ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ПРИВОЛЖСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

Манукян Артавазд Генрикович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОРТОПЕДИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ЭМАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЕРАМИЧЕСКИХ ВИНИРОВ

3.1.7. Стоматология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:
доктор медицинских наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы РФ
Гажва Светлана Иосифовна

Нижний Новгород - 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ....4
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ СТРУКТУРНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭМАЛИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРЕПАРИРОВАНИЯ, ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА ПРОЧНОСТЬ АДГЕЗИОННОГО СОЕДИНЕНИЯ И ИСХОД ОРТОПЕДИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ....18
1.1 Распространенность дефектов эмали, требующих эстетической коррекции. Факторы, влияющие на их развитие....18
1.2 Препарирование твердых тканей зубов, его виды, преимущества и недостатки....21
1.3 Изменения микроструктуры эмали после препарирования....29
1.4. Керамические виниры. Методы их адгезивной фиксации....32
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ....37
2.1 Изучение особенностей структурных изменений эмали под воздействием препарирования в условиях эксперимента....39
2.2 Исследование локальной шероховатости эмали in vitro....42
2.3 Оценка адгезивной активности микробиома полости рта к локальной шероховатости эмали, полученной различными способами препарирования..44
2.4 Определение адгезионной прочности соединения «эмаль-полевошпатная керамика» при сдвиге и растяжении....46
2.4.1 Изготовление лабораторных образцов для определения адгезионной прочности при сдвиге и растяжении....47
2.4.2. Материалы для адгезивной фиксации виниров....49
2.4.3. Определение адгезионной прочности соединения «эмаль-полевошпатная керамика» методами сдвига и растяжения в условиях эксперимента....51
2.5 Характеристика керамического материала для изготовления виниров....53
2.6 Клинический этап исследования....54
2.6.1 Общая характеристика клинического материала....54

2.6.2. Индексная оценка твердых тканей зубов и гигиенического состояния полости рта.....60
2.6.3. Клиническая оценка результатов ортопедического лечения малоинвазивными керамическими конструкциями.....62
2.7 Создание цифрового сертификата подлинности ортопедических конструкций зубов.....64
2.8 Разработка полезной модели «Ретрактор стоматологический».....65
2.9 Методика статистической обработки и анализа данных научного исследования.....66
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....68
3.1 Результаты изучения микроструктуры эмали в норме, до и после препарирования.....68
3.2. Результаты изучения шероховатости эмали в условиях эксперимента.....79
3.3 Результаты определения адгезивной активности микробиома к рельефу шероховатой поверхности в зависимости от способа препарирования.....84
3.4 Результаты определения адгезионной прочности соединения эмали зуба с полевошпатной керамикой при сдвиге и растяжении.....90
3.5 Разработка способа установки керамических виниров.....96
3.6 Создание сертификата подлинности ортопедической конструкции.....103
3.7 Усовершенствованный алгоритм ортопедического лечения дефектов эмали малоинвазивными керамическими конструкциями.....107
3.8 Создание полезной модели «Ретрактор стоматологический».....116
3.9 Результаты клинического исследования.....120
ГЛАВА 4 ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....130
ВЫВОДЫ.....141
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....143
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....144
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....149
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....150

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Эстетическая стоматология в настоящее время имеет не только практико-ориентированную направленность, но и социальную значимость, поскольку отвечает запросам населения и удовлетворяет их потребность в функциональном, психологическом и стоматологическом здоровье, существенно меняя качество жизни и решая задачу здоровьесбережения (Дедова Л.Н. с соавт., 2022, Гажва С.И. с соавт. 2023, Арутюнов С.Д. с соавт. 2026, Yang L. et al., 2022, Di Petto L.F. et al., 2023, Alyahya Y.A., 2024).

Эволюция технологических процессов, появление и широкое внедрение аддитивных технологий и искусственного интеллекта в эстетическую стоматологию способствовали разработке новых клинических цифровых протоколов и рекомендаций по их использованию на этапах ортопедического лечения дефектов цвета, формы и размера зубов малоинвазивными керамическими конструкциями (Байриков И.М. с соавт., 2023, Жулев Е.Н. с соавт., 2024, Апресян С.В. с соавт., 2024, Верховский А.Е. с соавт., 2024, Саакян М.Ю. с соавт., 2025, Durand J.-C. et al., 2021, Yu F et al., 2024 Ахмедов К.Г. с соавт., 2026).

По данным федерации стоматологов мира (FDI) ежегодно увеличивается количество людей с дефектами твердых тканей зубов, требующих профессиональной эстетической коррекции, способ и метод которой определяется не только клинической ситуацией, но и состоянием твердых тканей зубов (Казарина Л.Н. с соавт., 2023, Морданов О.С., Матвеев А.И., 2023, Исматов Ф.А., 2024, Schlueter N. et al., 2020, Vieira A.R., 2022).

Патологические процессы, требующие коррекции цвета, формы и размера зубов достигают 30% у взрослых и 50% у детей, занимая значимое место в структуре стоматологических заболеваний челюстно-лицевой области (Евневич К.А., Бойкова Е.И., 2021, Досматова К.Р. с соавт., 2022, Симакова А.А. с соавт., 2024, Kargozar S., 2024).

Методологические подходы к выбору технологий и средств ортопедического лечения эстетическими реставрациями и принятие решений в их пользу основывается на принципах биомиметики, где при минимальном вмешательстве в биологические структуры достигается максимально эффективный результат, что соответствует мировому тренду - минимально инвазивной стоматологии (MID) (Тетерин А.И. с соавт., 2022, Каикбердин А.Р с соавт., 2025, Zafar M.S. et al., 2020, Sailer I. et al., 2021).

Известно, что препарирование не исключает отрицательного воздействия на ткани зуба вибрации, повышенной температуры, механического воздействия и других физических предикторов, которые являются факторами риска для развития побочных явлений как в ближайшие, так и в отдаленные сроки (Sharma N.N. et al., 2023, Akarsu C. et al., 2025).

Несмотря на то, что эмаль является стабильным биокомпозитным материалом, отсутствие способности к регенерации снижает ее защиту от внешних воздействий, приводя к структурной трансформации и изменению количественного и качественного микроэлементного состава (Иорданишвили А.К. с соавт., 2020, Карелина Н.Р., 2022, R.E. Al-Wakeel et al., 2024, Lins-Candeiro CL et al., 2024). После любой механической обработки восстановление ее до исходного уровня не происходит как в ближайшие, так и в отдаленные сроки (Гажва, С. И. с соавт., 2023, 2025, Sorrentino R. et al., 2022). Поэтому вопросы препарирования и проблемы, связанные с появлением чувствительности на этапах подготовки зубов к протезированию и после фиксации малоинвазивных ортопедических конструкций, являются актуальными до настоящего времени и требуют поиска дальнейших вариантов решения (Демин Я.Д., 2019, Жулев Е.Н. с соавт., 2024, Meer Rownaq Ali A.B., 2023).

Выбор метода и способа препарирования эмали для формирования шероховатой адгезионной поверхности, а также разработка протоколов фиксации виниров с учётом физико-химических свойств керамики остаются

предметом дальнейшего изучения мировой науки и стоматологической практики (Трушкина Н.С., Костылев Е.Э., 2020, Gao J. et al., 2022).

Одним из перспективных методов препарирования, одобренным FDI в 2002 году и разрешенным в Российской Федерации с 2007 года, является водно-воздушно-абразивный, обеспечивающий минимальную инвазию в отношении поверхностных слоев эмали (Кабаченко В.А., 2023, Sinjari B., 2020, Mavriqi L. et al., 2021).

Принцип его работы - ятрогенное воздействие на эмаль для достижения однородной шероховатой поверхности путем направленного воздействия на нее высокоскоростного потока абразивных частиц из специального наконечника (Мулендеев П.Г. с соавт., 2021, Kui A. et al., 2024, Eram A. et al., 2024, Falcon A.M. et al., 2024).

Препарирование твердых тканей, направленное на создание оптимальных условий для адгезивной фиксации керамических конструкций должно соответствовать определенным принципам, обеспечивающим максимальное сохранение эмали с минимальным риском развития неблагоприятных исходов (Салихов Е.А. с соавт., 2020, Орехова Л.Ю. с соавт., 2025, Blunck U. et al., 2020, Gresnigt M. M. et al., 2021).

Разработка и внедрение в клиническую практику малоинвазивных, органосохраняющих способов препарирования твердых тканей зубов снижает риск развития побочных явлений на этапе ортопедического лечения (Буенцов И.О., 2021, Alenezi A. et al., 2021, Assaf A. et al., 2023).

Керамические виниры принято считать одним из последних современных инновационных технологических методов эстетической реконструктивной стоматологии, а качество их фиксации во многом зависит от физико-химических свойств адгезивных систем, реставрационных материалов, выбора техники препарирования для подготовки поверхности эмали (Дмитриева Ю. Р., Ячменева Л.А. 2020, AlJazairy YH., 2021, Al-Mokdad A. et al., 2024, Reis JMDSN et al., 2025, Rojas-Rueda S. et al., 2025).

Адгезивная фиксация является основополагающим фактором, определяющим долговечность и клиническую надежность реставрации. В связи с тем, что виниры функционируют в условиях минимальной толщины керамики и слабой макромеханической ретенции, их прочностные характеристики зависят, в том числе, от силы адгезивной фиксации между эмалью и керамическими реставрациями (Успенская О.А. с соавт., 2024, Киселев В. М. с соавт., 2025, Dos Santos C. S. et al., 2024).

Биопленка, которую формирует микробиом полости рта на поверхности эмали, является фактором риска нарушения прочностных характеристик адгезионного соединения керамических конструкций и поверхности эмали, что способствует нарушению краевого прилегания, возникновению кариеса и дискомфорта (Нестеров А.М. с соавт., 2024, Гажва С.И. с соавт., 2024, Арутюнов С.Д. с соавт., 2026, Di Petto L. F. et al., 2023). Его адгезивная активность связана не только с микробными адгезинами, но и обусловлена степенью выраженности ретенционных пунктов на поверхности эмали, созданных различными способами ее препарирования на этапе подготовки к ортопедическому лечению, а также зависит от физико-химических свойств конструкционных материалов (Арутюнов А.С. с соавт., 2020, Цховребов И.Р. с соавт., 2025, Степанов А.Г. с соавт., 2025, Xu Y. et al., 2025).

Таким образом, мировое научное стоматологическое сообщество внесло ощутимый вклад в решение вопросов, связанных с использованием малоинвазивных керамических конструкций и их фиксацией. Однако, чаще всего изучалось влияние водно-воздушно-абразивной обработки внутренней поверхности виниров на силу и прочность адгезивной фиксации, не учитывая, при этом, способ препарирования эмали, степень шероховатости ее поверхности, вариабельность адгезивной активности микробиома к ее рельефу, морфологическую структуру, ее количественный и качественный микроэлементный состав (Демин Я. Д., 2019, Тетерин А.И., 2019, Гажва С.И. с соавт., 2023, Jurado C. et al., 2020, Smielak B., 2022, Gao, J. et al., 2022, Kamiloglu S. et al., 2023).

Поэтому наше диссертационное исследование направлено на экспериментально-клиническое обоснование оптимальной техники препарирования эмали, разработку способа фиксации виниров с высокими физико-химическими и эстетическими параметрами и усовершенствование алгоритма ортопедического лечения дефектов эмали малоинвазивными керамическими конструкциями.

Степень разработанности темы исследования

Исследования мирового научного и стоматологического сообществ в области эстетической стоматологии направлены на усовершенствование технологического процесса, внедрение в практическую стоматологию цифровых технологий, искусственного интеллекта для решения задач, связанных со здоровьесбережением и продлением активного возраста населения (Иванкова М.В., Крихели Н.И., 2020, Бабуров А., 2021, Постников М.А. с соавт., 2024, Alyahya Y., 2024, Robles M. et al., 2025). Для достижения эффективного результата при лечении дефектов эмали используются малоинвазивные керамические конструкции, подготовка которых к фиксации связана с препарированием разными методами и способами, которые меняют структуру эмали, ее качественный и количественный макро- и микроэлементный состав (Трунин Д.А. с соавт., 2024, Ушницкий И.Д. с соавт., 2024, Аверкина Н.С., 2024, Mihali S.G., 2022).

Использование малоинвазивных керамических конструкций для лечения дефектов эмали является достаточно изученным и обоснованным вектором в достижении эстетического результата, направленным на максимальное сохранение здоровых тканей зуба и щадящим методом реабилитации. В настоящее время достаточно разработаны этапы диагностики, восковое моделирование, создание прототипа, препарирование, протоколы фиксации т.д.

Однако, влияние каждого метода препарирования на структурную трансформацию эмали до конца не изучено. Известно, что адгезионная

прочность соединения между малоинвазивными керамическими конструкциями и эмалью обеспечивается совокупностью факторов: структурой, качественным и количественным макро- и микроэлементным составом эмали, видом ее препарирования, особенностями физико-химического состава конструкционного материала и особенностями протоколов фиксации.

Кроме того, не всегда уделяется должное внимание технологическим факторам фиксации, влияющим на силу адгезии. Важную роль играют условия изоляции рабочего поля, выбор и реализация способа обработки эмали, концентрация и время экспозиции травящих агентов (кислот), а также режимы световой полимеризации. Роль каждого из перечисленных факторов требует дальнейшего изучения для создания оптимальных алгоритмов ортопедического лечения дефектов эмали с использованием малоинвазивных керамических виниров.

До настоящего времени дискуссионными остаются вопросы, связанные с необходимостью препарирования, исследуются и минимизируются риски, связанные с ним, и изучаются факторы, обеспечивающие прочность адгезивной фиксации виниров, их долговечность и функциональность.

Цель исследования

Повышение эффективности ортопедического лечения малоинвазивными керамическими винирами пациентов с эстетическими дефектами эмали путем применения инновационных подходов и усовершенствованных алгоритмов.

Задачи исследования

1. Выявить особенности трансформации структурной организации эмали, её количественного и качественного макро- и микроэлементного состава под воздействием различных способов препарирования.

2. Изучить микрошероховатость эмали, адгезивную активность микробиома к ее рельефу в зависимости от способа препарирования и видовой принадлежности микроорганизмов in vitro.

3. Определить прочность адгезионного соединения «эмаль-винир» методами сдвига, растяжения и установить тип его разрушения в лабораторных условиях.

4. Разработать способ установки керамических виниров и создать цифровой сертификат их подлинности.

5. Усовершенствовать алгоритм ортопедического лечения малоинвазивными керамическими винирами пациентов с эстетическими дефектами эмали и оценить его эффективность in vivo в ближайшие и отдаленные сроки.

Научная новизна

1. Получены новые данные о структурной трансформации эмали, изменении качественного и количественного ее макро- и микроэлементного состава под воздействием препарирования водно-воздушно-абразивным способом, что позволяет его рекомендовать как метод выбора среди малоинвазивных техник препарирования под керамические виниры.

2. Впервые изучена адгезивная активность микробиома к локальной шероховатости эмали и установлена ее вариабельность в зависимости от способа препарирования, видовой принадлежности микроорганизмов, что вносит существенный вклад в понимание патогенетических механизмов нарушения краевого прилегания и возникновения кариозного процесса.

3. Доказано, что водно-воздушно-абразивный способ препарирования способствует созданию прочного адгезионного соединения «эмаль-винир» с когезионным типом разрушения, что расширяет показания к его применению, обеспечивает стабильность и долговечность ортопедической конструкции.

4. Предложен авторский способ установки керамических виниров из лейцит-усиленной полевошпатной керамики с оптимальными эстетическими параметрами, основанный на минимальном вмешательстве в структуру эмали, использовании усовершенствованного протокола их фиксации с учетом

технологических факторов, влияющих на силу адгезии «эмаль-винир» (патент РФ № 2725274 от 30.06.2020, товарный знак № 795995 от 24.10.2025).

5. На основании экспериментально-клинических исследований разработан и внедрен усовершенствованный алгоритм ортопедического лечения пациентов с эстетическими дефектами эмали малоинвазивными керамическими винирами, позволяющий стандартизировать лечебный процесс, минимизировать субъективные врачебные ошибки и обеспечить ожидаемый пациентом результат.

6. Впервые разработан, апробирован и внедрен в клиническую практику «Цифровой сертификат подлинности ортопедических конструкций зубов», снижающий риск возникновения неблагоприятных исходов при повторном стоматологическом вмешательстве (свидетельство РФ № 2023614253 от 27.02.2023).

7. Разработана и защищена патентом полезная модель «Ретрактор стоматологический», увеличивающая продолжительность стоматологических манипуляций в комфортных условиях (патент РФ № 206627 от 17.09.2021).

8. Предложенная методология оптимизации алгоритмов ортопедического лечения пациентов с эстетическими дефектами эмали малоинвазивными керамическими винирами, объединяющая фундаментальные знания, инновационные подходы, экспериментальные исследования и клинические испытания, является наукоемкой и практико-ориентированной.

Теоретическая и практическая значимость исследования

- Убедительные данные о влиянии различных методов препарирования на структуру эмали, ее макро- и микроэлементный состав, прочность адгезионного соединения при реализации алгоритма ортопедического лечения пациентов малоинвазивными керамическими конструкциями являются основанием для принятия решения в пользу оптимального метода без риска возникновения осложнений.
- Доказана возможность применения водно-воздушно-абразивной подготовки эмали для фиксации малоинвазивных керамических конструкций,

что способствует образованию прочного адгезионного соединения при минимальном повреждении эмали, и обеспечивает долговечность ортопедической конструкции.

- Использование керамических виниров позволяет получить предсказуемый эстетический результат, а сами виниры являются долговечной и прочной конструкцией, устойчивой к окрашиванию, биосовместимой с тканями полости рта, что отвечает запросам современного общества и удовлетворяет потребности в эстетическом протезировании.
- Усовершенствованный алгоритм ортопедического лечения пациентов с эстетическими дефектами эмали малоинвазивными керамическими винирами повышает эффективность ортопедического лечения, снижает риск возникновения неблагоприятных исходов, обеспечивая надежность и долговечность керамических конструкций.
- Использование «Цифрового сертификата подлинности ортопедических конструкций зубов» позволяет стандартизировать алгоритмы ортопедического лечения и подтвердить подлинность конструкционных материалов, снижая риск возникновения неблагоприятных исходов при повторном стоматологическом вмешательстве.
- Теоретическая и практическая значимость применения виниров заключается в том, что данный метод представляет собой научно-обоснованную, клинически эффективную и минимально инвазивную технологию, которая является методом выбора в каждой конкретной клинической ситуации.

Методология и методы исследования

Методологические подходы в диссертационной работе основываются на комплексном анализе экспериментальных, фундаментальных, микробиологических, аналитических, клинических и статистических результатов комплексного экспериментально-клинического управляемого проспективного исследования, разрешенного этическим комитетом ПИМУ от

20.12.2024 года. Для теоретического обоснования темы диссертации и разработки ее дизайна использовались 185 источников научной литературы, опубликованных в базах данных информационных систем, таких как eLIBRARY, PubMed и CyberLeninka, преимущественно за последние пять лет. Диссертация, в рамках поставленных задач, имеет экспериментальную часть и клиническую составляющую, направленные на достижение конкретной цели – повышение эффективности ортопедического лечения пациентов с эстетическими дефектами эмали малоинвазивными ортопедическими конструкциями с использованием водно-воздушно-абразивного способа препарирования эмали.

В рамках диссертационного исследования, основываясь на принципах доказательной медицины, были реализованы два этапа: экспериментальный и клинический. Для реализации экспериментального этапа использовались средства визуализации (растровый электронный микроскоп с детектором), водно-воздушно-абразивный и стандартный методы препарирования эмали, цифровые, аддитивные технологии и искусственный интеллект.

Изучение шероховатости эмали после препарирования различными способами, исследование прочности соединения «эмаль-винир» на сдвиг и растяжение, а также типа его разрушения осуществлялось в условиях лаборатории по изучению физико-механических свойств биологических тканей на испытательной машине Zwick/Roell Z010, что позволило избежать технических ошибок и снизить риск возникновения статистических погрешностей.

Для изучения адгезивной активности микробиома к рельефу шероховатой поверхности эмали, созданной различными способами, и ее вариабельности, использовали микробиологические методы, позволяющие выявить степень ее зависимости от способа препарирования и видовой принадлежности.

Клиническая часть исследования выполнялась с учетом критериев включения, исключения и невключения при участии пациентов (n=50) с эстетическими дефектами эмали, которые были разделены на 2 группы по 25

человек в каждой (n=25), отличающиеся техникой препарирования эмали. Для оценки эффективности проведенного ортопедического лечения малоинвазивными керамическими конструкциями использовались критерии FDI.

Исследование было многокритериальным и многогранным, продолжительным по времени, что позволило объективно оценить результаты и сделать выводы. Участие пациентов в исследовании и ортопедическом лечении осуществлялось на основании их информированного добровольного согласия.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Водно-воздушно-абразивный способ препарирования максимально сохраняет структуру эмали, ее макро- и микроэлементный состав, влияет на вариабельность адгезии микробиома, создает оптимальные условия для прочного соединения «эмаль-винир» при разрушении по когезионному типу.

2. Разработанный авторский способ установки виниров и усовершенствованный алгоритм ортопедического лечения пациентов с эстетическими дефектами эмали обеспечивают высокую эффективность стоматологической реабилитации, стабильность функционирования керамических конструкций и долгосрочный эстетический результат (патент РФ № 2725274).

3. Сертификат подлинности ортопедических конструкций позволяет идентифицировать процесс лечения с визуализацией его особенностей в цифровом формате (свидетельство РФ № 2023614253).

Степень достоверности и апробация результатов

Статистическая значимость полученных результатов диссертационного исследования подтверждается методологическими подходами и принципами биомиметики, что предполагает целостное решение поставленных задач: сочетает малоинвазивные, органосохраняющие методики с цифровыми

инструментами и применением современного исследовательского и стоматологического оборудования. Обоснованность выводов обеспечена достаточным объёмом экспериментальных и клинических наблюдений, корректным дизайном исследования и строгой статистической обработкой, что придаёт результатам высокий уровень доказательности.

Апробация полученных результатов проведена на заседании проблемной комиссии Института стоматологии ПИМУ с участием представителей профессорско-преподавательского состава подразделений стоматологического факультета. Факт апробации подтверждён протоколом заседания № 6 от 19.02.2026.

Внедрение результатов

Материалы и результаты экспериментально-клинического исследования внедрены в учебный процесс: кафедры стоматологии ФДПО ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, кафедры стоматологии ГАУ ДПО «Институт усовершенствования врачей» Минздрава Чувашии при различных формах обучения: профессиональной переподготовке, циклов повышения квалификации, тематического усовершенствования. Целевая аудитория: профессорско-преподавательский состав высших учебных заведений, врачи практического здравоохранения, ординаторы и аспиранты. Кроме того, данные диссертационного исследования используются в лечебно-диагностическом процессе: ГАУЗ НО «Областная стоматологическая поликлиника» (г. Нижний Новгород), Дзержинский филиал им. Р.Х.Гатиной ГАУЗ НО "ОСП" (г. Дзержинск), АУ «Республиканская стоматологическая поликлиника» Минздрава Чувашии (г. Чебоксары), ООО «Центр развития стоматологии Садко» (г. Нижний Новгород), ООО «Арто» (г. Москва), ООО «Аведа» (д. Барвиха). Неоднократно результаты научных изысканий озвучивались в рамках научно-практических конференций с международным участием, положены в основу методических разработок кафедры, обеспечивая актуализацию учебных модулей и практико-ориентированное обучение.

Личный вклад автора

Личный вклад автора в научно-исследовательскую работу в соответствии с дизайном исследования и этапами проведения работы, был емким, последовательным, начиная с анализа 185 литературных источников, размещенных в информационных базах данных (eLIBRARY, CyberLeninka, PubMed, Scopus, Web of Science), заканчивая формулировкой выводов (5) и практических рекомендаций (5). Кроме того, он лично готовил образцы зубов, в соответствии с техническим заданием и требованием ГОСТов, для экспериментальных исследований: анализа микроструктуры эмали и ее микроэлементного состава (n=60), оценки параметров микрошероховатости (n=32), изучения адгезивной активности представителей микробиома полости рта к локальной шероховатости эмали (n=30), а также определения прочности соединения «эмаль–полевошпатная керамика» методами сдвига и растяжения (n=40). Для решения клинического этапа исследования осуществлял отбор пациентов (две группы по 25 человек в каждой), проводил им ортопедическое лечение эстетических дефектов эмали, осуществлял анализ и статистическую обработку полученных результатов, обосновал выводы и практические рекомендации. Автор участвовал в разработке новых инновационных технологий, защищенных патентами и свидетельствами на интеллектуальную собственность.

Соответствие паспорту специальности

Исследование в диссертации проведено в соответствии с паспортом научной специальности 3.1.7. Стоматология (область науки: Медицинские науки) в рамках темы «Методологический подход в персонифицированной медицине при патологических состояниях органов полости рта и челюстно-лицевой области», включенной в научно-исследовательскую программу ФГБОУ ВО ПИМУ (Протокол №2 от 19.12.2019 г.).

Список изданных научных работ по теме диссертации

Опубликовано 7 научных работ по теме диссертации, в том числе: 4 статьи в журналах, включенных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций. Из них: 2 в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования (Scopus). Получен 1 патент РФ на полезную модель, 2 патента РФ на изобретение, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 1 товарный знак.

Объем и структура диссертации

Дизайн диссертации подчинен её исследовательскому замыслу: главы расположены последовательно, каждая решает конкретную задачу и логически подводит к следующему этапу, что обеспечивает достижение итоговых целей работы.

Диссертация изложена на 171 странице компьютерного текста и состоит из введения, 4 глав собственных исследований, выводов, практических рекомендаций, приложения, списка сокращений, списка литературы. Работа иллюстрирована 29 таблицами и 95 рисунками. Список литературы содержит 185 источников, из них 69 отечественных и 116 иностранных авторов.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Структурная трансформация эмали под воздействием препарирования, её влияние на прочность адгезионного соединения и исход ортопедического лечения

1.1 Распространенность дефектов эмали, требующих эстетической коррекции. Факторы, влияющие на их развитие

Распространенность нарушений цвета эмали, подлежащих эстетической коррекции, остается актуальной проблемой не только стоматологии, но и современной молодежи, которая считает эстетические параметры лица и гармонию улыбки элементами успеха и общественного признания (Морданов О.С., Матвеев А.И., 2023, Uribe SE et al., 2021, Márquez-Pérez K et al., 2023).

В настоящее время, реконструктивная стоматология занимает лидирующие позиции в мировой медицине, поскольку ее эстетические результаты, по мнению ряда авторов, являются определяющими чертами современного человека, элементами самовыражения, а возможности цифровых технологий, искусственного интеллекта, инновационных материалов - инструментами достижения успеха (Сарапина В.А., Султанбаев Ш.А. 2021, Фазылова Ю.В., 2022, Hosaka K. et al., 2020).

Известно, что эстетические дефекты зубов, дисколориты меняют внешнюю визуальную привлекательность человека, снижают коммуникативную активность, приводят к возникновению психоэмоциональных комплексов и сказываются на качестве жизни (Андреева Е.А. с соавт., 2021, Иргашов И.А., 2025, Pordeus Batista L.A., 2024).

Психологические трудности, обусловленные эстетическими параметрами лица и зубов, являются предметом изучения и обсуждения, поскольку требования к внешности достаточно высоки, а культура идеального образа человека к этому обязывает (Федоров М.О., Зайцева О.А., 2025, Almeida LKY et al., 2021, Borg-Bartolo R. et al., 2022).

Ряд авторов подтверждает, что кроме функциональной составляющей,

наличие эстетических дефектов оказывает существенное влияние на психологическое состояние пациентов с нарушениями цвета, формы или размера зубов, что проявляется снижением самооценки и затруднением самовыражения. Это дополнительно стимулирует спрос на эстетическую стоматологию и обосновывает необходимость совершенствования методов коррекции, реабилитации и профилактики.

Распространенность изменений цвета зубов в виде потемнения эмали и появления пятен гипоплазии встречается у населения России в 68% случаев, белые или коричневатые пятна - 24–35%. Нарушения формы зубов - укорочение режущего края и нарушение геометрии зуба визуализируются в 19–27% случаев (Даминова Ш.Б., Казакова Н.Н., 2020)

Источники отечественной и зарубежной специальной литературы свидетельствуют о том, что у населения в возрасте от 18 до 25 лет наблюдается достаточно большое количество расзновидностей дефектов эмали, встречающихся в 55-75% случаев, что требует незамедлительного врачебного вмешательства и разработки программ реабилитации (Орешко Л.С., Алиева Г.Ч., 2021, Alemi AK et al., 2024).

По данным М.Б. Сувыриной с соавт. 2018, некариозные поражения колеблются в пределах от 10 до 23%, а именно: эрозии эмали от 0,9-2,6%, клиновидные дефекты-2,8-5,5%, флюороз от 30 до 90%, гипоплазия достигает 5%. Нарушения формы и размеров зубов наблюдаются в разных возрастных группах и достигают 35% и 23% соответсвенно, на фоне комбинированной патологии, которая идентифицируется 12-18% случаев.

По данным исследований, эстетические дефекты фронтальной группы зубов широко распространены среди лиц молодого возраста. Доказано, что аномалии отдельных зубов выявляются в молодом возрасте в 20% случаев на фоне микродентии и макродентии, а сочетание нескольких типов нарушений в 12–18%.

Анализ статистических данных о распространенности дефектов эмали, подтверждает не только медицинскую, но и социально-психологическую

проблему, связанную с нарушением эстетических параметров лица и их восприятием в обществе. Особое внимание уделяется фронтальным зубам, так как они играют ключевую роль в формировании первого впечатления и эмоциональной коммуникации.

Достаточно часто встречаются дисколориты эмали: от светло-жёлтого до тёмного оттенка в цветовой палитре, что в рамках эстетического дефекта воспринимается как цветовая неоднородность зубного ряда. Пятна различного цвета, полосы, трещины, клиновидные дефекты нарушают гармонию улыбки и создают визуальную диспропорцию (Durmaz Yilmaz OM et al., 2025). При этом, важным диагностическим инструментом является фотопротокол, который позволяет выявить наличие патологии, её размеры, зону локализации и распространённость (Исматов Ф.А., 2024, Žagar M. et al., 2024).

Известно достаточно много факторов, которые могут оказывать влияние на развитие нарушений и дефектов эмали (Martignon S et al., 2021, Luu VT et al., 2025). Среди них не последнее место занимают очаги деминерализации, появляющиеся на начальных стадиях развития кариеса, сам кариозный процесс, а также качество используемых пломбировочных реставрационных материалов (Иванкова М.В., Крихели Н.И., 2020, Almeida LKY et al., 2021, Borg-Bartolo R et al., 2022). Их структурные особенности, способности менять цвет под воздействием пищевых красителей, достаточно часто приводят к потере цветовой однородности и прозрачности эмали, что не может оставаться незамеченным в зоне улыбки (Uribe SE et al., 2021, Márquez-Pérez K et al., 2023). Развитие кариеса также связано с особенностями гигиены полости рта, рационом питания и уровнем минерализации зубной эмали в различные возрастные периоды. Он достаточно часто во фронтальной группе зубов вызывает ограниченные нарушения эмали в виде пятен, ее помутнения и разрушения, что внешне воспринимается как отрицательный эстетический эффект (Kargozar S, Jadidfard MP., 2024).

Негативное влияние курения и пристрастия к употреблению красящих напитков на фоне нарушений эмали усиливает визуальные проявления изменений ее цвета (Asgari I et al., 2020)

Ряд системных заболеваний, а также длительный приём отдельных лекарственных препаратов, особенно в подростковом возрасте, может приводить к нарушениям формирования эмали и изменениям её качественного и количественного микроэлементного состава.

Понимание факторов, влияющих на развитие эстетических дефектов зубов, является необходимым шагом не только для разработки эффективных мер профилактики, но и результативных способов лечения (Магсумова О.А. с соавт., 2021, Bosenbecker J et al., 2020).

Помимо видимых эстетических недостатков, пломбы из материалов с плохими физическими свойствами вызывают стираемость и деформации краёв реставраций, нарушая естественный размер и форму зуба. Такие материалы со временем теряют прозрачность, приобретают желтоватый или сероватый оттенок, что особенно заметно в зоне улыбки.

1.2 Препарирование твердых тканей зубов, его виды, преимущества и недостатки

Препарирование зубов – это часть стратегии ортопедического лечения малоинвазивными керамическими конструкциями, направленная на успех эстетической реставрации, ее долговечность за счет создания шероховатой поверхности, обеспечения прочности адгезии винира к тканям зуба и снижения бактериальной колонизации в зоне соединения (Pereira da Silva B., 2020)

Из данных достаточно большого количества публикаций, размещенных в информационных научных базах данных, таких как PubMed, eLIBRARY, Scopus препарирование является неотъемлемой частью алгоритма, направленного на создание оптимальной поверхности для надежной адгезивной фиксации и эффективного лечения дефектов эмали малоинвазивными керамическими винирами (Алиев В.И., 2022, Окромелидзе М.Т. с соавт., 2022, Симонова Д.В., 2022, Аверкина Н.С., 2024).

По мнению Б. Р. Шумиловича, 2017, препарирование твёрдых тканей зубов является достаточно трудоёмкой процедурой, требующей от исполнителя высокого профессионального искусства и мастерства, ему принадлежит основополагающая роль в обеспечении долгосрочного результата и полноценной реабилитации стоматологических пациентов (Аверкина Н.С., 2024, Kanzow P et al., 2019, Burrer P et al., 2021).

Однако, вне зависимости от его вида, принципы остаются неизменными: отсутствие психоэмоциональной нагрузки на пациента, минимальное нагревание зуба при создании максимальной адгезионной поверхности (Моргачев Р. Ю. с соавт., 2024, Pordeus Batista LA et al., 2024).

В настоящее время наиболее востребованными являются 2 вида препарирования: традиционное и инновационное (Непрелюк О.А. с соавт., 2023, Моргачев Р.Ю. с соавт., 2024, Li J. et al., 2020). К традиционным относится механическое, тогда как к инновационным: химическое, лазерное, кинетическое, ультразвуковое и комбинированное. (Тугушев В. В. с соавт., 2021, Моргачев Р. Ю. с соавт., 2025, Gresnigt MMM et al., 2021, Schlichting LH et al., 2022).

В настоящее время современная стоматология находится в поиске наименее травматичной и малоинвазивной, но в то же время, наиболее эффективной и универсальной методики препарирования твердых тканей зуба (В. М. Киселев с соавт., 2025, Unkovskiy A. et al., 2022). С одной стороны, претерпевают изменения конструкции ротационных инструментов, с другой стороны, изменяются алгоритмы использования ротационных инструментов и техники их применения (Луцкая И.К., 2019, Yu H.-Y., 2023).

По данным А.Н. Пархоменко с соавт., 2018, качество препарирования на прямую зависит не только от четкости исполнения его алгоритма, но и качества инструментов, которые для этого используются (Иванкова М.В., Крихели Н.И., 2020, Иващенко А.В. с соавт., 2021). В настоящее время ротационные инструменты являются стандартным методом препарирования. Так для препарирования твердых тканей зубов под несъёмные конструкции для

достижения стабильности «геометрии» культи рядом авторов был предложен набор боров «Старт», использование которого позволяет добиться эффективного результата.

В настоящее время предпочтение отдается малоинвазивным методикам с использованием алмазных боров со средней абразивностью (синяя маркировка по ISO), а само препарирование осуществляется только в пределах эмали с использованием дополнительных средств, таких как цифровые шаблоны, силиконовые ключи, оптические системы (Андреева Е.А. с соавт., 2025 Yu H.Y., 2020, Li Z.Y. et al., 2020, Gao J., 2022, Neto H.N.M et al., 2024).

Ограничением использования ротационных инструментов является ятрогенное повреждение соседних зубов; нагрев его тканей, микротрещины эмали и дентина, возникающие вследствие избыточной и неравномерной кинетической энергии, образующейся при контакте ротационного инструмента с поверхностью зуба при условии оптимального выбора бора и скоростного режима препарирования (Chen J et al., 2024).

Так же стоит отметить неизбежность механической и термической травмы пульпы витальных зубов, вибрацию и микробную инвазию (Шумилович Б.Р. и др., 2017). Кроме того, традиционные методы препарирования способствуют изменению микроэлементного состава твердых тканей: убыли кальция, снижению фосфора в поверхностных слоях эмали.

Ряд авторов считает, что недостаточно внимания уделяется в отечественной стоматологии качеству препарирования, последствия которого определяются в отдаленные сроки. Доказано, травмирующее влияние любого ротационного инструментария на твёрдые ткани зуба, которое вызывает трансформацию их структуры, изменение количественного и качественного микроэлементного состава, приводит к нарушению адгезии при фиксации ортопедических конструкций (Шумилович Б.Р., 2017, Lau XE et al., 2023).

Поэтому поиск оптимальных методов препарирования твёрдых тканей зубов продолжается и в настоящее время и является предметом обсуждения не только в научном мире, но и в практической стоматологии (Bonfanti-Gris M. et

al., 2025).

Механическая обработка поверхности эмали способствует увеличению микрошероховатости и площади контакта эмали с виниром.

Различают 3 методики подготовки зубов под керамические виниры, которые эффективно используются в эстетической стоматологии.

Методика без препарирования показана в тех случаях, когда структура зуба позволяет добавлять реставрационный материал на фоне сохранения твердых тканей зуба, архитектуры мягких тканей и всех естественных структур зуба (Nizami M.Z.I. et al., 2022, Villalobos-Tinoco J. et al., 2023, Mainjot A., 2025).

Виниры "Без предварительной подготовки" эффективно используются уже более двух десятилетий, а склеивание полевошпатной керамики со 100% эмалью пользуется необычайным успехом (Gresnigt M.M.M. et al., 2021, Romeo G., Iliev G., 2022, Sulaiman T.A. et al., 2024).

По данным A.C Măroiu. et al, 2023, виниры, установленные в соответствии с протоколом CH no-ргер, демонстрируют отличные эксплуатационные характеристики после 36-60 месяцев клинического использования (Hepdeniz O.K. et al., 2023). Достигнутые результаты, с точки зрения соответствия цвета и общей эстетической и анатомической интеграции, подтвердили, что безоперационный подход может быть безопасно применен при условии соблюдения строгих правил отбора пациентов и протоколов фиксации (Сарапина В.А., Султанбаев Ш.А., 2021, Yousry M. et al., 2024).

Преимущества эстетических реставраций без препарирования заключаются в создании эстетичной улыбки без нарушения структуры эмали и повреждения мягких тканей, обеспечении быстрой и безболезненной коррекции дисколоритов зубов. Суть технологии заключается в том, что твердые ткани интактных зубов остаются нетронутыми, а виниры фиксируются к их вестибулярной поверхности. При правильном уходе и отсутствии вредных привычек у пациента, малоинвазивные керамические конструкции по данным ряда авторов служат от 15 до 25 лет (Nizami M.Z.I. et al., 2022, Villalobos-Tinoco J. et al., 2023). Но, как любая другая технология, она не лишена недостатков:

поверхность эмали перед фиксацией подвергается травлению, что делает цвет эмали необратимым; минимальная толщина виниров позволяет устранять ограниченное количество дефектов; увеличивает объем зуба, что вступает в противоречие с законами эстетики; не всегда достигается незаметный переход между виниром и естественными тканями зуба, особенно в области шейки, что может привести к скоплению налета, если не обеспечивается должный уход.

Минимальное препарирование (малоинвазивное препарирование) направлено на сохранение 95% эмали зуба и может быть реализовано с помощью пескоструйной обработки, лазерных технологий и ультразвука. (Фазылова Ю.В., 2022, Gierthmuehlen P.C. et al., 2022, Ali A.B.M.R., 2023) Долгосрочные исследования продемонстрировали 94% выживаемости при использовании керамических виниров с минимально инвазивным препарированием (Sharma NN et al., 2023). Как сохранение структуры зуба, так и выбор адекватного метода лечения в соответствии с клинической ситуацией имеет важное значение для каждого пациента в достижении ожидаемого результата (Tew IM., Ho EHT., 2022, Gierthmuehlen PC et al., 2022).

При планировании ортопедического лечения дефектов эмали в зависимости от конкретной клинической ситуации выбор метода и способа препарирования играет важную роль в достижении эффективного результата (Дьяченко В.Г., Садко Н.В., 2023, Mainjot AKJ et al., 2020, Hoekstra-van Hout PMJ et al., 2023, Oudkerk J et al., 2024).

Препарирование с помощью боров способствует механическому удалению поверхностных слоев эмали для достижения необходимых параметров шероховатости с предварительным выбором вращающихся инструментов и параметров рельефа поверхности (Abdulghani MN et al., 2024, Elnawam H et al., 2024).

Традиционные методы препарирования имеют существенные недостатки, поэтому в настоящее время развитие технологий идет в двух направлениях: не только по пути совершенствования инструментов, но и разработка конкурентоспособных, защищенных технологическим

суверенитетом методик, которые позволили бы проводить препарирование эмали с использованием принципов биомиметики. В настоящее время лучшими из них являются: химическое, лазерное, ультразвуковое, воздушно- и водно-абразивное препарирование.

Для химического препарирования чаще всего используется ортофосфорная кислота в различной концентрации (37-40%, гель или раствор) под контролем времени, вызывая частичную деминерализацию и создавая условия для прочного адгезионного соединения между тканями зуба и виниром. Чаще всего используется механическое препарирование в комбинации с химическим, обеспечивая создание оптимальной поверхности. Итогом их воздействия на эмаль является определенный микрорельеф – неоднородная поверхность как по топографии, так и по химическому составу, удовлетворяющая принципам механической и химической адгезии (Guo L et al., 2025, Li Y et al., 2025).

Комбинированные способы сочетают преимущества механического и химического подходов. Это может быть последовательное применение боров для препарирования с последующим кислотным травлением или же использование ультразвуковых аппаратных методик в паре с кислотной обработкой. В последние годы к комбинированным методам добавились лазерные технологии, которые способны изменять структуру эмали в режиме контролируемого воздействия энергии, сочетая термический и фотохимический эффекты.

Так, препарирование лазером - щадящая, деликатная методика, сохраняющая максимальное количество тканей. (Баротова Ш., 2025, Yousief S.A. et al., 2023,)

Метод лазерного препарирования в стоматологии является перспективным направлением и вызывает неподдельный интерес у специалистов стоматологического профиля (Тумасян М.Г. с соавт., 2024, Крихели Н.И., Болашова С.В., 2023).

