

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

САЛЕЕВА ЛЯЙСАН РИНАТОВНА

ОПТИМИЗАЦИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ
КОНСТРУКЦИЙ

3.1.7 – Стоматология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

кандидат медицинских наук, доцент

Мустакимова Резеда Фаритовна

Научный консультант:

кандидат технических наук, доцент

Кашапов Рамиль Наилевич

Казань – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	14
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	33
2.1. Социологическое исследование мнения врачей-стоматологов-ортопедов, зубных техников, пациентов.....	33
2.2. Электронно-микроскопическое исследование и профилометрия поверхности металлического сплава	34
2.3. Методика плазменно-электролитного формирования микрорельефа поверхности кобальто-хромовых сплавов	37
2.4. Метод сдвига для оценки скола керамической облицовки от металлической поверхности	39
2.5. Метод определения прочности при отрыве.....	42
2.6. Метод определения среднего периода функционирования металлокерамических конструкций до появления сколов керамической облицовки.....	44
2.7. Методы обследования пациентов	48
2.7.1. Методы клинического обследования	48
2.7.2. Функциональные методы обследования	50
2.7.2.1. Электромиография	50
2.7.2.2. Артровибрография	54
2.7.2.3. Анализ ночной парафункциональной активности жевательных мышц .	58
2.7.2.4. Компьютерная окклюзиография	59
2.8. Статистическая обработка полученных данных	63
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	68

3.1. Результаты социологического опроса врачей-стоматологов-ортопедов, зубных техников и пациентов.....	68
3.2. Результаты исследования морфологии поверхности металлического сплава при различных методах обработки на сканирующем электронном микроскопе	77
3.3. Результаты профилометрических исследований морфологии поверхности металлического сплава при различных методах обработки	84
3.4. Разработка нового способа обработки металлического каркаса для повышения силы сцепления керамического слоя	88
3.5. Отработка режимов формирования микрорельефа поверхности плазменно-электролитным методом.....	88
3.6. Анализ микрорельефа поверхности после плазменно-электролитной обработки.....	95
3.7. Испытания образца на сдвиг.....	99
3.8. Испытания образца на отрыв.....	100
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	104
4.1 Результаты определения среднего периода функционирования металлокерамических конструкций до появления сколов керамической облицовки.....	104
4.2. Результаты электронно-микроскопического исследования поверхностей металлических каркасов металлокерамических коронок с жевательного стэнда.....	105
4.3. Примеры ведения пациентов со сколами керамической облицовки металлокерамических конструкций.....	110
4.3.1. Клинический случай № 1.....	110
4.3.2. Клинический случай № 2.....	119
4.3.3. Клинический случай № 3.....	129
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	139
ВЫВОДЫ	148
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	150

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	151
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	173
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	175
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	177

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Несмотря на проведение профилактических мероприятий, разработку эффективных методов лечения стоматологическая заболеваемость во всем мире остается на высоком уровне [16, 83,64,51,82,137]. Распространенность стоматологических заболеваний, несвоевременное обращение за медицинской помощью, а иногда и некачественная оказанная помощь являются причинами образования дефектов твердых тканей зубов и зубных рядов, требующих стоматологического протезирования [5, 40, 48, 78, 84]. На сегодняшний день металлокерамические протезы нашли широкое применение в ортопедической стоматологии [38, 89, 95]. Они представляют собой конструкции, состоящие из прочного металлического каркаса, покрытого слоем искусственной керамики [41, 89]. Однако, существует ряд проблем, связанных с качеством изготовления металлокерамических конструкций. Одним из частых осложнений после протезирования металлокерамическими зубными протезами является скол керамики. По локализации большая часть сколов происходит на жевательной поверхности (46%) и пришеечной области (30,8%). Более того, по характеру разрушения значительную часть составляют сколы по типу «металл–фарфор» (69,2%) и «когезионное в фарфоре» (23,1%) [4, 122].

Увеличение адгезии керамических материалов сможет в значительной мере удлинить срок службы зубных протезов, уменьшит затраты пациента на стоматологическое здоровье, что в свою очередь повысит качество жизни пациентов. Одним из критериев хорошей адгезии является отсутствие примесей на двух сопоставляемых поверхностях. Если в отношении керамического покрытия этот вопрос находится на высокой стадии решения и зубному технику необходимо лишь соблюдать технологию нанесения массы на металлический каркас, исключив попадание загрязнений из окружающего пространства зуботехнической лаборатории, то в отношении предварительной подготовки самого металлического

каркаса возникает ряд вопросов, требующих более глубокого изучения [2, 39, 46, 61]. Наибольшая вероятность внедрения примесей может происходить при использовании технологии пескоструйной очистки, предварительного механического шлифования фрезами и финишной обработки. К сожалению, последний этап не исключает возможности внедрения абразива в металлический каркас, что в последующем может оказаться причиной плохой локальной адгезии и вызвать скол керамической облицовки.

Некоторые исследователи связывают поломки металлокерамических зубных протезов повышенной окклюзионной нагрузкой [56], но в настоящее время изготовление конструкций в артикуляторе, внедрение в клинику ортопедической стоматологии функциональных методов исследования, использование цифрового анализа при конструировании и профилактика чрезмерной нагрузки посредством использования капп, дает возможность исключить фактор поломки металлокерамических конструкций из-за окклюзионных нагрузок [8, 34].

Тем не менее, поломки металлокерамических конструкций встречаются не редко. На сегодняшний день не существует высокоэффективных методов прямой починки металлокерамических протезов во рту, все поломки требуют повторного изготовления всей конструкции, что негативно влияет на морально-этические, финансовые и юридические взаимодействия клиники и пациента.

Таким образом, высокая распространенность поломок металлокерамических конструкций создает потребность проведения дальнейших исследований фундаментальных причин разрушения протезов и усовершенствования существующих методов изготовления.

В связи с этим актуальным является исследование причин, приводящих к сколу керамического покрытия и разработка методики, снижающей вероятность их возникновения.

Степень разработанности темы исследования. Большинство исследований отечественных и зарубежных авторов, посвященных восстановлению дефектов твердых тканей зубов и зубных рядов металлокерамическими зубными протезами, в основном посвящено вопросам осложнений, затрагивающих качество

препарирования, состояние опорных зубов, периапикальных тканей [1, 85, 63, 133, 150, 169]. Одной из причин повторного обращения после протезирования металлокерамическими конструкциями могут быть сколы керамической облицовки [116, 176]. В этой связи актуальным является поиск новых решений, направленных на увеличение силы сцепления в системе «металл-керамика». Отечественными учеными была создана рецептура модифицированного однофазового сплава палладия для металлокерамических зубных протезов с оптимальным содержанием основных элементов [80]. Представляет интерес возможность изготовления металлокерамических зубопротезных конструкций методом селективного лазерного спекания [72].

Отдельно можно отметить ряд работ, посвященных исследованию обработки сопрягаемых поверхностей. Так, Imbriglio, S.I. et al. (2018) исследовали оксид алюминия и карбид кремния. Была показана отрицательная корреляция между приведенным размером порошка и адгезией. Кроме этого, форма, острота вершин и впадин микрорельефа, размер, глубина поверхностных дефектов и внутренних дефектов керамической облицовки определяли прочность материала [143]. Однако, до настоящего времени не полностью изучены фундаментальные причины скола керамической облицовки, связанные, прежде всего, силой сцепления разнородных материалов.

Цель исследования:

Повышение эффективности стоматологического ортопедического лечения металлокерамическими конструкциями.

Задачи исследования:

1. Изучить мнение врачей-стоматологов-ортопедов, зубных техников и пациентов по использованию металлокерамических зубопротезных конструкций при восстановлении дефектов зубов и зубных рядов.
2. Исследовать структуру поверхности стоматологического металлического сплава после пескоструйной обработки, обработки фрезой и полировки.
3. Разработать новый способ обработки поверхности металлического каркаса при изготовлении металлокерамического протеза.

4. Сравнить силу адгезии керамического покрытия к поверхности металлического каркаса, обработанного традиционным и плазменно-электролитным способами.

5. Оценить частоту возникновения сколов керамической облицовки металлокерамических ортопедических конструкций, изготовленных традиционным и плазменно-электролитным способами на жевательном стенде с последующей клинической апробацией.

Научная новизна работы. Получены новые данные о взаимосвязи керамического покрытия с металлическим каркасом при изготовлении металлокерамических зубных протезов.

Впервые показана зависимость между параметрами шероховатости поверхности металла и величиной напряжения адгезии керамики, возникающей на границе «сплав-керамическое покрытие».

Установлено, что при пескоструйной обработке на обрабатываемой поверхности остаются частички абразива – оксид алюминия, а геометрия впадин и выступов - остроконечная.

Разработан метод плазменно-электролитной обработки и подобраны режимы формирования микрорельефа с заданными величинами параметров шероховатости, которые позволили увеличить величину напряжения адгезии на 183% по сравнению с традиционным методом. Экспериментальными исследованиями доказано, что адгезионные свойства на сдвиг зависят от величины параметра шероховатости и эта зависимость не линейна.

Впервые показано, что влияние химической адгезии керамики с микрорельефом каркаса наблюдается косвенно и отражается лишь на абсолютной величине напряжения адгезии при сдвиге.

На основании результатов морфологических и профилометрических исследований образцов проведена оценка локализации максимума напряжения адгезии в зависимости от шероховатости поверхности.

Создана программа для определения режима плазменно-электролитной обработки металлической поверхности каркаса металлокерамических зубных протезов по заданной шероховатости.

Теоретическая и практическая значимость работы. Плазменно-электролитный способ обработки каркасов металлокерамических протезов до нанесения керамического покрытия позволяет регулировать шероховатость и исключить присутствие песка в структуре поверхности металлического каркаса. На основании вольтамперных характеристик плазменно-электролитного процесса подобраны режимы для получения заданных величин параметров шероховатости, которые позволили увеличить адгезию керамики к металлическим образцам до двукратного в сравнении с традиционным методом. Клиническая апробация разработанного метода показала улучшение качества изготовления металлокерамических зубных протезов, увеличение срока их эксплуатации. В конечном итоге, привело к синергетическому эффекту повышения качества жизни стоматологических ортопедических пациентов при восстановлении дефектов твердых тканей зубов и зубных рядов.

Методология и методы исследования. Диссертация выполнена в соответствии с принципами и правилами доказательной медицины. Теоретической и методологической основой диссертационного исследования послужили труды отечественных и зарубежных ученых, посвященных стоматологическому ортопедическому лечению дефектов твердых тканей зубов и зубных рядов, осложнениям при использовании металлокерамических зубных протезов, материалы научно-практических конференций.

Объектом изучения стали стоматологическое ортопедическое лечение 163 пациентов, обратившихся из-за сколов керамической облицовки, 234 экспериментальных образца для оценки адгезии методом определения прочности на сдвиг и отрыв соединения, 516 анкет социологического опроса врачей-стоматологов-ортопедов, зубных техников и пациентов.

Диссертационная работа представляет собой прикладное научное исследование, решающее задачи оптимизации изготовления металлокерамических зубных протезов.

Методом сканирующей электронной микроскопии, профилометрическими исследованиями проведено изучение морфологии поверхности металлического сплава при различных методах обработки. Разработан метод обработки металлической поверхности стоматологических сплавов плазменно-электролитным способом, проведен анализ микрорельефа.

Анализ и обработка материала проведены на персональном компьютере с использованием общеизвестных статистических программ.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Пескоструйная обработка металлического каркаса после литья перед нанесением керамического покрытия является причиной внедрения частиц абразива – песка в структуру поверхности.

2. Разработанная технология обработки каркаса металлокерамического зубного протеза методом плазменно-электролитного формирования микрорельефа по своим возможностям превосходит традиционные способы обработки, а образующиеся за счет горения отдельных микрозарядов на поверхности впадины и выступы сферической формы способствуют снижению локальной концентрации напряжений.

Степень достоверности и апробация результатов. В данной работе для достижения цели и решения поставленных задач применялись современные методы экспериментальных, социологических, клинических исследований. В ходе работы изучались данные опроса врачей-стоматологов-ортопедов, зубных техников и пациентов, которым были изготовлены металлокерамические зубные протезы. При статистической обработке материала использовались пакеты программ PASW и Statistica 6. Репрезентативность объема первичной документации явилась обоснованием достоверности выводов и основных положений диссертационного исследования.

Основные положения, составляющие основу работы, докладывались и были обсуждены на: межвузовской научно-практической конференции «3D-технологии в стоматологии: актуальные вопросы и перспективы» (Казань, 2015); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Эстетическая стоматология» (Казань, 2015); Всероссийской научно-практической конференции «Анестезия в стоматологии» (Казань, 2016); Международной научно-практической конференции «Современная эстетическая стоматология» (Казань, 2016); Всероссийской научно-практической конференции «Современная стоматология», посвящённой 125-летию профессора Исаака Михайловича Оксмана (Казань, 2017); Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы 3D-визуализации и цифровых технологий в стоматологической практике» (Казань, 2017); Всероссийской научно-практической конференции «Современная эстетическая стоматология» (Казань, 2017); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные аспекты комплексной стоматологической реабилитации пациентов с дефектами челюстно-лицевой области» (Краснодар, 2019); Международной научно-практической конференции «Современные аспекты комплексной стоматологической реабилитации пациентов с дефектами челюстно-лицевой области» (Краснодар, 2019); Международной научно-практической конференции «Современные аспекты комплексной стоматологической реабилитации пациентов с дефектами челюстно-лицевой области» (Краснодар, 2020); XII научно-практической конференции молодых ученых «Стоматология: наука и практика» (Москва, 2021); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы стоматологии» (Махачкала, 2021); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Эстетика улыбки», посвященной профессору М. З. Миргазизову (Казань, 2021); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы стоматологии» (Казань, 2022); Международной научно-практической конференции «День высокой стоматологии в Республике Беларусь -2022» (Минск, 2022).

Апробация работы проведена на заседании научной проблемной комиссии по специальности «Стоматология» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации 15 апреля 2022 года (протокол № 8).

Результаты исследования используются в учебном процессе на кафедрах ортопедической стоматологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Института стоматологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тихоокеанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южноуральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, а также внедрены в лечебный процесс стоматологической поликлиники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ООО «Стоматологическая поликлиника № 5» (г. Казань), ООО «Стоматологическая поликлиника № 9» (г. Казань), ООО «Зубная лечебница» (г. Казань), стоматологической поликлинике Института стоматологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тихоокеанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, КГБУЗ «Дальнереченская стоматологическая поликлиника» (г. Дальнереченск), КГБУЗ «Владивостокская стоматологическая поликлиника № 1» (г. Владивосток), ООО «Стоматологическая поликлиника «Рокада мед»» (г. Казань).

Диссертация выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет»

Минздрава России (решение Ученого совета ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России от 29. 11. 2019 г., протокол № 4). Получено согласие на проведение научных исследований Локального Этического Комитета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, протокол заседания № 9 от 23 ноября 2021 года.

Личное участие автора. Автор принимал непосредственное участие в планировании и проведении исследований по всем разделам диссертационной работы. Автор организовал, провел и проанализировал результаты социологического исследования мнений врачей-стоматологов-ортопедов, зубных техников и пациентов, которым были изготовлены металлокерамические зубные протезы. Автором лично изготовлены образцы для выполнения экспериментальных морфологических и профилометрических исследований. Проведена экспериментальная и клиническая апробация разработанного метода обработки каркасов на жевательном стенде и пациентах. Диссертантом подготовлены в соавторстве публикации, доля участия 90%.

Публикации. По материалам исследования опубликовано 16 печатных работ, из них 7 в журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, в том числе 4 в международных базах цитирования. Получен 1 патент Российской Федерации на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа содержит «Введение», «Обзор литературы», «Материал и методы исследования», две главы «Результаты собственных исследований», «Заключение», «Выводы», «Практические рекомендации», «Список литературы» и «Приложения». Обзор литературы включает 176 источников, в том числе 111 отечественных и 65 иностранных авторов. Диссертация изложена на 178 страницах компьютерного текста. Цифровые данные сведены в 5 таблиц, иллюстративный материал представлен 95 рисунками.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Современное развитие стоматологической науки и практики позволяет сохранять стоматологическое здоровье населения на высоком уровне. Несмотря на эффективные меры профилактики, новые технологии лечения и зубного протезирования стоматологическая заболеваемость во всем мире остается на высоком уровне [51, 82, 83, 113, 129, 137, 156, 158, 159].

В большинстве случаев, стоматологическая реабилитация для восстановления целостности зубного ряда, а в ряде случаев и твердых тканей зубов, требует использования зубных протезов [15, 24, 62, 133, 174].

Одним из распространенных и традиционно применяемых зубопротезных конструкций являются несъемные протезы, в частности, металлокерамические зубные протезы [11, 23, 42, 44, 89, 105]. Многолетний опыт применения этих протезов показывает их эффективность, высокую выживаемость во времени и улучшение эстетики и качества жизни пациентов [157, 160, 165, 171].

На выживаемость металлокерамических зубных протезов, по мнению некоторых исследователей, значительное влияние оказывают окклюзионные нагрузки [29, 56]. Несмотря на то, что по данным специальной медицинской и биомеханической литературы скол стоматологической керамики при повторяющихся нагрузках объясняется химически поддерживаемым «медленным ростом трещин» в присутствии воды, авторы приходят ко мнению о существовании механических механизмов усталости.

Для изучения причин скола исследователи достаточно часто прибегают к экспериментальным исследованиям. В то же время, сколы/переломы, наблюдаемые в клинике, отличаются от таковых при традиционных испытаниях прочности на излом. В этой связи, создание экспериментальных моделей по испытанию на прочность керамических протезов является актуальной задачей современности. Известна публикация, в которой описан метод, имитирующий клиническое

поведение скола *in vitro* [153]. В частности, 10 экспериментальных коронок, зафиксированных на модели абатментов из эпоксидной смолы, были разрушены окклюзионной нагрузкой без контактного повреждения. Полученный результат проанализирован фрактографическим методом в сравнении с контрольной группой из 10 коронок, сломанных при клиническом использовании, и с получением аналогичного результата.

По литературным данным известно, что металлокерамические протезы отличаются высокой износоустойчивостью, неподверженностью деформации, плотным прилеганием к десне. При исследовании успеха/выживаемости металлокерамических зубных протезов, изготовленных на основе кобальтохромового сплава, установлено сохранение их целостности в 89% случаев в течение 36 месяцев, в 5,5% выявлены сколы, которые не нарушили функцию протеза, по категории «краевая адаптация видимые признаки расщелины» обнаружены в 1,8% и в 3,7% случаев определено краевое обесцвечивание поверхности [25, 26, 161].

Несмотря на эти данные, в клинической практике нередко встречаются неудачи и осложнения, связанные, как с ошибками при комплексном клиническом планировании, так и с нарушениями лабораторных этапов при изготовлении металлокерамических протезов [12, 37, 50, 59, 90, 91, 93, 169]. Анализ ошибок показывает, что в последующем они могут привести к расцементировке протезов, сколам керамики, травматическому гингивиту и др. [52, 60, 65, 79, 90, 92, 108]. В большинстве случаев, сколы керамической облицовки подлежат реставрации, при невозможности изготовления нового протеза [58, 74].

Статистические данные показывают, что процент преждевременного нарушения фиксации находится в пределах от 2,5% до 45%, а кариес в опорных зубах развивается в 25-55% от общего количества осложнений. Авторы доказали, что кроме качественного препарирования поверхностей зуба на качество краевого прилегания, оказывает влияние материал для фиксации коронок, а в последующем и его устойчивость в системе зуб – цемент – коронка. Для обеспечения минимального контакта цемента для постоянной фиксации с ротовой жидкостью

Важным критерием, предъявляемым к материалам для постоянной фиксации, является возможность получения тонкой (25 мкм) плёнки цемента, которая может заполнить пространство между поверхностью культи зуба и коронкой. Большая толщина плёнки фиксирующего материала вызовет плохое краевое прилегание, проблемы окклюзии и его потерю по краю конструкции, а это в свою очередь может привести к нарушению фиксации опорных коронок, развитию кариеса и его осложнений, влиянию на маргинальный пародонт при применении цельнолитых и металлокерамических несъемных конструкций [20, 65, 68, 92].

Известно, что частота осложнений напрямую зависит от объема и полноты клинического обследования пациента [17, 31, 33, 35, 55, 73, 96, 101].

Для улучшения качества стоматологического ортопедического лечения Вечеркина Ж. В. и др. (2021) на основании изучения клинико-лабораторных этапов изготовления металлокерамических конструкций рекомендуют систематизировать возникающие ошибки и разделить их на клинические, лабораторные и ошибки на этапах литья [85].

Комплексное планирование стоматологического ортопедического лечения с учетом клинической ситуации существенно минимизирует в последующем риски осложнений. Особое внимание следует обратить на протяженность и топографию дефекта, состояние пародонта, альвеолярного отростка, устойчивость опорных зубов, окклюзионные взаимоотношения. Необходимо учитывать, что при больших дефектах зубных рядов (от 4 и более зубов) использование мостовидного протеза не рационально и будет способствовать перегрузке опорных зубов, что в последующем может быть причиной скола керамического покрытия. Наиболее оптимальными для протезирования данным видом конструкции являются дефекты малой и средней протяженности. Немаловажное значение имеет высота клинических коронок, которая не должна быть чрезмерно низкой или высокой. Изменение этого параметра может стать причиной развития травматической окклюзии, так как может вызвать ощутимые сложности при конструировании протеза. Также не следует использовать в качестве опорных зубов зубы 3-4 степени

подвижности: из-за их ненадежной фиксации они могут привести к поломке конструкции [36, 57, 71, 86, 101].

Конкретизация показаний к применению металлокерамических зубных протезов, тщательное выполнение клинико-лабораторных этапов протезирования будет способствовать получению хорошего прогноза.

Не менее важным является исследование характера распределения упругих напряжений в пародонте опорных зубов под воздействием протезов, известного в литературе как биомеханика конструкций. В этом направлении нас заинтересовали исследования, посвященные разработке экспертной унифицированной системы определения показаний к применению металлокерамических зубопротезных конструкций [18].

Для создания указанной системы были использованы результаты клинического и рентгенологического обследования 100 пациентов, которым были изготовлены металлокерамические мостовидные протезы, в том числе с использованием метода математического моделирования. В качестве критерия авторы предлагают использовать восемь признаков, такие как «Количество отсутствующих зубов», «Объем клинической коронки», «Топография дефекта», «Хронические очаги в периапикальных тканях», «Степень подвижности опорных зубов», «Высота клинической коронки без признаков атрофии лунки», «Высота клинической коронки с атрофией лунки», «Степень атрофии лунки». При использовании этих признаков в различных сочетаниях значений система выводит соответствующую рекомендацию, анализируя признаки, хранящиеся в базе данных. При наличии случаев, не описанных и не представленных в базе, программа рекомендует получить дополнительные данные обследования пациента. По мнению авторов, использование разработанной экспертной системы определения показаний для выбора конструкции мостовидных протезов при разных клинических условиях в клинической практике показало ее высокую эффективность, что на их взгляд является основанием для реализации ее в практическом здравоохранении.

Систематизации также подлежат различные клинические и лабораторные факторы, способствующие созданию оптимальных по эстетике и функции металлокерамических протезов, в первую очередь при использовании метода дентальной имплантации [97]. Так, на основании анализа 2177 металлокерамических коронок и 841 конструкций протезов, с фиксацией на имплантатах, несмотря на высокий эстетический эффект, установлено, что это достоинство в результате нарушения клинических приемов и лабораторных этапов растрачивается. Удлиненная пришеечная часть, их атипичная анатомическая форма (тюльпанообразная, пламевидная, грушевидная) с вестибулярными нишами, площадочным избыточным межзубным контактом является характерной особенностью металлокерамических коронок, используемых в имплантационных системах. Кроме того, как правило, площадь контактных площадок имплантационных протезов больше, чем в традиционных протезах [34].

Внимание многих исследователей обращено к вопросам клинического состояния пародонта после протезирования несъемными металлокерамическими конструкциями [9, 15, 22, 43, 49, 60].

Несъемные зубные протезы при заболеваниях пародонта, в частности металлокерамические, позволяют восстановить непрерывность зубного ряда, удержать подвижные зубы, распределить жевательной давление на дистальные опорные зубы, обеспечивающие стабилизацию конструкции. В то же время известны публикации, в которых рассматривается возможность использования металлокерамических протезов при пародонтите легкой и средней степени. В отличие от других конструкций предпочтение им отдается из-за хороших эстетических характеристик, биологической инертности керамики, неблагоприятных условий для образования бляшки [13, 28, 53, 99, 100].

Кривчикова А. С., Прошин А. Г. (2015) отмечают, что одной из особенностей использования металлокерамических протезов при заболеваниях пародонта являются ограничения по протяженности включенного дефекта не превышающее двух зубов и включение большего количества опорных зубов, чем при протезировании лиц с интактным пародонтом. В то же время авторы ограничивают

протяженность цельнолитой коронковой несъемной шины не более 8 единиц. Особое внимание следует обратить краю искусственной коронки, который должен располагаться на уровне маргинальной десны, так как такое расположение считается наиболее атравматичным для пародонта. При заболеваниях пародонта применение ретракции десны не рекомендуется из-за возможного кровотечения, а в дальнейшем - обострения воспалительного процесса, кроме того, заполнение пародонтального кармана кровью и экссудатом влияет на качество оттисков. Для предупреждения функциональной травматической перегрузки пародонта не рекомендуется создание глубокого резцового перекрытия, это может быть причиной откола керамической облицовки. Для создания эстетики передней области формируется циркулярный уступ по типу жёлоба или уступ под прямым углом, который располагается на вестибулярной поверхности на 1 мм ниже уровня десны, а на контактных и оральной поверхностях на уровне или выше маргинальной десны [36].

В работе Быковой Н. И. (2016) показано, что у 45,8% пациентов после несъемного протезирования металлокерамическими зубными протезами в области имеющих опорных имплантатов выявлены патологические изменения. Хронический катаральный гингивит легкой и средней степеней тяжести диагностирован у 25% пациентов, у которых в качестве опоры был использован 157 имплантат, у 20,8% – хронический пародонтит легкой степени тяжести. И только у 15% пациентов, которые имели во рту 146 опорных имплантатов с несъемными металлокерамическими конструкциями патологических изменений в тканях пародонта не выявлено [9].

Дыгов Э. А. (2016) в результате изучения характера изменений пародонта в области опорных имплантатов у лиц, протезированных несъемными металлокерамическими конструкциями, установил, что в 64,7% наблюдений диагностированы воспалительные заболевания пародонта опорных имплантатов мостовидных протезов и имплантатов под одиночными коронками. Клиническими формами протезных повреждений пародонта являлись хронический катаральный гингивит и хронический пародонтит. У 35,29% пациентов диагностирован

катаральный гингивит легкой и средней степеней тяжести, у 29,41% – хронический пародонтит легкой степени тяжести [15].

А. К. Иорданишвили (2018) и соавторы с применением клинических и рентгенологических методик оценили состояние в гарантийные сроки пользования 287 металлокерамическими зубопротезными конструкциями, которые были изготовлены в стоматологических медицинских организациях, расположенных в городе и сельской местности Краснодарского края 186 пациентам в возрасте от 29 до 62 лет. В результате выявлены такие осложнения, как воспалительные изменения в пародонте, подвижность опорных зубов, воспаление пульпы или хронические периапикальные очаги инфекции от зубов, находящихся под одиночными, спаянными или опорными искусственными коронками, рецессия десны, пролежни в области тела мостовидного протеза, отсутствие контакта между протезом и антагонизирующими зубами в центральной окклюзии или напротив, завышение прикуса на нескольких единицах зубопротезных конструкций, наличие большого промывного пространства в области тела мостовидного протеза в передних участках зубных рядов челюстей, переломы литья, сколы керамики, а также расцементировки конструкций и наличие повышенной чувствительности зубов, находящихся под искусственными коронками. Больше всего осложнений протезирования выявлялись у лиц, получивших помощь в лечебно-профилактических учреждениях, расположенных в сельской местности, причем независимо от формы их собственности. Авторы приходят к мнению, что внедрение внутреннего контроля качества медицинской помощи во все стоматологические медицинские организации позволит предупредить многие из возможных претензий и обоснованных жалоб пациентов на качество стоматологической ортопедической помощи, в том числе при изготовлении металлокерамических протезов [63].

Многие авторы говорят о том, что воспалительные заболевания в пародонте, могут быть обусловлены укорочением или чрезмерным удлинением края искусственных коронок, что невозможно визуально проконтролировать на этапе протезирования, как клинически, так и технологически [6, 21]. По данным ряда

авторов укорочение коронок в пришеечной области составляет до 28,9%, чрезмерное удлинение до 39,7%. Для предупреждения такого рода осложнений авторы предлагают применение полного или частичного анатомического оттиска. Сущность предлагаемой методики заключается в получении полного или частичного анатомического оттиска с зубного ряда после клинической припасовки искусственных коронок на препарированные зубы. В последующем искусственные коронки снимают с препарированных зубов и устанавливают в соответствующую каждой коронке ячейку в анатомическом оттиске. Далее проводится визуальная оценка анатомического оттиска с коронками или колпачками, где достоверно воссоздается картина соотношения их края к десневому валуку. В случае чрезмерно удлиненных краев коронок, выступающих над поверхностью оттиска, они режущими инструментами укорачиваются до требуемой величины (0,5-1 мм), а неплотно охватывающие шейки или коронки с укороченными краями направляются на переделку [87].

Отдельно причиной осложнений может выступить неправильное препарирование твердых тканей зуба. Проведение этапа препарирования под металлокерамические коронки можно считать корректным, если соблюдены определенные этапы. В свою очередь, правильное проведение отдельных этапов возможно лишь с применением правильно подобранного режущего инструмента. Так, маркировку глубины препарирования можно проводить шаровидным, обратноконусным борами, коническим бором с атравматичной верхушкой либо специальными маркерными борами. Препарирование окклюзионной поверхности можно проводить бочкообразными, цилиндрическими борами, возможно применение шаровидного бора. Формирование и полировка уступа требует применения боров специальных форм [3, 54, 67, 107]. Правильное препарирование позволяет предупредить возникновение осложнений.

Таким образом, некоторые стоматологические боры должны использоваться в 100 % случаев. Так, например, боры для обработки уступа. Однако использование боров с верхушкой 135° не превышает 50 % (боры с красной маркировкой).

Цилиндрические боры для формирования прямого уступа используют около 30 % респондентов [54].

В доступной медицинской литературе достаточно публикаций, посвященных вопросам сохранения витальности зубов, выбранных в качестве опоры под металлокерамические коронки, расцементировки протезов, воспалительных явлений зубодесневых сосочков и другие [7, 10, 16, 19, 30, 73, 75, 77, 136].

Согласно данным Сабурова С. К., Зарипова А. Р. (2018) стоматологическое ортопедическое лечение у больных с органной патологией и дефектами зубных рядов сопровождается значительным ухудшением при субгингивальном расположении края металлокерамических коронок, по сравнению с супрагингивальным их расположением, с вовлечением десны в области супраконструкционных элементов в воспалительный процесс и усилением степени индуцированной кровоточивости десны опорных зубов. Установлено, что сразу же после фиксации несъемных мостовидных протезов в ротовой жидкости резко увеличивается активность α -амилазы на фоне снижения активности щелочной фосфатазы, что связано с воздействием на слюнные железы процедуры протезирования окклюзионных дефектов. Через 6 и 12 месяцев после протезирования металлокерамическими протезами в ротовой жидкости резко увеличивается активность лактатдегидрогеназы [87]. Согласно имеющимся публикациям возможно применение металлокерамических зубных протезов при наличии общей соматической патологии, аллергического фона, но при соблюдении определенных требований [14, 27, 42, 100, 110, 111].

Учитывая тот факт, что все вышеперечисленные осложнения имеют человеческий фактор (врач-зубной техник), могут быть вызваны индивидуальными особенностями пациента, нельзя забывать, что технологии изготовления зубных протезов не столь совершенны, не совсем идеальны и требуют постоянного совершенствования, разработки новых, качественных и биологически инертных материалов и методов [45, 98, 103, 104, 106].

Структура металлокерамических коронок состоит, как видно из названия, из двух основных материалов: каркаса, изготовленного из сплавов металлов и керамической массы, обеспечивающей эстетическую составляющую.

В качестве материалов, используемых при изготовлении протезов используется керамика, которая наносится на поверхность металла. Стеклокерамику получают при плавлении стекла, используя метод направленной кристаллизации. В ее состав входит оксид кремния, широко известный как кварц (SiO_2) с незначительным содержанием алюминия.

Основной принцип получения твердого керамического материала заключается в его формовке при остывании расплавленного стекла. При этом, процесс управляемой кристаллизации происходит из-за последовательного нагревания, вследствие чего появляются и растут кристаллы. В этой связи, процесс трансформации из чистого стекла в частично кристаллическое получил название «керамизация».

В ортопедической стоматологии применяются специальные марки нержавеющей стали, так называемые легированные стали: для штамповки 12X18H9T или 12X18H10T, для литья 20X18H9C2.

В состав нержавеющей стали входят: 72% железа, 0,12% углерода, 18% хрома, 9-10% никеля, 1% титана, 2% кремния. Легированные стали содержат минимальное количество углерода (его увеличение приводит к повышению твердости и уменьшению ковкости стали) и повышенное содержание специально введенных элементов, обеспечивающих получение сплавов с нужными свойствами. Хром придает устойчивость к окислению. Никель добавляют к сплаву для повышения пластичности и вязкости. Титан уменьшает хрупкость и предотвращает межкристаллическую коррозию стали. Кремний присутствует только в литейной стали и улучшает ее текучесть. Нержавеющая сталь обладает хорошей ковкостью и плохими литейными качествами.

Основной проблемой при изготовлении металлокерамических зубных протезов является плохая адгезия керамического покрытия к металлическому каркасу [4, 47, 66, 88, 102, 116, 118, 124]. Увеличение адгезии материалов сможет в

значительной мере увеличить срок службы зубных протезов, уменьшит затраты, что в свою очередь повысит качество жизни пациентов.

В работе Диковой Ц. Д. и соавт. представлены результаты экспериментальных исследований прочности сцепления керамики IPS InLine с литым стоматологическим Ni–Cr-сплавом Wiron light при растяжении плоских образцов. При оптимальных режимах адгезионная прочность керамики и литейных моделей, напечатанных на 3D-принтере Rapidshape D30 под углами от 0 до 90° слоем толщиной 35 и 50 мкм. покрытий, составила 77,9—79,9 МПа [2].

Одним из критериев хорошей адгезии является отсутствие инородных примесей на двух сопоставляемых поверхностях. Если в отношении керамического покрытия этот вопрос находится на высокой стадии решения и зубному технику необходимо лишь соблюсти технологию нанесения массы на металлический каркас исключив попадание примесей из окружающего воздуха зуботехнической лаборатории, то в отношении предварительной подготовки самого металлического каркаса возникают ряд вопросов, которые требуют более глубокого изучения [117, 122]. В частности, это касается использования технологии пескоструйной обработки каркаса на этапах очистки от формовочной массы после литья, предварительного механического шлифования фрезами и финишной обработки абразивом. Для улучшения силы сцепления исследователями предлагаются новые стоматологические сплавы, которые отличаются биоинертностью, текучестью, и керамические покрытия [45, 50, 94, 106, 109]. Известна публикация, посвященная вопросам разработки оптимальной методики изготовления металлокерамических зубных протезов из нового отечественного сплава на основе золота [32]. Суть методики заключается в подборе оптимальных технологических параметров подготовки каркасов протеза из сплава «Плагодент-Плюс» перед нанесением керамической облицовки. Для создания наиболее развитого рельефа с образованием широких борозд и вмятин с минимальным загрязнением поверхности металлического каркаса протеза авторы рекомендуют обрабатывать ее оксидом алюминия с размером частиц 150 мкм при давлении воздуха 4 атм., а образование оксидной пленки обжигом в вакууме в течение 5 мин при температуре

960°C. Указанный режим позволил авторам получить наибольшие показатели прочности соединения керамической облицовки и образцов каркасов из сплава «Плагодент-Плюс».

К сожалению, этап пескоструйной обработки не исключает возможности внедрения абразива в металлический каркас, который в последующем может оказаться причиной плохой локальной адгезии и вызвать скол керамической облицовки.

Кроме этого, форма, острота вершин и впадин микрорельефа, размер, глубина поверхностных дефектов и внутренних дефектов определяют прочность материала [135, 151, 154].

Обзор литературы показал, что общие клинические проблемы с керамическими материалами – это сколы, краевые переломы и переломы основной массы [76, 147, 157]. Имеются публикации, в которых рассматриваются вопросы корреляции текстуры поверхности с окрашиваемостью керамики [148].

Экспериментальными исследованиями показано, что у стоматологических сплавов Stomet-1kz, Stomet-2kz согласно ГОСТ 31575-2012 имеется достаточная величина напряжения, при котором не происходит отслаивание керамического слоя от металлического образца (должна быть не менее 25 МПа). Увеличение содержания Si на 1% в разработанных сплавах значительно повышает прочность сцепления металла с керамикой ответственно в 1,2 раза для сплава Stomet-1kz, и в 1,3 раза для сплава Stomet-2kz [4].

Отечественными учеными была создана рецептура модифицированного однофазового сплава палладия для металлокерамических зубных протезов с оптимальным содержанием основных элементов с КТЛР $13,9 \cdot 10^{-6}$ К-1 до $14,9 \cdot 10^{-6}$ К-1, получившая название «Палладент-Уни». В связи с тем, что палладий имеет одинаковую кубическую гранцентрированную кристаллическую решетку с золотом и медью, последние также были включены в качестве основных лигирующих элементов [80, 81].

Представляет интерес возможность изготовления металлокерамических зубопротезных конструкций методом селективного лазерного спекания.

Проведенный анализ клинической эффективности по оценке прецизионности прилегания каркаса протеза к твердым тканям опорных зубов, состояния краевого пародонта, целостности керамической облицовки показали лучшие результаты для протезов, изготовленных методом лазерного селективного спекания, чем у каркасов, изготовленных методом литья [72].

Объемные переломы по-прежнему являются одной из основных причин неудач при пользовании протезами, но литературные источники также предполагают долговременную выживаемость различных керамических протезов [160, 162, 167, 169].

Из-за наличия шероховатости поверхности развитые трещины могут распространяться не случайным образом, а возникать в точках с более высокой концентрацией напряжения. Теория о том, что зарождение трещин начинается в точках концентрации напряжений, вызванных шероховатостью поверхности, была предложена Mecholsky J.J. [155]. По его мнению, форма, острота выпуклостей поверхности, размер, глубина поверхностных дефектов и внутренних дефектов определяют прочность материала.

Отдельно можно отметить ряд работ, посвященных исследованию обработки сопрягаемых поверхностей. Так, Imbriglio S.I. at all. исследовали оксид алюминия и карбид кремния [143]. Была показана отрицательная корреляция между приведенным размером порошка и адгезией. При этом адгезия для карбида кремния статистически не зависела от приведенного размера порошка, и, как следствие, шероховатости (исследовался диапазон шероховатостей 0,2-0,4 μm).

Budhe S. at all. исследовали адгезию на сдвиг между алюминиевыми и деревянными образцами при различной обработке поверхностей [132]. Так, для алюминиевых образцов максимальная адгезия достигалась при шероховатости порядка 2 μm , но при увеличении или уменьшении шероховатости величина адгезии уменьшалась. Взаимосвязь же между прочностью на сдвиг и шероховатостью поверхности для деревянных образцов была нелинейной, максимум адгезии достигался при шероховатости порядка 1,5 μm и далее при снижении шероховатости адгезия уменьшалась. Схожие результаты для алюминия

и стали были получены Ghumatkar A. et al. [127]. Kılıç M. et al. исследовали нормальную адгезию для древесноволокнистой плиты средней плотности, облицованной поливинилхлоридом, была также показана нелинейная связь между величиной адгезии и шероховатостью [170].

Были предложены различные методы полировки фарфора и глазурирования для упрочнения материала после появления поверхностных дефектов, но пока не ясно, эффективны ли эти меры [123, 135].

Naralur S. V. (2012) провел исследование фарфора Vita VMK и оценил эффективность набора для полировки Shofu. Их результаты показали, что глазурированные поверхности показали самые низкие значения шероховатости поверхности [140]. Однако Rashid H. (2012) в своем исследовании пришел к выводу, что глазурированные фарфоровые поверхности VITA VMK были более шероховатыми по сравнению с полированными поверхностями [161]. Оба автора использовали разные техники полировки, но в своих исследованиях использовали похожие образцы фарфора. Martínez-Gomis J. et al. использовал различные техники полировки керамики после придания ей шероховатости алмазным инструментом/бором [123]. Их исследование включало использование белых полировальных дисков, дисков Shofu и дисков Sof-lex. Результаты показали, что диски Sof-lex дают наилучшую обработку поверхности. Al-Shammery H. A. et al. также пришли к выводу, что диски Sof-lex обеспечивают наилучшую отделку керамики CAD/CAM, но в их исследовании контрольная группа не включала образцы с глазурью, а вместо этого включала образцы с шероховатой поверхностью [172]. Тот факт, что разные методы полировки могут давать разные результаты, также можно объяснить тем фактом, что в разных исследованиях использовались разные системы для оценки шероховатости поверхности. Оборудование для оценки включало использование сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), пертометра, тактильной профилометрии и конфокальной микроскопии. Эти системы имеют разную точность измерений и поэтому могут давать разные результаты.

Прочность фарфорового материала в значительной степени определяется шероховатостью его поверхности, а внутренняя структура материала может вызывать большую концентрацию напряжений, чем вызванная шероховатостью поверхности в сочетании с поверхностными дефектами, присутствующими на материале [128]. Если материал будет подвергнут соответствующей обработке поверхности, ему не потребуются свойства, предотвращающие растрескивание, и поверхность материала останется гладкой, что, в свою очередь, приведет к реставрации, которая будет долговечной.

Объемные переломы по-прежнему являются одной из основных причин неудач лечения, но отчеты также предполагают долговременную выживаемость различных керамических материалов [160, 162, 166]. Эти переломы наблюдаются на протяжении всего клинического функционирования. Проспективные исследования циркониевой керамики показали многообещающие долгосрочные результаты, но в литературе приведена информация о 15% сколах облицовочной керамики [120, 134, 171].

