

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СТОМАТОЛОГИИ И ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ХИРУРГИИ» МИНЗДРАВА
РОССИИ

На правах рукописи

АКСЕЛЬРОД ИГОРЬ БОРИСОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ФИКСАЦИИ КОРОНОК ИЗ
ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ**

3.1.7 Стоматология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

Лосев Фёдор Фёдорович,

доктор медицинских наук,

профессор

Москва – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	12
1.1 Диоксид циркония в современной ортопедической стоматологии.....	12
1.2 Проблема фиксации ДЦ зубных протезов	16
1.3 Виды материалов для фиксации зубных протезов из ДЦ. Используемые протоколы, преимущества и недостатки цементов	18
1.4 Подготовка поверхности зубных протезов из ДЦ к фиксации. Концепция APC	22
1.5 Механические и физические методы подготовки поверхности зубных протезов из диоксида циркония к фиксации	23
1.6 Химические методы подготовки поверхности зубных протезов из диоксида циркония к фиксации	29
1.7 Российские материалы для фиксации зубных протезов из диоксида циркония	34
1.8 Заключение	35
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ	38
2.1 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	38
2.1.1 Общая характеристика изученных материалов	39
2.1.1.1 Стоматологическая полупрозрачная керамика на основе диоксида циркония	39
2.1.1.2 Стоматологические материалы для фиксации керамических зубных протезов	41
2.1.1.3 Зуботехнические растворы для подготовительной обработки поверхности керамики на основе диоксида циркония к фиксации.....	45

2.1.2 Характеристика керамических образцов для изучения прочности адгезионного соединения	47
2.1.2.1 Характеристика образцов для испытания адгезионной прочности по ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009).....	47
2.1.2.2 Характеристика керамических образцов для изучения адгезионной прочности по методике ОЭЗ «ВладМиВа».....	49
2.1.3 Методика изучения прочности адгезионного соединения при испытании на сдвиг по ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009), п.7.15.....	51
2.1.4 Методика изучения прочности адгезионного соединения при испытании на сдвиг, предложенная ОЭЗ «ВладМиВа».....	53
2.2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ КЛИНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	54
2.2.1 Общая характеристика пациентов	54
2.2.2 Общая характеристика фиксированных керамических протезов.....	56
2.2.3 Методика клинических исследований	56
2.3 Методика статистической обработки полученных результатов.....	59
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	61
3.1 Результаты лабораторных исследований.....	61
3.2 Результаты клинических исследований.....	72
3.2.1 Оптимальная методика фиксации керамических зубных протезов из диоксида циркония композитно-компомерным материалом «Компофикс».....	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	77
ВЫВОДЫ	83
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	85
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	86

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ГОСТ – государственный стандарт

ДЦ – диоксид циркония

КХС – кобальто-хромовый сплав

МК – металлокерамика

ОЭЗ – опытно-экспериментальный завод

СИЦ – стеклоиономерный цемент

АСЕ – Американская стоматологическая ассоциация

bis-GMA – бисфенол А глицидил метакрилат

CV – коэффициент вариации

ISO – International Organization for Standardization

MEPS – тиофосфорный метакрилат

4-META – 4-метакрилоксиэтил тримеллититный ангидрид

10-МДФ – 10-метакрилоксидецил дигидрофосфат

10-MDP – 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

Качественное эстетическое и функциональное восстановление дефектов зубных рядов – цель лечения в ортопедической стоматологии, которая в свою очередь поднимает вопросы выбора конструкционного материала и методики фиксации зубных протезов (вкладок, коронок и мостовидных протезов на зубах и имплантатах). На сегодняшний день имеется широкий спектр материалов и методик, однако оптимальный выбор всегда диктуется клинической картиной конкретного пациента с учётом физико-химических свойств материалов и технологии их применения.

Тема надёжной фиксации несъёмных зубных протезов весьма актуальна, поскольку во многом определяет сроки службы таких протезов. Зачастую особенности анатомии опорных объектов (такие, как низкая высота коронковой части зуба, повышенная конусность) требуют более высокой степени фиксации, нежели это могут обеспечить традиционные методы и цементы. Для многих типов керамических конструкций такую более высокую и надёжную степень фиксации обеспечивают композиционные цементы и соответствующие методы подготовки поверхности зубов и прилежащей керамики. Однако их применение с целью фиксации керамики на основе диоксида циркония показали существенно меньшую эффективность, что заставило многих исследователей обратить свое внимание на данную проблему.

Следует отметить, что эта тема получила широкое освещение в зарубежной литературе. В отечественных исследованиях подготовке поверхности диоксид циркониевых зубных протезов уделялось меньшее внимание, поскольку материалы, используемые с этой целью, долго не производились отечественной медицинской промышленностью. Тем не менее, за последние годы стали появляться и отечественные материалы такого класса.

Стабилизированный иттрием диоксид циркония является востребованным конструкционным материалом в ортопедической стоматологии. Этот материал используют для изготовления несъемных мостовидных зубных протезов, коронок, вкладок и абатментов имплантатов. Он обладает высокой прочностью [24], биоинертностью, гипоаллергенностью и эстетичностью. Кроме того, керамика на основе диоксида циркония обладает диэлектрическими свойствами, что позволяет избежать эффекта гальванизма, а ее низкая теплопроводность дает возможность изготавливать зубные протезы на витальных зубах [49]. Отдельно стоит отметить низкую цитотоксичность и минимальную бактериальную адгезию к поверхности диоксид циркониевой керамики [26].

Тем не менее, имеется ряд методологических сложностей при работе с этим конструкционным материалом. Например, при использовании зубных протезов на основе диоксида циркония невозможно его травление как стеклокерамики, что усложняет проведение адгезионной фиксации реставраций. Немногочисленные статьи, опубликованные в базах данных eLIBRARY.RU, PubMed, WebofScience, Medline, а также в российских стоматологических журналах, пока не позволяют ответить на ряд вопросов, актуальных для практикующего врача стоматолога-ортопеда. Имеющиеся результаты исследований нуждаются в анализе и систематизации способов подготовки поверхности ортопедических конструкций из диоксида циркония перед фиксацией. Производители фиксирующих и вспомогательных материалов часто предлагают разные решения для выполнения клинических манипуляций с диоксид циркониевыми зубными протезами, поскольку отсутствует универсальный протокол фиксации. Таким образом, проблема подготовки поверхности диоксид циркониевой керамики к фиксации на сегодняшний день остается актуальной, поскольку как врачи-исследователи, так и практикующие врачи не пришли к единому мнению, какой именно протокол является наиболее стабильным и простым в реализации.

Исходя из всего вышесказанного, вопрос качественной долговременной фиксации зубных протезов из диоксида циркония представляется крайне актуальным в практической стоматологии.

Степень разработанности темы

Вопросам проблемы фиксации зубных протезов посвящены диссертационные работы [65][66][69], в которых авторы исследовали влияние выбора цемента на адгезионную прочность соединения. Однако в данных работах не изучены вопросы подготовки поверхности диоксид циркониевой керамики перед фиксацией. Это направление исследований получило свое отражение в публикациях [55][59]. Показано, что исследуемые методики подготовки поверхности диоксид циркониевой керамики имеют свои преимущества и недостатки, а результаты их применения являются противоречивыми, что обосновывает необходимость дальнейшего изучения этого направления. Помимо этого, на рынке стоматологических материалов представлен [106] отечественный праймер для зубных протезов из диоксида циркония, но отсутствуют исследования по его клиническому применению и сравнительный анализ относительно других методик подготовки поверхности.

Цель работы

Улучшение качества протезирования зубных рядов путем повышения прочности фиксации реставраций из керамики на основе диоксида циркония.

Задачи исследования

1. Сравнить прочность адгезионного соединения полимерных цементов отечественного и зарубежного производства к отечественной керамике на основе полупрозрачного диоксида циркония с использованием праймеров на основе 10-метакрилоксидецил дигидрофосфата (10-МДФ) по методикам ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009) и ОЭЗ «ВладМиВа» (Патент RU № 2740252С1).

2. Сравнить в эксперименте влияние на прочность адгезионного соединения полимерного цемента к отечественной керамике на основе диоксида циркония кислотного травления растворами отечественного и зарубежного производства.
3. Определить оптимальную методику подготовки к фиксации зубных протезов из отечественной керамики на основе полупрозрачного диоксида циркония на основании результатов сравнения собственных лабораторных исследований.
4. Провести клиническую апробацию предложенной методики фиксации зубных протезов из отечественной керамики на основе полупрозрачного диоксида циркония с применением праймера отечественного производства.

Научная новизна

Впервые проведено исследование адгезионной прочности соединения полимерных цементов отечественного и зарубежного производства со специально (механически и химически) подготовленной поверхностью отечественной полупрозрачной керамики на основе диоксида циркония.

Впервые проведено сравнение показателей адгезионной прочности, полученных двумя различными методами: по ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009), а также по методике ОЭЗ «ВладМиВа» (Патент RU № 2740252С1).

Получены новые данные о микрошероховатости поверхности диоксида циркония после пескоструйной обработки и кислотного травления специальным отечественным составом. Установлено, что по данному показателю методики обработки достоверно не различаются.

Впервые получены данные о клинической эффективности применения отечественного фосфатного праймера при фиксации диоксид циркониевых протезов.

Практическая значимость

Дано научно-практическое обоснование целесообразности применения отечественного фосфатного праймера для улучшения фиксации зубных протезов на основе диоксида циркония.

Методология и методы исследования

Выполнено комплексное лабораторное и клиническое исследование для достижения цели, поставленной в диссертационной работе.

Лабораторная часть исследования включала в себя испытание адгезионной прочности методом сдвига в соответствии с ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009), а также по методике ОЭЗ «ВладМиВа» (Патент RU № 2740252С1) с использованием испытательных машин «ZwickRoell Z010» (Zwick, Германия) и «Instron 2519-107» (Instron, США). Методика изготовления образцов, их количество и размеры соответствовали требованиям выше указанных стандартов. Полученные результаты оценены с использованием статистической обработки в программах Медицинская статистика (Medstatistic.ru) и BioStat.

В клинической части диссертационной работы проведено ортопедическое лечение 42 пациентов. Основная группа была сформирована больными (n=20) с дефектами жевательных групп зубов, для которых были изготовлены одиночные коронки и вкладки из отечественной стоматологической керамики на основе диоксида циркония «Ziceram T». Фиксация коронок и вкладок осуществлялась по разработанной методике, представленной в лабораторной части работы. Группа сравнения (контрольная группа) включала больных (n=22), сопоставимых по полу, возрасту и стоматологическому статусу; их зубные протезы были изготовлены из керамики на основе диоксида циркония «Ziceram T», но зафиксированы по методике, разработанной производителем Ivoclar Vivadent, Лихтенштейн. Качество проведенного ортопедического лечения оценивали ежемесячно в течение 9 месяцев с использованием методов стандартного клинического обследования.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Показатели адгезионной прочности соединения и микрошероховатости отечественной стоматологической керамики на основе диоксида циркония «Ziceram T» напрямую зависят от методики подготовки поверхности.
2. Разработана методика фиксации зубных протезов из отечественной стоматологической керамики на основе диоксида циркония «Ziceram T» с пескоструйной обработкой поверхности Al_2O_3 50-75 мкм под давлением 0.5 атм и нанесением праймера на основе фосфат-содержащего метакрилового мономера 10-МДФ.
3. В лабораторных и клинических условиях убедительно доказана возможность и целесообразность использования отечественного праймера и цемента «Компофикс» в сочетании с пескоструйной обработкой поверхности зубных протезов для улучшения их прочности фиксации в полости рта.

Степень достоверности полученных результатов

Лабораторная часть работы выполнена на сертифицированном поверенном оборудовании. Клинические исследования реализованы согласно принципам доказательной медицины. Достоверность полученных различий подтверждена адекватными методами статистического анализа.

Основные положения диссертационного исследования были доложены и обсуждены на:

1. Всероссийской межвузовской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Актуальные вопросы стоматологии», 27.05.2021 г.
2. II Всероссийской Межвузовской научно-практической конференции «Актуальные вопросы стоматологии», 25.05.2022 г.
3. Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных с международным участием «Актуальные вопросы стоматологии», 16.04.2024 г.

Личное участие автора

Автор осуществлял подбор литературных источников, анализ и обобщение данных, подготовку для публикации обзорных и оригинальных статей, тезисов (совместно с соавторами). Также автор изготавливал образцы из отечественной стоматологической керамики на основе диоксида циркония «Ziceram T» с различными методиками обработки поверхности, участвовал в испытаниях прочности адгезионного соединения методом сдвига по 2 методикам: ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009) и ОЭЗ «ВладМиВа» (Патент RU № 2740252С1). Принимал участие в клиническом приеме пациентов с дефектами коронок жевательных групп зубов, их ортопедическом лечении и динамическом наблюдении за результатами протезирования. Оформлял всю необходимую документацию, выступал с докладами на конференциях.

Публикации

По материалам настоящего исследования опубликовано 7 печатных работ, из них 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 3 статьи в иных печатных изданиях.

Объем и структура диссертации

Диссертационная работа содержит «Введение», «Обзор литературы», «Материалы и методы исследования», «Результаты собственных исследований», «Заключение», «Выводы», «Практические рекомендации» и «Список литературы». Обзор литературы включает 107 литературных источников, среди которых 60 отечественных авторов и 47 – иностранных.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Диоксид циркония в современной ортопедической стоматологии

В настоящее время стабилизированный иттрием диоксид циркония (ДЦ) является высоко востребованным материалом при протезировании зубов и зубных рядов. Его используют для изготовления несъемных мостовидных зубных протезов, коронок, вкладок и абатментов имплантатов [1][2][3]. Материал отличается высокой прочностью [4], при этом современные методики изготовления заготовок данного материала позволяют сделать его достаточно эстетичным [5], чтобы отвечать высоким требованиям современной ортопедической стоматологии [6][7][8].

Стоматологическая керамика на основе диоксида циркония за последние 10 лет продолжает вызывать большой интерес у практикующих врачей-ортопедов и исследователей. Мы провели наукометрический анализ частоты публикаций в базе данных eLIBRARY.RU (РИНЦ) за последние 20 лет, по ключевым словам «диоксид циркония зубные протезы». Были найдены 232 публикации за 2003-2013 гг., а за период 2014-2024 гг. – 775 публикаций. По этим результатам можно сделать выводы, что интерес к вопросам, связанным с ДЦ, вырос более, чем в 3 раза и продолжает расти. Всего имеется 1007 публикаций за последние 20 лет.

Зарубежные специалисты также публикуют большее количество исследований, связанных с характеристиками, проблемами и технологией фиксации диоксид циркониевой керамики. В научной базе данных PubMed проведен поиск публикаций за последние 20 лет по следующим ключевым словам: «zirconia denture». Найдено 366 публикаций за 2003-2013 гг. и 532 за период 2014-2024 гг. Из этого следует, что зарубежные авторы стабильно проводят исследования, связанные с ДЦ, при этом также наблюдается увеличение числа опубликованных статей: нами найдено 898 публикаций за 20 лет.

Для оценки актуальности темы нашего диссертационного исследования был проведен подробный анализ публикаций в базе данных eLIBRARY.RU (РИНЦ) за

последние 5 лет. Установлено, что в названиях 55 публикаций содержатся ключевые слова «диоксид циркония», при этом 80% из них посвящены материаловедческим и технологическим аспектам, и только в 20% статей описываются клинические особенности применения протезов из ДЦ. Клинической апробации несъемных зубных протезов из отечественного диоксида циркония также посвящены некоторые работы [9][10][11][12][13][14]. Однако особенностям изготовления зубных протезов по Chairside технологии посвящено всего одно исследование [15].

Проблемы эстетичности зубных протезов из диоксида циркония исследовались в нескольких работах [16][17][18][19][20]. Сравнению клинических показаний к протезам из ДЦ и дисиликата лития посвящены работы [21] и [22]. При этом в работе [23] рассмотрены вопросы протезирования конструкциями из ДЦ с опорой на имплантатах при полном отсутствии зубов. Проблемам имплантации с применением диоксид циркония также посвящены работы [24][25][26].

Имеется одно клиническое исследование Н.О. Гука, 2023 [27], посвященное ортопедическому лечению эндокоронками (монолитными конструкциями, которые восстанавливают анатомическую коронку зуба после депульпирования, при этом их внутренняя часть заполняет пульповую камеру) из ДЦ. Также в работе П.М. Реутова, 2023 [28] исследована реакция пародонта на зубные протезы из ДЦ в сравнении с зубными протезами из КХС. Две другие работы [29][30] посвящены проблемам цифрового моделирования окклюзионной поверхности зубных протезов из диоксида циркония, индивидуализации нанесения облицовочной керамики. Проблемы прочности зубных протезов из ДЦ изучены в работе М.В. Джалаловой, 2023 [31] (штифтовые конструкции). Кроме того, работа Е.А. Ненашевой, 2023 [32] посвящена использованию метода акустической микроскопии для оценки прочности ДЦ.

Технологические аспекты, – а именно влияние пескоструйной обработки, механической обработки борами на структуру и свойства ДЦ, изучены в работах

[33][34][80]. Разработкам новых рецептур керамики на основе ДЦ посвящены два других исследования [36] и [37].

Особое внимание привлекает проблема влияния адгезионных свойств материалов для фиксации протезов из ДЦ. Вопросу подготовки поверхности диоксид циркониевой керамики перед фиксацией посвящена работа собственная работа Аксельрода И.Б., 2023 [38]. В еще одном исследовании Д.А. Сахабиевой, 2021[39] изучено влияние экспресс-режимов обжига на прочность ДЦ керамики и адгезии к ней при фиксации. Изменение прочностных и адгезионных свойств супраструктурных элементов из диоксида циркония после механической обработки рассмотрено в публикации группы Ф.А. Хазизовой с соавт. 2021 [40]. Влияние скоростного обжига керамического материала на основе ДЦ на показатели прочности, цвета и адгезии изучила группа других исследователей [19].

Диоксид циркония, как уже упоминалось выше, является биоинертным материалом, не вызывает аллергических реакций и искажения цвета мягких тканей в области края зубного протеза [8]. В последние годы появились полупрозрачные варианты керамики на основе диоксида циркония [41], и именно поэтому теперь также можно изготавливать виниры и частичные протезы (например, окклюзионные накладки) из этого материала в клинических случаях с высокой окклюзионной нагрузкой [42]. Исходя из вышесказанного, очевидно, что зубные протезы из ДЦ являются высоко востребованными и перспективными в ортопедической стоматологии [41][21].

Тем не менее, вопрос успеха протезирования с использованием ДЦ протезов остается актуальным при динамическом наблюдении пациентов. Керамика на основе ДЦ является стабильным и биоинертным материалом [5][21], однако протезы (виниры, окклюзионные накладки и т.д.) из этого материала достаточно сложно подготовить к фиксации в полости рта [44]. Качественное изготовление зубного протеза, методики подготовки его поверхности к фиксации, правильно подобранные фиксирующие материалы и надлежащий контроль фиксации

являются основными факторами, влияющими на успешные отдаленные результаты стоматологического ортопедического клинического лечения [45].