Лазерные установки с излучением высокой интенсивности,

монохроматичностью, когерентностью, постоянством электромагнитных волн и управляемой длиной волны обладают большой эффективностью при препарировании твердых тканей зубов и являются альтернативой механическим способам ее обработки (Zhuang J.-L. et al., 2023, Javed F et al., 2024). Новой возможностью в препарировании зубов является Er: YAG лазер, поскольку его длина волны не только поглощается водой, но также гидроксиапатитом и другими биологическими тканями, содержащими гидроксильную группу (Султыгова Я.А. с соавт., 2024). Контролируемые дозы излучения (10-30мВт) не вызывают перегрева тканей, болезненных ощущений, не образуют сколов и трещин на эмали, уничтожают любую патогенную микрофлору (Соловьев А.В., 2020, Chery J et al., 2022).

После лазерного препарирования отсутствует смазанный слой, поэтому твердые ткани не требуют дополнительного протравливания, которое используется, по сути, для его удаления. В современной стоматологии данная технология является дополнением к основным методам препарирования (Heyder M. et al., 2022).

Препарирование с помощью ультразвука является безболезненным и безопасным, поскольку с помощью высокочастотной вибрации УЗ скалер снимает верхний слой эмали, не вызывая перегрева тканей, повреждения соседних зубов и сохраняя пульпу витальной. УЗ может применяться даже для установки тончайших виниров (люминиров).

Воздушно-абразивный метод (кинетический, пескоструйный) имеет свою историю, которая уходит корнями в прошлое (1940 г), но только в 1985 г прозвучала ее современная концепция, озвученная Тимом Рейнером.

Пескоструйная обработка — это технология подготовки поверхностных слоев эмали для адгезивной фиксации виниров и представляет собой процесс создания микрошероховатости на ее поверхности струей воздуха с мельчайшими абразивными частицами под давлением (Петров А.А. с соавт., 2024, Di Petto LF et al., 2023).

В основу данной технологии заложен принцип минимально-инвазивной

обработки поверхности эмали с использованием стерильного порошка альфа-оксида алюминия, который подается под давлением воздуха с водным охлаждением (Abushahba F et al., 2021). Это способствует образованию минимальной локальной шероховатости, увеличивая площадь адгезии керамических конструкций с эмалью (AlMutairi R et al., 2021, Seo SH et al., 2022, Kui A et al., 2024). Альфа-оксид алюминия используется чаще всего в виде порошка с размерами частиц как 27, так 50 мкн, различной геометрии и формы. Кроме того, ряд авторов отмечают, что сам оксид алюминия бесцветный, биосовместимый с твердыми тканями зуба, без признаков цитотоксичности (Манак Т.Н., Альшарифи А., 2021, Spagnuolo G.B. et al., 2021). В рамках технологии он помещается в емкость внутри наконечника, и под воздействием сжатого воздуха и воды формируется импульсный водно-воздушно-порошковый поток, направленный на твердые ткани зуба, что позволяет контролировать уровень малоинвазивного препарирования твердых тканей зуба в зависимости от клинической ситуации и решаемых задач (Eram A et al., 2024, Sulaiman TA et al., 2024).

Пескоструйная обработка способствует повышению прочности соединения малоинвазивных керамических виниров с поверхностью эмали за счет создания локальной шероховатости на вестибулярной поверхности зубов (Кудрова П.Ю., Багрянцева Н.В., 2024, Watanabe K et al., 2023г.). Ряд исследователей доказали, что обработка поверхности эмали сначала абразивным методом с последующим ее травлением являются основополагающими в создании прочного соединения виниров с эмалью, тогда как параметры обработки (давление, расстояние, размеры порошка оксида алюминия) играют второстепенное значение. Это важно, поскольку ряд параметров часто не поддаются прямому контролю со стороны специалистов (Дмитриева Ю.Р., Ячменева Л.А., 2020, Киселев В.М. с соавт 2025, Alghauli MA et al., 2023).

Преимуществами данного метода являются: минимальная инвазивность, снижение риска развития травматических повреждений эмали (сколов,

трещин), отсутствие необходимости в обезболивании, уменьшение времени препарирования, максимально удаляет налет и биопленку с поверхности эмали, создает шероховатую поверхность эмали, увеличивая силу механической адгезии. Вместе с тем, он противопоказан пациентам с бронхиальной астмой и легочной патологией, а также достаточно часто происходит загрязнение тканей частицами абразива, что требует дополнительной чистки (Balta-Uysal VM. et al., 2022).

Для реализации данной технологии используются аппараты RONDOflex plus 360 (KaVo, Германия), AirFlow prep K1 (EMS, Швейцария) и многие др., которые имеют свои параметры, но обладают одним и тем же механизмом действия, поскольку в них используются принципы водно-воздушной абразии. С помощью порошка оксида алюминия различной формы и геометрии, от которых зависит режущая их способность (Бутвиловский А. В. с соавт., 2023, Григорьева В.А. с соавт., 2024, Reinhart D. et al., 2022, Ali S. et al., 2025).

Применение оптических систем при препарировании под ортопедические несъёмные конструкции снижает риск возникновения врачебных ошибок и предотвращает возникновение осложнений на этапах лечения (Ahlers M.O. et al., 2024, Sartori N. et al., 2024). Анализ специальной отечественной и зарубежной литературы свидетельствует о том, что у каждого метода препарирования есть как свои преимущества, так и недостатки.

Применение каждого из методов должно быть теоретически изучено, экспериментально обосновано и протестировано в условиях практики. Глубокие знания в области морфологии твердых тканей зубов, соблюдение принципов препарирования и алгоритмов фиксации керамических конструкций при нарушениях эмали, формы и размера зубов не позволяют совершать ошибки на этапах ортопедического лечения малоинвазивными технологиями (Blunck U. et al., 2020, Schroeder G., 2022, Ye Z. et al., 2023, Gao J. et al., 2023).

1.3 Изменения микроструктуры эмали после препарирования

Появление адгезивных технологий произвело революцию в стоматологии и позволило успешно проводить фиксацию малоинвазивных керамических

конструкций к твердым тканям зуба. Клиницисты получили возможность использовать данные технологии во врачебной практике, а пациенты – удовлетворить свои потребности в плане эстетической стоматологии (Киселев В.М., 2025, Luo, T. et al., 2024). Однако, в алгоритме ортопедического лечения одним из этапов подготовки к протезированию является препарирование, которое, в зависимости от показаний, проводится различными способами, каждый из которых направлен на создание локальной зоны фиксации и сопряжен с удалением поверхностных слоев эмали.

Известно, что от качества препарированной эмали зависит исход лечения и долговечность керамической конструкции. При этом, сама эмаль подвергается определенной структурной и функциональной трансформации, которая сопровождается разрушением эмалевых призм на всем протяжении и снижает прочность адгезионного соединения (Шумилович Б.Р. с соавт., 2017, Петров А.А. с соавт., 2024, Khosravi Z. et al., 2024, Vahedi M. et al., 2024).

Современные оптические методы, такие как сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), трансмиссионная электронная микроскопия (ТЭМ) и атомно-силовая микроскопия (АСМ), позволяют детально оценивать морфологию в зоне препарирования (структуру эмали, наличие микротрещин и пористости), а также изучать особенности взаимодействия поверхности эмали с адгезивными системами (Постников М.А. с соавт., 2024, Орехова Л. Ю., с соавт., 2025, Sorrentino, R. et al., 2022).

Так, механическое препарирование поверхностных слоев эмали разрушает кристаллы гидроксиапатита, вызывая неравномерную шероховатость с остатками органической матрицы (Ирсалиев Х. И. с соавт., 2021, Некрылов Д.В. с соавт., 2021, Jabin Z., 2021). Микрофотографии изображений препарированных зубов подтверждают наличие следов ротационных инструментов – углублений и борозд эмали, что способствует увеличению площади адгезионной поверхности, при этом - увеличивая риск распространения трещин во внутренние слои эмали. Повреждение кристаллов гидроксиапатита приводит к снижению ее механической прочности

(Иорданишвили А.К. с соавт., 2021, Карелина Н.Р., 2022, Rui Shi et al., 2019, Kamiloglu S. et al., 2023).

Химическое препарирование приводит к формированию микропористой структуры, где деминерализованные участки сменяются открытыми кристаллами, при этом органический матрикс остаётся практически неповреждённым. Такая изменённая микротопография способствует лучшему проникновению адгезивных компонентов, улучшая химическую связку между эмалью и реставрационным материалом. Анализы АСМ демонстрируют равномерное повышение неровностей поверхности и увеличение площади адгезионного контакта без значимого нарушения кристаллической решетки (Guedes FR et al., 2021, Lins-Candeiro CL et al., 2024).

Лазерная обработка влияет на микроструктуру посредством перестройки кристаллов и частичной деминерализации эмали. Визуализация поверхности после лазерного воздействия выявляет более гладкие участки с уменьшенным количеством микротрещин, что связано с термической денатурацией коллагеновых волокон и переплавлением кристаллов гидроксиапатита (Трушкина, Н. С., 2020, Vaddamanu SK et al., 2022). Эти изменения могут снижать микропористость, уменьшая площадь механического сцепления, но одновременно увеличивают химическую стабильность поверхности (Gao, J et al., 2022).

Комбинированное препарирование стремится сбалансировать эффекты механического удаления и химического травления, формируя оптимальную микроструктуру с выраженной микропористостью и минимальными зонами микротрещин. Такая поверхность демонстрирует высокую адгезионную способность благодаря увеличению как механической фиксации, так и химической активности (Schroeder, G et al., 2022).

Влияние микроструктурных изменений при разных видах препарирования отражается на прочности и стойкости адгезионных соединений с керамическими реставрациями. Микротрещины, возникшие при чисто механическом воздействии, могут стать точками концентрации напряжений,

снижая долговечность сцепления. С другой стороны, микропористая структура после кислотного травления улучшает проникновение бондинга, но чрезмерная деминерализация может привести к ослаблению поверхности. Лазерное воздействие, приводящее к снижению микропористости, требует коррекции с помощью адгезивных систем для обеспечения эффективного сцепления.

Таким образом, микроструктурные особенности поверхности эмали создают основу для формирования прочного и долговечного соединения с конструкционными материалами. Детальное изучение данной проблемы становится необходимым этапом перед рассмотрением микроэлементного состава, который дополнительно влияет на химическую природу и механическую стабильность адгезивных связей (Jurado C.A. et al., 2021).

1.4. Керамические виниры. Методы их адгезивной фиксации

Современная стоматология в настоящее время в рамках социальных эстетических запросов населения производит довольно большой арсенал средств и технологий для создания малоинвазивных керамических конструкций. Керамические виниры соответствуют современным трендам эстетической стоматологии и представляют собой микропротезы, чаще всего, из полевошпатной керамики, зафиксированные на вестибулярной поверхности зубов, расположенных в зоне улыбки (Фецыч А., 2020, Адильбеков А., Алимжанов С. Ж., 2021, Морданов О.С., Матвеев А. И., 2023, Ушницкий И.Д. с соавт., 2024, Ferrando-Cascales Á. et al., 2020).

Показаниями к их применению являются дисколорит зубов, некариозные поражения, травматические поражения. В свою очередь, к противопоказаниям можно отнести бруксизм и пародонтит (Иванкова М.В., Крихели Н.И., 2020, Сарапина В.А., Султанбаев Ш.А., 2021, Бичурина Е.Р. с соавт., 2023).

Керамические виниры относятся к реставрациям минимальной толщины, реализующие свою функцию преимущественно в условиях компрессии и сдвига, и фиксируются чаще всего к эмали зуба с использованием адгезивных технологий (Бабуров А., 2021, Хазова А.В. с соавт., 2023, Araujo E., Perdigão J., 2021, Gonzalez-Martin O et al., 2024, Śmielak B et al., 2024).

В отличие от коронок или мостовидных протезов виниры не функционируют самостоятельно, поскольку они являются частью комплекса «эмаль — адгезивный слой — керамика». Следовательно, механическая прочность винира определяется не только свойствами керамики, но и качеством адгезионного соединения и распределением напряжений в системе (Киселев В.М. с соавт., 2025, Aravind P et al., 2023, Studzinski Dos Santos C et al., 2024).

Для их изготовления используется материалы различной толщины в зависимости от конкретной клинической ситуации. Так виниры из полевошпатной керамики могут иметь толщину 0,1 мм. Ультратонкие виниры – люминиры могут фиксироваться с минимальной подготовкой зубов или без нее, тогда как керамика E-max позволяет изготовить керамические конструкции в пределах толщины 0,3-0,5 мм (Алиуллина А.Д. с соавт., 2022, Окромелидзе М.Т. с соавт., 2022, Schlichting LH et al., 2022).

Применение полевошпатной керамики для изготовления виниров обусловлено его оптико-эстетическими свойствами и адгезивными характеристиками, а также особенностью распределения функциональных нагрузок (Mihali SG et al., 2022, Shui Y et al., 2023, Zhao W et al., 2025).

Лейцит-усиленная полевошпатная керамика обладает высокой прозрачностью и контролируемой опалесценцией, выраженной глубиной цвета, возможностью точного воспроизведения флуоресценции эмали, широкой градацией оттенков и масс, что способствует достижению эффективного результата (Северинова С.К. с соавт., 2024, Alqarawi FK et al., 2022, Kose C Jr et al., 2023, Bafandeh MA et al., 2025). Метод послойной стратификации на огнеупорных штампах для изготовления виниров позволяет индивидуализировать морфологию зуба, точно моделировать переходы прозрачности, достигать максимальной эстетической интеграции реставрации с поверхностью эмали. По данным ряда авторов, именно эти характеристики являются определяющими при выборе материала для виниров фронтальной группы зубов, где эстетический результат имеет приоритетное значение (Мулендеев П.Г., 2021, Немсцверидзе Я.Э. с соавт., 2022, Talpos et al., 2025,

Cuzic C. et al., 2025). Несмотря на более низкие показатели прочности на изгиб по сравнению с высокопрочными стеклокерамиками, Creation CC используется в виде «ультратонких виниров», фиксируется преимущественно на эмаль и работает в условиях равномерного распределения нагрузки. Низкие абсолютные прочностные характеристики материала не являются критическим ограничением при соблюдении показаний и корректной методики фиксации.

Наличие содержания стеклофазы в лейцит-усиленной полевошпатной керамике в протоколе адгезивной фиксации облегчает контролируемое травление плавиковой кислотой, способствует формированию выраженного микрорельефа, обеспечивает эффективное взаимодействие с силановыми праймерами, что способствует формированию прочного химико-механическое соединения между стеклофазой керамики, адгезивной системой и композитным цементом. При этом прочность адгезионного соединения превышает пределы прочности самой керамики, что приводит к перераспределению нагрузок и снижению риска клинических отказов (Люкштед А.Р., 2021, Mazzetti T et al., 2022, Aida N et al., 2023, Klein P et al., 2025).

Использование лейцит-усиленной полевошпатной керамики для изготовления виниров является обоснованным в случаях, когда приоритетом является максимальная эстетика, требуется минимальная толщина реставрации, планируется фиксация без препарирования или с минимальным вмешательством, возможно применение протоколов усиленной адгезивной фиксации (Magne P., 2021, Chen L. et al., 2021, Vailati F., 2024).

Адгезивная фиксация керамических виниров является основополагающим критерием их долговечности и клинической надежности. В отличие от общепринятых ортопедических конструкций, виниры функционируют в условиях минимальной толщины и низкой микромеханической ретенции, а их устойчивость зависит напрямую от прочности адгезионного соединения между эмалью зуба и керамической реставрацией (Дмитриева Ю.Р., Ячменева Л.А., 2020, Бабич В.В., 2021, Федоров М.О., Зайцева О. А., 2025, Arcila LVC et al., 2023, Hussein I., 2025).

Адгезивная фиксация позволяет снизить степень напряжения в керамике, уменьшить риск нарушения их целостности, обеспечивая долговечность реставраций при минимальной инвазии. Прочность адгезионного соединения и долговечность керамических виниров зависит как от внутренних (качество материалов, сила адгезионного соединения, физико-химические свойтства керамики), так и от внешних факторов (жевательная нагрузка, гигиена полости рта). Высокая прочность адгезионного соединения, обусловленная соблюдением протоколов подготовки эмали и виниров к фиксации, создает «фундамент», который позволяет винирам сохраниться при длительной нагрузке (Тохтаров А.Н., Абкеримова З.А., 2024, Arcila LVC et al., 2023).

Одним из внешних факторов, играющих ключевую роль, является жевательная нагрузка. Циклически повторяющееся механическое воздействие, возникающее в процессе функционирования зубочелюстной системы, способствует постепенному разрушению адгезионного соединения и нарушению целостности керамических конструкций, что особенно выражено при наличии парафункций. Окклюзионные нарушения снижают силу адгезионного соединения, увеличивая риск дебондинга керамической конструкции. В противовес этому адгезивная фиксация, выполненная без нарушения протокола, обеспечивает равномерное распределение нагрузки, снижая концентрацию напряжений (Кабаченко В.А., Копчинская А.Р., 2023, Piemjai M., Donpinprai C., 2023, Ahmedbeyli F. R. et al., 2025).

Значимым фактором риска развития неблагоприятных исходов является неудовлетворительный гигиенический уход за полостью рта, способствующий образованию бактериального налета и биопленки на границе контактных поверхностей «винир-зуб», что приводит к дисбиотическим нарушениям микробиома полости рта, развитию кариеса и воспалению тканей пародонта (Ильин В.К. с соавт., 2022, Гажва С.И. с соавт., 2025, Сулима А.Н. с соавт., 2025, Thomas C. et al., 2021, Xu Y. et al., 2025, He J. et al., 2025,).

Качество материалов, используемых как для изготовления виниров, так и для фиксации, непосредственно влияет на стабильность и долговечность

результата. Современные композитные цементы и адгезивы обладают высокой стойкостью к гидролизу и воздействию слюны, что снижает риски деградации. Однородность и стойкость к износу керамики также обеспечивают сохранение эстетики и механических характеристик в течение многих лет (Солдатова К.В., 2025, Robles M et al., 2023, Francci C. et al., 2024, Sharma et al., 2025).

Только комплексный подход, учитывающий все факторы, обеспечивает максимально долгосрочный и стабильный результат протезирования керамическими винирами, удовлетворяющий эстетические и функциональные требования пациента (Pereira RM et al., 2023, Marcickiewicz J et al., 2025).

Учитывая все аспекты изучаемой проблемы, необходимо отметить, что комплексный подход к лечению позволяет не только улучшить внешний вид зубов, но и восстановить внутреннюю гармонию, способствуя полноценной социальной и профессиональной реализации пациентов. Внедрение полученных знаний и результатов в клиническую практику станет основой для повышения эффективности стоматологической помощи и улучшения психосоциального благополучия населения.

В результате проведенного анализа специальной отечественной и зарубежной литературы можно сформулировать видение основных задач, которые требуют дальнейшей научной проработки. Стратегия оптимизации ортопедического лечения эстетических дефектов с использованием современных аддитивных технологий и искусственного интеллекта, разработка отечественных конкурентноспособных, защищенных технологическим суверенитетом цифровых технологий будут способствовать системному пониманию характера и масштабов эстетических дефектов эмали зубов и повышению качества жизни пациентов за счет удовлетворения их запросов на эстетическое малоинвазивное протезирование.

ГЛАВА 2 Материалы и методы исследования

База кафедры стоматологии ФДПО ПИМУ была площадкой для выполнения клинической части исследования, тогда как экспериментальные исследования, в зависимости от поставленных задач, выполнялись с привлечением профильных научно-исследовательских лабораторий учебных заведений страны. Среди них:

- Приволжский Исследовательский Медицинский Университет (лаборатория кафедры эпидемиологии, микробиологии и доказательной медицины);

- Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева (лаборатория кафедры общей физики);

- Институт стоматологии ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России (лаборатория материаловедения).

Клиническая часть диссертации реализовывалась на базе стоматологической университетской клиники «ПИМУ» и стоматологической клиники города Москвы.

Структурное построение дизайна научного исследования было направлено на решение конкретной задачи – повышение эффективности ортопедического лечения пациентов с эстетическими дефектами эмали, формы и размеров зубов, сколов эмали травматического происхождения, некариозных поражений с использованием малоинвазивных керамических конструкций.

Исследование выполнялось в 2 этапа: I – экспериментальный, II – клинический.

Для создания дизайна исследования использовались данные анализа специальной отечественной и зарубежной литературы баз данных (PubMed, eLIBRARY, Scopus), посвященные проблемам малоинвазивных технологий, применению цифровых методов в области ортопедической стоматологии.

Дизайн исследования представлен на Рисунке 1.

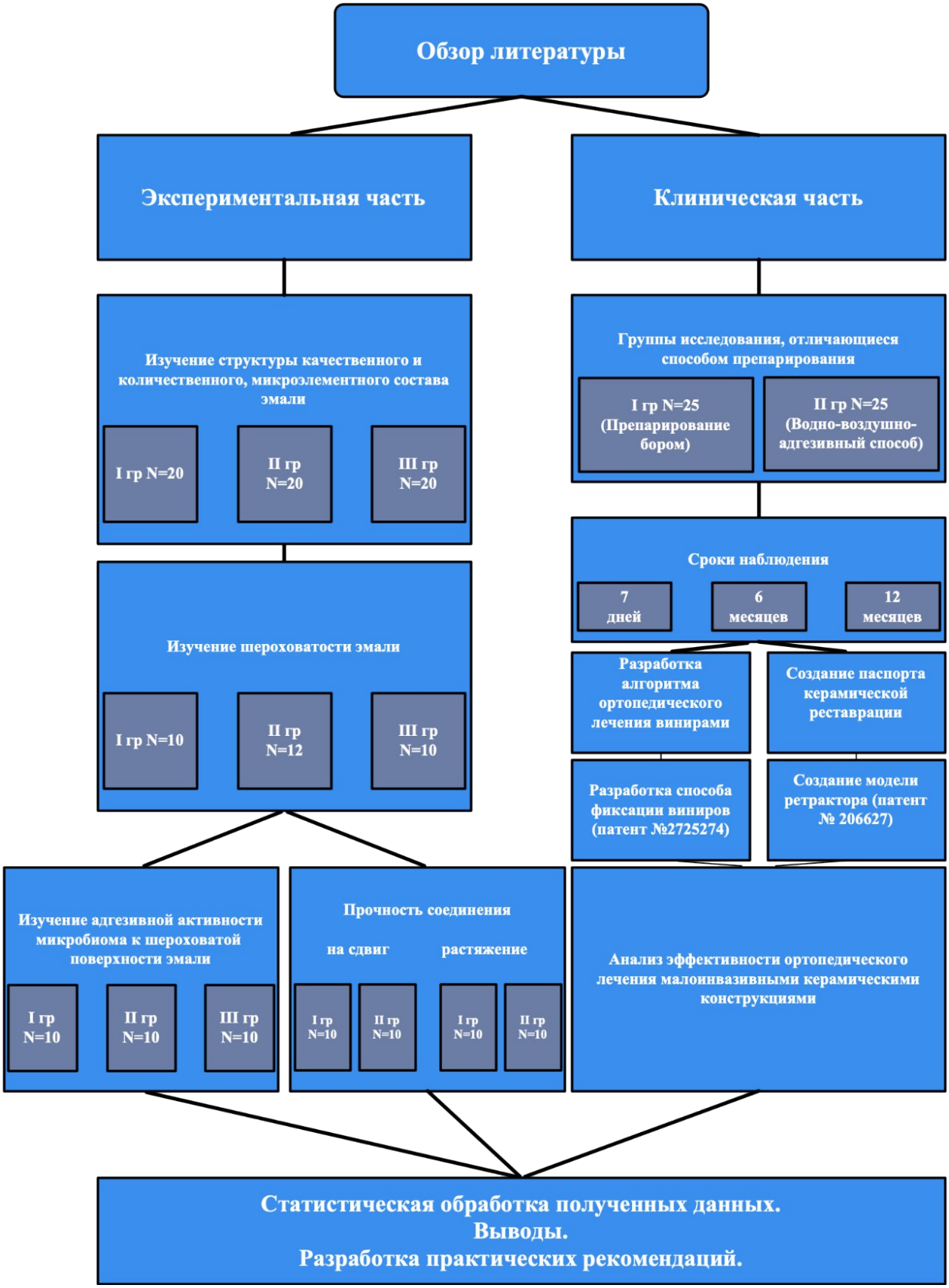


Рисунок 1 – Дизайн экспериментально-клинической части исследования

2.1 Изучение особенностей структурных изменений эмали под воздействием препарирования в условиях эксперимента

Экспериментальное исследование, направленное на изучение структуры эмали, а также её количественного и качественного макро- и микроэлементного состава, проведено с соблюдением этических принципов и одобрено локальным этическим комитетом ПИМУ (протокол № 12 от 20.12.2024). От всех доноров биологического материала получено информированное добровольное согласие на его использование в эксперименте.

Для подготовки образцов зубов использовалась технология Гилевой О.С., Ерофеевой Е.С. (рацпредложение №2488 от 30.11.2009), адаптированная к условиям нашего эксперимента. Из 20 зубов, удаленных по ортодонтическим показаниям, без дефектов твердых тканей зубов некариозного происхождения, очагов деминерализации, изготавливались образцы, которые в зависимости от задач были подготовлены поэтапно. Удаленные зубы хранились в растворе хлоргексидина (2%), который раз в 10 дней, с целью снижения риска адгезивной активности микробиома и контаминации, подлежал периодической замене в течение месяца.

Контрольную группу составили образцы интактной эмали (n=20), из которых для чистоты эксперимента после изучения их структуры путем сепарации вертикальным способом получали 2 равнозначных образца.

Одна часть препарировалась водно-воздушно-абразивным методом (n=20) с использованием пескоструйного наконечника (RONDOflex plus 360, KaVo) и порошка оксида алюминия (Al_2O_3) с размером частиц 27 микрон в течение 15-20 секунд (до создания равномерно шероховатой поверхности) при давлении 0,3 МПа на расстоянии 2-10 мм от поверхности зуба под углом 45^O.

Вторая часть образцов прошла подготовку по стандартной технологии (n=20) в трех плоскостях алмазными борами разной степени абразивности (Komet Dental, Германия). Полученные абразцы сравнимые между собой, что позволяет полученные результаты считать сопоставимыми (Рисунок 2, Таблица 1).

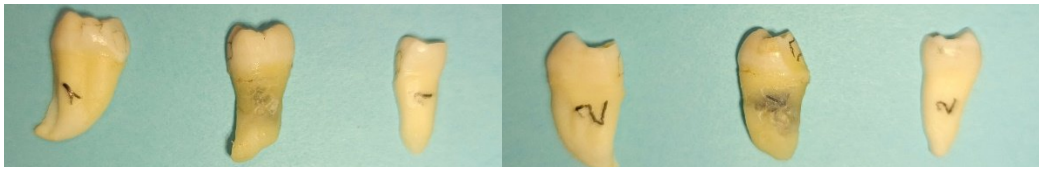


Рисунок 2 – Образцы зубов, препарированные различными способами

Таблица 1 – Группы образцов экспериментальной части исследования

Группа	Количество образцов	Способ препарирования
Группа 1	20	Интактная эмаль
Группа 2	20	Водно-воздушно-абразивная обработка
Группа 3	20	Препарирование борами

Водно-воздушно-абразивное препарирование в нашем исследовании проводилось аппаратом RONDOflex plus 360, KaVo с использованием абразивных частиц стерильного порошка альфа-оксида алюминия (Al_2O_3). Данный аппарат, образуя плотное водяное кольцо, удерживает порошок от распыления, тем самым уменьшая загрязнение рабочей поверхности, формирует шероховатую поверхность для увеличения площади адгезии с керамическими винирами (Рисунок 3).



Рисунок 3 – Водно-воздушно-абразивная технология препарирования эмали

Для изучения архитектоники интактной и препарированной эмали были привлечены оптические методы визуализации, которые позволяют на разных

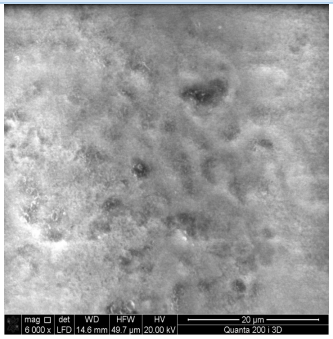
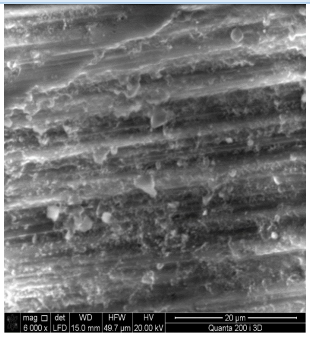
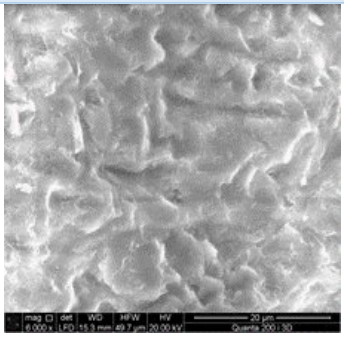
уровнях увеличения (400, 800, 3000, 6000) выявлять особенности ее структуры, количественную и качественную макро- и микроэлементную трансформацию. Цифровые копии были получены с помощью микроскопа Quanta 3D. Особенностями его являются: разрешающая способность – 2,9 - 10 нм при 30 кВ, сканирование сфокусированным пучком электронов с энергией 50-200 кэВ, построение изображения потоком рассеянных электронов с последующей регистрацией полученных микрофотографий на матрице (Рисунок 4).



Рисунок 4 – Двухлучевая система Quanta 3D 200i FEI

В рамках экспериментальной части исследования было изучено 240 микрофотографий образцов эмали, примеры которых представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Микрофотографии образцов эмали при различных способах препарирования

Увеличение	**Группа**		
	Группа 1 – интактная эмаль	Группа 2 – препарирование алмазными борами	Группа 3 – препарирование водно-воздушно-абразивным методом
6000			

Использование энергодисперсного детектора Apollo X (AmetekInc), позволило изучить макро- и микроэлементный состав эмали не только в качественном, но и в количественном его выражении в виде весовых (Wt%) и атомных процентов (At%):

Wt% — показывает массовую долю элемента от общей массы, и вычисляется по формуле:

$$\text{Wt\%} = \frac{\text{Масса компонента}}{\text{Общая масса системы}} \times 100\%$$

At% — доля количества атомов элемента от общего числа атомов, вычисляющаяся по формуле:

$$At\%_i = \frac{n_i}{\sum n_{total}} \times 100\%$$

Количественный микроанализ выполнен по интенсивностям **K-линий,** так как они самые надежные для определения состава. Когда электронный пучок микроскопа выбивает электрон с внутренней K-оболочки (самой близкой к ядру), на его место переходит электрон с более высокой оболочки. Этот процесс сопровождается выбросом энергии в виде рентгеновского излучения. Именно по этой энергии прибор понимает, какой перед ним элемент.

Так были изучены макро- (C, O, Mg, Na, Ca, P, S, Cl) и микроэлементы (Al), количественные значения которых менялись в зависимости от способа препарирования эмали и имели цифровое и графическое выражение.

Полученные данные подвергались статистической обработке и были положены в основу разработки способа фиксации виниров.

2.2 Исследование локальной шероховатости эмали in vitro

Данное экспериментальное исследование выполнено согласно техническому протоколу в лаборатории материаловедения ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России на образцах, удаленных по ортопедическим и ортодонтическим показаниям зубов.

Эксперимент включал в себя ряд последовательных этапов, позволивших определить микрорельеф шероховатости препарированной поверхности стандартным способом и водно-воздушно-абразивным.

Материалы исследования: образцы зубов, подготовленные в условиях клиники и разделенные на 3 группы, в зависимости от поставленных задач (Рисунок 5, Таблица 3):

I – образцы с интактной эмалью (n=10)

II – образцы зубов с эмалью, препарированной борами с различной зернистостью (красная, зеленая насечка) (n=12)

III – образцы зубов с эмалью, обработанной водно-воздушно-абразивным способом (n=10);

Таблица 3 – Группы образцов зубов для определения шероховатости.

Группы	Количество образцов	Способ препарирования
I	N=10	Интактная эмаль
II	N=12	Препарирование борами с различной зернистостью
III	N=10	Обработка водно-воздушно-абразивным способом

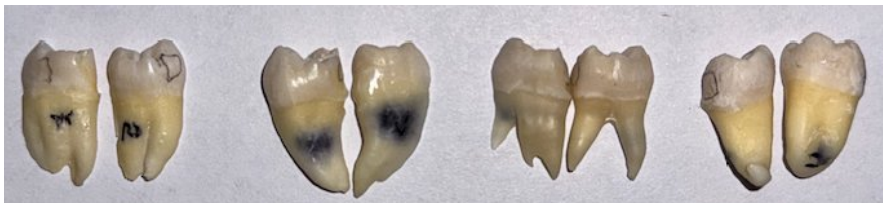


Рисунок 5 – Общий вид препарированных различными способами зубов

Исследование шероховатости образцов проводили в стандартизованных условиях на одних и тех же зубах, одна поверхность которых была препарирована бором, а другая подвергалась водно-воздушно-абразивной обработке, с помощью профилометра Tr200 «TIME Group Inc» Китай, регистрационный номер 22741000024 (Рисунок 6).



Рисунок 6 – Профилометр TR200

Данный прибор имеет стандартный датчик TS 200 - алмазная игла с радиусом: 5±1 мкм; угол: 90° (+5° или -10°), которая перемещается вдоль тестируемой поверхности, совершая линейные движения. Соприкасаясь с исследуемой поверхностью, игла начинает двигаться также и в вертикальной плоскости. Данные движения трансформируются в электрические сигналы, соответствующие неровностям на объекте, которые затем обрабатываются центральным процессором и отображаются на дисплее в виде значений Ra. Для каждой исследуемой поверхности проводилось не менее двух параллельных измерений.

Параметры шероховатости выражались в значениях показателя Ra, который представляет собой усредненное по всем точкам отклонение профиля от средней поверхности и вычисляется по формуле:

$$Ra = \frac{1}{N}\sum_{x,y}\left|z(x,y) - z_{mean}(x,y)\right|,$$

где N – число точек в матрице значений высот.

Полученные данные заносились в таблицы и подвергались статистической обработке.

2.3 Оценка адгезивной активности микробиома полости рта к локальной шероховатости эмали, полученной различными способами препарирования

Известно, что степень прочности фиксации керамических конструкций с поверхностью эмали зависит, в том числе, и от адгезивной активности микробиома полости рта (Цховребов И.Р. с соавт., 2025; Гажва С.И. с соавт., 2025). Однако, до настоящего времени, адгезия микроорганизмов к

шероховатой поверхности эмали, после ее препарирования, не изучалась. Поэтому наш лабораторный эксперимент заключался в изучении адгезивной активности микробиома полости рта к поверхности, созданной на эмали различными способами препарирования, и выполнялся на базе кафедры эпидемиологии микробиологии и доказательной медицины ПИМУ.

Для участия в эксперименте, направленного на изучение адгезии микроорганизмов полости рта, были отобраны 30 образцов зубов, удаленных по ортодонтическим показаниям и разделенных на 3 группы:

Группа 1 - зубы с интактной эмалью (n=10).

Группа 2 - зубы, обработанные борами с алмазной крошкой (n=10).

Группа 3 - зубы, препарированные воздушно-абразивным способом (n=10).

В качестве тест-культур использовали штаммы бактерий Streptococcus salivarius, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus и микромицеты Candida albicans, Candida kruzei. Каждый вид микроорганизмов был выбран не случайно. Так Candida albicans, Candida kruzei являются колонизаторами полости рта и входят в состав микробной биопленки.

Для участия в эксперименте были отобраны представители нормофлоры: Streptococcus salivarius и Candida albicans и условно-патогенные микроорганизмы: Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus, Candida krusei.

Streptococcus salivarius – зеленящий стрептококк. Candida albicans – дрожжеподобный гриб, который при определенных условиях становится причиной поверхностного или инвазивного (системного, висцерального) кандидоза и колонизирует слизистую оболочку полости рта. Candida krusei - основной возбудитель кандидоза, устойчивый к противогрибковым препаратам. Pseudomonas aeruginosa (синегнойная палочка) — аэробная бактерия, обладающая условно-патогенным действием. Staphylococcus aureus - золотистый стафилококк, вызывающий воспалительные процессы на слизистой оболочке рта.

Все микроорганизмы, в виде суточных культур, разводились в питательном бульоне в пропорции: 1 мл - $1x10^8$ бактерий и получали их суспензию. Образцы зубов, размещённые в планшете из 12 ячеек, заливали приготовленной суспензией микроорганизмов в объеме 3 мл и помещали в термостат на 12 часов при температуре 37°С. После инкубации образцы зубов промывали трижды физраствором, каждый раз перенося в новый планшет и фиксировали спиртом на протяжении 10 мин.

Измерение оптической плотности выполняли на планшетном ридере (длина волны 570 МГц).

Окрашивание производили 1% раствором генцианфиолетом, а затем промывали до полного вымывания красителя, не связавшегося во время импрегнации. Для элюирования красителя в каждую лунку планшета вносили 3 мл 70% спирта и размещали его на вибрационном столике (5 мин.)

Полученные результаты подвергались математическому анализу и статистической обработке. Для каждого параметра рассчитывались следующие показатели: среднее значение оптической плотности (M), стандартное отклонение (σ), стандартная ошибка среднего (m). Критерии оценки адгезивной активности: исходя из полученных результатов могут быть: высокая активность, средняя активность, низкая активность.

2.4 Определение адгезионной прочности соединения «эмаль-полевошпатная керамика» при сдвиге и растяжении

Для определения адгезионной прочности соединения «эмаль-полевошпатная керамика» при сдвиге и растяжении использовали образцы, подготовленные по методике, описанной в нормативных документах (ГОСТ Р 31574-2012, ГОСТ Р 59665-2021), в зависимости от решаемых задач. Всего было изготовлено 40 образцов, из которых 20 тестировались на адгезионную прочность в условиях сдвига, остальные – на растяжение (n=20) (Таблица 4).

Таблица 4 – Образцы для лабораторного исследования адгезионной прочности соединения «эмаль-полевошпатная керамика»

№	Подготовка эмали	Тест на сдвиг, n	Тест на растяжение, n
1	Водно-воздушно-абразивная обработка	10	10
2	Стандартрный метод	10	10
Общее число образцов		40	

2.4.1 Изготовление лабораторных образцов для определения адгезионной прочности при сдвиге и растяжении

Образцы для данного исследования подготавливались согласно ГОСТам (31574-2012, Р59665-2021).

Изготовленные 20 образцов представляли собой блок, объединяющий эмаль зубов (субстрат) с полевошпатной керамикой (зуб, залитый в монтировочную пластмассу) (Рисунок 7).

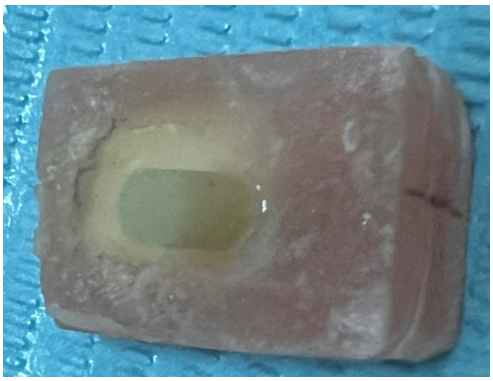


Рисунок 7 – Субстрат со смонтированным на нём материалом.

Образцы полевошпатной керамики — это цилиндры диаметром 4 мм и высотой 5 мм, смонтированные на субстрате, который представляет собой удаленный зуб. Он зафиксирован в блок с помощью акриловой пластмассы. При этом, поверхность соединения с керамикой остается открытой для фиксации (Рисунок 8).

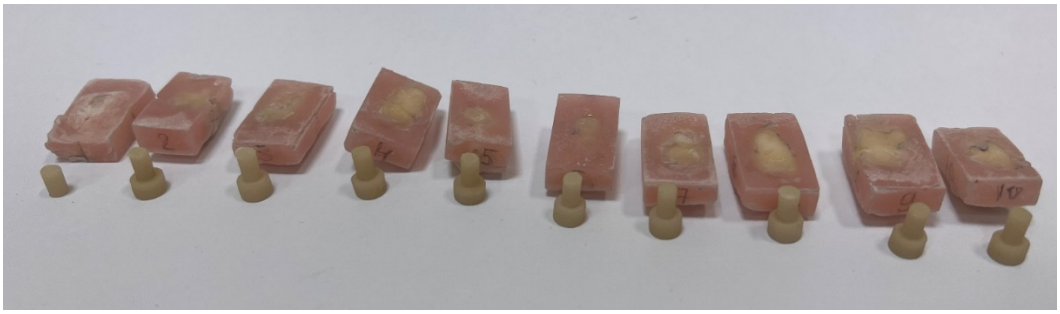


Рисунок 8 – Образцы зубов для изучения адгезионной прочности методом сдвига и сжатия

Поверхность зубов перед фиксацией блоков из керамики обрабатывалась двумя способами: водно-воздушно-абразивным и стандартным.

1. Водно-воздушно-абразивный метод реализовывался с помощью наконечника Rondoflex plus 360 Kavo (Германия) с порошком AL2O3 с диаметром канюли 0,46 мм, и расстоянием от поверхности 2 мм;

2. Стандартный метод – с помощью алмазных боров с зернистостью от 40 до 75 мкм по стандарту ИСО.

Образцы зубов (субстрат) перед фиксацией керамических цилиндров проходили подготовку согласно протоколу: протравливание (37% гелем ортофосфорной кислоты эмаль 20 секунд), нанесение адгезива Syntac Adhesive на 20 секунд, с последующей обработкой Heliobond (20 секунд) и полимеризацией (Таблица 5).

Таблица 5 – Материалы для изготовления лабораторных образцов

Название	Производитель	Состав
Syntac Adhesive	Ivoclar Vivadent, Liechtenstein	Полиэтиленгликольдиметакрилат и глутаральдегид в водном растворе.
Heliobond	Ivoclar Vivadent, Liechtenstein	Bis-GMA, диметакрилат триэтиленгликоля
Monobond Plus	Ivoclar Vivadent, Liechtenstein	Метакрилат фосфорной кислоты, метакрилат силана и сульфида

Название	Производитель	Состав
Variolink Esthetic LC	Ivoclar Vivadent, Liechtenstein	Метакрилатные мономеры, неорганические наполнители, среди которых: трифторид иттербия, сфероидный смешанный оксид, а также инициаторы, стабилизаторы и пигменты
Gel Etchant	Kerr, Switzerland	Фосфорная кислота (37,5%), вода, синий краситель V3285, красный краситель Red33, высокодисперсный диоксид кремния, interwet 33 (AKZO)
Porcelain Etchant	Bisco, USA	Плавиковая кислота (9,5%), вода и загуститель.