Высокие требования к эстетическим и биосовместимым материалам увеличивают значение керамики в стоматологии и медицине. Основной упор исследователей по всему миру сделан на улучшение механических свойств и подбор свойств сопрягаемых поверхностей.

Как правило, прочность керамики ограничена размером и распределением совокупности собственных дефектов. Разрушение может происходить без измеримой пластической деформации, а может начаться из-за небольших дефектов до пластической деформации. Этот факт выражается низким сопротивлением растяжению трещин, которое характеризуется параметром трещиностойкости. Сочетание изгибающих и крутильных сил приводит к появлению поверхностных дефектов в керамике, и при достижении критических размеров происходит разрушение. Многочисленные исследования показали, что катастрофическое разрушение может произойти намного ниже кратковременной прочности на излом из-за медленного роста докритической трещины до критической длины трещины [121, 131, 139, 163]. Это указывает на то, что деградация прочности измеряется в

течение периода времени [155]. На медленный рост трещины сильно влияет количество и состав стекольной фазы в керамической микроструктуре [164], а вредный эффект медленного распространения трещины может быть отнесен на счет усиленной напряжением химической реакции, происходящей в присутствии водяного пара в вершине трещины. Это происходит преимущественно в стеклах на силикатной основе, что приводит к разрыву связи [119]. Исследования показывают, что даже уровень влажности 0,017% может вызвать коррозию под напряжением [175]. Charles R. объяснил, что трещины, присутствующие в керамике, имеют тенденцию к медленному росту сначала под действием напряжения. Этот медленный рост трещин продолжается до тех пор, пока интенсивность напряжения не достигает критического значения для конкретного керамического реставрационного материала [119].

Несколько факторов, включая уплотнение порошка, процесс формовки, обжига, а также формование, также могут вызвать дефекты керамики. Во время этих лабораторных процессов дефекты могут передаваться в микроструктуру керамики. Повреждения при шлифовании, выдергивание, вызванное полировкой, микропористость на поверхности и появление больших пор при обработке каркасов зубными техниками - распространенные технические лабораторные недостатки [126, 148]. Могут быть и другие дефекты, в том числе растрескивание вокруг зерен с тепловым расширением и пористость, которая возникает в процессе обжига керамики [146].

Разрушение многих материалов, в том числе керамики, связано с распространением плотно распределенных трещин, а не с одной точно определенной трещиной [115]. Количество трещин и микротрещин чрезвычайно велико, а их расположение и ориентация случайны. Irwin G. продемонстрировал, что интенсивность напряжения связана с формой трещины в конкретном месте по отношению к геометрии нагружения [144]. Процедура отделки влияет на наличие микротрещин и остаточных напряжений. Например, остекление может огибать вершину возможной микротрещины, и эти изменения длины и вершины, в свою очередь, изменяют прочность материала. Шероховатость поверхности приведет к

неравномерному распределению напряжения и локальной концентрации приложенного напряжения из-за различий формы в поверхностном слое [80]. Из-за наличия шероховатости поверхности развитые трещины могут не распространяться случайным образом, а могут возникать или распространяться в точках с более высоким напряжением. Теория о том, что зарождение трещин начинается в точках концентрации напряжений, вызванных шероховатостью поверхности, была предложена Mecholsky J.J..

Поскольку производство обычных стоматологических фарфоров состоит из конденсации фритты с последующим процессом спекания, в материал также могут быть внесены термически индуцированные остаточные напряжения [142], которые могут вызвать изменение измеренной прочности на двухосный изгиб [145, 152]. Влагосодержание облицовочного материала во время спекания может вызвать изменения на границе раздела диоксид циркония / облицовка и спровоцировать переход из тетрагональной фазы в моноклинную фазу [173]. Swain M.V. показали, что остаточные напряжения и контактное растрескивание приводят к образованию трещин в виде стружки [168]. Beuer F. at all. сообщили о более высокой прочности облицовочной керамики CAD/CAM по сравнению с техникой многослойной облицовки [174]. Использование прессованной керамики может снизить вероятность рассыпания, поскольку способ изготовления методом термического прессования уменьшит образование большой поверхности и дефектов, присутствующих в основной массе материала [102]. Это позволит минимизировать термически индуцированные остаточные напряжения [142, 145]. Большая пористость является результатом человеческой ошибки, которая может возникнуть на этапах изготовления в зуботехнической лаборатории [112, 149].

Уровень усадки фарфора может быть связан с соотношением смешанного порошка и жидкой облицовочной керамики, и требуется минимум три цикла обжига. Разрушение может быть вызвано включением мелких примесей, таких как поры, поскольку трещины невозможно устранить, но в условиях полости рта может происходить медленный рост [125, 130, 149].

Основываясь на данных, что связь между шероховатостью и величиной адгезии для различных материалов может вести себя нелинейно, авторами были решено рассмотреть два диапазона шероховатостей: до 0,5 мкм и 1,6-2,5 мкм [118]. Предлагаемый метод плазменно-электролитной обработки металлического каркаса подразумевает снижение локальной концентрации напряжений на поверхности сопряжения, за счет спекания вершин и впадин микрорельефа. Но не представляется возможным дать априорную оценку величины шероховатости, но возможно определить эту взаимосвязь из экспериментов.

В доступной литературе достаточно публикаций, посвященных вопросам изучения мнения врачей-стоматологов-ортопедов, зубных техников и пациентов о применении металлокерамических зубных протезов. Так, по данным Gogushev K. G. et all. (2021) на основании анализа анкет, состоящей из 20 вопросов (72 стоматолога и 53 зубных техника) установлено, что врачи при восстановлении дистально ограниченных дефектов в 86,1% случаев используют несъемную мостовидную конструкцию. При этом, чаще всего используются металлокерамические зубные протезы с каркасом из недрагоценных сплавов (83% зубных техников и 93,1% стоматологов соответственно), за ними следуют конструкции из диоксида циркония (39,6% зубных техников и 37,5% стоматологов соответственно) [138].

Таким образом, анализ отечественных и зарубежных источников свидетельствует о том, что металлокерамические зубные протезы широко применяются при восстановлении дефектов твердых тканей зубов и зубных рядов. Многолетний опыт использования данных конструкций показал их эффективность, долговечность и высокие эстетические свойства. Несмотря на это, протезирование металлокерамическими конструкциями имеет ряд недостатков, заключающиеся в возникновении осложнений в процессе пользования указанными протезами. Прежде всего это затрагивает опорные зубы, периодонт, расцементировку. Одним из недостатков металлокерамических зубных протезов является откол керамической облицовки от каркаса протеза. Причинами этого могут быть много факторов, в том числе недостаточная сила сцепления керамической облицовки с

металлическим каркасом. В этой связи изучение фундаментальных причин, приводящих к сколу и усовершенствование существующих методов изготовления металлокерамических конструкций, является актуальной проблемой, чему и было посвящено настоящее диссертационное исследование.

ГЛАВА 2**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ****2.1. Социологическое исследование мнения врачей-стоматологов-ортопедов, зубных техников, пациентов**

Для определения востребованности в металлокерамических конструкциях в клинике ортопедической стоматологии в настоящее время и для анализа распространенности осложнений при протезировании металлокерамическими конструкциями нами были разработаны анкеты (Приложение А, Б, В), где предлагалось выбрать один вариант ответа на поставленный вопрос. Социологический опрос проводился среди 516 респондентов включая врачей-стоматологов-ортопедов (218 чел.), зубных техников (157 чел.) и пациентов (141 чел.), которым восстановление дефектов твердых тканей зубов и зубных рядов проводилось с использованием металлокерамических конструкций.

В опросе участвовали сотрудники стоматологических медицинских организаций и зуботехнических лабораторий частной формы собственности.

Критерием исключения явились врачи-стоматологи-ортопеды и зубные техники, которые при ответе на первый вопрос анкеты по использованию в своей клинической практике металлокерамические конструкции (врачи) и изготовлению металлокерамических конструкций (техники) дали отрицательный ответ. В анкетировании пациентов включались респонденты после проведенного ортопедического лечения с использованием металлокерамических конструкций.

Анкеты с неадекватными ответами на вопросы типа «секрет» исключались из анализа. Для получения достоверных ответов было принято решение провести анкетирование анонимно.

2.2. Электронно-микроскопическое исследование и профилометрия поверхности металлического сплава

Для проведения анализа физико-механическими методами были отлиты образцы (для каждого метода исследования) и обработаны различными способами.

Таблица 1 - Распределение образцов на изучаемые группы

	Группы образцов	Кол-во образцов
1	Полированные	30
2	Обработанные фрезой	30
3	Пескоструйная обработка размером частиц 50мкм	30
4	Пескоструйная обработка размером частиц 90мкм	30
5	Пескоструйная обработка размером частиц 125мкм	30
6	Пескоструйная обработка размером частиц 250мкм	30
7	Плазменно-электролитная обработка	54

Подготовка образцов металлокерамических каркасов проводилась моделированием из базисного воска фирмы “Стома” (Украина) в условиях зуботехнической лаборатории. Для отливки образцов был использован сплав на базе кобальта и хрома “I-bond NF” (Словения) (Co 63%, Cr 24%, W 8%, Mo 3%, Si 1%) (Рисунок 1).

Отлитые образцы очищали от паковочной массы песком с размером гранул 250 мкм на пескоструйном аппарате Renfert (Германия). В исследовании изучались три типа образцов:

- после очистки отливок от формовочной массы с помощью пескоструйной обработки средним размером частиц 250 мкм;
- после механической обработки в зуботехнической лаборатории бормашиной Champion Marathon-3 твердосплавными фрезами (КМИЗ, Казань) со скоростью 30000 оборотов в минуту;

- после механической обработки и полировки силиконовым полиром 22мм для металла (Renfert), обработки поверхности песком «Cobra» на пескоструйном аппарате АПО-5У (Аверон, Екатеринбург), размер гранул песка 50, 90, 125 мкм при рабочем давлении сжатого воздуха 1,5-2 атмосферы.

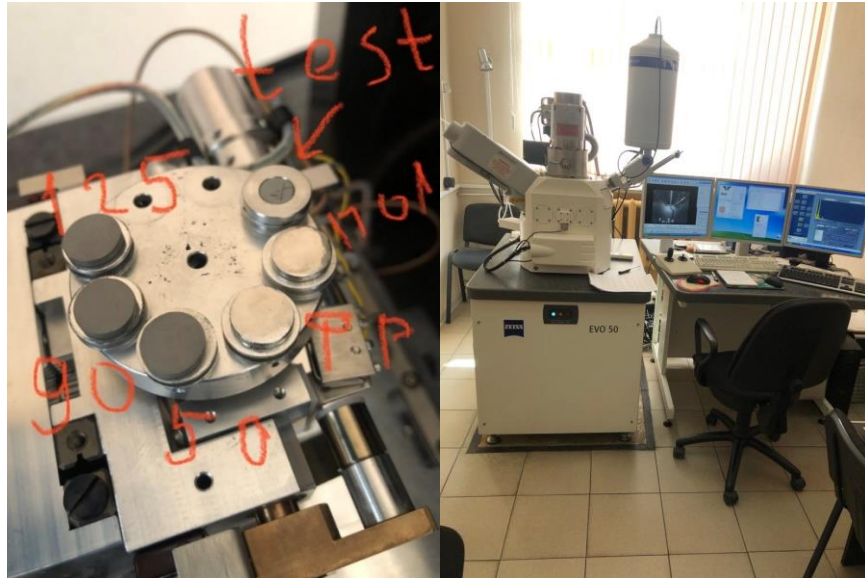


Рисунок 1 - Восковая заготовка перед отливкой

Геометрия образцов указана на рисунке 2а. Отливку металлических каркасов осуществляли на центробежной индукционной литейной установке со встроенным охлаждением Vego Fornax T (Germany).

Все полученные образцы подвергались обработке парогенератором (OmecGP 92.3), затем исследовались с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ, рисунок 2б) “EVO 50 XVP” (Carl Zeiss) на базе Казанского физико-технического института им. Е. К. Завойского с системой зондового микроанализа “INCA Energy – 350” (Oxford Instruments). Также определяли параметры шероховатости на профилометре TR-200 (рисунок 3, TIME GROUP Inc., Китай) на базе Инженерного института Казанского Федерального Университета. В результате получения профилограмм поверхности были рассчитаны серии значений параметров шероховатости: Ra - среднее арифметическое отклонение

профиля, Rz- высота неровностей профиля по десяти точкам, S - средний шаг местных выступов профиля, Sm - средний шаг неровностей, Rm - наибольшая высота профиля, Ry - глубина наибольшей впадины профиля, Rq - среднее квадратическое отклонение профиля, Rp - высота наибольшего выступа профиля.



а

б

а - общий вид, б - держатель с установленными образцами

Рисунок 2 – СЭМ, “EVO 50 XVP” (Carl Zeiss)

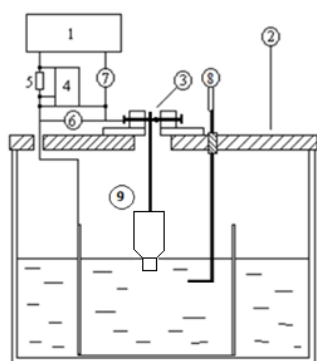


Рисунок 3 - Профилометр TR-200 (TIME GROUP Inc., Китай)

2.3. Методика плазменно-электролитного формирования микрорельефа поверхности кобальтохромовых сплавов

Метод плазменно-электролитного формирования микрорельефа поверхности заключается в использовании газовых разрядов с жидкими электродами. Процесс обработки происходит в результате горения газовых разрядов на поверхности металлического электрода, погруженного в раствор электролита. В зависимости от полярности электрода и вида материала могут происходить различные процессы: полировка поверхности, формирование оксидного керамического покрытия, изменение шероховатости поверхности, нанесение металлических наноструктурированных покрытий и др. Для достижения нашей цели – контролируемого изменения шероховатости –использовали катодную полярность активного обрабатываемого электрода.

Для обработки опытных образцов использовалась экспериментальная установка, которая представлена на рисунке 4 – схема.



а



б

Экспериментальная плазменно-электролитная установка:

- 1 - система электрического питания, 2 - электролитическая ванна,
3 - электродная система, 4 - осциллограф, 5 - добавочное сопротивление, 6 -
вольтметр, 7 – амперметр, 8 – термопара, 9 - зафиксированный образец

Рисунок 4 - Схема (а) и фотография (б) экспериментальной установки плазменно-электролитного формирования микрорельефа поверхности

С помощью электродной системы производилось фиксирование и погружение на определенную глубину образца. В работе использовался источник питания постоянного тока с плавно регулируемым напряжением, обеспечивающего подачу регулируемого выпрямленного напряжения, состоящий из диодного моста (диоды СД 246) и лабораторного автотрансформатора регулировочного типа 1М с диапазоном напряжения от 1 до 400В (к источнику питания, в зависимости от условий эксперимента, подключается сглаживающий емкостной фильтр ($C=1560$ мкФ)) (Рисунок 5).



Рисунок 5 - Погружение образца в раствор электролита

Измерение напряжения и тока разряда осуществлялось с помощью двух цифровых универсальных измерительных устройств АРРА 305 и АРРА 109N, относительная погрешность измерения составляет 0,8%.

Основными параметрами, влияющими на процесс обработки, является величина и форма прикладываемого напряжения, сила тока разрядной цепи, температура электролита. В экспериментах использовалась сглаженная форма напряжения, получаемая при использовании емкостного фильтра, и, регулируя его,

мы изменяли режим обработки. Применение активного обрабатываемого электрода катодной полярности приводит к локальному оплавлению его поверхности под действием хаотично возникающих одиночных микрозарядов. В зависимости от мощности зарядов и температуры самого электрода наблюдается формирование различных микролунки, которые в свою очередь суммарно формируют общую шероховатость поверхности. Формирование микролунки происходит в результате оплавления поверхности и частичного выброса материала электрода в электролит.

При плазменно-электролитной обработке формирование рельефа поверхности происходит путем локального оплавления поверхностного слоя электрода при горении газовых зарядов. Для локального оплавления необходимо чтобы в месте зажигания газового заряда температура кобальт-хромового сплава стала выше температуры солидус 1170°C , желательнее выше температуры ликвидус 1390°C . При превышении температуры солидус процесс плавления только начинается, а полностью жидкий металл можно получить только при температурах выше 1390°C . Известно, что рекомендуемая производителем температура литья составляет $1490 - 1540^{\circ}\text{C}$, при данных температурах сплав имеет хорошую текучесть и не происходит выгорания легирующих элементов. Недостаточная вкладываемая мощность заряда не позволит достигнуть требуемого нагрева образца и привести к локальному оплавлению с формированием микролунки. А более высокая мощность может привести к перегреву всего образца и его оплавлению с потерей геометрии, что является недопустимым.

2.4 Метод сдвига для оценки скола керамической облицовки от металлической поверхности

Методы оценки адгезии разделяют на две группы: методом определения прочности соединения при сдвиге и при отрыве соединения. На сегодняшний день существует ряд стандартизированных методов их определения: ISO 4624:2002, ASTM C633-01, ASTM D7234-05, ISO4624:2002, ASTM D1002-10. В основном они

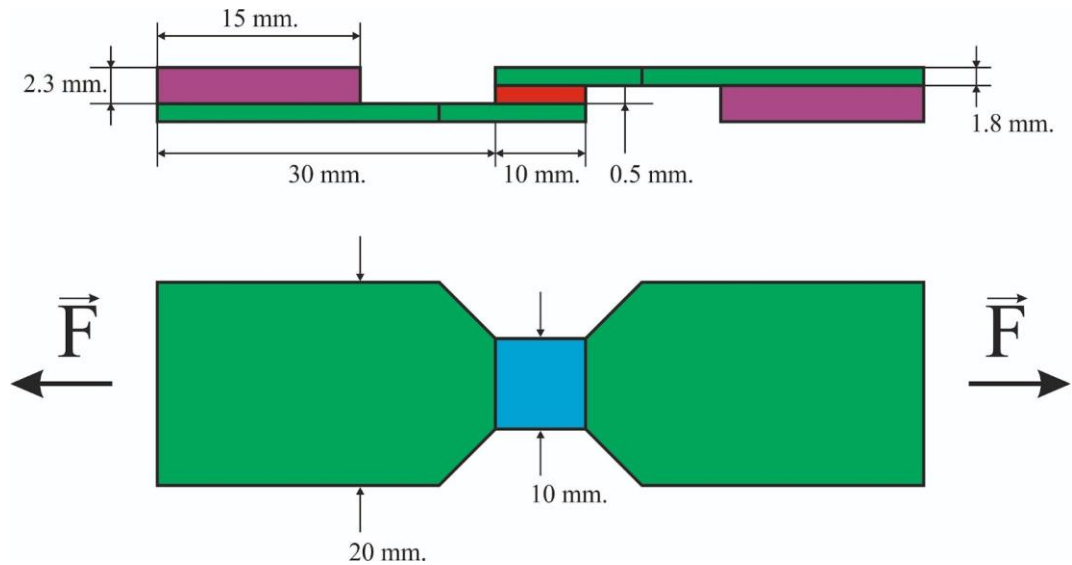
разработаны для лакокрасочных и клеевых материалов, а для металлокерамических материалов, в ходе исследования этого вопроса, стандартизированных методов не найдено. Поэтому в данной работе использовали подход определения адгезионной прочности на основе разработанных стандартов для клеевых материалов. В этой связи, для определения предела прочности при сдвиге адгезионного керамического слоя был взят за основу ASTM D1002-10 (Стандартный метод испытания адгезионной прочности на сдвиг при нагрузке в виде растяжения. Standard test method for apparent shear strength of single-lap-joint adhesively bonded metal specimens by tension loading) [114].

Образцы на сдвиг и отрыв испытывали на универсальной испытательной машине УТС 110М-100 (Россия). Диапазон измеряемых нагрузок - 0,001-100 кН, погрешность измерения нагрузки: $\leq 1\%$ от показания, вплоть до 1/100 от величины допустимой нагрузки (Рисунок 6).



Рисунок 6 - Универсальной испытательной машине УТС 110М-100 (Россия)

Метод испытания заключается в определении величины разрушающей нагрузки при растяжении двух образцов, склеенных между собой керамикой. Усилия, стремящиеся сдвинуть одну половину образца относительно другой, показаны на рисунке 7.



\vec{F} – действующая сила, красным цветом отмечен слой керамики, зеленым – образец из кобальт-хрома, пурпурным – центровочные накладки, синим – зона соединения

Рисунок 7 - Форма и размеры образца

Для нивелирования изгибных напряжений при испытании на адгезию толщина металлических каркасов была равна 1,8 мм.

Прочность при сдвиге определяли по следующей формуле 2.1:

$$\tau = \frac{P}{S}, \quad (2.1)$$

где - P – нагрузка разрушения при сдвиге;

S – площадь керамического покрытия.

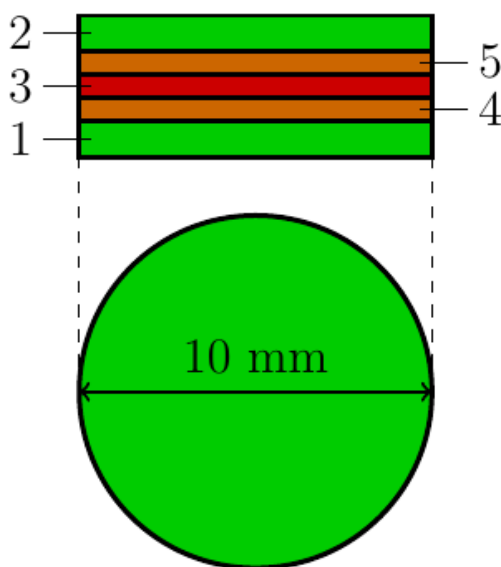
Зоны наложения керамики на образцах подвергали разным вариантам обработок: полировка, фрезерование, пескоструйная обработка, плазменная обработка. Обработка металлических каркасов в процессе подготовки для традиционного метода изготовления образцов производили с помощью фрезы NTI 060, 14,2 мм, пескоструйного аппарата Vego Easyblast (Germany), песка фирмы Renfert Cobra (Germany) размерами 125, 90, 50 мкм.

После обработки образцы маркировали и проводили морфологический и спектральный анализ поверхностей, а также профилометрическое исследование. После этого наносили керамику, обжигали, затем проводили испытания по определению прочности на сдвиг.

2.5. Метод определения прочности при отрыве

В данной работе подход к определению адгезионной прочности основан на стандарте для клеевых металлических образцов ISO 4624:2002 (Определение адгезии методом отрыва. Pull-off test for adhesion).

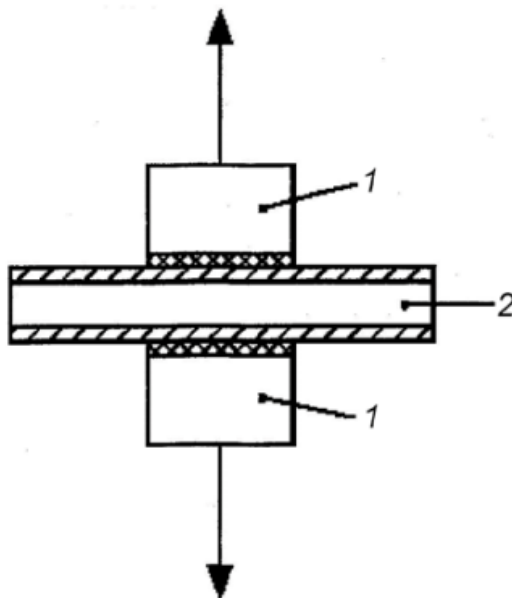
Сущность метода заключается в следующем. На первом этапе из сплава кобальта-хрома изготавливаются пластинки круглого поперечного сечения диаметром $d = 10,0$ мм одинаковой толщины $t = 1,8$ мм. Затем обрабатываются контактные поверхности пластин и после этого на поверхности пластины наносят опакующий слой, а затем керамическую массу IPS Inline. Далее их вместе спекают в печи Progamat E5000 согласно заданной программе. В результате получается следующий образец (Рисунок 8).



1, 2 – кобальто-хром, 3 – керамический слой, 4, 5 – опакующий слой

Рисунок 8 - Форма образца

Образцы приклеивали непосредственно к поверхности покрытия с помощью клея. Склеенные образцы после затвердевания клея испытывали на отрыв, измеряли усилие, необходимое для отрыва керамического покрытия от поверхности металла (Рисунок 9).



1 – заготовка, покрытая клеем, 2 – пластина для испытаний с нанесенным на нее керамическим покрытием

Рисунок 9 - Испытуемый образец для «сэндвич»-метода с пластиной, с нанесенным на нее керамическим покрытием

Результатом испытания является определение усилия отрыва, необходимого для нарушения адгезии или когезии в испытуемом покрытии. Возможно также смешанное разрушение адгезия/когезия.

В качестве образца испытуемого покрытия использовали диск диаметром 30 мм, однако из-за специфики используемой аппаратуры в стоматологии (печи) и ее размеров, на образцы накладывались ограничения по максимальным размерам. В связи с этим в работе испытывали образцы диаметром 10 мм.

Прочность при отрыве рассчитывали по формуле 2.2:

$$\sigma = \frac{F}{A},$$

(2.2)

где σ – прочность при отрыве;

F – разрывное усилие;

A – площадь заготовки.

Площадь заготовки вычисляли по формуле 2.3:

$$A = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (2.3)$$

где A – площадь заготовки;

d – диаметр заготовки;

π (пи) - число пи, математическая константа.

2.6. Метод определения среднего периода функционирования металлокерамических конструкций до появления сколов керамической облицовки

Для определения среднего периода функционирования металлокерамических конструкций до появления сколов керамической облицовки проводились эксперименты на «Стенде жевательных движений». «Стенд жевательных движений» – это прибор с программным обеспечением, разработанный и запатентованный на кафедре ортопедической стоматологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Казанский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации (патент на изобретение №158862, МПК G09B23/28; A61C11/00, 2015 апрель 07) [Пат. 158862] [69]

(Рисунок 10). Сам прибор позволяет многократно циклично выполнять движения, имитирующие жевательные движения человека, а установленные в модели нижней челюсти датчики позволяют измерять силу, с которой происходит сжатие челюстей в переднем и боковых отделах, и с помощью компьютерного обеспечения выводить графики, отображающие силу жевательного давления в трёх точках.

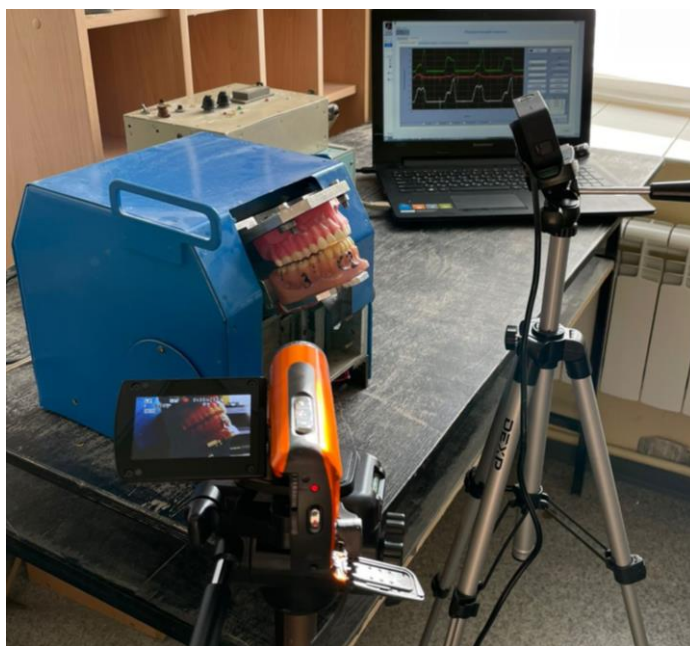


Рисунок 10 - Стенд жевательных движений с программным обеспечением

С двух сторон моделей верхней и нижней челюстей «Стенда жевательных движений» были сняты оттиски при помощи А-силикона Elite HD (Zhermack, Италия) для изготовления силиконовых ключей-шаблонов. Далее зубы 1.7, 1.6, 1.5, 1.4, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 были отпрепарированы под металлокерамические коронки, а жевательные поверхности зубов 3.7, 3.6, 3.5, 3.4, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 под металлические окклюзионные накладки, которые затем были изготовлены. На зубы 1.7, 1.6, 1.5, 1.4, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 были изготовлены металлокерамические коронки, отличающиеся способом обработки металлического каркаса - традиционным способом и при помощи плазменно-электролитной обработки (Рисунок 11).

Всего было изготовлено по 168 металлокерамических коронок каждого вида. Толщина каркаса металлокерамических коронок была не менее 0,3 мм,

керамической облицовки – от 0,8 до 1,3 мм. Необходимость изготовления металлических накладок на зубы нижней челюсти было обусловлено тем, что при взаимодействии искусственных пластмассовых зубов модели «Стенда жевательных движений» с керамикой при жевательной нагрузке привело бы к истиранию пластмассы с изменением окклюзионных контактов с антагонистами – зубами, что привело бы к уменьшению силы жевательного давления и могло повлиять на результаты эксперимента.



Рисунок 11 - Модель с установленными коронками

Для чистоты эксперимента все конструкции изготавливались с использованием силиконовых шаблонов, что позволяло изготовить одинаковые по форме коронки и накладки, идентичные intactным искусственным зубам модели «Стенда жевательных движений». Это было необходимо для того, чтобы исключить наличие суперконтактов как одной из возможных причин сколов керамической облицовки металлокерамических конструкций.

После того, как металлические окклюзионные накладки были зафиксированы на зубах нижней челюсти, на зубы 1.7, 1.6, 1.5, 1.4, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 фиксировались металлокерамические коронки различных методов изготовления. «Стенд

жевательных движений» включали несколькими подходами на 1 млн. жевательных циклов в общем для каждой из коронок.

При сколе керамической облицовки металлокерамической коронки на окклюзионной поверхности резко уменьшается сила жевательного давления, фиксируемая «Стендом жевательных движений» на данном участке челюсти, что выражается в уменьшении амплитуды колебаний на графике (Рисунок 12). Зафиксировав изменение жевательного давления на графике правой или левой стороны зубного ряда, определяли наличие скола облицовки, а изучив график, определяли момент, когда этот скол произошел, то есть на каком из жевательных циклов по счету произошло изменение амплитуды колебаний графика.

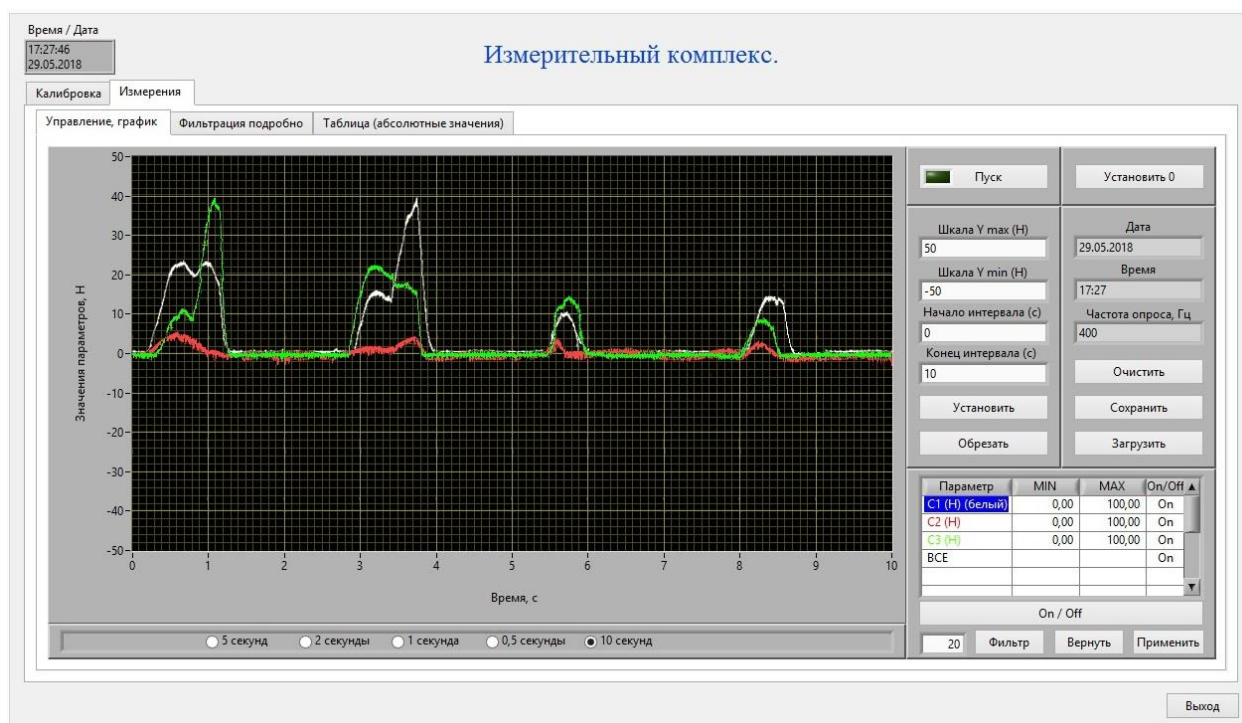


Рисунок 12 - Изменение амплитуды колебаний графика, характеризующее уменьшение силы жевательного давления на «Стенде жевательных движений» при сколе керамической облицовки металлокерамической коронки на жевательной поверхности

Для определения периодов возникновения сколов керамической облицовки на вестибулярной поверхности металлокерамических коронок производили

видеозапись во время работы «Стенда жевательных движений». Если на коронке обнаруживался скол керамической облицовки в пришеечной области, момент времени возникновения скола, зафиксированный на видеозаписи, сопоставляли с графиком жевательных движений последнего периода работы «Стенда жевательных движений». Таким образом определяли во время какого жевательного цикла возник скол. Случаи возникновения сколов на небной поверхности в эксперимент не включались, поскольку не было возможности фиксации момента возникновения скола.

Время возникновения скола керамической облицовки, если он произошел, определяли для каждой коронки, затем определяли средний период возникновения скола для металлокерамических коронок, изготовленных традиционным способом и по разработанной методике.

Каркасы металлокерамических коронок, у которых произошли сколы керамической облицовки, изучали под электронным микроскопом.

2.7. Методы обследования пациентов

2.7.1. Методы клинического обследования

В стоматологическую поликлинику Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Казанский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации направлялись пациенты, имеющие сколы керамической облицовки металлокерамических несъемных конструкций, из других стоматологических поликлиник города Казани и близлежащих районов различных форм собственности для исследования и определения возможных причин возникновения сколов. Всего было направлено 163 пациента, имеющих сколы керамической облицовки на 198 единицах металлокерамических конструкций.

На всех пациентов была заполнена первичная документация, а также проведено анкетирование для выявления факторов риска и возможных причин

сколов, связанных с самим пациентом (Приложение В). Далее проводился сбор анамнеза, внешний осмотр и осмотр рта и короткое гамбургское тестирование.

Главной целью при сборе анамнеза было собрать информацию о состоянии здоровья пациентов, их жалобах, пищевых и других привычках и предпочтениях, то есть выяснить возможные причины скола и исключить влияние этих факторов при повторном протезировании. При внешнем осмотре оценивалось состояние кожных покровов, видимых слизистых оболочек, конфигурация лица, проводилась пальпация лимфатических узлов. Осмотр рта и преддверия рта включал оценку состояния слизистой оболочки щек, губ, неба, языка, альвеолярных отростков и десен, глубины преддверия рта, пародонтологического статуса, формы прикуса, наличия аномалий и вторичных деформаций окклюзии, состояния имеющихся зубов, терапевтических реставраций и ортопедических конструкций.

На первом этапе критериями включения являлись:

1. Отсутствие аномалий и вторичных деформаций окклюзии.
2. Металлокерамические конструкции изготовлены и зафиксированы не ранее, чем 2 года назад.
3. Скол керамической облицовки произошёл не ранее 1 недели назад.
4. Граница скол керамической облицовки достигала поверхности металлического каркаса.
5. Полностью сохраненные зубные ряды или имеющие дефекты, восстановленные при помощи несъемных ортопедических конструкций.
6. Толщина керамической облицовки в области скола не превышает 1 мм.
7. Короткий гамбургский тест имеет отрицательный результат.
8. По результатам анкетирования пациенты не имели сложностей с привыканием к протезам, парафункциональных привычек, травм, не употребляют газированные и кислые напитки.

Для дальнейшего обследования было включено 102 пациента, имеющих сколы керамической облицовки на 121 единице металлокерамических конструкций и соответствовавших критериям включения. Все пациенты дали письменное добровольное согласие на участие в исследовании.

2.7.2. Функциональные методы обследования

Критериями включения следующего этапа было отсутствие дисфункций ВНЧС и парафункций жевательных мышц, что определялось дополнительными методами исследования, такими как электромиография, артровибрография. Анализ ночной парафункциональной активности жевательных мышц определяли путём диагностики с помощью брукс-чекера. Для анализа окклюзионных взаимоотношений зубов проводили компьютерную окклюзиографию.

2.7.2.1. Электромиография

Электромиография – это метод функционального обследования, позволяющий провести графическую запись электрической биоактивности мышц, с последующей обработкой результатов.

В силу удобства и малоинвазивности, наиболее применимой для стоматологической практики является поверхностная электромиография. Этот метод можно считать эталоном объективной диагностики биофункциональной активности жевательных мышц. Он эффективен при воспалительно-дегенеративных и травматических повреждениях челюстно-лицевой области, поскольку практически любое изменение в элементах зубочелюстной системы приводит к изменению активности мышц. Так, например, воспалительные заболевания в области жевательных мышц сопровождаются дисциркуляторными нарушениями и отёком мягких тканей, что приводит к уменьшению мышечных сокращений и снижению проводимости нервных импульсов, как проявлению рефлекторной реакции организма на боль, то есть снижению биоэлектрической активности мышц на пораженной стороне.

В ортопедической стоматологии поверхностную электромиографию используют для эффективного, быстрого и объективного исследования функционального состояния мышц у пациентов, как при планировании лечения, так и после протезирования любыми видами ортопедических конструкций.

В нашем исследовании мы проводили поверхностную электромиографию по общепринятой методике при помощи аппарата Freely (De Gotzen S.r.l., Италия)

(Рисунок 13) у пациентов со сколами керамической облицовки металлокерамических конструкций для исключения нарушений состояния жевательных мышц, как потенциально возможной причины возникновения сколов.



Рисунок 13 - Электромиограф Freely (De Gotzen S.r.l., Италия)

По протоколу, на первом этапе проводится пальпация височных и жевательных мышц при максимально сомкнутых челюстях пациента, что позволяет правильно определить область расположения электродов. Электроды накладываются и приклеиваются вдоль длинной оси исследуемых мышц на предварительно обезжиренную спиртовым раствором кожу (Рисунок 14).

Электрический сигнал от мышц, улавливаемый электродами, преобразовывается, оцифровывается и выводится на компьютер в виде графических изображений и цифровых данных (Рисунок 15).

Поверхностная электромиография позволяет определить и оценить следующие параметры: биоэлектрический потенциал, симметричность работы пары мышц, синергичность работы в пределах группы мышц, индекс ASIM, крутящий момент нижней челюсти.



Рисунок 14 - Наложение электродов при проведении электромиографии

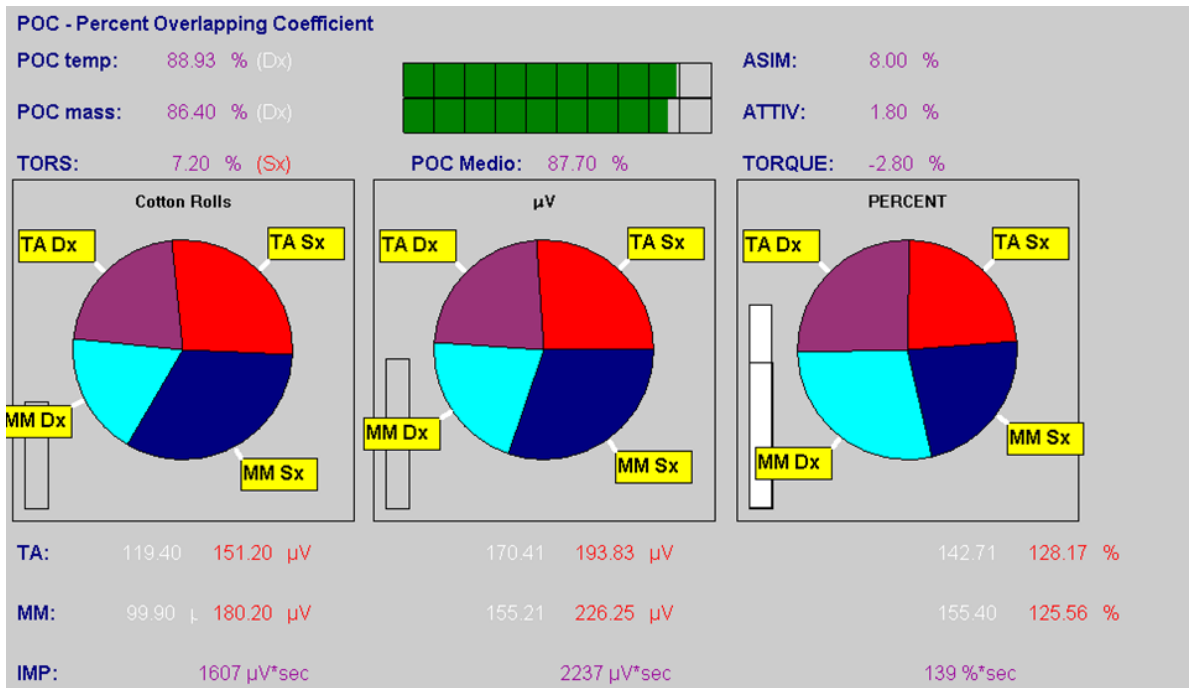


Рисунок 15 - Программное обеспечение электромиографа Freely
(De Gotzen S.r.l., Италия)

Биоэлектрический потенциал мышц (ИМРАСТ) характеризует абсолютную силу работы мышц при максимальном волевом сжатии, определенную в микровольтах. Выводы относительно состояния мышц делают, сравнивая полученные значения с нормативными, установленными для каждой группы мышц (500-2500 мкВ для височных и жевательных мышц). Показатель, являющийся ключевым при анализе функциональной активности зубочелюстной системы и характеризующий синхронность работы парных мышц – симметричность работы (РОС). Нормальным его значением считается показатель выше 80%. Похожий показатель – ACTIVE или коэффициент синергии, только он характеризует слаженность работы мышц на одной стороне. В норме этот параметр может быть от 0 до 10 %.

