

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет дружбы народов имени
Патриса Лумумбы»

На правах рукописи

Даврешян Георгий Князович

**Применение навигационных шаблонов при восстановлении
разрушенных зубов штифтовыми конструкциями**

3.1.7. Стоматология

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

Апресян Самвел Владиславович,

доктор медицинских наук, профессор

Москва – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	12
1.1. Биомеханические основы применения штифтовых конструкций и эволюция научных подходов в отечественной стоматологии.....	15
1.2. Влияние конструктивных особенностей и свойств материалов штифтовых систем на долгосрочный клинический прогноз.....	16
1.3. Планирование и тактика клинического применения штифтовых конструкций с учётом потенциальных осложнений.....	23
2. Цифровые методы определения топографии устьев корневых каналов....	28
2.1. Применение КЛКТ в эндодонтической практике.....	28
2.2. Выбор программного обеспечения для дальнейшего компьютерного моделирования навигационных шаблонов и методов его производства.....	32
3. Внедрение технологии управляемой эндодонтии.....	35
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	41
2.1. Разработка навигационного шаблона для армирования и восстановления культи эндодонтически леченного разрушенного зуба.....	43
2.2. Материалы и методы клинического исследования.....	52
2.2.1. Характеристика исследуемых групп, основные клинические методы исследования.....	53
2.2.2. Дополнительные клинические методы исследования.....	56
2.2.2.1 Метод оценки гигиенического состояния рта.....	56
2.2.2.2 Метод оценки состояния пародонта.....	57
2.2.2.3 Метод оценки состояния костной ткани.....	58
2.2.2.4 Метод оценки краевого прилегания ортопедических конструкций....	60
2.2.2.5 Рентгенологические методы исследования.....	61
2.3. Материал и методы оценки клинико-экономической эффективности....	70
2.3.1. Клинические эффекты при использовании технологии цифровых навигационных шаблонов.....	71
2.3.2. Затраты для получения клинических эффектов при использовании технологии цифровых навигационных шаблонов.....	72
2.3.3. Метод оценки клинико-экономической эффективности стоматологической технологии.....	76
2.4. Материал и методы статистического анализа.....	83
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	84

3.1 Результаты разработки протокола восстановления зуба после эндодонтического лечения с использованием навигационных шаблонов.....	84
3.2. Результаты клинического исследования.....	95
1.2.1. Результаты оценки индекса эффективности гигиены рта (РНР).....	97
1.2.2. Результаты оценки пародонтального индекса Рассела (PI).....	98
3.2.3 Результаты оценки костного индекса Фукса.....	100
3.2.4. Результаты оценки краевого прилегания искусственной коронки.....	101
3.3. Клинический пример.....	104
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ КЛИНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ.....	118
4.1 Клинические эффекты медицинского вмешательства.....	118
4.2 Экономические затраты.....	120
4.3 Временные затраты.....	125
4.4 Показатели клинико-экономической эффективности.....	125
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	129
ВЫВОДЫ.....	134
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	136
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	138
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	139

ВВЕДЕНИЕ

Современная стоматология переживает этап глубокой цифровой трансформации, затрагивающей все направления клинической практики — от диагностики и планирования до непосредственного выполнения восстановительных вмешательств и последующей реабилитации пациентов. Особенно остро эта тенденция проявляется в области восстановления зубов после проведённого эндодонтического лечения, где сохранение функциональности и эстетики ранее леченых, но значительно разрушенных зубов остаётся одной из приоритетных задач. По данным ВОЗ, кариес и его осложнения затрагивают свыше 3,5 млрд человек, а в 15–23% случаев хронический периодонтит у пациентов среднего возраста завершается удалением зуба, формируя устойчивый контингент лиц с частичной адентией (Global oral health status report, 2023; Леонтьев и др., 2023). Восстановление ранее эндодонтически леченных разрушенных зубов традиционно представляет собой многоэтапный, трудоёмкий процесс, включающий формирование культевой основы с использованием внутрикорневых штифтов, временное протезирование и последующую фиксацию постоянной коронки. Такой подход требует 2–3 посещений, увеличивает риск микроподтекания, вторичного инфицирования и снижает предсказуемость долгосрочного результата (Гажва и др., 2019; Копецкий и др., 2019). В этой связи особую актуальность приобретают технологии, позволяющие объединить этапы армирования культы и протезирования в единый, максимально минимизированный по времени клинический протокол. Цифровые методы, внедряемые в стоматологическую практику, обеспечивают высокую точность, воспроизводимость и контроль на всех этапах восстановления. В частности, применение индивидуализированных навигационных шаблонов позволяет заранее спланировать препарирование культевой части, минимизировать дополнительную потерю твёрдых тканей и снизить риск ятрогенных осложнений при формировании опоры под ортопедическую конструкцию

(Трифонов, Кузьменко, 2023; Леонтьев и др., 2022). В России активное развитие данного направления связано с работами Апресяна С.В. и Степанова А.Г., которые продемонстрировали эффективность применения цифровых технологий не только в имплантологии, но и в ортопедической реабилитации зубов после эндодонтического вмешательства (Апресян С.В., Степанов А.Г., 2020–2024). Особое значение имеет разработка методик одномоментного восстановления разрушенных, ранее эндодонтически леченных зубов с использованием индивидуальных навигационных конструкций. Как показали исследования Апресяна С.В. и Степанова А.Г., интеграция данных конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ), интраорального сканирования и аддитивных технологий позволяет создавать точные шаблоны, обеспечивающие контролируемое препарирование, надёжное армирование культи и высокое качество краевого прилегания ортопедических конструкций (Апресян С.В., Степанов А.Г., 2025). Несмотря на растущий интерес к цифровым подходам в восстановительной стоматологии, в отечественной литературе до сих пор отсутствуют стандартизированные протоколы, объединяющие этапы немедленного протезирования после завершённого эндодонтического лечения с применением навигационных шаблонов, а также недостаточно изучена их клинико-экономическая эффективность. В то же время именно такие решения способны сократить число посещений, повысить комфорт пациента, снизить риск повторного инфицирования и обеспечить предсказуемый функционально-эстетический результат. В связи с этим целью настоящего исследования является разработка и клинико-экономическое обоснование инновационного протокола одномоментного восстановления ранее эндодонтически леченных разрушенных зубов с использованием индивидуальных цифровых навигационных шаблонов.

Цель исследования - повышение эффективности восстановления зуба после эндодонтического лечения путем разработки и подтверждения клинической эффективности навигационных шаблонов

Задачи исследования

1. По результатам литературного анализа научной литературы разработать конструкции навигационных шаблонов, предназначенные для этапа восстановления зуба после эндодонтического лечения.
2. Разработать технологию моделирования и производства навигационных шаблонов, применяемых при восстановлении культевой части эндодонтически леченных разрушенных зубов.
3. Предложить протокол восстановления разрушенных зубов после завершённого эндодонтического лечения с применением разработанных конструкций навигационных шаблонов у пациентов с заболеваниями пульпы и периапикальных тканей в анамнезе.
4. Оценить клинические эффекты традиционного подхода к восстановлению зубов после эндодонтического лечения и предложенного способа с применением разработанных навигационных шаблонов у пациентов с ранее леченными эндодонтически зубами.
5. Оценить клинико-экономическую эффективность предложенного протокола восстановления разрушенных зубов с использованием навигационных шаблонов в сравнении с традиционным методом постэндодонтической реабилитации.

Научная новизна исследования

Впервые разработаны конструкции навигационных шаблонов, используемых на этапах восстановления зубов после первичного и повторного эндодонтического лечения (Патент РФ № 2836999 от 25.03.2025).

Впервые разработана технология моделирования и производства навигационных шаблонов, применяемых при восстановлении культевой части зубов после завершённого эндодонтического лечения.

Впервые предложен способ восстановления зуба после эндодонтического лечения с применением разработанных конструкций навигационных

шаблонов у пациентов с заболеваниями пульпы и периапикальных тканей в анамнезе (Патент РФ № 2836987 от 24.03.2025).

Впервые определён показатель качества лечения пациентов, проходящих восстановление после эндодонтического лечения с использованием навигационных шаблонов по предложенной технологии.

Впервые оценена клиническая эффективность предложенного протокола восстановления разрушенных зубов после эндодонтического лечения с применением разработанных конструкций навигационных шаблонов у пациентов с заболеваниями пульпы и периапикальных тканей.

Впервые разработана и применена на практике методика комплексной оценки клинико-экономической эффективности цифрового протокола постэндодонтической реабилитации с использованием навигационных шаблонов, основанная на расчёте прямых затрат по пяти критериям — оплате труда, отчислениям в Социальный фонд, амортизации оборудования, материальным расходам и прочим издержкам, включая страхование профессиональной ответственности.

Теоретическая и практическая значимость

Разработан способ одновременного восстановления зуба после эндодонтического лечения, включающий внутриротовое сканирование и компьютерную томографию для моделирования разрушенного зуба и его коронки.

Предложена методика оценки статичной и сравнительной клинико-экономической эффективности технологии восстановления зуба после эндодонтического лечения с использованием навигационных шаблонов, изготовленных с применением цифровых стоматологических технологий.

Разработан навигационный шаблон для армирования и восстановления культи эндодонтически леченного разрушенного зуба, выполненный из прозрачного фотополимера методом 3D-печати, что повышает качество жизни пациентов и демонстрирует высокую клинико-экономическую эффективность.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Восстановление зуба после эндодонтического лечения с последующим формированием культи при помощи эндодонтических навигационных шаблонов, изготовленных методами 3D-моделирования и печати, является обязательным этапом стоматологической ортопедической реабилитации при наличии показаний к эндодонтическому лечению.

2. Предложенная технология моделирования и производства направляющих шаблонов, используемых на этапах первичного и повторного восстановления зуба после эндодонтического лечения, повышает качество жизни пациентов и обладает высокой клинико-экономической эффективностью.

3. Разработанная методика расчёта прямых затрат на оказание медицинских услуг в составе технологии восстановления зуба после эндодонтического лечения у пациентов с разрушенной коронковой частью зуба может применяться для оценки клинико-экономической эффективности протезирования несъёмными зубными протезами.

Методология и достоверность исследования

Для планирования дизайна диссертационного исследования был проведён анализ источников научной литературы в мировых и отечественных научных электронных базах за период с 2013 по 2025 год. Для проведения клинического исследования было обследовано 115 человек обоих полов, подписавших информированное добровольное согласие, из которых в соответствии с критериями включения, невключения и исключения в исследование были отобраны 64 пациента. Указанное число лиц было разделено на две группы: первой группе пациентов было проведено восстановление зуба после эндодонтического лечения с использованием цифровых навигационных шаблонов, а второй группе — по традиционной методике. Оценка эффективности оказанного лечения проводилась методом анкетирования по двум опросникам в четыре периода времени — как при временной, так и при постоянной фиксации ортопедических конструкций.

Всего было проанализировано 1440 анкет. Проведены расчёты клинико-экономической эффективности технологии восстановления зуба после эндодонтического лечения с использованием навигационных шаблонов по сравнению с традиционной методикой. Диссертационная работа выполнена в соответствии с принципами и правилами доказательной медицины.

Внедрение результатов исследования

Результаты исследования используются в учебном процессе на кафедре ортопедической стоматологии Медицинского института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов», а также внедрены в лечебный процесс в клиничко-диагностических центрах, стоматологических клиниках Медицинского института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов», Центре цифровой стоматологии «МАРТИ».

Личное участие автора

Автор разработал и подтвердил клинико-экономическую эффективность технологии восстановления зуба после эндодонтического лечения с последующим формированием культи и протезированием, выполненных с применением современных цифровых технологий моделирования и производства «у кресла пациента», как этапа ортопедической стоматологической реабилитации пациентов с разрушенной коронковой частью зуба. Автор лично обследовал и провёл восстановление зуба после эндодонтического лечения у 64 пациентов, самостоятельно выполнил все виды исследований, систематизацию и статистическую обработку клинико-экономических данных, подготовил публикации по теме диссертации.

Публикации

По материалам исследования опубликовано 4 печатных работ, из них 1 работа включена в международные базы цитирования WoS и Scopus, 1 в

журнале, рекомендованных Перечнями РУДН/ВАК, а также получено 2 патента на изобретение.

Публикации в изданиях, включенных в международные базы цитирования WoS и Scopus

1. Таптун, Ю. А. Применение механической агитации ирригационного раствора при эндодонтическом лечении: серия клинических случаев / Ю. А. Таптун, М. К. Макеева, В. Д. Шарганова, **Г. К. Даврешян**, А. А. Геворкян, А. И. Жуков, М. А. Гасбанов, К. С. Бабина, И. В. Гимиш // Эндодонтия Today. — 2023. — Т. 21, № 3. — С. 181–187.

Публикации в журналах рекомендованных Перечнями РУДН/ВАК:

2. **Даврешян, Г. К.** Методика оценки клинико-экономической эффективности технологии цифровых навигационных шаблонов / Г. К. Даврешян, С. В. Апресян, А. Г. Степанов, М. Н. Забаева // Проблемы стоматологии. — 2025. — № 2. — С. 212–220.

Патенты:

3. Способ восстановления зуба после эндодонтического лечения с помощью цифровых технологий : пат. 2836987 Рос. Федерация / С. В. Апресян, А. Г. Степанов, **Г. К. Даврешян**, Л. С. Григорьянц, В. А. Южаков, К. С. Апресян ; МПК А61С 8/00. — № 2024122530 ; заявл. 07.08.2024 ; опубл. 24.03.2025, Бюл. № 9. — 14 с.

4. Навигационный шаблон для восстановления зуба после эндодонтического лечения : пат. 2836999 Рос. Федерация / С. В. Апресян, А. Г. Степанов, **Г. К. Даврешян**, Л. С. Григорьянц, В. А. Южаков, К. С. Апресян ; МПК А61С 8/00. — № 2024122529 ; заявл. 07.08.2024 ; опубл. 25.03.2025, Бюл. № 9. — 14 с.

Структура и объем диссертации

Структура диссертационного исследования включает следующие разделы: «Введение», аналитический обзор литературы, описание используемых материалов и методик, две главы, посвящённые анализу собственных клинических и экспериментальных данных, а также разделы

«Заключение», «Выводы», «Практические рекомендации» и «Библиография». В литературном обзоре проанализировано 155 источника, из которых 94 — отечественные публикации и 61 — труды зарубежных авторов. Общий объём работы составляет 154 страниц машинописного текста. Иллюстративный материал включает 10 таблиц, 50 рисунков.

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Заболевания полости рта, имеющие как инфекционную, так и неинфекционную природу, продолжают оставаться одними из наиболее распространённых стоматологических патологий, несмотря на достижения современной традиционной и инновационной стоматологии. Согласно данным ВОЗ, они охватывают более половины мирового населения; по приблизительным оценкам – это 3,5 млрд человек, три четверти из которых, проживают в странах со средним уровнем дохода [Global oral health status report , 2023]. Наибольшую долю в структуре заболеваний полости рта составляет кариес и его осложнения [Watt et al., 2019; Cheng et al., 2022; Nath et al., 2023]; на них приходится в среднем 30–50% от общей массы клинических случаев. Согласно исследованию Global Burden of Disease Study, за последние 10 лет заболеваемость кариесом зубов увеличилась на 14,6%. Обзоры последних лет показывают, что глобальная распространённость кариеса молочных зубов составляет 46,2%, постоянных – 53,8% у детей и до 100% – у взрослых [Kazemini et al., 2020; Хадыева и др., 2023; Shoaee et al., 2024]. Осложнения данной патологии у людей среднего возраста в 15-23% случаев сопровождаются удалением зубов, что создает дополнительный тренд частичной/полной адентии во взрослом стоматологическом сегменте [Miyazaki et al., 2023; Global oral health status report 2023, Леонтьев и др., 2023].

Современная стоматологическая наука и практика активно развивает новое знание о методах, инструментах и направлениях рекуррентной оптимизации глобальной клинической картины заболеваний полости рта. Однако, эндодонтия является одним из сложнейших направлений в терапевтической стоматологии. Согласно данным Американской эндодонтической ассоциации, частота успеха первичного эндодонтического лечения варьируется от 53% до 82%, 92% в зависимости от критериев оценки [Burns et al., 2022]. Результат во многом зависит от знаний топографо-анатомических особенностей полости зубов, наличия и умения пользоваться

современным эндодонтическим инструментарием, владения навыками применения альтернативных методов препарирования полости зуба, техник вскрытия, раскрытия полости зуба, механической, медикаментозной обработки, техник obturации корневых каналов, состава и свойств предназначенных для этого материалов, а также опыта восстановления анатомической формы и функций зуба [Жакот, 2019].

Однако, существующая дифференциация ошибок эндодонтического лечения обуславливается не только недостатками квалификации стоматологов-терапевтов. Качество лечения также зависит от компетенций в области диагностики и выполнения отдельных медицинских манипуляций, в том числе, с применением современного функционального оборудования [Байназарова, Искакова, 2017; Македонова и др., 2020; Manasa et al., 2023; Huang et al., 2024]. В качестве наиболее частых ошибок эндодонтического лечения называются, например, чрезмерное расширение корневого канала и вертикальная фрактура корня, присоединение негерметичной изоляции корневого канала со стороны верхушки зуба/со стороны коронки, недостаточное заполнение просвета корневого канала, неполная/низкая плотность obturация каналов корневыми герметиками/лечебными пастами, выход пломбирочного материала за пределы апекса корня и проч.; в отдельную группу выделяются ошибки, возникающие на этапе ирригации и высушивания корневого канала [Бердиева, Мамытова, 2020; Реутов и др., 2023; Кириенкова и др., 2023]. Вместе с тем, главной причиной осложнений после эндодонтического лечения называется остаточность инфицированных некротических масс в боковых ответвлениях системы корневого канала [Копецкий и др., 2016].

Отмечается, что некачественное лечение осложнений кариеса в 85–98% приводит к острым воспалительным процессам в зубочелюстно-лицевой системе (ЗЧЛС) и интоксикации всего организма. Прогресс дентальной инфекции, среди прочего, становится причиной развития одонтогенных гайморитов, хронического сепсиса, иных воспалительных процессов, которые могут

сопровождаться временной или перманентной потерей трудоспособности пациента, а также привести к летальному исходу [Иорданишвили и др., 2022; Кириенкова и др., 2023]. В отсутствие достаточно четко сформулированных алгоритмов выявления и устранения врачебных ошибок на этапах эндодонтического лечения, а также неизученность проблем профилактики неблагоприятных исходов, остается актуальным запрос инновационные решения и инициативы стоматологического сообщества в направлениях обновления и разработке новых методико-методологических подходов к их решению.

Интенсификация в исполнении данного запроса стала возможной благодаря интеграции цифровых методов в практику эндодонтического лечения и последующим развитием концепции управляемой эндодонтии, на основе которой предлагаются функциональные методы цифровой навигации [Kinariwala et al., 2020; Connert et al., 2022; Pop et al., 2023; Naarmann et al., 2023]. Данная концепция включает в себя как статистические дигитальные (аддитивные) методы, предполагающие использование 3D-печатных шаблонов, так и динамические методы, предоставляющие стоматологу-терапевту навигационный инструментарий. Знание в области управляемой эндодонтии находится на начальной фазе накопления и развития, однако его апробация уже позволила доказать свою жизнеспособность и эффективность, в том числе, на примере сложнейших клинических случаев, таких как обработка кальцинированных корневых каналов, планирования и проведения эндодонтических микрохирургических операций и пр. [Kulinkovych-Levchuk et al., 2022; Iqbal et al., 2023; Трифионов, Кузьменко, 2023]. В настоящее время одной из приоритетных задач стоматологического сообщества является определение точности, эффективности, выявление возможных областей применения цифровых решений, которыми располагает современная управляемая эндодонтия, для прогнозирования их клинических характеристик и результатов, в целях снижения негативных трендов и оптимизации национальной и глобальной клинической картины кариеса и его осложнений.

1.1. Биомеханические основы применения штифтовых конструкций и эволюция научных подходов в отечественной стоматологии

Штифтовые конструкции занимают центральное место в системе восстановительной стоматологии, являясь ключевым решением при реабилитации зубов с выраженным дефектом коронковой части, особенно после завершения эндодонтического лечения [Олесова, 2001]. Их применение направлено на создание опоры для последующего восстановления анатомической формы и функции зуба, что особенно актуально в случаях, когда объём сохранившихся твёрдых тканей недостаточен для обеспечения надёжной ретенции реставрационного материала [Дроботун и др., 2005]. Современное понимание роли штифта, как отмечают Арутюнов А.С. и соавторы, базируется не на механическом «укреплении» корня, а на формировании устойчивой ретенционной основы, способной выдерживать функциональные нагрузки без риска перелома корня или выпадения конструкции [Арутюнов и др., 2005]. В их работе подчёркивается, что успешное восстановление разрушенных зубов возможно только при строгом соблюдении биомеханических принципов, учитывающих как анатомические особенности корня, так и физико-механические свойства применяемых материалов. Этот подход, разработанный в научной школе профессора И.Ю. Лебеденко, лег в основу отечественной концепции оптимизации штифтовых конструкций, которая акцентирует внимание на индивидуальном подборе длины, диаметра и материала штифта в зависимости от клинической ситуации [Арутюнов и др., 2005]. Важно отметить, что, как указывают авторы, длина штифта должна составлять не менее двух третей длины корня, однако при этом обязательным условием является сохранение апикального уплотнения из гуттаперчи толщиной не менее 4–5 мм, что предотвращает микрофильтрацию и реинфицирование корневого канала — факторы, напрямую влияющие на долгосрочную выживаемость зуба [Арутюнов и др., 2005].

Исторически развитие штифтовых конструкций в российской стоматологии прошло несколько этапов, начиная от простых металлических анкеров до сложных индивидуальных культевых вкладок [Гажва и др., 2021]. В фундаментальном труде «Руководство по ортопедической стоматологии» под редакцией В.Н. Копейкина подробно описаны принципы препарирования корневого канала, требования к материалам и методам фиксации, что на долгие годы стало основой для клинической практики [Копейкин, 1993]. В то же время, с развитием материаловедения и углублением понимания биомеханики зуба, возникла необходимость в пересмотре традиционных подходов. В этой связи особое значение приобрели работы, выполненные в рамках научной школы И.Ю. Лебеденко, где впервые была предложена системная оценка напряжённно-деформированного состояния корня при использовании различных типов штифтов. Математическое моделирование, проведённое Арутюновым С.Д., Чумаченко Е.Н. и Лебеденко И.Ю., позволило объективно сравнить распределение напряжений в корне при применении параллельных, конусных и комбинированных конструкций [Арутюнов и др., 2001]. Результаты исследования показали, что параллельные штифты обеспечивают более равномерное распределение нагрузки по всей длине корня, в то время как конусные конструкции создают зоны концентрации напряжений в области шейки зуба, что повышает риск продольного перелома [Арутюнов и др., 2001]. Эти данные стали важным аргументом в пользу стандартизации подходов к выбору конструкции штифта, что нашло отражение в последующих клинических рекомендациях.

1.2. Влияние конструктивных особенностей и свойств материалов штифтовых систем на долгосрочный клинический прогноз

Одним из ключевых аспектов, определяющих успех штифтовой конструкции, является её взаимодействие с окружающей коронковой реставрацией. В этом контексте принцип «ферулы» (ferrule effect), впервые описанный Sorensen J.A. и Engelmann M.J. ещё в 1990 году, приобретает

особую значимость и в отечественной практике [Sorensen and Engelman, 1990]. Согласно этому принципу, коронковая часть реставрации должна охватывать не менее 2 мм сохранившихся стенок зуба по периметру и иметь высоту не менее 1,5–2 мм. Только при соблюдении этих условий штифт не воспринимает основную жевательную нагрузку, а лишь фиксирует конструкцию, тогда как распределение сил происходит через естественные ткани коронки. Этот подход полностью согласуется с выводами Арутюнова А.С. и соавт., которые подчёркивают, что отсутствие ферулы превращает штифт в рычаг, создающий опрокидывающий момент и приводящий к разрушению корня [Арутюнов и др., 2005]. Таким образом, штифтовая конструкция не может рассматриваться изолированно — она является частью единой биомеханической системы, в которой все компоненты должны быть согласованы между собой. В этой связи Малый А.Ю. в своём докладе на конференции «Актуальные проблемы стоматологии» справедливо указывает на необходимость унификации подходов к выбору конструкций протезов, чтобы избежать эмпиризма и обеспечить предсказуемость клинических результатов [Малый, 2002].

Материал, из которого изготавливается штифт, играет решающую роль в распределении напряжений внутри корня. Традиционно в отечественной практике преобладали металлические штифты — из нержавеющей стали, титана или сплавов. Однако уже в начале 2000-х годов российские исследователи начали активно анализировать их недостатки. Олесова В.Н. в своём исследовании, опубликованном в «Панораме ортопедической стоматологии», провела сравнительный анализ биомеханики конструкций со стекловолоконными и титановыми штифтами [Олесова, 2001]. Результаты показали, что титановые штифты, несмотря на хорошую биосовместимость, обладают модулем упругости, значительно превышающим таковой у дентина, что приводит к концентрации напряжений в апикальной трети корня. В то же время стекловолоконные штифты, благодаря своим физическим свойствам, близким к дентину, способствуют более равномерному распределению нагрузки и снижают риск перелома [Олесова, 2001]. Хотя в предоставленном

списке литературы нет прямых ссылок на стекловолокно как материал, сам факт сравнения указывает на то, что к началу 2000-х годов в российской науке уже происходил переход к поиску более биомиметичных решений. Важно отметить, что Дроботун Н.С. и соавт. в работе «Микропротезирование» подробно описывают использование анкерных штифтов в сочетании с современными композитными материалами, подчёркивая, что именно адгезивное взаимодействие между штифтом, дентином и композитом создаёт монолитную конструкцию, способную эффективно противостоять функциональным нагрузкам [Дроботун и др., 2005]. Современная концепция восстановления эндодонтически леченых зубов основана на трёх ключевых принципах: сохранении максимального объёма собственных тканей, использовании адгезивных технологий и применении материалов с биомиметичными физико-механическими свойствами [Dietschi et al., 2007]. Именно этим критериям в полной мере соответствуют стекловолоконные штифты — композитные внутриканальные конструкции, армированные непрерывными стеклянными волокнами, ориентированными вдоль продольной оси и инкапсулированными в полимерную матрицу [Барер и др., 2006; Terry, 2006; Terry et al., 2001]. Их модуль упругости (в диапазоне 18–45 ГПа) максимально приближен к таковому у дентина (15–20 ГПа), в отличие от металлических аналогов (титан — 110 ГПа, кобальт-хром — до 220 ГПа), что предотвращает формирование зон концентрации напряжений и снижает риск катастрофических переломов корня [Шидловский и Савичук, 2013; Verri et al., 2017; Kumagai et al., 2012]. Эта биомеханическая совместимость подтверждена как в лабораторных, так и в клинических исследованиях. Figueiredo et al. в систематическом обзоре и метаанализе, включившем 12 исследований, продемонстрировали, что частота переломов корня при использовании стекловолоконных штифтов достоверно ниже, чем при применении металлических [Figueiredo et al., 2015]. Sarkis-Onofre et al. в рандомизированном контролируемом исследовании с трёхлетним наблюдением также не выявили статистически значимых различий в общей

частоте осложнений, однако отметили, что в группе с литыми штифтами все случаи потери зубов были обусловлены переломами, тогда как в группе со стекловолоконными — преимущественно рецидивом кариеса или пародонтитом, что допускает вторичное лечение [Sarkis-Onofre et al., 2014]. Клиническая эффективность стекловолоконных штифтов подтверждена и долгосрочными ретроспективными исследованиями. Ferrari et al. в 7-летнем проспективном исследовании сообщили о выживаемости зубов, восстановленных с применением стекловолоконных штифтов, на уровне 95,4 % [Ferrari et al., 2007]. Naumann et al. в 11-летнем пилотном рандомизированном исследовании показали, что даже в клинически сложных случаях — при отсутствии одной, двух или даже всех стенок коронковой части — применение штифтов с модулем упругости, близким к дентину, обеспечивает статистически значимо лучший исход по сравнению с жёсткими конструкциями [Naumann et al., 2017]. Эти данные согласуются с выводами Al-Dabbagh [2021], который в метаанализе по эндокоронкам также подчеркнул приоритет консервативных, тканесберегающих подходов. В российской научной среде переход к стекловолоконным системам начался в конце 1990-х — начале 2000-х годов. Ранние работы Терри Д.А., переведённые и опубликованные в журналах «Институт стоматологии» и «Новое в стоматологии», заложили основы прямого моделирования штифтовых конструкций на основе волоконно-армированных композитов [Терри, 2003, 2004, 2006]. Экспериментально-клиническое обоснование эффективности таких конструкций было представлено Клепилиным Е.С. в кандидатской диссертации (2002), где была доказана их способность к равномерному распределению нагрузки и минимизации микроподвижности [Клепилин, 2002]. Агеенко А.М. уже в 2006 году отмечал, что внутрикорневые штифтовые конструкции на основе стекловолокна становятся «золотым стандартом» в практике врача-стоматолога [Агеенко, 2006]. Дальнейшее развитие получило в трудах Николаева А.И. и его коллег, которые разработали комплексный медико-технологический алгоритм восстановления эндодонтически леченых

зубов с учётом анатомии корневого канала, степени разрушения коронки и выбора адгезивной системы [Николаев и др., 2007, 2009, 2018]. Лобовкина Л.А. и Романов А.М. подчеркивали, что стекловолоконные штифты позволяют реализовать принцип «биологической целесообразности» — сохранения жизнеспособности тканей и функциональной адаптации [Лобовкина и др., 2012; Романов и Лобовкина, 2008]. Гапочкина Л.Л. с соавт. клинически подтвердили высокую эффективность системы «Армодент» при прямых реставрациях, особенно в переднем отделе [Гапочкина и др., 2008]. Юлдашев И.И. и соавт. в кратком систематическом обзоре (2022) пришли к выводу, что замена литых металлических вкладок на стекловолоконные штифты не только снижает риск перелома, но и улучшает эстетический результат [Юлдашев и др., 2022]. Особое значение в обеспечении долгосрочного успеха имеет адгезивное взаимодействие. Как отмечают Moraes de et al. [2013], стекловолоконные штифты не обладают собственной ретенцией — их удержание обеспечивается исключительно за счёт химической и микромеханической связи с композитным цементом. Бобровская А.С. в диссертационном исследовании доказала, что предварительная обработка поверхности штифта силаном повышает прочность адгезивного соединения на 37–42 % [Бобровская, 2018]. Farina et al. [2011] и Zaitter et al. [2011] показали, что выбор типа цемента (самоадгезивный, самотравящий или с предварительным протравливанием) также существенно влияет на сопротивление вывихиванию штифта, особенно в апикальной трети канала. Формирование надёжного «адгезивного комплекса» невозможно без учёта микроструктурных особенностей дентина и влияния предшествующих этапов эндодонтического лечения. Как показали Carrilho et al. [2009] и Comite et al. [2015], эндодонтическая обработка, особенно при использовании агрессивных ирригантов (NaOCl, EDTA), приводит к частичной деградации коллагенового каркаса дентина, что снижает его микротвёрдость и потенциальную прочность связи с адгезивом. В связи с этим Demirürek et al. [2010] и Koch et al. [2013] подчёркивают необходимость тщательного удаления остатков силера и

временных цементов, которые могут блокировать проникновение праймера. Особенно критична роль хлоргексидина, который, согласно Gomes et al. [2013] и Mohammadi et al. [2014], способен ингибировать металлопротеиназы дентина и тем самым стабилизировать гибридный слой. В отечественной литературе вопросы адгезии и биосовместимости также получили глубокую проработку. Петрова М.М. отмечает, что современные неметаллические штифты, включая стекловолоконные, обеспечивают не только биомеханическую, но и биологическую совместимость, не вызывая воспалительных реакций в периапикальных тканях [Петрова, 2015]. Пстыга Е.Ю. и Шишкова В.И. в своём клиническом исследовании подтвердили, что применение стекловолоконных штифтов повышает эффективность постэндодонтического лечения за счёт снижения частоты повторных эндодонтических вмешательств и улучшения прогноза при значительном разрушении коронки [Пстыга и Шишкова, 2024]. Садаева А.Д. и Тонкоглаз Е.Г. акцентируют внимание на том, что стекловолоконные штифты позволяют проводить «однопосещенческое» восстановление, что особенно ценно в амбулаторной практике [Садаева и Тонкоглаз, 2017]. Луцкая И.К. и Новак Н.В. отмечают, что конусные стекловолоконные штифты со специальными головками обеспечивают оптимальную ретенцию для последующего моделирования композитного культы [Луцкая и Новак, 2015]. Экспериментальные исследования подтверждают высокие механические показатели таких конструкций. Золотова Л.Ю. с соавт. в лабораторном исследовании продемонстрировали, что комплекс «дентин–цемент–стекловолоконный пост» выдерживает нагрузки, приближенные к физиологическим, без разрушения границы раздела [Золотова и др., 2016]. Шидловский М.С. и Савичук А.А. показали, что при восстановлении резцов нижней челюсти именно стекловолоконные штифты обеспечивают наилучшие распределительные характеристики напряжений [Шидловский и Савичук, 2013]. Митронин А.В. в своём сравнительном анализе пришёл к выводу, что стекловолоконные ленты могут быть эффективной альтернативой

штифтам в искривлённых каналах [Митронин, 2008]. Международные исследования дополняют эти данные. Parisi et al. в ретроспективном клиническом исследовании с участием 187 пациентов показали, что 5-летняя выживаемость реставраций на кварцевых (подвид стекловолоконных) штифтах достигала 93,8 % [Parisi et al., 2015]. Sharma et al. в *in vitro*-исследовании сравнили стекловолоконные, углеродные и кварцевые штифты и выявили, что по сопротивлению перелому стекловолоконные конструкции превосходят углеродные и не уступают кварцевым, при этом обладая более предсказуемым характером разрушения («пластичное» разрушение, а не хрупкий излом) [Sharma et al., 2016]. Vadavadagi et al. также подтвердили превосходство стекловолоконных систем над металлическими по показателю сопротивления перелому [Vadavadagi et al., 2017]. Особую роль играет геометрия штифта и его соответствие анатомии корня. Lazari et al. в трёхмерном конечно-элементном анализе, основанном на данных микро-КТ, показали, что оптимальное соотношение диаметра штифта к диаметру корня (1:3) минимизирует напряжения на границе «дентин–цемент» [Lazari et al., 2013]. Signore et al. подтвердили, что овальные штифты в овальных каналах премоляров повышают долговечность реставрации [Signore et al., 2011]. Rodrigues et al. в индивидуальном конечно-элементном моделировании продемонстрировали, что даже при отсутствии ферулы применение стекловолоконного штифта снижает пиковые напряжения на 28–35 % по сравнению с литым аналогом [Rodrigues et al., 2017]. Клиническая обратимость стекловолоконных конструкций — ещё одно их важное преимущество. В отличие от литых штифтов, требующих значительного объёма препарирования при извлечении, стекловолоконные штифты могут быть удалены ультразвуком с минимальной потерей тканей. Вейсгейм Л.Д. и Гоменюк Т.Н. в своих работах показали, что среднее время удаления составляет 5–8 минут, при этом сохраняется до 90 % стенок корня, что делает возможным вторичное эндодонтическое лечение [Вейсгейм и Гоменюк, 2016, 2017]. Брага Н.М. с соавт. экспериментально подтвердили, что сопротивление

удалению стекловолоконных штифтов коррелирует с их длиной, но остаётся в пределах, допускающих контролируемое извлечение [Брага и др., 2006]. Несмотря на преимущества, существуют и ограничения. Как отмечают Al-Omiri et al. [2010], при полном отсутствии стенок коронки даже стекловолоконный штифт не может обеспечить достаточную устойчивость, и в таких случаях предпочтительнее рассмотреть альтернативы — эндокоронки или ортопедическое лечение. Voksman et al. [2012] указывают на необходимость учёта анатомических вариаций корней при выборе длины и формы штифта. Godbole et al. [2016] в *in vitro*-исследовании показали, что характер разрушения при использовании стекловолокна чаще всего локализован в области композитного культы, что является регистрируемой ошибкой, в отличие от перелома корня. Таким образом, накопленный к настоящему времени массив клинических, лабораторных и биомеханических данных, включающий исследования как отечественных, так и зарубежных авторов, убедительно подтверждает, что стекловолоконные штифты представляют собой научно обоснованную, клинически предсказуемую и биологически целесообразную стратегию восстановления эндодонтически леченых зубов. Их применение в комплексе с ферульным эффектом, современными адгезивными системами и композитными материалами обеспечивает не только высокий функциональный и эстетический результат, но и максимальное сохранение собственных тканей пациента — что является конечной целью любого реставрационного вмешательства.