При использовании частичных зубных протезов на основе диоксида циркония практикующие врачи стоматологи-ортопеды сталкиваются с рядом сложностей, поскольку диоксид циркония нельзя протравить плавиковой кислотой, как стеклокерамику, и это усложняет проведение адгезионной фиксации реставраций [55]. За последнее десятилетие были изучены и проанализированы различные методики фиксации зубных протезов из диоксида циркония. Предложены различные варианты протоколов, которые включают механическую (шлифование, пескоструйная обработка) и химическую подготовку поверхности (нанесение праймеров или адгезивов) [46][47].

Так, например, в работе Ozcan M. и Bernasconi M. [46] изучены варианты протоколов механической подготовки, в том числе пескоструйная обработка с различной дисперсностью частиц и шлифовка. При этом в сочетании с данными методами подготовки поверхности используются различные цементы для фиксации конструкций (композитные цементы на основе bis-GMA, MDP и 4-META, самоадгезивные цементы, СИЦ).

В работе Khan A. [47] подробно описаны варианты протоколов химической подготовки поверхности реставраций, при которых используют материалы, содержащие фосфатные мономеры, применяют различные силаны и праймеры, а также селективное инфльтрационное травление кислотами.

Немногочисленные статьи, опубликованные в базах данных eLIBRARY.RU, PubMed, WebofScience, Medline, а также в российских стоматологических журналах, на сегодняшний день не позволяют ответить на ряд вопросов, актуальных для практикующего врача стоматолога-ортопеда. Имеющиеся результаты исследований нуждаются в анализе и систематизации способов подготовки поверхности ортопедических реставраций из диоксида циркония перед фиксацией. Исследователи группы Thompson J. [48] попытались

систематизировать имеющиеся технологии для обработки поверхности зубных протезов из диоксида циркония и пришли к выводу, что все еще не найден единый подход к подготовке и фиксации этих конструкций с прогнозируемым клиническим исходом.

Исходя из вышесказанного, разработка оптимального протокола фиксации зубных протезов из ДЦ с использованием различных цементов весьма актуальна с научных и практических позиций.

1.2 Проблема фиксации ДЦ зубных протезов

При протезировании пациентов с помощью керамики на основе диоксида циркония клиницисты могут испытывать трудности, поскольку существует большое число различных протоколов фиксации протезов и нет общепринятых стандартов лечения [49]. Несоблюдение технологии подготовки поверхности протеза к фиксации может привести к осложнениям при протезировании дефекта зубного ряда, вплоть до полной расцементировки протеза в полости рта [50].

Показано, что процент преждевременного нарушения фиксации протеза варьирует от 2% до 50%, при этом количество осложнений за первый год после фиксации достаточно высокое и, по некоторым данным, составляет 22% [51][52].

Исследователи группы Lawson, N. C. [50] провели опрос 277 членов Американской стоматологической ассоциации (ACE), согласно результатам которого 52% респондентов отмечают более частую проблему расцементировки протезов из ДЦ по сравнению с металлокерамическими протезами.

В другом исследовании С. С. Хубаев и соавт. [53] сравнили металлокерамику, прессованную керамику и диоксид циркониевую керамику в качестве конструкционных материалов для протезов на зубах и имплантатах. Для оценки состояния искусственных коронок использовались критерии системы USHPS (Ryge) по трехбалльной шкале оценки. Изучены осложнения при отдаленных результатах протезирования 167 пациентов. По параметру «расцементировка» протезы из ДЦ-керамики демонстрировали нарушение или полное разрушение

фиксации на зубах у 4,7% испытуемых, что меньше, чем при протезировании МК протезами – 6,1%, однако больше, чем при использовании протезов из прессованной керамики – 4,4% расцементировок коронок.

Ю. А. Вокулова и Е. Н. Жулев [54] в своем исследовании провели клиническую оценку эффективности ортопедического лечения несъемными протезами, изготовленными с применением цифровых технологий. В клиническом испытании участвовали 90 пациентов, им было изготовлено 184 искусственных коронки, среди которых – 29 на каркасах из ДЦ. Расцементировка возникла в 1.3% случаев через год после фиксации несъемных протезов.

В работе Лебедеко И.Ю. и соавт. [55], посвященной адгезии цемента к керамическим зубным протезам из диоксида циркония, показаны варианты механической обработки поверхности: пескоструйная обработка, трибохимическое покрытие кремнеземом, обработка суспензией с частицами диоксида циркония, обработка электрическим разрядом и обработка лазером. По мнению авторов, не все методы обработки поверхности положительно влияют на адгезию реставраций из диоксида циркония. В частности, представлены данные о том, что такие методы, как шлифовка наждачной бумагой или различными (SiC и Al₂O₃) головками, пескоструйная обработка абразивными частицами размером от 50 до 250 мкм, шлифовка алмазными борами, обработка суспензиями с частицами диоксида циркония не позволяют достаточно повысить прочность адгезии ДЦ с полимерным цементом.

Производители фиксирующих и вспомогательных материалов часто предлагают разные решения для выполнения клинических манипуляций с диоксид циркониевыми конструкциями, поскольку отсутствует стандартизированный протокол фиксации. Например, компания 3M ESPE в инструкции к своему универсальному самоадгезивному цементу для фиксации протезов RelyX™ U200 предлагает подвергнуть поверхность ДЦ пескоструйной обработке Al₂O₃ с размером частиц 30 или 50 мкм под давлением 2 бар, либо использовать систему CoJet в сочетании с силаном [56]. С другой стороны, компания Ivoclar Vivadent в

инструкции к своему композитному цементу Variolink® Esthetic DC рекомендует следовать рекомендациям изготовителя диоксид циркониевой заготовки, например, пескоструйно обработать поверхность оксидом алюминия с размером частиц 100 мкм, а затем нанести однокомпонентный универсальный адгезив Monobond Plus [57].

На практике далеко не все специалисты учитывают требования к подготовке поверхности, которые указывают производители диоксида циркония для фиксации реставрации в полости рта, а используют свои личные предпочтения.

Вышесказанное свидетельствует о безусловной необходимости разработки и научного обоснования оптимального протокола для фиксации ДЦ протезов.

1.3 Виды материалов для фиксации зубных протезов из ДЦ. Используемые протоколы, преимущества и недостатки цемента

Для «традиционной» фиксации реставраций используют цинкфосфатные, поликарбоксилатные, стеклоиономерные цементы (СИЦ) и СИЦ, модифицированные полимером [58].

По мнению некоторых авторов [59], цинкфосфатные и поликарбоксилатные цементы не позволяют получить хорошие отдаленные результаты при фиксации ДЦ.

СИЦ и модифицированные СИЦ широко применяются в современной стоматологической практике, однако, по мнению тех же авторов [59], их использование не позволяет достичь высоких показателей ретенции ДЦ протезов, несмотря на ряд преимуществ (высвобождение фторидов, низкий коэффициент термического расширения, образование химической связи с твердыми тканями зуба).

Традиционная фиксация реставраций состоит из следующих этапов [58]: припасовка протеза; очистка и высушивание внутренней поверхности протеза; очистка, высушивание и изоляция препарированных тканей зуба; замешивание цемента по инструкции, нанесение на внутреннюю поверхность протеза, фиксация

в полости рта; удаление излишков фиксирующего материала; проверка окклюзии, окклюзионная коррекция при необходимости.

Установлено, что применение традиционных цемента и традиционной методики фиксации ДЦ зубных протезов нередко приводит к таким осложнениям, как дисколорит, нарушение краевого прилегания из-за недостаточно надёжного и прочного соединения фиксирующего материала с поверхностью керамического протеза [60].

Например, в работе Yang L [60] показано, что СИЦ, модифицированные полимером, имеют более низкие модуль упругости и адгезионную прочность соединения диоксид циркониевых образцов с предварительно полимеризованными композитными цилиндрами при испытании на трехточечный изгиб, по сравнению композитными цементами: модуль упругости СИЦ равен 12,5 ГПа против 15,5-17,5 ГПа у композитных цементах ($p < 0,05$), адгезионная прочность соединения с ДЦ при изгибе у СИЦ равна 80 МПа против 150-185 МПа у композитных цементах ($p < 0,05$).

Еще одним фиксирующим материалом для протезов на основе диоксида циркония является полимерный цемент химического или двойного типа отверждения. Материалы этой группы обладают более высокой адгезией и прочностью при сжатии, более низкой растворимостью, а также возможностью более точного выбора цвета фиксирующего материала и, как следствие, лучшей эстетикой реставрации [59][61].

В частности, в работе Gargari M [61] показано, что композитный цемент на основе фосфат-содержащего метакрилового мономера 10-MDP (10-Methacryloyloxydecyl dihydrogenphosphate) в сочетании с пескоструйной обработкой поверхности реставрации показал наиболее высокую прочность адгезии и стабильность при искусственном старении.

Работа [62] посвящена сравнению двух полимерных цементах (RelyX Ultimate и Panavia V5) и комбинаций праймеров (Tooth Primer, Clearfil Ceramic

Primer и Scotchbond Universal Adhesive). Отмечено, что самая высокая адгезионная прочность соединения образцов из диоксида циркония с дентином, равная $19,4 \pm 4,4$ МПа, достигнута при использовании единой системы одного производителя. Авторы рекомендуют использовать компоненты одного производителя с полным соблюдением инструкции.

Однако керамика на основе диоксида циркония не содержит стеклофазы, и, в отличие от стеклокерамики, не поддается воздействию фосфорной (H_3PO_4) или плавиковой кислотой (HF), которые создают микромеханическую ретенцию между цементом и фиксируемым стеклокерамическим протезом. В связи с этим адгезия композитного цемента к ДЦ керамике ниже, чем к стеклокерамике. В клинической практике такая особенность диоксида циркония может приводить к нарушению краевого прилегания протеза, снижению прочности адгезии и, как следствие, разрушению адгезионного соединения реставрации с опорными конструкциями в полости рта [44].

Как правило, методика фиксации диоксид циркониевых зубных протезов на полимерный цемент включает в себя следующие этапы [58]: припасовка протеза; очистка протеза после припасовки; пескоструйная обработка внутренней поверхности протеза частицами оксида алюминия размером 50 мкм (под давлением 1 атм с расстояния 10 мм); пароструйная обработка; нанесение праймера на основе фосфат-содержащего метакрилового мономера на внутреннюю поверхность протеза, в соответствии с рекомендациями производителя; обработка поверхности препарированных зубов в соответствии с рекомендациями производителя цемента; фиксация протеза в полости рта, удаление излишков материала; проведение световой полимеризации цемента; проверка окклюзии, окклюзионная коррекция при необходимости.

За последние десятилетия было проведено множество исследований, которые подтверждают необходимость дополнительной обработки протеза из керамики на основе диоксида циркония праймером и/или адгезивом перед фиксацией.

В работе Zakavi F. [63], в частности, показано, что использование универсального адгезива двойного отверждения «Futurabond U» позволяет значительно увеличить прочность адгезии полимерного цемента к диоксиду циркония после термоциклирования. Значение прочности соединения на сдвиг у «Futurabond U» при испытаниях в этой работе равнялось 16,87 МПа и было достоверно выше, чем у «Z-Prime» и «Adper Single Bond 2» ($p \leq 0,05$) – 11,65 МПа и 6,87 МПа, соответственно.

Dogan, S. и Raigrodski, A. J. [64] сравнили цинкфосфатный цемент («Phosacem», Ivoclar Vivadent), СИЦ («Ketac™ Cem», 3M Oral Care), СИЦ, модифицированный полимером («RelyX™ Luting», 3M Oral Care) и полимерный цемент («RelyX Unicem») для фиксации ДЦ протезов. Они получили следующие результаты: частота расцементировки коронок через 3 года составила 12,5% для цинкфосфатного цемента и 6,6% для полимерного цемента; ни одной расфиксации мостовидного протеза через 3 и 5 лет после фиксации протеза полимерным цементом; 7 лет – возможный порог для вероятного начала разрушения адгезионного соединения мостовидного протеза вне зависимости от типа фиксирующего цемента.

Отечественная диссертационная работа Бейтана А.В. [65] посвящена клинично-лабораторным факторам обоснования выбора фиксирующего цемента для несъемных протезов. Отмечено, что одним из основных физико-механических свойств цемента, помимо прочности, растворимости и толщины цементной пленки, является адгезия. Однако данная работа посвящена прочности адгезии 5 видов цементов к различным сплавам металлов, но не к ДЦ, также как и другие аналогичные исследования [70][71][72][73].

Вопросам фиксации несъемных зубных протезов также посвящена работа Крючкова М.А. [66]. Показано, что цинк-фосфатные цементы имеют ряд недостатков, а именно отсутствие антибактериального эффекта и более низкие показатели адгезионной прочности, раздражение пульпы, вызываемое

экзотермической реакцией кристаллизации, а также относительно высокая растворимость в полости рта [67][68].

В исследовании Захарова Д.З. [69] проведена сравнительная характеристика полимерных цемента для фиксации керамических несъемных зубных протезов. Установлено, что при использовании цемента Panavia F адгезионная прочность соединения полевошпатной керамики с дентином зуба была в среднем $5,44 \pm 0,51$ МПа, при этом с ДЦ керамикой она равнялась $3,56 \pm 0,37$ МПа.

Применение СИЦ для фиксации несъемных зубных протезов показано в работе Тыщенко Н.С. [70]. Показано, что материала «Полиакрилин» превосходит зарубежные аналоги по показателям клинико-технологических характеристик. Работы [71][72][73] посвящены повышению эффективности фиксации несъемных зубных протезов путем обоснования выбора оптимального фиксирующего материала. При этом исследователи не изучали прочности адгезии фиксирующего материала к стоматологической керамике на основе диоксида циркония.

1.4 Подготовка поверхности зубных протезов из диоксида циркония к фиксации. Концепция APC

Для надежной фиксации зубных протезов на основе диоксида циркония композитным цементом в 2016 году была разработана концепция APC:

- А (abrasion) – абразивная пескоструйная обработка внутренней поверхности протеза;
- Р (primer) – нанесение на внутреннюю поверхность праймера для диоксида циркония;
- С (composite) – использование полимерного композитного цемента химического или двойного отверждения для полной полимеризации под диоксид циркония с низкой светопрозрачностью

В работе Blatz M. [74], посвященной обсуждению этой концепции, обозначены ее основные положения.

Отмечено, что данная концепция рекомендуется для всех видов протезов из диоксида циркония, в том числе для диоксид циркониевых абатментов имплантатов [74][75].

В настоящее время опубликовано большое число как российских, так и зарубежных исследований по вопросу подготовки поверхности диоксида циркония перед фиксацией. Однако эта проблема остается не до конца решенной и по-прежнему актуальной [76].

1.5 Механические и физические методы подготовки поверхности зубных протезов из диоксида циркония к фиксации

К *механическим и физическим способам обработки* диоксид циркониевых протезов относятся следующие методы:

1. пескоструйная обработка абразивными частицами размером 50-250 мкм;
2. трибохимическое покрытие кремнеземом (системы Rocotec, CoJet);
3. обработка электрическим разрядом;
4. обработка лазером.

Пескоструйная обработка поверхности – один из широкодоступных способов повышения адгезии реставраций из диоксида циркония. Такой вариант обработки направлен на создание шероховатостей и микрорельефа на внутренней части протеза, чтобы создать микромеханическую ретенцию с фиксирующим материалом.

В публикациях предложены различные методики пескоструйной обработки поверхности диоксида циркония.

Например, в работе Zakavi F. [63] показаны результаты обработки Al_2O_3 с размером частиц 50 мкм на расстоянии 10 мм под давлением 0,25 МПа перпендикулярно к поверхности диоксида циркония. Автор использует этот метод как основной в сочетании с дополнительной обработкой образцов адгезивами: «Futurabond U» (1 группа); «Clearfil Universal Bond», универсальный адгезив (2 группа); «Z-Prime Plus», праймер для диоксида циркония (3 группа) и «Adper Single

Bond 2», традиционный адгезив (4 группа). Самый высокий показатель прочности адгезионного соединения был получен в 1 группе и равнялся 16,874 МПа, а при использовании дисперсионного анализа выявлено, что значение, полученное в 4 группе, было достоверно ниже, чем во всех остальных ($p \leq 0,05$).

Применение Al_2O_3 с размером частиц 50 мкм на расстоянии 25 мм в течение 15 секунд под давлением 0,28 МПа в качестве основного метода обработки поверхности предложены в исследовании Yue, X. в 2019 году [77]. Самый высокий показатель прочности адгезионного соединения, равный $14,56 \pm 2,6$ МПа, был получен в группе 3 при использовании пескоструйной обработки и нанесения праймера Z-Prime™ Plus.

Модификация этой же методики, но с давлением 0,2 МПа представлена в работе Zhang, X. в 2021 году [78]. Исследователи получили значение прочности адгезионного соединения, равное $15,88 \pm 2,70$ МПа ($p < 0,001$). Увеличение давления пескоструйной обработки приводило к росту числа критических микротрещин.

Alghanaim N. и соавт. [79] сравнили пескоструйную обработку поверхности абатментов из ДЦ керамики частицами Al_2O_3 размером 50 мкм и 110 мкм при давлении 0,1 МПа и 0,2 МПа, соответственно. Показано, что пескоструйная обработка оксидом алюминия с размером частиц 50 мкм при давлении от 0,1 до 0,2 МПа позволяет обеспечить более прочную и стабильную адгезионную связь между циркониевым абатментом и титановым основанием.

При этом необходимо отметить, что мнения авторов относительно положительного эффекта пескоструйной обработки значительно отличаются. В то время, как исследователи группы Zhang, X. [78] рекомендуют минимальное давление и размер частиц (50 мкм при 0,2 МПа, в сравнении с 50 мкм при 0,5 МПа), соавторы Yue, X [77] получили наилучшие результаты при использовании размера частиц 50 мкм и давлении 0,28 МПа, а в исследовании Zakavi F. [63] использовали давление 0,25 МПа.

В отечественном диссертационном исследовании Цаликовой Н.А. [80] было проведено экспериментальное исследование (на примере стандартных заготовок фирмы Vita, Германия). Продемонстрировано, что пескоструйная обработка образцов керамики на основе диоксида циркония достоверно повысила прочность материала при трехточечном изгибе до 1326,26 МПа в сравнении со значениями в контрольной группе, составившими 824,95 МПа. Однако по результатам количественного фазового анализа рентгеновской дифракции поверхности образцов керамики на основе диоксида циркония выявлено изменение соотношения фаз материала: прирост моноклинной фазы при пескоструйной обработке до 8% в сравнении с контрольной серией образцов, где это значение составляло 0,1%. Последующий регенерирующий обжиг снизил содержание моноклинной фазы до 1,5%. Эта работа представляет безусловный интерес несмотря на то, что в ней изучалась не обработка поверхности керамики, а ее непосредственная прочность. Полученные результаты косвенно отражают влияние механической пескоструйной обработки на керамику: при использовании пескоструйной обработки после спекания зубного протеза может возникнуть снижение качества изготовленной конструкции ввиду структурных изменений конструкционного материала.