Подготовка образцов из полевошпатной керамики заключалась в обработке соединяемой адгезионной поверхности 9,5%-ной плавиковой кислотой в течение определенного времени (60 секунд). Затем поочередно наносили Monobond Plus микробрашем на 60 секунд, Heliobond в течение 20 секунд и раздували до тонкого слоя (Таблица 5).

Фиксирующий цемент Variolink Esthetic LC наносили на образец полевошпатной керамики и устанавливали на заранее подготовленном субстрате, с последующей полимеризацией светом в течение 40 секунд, при интенсивности светового излучения 500 мбт/см2.

Погруженные в дистиллированную воду полученные образцы помещали в термостат с температурным режимом 37 С±1 на 24 часа.

2.4.2. Материалы для адгезивной фиксации виниров

Алгоритм фиксации керамических виниров в условиях клиники включал в себя применение ряда стоматологических материалов разнонаправленного действия – как на эмаль, так и на винир.

Variolink Esthetic LC (Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein) (Вариолинк Эстетик LC) – это композитный материал светового отверждения, разработанный на основе технологий Variolink и Variolink II. Это новое поколение фиксирующих цементов, отличающееся эстетикой и удобством обработки. Он обладает пластичностью, тиксотропностью, надежно фиксирует виниры и вкладки из стеклокерамики и композитов, не меняет цвет в процессе эксплуатации реставрации, не выбивается по цвету из зубного ряда и флюоресцирует подобно живым зубам.

Мономерная матрица Variolink Esthetic состоит из метакрилатных мономеров, неорганических наполнителей, среди которых трифторид иттербия, сфероидный смешанный оксид, а также инициаторы, стабилизаторы и пигменты. Размер частиц варьируют от 0.04 до 0.2 мкм., а неорганические наполнители составляют примерно 38%.

Материал используется только с реставрациями малой толщины <2 мм и с достаточной прозрачностью (например, IPS e.max HT).

Syntac Adhesive (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) - адгезивная система для эмали и дентина для прямых и непрямых композитных и керамических реставраций.

Heliobond (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) улучшает прочность соединения с эмалью, способствует хорошему прилеганию на границе зуб/композитный цемент, при применении в сочетании с техникой тотального травления. В нашем случае он используется в качестве светоотверждаемого однокомпонентного бондингового материала для адгезивных реставраций.

Кроме того, в алгоритме фиксации использовались **Syntac Primer** (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), **Syntac Adhesive** (Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein), **Monobond Plus** (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein).

2.4.3. Определение адгезионной прочности соединения «эмаль-полевошпатная керамика» методами сдвига и растяжения в условиях эксперимента

Испытания, предварительно подготовленных образцов (n=20) адгезионного соединения согласно ГОСТу Р 59665-2021 (п. 6.3), стало возможным при участии технического испытательного стенда (Zwick Roell Z 010, Германия, со скоростью движения траверсы 5 мм/мин согласно ГОСТ Р 31574-2012 (Рисунок 9).



а



б

Рисунок 9 – а - Технический испытательный стенд Zwick Roell Z 010, b - Приспособление для испытания адгезионной прочности соединения на сдвиг

Во время эксперимента по изучению прочности адгезионного соединения на сдвиг - регистрировались следующие параметры: диаметр цилиндрического образца (d, мм); максимальная нагрузка (P, кг).

Адгезионная прочность A (МПа) рассчитывалась по формуле:

$$A = \frac{P \cdot 9.81}{\pi(d/2)^2}$$ где:

P — максимальная нагрузка, указанная в протоколе в килограммах (кг)

9,81 — коэффициент перевода килограмма силы в ньютон

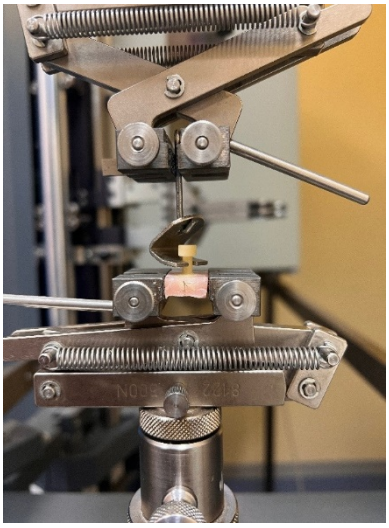
d — диаметр цилиндрического образца, мм

$\pi(d/2)^2$ — площадь поперечного сечения образца

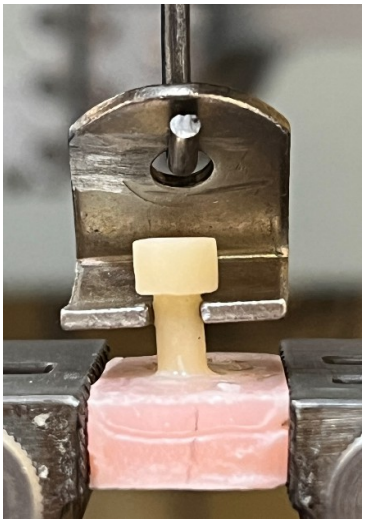
Данное исследование, кроме адгезионной прочности, позволяет получить информацию о разных вариантах типа разрушения: адгезионном (в области

соединения «зуб-композитный цемент» или «композитный цемент-керамика) и когезионном (внутри тканей зуба, цемента и керамики).

Для определения адгезионной прочности соединения эмали с керамикой методом растяжения использовали 20 образцов зубов, изготовленных согласно ГОСТу (Р 59665-2021), испытания которых проводили на той же машине со скоростью движения траверсы 1 мм/мин (Рисунок 10).



а



б

Рисунок 10 – Приспособление для определения прочности при растяжении: a – общий вид, b - с установленным образцом перед испытанием.

Во время эксперимента – изучение прочности адгезионного соединения на растяжение - регистрировались следующие параметры: диаметр цилиндрического образца (d, мм); разрывное усилие (R, Ньютон).

Адгезионная прочность А (МПа) расчитывалась по формуле:

$$A = \frac{R}{\pi(d/2)^2}$$, где:

A — адгезионная прочность (МПа)

R — разрывное усилие, Ньютон (N)

d — диаметр цилиндрического образца, мм

$\pi(d/2)^2$ — площадь поперечного сечения образца, мм²

Полученные данные вносились в протокол испытаний и регистрировались в виде графического изображения.

Протокол испытаний включает в себя как цифровые параметры, так и графическое их изображение, что позволяет визуализировать результаты и подвергать их анализу.

2.5 Характеристика керамического материала для изготовления виниров

В настоящем исследовании для изготовления керамических виниров использовалась полевошпатная керамика, усиленная лейцитом, Creation CC**,** изготовленная методом послойной стратификации на огнеупорных штампах.

Метод послойной стратификации на огнеупорных штампах позволяет:

- индивидуализировать морфологию зуба,
- точно моделировать переходы прозрачности,
- достигать максимальной эстетической интеграции реставрации.

Указанный материал относится к стеклокерамическим системам с высоким содержанием стеклофазы и дисперсно распределёнными кристаллами лейцита, что обеспечивает высокие эстетические характеристики реставраций, включая оптическую глубину, цветостабильность и флуоресценцию, приближенную к естественным тканям зуба.

Оптические и эстетические преимущества Creation CC

Лейцит-усиленная полевошпатная керамика Creation CC обладает:

- высокой прозрачностью и контролируемой опалесценцией,
- выраженной глубиной цвета,
- возможностью точного воспроизведения флуоресценции эмали,
- широкой градацией оттенков и масс.

Выбор данного типа керамики был обусловлен совокупностью материаловедческих и клинико-технологических факторов, соответствующих поставленной задаче по изучению адгезивной фиксации ультратонких виниров с минимальным препарированием твердых тканей зуба.

2.6 Клинический этап исследования

2.6.1 Общая характеристика клинического материала

Клиническое исследование было направлено на повышение качества ортопедического лечения дефектов эмали, а также оценку эффективности предложенного усовершенствованного алгоритма. В клиническом исследовании приняли участие 50 пациентов в возрасте 20–40 лет: 19 мужчин (38%) и 31 женщина (62%) с эстетическими дефектами эмали (Таблица 6). Лечение выполнялось на базе университетской клиники ПИМУ и в хозрасчётной клинике г. Москвы.

Таблица 6 – Распределение пациентов по возрастному и гендерному признакам

Группа	Количество	Возраст	Мужчины		Женщины	
			а/в	%	а/в	%
Группа 1	25	20-40 лет	9	36	16	64
Группа 2	25	20-40 лет	10	40	15	60
Всего	50	20-40 лет	19	38	31	62

В первую группу вошли пациенты, которым на этапе подготовки к ортопедическому лечению препарирование эмали проводилось по стандартной технологии – n=25, а во вторую группу были включены пациенты с обработкой эмали водно-воздушно-абразивным методом - n=25.

Клинический этап исследования разрешен этическим комитетом ПИМУ (протокол № 12 от 20.12.2024), что позволило выполнить его в полном объеме. От каждого пациента было получено добровольное информированное согласие на участие в исследовании и проведении лечебных мероприятий. В рамках цифрового протокола ортопедического лечения дефектов эмали малоинвазивными керамическими конструкциями всего было изготовлено 850 керамических реставраций из которых 416 на верхней челюсти и 434 на нижней челюсти.

Критерии включения пациентов в сформированные группы:

1) Письменное информированное добровольное согласие на участие в исследовании (Приказ МЗ РФ №1051 от 2021г.)

2) Пациенты, имеющие дефекты эмали в виде дисколоритов (K00.30 - эндемическая крапчатость эмали (флюороз зубов: штриховидная и пятнистая формы), K00.40 - гипоплазия эмали: пятнистая форма), сколов эмали травматического происхождения (S02.50 - перелом только эмали зуба), клиновидные дефекты (K03.1 - сошлифовывание зубов) - I стадия по клинической классификации), аномалии формы и размеров зубов (K00.2).

3) Возраст пациентов не ниже 20 лет и не больше 40 лет;

4) Отсутствие сопутствующей соматической и коморбидной патологии;

5) Зубы без признаков воспаления пульпы и слизистой десневого края;

6) Отсутствие окклюзионной патологии, признаков бруксизма и функциональных изменений ВНЧС;

7) Пациенты с высоким (менее 0,1) и средним (0,1-0,6) уровнем гигиены.

Критерии невключения пациентов в исследование:

1) Пациенты за пределами возрастного периода (<20 - >40 лет)

2) Наличие коморбидной патологии на фоне низкого уровня гигиены полости рта.

3) Наличие аллергических заболеваний с астмоидным компонентом и легочной патологией;

4) Хронически текущий процесс в тканях пародонта и патологическая подвижность зубов в зоне коррекции нарушений эмали зубов;

5) Зубочелюстные аномалии, заболевания ВНЧС, бруксизм, парафункции;

6) Прием лекарственных препаратов;

7) Период беременности;

8) Новообразования, вне зависимости от степени тяжести и периода течения.

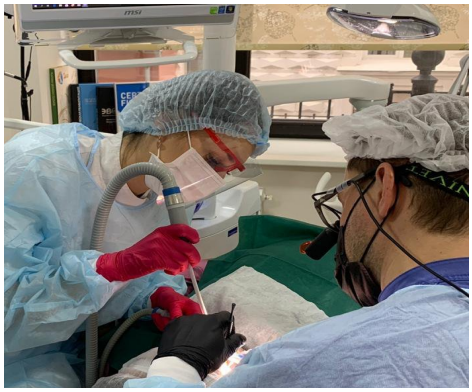
Критерии исключения:

1) Отказ пациента от участия в исследовании;

2) Нарушение врачебных рекомендаций на этапе лечения;

Все пациенты были стандартизированы по возрасту и диагнозу. Каждый из них прошел обследование с последующим планированием лечения по единому цифровому протоколу.

Клиническое обследование наших пациентов (n=50) с последующим ортопедическим лечением проводилось в том числе, с использованием оптических инструментов Univet 5.0 (Рисунок 11) по определенной схеме: начиная от выяснения жалоб и анамнеза заболевания, и заканчивая на первом этапе обследованием твердых тканей зубов, тканей пародонта, состояния слизистой оболочки полости рта по разработанному нами алгоритму с регистрацией данных в персонифицированной «карте осмотра».



а



б

Рисунок 11 – a – Процесс работы в бинокулярах, b – Бинокуляры Univet 5.0

Особое внимание уделяли выявлению миофасциальных расстройств, сопровождающихся крепитацией и нарушением движений в ВНЧС, которые выявлялись при пальпаторной диагностике и проведении Гамбургского теста. Для установления нарушений цвета эмали использовали цветовую шкалу VITA. В связи с конкретной клинической задачей – коррекция дефектов эмали, малоинвазивными керамическими винирами, в группы исследования были включены, в основном, пациенты с витальными зубами, которые были отобраны в рамках стоматологического приема. Всего было осмотрено 263 пациента, из которых 50 человек соответствовали критериям включения: нарушение цвета эмали – гипоплазия (K00.40), флюороз (K00.30), эстетические дефекты (сколы эмали – S02.50), клиновидные дефекты (K03.1), аномалии формы и размеров зубов (Рисунки 12,13).

Для мониторинга состояния зубов пациентов, включенных в группы исследования, использовались тесты, представленные в Таблице 7.

Таблица 7 – Аппараты, используемые для проведения диагностических тестов.

Тест	Оборудование	Регистрационный номер	Дата регистрации
Пульптест	ПульпЭст	РЗН 2015/3393	05.05.2021
Фриз-тест	Miracold plus	554213	20.01.2024
Цифровой анализ состояния твердых тканей зубов с использованием ИИ	Diagnocat (программное обеспечение)	РЗН 2024/23904	12.11.2024
Аутофлюорисцентная стоматоскопия	Стоматоскоп	1042369262	23.01.2018
Рентгенодиагностика	Planmeca ProMax 3D Max	ФСЗ 2010/06302	15.07.2018

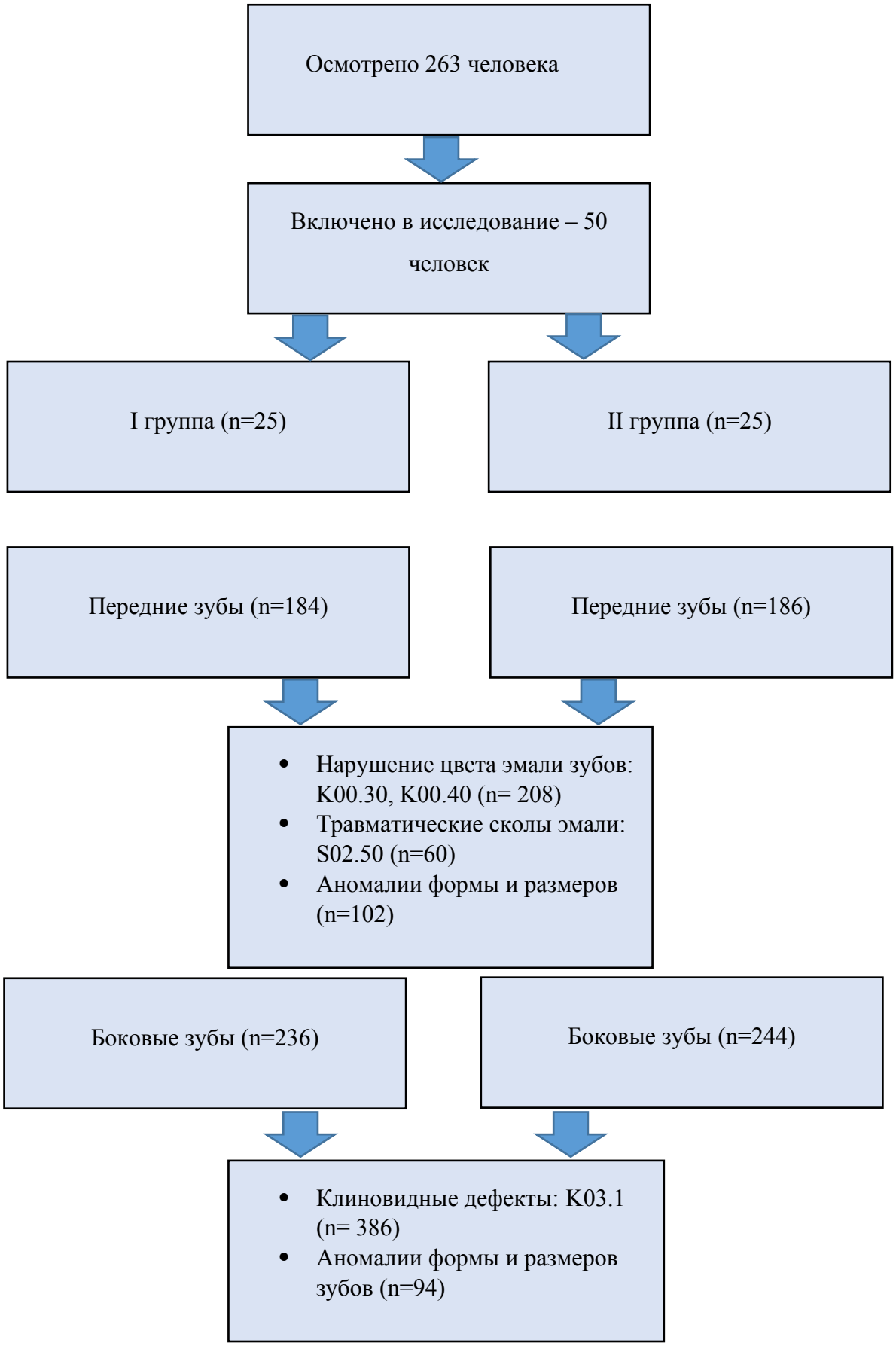


Рисунок 12 – Объем, выполненных стоматологических вмешательств.

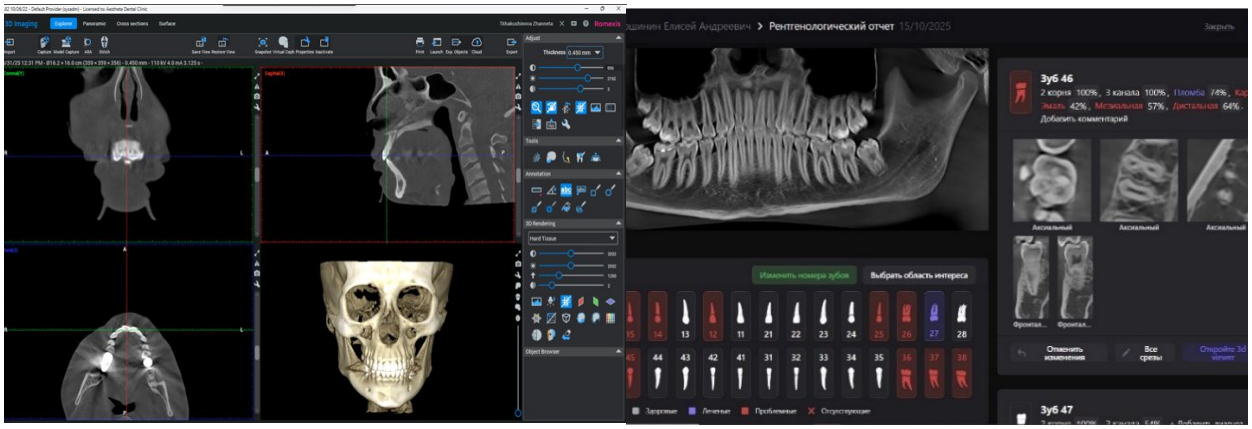


a b

Рис 13 - Дисколориты эмали зубов: a – гипоплазия эмали, b - флюороз

Кроме того, всем пациентам в рамках рентгенодиагностики были выполнены компьютерные томограммы (КЛКТ), позволяющие иметь комплексное представление о состоянии твердых тканей (Рисунок 14 а).

Для выявления скрытых дефектов во фронтальной группе зубов и принятия единственно правильного решения при чтении компьютерных томограмм использовали искусственный интеллект, реализованный с помощью программного обеспечения Diagnocat (Рисунок 14 б) (регистрационный номер: РЗН 2024/23904; дата регистрации: 12.11.2024), поскольку он быстро распознает паттерны, что позволяет специалисту с высокой степенью достоверности прогнозировать исход ортопедического лечения пациентов малоинвазивными керамическими конструкциями с учетом рентгенологической картины и имеющихся у него теоретических знаний.



а б

Рисунок 14 – Рентгенодиагностика: a – Аппарат КТ Planmeca ProMax 3D Max, b – ПО Diagnocat

С целью диагностики воспалительных явлений в тканях, окружающих зубы, на доклиническом этапе и в качестве критерия оценки эффективности проведенного лечения использовали аутофлуоресцентную стоматоскопию (регистрационный номер: 1042369262; дата регистрации: 23 января 2018 года) – технологию отечественного производства, представляющую собой бесконтактную оптическую методику. В ней используется свет длиной волны 440 нм для идентификации патологии слизистой оболочки полости рта, степень выраженности которых зависит от количества тканевых и стромальных флюорофоров. В норме СО светится зеленым цветом, при отличных от нормы состояниях наблюдается гашение свечения в цветовом интервале от бордового до черного (Рисунок 15).



Рисунок 15 – Оптические образы слизистой оболочки десневого края,

2.6.2. Индексная оценка твердых тканей зубов и гигиенического состояния полости рта

Ряд авторов обоснованно считают, что гигиеническое состояние полости рта напрямую влияет на эффективность ортопедического лечения малоинвазивными керамическими конструкциями, является фактором риска развития неблагоприятных исходов, особенно в отдаленные сроки (Алябьев А. Ю. 2021, Chatzidrakou E. et al., 2024, Perrone M. 2025). Поэтому оценка гигиенического состояния полости рта и при необходимости - его коррекция, а также непосредственное участие пациента в обеспечении качественного

гигиенического ухода определялось с использованием индекса оценки эффективности индивидуальной гигиены полости рта (PHP), отражающего навыки пациента в данной области и качество самостоятельного ухода за полостью рта.

Кроме того, долговечность керамической конструкции также зависит и от состояния окружающих зуб тканей пародонта. Для визуализации степени выраженности воспалительных явлений использовали индекс PMA. Критерии оценки индексов представлены в Приложении 1.

На последних этапах работы для дальнейшего планирования осмотров в зависимости от уровня гигиены полости рта использовали искусственный интеллект на базе платформы «DIANA». Прототип нейросетевой модели содержит программное обеспечение модуля определения наличия зубного налета путем верификации окрашенных участков зубов, выражающихся в индексах: PHP, Грин-Вермиллиона, API Lange, площадь зубного налета.

На основании исходных данных, загруженных в программу, платформа «DIANA» распознает каждый зуб на цифровом изображении, определяет по цвету окрашенного зуба длительность налета и рассчитывает индексы (Рисунок 16).

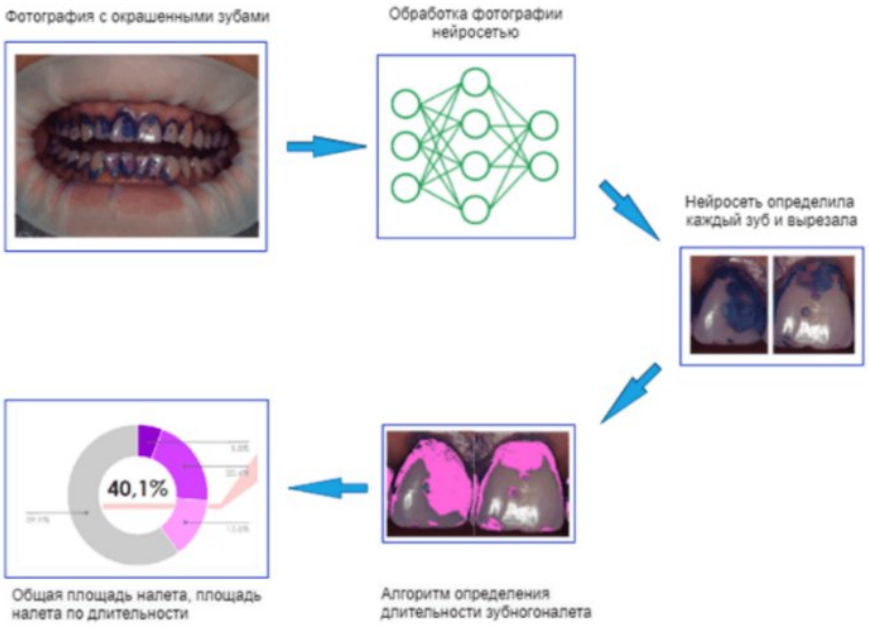


Рисунок 16 – Схема расчета цифрового индекса гигиены полости рта на базе платформы DIANA.

Для оценки выраженности дефектов эмали некариозного происхождения использовали следующие индексы: ИИГЗ, DI, Шкала TF. В группы исследования были включены пациенты с гипоплазией эмали на стадиях, соответствующих критериям TF 1-2 (начальные непрозрачные белые линии на буграх или вдоль краев), TF 3-5 (увеличение непрозрачностей с потенциальными белыми пятнами) (Рисунок 17). Пациенты с флюорозом соответствовали критериям индекса Dean: от 0,5 до 3,0 (от слабых очагов помутнения до полного поражения коронки коричневыми пятнами) (Рисунок 18,19). Критерии оценки индексов представлены в Приложении 1.



Рисунок 17 - Гипоплазия эмали a,b



Рисунок 18 - Флюороз зубов



Рисунок 19 – Тетрациклиновые зубы

Степень выраженности дисколорита эмали зубов определялась с помощью классической шкалы оттенков Vita.

2.6.3. Клиническая оценка результатов ортопедического лечения малоинвазивными керамическими конструкциями

Для экспертной оценки качества эстетических ортопедических конструкций (виниров) использовалась система оценки качества виниров J.F. Cvar and G. Ryge (2005) года, адаптированная к новым клиническим условиям (Nathaniel C. Lawson и Augusto Robles, 2015 г). Она включает в себя 4 параметра:

- нарушение краевого прилегания,
- вторичный кариес,

- окрашивание границы между керамической конструкцией и зубом,
- чувствительность эмали.

Необходимо отметить, что экспертиза керамических реставраций проводилась группой независимых экспертов в количестве 3 человек из числа практикующих врачей ортопедов, имеющих стаж работы не менее 11 лет. Полученные результаты фиксировались в разработанном протоколе с кратностью 7 дней, 6 и 12 месяцев.

При оценке керамических конструкций использовались буквенные символы, которые несли конкретную смысловую нагрузку в оценке качества виниров и были направлены на выявление как скрытых, так и явных дефектов, приводящих как к субъективным ощущениям пациента, так скрытым и явным дефектам изготовленной конструкции. Бальная система оценки позволяет выявить предельно допустимые параметры эффективной конструкции. Так А – превосходное качество, В–удовлетворительное, С–неприемлемое (Таблица 8).

Таблица 8 – Критерии к обозначениям дефектов состояния виниров

Обозначение	Краевое прилегание	Окрашивание границы	Вторичный кариес	Чувствительность
А	Граница не зондируется, нет видимого дефекта	Окрашивания границы отсутствует	Отсутствие вторичного кариеса	0 - отсутствие боли;
В	Граница зондируется с видимым дефектом, нет открытого дентина	Наличие окрашивание без распространения вглубь		
С	Зонд проникает в дефект за пределами эмалево- дентинового	Окрашивание распространяется внутрь	Вторичный кариес на границе	10 – интенсивная боль

	соединения	дефекта	реставрации	

2.7 Создание цифрового сертификата подлинности ортопедических конструкций зубов

Запрос на эстетическую стоматологию в современном мире велик, особенно среди молодежи, и не имеет территориальных границ (Иванов А. Е., с соавт., 2025, Alenezi A, et al., 2021 Assaf A et al., 2023).

Цифровые технологии, искусственный интеллект, эволюция технологического процесса позволяют обеспечить качество ортопедических конструкций и их долговечность (Шанина А.Ю. 2023, Иванов А.Е с соавт., 2025, Najeeb M. 2025). Однако, нарушения алгоритмов лечения, наличие факторов риска, влияющих на возникновение неблагоприятных исходов в ближайшие и отдаленные сроки, приводят к возникновению осложнений и требуют повторного вмешательства. Поскольку современные технологии позволяют воспроизвести точную копию керамических виниров, то идея создания учетной записи идентификационных признаков виниров имеет право на жизнь.

В основу создания сертификата подлинности ортопедических конструкций зубов положено использование блокчейна – технологии распределенного реестра, позволяющей обеспечивать неизменяемость данных и последовательность всех операций, связанных с изготовлением ортопедических конструкций. Особенностью данной технологии является постоянство хранения цифровых файлов без возможности их изменения.

Использование распределенного реестра хранения данных делает информацию доступной для ограниченного количества пользователей (пациенты, врачи, производители). Преимуществом данного цифрового сертификата является возможность каждого пациента при получении кода доступа к базе данных в личном кабинете уточнить свой стоматологический статус на момент обращения в клинику, диагноз в рамках которого проводилось

ортопедическое лечение, получить характеристики технологического процесса изготовления винира и протокола фиксации, а также информацию о докторе и технике и использовать ее для трансляции вне территории клиники и врача стоматолога (свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2023614253) (Рисунок 20).



Рисунок 20 –Цифровой сертификат подлинности ортопедических конструкций.

2.8 Разработка полезной модели «Ретрактор стоматологический»

Поскольку подготовка к ортопедическому лечению дефектов эмали, нарушения формы и размеров зубов малоинвазивными керамическими конструкциями включает в себя реализацию фото- и цифрового протоколов, препарирование эмали и процесс лечения, сопряженный с фиксацией виниров, что требует длительного нахождения пациента в кресле, вызывая по истечении определённого времени ощутимый дискомфорт, болевые ощущения в области преддверия полости рта. Поэтому на основании изучения отечественной и

зарубежной литературы, собственного клинического опыта и анализа субъективных ощущений пациентов была реализована задача - создание полезной модели «Ретрактор стоматологический», снижающей порог возникновения отрицательных ощущений и продляющей время комфортного нахождения в стоматологическом кресле. Научный поиск был направлен на изменение его конструкционных особенностей и реализован в создании полезной модели (патент РФ на полезную модель № 206627, опубликованный 17.09.2021).

2.9 Методика статистической обработки и анализа данных научного исследования

Результаты экспериментальной, лабораторной, микробиологической и клинической частей исследования проанализированы с помощью статистических технологий (как параметрических, так и непараметрических методов), и использованы в качестве доказательной базы для выявления различий между традиционным и водно-воздушно-абразивным методами препарирования эмали и их влияние на рельеф микрошероховатости, степень адгезивной фиксации виниров, и как следствие, на исход ортопедического лечения эстетических дефектов эмали керамическими конструкциями в ближайшие и отдаленные сроки.

Статистическая обработка проводилась с помощью пакета программ SPSS Statistics 26, с предварительным анализом данных в программе Microsoft Office Excel.

Критерий Шапиро-Уилка применяли для проверки на соответствие «нормальному закону» распределения при размере выборки менее 50 при обработке количественных признаков полученных результатов.

При сравнении групп использовали параметрические (t - критерий для двух независимых выборок, дисперсионный анализ) и непараметрические (критерий Манна-Уитни - для двух независимых выборок, критерий Краскелла-Уоллиса - для нескольких выборок, при необходимости поправка на

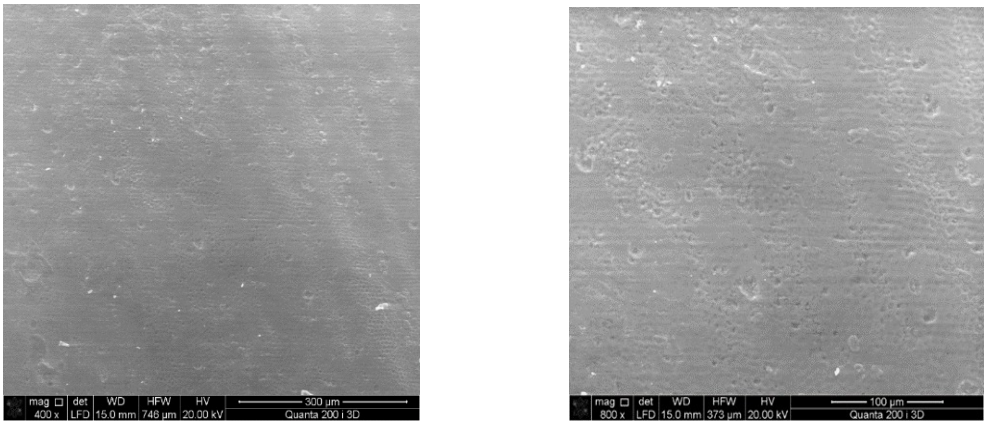
множественные сравнения Бонферрони). Для обработки статистических данных показатели шероховатости объединяли в выборки. Каждую выборку проверяли на соответствие распределения нормальному по критерию Колмогорова; для каждой выборки рассчитывали средние значения, среднее квадратическое отклонение (СКО), коэффициент вариации Квар. Проверку на однородность дисперсий и средних значений параметров шероховатости Ra различных выборок проводились по критериям (допустимым для обработки выборок малого объёма) Фишера, Стьюдента и приближённому t-критерию при уровне значимости $\alpha=0,05$ и числе степеней свободы, рассчитанном в зависимости от условий каждого критерия. Результаты представляли в виде среднего (стандартное отклонение) и медианы (межквартильный интервал). Для отображения характера распределения непрерывных признаков построены диаграммы размахов. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

ГЛАВА 3 Результаты исследований

3.1 Результаты изучения микроструктуры эмали в норме, до и после препарирования

В экспериментальном блоке работы после получения одобрения локального этического комитета ПИМУ (протокол №12 от 20.12.2024) и подписания информированного добровольного согласия пациентами, выполнено исследование, направленное на оценку морфологии эмали и её макро- и микроэлементного количественного состава при различных способах препарирования. Образцы зубов были распределены на три группы. Микроструктурный анализ проводили по сериям микрофотографий при увеличениях ×400, ×800, ×3000 и ×6000.

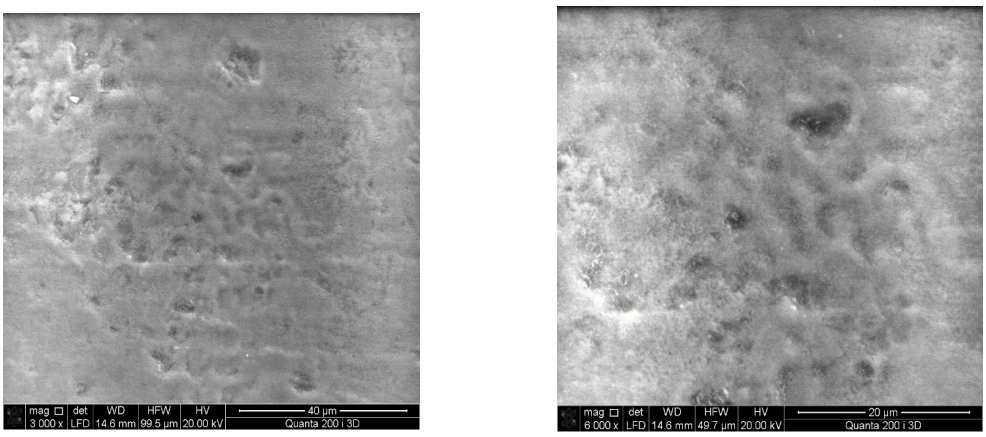
В образцах 1-й группы на всех уровнях увеличения прослеживаются типичные признаки, характерные для интактной эмали. Уже при увеличении ×400 и ×800 поверхность выглядит ровной, с однородным рисунком без выраженных дефектов (Рисунок 21).



а б

Рисунок 21 – Интактная эмаль (а – ×400; б – ×800)

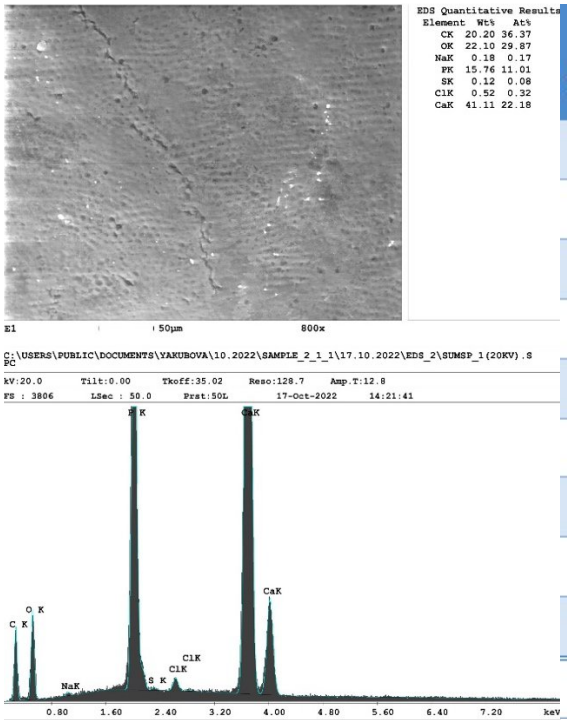
При увеличениях ×3000–×6000 определяются участки с развитой пористостью: поры диаметром 495–701 нм сочетаются с чётко организованными эмалевыми призмами и различными вариантами ориентации кристаллов гидроксиапатита (Рисунок 22).



а б

Рисунок 22 – Интактная эмаль (а – ×3000; б – ×6000)

В целом, архитектоника интактной эмали соответствует критериям нормы, а распределение химических элементов остаётся стабильным. По данным энергодисперсионного анализа преобладают макроэлементы: кислород и углерод, а минеральную основу составляют кальций и фосфор. Доля натрия, магния и алюминия невелика и не превышает десятых долей процента (Рисунки 23, 24).



Макро- и микроэлементы	Wt%	At %
CK	20.20	36.37
OK	22.10	29.87
NaK	00.18	00.17
MgK	00.18	00.17
AlK	00.43	00.36
PK	15.76	11.01
SK	00.12	00.08
CIK	00.52	00.32
CaK	41.11	22.18
Matrix	Correction	ZAF

Рисунок 23 – Элементный состав интактной эмали.

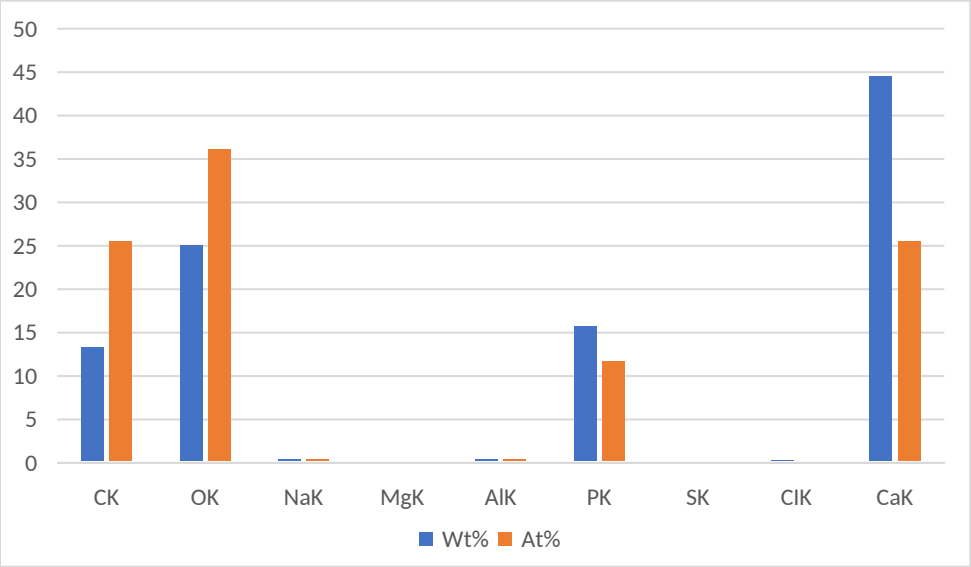
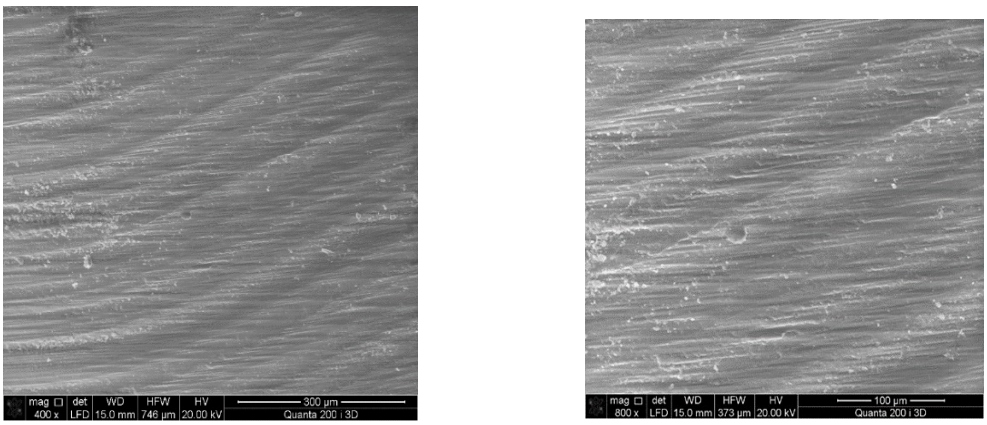


Рисунок 24 – Диаграмма макро- и микроэлементного состава интактной эмали

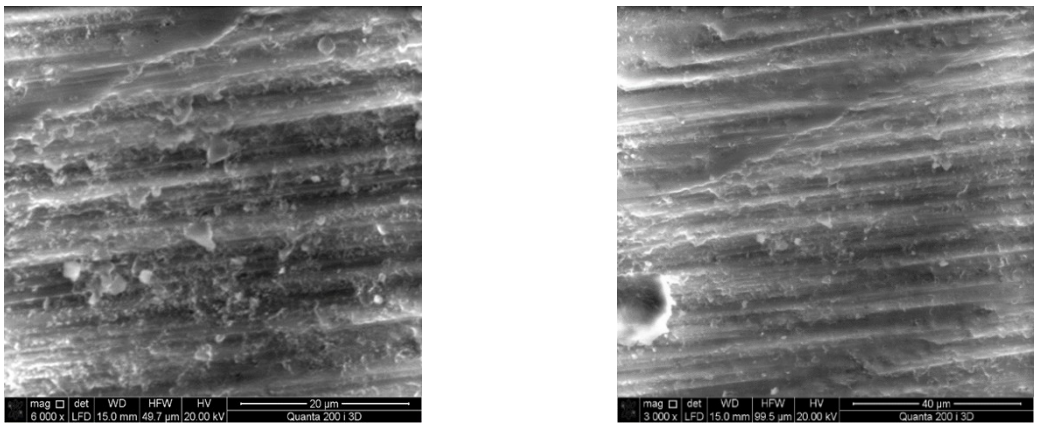
Во 2-й группе (образцы зубов, препарированные алмазным бором) наблюдаются выраженные структурные изменения поверхностных слоёв эмали, образующие микрошероховатость. Отчётливо видны однонаправленные борозды, соответствующие траектории движения инструмента и следам алмазного напыления. В волнообразных углублениях фиксируются фрагменты эмалевых призм размером порядка 5–50 мкм (Рисунок 25).