1.3. Планирование и тактика клинического применения штифтовых конструкций с учётом потенциальных осложнений

Особое внимание в отечественной литературе уделяется сложным клиническим случаям, таким как зубы, разрушенные ниже уровня десны, или зубы с низкими клиническими коронками. Семенюк В.М., Гуц А.К. и Капотина Т.Н. предложили методические подходы к использованию таких корней в качестве опоры под штифтовые конструкции, включая

необходимость хирургического удлинения клинической коронки или применение специальных культевых вкладок с увеличенной ретенционной частью [Семенюк и др., 2001]. Аналогичные проблемы рассматриваются Козициной С.И. и Обиджановым С.Х., которые отмечают, что при низких клинических коронках стандартные штифтовые вкладки часто не обеспечивают достаточной фиксации, и требуется индивидуальный подход с учётом анатомии каждого конкретного зуба [Козицина и Обиджанов, 2002]. Эти работы подчёркивают, что штифтовая конструкция не может быть универсальной — она должна быть адаптирована к индивидуальным особенностям пациента, что требует высокого уровня клинического мышления и владения современными технологиями.

Применение штифтов не лишено рисков, и одним из наиболее серьёзных осложнений является повреждение корня в процессе препарирования канала. Онопа Е.Н., Токмакова С.И. и Павликов Д.С. посвятили своё исследование профилактике перфорации корня и нарушения оси корневого канала при реставрации коронковой части зуба штифтовой конструкцией [Онопа и др., 2008]. Авторы подчёркивают, что чрезмерное расширение канала, особенно в искривлённых корнях, значительно снижает прочность корня и создаёт предпосылки для его перелома. В этой связи они рекомендуют использовать рентгенологический контроль на всех этапах препарирования, а также применять специальные фрезы с ограничителем глубины. Эти рекомендации находят подтверждение в работе Найку Й.В. и Критеску Р.К., которые провели рентгенологическое обоснование негативного воздействия эндодонтических штифтов [Найку и Критеску, 2008]. Авторы показали, что некорректно установленный штифт может вызывать резорбцию корневых стенок, формирование внутренних трещин и другие деструктивные изменения, выявляемые только при длительном наблюдении. Таким образом, безопасность применения штифтов напрямую зависит от квалификации врача и строгого соблюдения протокола препарирования.

В то же время, штифтовые конструкции могут служить не только для восстановления одиночных зубов, но и как опора для мостовидных протезов. Брагин Е.А. в своей работе «Теоретические и клинические предпосылки к использованию фрагментов корней моляров в качестве опоры зубных протезов» обосновал возможность сохранения даже сильно разрушенных корней моляров при условии их качественного эндодонтического лечения и последующего армирования штифтом [Брагин, 2003]. Автор подчёркивает, что такие корни, ранее подлежащие удалению, могут быть эффективно использованы в ортопедической практике, что позволяет избежать имплантации или протезирования на соседних зубах. Этот подход полностью согласуется с принципами сохраняющей стоматологии, которые получили широкое распространение в российской науке благодаря работам таких учёных, как И.Ю. Лебеденко [Лебеденко, 1995]. Важно отметить, что Вагнер В.Д., Семенюк В.М. и Чекунков О.В. в «Путеводителе по ортопедической стоматологии» систематизировали накопленный клинический опыт и предложили чёткие алгоритмы выбора конструкции в зависимости от степени разрушения зуба, что значительно облегчило принятие решений на клиническом уровне [Вагнер и др., 2004].

Эстетический аспект также играет важную роль, особенно при восстановлении зубов фронтальной группы. Freedman G.A. в своей работе «*Esthetic post-and-core treatment*» подробно описывает методы достижения оптимального эстетического результата при использовании штифтовых конструкций [Freedman, 2001]. Хотя его работа носит зарубежный характер, её принципы нашли отражение и в отечественной практике. В частности, Дроботун Н.С. и соавт. указывают на возможность использования светопроводящих штифтов и композитных материалов, имитирующих естественный цвет зуба, что позволяет достичь высокого эстетического результата даже при значительных дефектах коронки [Дроботун и др., 2005]. В этой связи Ряховский А.Н., Мурадов М.А. и Терепенчук Е.В. предложили новый метод реставрации культевой части зуба, основанный на послойном

нанесении композита с учётом анатомии естественного зуба, что позволяет воссоздать не только форму, но и оптические свойства тканей [Ряховский и др., 2006]. Эти подходы демонстрируют, что штифтовая конструкция — это не только функциональный, но и эстетический элемент, требующий тщательного планирования и исполнения.

Современная концепция использования эндоканального штифта, как её формулируют Хидибергишвили О.Э. и Гогиберидзе М.А., основана на трёх ключевых принципах: минимальная инвазивность, биомиметичность и индивидуальный подход [Хидибергишвили и Гогиберидзе, 2006]. Минимальная инвазивность предполагает препарирование канала только в объёме, необходимом для размещения штифта; биомиметичность — выбор материала, свойства которого максимально приближены к дентину; индивидуальный подход — учёт анатомии корня, функциональной нагрузки и эстетических требований. Эта концепция представляет собой синтез многолетнего опыта отечественных и зарубежных исследователей и является логическим завершением эволюции взглядов на штифтовые конструкции. Важно подчеркнуть, что, как отмечает Terry D.A., изготовление реставраций на основе корневых штифтов требует не только технического мастерства, но и глубокого понимания биомеханики зуба, что подтверждает необходимость тесного взаимодействия терапевтической и ортопедической стоматологии [Terry, 2006].

Клиническое применение штифтов требует тщательного планирования на всех этапах лечения. Уже на стадии диагностики необходимо оценить анатомию корня, его длину, степень искривления, толщину дентинных стенок, а также состояние периапикальных тканей. Как указывают Боровский Е.В. и Попова И.И., внутриканальные штифты должны применяться только после завершения качественного эндодонтического лечения, подтверждённого рентгенологически [Боровский и Попова, 2000]. В противном случае существует высокий риск реинфицирования корневого канала и развития воспалительных осложнений. Дубова М.А. и соавт. в своём учебном пособии

«Современные технологии в эндодонтии» подчёркивают, что между этапами эндодонтического лечения и установкой штифта должно пройти не менее 7–10 дней для полной полимеризации силера и стабилизации апикальных тканей [Дубова и др., 2005]. Это позволяет избежать преждевременной нагрузки на корень и обеспечивает надёжную основу для последующего восстановления.

Выбор конкретной конструкции штифта зависит от множества факторов, включая локализацию зуба, функциональную нагрузку, эстетические требования и степень разрушения коронки. Для жевательных зубов, подверженных высокой окклюзионной нагрузке, предпочтение следует отдавать конструкциям с максимальной ретенцией и прочностью, таким как культевые штифтовые вкладки. Для передних зубов, где на первый план выходит эстетика, целесообразно использовать анкерные штифты в сочетании с композитными материалами, позволяющими воссоздать естественный цвет и прозрачность тканей [Дроботун и др., 2005]. Важно также учитывать, что при низких клинических коронках, как отмечают Козицина С.И. и Обиджанов С.Х., стандартные штифтовые вкладки могут быть недостаточно эффективны, и требуется применение специальных методик, включая хирургическое удлинение коронки или использование конструкций с увеличенной коронковой частью [Козицина и Обиджанов, 2002].

Одной из наиболее частых ошибок при применении штифтовых конструкций является чрезмерное препарирование корневого канала. Клюев Б.С. ещё в 1976 году указывал на то, что истончение стенок корня менее 1 мм критически снижает его прочность и делает его уязвимым к перелому даже при умеренных нагрузках [Клюев, 1976]. Эта мысль была развита в последующих работах, включая исследования Онопы Е.Н. и соавт., которые показали, что нарушение оси корневого канала при препарировании создаёт дополнительные напряжения и повышает риск перфорации [Онопа и др., 2008]. Поэтому современный подход требует использования рентгенологического контроля на всех этапах препарирования, а также

применения фрез с ограничителем глубины, что позволяет сохранить максимальный объём естественных тканей корня.

Фиксация штифтовой конструкции также имеет большое значение для её долговечности. Хотя в отечественной практике традиционно использовались цинк-фосфатные и стеклоиономерные цементы, современные подходы, описанные в работах Дроботуна Н.С. и соавт., акцентируют внимание на адгезивных системах, обеспечивающих химическую и микромеханическую связь между штифтом, дентином и реставрационным материалом [Дроботун и др., 2005]. Это создаёт монолитную конструкцию, способную эффективно распределять жевательные нагрузки и снижать риск дебондинга. Особенно важно это при использовании композитных материалов, где адгезия является ключевым фактором успеха.

2. Цифровые методы определения топографии устьев корневых каналов

2.1. Применение КЛКТ в эндодонтической практике

Исследования последних лет доказывают тот факт, что количество корневых каналов в среднестатистическом зубе превышает традиционно учитываемое при эндодонтическом лечении. Так, по различным данным, в 60-80% случаев первые моляры верхней челюсти имеют не три, как принято считать, а четыре корневых канала; в щечно-медиальном корне этих зубов находится дополнительный канал, нахождение которого без специальной аппаратуры затруднительно [Соловьева и др., 2015; Olczak, Pawlicka, 2017; Aung et al., 2022]. Более сложным оказывается обнаружение, например, кальцифицированных каналов ввиду избыточного отложения заместительного дентина в коронковой полости зуба и устьевой части корневого канала. Как правило, это является следствием протекающего кариозного процесса, патологических изменений твердых тканей зуба в пришеечной области, возрастных изменений и иных факторов. Кальцифицированные корневые каналы, необходимо отметить, среди прочего создают риск чрезмерного препарирования полости доступа, неправильной ее ориентации, перфорации

корня, а также перелома инструмента во время препарирования канала [Tawil et al., 2017; Sarao et al., 2020; Chaniotis, Ordinola-Zapata, 2022; Ambu et al., 2023].

Современная эндодонтическая практика действительно характеризуется высокой дифференциацией и степенью сложности решаемых клинических задач, требующих как высокого уровня квалификации и определенного набора компетенций врача, так и достаточно функционального, информативного диагностического оборудования, которое позволит специалисту не только определить количество корневых каналов и выявить степень их облитерации, но определить локацию корневых каналов, топографию их устьев, в целом оценить состояние периапикальных тканей, наличие и выраженность их повреждения, провести дифференциальную диагностику, определить степень и характер периапикального воспалительного процесса [Байтус, 2014; Khanna, 2020].

Как правило, диагностика патологических процессов, протекающих в периодонте, осуществляется с использованием рентгенологических методов исследования, таких как интера- и экстраоральная дентальная рентгенография (РГ), ортопантомография (ОПТГ) и конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ). Однако, анализ компаративных данных указывает на то, что методы, предполагающие двумерную визуализацию корневых каналов, не дают точной диагностической картины, нередко допуская ее искажение [Rahimi et al., 2017; Madani et al., 2017; Faraj, 2020; Abulhamael et al., 2024]. Так, например РГ не позволяет отчетливо визуализировать более одного, в некоторых случаях трех, корневых каналов, особенно в зоне премоляров и моляров верхней челюсти по причине суммации их тканей, определить S-образную конфигурацию корневого канала или обнаружить сверхкомплектный корень [Аржанцев, Ахмедова, 2014; Юдина, Пиванкова, 2021; Saklar et al., 2023]; ОПТГ, в свою очередь, имеет ограничения, например, в визуализации зон деструкции костной ткани, оценке анатомической специфики системы корневых каналов, особенно в случаях наличия дополнительных позиций (каналов, карманов, ответвлений и проч.) [Когина,

2019; Лубашева, 2022]. Кроме того отмечается, что несмотря на доступность и функциональность программных решений, позволяющих производить необходимые расчеты и прочие действия для постановки эндодонтического диагноза, 2D-методы все же предполагают в определенной мере субъективный подход к распознаванию результатов исследования, а следовательно, не могут гарантировать ожидаемую результативность эндодонтического лечения [Когина, 2019].

Учитывая стремление современных клиницистов к комплективизации фреймворка планирования и реализации лечения, в большинстве случаев предпочтение отдается КЛКТ-решению [Ленденгольц и др., 2010; Dindaroğlu, Yetkiner, 2016; Арсенина и др., 2019; Федюнина, Луницына, 2021; Van Gorp et al., 2023]. КЛКТ – это *in vivo/in vitro* метод объемного исследования различных структур ЗЧЛС, полости рта и их систем в любой плоскости. В эндодонтической практике метод используется для целей диагностики апикального периодонтита, изучения анатомии корневых каналов, планирования повторного эндодонтического лечения, в том числе хирургическом и микрохирургическом [Patel et al., 2022]. Возможности современных КЛКТ-аппаратов (например, Vatech Pax-i3D, Paraaya 3D Genoray, FONAR Stellaris 3D, Planmeca ProMax 3D MID и проч.) позволяют визуализировать и изучить всю систему корневых каналов зубов, даже с самой неоднозначной морфологией. К задачам диагностики, решаемым с использованием КЛКТ-метода относят: выявление сложной (аномальной) анатомии корневой системы зубов, выявление периапикальных поражений, положение очага деструкции в тканях, для оценки и диагностики травматических повреждений зубов, вертикальных переломов корня, диагностика наличия и типа резорбации корня, обнаружение вертикальных трещин корней и проч. [Манак и др., 2022; Венедиктова, 2023]. КЛКТ, например, в комплексе с УЗИ, также показывает высокую эффективность в диагностике кист/гранулем [Селина и др., 2016; Манак и др., 2019; Etöz et al., 2021; Serindere et al., 2022; Jia et al., 2023].

Исследования также подтверждают эффективность применения КЛКТ при контрольно- или промежуточно диагностическом исследовании на различных этапах лечения [Юдина, 2021]. Например, Б.М. Джасид и соавт. отмечают, что метод КЛКТ является более точным, чем цифровые рентгенограммы при определении точности линейных измерений периапикальных поражений и длины пломбирования корневых каналов гуттаперчевыми материалами. Результаты исследования показали, что КЛКТ обладает более высокой диагностической информативностью по сравнению с ОПТГ при оценке состояния зубов после эндодонтического лечения [Джасим и др., 2023]. Необходимо отметить наличие ряда исследований, доказывающих на наличие больших возможностей визуализации результатов и эффектов эндодонтического лечения метода микро-КЛКТ. Отмечается, что ее применение открывает новые возможности в стоматологии с объемной визуализацией зубов, позволяя получать на рентгеновском изображении мелкие и малоконтрастные детали анатомического строения [Benyó, 2012; Петровская и др., 2019; Ничипор и др., 2021; AL-Rammahi et al., 2023].

Данные КЛКТ в настоящее время применяются при планировании и проведении эндодонтического лечения в рамках концепции управляемой эндодонтии (SGE/DGE), среди прочего предполагающей интеграцию передовых методов визуализации, компьютерного проектирования (САПР) и 3D-печати в качестве основополагающих элементов цифровой управляемой терапии (DGT) [Chong et al., 2019; Decurcio et al., 2021; Global oral health status report, 2023]. В качестве перспективного данный концептуальный метод указывается в контексте сложных клинических случаев, преимущественно, в уже ранее упомянутых – облитерации корневых каналов [Lara-Mendes et al., 2018; Bordone, Cauvrechel, 2020; Santiago et al., 2022]. Однако, отдельные технологические решения управляемой эндодонтии, среди которых и цифровые навигационные шаблоны, уже успешно применяются в современной практике диагностики и лечения заболеваний полости рта, включая периодонтит.

2.2. Выбор программного обеспечения для дальнейшего компьютерного моделирования навигационных шаблонов и методов его производства

Цифровые технологии, внедряемые в различные области стоматологической практики, позволяют сделать лечение планируемым, прогнозируемым и контролируемым [Арутюнов и др., 2019; Апресян и др., 2020; Степанов, Апресян, 2021; Степанов, Апресян, 2022]. В настоящее время опыт применения цифровых навигационных шаблонов наиболее развит в области дентальной имплантации, что, среди прочего, обусловлено необходимостью сокращения фреймворка операции и минимизации послеоперационных осложнений. Также хирургические шаблоны применяются для коррекции десневого края (маргинальной десны), костной регенерации и проведения резекции верхушки корня [Deliberador et al., 2020]. Принцип планирования операции по установке дентальных имплантатов заключается в том, что виртуальная система планирования имплантов (например, 3Shape Implant Studio, Exocad Implant planning, Aventis 3D, 3Diagnosis, PlastiCAD, RealGuide 3Diemme 5.0, Blender и проч.) объединяет данные КТ (КЛКТ), интраорального сканирования и иные для оценки костных структур и виртуальной модели для проектирования конструкции с опорой на имплантате и шаблонов для сверления [Дегтярев и др., 2020]. Принцип планирования эндодонтического лечения (хирургического/нехирургического) в целом аналогичен. Разработана методика статической направленной эндодонтии от визуализации до клинической реализации [Leontiev et al., 2022].

Цифровой навигационный эндодонтический шаблон представляет собой, собственно, шаблон, изготовленный для направления эндодонтического инструмента по заранее запланированной траектории с целью нахождения устьев корневых каналов или препарирования кости с последующей резекцией верхушки корня [Kinariwala et al., 2021]. Согласно предложенной В. Леонтьевым и соавт. методике, общий рабочий процесс включает в себя 3D-визуализацию с использованием результатов КЛКТ, данных поверхностного сканирования с помощью внутриворотного сканера, объединенных с помощью

прикладного программного обеспечения (САМ). Отмечается, что современная практика применения конусно-лучевой томографии позволяет комбинировать КЛКТ-данные и, например, 3D-оптическое сканирование для изготовления цифровых навигационных шаблонов с направляющими втулками для облегчения доступа к пульпарной полости зуба при эндодонтическом лечении в сложных клинических случаях, например облитерации пульпарной камеры [Patel et al., 2022]. Данный подход также позволяет осуществлять 3D-навигацию в области эндодонтической микрохирургии [D, et al., 2022]. К преимуществам относят: создание оптимального доступа к полости зуба, снижение болевой чувствительности при манипуляциях, сокращение их времени, минимизация ятрогенного повреждения. Получаемая совокупность данных анализируется с использованием различных программных решений-планировщиков, таких как например, 3D Endo™ (Dentsply Sirona, Австрия) [Versiani, Gambarini²⁰²²].

На последнем этапе производится виртуальное планирование полости доступа и проектирование навигационного шаблона с направляющей (направляющими). Сетап эндодонтического инструмента должен быть смоделирован таким образом, чтобы кончик достигал устья корневого канала. На последнем этапе осуществляется производство навигационного шаблона. В общей практике, шаблон создается аналоговым (акрил), фрезерным, при помощи вакуумформера (полимеры) или аддитивным методом. В настоящее время предпочтение отдается 3D-печати методом стереолитографии [Lu et al., 2020; Su et al., 2021; Abella Sans et al., 2024]. Среди материалов используются прозрачные пластмассы (например, Surgical Guide by Formlabs); с их помощью можно произвести фотополимерную фиксацию втулки в шаблоне, обеспечить дополнительную визуализацию. Также используются биосовместимые фотополимеры/смолы (например, Liqcreate Bio-Med Clear) [Chen et al., 2018; Zhang et al., 2022; Ghosh et al., 2024; Rajnics et al., 2024; Liu et al., 2024].

Как правило, для целей моделирования навигационных эндодонтических шаблонов используются программы для компьютерного планирования

имплантации. Ф. Кернен и соавт. провели сравнительный программного обеспечения для виртуального планирования управляемой имплантационной хирургии. Объектами компаративного исследования стали: coDiagnostiX™, DentalWings, Канада (CDX); Simplant Pro™, Dentsply, Швеция (SIM); Smop™, Swissmeda, Швейцария (SMP); NobelClinician™, Nobel Biocare, Швейцария (NC); Implant Studio, 3Shape, Дания (IST). Наименее функциональным решением оказались SIM и NC; среди прочего, они не решают задачи индивидуального планирования и (или) CAD/CAM-изготовления направляющих шаблонов для дентальной имплантации [2020]. Вместе с тем обзор клинических исследований последних лет указывает на приоритет ПО coDiagnostiX™ [Huth et al., 2024]. Подобное исследование провели А.В. Федоренко и соавт.; объектами компаративного исследования стали: R2gate (Megagen, Южная Корея), NobelClinician™, Implant-Guide™ (Implant Assistant, Россия), Mguide™ (MIS Implants Technologies, Израиль) [2020].

Также имеются упоминания о применении таких решений, как NemoScan™ (Nemotec, Мадрид, Испания) [Zubizarreta-Macho 2020], Materialise 3-matic™ Medical (Materialise, Брюссель, Бельгия) [Tang, Jiang 2023], SICATEndo™ [Reich, 2021], 2Ignis™ (Ignis, Брюссель, Бельгия), Aceton (Aceton Group, Компенгаген, Дания) [Tchorz et al., 2019; Sharma et al., 2023] и проч. В российском сегменте внимание также уделяется CAD/CAM комплексу планирования стоматологического лечения «3Diagnosys – PlastyCAD» (3DIEMME, Италия) [Пешкова, 2016; Бадалян и др., 2020; Вокулова, Жулев, 2022; Ткаченко, 2023; Коблов и др., 2024]. Решение позволяет, среди прочего, импортировать в формате DICOM и анализировать данные КЛКТ и интраорального сканирования, на их основе создавать файлы хирургического (навигационного) протокола, моделировать различные варианты конструкции навигационных шаблонов. ПО конвертирует и экспортирует stl-файлы для 3D-печати хирургического шаблона. Особый интерес представляет ПО RealGuide™ 5.0 [Ожигов, 2015; Verduyssen et al., 2015; Lerner et al., 2020; Дегтярев и др., 2020]; решение предполагает выполнение всех вышеуказанных

задач, однако, поскольку включает в себя ИИ и имеет возможность глубокого обучения, программное обеспечение более функционально и способно моделировать до нескольких альтернатив стоматологического лечения.

3. Внедрение технологии управляемой эндодонтии

Интеграция технологий управляемой эндодонтии в настоящее время находится на начальной стадии своего развития, однако имеется достаточно прикладных и компаративных исследований, доказывающих целесообразность навигационных решений. Так, И. Су и соавт. (2021) провели исследование *ex vivo* для оценки точности доступа к корневым каналам различных типов зубов (передние зубы, премоляры и моляры) с помощью 3D-навигационных шаблонов, созданных с помощью ПО Implant Planning (Inteware, Тайвань) и напечатанных на 3D-принтере. Авторы заключили об отсутствии существенных линейных и угловых отклонений, однако указали на незначительные отклонения в группе моляров, вероятно вызванные помехами противоположных зубов [Su et al., 2021].

Подобное исследование было проведено российскими авторами Д.О. Трифоновым и А.В. Кузьменко; они изучали возможности использования навигационных шаблонов для оптимизации лечения зубов с кальцифицированными корневыми каналами, а также вторичного эндодонтического лечения при осложнениях доступа к корневым каналам. Авторы отмечают, что навигационная технология позволяет не только успешно проходить и обрабатывать, но и в целом контролировать доступ к корневым каналам, снижать объем редуцированных тканей, минимизируя риск осложнений при реализации тактики лечения, ориентированной на сохранение зуба и отказа от хирургического вмешательства [2023].

На возможность повышения эффективности эндодонтического лечения зубов с полностью или частично облитерированными корневыми каналами при помощи навигационных шаблонов указывают и другие авторы [McCabe, Dummer, 2012; Connert et al., 2017; Connert et al., 2018; Connert et al., 2019; Hildebrand et al., 2023]. Контекстуально интерес представляют исследования, в

рамках которых изучается возможность применения самообучающихся технологий (модели глубокого обучения, ИИ, нейросетей) в оценке и прогнозировании эндодонтического лечения в указанном и иных сложных клинических случаях [Karkehabadi et al., 2024]. Данные исследования свидетельствуют об активном поиске решений для выработки алгоритмов выявления/устранения ошибок/неудач на различных этапах эндодонтического лечения, профилактики неблагоприятных исходов.

Технологии управляемой эндодонтии также позволяют решать различные локальные задачи. Например, интерес представляет исследование О.А. Соловьевой и соавт., которые предложили метод инструментальной обработки корневого канала зуба при наличии в нем отломка инструмента. Компьютерное моделирование цифровых эндодонтических шаблонов проводилось с помощью ПО 3ds MAX 2009 (Autodesk, США), печать – с использованием 3D-принтера [2017]. О. Дианат и соавт. оценили компаративную точность применения навигационных шаблонов с одним и двумя входами (направляющими отверстиями, гильзами) для удаления волоконных штифтов в целях проведения повторного эндодонтического лечения. Исследование проводилось *ex vivo* с применением верхнечелюстных клыков, ввиду их расположения в точке максимального изгиба верхней челюсти. Анализ данных КЛКТ и оптического сканирования проводился с помощью CAD-ПО Blue Sky Plan 4 и Blue Sky Bio (LLC, Грейслейк, Иллинойс). Результаты не показали существенной разницы в апикальном, коронарном и угловом отклонении от спроектированной траектории между двумя группами [Dianat et al., 2024]. Из этого следует, что в случае необходимости удаления волоконного штифта из двух зубов навигационный шаблон можно расширить до соседних зубов или другого квадранта зубной дуги без риска погрешности. Соответственно исключается необходимость изготовления отдельного статического шаблона для соседних зубов/другого квадранта. Оптимальную эффективность и точность цифровых эндодонтических шаблонов для

удаления волоконных штифтов показывают также *in vivo* исследования [Perez et al., 2021; Fachin et al., 2023].

Возвращаясь к общим случаям использования цифровых навигационных решений, то в более ранних исследованиях производилась оценка эффективности применения технологий управляемой эндодонтии для выявления локализации устьев корневых каналов передних [Krastl et al., 2016; Meer et al., 2016; Fonseca et al., 2018; Lara-Mendes et al., 2018] и задних [Lara-Mendes et al., 2018; Shi et al., 2018; Buchgreitz et al., 2019; Maia et al., 2019] зубов с облитерацией, а также зубов с узкими корневыми каналами. Дж. Бухгрейц и соавт. установили, что расстояние между осью виртуального пути сверления и целевой точкой составило 0,46 мм у 38 зубов [Buchgreitz et al., 2016]. В подобном исследовании, проведенном М.С. Цендером и соавт., выявлено наличие погрешности ориентирования в пределах 0,16-0,47 мм в группах верхнечелюстных резцов, клыков и премоляров [Zehnder et al., 2016]. В исследовании Т. Коннерта и соавт. указано, что линейные отклонения в нижнечелюстных резцах и клыках варьировались от 0,12 до 0,34 мм [Connert et al., 2017]. Ц. Чжан и соавт., оценивая точность метода управляемой эндодонтии (навигационный шаблон спроектирован с помощью ПО Digital 3D Implant Sys (Fox Medical Tech, Китай) и напечатан на 3D принтере), установили, что среднее абсолютное отклонение кончика бора в мезиально-дистальном направлении составила 0,30 мм, в буккально-лингвальном направлении – 0,28 мм, у основания бора – 0,28 мм и 0,25 мм соответственно [Zhang et al., 2022]. Данные результаты в целом согласуются с процитированными и другими ранее проведенными исследованиями [Buchgreitz et al., 2016; Zehnder et al., 2016; Connert et al., 2017; Buchgreitz et al., 2019].

Представляют интерес сравнительные *in vitro* исследования. Так, К.К. Хут и соавт. оценивали точность локации устья корневых каналов зубов со сложной анатомией (облитерированный второй мезиобуккальный канал в верхнем моляре, пульпарные камни в нижнем моляре, второй лингвальный

корневой канал в премоляре и облитерированный клык) с применением динамического, статического подхода к навигации и «ручного» способа подготовки полости доступа. Анализ данных КЛКТ и оптического сканирования для группы статической навигации проводился с помощью соDiagnostiX™. Авторы пришли к заключению о том, что применение эндодонтического навигационного шаблона обеспечивает наиболее точную подготовку полости, в отличие «ручной» техники, демонстрирующей более высокий угол входа и отклонение кончика бора. Угловая разница, при этом предположительно была заметна из-за дополнительного корневого канала нижнего правого клыка. Были получены следующие значения погрешности в зависимости от подхода ($p < .0001$): «ручная» техника ($9.53 \pm 6.36^\circ$), динамическая ($2.82 \pm 1.8^\circ$) и статическая навигация ($1.12 \pm 0.85^\circ$) [Huth et al., 2024].

Динамическая навигация является новацией для хирургической и нехирургической эндодонтии; это второй компонент цифровой управляемой терапии [Wie et al., 2023; Martinho et al., 2023]. Как отмечает доктор Цзюньци Линг [Видодо, 2024], если статическая управляемая эндодонтия (SGE) использует запланированные при помощи CAD систем и распечатанные на 3D принтере навигационные шаблоны, то динамическая управляемая эндодонтия (DGE) предполагает навигацию в режиме реального времени (ПО Navident™ – ClaroNav, Торонто, Канада), непосредственно в процессе проведения клинических процедур и манипуляций, что позволяет добиться минимальной инвазии и более эффективных результатов апикоэктомии [Gambarini et al., 2019; Versiani, Gambarini, 2022]. В исследованиях отмечается высокий клинический потенциал динамической навигации; например, Бун Сан Чонг и соавт. (2019) отмечают среди прочего снижение риска перфорации корневого канала, а следовательно повышение шансов на сохранение зубов со сложной морфологией. В качестве недостатков указывается необходимость производства большего количества КЛКТ-снимков. В исследовании С. Сукэгава и соавт. приводится опыт интраоперационной навигации,

используемой в нейрохирургии, для удаления сломанного эндодонтического инструмента [Sukegawa et al., 2017].