Тем не менее, все исследователи сходятся во мнении, что излишнее давление, время обработки или большой размер частиц могут оказать отрицательное влияние на прочность адгезионного соединения диоксида циркония за счёт разрушения его поверхности [81][82].

Поскольку в своем составе керамика на основе диоксида циркония не содержит частиц диоксида кремния, химическая связь с силанами невозможна. Существует методика пескоструйной обработки поверхности модифицированным оксидом алюминия (корундом), частицы которого покрыты диоксидом кремния в виде кремнезема. Этот методологический подход заключается во внедрении частиц диоксида кремния в поверхность диоксида циркония и, как следствие, это

позволяет эффективно использовать силаны, улучшая адгезионное соединение с полимерными цементами по мнению авторов [83].

В публикации Nagaoka N. [83], посвященной изучению модифицированного корундом диоксида циркония, показано, что этот метод повышает адгезионную прочность соединения с композитным цементом. Образуется микрошероховатость за счет пескоструйной обработки частицами Al_2O_3 , покрытыми кремнеземом, поверхность покрыта расплавленными частицами Al и Si при этом остаются нерасплавленные кремниевые частицы. Поэтому, как отмечают авторы, необходимо использовать праймер на основе 10-MDP, поскольку остаются участки, где кремнезем не внедряется в обработанную поверхность.

Одной из систем с использованием модифицированного кремнием оксида алюминия является *лабораторная система Rocatec*. Методика включает в себя три этапа: пескоструйная обработка поверхности частицами оксида алюминия; нанесение трибохимического покрытия путем струйного нанесения корундовых частиц, модифицированных кремнеземом; нанесение силана.

В работе Spohr A. M. [84], посвященной поверхностной модификации с нанесением силана, показано, что использование системы Rocatec является вариантом выбора для механической обработки ДЦ поверхности, поскольку при ее использовании было получено значение прочности адгезионного соединения $15,75 \pm 4,45$ МПа по сравнению с результатами такой же пескоструйной обработки без этой системы, которые составили $11,81 \pm 3,12$ МПа ($p < 0,05$). При этом полученные значения были ниже значений в группе с обработкой лазером ($18,70 \pm 5,14$ МПа).

Исследователи группы Santos Silva MMD [85] изучали влияние системы Rocatec в сочетании с CO_2 лазером на поверхность стабилизированного иттрием ДЦ в сравнении с традиционной обработкой Al_2O_3 . Значения адгезионной прочности равнялись 6,14 МПа для группы Rocatec и 7,84 МПа для контрольной группы (пескоструйная обработка). Показано, что подготовка ДЦ поверхности системой Rocatec в сочетании с CO_2 лазером может быть вариантом выбора наравне с

пескоструйной обработкой, однако не позволяет достичь более высокой прочности адгезионного соединения.

Система CoJet также является методикой трибохимического покрытия диоксида циркония частицами кремнезема. При этом не требуется предварительной пескоструйной подготовки поверхности оксидом алюминия [86]. При использовании системы CoJet были получены значения прочности сцепления на сдвиг, равные $19,43 \pm 0,76$ МПа для образцов ДЦ Vita YZ HT, $19,26 \pm 0,78$ МПа для Sirona inCoris TZI и $17,16 \pm 1,19$ МПа для IPS e.max ZirCAD. Эти результаты являются наиболее высокими по сравнению с другими методами подготовки поверхности в этом исследовании (травление плавиковой кислотой; пескоструйная обработка; пескоструйная обработка в сочетании с облучением лазером; облучение лазером).

Обработка поверхности диоксида циркония электрическим разрядом позволяет достичь шероховатости поверхности с помощью образования эрозии за счёт воздействия электрических искр в диэлектрической среде. Предварительно на поверхности обрабатываемого материала создают электропроводный слой, например, смешивая порошок графита с диэлектрической жидкостью.

Исследователи группы Rona N. [87] провели исследование данного метода на 60 образцах диоксида циркония в четырех группах, сравнив его с использованием пескоструйной обработки, трибохимического покрытия кремнеземом, облучения лазером Er:YAG (во всех группах использовался силан). Результаты испытаний показали, что прочность адгезии при использовании электрического разряда была достоверно выше и равнялась $17,05 \pm 2,71$ МПа, против $12,73 \pm 3,41$ МПа в контрольной группе (только пескоструйная обработка) и $7,93 \pm 2,07$ МПа в группе облучения лазером ($p < 0,01$) [87].

Обработка лазером также используется для создания шероховатости диоксид циркониевой поверхности и улучшения адгезии к полимерному цементу. Как правило, используют лазеры неодимовый Er:YAG, Nd:YAG и CO₂.

Лазер *Er:YAG* способен очищать поверхность диоксида циркония с помощью микровзрывов и испарения. Исследователями группы Arami S. [88] установлено, что после обработки лазером *Er:YAG* при различной выходной мощности (1,5 W, 2 W и 2,5 W) не было достоверных различий по сравнению с пескоструйной обработкой Al_2O_3 с размером частиц 50 мкм при оценке средней шероховатости поверхности ДЦ. Тем не менее они установили, что с ростом выходной мощности увеличивается степень воздействия этого типа лазера на создание шероховатости поверхности. Таким образом, лазер *Er:YAG* является вариантом выбора для обработки поверхности и может быть использован в качестве альтернативы традиционной пескоструйной обработки поверхности. Однако реализовать данную методику подготовки поверхности ДЦ достаточно сложно ввиду дороговизны и малой доступности оборудования. К тому же это требует определенных мануальных навыков и точного соблюдения технологии.

Обработка поверхности лазером *Nd:YAG* по мнению Liu L. [89] также влияет на морфологические свойства ДЦ поверхности и приводит к изменению ее рельефа. Согласно результатам, полученным в исследовании [89], использование данного метода привело к достоверному улучшению шероховатости по сравнению с контрольной группой (отсутствие подготовки поверхности диоксида циркония) при мощности 2 W и времени воздействия 90 с, 3 W в течение 30, 60 и 90 с ($p < 0,05$). Однако, пескоструйная обработкой оксидом алюминия с размером частиц 110 мкм оказала достоверно более эффективное воздействие на создание шероховатости поверхности при оценке с помощью сканирующей электронной микроскопии, равное 0,90 мкм.

Стоит отметить, что группа авторов Arami S. [88] не рекомендует использовать лазеры *Nd:YAG* и CO_2 , поскольку они способствуют высокому нагреву поверхности и образованию микротрещин. При этом увеличение их выходной мощности способствуют повышению воздействия на диоксид циркониевую поверхность, увеличивая микрошероховатость поверхности, ее нагрев и число микротрещин.

Лазер CO_2 воздействует на керамическую поверхность за счет поглощения тепла и образует выраженную микрошероховатость. Такая шероховатость способна повысить микромеханическую ретенцию поверхности диоксида циркония к композитному цементу. Применение данного типа лазера изучено в исследовании Paranhos, M. P. [90]. Использовались два типа лазера в качестве дополнительных методов обработки поверхности. Было установлено, что прочность адгезии на сдвиг после применения лазера Nd:YAG (от 14,09 до 16,20 МПа) была достоверно выше по сравнению с CO_2 (от 6,24 до 10,51 МПа) ($p < 0,05$). Помимо этого, авторы утверждают, что на образцах, обработанных CO_2 лазером, обнаружены значительные микротрещины.

Таким образом, можно заключить, что обработка ДЦ керамики Nd:YAG и CO_2 лазерами оказывает разрушительное воздействие на керамическую поверхность: приводит к высокому нагреву поверхности и образованию микротрещин [88][90]. Применение лазера Er:YAG не дает достоверных различий по сравнению с пескоструйной обработкой Al_2O_3 с размером частиц 50 мкм.

1.6 Химические методы подготовки поверхности зубных протезов из диоксида циркония к фиксации

Химическая подготовка поверхности диоксида циркония является важной частью протокола фиксации ортопедических конструкций из диоксида циркония, поскольку одной микромеханической ретенции недостаточно для клинического успеха протезирования [63]. В настоящее время основным методом химического воздействия является применение праймеров, включающих в свой состав бифункциональные мономеры [92]. За счет этих мономеров формируется химическая связь между полимерным цементом и поверхностью оксидной керамики.

Для химической подготовки поверхности диоксид циркониевых протезов используют следующие методы:

1. Применение бифункциональных праймеров

2. Осаждение паров магнетронного распыления
3. Селективное инфильтрационное травление поверхности

Бифункциональные мономеры обладают схожим строением с оксидами металлов, поэтому их вводят в состав полимерных цементов, праймеров для подготовки поверхности или наносят на диоксид циркония в чистом виде. К ним относятся такие вещества, как:

- 10-метакрилоксидецилдигидрогенфосфат (MDP) в чистом виде или в сочетании с другими функциональными мономерами
- 2-метакрилоксидецилдигидроген фосфат
- тиофосфорный метакрилат (MEPS)

Фосфатные мономеры, в частности 10-MDP, являются бифункциональными молекулами: один конец связывается с диоксидом циркония, другой – сополимеризуется с матрицей композитного цемента, таким образом обеспечивая прочные химические ($P=O$, $OH=Zr$) и ионные связи [91].

Эти данные подтверждаются в исследовании Nagaoka, N. [92] и соавторов. Они установили, что мономер 10-MDP адсорбируется на поверхности диоксида циркония через водородную связь между группой $P=O$ и группой $Zr-OH$.

В работе [93] отмечено, что фосфатный мономер 10-MDP улучшает смачиваемость поверхности ДЦ, формирует перекрестные связи с метакриловыми группами полимерного цемента, а также силоксановые связи с гидроксильными группами керамической поверхности.

Comino-Garayoа, R. [94] и его группа исследователей провели систематический обзор публикаций по вопросам подготовки поверхности ДЦ, изучив 260 различных комбинаций подготовки поверхности ДЦ (в основном сочетания протоколов пескоструйной обработки и адгезионных промоторов). Установлено, что применение полимерных цементов, в состав которых входит 10-MDP, помогает достичь достоверно ($p < 0,05$) более высоких показателей прочности адгезии. Однако, по их мнению, основной проблемой 10-MDP является

гидролитическая деградация, которая со временем вызывает снижение адгезии во всех формах его применения (полимерный цемент с 10-MDP в составе, праймер на основе 10-MDP), что ставит под угрозу адгезивный протокол.

В другом исследовании Yang, L. [95] и соавторы установили, что праймеры на основе мономера 10-MDP также показывают достоверно ($p < 0,05$) более высокие результаты прочности адгезии и являются вариантом выбора – 10 МПа (праймеры для диоксида циркония на основе 10-MDP – Z-Prime Plus; Clearfil Ceramic Primer) и 12 МПа (универсальные адгезивы с мономером 10-MDP в составе – Single Bond Universal; Clearfil Universal Bond) против 5 МПа у контрольной группы с одной лишь пескоструйной обработкой ($p < 0,05$).

Исследователи группы Kwon, TY [96] сравнили эффект влияния трех универсальных адгезивов (Single Bond Universal, All-Bond Universal, и Prime&Bond universal), содержащих 10-MDP, на показатели адгезионной прочности при использовании цементов Panavia F 2.0 (с адгезивной системой) и Duo-Link (традиционный двойного отверждения). Наиболее высокое значение прочности адгезионного соединения ($32,8 \pm 4,6$ МПа) получено в группе Panavia F 2.0 + Single Bond Universal. При этом показано, что применение адгезивов на основе 10-MDP достоверно значимо ($p < 0,05$) влияет на прочность адгезии при использовании традиционного цемента двойного отверждения.

Valente, F. и соавт. [97] исследовали прочность сцепления на сдвиг для ДЦ с двумя полимерными цементами (Surgi Dual Flo' Zr и Panavia V5), а также воздействие праймера на основе мономера 10-MDP (Clearfil Ceramic Primer Plus). Они получили следующие результаты: цемент Surgi Dual Flo' Zr без праймера – $0,840 \pm 0,264$ МПа, с праймером – $4,760 \pm 1,258$ МПа; цемент Panavia V5 без праймера – $2,282 \pm 1,636$ МПа, с праймером – $4,960 \pm 1,328$ МПа ($p = 0,304$). Исследователи пришли к выводу, что праймер на основе фосфатного мономера достоверно значимо увеличивает прочность адгезии полимерных цементов к ДЦ (вне зависимости от используемого цемента).

Это подтверждают и исследования Kern M. [98] о применении фиксирующих систем, содержащих фосфатные мономеры в сочетании с пескоструйной обработкой для успешного протезирования реставрациями на основе диоксида циркония. Автор рекомендует применение пескоструйной обработки поверхности Al_2O_3 с размером частиц 50 мкм под давлением 0.5 МПа в сочетании с фиксирующим полимерным цементом (напр., Panavia (Kuraray, Токио, Япония)), в состав которого входит мономер MDP) или праймерами на основе фосфатных мономеров, такими как Clearfil Ceramic Primer (Kuraray) или Monobond Plus (Ivoclar Vivadent, Шан, Лихтенштейн).

Праймеры на основе 10-MDP просты в употреблении, выгодны по цене и не требуют специализированного оборудования для нанесения [77].

Осаждение паров магнетронного распыления реализуется за счет создания тонкой пленки на подготавливаемой поверхности с помощью катодного распыления мишени в плазме. Queiroz J. [99] и соавторы впервые в 2011 году описали применение данного метода в стоматологии. В этой работе изучалась прочность связи между подложкой Y-TZP и полимерным цементом после нанесения тонких пленок SiO_2 между этими двумя материалами методом реактивного магнетронного распыления при различных концентрациях кислорода в плазмообразующем газе $Ar+O_2$. Была получена высокая прочность адгезии, равная $32,8 \pm 5,4$ МПа, что является отличным показателем для испытаний адгезии. Испытание на адгезионную прочность проводилось методом сдвига на универсальной испытательной машине, с применением нагрузки в 50 кг со скоростью 1,0 мм/мин. Подобные результаты не были достигнуты другими авторами при использовании традиционных методик – ближайшее значение в 25,11 МПа было получено при обработке поверхности Al_2O_3 с размером частиц 110 мкм.

Селективное инфльтрационное травление кислотами заключается в предварительном нанесении тонким слоем на поверхность диоксида циркония стекла, которое плавится при низкой температуре, с последующим нагреванием в

печи. После такой обработки диоксид циркониевой керамики стекло встраивается в его матрицу и на поверхность можно воздействовать плавиковой кислотой.

Исследователи группы Cura C. [100] испытывали образцы диоксида циркония с однослойным нанесением стекла и последующим травлением 9% плавиковой кислотой (HF) в течение 60 с. Результаты испытаний показали, что нанесение слоя глазури значительно улучшило прочность сцепления в группе силан/адгезив/Variolink II ($9 \pm 1,3$ МПа с глазурью, $2,4 \pm 0,6$ МПа без глазури) ($p < 0,05$), однако при этом не было обнаружено значительного эффекта в группе праймер для циркония/Multilink Automix ($4,9 \pm 1,1$ МПа с глазурью, $10,9 \pm 1,7$ МПа без глазури) ($p > 0,05$) (трехфакторный дисперсионный анализ). Важно отметить, что термоциклирование не привело к существенному снижению результатов ни в одной из групп ($p > 0,05$).

В статье Sarıkaaya, I. и соавт. [101] представлено испытание адгезионной прочности полимерного композитного цемента к образцам из диоксида циркония (Incoris TZI; Sirona, Германия). В качестве одного из методов подготовки ДЦ поверхности было использовано кислотное травление раствором, содержащим метанол, соляную кислоту и хлорид при 100°C . При измерении прочности адгезии не было получено достоверных различий между всеми пятью (контрольная группа без обработки поверхности; пескоструйная обработка; покрытие трибохимическим составом с последующей силанизацией и применением праймера; горячее кислотное травление раствором; применение раствора, содержащего нитрид алюминия) группами ($p > 0,005$). Однако, при измерении шероховатости поверхности после нагружения на испытательном устройстве, были получены статистически значимые различия между группой 4 (травление кислотным раствором) и тремя другими группами, включая контроль ($p < 0,001$).

Напротив, исследователи группы Liu, D. [102] утверждают, что использование кислотного травления 48% раствором плавиковой кислоты при 100°C в течение 25 минут эффективно улучшает прочность адгезии к ДЦ, на одном уровне с пескоструйной обработкой частицами Al_2O_3 , покрытыми SiO_2 . В тоже

время травление раствором минеральной кислоты при 100°C в течение 25 минут не показало достоверно значимых изменений поверхности ДЦ.

Корейские исследователи Sungchan и соавт. [103] исследовали применение корейского раствора для кислотного травления Zirface (фирма DMAX, Ю. Корея) [104]. В качестве сравнения использовались пескоструйная обработка поверхности, применение праймера на основе мономера 10-MDP. Методика травления от данного производителя представляет собой горячее травление плавиковой кислотой. По данным статьи [103] она позволяет достичь высоких показателей адгезионной прочности ($15,06 \pm 1,945$ МПа), сопоставимых с пескоструйной обработкой поверхности ($14,08 \pm 2,558$ МПа). Таким образом, данная методика может быть вариантом выбора для подготовки поверхности ДЦ керамики.

1.7 Российские материалы для фиксации зубных протезов из диоксида циркония

В последние годы в Российской Федерации появились исследования по разработке отечественных методов и средств подготовки поверхности ДЦ зубных протезов к фиксации.

На сайте компании «MasterDent» представлены результаты испытаний разработанного ими раствора для подготовки поверхности диоксида циркония [105]. Испытания проводили в компании ООО «НОРГАУ РУСЛАНД» в лаборатории Сколково, оснащённой высокоточным измерительным оборудованием. Было исследовано более 1000 образцов с получением показателей шероховатости поверхности. Раствор для травления ДЦ поверхности достоверно значительно увеличивает глубину шероховатости поверхности, что, по мнению производителя, способствует повышению прочности адгезии при фиксации зубных протезов, обработанных по данной методике.

ОЭЗ «ВладМиВа» в 2022 году выпустили модифицированный праймер для подготовки поверхности зубных протезов из ДЦ – «Компофикс» на основе фосфатного мономера 10-MDP [106]. Представляется целесообразным

сравнительное изучение эффективности применения отечественного праймера с лучшими зарубежными аналогами.

1.8 Заключение

Анализ публикаций по проблеме подготовки поверхности диоксида циркония перед фиксацией показывает, что на сегодняшний день существует большое количество методик и их комбинаций для достижения успешного клинического результата при протезировании дефектов зубных рядов керамикой на основе ДЦ [46][47][94].