Индекс ASIM характеризует нейромышечной баланс между правой и левой сторонами относительно горизонтальной плоскости. В норме значение этого индекса варьирует от -10% до +10%.

Индекс TORS оценивает крутящий момента при работе жевательных мышц. Он даёт количественную характеристику смещения нижней челюсти в горизонтальной плоскости, когда она входит в контакт с верхней челюстью.

Согласно протоколу электромиографию проводят в нескольких функциональных состояниях: относительный физиологический покой, максимальное волевое сжатие, сжатие на ватных валиках.

Результаты электромиографии в состоянии физиологического покоя позволяют оценить возможность мышцы к расслаблению, что важно в оценке парафункциональной активности, так как у пациентов с бруксизмом, гипертоническое состояние жевательных мышц не позволяет достичь миорелаксации самостоятельно.

Пробы сжатия проводятся в двух видах: максимальное волевое сжатие и сжатие на ватных валиках. В первом случае сжатие челюстей происходит на своих зубах, во втором – на ватных валиках, то есть при разомкнутых зубных рядах. Эти пробы характеризуют влияние окклюзионной составляющей на работу мышц в условиях аналогичных процессу жевания. Анализируя различия показателей при

этих пробах можно выяснить источник патологии. Для миопатии и окклюзиопатии характерно ухудшение показателей при максимальном волевом сжатии, по сравнению с аналогичными при сжатии на ватных валиках. О вероятном наличии патологии говорят показатели лучшие при максимальном волевом сжатии.

В нашем исследовании электроды накладывались на области переднего пучка височных и жевательных мышц, определяемые пальпаторно. Кроме того, электромиограф Freely (De Gotzen S.r.l., Италия) содержит нулевой электрод, который необходим для определения помех, создаваемых кожей. Он крепится на мочку уха или лоб.

Электромиографию проводят в положении пациента сидя, без движений, голова в обычном положении. Сначала в программе создается карта пациента, содержащая личные данные. Затем запускается режим записи, представляющий собой изображение четырех графиков, характеризующих биопотенциал каждой из исследуемых мышц. Время записи по стандартным настройкам составляет 10 секунд, но его можно изменить при необходимости. Полученные данные сохраняются в программе. Создаваемые кожей помехи отфильтровываются и в окне цифровой сводки выдаются усредненные значения биопотенциала для каждого канала. Кроме того, программа определяет и выдает значения симметричности работы мышц, коэффициент синергии, индекс ASIM, крутящий момент нижней челюсти.

2.7.2.2 Артровибрография

Артровибрография – это метод регистрации и анализа шумовых явлений, возникающих при работе ВНЧС. Он позволяет быстро и просто оценить состояние тканей и структур, образующих ВНЧС.

В отличие от субъективных клинических методов диагностики состояния ВНЧС – пальпации и аускультации, артровибрография позволяет получить достоверные результаты, не зависящие от опыта и чувствительности врача, проводящего исследование. Кроме того, этот метод дает возможность сохранять,

воспроизводить и сравнивать результаты одного пациента, полученные разными диагностами и в различные периоды времени.

Метод артровибрографии основан на очень простом принципе: шероховатость поверхностей, движущихся друг относительно друга, влияет на силу трения и амплитуду возникающих вибраций. Если поверхности гладкие, то и сила трения, и амплитуда вибраций малы. Изменения поверхностей структур ВНЧС происходят при различных дегенеративных заболеваниях, перфорациях и дислокациях дисков. Разные патологические состояния приводят к возникновению различных шумовых эффектов. Таким образом, артровибрография, благодаря высокочувствительным датчикам (звукоуловителям), позволяет зарегистрировать существующие шумы и помочь с постановкой диагноза.

В нашем исследовании мы использовали артровиброграф BioJVA (BioResearch, США) (Рисунок 16). Методика его использования крайне проста.

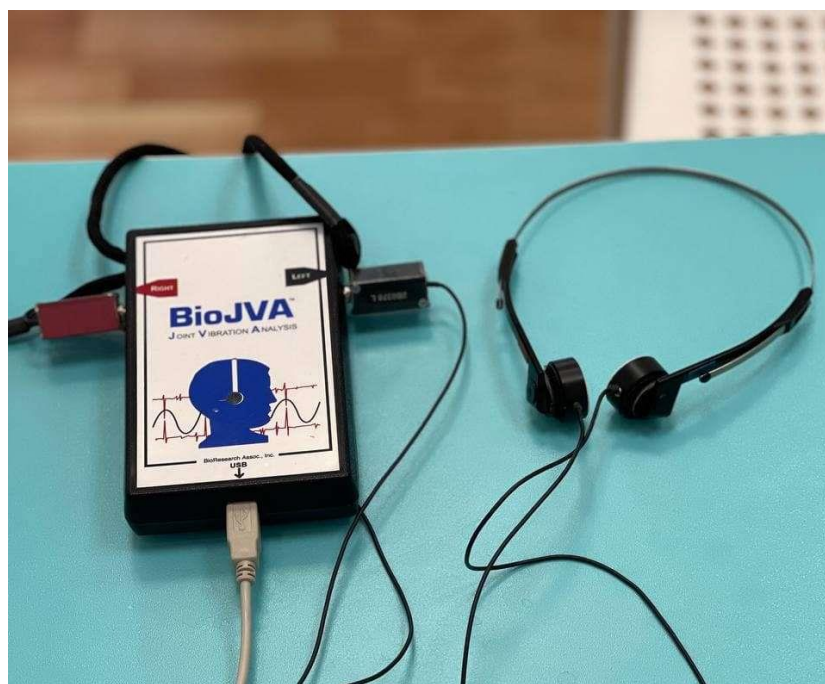


Рисунок 16 - Аппарат BioJVA (BioResearch, США)

На первом этапе необходимо определить и внести в программу некоторые параметры: полное максимальное открывание рта, а также наличие и величину дефлекций и/или девиаций при открывании и закрывании рта, которая

определяется с помощью специального шаблона или линейки. Значение полного максимального открывания рта состоит из величины межрезцового расстояния при максимально открытом рте и величины вертикального резцового перекрытия.

Далее необходимо правильно расположить звукоуловители в проекциях ВНЧС, определяемых их пальпацией при открывании и закрывании рта (Рисунок 17). В области наложения датчиков на коже не должно быть волос. Датчики не должны смещаться при открывании и закрывании рта.

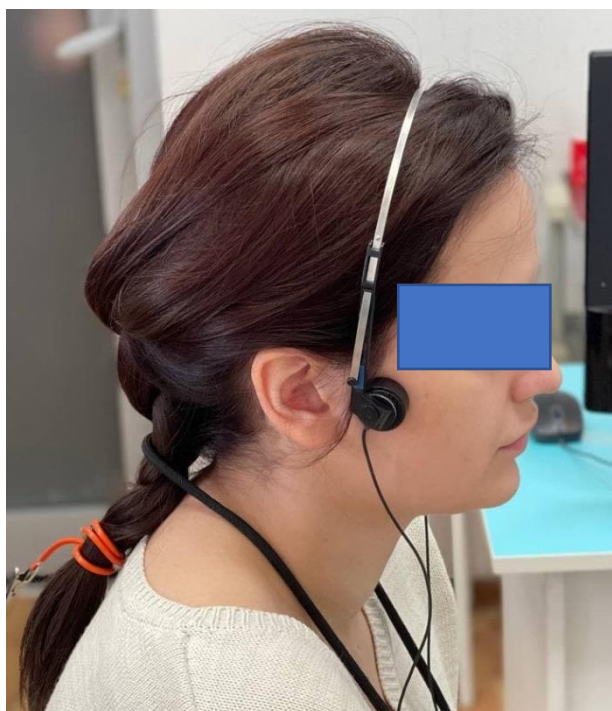


Рисунок 17 - Наложение звукоуловителей при проведении артровибрографии

Затем звукоуловители соединяли с блоком преобразования сигнала и включали программу записи шумовых явлений. При этом на экране компьютера отображается визуальный помощник, открывающий и закрывающий рот, и воспроизводится звук метронома. Пациенту необходимо совершать максимально плавные движения нижней челюсти в такт с метрономом и визуальным помощником. При смыкании челюстей пациент должен стукнуть зубами друг о друга. Во время записи на мониторе отображаются результаты регистрации шумовых явлений в виде колебаний. По умолчанию запись длится 10 сек., но

программные настройки позволяют изменить продолжительность записи и скорость метронома.

Далее проводят анализ, полученных данных, после проведения контроля записи. Запись считается не корректной, если колебания, возникающие во время стука зубами, не совпадают со специально отмеченной областью на кривой открывания/закрывания рта. В таком случае запись необходимо переделать.

Поскольку звуковые колебания накладываются на кривую открывания/закрывания рта, можно определить на каком моменте движения нижней челюсти регистрируется та или иная патология.

Для объективной оценки состояния структур ВНЧС используются цифровые данные, полученные после обработки звуковых волн (Рисунок 18). Постановка диагноза осуществляется по специальному алгоритму-таблице, прилагаемому к аппарату.

Результаты клинического обследования пациентов в совокупности с данными артровибрографии позволяют исключить из исследования пациентов с дисфункцией ВНЧС, как одной из вероятных причин сколов керамической облицовки металлокерамических конструкций.

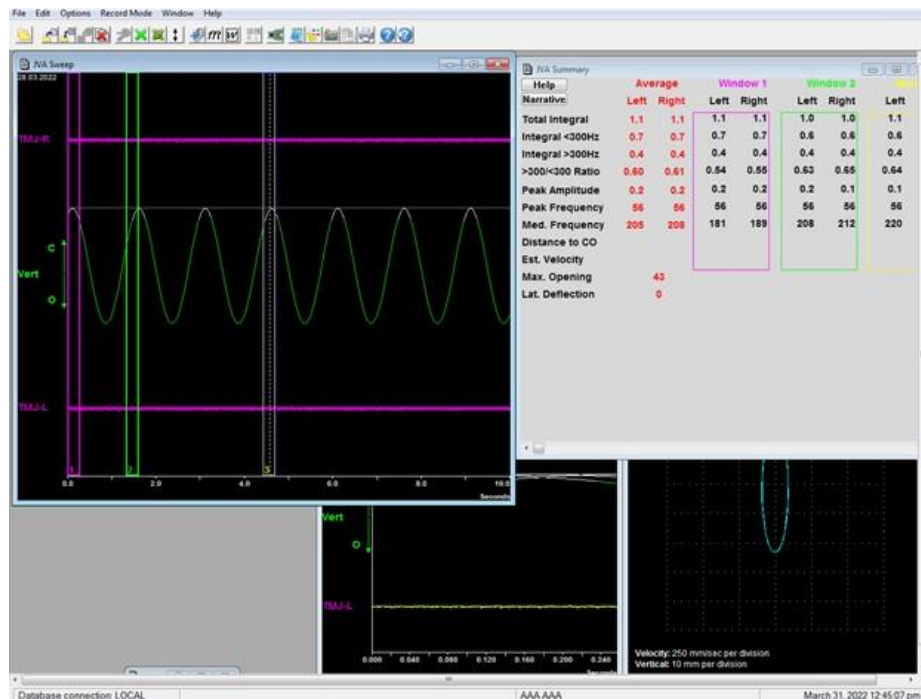


Рисунок 18 - Окно программы BioPAK с данными артровибрографии

2.7.2.3. Анализ ночной парафункциональной активности жевательных мышц

Для объективной оценки ночной парафункциональной активности жевательных мышц использовали методику анализа с применением брукс чекера. Брукс чекер – это каппа, изготовленная при помощи стоматологического вакуумформера, на внутреннюю поверхность которой нанесен пищевой пигмент (Рисунок 19).

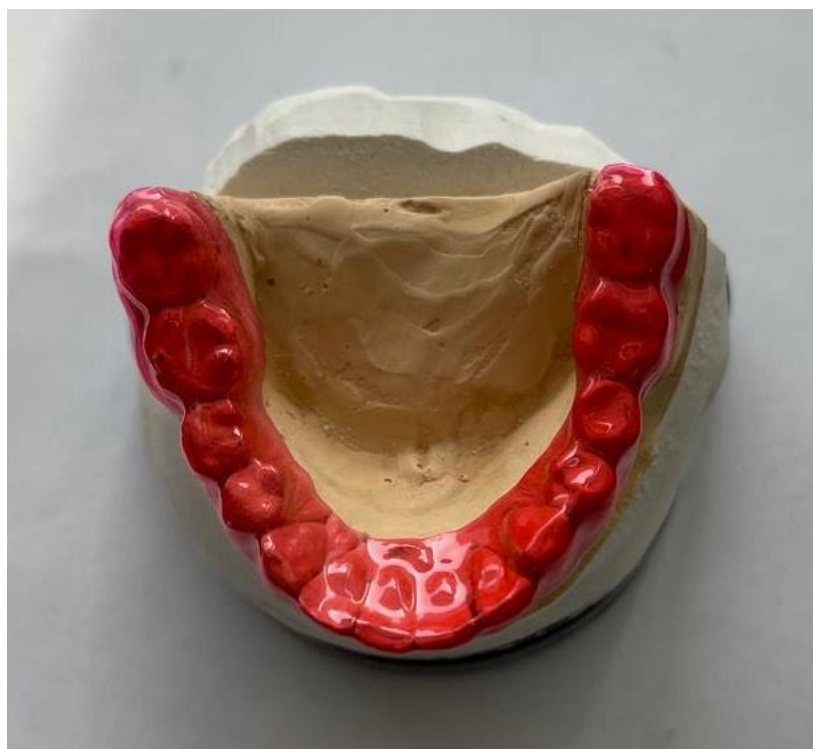


Рисунок 19 - Брукс чекер на гипсовой модели

Для изготовления брукс чекера у пациентов снимали оттиски нижней челюсти альгинатной массой, по которым отливали модели из гипса 4 класса, обрабатывали их и подготавливали для вакуумформовки капп в аппарате DRUFOMAT (Dreve Dentamid GmbH, Германия). Брукс чекеры изготавливаются из специальных пластин из плексигласа Brux Checker (SCHEU Dental Technology, Германия) толщиной 0,1 мм, на одну из поверхностей которых нанесен пищевой краситель. Перед вакуумформовкой пластины укладываются на модель той поверхностью, на которой есть краситель, то есть в готовом брукс чекере пигмент

будет находиться на внутренней поверхности. Края сформированной каппы оформляют при помощи ножниц.

Очень важно правильно проинструктировать пациента по методике использования брукс чекера. Пациент забирает каппу домой, накануне следующего посещения надевает брукс чекер на нижний зубной ряд непосредственно перед сном. Приём у стоматолога должен быть назначен на утренние часы, чтобы пациент мог прийти, не снимая каппу после сна. Это позволит избежать смазывания красителя и получить более четкие результаты. Множественные участки со стертым пигментом после ночного использования брукс чекера свидетельствуют о парафункциональной активности жевательных мышц.

2.7.2.4. Компьютерная окклюзиография

По данным литературных источников, одной из основных причин скола керамической облицовки является наличие супраконтактов, что вызывает необходимость проведения более детального контроля окклюзионных взаимоотношений зубов.

Традиционная методика оценки окклюзионных контактов информативна при анализе последних в динамических окклюдиях: передней и боковых, так как они дают возможность однозначно выявить контакты, которых быть не должно. Однако в положении центральной окклюзии возможность выявления супраконтактов ограничена скорее ощущениями пациента, а значит зависит от индивидуального уровня чувствительности пародонта. В связи с этим, оценку окклюзионных взаимоотношений проводили с использованием цифровой окклюзиографии.

Окклюзиограмму получали с использованием аппарата T-Scan III (Tekscan, США), действие которого основано на использовании датчиков, способных оценить силу давления на каждой паре антагонистов, с учетом времени контактирования (Рисунок 20). Полученные результаты программа обрабатывает и выдаёт в виде графических изображений и цифровых данных. Программное обеспечение позволяет оценить время смыкания, разобщения, распределение силы

окклюзионных контактов. Так же программа позволяет получить усредненную диаграмму смыкания (Рисунок 21).



Рисунок 20 - Аппарат T-Scan III (Tekscan, США)

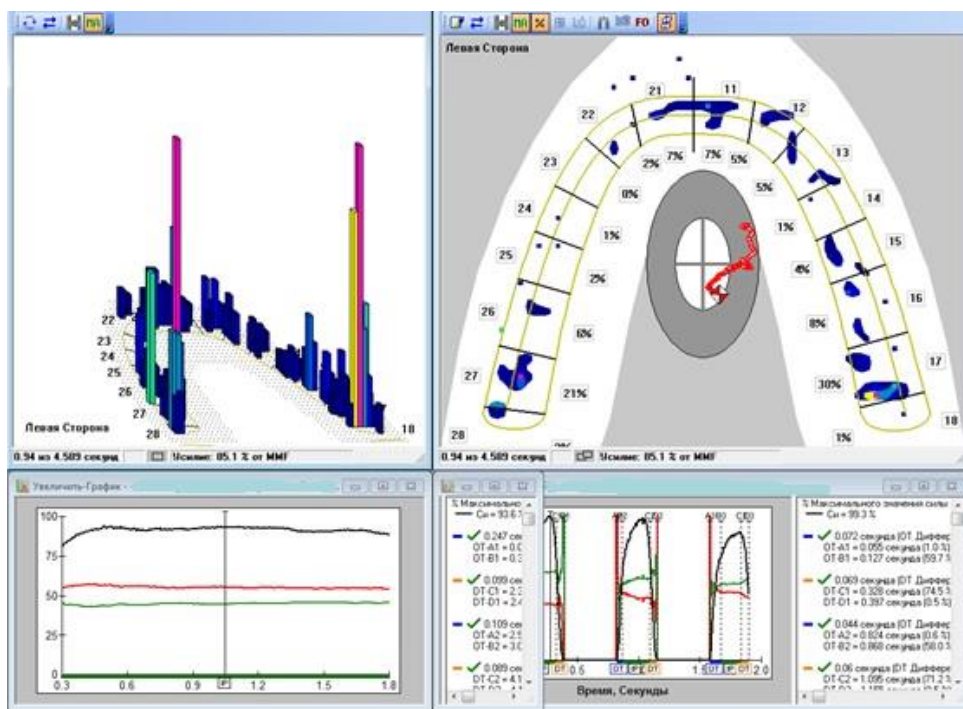


Рисунок 21 - Программное обеспечение аппарата T-Scan III (Tekscan, США)

Исследование начинали с заполнения карты пациента, которая предполагала внесение информации обо всех зубах и ортопедических конструкциях. При необходимости имелась возможность внесения размеров каждого зуба, в качестве

альтернативы, программа вносила их усредненные значения основываясь на ширине центрального резца.

В связи с возможностью получения ложноположительных результатов у пациентов с дезокклюзией из-за замыкания контактов датчика при замятии, протокол исследования был изменен. До начала исследования вносили данные о наличии таких участков, по результатам стандартной окклюзиограммы с использованием восковой пластины толщиной 0,5 мм. Затем отмечали в программе участки с дезокклюзией, после чего проводили исследования.

На первом этапе подбирали позиционер из двух представленных размеров, таким образом, чтобы он не мешал естественному смыканию зубов. Устанавливали датчик и просили пациента сомкнуть зубы в естественном положении (Рисунок 22). Проводили калибровку чувствительности датчика до получения 1-2 контактов в красной зоне. Затем, просили пациента 3-4 раза сомкнуть зубы в привычном прикусе.

После записи окклюзии в привычном смыкании проводилась запись в передней окклюзии, правой и левой латеротрузиях.



Рисунок 22 - Наложение датчика аппарата T-Scan III (Tekscan, США)

После проведения дополнительных функциональных методов исследования, было сформирована группа из 53 пациентов, имеющих сколы керамической облицовки на 56 единицах металлокерамических конструкций и не имеющих дисфункций ВНЧС, парафункций жевательных мышц и нарушений окклюзии. Этим пациентам производили снятие металлокерамических коронок путем их разрезания бором CARBIDE (TBC) FG GW II GOLD (SS White, США) со стороны поверхности, не имеющей нарушений целостности керамической облицовки, и снимали коронки. После снятия конструкции помещали в 3,25% раствор гипохлорита натрия на 15 мин для удаления органического компонента зубного налета на поверхности. На этом этапе из эксперимента были исключены ещё 9 пациентов, металлический каркас металлокерамических коронок у которых имел толщину менее 0,3 мм, а также имеющих не рациональный дизайн препарирования культи (не позволяющий изготовить коронку с равномерной толщиной слоёв металла и керамики).

Поверхность металлических каркасов металлокерамических конструкций, снятых у оставшихся 44 пациентов, была исследована при помощи электронной микроскопии. Всего было исследовано 48 единиц металлокерамических конструкций, имеющих сколы керамической облицовки, среди которых были одиночные коронки на естественных зубах, одиночные коронки с опорой на имплантаты и части мостовидных протезов с опорой на естественных зубах. Всем пациентам проводилось повторное протезирование: 29 пациентам были изготовлены металлокерамические конструкции, 15 пациентов предпочли безметалловые реставрации. Все конструкции выполняли с загипсовкой рабочих моделей в артикулятор для точного контроля окклюзионных взаимоотношений. После фиксации конструкций коррекцию окклюзионных взаимоотношений проводили под контролем компьютерной окклюзиографии. Диспансерное наблюдение данных пациентов более двух лет с проведением клинических осмотров и профессиональной гигиены каждые 6 месяцев, показало стабильные результаты.

2.8. Статистическая обработка полученных данных

При определении объема выборочной совокупности при проведении исследований учтены следующие факторы:

- мощность – шанс обнаружения заданного эффекта, если он существует, как статистически значимого. Нами выбрана мощность исследования 80%;

- уровень значимости, α – граничный уровень, ниже которого отбрасывают нулевую гипотезу, т.е. это максимальная вероятность некорректного заключения, что эффект – есть. За уровень статистической значимости нами принято p меньше 0,05;

- вариабельность наблюдений – например, стандартное отклонение, если есть анализировалась количественная переменная с нормальным распределением;

- стандартизованная разность – разность в средних или пропорциях.

Для оценки минимального объема выборочной совокупности при сравнении двух частот использована следующая методика по формуле 2.4:

$$n=[A+B]^2*[(p_1*(1-p_1)+(p_2*(1-p_2)))]/[p_1-p_2]^2, \quad (2.4)$$

где - n - размер выборки для каждой группы;

p_1 - первая частота;

p_2 - вторая частота;

p_1-p_2 – фактическая разность;

A - зависит от уровня значимости, для t -критерия при сравнении независимых выборок при уровне значимости 0,05 – 1,96;

B – мощность не менее 0,8 (80%).

Формула 2.5 для расчета размера выборки при сравнении двух средних:

$$n=[A+B]^2*2*SD^2/DIFF^2, \quad (2.5)$$

где - n - размер выборки для каждой группы;

σ - стандартное отклонения для основной переменной исхода;

$DIFF$ – разность двух средних;

A - зависит от уровня значимости, для t -критерия при сравнении независимых выборок при уровне значимости 0,05 – 1,96;

B – мощность не менее 0,8 (80%).

Для определения минимального размера выборочной совокупности использовалась trial версия статистического пакета Statistica. Установлено, что требуемый объем выборки для оценки статистической значимости различий при оценке частоты сколов составил 167 наблюдений в каждой выборке (Рисунок 23).

Расшифровка условных обозначений:

1 – частота сколов при традиционной (0,07 или 7%) и плазменно-электролитной (0,01 или 1%) методиках;

2 – уровень статистической значимости на уровне 0,05 или 5% (р-уровень);

3 – требуемая мощность исследования (нами принят уровень 80% или 0,8);

4 – требуемый объем выборки.

Статистическую обработку результатов исследования осуществляли по стандартным формулам математической статистики с помощью пакета программ STATISTICA for Windows и Microsoft Excel 2010 для проведения корреляционного анализа. В тех случаях, когда исследуемые выборки принадлежали нормальным распределениям использовали методы вариационной статистики и параметрические критерии. Из числовых характеристик выборок определялись среднее арифметическое (M), стандартное отклонение (τ). Непараметрические показатели результатов измерений были оценены и представлены медианой (Me) и интерквартильным размахом 25-75 ($Q1-Q2$).

Оценка объема выборки (Таблица данных1)	
Две пропорции, Z-критерий H0: $Pi1 = Pi2$	
	Значение
Пропорция совокупности $Pi1$	0,0700
Пропорция совокупности $Pi2$	0,0100
Ошибка 1 рода (Alpha)	0,0500
Требуемая мощность (P)	0,8000
P (Нет корр. на непрерывность)	0,8018
Объем выборки N1	167,0000
Объем выборки N2	167,0000

Рисунок 23 - Расчет объема выборки в trial версии статистического пакета Statistica при частотном анализе

Требуемый объем выборки для профилометрического исследования составил 14 единиц наблюдения (Рисунок 24).

Оценка объема выборки	
Два средних, t-критерий, независимые выборки H0: $\mu1 = \mu2$	
	Значение
Среднее совокупности $\mu1$	1,6900
Среднее совокупности $\mu2$	1,3800
SD совокупности (Sigma)	0,3000
Стандартизованный эффект (E_s)	1,0333
Ошибка 1 рода (Alpha)	0,0500
Критическое значение t	2,0086
Требуемая мощность (P)	0,8000
Наблюдаемая мощность для требуемого N	0,8548
Требуемое N (по группам)	14,0000

Рисунок 24 - Расчет объема выборки в trial версии статистического пакета Statistica при анализе средних

Результаты измерений напряжений адгезии по группам проводились в следующем порядке: проверка на нормальность полученного распределения, с фильтрацией по критерию 3σ ; построение доверительного интервала с доверительной вероятностью 95% ($p < 0,05$).

При сравнении результатов между группами использовался парный t-критерий Стьюдента ($p < 0,05$). Для оценки всех групп строилась матрица парных различий.

Для построения интерполяции между параметрами шероховатости и напряжения адгезии использовался метод наименьший квадратов.

Статистическая обработка анкет социологического опроса, в частности ошибки показателя рассчитывалась по формуле 2.6:

$$m = \pm \sqrt{\frac{p*(100-p)}{n}}, \quad (2.6)$$

где - m – ошибка репрезентативности относительного показателя;

p – относительный показатель, выраженный в %;

n – число наблюдений, объем выборочной совокупности.

Статистический анализ результатов морфологического, спектрального анализа, а также профилометрического исследования проводили с помощью ПП MatLab. Результаты приводятся в формате среднее \pm половина доверительного интервала ($p < 0,05$). Непараметрические показатели результатов измерений были оценены и представлены медианой (Me) и интерквартильным размахом 25-75 ($Q1-Q2$). Распределение полученных величин проверялись на нормальность критерием Стьюдента. Для сравнения групп использовали t-критерий Стьюдента, пороговый уровень статистической значимости принимался при значении критерия $p < 0,05$. Аппроксимация данных проводилась на основе метода наименьших квадратов.

Для статистической обработки результатов испытаний на жевательном стенде с целью описания статистической совокупности, выявления статистически значимых различий между группами, необходимо определить вид распределения признака.

Для определения нормальности распределения каждой переменной выборочной совокупности использовался критерий Шапиро-Уилка (W). Если W статистика критерия Шапиро-Уилка значима, то гипотеза о нормальном

распределении значений переменной отвергается. Т.е., если $p \leq 0,05$, то переменная имеет распределение отличное от нормального.

Для описания выборочного распределения количественных признаков, которые отличаются от нормального, рекомендуется указывать медиану (Me), нижний (25%) и верхний (75%) квартили (Q_1 и Q_3) в формате Me [$Q_1; Q_3$].

ГЛАВА 3

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Результаты социологического опроса врачей-стоматологов-ортопедов, зубных техников и пациентов

С целью изучения частоты применения металлокерамических зубных протезов в клинической работе и выявления возможных причин сколов керамической облицовки, нами был проведен социологический опрос врачей-стоматологов-ортопедов, зубных техников и пациентов, которым проводилось ортопедическое лечение с использованием металлокерамических конструкций.

В анкетировании врачей-стоматологов-ортопедов приняло участие 218 респондентов, ответивших на первый вопрос анкеты. Среди них $64,0 \pm 2,4\%$ часто применяли в своей клинической практике металлокерамические конструкции, $28,0 \pm 2,2\%$ - не часто. Из опрошенных врачей-стоматологов-ортопедов $8,0 \pm 1,3\%$ (17 человек) не применяли металлокерамические конструкции при лечении своих пациентов (Рисунок 25), соответственно, в анализе ответов на остальные вопросы учитывалось мнение только 201 врача, стаж работы респондентов варьировал до 5 лет ($37,9 \pm 2,4\%$), 5 – 10 лет ($16,6 \pm 1,9\%$), более 10 лет – $45,5 \pm 2,5\%$.

Среди опрошенных преобладали врачи мужского пола ($75,1 \pm 2,2\%$). При оценке осложнений при использовании металлокерамических протезов отмечена их встречаемость в $47,7 \pm 2,5\%$ случаев. Причем наибольшее распространение в общей структуре осложнений занимают сколы керамического слоя ортопедической конструкции (Рисунок 26), которые локализовались на вестибулярной $22,6 \pm 2,1\%$, язычной (небной) $12,1 \pm 1,6\%$ и окклюзионных поверхностях $37,5 \pm 2,3\%$. В $27,8 \pm 2,2\%$ случаев респондентами был добавлен ответ «везде», «на всех поверхностях».

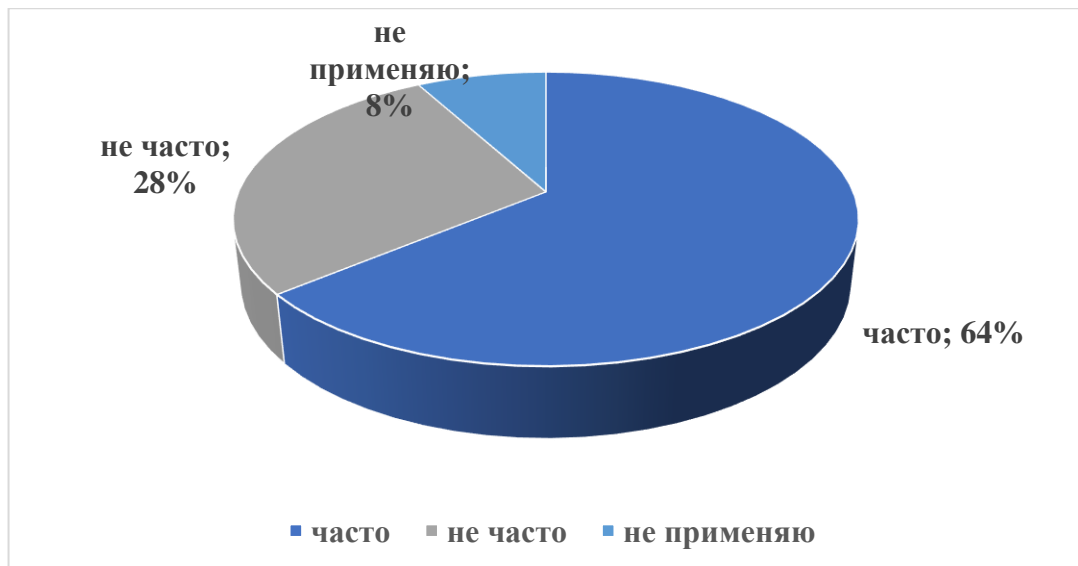


Рисунок 25 - Частота использования металлокерамических конструкций врачами-стоматологами-ортопедом

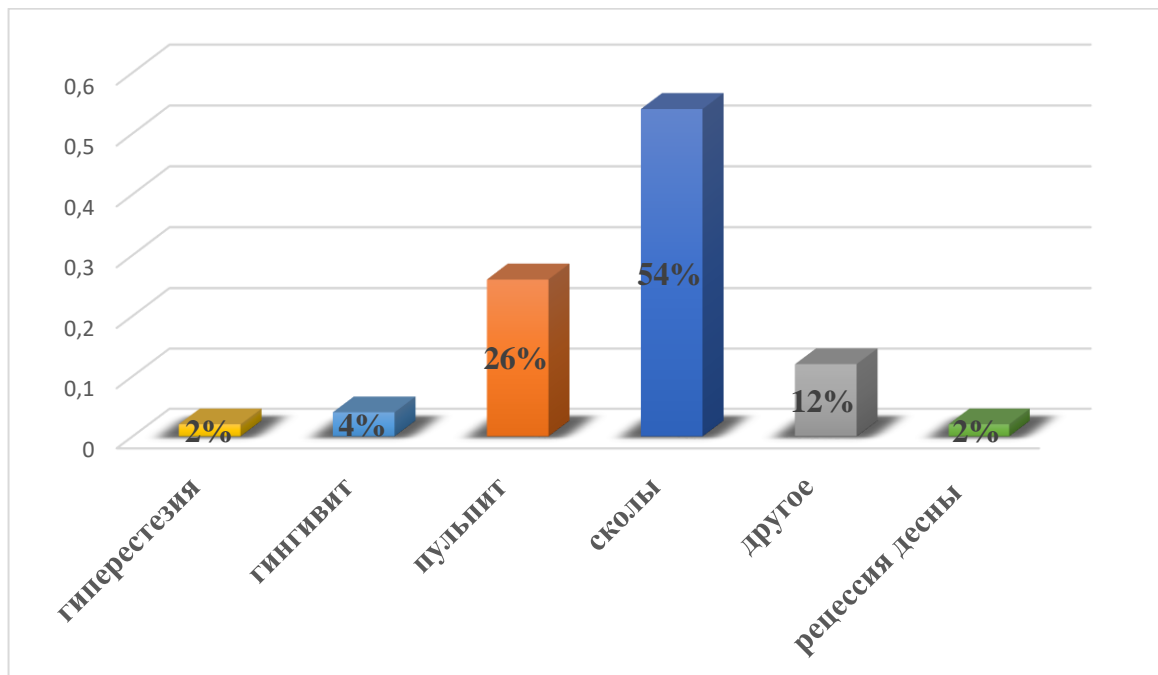


Рисунок 26 - Структура осложнений, встречаемых, опрошенных врачей-стоматологов-ортопедов при работе с металлокерамическими конструкциями

В тоже время $62,0 \pm 2,4\%$ врачей считали, что вероятность возникновения сколов керамического покрытия не зависят от вида зубопротезной конструкции. Частоту встречаемости сколов на одиночных коронках отметили $4,0 \pm 0,2\%$ врачей, - на мостовидных протезах - $19,0 \pm 1,9\%$, а $15,0 \pm 1,8\%$ диагностировали сколы на

коронках с опорой на дентальные имплантаты (Рисунок 27). Всего $24,2 \pm 2,1\%$ врачей применяют металлокерамические конструкции при завышении прикуса, а $53,0 \pm 2,5\%$ - лишь иногда.

На втором по частоте встречаемости осложнений врачи-стоматологи-ортопеды отметили возникновение пульпитов, так почти каждый четвертый зуб после препарирования подвергался эндодонтическому вмешательству. Это обстоятельство свидетельствует, что врачи-стоматологи-ортопеды пренебрегают принципам щадящего препарирования, что в последующем приводит к такого рода осложнениям.

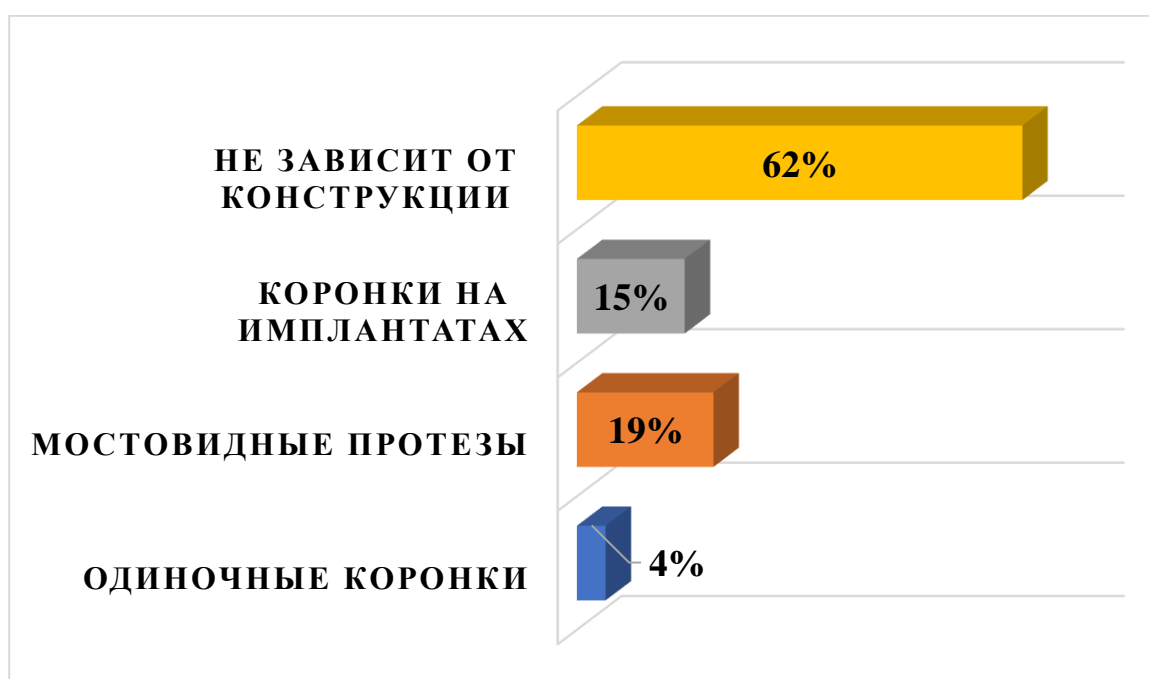


Рисунок 27 - Варианты ответа врачей стоматологов-ортопедов на вопрос: «На каких конструкциях сколы керамического покрытия встречаются чаще»

Изучая показания, которым руководствовались врачи-стоматологи-ортопеды при выборе металлокерамических конструкций в качестве способа лечения заболеваний твердых тканей зубов, выявлено, что при бруксизме, в большинстве случаев ($56,0 \pm 2,5\%$) металлокерамические протезы не применяют, а $30,0 \pm 2,3\%$ респондентов иногда выбирают данную конструкцию. Пришлифовку

суперконтактов при припасовке металлокерамических протезов применяют $14,42 \pm 1,7\%$ респондентов, в то же время по показаниям иногда данную методику используют $28,8 \pm 2,2\%$ и совсем не применяют в своей практике $56,78 \pm 2,4\%$. Также установлено, что врачи-стоматологи-ортопеды используют разную глубину препарирования для изготовления металлокерамических ортопедических конструкций: обработку твердых тканей зубов до 1мм проводят $23,1 \pm 2,1\%$ врачей, более одного и 1,5мм – $47,7 \pm 2,5\%$ и $29,2 \pm 2,3\%$ соответственно.

Согласно данным клинических рекомендаций (протоколов лечения), доступной медицинской литературы при препарировании для металлокерамических конструкций должна быть создана форма культи с учетом толщины будущей коронки, ее соотношения с зубами антагонистами, при этом форма культи должна повторять форму клинической коронки зуба и должен сохраняться плавный переход искусственной коронки на ткани зуба. Один из вопросов анкеты был посвящен формам уступов, формируемых врачами-стоматологами-ортопедами при препарировании зуба под металлокерамический протез, результаты опроса представлены на рисунке 28.

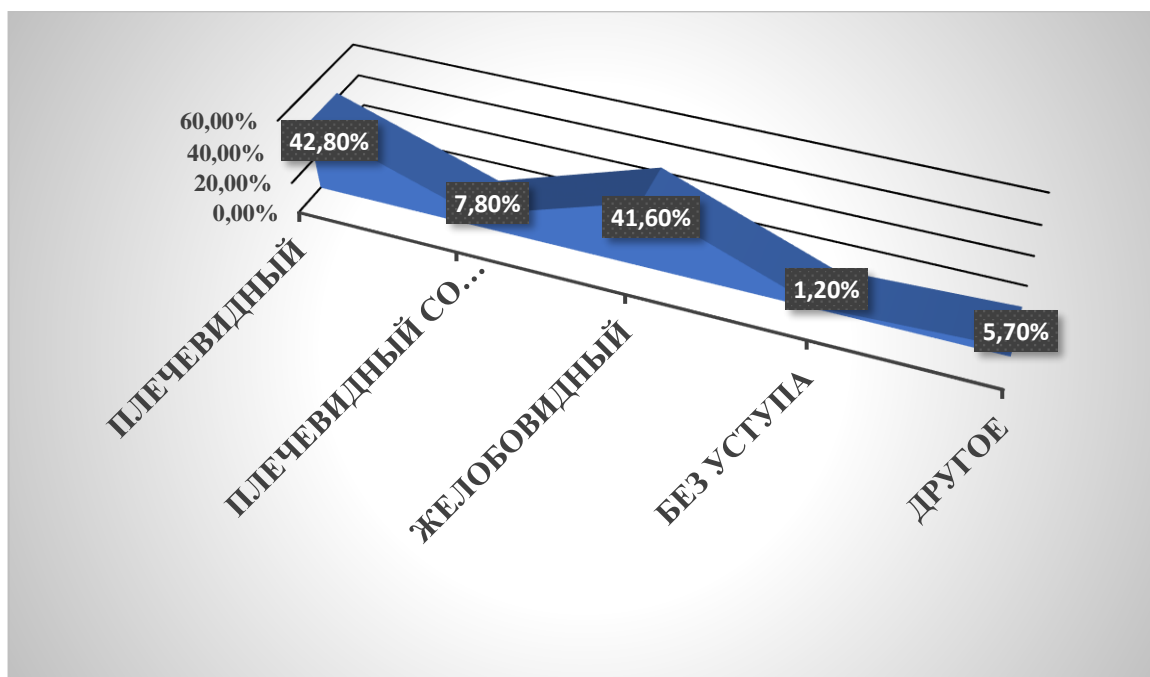


Рисунок 28 - Разновидность форм уступов, применяемых врачами-стоматологами-ортопедами при препарировании зуба под металлокерамический протез

Изучая результаты анкетирования врачей-стоматологов-ортопедов по вопросам, касающимся алгоритма проведения клинических этапов протезирования при выборе металлокерамического протеза, установлено, что на этапе снятия оттисков большинство ($62,5 \pm 2,4\%$) практикующих врачей отдают предпочтение А-силикону, в меньшей степени – С-силикону ($30,0 \pm 2,3\%$). Цифровое сканирование зубных рядов проводят $7,2 \pm 0,4\%$ опрошенных. Нарушение по снятию оттисков альгинатными массами, для изготовления металлокерамических конструкций никто не отмечает.