Динамическая навигация ориентирована на более широкий спектр эндодонтических процедур, включая лечение облитерированных корневых каналов, эндодонтическую хирургию (микрохиргию) [Aldahmash et al., 2022; Tang et al., 2024; Yang et al., 2024]. Система интегрирует визуальный маркер во время проведения КЛКТ и непосредственно операции, то есть необходимость в интраоральном сканировании исключается. Маркер обнаруживается внешней камерой, являющейся точкой отсчета для наложение рентгенологических данных и направляющей (позиционирующей) для сверла в реальном времени согласно плану операции [Block, Emery, 2016; Liebermann et al., 2019; Duré et al., 2021]. К функциональным преимуществам динамической навигации относят возможность осуществления интраоперационных корректировок, которые могут потребоваться, например, ввиду ошибочной интерпретации данных КЛКТ [Block, Emery, 2016]. Без физического навигационного шаблона «зона интереса» становится более видимой, следовательно клиницист может контролировать процесс, например, поддерживать необходимый уровень охлаждения. Также оказывается возможным дополнительная промывка полости, установка системы раббердама и проч. [Torres et al., 2021; Yang et al., 2024]. Вместе с тем, в исследованиях отмечается ряд недостатков [Ribeiro et al., 2022; D et al., 2024], главным среди которых указывается недостаток/отсутствие необходимых ресурсов для обучения операторов навигационных систем (в процессе совмещается манипуляция и контроль данных на дисплее) [Van Asche et al., 2012; Connert et al., 2017; Duré et al., 2021; Bardales-Alcocer et al., 2021]. К.К. Хут и соавт. именно недостаток компетенции указали в качестве причин более значительных отклонений системы при подготовке полости доступа. Контекстуально интерес представляет исследование Ч. Чэнь и соавт., в рамках которого оценивалась функциональность системы динамической, статической навигации и роботизированной технологии для целей эндодонтической

микрохирургии. Отмечается, что все три подхода показали приемлемый уровень точности, однако наименьшую погрешность продемонстрировало именно RA-EMS-решение [Chen et al., 2024]. Проведенное исследование свидетельствует о высоком потенциале современных цифровых решений в области эндодонтии. Однако, существующая глобальная и национальная клиническая картина распространенности периодонтита указывает на необходимость более широкого охвата технологий, развития опытно-экспериментальной практики, накопления дигитально ассоциированного бэкграунда. Требуется постепенное развитие нового научного и доказательного знания о цифровой управляемой эндодонтической терапии, в которых имеется существенный недостаток [La Rosa et al., 2024]. Вместе с тем, учитывая глобальные достижения в дигитализации стоматологической практики, оптимальным решением является последовательная разработка и накопление клинического опыта в решении задач хирургической и нехирургической эндодонтии первично посредством статической навигации. Среди прочего это необходимо для запуска процесса улучшения эндодонтического статуса национального населения, в том числе через упрощение и повышение клинико-экономической эффективности комплексного лечения апикальных/периапикальных патологий. Требуется разработка цифровых протоколов планирования эндодонтического лечения и программ для ведения эндодонтических пациентов, а также для визуализации пациентам результата планируемого лечения, что, таким образом, позволит реализовать, интегрировать современные цифровые технологии в эндодонтическую практику, давая ход следующему поколению дигитальных решений, в том числе динамической эндодонтической навигации.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ информационных источников, приведённых в международных и отечественных научных электронных библиотеках, выявил отсутствие какой-либо информации о конструкционных особенностях навигационных эндодонтических шаблонов для восстановления зуба после эндодонтического лечения. Однако он позволил определиться с конструкционными материалами, программами для моделирования и методами подтверждения клинической эффективности предлагаемого способа восстановления зуба.

В результате нами был предложен дизайн исследования, включающий:

- методологию разработки и производства направляющего эндодонтического навигационного шаблона для восстановления зуба после эндодонтического лечения;
- разработку протокола восстановления разрушенных зубов с использованием разработанной конструкции навигационного эндодонтического шаблона;
- клиническое исследование, включающее основные и дополнительные методики, подтверждающее эффективность предложенной технологии восстановления зуба после эндодонтического лечения у пациентов с использованием разработанной конструкции навигационного эндодонтического шаблона;
- выявление экономических эффектов использования предложенной технологии восстановления разрушенного зуба с применением цифровых стоматологических технологий в сравнении с традиционным методом;
- оценку клинико-экономической эффективности разработанного протокола восстановления разрушенных зубов с использованием разработанной конструкции навигационного эндодонтического шаблона.

Схема предложенного дизайна исследования приведена на Рисунке 1..

Клиническое обоснование эффективности способа восстановления зубов после эндодонтического лечения

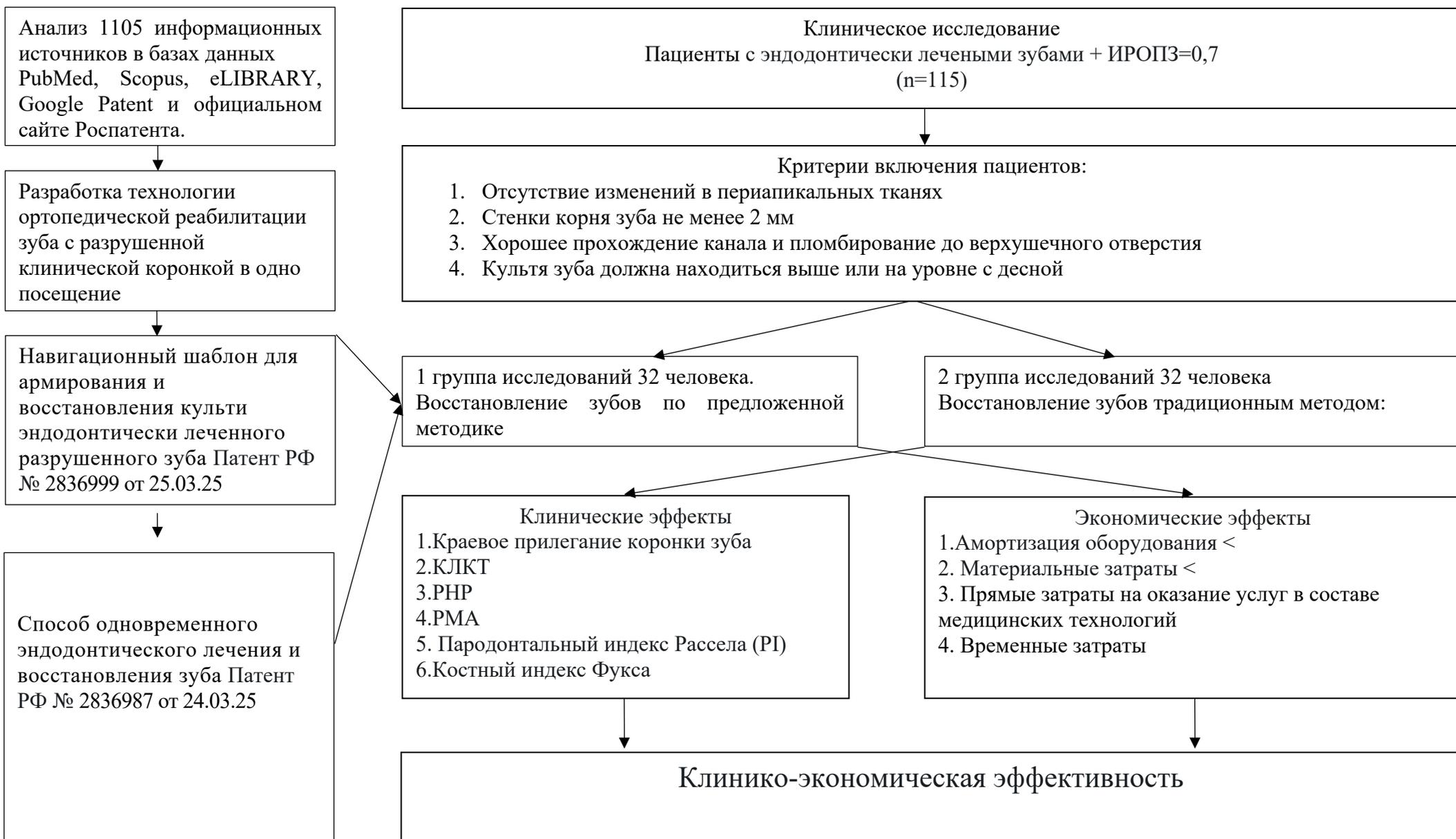


Рисунок 1 – Схема-дизайн диссертационного исследования

2.1. Разработка навигационного шаблона для армирования и восстановления культи эндодонтически леченного разрушенного зуба

Для достижения поставленной в рамках диссертационного исследования цели - повышение эффективности восстановления зуба после эндодонтического лечения путем разработки и подтверждения клинической эффективности навигационных шаблонов. А именно, разработать конструкцию навигационного эндодонтического шаблона с последующим восстановлением культи зуба с помощью стекловолоконных штифтов и композитного материала с фиксацией поверх ее керамической коронкой, изготовленной с помощью компьютерных технологий моделирования и производства.

При разработке конструкции навигационного эндодонтического шаблона, используемого в лечении эндодонтических пациентов, нами был проведен анализ информационных источников. В качестве информационных источников выбраны базы международных и отечественных электронных библиотек, таких как eLIBRARY, Scopus, PubMed в период с 2013 по 2025 гг.

Восстановление сильно разрушенных зубов представляет собой поэтапный процесс, включающий проведение и герметичную obturation корневых каналов, формирование культевой части зуба с применением внутрикорневых штифтов и композитных материалов, а также последующее изготовление и фиксацию ортопедической коронки. Каждый из этих этапов сопряжён с определёнными клиническими трудностями, среди которых — сложность анатомического строения корневых каналов, необходимость надёжной изоляции рабочего поля от влаги, а также обеспечение точности прилегания ортопедических компонентов. Кроме того, данная лечебная стратегия требует многократного посещения стоматологической клиники, что удлиняет общее время реабилитации.

Современные тенденции в стоматологии демонстрируют стремительное внедрение цифровых технологий, охватывающих диагностику, проектирование и производство индивидуализированных медицинских изделий, включая зубные протезы. Такие технологические решения обеспечивают высокоточное, программно контролируемое выполнение всех этапов лечения и изготовления ортопедических конструкций.

В известном уровне техники представлен навигационный шаблон для дентальной имплантации, в конструкцию которого включены направляющие металлические втулки, ограничивающие глубину сверления (патент РФ №2758099 от 26.10.2021). Указанный шаблон изготавливается в виде полимерной каппы посредством трехмерной фотополимерной печати с использованием биосовместимой смолы. В конструкции предусмотрен ирригационный канал, соединяемый с физиодиспенсером через металлический штуцер, что обеспечивает подачу стерильного раствора непосредственно в зону оперативного вмешательства. Ирригационное отверстие совмещается с отверстием для сверления, создавая интегрированную систему охлаждения и аспирации в пределах операционного поля.

Ещё одно техническое решение представляет собой навигационный шаблон, предназначенный для выполнения резекции корня зуба (патент РФ №2756066 от 27.09.2021). Конструкция изготавливается методом аддитивного производства на основе трехмерной модели нижней челюсти пациента, сформированной в результате слияния данных КЛКТ и оптического сканирования. Шаблон плотно прилегает к зубным рядам с оральной стороны на уровне клинических экваторов и доходит с вестибулярной стороны до переходной складки слизистой оболочки. В проекции очага костной деструкции выполнено прямоугольное отверстие, ограниченное стенками толщиной 2 мм с внутренним скосом под углом 75° , а также ретенционными элементами в виде прямоугольных параллелепипедов, обеспечивающих фиксацию шаблона.

Также известна технология навигационного шаблона, применяемого при эндодонтическом вмешательстве. В данной методике используется конусно-лучевая компьютерная томография в комбинации с цифровым 3D-сканированием, на основании которых моделируется шаблон, оснащённый направляющими втулками, ориентированными в проекции апикального выхода корневых каналов. Диаметр втулок подбирается в соответствии с диаметром применяемых боров и разверток. С помощью данной конструкции осуществляется точная обработка ранее облитерированных каналов, механическая и медикаментозная подготовка, а также их obturation гуттаперчевыми штифтами и эпоксидными силерами методом вертикальной конденсации.

Основное ограничение существующих навигационных шаблонов заключается в невозможности их использования на этапе восстановления культи разрушенного зуба.

Целью настоящего изобретения является разработка усовершенствованной конструкции навигационного шаблона, обеспечивающей программно контролируемое армирование внутрикорневого пространства и последующее восстановление коронковой части зуба, ранее подвергшегося эндодонтическому лечению, с немедленным протезированием постоянной несъемной керамической конструкцией в одно посещение.

Технический результат, достигаемый предлагаемым решением, заключается в разработке навигационного шаблона, конструктивные особенности которого позволяют реализовать этапы программируемого препарирования корневого канала и последующего восстановления культи зуба с использованием стекловолоконного штифта и композитного материала. Реализация такого шаблона обеспечивает эффективную изоляцию операционного поля от влаги, включая десневую жидкость и слюну, что делает возможным выполнение препарирования и формирования культи в рамках одного клинического этапа. Это, в свою очередь, повышает качество

адгезивной фиксации и способствует долговечности установленной ортопедической конструкции.

Достижение заявленного технического результата обеспечивается совокупностью следующих конструктивных признаков:

- Шаблон изготавливается методом объемной (3D) печати с применением фотополимерного биосовместимого материала;
- В конструкции предусмотрен направляющий канал, соосно расположенный относительно анатомического положения корневого канала лечимого зуба;
- Диаметр направляющего канала соответствует анатомическим параметрам корневого канала, тогда как его длина ограничивает проникновение препарировующего инструмента на глубину, равную приблизительно двум третям длины корня;
- Геометрия шаблона предусматривает формирование зазора между его внутренней поверхностью и твердыми тканями зуба при позиционировании конструкции на челюсть;
- Внутренняя поверхность шаблона в зоне разрушенного зуба выполнена в форме, соответствующей циркулярному уступу, и обеспечивает плотный контакт с зубными тканями.

Предложенная конструкция навигационного шаблона позволяет клиницисту точно и безопасно выполнить армирование внутрикорневого пространства и сформировать культю на ранее пролеченном эндодонтически зубе. Использование прозрачного фотополимерного материала даёт возможность осуществлять фотополимеризацию композита непосредственно через тело шаблона, обеспечивая полноценное отверждение материала.

Формирование направляющего канала в шаблоне, соосного корневому каналу и имеющего соответствующий ему диаметр, обеспечивает высокоточное препарирование в соответствии с заданной геометрией. Контролируемая толщина шаблона регулирует глубину погружения фрезы, позволяя достичь необходимой длины установки штифта, соответствующей

2/3 длины корня — параметра, критически важного для прочной фиксации последующей ортопедической надстройки.

Конструктивное соответствие внутренней границы шаблона анатомии циркулярного уступа зуба и её плотное прилегание к твёрдым тканям препятствуют проникновению слюны и десневой жидкости в рабочую зону в процессе восстановления культи. Это исключает необходимость применения коффердама и иных травматичных средств изоляции, минимизируя риск повреждения пародонта.

Все описанные особенности конструкции обеспечивают оптимальные условия для эффективной адгезии композитного материала к тканям зуба, способствуя высокой точности посадки и долговечности ортопедической конструкции, которая может быть изготовлена в процессе моделирования и производства шаблона, тем самым способствуя восстановлению разрушенного зуба и его протезированию в одно клиническое посещение.

Изготовление шаблона в соответствии с предложенным способом осуществлялась следующим образом.

Пациенту с разрушенным ранее эндодонтически леченым зубом проводят компьютерную томограмму и внутриротовое сканирование зубных рядов стоматологическим сканером.

В программе для моделирования зубных протезов, например, Exocad, проводят моделирование культи разрушенного зуба и сохраняют данное объемное изображение в системе координат (Рисунок 2).

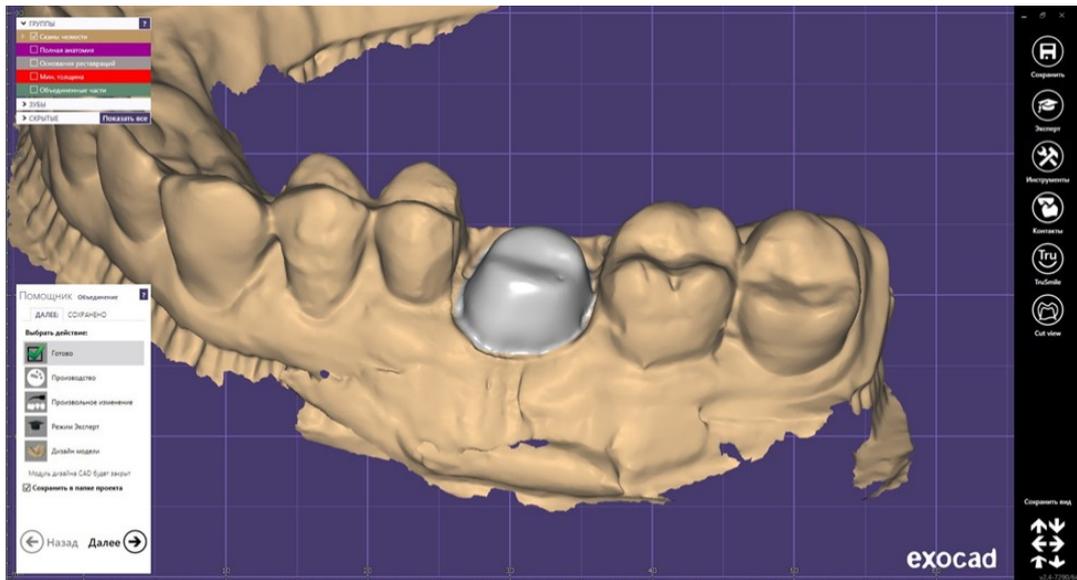


Рисунок 2 – Моделирование культи разрушенного зуба с помощью программы Exocad

В той же программе, поверх виртуальной модели культи зуба, в виртуальном артикуляторе учитывая все движения нижней челюсти и окклюзионные контакты с зубами антагонистами, проводят моделирование искусственной коронки (Рисунок 3).

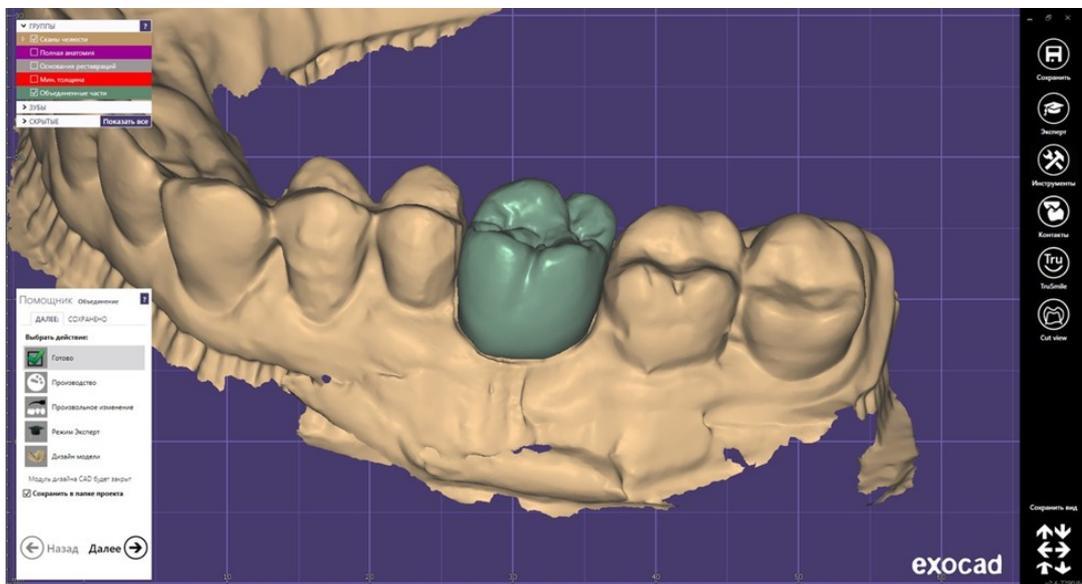


Рисунок 3 – Моделирование искусственной коронки, определение окклюзионных контактов с зубами антагонистами с помощью виртуального артикулятора

Сохраняют виртуальную модель коронки в той же системе координат. Виртуальные модели зубных рядов с разрушенным зубом и восстановленной культи объединяют с цифровыми данными компьютерной томографии

пациента в программе для планирования дентальной имплантации, например, RealGuide (Рисунок 4).

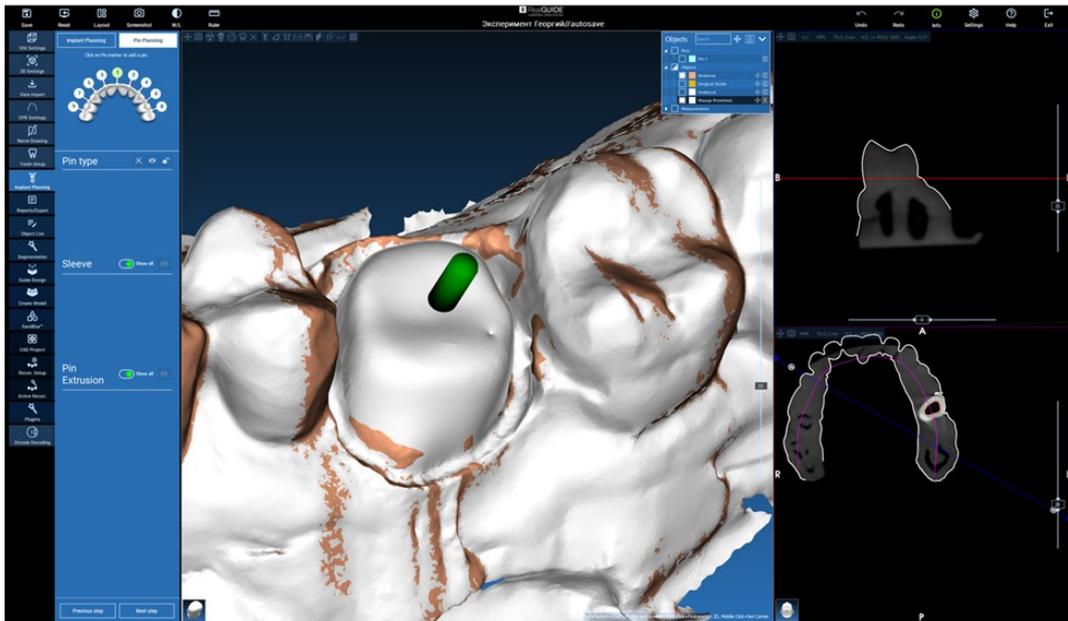


Рисунок 4 – Этап сопоставления цифровых оттисков с изображением компьютерной томографии в программе RealGuide

На модели, полученной при совмещении данных компьютерной томографии и оптических слепков зубных рядов, проводят планирование препарирования корневого канала на заданную длину, соответствующую $2/3$ длины корневого канала (Рисунок 5).

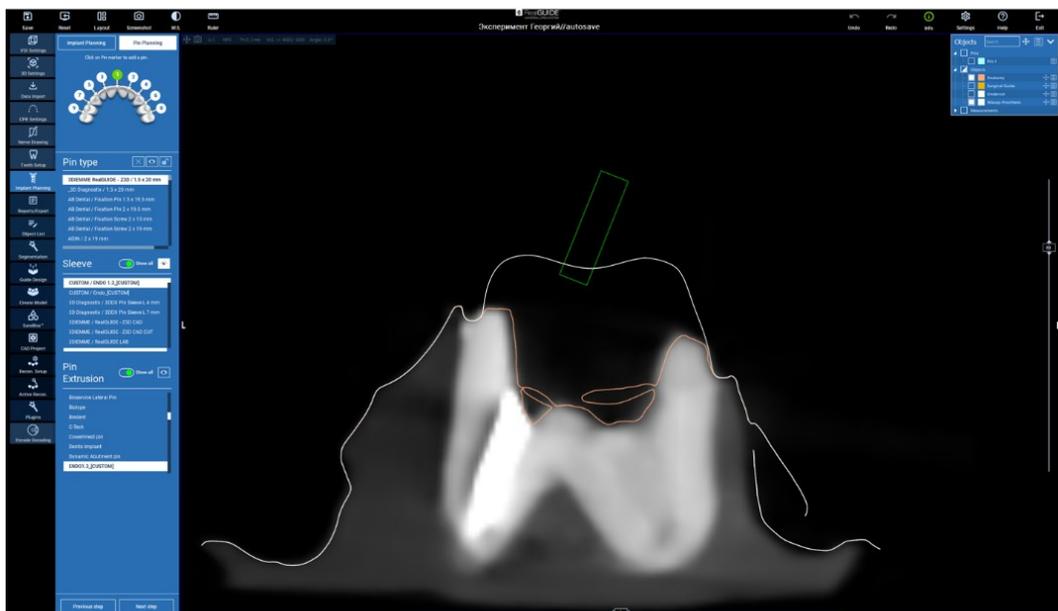


Рисунок 5 – Этап планирования препарирования корневого канала на

заданную длину

Проводят моделирование навигационного шаблона, перекрывающего экваторы рядом стоящих зубов (Рисунок 6).

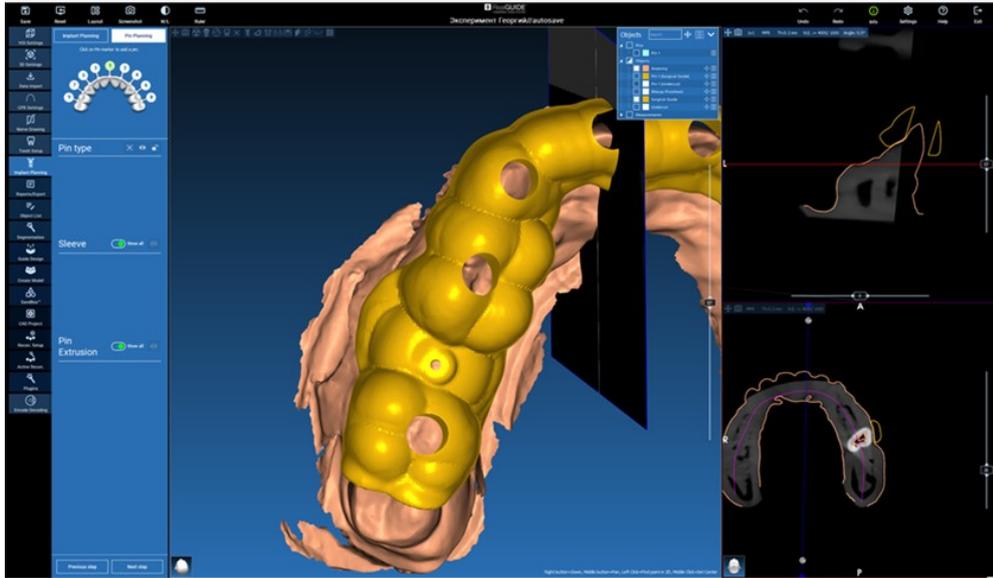
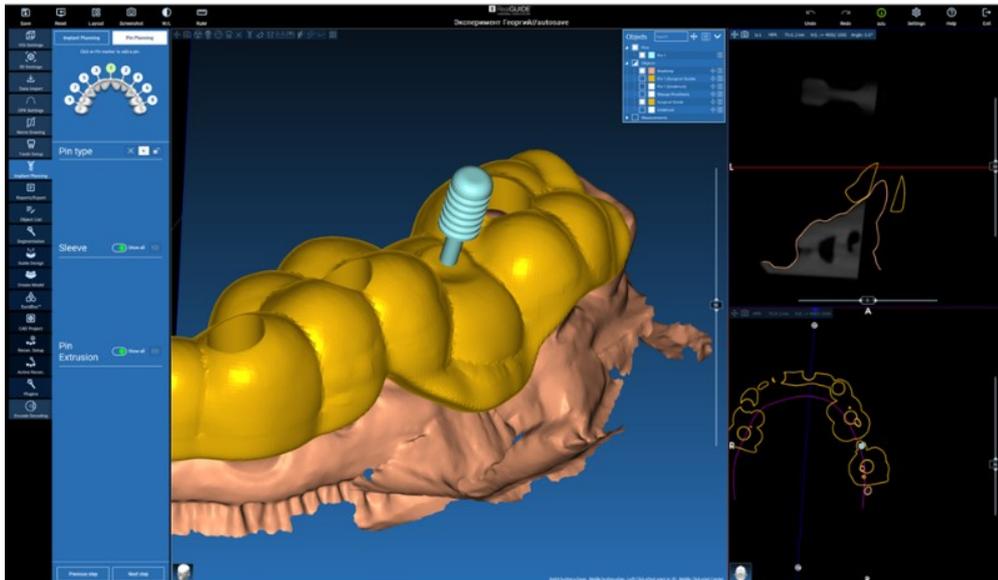


Рисунок 6 – Этап моделирования навигационного шаблона

В указанном шаблоне формируют канал соосное планированию препарирования корневого канала, диаметром равным диаметру канала (Рисунок 7 - А,Б.).



А

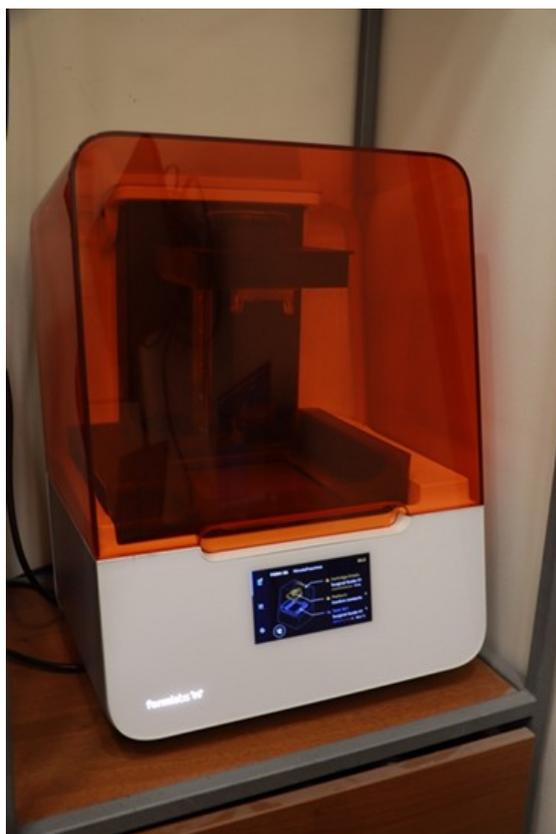


Рисунок 8 – Процесс 3D-печати навигационного шаблона на принтере Formlabs Form 3B

2.2. Материалы и методы клинического исследования

Клиническая часть исследования была реализована на базе профильных учреждений института цифровой стоматологии Медицинского института Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы и центра цифровой стоматологии «МАРТИ». План исследования прошёл предварительное рассмотрение и получил положительное заключение Комитета по биоэтике Медицинского института РУДН (протокол №10 от 09.12.2025). Все участники исследования предоставили письменное информированное согласие на проведение лечебных мероприятий и использование обезличенных данных в научных целях.

2.2.1. Характеристика исследуемых групп, основные клинические методы исследования

В исследовании приняло участие 115 пациентов в возрасте от 23 до 56 лет, которые обратились в стоматологическую клинику с целью ортопедической реабилитации зубов. В соответствии с критериями включения, невключения в исследование было отобрано 64 человека, которые затем случайным образом были распределены на две равные группы по 32 человека, основную и контрольную.

Критерии включения в исследование:

1. Пациенты имеющие ранее эндодонтически леченые зубы со значительной потерей части твердых тканей (более 50%) (K02.9 — Кариес неуточнённый (если причина разрушения не установлена) - МКБ-10);
2. Отсутствие деструктивных изменений в периапикальных тканях по данным рентгенологического обследования;
3. Зубы с сохраненным зубодесневым прикреплением;
4. Пациенты, мотивированные на сохранение зуба;
5. Отсутствие в анамнезе психических расстройств.

Критерии невключения в исследование:

1. Пациенты имеющие ранее эндодонтически леченые зубы со значительной потерей части твердых тканей (менее 50%) (K02.9 — Кариес неуточнённый (если причина разрушения не установлена) - МКБ-10);
2. Наличие деструктивных изменений в периапикальных тканях по данным рентгенологического обследования;
3. Зубы с несохраненным зубодесневым прикреплением;
4. Пациенты, не мотивированные на сохранение зуба;
5. Наличие в анамнезе психических расстройств.

Критерии исключения пациентов из исследования:

1. Отказ пациента от дальнейшего участия в исследовании;

2. Развитие у пациента в процессе лечений осложнений, соответствующих критериям невключения.

Пациентам основной группы лечение проводилось в соответствии с разработанным способом восстановления разрушенных зубов, с применением конструкций навигационных эндодонтических шаблонов, подробно описанным в главе 3.1 настоящего исследования.

Пациентам контрольной группы восстановление зубов осуществлялось по аналоговой традиционной технологии, с последующими этапами временного и постоянного протезирования искусственными коронками из диоксида циркония полной анатомии, описанной в разделе 2.2.3.