На протяжении последних 15 лет многие исследователи предлагают различные варианты решения проблемы прочности адгезионного соединения диоксид циркониевых зубных протезов на естественных опорах и имплантатах, разрабатывая и стандартизируя различные методики подготовки поверхности диоксид циркониевой керамики. Опираясь на их опыт, можно выделить основные методики и подходы в протоколах.

Большинство авторов сходятся во мнении, что необходимо использовать композитные полимерные цементы для фиксации, как самоадгезивные, так и включающие в свой состав фосфатные мономеры [60][61][63][64]. Также авторы предлагают использовать сочетание механических и химических методов подготовки поверхности, как правило, пескоструйную обработку и нанесение праймеров [63][83].

Обработка электрическим разрядом, по результатам публикаций, является отличным методом подготовки поверхности, который значительно повышает микромеханическую ретенцию полимерных цементов к диоксид циркониевой керамике. Однако данный метод является сложным с точки зрения технической реализации и доступности оборудования. Кроме того, требуется большая доказательная база с клинически подтвержденными отдаленными результатами.

Также, по результатам многочисленных исследований, обработка лазером представляется вариантом выбора, хотя результаты ее применения неоднозначны

и требуют более детального изучения. Такой метод подготовки поверхности может привести к высокому нагреву обрабатываемой поверхности и образованию на ней микротрещин.

Среди химических методов обработки поверхности превалирует использование бифункциональных мономеров в различных формах: в составе цементов, праймеров или в чистом виде [77][94][95][97][98]. Многочисленные результаты исследований демонстрируют высокие показатели прочности адгезии, они простые в использовании и относительно не дорогие.

Использование кислотного травления [100][101][102][107] имеет ряд преимуществ, таких как отсутствие прямого механического воздействия на поверхность, что снижает риск появления микротрещин и нежелательных структурных трансформаций ДЦ. Однако, данная методика достаточно сложная в реализации, она требует точного соблюдения протокола обработки поверхности и наличия оборудованных приточно-вытяжных систем для работы с химическими кислотами.

Отечественное исследование [107] по анализу и поиску оптимальной методики подготовки стабилизированного иттрием ДЦ показало, что кислотное травление имеет ряд преимуществ перед механической обработкой поверхности. При правильно подобранных условиях создается равномерная шероховатая поверхность, а также отсутствие механического воздействия позволяет избежать нежелательных фазовых превращений.

Таким образом, можно сказать, что проблема подготовки поверхности диоксида циркония к фиксации на сегодняшний день остается актуальной, поскольку как врачи-исследователи, так и практикующие врачи не пришли к единому мнению, какой именно протокол является наиболее стабильным и простым в реализации.

Стоматологическая керамика на основе диоксида циркония является безусловно востребованным материалом в ортопедической стоматологии.

Серийный выпуск отечественного праймера на основе фосфатного мономера 10-MDP настоятельно требует проведения сравнительных исследований с зарубежными аналогами для разработки оптимальной методики фиксации протезов из диоксида циркония по надежности, доступности и простоте исполнения для достижения высоких показателей прочности адгезии между поверхностью протеза и фиксирующим материалом и, как следствие, успешного функционирования несъемного зубного протеза в полости рта пациента.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Всего исследовано 140 образцов из ДЦ керамики в условиях лаборатории, при этом сравнительные испытания проводились

- по ГОСТ Р 59423-2021 (ISO 29022:2013), материал Ziceram T, n=110;

- по патенту ОЭЗ «ВладМиВа» (Патент RU № 2740252С1), материал Эсткер НТ-PRESHADED, n=30.

На рисунке 1 приведен общий дизайн лабораторных исследований.

Рисунок 1. Общий дизайн лабораторных исследований



Дальнейшая обработка осуществлялась следующими способами:

1. Для материала Ziceram T, n=110
 - без дополнительной обработки (n=20)
 - пескоструйная обработка (n=20)
 - нанесение праймера (n=10)
 - нанесение праймера + пескоструйная обработка (n=10)
 - кислотное травление (n=10)
 - кислотное травление + пескоструйная обработка (n=20)

2. Для материала Эсткер HT-PRESHADED, n=30 использовалась пескоструйная обработка в сочетании с нанесением праймера.

2.1.1 Общая характеристика изученных материалов

2.1.1.1 Стоматологическая полупрозрачная керамика на основе диоксида циркония

Таблица 1. Стоматологическая керамика на основе диоксида циркония, используемая в исследовании

Название материала	Фирма производитель	Страна изготовления	№ регистрационного удостоверения	Дата регистрации
Ziceram T	Циркон Керамика	Россия	РЗН 2018/6961	08.02.2019
Эсткер HT-PRESHADED	ВладМиВа	Россия	ФСР 2012/13729	14.02.2018

Для проведения лабораторных исследований мы использовали образцы из двух видов отечественной полупрозрачной керамики на основе диоксида циркония производства фирмы ООО «Циркон Керамика» – «Ziceram T» (РЗН 2018/6961) (рис. 2) и фирмы ОЭЗ «ВладМиВа» – «Эсткер HT-PRESHADED» (рис. 3).



Рисунок 2. Общий вид диска «Ziceram T» фирмы ООО «Циркон Керамика», г. Санкт-Петербург, Россия (рисунок взят с сайта производителя).

Стоматологические заготовки – диски из диоксида циркония, стабилизированного иттрием Ziceram® – изготовлены из сырья компании TOSOH. Мы выбрали материал «Ziceram T», поскольку он обладает полупрозрачностью 41% и прочностью >1100 МПа, что позволяет изготавливать из него редуцированные коронки, монолитные коронки на моляры и премоляры, а также коронки на имплантаты.



Рисунок 3. Общий вид диска «Эсткер HT-PRESHADED» фирмы ОЭЗ «ВладМиВа», г. Белгород, Россия (рисунок взят с сайта производителя).

Диски на основе диоксида циркония «Эсткер HT-PRESHADED» обладают высокой полупрозрачностью (35%) и прочностью 1250 МПа, что делает целесообразным их применение в нашем исследовании. Из данного материала можно изготавливать монолитные коронки на моляры и премоляры, виниры, а также коронки на имплантаты.

Для испытаний по методике ОЭЗ «ВладМиВа» образцы были отфрезерованы и обожжены в зуботехнической лаборатории ВладМиВа.

2.1.1.2 Стоматологические материалы для фиксации керамических зубных протезов

В нашей работе были использованы 4 материала для фиксации зубных протезов из ДЦ: один СИЦ («Fuji One» фирмы «GC», Япония), три полимерных цемента двойного отверждения (отечественный «Компофикс» фирмы ОЭЗ «ВладМиВа» и 2 зарубежных материала - «Variolink Esthetic DC» фирмы «Ivoclar Vivadent», Лихтенштейн и «RelyX U200» фирмы «3M ESPE», США).

Таблица 2. Стоматологические цементы, используемые в исследовании

Название материала	Фирма производитель	Страна изготовления	№ регистрационного удостоверения	Дата регистрации
Fuji One	GC	Япония	ФСЗ 2009/05239	27.12.2010
RelyX U200	3M ESPE	США	ФСЗ 2012/12481	17.07.2017
Variolink Esthetic DC	Ivoclar Vivadent	Лихтенштейн	РЗН 2018/6694	22.01.2018
Компофикс	ВладМиВа	Россия	ФСР 2011/10983	22.10.2017

А. Fuji One (ФСЗ 2009/05239) – стеклоиономерный цемент для постоянного цементированья коронок и мостов, который мы применяли в нашем исследовании. Толщина пленки составляет 15 мкм.

Замешивали по инструкции производителя (одна ложка порошка на две капли жидкости).



Рисунок 4. Стоматологический стеклоиномерный цемент «Fuji One» фирмы «GC», Япония. Общий вид (рисунок заимствован с сайта производителя).

Б. В нашей работе мы использовали RelyX™ U200 (ФСЗ 2012/12481) – самопротравливающий самоадгезивный универсальный композитный цемент двойного отверждения в дозирующей системе Clicker™ (рис.5). Толщина пленки составляет 13 мкм.



Рисунок 5. Общий вид комплекта стоматологического цемента «RelyX U200» с дозирующей системой фирмы «3М ESPE», США (рисунок заимствован с сайта производителя).

Применяли строго по инструкции. Отверждали с помощью фотополимеризационной лампы (рис. 6), мощность которой контролировали. Световую полимеризацию цемента проводили в течение 40 секунд (по 10 секунд с каждой стороны).



Рисунок 6. Беспроводная фотополимеризационная лампа Megalux LED фирмы «Megadenta», Германия (РЗН 2014/1768).

В. «Variolink Esthetic DC» фирмы «Ivoclar Vivadent», Лихтенштейн (РЗН 2018/6694).

Этот композитный цемент двойного отверждения используется для постоянной фиксации керамических и композитных реставраций, рентгеноконтрастный. Применяется для фиксации вкладок типа Inlay, Onlay,

частичных коронок, коронок, мостовидных протезов). Поставляется в двойном шприце, по данным производителя, обладает прочностью на изгиб ≥ 50 МПа. Толщина пленки составляет ≤ 50 мкм.

Variolink Esthetic DC использовали строго по инструкции производителя. Световое отверждение проводили той же фотополимеризационной лампой по 10 секунд с каждой из четырех сторон клеевой зоны.



Рисунок 7. Общий вид комплекта стоматологического цемента «Variolink Esthetic DC» фирмы «Ivoclar Vivadent», Лихтенштейн (рисунок заимствован с сайта производителя).

Г. «Компофикс» фирмы ОЭЗ «ВладМиВа», г. Белгород, Россия (ФСР 2011/10983)

Композитный цемент двойного отверждения для постоянной фиксации ортопедических конструкций. Поставляет в двух одинарных шприцах, содержащих две пасты – основную и каталитическую. Прочность при изгибе равняется 85 МПа, толщина пленки – менее 25 мкм.

Материал «Компофикс» разработан совместно НМИЦ «ЦНИИС и ЧЛХ» и ОЭЗ «ВладМиВа» (патент №2302228), усовершенствован и доукомплектован

адгезивами. Замешивали строго по инструкции производителя. Световое отверждение проводили той же фотополимеризационной лампой.



Рисунок 8. Общий вид стоматологического цемента «Компофикс» фирмы ОЭЗ «ВладМиВа», г. Белгород, Россия (рисунок заимствован с сайта производителя).

2.1.1.3 Зуботехнические растворы для подготовительной обработки поверхности керамики на основе диоксида циркония к фиксации

А. «DMAХ», Корея

Протравливающая жидкость для обработки поверхности стоматологической керамики на основе диоксида циркония «DMAХ», Корея.

Подготовку поверхности керамических образцов из отечественного ДЦ методом кислотного травления проводили следующим образом:

1. Подвергали поверхность пескоструйной обработке песком Al_2O_3 с диаметром частиц 50-70 мкм при давлении 2 атм с помощью аппарата «Microblaster» (фирмы «Bio-Art», Бразилия) до получения равномерного матового слоя
2. Погружали образцы в сосуд с кислотным составом, устанавливали на водяную баню на 10 минут при температуре 80 °С

3. Извлекали из сосуда, ополаскивали и подвергали пароструйной очистке



Рисунок 9. Общий вид флакона зуботехнического раствора для травления (рисунок заимствован с сайта производителя).

Б. Раствор для травления диоксида циркония фирмы «MasterDent», г. Сочи, Россия

«MasterDent» – раствор для травления диоксида циркония. Мы использовали следующую методику применения, согласно инструкции производителя:

1. Предварительно обработали (просадили) керамические образцы
2. Произвели пескоструйную обработку поверхности песком Al_2O_3 размером частиц 110 мкр при давлении 3 атм
3. Положили ДЦ образцы в погружную корзину (образец и погружная корзина были сухие), опустили в емкость с раствором, плотно закрыли и оставили на 2 часа. Проследили, что образцы были полностью погружены в раствор
4. Открутили крышку, достали корзинку, погрузили в заранее приготовленную емкость с водой (1-2 литра) и поставили под проточную воду на 1-2 минуты
5. Подвергли образцы пароструйной обработке, просушили. Визуально определили наличие белого налёта. При необходимости подвергли образцы повторной пароструйной обработке.



Рисунок 10. Флакон с зуботехническим раствором для подготовки поверхности диоксида циркония «MasterDent», г. Сочи, Россия (рисунок заимствован с сайта производителя).

2.1.2 Характеристика керамических образцов для изучения прочности адгезионного соединения

2.1.2.1 Характеристика образцов для испытания адгезионной прочности по ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009)

Образцы для этой методики имели форму прямоугольных параллелепипедов 1.0×5.2×13.3 мм из диоксида циркония «Ziceram T», отфрезерованные из диска и обожженные в зуботехнической лаборатории «Дентсервис», а затем залитые в самотвердеющую пластмассу «Протакрил М»/«Белакрил Э-ХО».



Рисунок 11. Общий вид образцов из диоксида циркония «Ziceram T» фирмы ООО «Циркон Керамика», г. Санкт-Петербург, Россия, подготовленных к исследованию по ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009).

В соответствии с дизайном исследования, поверхность керамических образцов подвергалась трем вариантам обработки: пескоструйная обработка, кислотное травление, нанесение праймера и их сочетания.

Пескоструйную обработку проводили песком оксида алюминия диаметром 50-70 мкм с использованием внутриротового пескоструйного аппарата «Microblaster» (фирмы «Bio-Art», Бразилия) при давлении 2 атм до получения равномерной матовой поверхности.



Рисунок 12. Пескоструйный аппарат «Microblaster» фирмы «Bio-Art», Бразилия (рисунок заимствован с сайта производителя).

Кислотное травление проводили в соответствии с инструкцией к зуботехническим растворам. Раствор DMAX – на водяной бане с полным

погружением образцов при температуре 80 градусов в течение 10 минут в вытяжном шкафу в условиях лаборатории материаловедения НМИЦ «ЦНИИС и ЧЛХ».

Кислотное травление раствором «МастерДент» было проведено в зуботехнической лаборатории «Дентсервис».

Нанесение праймеров с фосфатным мономером производили следующим образом:

- Праймер «Monobond Plus» из комплекта «Variolink Esthetic DC» наносили по инструкции: после пескоструйной обработки образца, его тщательной промывки и просушки, наносили кисточкой праймер на 60 сек., затем раздували струей воздуха;
- Праймер «Компофикс» наносили на предварительно подвергнутые пескоструйной обработке образцы в строгом соответствии с инструкцией производителя: наносили 1-2 слоя и высушивали воздушным потоком в течение 3-5 сек.

2.1.2.2 Характеристика керамических образцов для изучения адгезионной прочности по методике ОЭЗ «ВладМиВа»

Для изучения адгезионной прочности по методике ОЭЗ «ВладМиВа» готовили образцы из стоматологической керамики на основе диоксида циркония «Эсткер НТ-PRESHADED», имеющих форму цилиндра диаметром 8,0 мм высотой 5 мм в количестве 30 штук. Торцевая поверхность цилиндров подвергалась различным видам подготовительной обработки, описанным в предыдущем разделе.

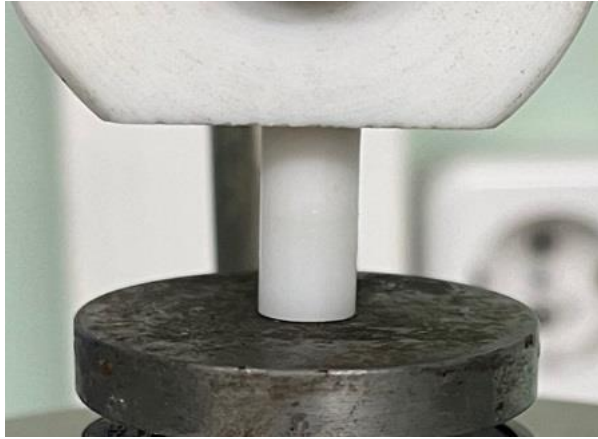


Рисунок 13. Склеивание образцов под давлением для изучения адгезионной прочности по методике ОЭЗ «ВладМиВа».

2.1.3 Методика изучения прочности адгезионного соединения при испытании на сдвиг по ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009), п.7.15

Согласно этому стандарту ГОСТ, прочность адгезионного соединения (адгезионная прочность) рассчитывали, как отношение силы к единице площади, которая требуется для разрушения соединенных вместе поверхностей с повреждением на или около границы раздела.

Адгезионную прочность соединения определяли как предел прочности при сдвиге цилиндрического образца композитного пломбировочного материала относительно керамической поверхности (субстрата). Адгезионную прочность, [МПа], определяли по формуле:

$$A_{\text{сдв}} = F_{\text{сдв}} / S,$$

где $F_{\text{сдв}}$ – предельная нагрузка, при которой происходило разрушение образца адгезионного соединения, Н; S – площадь поверхности, по которой происходило разрушение, мм².

В лаборатории материаловедения НМИЦ ЦНИИС и ЧЛХ испытания проводили на универсальной испытательной машине ZwickRoell Z-010. Вид образца, установленного в устройство для испытания на сдвиг в испытательной машине, представлен на рисунке 14.



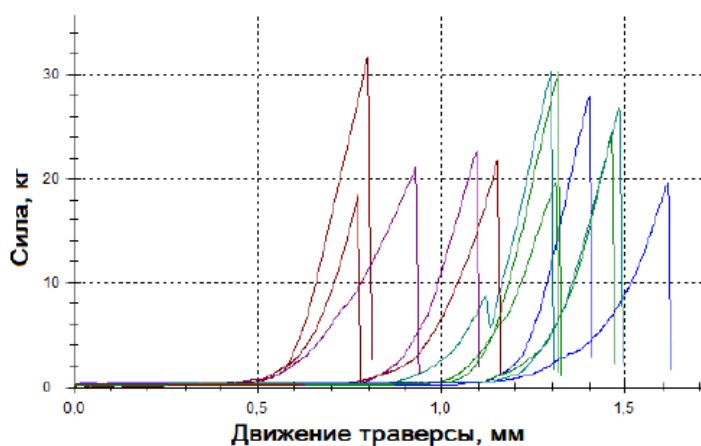
Рисунок 14. Испытания адгезионной прочности методом сдвига по ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009), п.7.15.

Испытания были проведены совместно с сотрудниками лаборатории материаловедения НМИЦ «ЦНИИС и ЧЛХ» к.м.н. Русановым Ф.С. и вед. инженером Поюровской И.Я. Образцы для исследования готовили в соответствии с п. 2.1.2 настоящей главы.

Стандартный протокол испытаний адгезионной прочности соединения включал в себя фиксацию подготовленного образца в испытательную машину, настройку системы (заполнение данных образца, выставление скорости движения траверсы), проведение испытания, заполнение протокола и анализ результатов.

Протокол испытаний адгезионной прочности на сдвиг в соединении отечественного фиксирующего материала «Компофикс» с ДЦ «Ziceram T» после пескоструйной обработки и нанесения праймера представлен на рисунке 15.

