составлял 20 мл на каждый канал).

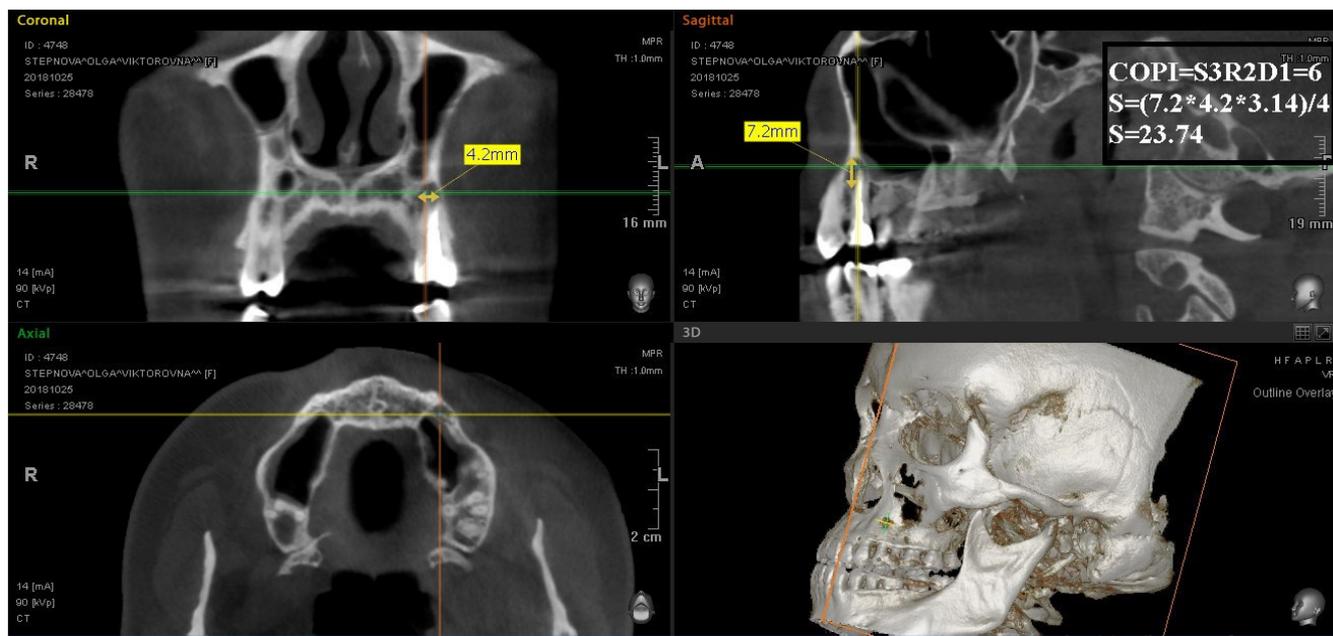
Обработка корневых каналов пациентов II группы проводилась по схеме: в качестве ирриганта использовался только бидистиллят, а затем канал подвергали обработке лазером Er,Cr:YSGG длиной волны 2780 нм на следующих характеристиках: мощность – 1,5 Вт; частота 50 Гц, вода/воздух – 25/35; импульсов 20. tips 200 мк. Лазерную насадку помещали в канал на глубину 1 мм от рабочей длины и медленными спиралевидными движениями продвигались в корональном направлении в течение 25 сек. Обработку лазером повторяли 5-кратно, в перерывах орошая канал бидистиллятом.

Корневые каналы высушивали стерильными бумажными штифтами. В первый прием корневые каналы заполняли пастой на основе гидроксида кальция UltraCal (Ultradent). В следующий прием при отсутствии жалоб корневые каналы повторно подвергали обработке лазером и obturировали системой «Thermafil» (Dentsply, Швейцария), в качестве силера применяли «АН PLUS» на основе эпоксидно-аминовой смолы (Dentsply, США).

При отсутствии жалоб окончательное восстановление коронковой части зуба проводили через 5–7 дней после проведенного эндодонтического лечения. При возникновении обострения (жалобы на боль при накусывании, гиперемию, отек) назначали по показаниям противовоспалительную медикаментозную терапию, физиолечение, хирургическое лечение.

Восстановление анатомической формы зуба, в зависимости от степени разрушенности, проводилось с применением композиционных материалов методикой прямой реставрации, накладок, изготовлением коронок.

Срок наблюдения за пациентом в динамике – 6, 12 и 24 месяца после проведенного лечения с проведением КЛКТ. На КЛКТ проводили замеры очага деструкции костной ткани и расчет индекса СОРІ и площади очага деструкции. Площадь рассчитывалась по формуле:  $S = (a \times b \times \pi) / 4$ , где  $a$  – размер очага в саггитальном направлении,  $b$  – размер очага в корональном направлении (Рисунок 15).



**Рисунок 15** – Измерения очага деструкции

## 2.4. Методы статистического анализа результатов

Статистический анализ проводился в программе IBM SPSS Statistics 26. Перед проведением анализа данные были проверены на нормальность распределения с помощью критерия Шапиро – Уилка. Этот критерий позволяет определить, соответствуют ли данные нормальному распределению. Критический уровень значимости ( $\alpha$ ) равен 0,05, что означает, что если р-значение, полученное при применении критерия Шапиро – Уилка, меньше 0,05, то данные не соответствуют нормальному закону распределения [23, 43].

Для описания данных использовались медиана, первый и третий квартили (Me [Q<sub>1</sub>, Q<sub>3</sub>]). Медиана – это значение, которое делит упорядоченный набор данных пополам, то есть 50% значений находятся выше медианы, а 50% – ниже. Квартили делят данные на четыре равные части: первый квартиль (Q<sub>1</sub>) – это значение, ниже которого расположены 25% данных; второй квартиль (Q<sub>2</sub>) – это медиана, значение, ниже которого находится 50% данных; третий квартиль (Q<sub>3</sub>) – это значение, ниже которого расположено 75% данных [56].

Также данные описывались средним значением ( $\bar{x}$ ) и среднеквадратическим отклонением ( $\sigma$ ). Среднее значение – это сумма всех значений, деленная на их количество. Среднеквадратическое отклонение показывает, насколько сильно значения данных отклоняются от среднего значения.

Для визуализации данных использовались диаграммы размаха (boxplot). Диаграмма размаха показывает пять основных статистических показателей данных: минимальное значение, максимальное значение, первый квартиль ( $Q_1$ ), третий квартиль ( $Q_3$ ) и медиану ( $Me$ ). Усы на диаграмме указывают на диапазон данных между минимальным и максимальным значением, а прямоугольник (ящик) показывает интерквартильный размах между первым и третьим квартилями [40].

Для оценки статистически значимых различий между группами данных использовался критерий Стьюдента (t-test) и критерий Манна – Уитни (U-тест). Критерий Стьюдента применяется, когда данные обеих выборок подчиняются нормальному распределению. Критерий Манна – Уитни применяется, когда данные не соответствуют нормальному распределению. Критический уровень значимости ( $\alpha$ ) принимается равным 0,05, что означает, что если p-значение меньше  $\alpha$ , то различия считаются статистически значимыми [22].

Важным аспектом статистического анализа является проблема множественных сравнений. Проблема множественных сравнений возникает в статистическом анализе, когда исследование включает в себя несколько статистических сравнений. Чем больше статистических тестов используется одновременно, тем выше вероятность, что будет сделано хотя бы одно ложноположительное сравнение. Ложноположительное сравнение – это ситуация, когда отклоняется нулевая гипотеза, когда на самом деле различия отсутствуют. Для устранения этой проблемы использовалась поправка Шидака. Данная поправка позволяет уменьшить вероятность ошибки первого рода путем корректировки критического уровня значимости для каждого сравнения [57].

Для определения наличия статистически значимых различий частот встречаемости значений качественных признаков использовался критерий Хи-квадрат Пирсона ( $\chi^2$ ). Данный критерий является непараметрическим методом, который

позволяет оценить статистическую значимость различий между фактическим количеством исходов или качественных характеристик в выборке и ожидаемым количеством, основываясь на нулевой гипотезе [37].

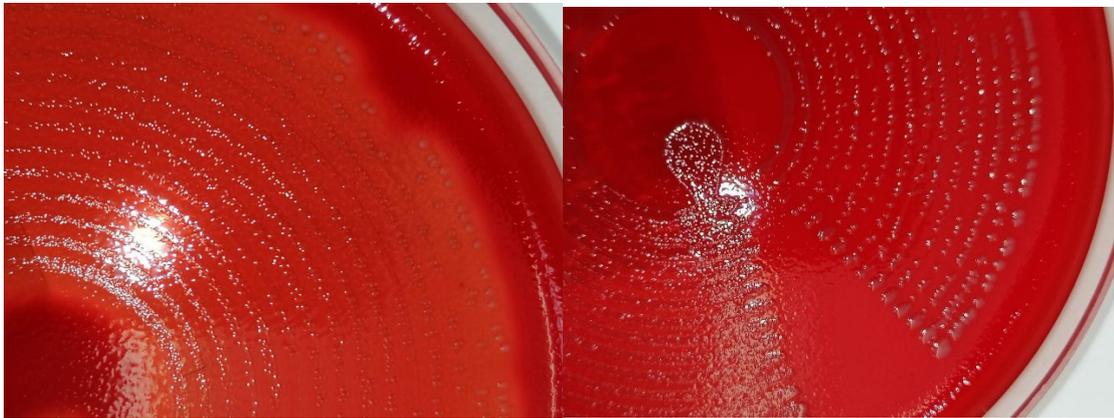
## Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 1.1. Экспериментальная часть

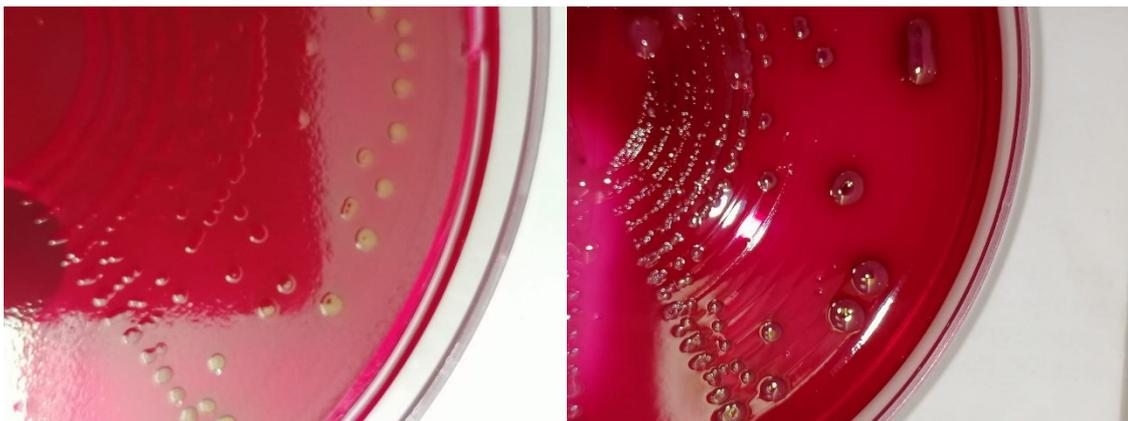
#### 3.1.1. Результаты микробиологического исследования *in vitro*

При проведении микробиологического исследования содержимого из системы корневых каналов зубов, удаленных с диагнозом хронический апикальный периодонтит (K04.5), до их дезинфекции из 67 образцов выделено 8 видов микроорганизмов.

Выявлены представители факультативных анаэробных микроорганизмов и облигатных анаэробов (учитывали изоляты, полученные не менее чем в трех пробах) (Рисунки 15, 16).



**Рисунок 15** – Рост колоний *E. Faecalis* (а) и *E. Hormaechei* (б) на КА



**Рисунок 16** – Рост колоний *C. braakii* и *E. hormaechei* на Эндо агаре

Статистической значимости в различии видового состава микрофлоры образцы исследуемых четырех групп не имели ( $p > 0,05$ ) до проведения дезинфекции в корневых каналах. Результаты представлены в Таблице 5.

**Таблица 5** – Видовой состав микроорганизмов в корневых каналах до дезинфекции

	1-я группа, n = 17	2-я группа, n = 15	3-я группа, n = 18	4-я группа, n = 17
<i>Enterococcus faecalis</i>	1,57×10 <sup>6</sup> [1,56×10 <sup>6</sup> ; 1,61×10 <sup>6</sup> ]	1,29×10 <sup>6</sup> [1,25×10 <sup>6</sup> ; 1,33×10 <sup>6</sup> ]	1,43×10 <sup>6</sup> [1,42×10 <sup>6</sup> ; 1,45×10 <sup>6</sup> ]	0,83×10 <sup>6</sup> [0,82×10 <sup>6</sup> ; 0,90×10 <sup>6</sup> ]
<i>Streptococcus intermedius</i>	1,27×10 <sup>6</sup> [1,26×10 <sup>6</sup> ; 1,34×10 <sup>6</sup> ]	1,04×10 <sup>6</sup> [1×10 <sup>6</sup> ; 1,06×10 <sup>6</sup> ]	1,06×10 <sup>6</sup> [1,05×10 <sup>6</sup> ; 1,06×10 <sup>6</sup> ]	1,05×10 <sup>6</sup> [1,01×10 <sup>6</sup> ; 1,05×10 <sup>6</sup> ]
<i>Streptococcus gordonii</i>	0	0,92×10 <sup>6</sup> [0,85×10 <sup>6</sup> ; 0,94×10 <sup>6</sup> ]	9,85×10 <sup>5</sup> [9,7×10 <sup>5</sup> ; 9,9×10 <sup>5</sup> ]	0
<i>Streptococcus mitis</i>	0,81×10 <sup>6</sup> [0,80×10 <sup>6</sup> ; 0,82×10 <sup>6</sup> ]	0	0	0
<i>Enterobacter hormaechei</i>	0,57×10 <sup>6</sup> [0,56×10 <sup>6</sup> ; 0,59×10 <sup>6</sup> ]	1,05×10 <sup>6</sup> [1×10 <sup>6</sup> ; 1,05×10 <sup>6</sup> ]	1,3×10 <sup>6</sup> [1,28×10 <sup>6</sup> ; 1,31×10 <sup>6</sup> ]	0,68×10 <sup>6</sup> [0,67×10 <sup>6</sup> ; 0,68×10 <sup>6</sup> ]
<i>Obesumbacterium proteus</i>	0	0	9,8×10 <sup>5</sup> [8,9×10 <sup>5</sup> ; 9,9×10 <sup>5</sup> ]	9,3×10 <sup>5</sup> [8,9×10 <sup>5</sup> ; 9,9×10 <sup>5</sup> ]
<i>Citrobacter braakii</i>	1,11×10 <sup>6</sup> [1,10×10 <sup>6</sup> ; 1,12×10 <sup>6</sup> ]	1,07×10 <sup>6</sup> [1,06×10 <sup>6</sup> ; 1,1×10 <sup>6</sup> ]	0	8,2×10 <sup>5</sup> [7,7×10 <sup>5</sup> ; 8,3×10 <sup>5</sup> ]
<i>Prevotella intermedia</i>	0,9×10 <sup>6</sup> [0,9×10 <sup>6</sup> ; 0,96×10 <sup>6</sup> ]	0	6,3×10 <sup>5</sup> [6,2×10 <sup>5</sup> ; 6,3×10 <sup>5</sup> ]	9,5×10 <sup>5</sup> [9,3×10 <sup>5</sup> ; 1×10 <sup>6</sup> ]

В 1-й группе образцов, где применяли традиционный протокол для дезинфекции корневых каналов, общая концентрация микроорганизмов составила  $6,3 \times 10^6 \pm 0,1 \times 10^6$  КОЕ.

При анализе качественного состава выявили, что в этой группе доминируют грамположительные факультативные анаэробные микроорганизмы: *Enterococcus faecalis* 24–26%; *Streptococcus intermedius* 20–22%; в меньшем количестве были представлены грамотрицательные облигатные анаэробы *Prevotella intermedia* 14–16%, а также факультативные анаэробы *Citrobacter braakii* 17–19% и последнее ранговое место занимает *Enterobacter hormaechei* – 8–10%.

Во 2-й группе до обработки количество микроорганизмов составило  $5,3 \times 10^6 \pm 0,1 \times 10^6$  КОЕ; преобладали грамотрицательные факультативные анаэробы *E. faecalis* 23 – 25%; *C. braakii* 20–21%; *E. hormaechei* 19 – 21%.

В 3-й группе до обработки насчитывали  $6,3 \times 10^6 \pm 0,10 \times 10^6$  КОЕ микроорганизмов. Как и в предыдущих группах, большую часть микробной популяции составляли *E. faecalis* 30–32%.

Помимо этого, были идентифицированы и другие виды бактерий: *Streptococcus intermedius* 25–27%; *Streptococcus sanguis* 25–27%; *Obesumbacterium proteus* 18–20%.

В 4-й группе до обработки насчитывали  $5,3 \times 10^6 \pm 0,1 \times 10^6$  КОЕ; соотношение видов было следующим: *P. intermedia* 35–36%; *E. faecalis* 30–31%; *E. hormaechei* 20–21%; *C. braakii* 15–17%.

**Таблица 6** – Видовой состав микроорганизмов на третьи сутки

	1-я группа, n = 17	2-я группа, n = 15	3-я группа, n = 18	4-я группа, n = 17
Enterococcus faecalis	$0,6 \times 10^2$ [ $0,6 \times 10^2$ ; $0,61 \times 10^2$ ]	–	0	0
	H (3, N = 67) = 64,50489; p = 0,0000			
Streptococcus intermedius	0	–	0	
Streptococcus gordonii	0	–	0	
Streptococcus mitis	0	–	0	
Enterobacter hormaechei	0	–	0	
Obesumbacterium m proteus	0	–	0	
Citrobacter braakii	0	–	0	
Prevotella intermedia	$0,6 \times 10^2$ [ $0,59 \times 10^2$ ; $0,6 \times 10^2$ ]	–	0	
	H (3, N = 67) = 63,85740; p = 0,0000			

Таким образом, среди микроорганизмов, находящихся в корневых каналах зубов с ХАП:

– первое ранговое место во всех случаях принадлежало *E. Faecalis* (по критерию Краскела – Уоллиса H [3, N = 67] = 61,82110; p = 0,0000);

– второе – *C. Braakii* (по критерию Краскела – Уоллиса H [3, N = 67] = 0,000000; p = 1,000);

– последующие места делили остальные выделенные МО: *Streptococcus intermedius*, *Streptococcus gordonii*, *Streptococcus mitis*, *Enterobacter hormaechei*, *Obesumbacterium proteus*, *Prevotella intermedia* (Таблица 7).

**Таблица 7** – Соотношение микроорганизмов, выделенных из корневых каналов всех групп зубов с ХАП

		Группа	До обработки, % встречаемости	После обра- ботки, % встречаемости	3 дня, % встре- чаемости	
Факультативно-анаэробные микроорганизмы	Грамположительные кокки	<i>Enterococcus faecalis</i>	1	24–26	0	49–51
			2	23–25	38–40	–
			3	22–24	0	0
			4	15–17	0	0
		<i>Streptococcus intermedius</i>	1	20–22	0	0
			2	17–21	0	–
			3	15–17	0	0
			4	19–20	0	0
		<i>Streptococcus gordonii</i>	1	0	0	0
			2	16–18	0	–
			3	15–16	0	0
			4	–	0	0
		<i>Streptococcus mitis</i>	1	13–14	0	0
			2	0	0	–
			3	0	0	0
			4	–	0	0
	Грамотрицательные палочки	<i>Enterobacter hormaechei</i>	1	7–9	0	0
			2	19–21	0	–
			3	19–21	0	0
			4	13–14	0	0
		<i>Obesumbacterium proteus</i>	1	–	0	0
			2	–	–	–
			3	14–16	0	0
			4	17–19	0	0
		<i>Citrobacter braakii</i>	1	17–19	0	0
			2	20–21	60–62	–
			3	0	0	0
			4	14–16	0	0
Облигатные анаэробы	<i>Prevotella intermedia</i>	1	14–16	0	49–51	
		2	–	–	–	
		3	9–10	0	0	
		4	17–19	0	74–100	

Примечание – Процент биопроб, содержащих микроорганизм по отношению к их общему числу; в процентах к общему числу выделенных в группе изолятов (учитывали изоляты, выделенные не менее чем из трех биопроб)

После проведения инструментальной и медикаментозной обработки корневых каналов первой группы (традиционный протокол) рост микроорганизмов не был выявлен, однако после инкубации в течение трех суток был обнаружен рост колоний: численность микроорганизмов составила  $1,2 \times 10^2 \pm 0,01 \times 10^2$ , доминантные бактерии были представлены видами *E. faecalis* 49–51% и *P. intermedia* 49–51%. Данные представлены в Таблице 8.

**Таблица 8** – Результаты оценки различий между группами

		Оценка различий					
		1-я и 2-я группы	1-я и 3-я группы	1-я и 4-я группы	2-я и 3-я группы	2-я и 4-я группы	3-я и 4-я группы
Сразу после обработки	<i>Enterococcus faecalis</i>	< 0,001	1,000	1,000	< 0,001	< 0,001	1,000
	<i>Streptococcus intermedius</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	<i>Streptococcus gordonii</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	<i>Streptococcus mitis</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	<i>Enterobacter hormaechei</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	<i>Obesumbacterium proteus</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	<i>Citrobacter braakii</i>	< 0,001	1,000	1,000	< 0,001	< 0,001	1,000
	<i>Prevotella intermedia</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Через 3 дня инкубации	<i>Enterococcus faecalis</i>	-	< 0,001	< 0,001	-	-	1,000
	<i>Streptococcus intermedius</i>	-	1,000	1,000	-	-	1,000
	<i>Streptococcus gordonii</i>	-	1,000	1,000	-	-	1,000
	<i>Streptococcus mitis</i>	-	1,000	1,000	-	-	1,000
	<i>Enterobacter hormaechei</i>	-	1,000	1,000	-	-	1,000
	<i>Obesumbacterium proteus</i>	-	1,000	1,000	-	-	1,000
	<i>Citrobacter braakii</i>	-	1,000	1,000	-	-	1,000
	<i>Prevotella intermedia</i>	-	< 0,001	< 0,001	-	-	< 0,001

При обработке лазером 1ВТ (образцы 2-й группы) количество микроорганизмов снизилось до  $1 \times 10^5 \pm 0,002 \times 10^5$  КОЕ. Кроме того, изменилось соотношение доминирующих микроорганизмов в образцах: были выявлены *E. faecalis* в 38–40%; *C. braakii* в 60–62% (Таблица 8).

Сразу после обработки корневых каналов и через трое суток инкубации роста микроорганизмов не было выявлено в образцах 3-й группы, где применялся бидистиллят и проводилась обработка лазером 1,5 Вт. Данные представлены в Таблице 8.

При работе с 4-й группой образцов (LAI техника) непосредственно после обработки рост микроорганизмов не выявлен.

После инкубации в течение трех суток был обнаружен рост в минорных количествах в виде одиночных палочек *P. Intermedia* 7,8 КОЕ. Данные представлены в Таблице 8.

