

На правах рукописи

ЯНЫШЕВА КСЕНИЯ АЛЕКСЕЕВНА

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-КЛИНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭТАПА
РЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБОВ В АЛГОРИТМЕ
ОРТОПЕДИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ МАЛОИНВАЗИВНЫМИ КЕРАМИЧЕСКИМИ
КОНСТРУКЦИЯМИ**

3.1.7. Стоматология

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук**

Нижний Новгород – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства Здравоохранения Российской Федерации

Научный руководитель:

Гажва Светлана Иосифовна – Заслуженный работник высшей школы РФ, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой стоматологии ФДПО Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства Здравоохранения Российской Федерации

Официальные оппоненты:

Постников Михаил Александрович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой терапевтической стоматологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Булычева Елена Анатольевна – доктор медицинских наук, профессор кафедры стоматологии ортопедической и материаловедения с курсом ортодонтии взрослых Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный медицинский университет имени Е.А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита диссертации состоится « ____ » _____ 2025 г. в « ____ » часов на заседании диссертационного совета 24.2.318.03 федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского» Ордена Трудового Красного Знамени Медицинского института имени С. И. Георгиевского по адресу: 295051, Республика Крым, г. Симферополь, бул. Ленина, 5/7.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Ордена Трудового Красного Знамени Медицинского института имени С. И. Георгиевского ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского» по адресу: 295051, Республика Крым, г. Симферополь, бул. Ленина, 5/7 и на сайте <http://cfuv.ru>

Автореферат разослан « ____ » _____ 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета 24.2.318.03
кандидат медицинских наук, доцент

К. Г. Кушницр

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В настоящее время эстетическая улыбка - один из трендов успешного человека, а способы и методы ее достижения постоянно требуют не только их усовершенствования, но и принятия конкурентноспособных, защищенных технологическим суверенитетом решений. И хотя сегодня широкое распространение получило ортопедическое лечение малоинвазивными керамическими реставрациями, одним из этапов которого, по-прежнему, остается минимальное препарирование твердых тканей зуба, вопросы, связанные с их утратой, а также степень их восстановления являются до настоящего времени дискуссионными и требуют дальнейшего изучения (Ильченко М. Б. с соавт., 2021; Hirata R. et al., 2022; Герасимов Е. А. с соавт., 2022; Гажва С. И. с соавт., 2023).

Известно, что даже минимальное препарирование эмали нарушает естественную архитектуру твердых тканей зубов, оказывая комплексное травматическое воздействие, патогенетически связанное с развитием болевого синдрома, выраженными морфологическими, количественными и качественными трансформациями (Беленчиков А.А. с соавт., 2017; Gil-Bona A. et al., 2020; Swietlicka I. et al., 2022).

Восстановление твердых тканей зуба возможно за счет насыщения тканей минеральными веществами (Kranz S. et al., 2022; Lew A. J. et al., 2022; Liu H. et al., 2023). Инновационные биомиметические технологии реминерализации способны восстанавливать не только минеральный состав, но и нативную микроархитектуру эмали, что имеет фундаментальное значение для совершенствования клинических протоколов ортопедического лечения малоинвазивными керамическими реставрациями (Магсумова О. А. с соавт., 2021; Середин П. В. с соавт., 2022; Moshy S. El. et al., 2024; Alkilzy M. et al., 2023).

В последние годы исследования центростремительного пути поступления минералов из пульпы в эмаль открывают новые перспективы в стоматологии (Леонтьев В. К. с соавт., 2021; Шестель И. Л. с соавт., 2021). Этот процесс, предусматривающий движение жизненно важных компонентов от внутренних слоев зуба к его поверхности, может стать ключом к созданию инновационных методов лечения и профилактики кариеса (Чепендюк Т. А. с соавт., 2016). Перспективным направлением является применение криопорошков - концентрированных добавок, получаемых путем низкотемпературной обработки натурального сырья (Рахманов Р. С. с соавт., 2018). Продвижение в этом направлении позволит разработать материалы и лекарственные средства, способные ускорять этот природный процесс реминерализации, укрепляя эмаль изнутри.

Степень разработанности темы. Исследования в современных отечественных и иностранных научных работах демонстрируют, что методы эндогенной реминерализации широко используются для укрепления зубной эмали, однако их применение для восстановления тканей после препарирования остается ограниченным (Аликберов М. Х. с соавт., 2019; Sakr A. H. et al., 2024). На сегодняшний день недостаточно исследованы структурные преобразования в тканях эмали зубов, а также изменения ее микроэлементного состава после препарирования.

В настоящее время в клинической практике отсутствуют унифицированные методики восстановления тканей зубов после препарирования, а также научно обоснованные и апробированные схемы эндогенной реминерализирующей терапии на этапах ортопедического лечения малоинвазивными керамическими реставрациями.

Цель исследования. Повышение эффективности ортопедического лечения малоинвазивными керамическими реставрациями путем усовершенствования его алгоритма и разработки эндогенной реминерализации с использованием вновь созданного

функционального продукта направленного действия для восстановления микроэлементного состава препарированной эмали.

Задачи исследования.

1. Уточнить с помощью современных оптических методов визуализации качественный и количественный микроэлементный состав интактной эмали и выявить ее особенности после препарирования на этапе ортопедического лечения малоинвазивными керамическими конструкциями.

2. Разработать натуральный пищевой продукт направленного действия (рецептуру) для восстановления минерального состава препарированной эмали и предложить способ его применения в условиях амбулаторного приема.

3. Провести экспертную оценку качественного состава эмали после эндогенного приема пищевого продукта направленного действия с минерализующими свойствами в условиях эксперимента.