Обозначение	Nr	Диаметр d_0 mm	S мм ²	Fmax kg	Адгв МПа
•	1	4,3	14,5	31,64	21,82
•	2	3,8	11,3	19,84	17,38
•	3	3,5	9,6	27,93	29,09
•	4	3,9	11,9	30,28	25,44
•	5	3,9	11,9	22,60	18,99
•	6	4,3	14,5	21,76	15,0
•	7	4,8	18,1	24,43	13,50
•	8	4,2	13,8	19,63	14,22
•	9	4	12,6	26,77	21,25
•	10	4,5	15,9	21,20	13,33
•	11	4	12,6	18,38	14,59
•	12	4,3	14,5	30,18	20,81



Серия	Fmax kg	Адгв МПа
n = 12		
x	24,54	18,78
s	4,68	5,07
v	19,06	26,99

Рисунок 15. Протокол испытаний адгезионной прочности в соединении отечественного фиксирующего материала «Компофикс» фирмы ОЭЗ «ВладМиВа», г. Белгород, Россия с ДЦ «Ziceram T» после пескоструйной обработки и нанесения праймера. Nr – номер образца, Диаметр d0 – диаметр склеенной поверхности субстрата и подложки, F_{max} – сила сдвига, A_{сдв} – адгезионная прочность при сдвиге.

После проведения испытания проводили анализ полученных данных и изучение поверхности образца после полного сдвига подложки под микроскопом.

2.1.4 Методика изучения прочности адгезионного соединения при испытании на сдвиг, предложенная ОЭЗ «ВладМиВа»

Методика изучения прочности адгезивного соединения, предложенная ОЭЗ «ВладМиВа», подробно изложена в описании к патенту на изобретение №2740252С1 «СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ФИКСАЦИИ С ТВЕРДЫМИ ТКАНЯМИ ЗУБА И МАТЕРИАЛОМ НЕСЪЕМНЫХ ЗУБНЫХ ПРОТЕЗОВ И ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ». Приводим краткую выдержку из патента: «Способ определения прочности соединения стоматологического материала для фиксации зубного протеза с керамической поверхностью образцов несъемных зубных протезов по патенту Владмива включает подготовку образцов подложки из конструкционного материала протеза, подготовку образцов адгезионного соединения и проведение испытания на сдвиг с помощью испытательной машины (типа Инстрон) при скорости движения траверсы 5 мм/мин до полного разрушения склеенного образца, адгезионную прочность соединения определяют по формуле:

$$A_{сд} = \frac{F_{сд}}{S}$$

где F_{сд} – предельная нагрузка, при которой происходит разрушение соединения образца, Н; S – площадь поверхности, по которой происходит разрушение, мм². При этом используют приспособление, состоящее из верхней и нижней частей, каждая из которых закрепляется в соответствующем зажиме испытательной машины. Перед установкой верхней части в верхний зажим испытательной

машины подложку образца адгезионного соединения фиксируют двумя винтовыми зажимами в отверстиях верхней части приспособления, выполненной в форме пластины. Нагрузку на испытуемый материал прикладывают при помощи закругленного конца нижней части приспособления, выполненной в виде продолговатой пластины, противоположный конец которой закреплен в нижнем зажиме испытательной машины.»

Образцы по вышеуказанному способу готовили посредством приложения нагрузки 150 Н на 10 минут с использованием запатентованного нагружающего устройства (рисунок 17).



Рисунок 16. Изучение адгезионной прочности в нагружающей машине по патенту ОЭЗ «ВладМиВа».

2.2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ КЛИНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.2.1 Общая характеристика пациентов

Клиническое исследование проведено в университетской клинике РУДН-Юнидент («Стоматология-Выхино»).

Проведено стоматологическое обследование, лечение и наблюдение 42 пациентов, распределенных на 2 группы.

Основная группа включала 20 больных (12 женщин и 8 мужчин, средний возраст $50,5 \pm 15,3$ лет) с показаниями к протезированию включенных дефектов зубных рядов.

Контрольную группу составили 22 пациента (11 женщин и 11 мужчин, средний возраст $51,6 \pm 14,8$ лет), имеющие показания к протезированию одиночными коронками, вкладками или коронками на имплантатах.

Обе группы были сопоставимы между собой по возрасту, полу и стоматологическому статусу.

Критериями включения в исследование были следующие характеристики: мужчины и женщины старше 20 лет с полными зубными рядами или частичным отсутствием зубов, имеющие показания к изготовлению одиночных коронок, вкладок или коронок на имплантатах на верхней или нижней челюсти при наличии антагонистов.

Критериями не включения пациентов в исследование были: полная адентия; мышечно-суставная дисфункция ВНЧС, включая бруксизм; пародонтит средней и тяжелой степени; хронические заболевания СОПР; ксеростомия; онкологические заболевания; отягощенный аллергологический анамнез; отсутствие зубов-антагонистов; возраст до 20 лет.

Фиксация зубных протезов в основной группе проводилась по апробируемой методике на стоматологический цемент «Компофикс» с одноименным праймером, в контрольной группе – на стоматологический цемент «Variolink Esthetic DC» с праймером «Monobond Plus». Все клинические этапы в обеих группах были одинаковые.

Все пациенты дали информированное согласие на участие в исследовании.

2.2.2 Общая характеристика фиксированных керамических протезов

Пациентам обеих групп были изготовлены зубные протезы из отечественной полупрозрачной керамики на основе диоксида циркония производства фирмы ООО «Циркон Керамика» – «Ziceram T» (РЗН 2018/6961), изготовленных в зуботехнической лаборатории Дентсервис.

2.2.3 Методика клинических исследований

Ортопедическое лечение пациентов включало следующие этапы:

- препарирование, изготовление временной коронки,
- получение оттиска, определение цвета зубного протеза,
- припасовка и фиксация керамической конструкции с применением артикуляционной бумаги для контроля окклюзии.

Наблюдения за диоксид циркониевыми зубными протезами, изготовленными из материала «Ziceram T», проводили совместно с аспирантом Ненашевой Елизаветой Андреевной.

Динамическое наблюдение пациентов с контролем качества проведенного ортопедического лечения осуществлялось непосредственно после фиксации зубных протезов ежемесячно в течение 9 месяцев, что обусловлено наиболее высокой частотой осложнений протезирования, в том числе расцементировок, в краткосрочной перспективе.

Методика клинических исследований включала в себя:

- опрос, сбор жалоб и их анализ,
- внешний осмотр,
- осмотр полости рта,
- перкуссию,
- пальпацию,
- зондирование,

- визуальный осмотр зубных протезов на наличие дефектов и нарушение краевого прилегания.

Оценивались эстетические качества ДЦ конструкций и их функциональные свойства (отсутствие трещин, сколов, нарушения краевого прилегания). Проводилось обследование пародонта на наличие налета, воспаления десневого сосочка, гингивита/пародонтита.

Обязательно учитывалась удовлетворенность пациента по следующим параметрам: эстетический вид зубного протеза, комфорт при жевании, отсутствие болевых ощущений, полная адаптация к анатомической форме конструкции, отсутствие гигиенических проблем в области ортопедического лечения, функционирование ВНЧС без аномалий и осложнений.



Рисунок 18. Пациентка К., основная группа, диоксид циркониевая коронка, зафиксированная на зуб 4.6.



Рисунок 19. Пациентка Ф., контрольная группа, диоксид циркониевая вкладка, зафиксированная на зуб 4.6.

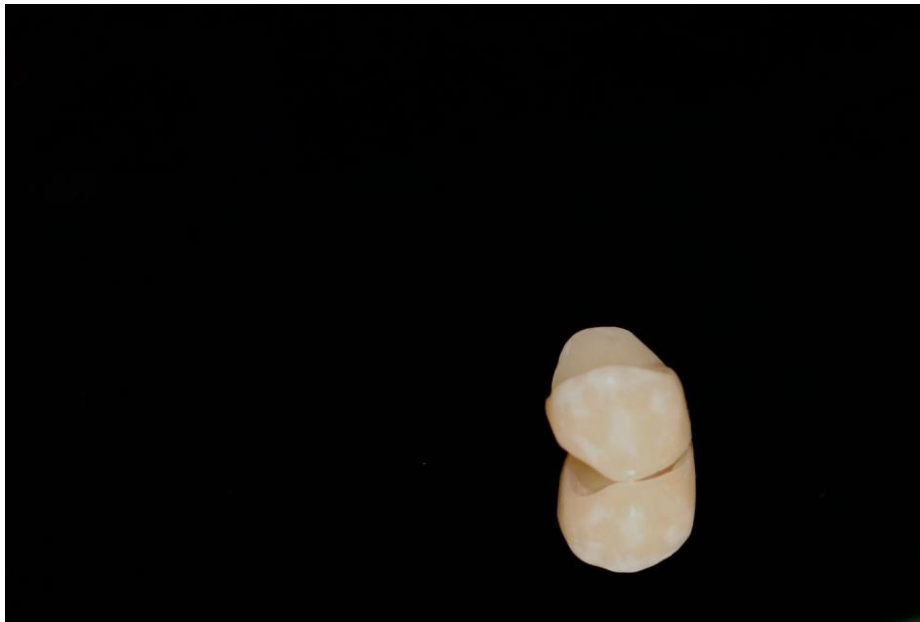


Рисунок 20. Пациентка Н., контрольная группа, изготовленная в лаборатории Дентсервис диоксид циркониевая коронка на зуб 2.5.



Рисунок 21. Пациентка Н., контрольная группа, зафиксированная в полости рта коронка на зуб 2.5.



Рисунок 22. Пациентка К., основная группа, коронка на зуб 2.7 после фиксации.

2.3 Методика статистической обработки полученных результатов

Статистический анализ достоверности различий полученных результатов производился с использованием метода вариационного анализа, а затем, после

подтверждения нормального характера распределения значений, производился параметрический статистический анализ с расчетом t-критерия Стьюдента для независимых совокупностей по следующей формуле:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$

где: M_1 и M_2 – сравниваемые средние величины, m_1 и m_2 – стандартные ошибки средних величин (стандартные отклонения средних величин).

Полученные значения t-критерия Стьюдента оценивались путем сравнения с критическими значениями. Различия показателей считались статистически значимыми при уровне значимости $p < 0,05$.

Использовались программы Microsoft Excel 2016, Медицинская статистика, (Medstatistic.ru), BioStat (Версия 7). Данные вносились в таблицы, анализировались средние арифметические значения и средние ошибки средней арифметической (стандартное или квадратичное отклонение) в группах и подгруппах.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Результаты лабораторных исследований

Нами было проведено испытание адгезионной прочности соединения методом сдвига по двум методикам: ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009) и ОЭЗ «ВладМиВа» (Патент RU № 2740252С1).

Для оценки воспроизводимости каждой методики был использован метод вариационного анализа с расчетом стандартного отклонения (σ) и коэффициента вариации (CV).

При значении коэффициента вариации CV менее 10% изменчивость вариационного ряда расценивалась, как незначительная, при CV=10-20% - как средняя. При этом в обоих случаях (CV менее 20%) разница значений в исследуемой группе считалась несущественной, а исследуемая совокупность образцов однородной. Для существенной разницы образцов считали характерным их значительную изменчивость в вариационном ряду (CV=20-33%), при этом о неоднородной совокупности говорили в ситуациях, когда CV превышал 33%.

По методике ГОСТ было проведено 11 исследований по 10 образцов в каждом. Результаты наших испытаний представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты испытаний адгезионной прочности соединения методом сдвига по ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009).

Методика подготовки поверхности	$A_{сдв}$, МПа	Стандартное отклонение (σ)	Коэффициент вариации (CV)
Fuji One без дополнительной обработки (n=10)	3,49	1,49	42,69
Fuji One + песк. обработка (n=10)	3,29	1,29	39,15

RelyX U200 без дополнительной обработки (n=10)	4,93	1,47	29,80
RelyX U200 + песк. обработка (n=10)	14,22	5,40	37,97
RelyX U200 + к-та DMAX	10,04	4,73	47,10
RelyX U200 + песк. обработка + к-та DMAX (n=10)	18,82	5,91	31,40
RelyX U200 + песк. обработка + праймер Компофикс (n=10)	21,36	5,85	27,38
Variolink Esthetic DC + праймер Monobond Plus (n=10)	10,35	1,89	18,26
Variolink Esthetic DC + песк. обработка + праймер Monobond Plus (n=10)	13,06	1,99	15,30
Компофикс + песк. обработка + праймер Компофикс (n=10)	18,78	5,07	26,99
Masterdent (n=10)	15,45	4,14	26,79

Примечание. $A_{сдв}$ – адгезионная прочность соединения, σ – стандартное отклонение, CV – коэффициент вариации.

Как видно из представленных в таблице значений, однородная совокупность вариационного ряда (CV менее 20%) была характерна при использовании двух

методик подготовки поверхности: Variolink Esthetic DC + пескоструйная обработка + праймер Monobond Plus (CV 15,3%) и Variolink Esthetic DC + праймер Monobond Plus (CV 18,3%). При использовании обеих методик изменчивость адгезионной прочности исследуемых образцов была средней, что позволяло расценивать полученные результаты как более достоверные, а обе методики – более стабильные с точки зрения методологической воспроизводимости.

Остальные использованные нами методики обработки продемонстрировали существенную разницу показателей адгезионной прочности исследуемых образцов. В частности, CV был значительным (20-33%) при использовании методики RelyX U200 без дополнительной обработки, RelyX U200 + пескоструйная обработка + праймер Компофикс, RelyX U200 + пескоструйная обработка + к-та DMAH, Компофикс + пескоструйная обработка + праймер Компофикс, Masterdent. Кроме того, при использовании других методик подготовки (Fuji One без дополнительной обработки, Fuji One + пескоструйная обработка, RelyX U200 + пескоструйная обработка) CV превышал 33%, что отражало неоднородность выборки адгезионной прочности исследуемых образцов.

Таким образом, из всех представленных выше методик подготовки поверхности худший результат воспроизводимости с самыми высокими существенными различиями был характерен для методики Fuji One без дополнительной обработки. При этом минимальная средняя вариативность адгезионной прочности с CV 15,3% была характерна для методики Variolink Esthetic DC + пескоструйная обработка + праймер Monobond Plus. Стоит отметить, что незначительной (CV менее 10%) изменчивости исследуемых образцов мы не наблюдали ни при одной из использованных нами методик подготовки.

Исходя из представленных выше методик подготовки поверхности, наилучшую адгезионную прочность соединения при проведении испытаний с использованием метода сдвига продемонстрировала методика Компофикс + пескоструйная обработка + праймер Компофикс, хотя ценность полученных

результатов несколько снижается с учетом значительного коэффициента вариации представленных образцов ($CV=26,9\%$).

При этом достаточно интересными для целей нашей работы представлялись полученные результаты методики Variolink Esthetic DC + пескоструйная обработка + праймер Monobond Plus, поскольку при средней адгезионной прочности (13,06 МПа) этот вариант продемонстрировал среднюю вариативность ряда образцов ($CV=15,30\%$).

По запатентованной методике испытания были также проведены на ОЭЗ «ВладМиВа». Нами было выполнено 3 исследования с использованием 10 образцов в каждом из них. Значения адгезионной прочности соединения с учетом однородности ряда образцов представлены в таблице 4.

Нам показалось интересным сопоставить результаты испытаний методик с использованием отечественного и зарубежных производителей.

Нами были выбраны следующие производители:

- Variolink Esthetic DC с праймером Monobond Plus ($n=10$) как хорошо изученного «золотого стандарта» качества (Ivoclar Vivadent, Лихтенштейн);
- Компофикс с одноименным праймером ($n=10$) как группу сравнения (ОЭЗ «ВладМиВа», Россия)
- RelyX U200 (3M ESPE, США) с отечественным праймером Компофикс, поскольку данный производитель в инструкции к цементу не указывает наличие праймера фирмы ($n=10$)

Таблица 4. Результаты испытаний адгезионной прочности соединения методом сдвига по методике ОЭЗ «ВладМиВа» (Патент RU № 2740252С1).

Методика подготовки поверхности	$A_{сдв}$, МПа	Стандартное отклонение (σ)	Коэффициент вариации (CV)

RelyX U200 + пескоструйная обработка + праймер Компофикс (n=10)	34,11	1,63	4,78
Variolink Esthetic DC + пескоструйная обработка + праймер Monobond Plus (n=10)	48,71*	2,78	5,71
Компофикс + пескоструйная обработка + праймер Компофикс (n=10)	42,50	4,16	9,79

Примечание. $A_{сдв}$ – адгезионная прочность, σ - стандартное отклонение, CV – коэффициент вариации; * достоверность различий ($p=0,035$).

Как видно из представленной таблицы, при использовании запатентованной методики испытания, независимо от выбранной техники подготовки образцов (RelyX U200 + пескоструйная обработка + праймер Компофикс, Variolink Esthetic DC + пескоструйная обработка + праймер Monobond Plus, Компофикс + пескоструйная обработка + праймер Компофикс), все значения адгезионной прочности демонстрировали незначительную изменчивость с коэффициентом вариации CV менее 10% и, следовательно, более высокую воспроизводимость методики. При этом минимальный CV 4,78% был при использовании варианта подготовки поверхности RelyX U200 + пескоструйная обработка + праймер Компофикс, хотя именно для этой методики были минимальные показатели адгезионной прочности соединения ($A_{сдв}=34,11$ МПа).

Достаточно высокую ($A_{сдв}=42,50$ МПа) адгезионную прочность показала методика Компофикс + пескоструйная обработка + праймер Компофикс при незначительной изменчивости ряда исследуемых образцов (CV=9,79%) в

соответствии с оговоренными нами исходными критериями оценки воспроизводимости методики. Наилучшую ($A_{сдв}=48,71$ МПа, $p=0,035$) адгезионную прочность показала методика Variolink Esthetic DC + пескоструйная обработка + праймер Monobond Plus при незначительной изменчивости ряда исследуемых образцов ($CV=5,71\%$).

Необходимо отметить, что на столь высокие показатели адгезионной прочности соединения может влиять запатентованная методика подготовки образцов, при которой обе части склеиваемого образца изготавливаются из ДЦ керамики, а не сочетание ДЦ образца с полимеризованным композитным цилиндром, используемое при испытаниях по ГОСТу.

Вполне понятно, что эти средние значения адгезионной прочности и коэффициенты вариации были получены на малых выборках, однако именно для этого нами использовались адекватные статистические методы оценки.

В целом по полученным нами результатам можно сделать вывод, что показатели адгезионной прочности сцепления образцов из отечественной керамики на основе диоксида циркония «Ziceram T» сильно зависят от методики подготовки образцов. Полученные нами результаты исследований продемонстрировали, что широко применяемый традиционный СИЦ Fuji One не позволяет получить высокие значения прочности адгезии как в сочетании с пескоструйной обработкой, так и при использовании этого материала без дополнительной пескоструйной обработки.

Нам показалось важным оценить значимость использования пескоструйной обработки. Представленные выше результаты позволили сформировать следующие группы сравнения для оценки значимости этого вида подготовки поверхности:

- группы образцов с использованием двух зарубежных производителей цемента (Fuji One, Япония и RelyX U200, США) без дополнительной обработки;

- группы образцов с использованием двух этих же производителей цемента (Fuji One и RelyX U200) с пескоструйной обработкой.