а б

Рисунок 25 – Эмаль после обработки алмазным бором (а – ×400; б – ×800)

При увеличениях ×3000–×6000 визуализируются повреждённые пучки эмалевых призм и отдельные осколки, формирующие рисунок, напоминающий горизонтальную исчерченность, что принципиально меняет исходную гладкость поверхности (Рисунок 26).

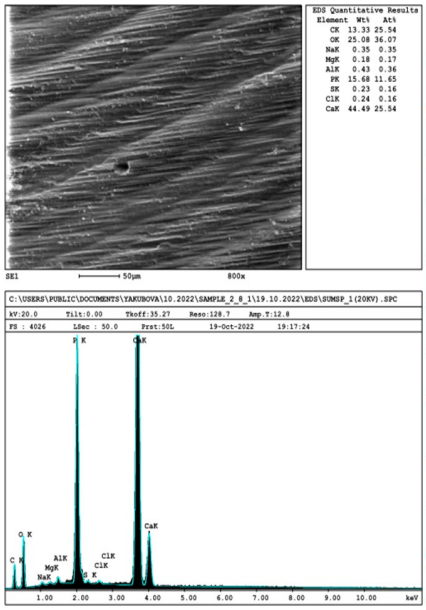


а б

Рисунок 26 – Эмаль после обработки алмазным бором (а – ×3000; б – ×6000)

Таким образом, после механического препарирования происходит переход от относительно упорядоченных пластинчатых наложений аморфного вещества к формированию микротрещин и расширенных борозд. Это связано с разрушением эмалевых призм и их однонаправленным смещением под действием режущих граней.

Наряду с морфологическими изменениями отмечается перестройка элементного состава эмали. При препарировании алмазными борами снижается доля углерода на 8,1%, магния на 53,4%, алюминия на 51,1% и натрия на 1,9%; одновременно возрастает содержание кальция на 14,17% и фосфора на 20,4% (Рисунки 27, 28).



Макро- и микроэлементы	Wt%	At %
CK	13.33	25.54
OK	25.08	36.07
NaK	00.35	00.35
MgK	00.18	00.17
AlK	00.43	00.36
PK	15.68	11.65
SK	00.23	00.16
CIK	00.24	00.16
CaK	44.49	25.54
Matrix	Correction	ZAF

а б

Рисунок 27– Элементный состав эмали, препарированной бором.

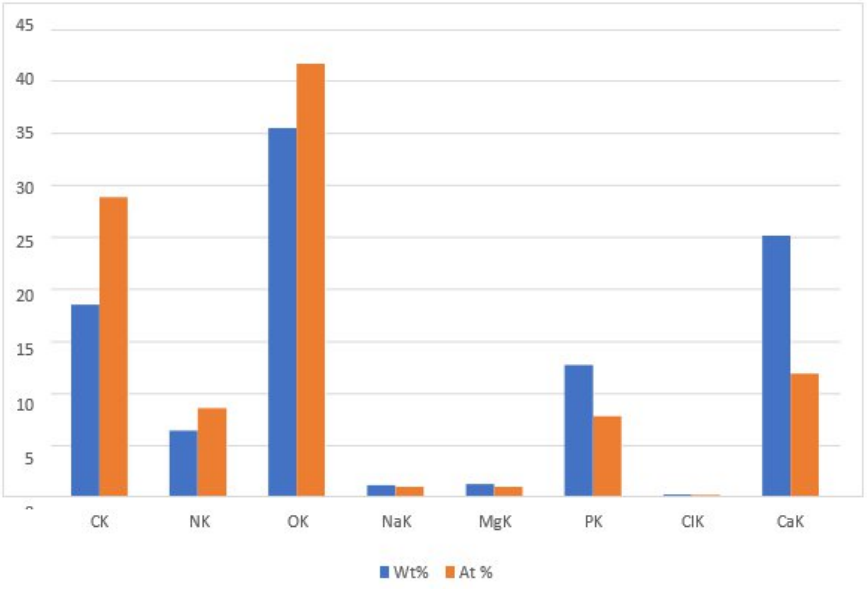
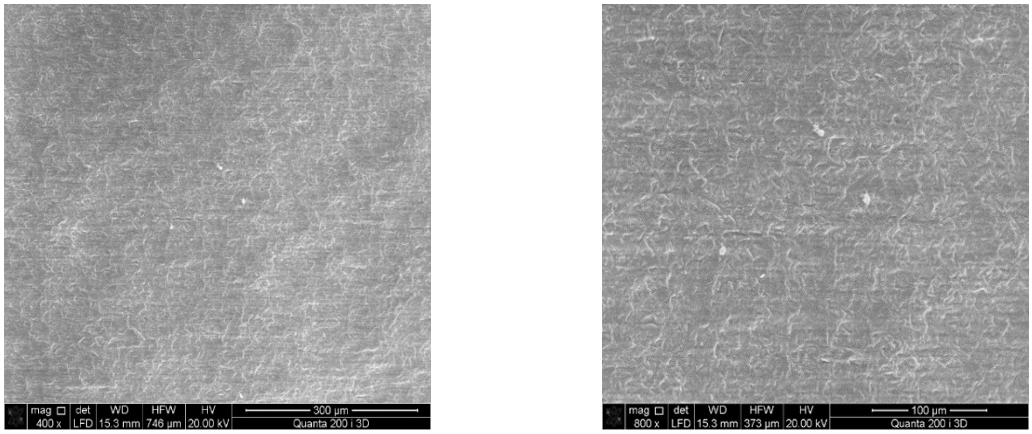


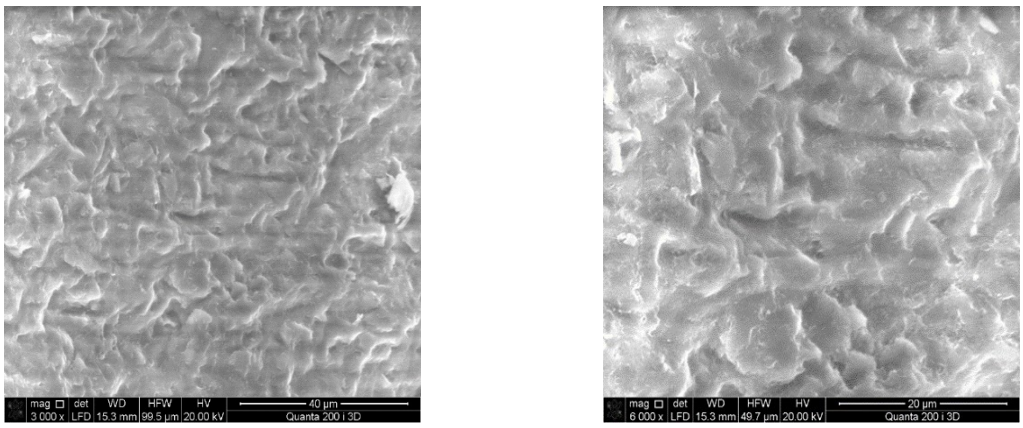
Рисунок 28 – Диаграмма макро- и микроэлементного состава эмали после препарирования алмазными борами

В образцах 3-й группы (воздушно-абразивная обработка эмали) поверхность приобретает характерный равномерный «зернистый» рельеф, различимый уже при ×400–×800 (Рисунок 29). Отмечается значительное количество углублений неправильной формы и контуров (порядка 3–6 нм), а отдельные участки рельефа можно интерпретировать как проявление эффекта «раскалывания» при увеличениях ×3000–×6000 (Рисунок 30).



а б

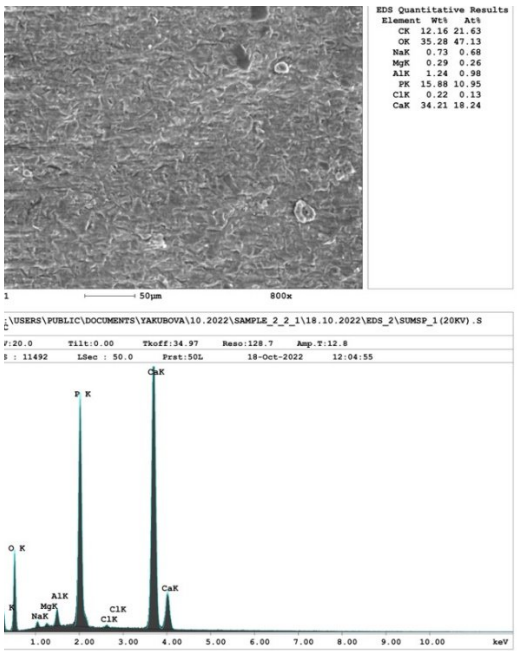
Рисунок 29 – Эмаль после аэроабразивной обработки (а – ×400; б – ×800)



а б

Рисунок 30 – Эмаль после аэроабразивной обработки (а – ×3000; б – ×6000)

Кинетическое воздействие воздушного потока и порошка оксида алюминия (размер частиц 27 мкм) вызывает преимущественное нарушение целостности поверхностного слоя, деформацию кристаллической решётки и формирование микропространств. В результате увеличивается доля кислорода на 14,45% (вероятно, за счёт интенсивного воздушного потока), натрия на 29,1%, кальция на 12,6% и фосфора на 19,6%; при этом уменьшается содержание углерода на 27,7%, магния на 17,8% и алюминия на 14,3% (Рисунки 31, 32).



Макро- и микроэлементы	Wt%	At %
CK	12.16	21.63
OK	35.41	47.13
NaK	00.73	00.68
MgK	00.29	00.26
AlK	01.46	01.02
PK	15.88	10.95
ClK	00.22	00.13
CaK	34.21	18.24
Matrix	Correction	ZAF

Рисунок 31 –Элементный состав эмали, препарированной водно-воздушно-абразивным методом.

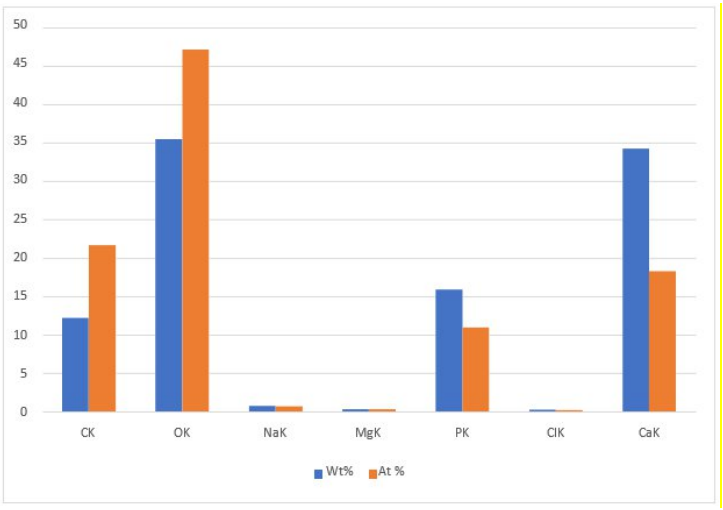


Рисунок 32 – Диаграмма макро- и микроэлементного состава эмали после препарирования водно-воздушно-абразивным методом.

Сопоставление ряда показателей между группами показало, что по ряду элементов (углерод, магний, алюминий) во 2-й и 3-й группах наблюдается более низкое содержание по сравнению с интактной эмалью. При сравнении 2-й и 3-й групп в образцах после воздушно-абразивной обработки отмечается меньшая доля углерода (на 21,2%), кальция (на 1,4%) и фосфора (на 0,8%) при одновременном повышении магния (на 76%), алюминия (на 75%), кислорода (на 14%) и натрия (на 31,5%).

Обобщение средних значений по группам и их статистическая обработка позволили подтвердить выявленные тенденции и определить элементы, по которым различия выражены наиболее отчётливо (Таблица 9, Рисунок 33).

Таблица 9 – Микроэлементный состав эмали в группах наблюдения (At%)

Элемент	Группа 1	Группа 2	Группа 3
C (углерод)	28.4±6.65	26.1±5.84	20.56±4.08
O (кислород)	41.67±7.82	41.76±6.79	47.69±6.27
Na (натрий)	0.55±0.2	0.54±0.18	0.71±0.21
Mg (магний)	0.45±0.2	0.21±0.19	0.37±0.33
Al (алюминий)	0.49±0.62	0.24±0.11	0.42±0.34
P (фосфор)	8.27±3.66	9.96±1.09	9.89±1.66
Ca (кальций)	15.8±4.69	18.04±3.72	17.79±4.05

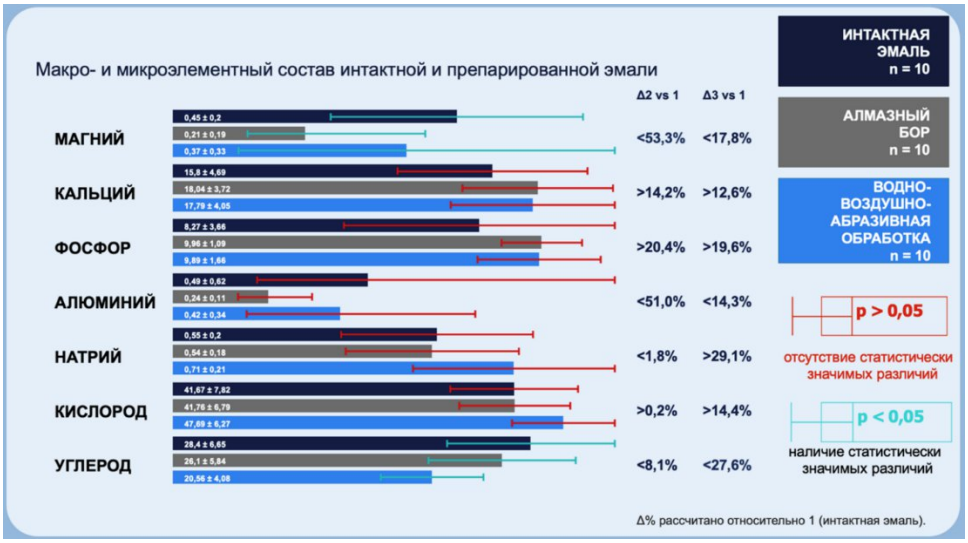


Рисунок 33 – Диаграмма макро- и микроэлементного состава эмали в группах наблюдения

В целом, межгрупповые различия для ряда показателей достигают статистической значимости при $p<0,05$ для сравнений 1–2, 1–3 и 2–3.

Для оценки различий по содержанию углерода использовали описательную статистику и однофакторный дисперсионный анализ; дополнительно анализировали таблицы сопряжённости с критерием χ^2 Пирсона ($\chi^2=8,375$; df=2). Статистически значимые различия выявлены между 1-й и 3-й группами ($p=0,0098$), а также между 2-й и 3-й группами ($p=0,0483$) (Рисунок 34).

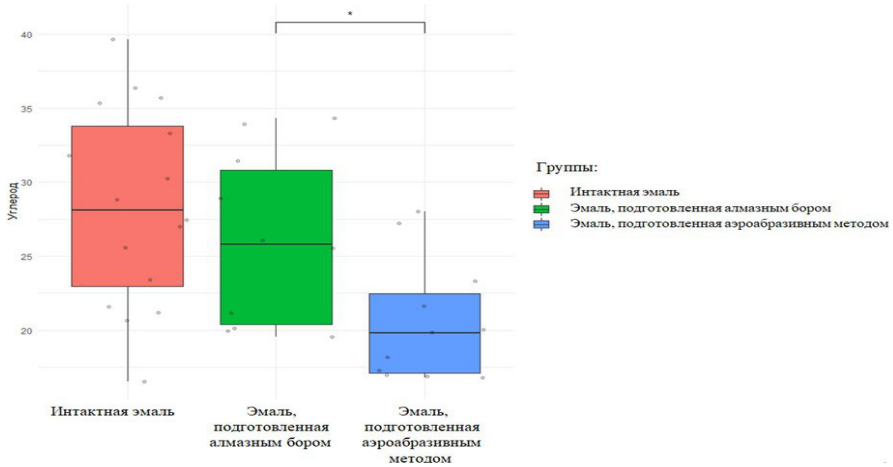


Рисунок 34 – Содержание углерода в группах наблюдения.

По магнию установлено уменьшение его доли во 2-й и 3-й группах по сравнению с интактной эмалью. После препарирования водно-воздушно-

абразивным методом показатель был выше, чем после препарирования алмазным бором (примерно в 1,36 раза), однако статистически значимые различия по критерию χ^2 (χ^2=6,7268; df=2) выявлены только при сравнении 1-й и 2-й групп (p=0,034) (Рисунок 35).

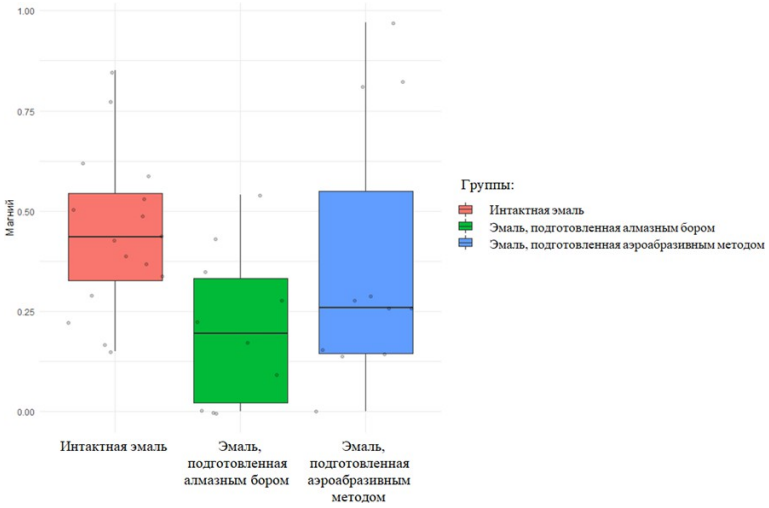


Рисунок 35 – Сравнение магния в группах наблюдения.

При анализе алюминия и натрия статистически значимых различий получено не было: для Al χ^2=1,096 (df=2; p=0,5781); для Na по однофакторному дисперсионному анализу F=2,494 (p=0,0976).

Содержание кислорода имеет тенденцию к увеличению во 2-й и 3-й группах, однако межгрупповые различия не достигают статистической значимости (F=2,731; p=0,0795) (Рисунок 36).

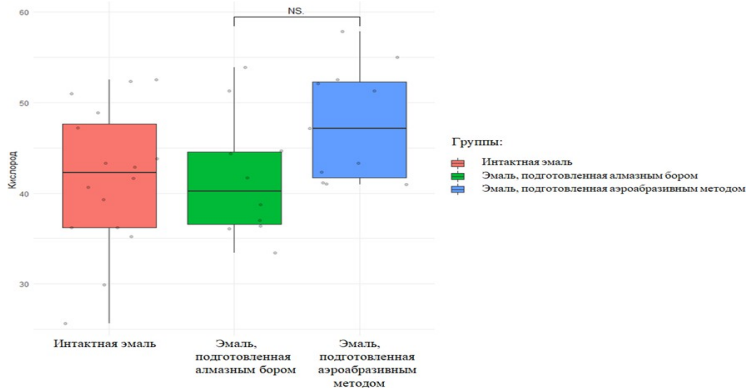


Рисунок 36 – Содержание кислорода в группах наблюдения.

По кальцию и фосфору отмечен прирост по сравнению с интактной эмалью: во 2-й группе на 2,24 At% (Ca) и 1,69 At% (P), в 3-й группе на 1,99 At%

и 1,62 At% соответственно. При этом статистическая проверка не выявила значимых различий: для P χ^2=1,3965 (df=2; p=0,4975), для Ca F=1,119 (p=0,338).

Эмаль представляет собой биоминерал с тонкой макро- и микроэлементной организацией: каждый компонент занимает своё место в минеральной матрице, поддерживая механическую и химическую устойчивость ткани. Сдвиг в балансе макро- и микроэлементов сопровождается структурными изменениями, выходящими за пределы нормы интактной эмали. Поэтому знания в области данной проблемы важны при выборе клинической тактики.

Макро- и микроэлементы входят в состав как органической, так и минеральной составляющих эмали: они присутствуют в протеидах и кристаллах апатита и, изменяя их физико-химические свойства, участвуют в процессах минерализации. Являясь активными центрами ферментных систем, связанных с синтезом белков эмали (энамелин и амелобластин), они запускают реминерализацию и влияют на рост кристаллов гидроксиапатита.

Сравнение интактной эмали с образцами после препарирования алмазным бором показало уменьшение концентраций Mg и Al: магний снизился с 0,45±0,20 At% до 0,21±0,19 At%, алюминий с 0,49±0,62 At% до 0,24±0,11 At%. Поскольку эти элементы локализуются ближе к эмалево-дентинной границе, их снижение может косвенно указывать на вовлечение более глубоких слоёв даже при поверхностной обработке.

Согласно данным специальной литературы, магний участвует в минеральном обмене, влияет на формирование первичных кристаллов гидроксиапатита и может повышать твёрдость эмали. Поэтому уменьшение содержания Mg рассматривается как фактор риска деминерализации и повышения хрупкости эмали.

При сопоставлении макро- и микроэлементного состава интактной эмали с образцами после воздушно-абразивной обработки порошком оксида алюминия (размер частиц 27 мкм) отмечается рост доли кислорода (с 41,67±7,82 At% до 47,69±6,27 At%) и снижение содержания углерода (с 28,40±6,65 At% до

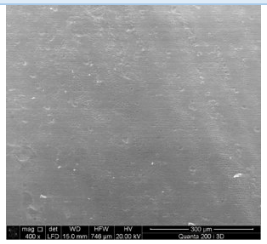
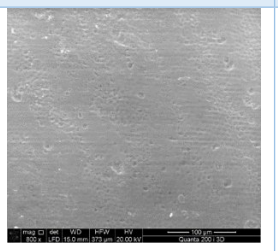
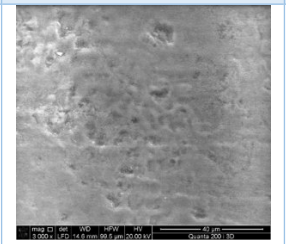
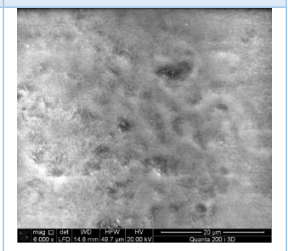
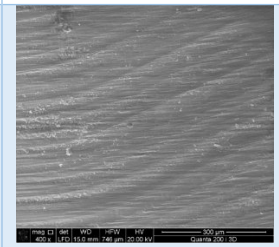
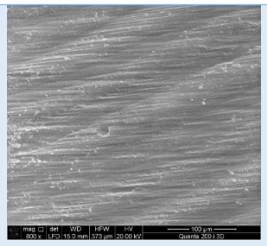
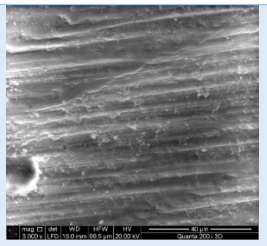
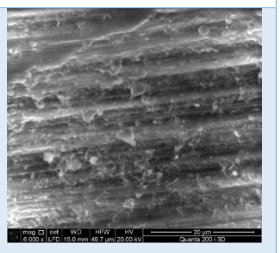
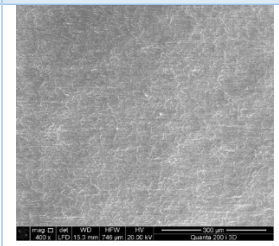
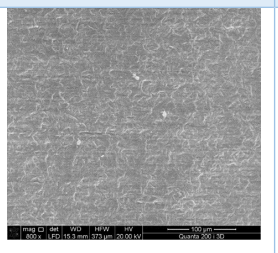
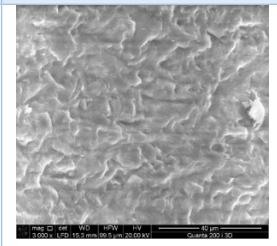
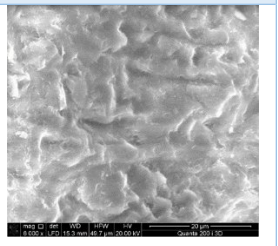
20,56±4,08 At%). Это может отражать нарушение кристаллической решётки гидроксиапатита и изменение его физико-химического состояния (Р.М. Ахмедбейли, 2016). Содержание магния, алюминия, натрия, фосфора и кальция изменялось незначительно, что указывает на относительную стабильность этих компонентов при применении кинетического метода препарирования.

В целом воздушно-абразивная подготовка оказывается более щадящей в отношении сохранения микроструктуры и макро- и микроэлементного баланса эмали, тогда как препарирование алмазными борами сопровождается более выраженным повреждением поверхностного слоя.

Анализ экспериментальных данных свидетельствует, что способ препарирования существенно влияет на сохранность химического состава эмали (One-way ANOVA, $p<0,05$). Стандартное препарирование алмазными борами приводит к выраженному вымыванию органической составляющей эмали и потере ряда ключевых макро- и микроэлементов. В образцах эмали после обработки бором зафиксировано достоверное снижение содержания углерода на 8%, магния – более чем на 50%, алюминия – на 51%, натрия – на 1,9% по сравнению с интактной эмалью ($p<0,05$). Одновременно отмечено относительное увеличение доли минеральных компонентов: кальций повысился на 14%, фосфор – на 20% (за счёт обнажения глубжележащих, более минерализованных слоёв). Напротив, воздушно-абразивное препарирование эмали показало статистически менее значимое изменение состава. Содержание таких элементов, как магний (0,26 At%), натрий (0,68 At%) и фосфор (10,95 At%), после пескоструйной обработки практически не отличалось от исходного уровня интактной эмали. Это указывает на минимальную потерю поверхностного высокоминерализованного слоя при кинетическом методе. Различия между группами по каждому элементу подтвердились применением t-критерия Стьюдента: при препарировании бором выявлено достоверное уменьшение Mg и Al ($p<0,01$), тогда как при воздушно-абразивной – изменения этих показателей были статистически незначимы. Таким образом, традиционная методика вызывает существенную трансформацию макро- и

микроэлементного профиля эмали, тогда как щадящая методика обеспечивает сохранение исходного состава, что имеет важное научное и практическое значение (Таблица 10).

Таблица 10 – Результаты исследования поверхности эмали

Группа	Увеличение			
	400	800	3000	6000
Группа 1- Интактная эмаль				
Группа 2 - После обработки бором				
Группа 3 - После водно-воздушно-абразивной обработки				

3.2. Результаты изучения шероховатости эмали в условиях эксперимента

Одним из важных факторов, способствующих прочности адгезионного соединения между поверхностью эмали зуба и малоинвазивными керамическими конструкциями (винирами) является степень выраженности шероховатости эмали. В связи с этим, было проведено изучение шероховатости эмали в условиях эксперимента. Для изучения рельефа эмали, образующегося после одонтопрепарирования и приобретающего вид локальной шероховатости, использовали показатели профилометра TR200. Он позволяет регистрировать степень выраженности шероховатости в абсолютных значениях отклонения профиля (Yi) от средней линии в пределах длины оценки 1 (длина оценки 1 – от 1 до 5 базовых длин 1 баз) - Ra. Образцы, в основу деления которых на группы был положен способ препарирования (стандартный и водно-

воздушно-абразивный) изготавливались на кафедре стоматологии ФДПО ПИМУ из зубов с интактной эмалью.

Для чистоты эксперимента из образцов первой группы после их исследования путем сепарации были получены 2 объекта исследования, один из которых был подвергнут препарированию бором, второй - пескоструйной обработке (Рисунок 37).



Рисунок 37 – Образцы 3-х групп зубов: a – интактная эмаль, b –препарированные водно-воздушным-абразивным способом, c – препарированные борами

Полученные результаты фиксировались в соответсвующих таблицах (Таблица 11)

Таблица 11 – Сводная оценка повторяемости результатов измерений шероховатости эмали при различных способах препарирования

Интактная эмаль				**Стандартный способ препарирования**				**Водно-воздушно-абразивный способ препарирования**			
№	**Ra, мкм**	**r<12 %**	**Ra, мкм**	**№**	**Значение**	**r<12 %**	**Ср. Значение**	**№**	**Значение**	**r<12 %**	**Ср. Значение**
1	2,44	9,75	**2,57**	**1**	7,49	2,24	**7,58**	**1**	4,97	5,86	**5,12**
	2,69				7,66				5,27		
2	2,29	1,3	**2,31**	**2**	6,11	4,95	**6,27**	**2**	4,4	6,33	**4,27**
	2,32				6,42				4,13		
				3	4,86	1,83	**4,91**	**3**	4,04	1,96	**4,08**
					4,95				4,12		
				4	7,75	1,03	**7,79**	**4**	3,95	1,02	**3,93**
					7,83				3,91		
				5	8,98	3,17	**8,84**	**5**	4,81	1,03	**4,84**
					8,7				4,86		

				6	8,51	2,86	**8,39**	**6**	7,49	2,16	**7,41**
					8,27				7,33		
				7	7,67	4,13	**7,52**	**7**	7,86	0,13	**7,86**
					7,36				7,85		
				8	9,53	3,91	**9,72**	**8**	2,37	3,87	**2,33**
					9,91				2,28		
				9	8,21	7,05	**8,51**	**9**	1,68	3,02	**1,66**
					8,81				1,63		
				10	8,24	1,45	**8,30**	**10**	4,58	7,24	**4,42**
					8,36				4,26		
				11	8,12	3,86	**8,28**				
					8,44						
				12	7,2	4,48	**7,37**				
					7,53						
Ср. знач.			**2,44**	**Ср. знач.**			**7,79**	**Ср. знач.**			**4,59**

r < 12% — это норматив точности повторных измерений шероховатости, показывающий, что измерения стабильны и укладываются в допустимый диапазон расхождений (Рисунок 38).

$$r = \frac{|Ra_1 - Ra_2|}{\frac{Ra_1 + Ra_2}{2}} \times 100\%$$

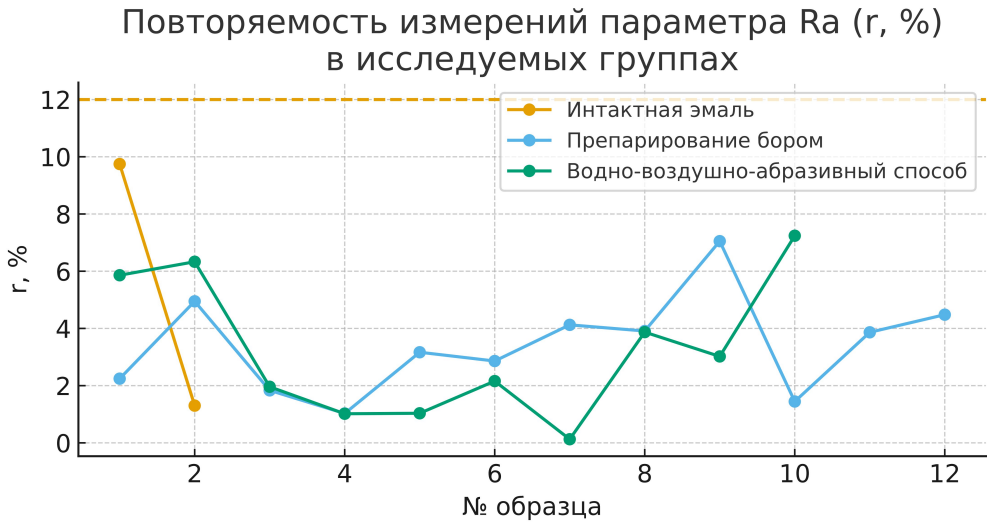


Рисунок 38 – Повторяемость измерений параметра Ra (r, %) в исследуемых группах

На основании полученных результатов были определены показатели шероховатости эмали (Таблица 12, Рисунки 39, 40).

Таблица 12 – Средние параметры шероховатости при различной обработке эмали

Вид обработки	Ra ± Δ, мкм
Интактная эмаль	**2,44 ± 0,37**
Препарирование бором	**7,79 ± 1,17**
Водно-воздушно-абразивный способ	**4,59 ± 0,69**

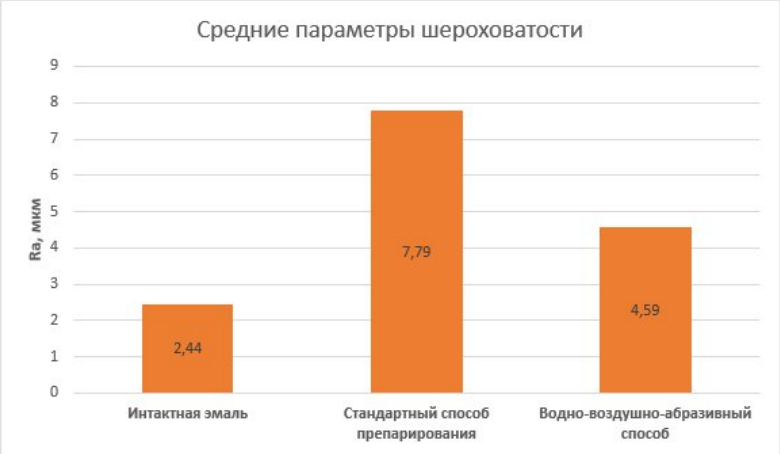


Рисунок 39 – Средние параметры шероховатости при различной обработке эмали

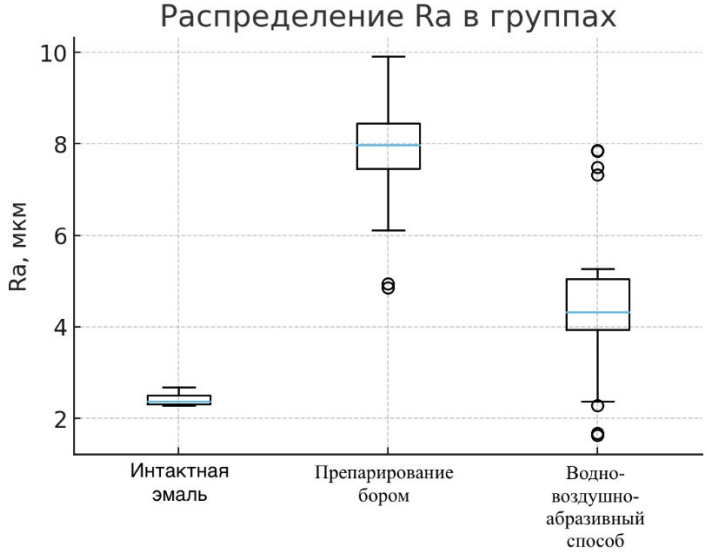


Рисунок 40 – Распределение параметров шероховатости в группах

Проведенное исследование свидетельствует о том, что способ препарирования эмали на этапах ее подготовки к фиксации образцов полевошпатной керамики, в условиях эксперимента, влияет на степень выраженности рельефа ее шероховатости, которая напрямую зависит от количества удаленных тканей и способа их удаления.

Так показатели шероховатости поверхности интактной эмали зуба в образцах составляют 2,44 ▯ 0,37 мкм. Препарирование эмали бором увеличивает значения Ra (степень шероховатости) поверхности зуба более чем в 3 раза по сравнению с интактной эмалью и достигает значений (7,79 ▯ 1,17 мкм против 2,44 ▯ 0,37 мкм, соответственно.)

Под воздействием пескоструйной обработки эмаль меняет свой рельеф, визуализируемый как локальная равномерная шероховатость в пределах 4,59 ▯ 0,69 мкм.

Поверхностная топография эмали до и после препарирования количественно оценена с помощью параметра шероховатости Ra. Исходная неповреждённая эмаль имела относительно низкую шероховатость: Ra = 2,44±0,37 мкм. После обработки различными методами наблюдалось значимое увеличение этого показателя. При препарировании бором шероховатость Ra возросла приблизительно в три раза – до 7,79±1,17 мкм, что отражает образование грубой рельефной поверхности с глубокими бороздами. Разница с интактной эмалью достоверна ($p<0,001$). Пескоструйная обработка также увеличила Ra, но в меньшей степени: до 4,59±0,69 мкм, то есть примерно в 1,5–2 раза относительно исходных значений. Статистически шероховатость после воздушно-абразивного воздействия выше, чем у интактной эмали ($p<0,05$), но существенно ниже, чем после обработки борами (различие между методами также достоверно, $p<0,01$). Таким образом, с помощью водно-воздушно-абразивного метода образуется однородная, мелкодисперсная шероховатость, тогда как использование алмазных боров способствует образованию рельефа с выраженными неровностями. Полученные результаты, использованные при исследованиях прочности адгезионного соединения, подтвердили, что

умеренное увеличение Ra при пескоструйной обработке считается оптимальным для микроретенции фиксирующего материала, тогда как чрезмерная шероховатость от боров может приводить к микротрещинам, в результате механического повреждения эмали.

3.3 Результаты определения адгезивной активности микробиома к рельефу шероховатой поверхности в зависимости от способа препарирования

Данное исследование было выполнено в микробиологической лаборатории кафедры микробиоологии и доказателной медицины ПИМУ. В качестве материала для изучения являлись образцы зубов, препарированные различными способами. Микробиом полости рта насчитывает более 700 видов микроорганизмов, которые подлежат трансформации в зависимости от экзогенных и эндогенных факторов, воздействующих на них в процессе жизнедеятельности. Кроме того, шероховатая поверхность в зависимости от выраженности ее рельефа является зоной притяжения (адгезии) для них. Известно, что адгезивная активность микробиома влияет на прочность соединения «эмаль-винир» и является фактором риска его нарушения в процессе эксплуатации ортопедических конструкций. В нашем исследовании использовались в качестве тест-культур штаммы бактерий Streptococcus salivarius, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus и микромицеты Candida albicans, Candida kruzei которые чаще всего фиксируются на поверхности эмали.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что степень адгезии у изучаемых представителей микробиома полости рта различна и имеет выражение в абсолютных числах и интерпретируется как: высокая активность, средняя активность, низкая активность.

Полученные в результате экспериментального исследования данные обнаружили корреляционные связи между конкретным видом микроорганизмов и шероховатостью (Таблицы 13,14, Рисунки 41, 42).

Таблица 13 – Показатели адгезии микроорганизмов для разных вариантов обработки зубной эмали (оптическая плотность, m ±δ)

Микроорганизм	Интактная эмаль	Водно-воздушно-абразивный способ	Обработка бором
S. salivarius	2,44±0,03	2,13±0,09	2,80±0,04
S. aureus	2,44±0,04	3,08±0,56	3,20±0,15
Pseudomonas aeruginosa	0,75±0,06	1,00±0,12	1,49±0,06
C. albicans	1,33±0,02	2,22±0,05	1,98±0,12
C. kruzei	0,91±0,17	0,71±0,03	0,89±0,05

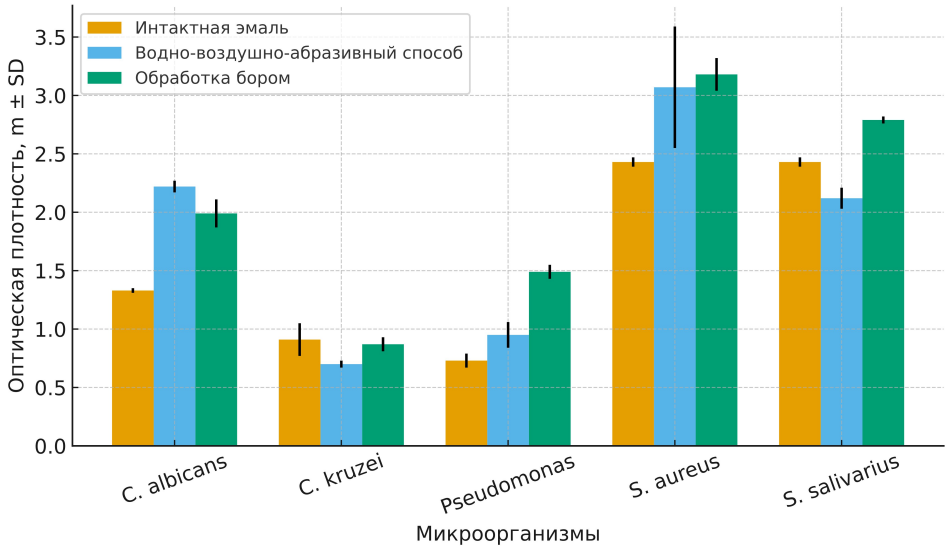


Рисунок 41 – Адгезивная активность микроорганизмов при разных видах обработки образцов зубов (оптическая плотность, m ±δ)

Анализ средних значений и процентных изменений адгезивной активности показал выраженные различия между микроорганизмами в зависимости от способа обработки эмали. Наибольшее повышение адгезии наблюдается у *Pseudomonas aeruginosa* после обработки бором (+104%), что отражает высокую чувствительность данного вида к увеличению микрорельефа поверхности. Значимое увеличение адгезии фиксируется также у *Candida albicans* при пескоструйной обработке (+67%), а у *Staphylococcus aureus* — при обоих вариантах препарирования.

Снижение адгезивности отмечено преимущественно у *Candida kruzei* и *Streptococcus salivarius* после пескоструйной обработки, что может быть связано с формированием участков микрорельефа, менее благоприятных для их фиксации.