На первом этапе формирования клинических групп все пациенты прошли анкетирование, направленное на выявление субъективных ощущений, оценки качества жизни и стоматологического статуса. Далее проводилось комплексное клинико-диагностическое обследование, включающее сбор жалоб, анализ анамнеза жизни и заболевания, общий внешний осмотр, а также расширенное стоматологическое исследование. В рамках последнего проводились: осмотр зубных рядов и слизистой оболочки полости рта при естественном и искусственном освещении, перкуссионная и пальпационная пробы, зондирование кариозных полостей и краевого пародонта, проведение витальности зубов с помощью термодиагностики и электрической пробной стимуляции. Также использовались окклюзионные тесты и функциональная проба на жевательную нагрузку.

Для оценки степени разрушения коронковой части зуба, а также состояния пародонта и зубодесневого прикрепления у стоматологических пациентов применялся комплекс пародонтологических диагностических методик.

Обследование включало следующие этапы:

1. *Визуальный осмотр и зондирование десневого края.*

Проводилось определение наличия воспаления, рецессий, гиперплазии или травматических изменений в области прикрепленной десны. С помощью пародонтального зонда (например, по Вильямсу или UNC-15) осуществлялась оценка глубины зубодесневых карманов и топографии разрушения твердых тканей.

2. *Определение индекса кровоточивости (SBI, Papillary Bleeding Index).*

Позволяло оценить степень воспалительной реакции тканей пародонта на зондирование и выявить скрытые участки воспаления, влияющие на целостность прикрепления.

3. *Измерение глубины пародонтальных карманов.*

С помощью градуированного зонда определялась глубина кармана в шести точках на каждом зубе (мезиально, центрально и дистально — вестибулярно и орально). Это позволяло установить, выходит ли предполагаемая граница реставрации за пределы клинического прикрепления.

4. *Определение уровня прикрепления (Clinical Attachment Level, CAL).*

Измерялось расстояние от эмалево-цементной границы до дна кармана, что позволило объективно оценить утрату прикрепления, особенно в зонах десневой рецессии или вертикальных дефектов.

5. *Оценка подвижности зубов (по Миллеру)*

Определялась степень подвижности зубов в горизонтальной и вертикальной плоскостях, что отражало стабильность зуба и его пригодность для восстановления.

6. *Тест на зондируемость основания разрушения коронки*

Проводился с целью определения, достигает ли разрушение поддесневой области и находится ли край разрушения в пределах биологической ширины. Данный тест был основополагающим в принятии решения о возможности восстановления зуба без нарушения целостности пародонта.

Все данные фиксировались в индивидуальных клинических картах пациента.

2.2.2. Дополнительные клинические методы исследования

С целью подтверждения клинической эффективности разработанного способа одновременного эндодонтического лечения и восстановления зуба, на этапах наблюдения проводились дополнительные методы исследования. Все исследования проводились до лечения и на сроках через 14 суток, 3, 6 и 12 месяцев.

2.2.2.1 Метод оценки гигиенического состояния рта

Оценка эффективности индивидуальной гигиены полости рта у пациентов исследуемых групп проводилась с помощью гигиенического индекса РНР (Patient Hygiene Performance Index), предложенного Podshadley и Haley в 1968 году и используемого преимущественно для контроля за качеством удаления мягкого зубного налета на вестибулярных поверхностях зубов.

Для оценки применялся раствор эритрозина, который наносился на зубные поверхности для визуализации участков, покрытых зубным налетом. После полоскания рта проводился осмотр пяти индикаторных зубов: 16 (верхний правый первый моляр), 11 (верхний правый центральный резец), 26 (верхний левый первый моляр), 36 (нижний левый первый моляр), 46 (нижний правый первый моляр). Если один из этих зубов отсутствовал, исследовался ближайший по порядку. Оценивались только вестибулярные поверхности указанных зубов.

Каждая вестибулярная поверхность условно делилась на пять участков: мезиальный пришеечный, центральный пришеечный, дистальный пришеечный, центральный средний, центральный режущий/жевательный.

Каждый окрашенный участок считался за 1 балл. Максимально возможно набрать 5 баллов на одном зубе. Таким образом, максимально возможная сумма по пяти зубам составляло 25 баллов. Расчет индекса осуществляли по формуле:

$$RHR = \frac{\text{Сумма баллов налета на всех зубах}}{\text{Число обследованных зубов}}$$

удовлетворительную гигиену, фиксировались в диапазоне от 0 до 1,7.

Значения от 1,8 до 3,4 соответствовали среднему уровню гигиены, неудовлетворительная гигиена рта определялась при значениях индекса от 3,5 до 5,0.

Индекс RHR позволял объективно оценить качество гигиенических навыков пациентов клинических групп, определить зоны с наибольшим накоплением налета и дать индивидуальные рекомендации по улучшению ухода за полостью рта.

После оценки состояния гигиены полости рта с помощью индекса RHR, следующим этапом клинико-пародонтологического обследования являлось определение степени поражения тканей пародонта.

2.2.2.2 Метод оценки состояния пародонта

Одним из классических и широко применяемых показателей в научной и клинической практике является пародонтальный индекс Рассела (Periodontal Index — PI), предложенный Russell в 1956 году. Он позволял провести комплексную оценку тяжести и распространённости воспалительно-деструктивных изменений пародонта, охватывая как гингивит, так и пародонтит.

Индекс предназначен для скрининга и эпидемиологических исследований, а также для сравнительного анализа состояния пародонта до и после лечения. В отличие от более локализованных методик, PI оценивает весь зуб как единицу наблюдения, а не отдельные участки.

Оценке подлежали все зубы в полости рта (или по выборке, согласно исследовательскому протоколу), за исключением третьих моляров. Осмотр проводилось с использованием пародонтального зонда и зеркала. PI рассчитывалось по формуле:

$$PI = \frac{\text{Сумма баллов по всем исследованным поверхностям}}{\text{Количество исследованных поверхностей}}$$

Каждому зубу присваивался балл на основе выраженности воспалительных и деструктивных изменений:

- 0 баллов — Здоровый пародонт, отсутствуют признаки воспаления или разрушения тканей.
- 1 балл — Легкое воспаление десны, проявляющееся при зондировании, без увеличения зубодесневого кармана.
- 2 балла — Умеренное воспаление десны, отечность, покраснение, возможно спонтанное кровотечение, но без признаков разрушения периодонта.
- 6 баллов — Пародонтит с наличием пародонтального кармана, начальные признаки деструкции периодонтальных тканей.
- 8 баллов — Тяжелый пародонтит, выраженное разрушение периодонта, подвижность зуба, возможна миграция.

Пародонтальный индекс Рассела позволял дать обобщённую количественную характеристику состояния пародонта у пациента или группы лиц. Несмотря на то, что он не отражает всех нюансов морфологической картины (например, степень потери прикрепления), PI остаётся удобным и информативным инструментом для массовых обследований и динамической оценки эффективности пародонтологического лечения.

2.2.2.3 Метод оценки состояния костной ткани

После оценки состояния мягких тканей пародонта с помощью индекса Рассела и других клинико-визуальных методов, следующим этапом комплексного пародонтологического обследования являлось рентгенологическая диагностика с целью количественной оценки степени резорбции альвеолярной кости с помощью индекса Фукса.

Для расчета костного индекса Фукса производилось рентгенологическое измерение отношения текущей высоты межальвеолярной перегородки к физиологической (нормальной) высоте кости. Измерения выполнялось на межкорневых перегородках всех доступных зубов. Оценивался максимальный уровень резорбции кости в процентах по отношению к анатомической длине корня. Расчет костного индекса Фукса осуществлялся по следующей формуле:

$$\text{Индекс Фукса} = \frac{\text{Сумма баллов на исследованных участках}}{\text{Число исследованных участков}}$$

Каждому зубу (или межзубному участку) присваивался балл в зависимости от выраженности костной резорбции:

- 0 баллов — Костная ткань интактна, уровень межальвеолярной кости соответствует норме (не менее 1–2 мм от цементно-эмалевого соединения).
- 1 балл — Начальная резорбция: потеря до 1/3 высоты межальвеолярной кости.
- 2 балла — Умеренная резорбция: потеря 1/3–2/3 высоты межальвеолярной кости.
- 3 балла — Тяжёлая резорбция: потеря более 2/3 высоты альвеолярной кости.

Костный индекс Фукса позволял не только зафиксировать факт наличия деструкции кости, но и количественно оценить её выраженность, что имеет важное значение для постановки диагноза, определения стадии пародонтита, выбора метода лечения (консервативного или хирургического) и оценки прогноза. В сочетании с индексами мягкотканевой оценки (PI Рассела, CAL, CRITN) индекс Фукса сформировал цельную клинко-рентгенологическую картину состояния пародонта.

2.2.2.4 Метод оценки краевого прилегания ортопедических конструкций

Нарушение краевого прилегания ортопедических конструкций представляет собой клинически значимую проблему, способствующую маргинальной микроподтеканию, затруднению гигиенического ухода и

развитию воспалительных процессов в области тканей прикрепления. Контроль точности краевого прилегания является важнейшим этапом диагностики, определяющим надёжность фиксации, долговечность ортопедической реставрации, а также профилактику вторичного кариеса и воспалительных заболеваний пародонта.

Оценка точности прилегания ортопедических конструкций проводилась с применением программного обеспечения для цифрового моделирования стоматологических реставраций *exocad*. В день фиксации искусственной коронки, а также в последующие сроки клинического наблюдения, осуществлялось сканирование зубных рядов пациента. Перед сканированием выполнялась ретракция десны с использованием ретракционной нити, не содержащей вазоконстрикторов, с целью оптимального визуального выделения границ уступа.

Обработка полученных данных включала сегментацию краевых линий с помощью инструментов повышения резкости изображения. Абсолютный краевой зазор определялся как расстояние (в микронах) между линией окончания препарирования (краем уступа) и соответствующим краем искусственной коронки. Измерения проводились в трёх равноудалённых точках вестибулярной и оральной поверхности, после чего рассчитывалось среднее значение по шести точкам.

Для интерпретации результатов использовалась следующая шкала:

- 0–19 мкм — высокоточное (отличное) краевое прилегание, не требующее клинической коррекции;
- 20–39 мкм — хорошее прилегание, соответствующее стандартам качества;
- 40–79 мкм — удовлетворительное прилегание, допустимое в условиях нормальной гигиены;
- 80–119 мкм — функционально приемлемое, но требующее контроля;
- ≥ 120 мкм — предельное значение, при превышении которого повышается риск биомеханических и микробиологических осложнений.

Применение цифрового метода измерения позволяет объективизировать процесс оценки посадки реставраций и обеспечить воспроизводимость полученных результатов, способствуя повышению качества ортопедического лечения.

2.2.2.5 Рентгенологические методы исследования

Рентгенологические исследования в рамках настоящего исследования проводились на этапе формирования клинических групп, а также в ходе последующих этапов динамического наблюдения, с целью комплексной оценки состояния периапикальных тканей, качества эндодонтического лечения и параметров фиксации ортопедических конструкций.

Основными задачами лучевой диагностики являлись: выявление признаков периапикальных воспалительных или деструктивных изменений, контроль адекватности обработки и пломбирования корневых каналов, визуализация положения армирующих штифтов, а также анализ точности краевого прилегания несъёмных ортопедических конструкций.

В качестве диагностических методов использовались ортопантомография, прицельные цифровые радиовизиографические снимки и конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ). Исследования выполнялись с использованием томографической системы Vatech PaX-i 3D (Vatech, Республика Корея), обладающей высокой пространственной разрешающей способностью и низким уровнем лучевой нагрузки. Эффективная доза облучения при проведении КЛКТ составляла 30 мкЗв, что соответствует современным требованиям радиационной безопасности и позволяет осуществлять точную диагностику при минимальном риске для пациента.

Применение комплексного рентгенологического мониторинга обеспечивало объективную оценку клинической динамики и способствовало повышению достоверности полученных результатов.

2.2.3. Клинический протокол ортопедической реабилитации пациентов контрольной группы

В данном разделе рассматриваются особенности восстановления зубов у пациентов контрольной группы с применением традиционной, аналоговой технологии.

Клинический этап 1.

На первом этапе проводится стоматологическое обследование, включающее опрос, осмотр, определение гигиенических и пародонтальных индексов, рентгенологическое и инструментальное обследование, основной задачей которых, является определение целесообразности восстановления зуба с разрушенной клинической коронкой. При принятии решения о восстановлении зуба получают физические оттиски и регистраторы прикуса для изготовления временной коронки (Рисунок 9).



Рисунок 9 – Получение оттиска верхнего зубного ряда

Лабораторный этап 1.

На первом лабораторном этапе, по полученным оттискам пациента отливают модели, гипсуют в артикулятор и переводят в цифровую модель лабораторным сканером. В программе для моделирования стоматологических конструкций проводят моделирование разрушенного зуба выверяя при этом окклюзионные контакты при артикуляционных движениях. Получают

физические модели челюстей методом объемной печати, изготавливают силиконовый ключ и передают в клинику для изготовления временной коронки пациенту непосредственно после восстановления зуба прямым методом (Рисунок 10).

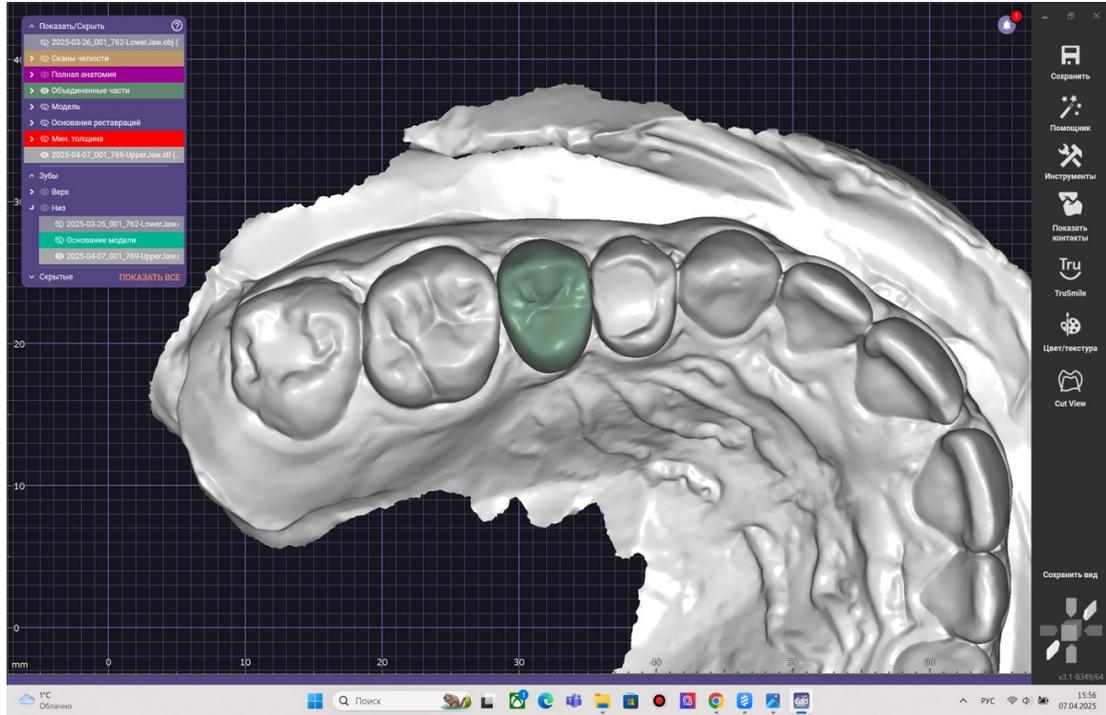


Рисунок 10 – Моделирование прототипа временной коронки в программе Exocad

Клинический этап 2.

На втором клинической этапе проводят некротомию, механическую и медикаментозную обработку полости зуба, препарирование корневого канала на $\frac{2}{3}$ длины корня (Рисунок 11).

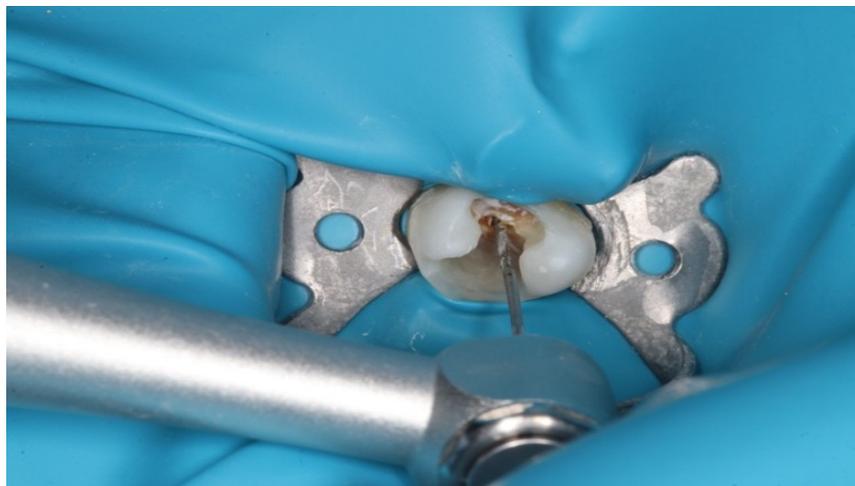


Рисунок 11 – Этап препарирования корневого канала с целью

создания ложа для стекловолоконного штифта

Проводят фиксацию стекловолоконного штифта по адгезивному протоколу используя композитный цемент двойного отверждения (Рисунок 12).



Рисунок 12 – Фиксация стекловолоконного штифта в корневой канал

После чего проводится восстановление культи разрушенного зуба с применением послойной методики внесения композитного материала, что обеспечивает формирование ретенционных и опорных структур, необходимых для последующего ортопедического этапа. Моделирование осуществляется с учётом анатомии зуба, прилегающих тканей и ожидаемой нагрузки, благодаря чему достигается оптимальная адаптация восстановленной культи к условиям полости рта (Рисунок 13).



Рисунок 13 – Клинический этап восстановления культи разрушенного зуба с использованием послойной методики композитной реконструкции

Финальная доработка и полировка конструкции направлены на достижение высокой точности краевого прилегания и исключение микроподтекания, что критически важно для герметичности и долговечности (Рисунок 14).



Рисунок 14 – Финишная обработка восстановленного зуба

Препарирование зуба выполняется с использованием силиконового ключа для точного контроля редукции тканей. Формируют анатомическую конусность и равномерный циркулярный уступ с плавным переходом для оптимального краевого прилегания конструкции. Завершающая обработка проводится мелкозернистыми алмазными инструментами для устранения микродефектов и подготовки тканей. Для точной регистрации линии препарирования применяется двухнитевой ретракционный метод, обеспечивающий смещение десневого края и чёткую визуализацию уступа при снятии оттиска (Рисунок 15).



Рисунок 15 – Ретракция десны препарированного зуба для получения силиконового оттиска

Получение рабочих оттисков выполняется с применением двухэтапной техники с использованием А-силиконового материала, что обеспечит высокую точность воспроизведения краевой линии препарирования. Дополнительно предусматривается получение оттисков зубов-антагонистов и регистрация прикуса в центральной окклюзии с применением силиконового материала (Рисунок 16).

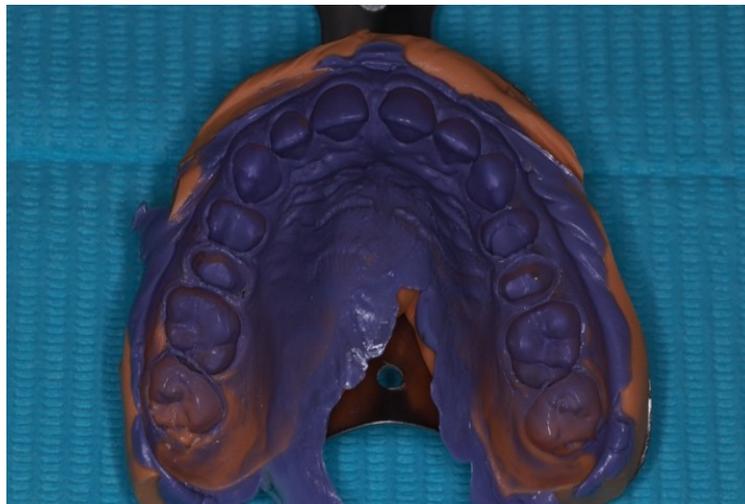


Рисунок 16 – Оценка качества оттиска: контроль границ препарирования и дефектов поверхности

Следующим этапом, изготавливают временную коронку прямым методом через ранее подготовленный в зуботехнической лаборатории силиконовый оттиск. В качестве материала используется бисакриловый

композит, обеспечивающий точную репродукцию анатомической формы и окклюзионных контактов. Композиционный материал вносится в силиконовый ключ и вводится в полость рта до завершения полимеризации (Рисунок 17).



Рисунок 17 – Этап изготовления временной коронки прямым методом через силиконовый ключ

После извлечения конструкцию дорабатывают вне полости рта с использованием твердосплавных боров и полировочных систем (Рисунок 18).



А

Б



В

Рисунок 18 – Обработка временной коронки перед фиксацией в полости рта: А -механическая обработка коронки; Б – полировка коронки; В- полировка поверхности искусственной коронки

Фиксация временной коронки проводится на временный цемент с обязательным контролем окклюзии при помощи артикуляционной бумаги и последующей коррекцией при наличии преждевременных контактов (Рисунок 19).

**А****Б**

Рисунок 19 – Этапы фиксации временной коронки: А – внесение цемента;
Б – фиксация на зубе

Лабораторный этап 2.

Рабочие модели из супергипса IV класса изготавливаются с применением съёмных штампов и фиксируются в артикуляторе с учётом прикусного регистра. Фрезерование из диоксида циркония с последующим нанесением облицовочной керамики и промежуточными обжигами завершается глазуровкой и полировкой. Коронка устанавливается на модель для оценки посадки и окклюзионных контактов (Рисунок 20).



Рисунок 20 – Керамическая коронка из диоксида циркония припасована на модели зубных рядов пациента

Клинический этап 3.

После удаления временной конструкции проводят очистку культи ультразвуковым скейлером и пастой. Внутреннюю поверхность коронки обрабатывают пескоструйно, очищают ультразвуком и покрывают праймером. Культю дезинфицируют, промывают и сушат. Фиксацию выполняют самоадгезивным цементом с полимеризацией. После удаления излишков контролируют окклюзию и корректируют при необходимости (Рисунок 21).



А



Б

Рисунок 21 –Фиксированная коронка в полости рта на постоянный цемент:
А – окклюзионная проекция; Б – боковая проекция

2.3. Материал и методы оценки клинико-экономической эффективности

В условиях трансформации стоматологической помощи в сторону персонализированных и высокотехнологичных подходов особую значимость приобретает клинико-экономическое обоснование новых лечебных технологий. Актуальность оценки экономической эффективности обусловлена необходимостью не только клинической результативности, но и рационального использования ресурсов в практике здравоохранения. Разработка навигационного эндодонтического шаблона для восстановления зубов после эндодонтического лечения предполагает внедрение цифровых стоматологических протоколов, что требует оценки их применимости с позиций как клинической, так и экономической целесообразности.

Современные подходы к организации стоматологической помощи требуют не только клинической обоснованности новых технологий, но и доказанной их экономической эффективности. В связи с этим, особую значимость приобретает комплексная оценка клинико-экономической эффективности, отражающая соотношение затраченных ресурсов и достигнутых медицинских результатов. В широком смысле клинико-экономическая эффективность формируется из двух взаимосвязанных компонентов: клинического эффекта (улучшение состояния пациента, снижение осложнений, повышение качества жизни и др.) и экономического эффекта (снижение затрат, повышение рентабельности, рационализация времени и ресурсов). Соответственно, оценка данной эффективности должна быть пошаговой и системной.

На первом этапе анализа проводится отдельная оценка клинических и экономических эффектов, обусловленных применением новой технологии. Только после получения объективных данных по этим направлениям становится возможным последующее интегральное сравнение с

традиционным методом, основанное на принципах фармакоэкономики и оценки медицинских технологий.

2.3.1. Клинические эффекты при использовании технологии цифровых навигационных шаблонов

В контексте проведённого исследования клиническая эффективность интерпретировалась как интегральный показатель, включающий совокупность как объективных параметров, так и субъективных характеристик, отражающих качество и устойчивость терапевтического результата. К числу клинически значимых критериев были отнесены: точность и стабильность позиционирования анкерных компонентов реставрационной конструкции, частота возникновения послеоперационных осложнений, сроки восстановления полной функциональной активности зубочелюстной системы, необходимость в дополнительных лечебных вмешательствах, а также степень удовлетворённости пациента полученным результатом.

Для оценки клинических эффектов технологии применения индивидуализированных цифровых навигационных шаблонов и их ближайшего функционального аналога (традиционного метода восстановления) в рамках данного исследования были выделены следующие валидированные показатели, подробно представленные в подразделе 2.2.2:

- Индекс эффективности гигиены полости рта (РНР), характеризующий уровень самостоятельного ухода пациента и важный с точки зрения профилактики осложнений;
- Пародонтологический индекс Рассела, отражающий общее воспалительное состояние тканей пародонта в процессе динамического наблюдения;
- Костный индекс Фукса, позволяющий оценить степень резорбции и изменения костной ткани в зоне анкерной стабилизации;

- Показатель краевого прилегания коронки, определяемый через 12 месяцев после лечения как критерий долговременной герметичности и точности адаптации ортопедической конструкции.

Каждый из перечисленных параметров имеет доказанное клиническое значение и может быть количественно выражен. Их значения будут рассчитываться на основании первичных эмпирических данных, полученных в ходе проспективного наблюдения, с использованием унифицированных шкал и нормативов оценки. Это позволит объективизировать степень клинической эффективности применяемой методики и провести прямое сопоставление с альтернативными подходами.

В дальнейшем результаты анализа этих показателей будут использованы при формировании обобщённой оценки клинической составляющей в рамках комплексного анализа клинико-экономической эффективности исследуемой технологии.

2.3.2. Затраты для получения клинических эффектов при использовании технологии цифровых навигационных шаблонов

В рамках настоящего исследования оценка клинико-экономической эффективности предполагает количественное определение прямых затрат, необходимых для достижения заявленных клинических эффектов, в том числе по сравнению с традиционной методикой лечения. Под прямыми понимаются все затраты, непосредственно связанные с оказанием медицинских услуг в рамках применяемого протокола лечения.

Для стандартизации и сопоставимости расчётов применена методика, предложенная проф. С.В. Апресяном, проф. А.Г. Степановым и проф. М.Н. Забаевой [Апресян С.В., Забаева М.Н., Степанов А.Г., 2021], адаптированная под цифровые технологии стоматологического лечения.

В рамках данной методики расчёт прямых затрат (Z), приходящихся на реализацию стоматологической технологии в пределах фиксированного клинического цикла, осуществляется по формуле (1):

$$Z = Z_{зп} + Z_{сф} + Z_{Ao} + Z_{м} + Z_{пр}, \text{ рублей} \quad (1)$$

где:

- $Z_{зп}$ — расходы на оплату труда медицинского персонала,
- $Z_{сф}$ — обязательные отчисления в Социальный фонд РФ,
- Z_{Ao} — амортизационные отчисления,
- $Z_{м}$ — материальные затраты
- $Z_{пр}$ — прочие прямые издержки.

Расчёт прямых затрат

1. Оплата труда медицинского персонала ($Z_{зп}$):

Измеряется в рублях и определяется исходя из фонда рабочего времени и заработной платы сотрудников различных квалификационных категорий, по формуле (2):

$$Z_{зп} = \sum_{i=1}^n \frac{OK_{МПi}}{ФРВ_{МПi}} \cdot Ч_{МПi} \cdot t_i \quad (2)$$

где:

- $OK_{МПi}$ — месячный оклад i -й категории медицинского персонала,
- $ФРВ_{МПi}$ — фонд рабочего времени (в минутах),
- $Ч_{МПi}$ — численность специалистов i -ой категории медицинского персонала,
- t_i — продолжительность медицинского цикла (в минутах),
- n — количество категорий медицинского персонала.

2. Отчисления в Социальный фонд ($Z_{сф}$):

Рассчитываются по формуле (3) как процент от суммы оплаты труда медицинского персонала:

$$Z_{сф} = Z_{зп} \left(\frac{C_{сф}}{100} \right) \quad (3)$$

где $C_{сф}$ — ставка отчислений в Социальный фонд РФ, %.

3. Амортизация медицинского оборудования (Z_{Ao}):

Учитывается износ задействованного медицинского оборудования и технологий по формуле (4):

$$З_{А_0} = \sum_{i=1}^n \frac{ПС_{ОКi}}{СС_{ОКi}} \cdot Ч_{ОКi} \cdot t_i \quad (4)$$

- $ПС_{ОКi}$ — первоначальная (восстановительная, остаточная) стоимость оборудования,
- $СС_{ОКi}$ — срок службы (в минутах),
- $Ч_{ОКi}$ — число единиц оборудования,
- t_i — продолжительность медицинского цикла.

4. Материальные затраты ($З_M$):

Включают CAD/CAM-блоки, фрезы, 3D-принтер, фотополимер для печати, анкерные системы и иные расходные материалы, в том числе медикаменты, рассчитываются по формуле (5):

$$З_M = \sum_{i=1}^n \frac{C_{Mi}}{Q_{Mi}} \cdot Ч_{Mi} \quad (5)$$

где:

- C_{Mi} — стоимость материала,
- Q_{Mi} — кратность использования,
- $Ч_{Mi}$ — количество используемых единиц.

5. Прочие затраты ($З_{пр}$):

Отражают:

- стоимость внешних, в том числе цифровых, услуг (проектирование в специализированных лабораториях, 3D-сканирование, аутсорсинг CAD-моделирования и т.п.);

- стоимость полиса страхования профессиональной (гражданской) ответственности медицинского работника. Для расчета стоимости полиса в настоящем исследовании за основу приняты следующие среднерыночные параметры: лимит ответственности (страховая сумма) – два млн рублей, срок действия – один год, франшиза – 0, программное покрытие – компенсация морального вреда, расходы на оплату услуг адвокатов (гражданский, уголовный процесс), возмещение вреда, причиненного жизни и здоровью

пациентов, расходы на независимую экспертизу, возмещение вреда, причиненного в результате недостатков и/или дефектов медицинского оборудования, возврат стоимости медицинских услуг, регрессное взыскание работодателя, расходы страховой компании по ОМС, расходы родственников пациентов.

Применяемый метод расчёта компонентов прямых затрат основывается на ином принципе, отличном от распространённой практики, использующей условные единицы трудозатрат (УЕТ). В рамках настоящего подхода предполагается поэтапное распределение прямых затрат, приходящихся на единицу медицинской услуги, включённой в состав стоматологической технологии, с учётом временных затрат, соответствующих её реализации.

Для обеспечения полной охватности анализа и исключения искажения итоговых расчётов, в итоговый показатель затрат (З) включаются все группы прямых затрат без исключения. Это позволяет не только определить удельное значение каждой статьи затрат в общей совокупности, но и выявить изменения в структуре затрат при переходе от традиционного протокола лечения к цифровому, определить резервы экономии либо зоны перерасхода, а также обеспечить необходимую точность и верифицируемость анализа.

Полученные на этом этапе данные будут использованы при формировании интегрального показателя клинико-экономической эффективности, отражающего как качество достигнутых клинических исходов, так и экономическую обоснованность применения исследуемой технологии.

2.3.3. Метод оценки клинико-экономической эффективности стоматологической технологии

Настоящий раздел направлен на разработку и обоснование инструментария для количественной оценки как статической, так и сравнительной клинико-экономической эффективности применения цифровых навигационных шаблонов в стоматологии. Основу анализа

составляет сопоставление достигнутых клинических исходов с ресурсными затратами, необходимыми для их получения, что позволяет установить рациональность использования той или иной технологии в амбулаторной практике.

В целях объективного сравнения исследуемых подходов были использованы унифицированные протоколы медицинских вмешательств, систематизированные в таблицах 1 и 2. Данные протоколы основаны на модели, предложенной профессорами С.В. Апресяном, А.Г. Степановым и М.Н. Забаевой [Апресян С.В., Забаева М.Н., Степанов А.Г. Технология цифрового планирования стоматологического лечения: стандартизация и клиничко-экономическая эффективность. – М.: ООО "Новик", 2021. – 168 с.].

Таблица 1 иллюстрирует последовательность процедур и временные затраты при реализации протокола с применением цифрового эндодонтического шаблона, включающего сканирование, компьютерную томографию, 3D-печать, CAD/CAM-моделирование и фиксацию реставраций. Общая длительность вмешательства составила 295 минут.