В $98,0 \pm 0,7\%$ случаев врачи оценивают толщину будущего керамического слоя на этапе припасовки металлического каркаса.

Установлено, что в большинстве случаев ($86,0 \pm 1,7\%$) врачами-стоматологами-ортопедами оценивается качество керамического покрытия на готовой металлокерамической конструкции. При ответе на вопрос: «какие профилактические меры вы предпринимаете для профилактики скола керамического слоя протеза?», большинство ($68,1 \pm 2,3\%$) респондентов ответили, что создают множественный контакт.

При опросе респондентов, по частоте расцементировки металлических протезов, большинство из них ($68,1 \pm 4,2\%$) указывает на отсутствие данного осложнения.

По соблюдению алгоритма изготовления металлокерамических конструкций и уверенности в рациональной работе зубного техника положительно ответили $61,8 \pm 2,4\%$ врачей.

Вторая анкета была разработана для зубных техников, в опросе приняли участие 157 человек.

При отрицательном ответе на первый вопрос «Изготавливаете ли вы металлокерамические конструкции?», предполагалось выбрать ответ «потому что занимаюсь только безметалловыми технологиями» (этот вариант выбрали $9,0 \pm 0,8\%$ зубных техников, не изготавливающих металлокерамические конструкции) и ответ «потому что занимаюсь только съёмным и временным протезированием» выбран в $23,0 \pm 1,2\%$ - соответственно. Эти 32% респондентов не

продолжали отвечать на следующие вопросы анкеты (то есть были исключены из анализа).

144 зубных техника приняли участие в полном анкетировании. Стаж работы большинства в практическом здравоохранении составил более 10 лет ($73,3 \pm 2,2\%$ соответственно). В зависимости от гендерного признака среди опрошенных преобладали техники мужского пола ($68,0 \pm 2,3\%$). На вопрос: «Часто ли вам приходится переделывать металлокерамические протезы из-за сколов керамики?», утвердительный ответ установлен в меньшем проценте случаев ($2,2 \pm 0,7\%$), не переделывают зубной протез $57,8 \pm 2,5\%$ опрошенных, и, ответ «иногда» отмечен у $40,0 \pm 1,5\%$ опрошенных. При анкетировании зубных техников по вопросам качества используемого оттиска, их мнения разделились (Рисунок 29).

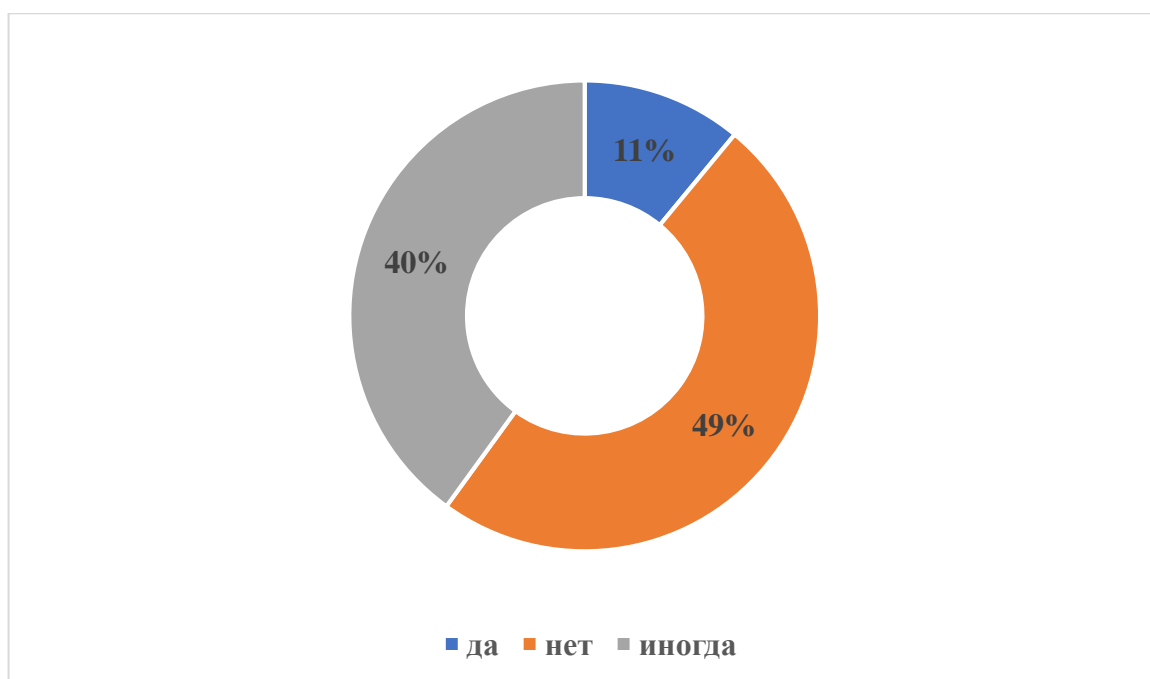


Рисунок 29 - Варианты ответов зубных техников на вопрос: «Принимаете ли вы некачественные оттиски?»

Анализируя полученные данные в отношении лабораторных этапов изготовления металлокерамических конструкций, абсолютное большинство зубных техников ($90,9 \pm 1,4\%$) проверяют качество металлического каркаса после отливки. При нанесении керамики в лаборатории $73,6 \pm 2,2\%$ респондентов

используют артикулятор, $26,4 \pm 1,2\%$ - окклюдатор. При пескоструйной обработке зубными техниками используется разный размер частиц, однако, $11,2 \pm 0,8\%$ опрошенных указали отсутствие знаний в данном вопросе (Рисунок 30).

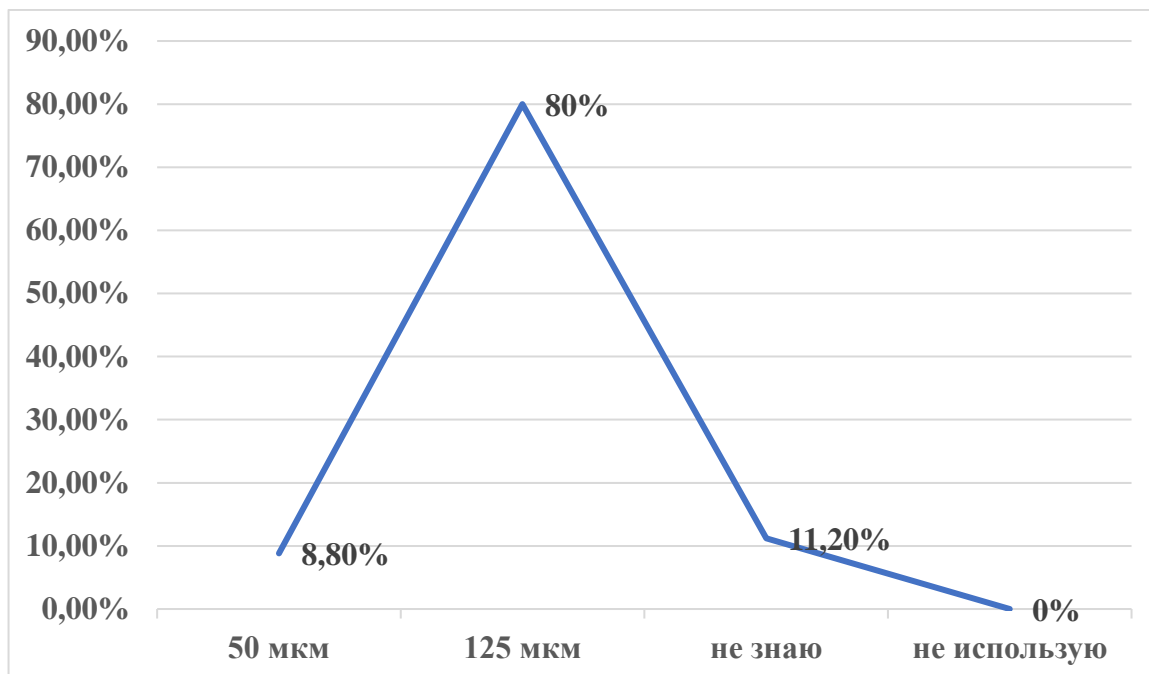


Рисунок 30 - Ответ зубных техников на вопрос: «Каким размером частиц песка Вы пользуетесь при пескоструйной обработке?»

При опросе зубных техников по соблюдению технологии при изготовлении металлокерамических ортопедических конструкций, абсолютное большинство ($97,8 \pm 2,9\%$) не допускают нарушения данного алгоритма.

Мнение зубных техников о причине возникновения сколов керамической облицовки при изготовлении стоматологической ортопедической конструкции, представлено на рисунке 31.

Согласно полученным данным абсолютное большинство зубных техников — $60,0 \pm 2,5\%$ уверены, что причиной скола керамической облицовки является качество сплава. $27,30 \pm 1,2\%$ считают, что сколы происходят по вине самих пациентов из-за несоблюдения рекомендаций врачей. Некачественная работа врачей-стоматологов-ортопедов, в частности неправильная подготовка,

нерациональный выбор конструкции по мнению $9,1\pm 0,8\%$ зубных техников также являются причиной сколов керамической облицовки и последующей переделки в лабораторных условиях.



Рисунок 31 - Мнение зубных техников о причине возникновения скола керамической облицовки при изготовлении металлокерамической ортопедической конструкции

Так же в рамках исследования проанкетирован 141 пациент, в том числе мужского ($27,7\pm 2,0\%$) и женского ($72,3\pm 2,6\%$) пола; в возрасте, в среднем, от 20 до 60 лет: до 25 лет – $8,0\pm 0,9\%$, до 30 лет – $12,8\pm 1,4\%$, до 40 лет – $40,4\pm 2,5\%$, более 50 лет – $38,8\pm 2,4\%$. Большинство ($47,8\pm 2,5\%$) опрошенных пациентов являлись рабочими, у $68,1\pm 2,3\%$ респондентов было высшее образование.

При опросе пациентов установлено, что металлокерамический протез, как способ ортопедического лечения, по рекомендации врача выбирают $55,5\pm 2,5\%$ респондентов, остальные руководствуются советами знакомых и собственным решением ($10,6\pm 1,5\%$ и $31,0\pm 2,3\%$ соответственно). Мнения пациентов при ответе на вопрос: «Отдадите ли Вы предпочтение протезированию металлокерамическими протезами в следующий раз?», разделились следующим

образом: $68,1 \pm 2,3\%$ ответили «да», ответы «нет» и «не знаю» отмечены в $14,9 \pm 1,8\%$ и $17,0 \pm 1,9\%$ случаев, соответственно. Многие пациенты ($85,1 \pm 1,8\%$) после протезирования металлокерамическими зубными протезами отмечают значительное улучшение качества жевания и эстетического вида, изменение отсутствовали лишь у $6,4 \pm 0,8\%$ опрошенных. При этом, комфортность пользования металлокерамическими протезами подчеркнули $78,7 \pm 2,0\%$ пациента. Большинство пациентов ($72,7 \pm 2,0\%$) длительно пользуясь данным видом конструкции, будут рекомендовать ее свои знакомым, $8,5 \pm 0,9\%$ отказались от данной рекомендации. Длительность пользования зубными протезами из металлокерамики представлена на рисунке 32.

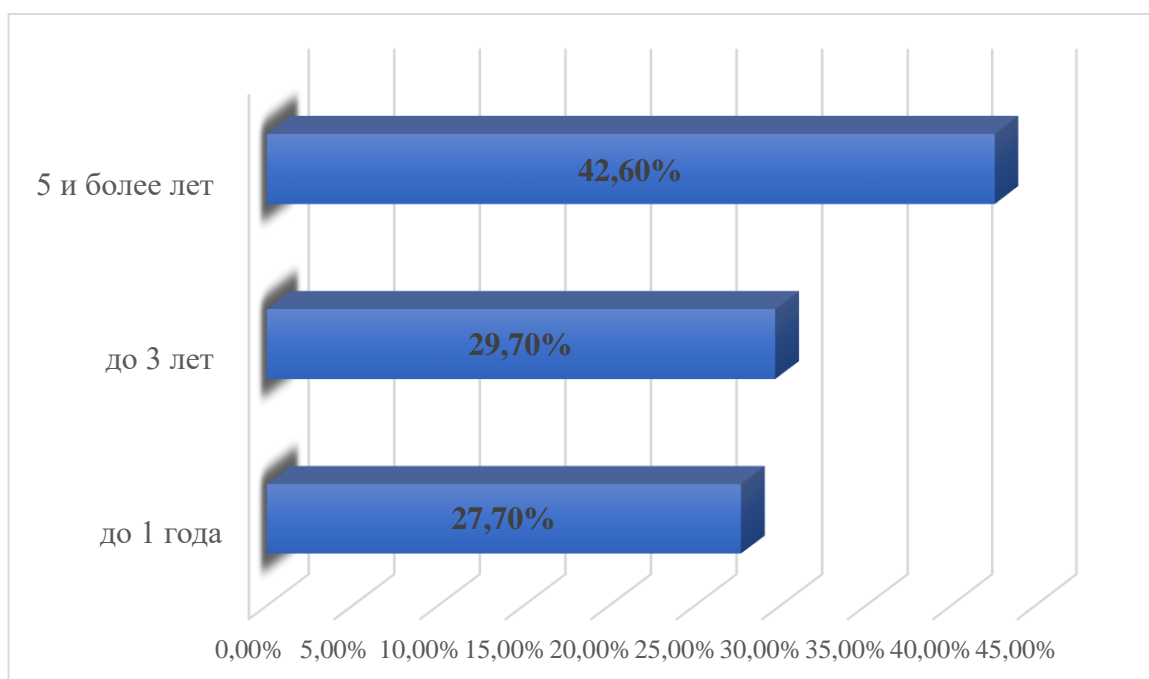


Рисунок 32 - Длительность использования металлокерамических конструкций пациентами

В то же время, в $68,1 \pm 2,3\%$ случаев пациентами не отмечено появление шероховатостей, сколов или острых краев после протезирования металлокерамическими протезами; рекомендации врача после протезирования соблюдали $78,7 \pm 2,6\%$ опрошенных пациентов. При пользовании металлокерамическими протезами, пациенты при опросе указывали, что $21,3 \pm 2,0\%$

и $29,8 \pm 2,3\%$ из них постоянно или иногда употребляют газированные\кислые напитки. Однако на вопрос о воздействии травматического фактора перед появлением скола керамического покрытия, утвердительно ответили только $2,1 \pm 0,7\%$ пациентов, а $19,1 \pm 1,9\%$ указали в качестве ответа – «не помню».

Анализируя полученные данные анкетирования пациентов, установлено, что $61,7 \pm 2,4\%$ из них никогда не наблюдали за собой парафункциональных привычек, а именно, скрежет зубами по ночам, непроизвольное сжатие зубов.

Таким образом, рамках исследования изучены ответы 486 респондентов. Большинство врачей-стоматологов-ортопедов ($61,8 \pm 2,4\%$) при протезировании металлокерамическими конструкциями соблюдают алгоритмы клинических подходов, предпочитая командную работу с зубными техниками, выдерживающими требования технологического процесса.

Всего $78,7 \pm 2,6\%$ пациентов следуют рекомендациям докторов. Однако, по анкетным данным $54,0 \pm 2,3\%$ осложнений протезирования металлокерамическими конструкциями приходится на сколы керамической облицовки. А $60,0 \pm 2,5\%$ зубных техников причину возникновения сколов связывают с качеством сплава, т.е. с металлическим каркасом. Поэтому наши дальнейшие исследования были посвящены изучению металлической поверхности каркасов в технологическом процессе.

3.2. Результаты исследования морфологии поверхности металлического сплава при различных методах обработки на сканирующем электронном микроскопе

Основной проблемой при изготовлении металлокерамических зубных протезов является проблема плохой адгезии керамического покрытия к металлическому каркасу [116, 118,124].

Увеличение адгезии материалов сможет в значительной мере увеличить срок службы зубных протезов, уменьшит затраты, что в свою очередь повысит качество жизни пациентов.

Одним из критериев хорошей адгезии является отсутствие примесей на двух сопоставляемых поверхностях. Если в отношении керамического покрытия этот вопрос находится на высокой стадии решения и зубному технику необходимо лишь соблюдать технологию нанесения массы на металлический каркас исключив попадание примесей из окружающего воздуха зуботехнической лаборатории, то в отношении предварительной подготовки самого металлического каркаса возникает ряд вопросов, которые требуют более глубокого изучения [117, 122].

В частности, это касается использования технологии пескоструйной обработки каркаса на этапах очистки от формовочной массы после литья, предварительного механического шлифования фрезами и финишной обработки абразивом с размером 50 мкм, 90 мкм и 125 мкм. К сожалению, последний этап не исключает возможности внедрения абразива в металлический каркас, который в последующем может оказаться причиной плохой локальной адгезии и вызвать скол керамической облицовки.

Нами проведена сравнительная оценка морфологии поверхности для различных методов обработки (методом СЭМ при разных увеличениях (x100 – x200000)). На рисунке 33 представлено изображение поверхности после полировки при 2000x и 3000x кратном увеличении. Обнаруживаются неровности в виде канавок, сформированных абразивом полирующего инструмента. На изображениях отчетливо видны полосы от полировки.

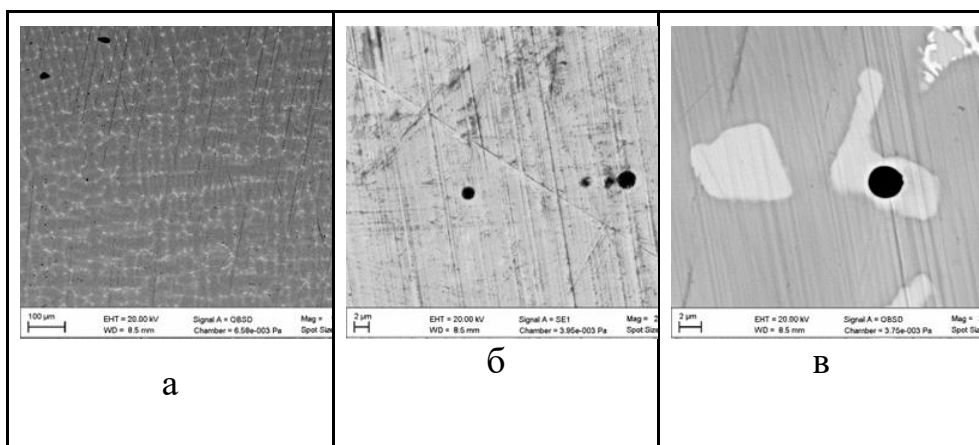


Рисунок 33 - Изображение СЭМ при разных увеличениях образца с полированной поверхностью

Спектральный анализ подтверждает элементный состав сплава, указанного производителем (Рисунок 34).

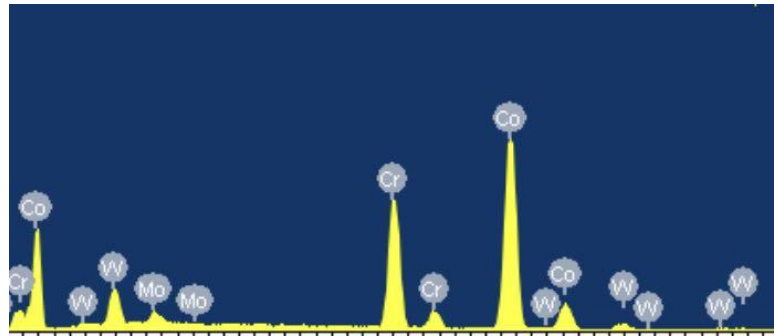


Рисунок 34 - Спектральный анализ поверхности металлического каркаса после полировки

На рисунке 35 представлено изображение поверхности после обработки фрезой. Различные увеличения демонстрируют отсутствие инородных включений на поверхности, а также на всех увеличениях наблюдаются канавки получаемые от вращения фрезы.

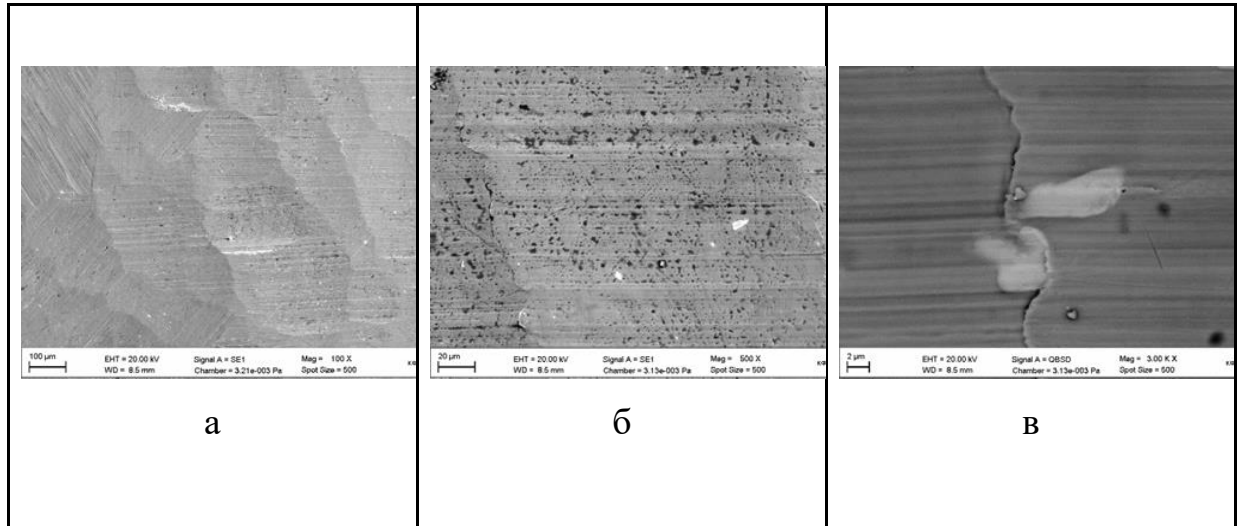


Рисунок 35 - СЭМ изображения поверхности металлического каркаса, обработанного фрезой

На рисунке 35 в можно наблюдать гребень металла, получаемый в результате смазывания поверхностного слоя обрабатывающим инструментом. Основными элементами образца являются CoCr, как и в образце с полированной поверхностью.

На рисунке 36 представлены изображения поверхности после пескоструйной обработки с использованием песка дисперсностью 50 мкм, на которых можно различить остатки частичек песка размером 100-200 нм, местами размером до 2-3 мкм, вдавленных в металлическую основу. Морфология поверхности имеет множество острых выступающих неровностей, сформированных в результате скольжения частиц песка по металлической поверхности.

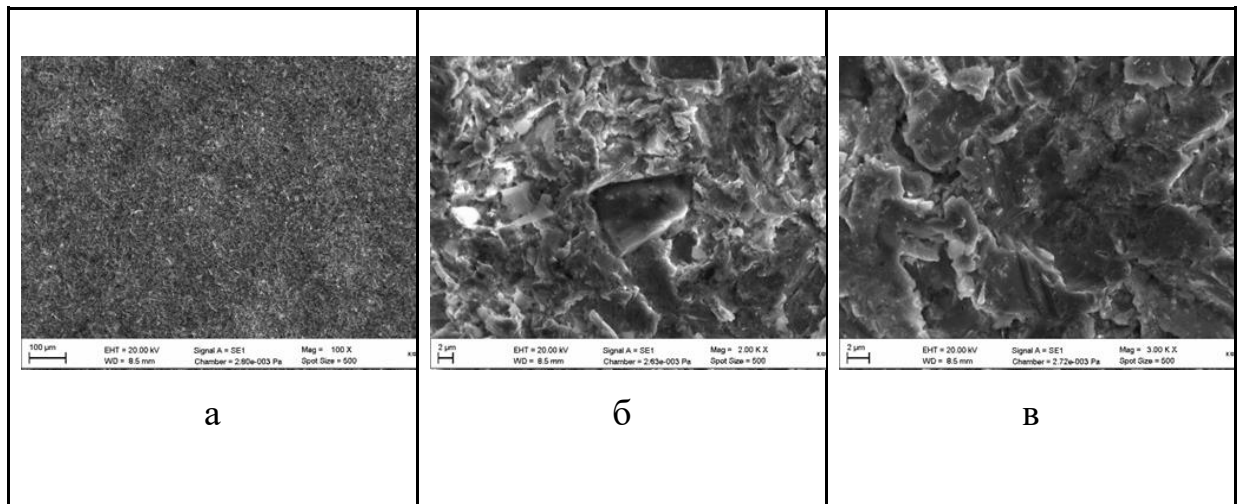


Рисунок 36 - СЭМ изображение поверхности металлического каркаса после пескоструйной обработки с размером частиц 50 мкм

На рисунке 37а представлен элементный состав, основными элементами матрицы являются CoCr и Al, что подтверждает наличие песка в структуре металла при обработке песком в 50 мкм.

На рисунке 38 изображены поверхности металла после пескоструйной обработки с использованием песка, дисперсностью 90 мкм. Морфология поверхности очень развитая, отмечаются включения частичек песка (Al_2O_3), как и в образцах с пескоструйной обработкой в 50 мкм (рисунок 36б).

Аналогичные включения песка можно отметить при обработке поверхности с размером частиц 125 мкм (Рисунок 39в), морфология поверхности этих образцов очень рельефно-развитая (Рисунок 39).

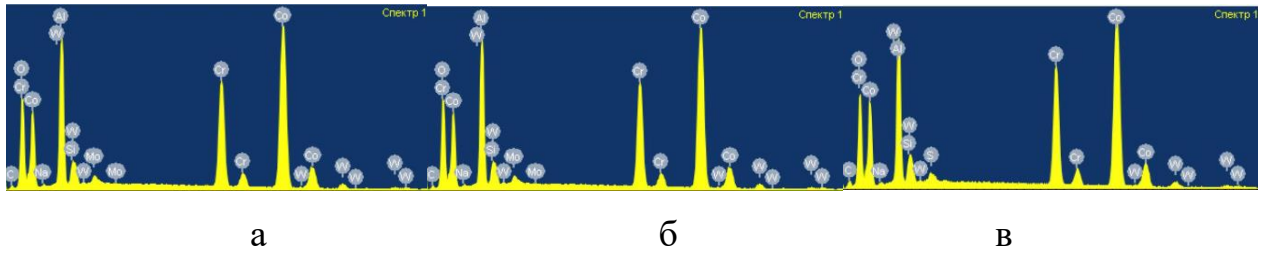


Рисунок 37 - Спектральный анализ поверхности металлического каркаса после пескоструйной обработки частицами а-50 мкм

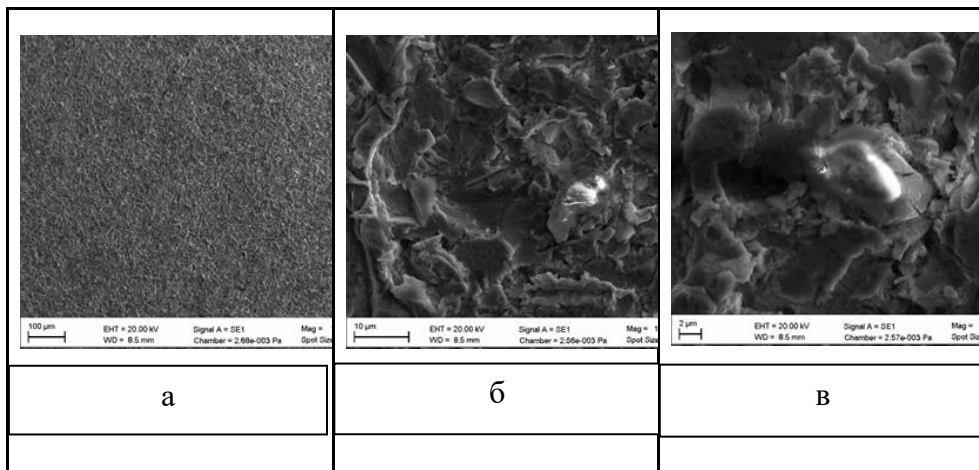


Рисунок 38 - СЭМ изображение поверхности металлического каркаса после пескоструйной обработки с размером частиц 90 мкм

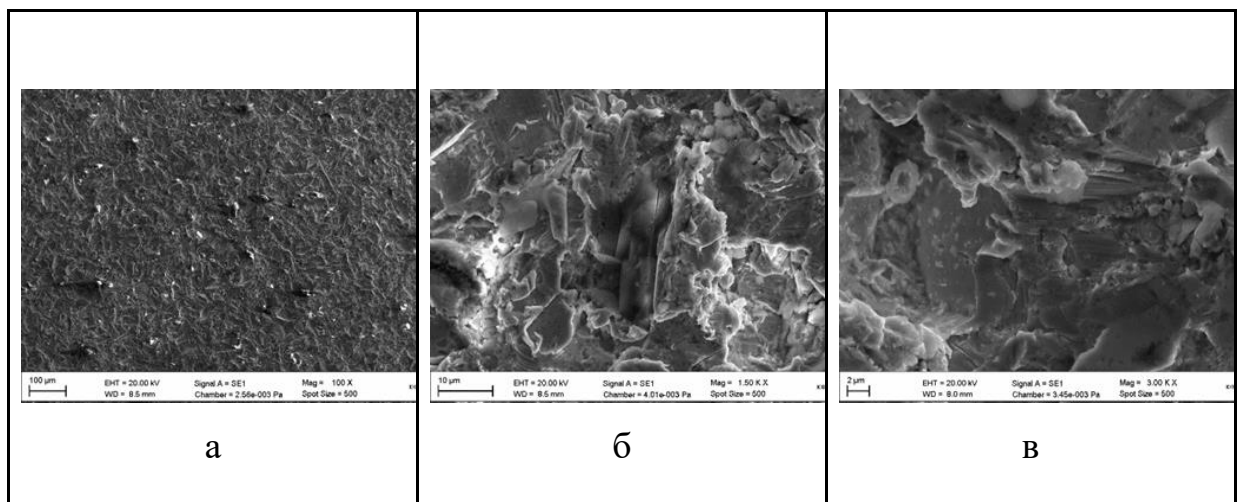
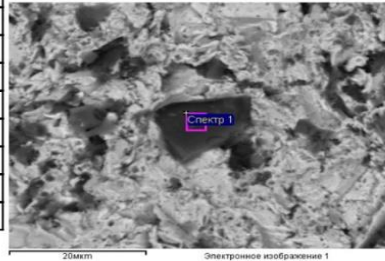


Рисунок 39 - СЭМ изображение поверхности металлического каркаса после пескоструйной обработки с размером частиц 125 мкм

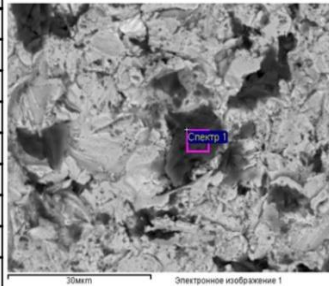
Элементные составы, определенные с указанных площадей со включениями при обработке песком 50 (Рисунок 40а), 90 (Рисунок 40б), 125 (Рисунок 40в) мкм указывают на наличие в структуре поверхности металлического каркаса оксида алюминия.

Элемент	Весовой %	Атомный%
О К	49.52	62.49
Na К	4.10	3.60
Al К	44.39	33.21
Cr К	0.59	0.23
Co К	1.40	0.48
Итоги	100.00	



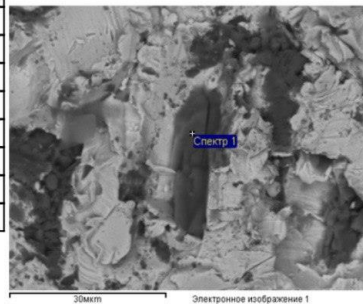
а

Элемент	Весовой %	Атомный%
О К	51.42	64.42
Na К	0.31	0.27
Al К	46.80	34.77
K К	0.12	0.06
Cr К	0.37	0.14
Co К	0.97	0.33
Итоги	100.00	



б

Элемент	Весовой %	Атомный%
О К	23.14	38.96
Na К	2.46	2.89
Al К	42.16	42.10
Cr К	21.50	11.14
Co К	10.74	4.91
Итоги	100.00	



в

Рисунок 40 - СЭМ изображения поверхности металла с указанием участков анализов по элементному составу после пескоструйной обработки с размером частиц: а - 50 мкм, б - 90 мкм, в - 125 мкм

Особый интерес представляет изучение образцов металлических поверхностей при обработке после литья с целью очищения от формовочной массы песком с размером частиц 250 мкм. Визуальная оценка СЭМ изображений показывает, что частицы абразива размером 250 мкм удаляют формовочную массу с поверхности металлического каркаса и при этом длительное их воздействие может привести к истончению толщины стенки каркаса (Рисунок 41).

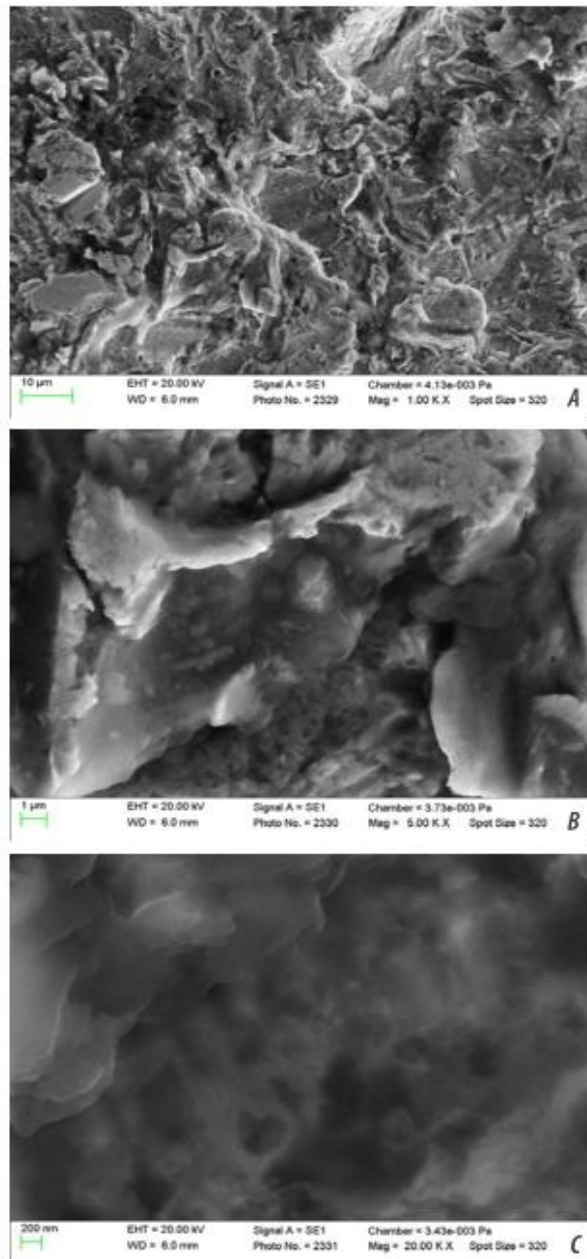


Рисунок 41 - СЭМ изображение при разных увеличениях поверхности металлического каркаса после пескоструйной обработки с диаметром частиц 250 мкм

При 1000х (Рисунок 41а) увеличении наблюдаются остатки песка размером до 3 мкм, при увеличении 5000х (Рисунок 41в) наблюдаются загрязнения размером 1 мкм, которые необходимо удалить при тщательной паровой очистке. После этапа паровой очистки при увеличении 20000х (Рисунок 41с) определяются частицы размером от 100 нм, структура сформированной поверхности с выраженными выступами и впадинами.

3.3 Результаты профилометрических исследований поверхности металлического сплава при различных методах обработки

Известно, что в основе взаимодействия керамического покрытия с металлической основой лежат два фактора: молекулярное и механическое взаимодействие [117]. Механическое взаимодействие обеспечивается за счет пескоструйной обработки и получения шероховатой поверхности. На серии профилограмм шкала абсцисс представлена в мм, по оси ординат – мкм. Красная линия показывает реальный профиль, полученный в результате сканирования поверхности зондом, а зеленая - полученная в результате нормирования поверхности и формирования средней линии для расчета параметров шероховатости.

По кривой профилограммы, рисунок 42а полированных образцов определяются, как и следовало ожидать, минимальные размеры шероховатости, создающие минимальную площадь соприкосновения с керамическим слоем ($Ra\ 0,514 \pm 0.061$, $Rq\ 0,596 \pm 0.079$) (Таблица 2).

При обработке фрезой показатели шероховатости чуть выше, чем у полированных образцов ($Ra\ 0,79 \pm 0,037$, $Rq\ 1,048 \pm 0,033$). Данный метод обработки эффективен с точки зрения предотвращения будущих концентраторов напряжения, однако удельная площадь поверхности в данном случае в среднем в три и более раз меньше, чем у образцов с пескоструйной обработкой при размере частиц 250 мкм. Это в свою очередь влияет на величину соединения и уменьшает сцепление керамики с металлическим каркасом.

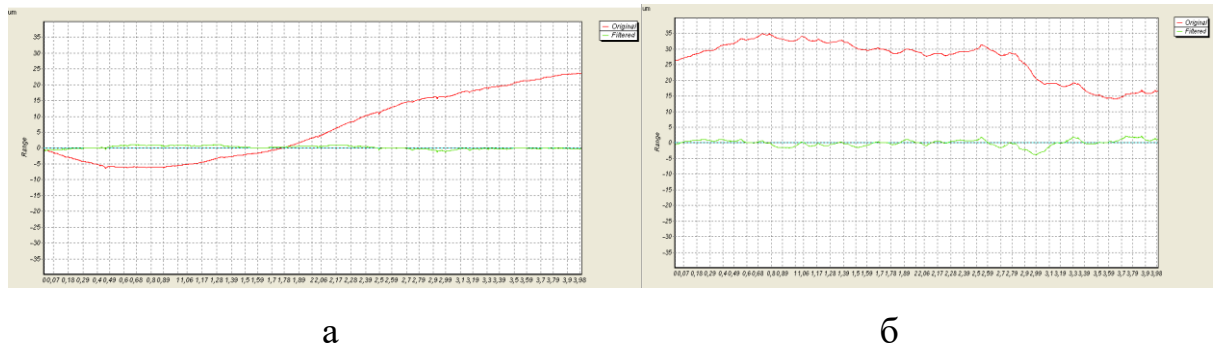


Рисунок 42 - Профилограмма поверхности полированного образца (а) и образца, обработанного фрезой (б)

По алгоритмам изготовления металлокерамических конструкций, формирование шероховатости перед нанесением керамического покрытия на металлический каркас производится пескоструйной обработкой металлического каркаса с размером частиц 50 мкм (Рисунок 43а), 90 мкм (Рисунок 43б) или 125 мкм (Рисунок 43в). Выбор размерных частиц абразива определяется зубным техником или руководителем зуботехнической лаборатории.

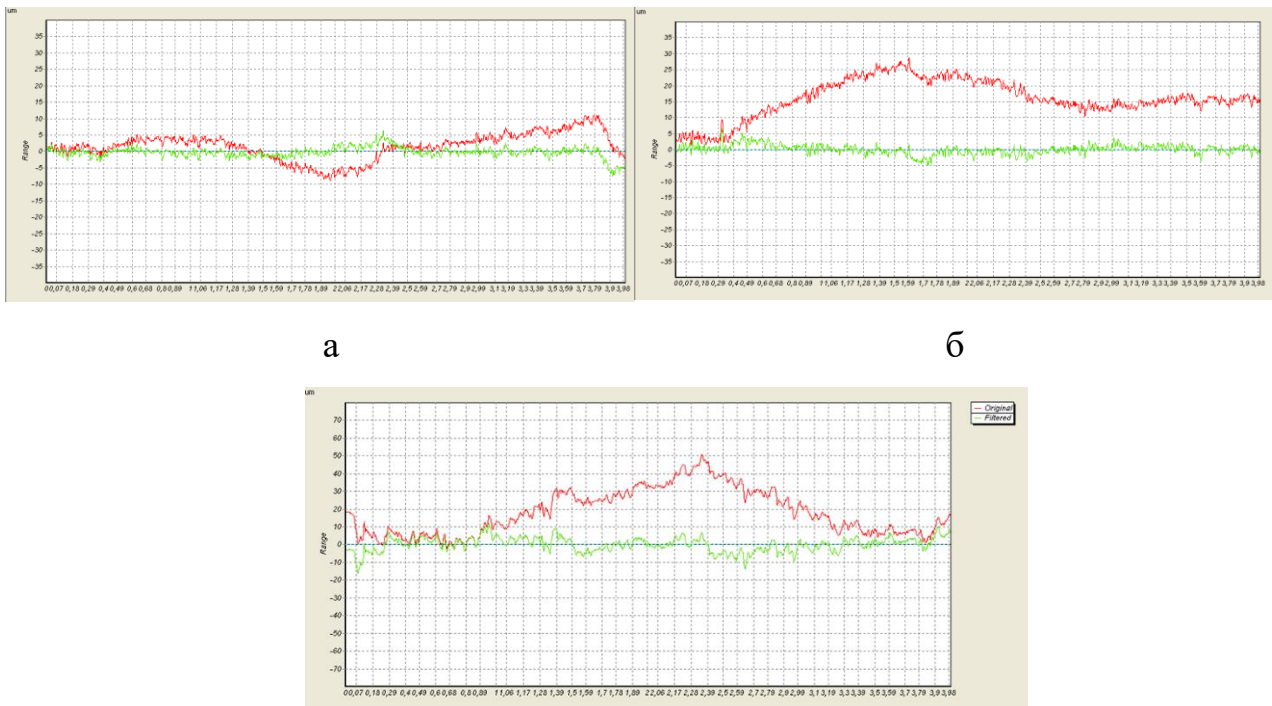


Рисунок 43 - Профилограмма поверхности образцов, обработанных песком с размером частиц 50 мкм – а, 90 мкм – б, 125 мкм – в.