Полученные нами результаты исследований представлены в таблице 5.

Таблица 5. Результаты сравнения испытаний адгезионной прочности соединения методом сдвига по ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009) для групп образцов с использованием цемента фирм-производителей Fuji One и RelyX U200 (n=40).

Методика подготовки поверхности	$A_{сдв}$, МПа	Стандартное отклонение (σ)	Достоверность значений, p
FujiOne без дополнительной обработки (n=10)	3,49	1,49	p=0,92
FujiOne + пескоструйная обработка (n=10)	3,29	1,29	
RelyX U200 без дополнительной обработки (n=10)	4,93	1,47	p=0,11
RelyX U200 + пескоструйная обработка (n=10)	14,22	5,40	

Примечание. $A_{сдв}$ – адгезионная прочность ср. в группе, σ - стандартное отклонение.

Наши ожидания относительно влияния пескоструйной обработки на величину прочности адгезии не оправдались относительно цемента Fuji One (p=0,92). При анализе значимости пескоструйной обработки в группе цемента RelyX U200 также не были получены достоверные различия, хотя адгезионная

прочность при использовании этого вида дополнительной обработки была выше ($p=0,11$).

Отсутствие достоверных различий при использовании цемента Fuji One можно объяснить тем, что этот вариант материала, как и все СИЦ, обладает низкой адгезией и сродством к поверхности диоксид циркониевой керамики и, таким образом, в целом является неподходящим вариантом фиксирующего материала именно для этого вида керамики. Таким образом, необходимость пескоструйной обработки как составляющей для создания микрошероховатости поверхности и, тем самым, увеличения адгезионных характеристик при подготовке ДЦ поверхности, не продемонстрировала своей значимости при отсутствии дополнительного нанесения праймера на поверхность диоксид циркониевой керамики.

Отечественный цемент «Компофикс» в сочетании с одноименным праймером и пескоструйной обработкой при испытаниях по ГОСТу позволяет достичь адгезионной прочности соединения, равной 18,78 МПа, что значительно выше европейского аналога «Variolink Esthetic DC» и практически не уступает американскому «RelyX U200».

Результаты исследований по запатентованной методике ОЭЗ «ВладМиВа» также показали, что при применении отечественного праймера и цемента «Компофикс» с пескоструйной обработкой достигнуто значение 42,5 МПа. Это позволяет рекомендовать его в качестве материала выбора при работе с подготовкой поверхности диоксид циркониевой керамики.

Для оценки полученных лабораторных данных по методике ОЭЗ «ВладМиВа» (Патент RU № 2740252С1) мы провели статистический анализ с расчетом достоверности различий. Результаты анализа представлены в таблице 6.

Таблица 6. Достоверность различий результатов испытаний адгезионной прочности соединения методом сдвига по методике ОЭЗ «ВладМиВа» (Патент RU № 2740252С1).

Сравниваемые методики подготовки образцов	Среднее значение±стандартное отклонение, МПа	Достоверность значений, р
RelyX U200 + песк. обработка + праймер Компофикс/ Variolink Esthetic DC + песк. обработка + праймер Monobond Plus	34,11±1,63/ 48,71±2,78	0,000398
RelyX U200 + песк. обработка + праймер Компофикс/ Компофикс + песк. обработка + праймер Компофикс	42,5±4,16/ 34,11±1,63	0,00013
Variolink Esthetic DC + песк. обработка + праймер Monobond Plus/ Компофикс + песк. обработка + праймер Компофикс	48,71±2,78/ 42,5±4,16	0,00485

Для статистической обработки с учетом нормального характера распределения был произведен параметрический статистический анализ с расчетом t-критерия Стьюдента для независимых совокупностей. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

При статистической обработке полученных результатов лабораторных испытаний нами обнаружено, что различия были высокодостоверными ($p < 0,001$) для всех трех исследуемых методик подготовки поверхности диоксид циркониевых образцов перед склеиванием. Наиболее достоверные различия были получены при

сравнении групп RelyX U200 + пескоструйная обработка + праймер Компофикс и Компофикс + пескоструйная обработка + праймер Компофикс ($p=0,00013$). Несколько менее достоверные различия, но высокодостоверные ($p=0,000398$), были выявлены при сравнении групп RelyX U200 + пескоструйная обработка + праймер Компофикс/ Variolink Esthetic DC + пескоструйная обработка + праймер Monobond Plus. При сопоставлении групп RelyX U200 + пескоструйная обработка + праймер Компофикс и Variolink Esthetic DC + пескоструйная обработка + праймер Monobond Plus получена также высокая достоверность различий ($p=0,00485$).

Исходя из выше сказанного, можно сделать следующий вывод. Полученные средние значения адгезионной прочности соединения позволяют достоверно определить влияние методики подготовки поверхности ДЦ образцов перед фиксацией. Установлено, что прочность адгезии при использовании цемента «Компофикс» и одноименного праймера незначительно уступает аналогу «Variolink», а использование цемента «RelyX U200» достоверно значительно снижает адгезионную прочность соединения.

Для оценки полученных лабораторных данных по методике ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009), п.7.15 мы провели статистический анализ с расчетом достоверности различий. Результаты анализа представлены в таблице 7.

Таблица 7. Достоверность различий результатов испытаний адгезионной прочности соединения методом сдвига по методике ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009).

Сравниваемые методики подготовки образцов	Среднее значение \pm стандартное отклонение, МПа	Достоверность различий, p
RelyX U200 + песк. обработка + праймер Компофикс/	20,69 \pm 5,85/13,06 \pm 1,99	p<0,05

Variolink Esthetic DC + песк. обработка + праймер Monobond Plus		
RelyX U200 + песк. обработка + праймер Компофикс/ Компофикс + песк. обработка + праймер Компофикс	20,69±5,85/18,78±5,07	p>0,05
Variolink Esthetic DC + песк. обработка + праймер Monobond Plus/ Компофикс + песк. обработка + праймер Компофикс	13,06±1,99/18,78±5,07	p<0,05

Для статистической обработки с учетом ненормального характера распределения полученных результатов был произведен непараметрический статистический анализ (тест Манна-Уитни) для независимых совокупностей. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

По итогам проведенного нами сравнительного анализа результатов испытаний были сделаны выводы об адгезионной прочности соединения методом сдвига групп образцов RelyX U200 + пескоструйная обработка + праймер Компофикс и Variolink Esthetic DC + пескоструйная обработка + праймер Monobond Plus: она была достоверно ($p < 0,05$) выше в первой из этих групп сравнения.

Отсутствие достоверности различий ($p > 0,05$) получено при сравнении по этой же методике групп RelyX U200 + пескоструйная обработка + праймер Компофикс и Компофикс + пескоструйная обработка + праймер Компофикс, что

логично, поскольку ненормальный характер распределения результатов испытаний с большим стандартным отклонением значений был характерен для обеих сравниваемых групп. При сопоставлении результатов испытаний адгезионной прочности соединения методом сдвига в группах Variolink Esthetic DC + пескоструйная обработка + праймер Monobond Plus и Компофикс + пескоструйная обработка + праймер Компофикс обнаружены достоверные различия ($p < 0,05$): во второй группе сравнения значения были выше.

Таким образом, статистическая оценка лабораторных результатов испытаний адгезионной прочности соединения методом сдвига по методике ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009) продемонстрировала, что цемент «Компофикс» с одноименным праймером рекомендуется к применению в условиях реальной клинической практики наравне с зарубежными аналогами, поскольку достоверно значительно позволяет повысить адгезионную прочность фиксации при использовании керамики на основе диоксида циркония.

3.2 Результаты клинических исследований

Проведено ортопедическое лечение 2 групп пациентов ($n=42$) с последующим динамическим наблюдением.

Пациенты наблюдались нами в течение 9 месяцев с частотой визитов 1 раз в месяц. При каждом визите оценивалось состояние 20 зубных протезов из отечественной стоматологической керамики на основе диоксида циркония «Ziceram T», из которых 20 было установлено по предложенной нами методике, 22 – по стандартной методике, предлагаемой компанией Ivoclar Vivadent.

Большинство протезов было установлено на депульпированные зубы.

В таблице 7 представлены данные о пациентах основной группы и изготовленных им зубных протезах из отечественной керамики на основе диоксида циркония «Ziceram T». В основную группу было включено 20 человек, имеющих показания к изготовлению керамических зубных протезов в жевательном отделе зубного ряда.

Таблица 8. Общая характеристика пациентов основной группы и изготовленных им зубных протезов.

№ пациента	Пол	Год рождения	Протезируемые зубы	Цвет протеза
1	Ж	1969	2.7	A3
2	Ж	1973	4.6	A2
3	М	1985	1.6	A2
4	Ж	1950	1.5	A3
5	Ж	1954	2.4	A3
6	М	1971	2.7	A2
7	Ж	1975	3.7	A2
8	Ж	1967	4.6	A2
9	М	1978	2.7	A3
10	М	1990	3.6	A3
11	Ж	1968	1.6	A3
12	Ж	1972	1.5	A3
13	М	1955	2.7	A2
14	Ж	1951	3.6	A2
15	М	1949	4.6	A3
16	М	1989	1.6	A2
17	М	1979	1.5	A3
18	Ж	1966	2.4	A3
19	Ж	1976	1.6	A2
20	Ж	1970	1.5	A3

Как видно из представленной таблицы 8, среди пациентов основной группы преобладали женщины (12 из 20, что составило 60%). Средний возраст пациентов составил $50,5 \pm 15,3$ лет.

В таблице 9 представлены данные о пациентах контрольной группы и изготовленных им зубных протезах из отечественной керамики на основе диоксида циркония «Zisceram T», зафиксированных по стандартной методике.

Таблица 9. Общая характеристика пациентов контрольной группы и изготовленных им зубных протезов

№ пациента	Пол	Год рождения	Протезируемые зубы	Цвет протеза
1	Ж	1971	1.5	A2
2	Ж	1969	4.6	A3
3	М	1989	1.7	A3
4	Ж	1954	2.6	A2
5	Ж	1955	1.5	A2
6	М	1971	2.7	A2
7	М	1978	3.7	A2
8	М	1965	4.6	A2
9	Ж	1977	2.7	A3
10	М	1993	3.6	A3
11	М	1972	1.5	A2
12	Ж	1970	3.7	A3
13	М	1953	2.6	A3
14	Ж	1956	1.5	A3
15	М	1968	2.7	A2
16	М	1979	3.7	A2
17	Ж	1964	2.6	A2

18	Ж	1990	4.6	A2
19	М	1978	1.7	A2
20	М	1992	2.6	A3
21	Ж	1971	1.5	A3
22	Ж	1992	3.7	A2

Как видно из представленной таблицы 9, среди пациентов контрольной группы одинаково часто встречались мужчины и женщины (по 11 из 22, что составило по 50%). Средний возраст пациентов составил $51,6 \pm 14,8$ лет.

Таким образом, пациенты основной и контрольной групп достоверно не различались по возрасту, полу и стоматологическому статусу (имели сопоставимые дефекты коронковой части зуба, состояние антагонистов, пародонтологический статус).

После ежемесячного клинического контроля ортопедического лечения пациентов за период динамического наблюдения не выявлено ни одного случая расцементирования коронок, сколов или возникновения трещин на зубных протезах.

Слизистая оболочка в межзубных контактах керамических зубных протезов симметрична аналогичной зоне на противоположной стороне. С точки зрения гигиеничности показано, что зубные протезы, установленные пациентам, обладают низкой микробной адгезией вне зависимости от методики фиксации.

Аналогичным образом осуществлялся клинический контроль ортопедического лечения пациентов ежемесячно в течение всех 9 месяцев наблюдения после фиксации зубного протеза.

Результаты проведенного клинического исследования показывают, что предлагаемая методика фиксации зубных протезов из отечественной керамики на основе диоксида циркония «Ziceram T» с применением отечественного цемента и праймера «Компофикс» может быть рекомендована для широкого практического применения при протезировании дефектов коронковой части зубов.

3.2.1 Оптимальная методика фиксации керамических зубных протезов из диоксида циркония композитно-компомерным материалом «Компофикс».

По результатам комплексных лабораторных и клинических исследований нами было установлено, что оптимальная методика фиксации керамических зубных протезов на основе диоксида циркония включает в себя следующие этапы:

1. Применение полимерного цемента двойного отверждения по инструкции производителя
2. Пескоструйная обработка внутренней поверхности зубного протеза Al_2O_3 с диаметром частиц 45-55 мкм при давлении до 0,5 атм
3. Нанесение праймера на основе фосфатного мономера 10-MDP

Все этапы необходимо выполнять по инструкции производителя применяемых материалов, с обязательным соблюдением времени обработки поверхности на каждом этапе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная диссертационная работа посвящена актуальному вопросу практической ортопедической стоматологии, связанному с оптимизацией протокола фиксации диоксид циркониевых зубных протезов в условиях необходимости импортозамещения.

На сегодняшний день керамика на основе ДЦ является востребованным и перспективным конструкционным материалом. Представляются интересными отечественные разработки фиксирующих материалов последних 10 лет. Наблюдается стойкая тенденция к развитию отечественного материаловедения в данном направлении, и, таким образом, необходимость создания нового протокола работы с данными материалами.

Анализ отечественных и зарубежных литературных источников с глубиной поиска 10 лет показывает несомненный интерес в вопросе работы с диоксид циркониевой керамикой. Однако четких общепринятых протоколов подготовки поверхности зубных протезов из ДЦ перед фиксацией в полости рта на сегодняшний день нет. Такая ситуация сделала необходимым как лабораторное исследование со сравнительными испытаниями различных методик с последующим выявлением оптимальной, так и клиническую апробацию выбранной методики.

На этапе лабораторных испытаний представляется важным, как оценка адгезионной прочности соединения при различной подготовке поверхности диоксид циркониевой керамики, так и расчет вариативности полученных показателей внутри исследуемой выборки. При клиническом динамическом наблюдении целесообразно оценить и сравнить стабильность результата проведенного ортопедического лечения с использованием предложенной методики.

Именно сочетание лабораторного и клинического этапов исследования позволяет оценить перспективы дальнейших методологических разработок.

Исходя из представленных литературных источников, число публикаций по вопросу применения ДЦ в ортопедической стоматологии как в отечественных (1007 публикаций), так и зарубежных (898 публикаций) базах данных отражает нарастающий интерес к этому материалу. При этом именно за последние 5 лет большинство (78,2%) публикаций акцентируется именно на вопросах, посвященных технологическим аспектам работы с данным материалом. Чуть более 20% исследований направлены на оптимизацию клинической работы с диоксид циркониевой керамикой.

Можно сделать вывод, что существует необходимость разработки оптимального протокола подготовки зубных протезов из ДЦ перед фиксацией с практической, технической и экономической точки зрения. При этом оценка долговечности результата ортопедического лечения абсолютно необходима.

Таким образом, цель данной диссертационной работы логично и естественно вытекает из противоречивости результатов публикаций последних 10 лет и практической востребованности оптимального и стандартизированного протокола подготовки диоксид циркониевых зубных протезов перед фиксацией. Это подтверждается популярностью использования данного конструкционного материала при протезировании дефектов коронковой части зубов на сегодняшний день.

Лабораторная часть нашего исследования представлена сравнительной оценкой исследуемых методик обработки поверхности при испытаниях по ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009) и запатентованной методике ОЭЗ «ВладМиВа» (Патент RU № 2740252С1).

Материал «Ziceram T», который производится российским предприятием в виде заготовок различных цветов по шкале VITA диаметром 98,5 мм различной толщины из исходного сырья японской фирмы TOSOH, был подвергнут испытаниям на адгезионную прочность сцепления с подложкой методом сдвига. Данный конструкционный материал разрешен к клиническому применению на

основании регистрационного удостоверения Росздравнадзора № РЗН 2018/6961 и является одним из наиболее оптимальных отечественных ДЦ дисков для изготовления зубных протезов. Именно этот материал исследовался при использовании различных вариантов обработки поверхности: пескоструйная обработка, кислотное травление, нанесение праймера и их сочетания.

При проведении лабораторных исследований установлено, что отечественный праймер для зубных протезов (в том числе на основе диоксида циркония) «Компофикс» (ФСР 2011/10983), в состав которого входит фосфат-содержащий метакрилатный мономер, является материалом выбора наравне с европейским аналогом от компании Ivoclar Vivadent. Результаты нашей работы демонстрируют, что применение данного праймера позволяет достичь более высоких значений адгезионной прочности соединения при приемлемых значениях коэффициента вариации.

Нам представлялось крайне важным сопоставить отечественные материалы для подготовки поверхности диоксид циркониевой керамики с зарубежными аналогами ввиду необходимости импортозамещения и оптимизации ортопедического лечения пациентов.

Статистический анализ достоверности различий полученных результатов производился с использованием метода вариационного анализа, а затем, после подтверждения нормального характера распределения значений, производился параметрический статистический анализ с расчетом t-критерия Стьюдента для независимых совокупностей. Непараметрический статистический анализ осуществлялся с помощью теста Манна-Уитни для статистической обработки полученных результатов с учетом ненормального характера их распределения.

Метод вариационного анализа был использован для оценки воспроизводимости методик. Это представлялось важным, так как возможность получения стабильного результата – одна из важных задач при использовании любой методики обработки в практической стоматологии. Мы расценивали

разницу, как несущественную при коэффициенте вариации (CV) менее 20%. Такой вариативный ряд представлял собой совокупность с незначительной или средней изменчивостью, что было важным для оценки состоятельности выбранной методики. При CV более 33% совокупность расценивалась как неоднородная и разница показателей представлялась существенной. Таким образом, нами производился выбор оптимальной методики.

Следующим этапом статистического анализа был этап оценки нормальности распределения полученных значений. Убедившись, что распределение результатов значений было нормальным, мы выбрали для оценки различий t-тест Стьюдента для несвязанных совокупностей как вариант параметрического анализа. Нами были получены высокодостоверные ($p < 0,001$) различия при сравнении групп RelyX U200 + пескоструйная обработка + праймер Компофикс и Компофикс + пескоструйная обработка + праймер Компофикс ($p = 0,00013$). Несколько менее достоверные различия, но высокодостоверные ($p = 0,000398$), были выявлены при сравнении групп RelyX U200 + пескоструйная обработка + праймер Компофикс/ Variolink Esthetic DC + пескоструйная обработка + праймер Monobond Plus. При сопоставлении групп RelyX U200 + пескоструйная обработка + праймер Компофикс и Variolink Esthetic DC + пескоструйная обработка + праймер Monobond Plus получена также высокая достоверность различий ($p = 0,00485$).