Таблица 1 – Протокол медицинского вмешательства по технологии цифровых навигационных шаблонов

Номенклатура медицинских услуг				Манипуляции	
Раздел	тип	класс	Вид/подвид	Вид	t, мин
Клинический этап 1					
Комплекс медицинских вмешательств (В)	01 – врачебная лечебно-диагностическая	066 - стоматология ортопедическая	1 В01.066.001 Прием врача стоматолога-ортопеда первичный	Осмотр полости рта	10
Определённый вид медицинского вмешательства	02-функциональное обследование ...	066 - стоматология ортопедическая	2 А01.07.001 Сбор анамнеза и жалоб при патологии полости рта	Сбор анамнеза	10
			3 А02.07.001 Осмотр полости	Сканирование зубных рядов	10

льства (А)			рта с помощью дополнительных инструментов		
			4 А02.07.001 Осмотр полости рта с помощью дополнительных инструментов	Дентальная фотография	15
	06-рентгенологические исследования	066 - стоматология ортопедическая	5 А06.07.013 Компьютерная томография челюстно-лицевой области	Компьютерная томография	10
Лабораторный этап 1					
Определённый вид медицинского вмешательства (А)	02-функциональное обследование ...	066 - стоматология ортопедическая	6 А02.07.010.014 Моделирование и печать челюсти	Моделирование и печать челюсти с изготовлением эндодонтического навигационного шаблона с помощью 3D принтера	120
			7 А23.07.002 Услуги по изготовлению ортопедических конструкций	Изготовление керамической коронки технологией CAD/CAM	60
Клинический этап 2					
Определённый вид медицинского вмешательства (А)	02-функциональное обследование ...	066 - стоматология ортопедическая	8 А16.07.093 Фиксация внутриканального штифта / вкладки	Фиксация стекловолоконного штифта	30
			9 А16.07.031.002 Восстановление зуба композитом с использованием стекловолоконных штифтов	Восстановление культи зуба с помощью композитного материала и стекловолоконного штифта	10
			10 А16.07.049.001 Фиксация коронки	Фиксация керамической коронки	20
				Итого	295

Таблица 2 демонстрирует традиционный алгоритм восстановления разрушенного зуба без использования цифровых шаблонов. Здесь преобладают физические оттиски, лабораторные этапы на гипсовых моделях и слоистое нанесение керамики. Продолжительность всего процесса достигала 675 минут, что отражает более высокий уровень временных и трудовых затрат.

Таблица 2 – Протокол медицинского вмешательства без технологии цифровых навигационных шаблонов

Номенклатура медицинских услуг				Манипуляции			
Раздел	тип	класс	Вид/подвид	вид	t, мин ут		
Клинический этап 1							
Комплексы медицинских вмешательств (В)	01 – врачебная лечебно-диагностическая	066 - стоматология ортопедическая	1 В01.066.001	Осмотр полости рта	10		
			Прием врача стоматолога-ортопеда первичный				
			2 А01.07.001			Сбор анамнеза	10
			Сбор анамнеза и жалоб при патологии полости рта				
			3 А02.07.001				
			Осмотр полости рта с помощью дополнительных инструментов				
4 А02.07.006	Определение центральной окклюзии	15					
Определение прикуса							
Определенный вид медицинского вмешательства (А)	06-рентгенологические исследования ...	066 - стоматология ортопедическая	5 А06.07.013	Компьютерная томография	10		
			Компьютерная томография челюстно-лицевой области				
			6 А02.07.010.001	Получение оттисков для изготовления	10		
			Снятие оттиска с одной челюсти				

				гипсовой модели верхней челюсти	
			7 A02.07.010.001 Снятие оттиска с одной челюсти	Получение оттисков для изготовления гипсовой модели нижней челюсти	10
Лабораторный этап 1					
Опреде лённый вид медици нского вмешат ельства (А)	02- функцио нальное обследо вание ...	066 - стомато логия ортопед ическая	8 A23.07.002.052 Изготовление контрольной модели с оформлением цоколя	Отливка гипсовой модели верхней и нижней челюсти, гипсовка в артикулятор	40
			9 A23.07.002.027.0 52 Сканирование моделей верхней и нижней челюсти лабораторным сканером	Сканирование моделей челюсти	10
			10 A02.07.010.014 Моделирование и печать челюсти	Моделирование прототипа временной коронки и печать модели	120
			11 A02.07.010.001 Снятие оттиска с одной челюсти	Получение оттиска с напечатанной модели для дальнейшего изготовления временной коронки зуба в клинике	10
Клинический этап 2					
Опреде лённый	02- функцио	066 - стомато	12 B01.066.002 Прием врача- ортопеда повторный	Продолжение ортопедического лечения	10
			13 A16.07.093 Фиксация	Фиксация стекловолоконног	30

вид медици нского вмешат ельства (А)	нальное обследо вание ...	логия ортопед ическая	внутриканальног о штифта / вкладки	о штифта	
			14 A16.07.031.002 Восстановление зуба композитом с использованием стекловолоконн ых штифтов	Восстановление культы зуба с помощью композитного материала и стекловолоконног о штифта	30
			15 A16.07.025 Препарирование культы зуба	Препарирование культы зуба под керамическую коронку	45
			16 A02.07.010.001 Снятие оттиска с одной челюсти	Получение оттисков для изготовления гипсовой модели верхней челюсти	10
			17 A02.07.010.001 Снятие оттиска с одной челюсти	Получение оттисков для изготовления гипсовой модели нижней челюсти	10
			18 A16.07.047 — Изготовление временной коронки	Изготовление временной коронки по полученным оттискам из лаборатории	30
			19 A16.07.049.001 Временная фиксация коронки зуба	Временная фиксация коронки зуба	10
			20 A02.07.006 Определение прикуса	Регистрация прикуса	5
Лабораторный этап 2					
Опреде лённый вид медици	02- функцио нальное обследо	066 - стомато логия ортопед	21 A23.07.002.052 Изготовление контрольной	Отливка гипсовой модели верхней и нижней челюсти, гипсовка в	100

нского вмешат ельства (А)	вание ...	ическая	модели с оформлением цоколя	артикулятор	
			22 А23.07.002 Услуги по изготовлению ортопедических конструкций	Изготовление керамической коронки	100
Клинический этап 3					
Компле кс медици нских вмешат ельств (В)	01 – врачебн ая лечебно- диагнос тическая	066 - стомато логия ортопед ическая	23 В01.066.002 Прием врача- ортопеда повторный	Продолжение ортопедического лечения	10
Опреде лённый вид медици нского вмешат ельства (А)	02- функцио нальное обследо вание ...	066 - стомато логия ортопед ическая	24 А16.07.049. 001 Фиксация коронки	Фиксация керамической коронки	20
			25 А02.07.006 Определение прикуса	Определение прикуса	5
			Итого		675

Оценку статичной клинико-экономической эффективности технологии цифровых навигационных шаблонов и ее ближайшего аналога предлагается проводить при помощи коэффициента (Кст) по формуле (6):

$$K_{ст} = \frac{З}{Э}, \frac{\text{рубли}}{\text{условные единицы}} \quad (6)$$

где Э – клинический эффект в условных единицах измерения. Под клиническим эффектом понимается изменение показателя, возникающее в результате лечения;

З – прямые затраты, то есть затраты, непосредственно связанные с оказанием медицинской помощи пациенту, рубли.

Оценку сравнительной клинико-экономической эффективности технологии цифровых навигационных шаблонов и ее ближайшего аналога предлагается проводить при помощи коэффициента (Ксп) по формуле (7):

$$K_{ср} = \frac{\Delta Z}{\Delta Э}, \frac{\text{рубли}}{\text{условные единицы}} \quad (7)$$

Соотношение статичных/сравнительных клинических эффектов и затрат образует соответствующие показатели статичной и сравнительной клинико-экономической эффективности сопоставляемых технологий.

Таким образом, на основе приведённых формул может быть получена количественная характеристика, отражающая уровень эффективности технологий с учётом затратных и лечебных характеристик.

Использование данной методики позволяет:

- всесторонне оценить ресурсную ёмкость процедур;
- установить оптимальное соотношение «эффект/затраты»;
- обосновать экономическую целесообразность внедрения цифровых технологий в клиническую практику.

Результаты расчетов коэффициентов $K_{ст}$ и $K_{ср}$ для исследуемой цифровой технологии и её традиционного аналога будут представлены в аналитическом блоке настоящего исследования, служа основанием для обоснованного выбора наилучшей клинико-экономической стратегии.

2.4. Материал и методы статистического анализа

Статистический анализ данных был проведен с применением методов вариационной статистики с использованием программы Microsoft Excel для персональных компьютеров. Рассчитывали средние величины, дисперсии и стандартные ошибки среднего, а также оценивали взаимосвязи между изучаемыми параметрами с помощью непараметрического корреляционного анализа Спирмена и линейного параметрического анализа с определением коэффициента корреляции Пирсона.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящем разделе представлены результаты комплексного клинического и клинико-экономического исследования, направленного на разработку и оценку эффективности применения технологии цифровых навигационных эндодонтических шаблонов для восстановления зубов после эндодонтического лечения.

Анализ включал оценку клинической эффективности предложенного протокола по совокупности объективных и субъективных показателей. Дополнительно были проанализированы индекс гигиенической эффективности РНР, пародонтальный индекс Рассела, костный индекс Фукса и краевая адаптация ортопедической конструкции.

Экономическая составляющая исследования базировалась на расчете прямых затрат на оказание медицинской помощи в рамках каждой из сравниваемых технологий. Вычислялись как суммарные расходы на единицу медицинской услуги, так и удельные значения затрат в пересчете на достигнутые клинические эффекты. Это позволило получить обобщенные показатели статической и сравнительной клинико-экономической эффективности.

3.1 Результаты разработки протокола восстановления зуба после эндодонтического лечения с использованием навигационных шаблонов

На основе изучения научной литературы нами была создана технология моделирования и протокол восстановления зуба после эндодонтического лечения с помощью индивидуальных навигационных шаблонов, включая возможность восстановления культи зуба и последующей фиксации коронки. Новизна представленной разработки подтверждена патентами Российской Федерации на изобретение № 2836987 от 24.03.25 «Способ одновременного эндодонтического лечения и восстановления зуба» и № 2836999 от 25.03.25 «Навигационный

шаблон для армирования и восстановления культи эндодонтически леченного разрушенного зуба». Изобретение представляет собой комплексную технологию, ориентированную на объединение эндодонтического лечения с немедленным восстановлением культи зуба и протезированием.

Процесс моделирования навигационного эндодонтического шаблона начинается с получения высокоточных диагностических данных: конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) с воксельным разрешением 0,125 мм для детальной визуализации корневой анатомии и интраорального сканирования зубных рядов с точностью до 10 мкм. Дополнительно регистрируется прикус в центральной окклюзии для точной ориентации челюстей (Рисунок 22).

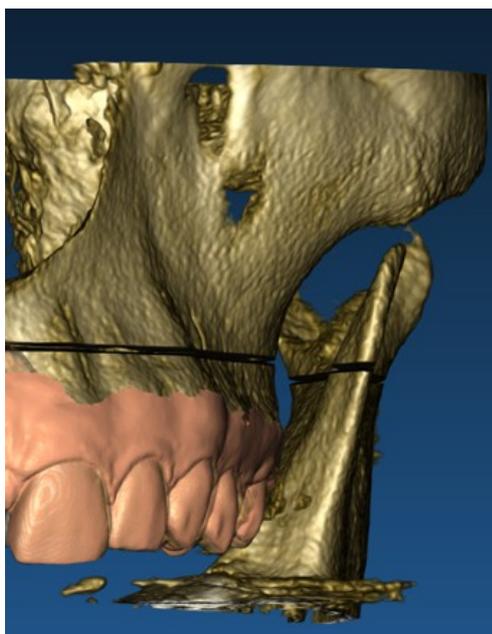


Рисунок 22 – Конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ)

После совмещения диагностических данных в программном обеспечении RealGuide (v.5.0, 3DIEMME, Италия) формируется объединённая цифровая модель, включающая данные КЛКТ и интраорального сканирования. На её основе экспортируется STL-файл для последующего планирования навигационного доступа. В программе моделируется виртуальная траектория

с учётом глубины, направления и положения направляющего канала, адаптированного к анатомии пациента (Рисунок 23 – А, Б).

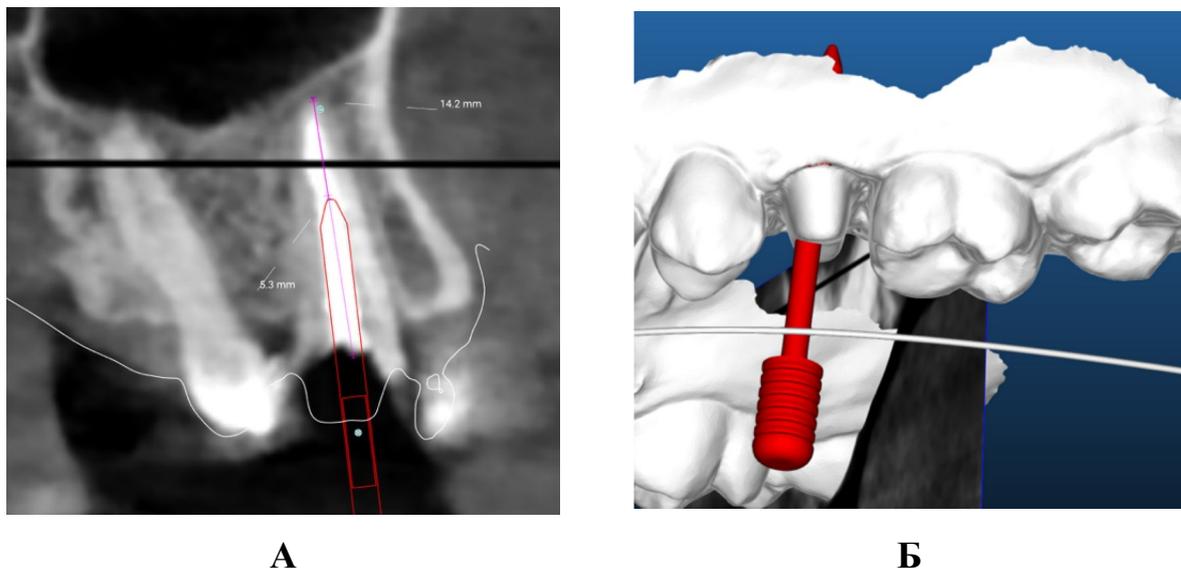


Рисунок 23 – Этапы моделирования и визуализация траектории доступа к корневому каналу в программе RealGuide: А – на этапе рентгенологического исследования, Б – в программе моделирования RealGuide

В программе RealGuide (3DIEMME, Италия) моделируют навигационный эндодонтический шаблон с охватом трёх смежных зубов для устойчивой фиксации. Опорную часть адаптируют к индивидуальному вестибулярному и окклюзионному контуру, обеспечивая точное прилегание. По заданной траектории проектируют направляющий канал с ограничителем глубины и окном визуального контроля. Толщина стенок должен составляет 2,0 мм для сохранения жёсткости конструкции при клиническом комфорте (Рисунок 24).

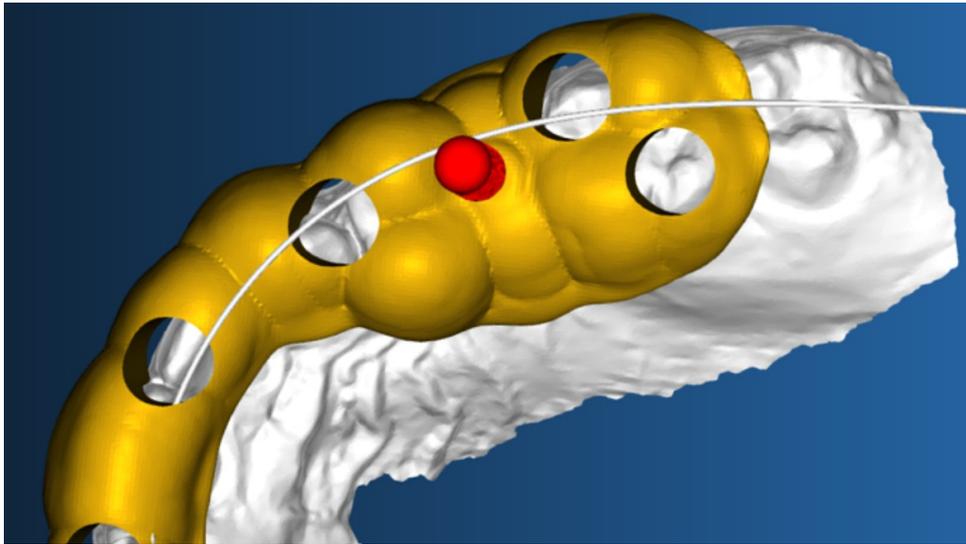


Рисунок 24 – 3D-модель навигационного шаблона с направляющим каналом

Навигационный шаблон проектируется в трёхслойной конфигурации для повышения прочности: контактный слой из биосовместимого фотополимера (1,0 мм) обеспечивает точное прилегание, а армирующий и защитный слой (ещё 1,0 мм) придают конструкции необходимую жёсткость. В качестве материала применяют Dental SG Resin, обладающий высокой точностью печати и устойчивостью к стерилизации. После завершения этапа проектирования в exocad выполняется моделирование культи с использованием STL-данных сканирования. Формируется полость под штифт и анатомически оптимизированная культя с антиротационными элементами, обеспечивающими надёжную фиксацию реставрации (Рисунок 25).

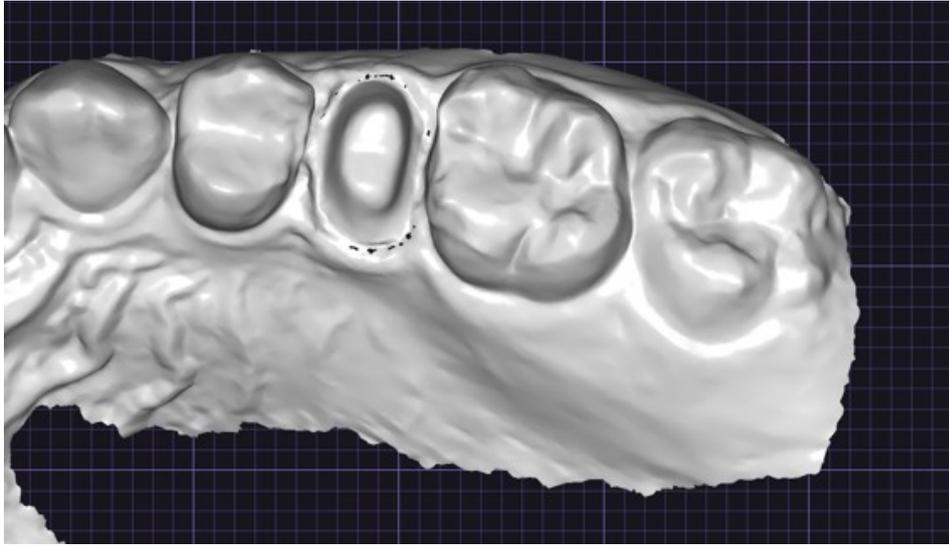


Рисунок 25 – Виртуальная модель культи зуба в программе exocad

На завершающем этапе выполняется оптимизация геометрии культи с учётом статической и динамической окклюзии для обеспечения окклюзионного пространства не менее 1,5 мм, сглаживания острых краёв и формирования плавных переходов. После моделирования культи проектируется керамическая реставрация из дисиликата лития с чётко выраженной линией препарирования. Для точности используют настройки виртуального артикулятора (сагиттальный путь — 33° , угол Беннетта — 15° , боковой сдвиг — 0,5 мм). Коронка моделируется по библиотечным данным с индивидуальной адаптацией; контактные зоны, бугры, фиссуры и направляющие тщательно выверяются для обеспечения стабильной и физиологичной окклюзии (Рисунок 26).

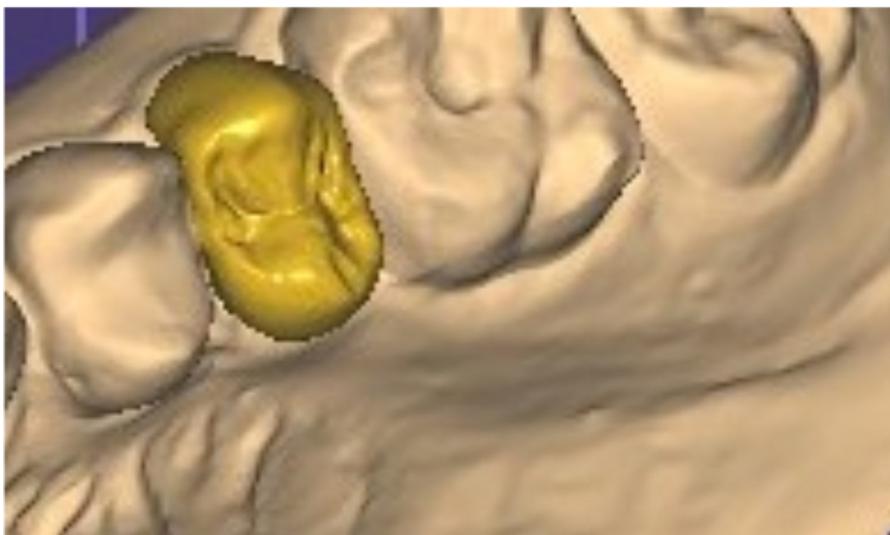


Рисунок 26 – Виртуальная модель коронки в программе exocad с визуализацией окклюзионных контактов

На заключительном этапе проектирования в exocad DentalCAD выполняется проверка и корректировка толщины стенок модели коронки для обеспечения её механической надёжности. Минимальная толщина в пришеечной зоне составляет не менее 1,2 мм, в области окклюзионной нагрузки — 1,5 мм, с равномерным распределением материала во избежание концентрации напряжений. Далее проводится финальная оптимизация анатомической формы с учётом эстетических параметров: реставрация соответствует форме контралатерального зуба, гармонично сочетается с соседними и обладает естественной поверхностной микротекстурой (Рисунок 27).

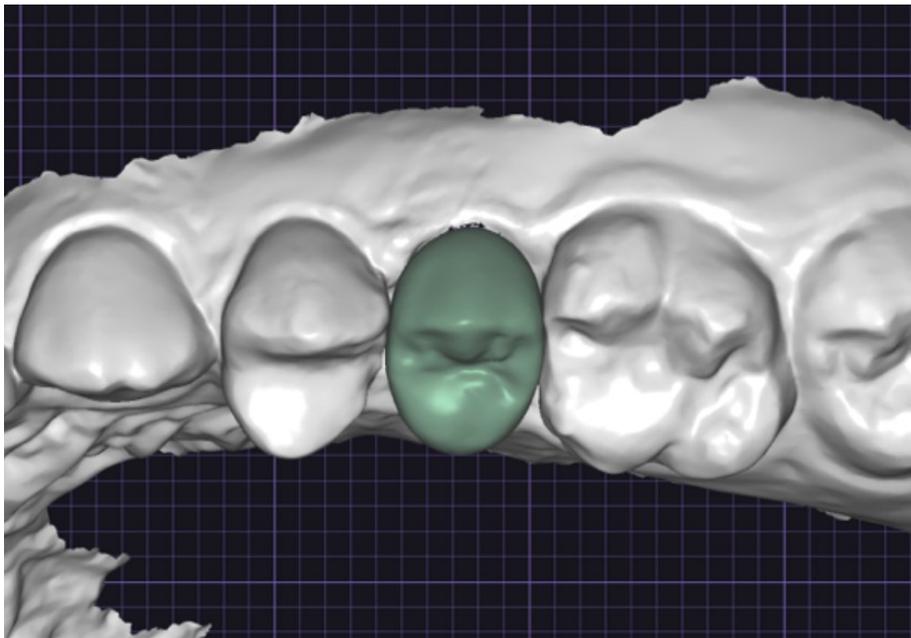


Рисунок 27 – Финальная визуализация коронки зуба 2.5 в программе exocad с текстурированием поверхности

После завершения цифрового моделирования STL-файлы навигационного эндодонтического шаблона и постоянной коронки экспортируют из программного обеспечения RealGuide и exocad DentalCAD. Подготовку к 3D-печати выполняют в PreForm с ориентацией модели под углом 30–45° для оптимизации процесса и уменьшения количества поддержек. Печать проводят

на стоматологическом 3D-принтере Formlabs Form 3B с использованием технологии LFS и толщиной слоя 50 мкм, применяя биосовместимый фотополимер Dental SG Resin. Изготовление шаблона занимает около 3 часов 20 минут, обеспечивая высокую детализацию, а также готовность к последующей стерилизации и клиническому применению (Рисунок 28).

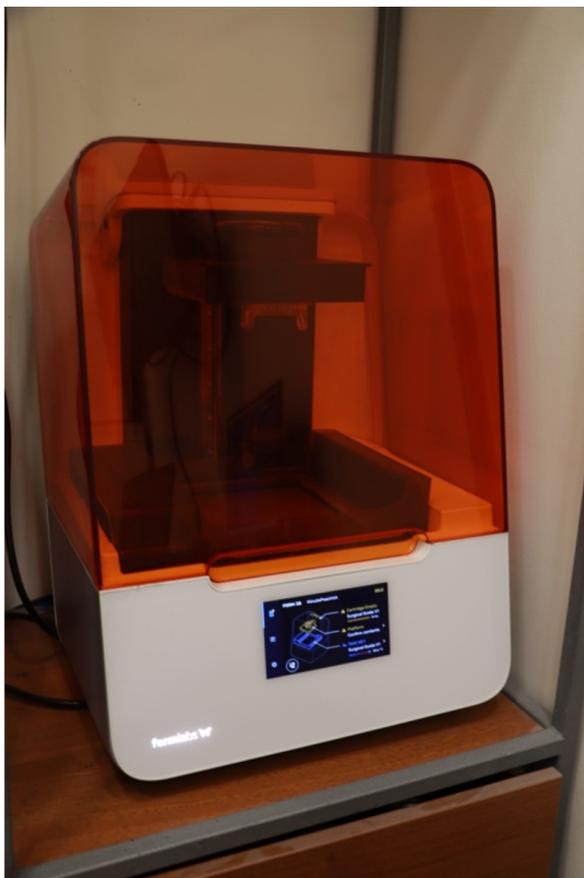


Рисунок 28 – Процесс 3D-печати навигационного шаблона на принтере Formlabs Form 3B

После завершения 3D-печати навигационный шаблон подвергают двухэтапной очистке в 96% изопропиловом спирте: сначала путем погружения, затем с удалением поддерживающих структур. Далее изделие высушивают при комнатной температуре и подвергают фотополимеризации в специализированной камере при температуре 60 °С в течение 30 минут. Завершающим этапом станет механическая обработка — шлифовка мелкозернистыми абразивами и полировка поверхностей для обеспечения комфортного интраорального использования. Пройдя путь направляющего

канала проверяют с использованием калибровочного инструмента, а точность изготовления оценивают с помощью измерительного микроскопа, что позволит подтвердить соответствие допустимым отклонениям в пределах 0,1 мм (Рисунок 29).



Рисунок 29 – Готовый навигационный шаблон после постобработки и финишной обработки

После завершения виртуального моделирования постоянной коронки в exocad DentalCAD цифровую модель экспортируют в формате STL и передают в САМ-модуль CAD/САМ-системы для последующего изготовления реставрации в клинических условиях. Данные проверяют на целостность, после чего автоматически настраивают параметры фрезерования с учётом усадки предварительно спеченного диоксида циркония (около 20%). В режиме chairside обеспечивают высокую скорость и точность производства. Перед началом работы выполняют калибровку фрезеровочного аппарата, проверку инструмента и системы охлаждения, а также очистку рабочей камеры. Циркониевый блок фиксируют в держателе и устанавливают в камеру. Система автоматически распознает тип материала и параметры заготовки, после чего приступают к черновой обработке фрезой диаметром 2,0 мм и финишной — фрезой 1,0 мм, что обеспечивает точное воспроизведение анатомической формы коронки (Рисунок 30).



Рисунок 30 – Установка блока из диоксида циркония в фрезеровочный аппарат

Процесс фрезерования коронки из предварительно спеченного диоксида циркония инициируют после автоматической передачи STL-файла из САМ-модуля во фрезеровочный аппарат. Перед началом работы систему проверяют на готовность, включая диагностику шпинделя, инструментов и уровня охлаждающей жидкости. Фрезерование выполняют в режиме *chairside* и разделяют на два этапа: черновую обработку для формирования контуров и финишную — для точной проработки анатомических деталей. Траектории движения фрез оптимизируют в САМ-среде с целью повышения точности и сохранения микроструктуры поверхности. Обработка занимает около 15 минут на четырёхосевом оборудовании с частотой вращения шпинделя до 80 000 об/мин и точностью позиционирования до ± 10 мкм. Водяное охлаждение с антибактериальными добавками предотвращает перегрев и обеспечивает стабильность параметров обработки (Рисунок 31).

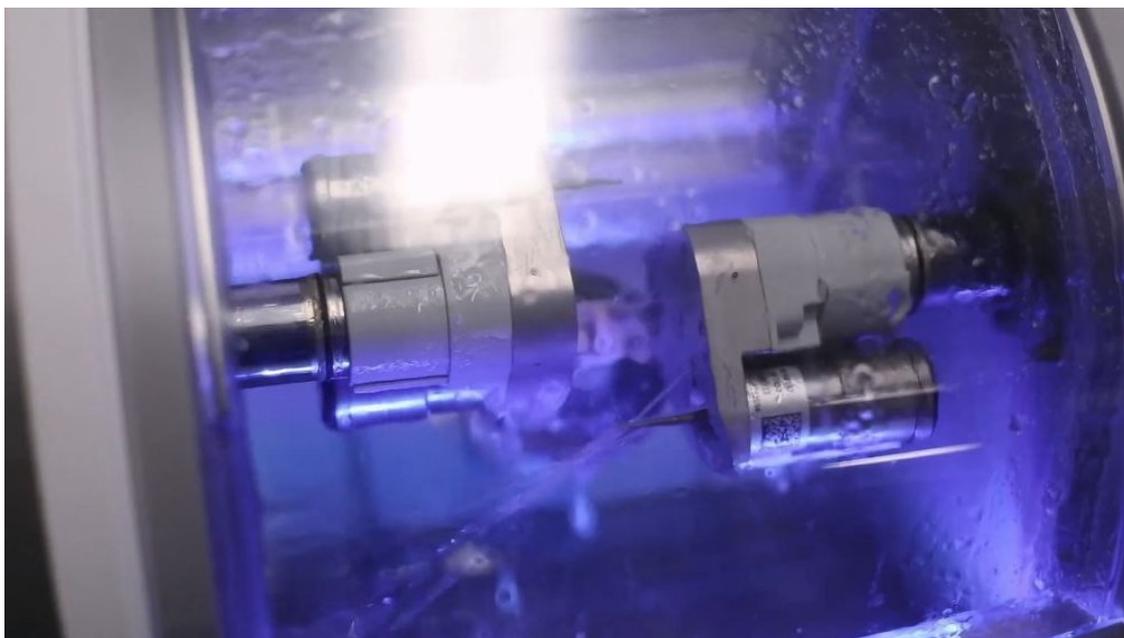


Рисунок 31 – Процесс фрезерования коронки из диоксида циркония

По завершении фрезерования коронка извлекают из блока и очищают от остатков соединительных элементов мелкозернистым алмазным бором. После очистки сжатым воздухом и экспресс-осмотра с возможной минимальной коррекцией, изделие подвергается ультразвуковой очистке и сушке. Процесс экспресс-окрашивания выполняют с базовым оттенком и точечной индивидуализацией, после чего коронку высушивают под инфракрасной лампой. Окрашенное изделие размещают на огнеупорной подставке и загружают в печь для ускоренного спекания по заданному температурному профилю. После охлаждения до $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ и доведения до комнатной температуры выполняется финишная механическая обработка: коррекция, полировка и паровая стерилизация. При необходимости проводят глазурование с кратковременным обжигом при $750\text{ }^{\circ}\text{C}$. Реставрацию готовят к фиксации в рамках одного клинического визита (Рисунок 32 – А,Б).



А



Б

Рисунок 32 – Готовая коронка из диоксида циркония после финишной обработки и глазурирования: А-окклюзионная проекция, Б – боковая проекция

Разрабатываемый протокол эндодонтического лечения с использованием навигационных шаблонов представит как комплексный подход, объединяющий цифровые технологии планирования, моделирования и производства. Протокол позволит повысить точность и предсказуемость

эндодонтического вмешательства, особенно при наличии сложных клинических условий. Метод моделирования и изготовления навигационных шаблонов с применением программного обеспечения RealGuide и 3D-печати на оборудовании Formlabs Form 3B обеспечит прецизионное позиционирование эндодонтических инструментов. Интеграция с системой планирования ортопедического лечения в программной среде exocad DentalCAD обеспечит реализацию комплексного протокола реабилитации, включающего этапы эндодонтического лечения и последующего протезирования.

Детальное описание клинического применения разработанного протокола, а также оценка его эффективности в различных клинических ситуациях будут представлены в подглаве 3.3. «Клинический пример».