4. Изучить адгезивную активность микробиома полости рта к фотополимерным смолам отечественного производства для 3D печати временных ортопедических конструкций.

5. Усовершенствовать алгоритм ортопедического лечения дефектов твердых тканей зубов малоинвазивными керамическими реставрациями, оценить его эффективность и прогностическую значимость.

Научная новизна исследования.

1. Получены новые данные о количественном и качественном составе интактной эмали и выявлены ее особенности после препарирования с помощью малоинвазивных органосохраняющих методов ее визуализации (спектроскопия комбинационного рассеяния, растровая электронная микроскопия с энергодисперсионным анализом).

2. Предложен состав натурального пищевого продукта направленного действия для эндогенного применения с целью восстановления минерального состава препарированной эмали (Патент № 2828863 от 21.10.2024 «Продукт для восстановления минерального состава твердых тканей зубов после одонтопрепарирования на этапах ортопедического лечения и способ его применения»).

3. Разработан способ применения пищевого продукта на этапе минерализации эмали в алгоритме ортопедического лечения малоинвазивными керамическими конструкциями в условиях амбулаторной стоматологической практики (Патент № 2828863 от 21.10.2024 «Продукт для восстановления минерального состава твердых тканей зубов после одонтопрепарирования на этапах ортопедического лечения и способ его применения»).

4. Впервые изучена динамика качественного состава эмали, подвергшейся минерализации под воздействием продукта направленного действия, и оценена его эффективности в условиях эксперимента.

5. Обоснован выбор конструкционного отечественного материала для временных ортопедических конструкций на основании определения адгезивной активности микробиома к фотополимерным материалам в условиях эксперимента.

6. Усовершенствован алгоритм ортопедического лечения малоинвазивными керамическими реставрациями путем применения этапа эндогенной реминерализации, аддитивных технологий, использования критериев качественной оценки ортопедических реставраций.

Теоретическая и практическая значимость работы. Настоящее исследование вносит существенный вклад в развитие фундаментальных представлений о процессах де- и реминерализации эмали. Результаты комплексного анализа количественных и качественных изменений структуры эмали до и после препарирования расширяют существующие

теоретические знания в данной области. На основании полученных данных разработана инновационная методика применения эндогенной реминерализации, интегрированная в этап ортопедического лечения.

Особую научную значимость представляют результаты изучения *in vitro* процессов реминерализации эмали, которые вносят коррективы в современные подходы к восстановлению эмали зубов после препарирования. Разработаны практические рекомендации по применению эндогенной минерализации для восстановления минерального баланса твердых тканей зуба после препарирования в ходе ортопедического лечения. Проведён сравнительный анализ адгезивных свойств микробиома полости рта к современным 3D-фотополимерным конструкционным материалам, что имеет важное значение для прогнозирования ортопедического лечения.

Методология и методы исследования. Данная работа выполнена в формате проспективного сравнительного исследования с использованием экспериментально-клинических методов.

Клиническая часть исследования включала наблюдение за 40 пациентами (мужчины и женщины) в возрасте от 25 до 45 лет, проходившими ортопедическое лечение малоинвазивными керамическими конструкциями. В качестве биологического материала в условиях эксперимента использовались 30 образцов зубов, удаленных по ортодонтическим показаниям. Для определения адгезивной активности микроорганизмов к фотополимерным смолам для 3D печати изучались 30 образцов материалов стоматологического пластика.

Методы исследования: теоретический, экспериментальный, лабораторный, оптический, микробиологический, клинический, аналитический, статистический.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Разработка пищевого продукта направленного действия и способа его применения на этапе реминерализации эмали в алгоритме ортопедического лечения малоинвазивными керамическими реставрациями (Патент № 2828863 от 21.10.2024 «Продукт для восстановления минерального состава твердых тканей зубов после одонтопрепарирования на этапах ортопедического лечения и способ его применения»).

2. Этап минерализации эмали в алгоритме ортопедического лечения малоинвазивными керамическими реставрациями способствует повышению резистентности препарированной эмали за счет улучшения ее минерализации на фоне нормализации биохимических и иммунологических показателей сыворотки крови и ротовой жидкости; восстанавливает кислотно-щелочной баланс полости рта, что подтверждается результатами экспериментальных исследований и клинико-лабораторными показателями.

3. Качественная оценка микроэлементного состава с помощью спектрометрии комбинационного рассеяния позволяет проследить процессы реминерализации в динамике с фиксацией ее трансформаций во времени в алгоритме усовершенствованного протокола ортопедического лечения малоинвазивными керамическими конструкциями.

Степень достоверности и апробация результатов. Тема диссертации утверждена на заседании ученого совета ФГБОУ ВО «ПИМУ» МЗ РФ, протокол № 10 от «28» октября 2022 года, в рамках прохождения обучения в аспирантуре на кафедре стоматологии ФДПО по очной форме (приказ № 454/об от «12» сентября 2022 г.). Диссертационное исследование и его проведение одобрено Локальным Этическим комитетом ФГБОУ ВО «ПИМУ» МЗ РФ (протокол № 14 от «22» декабря 2023 года).

Апробация диссертации проведена на заседании проблемной комиссии по стоматологии ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» МЗ РФ (выписка из протокола №5 от 14 апреля 2025 года).

Внедрение результатов исследования. Полученные научные данные успешно внедрены в клиническую практику: активно используются в учебном процессе университетской стоматологической клиники ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, применяются в ортопедическом протоколе ГАУЗ НО «Арзамасская стоматологическая поликлиника», стоматологической клиники "Стоматология Шанс". Научные материалы исследования интегрированы в учебные программы кафедры стоматологии ФДПО ФГБОУ ВО «ПИМУ», используются в дистанционных образовательных модулях для клинических ординаторов и практикующих врачей, проходящих курсы повышения квалификации. Ключевые положения работы представлены на ведущих российских и международных конференциях, а также опубликованы в рецензируемых журналах, включенных в отечественные и зарубежные базы цитирования.