Исходя из результатов лабораторной части нашего исследования, нам представляется наиболее оптимальным следующий алгоритм подготовки поверхности:

1. Использование полимерного цемента двойного отверждения в соответствии с инструкцией производителя
2. Необходимость пескоструйной обработки внутренней поверхности ДЦ зубного протеза Al_2O_3 с диаметром частиц 45-55 мкм при давлении до 0,5 атм с последующим промыванием и высушиванием
3. Показано нанесение праймера на основе фосфатного мономера 10-MDP

Клинический этап нашей работы представлял собой сравнительное динамическое наблюдение (проспективный анализ) пациентов основной группы (n=20) и контрольной группы (n=22). Наши пациенты были сопоставимы по возрасту, полу и стоматологическому статусу. Таким образом, мы придерживались основных принципов доказательной медицины. Пациентам основной группы были установлены зубные протезы из отечественной полупрозрачной керамики на основе диоксида циркония «Ziceram T», зафиксированные по предложенной методике, а пациентам в контрольной группе – по методике, предложенной фирмой-производителем Ivoclar Vivadent. Все клинические этапы ортопедического лечения были одинаковые в обеих группах, а сроки динамического наблюдения также были идентичными.

Таким образом, качество протезирования оценивалось в следующие сроки, одинаковые для обеих групп: в течение 9 месяцев ежемесячно.

Результаты нашего клинического исследования продемонстрировали отсутствие достоверных различий в динамике стоматологического статуса у пациентов основной и контрольной групп. За весь период наблюдения не было зарегистрировано случаев поломок, сколов, возникновения трещин и расцементировок зубных протезов, что говорит об успешности применения предложенной методики подготовки поверхности.

Исходя из всего выше сказанного, нами были получены следующие результаты:

- разработана методика подготовки поверхности отечественной керамики на основе диоксида циркония перед фиксацией, заключающаяся в обработке её отечественным праймером, что позволяет оптимизировать протезирование в реальных клинических условиях ортопедической стоматологии;
- проведена клиническая апробация предложенной методики с подтверждением целесообразности и высокой эффективности

ортопедического лечения с использованием зубных протезов из полупрозрачного отечественного диоксида циркония «Ziceram T»;

- определены показания к применению описанной выше методики.

Результаты лабораторного и клинического этапов нашего исследования позволяют рекомендовать предложенный алгоритм подготовки ДЦ поверхности перед фиксацией для повседневной практики при работе с данным конструкционным материалом.

ВЫВОДЫ

1. Показатели адгезионной прочности соединения диоксид циркониевых образцов и полимерных цементов значительно зависят от методики подготовки и испытания образцов.
2. Результаты испытаний адгезионной прочности соединения на сдвиг по методике ОЭЗ «ВладМиВа» свидетельствуют о том, что применение отечественного праймера в сочетании с отечественным компомерно-композитным цементом для фиксации протезов из диоксида циркония позволяет достичь прочности 42,5 МПа, что на 33% превышает показатель импортного материала.
3. Результаты сравнительных испытаний адгезионной прочности соединения на сдвиг по ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009) показали, что самый высокий результат адгезионной прочности получен для образцов из группы RelyX U200 + пескоструйная обработка + праймер Компофикс со значением $21,36 \pm 5,85$ МПа, второе место – Компофикс + пескоструйная обработка + праймер Компофикс ($18,78 \pm 5,07$ МПа), третье место – Variolink Esthetic DC + пескоструйная обработка + праймер Monobond Plus ($13,06 \pm 1,99$ МПа).
4. Пескоструйная обработка при сравнении адгезионной прочности соединения методом сдвига по ГОСТ Р 56924-2016 (ИСО 4049:2009) для групп образцов с использованием цемента фирм-производителей Fuji One и RelyX U200 (n=40) не продемонстрировала достоверных различий при отсутствии дополнительного нанесения праймера на поверхность диоксид циркониевой керамики ($p=0,92$; $p=0,11$).
5. При сравнительной оценке полученных лабораторных данных по методике ОЭЗ «ВладМиВа» (Патент RU № 2740252С1) были получены различия результатов испытаний адгезионной прочности соединения методом сдвига: высоко достоверные ($p=0,00013$) для групп RelyX U200 + пескоструйная обработка + праймер Компофикс и Компофикс + пескоструйная обработка + праймер Компофикс; высоко достоверные

($p=0,000398$) для групп RelyX U200 + пескоструйная обработка + праймер Компофикс/Variolink Esthetic DC + пескоструйная обработка + праймер Monobond Plus и также высоко достоверные ($p=0,00485$) для групп RelyX U200 + пескоструйная обработка + праймер Компофикс и Variolink Esthetic DC + пескоструйная обработка + праймер Monobond Plus.

6. Клиническое наблюдение за пациентами, дефекты зубных рядов у которых были замещены коронками, фиксирующимися с применением фосфатных праймеров как отечественного, так и зарубежного (европейского) производства показало 100% положительный результат в течение 9 месяцев наблюдения.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

При ортопедическом лечении протезами из диоксида циркония целесообразно применять комплексную подготовку поверхности протеза, которая включает пескоструйную обработку оксидом алюминия, нанесение фосфатного праймера и использование полимерного цемента двойного отверждения.

1. Для пескоструйной обработки внутренней поверхности диоксид циркониевого зубного протеза целесообразно использовать песок Al_2O_3 с диаметром частиц 45-55 мкм отечественного производства при давлении воздуха клинического внутриворотного пескоструйного аппарата до 0.5 атм
2. В качестве фосфат-содержащего метакрилатного праймера для надежной фиксации зубных протезов из диоксида циркония рекомендовано применять праймер «Компофикс» отечественного производства

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клиническая апробация применения монокристаллических мостовидных зубных протезов из полупрозрачного диоксида циркония "Ziceram T" / Э. Ллака, И. А. Воронов, Д. А. Сахабиева, И. Ю. Лебеденко // Проблемы стоматологии. – 2021. – Т. 17, № 4. – С. 120-124. <https://doi.org/10.18481/2077-7566-21-17-4-120-124>
2. Nazarjan, R. G. Клиническая эффективность ортопедического лечения керамо-керамическими мостовидными зубными протезами на основе диоксида циркония / R. G. Nazarjan, I. Ju. Lebedenko // Stomatology. – 2016. – Vol. 95, No. 6-2. – P. 61-62.
3. Теплова, А. В. Особенности современных стоматологических материалов на основе диоксида циркония / А. В. Теплова, Е. Д. Сажнева, А. С. Горячих // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации: сборник материалов IX Международной научно-практической конференции, Москва, 10 ноября 2022 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство АЛЕФ", 2022. – С. 355-358.
4. Исследование характеристик диоксида циркония стоматологического назначения для CAD/CAM-технологии / Н. Б. Асташина, В. Б. Кульметьева, Е. С. Пьянкова, И. А. Шатова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2019. – Т. 2. – С. 488-492.
5. Керамика на основе тетрагонального диоксида циркония для реставрационной стоматологии / Н. А. Михайлина, Л. И. Подзорова, М. Н. Румянцева [и др.] // Перспективные материалы. – 2010. – № 3. – С. 44-48.
6. Miyazaki, T., Nakamura, T., Matsumura, H., Van, S., & Kobayashi, T. (2013). Current status of zirconia restoration. *Journal of prosthodontic research*, 57(4), 236–261. <https://doi.org/10.1016/j.jpjor.2013.09.001>
7. Результаты испытаний прочности адгезии стандартных пластин из диоксида циркония и образцов различных марок композитных материалов / A. V. Goncharov,

O. P. Goncharova, I. K. Batrak, T. G. Isakova // Российская стоматология. – 2016. – Vol. 9, No. 1. – P. 20.

8. Петрова, А. В. Диоксид циркония как перспективный конструкционный материал в стоматологии / А. В. Петрова // Шаг в будущее : материалы VI Всероссийской научно-практической конференции студентов профессиональных образовательных организаций, Курск, 06 апреля 2022 года. – Курск: Курский государственный медицинский университет, 2022. – С. 96-97.

9. Применение коронок из диоксида циркония «Zisceram T» с их скоростным обжигом / Д. А. Шумская, Р. Г. Назарян, Д. А. Аверьянова, Я. В. Софронова // Актуальные вопросы стоматологии : Сборник научных трудов, посвященный основателю кафедры ортопедической стоматологии КГМУ, Профессору Исаак Михайловичу Оксману, Казань, 18 февраля 2023 года. – Казань: Казанский государственный медицинский университет, 2023. – С. 893-896.

10. Влияние скоростных режимов обжига образцов диоксида циркония из отечественных заготовок Zisceram T на показатели прочности и цветовые характеристики / Д. А. Сахабиева, М. С. Деев, Е. Е. Дьяконенко [и др.] // Российский стоматологический журнал. – 2022. – Т. 26, № 2. – С. 95-102. – DOI 10.17816/1728-2802-2022-26-2-95-102.

11. Сахабиева, Д. А. Скоростные режимы обжига керамики на основе диоксида циркония / Д. А. Сахабиева, М. С. Деев // Стоматология славянских государств : Сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции, Белгород, 08–12 ноября 2021 года. – Белгород: Издательский дом "Белгород", 2021. – С. 260-261.

12. Применение монокристаллических мостовидных зубных протезов из полупрозрачного диоксида циркония российского и зарубежного производства / Э. Ллака, И. А. Воронов, Д. А. Сахабиева, И. Ю. Лебеденко // Евразийское Научное Объединение. – 2021. – № 12-2(82). – С. 156-159.

13. Панахов, Н. А. Результаты применения циркониевых коронок, изготовленных с использованием CAD/CAM-технологии / Н. А. Панахов, С. С. Алиева // Клиническая стоматология. – 2019. – № 2(90). – С. 76-79. – DOI 10.37988/1811-153X_2019_2_76.
14. Панахов, Н. А. Клиническая оценка фиксированных монолитных циркониевых коронок / Н. А. Панахов, С. С. Алиева // Стоматологический журнал. – 2019. – Т. 20, № 3. – С. 212-215.
15. Сахабиева, Д. А. Керамические зубные протезы из диоксида циркония по технологии «chairside» из отечественных заготовок / Д. А. Сахабиева // Актуальные вопросы стоматологии : Сборник тезисов межвузовской конференции , Москва, 31 марта 2022 года. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2022. – С. 119-122.
16. Показатели флуоресценции образцов керамических зубных протезов из диоксида циркония различной прозрачности после разных режимов спекания / С. А. Вердиян, Е. А. Ненашева, М. В. Быкова, М. С. Саркисян // Комплексные проблемы науки и методы их решения : Сборник статей международной научной конференции, Кингисепп, 03 апреля 2023 года. – Санкт-Петербург: Частное научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «НАЦРАЗВИТИЕ», 2023. – С. 10-12. – DOI 10.37539/230403.2023.14.36.005.
17. Вердиян, С. А. Влияние режимов спекания на флуоресцентные свойства образцов отечественной стоматологической керамики из диоксида циркония / С. А. Вердиян, Н. О. Гук // Наука, общество, производство и промышленность: актуальные проблемы и перспективы : Сборник статей международной научной конференции, Омск, 07 апреля 2023 года. – Санкт-Петербург: Частное научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «НАЦРАЗВИТИЕ», 2023. – С. 6-7. – DOI 10.37539/230407.2023.20.43.009.

18. Вердиян, С. А. Получение эффекта флуоресценции керамических зубных протезов на основе диоксида циркония с помощью флуоресцентной глазури / С. А. Вердиян // Актуальные вопросы стоматологии : Сборник тезисов межвузовской конференции , Москва, 31 марта 2022 года. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2022. – С. 25-27.
19. Влияние скоростного обжига керамического материала на основе диоксида циркония Zisceram T отечественного производства на показатели прочности и цвета / Д. А. Сахабиева, М. С. Деев, Е. Е. Дьяконенко [и др.] // Проблемы стоматологии. – 2021. – Т. 17, № 4. – С. 140-144. – DOI 10.18481/2077-7566-21-17-4-140-144
20. Бабаян, Э. А. Эстетическая реставрация твердых тканей зубов с использованием материала диоксид циркония / Э. А. Бабаян // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2021. – № 2-4(70). – С. 29-32.
21. Литвинова, А. К. Современные аспекты применения диоксида циркония в ортопедической стоматологии / А. К. Литвинова // Молодежный инновационный вестник. – 2021. – Т. 10, № S1. – С. 400-402.
22. Голубева, Е. Б. Обзор показаний к применению диоксида циркония и дисиликата лития как материалов для безметалловых реставраций / Е. Б. Голубева, А. Ш. Гильмиева, Н. Р. Салеев // Актуальные вопросы стоматологии : Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной основателю кафедры ортопедической стоматологии КГМУ профессору Исааку Михайловичу Оксману, Казань, 15 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный медицинский университет, 2020. – С. 102-106.
23. Рубникович, С. П. Функциональная и эстетическая Реабилитация пациента с полным отсутствием зубов протезами из диоксида циркония с опорой на дентальные имплантаты с применением цифрового протокола / С. П. Рубникович, И. С. Хомич, Ю. Л. Денисова // Современная ортопедическая стоматология. – 2020. – № 33/34. – С. 35-40.

24. Диоксид циркония как современный материал для зубных протезов и имплантатов / А. С. Иванов, Д. В. Мартынов, В. Н. Олесова [и др.] // Российский стоматологический журнал. – 2019. – Т. 23, № 1. – С. 4-6. – DOI 10.18821/1728-2802-2019-23-1-4-6.
25. Экспериментальное обоснование использования дентальных имплантатов из диоксида циркония, стабилизированного иттрием / В. Н. Олесова, С. А. Заславский, А. С. Иванов [и др.] // Стоматология для всех. – 2019. – № 1(86). – С. 18-21.
26. Арутюнов, С. Д. Оценка эффективности остеоинтеграции фрезерованных трансдентальных имплантатов из диоксида циркония по результатам эксперимента *in vivo* / С. Д. Арутюнов, А. Б. Шехтер, А. Г. Степанов // Вестник Казахского национального медицинского университета. – 2018. – № 1. – С. 533-535.
27. Гук, Н. О. Малоинвазивный метод восстановления депульпированных моляров из диоксида циркония отечественного производства / Н. О. Гук, В. В. Савельев // Стоматология - наука и практика, перспективы развития : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию победы в Сталинградской битве, Волгоград, 19 октября 2023 года. – Волгоград: Волгоградский государственный медицинский университет, 2023. – С. 65-72.
28. Реутов, П. М. Исследование тканей пародонта у пациентов с несъемными конструкциями на каркасе из диоксида циркония и КХС / П. М. Реутов, О. И. Янковский // Интернаука. – 2023. – № 21-2(291). – С. 18-20.
29. Лю, А. В. Современные решения в несъемном протезировании. Технология изготовления коронок из диоксида циркония с индивидуальным нанесением керамики e-max / А. В. Лю, А. А. Карпова // Шаг в будущее : материалы VII Всероссийской научно-практической конференции студентов профессиональных образовательных организаций, Курск, 06 апреля 2023 года. – Курск: Курский государственный медицинский университет, 2023. – С. 156-157.
30. Розов, Р. А. Имплантационное протезирование протяженными цельнодиоксидциркониевыми конструкциями с цифровым моделированием

окклюзионных поверхностей / Р. А. Розов, В. Н. Трезубов, А. Поцци // Сеченовский вестник. – 2018. – № 3(33). – С. 41-48. – DOI 10.26442/2218-7332_2018.3.41-48.

31. Численное исследование напряженно-деформированного состояния штифтовых культевых конструкций из диоксида циркония, изготовленных с использованием CAD/CAM-технологий / М. В. Джалалова, А. Г. Степанов, С. В. Апресян, А. И. Оганян // Российский журнал биомеханики. – 2023. – Т. 27, № 1. – С. 22-30. – DOI 10.15593/RZhBiomeh/2023.1.02.

32. Ненашева, Е. А. Анализ прочности образцов многослойного диоксида циркония для зубопротезирования с помощью акустической микроскопии / Е. А. Ненашева, Е. С. Мороков // Национальная Ассоциация Ученых. – 2023. – № 86-2. – С. 14-18. – DOI 10.31618/nas.2413-5291.2023.2.86.688.

33. Гынгазов, С. А. Влияние аэродинамической абразивной обработки на фазовое состояние приповерхностного слоя керамики частично стабилизированного диоксида циркония / С. А. Гынгазов // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2021. – № 6. – С. 58-61. – DOI 10.31857/S102809602106008X.

34. Возможность клинического использования несъемных ортопедических конструкций из синтерированного диоксида циркония после их обработки различными видами алмазного инструмента (исследование invitro) / Б. Р. Шумилович, В. В. Ростовцев, С. Н. Крюкова [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2021. – Т. 15, № 2. – С. 23-29. – DOI 10.24412/2075-4094-2021-2-1-4.

35. Цаликова, Н. А. Влияние поверхностной абразивной обработки и температурного воздействия на свойства стоматологической керамики на основе метастабильного тетрагонального диоксида циркония / Н. А. Цаликова, Л. В. Дубова, Н. И. Крихели // Восточно-Европейский научный журнал. – 2018. – № 9-2(37). – С. 62-68.

36. Патент № 2640853 С2 Российская Федерация, МПК С04В 35/488, А61К 6/027, А61L 27/10. Композитный материал на основе оксида циркония : № 2015109629 : заявл. 20.08.2013 :опубл. 12.01.2018 / Л. Готтвик, М. Кунтц, А. А. Порпорати [и др.].
37. Патент № 2662486 С2 Российская Федерация, МПК С04В 35/488, А61К 6/02. Однофазные и многофазные материалы на основе оксида циркония : № 2015138785 : заявл. 07.02.2014 :опубл. 26.07.2018 / М. Кунтц, К. Фридерих, Л. Готтвик [и др.].
38. Аксельрод, И. Б. Сравнительное исследование влияния различных методов подготовки поверхности отечественных образцов диоксида циркония на прочность сцепления с подложкой / И. Б. Аксельрод, Ф. С. Русанов, И. Я. Поюровская // Актуальные вопросы стоматологии : Сборник научных трудов, посвященный основателю кафедры ортопедической стоматологии КГМУ, Профессору Исаак Михайловичу Оксману, Казань, 18 февраля 2023 года. – Казань: Казанский государственный медицинский университет, 2023. – С. 27-31.
39. Сахабиева, Д. А. Влияние экспресс-режимов обжига на прочность образцов керамики на основе диоксида циркония / Д. А. Сахабиева, М. С. Деев, Ф. С. Русанов // Сборник тезисов Конференции студенческих научных обществ, Москва, 20 мая 2021 года. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2021. – С. 43-45.
40. Изменение прочностных свойств супраструктурных элементов из диоксида циркония после механической обработки, по данным рентгенодифракционного анализа, и его значение для дентальной керамической имплантологии / Ф. А. Хафизова, Д. А. Таюрский, А. Г. Киямов [и др.] // Российский вестник дентальной имплантологии. – 2021. – № 1-2(51-52). – С. 16-22.
41. Ghodsi, S., &Jafarian, Z. (2018). A Review on Translucent Zirconia. The European journal of prosthodontics and restorative dentistry, 26(2), 62–74. https://doi.org/10.1922/EJPRD_01759Ghodsi13
42. Материалы для высокоэстетических ортопедических конструкций: циркониевые реставрации / М. А. Давыдова, Д. А. Давыдов, Ю. А. Широкова, М.