3.2. Результаты клинического исследования

В ходе клинического исследования проведена сравнительная оценка эффективности применения разработанного протокола эндодонтического лечения с использованием специализированных цифровых навигационных шаблонов и традиционной технологии, выполняемой без их применения. Целью данного этапа работы являлось определение клинических преимуществ цифровой навигации при выполнении эндодонтических манипуляций и последующей ортопедической реабилитации, а также выявление возможных различий в состоянии тканей пародонта, качестве гигиены полости рта и точности прилегания ортопедической конструкции. В исследование включены пациенты с показаниями к эндодонтическому лечению и последующему восстановлению зуба на стекловолоконном штифте с изготовлением керамической коронки. Критерии включения предусматривали удовлетворительное общее состояние здоровья, отсутствие острых воспалительных процессов и системных заболеваний, способных повлиять на результаты лечения, а также сохранность альвеолярного отростка в зоне вмешательства. Все пациенты были разделены на две клинические группы,

сопоставимые по полу, возрасту и клиническому статусу, что позволило исключить влияние несопоставимых исходных факторов на результаты. В основной группе использовался разработанный протокол, включающий применение цифровых навигационных шаблонов. Для их создания проводилось внутриворотное сканирование и конусно-лучевая компьютерная томография, на основании которых формировались высокоточные трёхмерные цифровые модели клинической ситуации. Интеграция данных сканирования и томографии в специализированное программное обеспечение обеспечивала возможность детального планирования положения препарированного канала, в том числе его направления, глубины и конусности. Индивидуальное моделирование навигационного шаблона выполнялось с учётом анатомических особенностей зуба и окружающих тканей, что позволяло обеспечить его оптимальное позиционирование. Изготовление осуществлялось из прозрачного фотополимера методом высокоточной объёмной печати, что обеспечивало идеальное прилегание конструкции к опорным зубам и слизистой оболочке. Наличие направляющего канала в шаблоне гарантировало строго заданное направление и глубину препарирования, минимизировало риск ятрогенных повреждений и способствовало сохранению максимального объёма твёрдых тканей зуба. В контрольной группе выполнялось традиционное препарирование без применения навигационного шаблона, при котором направление и глубина формирования канала определялись оператором на основе клинической оценки и рентгенологических данных. Применение технологии цифрового планирования и навигации в основной группе позволило объединить этапы эндодонтического лечения и восстановления культи зуба в одно посещение. Это не только сократило общее количество визитов, но и повысило комфорт пациента, снизило риск вторичного инфицирования канала и обеспечило более высокую предсказуемость конечного результата. Дальнейшая оценка клинических исходов проводилась с использованием ряда объективных показателей, включая индекс эффективности гигиены полости рта (РНР),

пародонтальный индекс Рассела (PI), костный индекс Фукса и показатель краевого прилегания искусственной коронки в отдалённом периоде наблюдения. Анализ этих параметров представлен в последующих разделах, что позволяет комплексно оценить влияние применяемой технологии на функциональный и эстетический результат лечения.

1.2.1. Результаты оценки индекса эффективности гигиены рта (РНР)

Результаты оценки индекса эффективности гигиены полости рта (РНР) показали снижение значений в обеих группах, что свидетельствует о положительном влиянии проведённого лечения на состояние гигиены полости рта. Показатель РНР имеет обратную корреляцию с клиническим исходом: уменьшение его значения отражает повышение эффективности применяемой медицинской технологии. В обеих группах зафиксировано уменьшение значения индекса после лечения, однако в группе с применением цифровых навигационных шаблонов снижение оказалось более выраженным ($-0,10$), что указывает на лучший клинический результат. В основной группе (с использованием навигационных шаблонов) снижение составило $0,1$ балла — с $1,2$ до $1,1$ ($p < 0,05$), что является статистически достоверным. В контрольной группе (без применения навигационных шаблонов) изменения оказались менее значительными и статистически недостоверными — показатель остался на уровне $1,2$ ($p > 0,05$). Разница между группами может быть обусловлена более точным формированием корневого канала и последующей реставрации при использовании навигационного шаблона, что позволяет минимизировать микрозазоры и ретенционные зоны, в которых может скапливаться зубной налёт. В таблице 3 представлены количественные значения показателя РНР до и после лечения в обеих группах. На рисунке 32 наглядно отражена динамика данного показателя, демонстрирующая более выраженное его снижение в основной группе по сравнению с контрольной.

Таблица 3 – Динамика показателя РНР в исследуемых группах до и после лечения

Группа	До лечения	После лечения	р-значение
С навигационными шаблонами	1.2	1.1	<0,05
Без навигационных шаблонов	1.2	1.2	>0,05



Рисунок 33 – Динамика показателя РНР в основной и контрольной группах

1.2.2. Результаты оценки пародонтального индекса Рассела (PI)

Пародонтальный индекс Рассела (PI) до и после лечения составил 0,0 в обеих группах. Показатель PI, аналогично индексу РНР, демонстрирует обратную корреляцию с состоянием тканей пародонта: более низкое значение соответствует более благоприятному клиническому состоянию. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии клинических признаков воспаления пародонта и позволяют заключить, что ни одна из применённых технологий не оказывает негативного влияния на пародонтальные ткани. В обеих группах исходные значения индекса составляли 0,0 и после проведённого лечения оставались на этом же уровне, что подтверждает сохранение оптимального состояния пародонта на протяжении всего периода наблюдения. Согласно данным, представленным в таблице 4, статистически

значимых различий как между этапами наблюдения, так и между группами не выявлено ($p > 0,05$). На рисунке 33 наглядно показана стабильность показателя PI в основной и контрольной группах, подтверждающая отсутствие динамических изменений.

Таблица 4 – Показатель PI в исследуемых группах: результаты до и после лечения

Группа	До лечения	После лечения	p-значение
С навигационными шаблонами	0.0	0.0	$>0,05$
Без навигационных шаблонов	0.0	0.0	$>0,05$

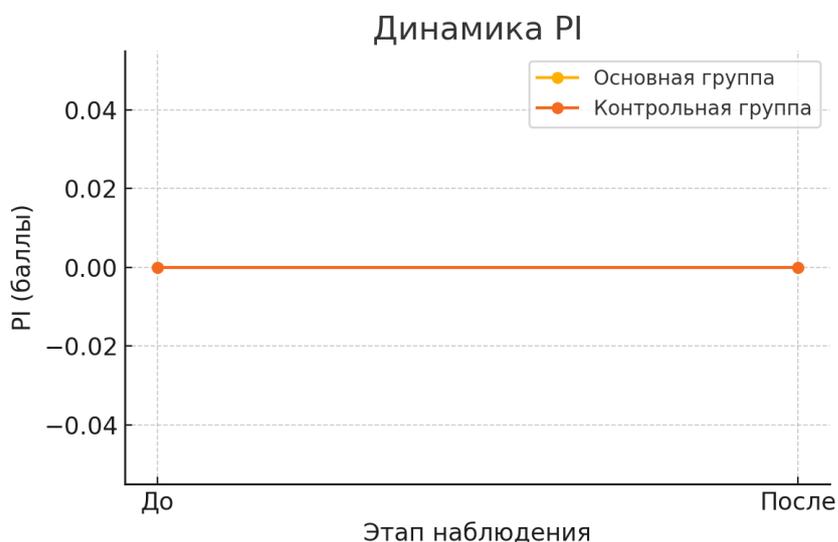


Рисунок 34 – Динамика показателя PI в основной и контрольной группах

3.2.3 Результаты оценки костного индекса Фукса

Костный индекс Фукса в обеих группах до и после лечения составлял 1,0, что отражает максимальную сохранность костной ткани альвеолярных отростков. Данный показатель имеет прямую корреляцию с состоянием костной ткани: увеличение его значения отражает улучшение, а максимальное значение соответствует оптимальному состоянию. Полученный результат может быть связан с бережной техникой препарирования и отсутствием

перегрузки зуба на этапах лечения, независимо от используемой методики. В обеих группах исходные значения индекса составляли 1,0 и оставались неизменными после проведённого лечения, что свидетельствует о сохранении максимально возможной оценки на протяжении всего периода наблюдения. Согласно данным, представленным в таблице 5, статистически значимых различий как между этапами наблюдения, так и между группами не выявлено ($p > 0,05$). На рисунке 34 наглядно представлена стабильность показателя в основной и контрольной группах, подтверждающая отсутствие динамических изменений.

Таблица 5 – Изменения индекса Фукса в основной и контрольной группах

Группа	До лечения	После лечения	р-значение
С навигационными шаблонами	1.0	1.0	$>0,05$
Без навигационных шаблонов	1.0	1.0	$>0,05$

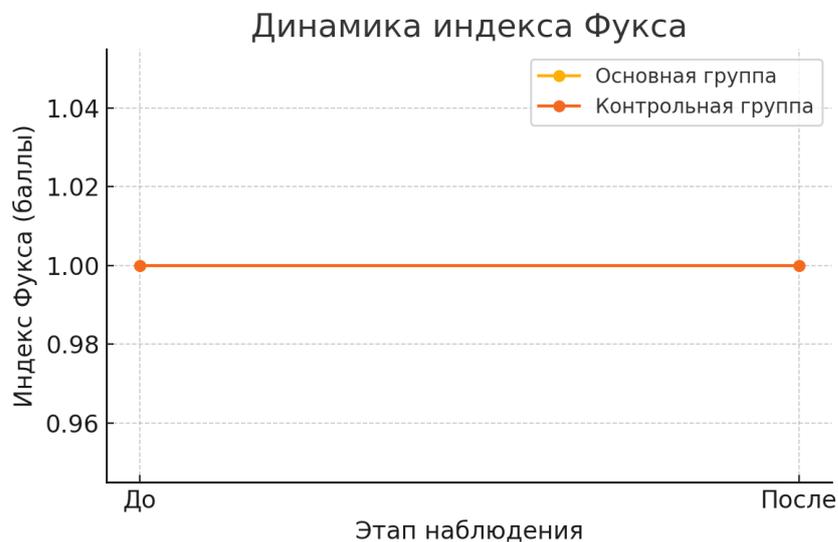


Рисунок 35 – Динамика индекса Фукса в основной и контрольной группах до и после лечения

3.2.4. Результаты оценки краевого прилегания искусственной коронки

Краевое прилегание искусственной коронки через один год после лечения оказалось статистически достоверно лучше в основной группе — 80 мкм против 85 мкм в контрольной ($p < 0,05$). Показатель краевого прилегания коронки демонстрирует обратную корреляцию с качеством прилегания: чем меньше его значение, тем выше точность и герметичность края реставрации, что, в свою очередь, снижает риск микроподтекания, вторичного кариеса и воспалительных процессов в краевой десне. Более низкие значения, зафиксированные в основной группе, вероятно, обусловлены комплексом факторов, связанных с применением цифрового протоколирования, в том числе высокоточной компьютерной визуализацией, трёхмерным проектированием конструкции и управляемым препарированием под контролем навигационного шаблона. Такой подход обеспечивает формирование оптимальной конусности и высоты культи зуба, а также точное соответствие границы препарирования запланированным параметрам, что минимизирует вероятность образования микрозазоров на стыке коронки и зуба. Согласно данным, представленным в таблице 6, среднее значение показателя в основной группе составило 80 мкм, что статистически значимо лучше по сравнению с традиционной методикой, применённой в контрольной группе, где среднее значение составило 85 мкм. При этом ни в одной из групп не было зафиксировано превышения клинически допустимого уровня краевого зазора (100–120 мкм), что указывает на высокое общее качество проведённого протезирования. На рисунке 35 наглядно показано, что использование навигационных шаблонов обеспечивает более высокую точность изготовления и фиксации ортопедических конструкций, а также стабильность достигнутых параметров в отдалённом периоде.

Таблица 6 – Показатель краевого прилегания коронок через год после лечения в основной и контрольной группах

Группа	Через год	p-значение
С навигационными шаблонами	80	<0,05

Без навигационных шаблонов	85	<0,05
----------------------------	----	-------

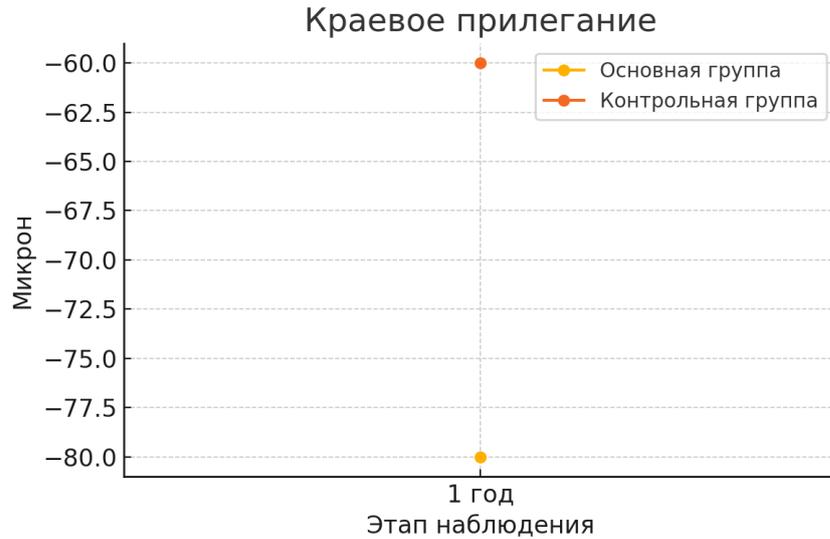


Рисунок 36 – Динамика показателя краевого прилегания в основной и контрольной группах через год после лечения

Суммарная оценка клинических эффектов (Рисунок 37) показала, что технология цифровых навигационных шаблонов обеспечивает превосходство по двум из четырёх изученных параметров по сравнению с традиционной методикой (таблица 6), что подтверждает её эффективность и целесообразность применения в клинической практике.

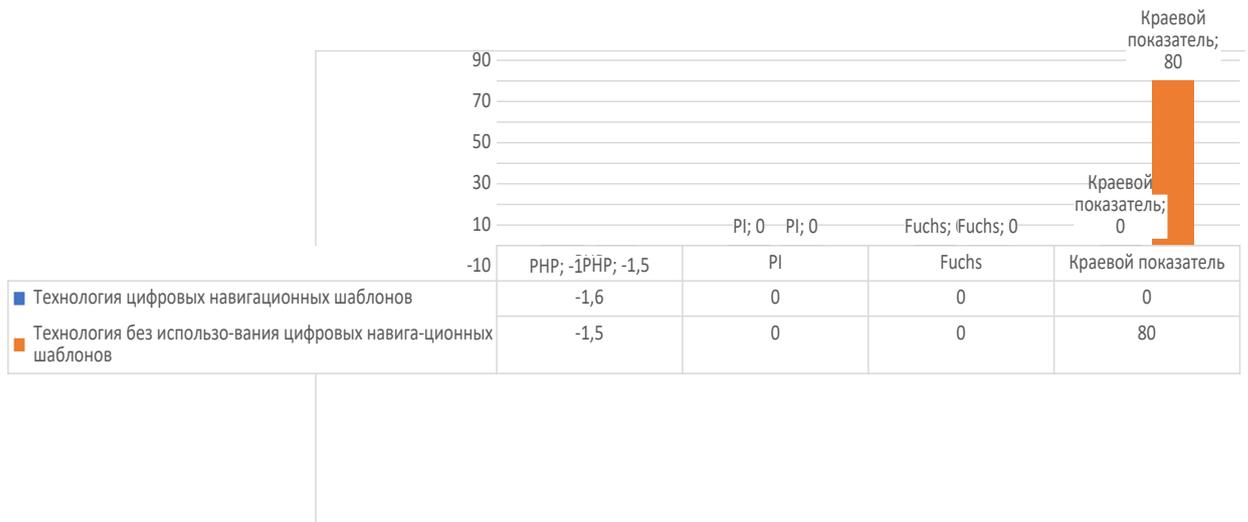


Рисунок 37 – Сравнительная оценка клинических эффектов двух технологий

Проведённое клиническое исследование подтвердило высокую эффективность применения разработанного протокола эндодонтического лечения с использованием цифровых навигационных шаблонов по сравнению с традиционной методикой. Оценка результатов по четырём ключевым клиническим показателям показала следующее:

1. Индекс эффективности гигиены полости рта (РНР) снизился в обеих группах, но в основной группе уменьшение составило 0,1 балла (с $1,20 \pm 0,05$ до $1,10 \pm 0,04$; $p < 0,05$), что указывает на более выраженное улучшение состояния гигиены.
2. Пародонтальный индекс Рассела (PI) составлял $0,00 \pm 0,00$ как до, так и после лечения в обеих группах ($p > 0,05$), что свидетельствует об отсутствии воспалительных изменений.
3. Костный индекс Фукса составил $1,00 \pm 0,00$ во всех клинических случаях, что отражает максимальную сохранность костной ткани ($p > 0,05$).
4. Краевое прилегание искусственной коронки через 1 год было статистически достоверно лучше в основной группе ($80 \pm 2,5$ мкм) по сравнению с контрольной ($85 \pm 2,8$ мкм) ($p < 0,05$).

Технология цифровых навигационных шаблонов показала превосходство по двум из четырёх ключевых показателей — улучшению гигиенического статуса и качеству краевого прилегания коронки — при сохранении высоких результатов по пародонтальному и костному индексам. Данные результаты подтверждают целесообразность внедрения данной технологии в клиническую практику современной стоматологии.

3.3. Клинический пример

В данном разделе представлены клинические этапы процесса восстановления культи зуба и фиксации коронки. Необходимо отметить, что все этапы моделирования и производства подробно описаны в главе 3, подглаве 3.1 "Результаты разработки протокола эндодонтического лечения зубов с использованием специализированных навигационных шаблонов для

пациентов с заболеваниями пульпы и периапикальных тканей, а также технологии их моделирования и производства для применения на этапах первичного и повторного лечения".

Клинический пример

Паспортная часть.

Пациент X, 2004 года рождения

Жалобы на момент обращения: разрушение коронковой части зуба 25, застревание пищи в области разрушенного зуба

Анамнез жизни

Перенесенные и сопутствующие заболевания: Аллергологический анамнез не отягощен. Инфекционные заболевания отрицает. Наличие хронических заболеваний отрицает.

Вредные привычки: наличие вредных привычек отрицает.

Анамнез заболевания: зуб 25 был лечен 2,5 года назад вследствие осложнения кариозного процесса.

Основные методы обследования

Внешний осмотр

Красная кайма губ без видимой патологии. Регионарные лимфатические узлы (поднижнечелюстные, подподбородочные, околоушные, передние шейные) при пальпации не увеличены, безболезненны, плотно-эластичной консистенции, не спаянные с подлежащими тканями. Жевательные мышцы (собственно-жевательные, и височные) равномерно напряжены, безболезненны при пальпации. Открывание рта свободное, симметричное, без патологических шумов. Слюнные железы (околоушные, подчелюстные, подъязычные) не увеличены, безболезненны при пальпации, функция сохранена.

Осмотр полости рта

При визуальном и инструментальном осмотре полости рта выявлено значительное разрушение коронковой части зуба 2.5. Оставшиеся твердые ткани зуба представлены лишь фрагментами стенок, что делает невозможным

традиционное восстановление с опорой на естественную коронку. Учитывая степень разрушения и сохранность корневой части, было принято клинически обоснованное решение о восстановлении культи зуба с использованием стекловолоконного штифта и композиционного материала методом build-up. Этот подход позволяет обеспечить надежную фиксацию будущей ортопедической конструкции и восстановить функциональность зуба (Рисунок 38).



Рисунок 38 – Клиническая картина разрушения коронковой части зуба 2.5 (вид при визуальном и инструментальном осмотре)

Зубная формула:

0	П										П	0	П		О
8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
О	П												К	К	О

Условные обозначения: Отсутствует – О; Кариеc – С; Пульпит – Р; Пародонтит – Рt; Пломбированный – П; Пародонтоз – А; Подвижность – I, II, III, (степень), Коронка – К; Искусственный зуб – И.

Слизистая оболочка губ и щек бледно-розового цвета с сохранением целостности, умеренно увлажнена, без патологических элементов.

Преддверие полости рта нормальное (4 мм). Прикрепление уздечки языка в норме. Прикрепление уздечки верхней губы на 6 мм выше вершины межзубного десневого сосочка.

Язык розового цвета, средних размеров, без патологических элементов.

Гигиеническое состояния полости рта:

Индекс (РНР) = 0.4

Пародонтальный индекс РМА (папиллярно-маргинально-альвеолярный индекс) = 0%.

Костный индекс Фукса = 1

Пародонтальный индекс Рассела (PI) = 0

Дополнительные методы обследования:

В качестве дополнительного метода исследования проводилась компьютерная томография (КТ), в рамках которой была также выполнена ортопантограмма для комплексной оценки состояния зубочелюстной системы. По данным КТ-исследования установлено следующее: Зубы 2.4 и 2.5 имеют ранее пломбированные корневые каналы без признаков периапикальных воспалительных изменений. При этом у зуба 2.5 диагностировано значительное разрушение коронковой части, что подтверждает необходимость восстановления культи с использованием внутрикорневой фиксации. Зубы 3.6 и 3.7 восстановлены с использованием искусственных коронок; по данным КТ визуализируется негетогенная пломбировка корневых каналов, что требует динамического наблюдения. Уровень альвеолярной кости в первом и четвертом сегментах соответствует возрастной норме, признаков краевой или апикальной резорбции не выявлено. Периапикальные области корней зубов интактны, патологические изменения в виде гранулем, кист или воспалительных очагов отсутствуют. Анатомические структуры верхнечелюстных синусов прослеживаются отчетливо, без

признаков утолщения слизистой оболочки или других патологических изменений в пределах видимости (Рисунок 39).



Рисунок 39 – Ортопантомограмма пациента X

Диагноз: K02.8 Другой кариес зубов, МКБ-10

Лечение

Ход операции

Клинический этап 1.

Для создания оптимальных условий проведения эндодонтического лечения и предотвращения контаминации рабочего поля слюной, кровью или мягкими тканями полость рта изолировали с использованием системы Ortragate. Устройство эффективно изолировало губы и щёки, обеспечивая свободный доступ к разрушенному зубу и поддерживая сухость операционной зоны. Это позволило минимизировать риск попадания влаги на реставрируемую область, что критически важно для адгезии материалов.



Рисунок 40 – Область разрушенного зуба с изолированной полостью рта при помощи Optragate

После изоляции полости рта зафиксировали навигационный эндодонтический шаблон, предварительно изготовленный на основе цифрового сканирования зубочелюстной системы пациента с использованием внутриротового сканера. Шаблон был спроектирован с учетом анатомических особенностей зуба, включая расположение корневых каналов. Точность прилегания шаблона к зубу и слизистой оболочке проверяли визуально и тактильно, убеждаясь в отсутствии зазоров и смещений. Направляющее отверстие шаблона соответствовало расчетным параметрам для обеспечения прецизионного доступа к корневому каналу.



Рисунок 41 – Фиксация навигационного шаблона

Для обеспечения безболезненности манипуляций выполнена инфильтрационная анестезия с использованием 4% анестетика с вазоконстриктором в концентрации 1:200 000. Перед введением препарата проведены две последовательные аспирационные пробы для исключения риска внутрисосудистого введения, что подтвердило безопасность инъекции. Анестетик вводили медленно, контролируя реакцию пациента. Препарирование корневого канала для формирования ложа под стекловолоконный штифт осуществляли с использованием корневых разверток Gates Glidden, подобранных по диаметру в соответствии с параметрами направляющего отверстия навигационного шаблона. Диаметр разверток был предварительно рассчитан на основе цифровой модели зуба, что обеспечивало точное соответствие размерам штифта и минимизировало риск избыточного удаления тканей. Во время препарирования проводилась непрерывная ирригация корневого канала 3% раствором гипохлорита натрия (NaOCl). Раствор подавался с использованием шприца с боковой перфорацией для равномерного распределения. Ирригация выполнялась в соответствии с протоколом механической агитации, описанным в литературе, для усиления антисептического эффекта, удаления дентинных опилок и предотвращения термического повреждения тканей зуба. Процесс контролировался для обеспечения равномерного очищения канала и отсутствия перегрева.



Рисунок 42 – Процесс формирования ложа для стекловолоконного штифта

После завершения препарирования корневой канал подвергли тщательной промывке 3% раствором гипохлорита натрия для полного удаления остатков дентинной стружки, ирригационного раствора и органических остатков. Промывка выполнялась многократно с использованием шприца с тонкой иглой, обеспечивая глубокое проникновение раствора. Затем канал высушили стерильными бумажными абсорберами, вводимыми последовательно до достижения полной сухости, что подтверждалось отсутствием влаги на абсорберах. Это было необходимо для обеспечения качественной адгезии последующих материалов. Стенки корневого канала обработали обезжиривающим составом для удаления остатков органических веществ и повышения адгезивных свойств. На внутреннюю поверхность канала нанесли адгезивный материал, специально предназначенный для фиксации стекловолоконных штифтов. Адгезив распределяли равномерно с помощью микроапликатора, избегая избыточного нанесения. Стекловолоконный штифт, подобранный по размеру в соответствии с диаметром подготовленного ложа, установили в корневой канал с погружением ниже уровня навигационного шаблона. Положение штифта контролировали визуально и

тактильно, обеспечивая его точное размещение относительно анатомических ориентиров и направляющего отверстия шаблона. Это гарантировало стабильность конструкции и ее соответствие дальнейшему восстановлению культи.



Рисунок 43 –Этап фиксации стекловолоконного штифта

В направляющий канал навигационного шаблона, использованный на предыдущих этапах, ввели жидкотекучий композитный материал с высокой текучестью, что обеспечивало полное заполнение подготовленного пространства без пустот. Материал подбирали с учетом его реологических свойств, позволяющих равномерно распределиться в канале и обеспечить плотную obturation.



Рисунок 44 – Введение жидкотекучего композитного материала в навигационный канал шаблона

После введения материала выполнена фотополимеризация с использованием полимеризационной лампы с длиной волны 450–470 нм и интенсивностью, рекомендованной производителем. Полимеризация проводилась в течение 20–40 секунд в зависимости от глубины канала и свойств материала, что инициировало формирование прочной полимерной структуры. Это обеспечивало механическую стабильность культевой части и герметичность границы между реставрационным материалом и тканями зуба.

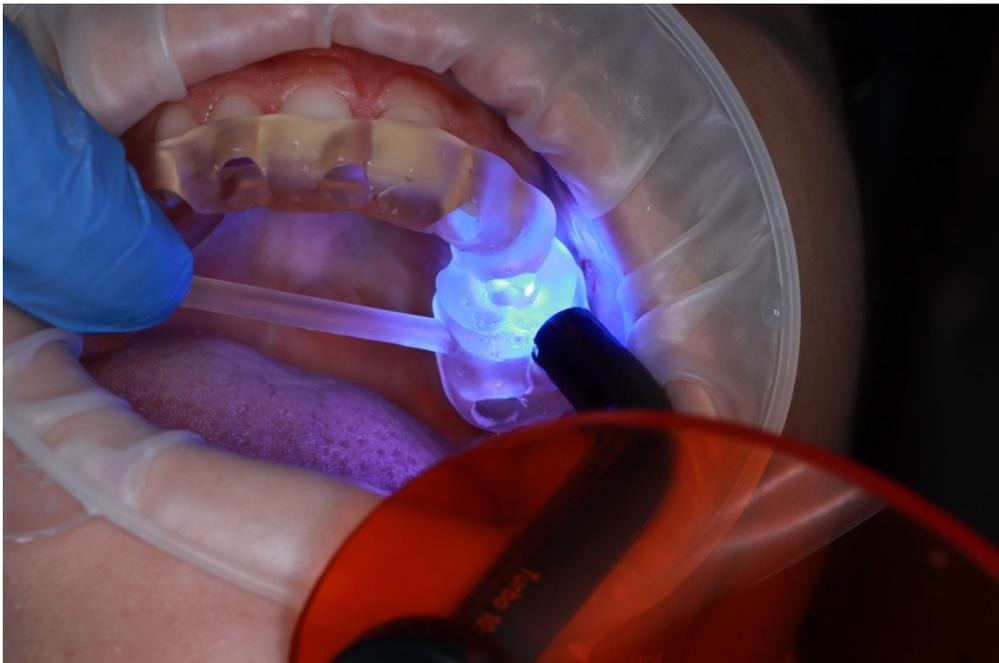


Рисунок 45 – Фотополимеризация композитного материала и формирование восстановленной культевой части зуба

После завершения полимеризации навигационный шаблон осторожно удалили, избегая повреждения сформированной культевой части. Поверхность культи подвергли шлифовке с использованием алмазных боров мелкой зернистости для устранения неровностей и придания анатомически правильной формы. Далее провели полирование с применением последовательных полировочных дисков и паст, начиная с более абразивных и заканчивая финишными для достижения зеркального блеска. Это позволило минимизировать риск микробной адгезии, улучшить краевое прилегание для фиксации коронки и снизить вероятность развития вторичного кариеса в области соединения реставрации с тканями зуба.

Лабораторный этап 1.

Искусственная коронка была изготовлена в одно посещение с использованием технологии CAD/CAM (компьютерного дизайна и фрезерования). Процесс начался с получения цифровых данных путем внутриротового сканирования зубочелюстной системы пациента, что позволило создать высокоточную 3D-модель зуба и окружающих тканей. На

основе цифровой модели в специализированном программном обеспечении спроектировали коронку из диоксида циркония, учитывая анатомические особенности зуба, окклюзионные контакты и эстетические параметры. Дизайн коронки включал точное воспроизведение краевого прилегания и окклюзионной поверхности для обеспечения функциональности и долговечности конструкции. Проект коронки передали на фрезерный станок с числовым программным управлением, где из блока диоксида циркония высокой прочности была изготовлена ортопедическая конструкция. После фрезерования коронку подвергли термической обработке (спеканию) для достижения максимальной прочности материала. Затем поверхность коронки обработали для придания гладкости и соответствия эстетическим требованиям, включая нанесение керамического покрытия для имитации естественного цвета зуба (при необходимости).

Клинический этап 2.

Перед фиксацией коронки культевую часть зуба тщательно высушили воздушной струей без примеси масла, чтобы исключить контаминацию поверхности. Поверхность обработали протравочным гелем на основе 37% ортофосфорной кислоты в течение 15–20 секунд для создания микропористой структуры дентина, способствующей адгезии. Гель тщательно смыли водой в течение 10 секунд, затем поверхность высушили до состояния легкой влажности. На подготовленную культевую часть нанесли адгезивную систему тонким слоем с помощью микроаппликатора, равномерно распределяя материал. Адгезив полимеризовали светом полимеризационной лампы в течение 10–20 секунд, согласно рекомендациям производителя. Внутреннюю поверхность коронки из диоксида циркония подготовили для фиксации: провели пескоструйную обработку оксидом алюминия (50 мкм, давление 2–3 бар) для создания микромеханической ретенции, затем нанесли силанизирующий агент для улучшения химической адгезии. Поверхность коронки тщательно очистили и высушили. Композитный материал двойного

отверждения подготовили, смешав базу и катализатор до гомогенной консистенции. Материал равномерно нанесли на внутреннюю поверхность коронки тонким слоем, избегая образования пузырьков или пустот, особенно в краевой зоне. Коронку установили на культевую часть зуба, прикладывая дозированное вертикальное давление для достижения полного краевого прилегания. Пациента попросили сомкнуть зубные ряды через артикуляционную бумагу для проверки окклюзионных контактов. При необходимости выполнили минимальную коррекцию положения коронки. Излишки композитного материала, выдавленные по краям, удалили микрощеточками и стоматологическими зондами до начала полимеризации. Затем провели светополимеризацию через коронку (если материал коронки пропускал свет) или по краям конструкции в течение 20–40 секунд на каждую поверхность. Химическая полимеризация завершилась через 5–7 минут после смешивания компонентов. После полного отверждения материала краевую зону очистили от остатков композита с использованием стоматологических флоссов, штрипсов и полировочных дисков. Окклюзионные взаимоотношения проверили с помощью артикуляционной бумаги различной толщины в разных положениях нижней челюсти. При выявлении преждевременных контактов провели селективную коррекцию окклюзионной поверхности коронки алмазными борами мелкой зернистости с последующей полировкой для восстановления гладкой поверхности.



Рисунок 46 – Фиксация искусственной коронки на культевую часть зуба с применением композитного цемента двойного отверждения



А



Б

Рисунок 47 – Проверка окклюзионных взаимоотношений после фиксации искусственной коронки

Результаты лечения

По результатам проведенного восстановления культи зуба с

последующей фиксации искусственной коронки зуба, на этапах лечения фиксировались следующие клинические показатели (Таблица 7).

Таблица 7 – Клинические показатели на этапах лечения после восстановления культи зуба и фиксации искусственной коронки зуба

Клинические показатели	Срок мониторинга после лечения (сутки)		
	30	90	180
Индекс РНР	0.4	0.5	0.4
Индекс РМА	0%	0%	0%
Костный индекс Фукса (Fuchs)	1	1	1
Краевой показатель прилегания коронки	0,06	0,05	0.05

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ КЛИНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

4.1 Клинические эффекты медицинского вмешательства

В процессе выполненного исследования нами рассчитаны фактические параметры результативных показателей технологии цифровых навигационных шаблонов и ее ближайшего аналога.