Таким образом, различные микроорганизмы демонстрируют индивидуальные профили ответа на топографические изменения поверхности эмали: часть видов характеризуется выраженным ростом адгезии (Pseudomonas, C. albicans, S. aureus), тогда как другие проявляют тенденцию к снижению (C. kruzei, S. salivarius). Эти различия подчёркивают необходимость индивидуального анализа каждого штамма при оценке рисков микробной колонизации и выборе оптимального протокола подготовки поверхности.

Таблица 14 – Процентные изменения относительно интактной эмали

Микроорганизм	Тип обработки	% изменения	Абсолютное изменение	Категория
C. albicans	Водно-возушно-абразивная	+67%	+0,89	Сильное повышение
	Бор	+50%	+0,66	Существенное повышение
C. kruzei	Водно-возушно-абразивная	-23%	-0,21	Умеренное снижение
	Бор	-4%	-0,04	Минимальное снижение
Pseudomonas aeruginosa	Водно-возушно-абразивная	+30%	+0,22	Умеренное повышение
	Бор	+104%	+0,76	Сильное повышение
S. aureus	Водно-	+26%	+0,64	Умеренное

	возушно-абразивная			повышение
	Бор	+31%	+0,75	Существенное повышение
S. salivarius	Водно-возушно-абразивная	-13%	-0,31	Умеренное снижение
	Бор	+15%	+0,38	Умеренное повышение

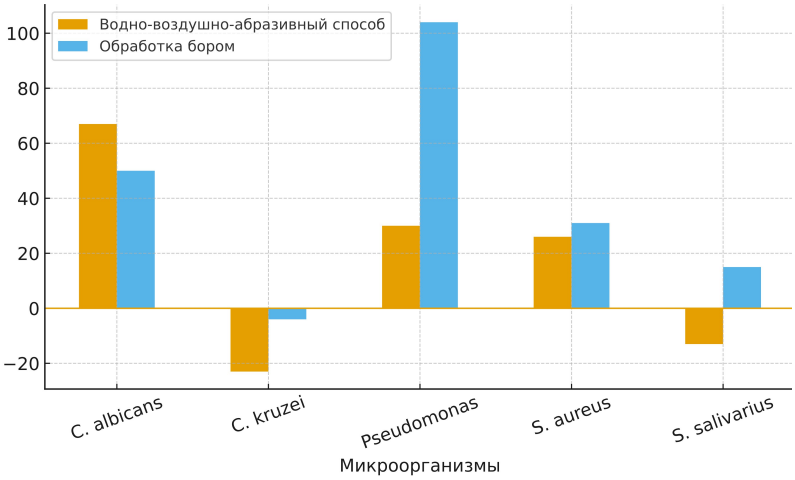


Рисунок 42 – Изменения адгезии микроорганизмов относительно интактной эмали в процентах

Цветовое распределение позволяет быстро визуализировать масштаб изменений для каждой комбинации «микроорганизм – способ обработки». Препарирование бором даёт наибольшее число зон интенсивного повышения адгезии, тогда как водно-воздушно-абразивная обработка формирует смешанную картину: значительное повышение адгезии у одних микроорганизмов и ее снижение у других.

Heatmap (тепловая карта) показывает, что обработка эмали различными методами не создаёт однотипного эффекта — поверхность по-разному взаимодействует с представителями разных видов микроорганизмов (Рисунок 43).

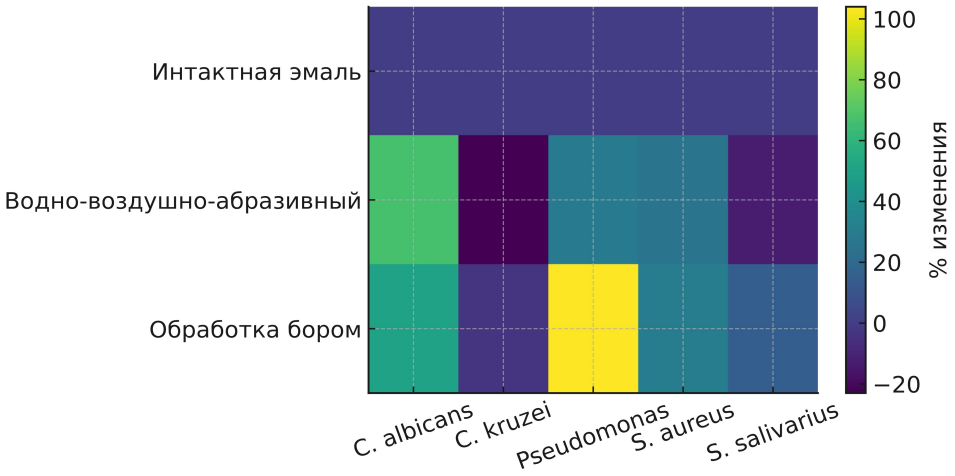


Рисунок 43 – Heatmap процентных изменений

Для оценки стабильности адгезивной активности микроорганизмов в зависимости от способа обработки эмали использовался коэффициент вариации (CV). Этот показатель отражает степень разброса значений внутри группы: чем ниже CV, тем однороднее поведение микроорганизмов. Высокие значения CV указывают на нестабильность адгезии и повышенную вариабельность результатов.

Анализ данных показал, что интактная эмаль обладает минимальной вариабельностью (CV от 0,7 до 7,5%), что свидетельствует о её высокой структурной однородности и предсказуемой адгезивной активности микроорганизмов (Рисунок 44).

После пескоструйной обработки наблюдается наибольшая нестабильность показателей: CV достигает 13–18%, особенно для *S. aureus* и *Pseudomonas aeruginosa*. Это означает, что поверхность после водно-воздушно-абразивного воздействия становится более объемной, а реакция микроорганизмов — менее предсказуемой.

При обработке бором значения CV остаются умеренными (1,3–7,2%), что указывает на более стабильную структуру поверхности и воспроизводимое поведение микроорганизмов по сравнению с водно-воздушно-абразивной обработкой.

Таким образом, показатели CV подтверждает, что степень структурной упорядоченности поверхности эмали существенно влияет на вариабельность

микробной адгезии. Интактная эмаль демонстрирует наилучшую воспроизводимость, водно-воздушно-абразивная — наибольшую изменчивость, обработка бором занимает промежуточное положение.

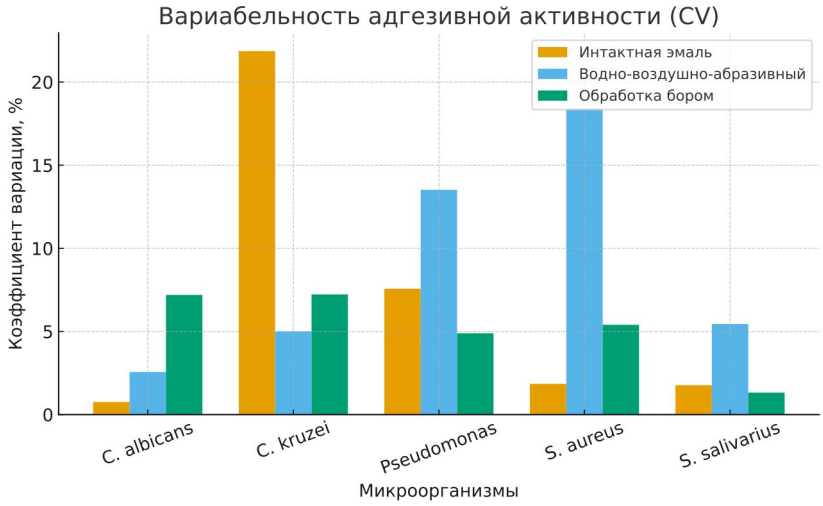


Рисунок 44 – Коэффициент вариации (CV) адгезивной активности микроорганизмов при различных способах препарирования эмали.

Результаты микробиологического исследования показали, что при увеличении шероховатости эмали тенденция в большинстве случаев характеризуется увеличением адгезии бактерий. Так, на поверхности зубов, обработанных алмазными борами, все протестированные микроорганизмы продемонстрировали высокую степень адгезии по сравнению с интактной эмалью ($p<0,05$). Например, для S. aureus средний показатель оптической плотности составил 3,20±0,15 на эмали, препарированной борами и 2,44±0,04 - интактной (рост 31%). Для P. aeruginosa адгезия увеличилась до 1,49±0,06 (больше на 104%, $p<0,05$). Водно-воздушно-абразивная обработка также привела к усилению адгезии ряда микроорганизмов: грибы Candida albicans показали максимальный прирост адгезии (+67, при значении оптической плотности 2,22±0,05; $p<0,05$). Staphylococcus aureus имел показатель 3,08±0,56, что на 26% выше контроля. Streptococcus salivarius, напротив, на поверхности эмали после пескоструйной обработки адгезировал в меньшей степени, чем на интактной (с 2,13±0,09 до 2,44±0,03; снижение 13%, $p<0,05$). Подобное уменьшение отмечено и для Candida krusei на 23% (с 0,71±0,03 до 0,91±0,17;

p<0,05), тогда как после препарирования борами её адгезия практически не изменилась. С помощью статистического критерия Манна–Уитни подтверждена значимость отличий большинства пар “контроль – обработка” (p<0,05). В целом, ранжирование по уровню адгезивности позволило выявить микроорганизмы с высокой адгезией при обоих способах обработки (Streptococcus aureus) и низкой – Candida krusei (при водно-воздушно-абразивной обработке эмали). Такая вариативность свидетельствует, что на изменения рельефа и химического состава эмали микроорганизмы реагируют избирательно. Тем не менее, необходимо отметить, что любое препарирование повышает риск микробной колонизации участков шероховатой эмали, а их адгезия напрямую зависит от степени повреждения эмали, что подтверждено в условиях клиники – появление окрашивания на границе «эмаль-винир». Данный факт является основанием для назначения индивидуальных средств гигиены и обучению пациентов качественному уходу за полостью рта.

3.4 Результаты определения адгезионной прочности соединения эмали зуба с полевошпатной керамикой при сдвиге и растяжении

Прочность адгезионного соединения эмали зуба и керамического винира –важнейший фактор, определяющий надёжность сложной дорогостоящей эстетической реставрации твердых тканей зуба, где условия ретенции осложнены знакопеременными механическими нагрузками и агрессивными термическими циклическими воздействиями.

Лабораторные испытания прочности адгезионного соединения образцов из полевошпатной керамики к эмали на сдвиг и растяжение проводились согласно ГОСТ 31574-2012 и ГОСТ 59665-2021 с последующим сравнением полученных результатов между группами (I, II группы). Испытанию подвергались образцы с двумя типами подготовки эмали: водно-воздушно-абразивной обработкой (n=20) и стандартным методом (n=20).

У образцов первой группы эмаль предварительно обрабатывалась водно-воздушно-абразивным методом с помощью наконечника Rondoflex plus 360

Kavo (Германия) и порошка оксида алюминия Al_2O_3 с размером частиц 27 мкм в течение 15-20 секунд при давлении 0,3 МПа на расстоянии 2-10 мм от поверхности зуба под углом 45°;

Препарирование поверхности эмали у образцов второй группы проводилось турбинным наконечником борами с зернистостью от 40 до 75 мкм по стандарту ИСО.

В результате эксперимента, направленного на изучение адгезионной прочности соединения «эмаль-полевошпатная керамика» на сдвиг, получены данные о площади поперечного диаметра цилиндрического образца (d) и максимальной нагрузке (Р), с учетом которых была расчитана адгезионная прочность в МПа. Полученные результаты по группам, в зависимости от способа препарирования эмали подвергались статистической обработке и представленны в Таблицах 15-16.

Таблица 15 – Показатели прочности адгезионного соединения на сдвиг в первой и второй группах

№	Первая группа			Вторая группа		
	d, мм	Р, кг	А, МПа	d, мм	Р, кг	А, МПа
1	4,2	12,89	9,3	4,3	10,98	7,6
2	3,9	10,99	9,2	4,1	12,11	9,2
3	4,0	7,39	5,9	4,0	14,02	11,2
4	4,1	19,86	15,1	4,5	18,29	11,5
5	4,0	5,35	4,3	4,2	15,68	11,3
6	4,4	22,35	14,7	4,4	17,23	11,3
7	4,1	15,74	11,9	4,1	9,58	7,3
8	4,5	14,69	9,2	4,6	15,02	9,0
9	4,0	11,30	9,0	4,2	12,44	9,0
10	4,0	29,34	23,4	4,1	15,02	11,4
Сред. знач.	4,1	15,0	10,5	4,3	14,0	9,9
Ст. откл.	0,2	7,2	3,1	0,2	2,8	1,7

Таблица 16 – Среднестатистические показатели адгезионной прочности соединения «эмаль-полевошпатная керамика» на сдвиг (M ± m), МПа

Группа	Количество образцов	Способ подготовки эмали	Сдвиг, МПа
Группа 1	10	Водно-воздушно-абразивный метод	10,5 ± 3,1
Группа 2	10	Стандартныйт метод	9,9 ± 1,7

Показатели адгезионной прочности соединения полевошпатной керамики с эмалью зуба, полученные методом сдвига не имели существенной разницы: водно-воздушно-абразивная обработка – 10,5±3,1 МПа и стандартный метод – 9,9±1,7 МПа (p=0,60). При этом, характер разрушения соединения был когезионным, т.е. разрушалось адгезионное соединение между субстратом (эмалью зуба) и полевошпатной керамикой (цилиндрический образец), которые оставались неповрежденными, а фиксирующий материал оставался как на поверхности керамического образца, так и на поверхности эмали зуба.

В результате эксперимента, направленного на изучение адгезионной прочности соединения «эмаль-полевошпатная керамика» на растяжение, получены данные о площади поперечного диаметра цилиндрического образца (d) и максимальной нагрузке (Rm), с учетом которых была расчитана адгезионная прочность в МПа. Полученные результаты по группам, в зависимости от способа препарирования эмали подвергались статистической обработке и представленны в Таблицах 17-18.

Таблица 17 – Показатели прочности адгезионного соединения на растяжение в первой и второй группах

№	Первая группа			Вторая группа		
	d, мм	Rm, N	A, МПа	d, мм	Rm, N	A, МПа
1	3,6	26,10	2,56	3,6	51,85	5,08
2	3,5	42,95	4,48	3,6	34,68	3,40
3	3,8	34,72	3,05	3,6	26,96	2,64
4	3,5	7,89	0,82	3,6	31,65	3,10
5	3,5	3,70	0,38	3,6	24,97	2,45
6	3,5	63,03	6,58	3,6	55,51	5,44
7	3,6	34,91	3,43	3,5	23,93	2,50
8	3,7	13,40	1,25	3,9	22,28	1,86
9	3,4	1,66	0,18	3,6	23,37	2,29

10	3,5	19,11	1,99	3,6	42,91	4,20
Сред. знач.	3,6	24,7	3,2	3,6	33,8	3,5
Ст. откл.	0,1	19,5	1,7	0,1	12,2	1,2

Таблица 18 - Среднестатистические показатели адгезионной прочности соединения «эмаль-полевошпатная керамика» на растяжение (M ± m), МПа

Группа	Количество образцов	Способ подготовки эмали	Растяжение, МПа
Группа 1	10	Водно-воздушно-абразивный метод	3,5 ± 1,2
Группа 2	10	Стандартныйт метод	3,2 ± 1,7

Показатели адгезионной прочности соединения полевошпатной керамики с эмалью зуба, полученные методом растяжения также не имели достоверно значимых отличий: пескоструйная обработка – 3,5±1,2 МПа и препарирование бором – 3,2±1,7 МПа (p=0,68). При проведении теста на растяжение характер разрушения был также когезионным. Однако, на поверхности керамики фиксирующего материала не оставалось. Это свидетельствует о стабильной связи между зубом и фиксирующим материалом, что необходимо учитывать при реализации адгезивной фиксации виниров.

Результаты исследования адгезионной прочности соединения «эмаль-полевошпатная керамика» на сдвиг и растяжение представлены ниже (Таблица 19).

Таблица 19 – Среднестатистические показатели адгезионной прочности соединения «эмаль-полевошпатная керамика» (M ± m), МПа

Способ подготовки эмали	Сдвиг, МПа	Растяжение, МПа
Водно-воздушно-абразивный метод	10,5 ± 3,1	3,5 ± 1,2
Стандартный метод	9,9 ± 1,7	3,2 ± 1,7

Следует отметить, что тенденция к уменьшению показателя адгезионной прочности между эмалью и виниром (с 10,5 и 3,5 до 9,9 и 3,2 МПа) связана с равномерной обработкой ее поверхности с помощью водно-воздушно-абразивного способа.

На основании полученных результатов изучения прочности адгезионного соединения протестированной в условиях эксперимента с использованием зоны соединения «эмаль-полевошпатная керамика», подготовленной различными способами – водно-воздушно-абразивная обработка (n=10), стандартный метод (n=10) по значениям параметров сдвига и растяжения удалось построить графическое изображение данных и сравнить полученные результаты (Рисунок 45).

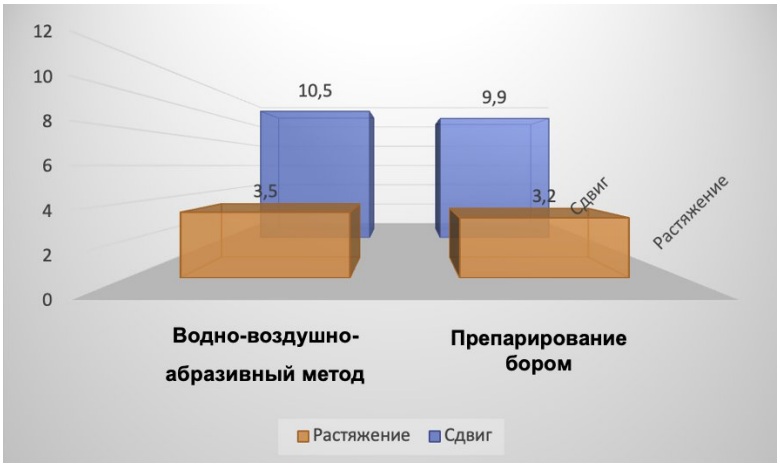


Рисунок 45 – Диаграммы результатов испытания адгезионной прочности методами сдвига и растяжения.

Полученные результаты испытаний прочности соединения на сдвиг и растяжение регистрировались в специальных протоколах, отражающих основные параметры прочностных характеристик: Количество образцов, Диаметр d0, мм., Fmax, кг. (Рисунок 46).

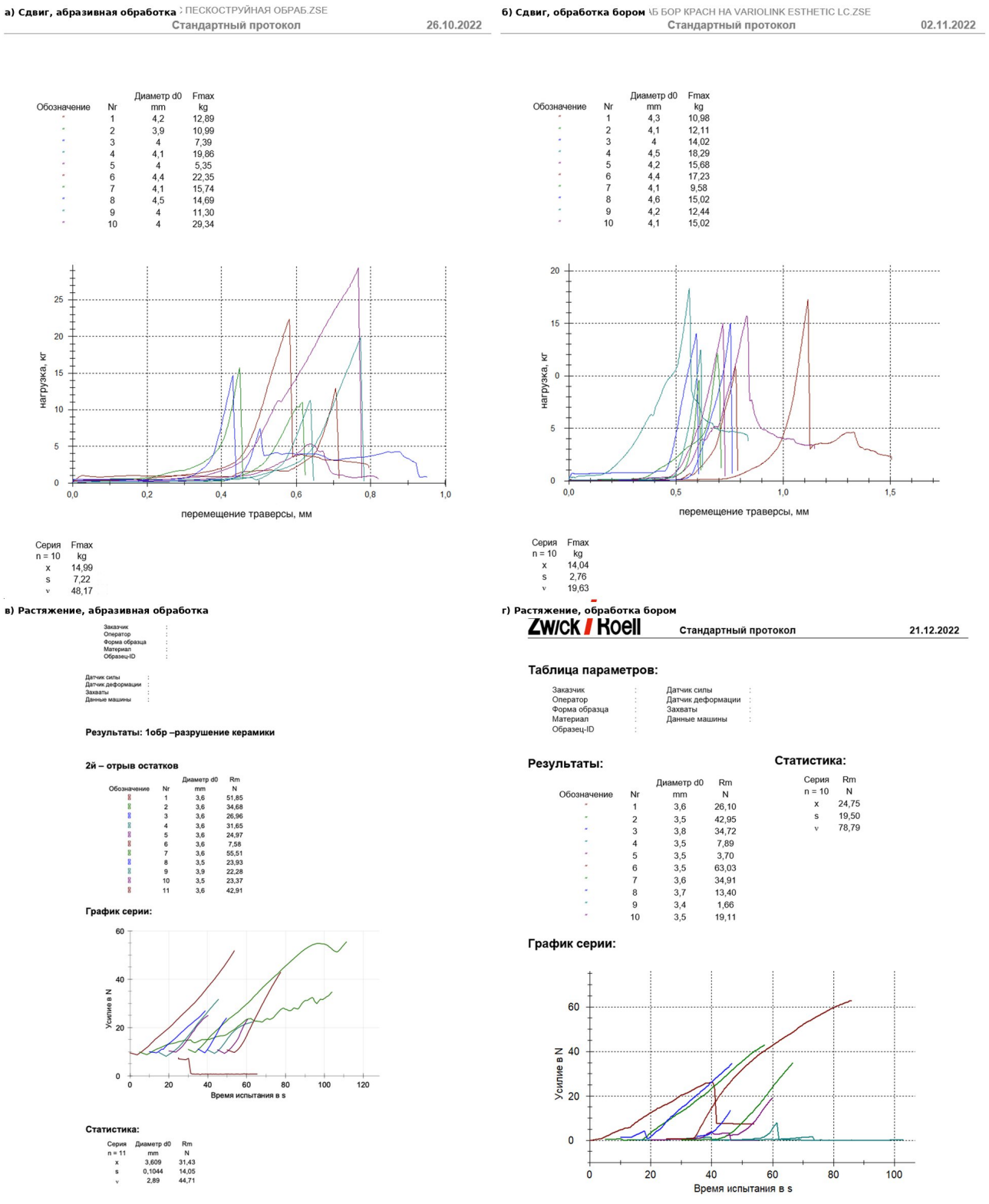


Рисунок 46 - Графическое изображение результатов испытаний адгезионной прочности методами сдвига и растяжения.

Результаты испытаний продемонстрировали высокий прочностной потенциал адгезивной фиксации в обеих группах на фоне отсутствия статистически значимых различий между методами. Средняя прочность при

сдвиге составила 10,5±3,1 МПа для группы с воздушно-абразивной подготовкой и 9,9±1,7 МПа для группы с обработкой бором (p = 0,60; различия недостоверны). Прочность при отрыве также была сопоставима: 3,5±1,2 МПа (водно-воздушно-абразивный метод) и 3,2±1,7 МПа (стандартный метод) без достоверных статистических различий.

Таким образом, несмотря на разницу в рельефе шероховатой поверхности эмали, полученной различными способами, прочность адгезионного соединения “винир–эмаль” сохраняется на одном уровне при строгом соблюдении протокола травления и фиксации. Снижение прочности в первой группе на 5–10% статистического подтверждения не получило, доказывая гипотезу – водно-воздушно-абразивная подготовка не уступает стандартной по прочностным характеристикам. Тип разрушения соединения во всех образцах носил когезионный характер по границе эмаль/цемент (без отрыва фрагментов эмали), что свидетельствует о качестве проведенного протокола подготовки поверхности.

3.5 Разработка способа установки керамических виниров

Разработка способа фиксации керамических виниров основывалась на полученных нами результатах экспериментальных исследований, анализе отечественной и зарубежной специальной литературы, изучении опыта специалистов стоматологического профиля в области эстетической стоматологии и собственных результатов (Некрылов Д.В. с соавт. 2021, Аверкина Н.С. 2024, Киселев В.М. с соавт. 2025, Magne P. 2021, Chen L. et al., 2021, Vailati F. 2024, Vahedi M. et al., 2024).

Способ установки керамических виниров включал в себя ряд последовательных этапов, каждый из которых является научно-обоснованным и протестированным на практике, отличающийся рядом принципиальных технологических и структурных особенностей, оказывающих влияние на параметры адгезионного соединения (Рисунок 47).



Рисунок 47 - Этапы установки керамических виниров

Материал, из которого изготавливались виниры (лейцит-усиленная полевошпатная керамика Creation CC), был выбран не случайно и клинически обоснован, поскольку максимально отвечает требованиям эстетики: минимальная толщина реставрации, фиксация к эмали с минимальным препарированием.

Несмотря на более низкие показатели прочности на изгиб по сравнению с высокопрочными стеклокерамиками, Creation CC используется в виде ультратонких виниров, фиксируется преимущественно на эмаль, работает в условиях равномерного распределения нагрузки.

Высокое содержание стеклофазы в Creation CC облегчает контролируемое травление плавиковой кислотой, способствует формированию выраженного микрорельефа, обеспечивает эффективное взаимодействие с силановыми праймерами. В результате формируется прочное химико-механическое соединение между стеклофазой керамики, адгезивной системой и композитным цементом.

Этапы установки виниров:

1. **Подготовка поверхности зуба** (Рисунки 48-51)



Рисунок 48 - Исходная клиническая ситуация

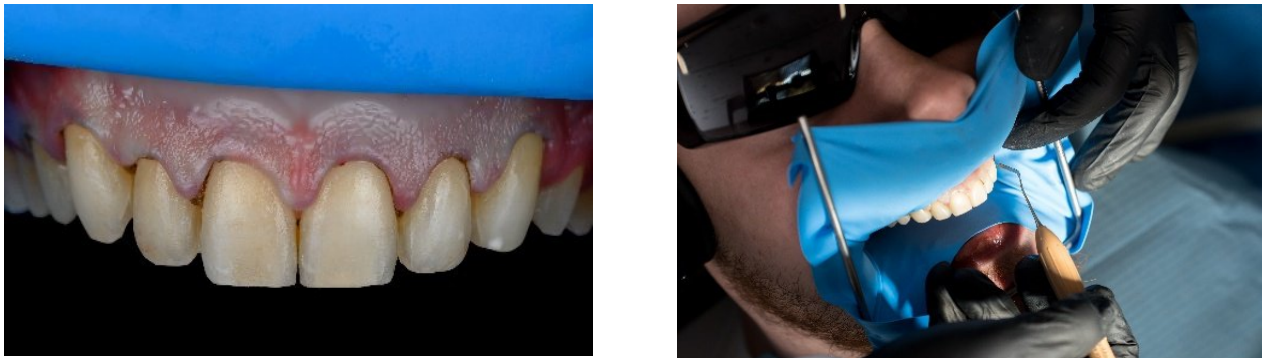


Рисунок 49 - Изоляция рабочего поля



Рисунок 50 – Водно-воздушно-абразивная обработка




Рисунок 51 - Травление эмали 37% ортофосфорной кислотой

2. **Подготовка поверхности винира** (Рисунок 52)




Рисунок 52 – Подготовка виниров к фиксации

3. **Фиксация винира** (Рисунки 53-55)




Рисунок 53 - Установка виниров




Рисунок 54 – Световая полимеризация



Рисунок 55 – Окончательный результат фиксации

Этап адаптации предполагает контроль за установленными винирами с учетом реализации правил индивидуальной гигиены полости рта со стороны пациента. Кратность гигиенического контроля определалась с помощью искусственного интеллекта на базе платформы «DIANA». Применительно к конкретному клиническому случаю установки виниров, где исходные данные уровня гигиены соответсвовали хорошему (9% суточного налета) при PHP=0,7; Грин-Вермиллиона=0,3; API Lange=40,7% необходима, согласно рекомендациям искусственного интеллекта, реализация следующего графика посещения врача-гигиениста (Рисунки 56, 57).

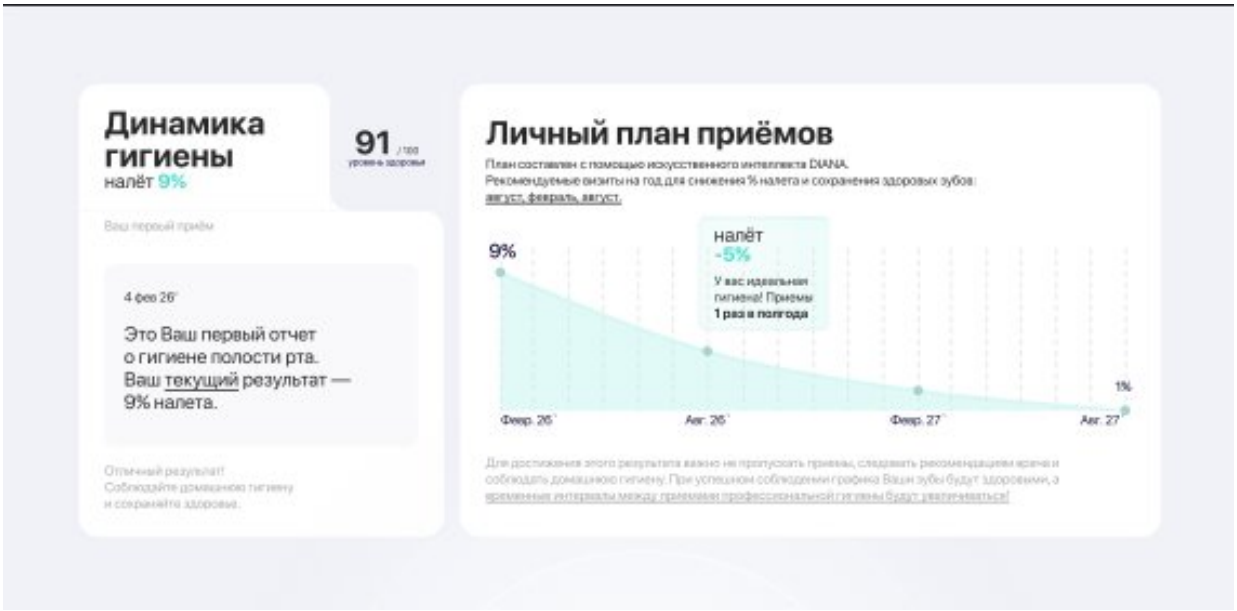


Рисунок 56 – Личный план приемов, составленный с помощью искусственного интеллекта «DIANA»

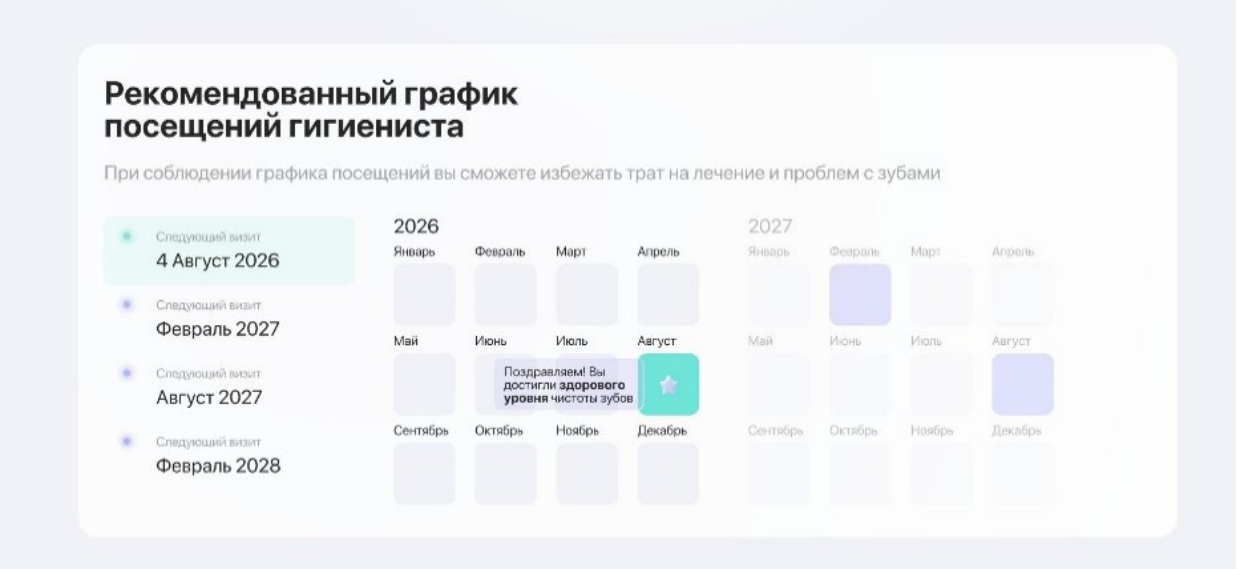


Рисунок 57 – Рекомендованный график посещений гигиениста на основании анализа искусственного интеллекта «DIANA»

В результате предложенного способа установки виниров мы получили многослойную адгезионную структуру на границе «керамика — цемент», отличающуюся однородностью и прочностью, превышающую пределы прочности самой керамики, что приводит к перераспределению нагрузок и снижению риска возникновению неблагоприятных исходов. Отличительными особенностями технологии установки виниров являются:

- Изоляция рабочего поля с помощью коффердама
- Водно-воздушно-абразивная обработка эмали порошком оксида алюминия Al_2O_3 с размером частиц 27 мкм в течение 15-20 секунд при давлении 0,3 МПа на расстоянии 2-10 мм от поверхности зуба под углом 45^o
- Травление внутренней поверхности винира с помощью 9,5% плавиковой кислоты в течение 60 секунд.
- Травление эмали 37% ортофосфорной кислотой 15-30 секунд.
- Адгезивный цемент наносится на поверхность винира и/или зуба с последующим световым отверждением бондингового агента и адгезивного цемента.
- Световое отверждение выполняется полимеризационной лампой с мощностью светового потока не менее 500 мВт /см2.

Таким образом, разработанный способ установки является перспективным для эстетической стоматологии, поскольку при его использовании эмаль, максимально сохраняя свою структуру и макро- и микроэлементный состав, не ухудшает прочность фиксации виниров, обеспечивая стойкий клинический результат (Рисунок 58).


РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2725274

Способ установки керамических виниров без обточки зубов

Патентообладатель: *Манукян Артавазд Генрикович (RU)*

Автор: *Манукян Артавазд Генрикович (RU)*

Заявка № 2020106828
Приоритет изобретения 13 февраля 2020 г.
Дата государственной регистрации в
Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 30 июня 2020 г.
Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 13 февраля 2040 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

Рисунок 58 - Патент «Способ установки керамических виниров без обточки зубов» № 2725274

3.6 Создание сертификата подлинности ортопедической конструкции

Современная эстетическая стоматология демонстрирует высокую востребованность, особенно среди пациентов молодого возраста (Иванов А. Е. с соавт., 2025; Alenezi A. et al., 2021; Assaf A. et al., 2023). Развитие цифровых технологий, включая искусственный интеллект и усовершенствованные методы проектирования и изготовления ортопедических конструкций, обеспечивает повышение качества лечения и долговечности керамических реставраций (Шанина А. Ю., 2023; Иванов А. Е. с соавт., 2025; Najeeb M., 2025). Однако нарушение технологического алгоритма, наличие факторов риска и отсутствие возможности верифицировать исходные данные изготовления реставрации повышают вероятность осложнений и требуют повторного вмешательства. Учитывая глобальность стоматологического рынка и возможность воспроизведения ортопедических конструкций в любой стране при наличии цифровых данных, необходимость создания единого идентификационного инструмента является обоснованной.

Концепция цифрового сертификата предполагает использование технологии блокчейн как распределённого реестра, обеспечивающего:

- неизменяемость данных;
- последовательность всех операций, связанных с проектированием и изготовлением керамических конструкций;
- невозможность модификации информации без авторизованных записей;
- долговременное и защищённое хранение цифровых файлов.

Завершив лечение, врач формирует цифровой паспорт ортопедических конструкций пациента. На основе собранных цифровых данных создаётся NFT-сертификат, подтверждающий подлинность и характеристики, установленных виниров. Разработанная программная платформа на базе технологии распределённого реестра (свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2023614253) предназначена для защищённого хранения ключевых медицинских и технических параметров (Рисунок 59).

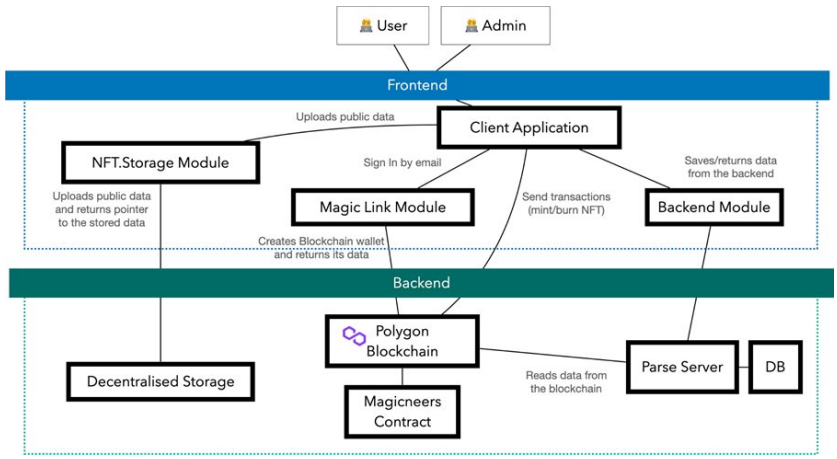


Рисунок 59 – Общая схема взаимодействия компонентов системы

В сертификат вносятся: цифровая 3D-модель (STL-файлы сканов до и после лечения, изготовленных реставраций), сведения о применённых материалах (керамика, цемент, адгезив), данные об исполнителях (лечащий врач, зубной техник), а также основные этапы планирования и изготовления (Рисунки 60-61).

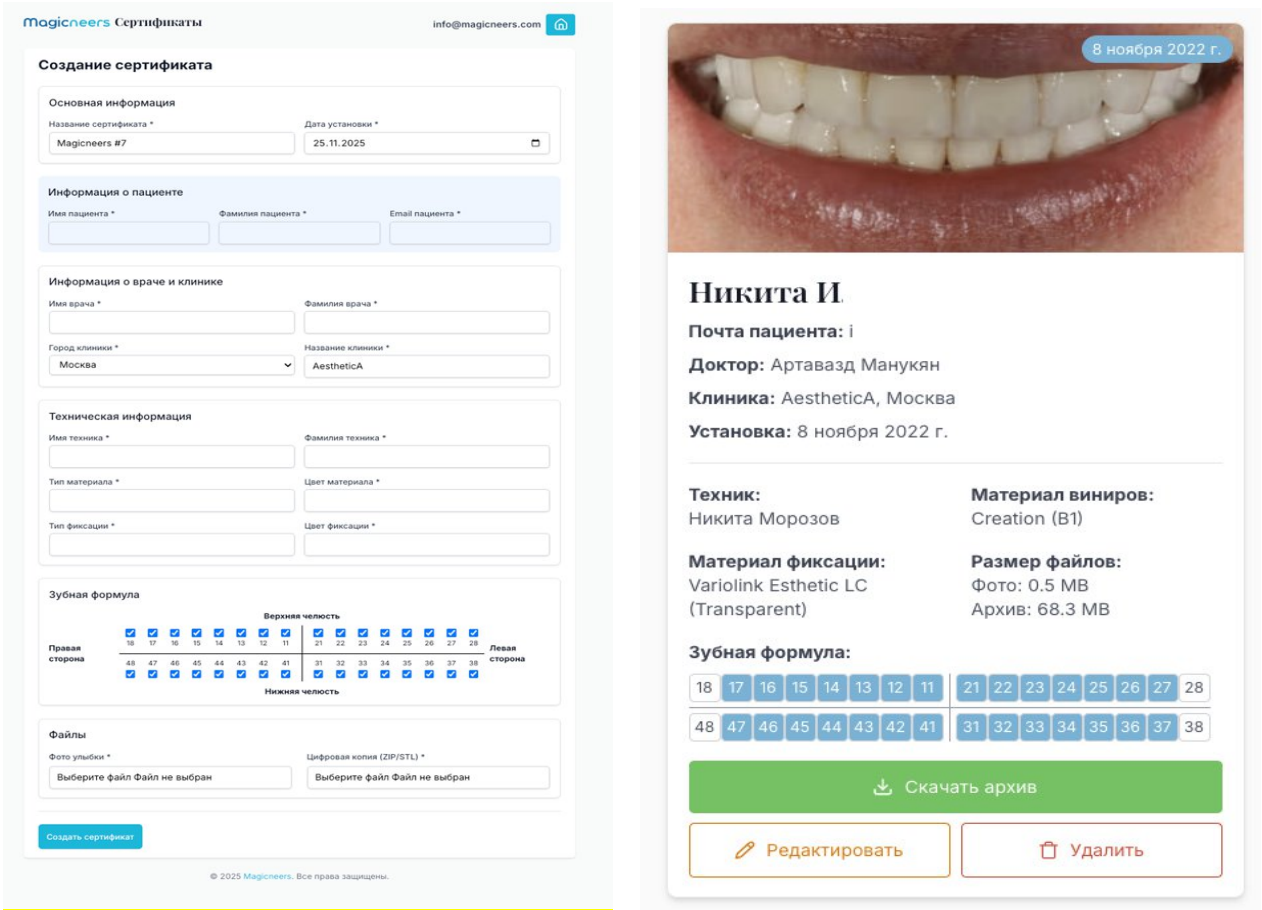


Рисунок 60 – Пример создания сертификата

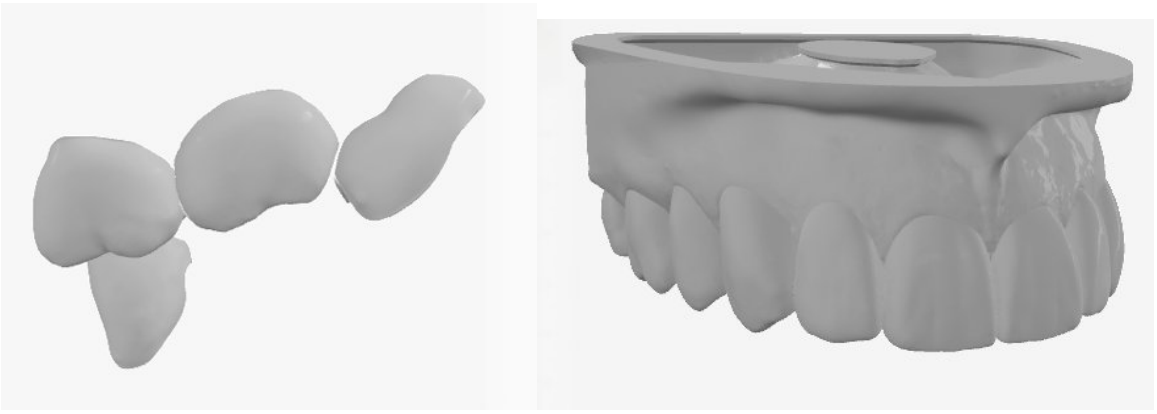


Рисунок 61 – 3D модель, хранящаяся в сертификате

Запись фиксируется в распределённом реестре, что обеспечивает неизменность и прослеживаемость данных. Пациенту предоставляется доступ к сертификату через защищённый личный кабинет: при необходимости он может подтвердить факт и параметры проведённого лечения, а также предоставить информацию другому специалисту. Благодаря этому, пациент может быть уверен, что ему установлены оригинальные запатентованные виниры «Magicneers» (товарный знак № 795995 от 05.02.2021) (Рисунок 62а). Использование цифрового сертификата повышает прозрачность и доверие к результатам лечения и может рассматриваться как «электронный паспорт» ортопедической конструкции.