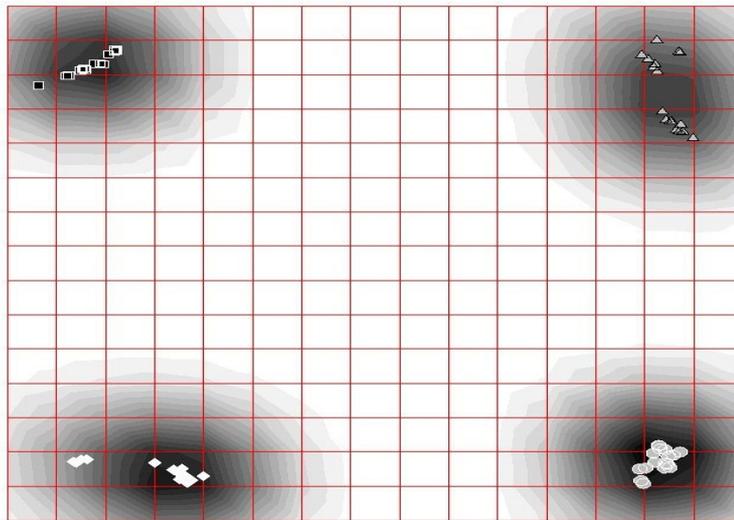
Статистически значимые различия были обнаружены между всеми группами, зеленым цветом выделены значимые уровни значимости  $p$  (критический уровень значимости  $\alpha = 0,05$ ).

Уровень значимости, равный 1, свидетельствует о том, что все значения в сравниваемых выборках одинаковы, в нашем случае равны 0. Данные представлены в Таблице 8.

Наличие различий также подтверждается картиной кластеризации методом упругих карт (Рисунок 17).

Упругая карта была построена на основании 16 показателей (количество различных микроорганизмов до обработки и после неё), данные на 3-й день после обработки были исключены из анализа, так как у второй группы измерения на 3-й день не проводились.

На Рисунке 17 видно четкое разделение групп на 4 отдельных кластера, каждая точка на карте – зуб, характеризующийся 16 показателями количества микроорганизмов.



**Рисунок 17** – Упругая карта с указанием всех групп, построенная с использованием 16 показателей количества микроорганизмов (1-я группа – серые треугольники, 2-я группа – черные квадраты, 3-я группа – белые ромбы, 4-я – серые круги)

### ***3.1.2. Результаты микробиологического исследования *in vivo****

В ходе экспериментальных исследований нами принято решение об исследовании микробиома корневых каналов *in vivo* в двух группах пациентов: I группа (63 пациента), которым в комплексном лечении ХАП применяли медикаментозную обработку корневого канала по традиционному протоколу с использованием 3%-го раствора гипохлорита натрия, 17%-я ЭДТА и пассивной ультразвуковой активацией (контрольная группа); II группа (64 пациента), которым в комплексном лечении ХАП применяли лазерную обработку корневых каналов Er,Cr:YSGG с длиной волны 2780 нм (Waterlase iPlus, Biolase, USA) мощностью – 1,5 Вт и бидистилянтом.

В двух группах бактериальная плотность выявленных микроорганизмов на корневой канал варьируется в значениях от  $10^6$  до  $10^8$  КОЕ/мл. Частота встречаемости микроорганизмов полученных из корневых каналов зубов пациентов двух групп представлена в таблице 8. Статистической значимости в различии видового состава микрофлоры содержимого корневых каналов пациентов двух групп с хроническим апикальным периодонтитом перед проведением эндодонтического лечения нами не выявлено ( $p > 0,05$ ).

**Таблица 9** – Частота встречаемости (%) микроорганизмов в корневых каналах до проведения эндодонтического лечения

Вид бактерии	1-я группа (n = 63)	2-я группа (n = 64)
	До дезинфекции	До дезинфекции
<i>Streptococcus sanguis</i>	29,1±0,43	24,8±0,43
<i>Streptococcus mitis</i>	4,4±0,12	5,3±0,12
<i>Streptococcus mutans</i>	10,7±0,51	9,9±0,51
<i>Prevotella intermedia</i>	8,9±0,18	11,3±0,18
<i>Enterococcus faecalis</i>	13,7±0,71	12,1±0,71
<i>Porphyromonas gingivalis</i>	9,5±0,52	11,2±0,52
<i>Staphylococcus epidermalis</i>	7,5±0,21	8,9±0,21
<i>Citrobacter braakii</i>	8,4±0,23	9,8±0,23
<i>Candida albicans</i>	7,8±0,42	6,7±0,42
p > 0,05		

Исследование видового состава показало, что первое ранговое место занимают *Streptococcus sanguis* (29,1±0,43% и 24,8±0,43%), относящиеся к группе факультативных грамположительных анаэробных бактерий, которые в норме находятся в полости рта и способны подавлять действие *Streptococcus mutans*, выделенные достаточно часто в корневом канале (10,7±0,51% и 9,9±0,51%).

Второе ранговое место в двух группах занимает *Enterococcus faecalis* (10,7±0,71% и 12,1±0,71% соответственно). До проведения эндодонтического лечения в корневых каналах нами выявлялись агрессивные бактерии, вызывающие развитие и затяжное хроническое течение заболеваний тканей пародонта:

*Prevotella intermedia* (8,9±0,18% и 11,3±0,18%) и *Porphyromonas gingivalis* (9,5±0,52% и 11,2±0,52%). Доля *Candida albicans* составила в первой группе 7,8±0,42% и во второй 6,7±0,42%.

После проведенного эндодонтического лечения пациентов с ХАП с соответствующей группе дезинфекцией, нами получены выраженное уменьшение количества микроорганизмов в двух группах (Рисунок 18).



**Рисунок 18** – Динамика изменения количества микроорганизмов содержимого корневых каналов взятых до и после проведения их дезинфекции

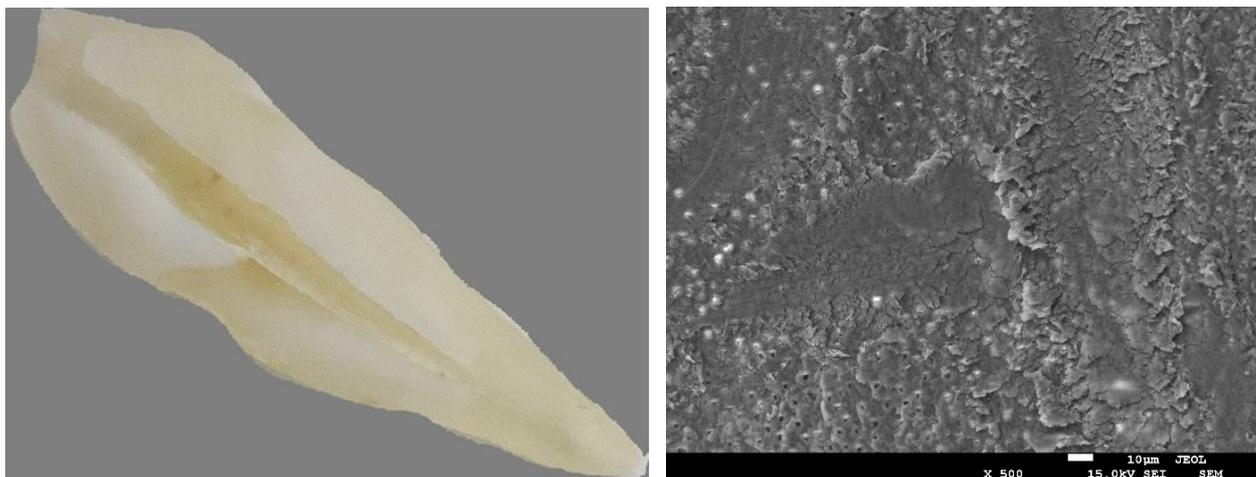
Статистически значимых результатов при анализе микробиологического исследования содержимого корневых каналов нами не получено, однако необходимо отметить, что в первой группе пациентов в системе корневых каналов были выявлены *Enterococcus faecalis* и *Staphylococcus epidermalis*, а у представителей второй группы пациентов наблюдалась полная элиминация данных факультативных анаэробов, которые препятствуют репаративным процессам в тканях периодонта.

### ***3.1.3. Результаты изменения поверхности дентина корневых каналов при различных способах обработки***

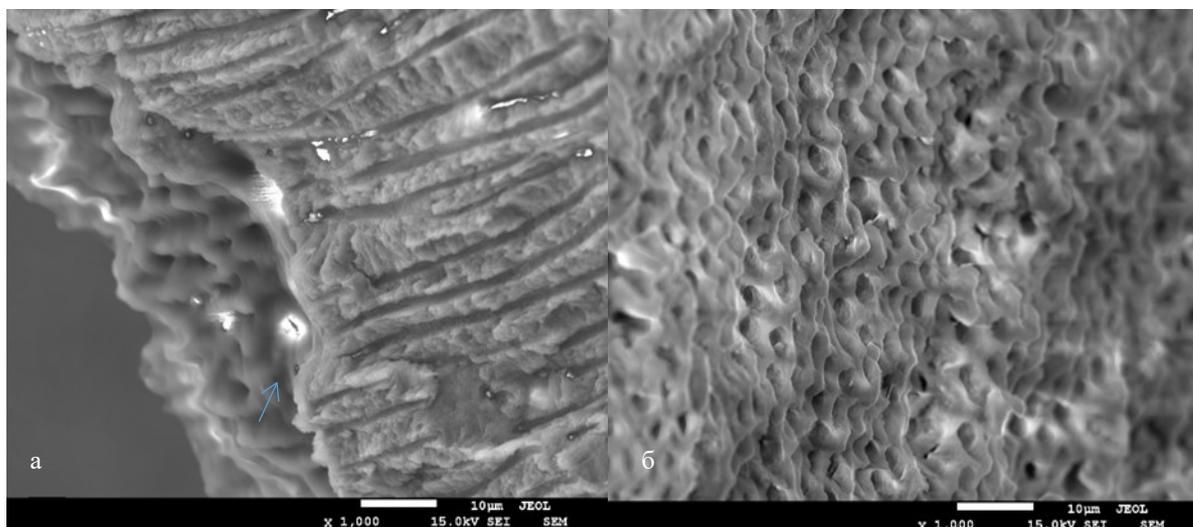
В результате исследования полученных шлифов зубов методом СЭМ были выявлены изменения поверхности дентина корневых каналов в четырех исследуемых группах (Рисунок 19).

Поверхность корневого канала в образцах 1-й группы, где применялся традиционный протокол обработки (3%-й NaOCl + 17%-я ЭДТА + активация ультразвуком), представлена как открытыми, так и частично открытыми дентинными каналами; визуализировалось наличие глыбообразного конгломерата из фрагментов множественных дентинных опилок и микробной флоры, западающих в глубину ка-

нальца, тем самым создавая условия для повторного формирования биопленки сначала в проходе дентинного канальца, а затем и на его поверхности снаружи, а также препятствуя качественной obturации корневого канала (Рисунок 20). Такая картина СЭМ изображения регистрировалась по всей поверхности стенки корневого канала, наибольшей степени в апикальной трети корневого канала, в изгибе.



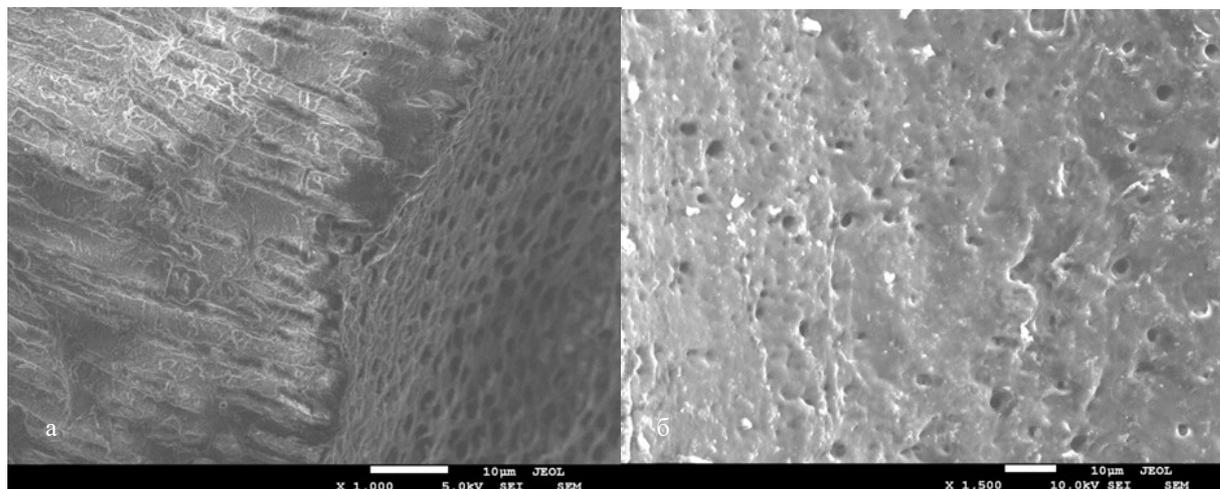
**Рисунок 19** – а – продольный шлиф зуба (образец S 4.2); б – СЭМ-изображение поверхности корневого канала, увеличение  $\times 500$



**Рисунок 20** – СЭМ-изображение поверхности корневого канала образца I группы (обработанного по традиционному протоколу). Увеличение: а –  $\times 1000$ ; б –  $\times 1500$

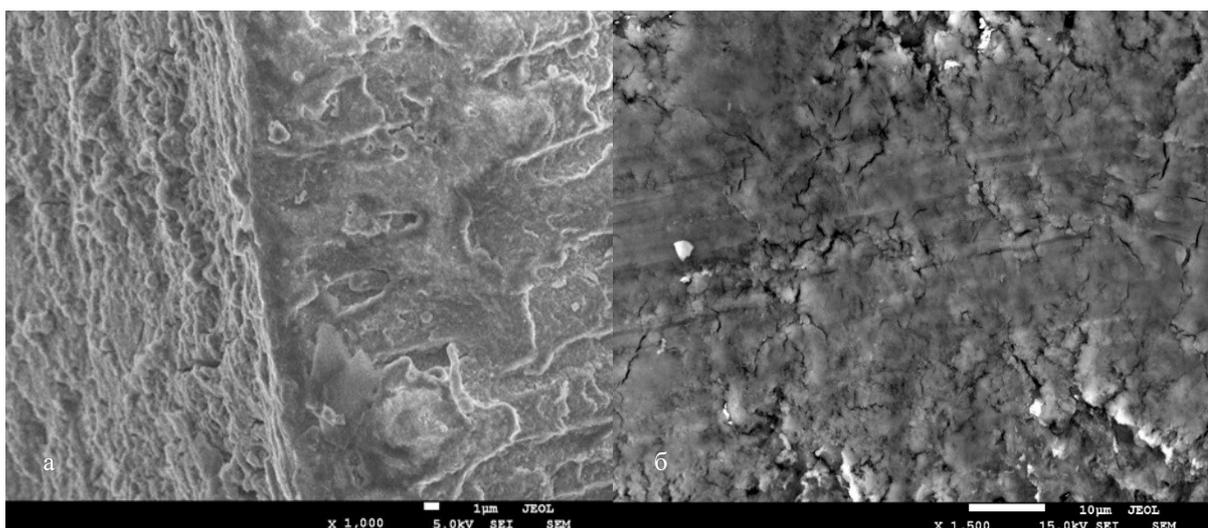
Во 2-й группе, где обработка проводилась эрбиевым лазером 1 Вт с бидистиллятом, на СЭМ изображении визуализировалось частичное удаление смазанного слоя: наблюдались участки с измененной морфологией поверхности стенки корневого канала в виде единично запаянных дентинных канальцев, наличие большого количества дентинных опилок, obturирующих доступ к дентинным канальцам,

много закрытых канальцев, особенно отмечалась в апикальной трети корневых каналов исследуемых образцов (Рисунок 21).



**Рисунок 21** – СЭМ-изображение поверхности корневого канала, обработанного эрбиевым лазером на мощности 1 Вт. Увеличение: а –  $\times 1000$ ; б –  $\times 1500$

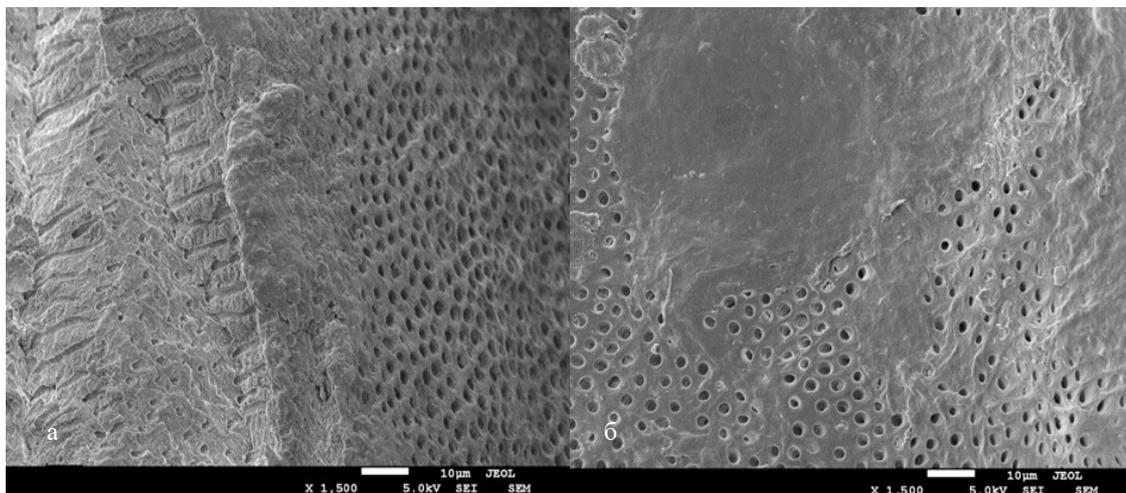
В 3-й группе образцов, где применялся эрбиевый лазер 1,5 Вт с бидистиллятом, визуализируется изменение морфологии поверхности дентина корневого канала (Рисунок 22). Практически на всем протяжении визуализируется гладкая поверхность дентина, с запаянными дентинными трубочками, единичными открытыми дентинными канальцами.



**Рисунок 22** – СЭМ-изображение поверхности корневого канала образца из 3-й группы. Увеличение: а –  $\times 1000$ ; б –  $\times 1500$

В СЭМ изображениях 4-й группы, где образцы обрабатывались LAI техникой видно, что практически отсутствует смазанный слой, есть участки, где дентинные

трубочки полностью и широко раскрыты, а есть участки, где дентинные трубочки запаяны (Рисунок 23).



**Рисунок 23** – СЭМ-изображение поверхности корневого канала образца из 4-й группы. Увеличение: а –  $\times 1000$ ; б –  $\times 1500$

По данным сканирующей электронной микроскопии во всех образцах 1-й группы (16), обработанных по традиционному протоколу корневого канала наблюдалось в условиях *in vitro* неполное удаление смазанного слоя. В каждом образце открытые дентинные каналы (Рисунок 24).

При обработке корневых каналов 2-й группы с помощью эрбиевого лазера 1 Вт в 10 (66,7%) в образцах наблюдаются области как с открытыми дентинными каналцами, так и в 5 (33,3%) образцах на всем протяжении канала наблюдаются запаянные дентинные каналцы. Таким образом, обработка с применением эрбиевого лазера 1 Вт показала только частичную трансформацию поверхности корневого канала в виде частичной окклюзии дентинных каналцев на поверхности просвета корневых каналов.

В 3-й группе на всем протяжении в 81,3% случаев регистрировались запаянные дентинные каналцы, и только в 18,7% (3 образца) обнаружены области с открытыми дентинными каналцами, но с гладкой поверхностью дентина корневого канала и с полным отсутствием дентинных опилок.



**Рисунок 24** – Частота морфологических изменений поверхности дентина корневых каналов с учетом способа их обработки

Для анализа различий частот встречаемости представленных степеней obturation каналов при использовании описываемых методов обработки использовался критерий Хи-квадрат Пирсона, значение которого рассчитывалось по Таблице 10. Полученное эмпирическое значение критерия  $\chi^2 = 65,64$  ( $p < 0,001$ ), что свидетельствует о наличии статистически значимого влияния метода на степень запаянности каналов. Обработка по традиционному протоколу с применением 3%-го раствора гипохлорита натрия, 17%-го раствора ЭДТА под активацией ультразвуком хорошо очищает корневой канал, однако при анализе СЭМ изображения в апикальной трети корневого канала регистрировались множественные опилки, что, в свою очередь, могут поддерживать жизнедеятельность микроорганизмов. В эксперименте в группе с применением эрбиевого лазера на мощности 1,5 Вт показано полное изменение морфологии поверхности стенки корневого канала. Поверхность становится практически гладкой, практически отсутствуют открытые дентинные каналцы. Изменение морфологии поверхности корневого канала выявлено и в группе, где обработка корневых каналов проводилась техникой LAI, однако примерно треть поверхности дентина корневых каналов остается открытой, что может повлиять на дальнейшее инфицирование и качество obturation.

**Таблица 10** – Таблица сопряженности с наблюдаемыми и ожидаемыми частотами степеней obturation каналов при применении различных технологий

			Канальцы			Всего
			Открытые дентинный каналы	Запаянные дентинные каналы	Запаянные и открытые	
Метод	Лазер 1 Вт	Наблюдаемые частоты	11	0	4	15
		Ожидаемые частоты	6,5	4,4	4,1	15,0
	Лазер 1,5 Вт	Наблюдаемые частоты	0	13	3	16
		Ожидаемые частоты	7,0	4,6	4,4	16,0
	Традиционный протокол	Наблюдаемые частоты	16	0	0	16
		Ожидаемые частоты	7,0	4,6	4,4	16,0
	LAI	Наблюдаемые частоты	0	5	10	15
		Ожидаемые частоты	6,5	4,4	4,1	15,0
Всего		Наблюдаемые частоты	27	18	17	62
		Ожидаемые частоты	27,0	18,0	17,0	62,0

### *3.1.4. Оценка герметичности obturation корневых каналов с учетом метода обработки*

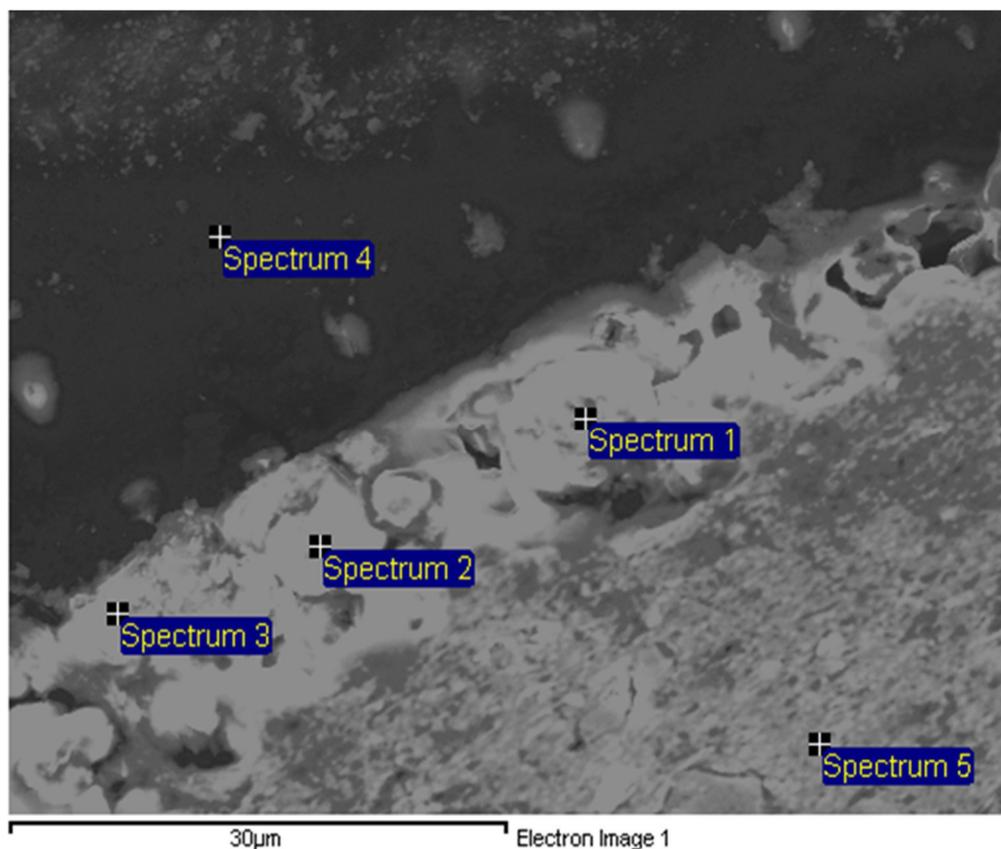
Для определения по СЭМ-изображениям плотности прилегания материала к дентину использовался метод энергодисперсионного микроанализа, что позволило идентифицировать границы дентина, силлера и гуттаперчи (Рисунок 25).