Таблица 8

Результативные показатели и клинические эффекты медицинского вмешательства

№ п/п	Показатели	Измерители	Корреляция	Технология цифровых навигационных шаблонов			Технология использования цифровых навигационных шаблонов без			Сопоставление клинических эффектов (столбец 7 – столбец 10)
				Параметры показателей		Клинический эффект (столбец 6 – столбец 5)	Параметры показателей		Клинический эффект (столбец 9 – столбец 8)	
				до лечения	после лечения		до лечения	после лечения		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Индекс эффективности гигиены полости рта (РНР)	баллы	обратная	2,0	0,4	-1,6	2,0	0,5	-1,5	- 0,1
2	Пародонтальный индекс Рассела (PI)	баллы	обратная	0	0	0	0	0	0	0
3	Костный индекс Фукса (Fuchs)	баллы	прямая	1	1	0	1	1	0	0
4	Краевой показатель прилегания коронки зуба (через год)	мкм	обратная	0	0	0	40	120	80	- 80

Поскольку индекс эффективности гигиены полости рта (РНР) имеет обратную корреляцию. Его понижение означает повышение эффективности медицинской технологии. Рассчитанные нами параметры этого показателя подтверждают эффективность обеих исследуемых технологий: значения РНР уменьшаются. Но использование технология цифровых навигационных шаблонов дает лучший результат (-0,1).

Пародонтальный индекс Рассела (PI) также имеет обратную корреляцию. Его понижение означает повышение эффективности медицинской технологии. Рассчитанные нами параметры этого показателя подтверждают эффективность обеих исследуемых технологий: значения PI до и после медицинского вмешательства соответствуют лучшему из возможных состояний пародонта (0).

Костный индекс Фукса имеет прямую корреляцию. Его повышение означает повышение эффективности медицинской технологии. Рассчитанные нами параметры этого показателя подтверждают эффективность обеих исследуемых технологий: значения индекса до и после медицинского вмешательства соответствуют лучшему из возможных состояний костной ткани альвеолярных отростков (1).

Краевой показатель прилегания коронки зуба (через год) имеет обратную корреляцию. Его понижение означает повышение эффективности медицинской технологии. Рассчитанные нами параметры этого показателя подтверждают эффективность обеих исследуемых технологий. Но использование технология цифровых навигационных шаблонов дает лучший результат (-80).

Таким образом, технология цифровых навигационных шаблонов опережает технологию без использования цифровых навигационных шаблонов по величине достигаемых двух (из четырех исследуемых) клинических эффектов (Рисунок 48).

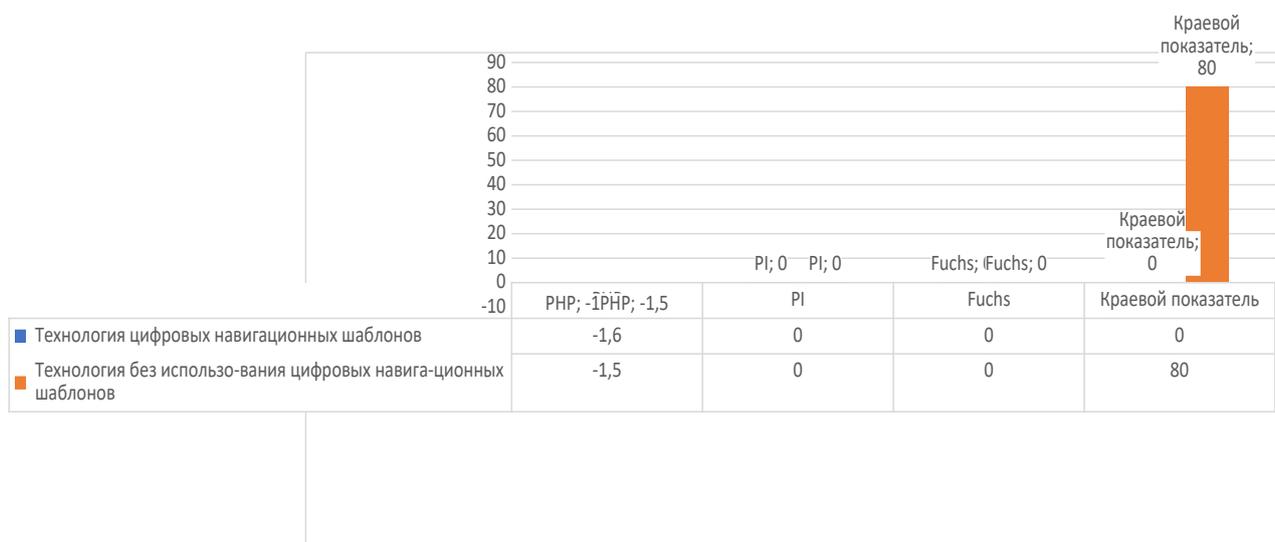


Рисунок 48 – Клинические эффекты сравниваемых технологий

4.2 Экономические затраты

Прямые затраты на оказание медицинских услуг в составе технологии цифровых навигационных шаблонов и ее ближайшего аналога рассчитаны по методике¹ и сведены в табл. 2.

Согласно расчетным данным, затраты на оплату труда и отчисления в Социальный фонд РФ при использовании технологии цифровых навигационных шаблонов составили соответственно 3402 и 1020 руб., что на 4471 и 1341 руб. меньше, чем при использовании альтернативной технологии. Экономия средств на трудовые ресурсы объясняется, прежде всего, сокращением медицинского цикла.

Амортизационные отчисления при использовании технологии цифровых навигационных шаблонов составили 303 руб., что в два с лишним раза меньше, чем при использовании аналоговой технологии, экономия составила 370 руб.

Материальные затраты при использовании технологии цифровых навигационных шаблонов составили 2246 рублей, что в четыре раза меньше, чем при использовании аналоговой технологии, то есть техническое перевооружение экономит расход материалов и лекарственных препаратов.

¹ Апресян С.В., Забаева М.Н., Степанов А.Г. ТЕХНОЛОГИЯ ЦИФРОВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ: СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КЛИНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ. - М.: ООО "Новик", 2021, 168с.

Прочие затраты при использовании технологии цифровых навигационных шаблонов составили 9006,8 рублей, что почти в два раза меньше, чем при использовании аналоговой технологии, так как цифровая технология исключает необходимость приобретения услуг зуботехнической лаборатории, которой не избежать при использовании аналоговой технологии. Это приводит к экономии в размере 15508,8 рублей (с каждой единицы обслуживания).

Таким образом, прямые затраты на оказание медицинских услуг при использовании технологии цифровых навигационных шаблонов составили 15979,5 рублей, что на 28094,5 рублей меньше, чем при использовании аналога.

Таблица 9 – Прямые затраты на оказание услуг в составе медицинских технологий

Медицинские услуги в составе технологий		Продолжительность услуги, минуты			Затраты, рубли																		
					Затраты на оплату труда			Начисления на зарплату			Амортизационные отчисления			Материальные затраты			Прочие затраты			Итого			
без использования ЦНШ (А)	ЦНШ (Ц)	А	Ц	откл	А	Ц	откл	А	Ц	откл	А	Ц	откл	А	Ц	откл	А	Ц	откл	А	Ц	откл	
B01.066.00	B01.066.001	10	10	0	194	194	0	58	58	0	15	15	0	542	542	0	0,2	0,2	0	810,9	810,9	0,0	
A01.07.001	A01.07.001	10	10	0	194	194	0	58	58	0	15	15	0	1	1	0	0,2	0,2	0	269,7	269,7	0,0	
-	A02.07.001	0	10	10	0	194	194	0	58	58	0	24	24	0	1	1	0	0,2	0,2	0,2	0,0	279,1	279,1
A02.07.001	A02.07.001	15	15	0	291	291	0	87	87	0	37	37	0	1	1	0	0,3	0,3	0	417,9	417,9	0,0	
A02.07.006	-	15	0	-15	291	0	-291	87	0	-87	37	0,0	-37	1	0	-1	0,3	0	0,3	417,9	0,0	-417,9	
A06.07.013	A06.07.013	10	10	0	194	194	0	58	58	0	108	108	0	1	1	0	0,2	0,2	0	362,6	362,6	0,0	
A02.07.010.001	-	10	0	-10	194	0	-194	58	0	-58	13	0	-13	700	0	-700	0,2	0	0,2	966,3	0,0	-966,3	
A02.07.010.001	-	10	0	-10	194	0	-194	58	0	-58	13	0	-13	700	0	-700	0,2	0	0,2	966,3	0,0	-966,3	
A23.07.002.052	-	40	0	-40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5500,9	0	-5500,9	5500,9	0,0	-5500,9	
A23.07.002.027	-	10	0	-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4500,2	0	-4500,2	4500,2	0,0	-4500,2	
A02.07.010.014	A02.07.010.014	120	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9002,8	9002,8	0	9002,8	9002,8	0,0	
A23.07.002	A23.07.002	100	60	-40	194	116	-77	583	349	-233	36	20	-15	3	3	0	2,3	1,4	-0,9	2568,5	1541,1	-1027,4	
A02.07.010.001	-	10	0	-10	194	0	-194	58	0	-58	13	0	-13	700	0	-700	0,2	0	0,2	966,3	0,0	-966,3	
B01.066.002	-	10	0	-10	194	0	-194	58	0	-58	15	0	-15	542	0	-542	0,2	0	-0,2	810,9	0,0	-810,9	
A16.07.093	A16.07.093	30	30	0	583	583	0	175	175	0	40	40	0	329	329	0	0,7	0,7	0	1128,5	1128,5	0,0	
A16.07.031.002	A16.07.031.002	30	10	-20	583	194	-388	175	58	-116	40	15	-25	526	526	0	0,7	0,2	-0,5	1325,4	794,4	-531,0	
A16.07.025	-	45	0	-45	874	0	-874	262	0	-262	130	0	-130	700	0	-700	1,0	0	-1,0	1969,0	0,0	-1969,0	
A02.07.010.001	-	10	0	-10	194	0	-194	58	0	-58	13	0	-13	700	0	-700	0,2	0	-0,2	966,3	0,0	-966,3	
A02.07.010.	-	10	0	-10	194	0	-194	58	0	-58	13	0	-13	700	0	-700	0,2	0	-0,2	966,3	0,0	-966,3	

Вместе с тем, существенное изменение итоговых значений прямых затрат, практически не оказывает влияние на их структуру (Рисунок 49,50).

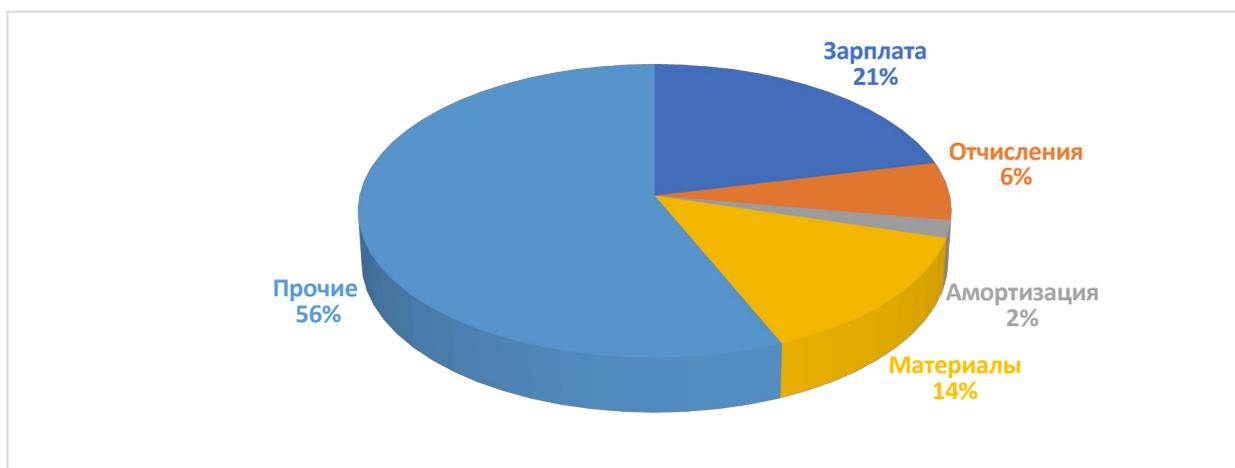


Рисунок 49 – Структура прямых затрат на оказание медицинских услуг в составе технологии цифровых навигационных шаблонов

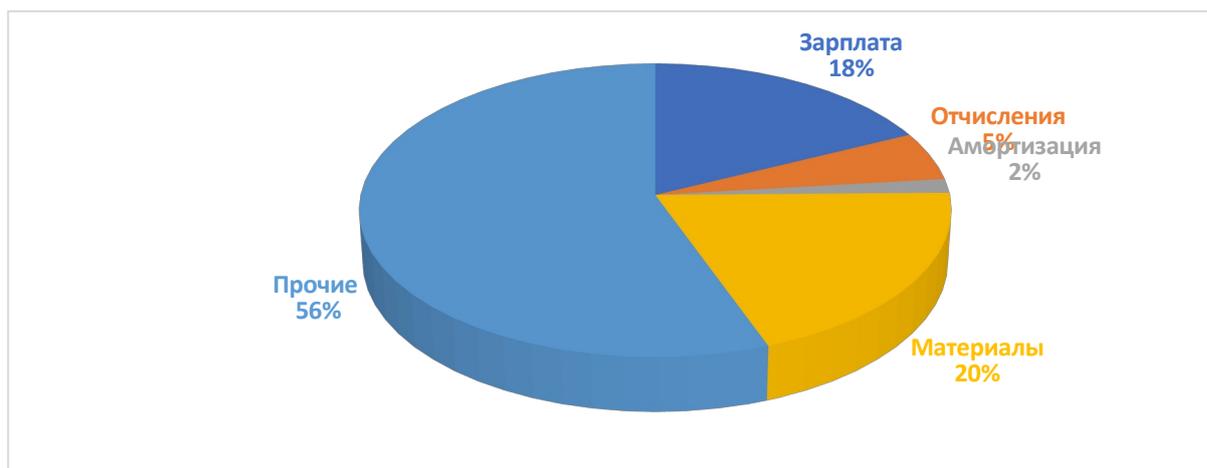


Рисунок 50 – Структура прямых затрат на оказание медицинских услуг в составе технологии без использования цифровых навигационных шаблонов

Так, при использовании обеих технологий наибольший удельный вес (56%) в общем составе затрат приходился на прочие затраты, и лишь незначительный процент материальных расходов при использовании аналоговой технологии перераспределяется в пользу расходов на заработную плату.

4.3 Временные затраты

Технология цифровых навигационных шаблонов предполагает оказание пациенту 10-ти медицинских услуг при продолжительности медицинского цикла 295 минут. Технология без использования цифровых навигационных шаблонов предполагает оказание пациенту 25-ти медицинских услуг при продолжительности медицинского цикла 675 минут. Существенные расхождения в цифрах (15 услуг и 380 минут) предопределяют принципиальные отличия в структуре временных затрат на лечение в разрезе по медицинским услугам.

Самая затратная в стоимостном выражении услуга в составе обеих технологий - А02.07.010.014. Прямые затраты на её оказание в обоих случаях составили 9002,8 рублей, но удельный вес в общей совокупности прямых затрат существенно отличается: для аналога – это 20%, а для цифровой технологии – 56%.

Наименее затратной в денежном аспекте при реализации аналоговой технологии является услуга А02.07.006, ее удельный вес в общей совокупности прямых затрат составил менее 1%, при затратах на оказание (141,5 рублей). Для технологии цифровых навигационных шаблонов такой услугой является А06.07.013, ее удельный вес в общей совокупности прямых затрат составил 2%, при затратах на оказание (362,6 рублей).

4.4 Показатели клинико-экономической эффективности

Нами выполнена подстановка клинических эффектов (см. табл. 8) и прямых затрат, необходимых для их получения (см. табл. 9), в формулы 8 и 9, рассчитаны и сведены в таблице 10 показатели клинико-экономической эффективности сравниваемых медицинских технологий.

Таблица 10 – Показатели клинико-экономической эффективности технологий

Статичная эффективность		Сравнительная эффективность
Технология цифровых навигационных шаблонов	Технология без использования цифровых	

		навигационных шаблонов			
значение	комментарий	значение	комментарий	значение	комментарий
15979,5/ -1,6	Эффективно. Затраты в размере 15979,5 рублей обеспечивают снижение индекса эффективности и гигиены полости рта (РНР) на -1,6 балла	44074,0/ -1,5	Эффективно. Затраты в размере 44074,0 рублей обеспечивают снижение индекса эффективности и гигиены полости рта (РНР) на 1,5 балла	-28094,5/ -0,1	Высокая эффективность технологии цифровых навигационных шаблонов. При меньших затратах достигается больший клинический эффект - дополнительное снижение индекса эффективности гигиены полости рта (РНР) на 0,1 балла
15979,5/ 0	Эффективно. Затраты в размере 15979,5 рублей обеспечивают лучшее из возможных значение пародонтального индекса Рассела (PI) – 0 баллов	44074,0/ 0	Эффективно. Затраты в размере 44074,0 рублей обеспечивают лучшее из возможных значение пародонтального индекса Рассела (PI) – 0 баллов	-28094,5/ 0	Высокая эффективность технологии цифровых навигационных шаблонов. При меньших затратах достигается равноценный клинический эффект - сохранение лучшего из возможных значения пародонтального индекса Рассела (PI)
15979,5/ 1	Эффективно. Затраты в размере 15979,5 рублей обеспечивают	44074,0/ 1	Эффективно. Затраты в размере 44074,0 рублей обеспечивают	-28094,5/ 0	Высокая эффективность технологии цифровых навигационных шаблонов. При

	лучшее из возможных значение Костного индекса Фукса (Fuchs) - 1 балл		лучшее из возможных значение Костного индекса Фукса (Fuchs) – 1 балл		меньших затратах достигается равноценный клинический эффект - сохранение лучшего из возможных значения Костного индекса Фукса (Fuchs)
15979,5/0	Эффективно. Затраты в размере 15979,5 рублей обеспечивают лучшее из возможных значение Краевого показателя прилегания коронки зуба (через год) – 0 мкм	44074,0/80	Эффективно. Затраты в размере 44074,0 рублей обеспечивают значение Краевого показателя прилегания коронки зуба (через год) - 80 мкм	-28094,5/-80	Высокая эффективность технологии цифровых навигационных шаблонов. При меньших затратах достигается лучший клинический эффект – Краевой показатель прилегания коронки зуба (через год) не увеличивается на 80 мкм

Все показатели статичной клинико-экономической эффективности обеих исследуемых технологий подтверждают их результативность и возможность использования в стоматологической практике.

Вместе с тем все показатели сравнительной клинико-экономической эффективности демонстрируют большие клинические эффекты при меньших денежных (-28094,5 рублей) и временных (-380) затратах при использовании технологии цифровых навигационных шаблонов. При использовании этой технологии пациент получает лучший краевой показатель прилегания коронки зуба, дополнительное снижение индекса эффективности гигиены полости рта

(PHR) на 0,1 балла, сохраняет лучшие из возможных значения индексов PI и Fuchs.

Полученные результаты подтверждают целесообразность использования в стоматологической практике технологии цифровых навигационных шаблонов. Сокращение лечебного цикла, прежде всего, за счет технического перевооружения, приведет к росту пропускной способности и рентабельности клиники, а также позволит экономить время пациента, повысить комфортность потребления медицинских услуг и, в итоге, обеспечит ему более высокий уровень жизни.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современная стоматология переживает этап глубокой цифровой трансформации, затрагивающей все направления — от диагностики и планирования до клинической реализации и последующей реабилитации пациентов. Одним из наиболее динамично развивающихся направлений является восстановление ранее эндодонтически леченных разрушенных зубов, где внедрение цифровых технологий позволило по-новому подойти к решению традиционных задач: точному препарированию культевой части, надёжному армированию корня и долговечной ортопедической реабилитации.

Актуальность данной тематики обусловлена как клиническими, так и социально-экономическими факторами. Увеличение продолжительности жизни, рост числа пациентов с последствиями осложнённого кариеса, травм или ортодонтического лечения приводит к увеличению доли зубов с выраженной разрушенностью коронковой части и изменённой анатомией корневого пространства (включая кальцификацию и облитерацию каналов). Эти ситуации значительно усложняют восстановление, повышают риск ятрогенных ошибок (перфораций, трещин корня) и снижают предсказуемость долгосрочного результата. В то же время сохранение собственных зубов остаётся ключевой задачей современной стоматологии, напрямую влияющей на качество жизни, жевательную функцию и психологический комфорт пациента.

Цифровой подход к восстановлению стал важным ответом на эти вызовы. Его суть заключается в использовании конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ), интраорального сканирования и CAD/CAM-технологий для виртуального планирования оптимальной формы культевой части и траектории установки штифта. В отличие от традиционных методов, основанных на визуальной оценке и опыте врача, цифровое моделирование позволяет заранее спроектировать восстановление и точно воспроизвести его в клинической практике. Применение индивидуальных

навигационных шаблонов обеспечивает минимальную потерю твёрдых тканей, снижает риск перфораций и продольных переломов, а также повышает воспроизводимость результатов. Особенно значимы данные технологии при работе с зубами, имеющими сложную анатомию корневого пространства, где стандартное препарирование сопряжено с высоким риском осложнений. Совмещение данных КЛКТ и интраорального сканирования позволяет точно реконструировать клиническую ситуацию, а 3D-печать — перенести виртуальный план в реальность посредством статического навигационного шаблона.

Хотя существуют и динамические навигационные системы, их широкое применение ограничено высокой стоимостью, необходимостью повторных КЛКТ и сложностью интеграции в рутинную практику. В этой связи разработка усовершенствованных статических цифровых решений для восстановления остаётся клинически оправданной и перспективной.

Настоящее исследование было направлено на создание и клиническую оценку инновационного протокола одномоментного восстановления ранее эндодонтически леченных разрушенных зубов с применением индивидуальных цифровых навигационных шаблонов. Основная цель заключалась в разработке шаблона, обеспечивающего программируемое армирование корня стекловолоконным штифтом и точное формирование культевой части с возможностью немедленной фиксации постоянной керамической коронки. Новизна методики подтверждена патентами Российской Федерации:

– № 2836987 от 24.03.2025 «Способ одновременного восстановления эндодонтически леченного зуба»;

– № 2836999 от 25.03.2025 «Навигационный шаблон для армирования и восстановления культи эндодонтически леченного разрушенного зуба».

В клиническую часть исследования были включены пациенты с разрушенными зубами, ранее прошедшими эндодонтическое лечение и требующими ортопедического восстановления. Критерии включения:

удовлетворительное общее состояние здоровья, отсутствие острых воспалительных процессов, сохранность альвеолярного отростка и возможность выполнения КЛКТ. Исключались пациенты с тяжёлыми соматическими заболеваниями, генерализованным пародонтитом и анатомическими условиями, препятствующими фиксации шаблона. Все участники подписали информированное согласие; протокол исследования одобрен Комитетом по биоэтике Медицинского института РУДН (протокол № 10 от 09.12.2025).

В исследование вошли две сопоставимые по возрасту, полу и клиническому статусу группы. В основной группе применялся разработанный цифровой протокол, в контрольной — традиционная аналоговая методика. Пациентам основной группы проводились КЛКТ и интраоральное сканирование; данные совмещались в специализированном ПО (RealGuide™ 5.0, exocad). На их основе проектировались 3D-модели зуба, корневого пространства, культевой части и будущей коронки. Навигационные шаблоны изготавливались методом 3D-печати из прозрачного биосовместимого фотополимера (Dental SG Resin, Formlabs). Конструкция включала направляющий канал, строго соосный анатомическому корневному каналу, с диаметром и глубиной, соответствующими параметрам стекловолоконного штифта. Прозрачность материала позволяла проводить фотополимеризацию композита непосредственно через шаблон, обеспечивая равномерное отверждение и надёжную адгезию. Таким образом, в одно посещение выполнялись препарирование культевой части, армирование штифтом и фиксация постоянной коронки из дисиликата лития. В контрольной группе восстановление проводилось в несколько этапов с временным протезированием и последующей заменой на постоянную конструкцию.

Клиническая эффективность оценивалась по четырём валидированным показателям: индексу эффективности гигиены полости рта (PHR), пародонтальному индексу Рассела (PI), костному индексу Фукса и краевому прилеганию коронок через 12 месяцев. Данные фиксировались с помощью

клинических осмотров, внутривидеовой фотографии, рентгенографии и повторных КЛКТ. Также учитывались субъективные параметры: комфорт, удовлетворённость эстетикой и функциональностью.

Результаты показали, что в основной группе РНР достоверно снизился с $1,20 \pm 0,05$ до $1,10 \pm 0,04$ ($p < 0,05$), тогда как в контрольной остался неизменным ($1,20 \pm 0,05$; $p > 0,05$). Это указывает на лучшее гигиеническое состояние, обусловленное точностью препарирования и отсутствием ретенционных зон. РІ во всех случаях составил $0,00 \pm 0,00$, а костный индекс Фукса — $1,00 \pm 0,00$, что подтверждает биологическую безопасность обоих подходов. Наиболее значимые различия выявлены по краевому прилеганию: $80 \pm 2,5$ мкм в основной группе против $85 \pm 2,8$ мкм в контрольной ($p < 0,05$). Оба значения находились в пределах клинической нормы (<120 мкм), однако лучшая герметичность в основной группе снижает риск микроподтекания и вторичного кариеса. Таким образом, цифровой протокол продемонстрировал преимущество по двум ключевым клиническим параметрам при сохранении оптимальных биологических показателей. Также отмечено сокращение числа посещений и повышение удовлетворённости пациентов.

Экономический анализ показал, что средние прямые затраты в контрольной группе составили 44 074 рубля на пациента, в основной — 15 979,5 рубля, что обеспечило экономию ****28 094,5 рубля****. Основные источники экономии:

- трудовые ресурсы: –4 471 руб.;
- материалы: –6 401 руб.;
- исключение временной коронки и связанных лабораторных услуг: –15 508,8 руб.

Время восстановления сократилось с 675 до 295 минут (разница — 380 минут), а количество медицинских услуг — с 25 до 10. Это снижает нагрузку на врача и пациента, повышает пропускную способность клиники.

Расчёт клинико-экономической эффективности подтвердил, что при меньших затратах достигается лучший или сопоставимый клинический результат. Снижение РНР на 0,1 балла и улучшение краевого прилегания при значительной экономии ресурсов свидетельствуют о высокой эффективности технологии.

В заключение, исследование впервые продемонстрировало возможность объединения этапов подготовки культевой части, армирования и ортопедического восстановления в единый цифровой протокол. Полученные данные подтверждают как клиническую эффективность (сохранение тканей, точность, биологическая стабильность, улучшение гигиены), так и экономическую целесообразность (сокращение времени, затрат и числа визитов). Внедрение данной технологии способно повысить рентабельность клиник, улучшить удовлетворённость пациентов и стандартизировать процессы восстановления. Разработанный протокол и навигационный шаблон, защищённые патентами РФ № 2836987 и № 2836999, представляют значимый вклад в развитие цифровой ортопедической стоматологии и открывают новые перспективы для предсказуемого и экономически эффективного восстановления зубов после эндодонтического лечения.

ВЫВОДЫ

1. Разработаны конструкции навигационных шаблонов (патент РФ № 2836999 от 25.03.2025), обеспечивающие минимально инвазивное препарирование культевой части ранее эндодонтически леченных разрушенных зубов, снижающие риск перфорации корня и ятрогенных осложнений, повышающие точность позиционирования под установку стекловолоконного штифта, сохраняющие максимальный объём твёрдых тканей и способствующие более предсказуемым результатам последующего ортопедического восстановления.

2. Разработана технология моделирования и производства навигационных шаблонов (патент РФ № 2836987 от 24.03.2025), основанная на интеграции данных КЛКТ, интраорального сканирования, CAD/CAM-проектирования и 3D-печати, которая обеспечивает высокую точность изготовления, индивидуализацию конструкции под анатомию пациента, сокращение времени клинических этапов и возможность реализации протокола «у кресла пациента».

3. Предложен клинический протокол одномоментного восстановления разрушенных зубов после завершённого эндодонтического лечения с использованием разработанных навигационных шаблонов, который позволяет в одно посещение выполнить точное армирование корневого пространства стекловолоконным штифтом, формирование культевой части и фиксацию постоянной керамической коронки. Это сокращает количество визитов, снижает риск микроподтекания и вторичного инфицирования, а также повышает прогнозируемость функционального и эстетического результата ($p < 0,05$).

4. Сравнительная оценка клинических эффектов показала, что применение навигационных шаблонов обеспечивает достоверное улучшение гигиенического статуса: индекс эффективности гигиены полости рта (РНР) снизился с $1,20 \pm 0,05$ до $1,10 \pm 0,04$ ($p < 0,05$). Краевое прилегание коронок

составило $80 \pm 2,5$ мкм против $85 \pm 2,8$ мкм при традиционном подходе ($p < 0,05$). При этом пародонтальный индекс Рассела во всех случаях оставался на уровне 0,00, а костный индекс Фукса — 1,00, что свидетельствует о высоком биологическом и клиническом качестве восстановления.

5. Клинико-экономический анализ показал, что применение навигационных шаблонов позволяет снизить прямые затраты на 28 094,5 рубля на одного пациента за счёт сокращения расходов на трудовые ресурсы (–4 471 руб.), материалы (–6 401 руб.), исключения этапа изготовления временной коронки (–15 508,8 руб.) и снижения затрат на амортизацию оборудования и лабораторные услуги. Временные затраты сократились на 380 минут на пациента. Полученные данные подтверждают достоверное преимущество цифрового протокола по показателю «затраты–эффективность» по сравнению с традиционным методом ($p < 0,05$).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для планирования восстановления необходимо проводить совмещение данных КЛКТ и интраорального сканирования с целью уточнения анатомического положения устьев корневых каналов и проектирования оптимальной формы культевой части. На основании полученной информации выполняется CAD/CAM-моделирование навигационного шаблона и его изготовление методом 3D-печати из прозрачного биосовместимого фотополимера.

2. Минимально инвазивное препарирование культевой части и снижение риска перфорации корня достигаются благодаря использованию навигационных шаблонов, разработанных на основе интеграции данных КЛКТ и интраорального сканирования.

3. Высокая точность позиционирования стекловолоконного штифта и препарированных инструментов обеспечивается за счёт изготовления навигационных шаблонов методом CAD/CAM-моделирования и 3D-печати из прозрачного фотополимера.

4. Точность определения топографии устьев корневых каналов и проектирования оптимальной конфигурации культевой части достигается благодаря совмещению данных КЛКТ и интраорального сканирования на этапе цифрового планирования восстановления.

5. Сокращение числа посещений и повышение предсказуемости результатов восстановления обеспечиваются применением протокола одномоментного восстановления ранее эндодонтически леченного разрушенного зуба с использованием навигационного шаблона, армированием культи стекловолоконным штифтом и немедленной фиксацией постоянной керамической коронки.

6. Долговечность реставрации и профилактика вторичного инфицирования достигаются за счёт обеспечения высокого качества краевого прилегания искусственных коронок — не более 80 мкм, что подтверждено клиническими измерениями через 12 месяцев.

7. Снижение риска осложнений (включая продольные переломы) и сохранение функционально значимых зубов в сложных клинических ситуациях — таких как кальцификация каналов, выраженная разрушенность коронковой части или искривление корня — достигаются применением навигационных шаблонов как предпочтительного метода подготовки к восстановлению.

8. Повышение рентабельности лечебного процесса и удовлетворённости пациентов достигается за счёт снижения прямых затрат на 28 094,5 рубля и сокращения временных затрат на 380 минут на одного пациента при одновременном улучшении клинических показателей (гигиена, краевое прилегание, биологическая стабильность).

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

РНР - Plaque Index

PI – Periodontal index

РМА – Papillary-Marginal-Alveolar Index, папиллярно-маргинально-альвеолярный индекс

КЛКТ – конусно-лучевая компьютерная томография

ОПТГ – ортопантомография

CAD – Computer-Aided Design (компьютерное проектирование)

CAM – Computer-Aided Manufacturing (компьютерное изготовление)

CAD/CAM – Computer-Aided Design/Manufacturing (цифровое проектирование и изготовление)

STL – STereoLithography (стандартный формат 3D-моделей для печати)

Exocad – программное обеспечение для цифрового моделирования стоматологических реставраций

CPITN – Community Periodontal Index of Treatment Needs (индекс потребности в лечении заболеваний пародонта)

ЭДТА – этилендиаминтетрауксусная кислота

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеенко А. М. Применение внутрикорневых штифтовых конструкций в практике врача-стоматолога // Клиническая стоматология. – 2006. – № 1. – С. 19–27.
2. Амхадова М. А. Эффективность применения фотодинамической терапии в комплексном лечении пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом / М. А. Амхадова, И. С. Копецкий, В. В. Прокопьев // Российский стоматологический журнал. – 2016. – Т. 20, № 1. – С. 12–15.
3. Ал-Нидави Мазин Кадхим Ахмед. Сравнение чистоты корневых каналов после применения механических инструментов / М. К. А. Ал-Нидави, Е. А. Корецкая, Е. В. Горячева // Вестник науки. – 2024. – № 7 (76). – С. 822–840.
4. Апресян С. В. Комплексное цифровое планирование стоматологического лечения / С. В. Апресян, А. Г. Степанов, М. М. Антоник [и др.]. – М.: Мозартика, 2020. – 218 с.
5. Апресян С. В. Технология цифрового планирования стоматологического лечения: стандартизация и клиничко-экономическая эффективность / С. В. Апресян, М. Н. Забаева, А. Г. Степанов. – М.: ООО «Новик», 2021. – 168 с.
6. Аржанцев А. Особенности рентгенологического исследования при эндодонтическом лечении / А. Аржанцев, З. Ахмедова // Эндодонтия Today. – 2014. – № 12(3). – С. 13–19.
7. Арутюнов А. С. Оптимизация восстановления зубов штифтовыми конструкциями : автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2003.
8. Арутюнов А. С., Лебеденко И. Ю., Арутюнов С. Д., Зубов В. С., Чумаченко Е. Н. Оптимизация восстановления разрушенных зубов штифтовыми конструкциями // Стоматология. – 2005. – № 6. – С. 40–43.
9. Арутюнов С. Д., Чумаченко Е. Н., Лебеденко И. Ю. Сравнительный анализ эффективности различных конструкций культевых штифтовых вкладок : материалы Междунар. конф. челюстно-лицевых хирургов и стоматологов. – СПб., 2001. – С. 17.