Загрузка информации в систему осуществляется поэтапно:

- Администратор системы вводит данные цифрового сертификата в программу.
- Часть данных сохраняется публично в децентрализованном хранилище (NFT.Storage Module).
- Часть данных дублируется и сохраняется приватно в Базе данных (Backend Module).
- После возвращения этих данных Клиентское приложение делает запрос к методам контракта (Magicneers Contract) для создания записи в блокчейне (Polygon Blockchain).

Пациент, как пользователь, после авторизации видит свой сформированный цифровой сертификат и получает всю необходимую информацию в рамках проведенного ему лечения.

Таким образом, разработанный сертификат позволяет заинтересованным лицам (врачам, пациентам, администраторам) уточнить стоматологический статус пациента на момент лечения; подтвердить диагноз, объём проведённой работы и технологические параметры; получить достоверную информацию об использованных стоматологических материалах в процессе изготовления виниров, уточнить протокол фиксации, иметь доступ к контактам врача и техника, передавать сведения о реставрации при обращении в другие клиники. Научная новизна цифрового сертификата подтверждена свидетельством № 2023614253 (Рисунок 62b).



a b

Рисунок 62 – a - «Magicneers» товарный знак № 795995 от 05.02.2021, b - Цифровой сертификат подлинности ортопедических конструкций (Свидетельство № 2023614253)

3.7 Усовершенствованный алгоритм ортопедического лечения дефектов эмали малоинвазивными керамическими конструкциями

Предлагаемый нами алгоритм ортопедического лечения малоинвазивными керамическими конструкциями объединяет фундаментальные знания, результаты экспериментальных исследований, инновационные цифровые технологии и клинический опыт. Алгоритм включает в себя как клинический, так и лабораторный этапы (Рисунок 63).

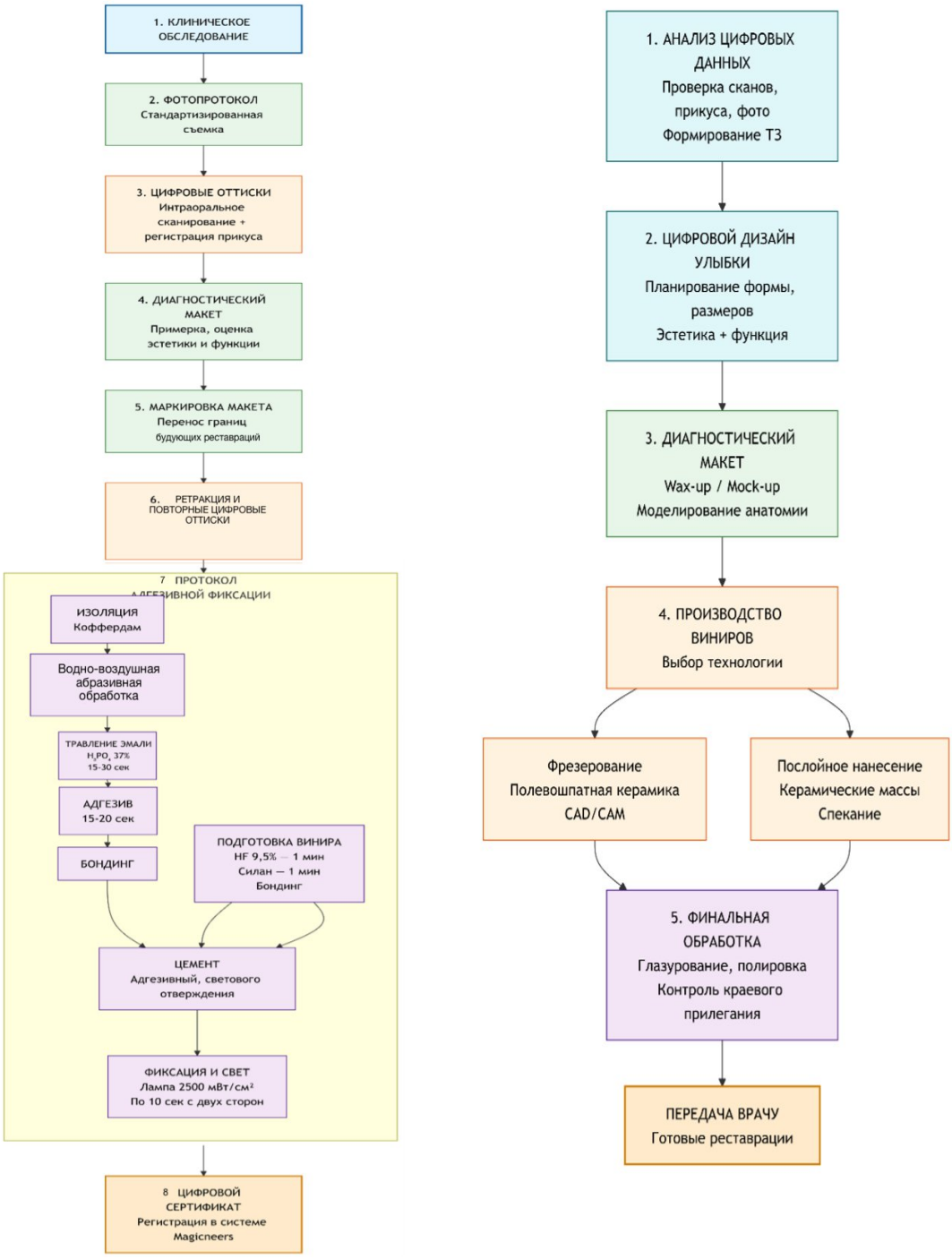


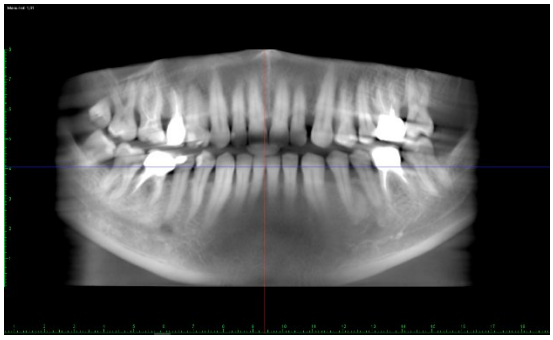
Рисунок 63 – Этапы ортопедического лечения (клинический и лабораторный)

Усовершенствование алгоритма ортопедического лечения малоинвазивными керамическими конструкциями основано на экспериментальном обосновании выбора оптимального вида препарирования эмали (водно-воздушно-абразивный метод), использовании цифрового планирования дизайна улыбки, оптимизации способа фиксации виниров из полевошпатной керамики с высокими эстетическими свойствами с привлечением искусственного интеллекта на этапах лечения (патент РФ № 2725274) и создании цифрового сертификата подлинности ортопедических конструкций (свидетельство РФ № 2023614253), обеспечивая сохранность эмали, прочность адгезионного соединения «эмаль-винир», надежность и долговечность керамических конструкций.

Этапы ортопедического лечения по усовершенствованному алгоритму

Клинический:

1. Клиническое обследование включает в себя осмотр пациентов с дефектами эмали, в основном, некариозного происхождения, сбор жалоб и анамнеза, объективный осмотр, оценку эстетических и функциональных параметров. Для уточнения характера дефектов эмали и их природы использовали клинические индексы - DI, Шкала TF, ИИГЗ. Для подтверждения жизнеспособности пульпы учитывались результаты «Пульптеста» и «Фриз-теста». На начальном этапе планирования ортопедического лечения и для оценки его эффективности использовались рентгеновские снимки (ОПТГ, КЛКТ), оптические образы аутофлюоресцентной стоматоскопии, искусственный интеллект (ПО Diagnocat, платформа «DIANA»), которые позволяют подтвердить диагноз и обозначить план дальнейшего лечения (Рисунки 64, 65).



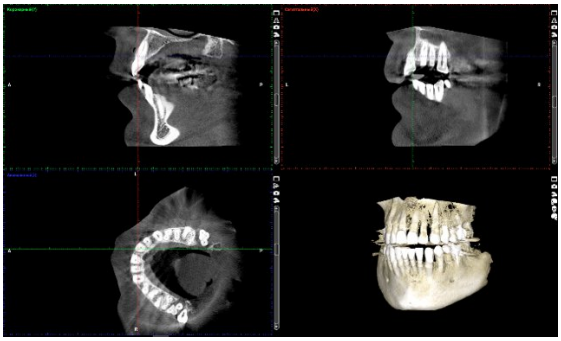


Рисунок 64 – Ортопантомограмма Рисунок 65 – КЛКТ

Одним из критериев включения пациентов в группы исследования является наличие здоровых тканей пародонта и хорошая гигиена полости рта. Для визуализации признаков воспаления в тканях, окружающих зуб, на доклиническом уровне использовалась отечественная технология – аутофлюоресцентная стоматоскопия. Принцип ее работы основан на гашении зеленого свечения, обусловленного уменьшением стромальных и клеточных флюорофоров в слизистой десневого края (Рисунок 66).



Рисунок 66 – Оптические образы слизистой оболочки десневого края

Для определения выраженных изменений в тканях пародонта использовался индекс PMA, при его значении ≥30% установка виниров не показана.

Упрощенный индекс гигиены Грина-Вермиллиона (OHI-S), индекс эффективности гигиены полости рта (PHP) использовались для определения уровня индивидуальной гигиены пациентов и прогнозирования возникновения неблагоприятных исходов, зависящих от степени адгезии микробиома полости рта к керамическим конструкциям.

В нашей работе использовался искусственный интеллект на базе платформы «DIANA», позволяющий определить количество суточного зубного налета и камня, индексы: PHP, Грин-Вермиллиона, API Lange, площадь зубного налета (Рисунок 67).

Для выявления скрытых дефектов в зубах, подлежащих эстетической коррекции, визуализации изменений в тканях периодонта и планирования объема лечения использовали искусственный интеллект, реализованный с помощью программного обеспечения Diagnocat (регистрационный номер: РЗН 2024/23904; 2024) (Рисунок 68).

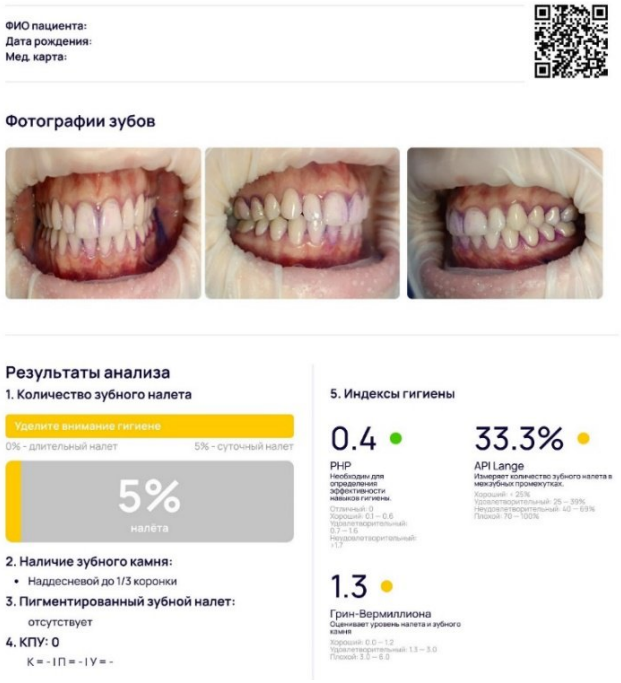
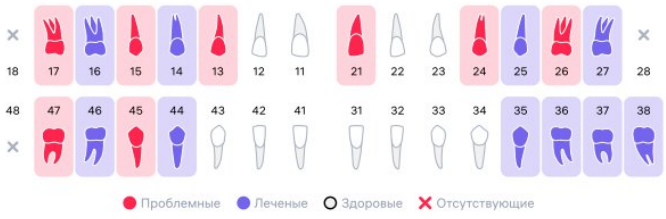


Рисунок 67 – Отчет о гигиене полости рта (на платформе «DIANA»)



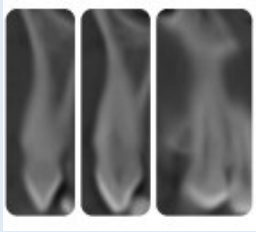
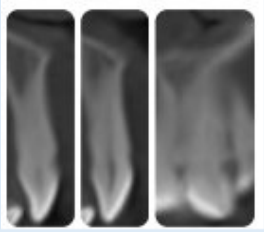
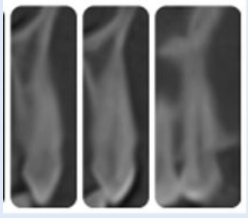
Зуб 1.3	Зуб 2.1	Зуб 2.3
Клиновидный дефект 71 %	**Клиновидный дефект 73%**	**Кариес 99% (дентин 95%, дистальная 99%)**
		

Рисунок 68 – Диагностика с использованием программы Diagnocat

2. Фотопротокол. Стандартизированная фотосъёмка лица и полости рта в определенных проекциях (фронтальная, боковые, окклюзионные), с фиксацией исходной эстетики и окклюзионных взаимоотношений (Рисунок 69).



Рисунок 69 – Фотопротокол клинической ситуации

3. Получение цифровых оттисков и регистрация прикуса. Интраоральное сканирование обеих челюстей и регистрация прикуса. Получение цифровых моделей и передача данных для CAD/CAM-планирования и изготовления реставраций (Рисунок 70).

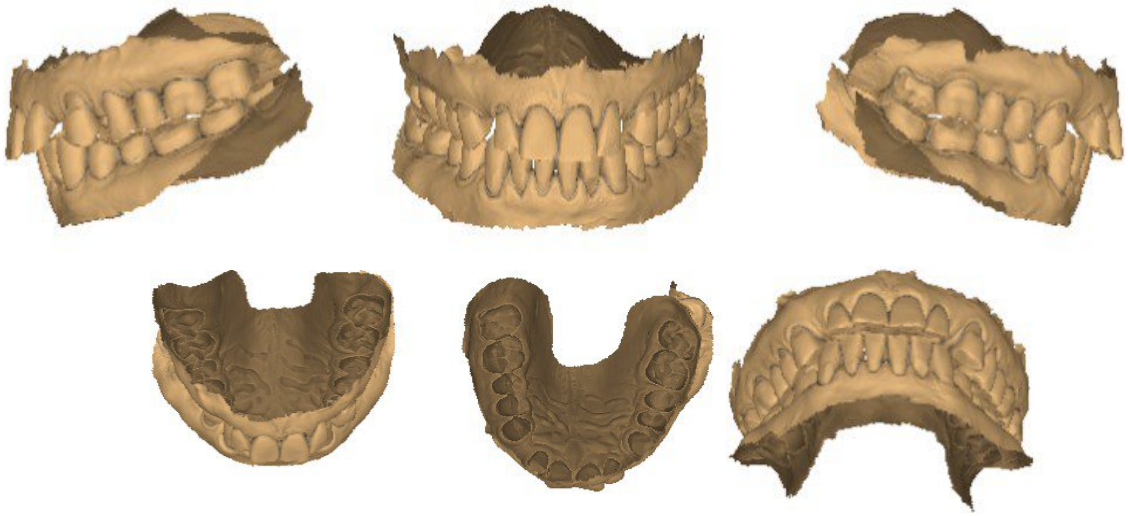
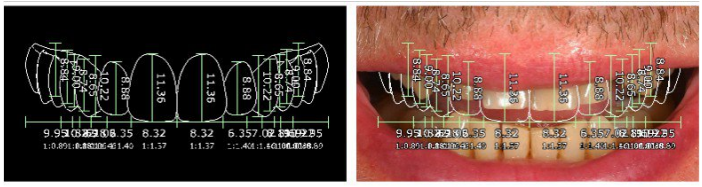


Рисунок 70 – Исходная ситуация (цифровые оттиски)

Лабораторный:

1. Анализ цифровых данных. Проверка корректности сканов, регистрации прикуса и фотопротокола; формирование технического задания.

2. Планирование формы виниров. Цифровой дизайн реставраций (CAD) с учётом эстетических и функциональных параметров. Согласование дизайна с врачом и пациентом (Рисунок 71).



Измерения

Зуб №	Ширина	Высота	Пропорция
17	9.95	8.84	1:0.89
16	10.22	9.00	1:0.88
15	8.69	8.74	1:1.01
14	8.18	8.65	1:1.06
13	7.02	10.22	1:1.46
12	6.35	8.88	1:1.40
11	8.32	11.36	1:1.37
21	8.32	11.36	1:1.37
22	6.35	8.88	1:1.40

Рисунок 71 – Планирование дизайна улыбки (Контуры и размеры реставраций)

3. Изготовление диагностического wax-up/mock-up. Моделирование wax-up и изготовление mock-up/шаблонов для клинической примерки и контроля толщины (Рисунок 72).

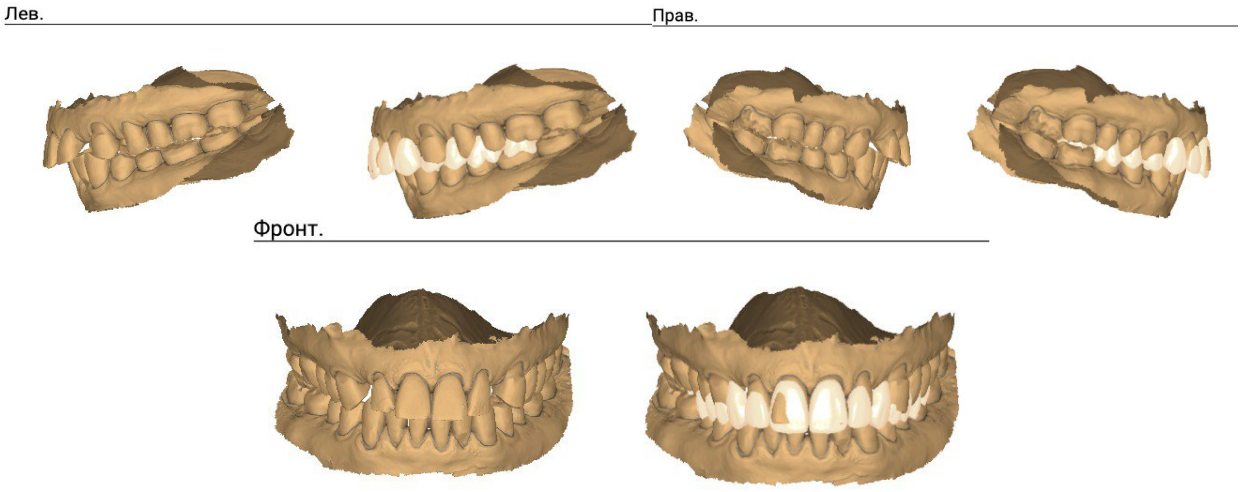


Рисунок 72 – Сканы до и после Smile Design

Клинический:

4. Примерка диагностического макета. Оценка эстетики и функции на диагностическом макете (mock-up), согласование формы будущих виниров с пациентом (Рисунок 73).

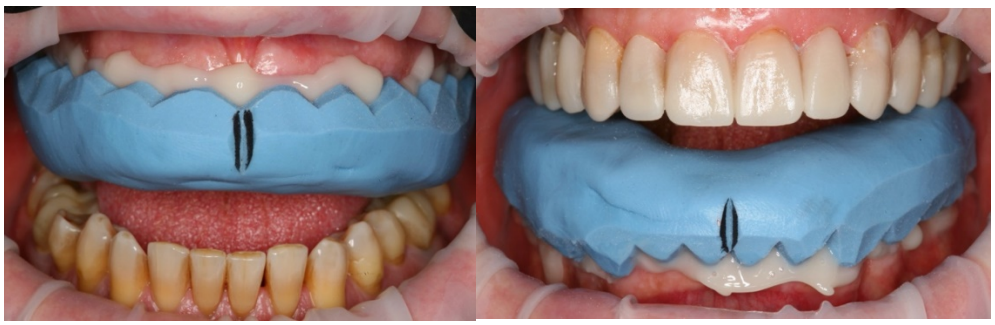


Рисунок 73 – Процедура переноса цифрового планирования в аналоговую форму

5. Маркировка макета (пластика). Перенос границ планируемой подготовки/контроля толщины на поверхность зубов по макету (маркировка зон коррекции и ориентиров для минимальной обработки с помощью колесовидного бора Komet 868A 314 021 проникающего на глубину не более 0,3 мм. Затем производится прокрашивание образовавшихся борозд водорастворимым маркером, с последующим пришлифовыванием прокрашенных участков эмали (Рисунок 74).



Рисунок 74 – Маркировка пластика

6. Ретракция десны и повторное сканирование для получения рабочих цифровых оттисков (Рисунок 75).

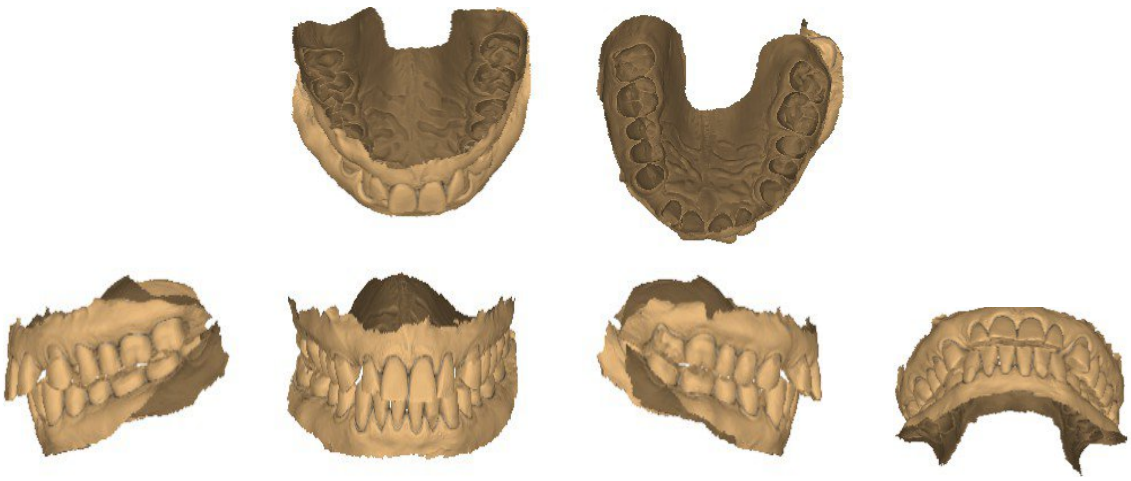


Рисунок 75 – Рабочие цифровые оттиски

Лабораторный

4. Производство виниров. Производство виниров методом послойного нанесения полевошпатной керамики согласно утверждённой морфологии (Рисунок 76).



Рисунок 76 – Послойное нанесение полевошпатной керамики

5. Финальная обработка. Глазурование, полировка и контроль точности прилегания готовых реставраций. Передача врачу для клинической фиксации (Рисунок 77).



Рисунок 77 – Окончательный вид виниров перед фиксацией

Клинический:

7. Адгезивная фиксация керамических виниров (патент РФ №2725274) включает в себя ряд этапов.

1 - Изоляция рабочего поля коффердамом. 2 - Подготовка эмали: водно-воздушно-абразивная обработка → травление 37% ортофосфорной кислотой 15–30 сек → смывание и высушивание → обработка адгезивом 15–20 сек → нанесение бондингового агента. 3 - Подготовка винира: травление внутренней поверхности плавиковой кислотой HF 9,5% в течение 1 мин → обработка

керамическим праймером (силаном) 1 мин → нанесение бондингового агента. 4 - Нанесение адгезивного цемента светового отверждения на винир и/или зуб → позиционирование винира → предварительное засвечивание около 2 сек → удаление излишков → окончательное засвечивание около 10 сек со стороны винира и со стороны зуба. 5 - Полимеризация выполняется лампой с мощностью светового потока не менее 500 мВт/см² (Рисунок 47, Таблица 20).

Таблица 20 - Адгезивная фиксация керамических виниров

Методика постановки системы коффердам	
Водно-воздушно-абразивная обработка поверхности	
Реализация протокола фиксации	
Конечный результат ортопедического лечения	

В итоге, данный усовершенствованный алгоритм сочетает цифровое планирование, минимальное препарирование, надёжную адгезивную фиксацию и инновационную систему контроля качества. Следование ему позволяет достичь высокоэстетичного и функционального результата при максимальном сохранении структуры эмали и комфорте пациента. Цифровые технологии

(CAD, блокчейн-сертификация) интегрированы в большинство этапов, что не только повышает точность и эффективность лечения, но и обеспечивает долгосрочное сопровождение результата. Новизна алгоритма подтверждена патентами и внедрена в практическую стоматологию. Прогнозируется, что применение данного алгоритма снизит риск осложнений (гиперчувствительности, сколов, вторичного кариеса) и улучшит прогноз долговечности виниров за счёт персонифицированного подхода и контроля качества на каждом этапе лечения.

3.8 Создание полезной модели «Ретрактор стоматологический»

Подготовка пациента к ортопедическому лечению дефектов эмали малоинвазивными керамическими конструкциями предполагает ряд длительных этапов, связанных не только с временными рамками, но и механическим воздействием на мягкие ткани в операционной зоне: фотопротокол, цифровое планирование, препарирование эмали, этапы примерки и фиксации виниров. Продолжительное нахождение пациента в стоматологическом кресле нередко вызывает дискомфорт в области преддверия полости рта, что связано с давлением ретракционных устройств на мягкие ткани, особенно в зоне уздечек верхней и нижней губ.

С учетом анализа отечественной и зарубежной литературы, а также данных непосредственного клинического опыта была сформулирована задача усовершенствования стоматологического ретрактора, уменьшающего порог возникновения болевых ощущений и увеличивающего время комфортного нахождения пациента в кресле (Постников М.А. с соавт. 2021, Манак Т.Н., Альшарифи А. 2021, Григорьева В.А. с соавт. 2024, Di Petto L.F. et al., 2023). Результатом стала разработка полезной модели «Ретрактор стоматологический».

Основной задачей его создания является усовершенствование конструкции комфортного в использовании стоматологического ретрактора, обладающего несложной конструкцией, обеспечивающего повышение комфорта при длительных манипуляциях, снижение давления на уздечки губ и

прилежащие ткани, простоту конструкции и технологичность изготовления, увеличение времени проведения операции до появления болевых ощущений.

Полезная модель «Стоматологический ретрактор» представляет собой два гибких каркаса разного диаметра, соединенных пленочным материалом. Каркас меньшего диаметра имеет дополнительные утолщения пленочного материала. На внутреннем каркасе в области уздечек губ располагаются валики, выполненные из латекса. Валики имеют различный диаметр в зависимости от места расположения. Валик с большим диаметром предназначен для размещения под уздечкой верхней губы, а с меньшим диаметром - для размещения над уздечкой нижней губы. Выполнение на каркасе валиков, принимающих анатомическую форму, обеспечивает комфортное использование ретрактора, что увеличивает время проведения операции до наступления болевых ощущений у пациента (Рисунки 78, 79)

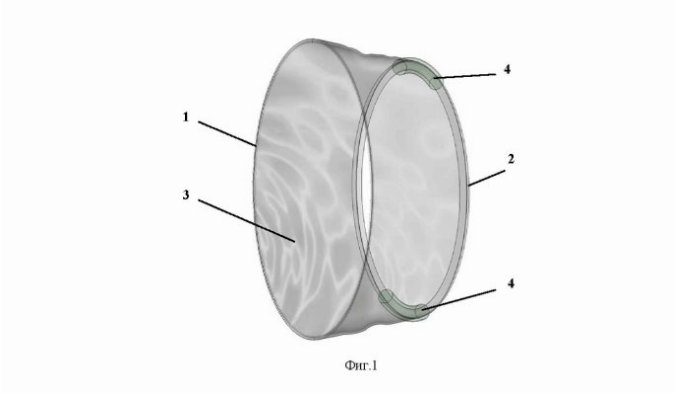


Рисунок - 78 Модель ретрактора (первый вид)

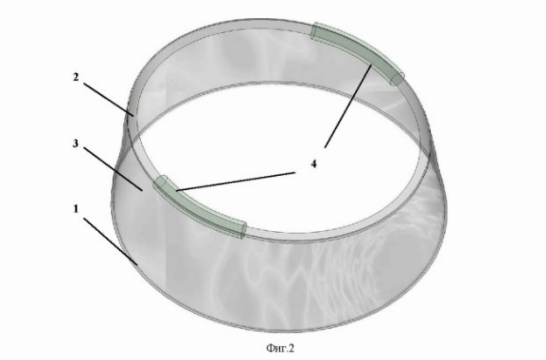


Рисунок 79 - Модель ретрактора (второй вид)

1 – гибкий каркас округлой формы большего диаметра

2 – гибкий каркас округлой формы меньшего диаметра

3 – пленочный материал, охватывающий каркасы 1,2

4 – валики разных диаметров

Конструкционные особенности разработанной модели ретрактора:

Предлагаемый ретрактор включает:

1. **Два гибких каркаса округлой формы:**

- большего диаметра — размещается снаружи;

- меньшего диаметра — располагается внутри преддверия рта.

2. **Пленочный материал** (латекс или аналогичный полимер), охватывающий оба каркаса и обеспечивающий изменяемое расстояние между ними (не менее 30 мм).

3. **Валики на внутреннем каркасе**, расположенные в областях уздечек верхней и нижней губ и изготовленные из материалов, способных принимать анатомическую форму:

- латекс с эффектом памяти;
- поролон с памятью формы;
- иные мягкие полимерные материалы.

Анатомические размеры валиков

Под уздечку верхней губы — диаметр 4,5–5,5 мм.

Над уздечкой нижней губы — диаметр 2,5–4,0 мм.

Длина валиков — не менее 8 мм.

Дополнительные конструктивные решения

Каркас меньшего диаметра может быть утолщён путем многослойной намотки пленочного материала.

Каркасы выполняются гибкими и упругими, что позволяет адаптировать их форму и обеспечивает удержание в полости рта.

Принцип работы и клиническое применение

- Перед использованием каркасы раздвигают за счет расправления пленочного материала
- Внутренний каркас устанавливают в преддверие полости рта так, чтобы валики располагались в проекции уздечек.
- Наружный каркас размещают снаружи, обеспечивая изоляцию губ.
- Мягкие валики принимают форму уздечек губ, перераспределяя давление и уменьшая риск болевых ощущений.
- Гибкость каркаса обеспечивает устойчивое положение и снижает ощущение жесткости конструкции.

Принцип использования

1. После извлечения из упаковки каркасы раздвигаются за счет расправления пленочного материала.
2. Каркас меньшего диаметра вводится в полость рта:
    - больший валик — под уздечку верхней губы;
    - меньший валик — над уздечкой нижней губы.
3. Наружный каркас размещается снаружи, обеспечивая изоляцию мягких тканей.
4. Гибкость внутреннего каркаса и мягкость валиков обеспечивают устойчивое положение с минимальным дискомфортом.

Таким образом, модель разработанного ретрактора (патент РФ № 206627 - Рисунок 80) позволит увеличить время комфортного стоматологического вмешательства за счет значительного снижения давления каркаса на уздечки губ, повысив качество выполняемых этапов ортопедического лечения (фотопротокол, сканирование, препарирование и фиксация виниров).



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 206627

Ретрактор стоматологический

Патентообладатели: *Манукян Артавазд Генрикович (RU), Дейнеховский Евгений Юрьевич (RU)*

Авторы: *Манукян Артавазд Генрикович (RU), Дейнеховский Евгений Юрьевич (RU)*

Заявка № 2021107881
Приоритет полезной модели **24 марта 2021 г.**
Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **17 сентября 2021 г.**
Срок действия исключительного права на полезную модель истекает **24 марта 2031 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

Рисунок 80 - Патент на полезную модель «Ретрактор стоматологический» № 206627

3.9 Результаты клинического исследования

В рамках клинического этапа исследования было проведено ортопедическое лечение 50 пациентов обоего пола в возрасте от 20 до 40 лет с дисколоритами, причиной которых явились флюороз (штриховидная и пятнистая формы), гипоплазия (пятнистая форма), клиновидные дефекты (I стадия), сколы эмали травматического происхождения, а также с аномалиями формы и размеров зубов по усовершенствованному нами алгоритму (Рисунки 81, 82).



Рисунок 81 - Дисколорит эмали



Рисунок 82 - Диастема

Виниры изготавливались из лейцит-усиленной полевошпатной керамики Creation CC (Ivoclar Vivadent, содержание SiO_2 60–65 %, фаза лейцита 17 %, прочность на изгиб 160 МПа, стандартный материал для виниров, inlays/onlays) с физико-механическими свойствами близкими к естественным тканям зуба.

В свою очередь все пациенты на основании критериев включения, невключения, в зависимости от вида препарирования были разделены на 2 группы, по 25 человек в каждой (n=25) и стандартизированы по возрасту и клиническому диагнозу.

В первой группе среди 25 пациентов были 36% мужчин и 64% женщин, тогда как во второй группе эти показатели составили 40% и 60%, соответственно (Рисунок 83).

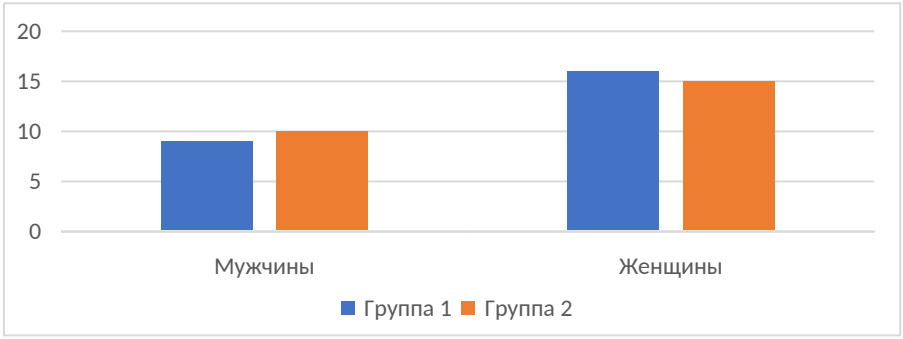


Рисунок 83 – Диаграмма распределения пациентов по возрастному и гендерному признакам.

Пациентам первой группы было изготовлено 420 керамических конструкций, среди которых 198 виниров на зубы верхней и 222 винира на зубы нижней челюстей, из которых 184 на переднюю и 236 - боковую группы зубов. В свою очередь, во второй группе было изготовлено 430 керамических конструкций, из которых 218 виниров на верхней и 212 на нижней челюстях, включающих 186 зубов переднего и 244 бокового отделов зубноых рядов (Таблица 21, Рисунки 84, 85).

Таблица 21 – Объем выполненных врачебных манипуляций (установлено виниров).

Группа	Мужчины	Женщины	Количество зубов в.ч.		Количество зубов н.ч.		Передние зубы		Боковые зубы	
				%		%		%		%
I	9	16	198	23,29	222	26,12	184	21,65	236	27,76
II	10	15	218	25,65	212	24,94	186	21,88	244	28,71

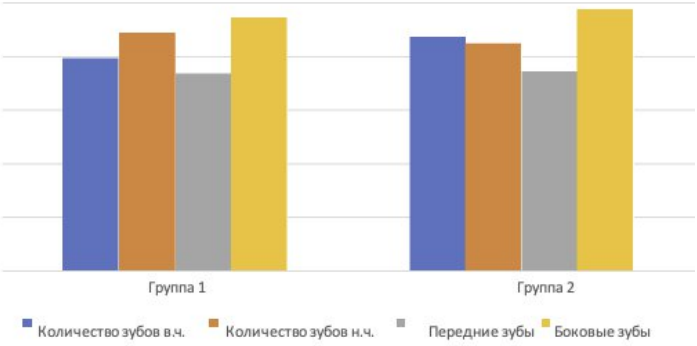


Рисунок 84 – Количество установленных виниров на зубах верхней и нижней челюстей.



Рисунок 85 – Пациенты до и после протезирования

Для фиксации данных анамнеза и результатов ортопедического лечения были разработаны специальные карты обследования, которые в дальнейшем подвергались статистической обработке. Во время сбора анамнеза, уточнялись жалобы пациентов, выяснялось наличие общесоматической патологии, вредных привычек и профессиональных вредностей.

При внешнем осмотре обращали внимание на эстетические параметры лица, реализуя весь общепринятый алгоритм обследования стоматологических пациентов: особенно тщательно и прицельно осматривались зубы, которые требовали эстетической коррекции. Отбор пациентов для участия в исследовании осуществлялся на основании показаний, рентгеновских снимков и их добровольного согласия.

Анализ полученных во время осмотра и обследования пациентов данных позволил планировать лечение каждому пациенту индивидуально, согласно усовершенствованному алгоритму.

В рамках поставленных задач после ортопедического лечения дефектов эмали проводилось экспертная оценка качества самих керамических виниров и прочности адгезивной фиксации в динамике до лечения, спустя 7 дней, 6

месяцев, 12 месяцев после окончания лечения экспертной группой, состоящей из 3 независимых специалистов со стажем работы не менее 11 лет (Таблица 28)

Оценка качества виниров проводилась согласно критериям FDI (система оценки Cvar & Ryge 2005 года, адаптированная к новым клиническим условиям 2015г., включающая в себя четыре параметра: нарушение краевого прилегания, вторичный кариес, окрашивание границы между керамической конструкцией и зубом, чувствительность эмали.

Полученные результаты по каждому критерию вносились в отдельную таблицу (Таблицы 22-25, Рисунки 86, 88, 90, 91), с последующим их обобщением в единый блок данных (Таблицы 26, 27).

Таблица 22 – Сводная таблица по изменению критерия «Краевого прилегания» в течение сроков обследования для групп 1 и 2

Критерий	Осмотр	7 дней			6 месяцев			12 месяцев		
Краевое прилегание		A	B	C	A	B	C	A	B	C
	Группа 1	25	0	0	23	1	1	22	2	1
	Группа 2	25	0	0	25	0	0	24	1	0



Рисунок 86 - Диаграмма динамики изменения критерия «Краевое прилегание»

У пациентов первой группы, где подготовка эмали осуществлялась стандартным методом, спустя 6 месяцев было выявлено нарушение краевого прилегания у 2 пациентов (8%): из них, у одного нарушение соответсвующее критерию «B» (4%), а у другого – критерию «C» (4%), спустя 12 месяцев появился еще один дефект, соответсвующий критерию «B» (12%). У пациентов

второй группы краевое прилегание было стабильным и соответсвовала критерию «А» на протяжении 6 месяцев, с появлением дефекта к 12 месяцам по типу «В» (4%) (Рисунок 87).



a b

Рисунок 87 – a – после лечения, b – нарушение краевого прилегания «В»

Таблица 23 – Сводная таблица по изменению критерия «Окрашивание границы» в течение сроков обследования для групп 1 и 2

Критерий	Осмотр	7 дней			6 месяцев			12 месяцев		
Окрашивание границы		A	B	C	A	B	C	A	B	C
	Группа 1	25	0	0	23	2	0	21	2	2
	Группа 2	25	0	0	25	0	0	25	0	0



Рисунок 88 – Диаграмма динамики изменения критерия «Окрашивание границ»

По критерию «Окрашивание границы» через 6 месяцев появились признаки визуализации у 2 пациентов первой группы («В»), спустя 12 месяцев окрашивание границы между эмалью и виниром было обнаружено еще у 2

пациентов («С») (Рисунок 89). У пациентов второй группы окрашивания границ не обнаружено вне зависимости от временного интервала.



a b c

Рисунок 89 – a – исходная ситуация, b – после лечения, c – окрашивание границы

Таблица 24 – Сводная таблица по изменению критерия «Вторичный кариес» в течение сроков обследования для групп 1 и 2

Критерий	Осмотр	7 дней			6 месяцев			12 месяцев		
Вторичный кариес		A	B	C	A	B	C	A	B	C
	Группа 1	25	0	0	25	0	0	23	1	1
	Группа 2	25	0	0	25	0	0	25	0	0

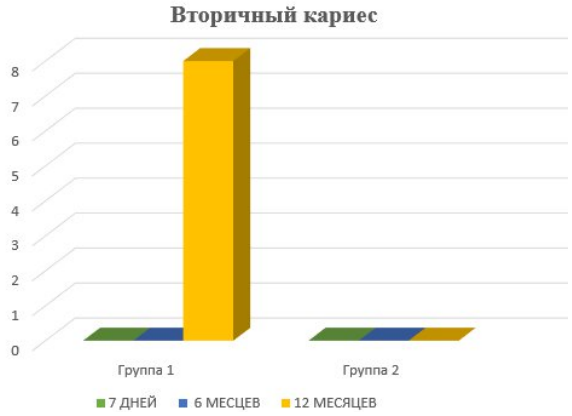


Рисунок 90 – Диаграмма динамики изменения критерия «Вторичный кариес»

Дефекты кариозного происхождения в области установленных виниров были выявлены только в группе 1 (2 случая - 8%) тогда как в группе 2 подобных случаев не было.