В результате энергодисперсионного микроанализа диагностированы элементы поверхностей дентина – С, О, Na, P, Ca; силлера – С, О, Al, Si, K, Ca, Ti, W; гуттаперчи – С, О, S, Zn, Ba. Данные приведены в Таблице 11.

**Таблица 11** – Элементный состав спектров ХРИ поперечного среза корневого канала зуба после пломбирования с маркерами спектров ХРИ, site1, x2k

№ спектра	С	О	Na	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Zn	Ba	W
1	50,33	38,01							5,27	0,86			5,53
2	39,76	9,41							28,58				22,25
3	36,94	17,09		7,73	8,86			2,46	11,21	7,58			8,13
4	32,02	35,49	0,68			12,47			19,35				
5	68,15	18,02					0,61				12,67	0,55	

Оценку герметичности obturation проводили, исследуя шлифы 62 зубов, предварительно обработанных различными способами.



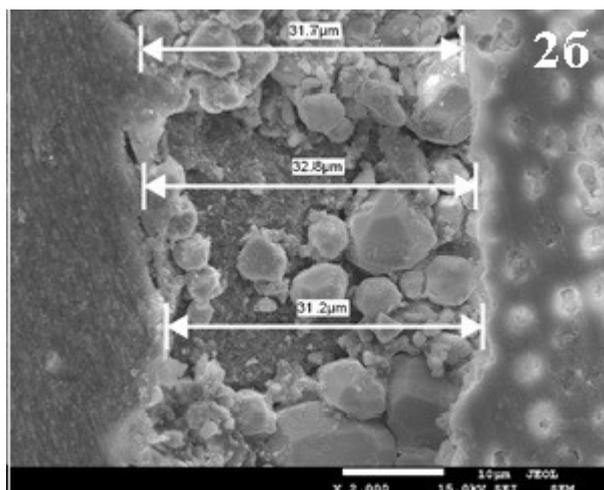
**Рисунок 25** - СЭМ изображение поперечного среза корневого канала зуба после пломбирования с маркерами спектров ХРИ, site1, x2k

1-я группа – 13 образцов, предварительно обработанных по традиционному протоколу; 2-я группа – 14 шлифов, обработанных с помощью лазера 1 Вт; 3-я группа – 14 шлифов, обработанных лазером 1,5 Вт и бидистиллятом; 4-я группа – 13 образцов, обработанных с помощью техники LAI. Подготовленные образцы всех четырех групп после obturation исследовались на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) JEOL JSM 7001F в коронковой трети (ось А), средней (ось В) и апикальной (ось С). Анализируемые данные по результатам электронномикроскопического исследования представляют собой размер зазора между стенками канала и obturating агентом в нм. Данные представлены в Таблице 12.

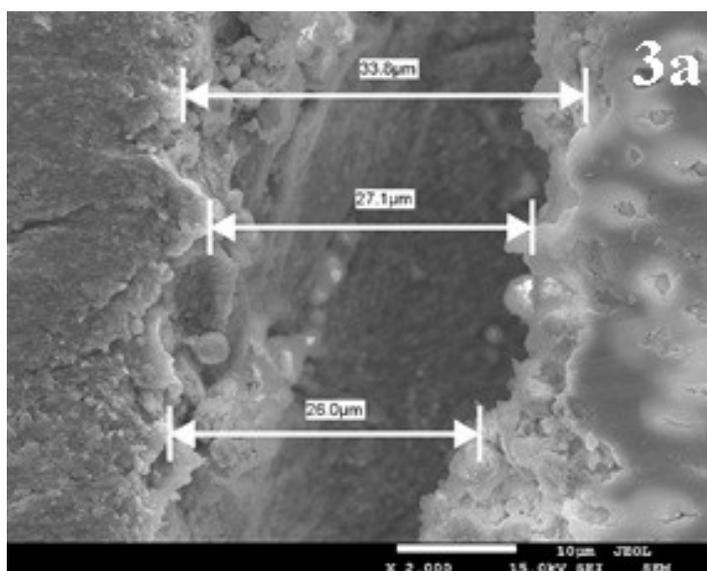
В группе 1, где обработка проводилась по традиционному протоколу с использованием гипохлорита натрия, в каждой трети всех исследуемых (100%) образцов были обнаружены зазоры от 38,54 до 64,15 мкм. При увеличении 20 00 нм по всей адгезионной границе отчетливо регистрировались дефекты прилегания пломбировочного материала к стенке корневого канала (Рисунок 26).

**Таблица 12** – средние размеры зазоров по трем осям в различных группах

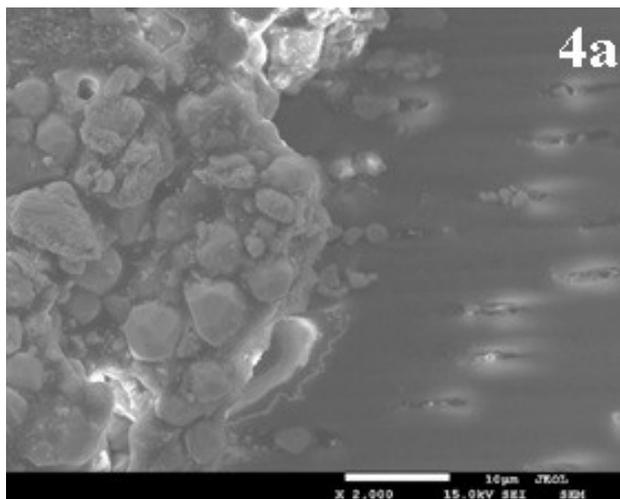
Группа	$\bar{x} \pm \sigma$ по оси А	$\bar{x} \pm \sigma$ по оси В	$\bar{x} \pm \sigma$ по оси С
Традиционный протокол	52,78±7,22	52,8±7,00	52,8±7,23
Лазер 1,5 Вт	0,39±0,67	0,38±0,66	0,38±0,66
Техника LAI	7,13±10,71	7,1±10,69	7,09±10,63
Лазер 1 Вт	47,24±8,90	47,1±8,86	47,23±8,82

**Рисунок 26** – СЭМ-изображение продольного среза корня зуба 1-й группы, обработанного по традиционному протоколу. Увеличение – ×2000

В группе 2 во всех исследуемых образцах также регистрировались дефекты краевого прилегания пломбировочного материала к стенкам корневого канала, обнаружены зазоры от 31,2 до 62,0 мкм (Рисунок 27).

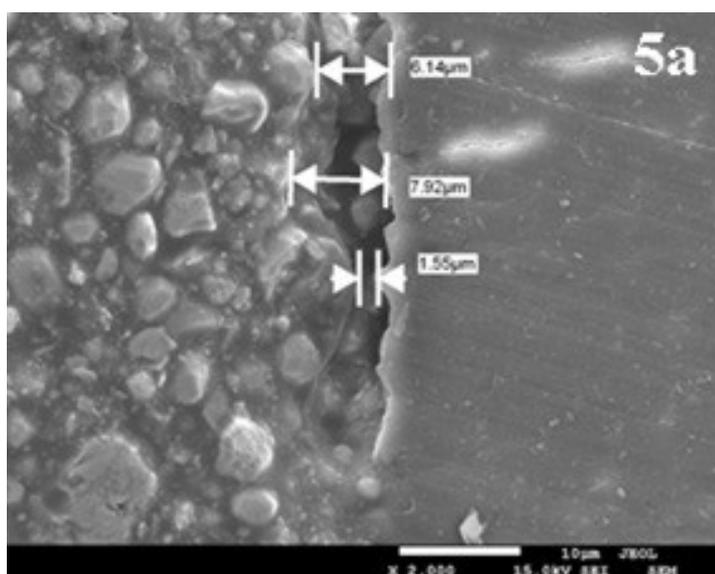
**Рисунок 27** – СЭМ-изображение продольного среза корня зуба 2-й группы образцов. Увеличение – ×2000

В группе 3, в которой для обработки использовался эрбиевый лазер мощностью 1,5 Вт, обнаружены зазоры между силлером и стенками канала от 1,17 до 1,92 (Рисунок 28). На увеличении 1000 мкм регистрируется абсолютная целостность адгезионной границы практически на всем протяжении. Единичные нарушения краевого прилегания пломбировочного материала к стенкам корневого канала регистрировалась в 28,6% случаях. Данные представлены в Таблице 13.



**Рисунок 28** – СЭМ изображение продольного среза корня зуба, образца 3-й группы. Увеличение –  $\times 2000$

В 4-й группе, где зубы обрабатывались по технике LAI, обнаружены зазоры от 1,63 до 41,85 в 71,4% случаев (Рисунок 29).



**Рисунок 29** – СЭМ изображение продольного среза корня зуба, образца 4-й группы. Увеличение –  $\times 2000$

**Таблица 13** – Проценты встречаемости зазоров и плотного прилегания в группах

Группа	Процент встречаемости пустот в группе	Процент встречаемости плотного прилегания в группе
1 (традиционный протокол)	100%	0%
2 (лазер 1 Вт)	100%	0%
3 (лазер 1,5 Вт)	28,6%	71,4%
Техника LAI	71,4%	28,6%

В 100% случаев в образцах 1-й и 2-й групп регистрировались нарушения краевого прилегания пломбировочного материала к стенкам корневых каналов (Таблица 12). В 71,4% и 28,6% случаях в 3-й и 4-й группе соответственно регистрировалось отсутствие дефектов краевого прилегания. Необходимо отметить, что в 3-й группе и 4-й группах преимущественно это были образцы с более сложной анатомией корневых каналов в виде плоской формы канала раздвоенной формы.

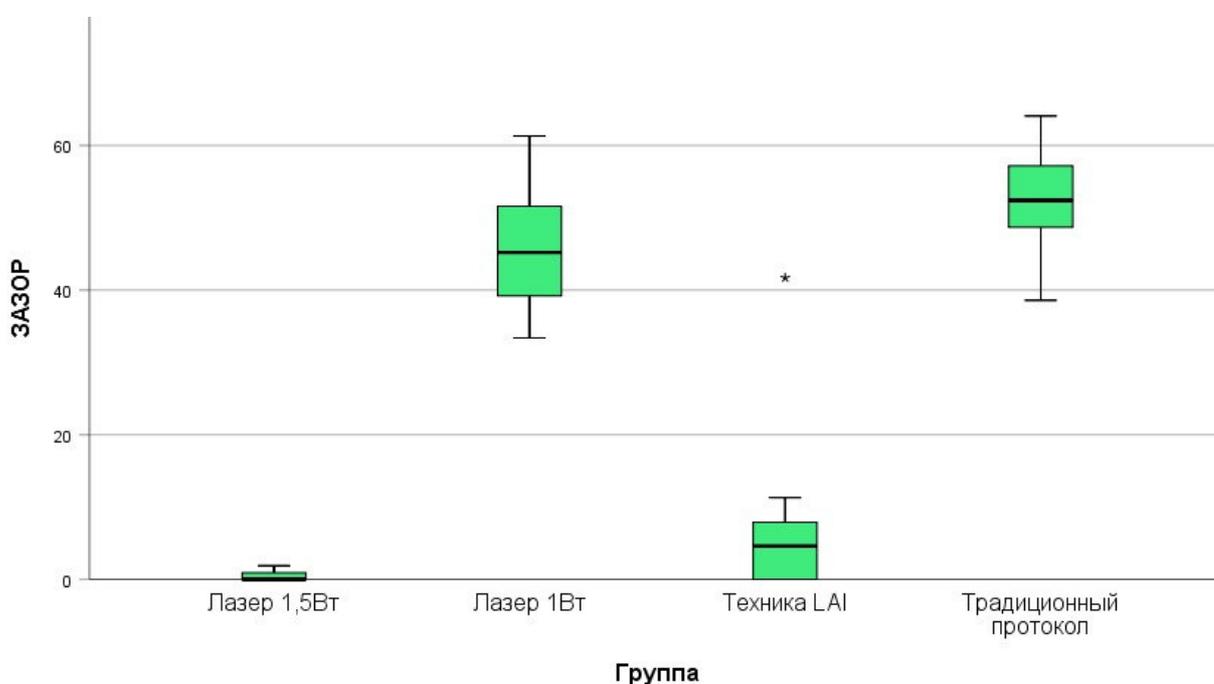
При проведении сравнительного исследования результатов между группами получилось 6 пар сравнения с высоким коэффициентом значимости. Различия между данными по показателям «Традиционный протокол» и «Лазер 1 Вт» находились с помощью критерия Стьюдента (обе выборки нормально распределены), остальные сравнения проводились с помощью критерия Манна – Уитни. Результаты нахождения различий между группами представлены в Таблице 14.

**Таблица 14** – Результаты сравнения зазоров при различных методах обработки по трем осям

Сравниваемые методы обработки	Уровень значимости различий, p (с учетом поправки Шидака)
Традиционный протокол и Лазер 1,5 Вт	< 0,001
Традиционный протокол и Техника LAI	< 0,001
Традиционный протокол и Лазер 1 Вт	0,018
Лазер 1,5 Вт и Техника LAI	< 0,001
Лазер 1,5 Вт и Лазер 1 Вт	< 0,001
Техника LAI и Лазер 1 Вт	< 0,001

При сравнении образцов четырех групп выявлено, что статистически значимые различия размеров зазоров были обнаружены между всеми методами по всем осям ( $p < 0,05$ ), кроме «Традиционный протокол» и «Лазер 1 Вт» ( $p > 0,05$ ).  $\alpha = 0,05$ .

На диаграмме размаха величин зазоров образцов четырех групп исследования выявлено, что наилучшие результаты obturации каналов в представленной выборке наблюдаются при применении лазера 1,5 Вт (медиана, 1-й и 3-й квартили [0; 0,675]); далее по увеличению величин зазоров идет технология LAI (3,9[0; 7,2]), лазер 1 Вт (45,2 [39,2; 51,6]) и традиционный протокол (52,4[48,7; 57,2]). Также для технологии LAI наблюдается выброс с величиной зазора 41,7 нм, отмеченный на диаграмме (Рисунок 30).



**Рисунок 30** – Диаграмма размаха величин зазоров для различных методик

Оценка СЭМ-изображений «позволяет сделать вывод о том, что влияние Er, Cr: YSGG с длиной волны 2780 нм эффективно, так как непосредственно под его действием изменяется структура корневого дентина, что ведет к увеличению адгезивной прочности пломбировочного материала к стенкам корневого канала» [52], что позволяет более качественно obturировать корневой канал.

Анализируя полученные результаты сканирующего электронномикроскопического исследования четырех групп образцов, которые перед obturацией были обработаны разными способами дезинфекции, можно заключить, что наиболее качественные результаты  $0,38 \pm 0,65$  ( $p < 0,001$ ) достигаются при проведении дезинфекции корневого канала с помощью Er, Cr: YSGG с длиной волны 2780 нм. Несколько худшие результаты ( $7,11 \pm 10,41$ ) получены в 4-й группе, где применяли технику LAI ( $p = 0,024$ ). Во 2-й группе, где использовали лазер на мощности 1 Вт, получены статистически значимые различия увеличения размера зазора в сравнении с 3-й и 4-й группами ( $47,19 \pm 8,62$ ). В 1-й группе, где обработку проводили по традиционному протоколу, в каждом образце обнаружен самый большой зазор между obtурирующим материалом и стенкой корневого канала ( $52,79 \pm 6,96$ ).

Следовательно, можно сделать вывод, что применение Er,Cr:YSGG с длиной волны 2780 нм с бидистиллятом в комплексной обработке корневого канала при подготовке к obturации значительно увеличивает число качественно обработанных и obtурированных каналов.

## **3.2. Результаты клинико-рентгенологического обследования пациентов**

### ***3.2.1. Результаты клинического обследования пациентов с деструктивными формами хронического апикального периодонтита***

В исследование вошли пациенты с основным диагнозом «хронический апикальный периодонтит» (К 04.5, согласно МКБ-10), который включает в себя деструктивные формы ХАП (гранулирующий и гранулематозный хронический периодонтит, вне обострения). База данных состоит из двух групп обследуемых. В первую группу (контрольная) вошли 63 человека, которым лечение ХАП оказывалось по традиционному протоколу; вторую группу составили 64 пациента, которым при обработке корневых каналов использовали Er,Cr:YSGG с длиной волны 2780 нм на мощности 1,5 Вт с бидистиллятом. Средний возраст пациентов составил –  $34 \pm 8$  лет. При этом группа состояла из 51 (40%) женщины и 76 (60%) мужчин ( $\chi^2 = 11,6$ ;  $p = 0,001$ ). Характеристика групп пациентов представлена в Таблице 15.

**Таблица 15** – Характеристика групп пациентов с хроническим апикальным периодонтитом (K04.5), с учетом диагноза, возраста и пола

Критерии		1-я группа (контрольная). Традиционный протокол	2-я группа (основная). Лазер 1,5 Вт	Итого
Диагноз абс. (%)	Хронический гранулематозный периодонтит	30 (48%)	22 (34%)	52 (41%)
	Хронический гранулирующий периодонтит	33 (52%)	42 (66%)	75 (59%)
Первичный/ повторный абс. (%)	Первичная эндодонтия	32 (51%)	32 (50%)	64 (50,4%)
	Повторная эндодонтия	31 (49%)	32 (50%)	63 (49,6%)
Пол абс. (%)	ж	26 (41%)	25 (39%)	51 (40%)
	м	37 (59%)	39 (61%)	76 (60%)
Возраст	$X \pm \sigma$	33±7	35±9	34±8
	Me [Q <sub>1</sub> ; Q <sub>3</sub> ]	34 [30; 36]	32 [28; 41]	33 [28; 37]

Статистически значимых различий по возрасту пациентов в двух исследуемых группах обнаружено не было ( $\chi^2 = 0,287$ ;  $p = 0,824$ ).

При сравнении различий в группах по признаку возраста с учетом пола не выявлено (критерий Краскелла – Уоллиса, мужчины:  $\chi^2 = 12,0$ ,  $p = 0,249$ ; женщины:  $\chi^2 = 17,0$ ,  $p = 0,103$ ).

Таким образом, проведенный анализ показывает, что исследуемые группы пациентов с ХАП не имеют статистически значимых различий по признаку возраста и пола.

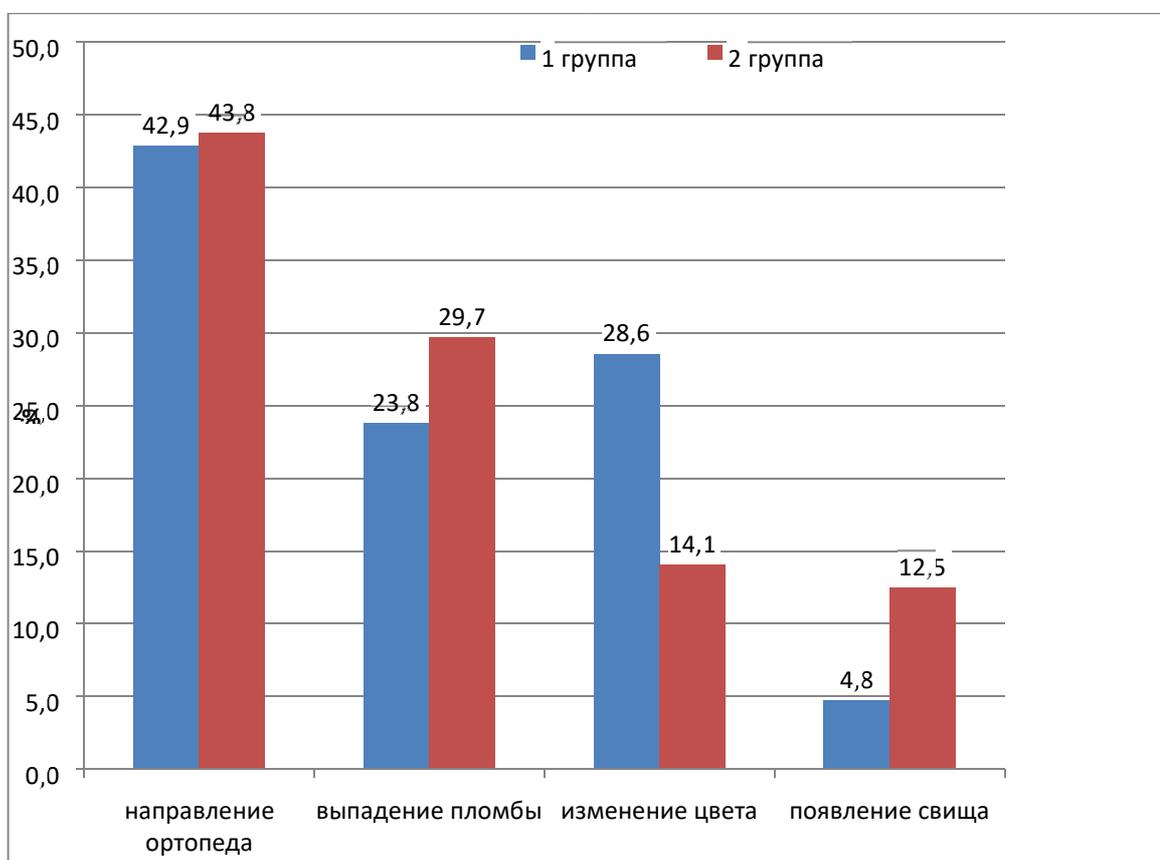
При сравнении доли пролеченных зубов в двух исследуемых группах статистически значимых межгрупповых различий не выявлено ( $p > 0,05$ ), при этом доля моляров составила – 62,5%, 58,8% , премоляров – 28,3%, 26,4%, фронтальных зубов – 9,2%, 14,8% соответственно.