И. Воропаева // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2019. – № 10. – С. 210-213.

43. Морданов, О. С. Влияние температуры на термические изменения и фазовый анализ реставраций из диоксида циркония / О. С. Морданов, Е. С. Шиляева // Современная концепция стоматологической действительности - 2023 : Сборник трудов Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной юбилею сотрудничества медицинского института РУДН и Ташкентского государственного стоматологического института, Москва, 05 апреля 2023 года / Под редакцией Н.Т. Бутаевой. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2023. – С. 47.

44. Quigley, N. P., Loo, D. S. S., Choy, C., & Ha, W. N. (2021). Clinical efficacy of methods for bonding to zirconia: A systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*, 125(2), 231–240. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.12.017>

45. Xiang, D., & Lin, H. (2020). *Zhonghuakouqiangyixuezhazhi = Zhonghuakouqiangyixuezhazhi = Chinese journal of stomatology*, 55(5), 348–352. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112144-20191128-00426>

46. Ozcan M, Bernasconi M. Adhesion to zirconia used for dental restorations: A systematic review and meta-analysis. *J Adhes Dent*. 2015;17:7-26. <https://www.doi.org/10.3290/j.jad.a33525>

47. Khan AA, Al Kheraif AA, Jamaluddin S, Elsharawy M, Divakar DD. Recent Trends in Surface Treatment Methods for Bonding Composite Cement to Zirconia: A Review. *J Adhes Dent*. 2017;19:7-19. <https://www.doi.org/10.3290/j.jad.a37720>

48. Thompson J, Stoner B, Piascik J, Smith R. Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: Where are we now? *DentalMaterials*. 2011;27:71-82. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.022>

49. Обоснование выбора материалов для фиксации керамических зубных протезов на основе диоксида циркония / А. В. Гончаров, Н. А. Цаликова, О. П. Гончарова, Т. Г. Исакова // DentalForum. – 2015. – № 4. – С. 24.
50. Lawson, N. C., Frazier, K., Bedran-Russo, A. K., Khajotia, S., Park, J., Urquhart, O., & Council on Scientific Affairs (2021). Zirconia restorations: An American Dental Association Clinical Evaluators Panel survey. *Journal of the American Dental Association* (1939), 152(1), 80–81.e2. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2020.10.012>
51. Абакаров, С. И. Основы технологии зубного протезирования : учебник : в 2 томах. Том 1 / С. И. Абакаров ; под редакцией Э. С. Каливрадзияна. -Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2016. - 576 с. - ISBN 978-5-9704-3609-7.
52. Аболмасов, Н. Г. Ортопедическая стоматология / Н. Г. Аболмасов, Н. Н. Аболмасов, М. С. Сердюков. -10-е изд., перераб. и доп. - Москва :МЕДпресс-информ, 2018. - 556 с. - ISBN 978-5-00030-542-3.
53. Клиническая эффективность безметалловых керамических коронок на зубах и имплантатах / С. С. Хубаев, Ю. М. Магамедханов, С. А. Заславский [и др.] // Стоматология для всех. – 2013. – № 2. – С. 50-52.
54. Вокулова, Ю. А. Методика оценки эффективности ортопедического лечения несъемными протезами, изготовленными с применением цифровых технологий / Ю. А. Вокулова, Е. Н. Жулев // EuropeanScientificConference : сборник статей XXII Международной научно-практической конференции, Пенза, 07 октября 2020 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2020. – С. 79-84.
55. Лебеденко И.Ю., Дьяконенко Е.Е., Сахабиева Д.А., Лакка Э. Адгезия цементов к керамическим зубным протезам из диоксида циркония (часть 1). *Стоматология*. 2021;100(2):97–102. <https://doi.org/10.17116/stomat202110002197>
56. Инструкция по применению самоадгезивного универсального композитного цемента для фиксации 3М ESPE RelyX™ U200

<https://multimedia.3m.com/mws/media/2122488O/3m-relyx-u200-self-adhesive-resin-cement-cee.pdf>

57. Инструкция по применению адгезивной фиксирующей системы Ivoclar Variolink® Esthetic DC
<https://www.ultimatedental.com/uploads/IvoclarVariolinkEstheticDCFlow.pdf>

58. Ferencz J, Holst S, Blatz M, Kern M, Geiselhöringer H. Инструкция Nobel Procera™ по фиксации цементом.
https://labdentavita.ru/pdf/cementation_guide_ru_c2.pdf

59. Kachhara S, Ariga P, Ashish J. Recommended cementation for monolithic zirconia crowns. Drug Invention Today. 2018;10(4):566-568.
<https://www.researchgate.net/publication/325662739>

60. Yang L, Xie H, Meng H, Wu X, Chen Y, Zhang H, Chen C. Effects of luting cements and surface conditioning on composite bonding performance to zirconia. J Adhes Dent. 2018;20:549-558. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a41634>

61. Gargari M, Gloria F, Napoli E, Pujia A. Zirconia: cementation of prosthetic restorations. Literature review. Oral Implantol (Rome). 2010;3(4):25-29. PMID: 23285393; PMID: PMC3399176.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3399176/>

62. Minh Le, EvaggeliaPapia, Christel Larsson et al. The effect of combining primers and cements from different cement systems on the bond strength between zirconia and dentin, 04 April 2024, PREPRINT (Version 1) available at Research Square [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4177675/v1>]

63. Zakavi, F., Mombeini, M., Dibazar, S., &Gholizadeh, S. (2019). Evaluation of shear bond strength of zirconia to composite resin using different adhesive systems. Journal of clinical and experimental dentistry, 11(3), e257–e263.
<https://doi.org/10.4317/jced.55428>

64. Dogan, S., & Raigrodski, A. J. (2019). Cementation of Zirconia-Based Toothborne Restorations: A Clinical Review. *Compendium of continuing education in dentistry* (Jamesburg, N.J. : 1995), 40(8), 536–540.
65. Бейган Антон Викторович. Клинико-лабораторное обоснование выбора цемента на водной основе для фиксации несъемных протезов : диссертация ... кандидата медицинских наук : 14.00.21 / Бейган Антон Викторович; [Место защиты: ГОУ "Институт повышения квалификации Федерального медико-биологического агентства"].- Москва, 2006.- 90 с.: ил.
66. Крючков, Михаил Анатольевич. Клинико-экспериментальное исследование цинк-фосфатного цемента, модифицированного наноразмерными частицами кремния, для фиксации несъемных конструкций зубных протезов. : диссертация ... кандидата медицинских наук : 14.01.14 / Крючков Михаил Анатольевич; [Место защиты: ГОУВПО "Воронежская государственная медицинская академия"].- Воронеж, 2011.- 93 с.: ил.
67. Трезубов В.Н. Ортопедическая стоматология. Прикладное материаловедение /В.Н. Трезубов, М.З. Штейнгарт, Л.М. Мишнёв.-Спб.: СпецЛит, 2003.- 384с.
68. Трезубов В.Н. Экспериментальное изучение влияния фиксирующих стоматологических материалов на пульпу зуба /В.Н. Трезубов, М.З. Штейнгарт , В.С. Емгахов //Электронная версия журнала «Эндодонтияtoday».- 2002. Т.2, №3-4.- С.26-30.
69. Захаров Дмитрий Захарьевич. Сравнительная характеристика композитных цементов для фиксации цельнокерамических конструкций : диссертация ... кандидата педагогических наук : 14.00.21 / Захаров Дмитрий Захарьевич; [Место защиты: ФГУ "Центральный научно-исследовательский институт стоматологии"].- Москва, 2009.- 123 с.: ил.
70. Тыщенко Никита Сергеевич. Клинико-лабораторное обоснование применение стеклоиономерного цемента «Полиакрилин» для фиксации несъемных протезов: диссертация кандидата медицинских наук. Место защиты:

«Белгородский государственный национальный исследовательский университет».
<https://www.dissercat.com/content/kliniko-laboratornoe-obosnovanie-primeneniye-stekloionomernogo-tsementa-poliakrilin-dlya-fiks>

71. Казарин Александр Сергеевич. Клинико-лабораторное обоснование повышения эффективности фиксации несъемных протезов : диссертация ... кандидата медицинских наук : 14.00.21 / Казарин Александр Сергеевич; [Место защиты: ГОУВПО "Тверская государственная медицинская академия"].- Тверь, 2006.- 82 с.: ил.

72. Валынов Антон Сергеевич. Клинико-лабораторное обоснование применения цинк-фосфатного цемента, модифицированного керамикой, для фиксации несъёмных ортопедических конструкций: диссертация кандидата медицинских наук. Место защиты: «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко». <https://www.dissercat.com/content/kliniko-laboratornoe-obosnovanie-primeneniya-tsink-fosfatnogo-tsementa-modifitsirovannogo>

73. Бобров, Д. С. Ключевые аспекты выбора фиксирующего материала для несъёмных ортопедических конструкций / Д. С. Бобров, А. А. Чередникова // Актуальные вопросы стоматологии : сборник научных трудов, посвященный основателю кафедры ортопедической стоматологии КГМУ профессору Исааку Михайловичу Оксману. - Казанский государственный медицинский университет : Казань, 2021. - С. 524-528.

74. Blatz, M. B., Alvarez, M., Sawyer, K., & Brindis, M. (2016). How to Bond Zirconia: The APC Concept. *Compendium of continuing education in dentistry* (Jamesburg, N.J. : 1995), 37(9), 611–618. PMID: 27700128

75. Методика адгезивной фиксации коронок из диоксида циркония / Д. Д. Гудырев, А. А. Мосеев, Е. С. Федоров, А. Д. Поливаная // Бюллетень Северного государственного медицинского университета. – 2019. – № 2(43). – С. 9-11.

76. Russo D, Cinelli F, Sarti C, Giachetti L. Adhesion to Zirconia: A Systematic Review of Current Conditioning Methods and Bonding Materials. *Dent J.* 2019;7(74):1-19. <https://doi.org/10.3390/dj7030074>
77. Yue, X., Hou, X., Gao, J., Bao, P., & Shen, J. (2019). Effects of MDP-based primers on shear bond strength between resin cement and zirconia. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 17, 3564-3572. <https://doi.org/10.3892/etm.2019.7382>
78. Zhang, X., Liang, W., Jiang, F., Wang, Z., Zhao, J., Zhou, C., & Wu, J. (2021). Effects of air-abrasion pressure on mechanical and bonding properties of translucent zirconia. *Clinical oral investigations*, 25(4), 1979–1988. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03506-y>
79. Alghanaim N, Kern M, Yazigi C, Char MS. Effects of sterilization, conditioning, and thermal aging on the retention of zirconia hybrid abutments: A laboratory study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2024 Apr 29. doi: 10.1111/cid.13332. Epub ahead of print. PMID: 38680076.
80. Цаликова, Нина Амурхановна. Оптимизация лечения пациентов с применением CAD/CAM технологий в клинике ортопедической стоматологии : диссертация ... доктора медицинских наук : 14.01.14 / Цаликова Нина Амурхановна; [Место защиты: ГОУВПО "Московский государственный медико-стоматологический университет"].- Москва, 2013.- 184 с.: ил.
81. Zhang Y, Lawn B, Malament K, Van Thompson P, Rekow E. Damage accumulation and fatigue life of particle-abraded ceramics. *Int J Prosthodont.* 2006;19(5):442-448. PMID: 1732372112
82. Passos S, Linke B, Major P, Nychka J. The effect of air-abrasion and heat treatment on the fracture behavior of Y-TZP. *Dental Materials.* 2015;31(9):1011-1021. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.05.008>

83. Nagaoka N, Yoshihara K, Tamada Y, Yoshida Y, van Meerbeek B. Ultrastructure and bonding properties of tribochemical silica-coated zirconia. *Dent Mater J*. 2018;38(1):1-7. <https://doi.org/10.4012/dmj.2017-397>
84. Spohr, A. M., Borges, G. A., Júnior, L. H., Mota, E. G., & Oshima, H. M. (2008). Surface modification of In-Ceram Zirconia ceramic by Nd:YAG laser, Rocatec system, or aluminum oxide sandblasting and its bond strength to a resin cement. *Photomedicine and laser surgery*, 26(3), 203–208. <https://doi.org/10.1089/pho.2007.2130>
85. Santos Silva MMD, Boucault CHM, Steagall W, Hanashiro FS, Baldini Cardoso CA, de Souza-Zaroni WC, Youssef MN, Amaral SFD. Influence of Different Surface Treatments on the Bond Strength of Yttria-Stabilized Tetragonal Zirconia Ceramic. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*. 2024 Apr 5. doi: 10.1089/photob.2023.0108. Epub ahead of print. PMID: 38579157.
86. Altan, B., Cinar, S., & Tuncelli, B. (2019). Evaluation of shear bond strength of zirconia-based monolithic CAD-CAM materials to resin cement after different surface treatments. *Nigerian journal of clinical practice*, 22(11), 1475–1482. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31719267/>
87. Rona N, Yenisey M, Kucukturk G, Gurun H, Cogun C, Esen Z. Effect of electrical discharge machining on dental Y-TZP ceramic-resin bonding. *J Prosthodont Res*. 2017;6:158-167. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2016.07.006>
88. Arami S, Tabatabae M, Namdar S, Chiniforush N. Effects of different lasers and particle abrasion on surface characteristics of Zirconia ceramics. *J Dentistry*. 2014;11(2):233-241. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4043556/>
89. Liu L, Liu S, Song X, Zhu Q, Zhang W. Effect of Nd: YAG laser irradiation on surface properties and bond strength of zirconia ceramics. *Lasers Med Sci*. 2015;30:627-634. <https://doi.org/10.1007/s10103-013-1381-7>

90. Paranhos, M. P., Burnett, L. H., Jr, & Magne, P. (2011). Effect Of Nd:YAG laser and CO2 laser treatment on the resin bond strength to zirconia ceramic. *Quintessence international* (Berlin, Germany: 1985), 42(1), 79–89. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21206937/>
91. Moura D., Januário A., Piva A., Özcan M., Bottino M., Souza R. Effect of primer cement systems with different functional phosphate monomers on the adhesion of zirconia to dentin // *J. Mech. Behav. Biomed Mater.*, 2018, Dec., 88: 69 – 77. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.08.003>
92. Nagaoka, N., Yoshihara, K., Feitosa, V. P., Tamada, Y., Irie, M., Yoshida, Y., Van Meerbeek, B., & Hayakawa, S. (2017). Chemical interaction mechanism of 10-MDP with zirconia. *Scientific reports*, 7, 45563. <https://doi.org/10.1038/srep45563>
93. Ahmed Abdelhafeez Abdelsattarmohamed, Prof. Dr. Ahmed Attia Abo-Elnaga, Dr. Nesma Elgohary. Influence of Micromechanical Roughening and Chemical Conditioning on Bond Strength to Zirconia. *International Journal Dental and Medical Sciences Research*. Volume 5, Issue 5, Sep-Oct 2023 pp 442-445. DOI: 10.35629/5252-0505442445
94. Comino-Garayoa, R., Peláez, J., Tobar, C., Rodríguez, V., & Suárez, M. J. (2021). Adhesion to Zirconia: A Systematic Review of Surface Pretreatments and Resin Cements. *Materials* (Basel, Switzerland), 14(11), 2751. <https://doi.org/10.3390/ma14112751>
95. Yang, L., Chen, B., Xie, H., Chen, Y., Chen, Y., & Chen, C. (2018). Durability of Resin Bonding to Zirconia Using Products Containing 10-Methacryloyloxydecyl Dihydrogen Phosphate. *The journal of adhesive dentistry*, 20(4), 279–287. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a40989>
96. Kwon TY, Han SH, Lee DH, Park JW, Kim YK. Effect of universal adhesive pretreatments on the bond strength durability of conventional and adhesive resin cements to zirconia ceramic. *J AdvProsthodont*. 2024 Apr;16(2):105-114. <https://doi.org/10.4047/jap.2024.16.2.105>

97. Valente, F., Mavriqi, L., & Traini, T. (2020). Effects of 10-MDP Based Primer on Shear Bond Strength between Zirconia and New Experimental Resin Cement. *Materials* (Basel, Switzerland), 13(1), 235. <https://doi.org/10.3390/ma13010235>
98. Kern M. Bonding to zirconia. *J complication*. 2011;23:2:71-72. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2011.00403.x>
99. Queiroz J, Duarte D, Souza R, Fissmer S, Massi M, Bottino M. Deposition of SiO_x thin films on Y-TZP by reactive magnetron sputtering: Influence of plasma parameters on the adhesion properties between Y-TZP and resin cement for application in dental prosthesis. *MaterRes*. 2011;14:212-216. <https://doi.org/10.1590/S1516-14392011005000032>
100. Cura C, Ozcan M, Isik G, Saracoglu A. Comparison of alternative adhesive cementation concepts for zirconia ceramic: Glaze layer vs zirconia primer. *J AdhesDent*. 2012;14:75-82. <https://www.doi.org/10.3290/j.jad.a21493>
101. Sarıkaya, I., Hayran, Y. Adhesive bond strength of monolithic zirconia ceramic finished with various surface treatments. *BMC OralHealth* 23, 858 (2023). <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03630-7>
102. Liu, D., Tsoi, J. K., Matinlinna, J. P., & Wong, H. M. (2015). Effects of some chemical surface modifications on resin zirconia adhesion. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 46, 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2015.02.015>
103. Sungchan Cho, MihyounHam , Won-Ho Kim , Myung-Hyun Lee , Namsik Oh, Hyo-Jung Kim. Comparative Study of Shear Bond Strength of Resin Cements and Zirconia Surfaces using Various Pre-treatment Method. *J Korean Academy of Advancedn General Dentistry*. 2018. V. 7.P.45-50.
104. <https://hellodmaxasia.com/wp-content/uploads/2021/03/ZIRFACE-Xu-ly-be-mat-Zirconia.pdf>

105. Результаты испытаний раствора для синтеризированного диоксида циркония «MasterDent». <https://master-dent-lab.ru/dokumenty/>
106. «Компофикс» праймер для реставраций (ОЭЗ «ВладМиВа», г. Белгород, Россия). <https://goszdravnadzor.ru/ru-roszdravnadzora-fsr-2011-10983-ot-22-noyabrya-2017-goda/>
107. Shemonaev V.I., Mashkov A.V., Patrushev A.S., Kozub V.S. REVIEW OF MODERN METHODS OF PRELIMINARY SURFACE TREATMENT OF ZIRCONIUM DIOXIDE TO INCREASE ADHESION TO FIXING CEMENTS. // Medical & pharmaceutical journal “Pulse”. – 2023;25(4):19-26. <http://dx.doi.org/10.26787/nydha-2686-6838-2023-25-4-19-26>