Анализ профилограмм показывает отсутствие крупных выступов, которые могли бы явиться концентраторами напряжения и служить источником возникновения микротрещин на границе металл-керамика. Удельная площадь при обработке песком в 50 мкм в два раза больше поверхности, обработанной фрезой и в 1.5 раза меньше, чем при пескоструйной обработке песком с размером частиц 250 мкм. Чем больше частицы песка, тем выраженнее рельеф поверхности металла и тем больше площадь поверхности металла, контактируемая с керамикой. При обработке песком 250 мкм (Рисунок 44) глубина наибольшей впадины составила 18 мкм, а высота наибольшего выступа – 8 мкм. При данном виде обработки достигаются максимальные параметры шероховатости $R_a 3,291 \pm 0,439$ мкм, $R_q 4,069 \pm 0,962$ (Таблица 2).

Таблица 2 - Показатели профилометрии групп с различным методом обработки металлической поверхности

	R_a	R_y	R_m	R_q	S	R_z	R_p	S_m
Полировка	$0,514 \pm 0,061$	$1,588 \pm 0,15$	$0,75 \pm 0,124$	$0,596 \pm 0,079$	$0,186 \pm 0,004$	$0,375 \pm 0,036$	$0,658 \pm 0,038$	$0,700 \pm 0,034$
Фреза	$0,79 \pm 0,037$	$2,897 \pm 0,042$	$1,398 \pm 0,062$	$1,048 \pm 0,033$	$0,204 \pm 0,004$	$0,923 \pm 0,036$	$1,299 \pm 0,08$	$0,332 \pm 0,032$
Песок 50 мкм	$0,966 \pm 0,091$	$5,675 \pm 0,985$	$2,976 \pm 0,576$	$1,274 \pm 0,114$	$0,078 \pm 0,004$	$3,619 \pm 0,911$	$2,623 \pm 0,481$	$0,121 \pm 0,06$
Песок 90 мкм	$1,328 \pm 0,165$	$7,721 \pm 0,913$	$3,812 \pm 0,405$	$1,637 \pm 0,063$	$0,032 \pm 0,002$	$5,285 \pm 0,289$	$3,904 \pm 0,504$	$0,061 \pm 0,010$
Песок 125 мкм	$2,505 \pm 0,12$	$15,513 \pm 0,859$	$7,666 \pm 0,421$	$3,154 \pm 0,159$	$0,049 \pm 0,003$	$9,996 \pm 0,196$	$7,851 \pm 0,545$	$0,083 \pm 0,006$
Песок 250 мкм	$3,291 \pm 0,439$	$18,051 \pm 4,537$	$10,13 \pm 1,964$	$4,069 \pm 0,962$	$0,071 \pm 0,007$	$10,06 \pm 0,853$	$7,920 \pm 1,489$	$0,139 \pm 0,065$

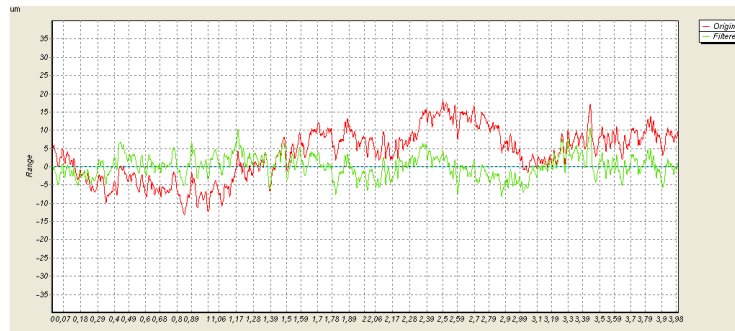


Рисунок 44 - Профилограмма поверхности образцов, обработанных песком с размером частиц 250 мкм

Таким образом, пескоструйная обработка отлитых образцов песком размером 250 мкм эффективно очищает поверхность от формовочной массы. Профилометрия показывает высокие параметры шероховатости, которые могут негативно сказываться на сцеплении керамической облицовки с каркасом.

Обработка металлической поверхности фрезой очищает от инородных включений, формирует микроканавки от 1 до 10 мкм, однако, при этом достигаются минимальные параметры шероховатости R_a около 0,8 мкм, R_q около 1,05 мкм, что в свою очередь, влияет на сцепление керамики с металлическим каркасом. Формирование характерной локально исцарапанной трехмерной структуры наблюдается при обработке поверхности металла песком размером 50 мкм, 90 мкм, 125 мкм. Длина царапины составляет от 10 мкм до 50 мкм, 90 мкм и 125 мкм, соответственно. При этом на поверхности металла остаются частицы песка размерами 150 – 300 нм, местами наблюдаются частицы большего диапазона, впечатанные в металл.

По нашему мнению, оставшиеся частицы песка после пескоструйной обработки металлической поверхности будут негативно сказываться на соединении керамики с металлическим каркасом, так как керамика будет ложиться на слой микро- и нано частиц внедренного песка. Важен поиск новых альтернативных способов формирования шероховатости поверхности, которые бы не загрязняли поверхность металлического каркаса.

3.4. Разработка нового способа обработки металлического каркаса для повышения силы сцепления керамического слоя

Оставшиеся частицы песка возможно будут негативно сказываться на адгезии керамики к металлическому каркасу, так как керамика будет наноситься на слой микрочастиц песка. Известно, что стоматологическая керамика состоит из полевого шпата (смесь Na и K), каолина (соединение алюминиевой и кремниевой кислоты, гидратированной алюмосиликатом), кварца (ангидрид кремниевой кислоты) и красители, а частицы внедренного нами в каркас – это оксид алюминия. Из-за упругих деформаций в зоне контакта передача контактного усилия при нагружении может происходить на сравнительно малых и меняющихся в размере площадках контакта, приводя к появлению значительных напряжений. В связи с разными значениями относительного изменения объема и коэффициента термического расширения керамики и оксида алюминия будут возникать напряжения на их границе. Для повышения эффективности технологии изготовления металлокерамических протезов необходимо определение оптимальных параметров обработки металлического каркаса для повышения адгезионного сцепления металла и керамики, и разработка метода формирования микрорельефа чистой металлической поверхности. Мы решили сделать попытку применения метода плазменно-электролитного формирования микрорельефа при обработке металлических каркасов при изготовлении металлокерамических конструкций.

3.5. Отработка режимов формирования микрорельефа поверхности плазменно-электролитным методом

В процессе обработки экспериментальных образцов мы отработывали различные режимы обработки поверхности металла. Плазменно-электролитная обработка проводилась в двух режимах: 1) когда разряд зажигался на аноде, 2) когда разряд зажигался на катоде. При обработке в анодном режиме не достигались

необходимые параметры шероховатости, наблюдалось постепенное растворение металла (Рисунок 45).



Рисунок 45 - Изображение образца: а - стандартный; б- после анодной обработки

Обработка в катодном режиме дала возможность формировать микрорельеф поверхности кобальтохромового сплава и получать различные структуры. В результате обработки были получены две группы поверхностей, первая представлена на рисунках 46а, 46б и 46в, вторая – 46г, 46д и 46е. Первую группу мы условно назвали «Оплавленная» поверхность, так как наблюдается образование капелек металла размером 1 – 3 мкм и их фиксация на поверхности. Данный процесс наблюдается при напряжении 180 В. Вторую группу мы условно назвали «пористая» структура, так как поверхность становится пористой. При этом режиме обработке уже не наблюдается образования расплавленных капелек металла, а образуются поры размером 4 – 5 мкм.

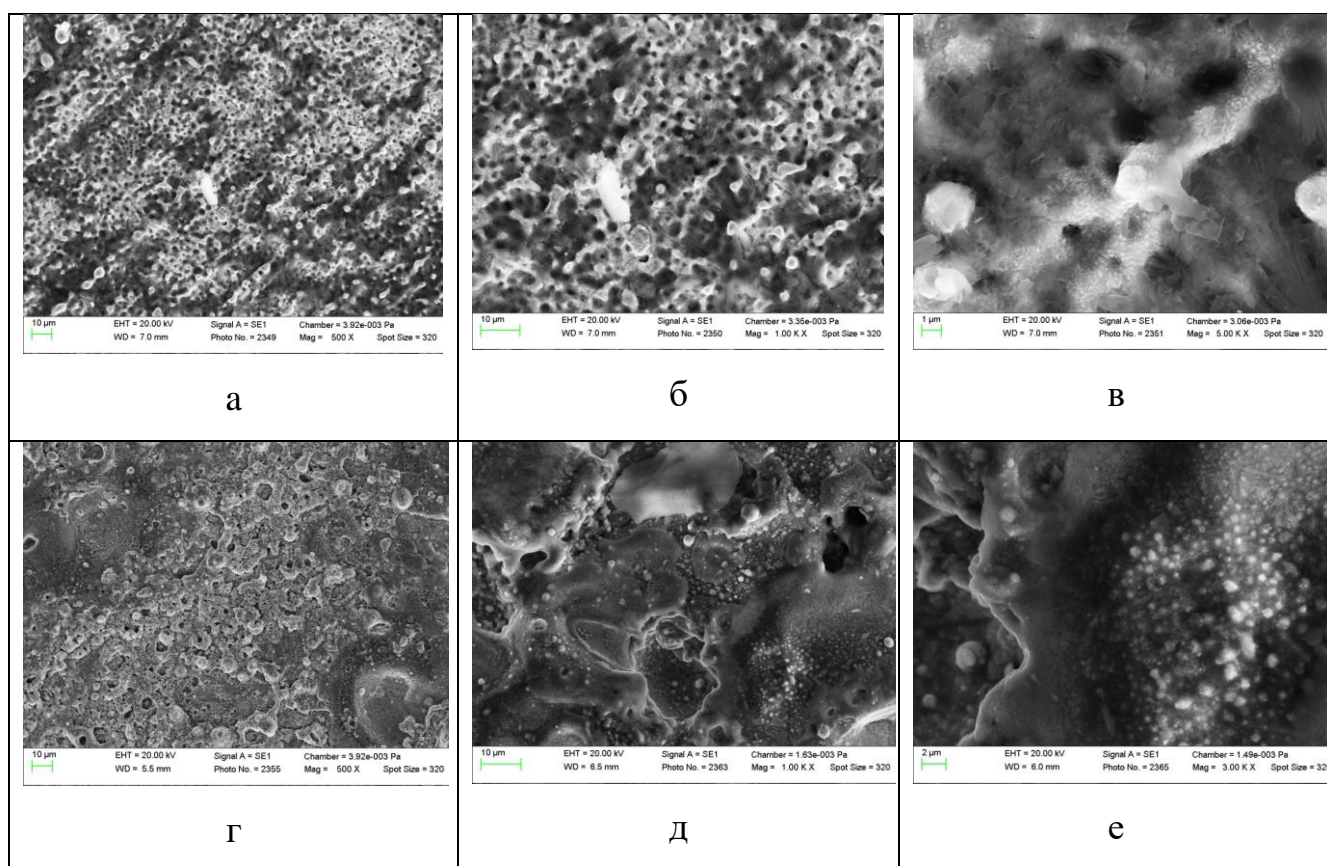


Рисунок 46 - СЭМ изображения поверхности металлических образцов групп:

«оплавленная» - (а, б, в), «пористая» (г, д, е).

При напряжении $U=220$ В и силе тока $I=12$ А происходило оплавление поверхности металла, а при более низких значениях напряжения были получены образцы с параметром шероховатости Ra от 0,77 до 2,51 мкм.

В начальный момент протекания процесса обработки электролит находится в контакте с поверхностью металлического образца. В зависимости от величины прикладываемого напряжения и температуры электролитического анода будет протекать либо только электролиз, либо электролиз, со временем переходящий в горение разрядов на поверхности образца, либо изначальное горение разрядов без стадии протекания электролиза. В случае протекания электролиза будет наблюдаться линейная зависимость силы тока от напряжения. Согласно закону Ленца - Джоуля при прохождении электрического тока через металлический электрод (катод) количество выделяемой теплоты прямо пропорционально квадрату тока, сопротивлению электрода и времени, в течение которого протекал

электрический ток. Увеличение напряжения приводит к увеличению силы тока и, как следствие, степени нагрева катода. На поверхности катода помимо электрохимического выделения пузырьков газов начинается процесс вскипания электролита. Горение разрядов происходит в газовых пузырьках. Протекание вышеописанных процессов определяется вольтамперной характеристикой процесса, поведение которой изменяется при смене вида электролита, его концентрации и температуры. По изменению зависимости силы тока от прикладываемого напряжения можно определить интенсивности протекания электрохимических реакций, парообразования вблизи поверхности металлического электрода и горения одиночных электродов.

Рассмотрим вольтамперные характеристики (ВАХ) (Рисунок 47) плазменно-электролитного процесса обработки кобальтохромового сплава, полученного при использовании 1, 3 и 5% растворов хлорида натрия. Вольтамперная характеристика (ВАХ) состоит из двух веток: первая – это постепенное увеличение напряжения от 0 до 300 В, вторая – это понижение прикладываемого напряжения с 300 до 0 В.

Для 1% водного раствора хлорида натрия горение одиночных разрядов с розово-фиолетовым цветом свечения происходит при напряжении 120 В (Рисунок 47а). Когда прикладываемое напряжение превысило 100 В, наблюдаются локальные воздушно-газовые струи, отходящие от поверхности катода на 3-4 мм от поверхности. На кривой ВАХ в данном участке наблюдается начало уменьшения силы тока. Постепенное увеличение напряжения приводит к росту количества одиночных разрядов. При напряжении 177-181 В дополнительно наблюдаются локальные разряды другого свечения (желто-оранжевого). При напряжении 193 В остаются разряды только желто-оранжевого свечения. Начинается процесс интенсивного нагрева электрода, он раскаляется до температуры 850 – 900 °С. При данной температуре электрода будет происходить пленочное кипение электролита. Пленочное кипение предполагает наличие стабильной паровоздушной оболочки, которая покрывает поверхность электрода. Однако горение разрядов приводит к нарушению пленочного кипения электролита и его разбрызгиванию. Свечение на кончике электрода приобретает белый цвет и соответствует приблизительно

температуре 1300 °С, в других областях поверхности становится желтым и соответствует температуре 1000 °С. На второй ветке ВАХ с уменьшением напряжения до 216 В горение «желтых» разрядов перестает преобладать, в основном происходит горение электрических разрядов розово-фиолетового свечения. С уменьшением напряжения до 163 В происходит горение отдельных желтых разрядов малой интенсивности. Когда величина напряжения опускается ниже 90 В, горение прекращается и происходит протекание электрохимических реакций с кипением электролита вблизи поверхности электрода.

Использование в качестве электролита 3% водного раствора хлорида натрия изменяет кривую ВАХ сохраняя при этом ее очертания (Рисунок 47б). А именно, при напряжении 45 В вольт появляются звуковые колебания, для напряжения 60 В наблюдается начало горения отдельных разрядов на поверхности катода. С увеличением напряжения количество разрядов увеличивается. Свечение имеет розово-фиолетовый цвет. При напряжении 100 В появляются более крупные разряды, имеющие желтый цвет. С достижением 113 В происходит горение только разрядов желтого цвета. С увеличением напряжения интенсивность излучения и акустических колебаний растет. Наблюдаются сильные колебания тока, связанные с интенсивным разбрызгиванием электролита вблизи электрода-катода. С уменьшением прикладываемого напряжения обратный переход происходит при 83 Вольтах. Наблюдается локальное оплавление поверхности электрода.

Повышение концентрации хлорида натрия в электролите до 5% способствуют к смещению ВАХ в область меньших напряжений и увеличению значения силы тока (Рисунок 47с). Увеличение напряжения до 65 В приводит к возникновению акустических колебаний в виде треска. При 67 В начинается горение отдельных разрядов на поверхности электрода. Цвет излучения разрядов имеет желтый цвет. При 88 В возникают акустические колебания другой частоты. При уменьшении напряжения обратный переход от горения разрядов к протеканию только электрохимических реакций наблюдается при 63 В.

Для всех трех ВАХ с различными концентрациями электролита характерно наличие гистерезиса, при обратном уменьшении напряжения сила тока становится

существенно меньше. Это связано с нагревом электролита и обрабатываемого металлического электрода. Однако, в большей степени от нагрева электрода, так как он создает пленочное кипение, отделяющее электролит от металлической поверхности, а отсутствие контакта уже не позволяет проводить электрический ток за счет электрохимических реакций. Протекание тока происходит только за счет горения электрических разрядов.

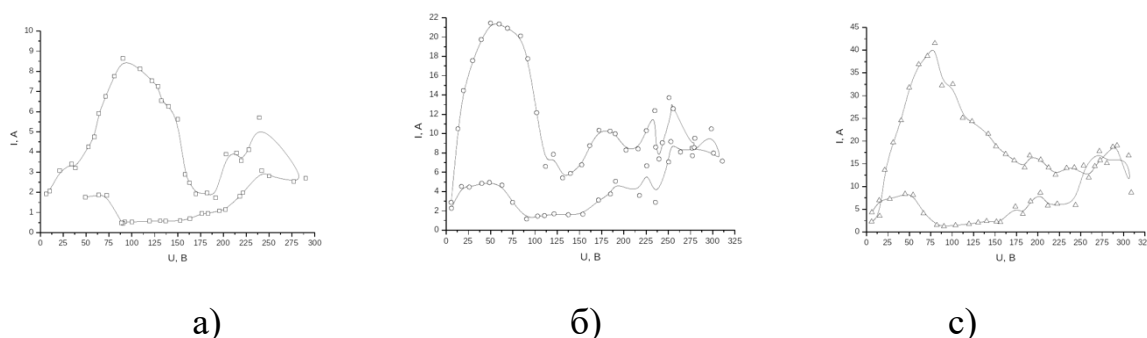


Рисунок 47 - ВАХ плазменно-электролитного процесса для раствора NaCl:

а) 1%, б) 3%, в) 5%

Полученные результаты кривых ВАХ плазменно-электролитной обработки свидетельствуют о том, что 3% раствор хлорида натрия является наиболее оптимальным для применения. При данном содержании хлорида натрия отсутствует протекание высоких плотностей тока как для 5% концентрации раствора и снижается риск расплавления образца, а использование 1% раствора требует использования более высоких значений напряжения для достижения, требуемого энергозатрата. Исходя из кривой ВАХ для 3% раствора обработку образцов для создания шероховатости проводили в диапазоне от 120 до 200 В.

Данные по режимам: напряжение, температура и получаемая шероховатость были интерполированы по всему множеству испытаний. Интерполяция была проведена на основе триангуляции Деланэ (Delaunay triangulation) и метода интерполяции естественного соседства (natural neighbor interpolation) средствами Matlab. Полученные результаты представлены на рисунке 48, которые позволяют подобрать режим плазменно-электролитной обработки для получения заданной шероховатости.

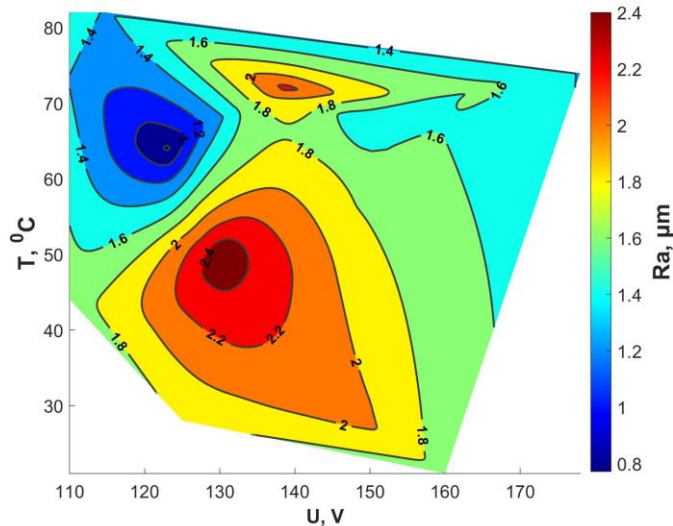


Рисунок 48 - Распределение шероховатости от напряжения и температуры электрода

На разработанную методику обработки поверхности металлического сплава получен патент РФ №2753135 от 18 сентября 2020 года (Рисунок 49) [70].



Рисунок 49 - Патент на способ изготовления металлокерамических зубных протезов

3.6. Анализ микрорельефа поверхности после плазменно-электролитной обработки

Нами рассмотрено влияние плазменно-электролитной обработки на морфологию поверхности кобальтохромового сплава. Следует отметить градиентный характер формирования микрорельефа поверхности вдоль погружения образца в электролит. Максимальные размеры лунок расположены на конце образца, однако при постепенном отдалении от края, их размер уменьшается. На примере изменения параметров шероховатости поверхности образцов можно сказать, что Ra : 2,734 \rightarrow 2,064 \rightarrow 1,728 \rightarrow 1,375 мкм; Rz : 12,79 \rightarrow 10,11 \rightarrow 8,010 \rightarrow 7,384 мкм.

На рисунке 50б представлены фотографии обработанной поверхности образца № 11, полученные методом сканирующей электронной микроскопии. На снимках видно, что в зависимости от глубины погружения электрода морфология поверхности изменялась. Условно поверхность можно разделить на несколько участков, отличающихся морфологией и размерами микролунок. Первая область охватывает конец образца длиной 2.5 мм, ее морфология поверхности 1-й области очень развитая (Рисунок 50а). Диаметр микролунок изменяются от \sim 3 до \sim 10 мкм. На рисунке 50б представлена 2-я область исследования с 1000 кратным увеличением, которая удалена от края образца на 2,5 мм, ее морфология поверхности развитая. Диаметр микролунок варьирует от \sim 1,5 до \sim 5 мкм.

На рисунке 50в представлена 3-я область исследования образца с 2000 кратным увеличением, которая удалена от края образца на 5 мм., ее морфология очень развитая. Диаметр микролунок варьирует от \sim 500 нм до \sim 2 мкм.

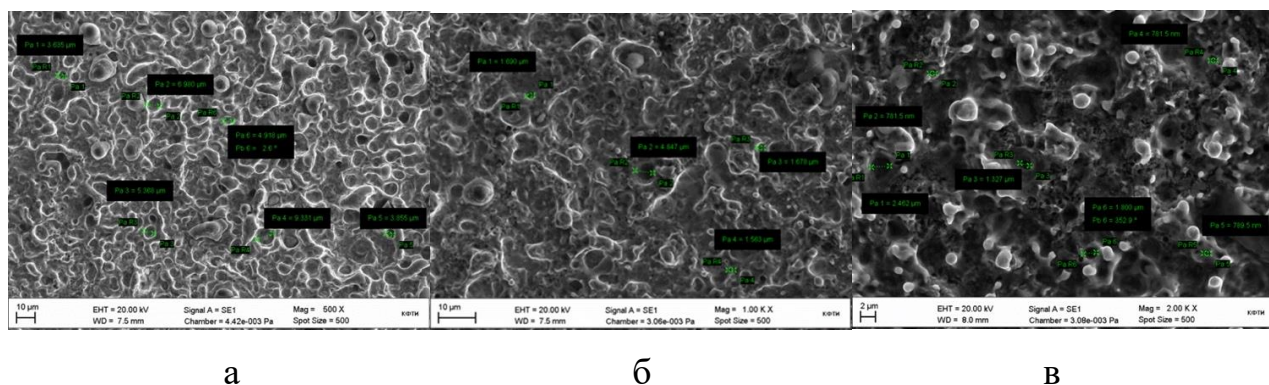


Рисунок 50 - СЭМ изображения образца, полученные с использованием SE детектора

Установлено, что величина прикладываемого напряжения сильно влияет на характер протекающих плазменных процессов и тепловыделения. При недостаточных напряжениях эффект обработки не наблюдается, а при более высоких может происходить оплавление электрода. Наиболее оптимальным является диапазон напряжений 160-190 В. Также интересным фактом является сильный нагрев электрода и его накал до красного цвета при использовании нового электролита комнатной температуры в начальный момент горения газовых разрядов, но по прошествии определенного времени эффект раскаленности катода проходит, и он приобретает естественный цвет. При завершении процесса, если электрод в нагретом состоянии вынуть из электролита, без соприкосновения с водой и его естественного охлаждения на воздухе, то он покрывается темной оксидной пленкой. Если же электрод охладить в электролите, наблюдается переход от пленочного кипения к контактному, с локальным приэлектродным вскипанием электролита, а образование оксидной пленки черного цвета не происходит.

Проведем сравнение классического метода формирования шероховатости – пескоструйной обработки с новой методикой, основанной на использовании плазменно-электролитных процессов. На рисунке 51 представлены параметры шероховатости поверхностей образцов кобальтохромовых сплавов после различных методов обработки. Как и ожидалось, наименьшую шероховатость имеют полированные образцы, вторые – обработанные фрезой, третьи –

обработанные песком 50 мкм, четвертые - обработанные песком 90 мкм и пятые – обработанные песком 125 мкм.

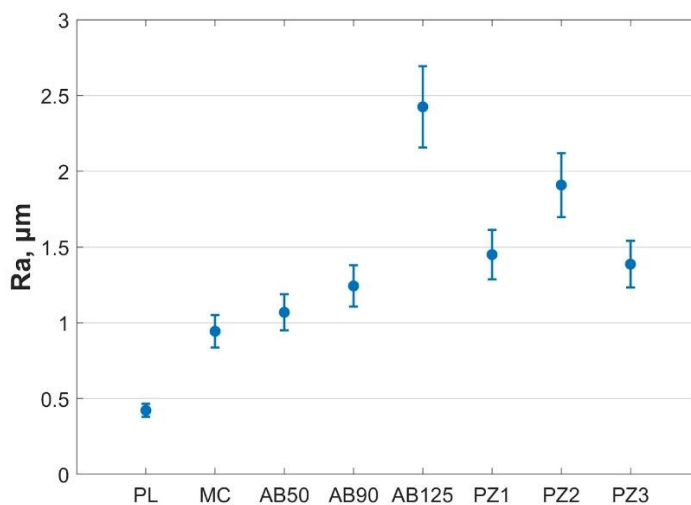


Рисунок 51 - Параметры шероховатости поверхностей по образцам

Сравнение параметров шероховатости стандартных методов обработки поверхности с плазменно-электролитным формированием микрорельефа показывает, что данный метод по своим возможностям превосходит способ пескоструйной обработки, обработку фрезой и полировку поверхности. Таким образом, регулируя параметры процесса обработки, можно будет получать требуемую шероховатость поверхности.

На рисунках 52а, 52б, 52в представлены изображения поверхности после плазменно-электролитного формирования. Наблюдается пористая структура, выступы имеют сферическую форму. Поверхность, получаемая данным способом, по морфологии кардинально отличается от стандартных методов обработки отсутствием острых выступов, которые в дальнейшем при нанесении керамики могут выступать концентраторами напряжения и приводить к сколу керамики при циклических нагрузках. По профилометрии определяются хорошие рельефные параметры шероховатости, показатели приближены к образцу с пескоструйной обработкой 90 мкм (Рисунок 53). При подборе режимов плазменно-электролитной обработки параметры шероховатости старались получать приближенные к поверхности после пескоструйной обработки частицами в 90 мкм, так как

параллельно проводились испытания образцов на «сдвиг» и на «отрыв», где лучшие показатели были определены на металлических поверхностях, обработанных песком с размерной характеристикой частиц 90 мкм, результаты которых будут описаны в следующей главе.

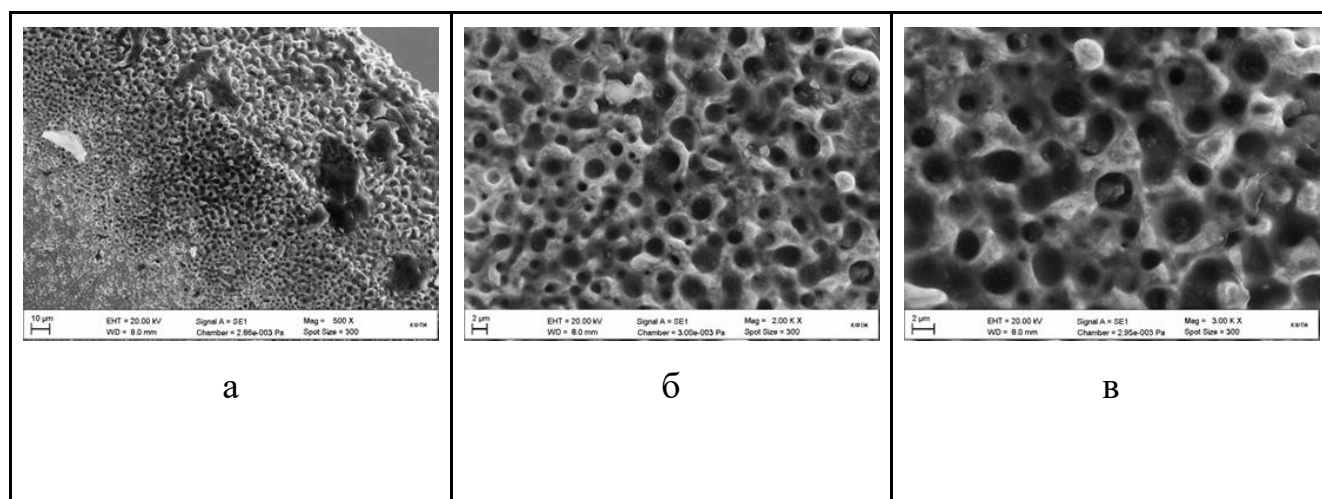


Рисунок 52 - СЭМ изображения поверхности металла после плазменно-электролитной обработки

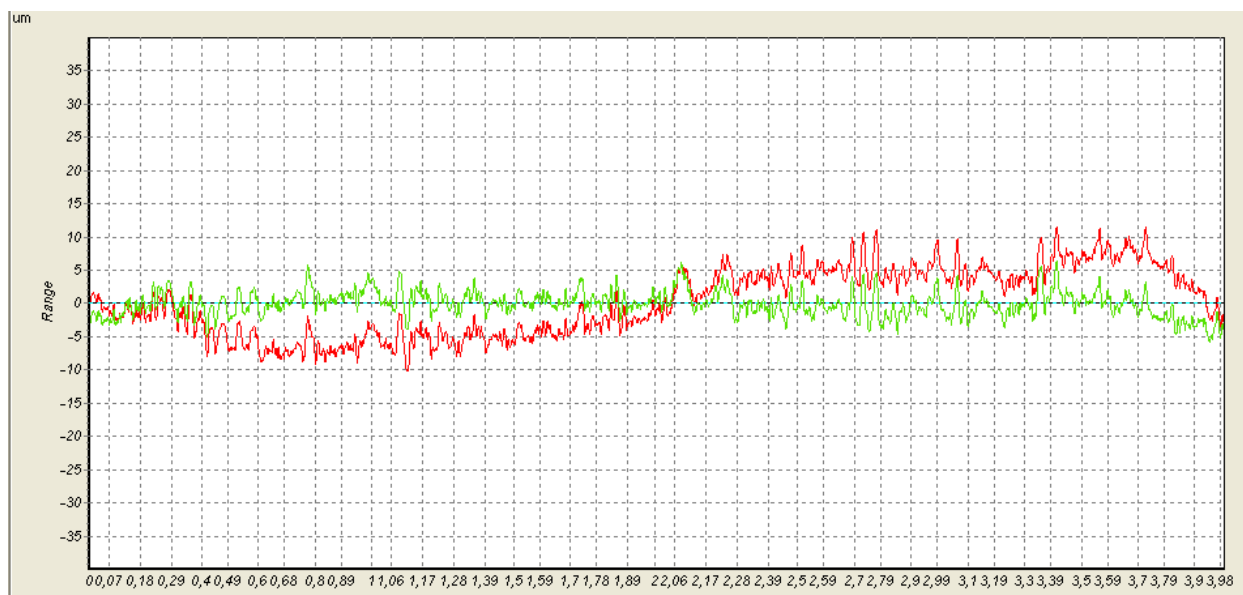


Рисунок 53 - Профилограмма поверхности металлического образца с плазменно-электролитной обработкой

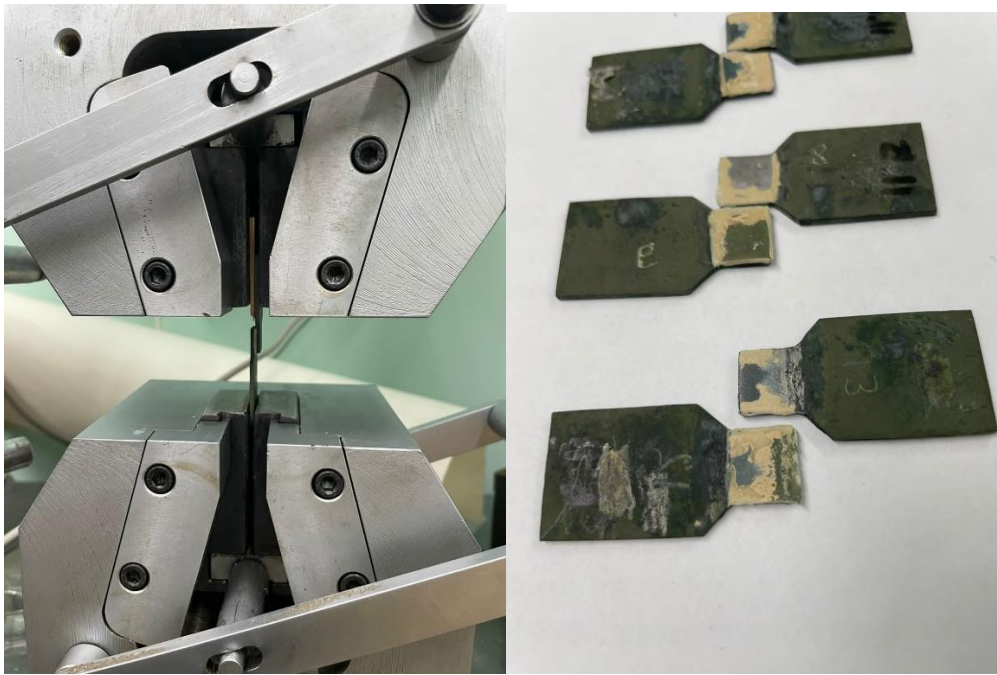
Анализ процесса плазменно-электролитной обработки показывает, что возможно получение нескольких типов структур на поверхности CoCr сплава:

«оплавленная» структура и «пористая» структура, покрытая шпорами размером 200-300 нм. Данные структуры имеют усредненный параметр шероховатости $Ra=1,7$ мкм. Это совпадает с параметром шероховатости, получаемым после стандартного метода пескоструйной обработки. Но учитывая пористость и наличие наношпор на поверхности металлического каркаса после плазменно-электролитной обработки предполагается, что величина адгезии керамики увеличится, так как увеличивается величина удельной площади поверхности.

Таким образом, применение метода плазменно-электролитной обработки позволит устранить наличие пыли на поверхности металла и увеличить адгезию керамики к поверхности металла.

3.7. Испытания образца на сдвиг

При анализе средних показателей результатов по адгезии керамического покрытия к металлическому каркасу на сдвиг были отмечены самые низкие показатели напряжения адгезии для группы образцов с полированной поверхностью $0,26\pm 0,05$ МПа ($p<0,05$) (Рисунок 54). В группе образцов, обработанных фрезой, напряжение адгезии определялось в пределах $0,69\pm 0,68$ МПа. В группе с пескоструйной обработкой с размером частиц 90 мкм адгезия $3,75\pm 1,24$ МПа была достоверно выше, чем в группе образцов, обработанных размером частиц песка 50 мкм $1,05\pm 0,27$ МПа ($p<0,05$) и недостоверно выше, чем в группе образцов с пескоструйной обработкой размером частиц 125 мкм $1,52\pm 0,51$ МПа. В группе образцов, обработанных плазменно-электролитным способом, был отмечен наивысший показатель напряжения адгезии, который составлял $8,35\pm 0,21$ МПа.



а

б

Рисунок 54 - Испытания на сдвиг: а – металлические образцы, зафиксированные в приборе; б- металлические образцы после скола керамического покрытия

Данные показывают, что напряжение адгезии не находятся в прямой зависимости от площади шероховатости и значения R_a , так как наилучшие значения напряжения адгезии показали образцы с поверхностью, обработанной песком с размером 90 мкм, хотя максимальные значения параметров шероховатости, рассматриваемые в группе, находятся в группе образцов, обработанных абразивом 125 мкм.

3.8. Испытания образца на отрыв

Были проведены предварительные испытания на отрыв. На рисунке 55 приведена картина процесса испытания образца на отрыв.

Следует отметить, что изначально были проведены испытания образцов с диаметром пластины 30 мм. Однако после проведения испытания (Рисунок 56) при визуальном осмотре образца выяснилось, что слой керамики в образце получился

неравномерным, было много пустот, а также образцы в процессе спекания получались неровными по толщине.



Рисунок 55 - Испытание образца на отрыв



Рисунок 56 - Образцы диаметром 30 мм

Поэтому в дальнейшем было принято уменьшить диаметр образца d до 10 мм с целью получения более качественного и равномерного спекания образца, а также для получения более точных механических характеристик адгезионного слоя.

Образцы готовили согласно протоколу исследования и делили на ранее описанные группы.

Ниже представлены результаты испытаний на отрыв при различных режимах (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты испытаний образцов на отрыв при разных режимах обработки металлической поверхности

Виды обработки	Среднее значение предельной нагрузки (Н)	Среднее значение предельных нормальных напряжений (МПа)	Шероховатость, Ra
Полированный	495±24	6,31±0,31	0,514±0,061
Фрезерованный	600±39	7,64±0,5	0,79±0,037
Песок 50 мкм	664±15	8,45±0,19	0,966±0,091
Песок 90 мкм	1396±109	17,7±1,4	2,505±0,12
Песок 125 мкм	1566±63	19,94±0,8	1,328±0,165
Метод плазменно-электролитной обработки	2364±33	30,11±0,42	1,4141±0,026

Сравнение параметров шероховатости стандартных методов обработки поверхности с плазменно-электролитным формированием микрорельефа показывает, что этот метод превосходит по своим возможностям пескоструйную обработку, фрезерование и полировку поверхности. Таким образом, регулируя параметры процесса обработки, можно будет получить требуемую шероховатость поверхности и увеличить адгезионную прочность на отрыв.

Таким образом, для предложенного метода обработки, равно как и для классических методов, были измерены напряжения адгезии при сдвиге. Была показана зависимость между параметрами шероховатости Ra и величиной

напряжения адгезии. Более того эта зависимость оказалась нелинейной, что коррелирует с результатами других авторов [132,141]. Было предложено описать полученную зависимость смещенным и смасштабированным распределением Гаусса. При этом при расщеплении данных классической и предлагаемой методики средняя величина распределений различалась мало, но при этом существенно отличались масштабные коэффициенты. Это может быть объяснено вкладом химической и микрорельефной составляющих в адгезионные свойства. То есть, при пескоструйной обработке на обрабатываемой поверхности остаются частички абразива – песок, а геометрия впадин и выступов - острая.

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**4.1. Результаты определения среднего периода функционирования металлокерамических конструкций до появления сколов керамической облицовки**

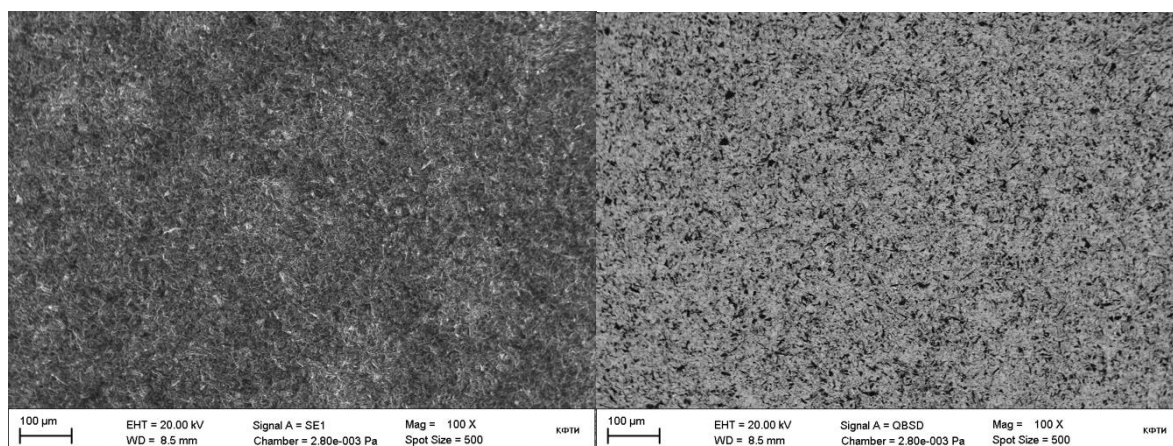
При воздействии жевательной нагрузки на металлокерамические коронки, установленные на «Стенде жевательных движений» оказалось, что из 168 коронок, изготовленных традиционным способом, скол до уровня каркаса облицовки произошел на 13 коронках, причем на двух коронках скол был на небной поверхности и эти случаи в эксперимент не включались. У коронок, металлический каркас которых был обработан по плазменно-электролитной методике, скол произошел на 1 коронке из 168.

При анализе результатов изучения медианы возникновения сколов керамической облицовки металлокерамической коронки в эксперименте определили, что у 7 коронок из 11 (63,6%), изготовленных традиционным способом, медиана циклов жевательных движений составила 15936 [7425; 35707], у 3 – 262036 [73825; 360935] циклов и одна коронка сломалась через 754368 жевательных циклов. Скол керамической облицовки коронки, изготовленной авторским методом, произошел на 372963 цикле жевательных движений.

Таким образом, при сравнении количества металлокерамических коронок, на которых произошел скол керамической облицовки, а также при сравнении продолжительности функционирования коронок до возникновения скола, можно сделать вывод о том, что использование плазменно-электролитной методики обработки металлического каркаса при изготовлении металлокерамических коронок способствует увеличению силы адгезии между металлом и керамикой по сравнению с традиционным способом обработки каркаса.

4.2. Результаты электронно-микроскопического исследования поверхностей металлических каркасов металлокерамических коронок с жевательного стенда

При электронно-микроскопическом исследовании поверхностей металлических каркасов металлокерамических коронок, изготовленных традиционным способом, в области, где произошел скол керамической облицовки, отмечается очень развитая морфология поверхности. На рисунке 57 представлены СЭМ изображения поверхностей каркасов в режиме вторичных (SE) и отражённых (BSE) электронов.