Таблица 25 – Сводная таблица по изменению критерия «Чувствительность к холодному» в течение сроков обследования для групп 1 и 2

Чувствительность к холодному	Осмотр	7 дней	6 месяцев	12 месяцев
	Группа 1	0	3	3
	Группа 2	0	1	1

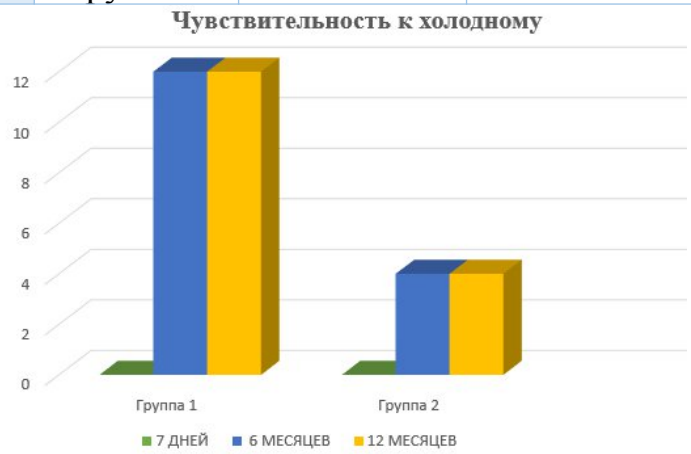


Рисунок 91 – Диаграмма динамики изменения критерия «Чувствительность к холодному»

Через 7 дней после фиксации пациенты жалоб на выраженную гиперчувствительность не предъявляли в обеих группах, спустя 6 месяцев на фоне очагов деминерализации появилась слабая чувствительность к холодному по шкале (1–2 балла) у 3 пациентов первой группы и 1 пациента второй группы (Рисунок 92).



a b

Рисунок 92 – a – исходная ситуация, b – чувствительность к холодному

Обобщенные результаты экспертной оценки в абсолютных величинах представлены в Таблице 26, в процентном выражении в Таблице 27.



Рисунок 93 – Контрольный осмотр виниров через 6 месяцев

Таблица 26 – Оценка клинических критериев в группах исследования в динамике - 7 дней, 6 и 12 месяцев после окончания лечения.

Критерий	Осмотр	7 дней			6 месяцев			12 месяцев		
Краевое прилегание		A	B	C	A	B	C	A	B	C
	Группа 1	25	0	0	23	1	1	22	2	1
	Группа 2	25	0	0	25	0	0	24	1	0
Окрашивание границы		A	B	C	A	B	C	A	B	C
	Группа 1	25	0	0	23	2	0	21	2	2
	Группа 2	25	0	0	25	0	0	25	0	0
Вторичный кариес		A	B	C	A	B	C	A	B	C
	Группа 1	25	0	0	25	0	0	23	1	1
	Группа 2	25	0	0	25	0	0	25	0	0
Чувствительность к холодному										
	Группа 1	0			3			3		
	Группа 2	0			1			1		

Таблица 27 - Эффективность ортопедического лечения дефектов твердых тканей зубов (в процентах)

Критерий	Осмотр	7 дней	6 месяцев	12 месяцев
Краевое прилегание				
	Группа 1	100%	92%	88%
	Группа 2	100%	100%	96%
Окрашивание границы				
	Группа 1	100%	92%	84%
	Группа 2	100%	100%	100%
Вторичный кариес				
	Группа 1	100%	100%	92%
	Группа 2	100%	100%	100%
Чувствительность к холодному				
	Группа 1	100%	88%	92%
	Группа 2	100%	96%	96%

Полученные результаты годичного клинического наблюдения за пациентами первой (n=25) и второй (n=25) групп после фиксации керамических виниров, у которых препарирование зубов проводилось двумя способами – водно-воздушно-абразивным (II группа) и стандартным с помощью бора (I группа) подверглись статистической обработке на каждом из этапов экспертизы. Все количественные данные статистически обработаны методами описательной статистики с использованием критериев Стьюдента и χ^2. Независимые эксперты производили оценку в динамике. Полученные результаты и их анализ подтвердили высокую клиническую эффективность виниров в обеих группах, при этом, различия между ними были минимальны и статистически недостоверны по большинству критериев (χ^2-тест, $p>0,05$).

Краевое прилегание виниров по истечении 12 месяцев оставалось на прежнем уровне без нарушения (критерий «А») у подавляющего большинства реставраций - 88% и 96%, соответственно. Выявленные дефекты в виде нарушения окрашивания легко устранялись профессиональной гигиеной. Отсутствие вторичного кариеса при экспертной оценке виниров у пациентов второй группы на протяжении всего срока наблюдения свидетельствует о высокой прочности адгезионного соединения между виниром и эмалью зуба, а также о качественном уходе за ними со стороны пациентов. Статистически значимых различий по критерию (чувствительность) между пациентами первой и второй групп не обнаружено ($p>0,1$).

Водно-воздушно-абразивный метод препарирования демонстрирует более высокую клиническую эффективность по всем оцениваемым критериям через 12 месяцев наблюдения, что подтверждается большей долей реставраций с оценкой «А» по сравнению со стандартным препарированием алмазными борами (Рисунок 94).

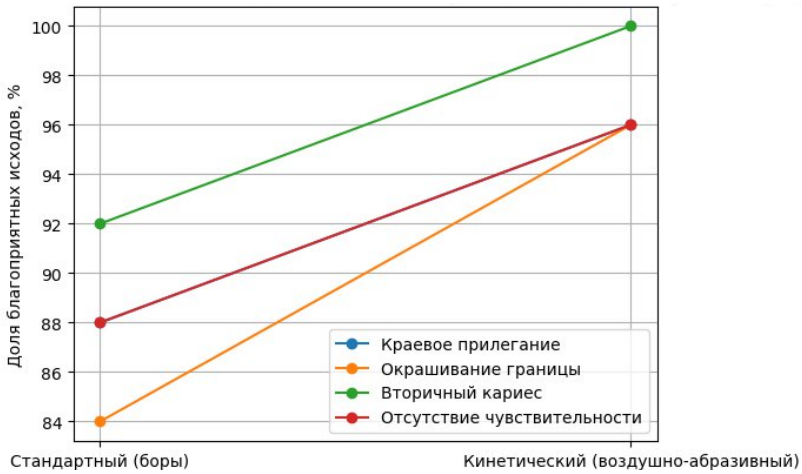


Рисунок 94 – Сравнительная клиническая эффективность методов препарирования

Таким образом, клиническое наблюдение подтвердило эффективность использования способа фиксации виниров и их долгосрочное функционирование вне зависимости от методов препарирования. Незначительные различия в критериях оценки соответствуют результатам микробиологических исследований, направленных на определение степени адгезии микроорганизмов к поверхности препарированной эмали: равномерно выраженная шероховатая поверхность после водно-воздушно-абразивной обработки эмали способствовала образованию биопленки с последующим накоплением налёта на границе «эмаль-винир», что привело к визуализации зоны их фиксации.

Суммарные результаты качественной оценки убедительно демонстрируют надёжность и долговечность виниров за счет прочного адгезионного соединения «эмаль-винир», достигнутого с помощью разработанного нами способа установки виниров (Рисунок 95).



Рисунок 95– Исходная ситуация в полости рта, клиническая картина после установки виниров спустя 7 дней, 6 месяцев, 12 месяцев

Полученные статистические данные легли в основу выводов диссертации и свидетельствуют о целесообразности внедрения усовершенствованного алгоритма ортопедического лечения дефектов эмали в практику.

ГЛАВА 4 Обсуждение полученных результатов

Эстетическая стоматология - одно из самых востребованных направлений в медицине, поскольку образ успешного человека напрямую связан с белоснежной улыбкой, а существующие технологии в стоматологии и методологические подходы позволяют добиться эффективного результата, во многом, меняющего качество жизни пациентов с дефектами твердых тканей зубов, нарушающих их цвет и форму.

Поэтому реконструктивная стоматология, опирающаяся на принципы биомиметики привлекает не только представителей научного мира, но и практикующих врачей.

Суть биомиметики заключается в реальном объединении принципов, направленных на сохранность структуры зуба и максимальную прочность адгезионного соединения, при котором непосредственно зуб и керамическая конструкция функционируют, как единое целое. Пути достижения эффективного результата зависят от многих факторов, которые необходимо учитывать при выборе технологии лечения и способа реабилитации.

Основной целью работы явилось повышение эффективности ортопедического лечения пациентов эстетическими дефектами эмали малоинвазивными керамическими винирами за счёт усовершенствования его алгоритма путем обоснования оптимального метода препарирования эмали, оптимизации протокола адгезивной фиксации виниров, внедрения цифровых

технологий, что отвечает трендам эстетической стоматологии - минимальная инвазия, цифровизация, междисциплинарный подход.

Эмаль является наиболее минерализованной тканью организма и характеризуется сложным сочетанием органических и неорганических компонентов, воды и кристаллов гидроксиапатита. Нарушение ее структурной целостности возникает под воздействием механических и химических факторов, включая препарирование. Учитывая отсутствие клеточных элементов и регенераторного потенциала, эмаль после механического воздействия не восстанавливает исходную структуру. Следовательно, любое вмешательство, в том числе, ортопедическое, приводит к необратимой трансформации ее морфологии, макро- и микроэлементного состава.

Результаты проведённого исследования подтверждают данные научной литературы о том, что изменение структуры эмали и её минерализации является ключевым фактором, определяющим качество адгезивной фиксации ортопедических конструкций (Орехова Л. Ю. с соавт., 2025, Gresnigt M. M. et al., 2021).

Установлено, что механическое препарирование алмазными борами вызывает выраженную деструкцию поверхностного слоя, сопровождающуюся образованием борозд, формированием смазанного слоя и значимым снижением содержания ряда макро- и микроэлементов. В частности, отмечено уменьшение концентрации магния, натрия и углерода при одновременном недостоверном увеличении кальция и фосфора. Данная динамика свидетельствует о частичной деминерализации кристаллической решётки гидроксиапатита, что согласуется с данными исследований Я.Д. Демина с соавт. 2019.

Это наглядно подтверждено данными микроанализа: применение алмазных боров приводит к заметной трансформации макро- и микроэлементного состава наружного слоя эмали – вымыванию органической матрицы и снижению содержания таких микроэлементов, как Mg и Al, более чем наполовину. Известно, что эти элементы локализуются преимущественно в переходной зоне, ближе к дентину; их резкое уменьшение свидетельствует о

том, что бор снимает не только поверхностную эмаль, но и затрагивает более глубокие слои - вплоть до пограничной зоны с дентином. Так, по данным Я.Д. Дёмина с соавт. 2019, при агрессивном протравливании и шлифовании эмали крупным абразивом происходит потеря наиболее минерализованного слоя, сопровождающаяся снижением содержания Mg и Al почти в 2 раза. Наши данные полностью согласуются с этим: при стандартном препарировании наружный высокоминерализованный слой фактически удаляется, что потенциально ослабляет естественную защиту зуба.

Использование воздушно-абразивной обработки эмали максимально сохраняет архитектонику эмали, ее количественный и качественный макро- и микроэлементный состав, не снижая прочность адгезионного соединения «эмаль-винир», обеспечивая долговечность керамической конструкции. Полученные результаты опровергают существующую гипотезу - щадящее препарирование (воздушно-абразивное) приводит к образованию локальной поверхностной шероховатости, недостаточной для механической ретенции виниров - и позволяют сформулировать ряд важных положений в контексте современных представлений в области данной проблемы.

Одним из ключевых результатов исследования стало подтверждение, что водно-воздушно-абразивный метод препарирования эмали менее травматичен для эмали по сравнению с традиционным препарированием.

В противоположность этому, пескоструйная обработка сохраняет структуру эмали гораздо лучше. Мы установили, что при правильно подобранных параметрах воздушно-абразивного воздействия (размер частиц Al_2O_3 27 мкм, время 15-20 секунд, давление 0,3 МПа, расстояние от поверхности зуба 2-10 мм, под углом 45^{O}.) изменения количественного и качественного состава эмали минимальны и статистически незначимы. Содержание основных компонентов (Ca, P, C и др.) остаётся близким к значениям интактной эмали, что указывает на удаление лишь поверхностного слоя без глубоких повреждений. Этот факт имеет большую теоретическую и практическую значимость: эмаль, лишенная способности к регенерации, после

любой механической обработки уже не восстанавливается до исходного уровня. Поэтому щадящая технология препарировая способствует прогнозированию более эффективного результата.

Наши результаты подтверждают позицию ряда авторов (Nizami M.Z.I., 2022) о необходимости минимального препарирования эмали. В нашей работе использовалась техника минимального препарирования в пределах поверхностных слоев эмали, обеспечивающая максимальное сохранение макро- и микроэлементного баланса, и кристаллической решётки эмали.

Существуют научные данные, согласно которым сохранённая эмаль обладает бóльшим потенциалом к эндогенной реминерализации, что было доказано нами в условиях эксперимента и подтверждено клинически (патент РФ № 2828863 2024 г.). Есть данные, что после воздушно-абразивного метода препарирования скорость природной реминерализации выше, чем после использования бора. Вероятно, это связано с тем, что водно-воздушно-абразивный метод препарирования открывает преимущественно поверхностные призматические структуры, которые легче насыщаются ионами Ca^{2+} и PO_4^{3-} из ротовой жидкости, тогда как глубокие повреждения от бора могут распространяться глубже и труднее поддаются полной реминерализации.

Вторым важным аспектом является наличие различий в рельефе эмали после двух методов препарировая и их влияние на последующие этапы. Шероховатость поверхности традиционно считается необходимым условием для надёжной фиксации виниров: умеренно шероховатая эмаль обеспечивает прочную микроретенцию. Наше исследование показало, что оба метода, по сути, создают шероховатую поверхность, но с разной морфологией. Боры увеличивают Ra эмали до 7,8 мкм, формируя относительно крупные борозды и уплощённые участки между ними. Водно-воздушно-абразивная обработка формирует более равномерную матовую текстуру (Ra 4,6 мкм) без глубоких повреждений.

В научной литературе отмечено, что чрезмерная шероховатость может привести к концентрации напряжений в слоях адгезива и инициировать

микротрещины при нагрузке (Durand J. C. et al., 2021). Наши данные о прочности адгезионного соединения подтверждают это. Когда эмаль обработана воздушно-абразивной техникой, весь участок под виниром образует однородную микротекстуру, тогда как при препарировании бором возможны зоны «недостаточной обработки» (углубления рельефа), куда затруднено проникновение протравочного геля и бонда.

Таким образом, умеренная шероховатость от воздушно-абразивного способа оказывается эффективнее для адгезии, чем избыточная от боров, по крайней мере, до определённого предела, после которого прочность адгезионного соединения зависит уже от свойств материалов, а не от рельефа микрошероховатости эмали.

С другой стороны, более грубая шероховатая поверхность способствует адгезии микробиома полости рта. Мы провели отдельный микробиологический эксперимент, который наглядно это подтвердил. Практически для всех протестированных микроорганизмов (S. aureus, P. aeruginosa, C. albicans и др.) адгезия была выше на препарированной эмали, по сравнению с интактной эмалью. Достоверной является разница между препарированной бором и интактной поверхностью эмали, что способствует увеличению адгезивной фиксации представителей микробиома полости рта, образованию биопленки на ней и сопровождается двукратным увеличением роста оптической плотности для Pseudomonas. Локальная шероховатая поверхность, созданная с помощью воздушно-абразивной техники, также увеличивает адгезивную активность ряда штаммов (например, Candida) на фоне снижения адгезии Streptococcus.

Это, скорее всего, связано с изменением молекулярного соотношения между гидрофобными и гидрофильными свойствами эмали, степень выраженности которых зависит от способа препарировая. Известно, что на поверхности эмали после пескоструйной обработки и ее кислотного травления преобладают участки с гидрофильными свойствами, что затрудняет адгезию условно-патогенных микроорганизмов (Streptococcus), предпочитающих гидрофобные ниши. В то же время дрожжеподобные грибы рода Candida,

обладающие выраженной способностью к адгезии, легче фиксируются к микропористой структуре эмали, образованной после пескоструйной обработки. В целом, наши результаты согласуются с общепринятыми принципами препарировая: чем выше шероховатость, тем больше потенциал ретенции не только для адгезивов, но и для микрофлоры (Арутюнов А.С. с соавт. 2020, Елдашев С.С. с соавт. 2025).

Использование средств гигиены позволяет контролировать ситуацию, поддерживать баланс между адгезией и биоплёнкой и препятствует образованию кариеса. Предложенный нами усовершенствованный алгоритм ортопедического лечения дефектов эмали малоинвазивными керамическими конструкциями предполагает на постоянной основе с кратностью один раз в шесть месяцев профессиональную гигиену полости рта и диспансерное наблюдение с предварительным обучением пациента индивидуальной гигиене полости рта. Новые перспективы в этом направлении открывает использование искусственного интеллекта в виде платформы «DIANA», который на основании данных гигиенического состояния полости рта составляет индивидуальный план посещения пациентом врача-стоматолога с реальными практическими рекомендациями в области гигиены (Rizk, A et al., 2024, Robles M. et al., 2024 Bandela, V. et al., 2025).

Полученные нами данные о прочности адгезивной фиксации подтвердили, что максимальное сохранение эмали при минимальном препарировании не приводит к компромиссу в прочности фиксации виниров. Гипотеза о том, что щадящее препарирование (водно-воздушно-абразивная техника) приводит к образованию локальной поверхностной шероховатости, недостаточной для механической ретенции виниров, по результатам нашего исследования является не жизнеспособной. Результаты испытаний прочности соединения на сдиг и разрыв in vitro опровергли этот постулат: прочностные показатели соединения в группах не имели достоверных различий с тенденцией ее возрастания на поверхности после воздушно-абразивной обработки. Использование кислотного травления эмали как обязательного

этапа протокола фиксации, способствует образованию гибридного слоя, который обеспечивает высокую степень прочности. Таким образом, с точки зрения фиксации виниров, предложенный нами способ установки не уступает традиционному, но при этом максимально сохраняет жизнеспособность эмали, позволяет существовать зубу как органу, снижая риск возникновения неблагоприятных исходов и обеспечивает долговечность и надежность керамических конструкций. Данный вывод подтверждается и клиническими исходами: в течение, как минимум, 1 года мы не столкнулись с дебондингом виниров ни в одной из групп. Краевое прилегание практически всех реставраций осталось идеальным (88–96% без заметных дефектов) в обеих группах несмотря на то, что бор позволяет сформировать более шероховатую поверхность.

Точность цифрового планирования и изготовления виниров позволяет добиться высокой жизнеспособности за счет высокой точности соответствия внутренней поверхности винира рельефу препарированной эмали. Современные исследования подтверждают, что использование CAD/CAM технологий улучшает краевое прилегание ортопедических конструкций по сравнению с традиционными методами снятия оттисков и изготовления (Ali A.B.M.R., 2023; Gao J. et al., 2023, Hassan, S. M. et al., 2025).

Минимальное количество случаев вторичного кариеса за период наблюдения служит косвенным доказательством того, что адгезионная прочность соединения «эмаль-винир» была эффективной. T.F. Alghazzawi et. al., 2024, отмечают, что качественная адгезивная техника сводит частоту краевого кариеса под винирами к минимуму (менее 2% случаев на протяжении 5+ лет). В нашем исследовании за 12 мес. не выявлено ни одного кариозного поражения во второй группе на границе «эмаль-винир», что согласуется с литературными данными, учитывая короткий срок наблюдения (Jurado, C. A. et al., 2024, Etienne, O. et al., 2025, Nasr, D. M., & AboElHassan, R. G. 2025). Некоторые источники указывают, что долговечность адгезивных виниров в значительной степени зависит от мануальных навыков врача и соблюдения

протоколов – наш опыт подтверждает это, поскольку при строгом соблюдении протокола все реставрации функционируют без выраженных дефектов (Sailer I. et al., 2022, Yli-Urpo T. et al., 2025).

Также важно отметить появление гиперчувствительности в обеих группах наблюдения к 6 месяцам. Теоретически, риск гиперчувствительности выше при классическом препарировании, в связи с препарированием глубоких слоев эмали с переходом на дентин. В специальной литературе описано, что применение воздушной абразии снижает вероятность перегрева пульпы и образование трещин в эмали по сравнению с бором (Тетерин А.И., 2019). Наши клинические наблюдения подтверждают, что водно-воздушно-абразивный метод не вызвает дискомфорта ни вовремя, ни после препарирования. Можно сделать вывод, что усовершенствованный алгоритм гораздо более атравматичен, так как пациенты не испытывают вибрации бормашины, снижен акустический стресс (шум, вибрация), практически отсутствует необходимость в анестезии (Gonzalez-Martin O. et al., 2021, Pordeus Batista L. A. et al., 2024).

Одной из задач исследования было внедрение в алгоритм передовых цифровых методик, оптимизирующих как этап планирования, так и последующий мониторинг результатов. В ходе выполнения диссертационной работы подтверждено, что цифровое планирование улыбки и изготовление виниров обеспечивает высокую предсказуемость и точность соответствия эстетическим параметрам. Нами применялся двухэтапный цифровой протокол: сначала виртуальное 3D-моделирование будущих виниров, согласование их формы и размеров, затем перенос этого проекта в клиническую ситуацию через временные пластиковые конструкции (mock-up) с последующим изготовлением виниров. Этот подход исключает элемент случайности и субъективизма при препарировании и изготовлении виниров, поскольку каждый этап контролируется через цифровую модель (Gao, J. et al., 2022, Sharma, N. N. et al., 2023, Osman, R. B. et al., 2025). Как следствие, препарирование стало более консервативным, что соответствует международным тенденциям. Использование цифровых шаблонов для препарирования позволяет избежать

гиперкоррекции и сохранить максимальное количество эмали (Haak, R. et al., 2021, Yousief, S. A. et al., 2023). В литературе указано, что долговременная выживаемость виниров без препарирования или при минимальном препарировании достигает 94%, что не противоречит полученным нами результатам, которые за первый год подтверждают 100% выживаемость и эффективность усовершенствованного алгоритма (Beuer, F. et al., 2025, Akarsu, C. et al., 2025). Однако, для окончательного вывода, необходим более длительный период наблюдений, хотя предварительные данные совпадают с отчётами зарубежных коллег о высокой надёжности минимально-инвазивных виниров (Hepdeniz O.K., 2023 – 92% survival no-prep композитных виниров за 7 лет, Al-Mokdad A. et al., 2024 – успешность ультратонких виниров на интактных зубах 96% за 2 года;). Таким образом, цифровой протокол планирования позволил нам уверенно реализовать концепцию минимальной инвазивности для повышения качества и долговечности керамических виниров.

Особое внимание заслуживает разработанный нами цифровой сертификат подлинности ортопедических конструкций. Впервые в ортопедической стоматологии внедрён инструмент на базе технологии блокчейн для хранения полной информации о выполненном лечении. Это решение продиктовано практическими потребностями пациентов, связанных с информацией об установленных винирах и использованных расходных материалах, которую он может получить по QR-коду. Аналогов подобной технологии в специальной литературе мы не встретили, однако схожие идеи появляться в мире. Например, в 2022 г. анонсирована платформа VeriTooth для блокчейн-сертификации дентальных имплантатов (каждому импланту присваивается запись в блокчейне). Кроме того, как показывает практический опыт использования цифрового сертификата в клинике, пациенты оценивают его как часть высокого сервиса, что повышает доверие и имидж лечебного учреждения. С научной точки зрения, внедрение блокчейн-системы демонстрирует перспективность цифровизации документооборота в стоматологии. Как отмечают A.C. Chang et al., 2020, блокчейн позволяет создать

защищённую электронную медицинскую документацию, где каждая запись верифицирована и не может быть изменена случайным пользователем. В дальнейшем подобные цифровые сертификаты могут стать обязательным атрибутом эстетической стоматологии, подтверждая, в том числе, и качество выполненных дорогостоящих ортопедических конструкций.

Проведённое исследование носит комплексный характер, сочетая фундаментальные эксперименты (морфология, микробиология, физико-механические испытания) с клинической оценкой. Такая многоуровневая проработка проблемы позволила всесторонне обосновать эффективность нового алгоритма.

Обсуждаемые результаты подтверждают, что избранное направление совершенствования ортопедического лечения дефектов эмали является перспективным, а усовершенствованный алгоритм не только сочетает научно обоснованные технологии, но и отвечает современным трендам стоматологии – минимальная инвазия, цифровизация, междисциплинарный подход, и может быть рекомендован для широкого внедрения в практику эстетической стоматологии.

Применение воздушно-абразивного препарирования позволило сократить продолжительность процедуры, повысить комфорт пациентов и избежать таких осложнений, как послеоперационная чувствительность. Цифровой протокол планирования повышает их удовлетворённость результатом, а система цифрового сертификата подлинности ортопедических конструкций укрепляет доверия пациентов к качеству.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые предложена и доказана концепция объединения нескольких инновационных подходов (щадящее препарирование, цифровое планирование, адгезивная фиксация, блокчейн-контроль) в единый алгоритм лечения эстетических дефектов эмали винирами (Гажва С.И. с соавт., 2022, Gurel C. et al. (2012), Yu H.-Y. et al. (2020–2021). Экспериментально показано, что водно-воздушно-абразивный метод действительно приводит к минимальному нарушению структуры эмали

и не снижает прочности фиксации – это важнейший аргумент в пользу его широкого внедрения в клиническую практику.

Таким образом, комплексный улучшенный алгоритм продемонстрировал свою эффективность и жизнеспособность, поскольку повышает качество реабилитации пациентов с эстетическими дефектами эмали как в ближайшем периоде, так и в отдалённой перспективе. Это выражается в снижении риска неблагоприятных исходов (микротрещины эмали, чувствительность, краевое окрашивание и кариес) и в возможности воспроизведения клинического протокола при повторном обращении пациента. Последнее особенно важно: имея полный цифровой архив проведённого лечения, врач может изготовить идентичную замену виниру в случае нарушения его фиксации, либо спланировать реставрацию соседних зубов в том же алгоритме.

Проведённое клиническое исследование у пациентов с дефектами эмали демонстрирует, что использование малоинвазивных методов препарирования в сочетании с керамическими винирами из полевошпатной керамики обеспечивает высокие эстетические результаты и стабильность краевого прилегания. Данные подтверждают, что достижение клинической эффективности возможно при условии сохранения максимально возможного объёма эмали, адекватного цифрового планирования и строгого соблюдения протоколов фиксации.

ВЫВОДЫ

1. Препарирование эмали приводит к нарушению ее структурной организации, трансформации количественного и качественного макро- и микроэлементного состава, степень выраженности которых зависит от способа воздействия на нее и объема удаленных тканей. Изменения эмали при водно-воздушно-абразивной обработке минимальны, не имеют статистически значимых различий с интактной эмалью, что позволяет ее рекомендовать как метод выбора среди малоинвазивных техник препарирования под керамические виниры.

2. Умеренное увеличение шероховатости эмали в 1,5 раза (Ra 4,59±0,69 мкм) по сравнению с интактной эмалью (Ra 2.44±0,37) при водно-воздушно-абразивном способе ее обработки является оптимальным для микроретенции виниров. При этом, адгезивная активность микробиома возрастает при увеличении шероховатости эмали, а микроорганизмы демонстрируют индивидуальные профили на топографические изменения ее поверхности.

3. Результаты испытаний на сдвиг и растяжение показали высокий прочностной потенциал адгезивной фиксации в обеих группах исследования на фоне разрушения соединения по когезионному типу и отсутствия статистически значимых различий между методами препарирования эмали ($p=0,60$; различия недостоверны).

4. Разработанный способ установки виниров (патент РФ № 2725274) и цифровой сертификат их подлинности (свидетельство РФ № 2023614253), основанные на использовании фундаментальных знаний и инновационных подходов, позволяют достичь предсказуемого эстетического результата, обеспечивая его воспроизводимость, сохранность и защищенность цифровых файлов, снижая риск осложнений, связанных с нарушением технологического алгоритма.

5. Усовершенствованный алгоритм ортопедического лечения эстетических дефектов эмали малоинвазивными керамическими конструкциями с ее водно-воздушно-абразивной подготовкой согласно системе

оценки качества обеспечивает стабильность керамических виниров спустя 6 и 12 месяцев после лечения, снижая частоту окрашивания границы и признаков нарушения краевого прилегания, а также исключая случаи вторичного кариеса в пределах наблюдения.

Практические рекомендации

1) Водно-воздушно-абразивный способ препарирования может применяться в алгоритме ортопедического лечения малоинвазивными керамическими конструкциями дисколоритов, сколов эмали травматического происхождения, аномалий формы и размеров зубов при наличии показаний к их использованию.

2) Для реализации данного способа используется наконечник RONDOflex plus 360 (KaVo) и порошок оксида алюминия (Al_2O_3) с размером частиц 27 микрон в течение 15-20 секунд (до создания равномерно шероховатой поверхности) при давлении 0,3 МПа на расстоянии 2-10 мм от поверхности зуба под углом 45^O.

3) В рамках разработанного способа адгезивной фиксации виниров для создания прочного адгезионного соединения необходимо проводить подготовку как внутренней поверхности винира, так и рельефа поверхности эмали согласно предложенному алгоритму (патент РФ № 2725274).

4) С целью снижения риска возникновения осложнений, связанных с образованием биопленки, контроль уровня гигиены полости рта пациентов осуществлять с привлечением искусственного интеллекта на базе платформы «DIANA».

5) Лечение пациентов с эстетическими дефектами эмали проводить согласно усовершенствованному алгоритму с оформлением цифрового сертификата подлинности малоинвазивных керамических конструкций (свидетельство РФ № 2023614253).

Приложение 1

Таблица 28 - Критерии оценки выраженности дефектов эмали некариозного происхождения

Индекс	Критерии	Оценка
Индекс Dean (DI) – для клинической диагностики флюороза	**0 (норма)** — эмаль гладкая, блестящая, кремово-белого цвета; **0,5 (сомнительный флюороз)** — слабые очаги помутнения (прожилки, пятнышки); **1,0 (очень слабый флюороз)** — мелкие белые пятна (<25% поверхности зуба), обычно на бугорках моляров и премоляров; **2,0 (слабый флюороз)** — белые пятна занимают <50% поверхности зуба; **3,0 (умеренный флюороз)** — поражена вся коронка, заметны стирание и коричневые пятна; **4,0 (тяжёлый флюороз)** — вся поверхность эмали поражена, выраженная гипоплазия, сливающиеся эрозии, коричневый цвет коронки.	Оценка проводится для каждого зуба отдельно; Итоговый балл определяется по наименее поражённому из двух наиболее затронутых флюорозом зубов
Индекс интенсивности гиперестезии зубов (ИИГЗ)	1. Реакция зубов на раздражители: температурные, химические, механические. 2. Локализация участков повышенной чувствительности: локализованная,	**I степень (лёгкая):** от 1,0 до 1,5 балла **II степень (средняя):** от 1,6 до

	генерализованная гиперестезия. 3. Интенсивность болевых ощущений**:** минимальная, умеренная, выраженная 4. Продолжительность болевых ощущений после воздействия раздражителя: кратковременная, длительная. 5. Количество поражённых зубов (процент от общего числа зубов). 6. Сила раздражителя, вызывающего реакцию: слабая, средняя, сильная. 7. Частота появления чувствительности: всегда, периодически, редко.	2,2 балла **III степень (тяжёлая):** от 2,3 до 3 баллов
Индекс гипоплазии эмали: Шкала TF (Tjernberg/Fejerskov)	**TF 0:** Эмаль нормальная. **TF 1-2:** Начальные непрозрачные белые линии на буграх или вдоль краев. **TF 3-5:** Увеличение непрозрачностей с потенциальными белыми пятнами. **TF 6-7:** Обесцвечивание и ямки (дефекты эмали). **TF 8-9:** Тяжелое повреждение с выраженной потерей структуры эмали.	

Таблица 29 – Критерии оценки уровня гигиены полости рта и пародонтального комплекса.

Индекс	Критерии	Оценка

Индекс эффективности гигиены полости рта (PHP)	Окрашивание 6 зубов: 16, 26, 11,31- вестибулярные поверхности; 36, 46 - язычные поверхности **0** - отсутствие изменения цвета **1 -** окрашивание зуба При оценке учитывают: **локализация налёта** (на каких поверхностях зубов он выявлен — щёчная, язычная, пришеечная зона); **равномерность гигиены** (есть ли системные пробелы в уходе за определёнными зубами/участками полости рта); **состояние межзубных промежутков** (наличие налёта в труднодоступных зонах); **наличие сопутствующих факторов** (например, ортодонтические конструкции, которые усложняют гигиену).	Формула для расчёта: Сумма баллов / 6 **<0,1 — высокая** эффективность гигиены; **0,1 - 0,6 хорошая** эффективность гигиены; **0,7 - 1,6 — удовл.** эффективность гигиены; **>1,7 — неудовл етворительная** эффект ивность гигиены
Индекс РМА (индекс пародонтального состояния)	**0** — отсутствие воспаления; **1** — воспаление только десневого сосочка (обозначается буквой «Р»); **2** — воспаление маргинальной десны (обозначается буквой «М»); **3** — воспаление	Формула для расчёта: РМА = (сумма баллов) / (3 × число зубов) × 100% **30% и менее** — лёгкая степень тяжести гингивита; **31–60%** — средняя

	альвеолярной десны (обозначается буквой «А»).	степень тяжести; **61% и выше** — тяжёлая степень.
Упрощенный индекс гигиены Грина-Вермиллиона (OHI-S)	Окрашивают вестибулярные поверхности 16, 21, 24 зубов и язычные поверхности 36, 41, 44 зубов. Для оценки **зубного налета** используют следующие коды и критерии: 0 - нет налета; 1 - налет покрывает не более 1/3 зуба; 2 - налет покрывает от 1/3 до 2/3 поверхности зуба; 3 - налет покрывает более 2/3 поверхности зуба. Для оценки **зубного камня** используют следующие коды и критерии: 0 - нет камня; 1 - наддесневой камень покрывает менее 1/3 поверхности зуба; 2 - наддесневой камень покрывает 1/3 - 2/3 поверхности зуба или присутствуют отдельные частицы поддесневого камня; 3 - наддесневой камень покрывает более 2/3 поверхности	Индекс зубного налета (ИЗН) рассчитывают по следующей формуле: **ИЗН** = сумма баллов зубного налета /число зубов Индекс зубного налета (ИЗК) рассчитывают по следующей формуле: **ИЗК** = сумма баллов зубного камня/число зубов **УИГ** = ИЗН + ИЗК **0 - 0,6** — хороший уровень гигиены **0,7 - 1,8 —** удовлетворительный уровень гигиены; **1,9 - 3,0** — плохой уровень гигиены;

	зуба, присутствует поддесневой зубной камень.	
Упрощенный индекс зубного налета на апроксимальных поверхностях (API Lange)	Оценку зубного налета на апроксимальных участках по индексу **API** проводят на оральных поверхностях первого и третьего квадрантов и вестибулярных поверхностях второго и четвертого квадрантов. После окрашивания налета оценивают его наличие (в баллах) на апроксимальных поверхностях. **0** — отсутствие окрашивания; **1** — наличие окрашивания	Формула для расчёта: **API** = сумма баллов / число зубов × 100% Значения индекса API оценивают следующим образом: **<25%** - оптимальный уровень **25-39%** - достаточный уровень; **40-69%** - удовлетворительный уровень; **70-100%** - неудовлетворительный уровень;

Список сокращений

ИИГЗ - индекс интенсивности гиперестезии зубов

РЭМ – растровая электронная микроскопия

Шкала TF – индекс гипоплазии эмали (Tjernberg/Fejerskov)

Al_2O_3 – оксид алюминия

API Lange - упрощенный индекс зубного налета на апроксимальных поверхностях

CAD/CAM – компьютерное проектирование и компьютерное изготовление

DI – индекс флюороза (Dean Index)

FDI – Международная федерация стоматологов

HF – плавиковая кислота

NFT – цифровой сертификат (Non-Fungible Token)

OD – оптическая плотность

OHI-S -упрощенный индекс гигиены Грина-Вермиллиона

PHP - индекс эффективности гигиены полости рта

PMA - индекс состояния тканей пародонта

Ra – параметр шероховатости

STL – формат 3D-моделей (Stereolithography)

QR-код – двухмерный матричный штрихкод (Quick Response)

Список литературы

1. Аверкина, Н. С. Тонкое решение эстетических проблем. Полевошпатные виниры / Н. С. Аверкина. - DOI 10.32743/UniMed.2024.109.4.17260 // Universum: медицина и фармакология: электронный журнал. - 2024. - № 4. - С. 24-30. - URL: https://7universum.com/ru/med/archive/item/17260. - Дата публикации: 10.04.2024.
2. Адильбеков, А. Обоснование применения керамических виниров при протезировании дефектов зубов в переднем отделе челюстей / А. Адильбеков, С. Ж. Алимжанов // Актуальные научные исследования в современном мире. - 2021. - № 12, ч.1. - С. 29-32.
3. Алиев, В. И. Микропротезы передней группы зубов и обоснование выбора эстетической конструкции / В. И. Алиев // Norwegian Journal of development of the International Science. - 2022. - № 95. - С. 44-46.
4. Алябьев, А. Ю. Современные возможности аппаратного исследования резистентности твердых тканей зубов к кариесу: автореферат дис. ... канд. мед. наук: 3.1.7 / Алябьев Александр Юрьевич. — Москва, 2021. — 24 с.
5. Арутюнов, С. Д. Инактивация Staphylococcus aureus, Escherichia coli и Candida albicans в среде суб- и сверхкритического диоксида углерода: анализ поверхности отклика / С. Д. Арутюнов, С. Н. Керасов, М. С. Галстян [и др.] // Клиническая стоматология. — 2026. — Т. 29, № 1. — С. 6–13.
6. Ахмедбейли, Р. М. Современные данные о минеральном составе, структуре и свойствах твёрдых зубных тканей / Р. М. Ахмедбейли // Биомедицина (Баку). – 2016. – № 2. – С. 22–27.
7. Ахмедов, К. Г. Влияние формы армирующего перфорированного ПЭЭК-каркаса на несущую способность полного съемного зубного протеза верхней челюсти / К. Г. Ахмедов, С. А. Бочкарева, С. Д. Арутюнов [и др.] // Клиническая стоматология. — 2026. — Т. 29, № 1. — С. 58–70.
8. Бабич, В. В. Особенности применения цельнокерамических протезных конструкций в полости рта / В. В. Бабич // Российский стоматологический журнал. - 2021. - Т. 25, № 2. - С. 107-111.

9. Бабуров, А. Значительное улучшение эстетического компонента улыбки с помощью керамических виниров. Стоматологическое лечение как социальная реабилитация / А. Бабуров // Эстетическая стоматология. - 2021. - № 1, ч. 4. - С. 77-80.
10. Байриков, И. М. Современные аналогово-цифровые методы и технологии медико-социальной реабилитации в гериатрической стоматологии / И. М. Байриков, О. Н. Ткачева, В. Н. Трезубов, Е. В. Фролова [и др.]. - Санкт-Петербург: ООО "Человек", 2023. - 180 с.
11. Буенцов, И. О. Оценка угловых отклонений вертикальных поверхностей культей зубов, полученных при одонтопрепарировании под несъемные ортопедические конструкции (металлокерамические и цельнолитые коронки) / И. О. Буенцов // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: реабилитация, врач и здоровье. - 2021. - № 3. - С. 85-91.
12. Влияние различных способов препарирования на структуру и микроэлементный состав эмали зубов / С. И. Гажва, А. Г. Манукян, А. И. Тетерин [и др.] // Клиническая стоматология. - 2023. - Т. 26, № 1. - С. 24-31.
13. Возможности применения глицина у пациентов врача-стоматолога-ортопеда / А. В. Бутвиловский, Д. В. Гринько, Д. В. Рублевский, В. А. Чернецкий // Современная стоматология. - 2023. - № 2. - С. 19-21.
14. Гажва, С. И. Влияние микробиома полости рта на репродуктивное здоровье женщины / С. И. Гажва, А. Н. Сулима, В. А. Кучер // Сибирский научный медицинский журнал. - 2025. - Т. 45, № 4. - С. 19-28.
15. Гажва, С. И. Влияние различных способов одонтопрепарирования на структуру и микроэлементный состав эмали / С. И. Гажва, А. Г. Манукян, А. И. Тетерин, К. А. Янышева, Е. Ю. Якубова // Клиническая стоматология. -2023. - Т. 26, № 1. - С. 24-31
16. 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

17. Гажва, С. И. Экспериментальное обоснование минерализации твердых тканей зубов после одонтопрепарирования в алгоритме ортопедического лечения дефектов эмали / С. И. Гажва, К. А. Янышева, Н. А. Абдуллаев // Медико-фармацевтический журнал Пульс. - 2025. - Т. 27, № 2. - С. 64-69
18. Дедова, Л. Н. Современный подход диагностики и лечения стоматологических пациентов с чувствительностью дентина / Л. Н. Дедова, А. С. Соломевич, Ю. Л. Денисова // Стоматолог. Минск. - 2022. - № 3. - С. 8-13.
19. Демин, Я. Д. Клинико-экспериментальное обоснование оптимизации протокола адгезивной фиксации при протезировании керамическими конструкциями: диссертация кандидата медицинских наук: 14.01.14 / Демин Ярослав Дмитриевич; [Место защиты: ФГАОУ ВО Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского]. — Нижний Новгород, 2019. — 158 с.
20. Дмитриев, Д. И. Способ препарирования «по оси» зубов, служащих опорой под протяженные ортопедические конструкции / Д. И. Дмитриев // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: реабилитация, врач и здоровье. - 2021. - № 4. - С. 135-138.
21. Дмитриева, Ю. Р. Адгезивная система фиксации виниров / Ю. Р. Дмитриева, Л. А. Ячменева // Молодежная наука и современность: материалы 85-ой Международной научной конференции студентов и молодых ученых, посвященной 85-летию КГМУ (Курск, 23-24 апреля 2020 г.). - Курск: Изд-во КГМУ, 2020. - Ч. 2. - С. 203-205.
22. Жулев, Е. Н. Результаты изучения реакции пародонта опорных зубов при применении несъемных конструкций протезов, изготовленных цифровым и традиционным методами / Е. Н. Жулев, Ю. А. Вокулова, Н. А. Янова [и др.] // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. - 2024. - № 2. - С. 143-146.
23. Иванкова, М. В. Анализ результатов лечения пациентов с измененными в цвете зубами с применением различных видов люминиров и композитных виниров / М. В. Иванкова, Н. И. Крихели // Медицинский алфавит. - 2020. - № 3. - С. 8-11.