За три года в ходе исследования пролечено 127 зубов с ХАП, причем количество зубов с ранее проведенным эндодонтическим лечением было примерно равно количеству зубов, леченных впервые (63 [49,6%] и 64 [50,4%] соответственно). Полностью закончить клиническое наблюдение (24 месяца) после эндодонтического лечения удалость практически у всех пациентов двух групп; исключением стал один пациент из 1-й группы, которому через 6 месяцев наблюдения удалили зуб. Оценить статистическую значимость различий при попарных сравнениях

групп пациентов по частоте удаления зубов после эндодонтического лечения не представляется возможным ввиду малого числа наблюдений (только 1 удаление).

Из обследованных 63 пациентов в первой группе 42,9% (27) были направлены ортопедом, обратились с жалобой на выпадение пломбы 23,8% (15), на изменение цвета зуба в цвете 28,6% (18), на периодическое появление свища 4,8% (3) (Рисунок 30).

Во второй группе, состоящей из 64 пациентов, 43,8% (28) были направлены от ортопеда, 29,7% (19) с жалобами на наличие свища 12,5% (8), выпадение пломбы – 29,7% (19) и на потемнение зуба 14,1% (9) (Рисунок 31).



**Рисунок 31** – Причины обращения пациентов с ХАП

При проведении межгрупповых сравнений обращаемости пациентов первой и второй групп статистически значимые межгрупповые различия зарегистрированы только по одному показателю: пациентов, обратившихся с жалобами на изменение цвета зуба, в основной группе на 14,5% больше ( $p \leq 0,05$ ).

При первичном осмотре проводилось клиническое (сбор анамнеза и жалоб, осмотр, пальпация, перкуссия, измерение ЭОД) и инструментальное (КЛКТ) обследования пациентов.

Одним из критериев включения в исследование было ХАП вне обострения, поэтому клиническая картина была скудной: при внешнем осмотре отеков не наблюдалось, патологических изменений кожных покровов не регистрировалось, региональные лимфоузлы не увеличены, безболезненны при пальпации. При осмотре непосредственно полости рта в единичных случаях наблюдалась гиперемия слизистой оболочки по переходной складке.

Лечение зубов проводили в соответствии с клиническими рекомендациями (описанными в разделе «Материалы и методы исследования»).

Все пациенты, вошедшие в исследование, разделены на две группы:

1) контрольная (I Группа) 63 человека, эндодонтическое лечение которым проводили по традиционному протоколу (3% р-р гипохлорита натрия, 17% р-р ЭДТА с активацией ультразвуком);

2) основная (2 группа) 64 человека, у которых при эндодонтическом лечении использовали Er, Cr:YSGG с длиной волны 2780 нм на мощности 1,5 Вт, 50 Гц, вода/воздух 25/35 с бидистиллятом.

### ***3.2.2. Сравнительная характеристика результатов лечения пациентов с деструктивными формами ХАП с применением Er, Cr:YSGG с длиной волны 2780 нм на мощности 1,5 Вт и традиционного протокола***

На третий день после проведенной окончательной obtурации корневых каналов оценивали ближайшие результаты эндодонтического лечения. При клиническом обследовании пациенты 34 (54%) из контрольной (первой группы) отмечали постпломбировочные боли и неприятные ощущения после проведенного эндодонтического лечения; в основной группе (вторая группа) такие регистрировалось в 4 случаях (6%). Таких симптомов, как нарушение конфигурации лица, гиперемия, отечность слизистой оболочки в области переходной складки, не наблюдалось. В обеих группах жалоб на острые боли не отмечалось, жалобы были только на боли

умеренного характера. К пятому дню наблюдения у большинства пациентов основной и контрольной групп болевой синдром купировался без назначения дополнительного лечения.

Эффективность лечения в динамике оценивалась по результатам КЛКТ. По изменению индекс СОРІ (Complex Periapical Index) (Таблица 16).

В таблице 16 представлены результаты индексной оценки (СОРІ) в динамике лечения пациентов. При попарном сравнении данные, полученные для основной и контрольной групп, не продемонстрировали наличия статистически значимых различий между этими группами до лечения ( $p > 0,05$ ). Статистически значимые различия были обнаружены между основной и контрольной группами по значениям индекса СОРІ через 6, 12 и 24 месяца ( $p < 0,001$ ).

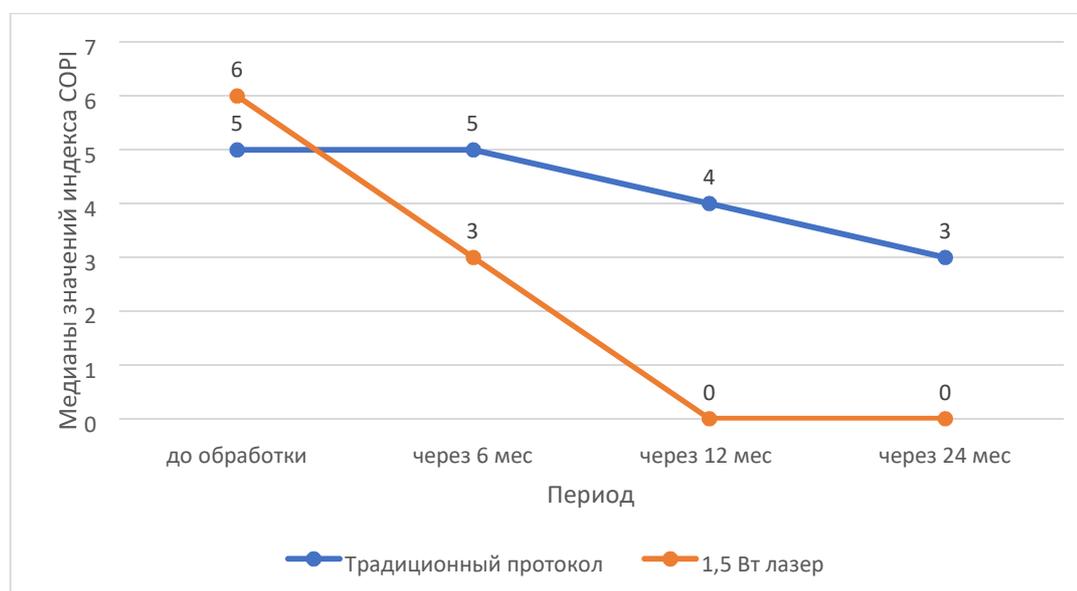
**Таблица 16** – Определение индекса СОРІ

<b>Размер очага просветления (S)</b>	
<b>S0</b>	Расширение периодонтальной щели не более чем в 2 раза, чем ширина латеральной периодонтальной щели
<b>S1</b>	Диаметр маленького хорошо выраженного очага просветления до 3 мм
<b>S2</b>	Диаметр среднего хорошо выраженного очага просветления от 3 до 5 мм
<b>S3</b>	Диаметр большого хорошо выраженного очага просветления $> 5$ мм
<b>Соотношения между корнем и очагом поражения (R)</b>	
<b>R0</b>	Отсутствие просветления, расширение периодонтальной связки не более чем в 2 раза, чем ширина латеральной периодонтальной связки
<b>R1</b>	Просветление в области одного корня
<b>R2</b>	Просветление в области более одного корня
<b>R3</b>	Просветление с вовлечением фуркации
<b>Локализация костной деструкции (D)</b>	
<b>D0</b>	Отсутствие просветления, расширение периодонтальной связки не более чем в 2 раза, чем ширина латеральной периодонтальной связки
<b>D1</b>	Просветление вокруг корня
<b>D2</b>	Просветление в контакте с важными анатомическими структурами
<b>D3</b>	Деструкция кортикальной пластинки

Важным является факт, что уже через 6 месяцев показатели индекса СОРІ в контрольной группе почти в 1,5 раза превышали аналогичный показатель в основной группе ( $4,62 \pm 0,49$  и  $3,06 \pm 0,66$  соответственно). Через 12 месяцев наблюдения индекс СОРІ в основной группе уменьшился в 5 раз от первоначального значения ( $0,98 \pm 1,42$  и  $5,45 \pm 0,64$  соответственно). В контрольной группе показатель индекса СОРІ при динамическом наблюдении в течение 2 лет снизился от  $5,30 \pm 0,59$  до  $2,22 \pm 1,53$ . В основной группе регистрировались более значимые результаты: перед лечением показатель индекса составил  $5,45 \pm 0,64$  через 24 месяца после проведенного лечения  $0,56 \pm 1,18$  (Рисунок 32).

**Таблица 17** – Оценка различий индекса СОРІ между группами в динамике лечения

Показатель	До лечения	Через 6 месяцев	Через 12 месяцев	Через 24 месяца
1-я группа (традиционный протокол)	$5,30 \pm 0,59$	$4,62 \pm 0,49$	$3,44 \pm 1,00$	$2,22 \pm 1,53$
2-я группа (1,5 лазер)	$5,45 \pm 0,64$	$3,06 \pm 0,66$	$0,98 \pm 1,42$	$0,56 \pm 1,18$
	$p > 0,05$	$p < 0,001$ (Mann-Whitney U Test)		



**Рисунок 32** – График зависимости медианы индекса СОРІ при динамическом наблюдении

Как видно на графике (Рисунок 32) время уменьшения очага резорбции, присутствующего на момент начала лечения, сокращается у пациентов контрольной группы.

При проведении анализа встречаемости параметров значений индекса СОРІ выявлено, что пациенты с показателями 0-3 не зарегистрированы ни в одной группе (Таблица 18).

**Таблица 18** – Частота встречаемости значений индекса СОРІ

Значение индекса СОРІ	Частота встречаемости, абс (%)	
	Основная группа (1)	Контрольная группа (2)
0	0 (0%)	0 (0%)
1	0 (0%)	0 (0%)
2	0 (0%)	0 (0%)
3	0 (0%)	0 (0%)
4	4 (6%)	5 (8%)
5	36 (57%)	25 (39%)
6	23 (37%)	34 (53%)
7	0 (0%)	0 (0%)
8	0 (0%)	0 (0%)
9	0 (0%)	0 (0%)

При оценке тяжести хронического апикального периодонтита ориентировались на выраженность деструктивных изменений в тканях периодонта, оценивая по площади очага деструкции. Сводные данные представлены в Таблице 19.

Исследуемые показатели в группах наблюдений до лечения статистически значимо не отличались ( $p = 0,919$ ; Mann-Whitney U Test).

Через 6 месяцев, по данным КЛКТ обследования средняя площадь очага деструкции уменьшилась в двух группах. Важно отметить, что в контрольной группе площадь очага деструкции уменьшилась на 45,36% (составила  $16,72 \pm 8,04 \text{ мм}^2$ ), а в основной на 84,83% ( $4,72 \pm 3,07 \text{ мм}^2$ ) ( $p < 0,001$ ; Mann-Whitney U Test).

Через 12 месяцев, по сравнению с исходными данными, выявленная тенденция сохранилась: площадь очага деструкции в контрольной группе составила  $5,74 \pm 6,68 \text{ мм}^2$ , в основной  $0,23 \pm 0,44 \text{ мм}^2$  ( $p < 0,001$ ; Mann-Whitney U Test).

Через 24 месяца динамического наблюдения по результатам КЛКТ исследования площадь деструкции костной ткани составила в контрольной группе  $1,01 \pm 5,93 \text{ мм}^2$  и  $0,05 \pm 0,14 \text{ мм}^2$  в основной ( $p = 0,001$ ; Mann-Whitney U Test)).

**Таблица 19** – Выраженность деструктивных изменений по результатам КЛКТ обследования пациентов с ХАП в динамике ( $M \pm \sigma$ )

Показатель	Ось А	Ось Б	Площадь, $\text{мм}^2$
До лечения			
Контрольная группа	$6,56 \pm 1,16$	$5,82 \pm 1,27$	$30,60 \pm 10,50$
Основная группа	$6,50 \pm 1,27$	$5,96 \pm 1,17$	$31,11 \pm 11,00$
			$p = 0,919$
Через 6 месяцев			
Контрольная группа	$4,90 \pm 1,19$	$4,17 \pm 1,23$	$16,72 \pm 8,04$
Основная группа	$2,51 \pm 0,92$	$2,18 \pm 0,84$	$4,72 \pm 3,07$
			$p < 0,001$
Через 12 месяцев			
Контрольная группа	$2,75 \pm 1,36$	$2,17 \pm 1,29$	$5,74 \pm 6,68$
Основная группа	$0,34 \pm 0,58$	$0,26 \pm 0,39$	$0,23 \pm 0,44$
			$p < 0,001$
Через 24 месяца			
Контрольная группа	$0,51 \pm 1,11$	$0,42 \pm 1,07$	$1,01 \pm 5,93$
Основная группа	$0,10 \pm 0,25$	$0,10 \pm 0,24$	$0,05 \pm 0,14$
			$p = 0,001$

Результат эндодонтического лечения, характеризующийся как «излечение», устранение разрежения в периапикальных тканях представлен в Таблице 20.

Таким образом, при проведении исследования доказано преимущество использования Er, Cr: YSGG с длиной волны 2780 нм с мощностью 1,5 Вт при эндодонтическом лечении пациентов с хроническим апикальным периодонтитом уже через 6 месяцев наблюдения в 3% случаев очаг деструкции костной ткани в пере-

апикальной области отсутствовал в контрольной группе. Через 12 месяцев в контрольной группе «успешность» ЭЛ ХАП составила 3%, в основной – 67%. Результаты, полученные через 24 месяца – 60% клинических случаев устранения разряжения в апикальной области в контрольной группе и 84% в основной. Полученные результаты в целом могут свидетельствовать об успешности эндодонтического лечения пациентов с хроническим апикальным периодонтитом.

**Таблица 20** – Межгрупповые различия устранения очагов деструкции по КЛКТ (%)

Показатель	Традиционный протокол (контрольная группа) Полное заживление, абс (проц %)	1,5 Вт лазер (основная группа) Полное заживление, абс (проц %)	Уровень значимости, р
Полное заживление через 6 месяцев	0 (0%)	2 (3%)	0,157
Полное заживление через 12 месяцев	2 (3%)	43 (67%)	<0,001
Полное заживление через 24 месяцев	38 (60%)	54 (84%)	0,002

### **Клинический случай 1 (традиционный протокол)**

Пациент С. обратилась в стоматологическую клинику ООО «ЛНУПЦ «МедиДент» 21.02.2021.

Жалобы на скол пломбы верхнего переднего зуба (2.3).

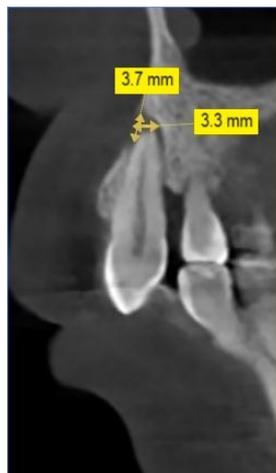
Анамнез заболевания. Зуб ранее лечен по неосложненному кариесу.

Объективное обследование. Лицо симметричное, рот открывает в полном объеме. На вестибулярной поверхности 2.3 зуба пломба. Реакция на холод безболезненная, зондирование в устье канала безболезненное, перкуссия слабоболезненная. Пальпация по переходной складке безболезненная, слизистая оболочка бледно-розовая умеренно влажная.

КЛКТ-исследование: на верхушке корня зуба определяется очаг деструкции костной ткани округлой формы с четкими контурами размером 3,7×3,3. (Рисунок 33). COP1 = S2 + R1 + D 1= 4.

Диагноз: хронический гранулематозный периодонтит 2.2 (K04.5)

Лечение: инфильтрационная анестезия ультракаин ДС – 1,0 мл, наложение системы коффердам, удаление старой пломбы, трепанация полости зуба, раскрытие устья корневого канала, формирование корневого канала с использованием К- и Н-файлов и системы ProTaper на всю рабочую длину под контролем апекслокатора, медикаментозная обработка корневого канала 3%-м гипохлоритом натрия, 17%-й ЭДТА с активацией ультразвуком. D = 60, L = 24. Временная obturation корневого канала UltraCal, повязка Fuji.



**Рисунок 33** – Срез КЛКТ до начала лечения с размерами очага

10.03.2021. Жалоб нет. Объективно: Повязка сохранена. Перкуссия безболезненная. Пальпация по переходной складке безболезненная, слизистая оболочка бледно-розовая умеренно влажная.

Лечение: под инфильтрационной анестезией Ультракаин ДС – 1,0 мл, наложение коффердам, удаление временной пломбы, медикаментозная обработка корневого канала 3%-м гипохлоритом натрия, 17%-я ЭДТА с активацией ультразвуком, obturation AN Plus +Термафил, RVG-контроль. Восстановление фотокомпозитом.

17.03.2021. Жалоб нет. Объективно: Перкуссия болезненная. Пальпация по переходной складке безболезненная, слизистая оболочка бледно-розовая умеренно влажная.

28.08. 2021. Жалоб нет. Объективно: Перкуссия безболезненная. Пальпация по переходной складке безболезненная, слизистая оболочка бледно-розовая умеренно влажная.

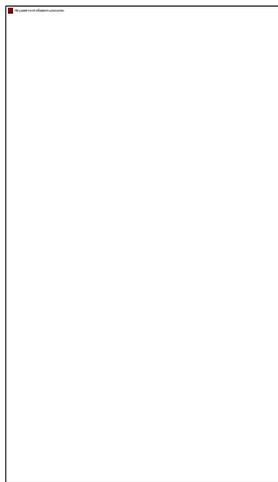
КЛКТ-контроль: динамика положительная, в области вершины корня зуба определяется очаг деструкции костной ткани округлой формы с четкими контурами размером 3,1×2,6 (Рисунок 34).  $COPI = S1 + R1 + D1 = 3$ .



**Рисунок 34** – Срез КЛКТ с размерами очага через 6 месяцев от начала лечения.

04.03.2022. Жалоб нет. Объективно: Перкуссия безболезненная. Пальпация по переходной складке безболезненная, слизистая оболочка бледно-розовая умеренно влажная.

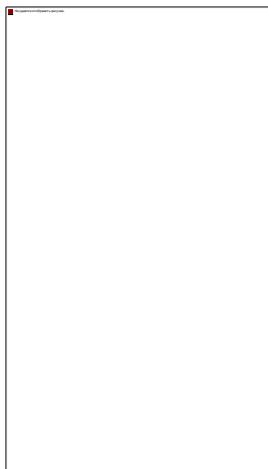
КЛКТ-контроль: динамика положительная. в области вершины корня зуба определяется очаг деструкции костной ткани округлой формы с четкими контурами размером 2,1×1,9 (Рисунок 35).  $COPI = S1 + R1 + D1 = 3$ .



**Рисунок 35** – Срез КЛКТ с размерами очага через 12 месяцев от начала лечения.

09.03.2023. Жалоб нет. Объективно: Перкуссия безболезненная. Пальпация по переходной складке безболезненная, слизистая оболочка бледно-розовая умеренно влажная.

КЛКТ-контроль: динамика положительная. В периапикальных тканях патологических изменений не визуализируется (Рисунок 36).  $COPI = S0 + R0 + D0 = 0$ .



**Рисунок 36** – Срез КЛКТ через 24 месяца

### **Клинический пример 2 (лазер на мощности 1,5 Вт)**

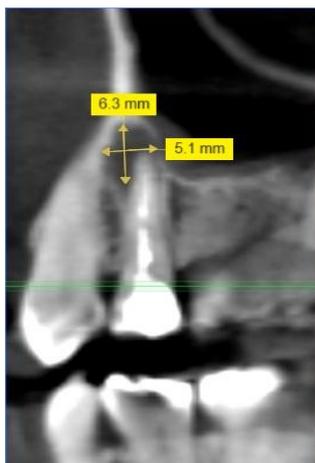
07.12.2020 Пациент С. обратилась в стоматологическую клинику ООО «ЛНУПЦ «МедиДент».

Жалобы на скол зуба (2.4).

Анамнез заболевания: Зуб ранее лечен по осложненному кариесу.

Объективное обследование: Лицо симметричное, рот открывает в полном объеме. 2.4 зуб восстановлен на  $\frac{1}{2}$  пломбирочным материалом на анкерном

штифте, пломба частично сколота. Реакция на холод безболезненная, зондирование в устье канала безболезненное, перкуссия слабоболезненная. Пальпация по переходной складке безболезненная, слизистая оболочка бледно-розовая умеренно влажная. КЛКТ-исследование: на вершुшке корня зуба определяется очаг деструкции костной с нечеткими контурами размером 6,3×5,1. (Рисунок 37) Периапикальный индекс COPI = S3 + R1 + D1 = 5.



**Рисунок 37** – Срез КЛКТ с размерами очага до начала лечения  
 Диагноз: хронический гранулирующий периодонтит 2.4 (K04.5).

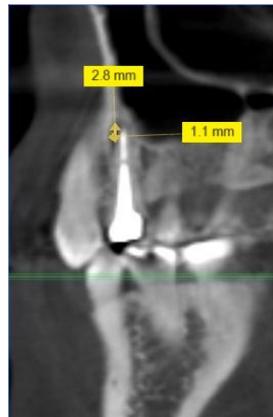
Лечение: инфильтрационная анестезия Ульттракаин ДС-1 мл, наложение системы коффердам, удаление старой пломбы, извлечение анкерного штифта, препарирование кариозной полости, раскрытие устья корневого канала, распломбирование корневого канала при помощи К- и Н-файлов и жидкости ГуттаСил, формирование корневого канала с использованием К- и Н-файлов и системы ProTaper под контролем апекслокатора, обработка лазером RFT2 – 1,5 Вт, 50 Гц, вода воздух 25/35 5-кратно.

Корневой канал временно запломбирован UltraCal. Временная пломба Fuji.

22.12.2020. Жалоб нет. Повязка сохранена. Перкуссия безболезненная. Пальпация по переходной складке безболезненная, слизистая оболочка бледно-розовая умеренно влажная. Лечение: под инфильтрационной анестезией Ульттракаин ДС – 1,0 мл, наложение коффердам, удаление временной пломбы, ирригация бидистиллятом, обработка лазером RFT2 – 1,5 Вт, 50 Гц, вода воздух 25/35 5-кратно, obturation AN Plus +Термафил, RVG-контроль, временная пломба Fuji.

30.12.2020. Жалоб нет. Повязка сохранена. Перкуссия безболезненная. Пальпация по переходной складке безболезненная, слизистая оболочка бледно-розовая умеренно влажная. Изготовление вкладки и коронки.

10.06.2021. Жалоб нет. Повязка сохранена. Перкуссия безболезненная. Пальпация по переходной складке безболезненная, слизистая оболочка бледно-розовая умеренно влажная. КЛКТ-контроль: динамика положительная. в области верхушки корня зуба определяется очаг деструкции костной ткани размером 2,8×1,1 (Рисунок 38).  $COPI = S1 + R1 + D1 = 3$ .



**Рисунок 38** – Срез КЛКТ с размерами очага через 6 месяцев после начала лечения 18.12.2021. Жалоб нет. Повязка сохранена. Перкуссия безболезненная. Пальпация по переходной складке безболезненная, слизистая оболочка бледно-розовая умеренно влажная.

КЛКТ-контроль: в периапикальных тканях патологических изменений не визуализируется (Рисунок 39).  $COPI = S0 + R0 + D0 = 0$ .