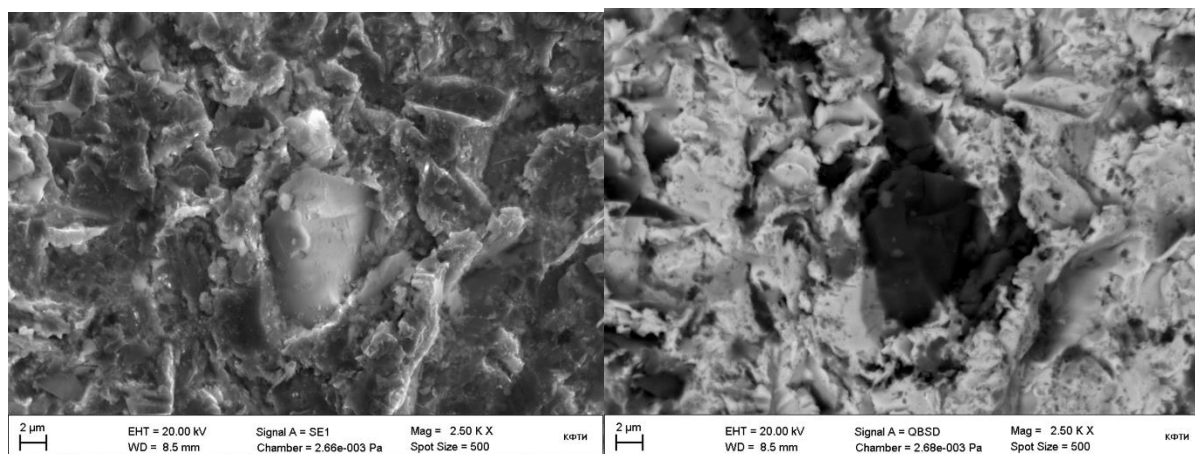


а

б

Рисунок 57 - СЭМ изображения поверхности металлического каркаса, обработанного традиционным способом, полученные с использованием: а) SE детектора и б) BSE детектора

В таблице 4 представлен элементный состав с выделенной области сканирования. Основными элементами матрицы являются Co, Cr и Al. Также обнаружены тугоплавкие металлы (Mo и W). Содержание углерода в пределах 7 ат. %. Также представлен более локальный элементный состав с вкрапления предположительно окиси алюминия (Al_2O_3). В режиме BSE (Рисунок 58) отчётливо наблюдается вазовый контраст, который подтверждается проведённым элементным анализом (Таблица 4).



а

б

Рисунок 58 - СЭМ изображения поверхности металлического каркаса, обработанного традиционным способом, полученные с использованием: а) SE детектора и б) BSE детектора

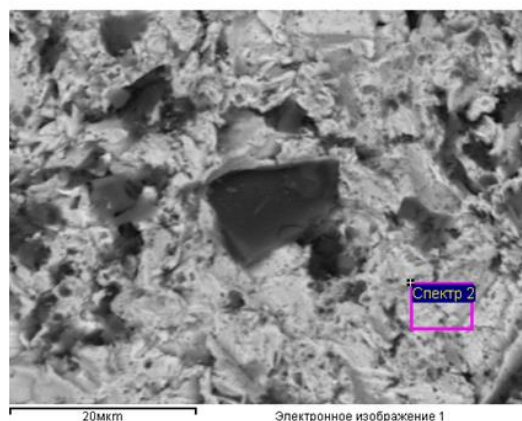
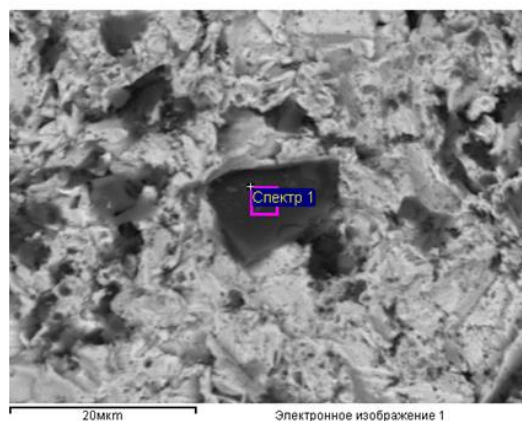
Таблица 4 - Элементный состав поверхности металлического каркаса, обработанного традиционным способом, снятый с указанной площади

Элемент	Весовой %	Атомный %
С К	2.09	6.57
О К	12.80	30.21
Na К	0.30	0.50
Al К	12.43	17.39
Si К	0.25	0.33
Cr К	17.37	12.61
Co К	47.94	30.71
Mo L	1.51	0.59
W M	5.30	1.09
Итоги	100.00	

Продолжение таблицы 4

Элемент	Весовой %	Атомный%
О К	49.52	62.49
Na К	4.10	3.60
Al К	44.39	33.21
Cr К	0.59	0.23
Co К	1.40	0.48
Итоги	100.00	

Элемент	Весовой %	Атомный%
С К	1.75	6.76
О К	6.09	17.64
Al К	4.63	7.95
Si К	0.39	0.65
S К	0.64	0.92
Cr К	20.80	18.55
Co К	57.90	45.56
W М	7.81	1.97
Итоги	100.00	



На рисунке 59 представлены СЭМ изображения, снятые с поверхности металлического каркаса коронки, изготовленной по плазменно-электролитной методике, с использованием SE и BSE детекторов при малом увеличении. Видно, что при не больших увеличениях (100 х), морфология поверхности является очень

развитой и имеет много структурных особенностей. В режиме SE (рисунок 59а), видны чёрные полосы, и затемнённые участки, которые обусловлены лёгкими элементами, не связанными химически с матрицей. В этом случае углерод может не обнаруживаться. В режиме BSE (рисунок 59б) наблюдается чёткий фазовый контраст.

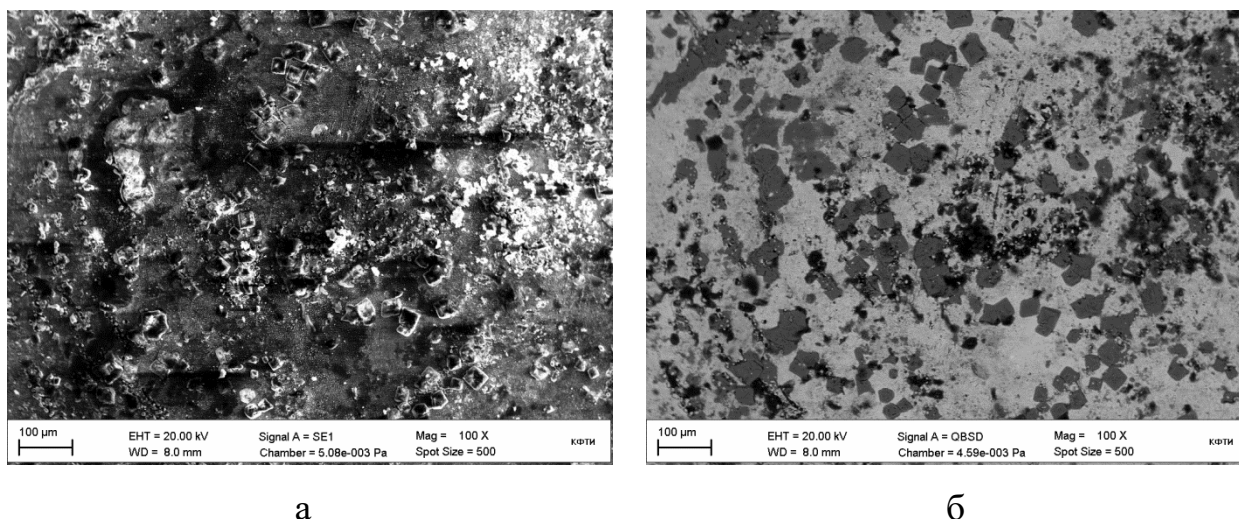


Рисунок 59 - СЭМ изображения образца “Круг”, полученные с использованием: а) SE детектора и б) BSE детектора

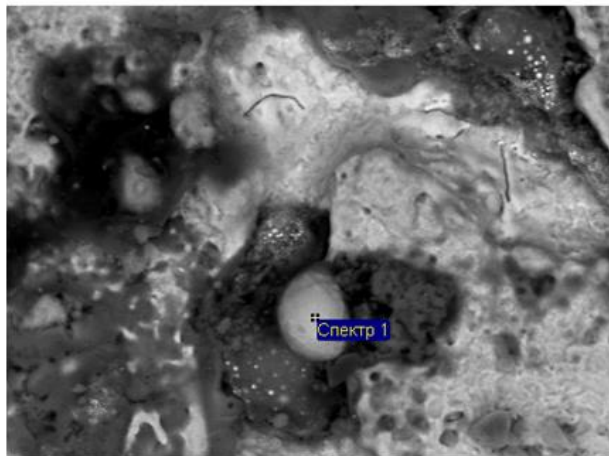
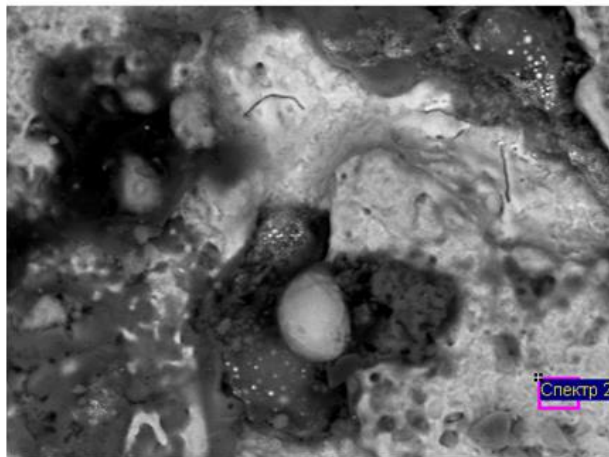
В таблице 5 представлен элементный состав с указанной области сканирования. Основными элементами матрицы являются Co, Cr, Na и O. Очевидно, что высокое содержание и Na и O обусловлено загрязнением. Например, это могут быть следы электролита, и поверхностного окисления. Также обнаружены тугоплавкие металлы (Mo и W).

Более отчётливо, фазовый контраст представлен на рисунке 60. Видно, что имеются светлые и тёмные области, которые отличаются элементным составом.

Судя по химическому составу частицы, обнаруженные по поверхности каркаса коронок, изготовленных традиционным способом, предположительно это частицы порошка для пескоструйной обработки. Наличие этих частиц на поверхности возможно является причиной нарушения адгезии между

металлическим каркасом и керамической облицовкой и, как следствие, возникновения скола.

Таблица 5 - Элементный состав поверхности металлического каркаса, обработанного по плазменно-электролитной методике, снятый с указанной площади

Элемент	Весовой	Атомный%	
	%		
С К	6.44	24.51	
О К	1.69	4.84	
Na К	0.57	1.13	
P К	0.27	0.40	
S К	0.64	0.92	
Cr К	20.50	18.02	
Co К	62.27	48.30	
W М	7.63	1.90	
Итого	100.00		
Элемент	Весовой	Атомный%	
	%		
О К	1.39	4.82	
Na К	2.21	5.32	
Mg К	0.31	0.69	
Cl К	0.79	1.24	
Cr К	19.51	20.76	
Co К	68.91	64.67	
Mo L	1.56	0.90	
W М	5.31	1.60	
Итого	100.00		

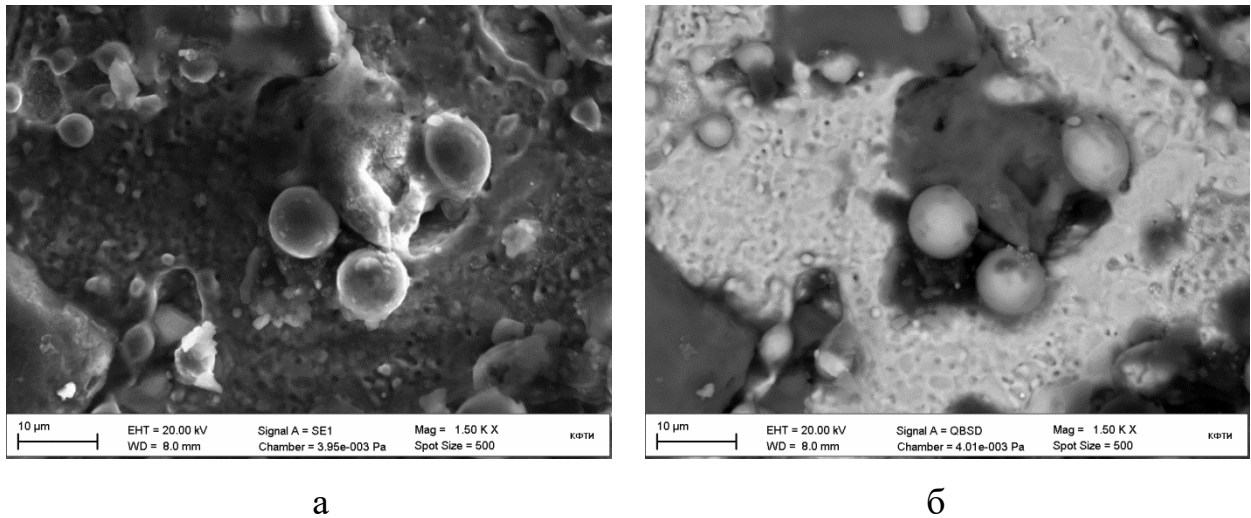


Рисунок 60 - СЭМ изображения образца, полученные с использованием SE детектора а) и BSE детектора б)

4.3. Примеры ведения пациентов со сколами керамической облицовки металлокерамических конструкций

4.3.1. Клинический случай № 1

Пациентка 45 лет обратилась в ортопедическое отделение стоматологической поликлиники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Казанский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации с жалобами на скол керамической облицовки металлокерамического мостовидного протеза. При сборе анамнеза выяснилось, что мостовидный протез в переднем отделе верхней челюсти был изготовлен около 1,5 лет назад. Последний раз пациентка обращалась к стоматологу около 8 месяцев назад с целью профессиональной гигиены и санации. По результатам анкетирования и со слов пациентки, она очень быстро привыкла к протезу и очень бережно к нему относилась. Исследуя пищевые привычки пациентки, удалось установить, что она не откусывала передними зубами большие куски пищи, а использовала для этого столовые приборы. Кроме

того, пациентка отрицает любые травмы челюстно-лицевой области и возможность травмирования ортопедических конструкций столовыми приборами и жесткой пищей. Последние 2 года пациентка не работает, ранее была учителем в школе, что исключает влияние различных экзогенных факторов, таких как наличие вредных паров в воздухе, воздействие кислот. Кислые и газированные напитки и пищу не употребляет.

При внешнем осмотре конфигурация лица не изменена, кожные покровы физиологической окраски без патологических изменений, подбородочная и носогубные складки умеренно выражены, губа смыкаются свободно, без напряжения мышц. Регионарные лимфатические узлы не пальпируются. Короткий гамбургский тест имел отрицательный результат.

При осмотре преддверия и собственно рта слизистая оболочка десны, альвеолярных отростков, губ, щек бледно-розового цвета, без патологических образований. Уздечки верхней и нижней губ прикреплены в области переходной складки, щечные тяжи умеренно выражены. Глубина преддверия в области нижней челюсти 5 мм, верхней челюсти - 5 мм. Язык бледно-розового цвета, не обложен. Десневые сосочки физиологической окраски, без признаков воспаления, зубодесневое прикрепление не нарушено, подвижность зубов физиологическая. Индекс кровоточивости (РВІ) в области всех зубов, кроме 1.1, равен 0, индекс гигиены - 1. Прикус физиологический.

Зубы 1.5, 1.6, 3.4, 3.5, 3.6 восстановлены при помощи композитных реставраций, состояние пломб удовлетворительное, краевое прилегание не нарушено, твёрдые ткани зубов на границе с реставрациями не пигментированы. Дефект зубного ряда верхней челюсти восстановлен при помощи металлокерамического мостовидного протеза с опорой на зубы 1.1 и 2.2. На вестибулярной поверхности коронки зуба 1.1 имеется обширный скол керамической облицовки до уровня каркаса (Рисунок 61). Краевое прилегание коронок не нарушено, опорные зубы имеют физиологическую подвижность.

Вестибулярно в области 1.1 десневой край незначительно гиперемирован, кровоточит при зондировании, зубодесневое прикрепление не нарушено. Индекс

кровоточивости (РВІ) в области зуба 1.1 – 1. Прикрепленная десна не изменена. Со слов пациентки, гиперемия десны появилась после возникновения скола, что свидетельствует о травматическом характере данных изменений.



Рисунок 61 - Скол керамической облицовки металлокерамического протеза

На сагиттальных срезах КЛКТ корневые каналы зубов 1.1 и 2.2 obturated гомогенно до верхушек, периапикальных изменений нет. В корневых каналах установлены литые культевые штифтовые вкладки (Рисунок 62).



а

б

Рисунок 62- Срезы КЛКТ (а - сагиттальный срез зуба 1.1,
б - сагиттальный срез зуба 2.2)

При анализе ночной парафункциональной активности жевательных мышц с помощью брукс-чекера, не выявили зоны стирания красителя по окклюзионным контактам. Единичная линия, выявленная в ходе исследования, залом при фиксации брукс-чекера (Рисунок 63).



Рисунок 63 - Брукс-чекер

По данным электромиографии в состоянии физиологического покоя не определяется тоническое сокращение мышц, биопотенциал мышц не превышает 2 мкВ (Рисунок 64).

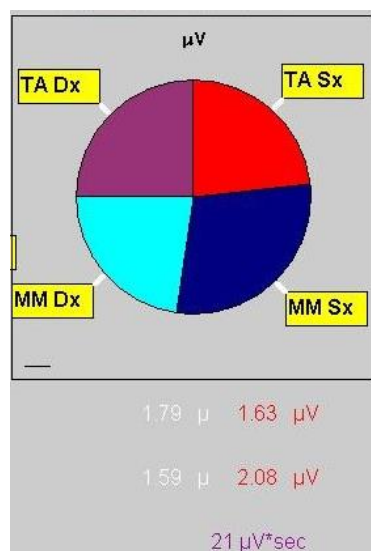


Рисунок 64 - Данные биопотенциалов жевательных мышц в состоянии относительного физиологического покоя

Получены следующие данные: максимальные показатели суммарного потенциала основных жевательных мышц при максимальном волевом сжатии составили 2131 мкВ, что говорит об отсутствии гипертонуса последних.

Показатели симметрии мышц составили 88,38% для височных и 87,97% для жевательных, что так же является показателями нормы. Относительный показатель ATTIVE, характеризующий синергию работы височной и жевательной мышц, составил 4,8%, что подтверждает отсутствие отклонений в функционировании мышц под влиянием окклюзионных контактов.

Индекс ASIM характеризующий нейромышечной баланс правой и левой стороны относительно горизонтальной плоскости так же соответствовал норме, составив 5,4% (Рисунок 65).

Индекс TORS, характеризующий наличие крутящего момента при работе жевательных мышц, составил 91,96%, то есть находился в пределах нормы.

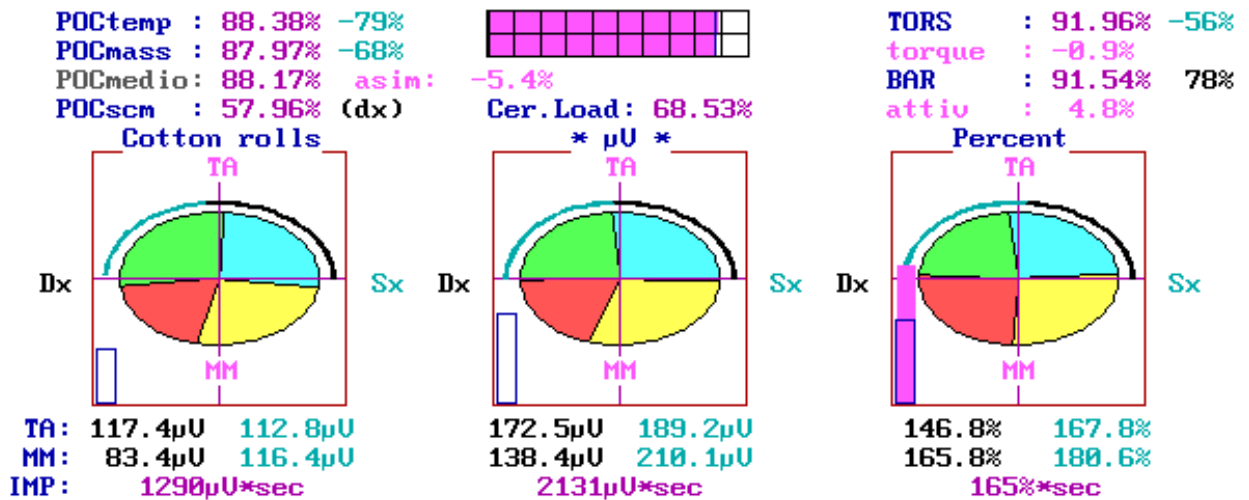


Рисунок 65 - Результаты электромиографии при максимальном волевом сжатии

По результатам артровибрографии, шумы, регистрируемые в ВНЧС, не превышали нормальный шумовой фон для физиологически здоровых тканей, что подтверждает отсутствие патологии ВНЧС.

По результатам окклюзиографии, проведенной в центральной окклюзии, определялась относительная сбалансированность по силе окклюзионных контактов

на правой (53,9%) и левой (46,1%) сторонах, что подтверждается данными усредненного графика (линия по центру окклюзиограммы). Кроме того, направление изолинии сверху вниз говорит о наличии клыкового ведения. Детальное изучение окклюзиограммы по времени так же подтверждает эти данные - первый контакт приходится на зуб 1.3, через 0,13 сек, переходя на зуб 2.3, а далее, в течение 0,25 сек, переходит во множественные контакты.

Анализ окклюзионного времени, представляющего собой показатель, характеризующий временной отрезок, проходящий от первого окклюзионного контакта до достижения полного фиссурно-бугоркового смыкания, так же не показал отклонений. Во всех исследованиях он составил не более 0,2 сек, что соответствует рекомендациям.

Все контакты равномерные, сила смыкания антагонистов не выявляет всплесков по силе давления, что говорит об отсутствии супраконтактов. Графики контактов равномерные, с равными временными промежутками, без признаков мышечных фибрилляций, что демонстрирует отсутствие мышечной усталости, характерной для пациентов с бруксизмом или мышечной дисфункцией (Рисунок 66).

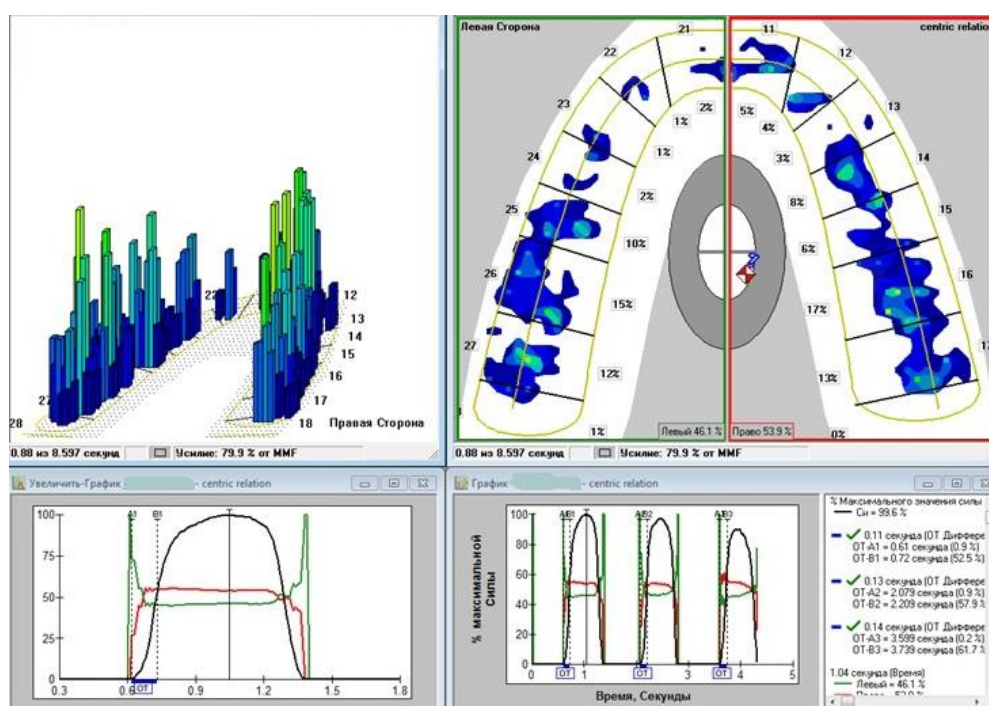


Рисунок 66 - Окклюзиограмма в центральной окклюзии

При оценке динамических контактов в боковой и передней окклюзиях, оценивали наличие супраконтактов и времени разобщения. Время разобщения – показатель, характеризующий интервал времени, необходимый для полного разобщения фиссурно-бугоркового контакта, за исключением такового на ведущем зубе. В норме он составляет менее 0,4 сек.

Показания T-Scan III, полученные при боковом движении нижней челюсти в правую сторону, не выявляли супраконтактов ни на рабочей, ни на балансирующей стороне. Время разобщения составило 0,213 сек (Рисунок 67).

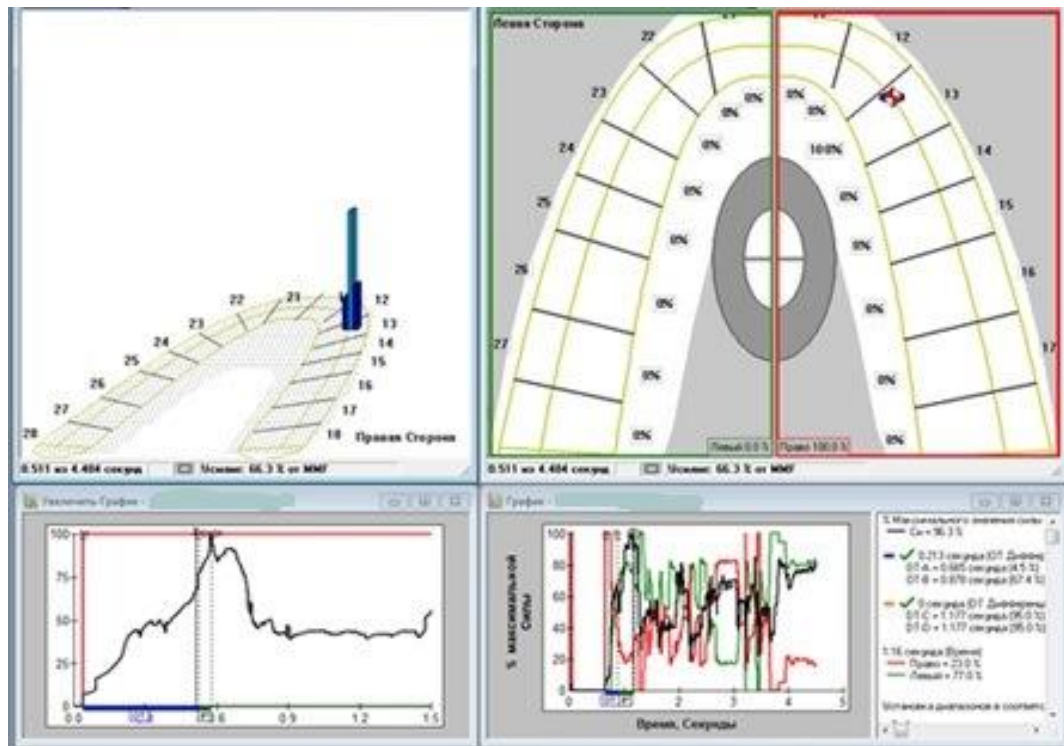


Рисунок 67 - Окклюзиограмма в правой боковой окклюзии

При анализе боковой окклюзии на левой стороне получены аналогичные данные, а именно отсутствие супраконтактов на рабочей и балансирующей сторонах и плавное движение по клыкам. Время разобщения – 0,213 сек (Рисунок 68).

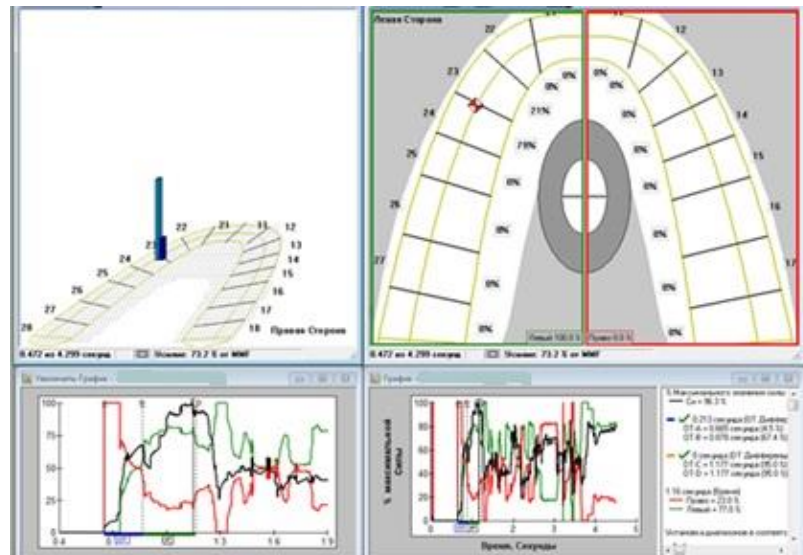


Рисунок 68- Окклюзиограмма в левой боковой окклюзии

В передней окклюзии так же не наблюдалось супраконтактов. Время разобщения – 0,213сек (Рисунок 69).

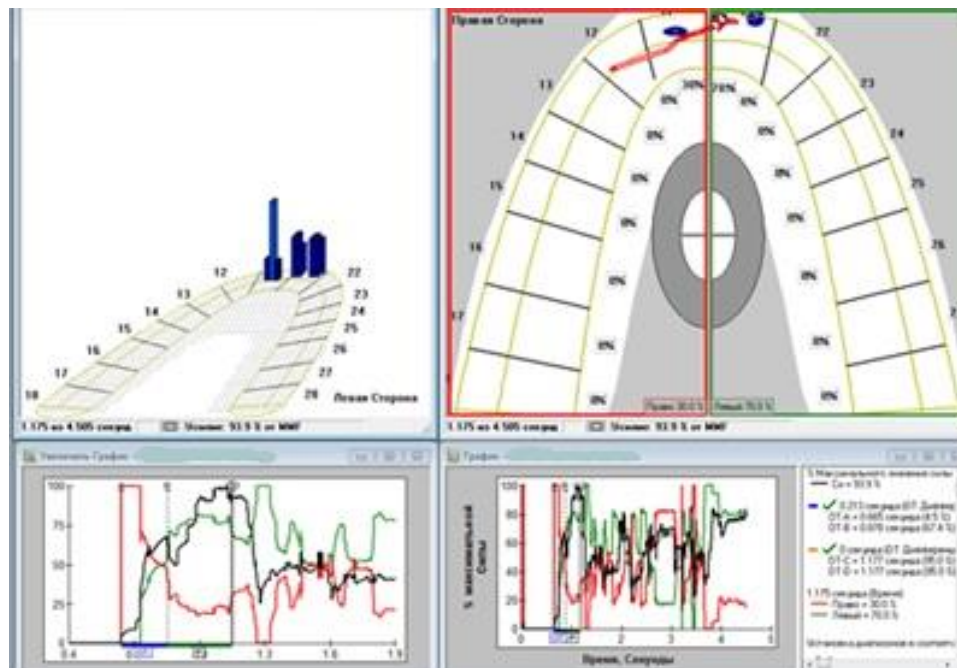


Рисунок 69 - Окклюзиограмма в передней окклюзии

Таким образом, результаты дополнительных методов исследования позволили исключить наличие дисфункций ВНЧС и парафункций жевательных мышц, как потенциально возможных причин скола керамической облицовки.

После снятия имеющегося металлокерамического мостовидного протеза, проводилось электронно-микроскопическое исследование поверхности каркаса в области скола облицовки. По данным СЭМ на поверхности металлического каркаса предположительно обнаружены частицы песка, используемого для пескоструйной обработки металла, что, скорее всего, и стало причиной поломки конструкции.

Далее перед нами стояла задача изготовить новый металлокерамический мостовидный протез с опорой на зубы 1.1 и 2.2 с учётом вероятных причин скола керамической облицовки с целью профилактики повторного его повреждения. Для этого в процессе изготовления конструкции металлический каркас не подвергался пескоструйной обработке, а был обработан с применением плазменно-электролитной методики (Рисунок 70).

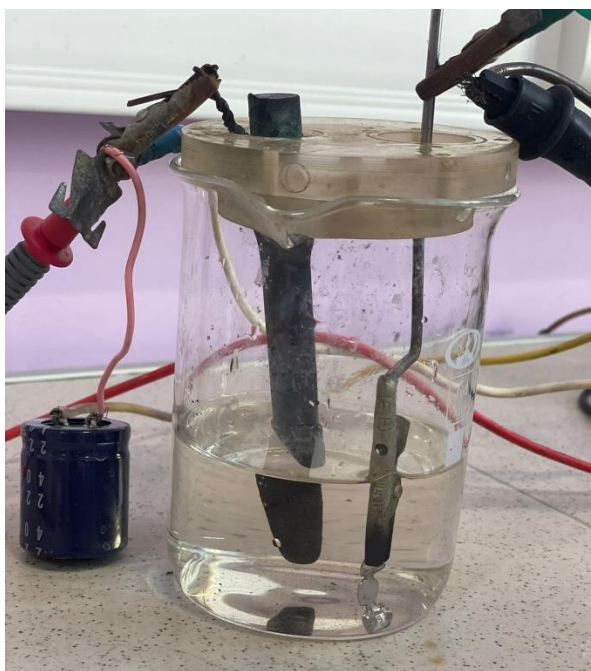


Рисунок 70 - Обработка металлического каркаса металлокерамического мостовидного протеза плазменно-электролитной методикой

Далее была нанесена керамическая облицовка обычным способом. Работа выполнялась с использованием артикулятора (Рисунок 71). Коррекция окклюзионных взаимоотношений проводилась под контролем компьютерной окклюдзиографии и окончательно фиксировалась во рту пациента (Рисунок 72).



Рисунок 71 - Каркас металлокерамического мостовидного протеза в артикуляторе



Рисунок 72 - Зафиксированный во рту мостовидный протез

4.3.2. Клинический случай № 2

Пациент 61 года был направлен в ортопедическое отделение стоматологической поликлиники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Казанский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской

Федерации из частной клиники г. Казани на консультацию по поводу скола керамической облицовки металлокерамической коронки с опорой на имплантат.

При сборе анамнеза выяснилось, что металлокерамическая коронка с опорой на имплантат на верхней челюсти справа была изготовлена около 9 месяцев назад. В это же время было изготовлено еще несколько коронок на естественных зубах. После фиксации конструкций на постоянный цемент пациент за стоматологической помощью не обращался. По результатам анкетирования и со слов пациента, адаптация к несъемным ортопедическим конструкциям прошла быстро. Вредные пищевые привычки отсутствуют, травмы челюстно-лицевой области и возможность травмирования ортопедических конструкций столовыми приборами и жесткой пищей пациент отрицает. Работает инженером. Кислыми, газированными напитками и пищей не злоупотребляет.

При внешнем осмотре конфигурация лица не изменена, кожные покровы физиологической окраски без патологических изменений, подбородочная и носогубные складки умеренно выражены, губы смыкаются свободно, без напряжения мышц. Регионарные лимфатические узлы не пальпируются. Короткий гамбургский тест имел отрицательный результат.

При осмотре преддверия и собственно рта слизистая оболочка десны, альвеолярных отростков, губ, щек бледно-розового цвета, без патологических образований. Уздечки верхней и нижней губ прикреплены в области переходной складки, щечные тяжи умеренно выражены. Глубина преддверия в области нижней челюсти 3,5 мм, верхней челюсти - 4 мм. Язык бледно-розового цвета, не обложен. Десневой край физиологической окраски, без признаков воспаления, зубодесневое прикрепление не нарушено, определяется генерализованная рецессия десны со смещением зубодесневого прикрепления на 2 мм апикальнее цементно-эмалевой границы, десневые сосочки атрофированы с образованием «чёрных треугольников». Биотип десны средний. Подвижность зубов физиологическая. Индекс кровоточивости - 0, индекс гигиены – 0,9. Прикус физиологический.

Зубы 2.4, 2.5, 2.6, 1.4, 1.5 восстановлены при помощи металлокерамических коронок, состояние удовлетворительное, краевое прилегание не нарушено, цвет

конструкций соответствует цвету естественных зубов. В области зуба 1.6 установлена металлокерамическая коронка с опорой на имплантат. На вестибулярной поверхности коронки имеется обширный скол керамической облицовки до поверхности каркаса (Рисунок 73). Слизистая оболочка десны вокруг коронки физиологической окраски, без признаков воспаления.



Рисунок 73 - Скол керамической облицовки металлокерамического протеза

При анализе ночной парафункциональной активности жевательных мышц с помощью брукс-чекера, не выявили зоны стираемости красителя по окклюзионным контактам (Рисунок 74).

По данным электромиографии в состоянии физиологического покоя не определяется тоническое сокращение мышц, биопотенциал мышц не превышает 2 мкВ (Рисунок 75).



Рисунок 74 - Брукс-чекер

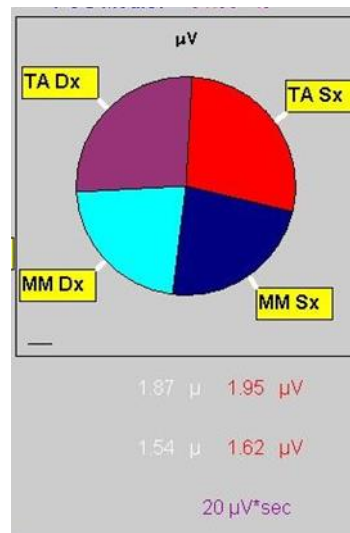


Рисунок 75 - Данные биопотенциалов жевательных мышц в состоянии относительного физиологического покоя

Получены следующие данные: максимальные показатели суммарного потенциала основных жевательных мышц при максимальном волевом сжатии составили 1860 мкВ, что соответствует нормотоническим показателям, свидетельствуя об отсутствии парафункциональной активности.

Показатели симметрии мышц составили 88,53% для височных и 86,59% для жевательных, что так же является показателями нормы. Относительный показатель ATTIVE, характеризующий синергию работы височной и жевательной мышц,

составил 4,7%, что подтверждает отсутствие отклонений в функционировании мышц под влиянием окклюзионных контактов.

Индекс ASIM характеризующий нейромышечной баланс правой и левой стороны относительно горизонтальной плоскости так же соответствовал норме, составив -4,1%.

Индекс TORS, характеризующий наличие крутящего момента при работе жевательных мышц, составил 91,45%, то есть находился в пределах нормы (Рисунок 76).

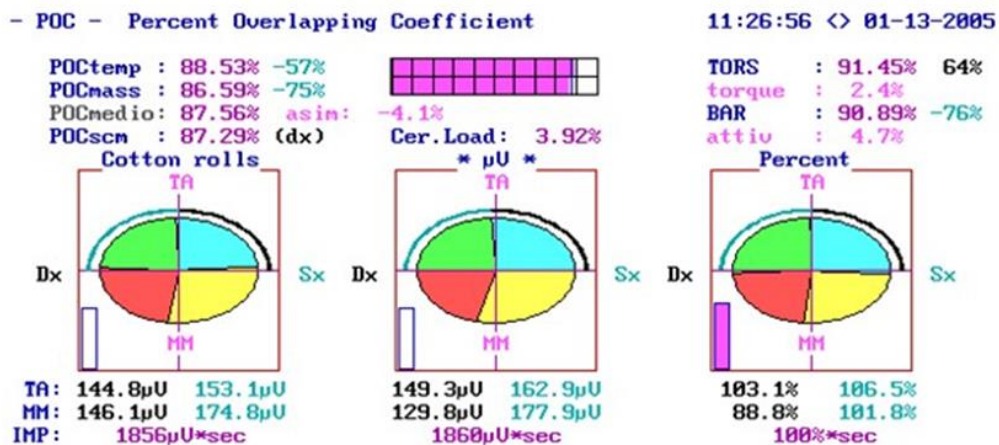


Рисунок 76 - Результаты электромиографии при максимальном волевом сжатии

По результатам артровибрографии, шумы, регистрируемые в ВНЧС, не превышали нормальный шумовой фон для физиологически здоровых тканей, что подтверждает отсутствие патологии ВНЧС.

По результатам окклюзиографии, проведенной в центральной окклюзии, определялась относительная сбалансированность по силе окклюзионных контактов на правой (52,2%) и левой (47,8%) сторонах, что подтверждается данными усредненного графика (линия по центру окклюзиограммы). Кроме того, направление изолинии сверху вниз говорит о наличии клыкового ведения. Детальное изучение окклюзиограммы по времени так же подтверждает эти данные

- первый контакт приходится на зуб 2.3, через 0,11 сек, переходя на зуб 1.3, а далее в течение 0,24 сек переходит во множественные контакты.

Анализ окклюзионного времени, представляющего собой показатель, характеризующий временной отрезок, проходящий от первого окклюзионного контакта до достижения полного фиссурно-бугоркового смыкания, так же не показал отклонений. Во всех исследованиях он составил не более 0,2 сек, что соответствует рекомендациям.

Все контакты равномерные, сила смыкания антагонистов не выявляет всплесков по силе давления, что говорит об отсутствии супраконтактов. Графики контактов равномерные, с равными временными промежутками, без признаков мышечных фибрилляций, что демонстрирует отсутствие мышечной усталости, характерной для пациентов с бруксизмом или мышечной дисфункцией (Рисунок 77).