Личный вклад автора.

Автор самостоятельно осуществлял патентно-информационный поиск, организацию экспериментальных исследований; верификацию выдвинутой гипотезы, а также статистическую обработку данных. В качестве соавтора им разработан и зарегистрирован патент на изобретение № 2828863 от 21.10.2024 "Продукт для восстановления минерального состава твердых тканей зубов после одонтопрепарирования на этапах ортопедического лечения и способ его применения".

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 3.1.7. – Стоматология, отрасли наук: медицинские науки, а также областям исследования согласно пунктам 1, 6, 8 паспорта специальности «Стоматология».

Публикации результатов исследования. Опубликована серия научных работ, включающая: две статьи в изданиях, индексируемых в Российском индексе научного цитирования, одну публикацию в международной базе данных Scopus, четыре статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Минобрнауки России. Разработано и запатентовано инновационное решение: зарегистрирован патент на № 2828863 от 21.10.2024 "Продукт для восстановления минерального состава твердых тканей зубов после одонтопрепарирования на этапах ортопедического лечения и способ его применения".

Структура и объем диссертации. Диссертационное исследование включает в себя: введение; обзор литературы; материалы и методы исследования; изложение полученных результатов; заключение; практические рекомендации; список сокращений; список литературы. Она содержит 153 страницы машинописного текста, иллюстрирована 48 рисунками, дополнена 20 таблицами, список литературы содержит 195 источников (115 - отечественных, 80 – зарубежных).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования. Исследование проводилось в несколько этапов:

1 этап – экспериментальный:

- изучение количественного, качественного состава интактной эмали зубов и выявление его особенностей с помощью малоинвазивных органосохраняющих методов его верификации – спектроскопического и микроскопического - после препарирования;

- определение адгезивной активности микробиома полости рта к фотополимерным смолам для изготовления временных ортопедических конструкций методом 3D печати на этапе эндогенной реминерализации для чистоты проведенного эксперимента.

2 этап - теоретический:

- анализ литературных источников eLIBRARY, PubMed, Elsevier;
- разработка пищевого продукта, направленного действия для восстановления структуры и микроэлементного состава эмали, как инструмента для ее реминерализации после препарирования.

3 этап - клинико-экспериментальный:

- выявление особенностей трансформации минерального состава эмали под воздействием эндогенного приема пищевого продукта;
- оценка эффективности разработанного продукта для эндогенного восстановления минерального состава эмали в условиях эксперимента.

4 этап – клинический:

- усовершенствование алгоритма ортопедического лечения малоинвазивными керамическими реставрациями путем включения в него этапа эндогенной реминерализации эмали после препарирования.

Дизайн исследования представлен на рисунке 1.

На **1 этапе** для изучения морфологических особенностей эмали после препарирования в условиях эксперимента были изготовлены биологические образцы зубов, удаленных по ортодонтическим показаниям у пациентов обоего пола в возрастной категории 25-45 лет (n=20). В зависимости от поставленной задачи образцы были разделены на две группы: 1 группа - образцы зубов с интактной эмалью (n = 10), 2 группа - образцы зубов после препарирования (n = 10).

В качестве материала для исследования адгезионных свойств орального микробиома были отобраны фотополимерные смолы для 3D печати (n = 30): Dental Crown LCD, Dental Sand A1-A2, Dental Clear Pro, из которых были изготовлены образцы с помощью 3D печати на принтере Creality Halot Sky, по 10 штук из каждого материала.

Целью **2 этапа** являлась разработка рецептуры продукта для эндогенного восполнения утраченных микроэлементов в результате препарирования с использованием сертифицированных ингредиентов натурального происхождения.

На **3 этапе** проводилась оценка трансформаций минерального состава эмали и определение предела возможности ее реминерализации под воздействием пищевого продукта в условиях эксперимента.

На **4 этапе** для усовершенствования алгоритма ортопедического лечения малоинвазивными керамическими реставрациями в условиях клиники были отобраны 40 пациентов обоего пола в возрасте от 25 до 45 лет, подготовка к протезированию у которых проводилась с помощью стандартной методики препарирования. В свою очередь, они были разделены на 2 группы, в зависимости от решаемой задачи:

1 группа (n = 20) – пациенты, которым назначалась эндогенная реминерализация, а зубы после препарирования покрывались временными коронками из отечественного материала, изготовленного с помощью 3D технологии.

2 группа (n = 20) – пациенты, у которых лечение дефектов твердых тканей зубов малоинвазивными керамическими конструкциями проводилось по стандартной методике без использования эндогенной профилактики.

Критериями эффективности этапа эндогенной реминерализации с помощью пищевого продукта направленного действия были лабораторные показатели крови (K, Ca, Na, P, Cu, Zn, общий белок, концентрация гемоглобина, витамин B12) и ротовой жидкости (ph, Ca, Mg, P, Zn), также определялась резистентности эмали с помощью ТЭР-теста в динамике.

Эффективность этапа реминерализации осуществлялась, в том числе, с помощью критериев оценки реставраций FDI по бальной системе, включающей в себя следующие параметры: эстетические (окрашивание поверхности и границы, соответствие цвета и прозрачности, эстетическая анатомическая форма); функциональные (трещины материала и ретенция, краевое прилегание, анатомическая форма контактного пункта и контура реставрации); биологические (послеоперационная чувствительность и жизнеспособность зубов, рецидив кариеса, эрозии, абфракции, реакция пародонта, прилегающая слизистая оболочка).