10. Арутюнов С. Д., Чумаченко Е. Н., Лебедеико И. Ю., Арутюнов А. С. Сравнительный анализ результатов математического моделирования напряженно-деформированного состояния различных конструкций штифтовых зубных протезов // *Стоматология*. – 2001. – Т. 80, № 2. – С. 41–47.
11. Бадалян В. А. Разработка техники создания навигационных стереолитографических шаблонов для апикальной хирургии с использованием программного обеспечения для планирования дентальной имплантации / В. А. Бадалян, Д. А. Паринов, Д. Э. Исаева [и др.] // *Российский вестник дентальной имплантологии*. – 2020. – № 1–2(47–48). – С. 51–55.
12. Барер Г. М., Половец М. Л., Дмитриевич Д. А. Стекловолоконные штифты. Сравнительный анализ прочности на изгиб // *Стоматолог*. – 2006. – № 11. – С. 43–44.
13. Бенаму Л. М., Сюльтан П., Эльт П. Корневые штифты: аргументированный выбор // *Клин. стоматол.* – 1998. – № 3(7). – С. 14–20.
14. Бобровская А. С. Оптимизация методики фиксации стекловолоконных штифтов для увеличения прочности адгезивного соединения при восстановлении зубов с разрушенной коронковой частью : автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2018.
15. Боровский Е. В. Внутриканальные штифты при подготовке зубов к реставрации коронковой части // *Клиническая стоматология*. – 2000. – № 2. – С. 32–34.
16. Боровский Е. В. О новых стандартах лечения и диагностики кариеса зубов // *Клиническая стоматология*. – 2006. – № 4. – С. 6–8.
17. Брага Н. М., Паулино С. М., Альфредо Э., Соуза-Нето М. Д., Вансан Л. П. Removal resistance of glass-fiber and metallic cast posts with different lengths // *J Oral Sci*. – 2006. – Vol. 48, № 1. – P. 15–20.
18. Брагин Е. А. Теоретические и клинические предпосылки к использованию фрагментов корней моляров в качестве опоры зубных протезов // *Стоматология*. – 2003. – № 6. – С. 45–56.

19. Вагнер В. Д. Путеводитель по ортопедической стоматологии / В. Д. Вагнер, В. М. Семенюк, О. В. Чекунков. – М.: Медицинская книга; Н. Новгород: Издательство НГМА, 2004. – 581 с.
20. Вейсгейм Л. Д., Гоменюк Т. Н. Продолжительность процедуры извлечения литых штифтовых вкладок из корневых каналов при помощи ультразвука в клинических условиях // Эндодонтия Today. – 2016. – № 3. – С. 59–62.
21. Вейсгейм Л. Д., Гоменюк Т. Н. Клиническое изучение преимущества кварцевых внутриканальных штифтов для продления сроков службы зубов со значительным разрушением коронковой части // Эндодонтия Today. – 2017. – № 4. – С. 52–57.
22. Венедиктова В. А. Особенности анатомо-топографического строения и эндодонтического лечения корневых каналов зубов у пациентов разных возрастных групп: дис. ... канд. мед. наук: 3.1.7. – Москва, 2023. – 165 с.
23. Видодо Э. Обзор: Цифровая управляемая терапия для эндодонтического лечения // Научные исследования и клинические статьи. Стоматологическая техника. Стоматологический ресурс Азия. – 2024. – № 4.
24. Вокулова Ю. А. Точности установки зубных имплантатов с применением цифровых технологий / Ю. А. Вокулова, Е. Н. Жулев // Сибирское медицинское обозрение. – 2022. – № 1(133). – С. 59–65.
25. Гажва С. И. Способы ортопедического лечения пациентов с разрушенными клиническими коронками опорных зубов. Обзор литературы / С. И. Гажва, А. И. Тетерин, Ж. С. Просвирина, К. А. Янышева // Медико-фармацевтический журнал Пульс. – 2021. – Т. 23, № 10. – С. 56–63.
26. Гапочкина Л. Л., Чуев В. В., Чуев В. П. Использование стекловолоконных штифтов «Армодент» в клинике терапевтической стоматологии // Институт стоматологии. – 2008. – № 4. – С. 100–101.
27. Грандини С., Сапио С., Симонети М. Применение анатомических штифтов и надстройки для реставрации эндодонтически леченых зубов // Dental IQ. – 2004. – № 1. – С. 72–76.

28. Даврешян Г. К. Методика оценки клинико-экономической эффективности технологии цифровых навигационных шаблонов / Г. К. Даврешян, С. В. Апресян, А. Г. Степанов, М. Н. Забаева // Проблемы в стоматологии. – 2025. – № 2. – С. 212–220.
29. Дегтярев Н. Е. Этапы изготовления хирургических шаблонов и их применение в сложных клинических случаях / Н. Е. Дегтярев, Р. Ф. Мухаметшин, С. Мамедов [и др.] // Голова и шея. Российский журнал. – 2020. – Т. 8, № 3. – С. 61–67.
30. Джасим Б. М. Сравнение данных ортопантомографии и конусно-лучевой компьютерной томографии при обследовании зубов после эндодонтического лечения / Б. М. Джасим, М. К. Аль-Хашими, Р. Д. А. Сахиб // REJR. – 2023. – № 13(4). – С. 16–25.
31. Дроботун Н. С., Абдурахманов Ф. С., Ермаков С. А. Микропротезирование. – М., 2005.
32. Дроботун Н. С. Микропротезирование. Реставрация коронковой части зуба современными композитными материалами с применением анкерных штифтов / Н. С. Дроботун, И. А. Сливина, Л. П. Гуль [и др.] // Новое в стоматологии. – 2001. – № 3. – С. 20–27.
33. Дубова М. А. Современные технологии в эндодонтии: Учебное пособие / М. А. Дубова, Т. А. Шпак, И. В. Корнетова. – СПб., 2005. – 96 с.
34. Едэльхофф Д., Шпиккерман Х. Все о современных системах корневых штифтов // Новое в стоматологии. – 2003. – № 5. – С. 44–48.
35. Замена литых металлических вкладок штифтами из стекловолокна: краткий систематический обзор / И. И. Юлдашев, М. А. Чернов, С. А. Петров, В. В. Альцев // Проблемы современной науки и инновации. – 2022. – № 4. – С. 74–77.
36. Золотова Л. Ю., Недосеко В. Б., Маршалок О. И. [и др.]. Влияние нагрузки на прочностные характеристики комплекса: дентин – фиксирующий цемент – стекловолоконный пост (экспериментальное исследование) // Эндодонтия Today. – 2016. – № 2. – С. 16–18.

37. Когина Э. Н. Оптимизация комплексного лечения хронического апикального периодонтита зубов: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.14. – Уфа, 2019. – 146 с.
38. Клепилин Е. С. Экспериментально-клиническое обоснование штифтовых конструкций на основе стекловолокна : дис. ... канд. мед. наук. – М., 2002.
39. Козицина С. И. Особенности протезирования культевыми штифтовыми вкладками при низких клинических коронках / С. И. Козицина, С. Х. Обиджанов // Институт стоматологии. – 2002. – № 2. – С. 24–26.
40. Копейкин В. И. Руководство по ортопедической стоматологии. – М.: Медицина, 1993. – 496 с.
41. Кукушкин В. Л., Никулина В. Ю., Кукушкина Е. А. О постэндодонтической реставрации зубов // Эндодонтия today. – 2011. – № 4. – С. 61–62.
42. Лазарева К. Экстремальные реставрации: штифтовать, не штифтовать. Ч. 1 // ДентАрт. – 2015. – № 4(81). – С. 43–55.
43. Ленденгольц Ж. А. Применение конусно-лучевой компьютерной томографии в ортодонтии / Ж. А. Ленденгольц, Е. А. Картон, З. И. Вагапов // Ортодонтия. – 2010. – № 4(52). – С. 6–9.
44. Леонтьев В. К. Стоматологический статус людей старших возрастных групп и пути оптимизации пользования съемными зубными протезами / В. К. Леонтьев, К. А. Керимханов, Н. Н. Беделов [и др.] // Стоматологический научно-образовательный журнал. – 2023. – № ½. – С. 2–12.
45. Лобовкина Л. А., Райнаули Л. В., Николаев А. И., Романов А. М. Внутриканальные штифты: мифы и реальность // Современная стоматология. – 2012. – № 1(60). – С. 2–5.
46. Лубашева О. Я. Совершенствование алгоритма лучевого исследования стоматологических пациентов в условиях амбулаторного приема ведомственного здравоохранения: дис. ... канд. мед. наук: 3.1.25. – Москва, 2022. – 178 с.

47. Луцкая И. К., Новак Н. В. Стекловолоконные конусные штифты со специальными головками в клинике эстетической стоматологии // Современная стоматология. – 2015. – № 1(60). – С. 55–59.
48. Малый А. Ю. Проблема унификации подходов к выбору конструкций протезов в клинике ортопедической стоматологии // Актуальные проблемы стоматологии: Сб. трудов под ред. проф. Лебедеико И. Ю. – М., 2002. – С. 130–133.
49. Малый А. Ю. Унификация подходов к выбору конструкций протезов // Актуальные проблемы стоматологии : сб. докл. конф. – 2002.
50. Маркин В. А., Викулин А. В., Гринев А. В. Восстановление культей зубов после эндодонтического лечения с помощью анкерных штифтов и композитного материала химического отверждения // Эндодонтия Today. – 2012. – № 4. – С. 28–31.
51. Митронин А. В. Сравнительные аспекты лабораторных исследований при восстановлении коронковой части зуба с помощью внутриканальных стекловолоконных лент // Эндодонтия Today. – 2008. – № 2. – С. 22–26.
52. Мурадов М. А. Особенности прямого восстановления культевой части зуба с применением кор-материалов // Клиническая стоматология. – 2005. – № 2.
53. Мурадов М. А., Ряховский А. Н., Мамедова Л. А. Новый метод восстановления культевой части зуба // Клиническая стоматология. – 2006. – № 2. – С. 16–22.
54. Найку Й. В. Рентгенологическое обоснование негативного воздействия эндодонтических (корневых) штифтов / Й. В. Найку, Р. К. Критеску // Dental Tribune. – 2008. – № 3, Т. 7. – С. 2–6.
55. Ничипор Е. А. Идентификационные признаки эндодонтических материалов и фрагментов сломанных инструментов в каналах удаленных зубов по данным компьютерной томографии / Е. А. Ничипор, В. В. Петровская, Д. А. Лежнев // Клиническая стоматология. – 2021. – № 1 (97). – С. 35–41.
56. Николаев А. И., Лобовкина Л. А., Рогацкин Д. А., Николаев Д. А. Медико-технологический алгоритм восстановления эндодонтически леченых зубов с

использованием внутриканальных штифтов-постов // Новое в стоматологии. – 2009. – № 4(160). – С. 85–94.

57. Николаев А. И., Романов А. М., Нестерова М. М., Левченкова Н. С. Эстетические, биомеханические и технологические аспекты восстановления коронковой части эндодонтически леченых зубов // Эндодонтия Today. – 2018. – № 1. – С. 72–76. – DOI 10.25636/PMP.2.2018.1.12.

58. Николаев А. И., Цепов Л. М. Практическая терапевтическая стоматология. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Медпресс-информ, 2007. – 928 с.

59. Ожигов Е. Инновационная система для планирования и проведения имплантации RealGUIDE от 3DIEMME. Обзор возможностей // Дентальная имплантология и хирургия. – 2015. – № 2(19). – С. 72–74.

60. Олесова В. Н. Сравнение биомеханики штифтовых конструкций с стекловолоконными и титановыми штифтами // Панорама ортопедической стоматологии. – 2001. – № 3. – С. 22–23.

61. Олесова В. Н. Сравнительный анализ биомеханики конструкций со стекловолоконными и титановыми штифтами // Панорама ортопедической стоматологии. – 2001.

62. Онопа Е. Н. Профилактика перфорации корня и нарушения оси корневого канала при реставрации коронковой части зуба штифтовой конструкцией / Е. Н. Онопа, С. И. Токмакова, Д. С. Павликов // Проблемы стоматологии. – 2008. – № 2. – С. 21–23.

63. Онопа Е. Н., Павликов Д. С., Макриди Н. Ю. Структурная характеристика клинических ошибок и осложнений при реставрации дефектов твердых тканей зубов штифтовыми конструкциями // Институт стоматологии. – 2007. – № 3. – С. 74–76.

64. Патент № 2812239 С1 РФ. Способ доступа к верхушке корня зуба фронтального отдела верхней челюсти / Д. А. Коблов, Н. В. Лапина, Е. С. Овчаренко, Е. О. Лукина. – Заявл. 11.05.2023; опубл. 25.01.2024.

65. Патент № 2836987 С1 РФ. Способ одновременного эндодонтического лечения и восстановления зуба / С. В. Апресян, А. Г. Степанов, Г. К. Даврешян,

Л. С. Григорьянц, В. А. Южаков, К. С. Апресян. – Заявл. 07.08.2024; опубл. 24.03.2025.

66. Патент № 2836999 С1 РФ. Навигационный шаблон для армирования и восстановления культи эндодонтически леченного разрушенного зуба / С. В. Апресян, А. Г. Степанов, Г. К. Даврешян, Л. С. Григорьянц, В. А. Южаков, К. С. Апресян. – Заявл. 07.08.2024; опубл. 25.03.2025.

67. Петрова М. М. Современные неметаллические штифты // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2015. – Т. 5, № 10. – С. 1185.

68. Петровская В. В. Конусно-лучевая компьютерная томография в анализе эндодонтического лечения зубов (в эксперименте) / В. В. Петровская, Н. Н. Потрахов, А. Ю. Васильев // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2019. – № 100(2). – С. 89–94.

69. Пешкова М. Установка имплантата Cortex с использованием хирургического шаблона и специального программного обеспечения для планирования имплантации // Современная ортопедическая стоматология. – 2016. – № 25. – С. 22–24.

70. Пигг М. Международная классификация орофациальной боли, 1-е издание (МКОБ) / М. Пигг, А. Лоу, Д. Никсдорф [и др.] // Альманах клинической медицины. – 2022. – № S. – С. 3–82.

71. Пстыга Е. Ю., Шишкова В. И. Повышение эффективности постэндодонтического лечения зубов с использованием стекловолоконных штифтов // Тверской медицинский журнал. – 2024. – № 5. – С. 148–154.

72. Романов А. М., Лобовкина Л. А. Клинические приемы использования стекловолоконных штифтов при прямой реставрации разрушенной коронки зуба // Институт стоматологии. – 2008. – № 4. – С. 98–99.

73. Рудо Д. Н. Как оценить прочность стекловолокна // ДентАРТ. – 2015. – № 4. – С. 63–74.

74. Ряховский А. Н. Новый метод реставрации культевой части зуба / А. Н. Ряховский, М. А. Мурадов, Е. В. Терепенчук // Панорама ортопедической стоматологии. – 2006. – № 2. – С. 10–16.

75. Садаева А. Д., Тонкоглаз Е. Г. Применение стекловолоконных штифтов в стоматологической практике // Главный врач Юга России. – 2017. – № 5(58). – С. 32–33.
76. Сарфати Э., Хартер Ж. К., Радиге Ж. Развитие концепции восстановления депульпированных зубов // Клиническая стоматология. – 1997. – № 1. – С. 32–34.
77. Селина О. Б. Сравнительный анализ данных традиционной рентгенографии и дентальной конусно-лучевой компьютерной томографии при диагностике хронического гранулирующего периодонтита / О. Б. Селина, Д. В. Некрылов, О. Ю. Шалаев [и др.] // Российский стоматологический журнал. – 2016. – № 4. – С. 201–205.
78. Семенюк В. М. Методические подходы к использованию корней зубов, разрушенных ниже уровня десны, в качестве опоры под штифтовые конструкции / В. М. Семенюк, А. К. Гуц, Т. Н. Капотина // Панорама ортопедической стоматологии. – 2001. – № 4. – С. 34–35.
79. Соловьева О. Метод топографической визуализации корневых каналов зубов с помощью компьютерного моделирования / О. Соловьева, Ю. Винниченко, А. Винниченко, И. Сухарский // Эндодонтия Today. – 2015. – № 13(4). – С. 39–42.
80. Соловьева О. А. Применение конусно-лучевой компьютерной томографии в эндодонтии (Часть III). Метод инструментальной обработки корневого канала зуба при наличии в нем отломка инструмента / О. А. Соловьева, Ю. А. Винниченко, М. В. Гоман [и др.] // Эндодонтия Today. – 2017. – № 3. – С. 29–33.
81. Степанов А. Г. Цифровое планирование в хирургической стоматологии: практическое пособие / А. Г. Степанов, С. В. Апресян. – М.: Мозартика, 2021. – 128 с.
82. Степанов А. Г. Цифровое планирование стоматологического лечения: монография / А. Г. Степанов, С. В. Апресян. – М.: РУДН, 2022. – 188 с.
83. Терри Д. А. Изготовление реставраций на основе корневых штифтов // Новое в стоматологии. – 2006. – № 4. – С. 16–22.

84. Терри Д. А. Принципы прямого моделирования штифтовой конструкции на основе волоконно-упрочненного композиционного материала // Институт стоматологии. – 2003. – № 4. – С. 80–86.
85. Терри Д. Модельные принципы системы восстановления зубов посредством прямых штифтов из усиленной композитной смолы // Институт стоматологии. – 2004. – № 1. – С. 35–37.
86. Ткаченко Э. Д. Разработка и клиническое обоснование применения навигационного хирургического шаблона для десневой трансплантации в лечении болезней пародонта: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 3.1.7. – Москва, 2023. – 24 с.
87. Трифонов Д. О. Использование навигационных эндодонтических шаблонов при лечении зубов с кальцифицированными каналами / Д. О. Трифонов, А. В. Кузьменко // Актуальные проблемы современной медицины и фармации 2023: сб. тез. докл. LXXVII Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2023. – С. 828–832.
88. Феденко А. В. Сравнительная характеристика программного обеспечения навигационной хирургии «R2gate», «Nobel Clinician», «Implant-Guide» и «Mguide» / А. В. Феденко, Е. Е. Жукова, О. Л. Шнейдер, Д. С. Жолудев // Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения. – Екатеринбург, 2020. – Т. 3. – С. 334–339.
89. Федюнина А. Е. Профилактика осложнений, возникающих во время и после эндодонтического лечения зубов / А. Е. Федюнина, Ю. В. Луницына // Scientist. – 2021. – № 2 (16). – С. 21.
90. Фридман Дж. Эстетическое лечение с использованием методики на штифте // Клиническая стоматология. – 2001. – № 2. – С. 10–15.
91. Хидибергишвили О. Э. Современная концепция использования эндоканального штифта / О. Э. Хидибергишвили, М. А. Гогиберидзе // Маэстро стоматологии. – 2006. – № 1. – С. 52–55.
92. Чибисова М. А. Оптимизация диагностики и лечения хронических периодонтитов зубов с использованием дентальной компьютерной

томографии / М. А. Чибисова, А. Л. Дударев, Н. М. Батюков // *Эндодонтия Today*. – 2012. – Т. VI, № 1–2.

93. Шидловский М. С., Савичук А. А. Влияние конструкции и материала внутриканальных штифтов на механические характеристики восстановленных резцов нижней челюсти // *Вісник СевНТУ*. – 2013. – № 137. – С. 156–162.

94. Штифтовые конструкции и системы для лечения дефектов коронок зубов : учеб.-метод. пособие / С. А. Наумович [и др.]. – Минск : БГМУ, 2022. – 56 с.

95. Alhujhuj R. R. Evaluation of Root Canal Configuration of Maxillary and Mandibular First Molar by CBCT: A Retrospective Cross-Sectional Study / R. R. Alhujhuj, R. Jouhar, M. A. Ahmed [et al.] // *Diagnostics (Basel)*. – 2022. – Vol. 12, № 9. – P. 2121.

96. Al-Dabbagh R. A. Survival and success of endocrowns: A systematic review and meta-analysis // *J Prosthet Dent*. – 2021. – Vol. 125, № 3. – P. 415.e1–415.e9.

97. Al-Omiri M. K., Mahmoud A. A., Rayyan M. R., Abu-Hammad O. Fracture resistance of teeth restored with post-retained restorations: an overview // *J Endod*. – 2010. – Vol. 36, № 9. – P. 1439–1449.

98. Andrade S. A. Cast metal posts versus glass fibre posts: which treatment of choice based on cost-minimisation analysis? // *Evid Based Dent*. – 2021. – Vol. 22, № 4. – P. 128–129.

99. Aung N. M. Three-Rooted Permanent Mandibular First Molars: A Meta-Analysis of Prevalence / N. M. Aung, K. K. Myint // *Int J Dent*. – 2022. – Vol. 2022. – P. 9411076.

100. Berbert F. [et al.]. Efeito do desgaste da linha de cimento, da vibração ultrassônica e da associação de ambas sobre a força de tração empregada na remoção de posts intra-radulares // *Rev Odontol UNESP*. – 2002. – Vol. 31, № 2. – P. 215–229.

101. Blitz N. Adaptation of fiber-reinforced restorative system to the rehabilitation of endodontically treated teeth // *Pract Period Aesthet Dent*. – 1998. – Vol. 10. – P. 191–193.

102. Boksman L. [et al.]. Fiber post techniques for anatomical root variations // *J Greater Houston Dent Soc*. – 2012. – Jan. – P. 16–25.

103. Brezinsky S. [et al.]. In Vitro Comparison of Porcelain Fused to Metal Crown Retention after Endodontic Access and Subsequent Restoration // *J Endod.* – 2020. – Vol. 46, № 11. – P. 1766–1770.
104. Carrilho M. R. [et al.]. Host-derived loss of dentin matrix stiffness associated with solubilization of collagen // *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* – 2009. – Vol. 90. – P. 373–380.
105. Chen C. Comparison of Accuracy and Operation Time in Robotic, Dynamic, and Static-Assisted Endodontic Microsurgery: An In Vitro Study / C. Chen, L. Qin, R. Zhang, L. Meng // *J Endod.* – 2024. – Vol. S0099-2399(24). – P. 00342-X.
106. Chong B. S. Computer-aided dynamic navigation: a novel method for guided endodontics / B. S. Chong, M. Dhesi, J. Makdissi // *Quintessence Int.* – 2019. – Vol. 50, № 3. – P. 196–202.
107. Comite D. M. [et al.]. Quantitative analysis of defects at the dentin-post space in endodontically treated teeth // *Materials.* – 2015. – Vol. 8. – P. 3268–3283.
108. Demiryürek E. O. [et al.]. Effects of three canal sealers on bond strength of a fiber post // *J Endod.* – 2010. – Vol. 36. – P. 497–501.
109. Dietschi D., Duc O., Krejci I., Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature. Part 1. Composition and micro- and macrostructure alterations // *Quintessence Int.* – 2007. – Vol. 38, № 9. – P. 733–743.
110. Etöz M. Investigation of the effectiveness of CBCT and gray scale values in the differential diagnosis of apical cysts and granulomas / M. Etöz, M. Amuk, F. Avcı, A. Yabancı // *Oral Radiol.* – 2021. – Vol. 37, № 1. – P. 109–117.
111. Fachin G. F. Guided Access through Ceramic crowns with Fiberglass Post removal in Lower molars: an in Vitro Study / G. F. Fachin, T. R. Dinato, F. B. Prates [et al.] // *Appl Sci.* – 2023. – Vol. 13, № 9. – P. 5516.
112. Farina A. P. [et al.]. Bond strength of fiber posts in different root thirds using resin cement // *J Adhes Dent.* – 2011. – Vol. 13, № 2. – P. 179–186.
113. Ferrari M. [et al.]. Long-term retrospective study of the clinical performance of fiber posts // *Am J Dent.* – 2007. – Vol. 20, № 5. – P. 287–291.

114. Ferrari M. [et al.]. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate // *Am J Dent.* – 2000. – Vol. 13, № 5. – P. 255–260.
115. Figueiredo F. E. [et al.]. Do metal post-retained restorations result in more root fractures than fiber post-retained restorations? A systematic review and meta-analysis // *J Endod.* – 2015. – Vol. 41, № 3. – P. 309–316.
116. Freedman G. Bonded post-endodontic rehabilitation // *Dent Today.* – 1996. – Vol. 15, № 10. – P. 52–53.
117. Freedman G. A. Esthetic post-and-core treatment // *Dent. Clin. North. Am.* – 2001. – Vol. 45, № 1. – P. 103–116.
118. Godbole S. R. [et al.]. Evaluation of the mode of failure of glass fiber posts: an in vitro study // *Int J Sci Stud.* – 2016. – Vol. 3, № 12. – P. 34–39.
119. Gomes B. P. [et al.]. Chlorhexidine in endodontics // *Braz Dent J.* – 2013. – Vol. 24. – P. 89–102.
120. Goracci C., Ferrari M. Current perspectives on post systems: a literature review // *Aust Dent J.* – 2011. – Vol. 56, Suppl 1. – P. 59–66.
121. Khanna A. B. Applications of cone beam computed tomography in endodontics // *Evid.-based Endod.* – 2020. – Vol. 5. – P. 1.
122. Koch T. [et al.]. Temporary zinc oxide-eugenol cement: Eugenol quantity in dentin and bond strength of resin composite // *Eur J Oral Sci.* – 2013. – Vol. 121. – P. 363–369.
123. Kumagai N. [et al.]. Influence of the flexural modulus of prefabricated and experimental posts on the fracture strength and failure mode of composite resin cores // *Dent Mater J.* – 2012. – Vol. 31, № 1. – P. 113–119.
124. Lazari P. C. [et al.]. Stress distribution on dentin cement-post interface varying root canal and glass fiber post diameters. A three-dimensional finite element analysis based on micro-CT data // *J Appl Oral Sci.* – 2013. – Vol. 21, № 6. – P. 511–517.
125. Machado J. Currently used systems of dental posts for endodontic treatment / J. Machado, P. Almeida, S. Fernandes [et al.] // *Procedia Structural Integrity.* – 2017. – Vol. 5. – P. 27–33.

126. Madani Z. S. Root and canal morphology of mandibular molars in a selected Iranian population using cone-beam computed tomography / Z. S. Madani, N. Mehraban, E. Moudi, A. Bijani // *Iranian Endodontic Journal*. – 2017. – Vol. 12. – P. 143–148.
127. Martinho F. C. Current Applications of Dynamic Navigation System in Endodontics: A Scoping Review / F. C. Martinho, I. L. Griffin, B. J. M. Corazza // *Eur J Dent*. – 2023. – Vol. 17, № 3. – P. 569–586.
128. Migliaiu G. [et al.]. Comparison between three glass fiber post cementation techniques // *Ann Stomatol (Roma)*. – 2017. – Vol. 8, № 1. – P. 29–33.
129. Miller M. Composite reinforcement fibers. The ratings / *Reality 2000*. – 14th ed. – Houston TX : Reality Publishing, 2000. – P. 121–124.
130. Mohammadi Z., Soltani M. K., Shalavi S. An update on the management of endodontic biofilms using root canal irrigants and medicaments // *Iran Endod J*. – 2014. – Vol. 9. – P. 89–97.
131. Moosavi H. [et al.]. Fracture resistance of endodontically treated teeth with different direct corono-radicular restoration methods // *J Clin Exp Dent*. – 2017. – Vol. 9, № 3. – P. e454–e459.
132. Morgano S. M. Restoration of pulpless teeth: Application of traditional principles in present and future contents // *J Prosthet Dent*. – 1996. – Vol. 75. – P. 375–380.
133. Moraes de A. P. [et al.]. Current concepts on the use and adhesive bonding of glass-fiber posts in dentistry: a review // *Applied Adhesion Science*. – 2013. – Vol. 1, № 1. – P. 4.
134. Muniz L. Reabilitação estética em dentes tratados endodonticamente: pinos de fibra de vidro e possibilidades clínicas conservadoras. – São Paulo : Santos, 2010. – 316 p.
135. Naumann M. Когда показаны корневые штифты. Классификация и терапевтическая концепция // *Квинтессенция*. – 2005. – № 1. – С. 57–63.

136. Naumann M. [et al.]. Dentin-like versus rigid endodontic post: 11-year randomized controlled pilot trial on no-wall to 2-wall defects // *J Endod.* – 2017. – Vol. 43, № 11. – P. 1770–1775.
137. Papalexopoulos D., Samartzi T. K., Sarafianou A. A thorough analysis of the endocrown restoration: a literature review // *J Contemp Dent Pract.* – 2021. – Vol. 22, № 4. – P. 422–426.
138. Panitiwat P., Salimee P. Effect of different composite core materials on fracture resistance of endodontically treated teeth restored with FRC posts // *J Appl Oral Sci.* – 2017. – Vol. 25, № 2. – P. 203–210.
139. Parisi C. [et al.]. Clinical outcomes and success rates of quartz fiber post restorations: A retrospective study // *J Prosthet Dent.* – 2015. – Vol. 114, № 3. – P. 367–372.
140. Prager M. C. Using flowable composites in direct position restorations // *Dent Today.* – 1997. – Vol. 16, № 7. – P. 62–68.
141. Ramírez-Barrantes J. C. A Fiberglass and Resin Post Technique Combined with Fragment Collage of an Upper Central Incisor: Multidisciplinary Treatment // *Odovtos.* – 2020. – Vol. 22, № 1. – P. 29–37.
142. Ribeiro D. Guided Endodontics: Static vs. Dynamic Computer-Aided Techniques – A Literature Review / D. Ribeiro, E. Reis, J. A. Marques [et al.] // *Journal of Personalized Medicine.* – 2022. – Vol. 12, № 9. – P. 1516.
143. Rosen E., Nemcovsky C. E., Tsesis I. Evidence-Based Decision Making in Dentistry. – Cham : Springer, 2017. – 141 p.
144. Sarkis-Onofre R. [et al.]. Cast metal vs. glass fibre posts: a randomized controlled trial with up to 3 years of follow up // *J Dent.* – 2014. – Vol. 42, № 5. – P. 582–587.
145. Sharma S. [et al.]. Comparative evaluation of fracture resistance of glass fiber reinforced, carbon, and quartz post in endodontically treated teeth: An in-vitro study // *J Int Soc Prev Community Dent.* – 2016. – Vol. 6, № 4. – P. 373–376.
146. Signore A. [et al.]. Clinical evaluation of an oval-shaped prefabricated glass fiber post in endodontically treated premolars presenting an oval root canal cross-

section: a retrospective cohort study // *Int J Prosthodont.* – 2011. – Vol. 24, № 3. – P. 255–263.

147. Skupien J. A. [et al.]. Crown vs. composite for post-retained restorations: A randomized clinical trial // *J Dent.* – 2016. – Vol. 48. – P. 34–39.

148. Sorensen J. A. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth / J. A. Sorensen, M. J. Engelman // *Prosthet. Dent.* – 1990. – № 63. – P. 529–536.

149. Terry D. A., Triolo P. T. Jr, Swift E. J. Jr. Fabrication of direct fiber-reinforced posts: a structural design concept // *J Esthet Restor Dent.* – 2001. – Vol. 13, № 4. – P. 228–240.

150. Vadavadagi S. V. [et al.]. Comparison of different post systems for fracture resistance: an in vitro study // *J Contemp Dent Pract.* – 2017. – Vol. 18, № 3. – P. 205–208.

151. Verri F. R. [et al.]. Three-dimensional finite element analysis of glass fiber and cast metal posts with different alloys for reconstruction of teeth without ferrule // *J Med Eng Technol.* – 2017. – Vol. 41, № 8. – P. 644–651.

152. Vinci D. От временного решения до полной гармонии / D. Vinci, V. Pisa // *Insiderdent.* – 2004. – № 2 (3). – С. 36–44.

153. Wei X. Expert consensus on digital guided therapy for endodontic diseases / X. Wei, Y. Du, X. Zhou [et al.] // *Int J Oral Sci.* – 2023. – Vol. 15, № 1. – P. 54.

154. Zaitter S. [et al.]. Microtensile bond strength of glass fiber posts cemented with self-adhesive and self-etching resin cements // *J Adhes Dent.* – 2011. – Vol. 13, № 1. – P. 61–69.

155. Zehnder M. S. Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location / M. S. Zehnder, T. Connert, R. Weiger [et al.] // *Int Endod J.* – 2016. – Vol. 49, № 10. – P. 966–972.