24. Иващенко, А. В. Анализ угловых отклонений при одонтопрепарировании зубов под ортопедические конструкции / А. В. Иващенко, А. Е. Яблоков // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. - 2021. - № 3. - С. 62-67.
25. Изменение микроструктуры эмали и дентина под влиянием ротационного инструмента при лечении кариеса (исследование in vitro) / Б. Р. Шумилович, Е. А. Лещёва, Д. Ю. Харитонов [и др.] // Российский стоматологический журнал. – 2017. – Т. 21, № 2. – С. 68–71.
26. Изучение микробной адгезии к поверхности зубных протезов из отечественных стоматологических сплавов на основе палладия / С. С. Елдашев, Т. В. Царева, Д. О. Быков [и др.] // Клиническая стоматология. - 2025. - Т. 28, № 1. - С. 166-170.
27. Изучение структуры поверхности эмали зубов после обработки воздушно-порошковыми системами различных поколений / А. А. Петров, В. Ю. Вашнева, Е. С. Лобода [и др.] // Проблемы стоматологии. - 2024. - Т. 20, № 1. - С. 114-121.
28. Ирсалиев, Х. И. Структурная организация твердых тканей интактных зубов / Х. И. Ирсалиев, Ф. Х. Ирсалиева, Ф. А. Валиева // Стоматология. - 2021. - № 2(83). - С. 52-58.
29. Исматов, Ф. А. Патогенез и клинические проявления нарушений зубного развития / Ф. А. Исматов. - DOI 10.56121/2181-2926-2024-3-9-723-729 // Международный журнал научной педиатрии. - 2024. - Т. 3, № 9. - С. 723-729. - URL: https://ijsp.uz/index.php/journal/article/view/279. - Дата публикации: 30.09.2024.
30. Кабаченко, В. А. Сравнительный анализ препарирования режущего края под керамический винир / В. А. Кабаченко, А. Р. Копчинская // Теоретические и практические аспекты современной медицины: материалы 95-й Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой десятилетию науки и технологий в России (Симферополь, 06 апреля 2023 г.). - Симферополь: Изд-во Медицинской академии КФУ им. В. И. Вернадского, 2023. - С. 199-200.

31. Карелина, Н. Р. Гистологическое строение тканей зуба (лекция) / Н. Р. Карелина, Л. Ю. Артюх // Forcipe. - 2022. - Т. 5, № 1. - С. 34-48.
32. Керамические виниры E-max / А. Д. Алиуллина, Ю. Е. Пардасова, В. В. Альцев [и др.] // Совершенствование медицинской помощи: современные технологии лечения и реабилитации в практике врачей различных специальностей: материалы научно-практической конференции, посвященной 55-летию Чувашского государственного университета им. И. Н. Ульянова и 45-летию Городской клинической больницы № 1 (Чебоксары, 26 октября 2022 г.). - Чебоксары: Изд-во ЧувГУ им. И. Н. Ульянова, 2022. - С. 24-27.
33. Киселев, В. М. Прочность адгезионного соединения «винир - композитный материал - зуб» / В. М. Киселев, В. Р. Шашмурина, А. Б. Шашмурина // Прикладные информационные аспекты медицины. - 2025. - Т. 28, № 1. - С. 19-25.
34. Люкштед, А. Р. Металлокерамика - обзор технологий изготовления и сравнительная характеристика / А. Р. Люкштед // Молодежный инновационный вестник. - 2021. - Т. 10, № S1. - С. 402-408.
35. Луцкая, И. К. Опыт использования алмазных режущих инструментов в эстетической стоматологии / И. К. Луцкая // Современная стоматология. – 2019. – № 2. – С. 21–27.
36. Манак, Т. Н. Анализ современных методов и средств профессиональной гигиены полости рта, проводимой врачами-ортодонтамии пациентами / Т. Н. Манак, А. Альшарифи // Современная стоматология. - 2021. - № 3. - С. 8-12.
37. Микробиом полости рта и его влияние на течение беременности / С. И. Гажва, А. Н. Сулима, Ю. В. Гажва [и др.] // Акушерство и гинекология. - 2025. - № 5. - С. 14-19.
38. Морданов, О. С. Восстановление передней группы зубов после эндодонтического лечения и витальных зубов с помощью керамических виниров и системы eLAB Prime / О. С. Морданов, А. И. Матвеев // Эндодонтия Today. - 2023. - Т. 21, № 1. - С. 36-41.

39. Морфологическое строение твердых тканей зубов у взрослых людей разных возрастных групп с чувствительным дентином / А. К. Иорданишвили, А. К. Орлов, С. В. Сафронов, А. В. Смольнякова // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». - 2020. - № 1. - С. 21-28.
40. Немсцверидзе, Я. Э. Сравнительные характеристики виниров и люминиров в стоматологии / Я. Э. Немсцверидзе, Л. Р. Дербина, А. М. Гаспарян // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: реабилитация, врач и здоровье. - 2022. - № 2. - Приложение. - С. 342-343.
41. Нестеров, А. М. Преаналитический этап оценки микробиоты полости рта в зависимости от материала при подборе несъемных ортопедических конструкций / А. М. Нестеров, В. В. Карташов, А. В. Лямин // Проблемы медицинской микологии. - 2024. - Т. 26, № 2. - С. 134.
42. Орехова, Л. Ю. Методы препарирования твердых тканей зубов / Л. Ю. Орехова, Н. А. Лелеткина, С. А. Бородин // Проблемы стоматологии. - 2025. - № 2. - С. 73-84.
43. Орешко, Л. С. Целиакия: некариозные поражения зубов / Л. С. Орешко, Г. Ч. Алиева // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. - 2021. - № 4. - С. 150-154.
44. Особенности и значение адгезии бактерий и грибов полости рта как этапа формирования микробной биопленки на стоматологических полимерных материалах / А. С. Арутюнов, Т. В. Царева, Л. Г. Киракосян, И. М. Левченко // Стоматология. - 2020. - Т. 99, № 2. - С. 79-84.
45. Особенности препаровки под керамические виниры / П. Г. Мулендеев, Н. А. Андреева, А. В. Московский [и др.] // Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. - 2021. - Т. 16, № 2. - С. 556-563.
46. Патент № 2828863 C1 Российская Федерация, МПК A61K 35/57, A61K 36/03, A61K 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 бюжетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. - EDN QRHUOW.

47. Постников, М. А. Определение эффективности применения реминерализующего препарата на эмаль и дентин зубов методом растровой микроскопии после процедуры химического отбеливания / М. А. Постников, И. Ф. Нефедова, С. Д. Брехов, О. А. Масгумова // Клиническая стоматология. - 2024. - Т. 27, № 4. - С. 34-39.
48. Применение современных керамических материалов при протезировании фронтальной группы зубов (клинический случай) / А. В. Хазова, Е. С. Французова, Т. Н. Юшманова [и др.] // Стоматология - наука и практика, перспективы развития: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию победы в Сталинградской битве (Волгоград, 19 октября 2023 г.). - Волгоград: Изд-во ВолгГМУ, 2023. - С. 207-210.
49. Применение современных компьютерных технологий в практике врача-стоматолога (краткий обзор литературы) / В. А. Григорьева, В. В. Борисов, А. В. Севбитов [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. - 2024. - Т. 31, № 3. - С. 29-33.
50. Саакян, М. Ю. Применение 3D-технологий в планировании ортопедического лечения (клинический случай) / Д. В. Брызгалов, М. Ю. Саакян, А. В. Якунина [и др.] // Медицинский альманах. - 2025. - № 4(85). - С. 107-113.
51. Сарапина, В. А. Эстетическая реставрация поверхности зубов / В. А. Сарапина, Ш. А. Султанбаев // Scientist (Russia): электронный журнал. - 2021. - № 2. - URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_47378330_44768655.pdf (дата обращения: 15.01.2026).
52. Связь заболеваний пародонта и невынашивания беременности: обзор современных исследований / А. Н. Сулима, С. И. Гажва, С. И. Жадько [и др.] // Таврический медико-биологический вестник. - 2025. - Т. 28, № 1. - С. 79-87.

53. Современные методики и варианты оценки адаптации твёрдых тканей зуба к стоматологическим материалам / Д. В. Некрылов, Т. А. Попова, Б. Р. Шумилович, В. А. Захаров. - DOI 10.18499/2070-9277-2021-24-3-12-19 // Прикладные информационные аспекты медицины: электронный журнал. - 2021. - Т. 24, № 3. - С. 12-19. - URL: https://new.vestnik-surgery.com/index.php/2070-9277/article/view/7700 (дата обращения: 15.01.2026).
54. Солдатова, К. В. Биокерамические материалы в реконструктивной стоматологии / К. В. Солдатова // Вестник науки. - 2025. - Т. 3, № 7. - С. 483-487.
55. Сравнение метода ПЦР диагностики и метода масс-спектрометрии микробных маркёров применительно к оценке микробиоты полости рта / В. К. Ильин, З. О. Соловьева, О. А. Гизингер [и др.] // Клиническая лабораторная диагностика. - 2022. - Т. 67, № 8. - С. 484-488.
56. Сравнительная характеристика керамических и циркониевых виниров / Е. Р. Бичурина, Р. В. Мельников, Л. В. Абаджян, Н. С. Пронина // Dental Forum. - 2023. - № 2. - С. 40-43.
57. Сравнительная характеристика основных видов стоматологической керамики для изготовления виниров / С. К. Северинова, Е. Н. Овчаренко, О. Л. Ирза [и др.] // Клиническая стоматология. - 2024. - Т. 27, № 4. - С. 106-113.
58. Сувырина М.Б., Ушницкий И.Д., Юркевич А.В., Кобец А.Р., Иванова А.А., Иванов А.В. / Частота и структура патологических процессов тканей пародонта воспалительно-деструктивного характера у населения дальневосточного региона. // Якутский медицинский журнал. – 2018. – № 3. - С. 71-74.
59. Тетерин, А. И. Керамические материалы для безметалловых реставраций: химическое строение, свойства, показания к применению / А. И. Тетерин, С. И. Гажва, Е. И. Смирнова // Кремлевская медицина. Клинический вестник. - 2022. - № 1. - С. 109-114.
60. Тохтаров, А. Н. Керамические виниры / А. Н. Тохтаров, З. А. Абкеримова // Научный аспект. - 2024. - Т. 39, № 6. - С. 4806-4811.

61. Трунин, Д. А. Методы, применяемые для восстановления разрушенной клинической коронки зуба / Д. А. Трунин, А. М. Нестеров, М. И. Садыков [и др.] // Российская стоматология. - 2024. - Т. 17, № 1. - С. 18-22. - DOI 10.17116/rosstomat20241701118.
62. Трушкина, Н. С. Сравнительная характеристика методик препарирования твердых тканей зубов при помощи стандартных алмазных боров и высокоинтенсивного эрбиевого лазера PLUSER / Н. С. Трушкина, Е. Э. Костылев // Молодежный инновационный вестник. - 2020. - Т. 9, № S2. - С. 283-285.
63. Улучшение эстетики фронтальных зубов верхней челюсти с помощью цельнокерамических конструкций E-max / М. Т. Окромелидзе, С. О. Чикунов, А. С. Утюж, С. В. Ширшов // Врач. - 2022. - Т. 33, № 5. - С. 62-65.
64. Успенская, О. А. Гистологическая структура твердых тканей зубов при применении разных реминерализующих средств после отбеливания при наличии воздействия профессиональных вредностей / О. А. Успенская, В. О. Никольский, Л. Н. Казарина, Л. Я. Никуличева // Институт стоматологии. - 2023. - № 1(98). - С. 94-96.
65. Успенская, О. А. Способ лечения изменения цвета зубов у лиц, связанных с воздействием вредных производственных факторов / О. А. Успенская, Л. Я. Никуличева, А. С. Клочков // Эндодонтия Today. - 2024. - Т. 22, № 2. - С. 109-113. - DOI 10.36377/ET-0014.
66. Ушницкий, И. Д. Клинические особенности реставраций зубов керамическими винирами / И. Д. Ушницкий, В. Н. Осадчий, О. С. Унусян // Актуальные проблемы и перспективы развития стоматологии в условиях Севера: материалы Межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 65-летию ГАУ РС (Я) «Якутский специализированный стоматологический центр» с международным участием (Якутск, 03 июня 2024 г.). - Якутск: Издательский дом СВФУ, 2024. - С. 175-179.
67. Федоров, М. О. Достижения в применении керамических виниров: баланс между эстетическими результатами и функциональной долговечностью в

современной стоматологии / М. О. Федоров, О. А. Зайцева // Современная медицина: новые подходы и актуальные исследования: материалы XCVIII Международной научно-практической конференции (Москва, 22 июля 2025 г.). - М.: Интернаука, 2025. - С. 56-60.

68. Фецыч, А. Изменение улыбки неинвазивными керамическими винирами. Четырёхлетнее наблюдение / А. Фецыч // Эстетическая стоматология. - 2020. - № 1, ч. 4. - С. 140-147.
69. Этиопатогенетические аспекты возникновения дисколорита зубов / О. А. Магсумова, Т. М. Ткач, М. А. Постников [и др.] // Клиническая стоматология. - 2021. - № 1. - С. 22-29.
70. 10-year practice-based evaluation of ceramic and direct composite veneers / T. Mazzetti, K. Collares, B. Rodolfo [et al.] // Dental materials. - 2022. - Vol. 38, № 5. - P. 898-906.
71. 3D evaluation of accuracy of tooth preparation for laminate veneers assisted by rigid constraint guides printed by selective laser melting / Z. Y. Li, H. F. Bai, Y. J. Zhao [et al.] // The Chinese journal of dental research. - 2020. - Vol. 23, № 3. - P. 183-189.
72. 3D printed dual reduction guide: a feasible alternative for conservative gingivectomy and minimally invasive preparation for ceramic veneers / M. Robles, C. A. Jurado, N. G. Fischer [et al.] // Operative dentistry. - 2025. - Vol. 49, № 6. - P. 634-641.
73. A case of precise prosthesis under the direction of target restoration space analysis after multidisciplinary combination therapy / L. Yang, H. Qin, J. Zhang, X. Han // West China Journal of Stomatology. - 2022. - Vol. 40, № 5. - P. 610-617.
74. A facially driven complete-mouth rehabilitation with ultrathin CAD-CAM composite resin veneers for a patient with severe tooth wear: a minimally invasive approach / Á. Ferrando-Cascales, D. Astudillo-Rubio, A. Pascual-Moscardó, Á. Delgado-Gaete // The Journal of prosthetic dentistry. - 2020. - Vol. 123, № 4. - P. 537-547.
75. Abdulwahhab, Z. S. Er, Cr: YSGG laser irradiation of glass ceramic veneers: shear bond strength and intra-pulpal temperature / Z. S. Abdulwahhab, I. M. Hussein, H. M. Alqassar // Journal of lasers in medical sciences. - 2025. - Vol. 16. - P. [1-7].

76. Accuracy of reduction depths of tooth preparation for porcelain laminate veneers assisted by different tooth preparation guides: an in vitro study / J. Gao, J. He, L. Fan [et al.] // Journal of prosthodontics: official journal of the American College of Prosthodontists. - 2022. - Vol. 31, № 7. - P. 593-600.
77. Accuracy of the preparation depth in mixed targeted restorative space type veneers assisted by different guides: an in vitro study / J. Gao, T. Luo, Y. Zhao [et al.] // Journal of prosthodontic research. - 2023. - Vol. 67, № 4. - P. 556-561.
78. Accuracy of three digital scanning methods for complete-arch tooth preparation: an in vitro comparison / H. Gao, X. Liu, M. Liu [et al.] // The Journal of prosthetic dentistry. - 2022. - Vol. 128, № 5. - P. 1001-1008.
79. Accuracy of three digital waxing-guided trial restoration protocols for controlling the depths of tooth preparation for ceramic veneers / T. Luo, J. Li, C. Xie, H. Yu // The Journal of prosthetic dentistry. - 2024. - Vol. 131, № 1. - P. 56-63.
80. Additive manufacturing of lithium disilicate with the LCM process for classic and non-prep veneers: preliminary technical and clinical case experience / A. Unkovskiy, F. Beuer, D. Metin [et al.]. // Materials: electronic journal. - 2022. - Vol. 15, № 17.
81. Aesthetic restorations: the role of the dental hygienist in professional maintenance: in vitro microbiological study / L. F. Di Petto, G. Tetè, M. Hera, E. Polizzi. // Materials: electronic journal. - 2023. - Vol. 16, № 4.
82. Ahmedbeyli, F. R. SEM evaluation of surface roughness variations in milled ceramic laminate veneers exposed to glazing and thermocycling / F. R. Ahmedbeyli, R. R. Ahmedbeyli, M. Ersoy // Clinical Dentistry (Russia). - 2025. - Vol. 28, № 3. - P. 84-89.
83. Akarsu, C. Preparation designs and ceramic materials for premolar veneers: effects on marginal adaptation and failure load / C. Akarsu, B. Kanat-Ertürk, E. Çõmlekoğlu // American journal of dentistry. - 2025. - Vol. 38, № 4. - P. 313-318.
84. Alghazzawi, T. F. Clinical survival rate and laboratory failure of dental veneers: a narrative literature review / T. F. Alghazzawi. // Journal of functional biomaterials: electronic journal. - 2024. - Vol. 15, № 5.

85. Ali, S. Comparative evaluation of alumina, hydroxyapatite, and their combination for dental enamel cavity cutting in an air abrasion system: an in vitro SEM study [online ahead of print] / S. Ali, A. Talal, I. Farooq. // Microscopy research and technique. - 2025.
86. Alyahya, Y. A narrative review of minimally invasive techniques in restorative dentistry / Y. Alyahya // The Saudi dental journal. - 2024. - Vol. 36, № 2. - P. 228-233.
87. An engineering perspective of ceramics applied in dental reconstructions / R. M. Pereira, R. G. Ribas, T. L. Montanheiro [et al.]. // Journal of applied oral science: electronic journal. - 2023. - Vol. 31.
88. An in vitro comparison of incisal preparation design on load-to-failure of ceramic veneers / N. N. Sharma, S. Singh, R. S. Podar [et al.] // Journal of conservative dentistry and endodontics. - 2023. - Vol. 26, № 5. - P. 550-554.
89. An in vitro comparison of shear bond strength for heated composite resin with three conventional luting cements / P. Aravind, A. Mohan Kallat, P. K. Sivabalan [et al.]. // Cureus: electronic journal. - 2023. - Vol. 15, № 10.
90. An innovative 3D printed tooth reduction guide for precise dental ceramic veneers / M. Robles, C. A. Jurado, F. X. Azpiazu-Flores [et al.]. // Journal of functional biomaterials: electronic journal. - 2023. - Vol. 14, № 4.
91. Analysing the effect of sodium bicarbonate and glycine air polishing on tooth surfaces with two different imaging methods / V. M. Balta-Uysal, K. Orhan, E. I. Oguz, E. Guzeldemir-Akcakanat // Journal of microscopy. - 2023. - Vol. 289, № 3. - P. 180-186.
92. Araujo, E. Anterior veneer restorations - an evidence-based minimal-intervention perspective / E. Araujo, J. Perdigão // The journal of adhesive dentistry. - 2021. - Vol. 23, № 2. - P. 91-110.
93. Asgari, I. Effects of iron products on decay, tooth microhardness, and dental discoloration: a systematic review / I. Asgari, S. Soltani, S. M. Sadeghi // Archives of pharmacy practice. - 2020. - Vol. 11, № 1. - P. 60-72.

94. Assessment of tooth color difference in digital photographs taken with different smartphones / M. Žagar, A. Piknjac, M. Soldo, D. Knezović Zlatarić // Acta clinica croatica. - 2024. - Vol. 63, № 2. - P. 403-412.
95. Behavior of CAD/CAM ceramic veneers under stress: a 3D holographic study / J.-C. Durand, P. Slangen, S. Montresor [et al.] // Journal of the mechanical behavior of biomedical materials. - 2021. - Vol. 118. - P. [1-10].
96. Bond strength of two resin cements with leucite-reinforced ceramic using different bonding agents / N. Aida, K. Koi, S. P. Amaya-Pajares [et al.]. // The journal of contemporary dental practice: electronic journal. - 2023. - Vol. 24, № 11. - P. 859-863.
97. Case report: vertical preparation protocol for veneers / M. Granell-Ruiz, C. Rech-Ortega, B. Oteiza-Galdón, K. Bouazza-Juanes. // Journal of clinical and experimental dentistry: electronic journal. - 2023. - Vol. 15, № 4.
98. Cement layer thickness and load-bearing capacity of tooth restored with lithium-disilicate glass ceramic and hybrid ceramic occlusal veneers / T. Yli-Urpo, L. Lassila, T. Närhi, P. Vallittu // Dental materials. - 2025. - Vol. 41, № 2. - P. 212-219.
99. Ceramic laminate veneers: effect of preparation design and ceramic thickness on fracture resistance and marginal quality in vitro / U. Blunck, S. Fischer, J. Hajtó [et al.] // Clinical oral investigations. - 2020. - Vol. 24, № 8. - P. 2745-2754.
100. Chatzidrakou, E. Multifactorial Contributors to the Longevity of Dental Restorations: A Narrative Review / E. Chatzidrakou, A. Chatzigrigoriou, P. Lagouvardos // Dentistry Journal. — 2024. — Vol. 12, no. 9. — P. 322.
101. Chen, L. Evolution of Dental Resin Adhesives - A Comprehensive Review / L. Chen, B. I. Suh, R. Nuñez // Materials. - 2021. - Vol. 14, № 13. - Art. 3630. - DOI: 10.3390/ma14133630.
102. Clinical comparative study of efficacy of Er:YAG laser for debonding different veneers / J.-L. Zhuang, Z.-Q. Xu, D. Jin, Q.-J. Wu // Shanghai kou qiang yi xue. - 2023. - Vol. 32, № 6. - P. 578-582.

103. Clinical outcomes of self-glazed zirconia veneers produced by 3D gel deposition: a retrospective study / F. Yu, F. Xiang, J. Zhao [et al.]. // BMC Oral Health: electronic journal. - 2024. - Vol. 24, № 1.
104. Clinical success evaluation of ultrathin ceramic veneers bonded to nonprepared teeth: an observational prospective cohort study / A. Al-Mokdad, E. Swed, M. Kadhim [et al.]. // Cureus : electronic journal. - 2024. - Vol. 16, № 9.
105. Clinician's guide to material selection for all-ceramics in modern digital dentistry / C. Cuzic, M. Rominu, A. Pricop [et al.]. // Materials: electronic journal. - 2025. - Vol. 18, № 10.
106. Color alteration with ceramic veneers according to the tooth type and preparation step: a clinical analysis / L. A. Pordeus Batista, W. F. Vieira-Junior, R. R. Pacheco [et al.] // Journal of prosthetic dentistry. - 2024. - Vol. 132, № 1. - P. 100-107.
107. Combination of minimal- and non-preparation techniques with ceramic veneers for managing esthetic deficiencies / J. Villalobos-Tinoco, C. A. Jurado, K. I. Afrashtehfar, N. Fischer // The international journal of esthetic dentistry. - 2023. - Vol. 18, № 3. - P. 232-243.
108. Comparison of conventional ceramic laminate veneers, partial laminate veneers and direct composite resin restorations in fracture strength after aging / M. M. Gresnigt, M. M. Sugii, K. B. Johanns, S. A. van der Made // Journal of the mechanical behavior of biomedical materials. - 2021. - Vol. 114. - P. [1-5].
109. Comparison of two types of preparation for laminate veneer with three types of all-ceramic materials / S. A. Yousief, R. M. Galal, H. M. Alsharief [et al.] // European journal of dentistry. - 2023. - Vol. 17, № 1. - P. 120-126.
110. Consensus on the preparation margin and restoration margin in ceramic esthetic rehabilitation / H. Yu, L. Yue, W. Liu [et al.] // Hua xi kou qiang yi xue za zhi. - 2022. - Vol. 40, № 2. - P. 123-133.
111. Cytotoxicity and dentin composition alterations promoted by different chemomechanical caries removal agents: a preliminary in vitro study / F. R. Guedes, J. F. Bonvicini, G. L. de Souza [et al.]. // Journal of clinical and experimental dentistry: electronic journal. - 2021. - Vol. 13, № 8. - P. e826-e834.

112. Da Silva, B. P. Laminate veneers: preplanning and treatment using digital guided tooth preparation / B. P. da Silva, K. Stanley, J. Gardee // Journal of esthetic and restorative dentistry. - 2020. - Vol. 32, № 2. - P. 150-160.
113. Dentin exposure after tooth preparation for laminate veneers: a microscopical analysis to evaluate the influence of operators' expertise / R. Sorrentino, G. Ruggiero, B. Borelli [et al.]. // Materials: electronic journal. - 2022. - Vol. 15, № 5.
114. Digitally designed and additively manufactured tooth reduction guides for porcelain laminate veneer preparations: a clinical report / N. Sartori, T. Ghishan, E. O'Neill [et al.] // The Journal of prosthetic dentistry. - 2024. - Vol. 131, № 5. - P. 768-773.
115. Durmaz, Y. O. Evaluation of different color measurement methods for determining tooth color / Y. O. Durmaz, M. Tasyurek, H. O. Gumus // International journal of computerized dentistry. - 2025. - Vol. 28, № 2. - P. 129-139.
116. Effect of resin cement at different thicknesses on the fatigue shear bond strength to leucite ceramic / L. V. Arcila, L. C. Gomes, L. P. Ortiz [et al.] // European journal of dentistry. - 2023. - Vol. 17, № 4. - P. 1316-1324.
117. Effect of the inter-tooth distance and proximal axial wall height of prepared teeth on the scanning accuracy of intraoral scanners / S.-Y. Kim, K. Son, S. K. Bihn, K.-B. Lee. // Journal of functional biomaterials: electronic journal. - 2024. - Vol. 15, № 5.
118. Esthetic rehabilitation through crown lengthening and laminate veneers. A digital workflow / P. Ntovas, A. Pashias, S. Vassilopoulos [et al.] // The international journal of esthetic dentistry. - 2023. - Vol. 18, № 4. - P. 330-344.
119. Evaluation of color accuracy and image quality of smartphone cameras compared to digital single-lens reflex cameras for dental photography / V. T. Luu, H. V. Hoang, D. P. Do [et al.] // Health informatics journal. - 2025. - Vol. 31, № 4. - P. [1-13].
120. Fracture resistance of partial and complete coverage veneers and ceramic crowns for maxillary central incisors / C. A. Jurado, S. Mekled, S. Abuhammoud [et al.] // Journal of prosthetic dentistry. - 2024. - Vol. 132, № 2. - P. 420.e1-420.e6.
121. Francci, C. E. Color effects in dental ceramic laminate veneers / C. E. Francci, S. Silva, M. Regis. // Advanced ceramic materials - emerging technologies / editors A. Borrell, R. Benavente. - [S. l.: s. n.], 2025.

122. Freehand vs. depth-gauge rotary instruments for veneer preparation: a controlled randomized simulator study / M. O. Ahlers, G. Cachovan, H. A. Jakstat [et al.] // Journal of prosthodontic research. - 2024. - Vol. 68, № 3. - P. 407-414.
123. He, J. The oral microbiome: a key determinant of oral health / J. He, L. Cheng // Advances in experimental medicine and biology. - 2025. - Vol. 1472. - P. 133-149.
124. Hepdeniz, O. K. Clinical survival of No-prep indirect composite laminate veneers: a 7-year prospective case series study / O. K. Hepdeniz, U. B. Temel. // BMC Oral Health: electronic journal. - 2023. - Vol. 23, № 1.
125. High-strength DLP-printed zirconia for ultra-thin dental veneers / W. Zhao, J. Sun, H. Ding [et al.] // Dental materials. - 2025. - Vol. 41, № 11. - P. 1430-1441.
126. In vitro accuracy of dental 3D printers for the fabrication of laminate veneers with different preparation designs / M. A. Bafandeh, M. Alihemmati, A. J. Ghomi [et al.]. // Journal of dentistry: electronic journal. - 2025. - Vol. 26, № 4. - P. 363-370.
127. In vitro evaluation of laser vs. handpiece for tooth preparation / S. K. Vaddamanu, R. Vyas, K. J. Kavita [et al.] // Journal of pharmacy and bioallied sciences. - 2022. - Suppl. 1. - P. S526-S529.
128. Influence of tooth preparation design and scan angulations on the accuracy of two intraoral digital scanners: an in vitro study based on 3-dimensional comparisons / R. Ammoun, M. S. Suprono, C. J. Goodacre [et al.] // Journal of prosthodontics: official journal of the American College of Prosthodontists. - 2020. - Vol. 29, № 3. - P. 201-206.
129. Intraoral repair of fractured ceramics: a literature review / F. K. Alqarawi, A. A. Alhumaidan, A. Aldakhili [et al.]. // F1000Research: [open research publishing venue for researchers across all disciplines]. - 2022. - Vol. 11.
130. In-vitro influence of the use of an erythritol powder through air polishing on the surface roughness and abrasiveness of various restorative materials / D. Reinhart, P. Singh-Hüsgen, S. Zimmer, M. Bizhang. // PLoS One: electronic journal. - 2022. - Vol. 17, № 7.
131. Kamiloglu, S. The remineralization effect of bioactive glass air abrasion on artificially demineralized enamel surfaces / S. Kamiloglu, H. Gokturk, A. Erel, N. B. Kara, P.

Gul // Journal of Clinical and Experimental Dentistry. - 2023. - Vol. 15, iss. 9. - P. e714-e720.

132. Kargozar, S. Teledentistry accuracy for caries diagnosis: a systematic review of in-vivo studies using extra-oral photography methods / S. Kargozar, M.-P. Jadidfard. // BMC Oral health: electronic journal. - 2024. - Vol. 24, № 1.
133. Khosravi, Z. Effect of powder air polishing and ultrasonic scaling on the marginal and internal interface as well as the surface texture of ceramic veneers / Z. Khosravi, Z. Khamverdi, M. Heydarian, S. Abbasi, A. Etebarian // Clinical Oral Investigations. - 2024. - Vol. 28, iss. 12. - Art. 655.
134. Luo, T. Clinical pathway and preparation method of high-precision tooth shoulder platform / T. Luo, J.-Y. Li, H.-Y. Yu // Hua xi kou qiang yi xue za zhi. - 2020. - Vol. 38, № 6. - P. 712-717.
135. Magne, P. Biomimetic Restorative Dentistry. Vol. 1-2 / P. Magne. - 2nd ed. - Chicago: Quintessence Publishing, 2021. - 848 p.
136. Marcickiewicz, J. A potential link between oral microbiota and female reproductive health / J. Marcickiewicz, M. Jamka, J. Walkowiak. // Microorganisms: electronic journal. - 2025. - Vol. 13, № 3.
137. Marginal fit and fracture resistance of CAD/CAM glass ceramic occlusal veneers with different preparation designs / S. M. Hassan, A. G. Montaser, Z. R. El Sharkawy [et al.]. // BMC oral health: electronic journal. - 2025. - Vol. 25, № 1.
138. Marginal fit of three commonly used veneers for smile enhancement: an in vitro study [online ahead of print] / V. Bandela, S. Sonune, R. Basany [et al.]. // European journal of dentistry. - 2025.
139. Meer Rownaq Ali, A. B. Conventional versus minimally invasive veneers: a systematic review / A. B. Meer Rownaq Ali. // Cureus: electronic journal. - 2023. - Vol. 15, № 9.
140. Microhardness and characterization of human dental tissue after application of enzymatic chemical agents: in vitro study / C. L. Lins-Candeiro, W. Batista-de-Souza, M. Navarro-de-Oliveira [et al.]. // Journal of clinical and experimental dentistry: electronic journal. - 2024. - Vol. 16, № 8. - P. e961-e966.

141. Microhardness and elemental analysis of ion-releasing restoration/dentin interface following enzymatic chemomechanical caries excavation / R. E. Al-Wakeel, H. H. Hamama, D. S. Farahat, S. A. El-Negoly. // BMC oral health: electronic journal. - 2024. - Vol. 24, № 1.
142. Nasr, D. M. Effect of different ceramic materials and dentin sealing on occlusal veneers bond strength and fracture resistance / D. M. Nasr, R. G. AboElHassan. // BMC oral health: electronic journal. - 2025. - Vol. 25, № 1.
143. OCT evaluation of the internal adaptation of ceramic veneers depending on preparation design and ceramic thickness / R. Haak, J. Siegner, D. Ziebolz [et al.] // Dental materials. - 2021. - Vol. 37, № 3. - P. 423-431.
144. Oral microbiota: a major player in the diagnosis of systemic diseases / C. Thomas, M. Minty, A. Vinel [et al.]. // Diagnostics: electronic journal. - 2021. - Vol. 11, № 8.
145. Osman, R. B. Influence of preparation design and build orientation on the accuracy of ceramic-filled composite veneers printed using tilted stereolithography technology. An in vitro study / R. B. Osman, N. M. Alharbi // Journal of dentistry. - 2025. - Vol. 161. - P. [1-7].
146. Perrone M. Longevity of Porcelain Veneers: A Comprehensive Review // Journal of Oral Medicine and Dental Research. — 2025. — Vol. 6, No. 1.
147. Piemjai, M. Improving retention of dental veneers fabricated from an experimental enamel-based biopolymer compared with CAD/CAM hybrid materials / M. Piemjai, C. Donpinprai. // Heliyon: electronic journal. - 2023. - Vol. 9, № 5.
148. Posterior minimally invasive full-veneers: Effect of ceramic thicknesses, bonding substrate, and preparation designs on failure-load and -mode after fatigue / P. C. Gierthmuehlen, A. Jerg, J. B. Fischer [et al.] // Journal of esthetic and restorative dentistry. - 2022. - Vol. 34, № 1. - P. 145-153.
149. Preparation of ultrathin translucent zirconia laminate veneers using 3D printing reduction guides / M. Yousry, I. Hammad, M. El Halawani, M. Aboushelib // The Journal of prosthetic dentistry. - 2024. - Vol. 131, № 4. - P. 548-553.
150. Prosthetic failures in dental implant therapy / I. Sailer, D. Karasan, A. Todorovic [et al.] // Periodontology 2000. - 2022. - Vol. 88, № 1. - P. 130-144.

151. Quantitative analysis and effect of SDF, APF, NaF on demineralized human primary enamel using SEM, XRD, and FTIR / Z. Jabin, I. Nasim, V. Vishnu Priya, N. Agarwal // International journal of clinical pediatric dentistry. - 2021. - Vol. 14, № 4. - P. 537-541.
152. Research progress and clinical application of all-ceramic micro-veneer / Z. Ye, J. Jiang, L. Yang [et al.]. // Materials: electronic journal. - 2023. - Vol. 16, № 8.
153. Resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic occlusal veneers to fatigue and fracture in worn posterior teeth: a systematic review / K. Del Cisne Maldonado, J. A. Espinoza, D. A. Astudillo [et al.] // Dental and medical problems. - 2024. - Vol. 61, № 3. - P. 417-426.
154. Restoring smile with ceramic veneers for a patient with fractured anterior teeth: a case report / A. Sharma, S. Upadhyay, K. Pallavi, A. Kumari. // Zenodo: electronic journal. - 2025. - Vol. 1.
155. Retrospective clinical evaluation of a no-prep porcelain veneer protocol / F. de Angelis, C. D'Arcangelo, R. Angelozzi, M. Vadini // Dental and medical problems. - 2023. - Vol. 129, № 1. - P. 40-48.
156. Retrospective long-term clinical outcome of feldspathic ceramic veneers / S. G. Mihali, D. Lolos, G. Popa [et al.]. // Materials: electronic journal. - 2022. - Vol. 15, № 6.
157. Romeo, G. Non-prep veneer technique: an analytical laboratory model approach / G. Romeo, G. Iliev // The international journal of esthetic dentistry. - 2022. - Vol. 17, № 2. - P. 152-161.
158. Rubber dam isolation for bonding ceramic veneers: a five-year post-insertion clinical report / C. A. Jurado, N. G. Fischer, M. E. Sayed [et al.]. // Cureus: electronic journal. - 2021. - Vol. 13, № 12.
159. Schroeder, G. Influence of the preparation design on the survival probability of occlusal veneers / G. Schroeder, P. Rösch, K.-H. Kunzelmann // Dental materials. - 2022. - Vol. 38, № 4. - P. 646-654.

160. Semidirect resin composite veneers in a patient with bruxism / F. Floriani, N. F. Coelho, L. de Azevedo Linhares [et al.]. // Case reports in dentistry: electronic journal. - 2024. - Vol. 2024, № 1.
161. Shingare, P. An in vitro microleakage study for comparative analysis of two types of resin-based sealants placed by using three different types of techniques of enamel preparation / P. Shingare, V. Chaugule // International journal of clinical pediatric dentistry. - 2021. - Vol. 14, № 4. - P. 475-481.
162. Smielak, B. A prospective comparative analysis of the survival rates of conventional vs no-prep/minimally invasive veneers over a mean period of 9 years / B. Smielak, O. Armata, W. Bojar // Clinical oral investigations. - 2022. - Vol. 26, № 3. - P. 3049-3059.
163. Smielak, B. Clinical longevity and trend analysis of 801 ultrathin ceramic veneers: a clinical cohort study / B. Śmielak, O. Armata, K. Bociong // The Journal of prosthetic dentistry. - 2024. - Vol. 131, № 6. - P. 1084-1092.
164. Sonar, P. R. Anterior aesthetic rehabilitation for midline diastema closure with veneers: a case report / P. R. Sonar, A. S. Panchbhai, S. Vaidya. // Cureus: electronic journal. - 2023. - Vol. 15, № 11.
165. Spot-etch technique and other adhesive strategies for provisional veneers / C. S. Dos Santos, G. F. de Souza, L. M. Lourenço [et al.] // The international journal of esthetic dentistry. - 2024. - Vol. 19, № 3. - P. 282-293.
166. Survival and complication rates of ceramic partial coverage restorations (PCRs) and ceramic laminate veneers made of different types of ceramics. Consensus statement from SSRD, SEPES, and PROSEC conference on minimally invasive restorations / F. Beuer, S. Pieralli, F. Spitznagel [et al.] // Journal of esthetic and restorative dentistry. - 2025. - Vol. 37, № 3. - P. 664-668.
167. Survival and complication rates of feldspathic, leucite-reinforced, lithium disilicate and zirconia ceramic laminate veneers: a systematic review and meta-analysis / P. Klein, F. A. Spitznagel, A. Zembic [et al.] // Journal of esthetic and restorative dentistry. - 2025. - Vol. 37, № 3. - P. 601-619.

168. Survival of ceramic veneers: impact of dentin exposure and tooth vitality after 1 to 15 years of follow-up / O. Etienne, C. J. Wang, R. Bourgi [et al.] // Journal of esthetic and restorative dentistry. - 2025. - Vol. 37, № 2. - P. 2519-2532.
169. The influence of a novel, crenelated design of CAD-CAM ceramic veneers on the debonding strength / A.-C. Măroiu, A. Jivănescu, D.-A. Șerban [et al.]. // Materials: electronic journal. - 2023. - Vol. 16, № 10.
170. The mechanical properties, tribological behaviors and color stability of a feldspar nanoceramics strengthening extrinsic stain for high-translucent zirconia / Y. Shui, Y. Zhang, T. Luo [et al.] // Journal of the mechanical behavior of biomedical materials. - 2023. - Vol. 140. - P. [1-10].
171. The oral microbiome as mediators in the association between smoking and all-cause mortality / Y. Xu, X. Leng, Q. Liu [et al.]. // Journal of oral microbiology: electronic journal. - 2025. - Vol. 17, № 1.
172. The role of preparation geometry in ceramic veneers: a comprehensive literature review / S. Talpos, F. Titihazan, I. Veja [et al.]. // Medicine in evolution: electronic journal. - 2025. - Vol. 31, № 2. - P. 120-134.
173. Three-dimensional quantification of enamel preservation in tooth preparation for porcelain laminate veneers: a fully digital workflow in vitro study / J. Gao, L. Jia, X. Tan, H. Yu // Operative dentistry. - 2022. - Vol. 47, № 2. - P. 183-189.
174. Tooth discoloration caused by endodontic treatment: a cross-sectional study / J. Bosenbecker, F. J. Barbon, N. de Souza Ferreira [et al.] // Journal of esthetic and restorative dentistry. - 2020. - Vol. 32, № 6. - P. 569-574.
175. Tunnel restoration: a minimally invasive dentistry practice / M. Z. Nizami, C. Yeung, I. X. Yin [et al.]. // Clinical, cosmetic and investigational dentistry: electronic journal. - 2022. - Vol. 14. - P. 207-216.
176. Ultrathin CAD-CAM glass-ceramic and composite resin occlusal veneers for the treatment of severe dental erosion: an up to 3-year randomized clinical trial / L. H. Schlichting, T. H. Resende, K. R. Reis [et al.]. // The Journal of prosthetic dentistry: electronic journal. - 2022. - Vol. 128, № 2. - P. 158.e1-158.e12.

177. Ultrathin ceramic veneers in the aesthetic zone: a 36-month retrospective case series / O. Gonzalez-Martin, G. Avila-Ortiz, A. Torres-Muñoz [et al.] // The International journal of prosthodontics. - 2021. - Vol. 34, № 5. - P. 567-577.
178. Ultrathin feldspathic ceramic veneers: a pilot sem evaluation of etched intaglio surfaces / O. Gonzalez-Martin, D. D. Solar, J. Perez [et al.] // The International journal of periodontics and restorative dentistry. - 2024. - Vol. 44, № 1. - P. 59-69.
179. Using artificial intelligence to predict the final color of leucite-reinforced ceramic restorations / C. Jr. Kose, D. Oliveira, P. N. Pereira, M. G. Rocha // Journal of esthetic and restorative dentistry. - 2023. - Vol. 35, № 1. - P. 105-115.
180. Vahedi, M. Investigating the effective parameters in dental air abrasion and its interaction with tooth structure: a systematic review / M. Vahedi, M. V. Golpayegani, A. S. Milani // Journal of Biomedical Physics & Engineering. - 2024. - Vol. 14, iss. 2. - P. 109-122.
181. Vailati, F. 3STEP Additive Prosthodontics / F. Vailati. - Milan: Quintessence Publishing, 2024. - 600 p.
182. Vertical marginal gap and internal fit of virgilite-based lithium disilicate glass ceramic veneers with different preparation designs / A. Rizk, A. Abdou, A. M. Samy [et al.]. // Journal of prosthodontics. - 2024.
183. Yu, H. Y. Guided micro tooth preparation: from new strategies to new clinical practices / H. Y. Yu // Zhonghua kou qiang ke za zhi. - 2020. - Vol. 55, № 10. - P. 710-715.
184. Yu, H.-Y. Questions about the numerical value and quantitative data transfer of tooth preparation - from experience guidance to digital guidance / H.-Y. Yu // Hua xi kou qiang yi xue za zhi. - 2021. - Vol. 39, № 1. - P. 9-19.
185. Zirconia restoration types, properties, tooth preparation design, and bonding. A narrative review / T. A. Sulaiman, A. A. Suliman, A. A. Abdulmajee, Y. Zhang // Journal of esthetic and restorative dentistry. - 2024. - Vol. 36, № 1. - P. 78-84.