Методы исследования: теоретический, экспериментальный, оптический (растровая электронная микроскопия с энергодисперсионным анализом; спектроскопия комбинационного рассеяния), лабораторный, клинический, микробиологический, аналитический, статистический.

Все расчеты выполнены в статистической среде R версии 4.2.2 с использованием пакетов RStudio.

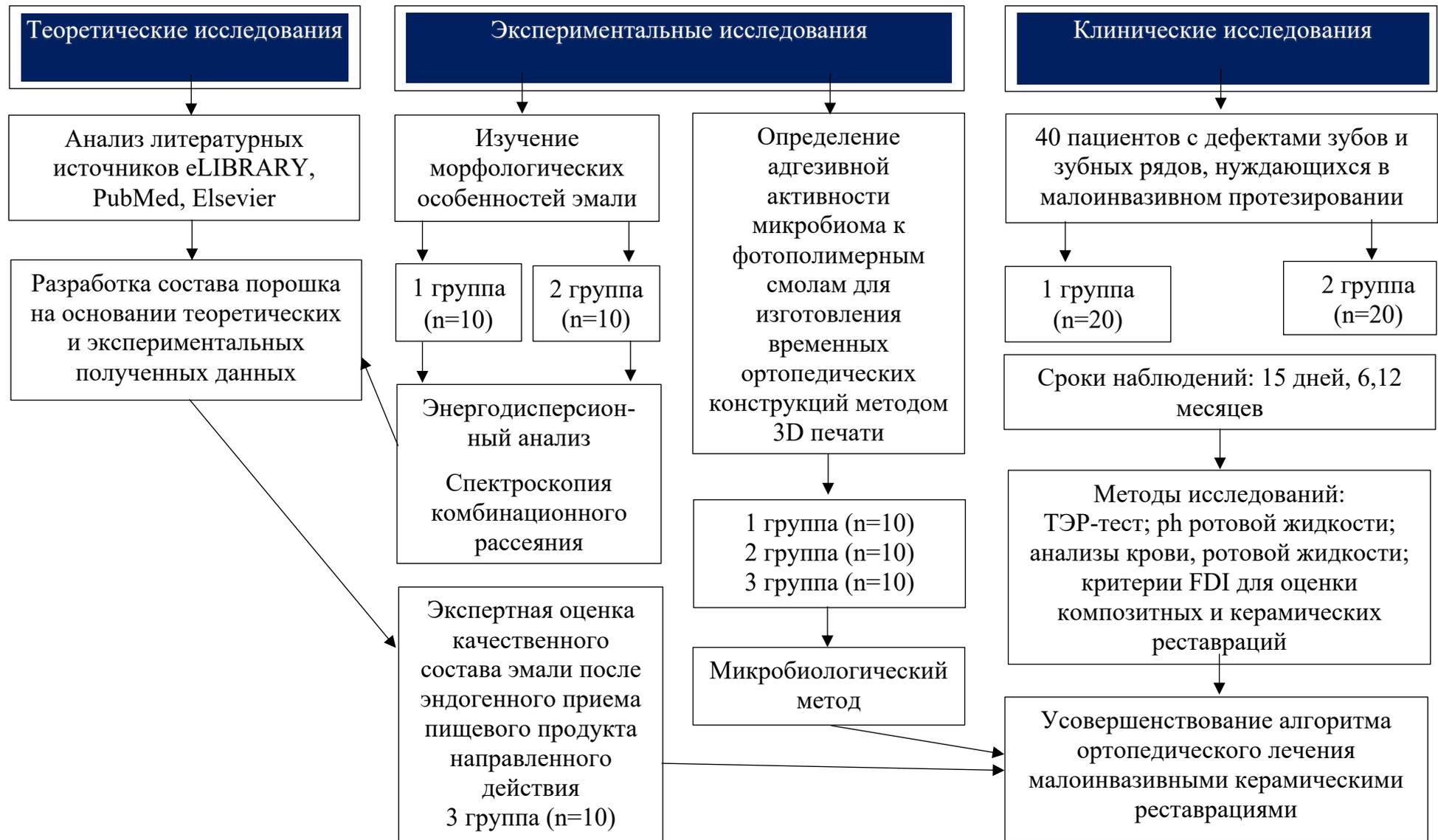


Рисунок 1 – Дизайн исследования

Результаты собственных исследований.

При исследовании интактной эмали энергодисперсионным методом установлено, что в группе 1 зафиксирован стабильный микроэлементный профиль, присущий интактной эмали. Скомпрометированная механической обработкой эмаль, является структурно-ущербной, о чем свидетельствует ее трансформация, подтвержденная статистическими методами исследования и числовыми ее выражениями (Таблица 1).

Таблица 1 - Количественный состав микроэлементов

Микроэлемент	Интактная эмаль (n=10)	Препарированная эмаль (n=10)	Изменение, %	Статистическая значимость
Кальций	15,8±4,69	18,04 ± 3,72	+14,2%	p=0,15
Фосфор	8,27±3,66	9,96 ± 1,09	+20,4%	p=0,12
Магний	0,45±0,20	0,21±0,19*	-53,3%	p=0,009
Алюминий	0,49±0,62	0,24±0,11	-51,0%	p=0,06
Натрий	0,55±0,20	0,54±0,18	-1,8%	p=0,87
Кислород	41,67±7,82	41,76±6,79	+0,2%	p=0,97
Углерод	28,4±6,65	26,1±5,84	-8,1%	p=0,31

Примечание - * - статистическая значимость, $p < 0,01$

Используя энергодисперсионный анализ, мы получили информацию о количественных изменениях микроэлементов в препарированной эмали. Однако, для целостного представления о ее функционировании имеют значение качественная оценка минерального и органического состава эмали.