**Рисунок 39** – Срез КЛКТ через 12 месяцев после начала лечения

05.01.2023. Жалоб нет. Повязка сохранена. Перкуссия безболезненная. Пальпация по переходной складке безболезненная, слизистая оболочка бледно-розовая умеренно влажная.

КЛКТ-контроль: в периапикальных тканях патологических изменений не визуализируется; костный рисунок восстановлен (Рисунок 40).

$$\text{СОPI} = \text{S0} + \text{R0} + \text{D0} = 0.$$



**Рисунок 40** – Срез КЛКТ через 24 месяцев после начала лечения

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

«Хронические формы периодонтита занимают третье место среди часто встречающихся стоматологических заболеваний и нередко приводят к удалению зуба» [28, 70]. По мнению Е. В. Боровского, «некачественное эндодонтическое лечение зубов с хроническими формами пульпитов в 71% случаев способствует этому» [15].

Современный уровень знаний и наблюдений доказывают, что успешность эндодонтического лечения корневых каналов при хроническом апикальном периодонтите основана на установлении точного диагноза, правильно выбранного подхода в лечении; использование знаний анатомии и морфологии зуба; грамотного проведения инструментальной обработки, эффективной дезинфекции и качественной obturации системы корневых каналов. Вместе с тем, необходимо отметить, что исторически акцент сделан на obturации системы корневых каналов зубов, несмотря на то, что ни одна методика, obtурирующий агент не могут обеспечить полную непроницаемость, что приводит к недолгосрочному успеху лечения [179]. Все чаще появляются работы доказывающие, что obtурация лишь отражает адекватность инструментальной обработки и проведенной дезинфекции системы корневых каналов [29, 65]. Вследствие чего поиск новых эффективных технологий, применяемых при проведении дезинфекции, инструментальной обработки системы корневых каналов является актуальным, отвечающим запросам современной стоматологии.

Относительно новым, безопасным и перспективным направлением, используемым в эндодонтическом лечении, является лазер. Исследования, проведенные в последние годы, доказали бактериостатические и бактерицидные, противовоспалительные и стимулирующие репарацию свойства лазера [25, 32, 54, 101].

Убедительно доказана результативность использования в эндодонтической практике Er,Cr:YSGG-2.780 нм/ Er: YAG-2.940 нм, которая объясняется реальным кавитационным эффектом, а именно образованием пузырьков пара на кончике волокна, вызывающих очень быстрое движение жидкости в канале, что приводит к разрушению биопленки [50, 95, 110, 150].

«Вместе с тем есть данные, которые показывают менее эффективную работу лазера в снижении *E. faecalis* как *in vitro*, так и в зараженной модели зуба» [129], в отличии от 3%-го NaOCl.

Необходимо понимать, что методы лечения с использованием лазерного излучения в повседневной практике российского врача стоматолога применяются не часто. Анализ долгосрочных отдаленных результатов, режимы работы лазера при различных клинических ситуациях в научной литературе представлен не убедительно.

В связи с вышеизложенным, *целью* нашего исследования явилась оценка эффективности эндодонтического лечения пациентов с хроническим апикальным периодонтитом при использовании лазера Er;Cr;YSGG 2780 нм с мощностью 1,5 Вт.

В качестве сравнения использовали: образцы, обработанные по традиционному протоколу: в качестве ирриганта 3%-й раствор гипохлорита натрия, 17%-й раствор ЭДТА и пассивная ультразвуковая активация; образцы, обработанные Er;Cr;YSGG 2780 нм с мощностью 1 Вт с физиологическим раствором; образцы, обработанные ирригантами (3%-й NaOCl и 17%-й раствор ЭДТА) с лазерной активацией Er;Cr;YSGG 2780 нм. с насадкой RFPT5.

Для решения цели мы поставили следующие *задачи*: сравнить эффективность микробной деконтаминации в корневых каналах зубов с хроническим апикальным периодонтитом, с учетом метода обработки; исследовать морфологические изменения поверхности стенок корневого канала при разных протоколах обработки; оценить качество obturации корневых каналов в зависимости от методов обработки (традиционный протокол и лазер Er;Cr;YSGG 2780 нм в различных режимах); определить наиболее эффективный режим работы лазера Er;Cr;YSGG 2780 нм для обработки корневых каналов; провести сравнительный анализ результатов КЛКТ в клинических группах пациентов с ХАП до лечения, через 6 месяцев, 12 месяцев, 24 месяца после эндодонтического лечения, по традиционному протоколу и лазером Er;Cr;YSGG 2780 нм.

Исследование состоит из экспериментального и клинического раздела.

Экспериментальная часть состояла из исследования микрофлоры содержимого корневых каналов, полученная до обработки, сразу после обработки и спустя трое суток после инкубации в термостате, с целью оценки эффективности эрадикации патогенов; из оценки морфологии поверхности дентина корневого канала после воздействия на него различных видов обработки с помощью СЭМ; из анализа плотности obturации корневых каналов образцов с помощью СЭМ и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии.

При проведении микробиологического исследования содержимого из системы корневых каналов зубов, удаленных с диагнозом хронический апикальный периодонтит (K04.5), до их дезинфекции из 67 образцов выделено 8 видов микроорганизмов. В ходе исследования выявлены представители факультативных анаэробных микроорганизмов и облигатных анаэробов. Статистической значимости в различии видового состава микрофлоры образцы исследуемых групп до проведения дезинфекции в корневых каналах не имели ( $p > 0,05$ ).

В целом бактериальная плотность выявленных факультативно-анаэробных и облигатно-анаэробных микроорганизмов на корневой канал варьируется в значениях от  $5,3 \times 10^6$  до  $6,3 \times 10^6$  КОЕ/мл, что подтверждается и в работах других исследователей [7, 8].

Из микроорганизмов, находящихся в корневых каналах зубов с ХАП, первое ранговое место во всех случаях принадлежало *E. Faecalis* (по критерию Краскела – Уоллиса  $H(3, N= 67) = 61,82110$ ;  $p = 0,0000$ ); второе – *C. Braakii* (по критерию Краскела – Уоллиса  $H(3, N = 67) = 0,000000$ ;  $p = 1,000$ ), последующие места делили остальные выделенные МО: *Streptococcus intermedius*, *Streptococcus gordonii*, *Streptococcus mitis*, *Enterobacter hormaechei*, *Obesumbacterium proteus*, *Prevotella intermedia*.

Все микроорганизмы, полученные в результате эксперимента являются типичными представителями микрофлоры КК с хроническим апикальным периодонтитом, многие ученые [5, 117] их наличие ассоциируют с малоэффективным затяжным эндодонтическим лечением, как правило, с неблагоприятным исходом. Особо отмечают авторы: присутствие *E. faecalis*, «часто выявляют в случае резистентных

инфекций КК» [121, 129], «трудности с их элиминацией преимущественно обусловлены образованием устойчивых к дезинфектантам биопленок» [134].

В ходе исследования показано, что после обработки КК количество выделенных изолятов МО значительно уменьшилось во всех исследуемых группах. В первой группе, где обработка проводилась по традиционному протоколу, сразу после проведения обработки рост микроорганизмов не был выявлен, однако после инкубации в течение трех суток был обнаружен рост колоний: численность микроорганизмов составила  $1,2 \times 10^2 \pm 0,01 \times 10^2$ , доминантные бактерии были представлены видами *E. faecalis* 49–51% и *P. intermedia* 49–51%. В образцах второй группы (обработка лазером 1Вт) количество микроорганизмов снизилось до  $1 \times 10^5 \pm 0,002 \times 10^5$  КОЕ. Кроме того, изменилось соотношение доминирующих микроорганизмов в образцах: были выявлены *E. faecalis* в 38–40%; *C. braakii* в 60–62%.

Сразу после обработки корневых каналов и через трое суток инкубации роста микроорганизмов не было выявлено в образцах 3-й группы, где применялся физиологический раствор 0,09% и проводилась обработка лазером 1,5 Вт. При работе с 4-й группой образцов (LAI техника) непосредственно после обработки рост микроорганизмов не выявлен. После инкубации в течение трех суток был обнаружен рост в минорных количествах в виде одиночных палочек *P. Intermedia* 7,8 КОЕ.

Анализируя литературные источники, мы обратили внимание на то, что многие исследователи считают, что малоэффективному затяжному эндодонтическому лечению способствуют присутствующие в корневых каналах *E. faecalis* в связи с высокой антимикробной резистентностью, персистирующую в труднодоступных участках системы корневых каналов корня зуба [3, 4, 7, 162].

Особый интерес представляет то, что *Enterococcus faecalis* проявляется через 3 дня инкубации в высоких титрах в 1-й и 2-й группах, что предполагает снижение эффективности эндодонтического лечения. Наибольшая эффективность элиминации *Enterococcus faecalis* достигнута в группах 3 и 4 после проведения дезинфекции корневых каналов.

Во 2-й группе по отношению к группе 3, несмотря на применение одинакового протокола, за исключением мощности лазера: 1 Вт и 1,5 Вт соответственно,

получены низкие показатели элиминации микроорганизмов после проведенной дезинфекции, что исключает применение эрбиевого лазера в таком режиме работы.

Микробиологические исследования *in vivo* проводили в двух группах пациентов: I группа (63 пациента), которым в комплексном лечении ХАП применяли медикаментозную обработку корневого канала по традиционному протоколу с использованием 3%-го раствора гипохлорита натрия, 17%-й ЭДТА и пассивной ультразвуковой активацией (контрольная группа); II группа (64 пациента), которым в комплексном лечении ХАП применяли лазерную обработку корневых каналов Er,Cr:YSGG с длиной волны 2780 нм (Waterlase iPlus, Biolase, USA) мощностью – 1,5 Вт и бидистиллянтном.

В исследуемых группах общее количество выявленных микроорганизмов на корневой канал варьируется в значениях от  $10^6$  до  $10^8$  КОЕ/мл. Как и в исследованиях *in vitro* статистической значимости в различии видового состава микрофлоры содержимого корневых каналов пациентов двух групп с хроническим апикальным периодонтитом перед проведением эндодонтического лечения нами не выявлено ( $p > 0,05$ ).

До проведения эндодонтического лечения в корневых каналах нами выявлялись агрессивные бактерии, вызывающие развитие и затяжное хроническое течение заболеваний тканей пародонта: *Prevotella intermedia* ( $8,9 \pm 0,18\%$  и  $11,3 \pm 0,18\%$ ) и *Porphyromonas gingivalis* ( $9,5 \pm 0,52\%$  и  $11,2 \pm 0,52\%$ ). В двух группах *Enterococcus faecalis* выявили в  $10,7 \pm 0,71\%$  и  $12,1 \pm 0,71\%$  соответственно. Доля *Candida albicans* составила в первой группе  $7,8 \pm 0,42\%$  и во второй  $6,7 \pm 0,42\%$ .

После проведенного эндодонтического лечения пациентов с ХАП с соответствующей группе дезинфекцией, нами получены выраженное уменьшение общего количества микроорганизмов в двух группах. В то же время статистически значимых результатов при анализе микробиологического исследования содержимого корневых каналов пациентов с разными способами дезинфекции нами не получено. Однако необходимо отметить, что в первой группе пациентов в системе корневых каналов были выявлены *Enterococcus faecalis* и *Staphylococcus epidermalis*, а у пред-

ставителей второй группы пациентов наблюдалась полная элиминация данных факультативных анаэробов, которым, по данным Баранцевич Н. Е. с соавт. (2021), характерна природная, а также приобретенная резистентность к антибактериальной терапии.

Одновременно исследовано влияние дезинфекционных методик на состояние стенки корневого канала. На основе полученных данных можно сделать заключение о том, что обработка корневых каналов физиологическим раствором с эрбиевым лазером на мощности 1,5 Вт значительно усиливает эффективность дезинфекции системы КК при эндодонтическом лечении. Применяемый традиционный протокол и основной ирригант 3%-й гипохлорит натрия не обладают способностью к полной элиминации бактерий в корневых каналах. В протоколе, где использовали технику LAI, также не удалось достичь полного удаления микроорганизмов. Применение лазера Er, Cr: YSGG длиной волны 2780 нм показало свою эффективность для дезинфекции корневой системы, однако следует отметить, что эффект напрямую зависел от мощности излучения – чем она выше, тем более выражен антимикробный эффект. Так в протоколе, где была установлена мощность 1 Вт, уничтожение микрофлоры произошло примерно на 50–60%. Устойчивый антимикробный эффект на 100% был достигнут при мощности 1,5 Вт.

В эксперименте анализировали влияние методик деконтаминации корневых каналов при ХАП на структуру корневого дентина и качество obturации с помощью метода сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

Исследование проводили на образцах (67), сформированных групп (1–17; 215; 3–18; 4–17) по способу обработки. В результате проведенного эксперимента, по СЭМ изображениям удалось визуально оценить, структуру корневого дентина и провести сравнительную оценку изменений состояния тканей стенки корневого канала учитывая способ дезинфекции.

По данным сканирующей электронной микроскопии во всех образцах 1-й группы (17 шлифов), обработанных по традиционному протоколу, корневого канала наблюдалось в условиях *in vitro* неполное удаление смазанного слоя (визуализируются глыбообразный конгломерат из фрагментов множественных дентинных

опилок и микробной флоры, западающих в глубину канальца), что не вступает в противоречие с данными проведенных ранее исследований: Чунихин А. В. (2010), Митронин А. В. (2018), Беленова. При обработке корневых каналов 2-й группы (15 шлифов) с помощью эрбиевого лазера 1 Вт в 10 (66,7%) в образцах наблюдаются области как с открытыми дентинными канальцами, так и в 5 (33,3%) образцах на всем протяжении канала наблюдаются запаянные дентинные канальцы. Таким образом, обработка с применением эрбиевого лазера 1 Вт показала только частичную трансформацию поверхности корневого канала в виде частичной окклюзии дентинных канальцев на поверхности просвета корневых каналов. В 3-й группе (18 шлифов) на всем протяжении в 81,3% случаев регистрировались запаянные дентинные канальцы, и только в 18,7% (3 образца) обнаружены области с открытыми дентинными канальцами, но с гладкой поверхностью дентина корневого канала и с полным отсутствием дентинных опилок, что соответствует отсутствию смазанного слоя.

СЭМ изображения объективно показывают, что обработка корневого канала с применением Er, Cr: YSGG длиной волны 2780 нм на мощности 1,5 Вт существенно улучшает структуру стенки корневого канала, способствует удалению смазанного слоя, запаиванию дентинных трубочек.

Для анализа герметичности obturации корневых каналов с учетом метода медикаментозной обработки мы использовали метод энергодисперсионного микроанализа. Подготовленные образцы всех четырех групп после obturации исследовались на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) JEOL JSM 7001F в коронковой трети (ось А), средней (ось В) и апикальной (ось С). Анализируемые данные по результатам электронно-микроскопического исследования представляют собой размер зазора между стенками канала и obturирующим агентом в нм. В каждой трети всех исследуемых (100%) образцов 1-й и 2-й групп фиксировались зазоры от 38,54 до 64,15 мкм и от 31,2 до 62,0 мкм соответственно. При увеличении 2000 нм по всей адгезионной границе отчетливо регистрировались дефекты прилегания пломбирочного материала к стенке корневого канала. На увеличении 1000 мкм в

3-й группе регистрируется абсолютная целостность адгезионной границы практически на всем протяжении. Единичные нарушения краевого прилегания пломбировочного материала к стенкам корневого канала регистрировалась в 28,6% случаях (1,17 до 1,92 мкм). Таким образом, в 100% случаев в образцах 1-й и 2-й групп регистрировались нарушения краевого прилегания пломбировочного материала к стенкам корневых каналов. В 3-й и 4-й группах в 71,4% и 28,6% соответственно регистрировалось отсутствие дефектов краевого прилегания. Необходимо отметить, что в 3-й группе и 4-й группах преимущественно это были образцы с более сложной анатомией корневых каналов в виде плоской формы канала раздвоенной формы.

Оценка СЭМ-изображений позволяет сделать вывод о том, что влияние Er, Cr: YSGG с длиной волны 2780 нм эффективно, так как непосредственно под его действием изменяется структура корневого дентина, что ведет к увеличению адгезивной прочности пломбировочного материала к стенкам корневого канала, что позволяет более качественно obturировать корневой канал.

Анализируя полученные результаты сканирующего электронномикроскопического исследования четырех групп образцов, которые перед obturацией были обработаны разными способами дезинфекции, можно заключить, что наиболее качественные результаты  $0,38 \pm 0,65$  ( $p < 0,001$ ) достигаются при проведении дезинфекции корневого канала с помощью Er, Cr: YSGG с длиной волны 2780 нм. Несколько худшие результаты ( $7,11 \pm 10,41$ ) получены в 4-й группе, где применяли технику LAI ( $p = 0,024$ ). Во 2-й группе, где применяли Er, Cr: YSGG с длиной волны 2780 нм эффективно, так как непосредственно под его действием изменяется структура корневого дентина, что ведет к увеличению адгезивной прочности пломбировочного материала к стенкам корневого канала, что позволяет более качественно obturировать корневой канал.

Полученные результаты экспериментального исследования, побудили нас рекомендовать данный метод эндодонтического лечения хронических форм апикального периодонтита в клинической практике. С этой целью проведено открытое проспективное рандомизированное контролируемое клинико-рентгенологическое

исследование. Включено 127 человек, две группы пациентов. 1-я группа – 63 пациента (контрольная), которым дезинфекцию корневых каналов проводили по традиционному протоколу; 2-ю группу (основную) составили 64 пациента, которым при обработке корневых каналов использовали Er,Cr:YSGG с длиной волны 2780 нм на мощности 1,5 Вт с физиологическим раствором. Задачей данного этапа исследования стала оценка ближайших и отдаленных результатов клинико-рентгенологических параметров в течение 24 месяцев наблюдения за пациентами с учетом способа дезинфекции корневого канала.

В клинический раздел исследования вошли пациенты с основным диагнозом «хронический апикальный периодонтит» (К 04.5, согласно МКБ-10), который включает в себя деструктивные формы ХАП (гранулирующий и гранулематозный хронический периодонтит, вне обострения). База данных состоит из двух групп обследуемых. Средний возраст пациентов составил –  $34 \pm 8$  лет. При этом группа состояла из 51 (40%) женщины и 76 (60%) мужчин ( $\chi^2 = 11,6$ ;  $p = 0,001$ ). Исследуемые группы пациентов с ХАП не имели статистически значимых различий по признаку возраста и пола (критерий Краскелла – Уоллиса, мужчины:  $\chi^2 = 12,0$ ;  $p = 0,249$ ; женщины:  $\chi^2 = 17,0$ ;  $p = 0,103$ ). Одним из критериев включения в исследование это ХАП вне обострения, поэтому клиническая картина была скудной: при внешнем осмотре отеков не наблюдалось, патологических изменений кожных покровов не регистрировалось, региональные лимфоузлы не увеличены, безболезненны при пальпации. При осмотре непосредственно полости рта в единичных случаях наблюдалась гиперемия слизистой оболочки по переходной складке. Лечение зубов с ХАП проводили в соответствии с клиническими рекомендациями. Клинические результаты при сравнительном анализе двух групп через 3 – 5 дней после эндодонтического лечения ХАП различий не имеют. Выявлены незначительные параметры положительной и отрицательной динамики в основной и контрольной группах ( $p \geq 0,05$ ).

На основе определения индекса СОРІ по КЛКТ при попарном сравнении данных в динамике лечения пациентов выявили, что статистически значимых раз-

личий между группами до лечения не регистрируется ( $p > 0,05$ ). Статистически значимые различия были обнаружены между основной и контрольной группами по значениям индекса СОРІ через 6, 12 и 24 месяца ( $p < 0,001$ ). Через 6 месяцев показатели индекса СОРІ в контрольной группе в 1,5 раза превышали аналогичный показатель основной группы ( $4,62 \pm 0,49$  и  $3,06 \pm 0,66$  соответственно). Через 12 месяцев наблюдения индекс СОРІ в основной группе уменьшился в 5 раз от первоначального значения ( $0,98 \pm 1,42$  и  $5,45 \pm 0,64$  соответственно). В контрольной группе показатель индекса СОРІ при динамическом наблюдении в течение 2 лет снизился от  $5,30 \pm 0,59$  до  $2,22 \pm 1,53$ . Важно отметить, что более значимые результаты регистрировались в основной группе: перед лечением показатель индекса СОРІ составил  $5,45 \pm 0,64$  через 24 месяца после проведенного лечения  $0,56 \pm 1,18$ . Полное устранение зоны разрежения костной ткани зарегистрировано в 84% только в основной группе.

При оценке тяжести хронического апикального периодонтита ориентировались на выраженность деструктивных изменений в тканях периодонта, оценивая по площади очага деструкции по данным КЛКТ. Исследуемые показатели в группах наблюдений до лечения статистически значимо не отличались ( $p = 0,919$ ; Mann-Whitney U Test). В двух обследуемых группах через 6 месяцев площадь очага деструкции уменьшилась. В контрольной группе площадь очага деструкции уменьшилась на 45,36% (составила  $16,72 \pm 8,04$  мм<sup>2</sup>), а в основной на 84,83% ( $4,72 \pm 3,07$  мм<sup>2</sup>) ( $p < 0,001$ ; Mann – Whitney U Test). Выявленная тенденция сохраняется и через 12 месяцев наблюдения. По сравнению с исходными данными: площадь очага деструкции в контрольной группе составила  $5,74 \pm 6,68$  мм<sup>2</sup>, в основной  $0,23 \pm 0,44$  мм<sup>2</sup> ( $p < 0,001$ ; Mann-Whitney U Test). Через 24 месяца динамического наблюдения по результатам КЛКТ исследования площадь деструкции костной ткани продолжает уменьшаться и составила в контрольной группе  $1,01 \pm 5,93$  мм<sup>2</sup> и  $0,05 \pm 0,14$  мм<sup>2</sup> в основной ( $p = 0,0001$ ; Mann-Whitney U Test)).

Оценка ближайших и отдаленных клинико-рентгенологических результатов исследования показывает, что применение в эндодонтическом лечении корневых каналов у пациентов с ХАП Er, Cr: YSGG с длиной волны 2780 нм с мощностью

1,5 Вт и физиологического раствора значительно повышает качество эндодонтического лечения. Уже через 6 месяцев наблюдения в 3% случаев очаг деструкции костной ткани в периапикальной области отсутствовал у пациентов основной группы, через 12 месяцев успешность эндодонтического лечения составила – 67%. Результаты, полученные через 24 месяца – 84% клинических случаев полного устранения разряжения в апикальной области в основной группе и всего 60% в контрольной. Полученные результаты в целом могут свидетельствовать об эффективности эндодонтического лечения пациентов с хроническим апикальным периодонтитом с использованием Er, Cr: YSGG с длиной волны 2780 нм с мощностью 1,5 Вт с физиологическим раствором.

Результаты диссертационного исследования показали, что наиболее оптимальный алгоритм эндодонтического лечения ХАП – является предложенный нами: использование лазера Er, Cr: YSGG с длиной волны 2780 нм на мощности 1,5 Вт, частоте 50 Гц, вода/воздух 25/35 насадкой диаметром 200 мк в циклическом режиме: насадку помещать в канал на глубину 1 мм от рабочей длины и медленными спиралевидными движениями продвигались в корональном направлении в течение 25 сек, 5–7 секунд перерыв. Обработку лазером повторяли 5-кратно, в перерывах орошая канал бидистиллятом.