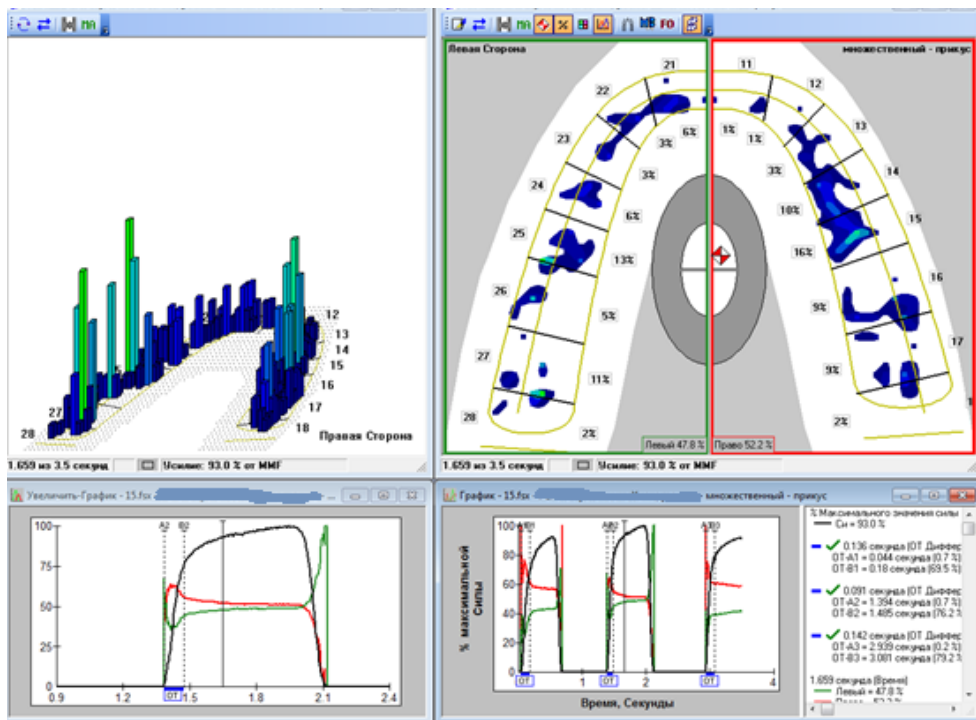


Рисунок 77 - Окклюзиограмма в центральной окклюзии

При оценке динамических контактов в боковой и передней окклюзиях, оценивали наличие супраконтактов и времени разобщения. Время разобщения – показатель, характеризующий интервал времени, необходимый для полного

разобращения фиссурно-бугоркового контакта, за исключением такого на ведущем зубе. В норме он составляет менее 0,4 сек.

Показания T-Scan III, полученные при боковом движении нижней челюсти в правую сторону, не выявляли супраконтактов ни на рабочей, ни на балансирующей стороне. Время разобращения составило 0,01 сек (Рисунок 78).

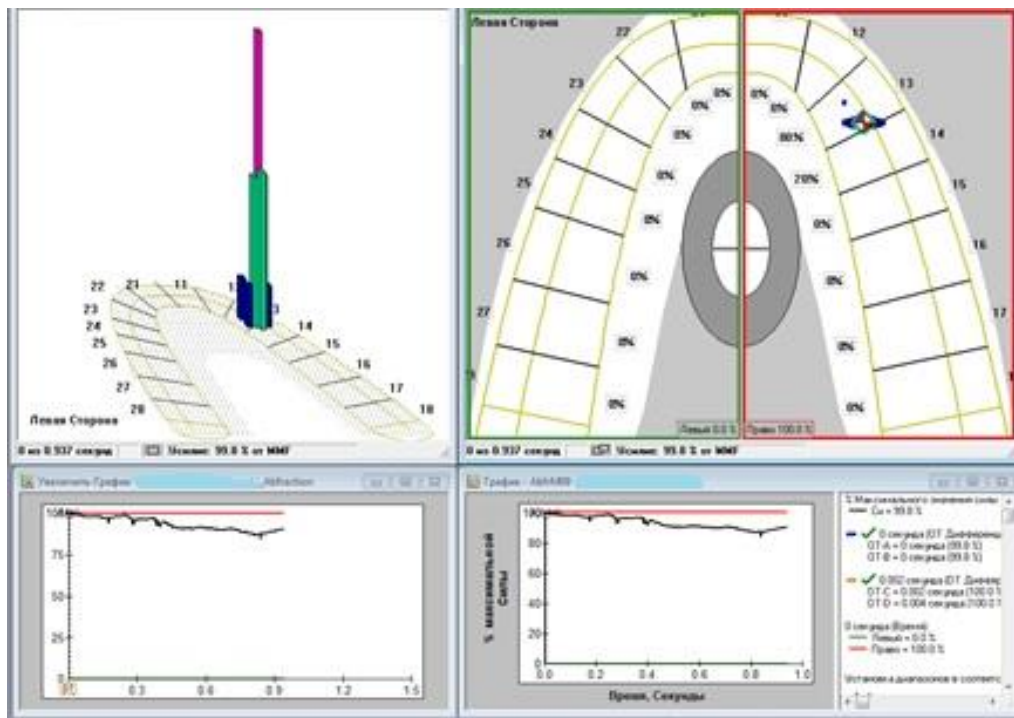


Рисунок 78 - Оклюзиограмма в правой боковой окклюзии

При анализе боковой окклюзии на левой стороне получены аналогичные данные, а именно отсутствие супраконтактов на рабочей и балансирующей сторонах и плавное движение по клыкам. Время разобращения – 0,088 сек (Рисунок 79).

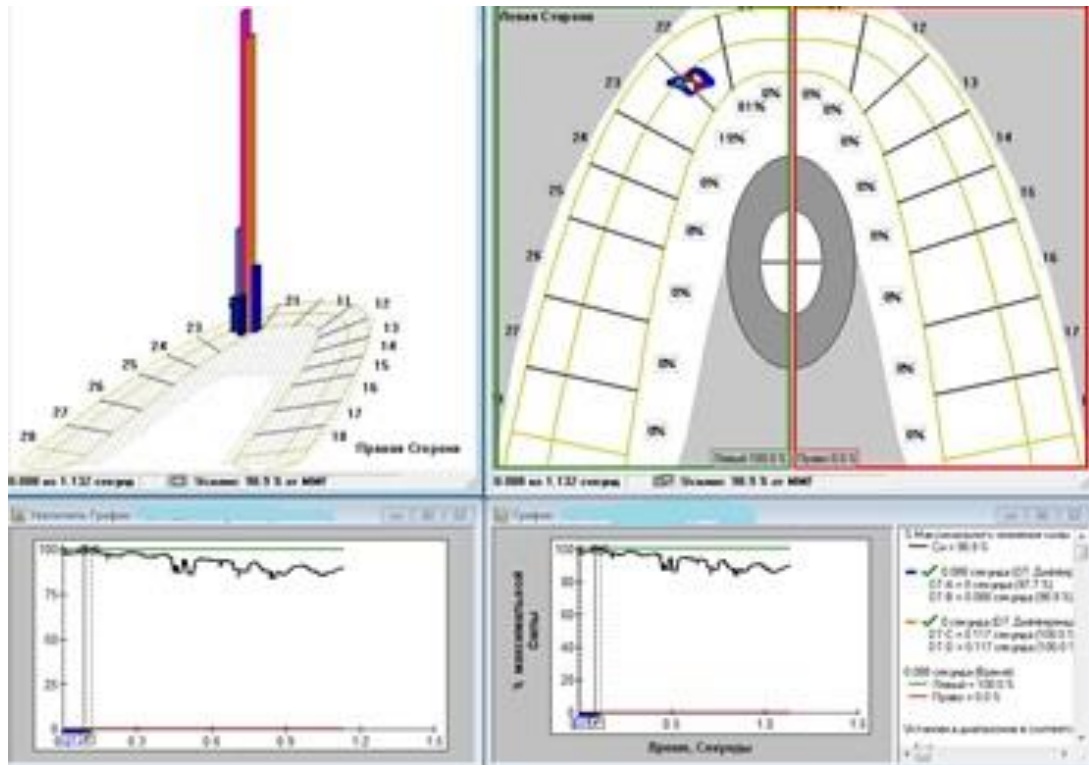


Рисунок 79 - Окклюзиограмма в левой боковой окклюзии

В передней окклюзии так же не наблюдалось супраконтактов. Время разобращения – 0,1 сек (Рисунок 80).

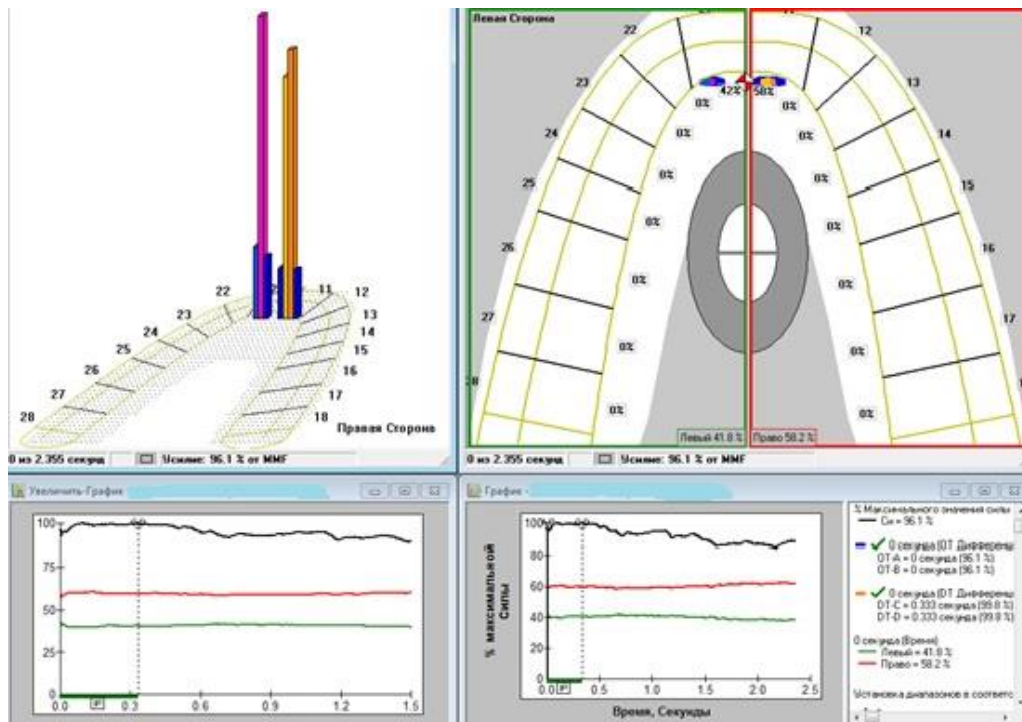


Рисунок 80 - Окклюзиограмма в передней окклюзии

Таким образом, результаты дополнительных методов исследования позволили исключить наличие дисфункций ВНЧС и парафункций жевательных мышц, как потенциально возможных причин скола керамической облицовки.

После снятия металлокерамической коронки, установлено, что коронка изготовлена с опорой на индивидуализированный стандартный титановый абатмент (Рисунок 81).



Рисунок 81 - Индивидуализированный стандартный титановый абатмент в области зуба 1.6

По данным СЭМ на поверхности металлического каркаса предположительно обнаружены частицы песка, используемого для пескоструйной обработки металла, что возможно и стало причиной поломки конструкции.

Далее для повторного изготовления металлокерамической коронки с опорой на имплантат в области зуба 1.6 была произведена замена клинического винта, фиксирующего абатмент и был снят двухфазный одномоментный оттиск с уровня абатмента при помощи А-силикона Elite HD (Zhermack, Италия). При изготовлении коронки металлический каркас подвергся обработке по плазменно-электролитной методике (Рисунок 82). Пескоструйную обработку каркаса не проводили.

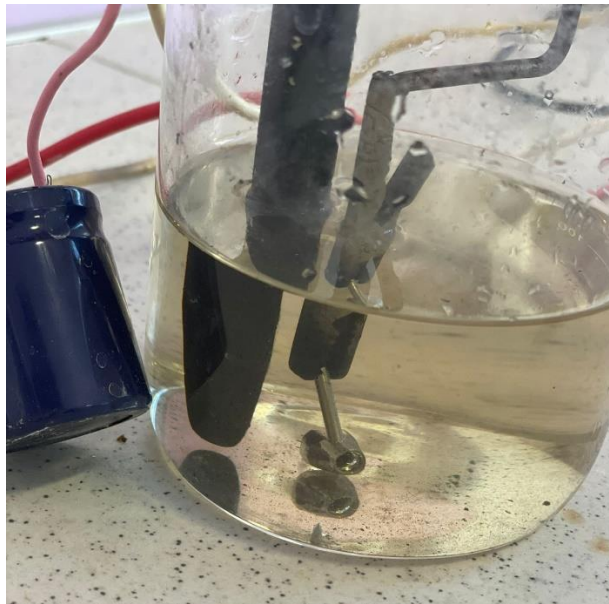


Рисунок 82 - Обработка металлического каркаса металлокерамической коронки плазменно-электролитным методом

Далее была нанесена керамическая облицовка. Работа выполнялась с использованием артикулятора. Окончательная коррекция окклюзионных взаимоотношений проводилась под контролем компьютерной окклюзиографии и протез фиксировали во рту пациента (Рисунок 83).



Рисунок 83 - Примерка металлокерамической коронки с опорой на имплантат в области зуба 1.6

4.3.3. Клинический случай № 3

Пациентка 36 лет обратилась в ортопедическое отделение стоматологической поликлиники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Казанский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации с жалобами на скол керамической облицовки металлокерамической коронки, изготовленной в этой же стоматологической поликлинике.

Металлокерамическая коронка зуба 1.5 была изготовлена и зафиксирована на постоянный цемент Ketac Cem Easymix (3M ESPE, США) 1 год 4 месяца назад. После фиксации пациентка дважды приходила на приём для осмотра и проведения профессиональной гигиены, последний раз 4 месяца назад. По результатам анкетирования и сбора анамнеза выяснилось, что адаптация к несъемному протезу прошла без трудностей, на следующий день после фиксации пациентка уже не ощущала коронку. Вредные пищевые привычки отсутствуют, травмы челюстно-лицевой области и возможность травмирования ортопедических конструкций столовыми приборами и жесткой пищей пациентка отрицает. Работает флористом. Кислыми, газированными напитками и пищей не злоупотребляет.

При внешнем осмотре конфигурация лица не изменена, кожные покровы физиологической окраски без патологических изменений, подбородочная и носогубные складки умеренно выражены, губы смыкаются свободно, без напряжения мышц. Регионарные лимфатические узлы не пальпируются. Короткий гамбургский тест имел отрицательный результат.

При осмотре преддверия и собственно рта слизистая оболочка десны, альвеолярных отростков, губ, щек бледно-розового цвета, без патологических образований. Уздечки верхней и нижней губ прикреплены в области переходной складки, щечные тяжи умеренно выражены. Глубина преддверия в области нижней челюсти 5 мм, верхней челюсти - 5 мм. Язык бледно-розового цвета, не обложен. Десневые сосочки физиологической окраски, без признаков воспаления,

зубодесневое прикрепление не нарушено, подвижность зубов физиологическая. Индекс кровоточивости - 0, индекс гигиены – 0,6. Прикус физиологический.

Зубы 1.6, 2.7, 3.5, 3.6, 4.6 восстановлены при помощи композитных реставраций, состояние пломб удовлетворительное, краевое прилегание не нарушено, твёрдые ткани зубов на границе с реставрациями не пигментированы. Зуб 1.5 покрыт металлокерамической коронкой. На вестибулярной поверхности коронки имеется обширный скол керамической облицовки с захватом щечного бугра до поверхности каркаса (Рисунок 84). Слизистая оболочка десны вокруг коронки физиологической окраски, без признаков воспаления, десневые сосочки выражены.



Рисунок 84 - Скол керамической облицовки металлокерамического протеза

На сагиттальном срезе КЛКТ корневой канал зуба 1.5 obturated homogeneously to the apex, periapical changes are not. In the root canal, a cast post-crown inlay is installed, with a length of 2/3 of the root canal (Figure 85).

Металлокерамическая коронка зуба 1.5 была изготовлена в зуботехнической лаборатории стоматологической поликлиники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Казанский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения

Российской Федерации. Пескоструйную обработку металлического каркаса проводили песком из оксида алюминия с размером частиц 125 мкм Cobra (Renfert, Германия). Для облицовки использовалась керамическая масса IPS InLine (Ivoclar Vivadent, Лихтенштейн) по инструкции производителя. Обжиг керамических материалов производился в печи Programat P500 (Ivoclar Vivadent, Лихтенштейн).



Рисунок 85 - Сакиттальный срез КЛКТ зуба 1.5

По данным истории болезни после постоянной фиксации металлокерамической коронки пациентке проводили цифровой анализ окклюзии. По результатам окклюдзиографии, проведенной в центральной окклюзии, определялась относительная сбалансированность по силе окклюдзионных контактов на правой (53,7%) и левой (46,3%) сторонах, что подтверждается данными усредненного графика (линия по центру окклюдзиограммы). Кроме того, направление изолинии сверху вниз говорит о наличии клыкового ведения (Рисунок 86). Детальное изучение окклюдзиограммы по времени так же подтверждает эти данные - первый контакт приходится на зуб 1.3, через 0,17 секунд

переходя на зуб 2.3, а далее в течение 0,24 сек переходит во множественные контакты.

Анализ окклюзионного времени, представляющего собой показатель, характеризующий временной отрезок, проходящий от первого окклюзионного контакта до достижения полного фиссурно-бугоркового смыкания, так же не показал отклонений. Во всех исследованиях он составил не более 0,2 сек, что соответствует рекомендациям.

Все контакты равномерные, сила смыкания антагонистов не выявляет всплесков по силе давления, что говорит об отсутствии супраконтактов. Графики контактов равномерные, с равными временными промежутками, без признаков мышечных фибрилляций, что демонстрирует отсутствие мышечной усталости, характерной для пациентов с бруксизмом или мышечной дисфункцией (Рисунок 86).

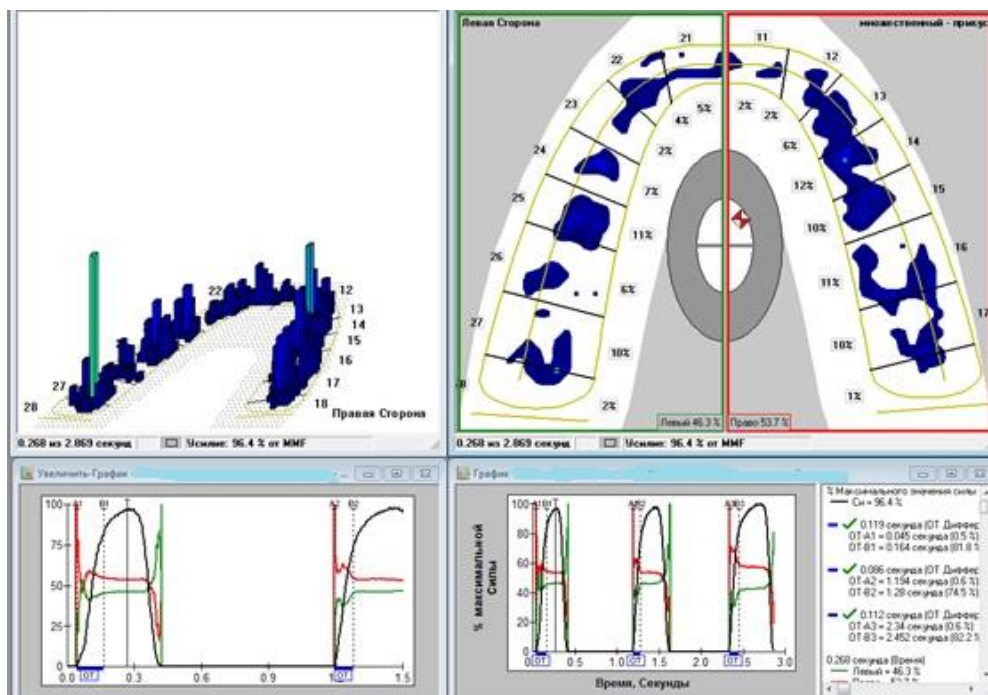


Рисунок 86 - Окклюзиограмма в центральной окклюзии

При оценке динамических контактов в боковой и передней окклюзиях, оценивали наличие супраконтактов и времени разобщения. Время разобщения – показатель, характеризующий интервал времени, необходимый для полного

разобращения фиссурно-бугоркового контакта, за исключением такового на ведущем зубе. В норме он составляет менее 0,4 сек.

Показания T-Scan III, полученные при боковом движении нижней челюсти в правую сторону, не выявляли супраконтактов ни на рабочей, ни на балансирующей стороне. Время разобращения составило 0,09 сек (Рисунок 87).

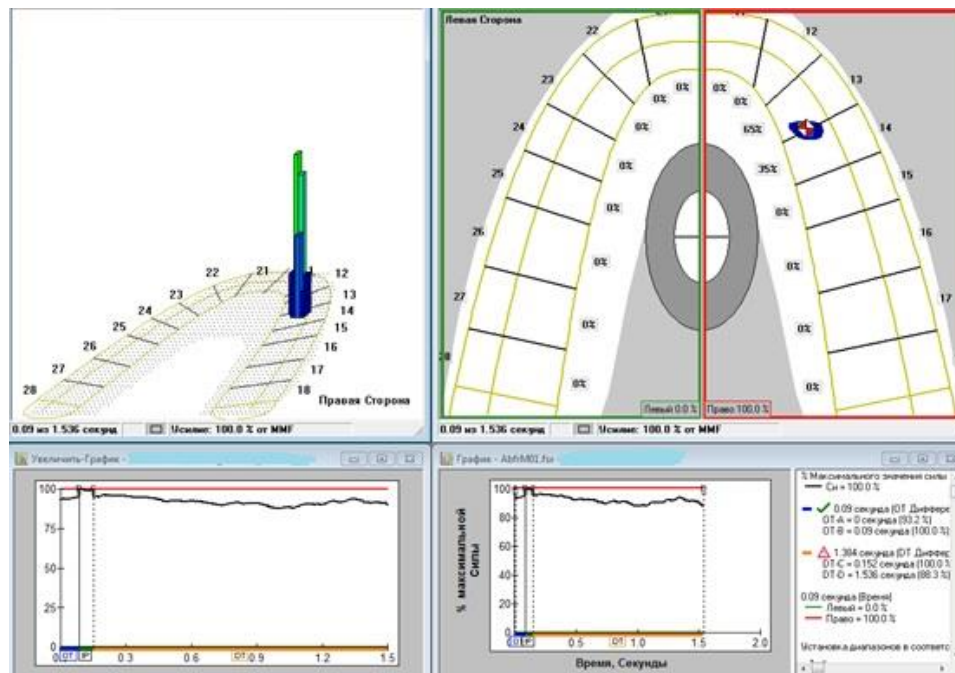


Рисунок 87 - Оклюзиограмма в правой боковой окклюзии

При анализе боковой окклюзии на левой стороне получены аналогичные данные, а именно отсутствие супраконтактов на рабочей и балансирующей сторонах и плавное движение по клыкам. Время разобращения – 0,066 сек (Рисунок 88).

В передней окклюзии так же не наблюдалось супраконтактов. Время разобращения – 0,019 сек (Рисунок 89).

Результаты компьютерной окклюзиографии исключают влияние особенностей окклюзии пациентки на возникновение скола керамической облицовки металлокерамической коронки. Повторно компьютерная окклюзиография пациентке не проводилась.

При анализе ночной парафункциональной активности жевательных мышц с помощью брукс-чекера, не выявили зоны стираемости красителя по окклюзионным контактам (Рисунок 90).

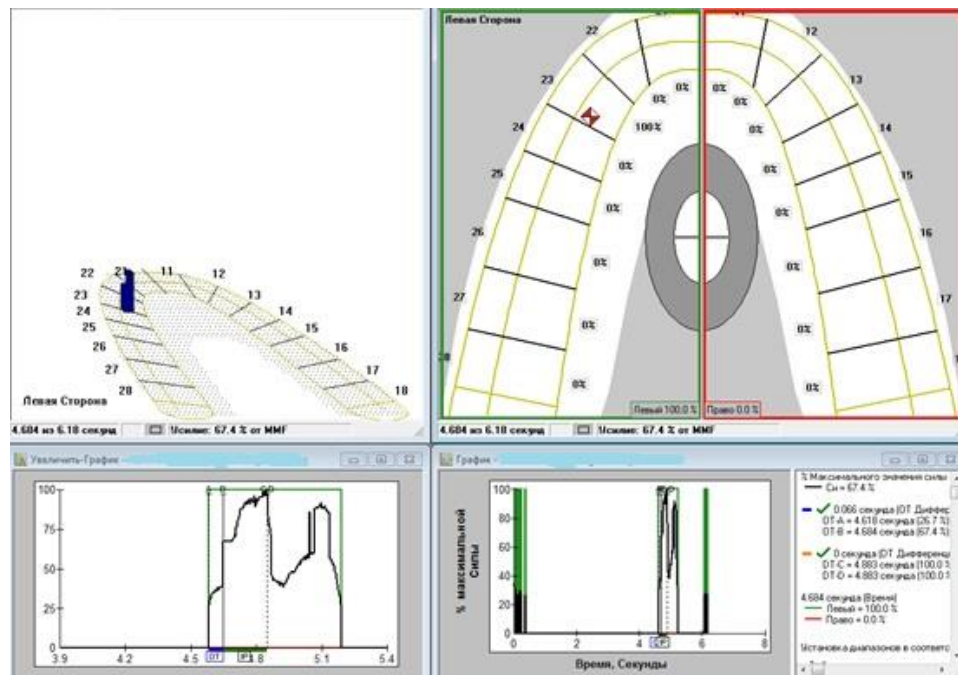


Рисунок 88 - Окклюзиограмма в левой боковой окклюзии

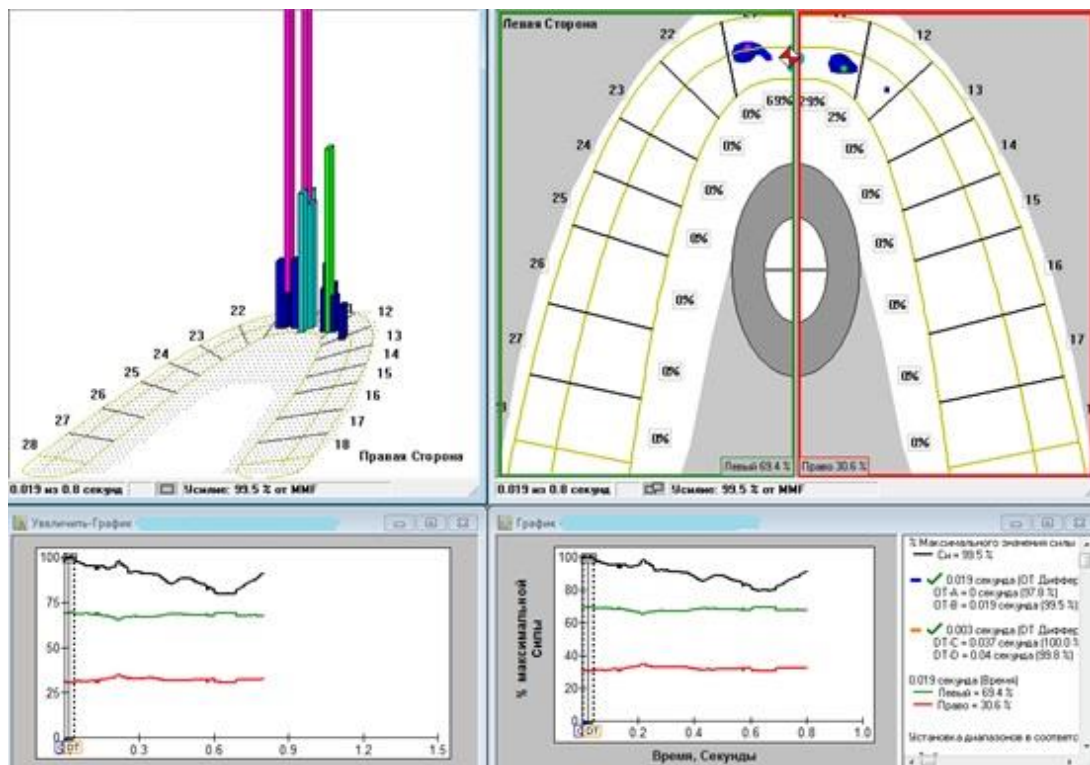


Рисунок 89 - Окклюзиограмма в передней окклюзии

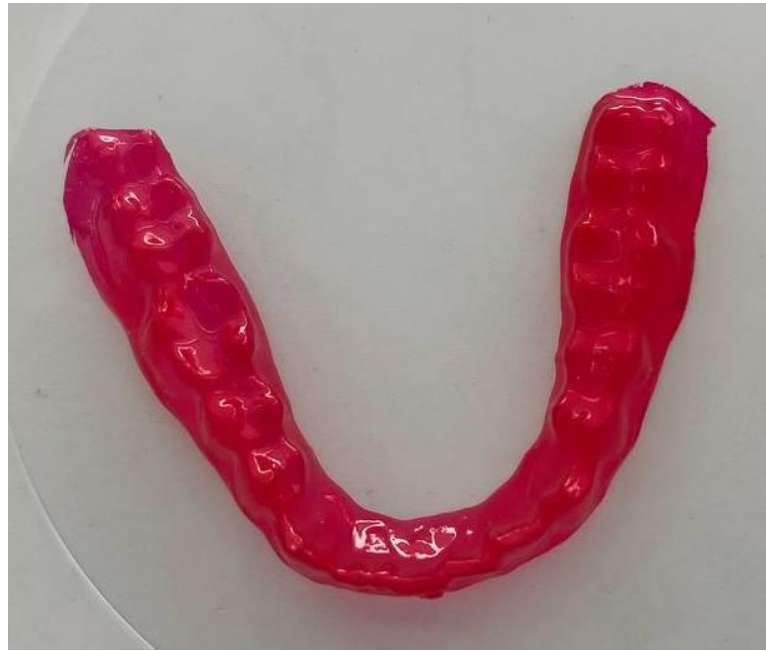


Рисунок 90 - Брукс-чекер

По данным электромиографии в состоянии физиологического покоя не определяется тоническое сокращение мышц, биопотенциал мышц не превышает 2 мкВ (Рисунок 91).

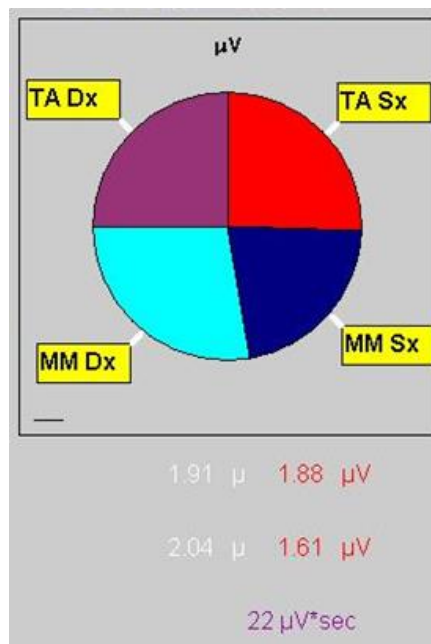


Рисунок 91 - Данные биопотенциалов жевательных мышц в состоянии относительного физиологического покоя

Получены следующие данные: максимальные показатели суммарного потенциала основных жевательных мышц при максимальном волевом сжатии составили 2176 мкВ, что говорит об отсутствии гипертонуса последних.

Показатели симметрии мышц составили 89,57% для височных и 87,04% для жевательных, что так же является показателями нормы. Относительный показатель ATTIVE, характеризующий синергию работы височной и жевательной мышц, составил 3,8%, что подтверждает отсутствие отклонений в функционировании мышц под влиянием окклюзионных контактов.

Индекс ASIM характеризующий нейромышечной баланс правой и левой стороны относительно горизонтальной плоскости так же соответствовал норме, составив -1,1%.

Индекс TORS, характеризующий наличие крутящего момента при работе жевательных мышц, составил 90,27%, то есть находился в пределах нормы (Рисунок 92).

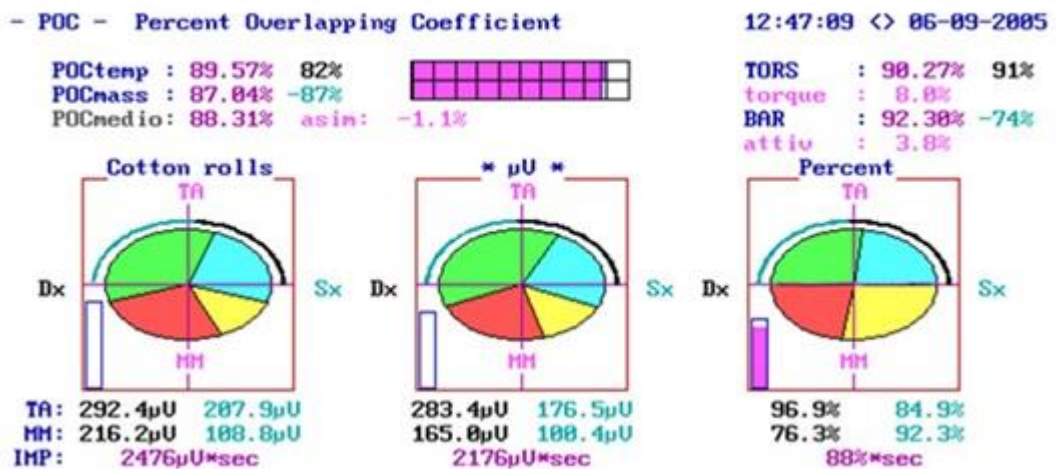


Рисунок 92 - Результаты электромиографии при максимальном волевом сжатии

По результатам артровибрографии, шумы, регистрируемые в ВНЧС, не превышали нормальный шумовой фон для физиологически здоровых тканей, что подтверждает отсутствие патологии ВНЧС.

Таким образом, результаты дополнительных методов исследования позволили исключить наличие дисфункций ВНЧС и парафункций жевательных мышц, как потенциально возможных причин скола керамической облицовки.

По данным СЭМ на поверхности металлического каркаса предположительно обнаружены частицы песка, используемого для пескоструйной обработки металла, что возможно и стало причиной поломки конструкции.

Далее было необходимо учесть вероятные причины скола керамической облицовки и изготовить новую металлокерамическую коронку на зуб 1.5. Для этого в процессе изготовления конструкции металлический каркас не подвергался пескоструйной обработке, а был обработан с применением плазменно-электролитной методики (Рисунок 93).



Рисунок 93 - Обработка металлического каркаса металлокерамической коронки плазменно-электролитной методикой

Керамическая облицовка наносилась по стандартной методике с загипсовкой моделей в артикулятор (Рисунок 94). Коррекция окклюзионных контактов

проводилась под контролем компьютерной окклюзиографии и протез окончательно фиксировали во рту пациента (Рисунок 95).

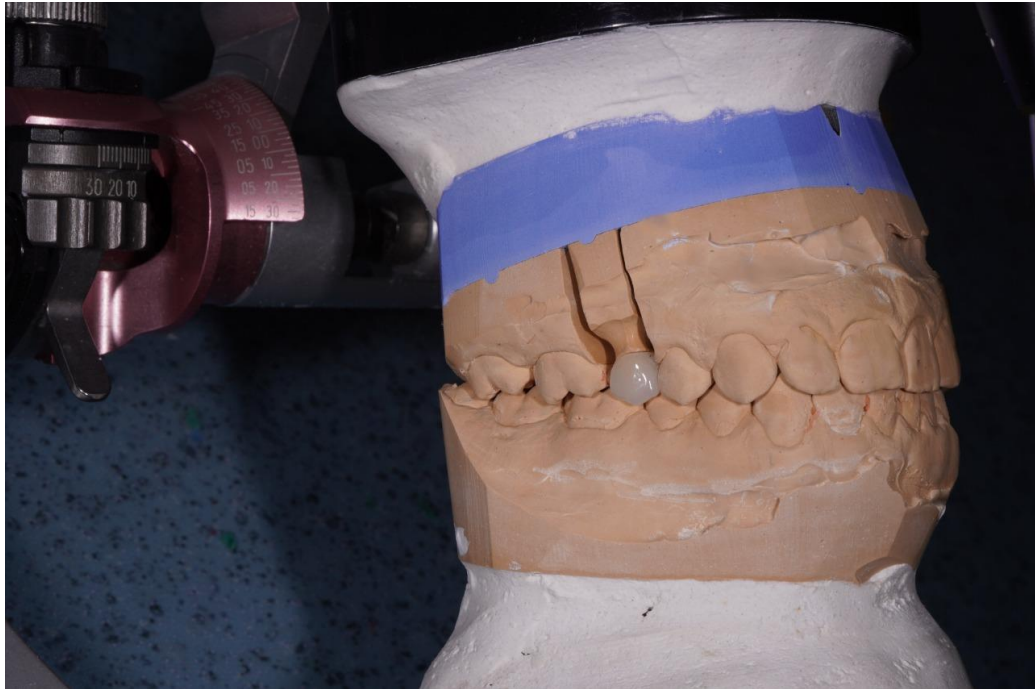


Рисунок 94 - Изготовление металлокерамической коронки с использованием артикулятора



Рисунок 95 - Металлокерамическая коронка в области зуба 1.5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высокая распространенность стоматологических заболеваний, отсутствие эффективных профилактических программ, несвоевременное обращение за медицинской помощью приводит к потере естественных зубов. Дефекты зубных рядов замещаются зубопротезными, в том числе несъемными металлокерамическими конструкциями. Длительность функционирования зубных протезов зависит от многих факторов и одним из них является сохранение целостности самого зубного протеза. При использовании металлокерамическими протезами возможны различные осложнения, такие как расцементировка коронок, развитие воспалительных явлений зубодесневых сосочков, сколы облицовочного покрытия. Причинами развития таких осложнений могут быть не только индивидуальные особенности организма, неправильная оценка клинической ситуации, нарушение клинико-лабораторных этапов, но и технологическое несовершенство изготовления зубных протезов, в частности сила сцепления керамики с металлическим каркасом. Для достижения хорошей адгезии требуется высокая степень чистоты соприкасаемых поверхностей, отсутствие примесей, в первую очередь песка, используемого при очистке металлического каркаса после литья механической обработки металлических каркасов.

В этой связи, целью исследования явилось определение оптимальных параметров обработки поверхности металлического каркаса для повышения адгезионного сцепления металла и керамики и разработка метода формирования микрорельефа поверхности.

Для достижения поставленной цели, на первом этапе было необходимо при помощи специально разработанных анкет изучить востребованность в металлокерамических конструкциях среди врачей-стоматологов-ортопедов, зубных техников и пациентов в настоящее время и определить распространенность осложнений при протезировании металлокерамическими конструкциями. В

социологическом опросе участвовали 218 врачей-стоматологов-ортопедов, 157 зубных техников и 141 пациент, которым восстановление дефектов твердых тканей зубов и зубных рядов проводилось с использованием металлокерамических конструкций.

Из опрошенных врачей-стоматологов-ортопедов $8,0 \pm 1,3\%$ не использовали металлокерамические конструкции в своей практике, соответственно, в дальнейшем анкетировании участвовал только 201 врач, $47,7 \pm 2,5\%$ из которых отмечают возникновение осложнений при применении металлокерамических конструкций. Наиболее распространенным осложнением 54% респондентов считают скол керамической облицовки с локализацией на различных поверхностях зубов. $62,0 \pm 2,4\%$ врачей считают, что вероятность возникновения сколов не зависит от вида зубопротезной конструкции. Вторым по частоте встречаемости осложнением врачи-стоматологи-ортопеды называют возникновение пульпитов. $68,1 \pm 4,2\%$ респондентов не встречаются в своей практике с расцементировкой несъемных конструкций.

Всего $24,2 \pm 2,1\%$ врачей применяют металлокерамические конструкции при завышении прикуса, а $53,0 \pm 2,5\%$ - лишь иногда. При бруксизме, в большинстве случаев ($56,0 \pm 2,5\%$) металлокерамические протезы не применяют, а $30,0 \pm 2,3\%$ респондентов иногда выбирают данную конструкцию.

Только $14,42 \pm 1,7\%$ респондентов пришлифовывают супер-контакты при припасовке металлокерамических протезов и только $29,2 \pm 2,3\%$ врачей препарируют зубы на глубину от 1,5 мм и более. Самыми предпочтительными видами уступа являются плечевидный ($42,8\%$) и желобовидный ($41,6\%$). А-силиконом снимают оттиски $62,5 \pm 2,4\%$ врачей, $30,0 \pm 2,3\%$ – С-силиконом, $7,2 \pm 0,4\%$ используют цифровое сканирование. В $98,0 \pm 0,7\%$ случаев врачи оценивают толщину будущего керамического слоя на этапе припасовки металлического каркаса. Оценивают качество керамического покрытия на готовой металлокерамической конструкции $86,0 \pm 1,7\%$ респондентов. В соблюдении алгоритма изготовления металлокерамических конструкций и рациональной работе зубного техника $61,8 \pm 2,4\%$ врачей уверены.

При анкетировании зубных техников выяснилось, что 32% респондентов не занимаются изготовлением металлокерамических конструкций, поэтому в дальнейшем опросе участвовали 144 человека, $57,8 \pm 2,5\%$ из которых не приходилось переделывать металлокерамические конструкции по причине скола керамической облицовки. Некачественные оттиски не принимают для работы 49% респондентов. Качество металлического каркаса после отливки проверяют $90,9 \pm 1,4\%$ зубных техников. При нанесении керамики в зуботехнической лаборатории $73,6 \pm 2,2\%$ респондентов используют артикулятор, $26,4 \pm 1,2\%$ - окклюдатор. Абсолютное большинство анкетированных (80%) для пескоструйной обработки используют песок с размером частиц в 125 мкм. $97,8 \pm 2,9\%$ опрошенных утверждают, что не допускают нарушений технологии при изготовлении металлокерамических ортопедических конструкций.

Среди возможных причин сколов керамической облицовки металлокерамических конструкций на первое место $60,0 \pm 2,5\%$ зубных техников ставят качество сплава, $27,30 \pm 1,2\%$ - несоблюдение пациентами рекомендаций врачей, $9,1 \pm 0,8\%$ - некачественную работу врачей-стоматологов-ортопедов.

При анкетировании пациентов установлено, что чаще всего ($55,5 \pm 2,5\%$) выбор металлокерамической конструкции обусловлен рекомендациями врачей, реже советами знакомых и собственным решением ($10,6 \pm 1,5\%$ и $31,0 \pm 2,3\%$ соответственно). При необходимости дальнейшего протезирования $68,1 \pm 2,3\%$ респондентов выберут металлокерамические конструкции, $85,1 \pm 1,8\%$ - отмечают значительное улучшение качества жевания и эстетического вида. Комфортность пользования металлокерамическими протезами подчеркнули $78,7 \pm 2,0\%$ пациента. Большинство пациентов ($72,7 \pm 2,0\%$) будут рекомендовать их своим знакомым.