Качественная оценка изменений минерального состава интактной и препарированной эмали при исследовании с помощью спектроскопии комбинационного рассеяния выявила основные различия между 1 и 2 группами, которые обнаружены в спектре на линиях гидроксиапатита $\sim 1070 \text{ см}^{-1}$ и $\sim 958 \text{ см}^{-1}$, показывающих отношение концентраций карбонатных и фосфатных ионов CO_3/PO_4 , соответственно. Для оценки изменений эмали зубов при препарировании относительно интактной эмали были вычислены отношение амплитуд соответствующих пиков $K_{1070/1958}$ (Рисунок 2).

Спектроскопический анализ образцов препарированных зубов выявил характерные изменения в структуре гидроксиапатита: частичная деминерализация кристаллической решетки, значительное замещение в структуре эмали (снижение интенсивности пика PO_4^{3-} , усиление интенсивности пика CO_3^{2-}).

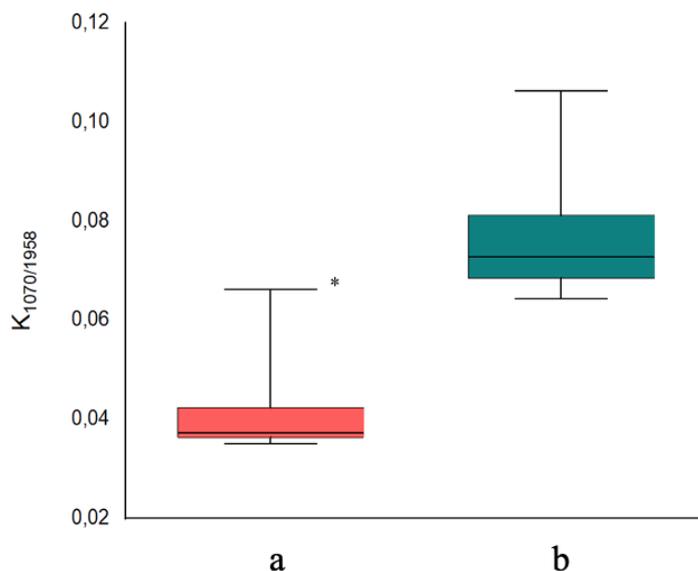


Рисунок 2 - Значение коэффициента $K_{1070/1958}$
 а – интактная эмаль, б — эмаль, препарированная алмазным бором

Для прицельной оценки влияния приема пациентами пищевого продукта направленного действия на состояние эмали препарированных зубов был введен коэффициент $K_{428/443}$ перераспределения спектров симметричной изгибной моды $\text{PO}_4 \nu_4$ на соответствующих пиках 428 и 443 см^{-1} , который показывает концентрацию фосфатов в эмали и степень ее минерализации.

На рисунке 3 видно, что в усредненных спектрах групп образцов препарированных зубов и зубов после эндогенной реминерализации наблюдается перераспределение в пиках симметричной изгибной моды PO_4 на соответствующих максимумах 428 и 443 см^{-1} . Данные спектральные изменения связаны с изменением минерального состава и обусловлены изменением количества минеральных компонентов в эмали после эндогенной реминерализации.

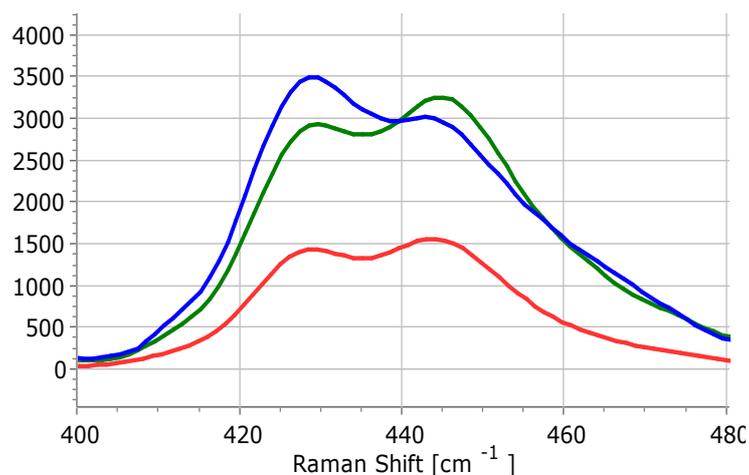


Рисунок 3 - Усредненные спектры комбинационного рассеяния исследуемых образцов в диапазоне $400\text{-}480\text{ см}^{-1}$: красный – интактная эмаль, зеленый - эмаль зубов после препарирования, синий - эмаль зубов после препарирования и эндогенной реминерализации

Найдено статистически значимое увеличение коэффициента $K_{428/443}$ в группе образцов, подвергшихся препарированию после приема пациентами пищевого продукта направленного действия, относительно образцов, препарированных алмазным бором. Группа эмали интактных и препарированных образцов после приема пациентами пищевого продукта направленного действия, не имеют статистически значимой разницы, что позволяет сделать вывод, что эндогенная реминерализация возвращает состояние эмали к близкому к интактному (Рисунок 4).