В заключении следует отметить, что результаты проведенного клинико-экспериментального исследования позволяют сформулировать научно обоснованное мнение об использовании Er, Cr: YSGG с длиной волны 2780 нм с мощностью 1,5 Вт с физиологическим раствором при лечении деструктивных форм периодонтитов: о его воздействии на микрофлору корневого канала, на структуру корневого дентина, об особенностях технического режима работы.

Научные данные, полученные в результате диссертационного исследования, позволяют сформулировать ряд выводов и практических рекомендаций, относящихся к использованию Er, Cr: YSGG с длиной волны 2780 нм с мощностью 1,5 Вт с бидистиллянтном при лечении ХАП.

## ВЫВОДЫ

1. В эксперименте *in vitro* после проведения инструментальной и медикаментозной обработки корневых каналов рост микроорганизмов выявлен через трое суток инкубации: в группе с традиционным протоколом численность микроорганизмов составила  $1,2 \times 10^2 \pm 0,01 \times 10^2$  КОЕ, доминантные бактерии были представлены видами *E. faecalis* (49–51%) и *P. intermedia* (49–51%); в группе образцов с обработкой лазером Er;Cr;YSGG на мощности 1Вт  $1 \times 10^2 \pm 0,002 \times 10^5$  КОЕ, доминировали *E. faecalis* (38–40%), *S. braakii* (60–62%). Роста микроорганизмов не было выявлено в образцах где применялся бидистиллят и проводилась обработка лазером Er,Cr:YSGG с длиной волны 2780 нм мощностью 1,5 Вт. Одиночные палочки *P. Intermedia* 7,8 КОЕ зарегистрированы в образцах, обработанных техникой LAI. В исследовании *in vivo* после обработки корневых каналов лазером Er;Cr;YSGG с длиной волны 2780 нм, мощность 1,5 Вт с бидистиллятом КОЕ составило  $4,5 \times 10^2 \pm 0,004 \times 10^2$ . После обработки корневых каналов пациентам с применением традиционного протокола КОЕ составило  $29,5 \times 10^2 \pm 0,02 \times 10^2$ .

2. По результатам анализа сканирующей электронной микроскопии в условиях *in vitro* в образцах, где применялся Er;Cr;YSGG с длиной волны 2780 нм 1,5 Вт, с бидистиллятом, регистрировались на всем протяжении КК гладкая поверхность дентина, с запаянными дентинными трубочками в 81,3%, единичными открытыми дентинными канальцами в 18,7%. В образцах с обработкой традиционным протоколом и эрбиевым лазером 1 Вт в 66,7% регистрировалась картина неполного удаления смазанного слоя, наибольшей степени в апикальной трети корневого канала. В СЭМ изображениях образцов, обработанных техникой LAI, практически отсутствует смазанный слой, дентинные трубочки полностью и широко раскрыты, а структура поверхностного слоя дентина стенки корневого канала имеет более гладкую поверхность, в сравнении с традиционным протоколом.

3. При анализе СЭМ изображений зарегистрированы дефекты плотности прилегания obtурирующего материала к стенке корневого канала. Наиболее качественные результаты  $0,38 \pm 0,65$  ( $p < 0,001$ ) достигаются при проведении дезинфекции

корневого канала с помощью Er, Cr: YSGG с длиной волны 2780 нм 1,5 Вт и бидистиллята. Второе ранговое место  $7,11 \pm 10,41$  получено в образцах, где применяли технику LAI ( $p = 0,024$ ). Третье ранговое место – в образцах, где использовали Er, Cr: YSGG с длиной волны 2780 нм на мощности 1 Вт и бидистиллят,  $47,19 \pm 8,62$  ( $p = 0,018$ ). В группе образцов, где обработку проводили по традиционному протоколу, в каждом случае обнаружен самый большой зазор между obtурирующим материалом и стенкой корневого канала  $52,79 \pm 6,96$  ( $p < 0,021$ ). Таким образом, по вышеуказанным данным выявлен наиболее оптимальный режим работы лазера.

4. По данным конусно-лучевой компьютерной томографии применение Er, Cr: YSGG с длиной волны 2780 нм 1,5 Вт с бидистиллятом, при ЭЛ ХАП оказывает статистически значимое ( $p < 0,001$ ) репаративное воздействие на периапикальные ткани в сравнении со стандартным ЭЛ. При динамическом наблюдении через 12 месяцев в 67% случаев наблюдается устранение зоны разряжения, через 24 месяца – в 84%. При применении традиционного протокола через 12 месяцев – 3%, через 24 месяца – 60% успешности эндодонтической терапии ХАП.

5. Разработанный алгоритм лечения ХАП с помощью лазера Er, Cr: YSGG с длиной волны 2780 нм, мощность 1,5 Вт доказал высокую клиническую эффективность, при этом позволил исключить из протокола лечения применение гипохлорита натрия.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для повышения эффективности лечения хронического апикального периодонтита рекомендуется включать в протокол эндодонтического лечения обработку системы корневых каналов эрбиевым лазером, исключая при этом, применение гипохлорита натрия.

2. Для получения прогнозируемых результатов лечения, после проведения инструментальной обработки, рекомендуется использовать лазер Er, Cr: YSGG с длиной волны 2780 нм на мощности 1,5 Вт, частоте 50 Гц, вода/воздух 25/35.

3. Обработку лазером рекомендуется проводить с помощью насадки RFT2, погружая ее в корневой канал на глубину 1 мм от рабочей длины медленными спиралевидными движениями, продвигаясь в корональном направлении, в течение 25 секунд, перерыв 5–7 секунд. Обработку повторить пятикратно, в перерывах орошая бидистиллятом.

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

ХАП – хронический апикальный периодонтит

КЛКТ – конусно лучевая компьютерная томография

СЭМ – сканирующий электронный микроскоп

ЭДТА – этилендиаминтетрауксусная кислота

Er;Cr;YSGG – итрий-скандий-галлиевый гранат легированный эрбием и хромом

СОPI – Complex Periapical Index

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Адамчик, А. А. Способ глубокой дезинфекции системы корневого канала при лечении деструктивных форм периодонтита / А. А. Адамчик // *Эндодонтия Today*. – 2017. – №15(1). – С.4-7.
2. Аксинорская, О. Роль микробного фактора в развитии верхушечного периодонтита (обзор литературы) / О. Аксинорская, Н. Дмитриева, Р. Марина // *Modern Science*. – 2016. – Т. 3, № 4. – С. 107–112.
3. Анализ бактерицидного действия гипохлорита натрия и хлоргексидина на резистентные микроорганизмы биопленки (*E. Faecalis*, *S. Albicans*) / З. С. Хабадзе, Ю. А. Генералова, В. С. Шубаева [и др.]. – DOI 10.36377/1683-2981-2020-18-4-3643 // *Эндодонтия Today*. – 2020. – Т. 18, № 4. – С. 36–43.
4. Анализ причин неудач эндодонтического лечения и удаления зубов с диагнозом "хронический апикальный периодонтит" / И. А. Куратов, М. О. Нагаева, М. В. Корнеева, М. А. Сурков. – DOI 10.18481/2077-7566-2019-15-1-28-32 // *Проблемы стоматологии*. – 2019. – Т. 15, № 1. – С. 28–32.
5. Анаэробная микрофлора эндодонта при хроническом апикальном периодонтите / В. Л. Кукушкин, А. А. Дутова, Е. А. Кукушкина, М. В. Смирницкая // *Эндодонтия Today*. – 2017. – № 1. – С. 13–15.
6. Апикальная микрохирургия vs повторное ортоградное лечение корневых каналов: критерии выбора метода лечения. Часть I / М. В. Берхман, С. С. Козлова, А. И. Просин, О. В. Черненко. – DOI 10.33925/1683-2981-2019-17-2-59-64 // *Эндодонтия Today*. – 2019. – Т. 17, № 2. – С. 59–64.
7. Баранцевич, Н. Е. Роль *Enterococcus faecalis* при апикальном периодонтите / Н. Е. Баранцевич, Л. Ю. Орехова, Е. П. Баранцевич. – DOI 10.33925/1683-3759-2021-26-4-275-283 // *Пародонтология*. – 2021. – Т. 26, № 4. – С. 275–283.
8. Бекжанова, О. Е. Видовой и количественный состав микрофлоры корневых каналов зубов у пациентов с хроническим периодонтитом / О. Е. Бекжанова, Н. Ш. Абдулхакова, К. Ж. Олимжонов // *Stomatologiya*. – 2020. – № 2. – С. 32–34.

9. Белова, Н. М. Неудачи эндодонтического лечения и их профилактика / Н. М. Белова, Н. П. Полевая, Н. Б. Елисеева. – DOI 10.33667/2078–5631–2019–1–5(380)–12–22 // Медицинский алфавит. – 2019. – Т. 1. – № 5. – С. 12–22.
10. Белоусова, И. М. Из истории создания лазеров / И. М. Белоусова // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2014. – № 2 (90). – С. 1–16.
11. Бердиева, Р. Р. Анализ ошибок первичного эндодонтического лечения зубов с хроническим периодонтитом / Р. Р. Бердиева, А. Б. Мамытова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – Т. 91, № 1-1. – С. 79–82.
12. Биопленка в эндодонтии Часть I. Свойства и методы изучения (обзор литературы) / В. А. Румянцев, Е. Г. Родионова, А. В. Некрасов [и др.]. – DOI 10.25636/10.25636/PMR.2.2018.1.5 // Эндодонтия Today. – 2018. – № 1. – С. 17–21.
13. Блашкова, С. Л. Сравнительные характеристики поверхности дентина корневого канала при деконтаминации диодным лазером в зависимости от ирригационного раствора / С. Л. Блашкова, Е. В. Крикун, М. М. Гараев. – DOI 10.25636/PMR.2.2018.2.2 // Эндодонтия Today. – 2018. – № 2. – С. 11–14.
14. Болашова, С. В. Обоснование выбора режима работы эрбиевого лазера при лечении клиновидных дефектов / С. В. Болашова. – DOI 10.17116/rosstomat20201304126 // Российская стоматология. – 2020. – Т. 13, № 4. – С. 26-31.
15. Боровский, Е. В. Проблемы, влияющие на современные технологии эндодонтического лечения / Е. В. Боровский // Эндодонтия today. – 2007. – №. 2. – С. 3-8.
16. Видовой состав микроорганизмов в каналах моляров при хронических формах периодонтитов / С. Н. Громова, А. А. Расков, Е. П. Колеватых [и др.] // Актуальные вопросы стоматологии : сборник IV всероссийской научнопрактической конференции с международным участием, Киров, 01 апреля – 01 2020 года / Под редакцией Л.М. Железнова. – Киров : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кировский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2020. – С. 53–56.

17. Винниченко, Ю. Результаты сравнительной оценки антимикробных свойств адгезионных систем световой полимеризации / Ю. Винниченко // Новое в стоматологии. – 2000. – № 9. – С. 27–30.

18. Влияние антисептической обработки системы корневых каналов на видовой состав микрофлоры при хроническом верхушечном периодонтите / Ю. М. Максимовский, А. В. Митронин, В. Н. Царев, А. В. Радчик // Dental Forum. – 2008. – № 2. – С. 16–21.

19. Влияние лазерного излучения на состояние местного иммунитета в полости рта у больных с гнойно-воспалительными заболеваниями челюстно-лицевой области / Б. Р. Хурхуров, З. И. Савченко, И. В. Тарасенко [и др.] // Лазерная медицина. – 2013. – Т. 17, № 2. – С. 11–15.

20. Влияние степени искривления корневого канала на возможность качественного эндодонтического лечения нижних премоляров / Е. Н. Полосухина, Ю. Н. Артеменко, О. Ю. Гусева, Л. В. Долгова // Актуальные исследования. – 2021. – № 5(32). – С. 19–21.

21. Глухова, Е. А. Клинико-лабораторное обоснование эффективности эндодонтического лечения / Е. А. Глухова, Г. С. Межевикина. – DOI 10.23888/HMJ201972294-300 // Наука молодых (Eruditio Juvenium). – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 294–300.

22. Гржибовский, А. М. Анализ количественных данных для двух независимых групп / А. М. Гржибовский // Экология человека. – 2008. – № 2. – С. 54–61.

23. Гржибовский, А. М. Описательная статистика с использованием пакетов статистических программ Statistica и SPSS / А. М. Гржибовский, С. В. Иванов, М. А. Горбатова // Наука и здравоохранение. – 2016. – № 1. – С. 7–23.

24. Грудянов, А. И. Экспериментально-морфологическое исследование эффектов воздействия на ткани полости рта высокоэнергетического лазера в непрерывном режиме при его использовании в качестве режущего инструмента / А. И. Грудянов, А. С. Григорян, А. Э. Хачатуров // Пародонтология. – 2013. – Т. 18, № 2(67). – С. 22–27.

25. Гуськов, А. В. Лазеры в терапевтической и ортопедической стоматологии / А. В. Гуськов, Д. А. Зиманков, Д. Б. Мирнигматова // Символ науки: международный научный журнал. – 2015. – № 10-2. – С. 221–223.

26. Дифференцированный подход к выбору метода лечения деструктивного периодонтита в зубах с различным состоянием апикальной конструкции / И. А. Юровская, А. П. Педорец, А. Г. Пиляев, Л. П. Терпигорьева // Actual Questions and Innovations in Science : Proceedings, Craiova, Romania, 12 мая 2019 года. – Craiova, Romania: ИП "Евразийский центр инновационного развития DARA", 2019. – С. 196200.

27. Закиров, Т. В. Особенности использования диодного лазера в детской хирургической стоматологии / Т. В. Закиров, Е. С. Бимбас, Т. Н. Стати // Проблемы стоматологии. – 2013. – № 5. – С. 57–61.

28. Иорданишвили А.К., Эндодонтия плюс / А. К. Иорданишвили, А. М. Ковалевский. – Санкт-Петербург : Нордмед-издат, 2001. – 184 с.

29. Иоффе, Е. Обтурация корневого канала. До верхушки? За верхушку? / Е. Иоффе // Новое в стоматологии. – 1998. – № 1. – С. 51–55.

30. Истомин, Ю. П. Многокурсовая фотодинамическая терапия веррукозной формы лейкоплакии слизистой оболочки тела языка / Ю. П. Истомин, Т. П. Артемьева, Д. А. Церковский. – DOI 10.24931/2413-9432-2016-5-3-41-42 // Biomedical Photonics. – 2016. – Т. 5, № 3. – С. 41–42.

31. Калмыкова, Н. В. Возрастные особенности микрофлоры содержимого корневых каналов зубов при хроническом апикальном периодонтите в пожилом и старческом возрасте / Н. В. Калмыкова, Н. Н. Пономарева // Национальные проекты - приоритет развития здравоохранения регионов : материалы 54-й межрегиональной научно-практической медицинской конференции, Ульяновск, 16–17 мая 2019 года. – Ульяновск: ИП Петрова Л.В., 2019. – С. 96–97.

32. Карнаухов, И. С. Лазеры в стоматологии / И. С. Карнаухов, Е. В. Честных // Тверской медицинский журнал. – 2021. – № 3. – С. 27–32.

33. Клинико-диагностический подход при лечении хронического периодонтита в молярах нижней челюсти: клинические случаи / М. А. Постников, А. М. Головачев, С. Е. Чигарина [и др.]. // Кубанский научный медицинский вестник. – 2023. – №30(5). – С.100-112.

34. Клиническая микробиология эндодонтии / У. И. Дугаров, М. Х. Шпагина, Ж. Х. Хочиева [и др.]. – DOI 10.54092/25421085\_2021\_11\_49 // International Journal of Professional Science. – 2021. – № 11. – С. 49–54.

35. Клиническая эффективность использования различных методик стерилизации пародонтальных карманов диодным лазером в лечении хронических пародонтидов средней степени тяжести / С. И. Гажва, С. О. Шматова, Т. П. Горячева, С. В. Худощин // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 1071.

36. Комплексное лечение пациентов с множественными очагами воспаления периапикальных тканей зубов / А. В. Митронин, Т. Г. Робустова, Т. Н. Манак [и др.] // Современная стоматология. – 2018. – № 4(73). – С. 68–74.

37. Костенко, И. В. Анализ данных в научных исследованиях с использованием критерия Пирсона / И. В. Костенко, Т. А. Крамаренко // Информационное общество: современное состояние и перспективы развития : сборник материалов VIII международного форума, Краснодар, 26–30 декабря 2016 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2017. – С. 24–26.

38. Крикун, Е. В. Механизмы воздействия высокоинтенсивного лазера на мягкие ткани рта / Е. В. Крикун, С. Л. Блашкова // Актуальные проблемы стоматологии : сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 10 марта 2017 года / Под общей редакцией С. Л. Блашковой. – Казань : Медицина, 2017. – С. 188–193.

39. Крихели, Н. И. Структура дентина в области клиновидного дефекта после обработки Er,Cr:YSGG-лазером в сравнении с традиционным методом препарирования / Н. И. Крихели, М. Н. Бычкова, С. В. Болашова. – DOI 10.37988/1811-153X\_2021\_2\_10 // Клиническая стоматология. – 2021. – Т. 24, № 2. – С. 10-14.

40. Кузьмин, А. М. Диаграмма размаха - один из инструментов статистической обработки данных / А. М. Кузьмин, Е. А. Высоковская // Методы менеджмента качества. – 2019. – № 11. – С. 39.

41. Куклин, И. К. Лазеру – 65 лет. Применение лазера в стоматологии / И. К. Куклин // Вестник совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. – 2020. – Т. 1, № 1 (28). – С. 22–25.

42. Лазеротерапия в лечении хронического пародонтита с применением биоматериала "АЛЛОПЛАНТ" / Ю. В. Бортновская, А. И. Булгакова, И. В. Валеев, Н. А. Васильева // Актуальные проблемы и перспективы развития стоматологии в условиях Севера: сборник статей межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 60-летию Медицинского института Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, Якутск, 01–02 июня 2017 года. – Якутск : Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 2017 – С. 64–65.

43. Лемешко, Б. Ю. Сравнительный анализ критериев проверки отклонения распределения от нормального закона / Б. Ю. Лемешко, С. Б. Лемешко // Метрология. – 2005. – № 2. – С. 3–24.

44. Леус, П. А. Отдаленный эффект первичной профилактики кариеса зубов / П. А. Леус, Л. П. Кисельникова, Е. С. Бояркина // Стоматология. – 2020. – №2. – С.26-33.

45. Лукиных, Л. М. Апикальный периодонтит : учебное пособие / Л. М. Лукиных, Л. И. Егорова ; Нижегородская гос. мед. акад. – Нижний Новгород : Издво НижГМА, 2010. – 118 с.

46. Малышева, Э. А. Особенности использования лазера в современной стоматологии / Э. А. Малышева, Э. Р. Нарбекова // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2015. – Т. 5, № 11. – С. 1296.

47. Манак, Т. Н. Применение лазера в эндодонтии / Т. Н. Манак, П. Н. Исапур, Л. И. Палий // Военная медицина. – 2015. – № 3(36). – С. 127–136.

48. Манукян, И. А. Влияние различных режимов фотодинамической терапии на изменение температуры корневого дентина зуба при эндодонтическом лечении

/ И. А. Манукян, С. И. Рисованный, О. С. Рисованная // Медицинская наука Армении. – 2020. – Т. 60, № 2. – С. 43–53.

49. Манучарян, Л. А. Характеристика воздействия диодного лазера низкой мощности на тест-штампы микроорганизмов в эксперименте *in vitro* с фотоактивируемой системой дезинфекции / Л. А. Манучарян, А. В. Митронин, Е. В. Ипполитов // Эндодонтия Today. – 2014. – № 1. – С. 43–45.

50. Микробиологическое исследование эффективности обработки корневого канала эрбиевым лазером / С. Н. Разумова, А. С. Браго, Х. Б. Баракат [и др.]. – DOI 10.24931/2413-9432-2019-8-4-11-16 // Biomedical Photonics. – 2019. – Т. 8, № 4. – С. 11–16.

51. Микрофлора корневых каналов зубов в динамике лечения хронических форм апикального периодонтита / Л. А. Мозговая, И. И. Задорина, Л. П. Быкова, А. П. Годовалов // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2013. – Т. 9, № 3. – С. 447–449.

52. Митронин, А. В. Лабораторная оценка влияния лазерного излучения на структуру дентина корневых каналов при эндодонтическом лечении / А. В. Митронин, А. А. Чунихин // Стоматология для всех. – 2010. – № 1. – С. 44–48.

53. Митронин, А. В. Лазерные технологии в эндодонтическом лечении хронического апикального периодонтита: сравнительная оценка антибактериальной эффективности / А. В. Митронин, Т. С. Беляева, А. А. Жекова // Эндодонтия Today. – 2016. – № 2. – С. 27–29.

54. Москвин, С. В. Методы комбинированной и сочетанной лазерной терапии в стоматологии / С. В. Москвин, А. Н. Амирханян. – Москва ; Тверь : Триада, 2011. – 207 с. – ISBN 978-5-94789-431-8. – (Основы лазерной терапии).

55. Москвин, С. В. Основы лазерной терапии / С. В. Москвин, В. А. Буйлин. – Москва : Триада, 2006. – 251 с. – ISBN 5-94789-148-4 (В пер.).

56. Наркевич, А. Н. Выбор метода для статистического анализа медицинских данных и способа графического представления результатов / А. Н. Наркевич, К. А. Виноградов // Социальные аспекты здоровья населения. – 2019. – Т. 65, № 4. – С. 9.

57. Наркевич, А. Н. Множественные сравнения в биомедицинских исследованиях: проблема и способы решения / А. Н. Наркевич, К. А. Виноградов, А. М. Гржибовский. – DOI 10.33396/1728-0869-2020-10-55-64 // Экология человека. – 2020. – № 10. – С. 55–64.

58. Наумович, С. А. Клиническое обоснование применения метода фотодинамической терапии в комплексном лечении заболеваний периодонта / С. А. Наумович, Т. В. Трухачева, А. В. Кувшинов // Современная стоматология. – 2012. – № 2(55). – С. 83–87.

59. Ниязханова, Б. Э. Становление и характерные особенности лазерной медицины / Б. Э. Ниязханова, Р. С. Сафарова // Молодой ученый. – 2018. – № 8(194). С. 46–48.

60. Обзор и протокол применения ПроТейперов / Л. В. Арутюнян, С. Г. Ераносян, Г. С. Бабаджанян, Н. Э. Авакян // Вестник стоматологии и челюстнолицевой хирургии. – 2018. – Т. 15, № 1-2. – С. 13-19.

61. Оптимизация антибактериальной терапии у пациентов с эндодонтическими поражениями / Р. А. Салеев, С. Л. Блашкова, Е. В. Крикун [и др.]. – DOI 10.24931/2413-9432-2021-10-1-17-24 // Biomedical Photonics. – 2021. – Т. 10, № 1. – С. 17–24.

62. Оптимизация дезинфекции системы корневых каналов с использованием лазера / К. Н. Керимова, И. В. Багдасарова, М. К. Макеева [и др.]. – DOI 10.36377/1683-2981-2019-17-4-43-45 // Эндодонтия Today. – 2019. – Т. 17, № 4. – С. 43–45.