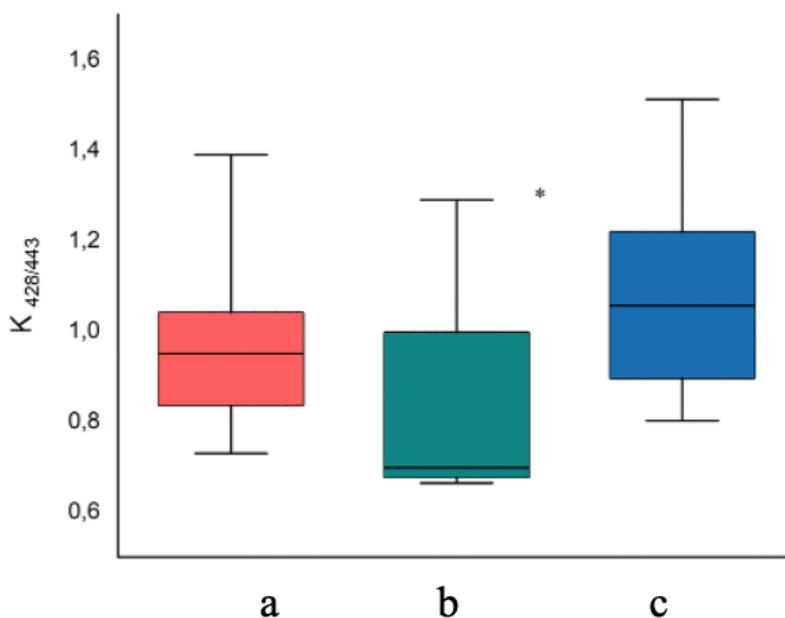


Рисунок 4 - Значение коэффициента $K_{428/443}$

a – интактная эмаль, b – эмаль, препарированная алмазным бором, c – эмаль после проведения эндогенной реминерализации

Сравнение значений индексов адгезивной активности микробиома полости рта к различным видам материалов для временных коронок, изготавливаемых с помощью 3D печати, на этапе временного протезирования, позволило выявить материалы с высокой степенью резистентности к их колонизации микроорганизмами, что снижает риск возникновения осложнений и создает оптимальные условия для эндогенной реминерализации.

Так, все исследованные материалы для 3D печати обладают высокой степенью резистентности к адгезии микроорганизмов полости рта и являются методом выбора в каждой конкретной клинической ситуации. В свою очередь, микроорганизмы обладают низкой и умеренной степенью адгезии к фотополимерным смолам для 3D печати. Однако, материал Dental Crown LCD занимает первое место в рейтинге данной категории материалов (Dental Sand A1-A2, Dental Clear Pro), поэтому ему было отдано преимущество в нашем исследовании.

Решив задачи экспериментальной части исследования и проанализировав его результаты, изучив специальную отечественную и зарубежную литературу, стало понятно, что эндогенная профилактика является одним из эффективных способов восстановления эмали, а разработка рецептуры продукта, обладающего реминерализующим действием, положено в основу следующего этапа нашего исследования.

Рецептура продукта, способного обеспечивать стабильность кислотно-щелочного равновесия, восполнять нехватку минеральных компонентов и витаминов эндогенным путем, разработана на основе значений показателей количественного, качественного состава воды и микроэлементного состава зубов, полученного в эксперименте.

Изготовленный в условиях промышленного производства по разработанной рецептуре натуральный концентрированный пищевой продукт, употребляемый по предложенному способу, удовлетворяет потребности организма в витаминах и минеральных веществах в дозах, оказывающих стимулирующий эффект на метаболические процессы в организме пациентов, обеспечивающих структурное восстановление тканей зуба за счет включения в него 7 стандартизированных ингредиентов, содержащих 13 витаминов и 18 микроэлементов, основные из которых представлены в таблице 2.

Продукт представляет собой мелкодисперсный порошок, изготовленный по технологии криогенного измельчения, что обеспечивает высокую биодоступность биологически активных веществ при их употреблении внутрь и содержит натуральные концентрированные пищевые продукты.

Таблица 2 - Состав продукта питания для пациентов, проходящих ортопедическое лечение

1	Продукт	K	Ca	Mg	Na	P	Fe	Mn	Cu	Zn	Se	Si	Cl	Al	F	п/вол	%
2	Пшеница пророщенная	306,7	25,3	144,3	5,76	306,9	3,6	0,67	94,2	7,2	15,2	-	-	-	-	0,38	20
3	Ламинария сушеная	1018,5	43,9	178,3	570,2	58,4	16,4	0,21	138,9	1,31	0,64	53,5	1157,9	609,0	353,5	0,67	14
4	Тыква	701,5	86,0	48,1	13,7	86,0	1,3	-	618,9	0,81	1,0	-	65,3	174,6	295,7	6,87	30
5	Соя	377,6	81,8	53,0	1,4	141,7	2,3	0,6	117,4	0,46	-	43,5	15,0	168,3	28,2	3,16	22
6	Кукуруза	18,5	18,5	5,7	1,4	16,5	0,2	0,06	15,8	0,09	1,64	3,27	2,9	24,0	3,5	0,5	5
7	Чай зеленый	173,6	34,6	30,8	0,5	9,1	5,7	-	-	-	-	-	-	-	700,0		7
8	Скорлупа куриных яиц	1,7	720,0	8,2	1,8	2,6	0,5	-	2,0	-	-	-	-	-	2,6	-	2
	ИТОГО	2598,1	1010,1	468,4	594,8	621,2	30,0	1,54	987,2 мкг	9,87	18,48	100,27	1241,1	975,9	1383,5	11,58	100
	Физиолог. потребность/сутки	3500,0 мг	1000,0 мг	420,0 мг	1300,0 мг	700,0 мг	10 (М) 18 (Ж) мг	2,0 мг	1,0 мг	12,0 мг	55-70 мкг	30 мг	2300,0 мг	-	4000,0 мкг	20-25 г	

В качестве доказательной базы для проверки эффективности пищевого продукта в условиях амбулаторного приема определялись в динамике клинические показатели ротовой жидкости (pH, Ca, Mg, P, Zn), крови (K, Ca, Na, P, Cu, Zn, общий белок, концентрация гемоглобина, витамин B12), резистентности эмали зуба к кариесу с помощью ТЭР теста.