63. Оптическое и гистологическое *in vivo* исследование лазерной микрораны при фракционном воздействии излучения 980 нм лазера на слизистую полости рта / М. М. Антропова, Ю. В. Семяшкина, Е. С. Сергеева [и др.] // Альманах научных работ молодых ученых университета ИТМО : XLVII научной и учебнометодической конференции Университета ИТМО, Санкт-Петербург, 30 января – 02 2018 года. Том 3. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2018. – С. 47–52.

64. Орехова, Л. Ю. Фотодинамическая терапия в комплексном лечении воспалительных заболеваний пародонта / Л. Ю. Орехова, Е. С. Лобода, М. Л. Обоева // Пародонтология. – 2015. – Т. 20, № 1(74). – С. 44–49.

65. Основные принципы современной эндодонтии / О. И. Щербаченко, Б. Р. Шумилович, О. В. Серикова [и др.]. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2018. – 156 с.

66. Оценка антимикробного действия фотодинамической терапии на возбудителей неклостридиальной анаэробной инфекции полости рта и грибы рода *Candida* в экспериментальных и клинических исследованиях / В. Н. Царев, А. В. Митронин, Е. В. Ипполитов [и др.] // Эндодонтия Today. – 2015. – № 3. – С. 15–20.

67. Оценка результатов эндодонтического лечения зубов / С. Н. Разумова, А. С. Браго, Хайдар Баракат [и др.]. // Эндодонтия today. – 2020. – №18(1). – С.27-30.

68. Оценка стандарта оказания эндодонтической помощи при заболеваниях периодонта зуба / А. К. Иорданишвили, И. Б. Салманов, Г. Н. Клыпина, А. А. Сериков // Российский стоматологический журнал. – 2015. – Т. 19, № 6. – С. 24–27.

69. Оценка эффективности лечения хронического апикального периодонтита на основании денситометрического и микробиологического методов исследования / Л. П. Герасимова, А. Ф. Юсупова, И. Н. Усманова, А. П. Сорокин. – DOI 10.18481/2077-7566-2019-15-2-17-24 // Проблемы стоматологии. – 2019. – Т. 15, № 2. – С. 17–24.

70. Переверзев, Г. Классификация воспалительных процессов периапикальных тканей / Г. Переверзев // Клиническая стоматология. – 2016. – № 1(77). – С. 26–31.

71. Применение диодного лазера для коррекции контура десны в ортопедической стоматологии / Д. В. Проскурдин, С. И. Старосветский, М. А. Звигинцев, М. В. Куприянов // Сибирский медицинский журнал (г. Томск). – 2013. – Т. 28, № 4. – С. 97–101.

72. Рабинович, И.М. Отдаленные результаты эффективности лечения хронического апикального периодонтита с применением метода фотодинамической терапии / И. М. Рабинович, М. В. Снегирев, С. А. Голубева // Эндодонтия today. – 2014. – № 1. – С. 10-16.

73. Результаты индексной сравнительной оценки применения фотодинамической терапии и ультрафиолетового облучения при лечении хронического гингивита / К. В. Лосев, Т. В. Костякова, Н. В. Бацула [и др.]. – DOI 10.24931/2413-9432-2022-11-1-13-19 // *Biomedical Photonics*. – 2022. – Т. 11, № 1. – С. 13–19.

74. Родькина, Т. В. Применение современных высокоэнергетических лазеров в детской хирургической стоматологии / Т. В. Родькина // *Dental Forum*. – 2012. – № 3. – С. 85–86.

75. Рувинская, Г. Р. Сравнительная оценка качества шероховатости поверхности корневого канала при инструментальной обработке полновращающимися и реципрокными никель-титановыми инструментами / Г. Р. Рувинская, Ю. В. Фазылова // *Современные проблемы науки и образования*. – 2016. – № 5. – С. 129.

76. Семенникова, Н. В. Состояние тканей пародонта в экспериментальных тестах безопасности режима лазерного воздействия при трансфистулярной и перфорационной цистэктомии / Н. В. Семенникова, Е. С. Тукунов, В. И. Семенников. – DOI 10.18821/1728-2802-2017-21-6-332-335 // *Российский стоматологический журнал*. – 2017. – Т. 21, № 6. – С. 332–335.

77. Скачкова, А. А. Использование диодного лазера в терапевтической стоматологии / А. А. Скачкова, Ю. А. Маркина, В. Г. Брагина // *Бюллетень Северного государственного медицинского университета*. – 2019. – № 2(43). – С. 22–23.

78. Современные представления о качестве эндодонтического лечения / С. В. Микляев, О. М. Леонова, А. В. Сущенко [и др.]. – DOI 10.20310/2658-7688-2019-13-16-21 // *Медицина и физическая культура: наука и практика*. – 2019. – Т. 1, № 3. С. 16–21.

79. Соловьева, Т. И. Диодные лазеры в медицинской практике / Т. И. Соловьева, И. А. Аполихина // *Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий*. – 2014. – № 1. – С. 628–631.

80. Состав биопленки корневого канала при хронических формах периодонтитов (обзор литературы) / А. А. Расков, С. Н. Громова, О. А. Пышкина [и др.]. – DOI 10.24411/2220-7880-2021-10186 // *Вятский медицинский вестник*. – 2021. – № 2(70). – С. 95–98.

81. Спиридонова, О. И. Применение лазера в эндодонтии, сравнительная характеристика с традиционным методом лечения корневых каналов / О. И. Спиридонова, Л. Ю. Куприянова, М. В. Никитина // *News of Science and Education*. – 2018. – Т. 6, № 4. – С. 003–006.

82. Сравнительная характеристика методов инструментальной обработки корневого канала / В. Э. Статкевич, Я. И. Зайченко, Л. И. Лепехина [и др.] // *Тенденции развития науки и образования*. – 2018. – № 45. – С. 56-57.

83. Сравнительная характеристика современных и традиционных методов дезинфекции корневого канала / И. И. Малов, А. В. Карпунина, Н. В. Семенова [и др.] // *Проблемы научной мысли*. – 2019. – Т. 5, № 3. – С. 31–34.

84. Сравнительная характеристика эффективности инструментальной обработки зубов с С-образной системой корневых каналов / И. В. Фирсова, Н. Н. Триголос, Ю. А. Македонова, Н. Н. Ярошенко // *Эндодонтия Today*. – 2019. – №17(1). – С.27-31.

85. Сравнительный анализ степени механической очистки стенки корневого канала при использовании различных лазерных систем и фотосенсибилизаторов / Л. Ю. Орехова, Т. В. Порхун, В. Ю. Вашнева, Е. А. Рубежова. – DOI 10.25636/RMP.2.2018.4.16 // *Эндодонтия Today*. – 2018. – № 4. – С. 67–69.

86. Статистические аспекты изучения распространенности хронического апикального периодонтита у взрослого населения / К. А. Березин, А. Х. Греков, Э. М. Зарипова, Е. Ю. Старцева // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 2-1. – С. 119.

87. Стоматологическая заболеваемость населения России / А. К. Салахов, С. С. Ксембаев, Р. Ф. Байкеев, Е. М. Силагадзе // *Казанский медицинский журнал*. – 2020. – № 101(5). – С. 713-718.

88. Тарасенко, С. В. Применение диодного лазера в хирургической стоматологии / С. В. Тарасенко, Е. А. Морозова // *Лечение и профилактика*. – 2016. – № 2(18). – С. 98–103.

89. Тарасенко, С. В. Применение эрбиевого лазера для хирургического лечения корневых кист челюстей / С. В. Тарасенко, Е. А. Морозова, И. В. Тарасенко. –

DOI 10.18821/1728-28022017;21(2)93-99 // Российский стоматологический журнал. – 2017. – Т. 21, № 2. – С. 93–96.

90. Торабинеджид, М. Эндодонтия. Принципы и практика / М. Торабинеджид ; пер. с англ. под науч. ред. И. Я. Мера. – Москва : ТАРКОММ, 2022. – 585 с. – ISBN 978-5-6046217-0-7.

91. Участие миофибробластов и тучных клеток в процессе восстановления слизистой оболочки ротовой полости после лазерного фракционного воздействия / Е. С. Сергеева, В. В. Гусельникова, Л. А. Ермолаева [и др.] // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2019. – Т. 8, № 1. – С. 59–67.

92. Фазылова, Ю. В. Применение диодных лазеров при лечении воспалительных заболеваний пародонта / Ю. В. Фазылова, И. Т. Мусин // Молодой ученый. – 2016. – № 2(106). – С. 402–406.

93. Филоненко, Е. В. Клиническое внедрение и научное развитие фотодинамической терапии в России в 2010-2020 гг. / Е. В. Филоненко. – DOI 10.24931/2413-9432-2021-9-4-4-22 // Biomedical Photonics. – 2021. – Т. 10, № 4. С. 4–22.

94. Фотодинамическая терапия в эндодонтии / С. В. Вайц, Ф. Ю. Даурова, Т. В. Вайц, А. В. Гальцова // Институт стоматологии. – 2021. – № 1(90). – С. 97–99.

95. Фурцев, Т. В. Сравнительные результаты антибактериальной обработки корневых каналов по стандартному протоколу с применением гипохлорита натрия (NaOCl) и лазера Er, Cr: YSGG длиной волны 2780 нм / Т. В. Фурцев, А. А. Казановская, С. В. Прудникова. – DOI 10.18821/1728-2802-2018-22-4-184-187 // Российский стоматологический журнал. – 2018. – Т. 22, № 4. – С. 184–187.

96. Характеристика анаэробной микрофлоры корневых каналов при хроническом периодонтите / А. А. Баяхметова, Е. Н. Смагулова, Б. Б. Мангытаева, И. В. Баскакова // Наука и мир. – 2015. – № 4-3(20). – С. 81–84.

97. Чунихин, А. А. Сравнительная морфометрическая оценка влияния лазерного излучения на регенерацию тканей пародонта в экспериментальном исследовании *in vivo* / А. А. Чунихин, Н. В. Сырникова, Е. Г. Амирханова // Российская стоматология. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 47–49.

98. Шугайлов, И. А. Лазеры в стоматологии / И. А. Шугайлов, А. А. Максименко // Стоматолог-практик. – 2009. – № 3. – С. 34–35.
99. Эффективность применения неодимового лазера в хирургической стоматологии / Е. А. Морозова, С. В. Тарасенко, М. А. Степанов, А. А. Григорян // Современная стоматология. – 2022. – № 1(86). – С. 40–46.
100. A split-face comparison of Q-switched Nd:YAG 1064-nm laser for facial rejuvenation in Nevus of Ota patients / C. Yongqian, L. Li, B. Jianhai [et al.]. – DOI 10.1007/s10103-017-2161-6 // Lasers in medical science. – 2017. – Vol. 32, № 4. – P. 765–769.
101. Afkhami, F. Entrococcus faecalis Elimination in Root Canals Using Silver Nanoparticles, Photodynamic Therapy, Diode Laser, or Laser-activated Nanoparticles: An In Vitro Study / F. Afkhami, S. Akbari, N. Chiniforush. – DOI 10.1016/j.joen.2016.08.029 // Journal of endodontics. – 2017. – Vol. 43, № 2. – P. 279–282.
102. Antimicrobial efficacy of erbium laser in the endodontic treatment of infected root canals / A. Dragidella, M. Jankullovska, X. Aliu [et al.] // Romanian archives of microbiology and immunology. – 2018. – Vol. 77, № 1. – P. 41–49.
103. Antimicrobial peptide GH12 as root canal irrigant inhibits biofilm and virulence of Enterococcus faecalis / Y. Zeng, X. Li, Z. Feng [et al.]. – DOI 10.1111/iej.13296 // International Endodontic Journal. – 2020. – Vol. 53, № 7. – P. 948–961.
104. Application of 810-nm diode laser in the management of peripheral ossifying fibroma / B. R. Anuradha, S. Penumarty, C. R. Charan, M. Swati. – DOI 10.4103/0972124X.145831 // Journal of Indian Society of Periodontology. – 2015. – Vol. 19, № 2. – P. 224–226.
105. Applications of lasers in refractory periodontitis: a narrative review / S. R. Varma, M. AlShayeb, J. Narayanan [et al.]. – DOI 10.4103/jispcd.JISPCD\_241\_20 // Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry. – 2020. – Vol. 10, № 4. – P. 384–393.
106. Association between bacteria occurring in the apical canal system and expression of bone-resorbing mediators and matrix metalloproteinases in apical periodontitis /

A. Takahama Jr., I. N. Rôças, I. S. P. Faustino [et al.]. – DOI 10.1111/iej.12895 // International endodontic journal. – 2018. – Vol. 51, № 7. – P. 738–746.

107. Association between diabetes and the outcome of root canal treatment in adults: an umbrella review / V. Nagendrababu, J. J. Segura-Egea, A. F. Fouad, S. J. Pulikotil // International endodontic journal. – 2020. – Vol. 53, №. 4. – P. 455-466.

108. Bacterial density and biofilm structure determined by optical coherence tomography / J. Hou, C. Wang, R. T. Rozenbaum [et al.]. – DOI 10.1038/s41598-01946196-7 // Scientific Reports. – 2019. – Vol. 9. – P. 9794.

109. Bacterial species associated with persistent apical periodontitis exert differential effects on osteogenic differentiation / A. T. Chow, S. Y. Quah, G. Bergenholtz [et al.]. – DOI 10.1111/iej.12994 // International endodontic journal. – 2019. – Vol. 52, № 2. – P. 201–210.

110. Bactericidal Effect of 2780nm Er,Cr:YSGG Laser Combined with 940nm Diode Laser in Enterococcus faecalis Elimination: A Comparative Study / M. Tokuc, S. Ozalp, N. Topcuoglu, G. Kulekci. – DOI 10.1089/photob.2018.4613 // Photobiomodulation, photomedicine, and laser surgery. – 2019. – Vol. 37, № 8. – P. 489–494.

111. Bactericidal effect of 445-nm blue diode laser in the root canal dentin on Enterococcus faecalis of human teeth / N. Gutknecht, N. A. Hassan, M. R. Martins [et al.]. – DOI 10.1007/s41547-018-0044-1 // Lasers in Dental Science. – 2018. – Vol. 2. – P. 247–254.

112. Baitus N. A. Clinical case of chronic apical periodontitis treatment, complicated by odontogenic maxillary sinusitis / N.A. Baitus, Y. P. Chernyavski // Vestnik VGMU. – 2020. – №19 (2). – P. 96-102.

113. Biostimulation with diode laser positively regulates cementoblast functions, in vitro / S. B. Bozkurt, E. E. Hakki, S. A. Kayis [et al.]. – DOI 10.1007/s10103-0172192-z // Lasers in medical science. – 2017. – Vol. 32, № 4. – P. 911–919.

114. Characterization of root canal microbiota in teeth diagnosed with irreversible pulpitis / S. Zahran, E. Witherden, F. Mannocci, G. Koller. – DOI 10.1016/j.joen.2020.12.009 // Journal of Endodontics. – 2021. – Vol. 47, № 3. – P. 415–423.

115. Chemical and mechanical influence of root canal irrigation on biofilm removal from lateral morphological features of simulated root canals, dentine discs and dentinal tubules / T. C. Pereira, R. J. B. Dijkstra, X. Petridis [et al.]. – DOI 10.1111/iej.13399 // *International Endodontic Journal*. – 2021. – Vol. 54, № 1. – P. 112–129.

116. Chronic nail biting, orthodontic treatment and Enterobacteriaceae in the oral cavity / A. Chinnasamy, K. Ramalingam, P. Chopra [et al.]. – DOI 10.4317/jced.56059 // *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*. – 2019. – Vol. 11, № 12. – P. e1157–e1162.

117. Clinical and biochemical effects of diode laser as an adjunct to nonsurgical treatment of chronic periodontitis: a randomized, controlled clinical trial / M. Saglam, A. Kantarci, N. Dundar, S. S. Hakki. – DOI 10.1007/s10103-012-1230-0 // *Lasers in medical science*. – 2014. – Vol. 29, № 1. – P. 37–46.

118. Clinical and microbiological assessment of root canal decontamination in chronic apical periodontitis using the ultrasound / I. M. Horlenko, N. G. Gadzhula, O. L. Cherepakha [et al.] // *Wiadomosci Lekarskie (Warsaw, Poland: 1960)*. – 2020. – Vol. 73, № 6. – P. 1119–1123.

119. Combined photoablative and photodynamic diode laser therapy as an adjunct to non-surgical periodontal treatment: a randomized split-mouth clinical trial / M. Giannelli, L. Formigli, L. Lorenzini [et al.]. – DOI 10.1111/j.1600-051X.2012.01925.x // *Journal of clinical periodontology*. – 2012. – Vol. 39, № 10. – P. 962–970.

120. Comparison between micro- and macrosurgical techniques for the treatment of localized gingival recessions using coronally positioned flaps and enamel matrix derivative / P. F. Andrade, M. F. M. Grisi, A. M. Marcaccini [et al.]. – DOI 10.1902/jop.2010.100155 // *Journal of Periodontology*. – 2010. – Vol. 81, № 11. – P. 1572–1579.

121. Comparison of the Antimicrobial Efficacy of Calcium Hydroxide and Photodynamic Therapy Against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* in Teeth With Periapical Lesions; An In Vivo Study / Z. Ahangari, M. M. Bidabadi, M. Asnaashari [et al.]. – DOI 10.15171/jlms.2017.13 // *Journal of lasers in medical sciences*. – 2017. – Vol. , № 2. – P. 72–78.

122. Confocal microscopy evaluation of the effect of irrigants on *Enterococcus faecalis* biofilm: An in vitro study / N. Flach, D. E. Böttcher, C. C. Parolo [et al.]. – DOI 10.1002/sca.21241 // *Scanning*. – 2016. – Vol. 38, № 1. – P. 57–62.

123. Comparing quality of life of patients undergoing root canal treatment or tooth extraction / E. Wigsten, T. Kvist, P. Jonasson et al. // *Journal of endodontics*. – 2020. – Vol. 46 №1. – P. 19-28.

124. Deleu, E. Efficacy of laser-based irrigant activation methods in removing debris from simulated root canal irregularities / E. Deleu, M. A. Meire, R. J. G. De Moor. – DOI 10.1007/s10103-013-1442-y // *Lasers in medical science*. – 2015. – Vol. 30, № 2. P. 831–835.

125. Detection, treatment and prevention of endodontic biofilm infections: what's new in 2020? / S. Abusrewil, O. A. Alshanta, K. Albashaireh [et al.]. – DOI 10.1080/1040841X.2020.1739622 // *Critical reviews in microbiology*. – 2020. – Vol. 46, № 2. – P. 194–212.

126. Effect of antibacterial root canal sealer on persistent apical periodontitis / Z. Wang, G. Yang, B. Ren [et al.]. – DOI 10.3390/antibiotics10060741 // *Antibiotics*. – 2021. – Vol. 10, № 6. – P. 741.

127. Effect of different concentrations of sodium hypochlorite on outcome of primary root canal treatment: a randomized controlled trial / N. Verma, P. Sangwan, S. Tewari, J. Duhan. – DOI 10.1016/j.joen.2019.01.003 // *Journal of endodontics*. – 2019. – Vol. 45, № 4. – P. 357–363.

128. Effect of photodynamic therapy in combination with various irrigation protocols on an endodontic multispecies biofilm ex vivo / D. Hoedke, C. Enseleit, D. Gruner [et al.]. – DOI 10.1111/iej.12763 // *International endodontic journal*. – 2018. – Vol. 51, Suppl. 1. – P. e23–e34.

129. Effectiveness of different laser systems to kill *Enterococcus faecalis* in aqueous suspension and in an infected tooth model / M. A. Meire, K. De Prijck, T. Coenye [et al.]. – DOI 10.1111/j.1365-2591.2008.01532.x // *International endodontic journal*. – 2009. – Vol. 42, № 4. – P. 351–359.

130. Effectiveness of diode laser as adjunctive therapy to scaling root planning in the treatment of chronic periodontitis: a meta-analysis / F. Sgolastra, M. Severino, R. Gatto, A. Monaco. – DOI 10.1007/s10103-012-1181-5 // *Lasers in medical science*. – 2013. – Vol. 28, № 5. – P. 1393–1402.

131. Efficacy of i-PRF in regenerative endodontics therapy for mature permanent teeth with pulp necrosis: study protocol for a multicentre randomised controlled trial / Y. Liang, R. Ma, L. Chen [et al.]. – DOI 10.1186/s13063-021-05401-7 // *Trials*. – 2021. – Vol. 22, № 1. – P. 436.

132. Efficacy of low-level laser therapy, hyaluronic acid gel, and herbal gel as adjunctive tools in gingivectomy wound healing: a randomized comparative clinical and histological study / S. P. Reddy, R. R. Koduganti, V. R. Panthula [et al.]. – DOI 10.7759/cureus.6438 // *Cureus*. – 2019. – Vol. 11, № 12. – P. e6438.

133. Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs / R. J. De Moor, M. Meire, K. Goharkhay [et al.]. – DOI 10.1016/j.joen.2010.06.007 // *Journal of endodontics*. – 2010. – Vol. 36, № 9. – P. 1580–1583.

134. Endodontic biofilms: contemporary and future treatment options / Y. J. Yoo, H. Perinpanayagam, S. Oh [et al.]. – DOI 10.5395/rde.2019.44.e7 // *Restorative dentistry & endodontics*. – 2019. – Vol. 44, № 1. – P. e7.

135. *Enterococcus faecalis* from Food, Clinical Specimens, and Oral Sites: Prevalence of Virulence Factors in Association with Biofilm Formation / A. C. Anderson, D. Jonas, I. Huber [et al.]. – DOI 10.3389/fmicb.2015.01534 // *Frontiers in Microbiology*. – 2016. – Vol. 6. – P. 1534.

136. Evaluation of antimicrobial photodynamic therapy using indocyanine green and near-infrared diode laser against *Enterococcus faecalis* in infected human root canals / C. Beltes, N. Economides, H. Sakkas [et al.]. – DOI 10.1089/pho.2016.4100 // *Photomedicine and laser surgery*. – 2017. – Vol. 35, № 5. – P. 264–269.

137. Evaluation of effectiveness of photosensitizers used in laser endodontics disinfection: A systematic review / J. H. M. Sin, L. J. Walsh, C. M. Figueredo, R. George. –

DOI 10.1002/tbio.202000007 // *Translational Biophotonics*. – 2021. – Vol. 3, № 1. – P. e202000007.

138. Evaluation of innovative digitally controlled Er: YAG laser in surgical treatment of oral leukoplakia – a preliminary study / D. Gabric, V. Brailo, A. Ivek [et al.]. – DOI 10.20471/acc.2019.58.04.07 // *Acta clinica Croatica*. – 2019. – Vol. 58, № 4. – P. 615–620.

139. Evaluation of surface roughness and bacterial adhesion on tooth enamel irradiated with high intensity lasers / R. D. Nogueira, C. B. Silva, C. P. Lepri [et al.]. – DOI 10.1590/0103-6440201701190 // *Brazilian dental journal*. – 2017. – Vol. 28, № 1. – P. 24–29.

140. Evaluation of surgical scalpel versus semiconductor diode laser techniques in the management of gingival melanin hyperpigmentation: A split-mouth randomized clinical comparative study / G. B. Chandra, M. B. VinayKumar, N. N. Walavalkar [et al.]. – DOI 10.4103/jisp.jisp\_186\_19 // *Journal of Indian Society of Periodontology*. – 2020. – Vol. 24, № 1. – P. 47–53.

141. Evaluation of the actual chlorine concentration and the required time for pulp dissolution using different sodium hypochlorite irrigating solutions / A. Iandolo, A. Dagna, C. Poggio [et al.]. – DOI 10.4103/JCD.JCD\_165\_19 // *Journal of conservative dentistry*. – 2019. – Vol. 22, № 2. – P. 108–113.

142. Evaluation of the effectiveness of the use of the diode laser in the reduction of the volume of the edematous gingival tissue after causal therapy / E. Polizzi, G. Tetè, C. Targa [et al.]. – DOI 10.3390/ijerph17176192 // *International journal of environmental research and public health*. – 2020. – Vol. 17, № 17. – P. 6192.

143. Evaluation of the outcome of various laser therapy applications in root canal disinfection: A systematic review / I. R. Bordea, R. Hanna, N. Chiniforush [et al.]. – DOI 10.1016/j.pdpdt.2019.101611 // *Photodiagnosis and photodynamic therapy*. – 2020. – Vol. 29. – P. 101611.

144. Goldberg, M. Wound healing and dental therapies: repair and regeneration / M. Goldberg // *Journal of oral and dental health research*. – 2020. – Vol. 1, № 2. – P. 1–43.

145. Gomes, B. P. F. A. Etiologic role of root canal infection in apical periodontitis and its relationship with clinical symptomatology / B. P. F. A. Gomes, D. R. Herrera. – DOI 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0069 // Brazilian oral research. – 2018. – Vol. 32, Suppl. 1. – P. e69.

146. Herpesviral infection in periapical periodontitis / A. Jakovljevic, M. Andric, A. Knezevic [et al.]. – DOI 10.1007/s40496-018-0198-7 // Current Oral Health Reports. – 2018. – Vol. 5, № 4. – P. 255–263.

147. Histological examination of the oral mucosa regeneration after fractional diode laser treatment with a wavelength of 980 nm / A. V. Belikov, L. A. Ermolaeva, D. E. Korzhevsky [et al.]. – DOI 10.1117/12.2306753 // Proceedings of SPIE. – 2018. – Vol. 10685: Biophotonics: Photonic Solutions for Better Health Care VI. – P. 1068526.

148. IL-1beta, TNF-alpha, total antioxidative status and microbiological findings in chronic periodontitis treated with fluorescence-controlled Er:YAG laser radiation / A. Dominguez, C. Gómez, A. I. García-Kass [et al.]. – DOI 10.1002/lsm.20873 // Lasers in surgery and medicine. – 2010. – Vol. 42, № 1. – P. 24–31.

149. Impact of contracted endodontic cavities on root canal disinfection and shaping / G. C. S. Vieira, A. R. Pérez, F. R. F. Alves [et al.]. – DOI 10.1016/j.joen.2020.02.002 // Journal of endodontics. – 2020. – Vol. 46, № 5. – P. 655– 661.

150. In Vitro Effect of Er:YAG Laser on Different Single and Mixed Microorganisms Being Associated with Endodontic Infections / E. Henninger, L. A. Berto, S. Eick [et al.]. – DOI 10.1089/photob.2018.4557 // Photobiomodulation, photomedicine, and laser surgery. – 2019. – Vol. 37, № 6. – P. 369–375.

151. Inflammatory profile of chronic apical periodontitis: a literature review / P. H. Braz-Silva, M. L. Bergamini, A. P. Mardegan [et al.]. – DOI 10.1080/00016357.2018.1521005 // Acta odontologica Scandinavica. – 2019. – Vol. 77, № 3. – P. 173–180.

152. Influence of antibacterial effects of tetracycline, laser, and photodynamic therapy on cell viability, cell damage, and virulence of *Porphyromonas gingivalis* / Shenbakam, R. J. Rao, S. Prabhu [et al.]. – DOI 10.1016/j.pdpdt.2021.102617 // Photodiagnosis and photodynamic therapy. – 2021. – Vol. 36. – P. 102617.

153. Investigation of different sodium hypochlorite volumes, concentrations and times of irrigation in endodontic therapy: a systematic review / J. A. A. de Arruda, L. F. Schuch, A. Pereira [et al.]. – DOI 10.21270/archi.v8i4.3215 // Archives of Health Investigation. – 2019. – Vol. 8, № 4. – P. 185–191.

154. Irradiation by light-emitting diode light as an adjunct to facilitate healing of experimental periodontitis in vivo / P.-C. Chang, L.-Y. Chien, Y. Ye, M.-J. Kao. – DOI 10.1111/j.1600-0765.2012.01511.x // Journal of periodontal research. – 2013. – Vol. 48, № 2. – P. 135–143.

155. Jenkinson, H. Oral microbial communities in sickness and in health / H. Jenkinson, R. Lamont. – DOI 10.1016/j.tim.2005.09.006 // Trends in microbiology. – 2005. – Vol. 13, № 12. – P. 589–595.

156. Kusek, E. R. Five-year retrospective study of laser-assisted periodontal therapy / E. R. Kusek, A. J. Kusek, E. A. Kusek // General dentistry. – 2012. – Vol. 60, № 5. – P. e291–e294.

157. Kwong, W. J. Using a nanohybrid composite and diode laser to achieve minimally invasive esthetic anterior restorations / W. J. Kwong // Compendium of continuing education in dentistry. – 2011. – Vol. 32, № 2. – P. 52–56.

158. Leong, D. J. X. Quality of life of patients with endodontically treated teeth: a systematic review / D. J. X. Leong, A. U. J. Yap. – DOI 10.1111/aej.12372 // Australian Endodontic Journal. – 2020. – Vol. 46, № 1. – P. 130–139.

159. León-López M. et al. Prevalence of root canal treatment worldwide: a systematic review and meta-analysis // International Endodontic Journal. – 2022. – Vol. 55, № 11. – P. 1105-1127.

160. Light energy dose and photosensitizer concentration are determinants of effective photo-killing against caries-related biofilms / A. A. Balhaddad, M. S. AlQranei, M. S. Ibrahim [et al.]. – DOI 10.3390/ijms21207612 // International journal of molecular sciences. – 2020. – Vol. 21, № 20. – P. 7612.

161. Long-term pulpal and restorative outcomes of pulpotomy in mature permanent teeth / S. Y. Tan, V. S. H. Yu, K. C. Lim [et al.]. – DOI 10.1016/j.joen.2019.11.009 // Journal of endodontics. – 2020. – Vol. 46, № 3. – P. 383– 390.

162. Microbial analysis of endodontic infections in root-filled teeth with apical periodontitis before and after irrigation using pyrosequencing / H. Zandi, A. K. Kristoffersen, D. Ørstavik [et al.]. – DOI 10.1016/j.joen.2017.11.019 // Journal of Endodontics. – 2018. – Vol. 44, № 3. – P. 372–378.

163. Nadhreen, A. A. Low-level laser therapy in dentistry: Extra-oral applications / A.A. Nadhreen, N. M. Alamoudi, H. M. Elkhodary. – DOI 10.4103/njcp.njcp\_53\_19 // Nigerian journal of clinical practice. – 2019. – Vol. 22, № 10. – P. 1313–1318.

164. Narrative review on methods of activating irrigation liquids for root canal treatment / M. Raducka, A. Piszko, P. J. Piszko, N. Jawor et al. // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13, №13. – P. 7733.

165. Non-oral, aerobic, Gram-negative bacilli in the oral cavity of Thai HIVpositive patients on Highly-active anti-retrovirus therapy medication / P. Arirachakaran, S. Luangworakhun, G. Charalampakis, G. Dahlén. – DOI 10.1111/jicd.12387 // Journal of Investigative and Clinical Dentistry. – 2019. – Vol. 10, № 2. – P. e12387.

166. Notch signaling pathway in apical periodontitis: correlation with bone resorption regulators and proinflammatory cytokines / N. Nikolic, A. Jakovljevic, J. Carkic [et al.]. – DOI 10.1016/j.joen.2018.10.015 // Journal of endodontics. – 2019. – Vol. 45, № 2. – P. 123–128.

167. Ørstavik, D. Essential Endodontology: Prevention and Treatment of Apical Periodontitis / D. Ørstavik. – 3rd ed. – [S. l.] : John Wiley & Sons Ltd, 2020. – 408 p. – ISBN 978-1-119-27195-6.

168. Outcome assessment of teeth with necrotic pulps and apical periodontitis treated with long-term calcium hydroxide / S. Best, C. L. Ammons, G. A. Karunanayake [et al.]. – DOI 10.1016/j.joen.2020.09.005 // Journal of Endodontics. – 2021. – Vol. 47, № 1. – P. 11–18.

169. Periodontal and endodontic infectious/inflammatory profile in primary periodontal lesions with secondary endodontic involvement after a calcium hydroxidebased intracanal medication / T. M. Duque, M. Prado, D. R. Herrera, B. P. Gomes. – DOI 10.1007/s00784-018-2401-6 // Clinical oral investigations. – 2019. – Vol. 23, № 1. – P. 53–63.

170. Periodontal pathogens as risk factors of cardiovascular diseases, diabetes, rheumatoid arthritis, cancer, and chronic obstructive pulmonary disease – Is there cause for consideration? / D. Bourgeois, C. Inquimbert, L. Ottolenghi, F. Carrouel. – DOI 10.3390/microorganisms7100424 // *Microorganisms*. – 2019. – Vol. 7, № 10. – P. 424.

171. Persoon, I. F. Definitions and epidemiology of endodontic infections / I. F. Persoon, A. R. Özok. – DOI 10.1007/s40496-017-0161-z // *Current oral health reports*. – 2017. – Vol. 4, № 4. – P. 278–285.

172. Photo-activated disinfection based on indocyanine green against cell viability and biofilm formation of *Porphyromonas gingivalis* / M. Pourhajibagher, N. Chiniforush, R. Ghorbanzadeh, A. Bahador. – DOI 10.1016/j.pdpdt.2016.10.003 // *Photodiagnosis and photodynamic therapy*. – 2017. – Vol. 17. – P. 61–64.

173. Plotino, G. Photodynamic therapy in endodontics / G. Plotino, N. M. Grande, M. Mercade. – DOI 10.1111/iej.13057 // *International endodontic journal*. – 2019. – Vol. 52, № 6. – P. 760–774.

174. Presence of langerhans cells, regulatory T cells (Treg) and mast cells in asymptomatic apical periodontitis / M. L. Bergamini, A. P. Mardegan, C. S. De Rosa [et al.]. – DOI 10.1590/1807-3107bor-2020.vol34.0108 // *Brazilian Oral Research*. – 2020. – Vol. 34. – P. e108.

175. Prevalence of *Candida* species in endodontic infections: Systematic review and meta-analysis / G. Mergoni, D. Percudani, G. Lodi [et al.]. – DOI 10.1016/j.joen.2018.07.016 // *Journal of endodontics*. – 2018. – Vol. 44, № 11. – P. 1616–1625.

176. Pulp-dentin tissue healing response: a discussion of current biomedical approaches / D. Shah, T. Lynd, D. Ho [et al.]. – DOI 10.3390/jcm9020434 // *Journal of clinical medicine*. – 2020. – Vol. 9, № 2. – P. 434.

177. Pyogenic granuloma: surgical treatment with Er:YAG laser / R. Fekrazad, H. Nokhbatolfoghahaei, F. Khoei, K. A. Kalhori // *Journal of lasers in medical sciences*. – 2014. – Vol. 5, № 4. – P. 199–205.

178. Quality of root canal fillings and prevalence of apical radiolucencies in a German population: a CBCT analysis / S. Bürklein, E. Schäfer, H. P. Jöhren, D. Donnermeyer. – DOI 10.1007/s00784-019-02985-y // *Clinical oral investigations*. – 2020. – Vol. 24, № 3. – P. 1217–1227.

179. Quality of root canal fillings and prevalence of apical radiolucencies in a German population: a CBCT analysis / S. Bürklein, E. Schäfer, H. P. Jöhren, D. & Donnermeyer // *Clinical Oral Investigations*. – 2020. – № 24. – P. 1217–1227.

180. Radaic, A. The oralome and its dysbiosis: New insights into oral microbiome-host interactions / A. Radaic, Y. L. Kapila. – DOI 10.1016/j.csbj.2021.02.010 // *Computational and structural biotechnology journal*. – 2021. – Vol. 19. – P. 1335–1360.

181. Ramachandran Nair, P. N. Light and electron microscopic studies of root canal flora and periapical lesions / P. N. Ramachandran Nair. – DOI 10.1016/S00992399(87)80089-4 // *Journal of endodontics*. – 1987. – Vol. 13, № 1. – P. 29–39.

182. Roles of *Porphyromonas gingivalis* and its virulence factors in periodontitis / W. Xu, W. Zhou, H. Wang, S. Liang. – DOI 10.1016/bs.apcsb.2019.12.001 // *Advances in protein chemistry and structural biology*. – 2020. – Vol. 120. – P. 45–84.

183. Root canal microorganisms and their antibiotic susceptibility in patients with persistent endodontic infections, with and without clinical symptoms / S. E. MedinaPalacios, M. Vitales-Noyola, E. López-González [et al.]. – DOI 10.1007/s10266-02000580-2 // *Odontology*. – 2021. – Vol. 109, № 3. – P. 596–604.

184. Root microbiota in primary and secondary apical periodontitis / S. Bouil-laguet, D. Manoil, M. Girard [et al.]. – DOI 10.3389/fmicb.2018.02374 // *Frontiers in microbiology*. – 2018. – Vol. 9. – P. 2374.

185. Scanning electron microscopy evaluation of the root canal morphology after Er:YAG laser irradiation / D. C. M. Todea, R. E. Luca, C. A. Bălăbuc [et al.] // *Romanian journal of morphology and embryology*. – 2018. – Vol. 59, № 1. – P. 269–275.

186. Siqueira, J. F. Jr. A critical analysis of research methods and experimental models to study the root canal microbiome / J. F. Siqueira Jr., I. N. Rôças. – DOI

10.1111/iej.13656 // *International endodontic journal*. – 2022. – Vol. 55, № 55 Suppl. – P. 46–71.

187. Study of invasion and colonization of *E. faecalis* in microtubes by a novel device / X. Sun, S. Wang, Y. Yang [et al.]. – DOI 10.1007/s10544-016-0108-5 // *Bio-medical microdevices*. – 2016. – Vol. 18, № 5. – P. 82.

188. Subinhibitory antibiotic concentrations enhance biofilm formation of clinical *Enterococcus faecalis* isolates / S. Bernardi, A. Anderson, G. Macchiarelli [et al.]. – DOI 10.3390/antibiotics10070874 // *Antibiotics*. – 2021. – Vol. 10, № 7. – P. 874.

189. Susceptibility of *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*, and *Streptococcus mutans* biofilms to photodynamic inactivation: an in vitro study / C. A. Pereira, R. L. Romeiro, A. C. Costa [et al.]. – DOI 10.1007/s10103-010-0852-3 // *Lasers in medical science*. – Vol. 26, № 3. – P. 341–348.

190. Systemic and extraradicular bacterial translocation in apical periodontitis / M. J. Bordagaray, A. Fernández, M. Garrido [et al.]. – DOI 10.3389/fcimb.2021.649925 // *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. – 2021. – Vol. 11. – P. 649925.

191. Targeting microbial biofilms: current and prospective therapeutic strategies / H. Koo, R. N. Allan, R. P. Howlin [et al.]. – DOI 10.1038/nrmicro.2017.99 // *Nature reviews microbiology*. – 2017. – Vol. 15, № 12. – P. 740–755.

192. Terapia fotodinâmica associada a laser no tratamento endodôntico / R. F. De Oliveira, L. P. D. L. Silva, F. V. D. Silva [et al.]. – DOI 10.21270/archi.v10i2.5051 // *Archives of health investigation*. – 2021. – Vol. 10, № 2. – P. 236–240.

193. *The Biofilm Primer* / ed. J. W. Costerton. – Berlin, Heidelberg : SpringerVerlag, 2007. – 199 p. – (BIOFILMS, volume 1). – ISBN 978-3-540-68021-5.

194. The Many Faces of *Enterococcus* spp.-Commensal, Probiotic and Opportunistic Pathogen / B. Krawczyk, P. Wityk, M. Gałęcka [et al.]. – DOI 10.3390/microorganisms9091900 // *Microorganisms*. – 2021. – Vol. 9, № 9. – P. 1900.

195. The oral microbiome – an update for oral healthcare professionals / M. Kilian, I. L. C. Chapple, M. Hannig [et al.]. – DOI 10.1038/sj.bdj.2016.865 // *British dental journal*. – 2016. – Vol. 221, № 10. – P. 657–666.

196. The susceptibility to calcium hydroxide modulated by the essential walR gene reveals the role for *Enterococcus faecalis* biofilm aggregation / S. Wu, Y. Liu, H. Zhang, L. Lei. – DOI 10.1016/j.joen.2018.11.011 // *Journal of endodontics*. – 2019. – Vol. 45, № 3. – P. 295.e2–301.e2.
197. Thurnheer, T. Integration of non-oral bacteria into in vitro oral biofilms / T. Thurnheer, G. N. Belibasakis. – DOI 10.4161/21505594.2014.967608 // *Virulence*. – 2015. – Vol. 6, № 3. – P. 258–264.
198. Van Dyke, T. E. The nexus between periodontal inflammation and dysbiosis / T. E. Van Dyke, P. M. Bartold, E. C. Reynolds. – DOI 10.3389/fimmu.2020.00511 // *Frontiers in immunology*. – 2020. – Vol. 57. – P. 511.
199. Virulence genes, antibiotic resistance and capsule locus polymorphisms in *Enterococcus faecalis* isolated from canals of root-filled teeth with periapical lesions / F. Saffari, M. H. Sobhanipoor, A. Shahravan, R. Ahmadrjaji. – DOI 10.3947/ic.2018.50.4.340 // *Journal of infection and chemotherapy*. – 2018. – Vol. 50, № 4. – P. 340–345.
200. Zaatout, N. Presence of non-oral bacteria in the oral cavity / N. Zaatout. – DOI 10.1007/s00203-021-02300-y // *Archives of microbiology*. – 2021. – Vol. 203, № 6. – P. 2747–2760.

## Приложение А.

### Информированное добровольное согласие на проведение научного исследования

Этот документ свидетельствует о том, что мне сообщена вся необходимая информация о предстоящем лечении и последующим проведением научного исследования «Клинико-лабораторное обоснование применения лазера длиной волны 2780 нм для эффективного эндодонтического лечения», я согласен (согласна) с названными мне условиями его проведения.

1. Я, \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ соглашаюсь с тем, что мое лечение и научное исследование будет проводить врач-стоматолог Амелюхина Жанна Юрьевна.

2. Я добровольно соглашаюсь, чтобы мои данные, полученные в ходе исследования, использовались в научных целях и были опубликованы с условием соблюдения правил конфиденциальности.

3. Мне названы и со мной согласованы:

- технологии (методы) и материалы, которые будут использованы в процессе лечения;
- технологии (методы) и материалы, которые будут использованы для проведения научного исследования;
- сроки проведения лечения.

4. Мне сообщено и понятно, что для эффективного лечения понадобится обследование, которые в дальнейшем будут использоваться для проведения научного исследования: получение ортопантограммы, прицельного снимка, прицельного компьютерного снимка; компьютерная 3D-томография.

5. Мною были заданы доктору все интересующие меня вопросы о сути лечения и проводимого научного исследования и были получены исчерпывающие ответы, разъяснения.

6. Я внимательно ознакомился (ознакомилась) с данным документом, имеющим юридическую силу и являющимся неотъемлемой частью медицинской карты пациента.

\_\_\_\_\_  
Дата

\_\_\_\_\_  
Подпись пациента

\_\_\_\_\_  
Расшифровка подписи

\_\_\_\_\_  
Подпись врача

\_\_\_\_\_  
Расшифровка подписи

## Приложение Б.

### Акты о внедрении в лечебно-диагностический процесс материалов научных исследований.



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России)

FSBEI HE NSMU MOH Russia

Красный проспект, 52, г. Новосибирск, 630091, тел./факс 383-2-223204  
52, Krasny prospect, Novosibirsk 630091, RUSSIA, tel./fax 383-2-223204  
e-mail: [rectorngmu@yandex.ru](mailto:rectorngmu@yandex.ru); <http://www.ngmu.ru>

№ \_\_\_\_\_  
На \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе  
д.м.н., профессор Евстропов А. Н.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024г

### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

в учебный процесс кафедры терапевтической стоматологии  
результатов диссертационного исследования на соискание ученой степени кандидата  
медицинских наук  
Амелюхиной Жанны Юрьевны

Тема исследования: «Клинико-лабораторное обоснование применения лазера длиной волны 2780 нм для эффективного эндодонтического лечения»

Шифр специальности: 3.1.7. Стоматология

Место внедрения: Кафедра терапевтической стоматологии

Результаты работы внедрены в лекционный курс и цикл практических занятий у студентов 4 курса стоматологического факультета по дисциплине «Эндодонтия», лекционный курс и цикл практических занятий у студентов 5 курса стоматологического факультета по дисциплине «Клиническая стоматология».

Достигнутая эффективность: использование результатов диссертационной работы позволило разнообразить и повысить уровень знаний студентов стоматологического факультета.

Предложения по дальнейшему использованию: продолжение использования в циклах ПК врачей-стоматологов терапевтов.

Заведующий кафедрой терапевтической стоматологии,  
д.м.н., профессор

Петрова Т. Г.

Ответственный за внедрение  
Завуч кафедры терапевтической стоматологии,  
к.м.н., доцент

Ванюнина В. В.

Заведующий кафедрой  
терапевтической стоматологии,  
д.м.н., профессор



М.А. Постников

Ответственный за внедрение  
Завуч кафедры терапевтической  
стоматологии



А.В. Винник

Заведующий кафедрой  
терапевтической стоматологии,  
д.м.н., профессор



М.А. Постников

Ответственный за внедрение  
Завуч кафедры терапевтической  
стоматологии



А.В. Винник



УТВЕРЖДАЮ  
 Главный врач  
 ООО «Лазер Смайл»  
 Филатов Ярослав  
 Владимирович

«25» 09 2023г

**АКТ о внедрении  
 в лечебно-диагностический процесс материалов научных исследований**

1. **Наименование предложения для внедрения:** «Клинико-лабораторное обоснование применения лазера длиной волны 2780 нм для эффективного эндодонтического лечения.
2. **Кем разработано и его адрес:** ассистентом кафедры ортопедической стоматологии КрасГМУ Ж.Ю. Амелюхиной, профессором кафедры ортопедической стоматологии КрасГМУ д.м.н. Т.В. Фурцевым, 660022 г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, д.1
3. **Источники предложения:** диссертационное исследование.
4. **Место и время внедрения:** ООО «Лазер Смайл», сентябрь 2023, г. Самара.
5. **Результаты внедрения, предложения:** Применение предложенного алгоритма позволяет повысить эффективность эндодонтического лечения, сократить количество внеплановых приемов на 70% за счет уменьшения постпломбирочных болей.
6. **Замечания и предложения:**

Ответственный за внедрение:

Врач-стоматолог терапевт



Филатов Я.В.