После завершения 15-ти дневного курса эндогенной реминерализации пациентами 1 группы статистически значимые изменения коснулись показателей кальция, фосфора и общего белка в сыворотке крови. Концентрация кальция увеличилась на 10,4%, общего белка - на 4,65%, фосфора - на 18,19%, гемоглобина - на 3,8%. Через 6, 12 месяцев отмечается тенденция к снижению достигнутых показателей. Так, концентрация кальция уменьшилась на 3,85% и 6,41%, общего белка - на 1,39% и 2,22%, фосфора на - 10,43% и 18,35%, соответственно, по сравнению с пиковыми значениями на 15 день. У пациентов 2 группы, у которых прием пищевого продукта не предусмотрен стандартным алгоритмом, показатели остались в пределах границ исходного уровня в течение всего периода наблюдения, статистически значимых изменений не выявлено.

При исследовании ротовой жидкости статистически значимые различия выявлены у пациентов 1 группы. Так, у пациентов 1 группы через 15 дней после начала эндогенной реминерализации в ротовой жидкости наблюдается максимальный рост концентрации магния (на 83,33%), цинка (на 64,2%), кальция (на 9,3%), фосфора (на 2,3%), тогда как через 6 и 12 месяцев после лечения наблюдается постепенное снижение концентрации магния (на 18,8%, 27,27%), цинка (на 15,99%, на 18,75%), кальция (на 5,1%, на 4,3%), фосфора (на 0,75%, 1,05%), соответственно, по сравнению с пиковыми значениями на 15 день. Отсутствие значимых изменений в ротовой жидкости пациентов 2 группы свидетельствует об эффективности эндогенной реминерализации.

У пациентов 1 группы на фоне приема функционального продукта питания через 15 дней изменились значения pH ротовой жидкости (с $6,51 \pm 0,07$ до $7,3 \pm 0,1$), резистентности эмали (с $6,9 \pm 0,3$ до $3,6 \pm 0,21$). Во 2 группе статистически значимой динамики через 15 дней не наблюдалось (pH ротовой жидкости изменилось с $6,9 \pm 0,05$ до $6,77 \pm 0,08$; резистентность эмали - с $7,1 \pm 0,1$ до $6,6 \pm 0,16$). При контрольном осмотре через 6, 12 месяцев после приема выявлено снижение кислотно-щелочного баланса ротовой жидкости, а также резистентности эмали в обеих группах наблюдения.

Таким образом, после эндогенной реминерализации через 15 дней – минеральный состав улучшается, он продолжает быть стабильным до 6 месяцев с последующим снижением к 12 месяцам.

Эффективность этапа реминерализации определялась, в том числе, с помощью критериев оценки реставраций FDI.

Через 15 дней после начала эндогенной реминерализации у пациентов обеих групп не были выявлены отклонения от идеальных значений эстетических параметров ортопедических конструкций. На контрольном осмотре через 6 и 12 месяцев у пациентов 2 группы был выявлен один случай окрашивания границы реставрации и твердых тканей зубов, легко удаляемый полированием.

Функциональные параметры: через 15 дней после начала эндогенной реминерализации все реставрации соответствовали значению 1 балл. Через 6 и 12 месяцев у пациентов 2 группы выявлен с помощью зондирования 1 случай видимого дефекта без признаков повреждения десны. При контрольном осмотре через 12 месяцев у одной реставрации 1 группы был выявлен слабый контактный пункт без признаков травмирования десны и периодонтальных структур. Трещин материала не было выявлено ни в одной группе за весь период наблюдения.

Биологические параметры ортопедических конструкций у пациентов обеих групп через 15 дней были в пределах нормы и соответствовали одному баллу. Через 6 и 12 месяцев у пациентов 1 группы появилась незначительная гиперчувствительность у одной реставрации; через 12 месяцев – небольшое количество зубного налета и камня у двух реставраций на фоне здоровой слизистой оболочки после удаления раздражителей. У пациентов 2 группы через 6 и 12 месяцев появилась незначительная и умеренная чувствительность, небольшое количество зубного налета на фоне здоровой слизистой оболочки после удаления раздражителей в 2 случаях; через 12 месяцев – небольшая локализованная абфракция в 1 случае.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, полученные результаты экспериментальной и клинической части исследования подтверждают, что препарирование твердых тканей зубов, как необходимый этап ортопедического лечения, приводит к изменению структуры, качественного и количественного микроэлементного состава эмали, а их анализ явился мотивационным фактором для актуализации поиска средств эндогенной реминерализации на этапах ортопедического лечения и необходимости усовершенствования его алгоритмов. Сравнение экспериментальных, лабораторных, микробиологических и клинических показателей пациентов обеих групп, которые проходили ортопедическое лечение с помощью малоинвазивных ортопедических конструкций, использование цифровых технологий, новых материалов для 3D печати и международных критериев оценки эффективности реставраций позволили подтвердить нашу рабочую гипотезу и создать усовершенствованный алгоритм (Рисунок 5).



Рисунок 5 – Усовершенствованный протокол ортопедического лечения малоинвазивными керамическими реставрациями

ВЫВОДЫ

1. Препарирование поверхностных слоев твердых тканей зубов по стандартной технологии в алгоритме ортопедического лечения малоинвазивными керамическими реставрациями вызывает трансформацию количественного и качественного микроэлементного состава даже в глубоких слоях эмали, близких к дентину, на фоне изменения качественного состава эмали: снижение магния (с $0,45 \pm 0,20$ At% до $0,21 \pm 0,19$ At%), алюминия (с $0,49 \pm 0,62$ At% до $0,24 \pm 0,11$ At%), натрия (с $0,55 \pm 0,20$ At% до $0,54 \pm 0,18$ At%), углерода (с $28,4 \pm 6,65$ At% до $26,1 \pm 5,84$ At%). Анализ спектров образцов зубов, подвергшихся препарированию, выявил характерные изменения в структуре гидроксиапатита: частичная деминерализация кристаллической решетки, значительное замещение в структуре эмали (снижение интенсивности пика PO_4^{3-} , усиление интенсивности пика CO_3^{2-}).

2. Рецептúra вновь созданного криогенным способом пищевого продукта направленного действия в своем составе содержит натуральное сырье, богатое витаминами, белками, микроэлементами, поступающее в организм по пищевым цепочкам. При приеме внутрь криопорошка 2 раза в день по 2 чайных ложки в течение 15 дней активизирует метаболические процессы организма, способствуя реминерализации эмали и обеспечивая ее стабильность на протяжении 6 месяцев с момента окончания курса эндогенной терапии.

3. Разработанный пищевой продукт питания демонстрирует высокую эффективность, обеспечивая восстановление минерального статуса эмали, подвергшейся препарированию, до уровня интактной эмали, что показывает коэффициент $K_{428/443}$, отражающий концентрацию фосфатных групп, как маркер степени минерализации.

4. Микробиом полости рта в представительстве *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus oralis*, *Neisseria subflava*, *Actinomyces oris*, *Candida albicans* характеризуется низкой и умеренной адгезивной активностью к конструкционным фотополимерным материалам отечественного производства для 3D печати временных ортопедических коронок (Dental Sand A1-A2, Dental Clear Pro, Dental Crown LCD). Значение индекса адгезии в пределах: 0–0,25 позволяет их использовать в технологическом процессе изготовления временных конструкций. Однако, преимущество в выборе материала принадлежит Dental Crown LCD (Gorky Liquid) с минимальным значением индекса адгезии: 0 – 0,15.

5. Включенный в алгоритм ортопедического лечения малоинвазивными керамическими реставрациями этап реминерализации обеспечивает стабильность структуры эмали, повышение ее резистентности, нормализацию показателей крови и ротовой жидкости, что снижает количество клинических осложнений на этапе ортопедического лечения.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Пациентам, которые проходят ортопедическое лечение с использованием малоинвазивных керамических конструкций на этапе препарирования твердых тканей зубов необходима реабилитация твердых тканей зубов с помощью эндогенной терапии.

2. В качестве эндогенного воздействия можно использовать функциональный пищевой продукт направленного действия, разработанный нами, эффективность которого доказана биохимическими анализами крови и ротовой жидкости.

3. Для достижения эффективного результата необходимо принимать функциональный продукт направленного действия курсом 15 дней.

4. Для изготовления временных конструкций в процессе ортопедического лечения рекомендовано использование фотополимерной смолы для 3D печати Dental Crown LCD (Gorky Liquid), поскольку к ней микроорганизмы обладают низкой адгезивной активностью.

5. Рекомендован повторный прием функционального продукта каждые 6 месяцев, поскольку наблюдается снижение показателей минерального обмена сыворотки крови и ротовой жидкости, рН, эмалевой резистентности.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Результаты проведенного исследования не охватывают всей сложности вопросов, связанных с процессами эндогенной реминерализации при ортопедической реабилитации малоинвазивными керамическими реставрациями. Перспективным направлением дальнейших научных изысканий представляется анализ отдаленных клинических результатов использования эндогенной реминерализации на этапах ортопедического лечения. Особую значимость приобретает исследование адгезии орального микробиома к ортопедическим конструкциям, что может способствовать разработке инновационных стратегий ведения пациентов, нуждающихся в ортопедическом лечении.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Гажва, С. И. Адгезивная активность микроорганизмов к стоматологическим материалам для 3D печати и вакуумной формовки / С. И. Гажва, К. А. Янышева, Н. А. Абдуллаев // Медико-фармацевтический журнал Пульс. – 2024. – Т. 26, № 10. – С. 16-22. – DOI 10.26787/nydha-2686-6838-2024-26-10-16-22. – EDN LUYBBY.

2. Влияние различных способов одонтопрепарирования на структуру и микроэлементный состав эмали / С. И. Гажва, А. Г. Манукян, А. И. Тетерин [и др.] // Клиническая стоматология. – 2023. – Т. 26, № 1. – С. 24-31. – DOI 10.37988/1811-153X_2023_1_24. – EDN ZNCXNQ.

3. Патент № 2828863 С1 Российская Федерация, МПК А61К 35/57, А61К 36/03, А61К 36/42. Продукт для восстановления минерального состава твердых тканей зубов после одонтопрепарирования на этапах ортопедического лечения и способ его применения: № 2024114992 : заявл. 31.05.2024: опубл. 21.10.2024 / С. И. Гажва, Р. С. Рахманов, К. А. Янышева [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Приволжский исследовательский медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации. – EDN QRHUOW.

4. Способы ортопедического лечения пациентов с разрушенными клиническими коронками опорных зубов. Обзор литературы / С. И. Гажва, А. И. Тетерин, Ж. С. Просвиркина, К. А. Янышева // Медико-фармацевтический журнал Пульс. – 2021. – Т. 23, № 10. – С. 56-63. – DOI 10.26787/nydha-2686-6838-2021-23-10-56-63. – EDN DINNPG.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ИДС – информированное добровольное согласие

ТЭР – тест эмалевой резистентности

FDI – Международная ассоциация стоматологов