В $68,1 \pm 2,3\%$ случаев пациентами не отмечено появление шероховатостей, сколов или острых краев после протезирования металлокерамическими протезами; рекомендации врача после протезирования соблюдали $78,7 \pm 2,6\%$ опрошенных пациентов. При пользовании металлокерамическими протезами, пациенты при опросе указывали, что $21,3 \pm 2,0\%$ и $29,8 \pm 2,3\%$ из них постоянно или иногда употребляют газированные\кислые напитки. Однако, на вопрос о воздействии

травматического фактора перед появлением скола керамического покрытия, утвердительно ответили только $2,1 \pm 0,7\%$ пациентов, а $19,1 \pm 1,9\%$ указали в качестве ответа – «не помню». $61,7 \pm 2,4\%$ респондентов никогда не наблюдали за собой парафункциональных привычек.

Таким образом, большинство врачей-стоматологов-ортопедов ($61,8 \pm 2,4\%$) при протезировании металлокерамическими конструкциями соблюдают алгоритмы клинических подходов, предпочитая командную работу с зубными техниками, выдерживающими требования технологического процесса.

Всего $78,7 \pm 2,6\%$ пациентов следуют рекомендациям докторов. Однако, по анкетным данным из всех осложнений протезирования металлокерамическими конструкциями $54,0 \pm 2,3\%$ приходится на сколы керамической облицовки. А $60,0 \pm 2,5\%$ зубных техников причину возникновения сколов связывают с качеством сплава, т.е. с металлическим каркасом. Поэтому наши дальнейшие исследования были посвящены изучению металлической поверхности каркасов в технологическом процессе.

Плохая адгезия керамической облицовки к поверхности металлического каркаса одна из главных причин возникновения осложнений при протезировании металлокерамическими конструкциями. Основными факторами, влияющими на силу адгезии в таком случае, являются отсутствие примесей на поверхности каркаса и её шероховатость. Поэтому нами исследована структура поверхности стоматологического металлического сплава, обработанного различными способами. Для достижения результата были изготовлены экспериментальные образцы из кобальтохромового сплава, которые впоследствии обработаны 3-мя различными методами: полировка, фрезерование, пескоструйная обработка. Поверхность образцов изучалась с помощью сканирующего электронного микроскопа с системой зондового микроанализа, а также определялись параметры шероховатости поверхности образцов на профилометре.

На поверхности образцов после полировки и обработки фрезой обнаруживаются неровности в виде канавок, сформированных абразивом полирующего инструмента и вращением фрезы соответственно. Спектральный

анализ и в том, и в другом случае подтверждает элементный состав сплава, указанного производителем, отсутствие инородных включений на поверхности.

Морфология поверхностей образцов после пескоструйной обработки с использованием песка дисперсностью 50 мкм, 90 мкм, 125 мкм очень развитая, имеет множество острых выступающих неровностей, сформированных в результате скольжения частиц песка по металлической поверхности, отмечаются включения частичек песка (Al_2O_3). Элементные составы, определенные с указанных площадей со включениями при обработке песком 50 мкм, 90 мкм, 125 мкм указывают на наличие в структуре поверхности металлического каркаса оксида алюминия.

Визуальная оценка СЭМ изображения образцов металлических поверхностей при обработке после литья с целью очищения от формовочной массы показывает, что частицы абразива размером 250 мкм удаляют формовочную массу с поверхности металлического каркаса и при этом длительное их воздействие может привести к утончению толщины стенки каркаса. При многократных увеличениях наблюдаются остатки песка различных размеров, требующие удаления при тщательной паровой очистке. После этапа паровой очистки определяются частицы размером от 100 нм, структура сформированной поверхности с выраженными выступами и впадинами.

По кривой профилограммы полированных образцов определяются, как и следовало ожидать, минимальные размеры шероховатости. При обработке фрезой показатели шероховатости чуть выше. Данный метод обработки эффективен с точки зрения предотвращения будущих концентраторов напряжения, однако удельная площадь поверхности в данном случае в среднем в три и более раз меньше, чем у образцов с пескоструйной обработкой при размере частиц 250 мкм.

Анализ профилограмм образцов после пескоструйной обработки с использованием песка дисперсностью 50 мкм, 90 мкм, 125 мкм показывает отсутствие крупных выступов, которые могли бы явиться концентраторами напряжения и служить источником возникновения микротрещин на границе

металл-керамика. Чем больше частицы песка, тем более выражен рельеф поверхности металла.

Таким образом, пескоструйная обработка поверхности металла песком размером 250 мкм является эффективным методом очищения от формовочной массы, однако профилометрия показывает слишком высокие параметры шероховатости, которые могут негативно сказываться на сцеплении керамической облицовки с каркасом. Обработка металлической поверхности фрезой создает минимальные параметры шероховатости, что негативно сказывается на сцеплении керамики с металлом. При обработке поверхности металла песком размером 50 мкм, 90 мкм, 125 мкм наблюдается формирование характерной локально исцарапанной трехмерной структуры, однако на поверхности металла остаются частицы песка, впечатанные в металл.

По нашему мнению, частицы песка на поверхности металлического каркаса могут негативно влиять на адгезию между керамикой и металлом. Поэтому следующей задачей стало создание нового способа обработки поверхности металлического каркаса, позволяющего создать нужную шероховатость не загрязняя поверхность. В рамках исследования был разработан метод плазменно-электролитной обработки поверхности для формирования микрорельефа поверхности и определены оптимальные его режимы.

Метод заключается в использовании газовых разрядов с жидкими электродами. Процесс обработки происходит в результате горения газовых разрядов на поверхности металлического электрода, погруженного в раствор электролита. Для достижения нашей цели – контролируемого изменения шероховатости – необходимо использовать катодную полярность активного обрабатываемого электрода.

Основными параметрами, влияющими на процесс обработки, является величина и форма прикладываемого напряжения, сила тока разрядной цепи, температура электролита. В экспериментах использовалась сглаженная форма напряжения, получаемая при использовании емкостного фильтра, и, регулируя его, мы изменяли режим обработки. Применение активного обрабатываемого

электрода катодной полярности приводит к локальному оплавлению его поверхности под действием хаотично возникающих одиночных микрозарядов. В зависимости от мощности зарядов и температуры самого электрода наблюдается формирование различных микролунок, которые в свою очередь суммарно формируют общую шероховатость поверхности. Формирование микролунок происходит в результате оплавления поверхности и частичного выброса материала электрода в электролит.

По результатам сканирующей электронной микроскопии образца, обработанного разработанным методом, наблюдается пористая структура, выступы имеют сферическую форму. Поверхность, получаемая данным способом, по морфологии кардинально отличается от стандартных методов обработки отсутствием острых выступов, которые в дальнейшем при нанесении керамики могут выступать концентраторами напряжения и приводить к сколу керамики при циклических нагрузках. При изучении поверхности методом профилометрии определяются рельефные параметры шероховатости, показатели приближены к образцу с пескоструйной обработкой 90 мкм.

Сравнение параметров шероховатости стандартных методов обработки поверхности с плазменно-электролитным формированием микрорельефа показывает, что данный метод по своим возможностям превосходит способ пескоструйной обработки, обработку фрезой и полировку поверхности. Таким образом, регулируя параметры процесса обработки можно будет получать требуемую шероховатость поверхности, кроме того, применение метода плазменно-электролитной обработки позволит устранить наличие частичек песка и пыли на поверхности металла.

Далее было необходимо сравнить силу адгезии керамической облицовки к металлическим каркасам, обработанным традиционным и разработанным способами. Методы оценки адгезии разделяют на две группы: определение адгезии методом определения прочности при сдвиге и при отрыве соединения.

Метод испытания заключается в определении величины разрушающей нагрузки при растяжении двух образцов, склеенных между собой керамикой. Зоны

наложения керамики на образцах подвергали разным вариантам обработок: полировка, фрезерование, пескоструйная обработка, плазменная обработка.

Была показана зависимость между параметрами шероховатости и величиной напряжения адгезии. Более того, эта зависимость оказалась нелинейной, что коррелирует с результатами других авторов.

Было предложено описать полученную зависимость смещенным и смасштабированным распределением Гаусса. При этом при расщеплении данных классической и предлагаемой методики средняя величина распределений различалась мало, но при этом существенно отличались масштабные коэффициенты. Это может быть объяснено вкладом химической и микрорельефной составляющих в адгезионные свойства. То есть, при пескоструйной обработке на обрабатываемой поверхности остаются частички абразива – песок, а геометрия впадин и выступов - острая.

Таким образом можно заключить, что адгезионные свойства на сдвиг зависят от величины параметра шероховатости, при этом было показано, что эта зависимость нелинейна. Влияние химической адгезии с микрорельефом каркаса наблюдается косвенно и отражается лишь на абсолютной величине напряжения адгезии при сдвиге. Предложенным методом были получены образцы с величиной напряжения адгезии на сдвиг 8.35 ± 0.21 МПа, что превышает аналогичный показатель при пескоструйной обработке почти в два раза.

Для определения среднего периода функционирования металлокерамических конструкций до появления сколов керамической облицовки 168 коронок, изготовленных традиционным способом и при помощи плазменно-электролитной обработки, подвергались жевательной нагрузке на «Стенде жевательных движений». Период возникновения скола для каждой коронки измерялся в количестве жевательных циклов, совершенных до возникновения скола.

Из 168 коронок скол облицовки до уровня каркаса облицовки произошел у 6,5% коронок, изготовленных традиционным способом. У коронок, металлический

каркас которых был обработан при помощи плазменно-электролитной обработки, скол произошел на 1 коронке из 168.

При анализе результатов изучения медианы возникновения сколов керамической облицовки металлокерамической коронки в эксперименте определили, что у 7 коронок из 11 (63,6%), изготовленных традиционным способом, медиана циклов жевательных движений составила 15936 [7425; 35707], у 3 – 262036 [73825; 360935] циклов и одна коронка сломалась через 754368 жевательных циклов. Скол керамической облицовки коронки, изготовленной при помощи плазменно-электролитной обработки, произошел на 372963 цикле жевательных движений.

Каркасы металлокерамических коронок, у которых произошли сколы керамической облицовки, изучали под электронным микроскопом. На поверхности каркаса обнаружены предположительно частицы порошка для пескоструйной обработки, которые возможно являются причиной нарушения адгезии между металлическим каркасом и керамической облицовкой и возникновения скола.

Результаты эксперимента, проведенного на «Стенде жевательных движений», подтверждаются данными клинического наблюдения пациентов, имеющих сколы керамической облицовки металлокерамических конструкций. Тщательный сбор анамнеза, анкетирование пациентов, использование основных клинических и дополнительных функциональных методов исследования позволили исключить главные возможные причины сколов керамики у этих пациентов. Электронно-микроскопическое исследование поверхностей металлических каркасов, на которых произошел скол подтверждает наличие частиц песка на поверхности. Примеры ведения таких пациентов с одиночной металлокерамической коронкой на естественном зубе, на имплантате и мостовидном протезе с опорой на естественные зубы приведены в данной работе.

ВЫВОДЫ

1. При изучении мнения врачей-стоматологов-ортопедов установлено, что большинство из них ($61,8\% \pm 2,4$) при протезировании металлокерамическими конструкциями соблюдают алгоритмы клинических подходов, предпочитая командную работу с зубными техниками, выдерживающими требования технологического процесса. Из всех осложнений после протезирования металлокерамическими протезами $54,0 \pm 2,3\%$ случаев приходится на сколы керамической облицовки. Причину возникновения сколов $60,0 \pm 2,5\%$ зубных техников связывают с качеством сплава, $78,7 \pm 2,6\%$ пациентов следуют рекомендациям докторов.

2. Пескоструйная обработка металлического каркаса формирует рельеф шероховатости $Ra\ 1,037 \pm 0,119 - 3,29 \pm 0,439$, но внедряет на поверхность металла частички песка Al_2O_3 различных размеров от 150-300 нм, определяемые сканирующим электронным микроскопом.

3. Плазменно-электролитный способ обработки металлического каркаса металлокерамических зубных протезов при катодном режиме напряжения 120 – 200В в электролите 3% раствора натрия хлорида способствует образованию чистой поверхности без включения частичек песка.

4. Максимальная сила сцепления керамического покрытия с металлическим каркасом установлена у образцов, обработанных плазменно-электролитным способом. Среднее значение предельных напряжений при этом составило $30,11 \pm 0,42$ и $8,35 \pm 0,21$ МПа на отрыв и сдвиг соответственно при показателе шероховатости $Ra\ 1,414 \pm 0,026$. Из традиционных методов лучшие показатели у образцов с пескоструйной обработкой с размером частиц 90 мкм – среднее значение предельных напряжений $19,94 \pm 0,8$ МПа (на отрыв), $3,75 \pm 1,24$ МПа (на сдвиг) при $Ra\ 1,328 \pm 0,165$ МПа. Установлена нелинейная зависимость силы сцепления керамического покрытия и шероховатости металлического каркаса.

5. Экспериментальными исследованиями доказано улучшение адгезии между керамикой и металлом: скол керамической облицовки произошел в 0,6% случаев

при обработке плазменно-электролитным способом по сравнению с 6,5% при традиционном методе. У 63,6% коронок, изготовленных традиционным способом, медиана циклов жевательных движений, на которых произошел скол, составила 15936 [7425; 35707], у 27,3% – 262036 [73825; 360935] циклов и одна коронка сломалась через 754368 жевательных циклов. Химический состав частиц, обнаруженных на поверхности каркаса коронок, изготовленных традиционным методом, даёт возможность предположить, что это частицы песка для пескоструйной обработки, наличие которых, возможно, и является причиной скола керамической облицовки.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При протезировании с применением металлокерамических конструкций необходимо учитывать все возможные причины сколов керамического покрытия, зависящие от технологического процесса, клинических этапов и мотивации пациента.

2. При пескоструйной обработке металлических каркасов металлокерамических конструкций, изготавливаемых традиционной методикой, рекомендуется использовать песок размером 90 мкм для получения лучшего качества сцепления керамического покрытия с металлическим каркасом.

3. Для оптимизации изготовления металлокерамических конструкций рекомендуется использовать плазменно-электролитную обработку поверхности металлического каркаса с целью создания оптимальной шероховатости, рельефа со сферической геометрией впадин и выступов для минимизации концентрации напряжения между металлическим каркасом и керамической облицовкой и исключения присутствия песка в структуре металлического каркаса.

4. После очистки металлического каркаса от формовочной массы песком с размером частиц 250 мкм необходимо проводить тщательную очистку паром для удаления с поверхности каркаса макрочастиц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакаров, С. И. Сохранение витальности опорных зубов при применении керамических и металлокерамических протезов / С. И. Абакаров // Стоматология, 2021. - № 1. - С. 52 – 54.
2. Адгезионная прочность керамических покрытий стоматологического Ni–CR-сплава, полученного литьем с применением 3D-печати / Ц. Д. Дикова, Н. А. Долгов, Т. Г. Василев, И. П. Катрева // Деформация и разрушение материалов. - 2018. - № 9. - С. 33 - 39.
3. Алимжанов, С. Ж. Одонтопрепарирование под металлокерамические коронки с учетом анатомических особенностей строения и пародонтологической картины опорных зубов / С. Ж. Алимжанов // Актуальные научные исследования в современном мире. - 2021. - № 1-5 (69). - С. 15 - 18.
4. Алтынбеков, К. Д. Экспериментальное исследование прочности связи керамики со стоматологическим сплавом STOMET-2KZ / К. Д. Алтынбеков, Б. Ж. Нысанова, А. Ж. Сейдахме // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2017. - № 6-1. - С. 102-106.
5. Афанасьева, М. М. Актуальность и современные способы комплексной коррекции стираемости зубов / М. М. Афанасьева, И. А. Белянкин // Бюллетень медицинских интернет-конференций. - 2020. - Т. 10, № 5. - С. 170.
6. Беглюк, Д. А. Гемореология и микроциркуляция в тканях пародонта у пациентов с частичной адентией, страдающих гипертонической болезнью на этапах ортопедического лечения металлокерамическими зубными протезами / Д. А. Беглюк, Д. П. Шевченко // В сборнике: Новые технологии создания и применения биокерамики в восстановительной медицине. материалы III Международной научно-практической конференции. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. - 2013. - С. 13-16.

7. Беглюк, Д. А. Функциональные резервы тканей пародонта у пациентов с частичной адентией и металлокерамическими зубными протезами / Д. А. Беглюк, Д. П. Шевченко, С. Ю. Чаптыков // Dental Forum. - 2014. - № 1. - С. 14-17.

8. Боловина, А. Д. Особенности лечения пациентов с бруксизмом металлокерамическими зубными протезами / А. Д. Боловина, Ф. К. Узденова, Ю. В. Агеева // В сборнике: Актуальные вопросы стоматологии. Материалы межрегиональной заочной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 85-летию профессора В.Ю. Миликевича. - 2017. - С. 75-81.

9. Быкова, Н. И. Клиническая оценка тканей пародонта после протезирования металлокерамическими конструкциями на дентальных имплантатах / Н. И. Быкова // Научный альманах. - 2016. - № 12-2 (26). – С. 250- 256.

10. Вязьмин, А. Я. Наиболее типичные ошибки при ортопедическом лечении металлокерамическими протезами / А. Я. Вязьмин, Ю. М. Подкорытов, О. В. Ключников // В сборнике: Теоретические и практические проблемы развития современной науки. Материалы II Международной научно-практической конференции. - 2015. - С. 6 - 11.

11. Гажва, С. И. Сравнительная оценка методик изготовления металлокерамических конструкций при лечении пациентов с частичной потерей зубов / С. И. Гажва, Н. С. Касумов, О. В. Шкаредная // Врач-аспирант. - 2016. - Т. 78, № 5. - С. 51 - 56.

12. Гаффоров, С. А. Анализ причин неблагоприятных исходов протезирования металлокерамическими конструкциями / С. А. Гаффоров, И. С. Абдиримов, Б. Ю. Сабиров // Stomatologiya. - 2018. - № 2. - С. 50 - 52.

13. Динамика показателей стоматологического статуса у членов отряда космонавтов / Е. Е. Олесов, Е. В. Глазкова, В. Н. Олесова [и др.] // Медицина экстремальных ситуаций. - 2019. - Т. 21, № 4. - С. 486 - 490.

14. Дубова, Л. В. Сравнительная оценка влияния сплавов металлов, используемых для изготовления каркасов несъемных металлокерамических зубных протезов, на ткани полости рта в отдаленные сроки / Л. В. Дубова, М. А.

Дзаурова, Т. Б. Киткина // Cathedra-Кафедра. Стоматологическое образование. - 2015. - № 54. - С. 14 - 17.

15. Дыгов, Э. А. Клиническая характеристика тканей пародонта при протезировании на дентальных имплантатах / Э. А. Дыгов // Научный альманах. - 2016. - № 2. - 3 (16). – С. 67-70.

16. Ерошенко, Р. Э. Анализ распространенности стоматологических заболеваний, требующих ортопедического лечения, среди сельского населения Омской области / Р. Э. Ерошенко, А. А. Стафеев // Стоматология. - 2018. - Т. 97, № 1. - С. 9 - 15.

17. Жулев, Е. Н. Изучение биомеханических принципов конструирования металлокерамических мостовидных протезов без дистальной опоры / Е. Н. Жулев, Д. Н. Демин, И. В. Вельмакина // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - № 6. - С. 1152.

18. Жулев, Е. Н. Возможности унифицированной экспертной системы определения показаний для несъемных протезов при ортопедическом лечении пациентов с частичной потерей зубов / Е. Н. Жулев, О. М. Брагина, Д. Н. Демин // Вестник научных конференций. - 2017. - № 3-6 (19). - С. 192-196.

19. Зиновенко, О. Г. Результаты анкетирования врачей-стоматологов по вопросу депульпирования зубов по ортопедическим показаниям / О. Г. Зиновенко // В сборнике: Наука сегодня. Предложения. Сборник научных докладов. Sp. z o.o. «Diamond trading tour». - 2014. - С. 123-127.

20. Значение выбора фиксирующего материала при протезировании металлокерамическими конструкциями / И. С. Рединов, О. В. Головатенко, О. О. Страх [и др.] // Здоровье, демография, экология финно-угорских народов. - 2016. - № 3. - С. 92 - 94.

21. Иноятов, А. Ш. Клинико-функциональные изменения полости рта при использовании металлокерамических зубных протезов / А. Ш. Иноятов, Ф. Х. Ирсалиева, О. А. Ражабов // Stomatologiya. - 2020. - № 2. - С. 56-59.

22. Исабаев, Д. К. Способ контроля и коррекции края искусственной коронки к десневому валику / Д. К. Исабаев, Ж. К. Саменов, А. Д. Исабаев // Медицина (Алматы). - 2018. - № 2 (188). – С. 46-49.

23. Исаков, Э. О. Особенности протезирования дефектов зубных рядов металлокерамическими протезами при заболеваниях пародонта / Э. О. Исаков, С. Б. Садыков // Здоровоохранение Кыргызстана. - 2012. - № S3. - С. 56-59.

24. Касумов, Н. С. Ортопедическое лечение металлокерамическими коронками на золотых каркасах / Н. С. Касумов, С. И. Гажва // Современные проблемы науки и образования. - 2015. - № 4. - С. 306.

25. Керамические коронковые вкладки как альтернатива замещения дефектов боковых зубов светоотверждаемыми композитами / Е. Е. Олесов, Т. Н. Новоземцева, В. Э. Тихонов [и др.] // Клиническая практика. - 2018. - Т. 9, № 1. - С. 23 - 27.

26. Керимова, А. Э. Клиническая оценка фиксированных зубных протезов на кобальт-хромовой основе / А. Э. Керимова // Проблемы стоматологии. - 2019. - № 3. – С. 146 - 151.

27. Клинико-экспертная оценка зубных протезов, изготовленных из разнородных сплавов у пациентов пожилого возраста / О. И. Манин, Л. В. Дубова, П. О. Ромодановский, Е. И. Манина // Российская стоматология. - 2020. - Т. 13, № 2. - С. 70 - 71.

28. Клиническая оценка комплекса мер по коррекции индивидуальной гигиены полости рта во время ортопедического лечения / А. Н. Пархоменко, Ю. В. Агеева, В. И. Шемонаев [и др.] // Волгоградский научно-медицинский журнал. 2021. - № 3. - С. 43 - 48.

29. Клиническая оценка эффективности восстановления дефектов зубных рядов при помощи ортопедических конструкций на имплантатах в зависимости от сроков восстановления окклюзионной нагрузки / Е. Н. Дорошенко, А. Ф. Сиренко, М. В. Дорошенко, М. А. Павленко // Современная стоматология. - 2015. - № 3 (77). - С. 98.

30. Клинические аспекты состояния опорных зубов несъемных конструкций после витальной ампутации с препаратом "Пульпотек" / А. М. Шмаков, Т. Ф. Данилина, А. А. Воробьев, А. Н. Голубев // Современные проблемы науки и образования. - 2017. - № 2. - С. 110.

31. Клинический случай лечения пациента несъемными ортопедическими конструкциями с опорой на дентальные имплантаты, внедренные в неадекватной позиции / А. Н. Пархоменко, О. Н. Сорокина, И. А. Жуков [и др.] // Современные проблемы науки и образования. - 2020. - № 3. - С. 156.

32. Колесов, П. А. Разработка оптимальной методики изготовления металлокерамических зубных протезов из нового отечественного сплава на основе золота / П. А. Колесов, Г. С. Степанова, В. А. Парунов // Российский стоматологический журнал. - 2016. - 20(5). – С. 231 - 235.

33. Колесова, Т. В. Клинические походы к оценке эстетических качеств металлокерамических зубных протезов / Т. В. Колесова // Sciences of Europe. Medical sciences. - 2017. - № 18 (18). – С. 47 - 49.

34. Коробейнікова, Ю. Л. Оцінка результатів цифрової оклюзіографії у пацієнтів з незнімними металокерамічними мостоподібними протезами / Ю. Л. Коробейнікова, Д. М. Король, Л. С. Коробейніков // Вестник проблем биологии и медицины. - 2015. - Т. 2., № 2 (119). - С. 124 - 129.

35. Короткая, А. Р. Особенности ортопедического протезирования металлокерамическими конструкциями / А. Р. Короткая // Научное обозрение. Медицинские науки. - 2017. - № 3. - С. 35 - 38.

36. Кривчикова, А. С. Особенности протезирования металлокерамикой при заболеваниях пародонта / А. С. Кривчикова, А. Г. Прошин // Бюллетень медицинских интернет-конференций. - 2015. - Т. 5, № 10. - С. 1177.

37. Кузьмина, О. Э. Ошибки при изготовлении металлокерамических протезов. причины и способы их устранения / О. Э. Кузьмина // Молодежный инновационный вестник. - 2021. - Т. 10, № S1. - С. 390 - 395.

38. Куркина, В. М. Значение металлокерамических конструкций в ортопедической стоматологии / В. М. Куркина // Научное обозрение. Медицинские науки. - 2017. - № 4. - С. 42 - 46.

39. Лебедеко, И. Ю. Влияние числа переплавов на изменение физико-механических свойств отечественных неблагородных стоматологических сплавов для изготовления металлокерамических зубных протезов / И. Ю. Лебедеко, П. В. Юрковец, М. С. Деев // Российский стоматологический журнал. - 2015. - Т. 19, № 1. - С. 7 - 11.

40. Лепилин, А. В. Особенности протезирования дефектов зубных рядов у пациентов с хроническим пародонтитом и ишемической болезнью сердца / А. В. Лепилин, А. В. Еремин, Т. Е. Липатова // Саратовский научно-медицинский журнал. - 2019. - Т. 15, № 2. - С. 251 - 256.

41. Люкштед, А. Р. Металлокерамика - обзор технологий изготовления и сравнительная характеристика / А. Р. Люкштед // Молодежный инновационный вестник. - 2021. - Т. 10, № S1. - С. 402 - 408.

42. Манин, О. И. Индивидуальный подбор конструкционных материалов для изготовления зубных протезов у пациентов молодого возраста с отягощенным аллергологическим анамнезом с помощью диагностического комплекса "Lira - 100bt" / О. И. Манин, Л. В. Дубова, Е. И. Манина // Российская стоматология. - 2019. - Т. 12, № 4. - С. 30 - 32.

43. Мансур, Ю. П. Протезирование дефектов зубов и зубных рядов металлокерамическими ортопедическими конструкциями: анализ клинических осложнений / Ю. П. Мансур, И. А. Саямов, Л. И. Тельфах // В сборнике: Взаимодействие науки и общества: проблемы и перспективы. Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. - 2018. - С. 59 - 62.

44. Металлокерамические зубные протезы из сверхэластичного сплава "титанид" и современных керамических стоматологических масс / В. А. Ефремов, С. И. Старосветский, А. П. Васильева [и др.] // В сборнике: Новые технологии создания и применения биокерамики в восстановительной медицине. материалы III

Международной научно-практической конференции. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. - 2013. - С. 65 - 69.

45. Металлокерамические зубные протезы на сплаве "Титанид" / С. И. Старосветский, В. А. Ефремов, А. П. Васильева [и др.] // В сборнике: Новые технологии создания и применения биокерамики в восстановительной медицине. Материалы IV международной научно-практической конференции. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. - 2016. - С. 85 - 87.

46. Михеева, А. А. Морфология керамической поверхности после травления кислотами, шероховатость керамической поверхности / А. А. Михеева, Г. В. Большаков // Стоматология для всех. - 2013. - № 4. - С. 16-19.

47. Михеева, А. А. Изучение прочности соединения реставрационных материалов для починки стоматологической керамики / А. А. Михеева, Г. В. Большаков // Казанский медицинский журнал. - 2014. - Т. 95, № 1. - С. 22 - 25.

48. Музафаров, Б. Б. Особенности повторного ортопедического лечения пациентов с дефектами зубных рядов металлокерамическими зубными протезами / Б. Б. Музафаров, С. И. Старосветский // В сборнике: Новые технологии создания и применения биокерамики в восстановительной медицине. материалы IV международной научно-практической конференции. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. - 2016. - С. 75-77.

49. Мухамедов, Ш. Ш. Результаты изучения гидродинамики краевого пародонта витальных и девитальных опорных зубов в системе металлокерамической конструкции / Ш. Ш. Мухамедов, Г. Г. Ашуров // Вестник последипломного образования в сфере здравоохранения. - 2016. - № 3. - С. 31-34.

50. Наумович, С. А. Этапы изготовления металлокерамических зубных протезов из отечественного золотосодержащего сплава ЗЛПДЦСР 85,6-9,5-2,2-0,5 / С. А. Наумович, С. И. Храменков // В сборнике: Стоматология славянских государств. Сборник трудов XI Международной научно-практической конференции, посвящённой 70-летию Заслуженного врача Российской Федерации, доктора медицинских наук, профессора А. В. Цимбалистова. Под редакцией А. В. Цимбалистова, А. А. Копытова. - 2018. - С. 212 - 214.

51. Наумович, С. А. Оценка распространенности основных ортопедических стоматологических заболеваний среди взрослого населения городов Беларуси / С. А. Наумович, А. И. Головки, О. С. Фролова // Современная стоматология. - 2021. - № 1 (82). - С. 10 - 18.

52. Неспрядько, В. П. Осложнения при протезировании при помощи несъемных зубных протезов / В. П. Неспрядько, В. В. Кирилюк // Современная стоматология. – 2014. - № 1. – С. 130 - 133.

53. Неспрядько, В. П. Микробная контаминация поверхностей зубов и несъемных мостовидных металлокерамических протезов и их сравнительная характеристика / В. П. Неспрядько, В. С. Скибицкий, А. А. Михайлов // Молодой ученый. - 2014. - № 8. - С. 357 - 359.

54. Одонтопрепарирование под металлокерамические коронки: предпочтения врачей Волгограда при выборе боров / А. Н. Пархоменко, В. И. Шемонаев, Т. В. Моторкина, С. М. Гаценко // Волгоградский научно-медицинский журнал. - 2014. - № 3 (43). - С. 41 - 45.

55. Определение методом математического моделирования минимально допустимых параметров металлокерамических мостовидных зубных протезов из нового российского сплава на основе палладия Палладент Уни / В. А. Парунов, И. Ю. Лебедеико, А. А. Дружинин [и др.] // Российский стоматологический журнал. - 2018. - Т. 22, № 2. - С. 76 - 78.

56. Оптимизация окклюзионных контактов металлокерамических протезов с опорой на имплантатах у пациентов с бруксизмом / С. И. Абакаров, Д. В. Сорокин, С. С. Абакарова [и др.] // Вестник последипломного медицинского образования. - 2018. - № 1. - С. 73 - 80.

57. Опыт восстановительного лечения больных с патологической стираемостью зубов / З. А. Назаров, К. С. Файзов, А. Ф. Носиров, Д. А. Гулахмадов // Научно-практический журнал ТИППМК. - 2012. - № 1. - С. 24 - 25.

58. Опыт применения оригинальной телескопической коронки с боковыми пазами для починок металлокерамических коронок / С. А. Довнар, Ю. В. Чижов,

Т. В. Казанцева [и др.] // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Серия: Медицинские науки. - 2021. - № 4 (25). - С. 43 - 47.

59. Осложнения при применении металлокерамических протезов / Ю. Н. Майборода, К. Г. Караков, В. А. Зеленский [и др.] // Пародонтология. - 2013. - Т. 18, № 4 (69). - С. 32 - 36.

60. Осложнения при применении металлокерамических протезов / Ю. Н. Майборода, О. Ю. Хорев, К. Г. Караков [и др.] // Пародонтология. - 2012. - Т. 17, № 4 (65). - С. 66 - 71.

61. Особенности работы с дентиновой керамической массой при изготовлении металлокерамического зубного протеза / Н. В. Зайцева, Ж. В. Вечеркина, М. А. Крючков [и др.] // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. - 2020. - Т. 19, № 3. - С. 104 - 110.

62. Отдаленные результаты протезирования искусственными коронками / Е. Н. Жулев, А. И. Тетерин, А. С. Епифанов, Е. Г. Лебедев // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - № 5. - С. 482.

63. Оценка металлокерамических несъемных зубных протезов, протезного ложа и поля в гарантийные сроки / А. К. Иорданишвили, А. И. Володин, М. И. Музыкин, А. А. Петров [и др.] // Вестник российской военно-медицинской академии. - 2018. - № 4 (64). - С. 91 - 95.

64. Оценка распространенности основных стоматологических заболеваний у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями / А. А. Зубкова, Е. В. Фелькер, О. С. Гуйтер [и др.] // Проблемы стоматологии. - 2019. - Т. 15, № 3. - С. 34 - 40.

65. Оценка целесообразности и модификации цинк-фосфатных цемента для фиксации несъемных конструкций зубных протезов / А. С. Вальнов, Н. В. Чиркова, Н. Г. Картавцева [и др.] // Вестник новых медицинских технологий, электронный журнал. - 2018. - № 3. - С. 159 - 167.

66. Парунов, В. А. Оценка результатов ортопедического лечения металлокерамическими зубными протезами с каркасами из нового отечественного сплава на основе золота / В. А. Парунов, П. А. Колесов, М. В. Быкова // Cathedra-Кафедра. Стоматологическое образование. - 2016. - № 57. - С. 36 - 39.

67. Пархоменко, А. Н. Изучение влияния различных алгоритмов препарирования зубов под коронки на исход ортопедического лечения / А. Н. Пархоменко, Т. В. Моторкина, В. И. Шемонаев // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. - 2018. - № 3. - С. 15-21.

68. Паршин, Ю. В. Особенности ортопедического лечения металлокерамическими и цельнокерамическими зубными протезами (обзор литературы) / Ю. В. Паршин, О. Н. Сапронова, А. Ю. Медведев // Институт стоматологии. - 2013. - № 1 (58). - С. 87 - 89.

69. Патент № 158862 Российская Федерация. МПК G09В 23/28, А61С 11/00. Стенд жевательных движений: № 2015112772: заявл. 07. 04. 2015: опубл. 20.01.2016 / М. З. Миргазизов, А.С. Миргазизов, Г.Т. Салеева, Р.А. Салеев, А. М. Гималетдинова, В. П. Наумов; заявитель Казанский ГМУ. - 7 с.

70. Патент № 2753135 Российская Федерация. МПК А61С13/03, А61К 6/20, С23С 14/40. Способ изготовления металлокерамических зубных протезов: № 2020130910: заявл. 18. 09. 2020: опубл. 11.08.2021 / Р.Н. Кашапов, Н.Ф. Кашапов, Л.Р. Салеева, Л.Н. Кашапов, Г.Т. Салеева, Р.А. Салеев; заявитель Казанский ГМУ, КФУ. – 17с.

71. Патологические процессы, инициированные металлокерамическими зубными протезами / В. А. Правдивцев, В. Р. Шашмурина, С. К. Кириллов [и др.] // Российский стоматологический журнал. - 2013. - № 3. - С. 30 - 34.

72. Перспективы изготовления каркасов металлокерамических конструкций зубных протезов методом селективного лазерного спекания / В. А. Степанов, В. И. Шемонаев, Е. А. Буянов [и др.] // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». - 2021. - № 6 (23). – С. 232 - 239.

73. Полонейчик, Н. М. Анализ частоты депульпирования зубов при проведении ортопедического лечения / Н. М. Полонейчик, Т. В. Чернышёва // Современная стоматология. - 2012. - № 1 (54). - С. 56 – 58.

74. Потапчук, А. М. Интраоральная реставрация сколов керамического покрытия металлокерамических зубных протезов композитными материалами /

А. М. Потапчук, В. В. Крулик // Вестник стоматологии. - 2015. - № 4 (93). - С. 66 - 69.

75. Проблема депульпирования витальных зубов при протезировании металлокерамическими протезами - мнения за и против / В. Г. Галонский, Н. В. Тарасова, В. В. Алямовский, А. В. Градобоев // Эндодонтия Today. - 2019. - Т. 17, № 1. - С. 8 - 15.

76. Проскурин, Д. В. Совершенствование реставраций и профилактика сколов керамики металлокерамических зубных протезов (экспериментально-клиническое исследование): дис. ... канд. мед. наук: 14.01.14 / Проскурин Денис Владимирович. - Красноярск, 2011. – 156 с.

77. Профилактика осложнений ортопедического лечения у пациентов с металлокерамическими зубными протезами / О. П. Гончарова, Е. В. Истомина, А. В. Гончаров, М. В. Диканова // Dental Forum. - 2014. - № 4. - С. 28-29.

78. Радчук, В. Б. Анализ структуры ортопедической патологии и частоты повторных обращений после протезирования металлокерамическими конструкциями / В. Б. Радчук, Н. В. Гасюк, Г. А. Ерошенко // Світ медицини та біології. - 2019. - Т. 15, № 4 (70). - С. 138 - 142.

79. Ражабов, О. А. Клинические изменения полости рта при использовании металлокерамических зубных протезов / О. А. Ражабов, М. А. Хайитова // Новый день в медицине. - 2020. - № 1 (29). - С. 322 - 325.

80. Разработка нового металлокерамического сплава на основе золота "Плагодент плюс" - практическая реализация концепции развития отечественного стоматологического материаловедения / В. А. Парунов, М. А. Карева, Д. С. Тыкочинский, И. Ю. Лебеденко // Российский стоматологический журнал. - 2017. - Т. 21, № 1. - С. 7 - 10.

81. Разработка нового металлокерамического сплава на основе палладия в рамках практической реализации концепции развития отечественного стоматологического материаловедения / В. А. Парунов, М. А. Карева, Д. С. Тыкочинский, И. Ю. Лебеденко // Российский стоматологический журнал. - 2017. - Т. 21, № 3. - С. 126 - 128.

82. Распространенность ортопедических стоматологических заболеваний в г. Минске / С. П. Рубникович, Ю. Л. Денисова, В. А. Андреева, Н. А. Карпук // Стоматолог. Минск. - 2020. - № 3 (38). - С. 44 -51.

83. Распространенность стоматологических заболеваний, требующих ортопедического лечения, среди населения сельских районов Омской области / Р. Э. Ерошенко, А. А. Стафеев, А. И. Матешук, И. В. Боровский // Стоматология. - 2018. - Т. 97, № 6-2. - С. 81.

84. Распространенность стоматологических заболеваний, требующих ортопедического лечения, у лиц, страдающих сахарным диабетом II типа / С. Е. Ахметов, В. Е. Федоров, Е. М. Ахметов, В. М. Семенюк // Институт стоматологии. - 2021. - № 1 (90). - С. 12-13.

85. Результаты оценки возможных ошибок и методов их устранения на этапах изготовления металлокерамических зубных протезов / Ж. В. Вечеркина, Н. В. Зайцева, А. А. Смолина [и др.] // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. - 2021. - Т. 20, № 2. - С. 54 - 62.

86. Саканян, С. С. Осложнения при применении металлокерамических протезов / С. С. Саканян // Научное обозрение. Медицинские науки. - 2017. - № 4. - С. 84 - 87.

87. Сабуров, С. К. Интегральный показатель результатов ортопедического лечения соматических больных в зависимости от расположения края металлокерамических коронок / С. К. Сабуров, А. Р. Зарипов // Вестник последипломного образования в сфере здравоохранения. - 2018. - № 2. - С. 101-106.

88. Салеева, Л. Р. Остаточные частицы песка как причина сколов керамической облицовки / Л. Р. Салеева, Р. Н. Кашапов, Р. Ф. Мустакимова // Клиническая стоматология. - 2022. - Т. 25, № 1. - С. 108 - 114.

89. Сергиенко, Е. А. Восстановление дефектов зубного ряда мостовидным металлокерамическим протезом / Е. А. Сергиенко, К. Г. Сидоров // В сборнике: Молодежная наука и современность. Материалы 85-ой Международной научной конференции студентов и молодых ученых, посвященной 85-летию КГМУ. - 2020. - С. 265 - 267.

90. Систематизация возможных ошибок в ортопедической стоматологии при изготовлении металлокерамических конструкций / Ж. В. Вечеркина, Н. В. Чиркова, Н. Г. Картавцева [и др.] // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. - 2018. - Т. 17, № 1. - С. 38 – 42.

91. Собир, Р. К. Стоматологическое ортопедическое лечение с применением несъёмных металлокерамических протезов при деформациях зубных рядов и зубочелюстных аномалиях / Р. К. Собир // Здоровоохранение Чувашии. - 2020. - № 4. - С. 81 - 85.

92. Собир, Р. К. Фиксация готовых конструкций безметалловых и/или металлокерамических зубных протезов / Р. К. Собир, Р. С. Матвеев // В сборнике: Цифровизация образования: теоретические и прикладные исследования современной науки. Материалы XXVII Всероссийской научно-практической конференции. В 2-х частях. - 2021. - С. 98 - 102.

93. Собир, Р. К. Допущенные ошибки при изготовлении металлокерамических зубных протезов, методы их устранения и реставрации / Р. К. Собир // В сборнике: Цифровизация образования: теоретические и прикладные исследования современной науки. Материалы XXVII Всероссийской научно-практической конференции. В 2-х частях. - 2021. - С. 76 - 80.

94. Сравнительная оценка коррозионных свойств отечественных сплавов благородных металлов на основе золота для металлокерамических зубных протезов / В. А. Парунов, И. Ю. Лебеденко, Л. А. Фишгойт, Д. В. Сопоцинский // Российский стоматологический журнал. - 2013. - № 6. - С. 4 - 7.

95. Стафеев, А. А. Анализ и оценка качества эстетической ортопедической реабилитации металлокерамическими зубными протезами / А. А. Стафеев, Г. И. Зиновьев, А. И. Матешук // Уральский медицинский журнал. - 2012. - № 8 (100). - С. 66 - 69.

96. Стафеев, А. А. Особенности ортопедической реабилитации металлокерамическими зубными протезами лиц с недифференцированной формой дисплазии соединительной ткани / А. А. Стафеев // Стоматология. - 2015. - Т. 94, № 5. - С. 33-37.

97. Структура клинических условий и используемых методов протезирования в практической имплантологии / Р. С. Заславский, В. Н. Олесова, К. В. Шматов [и др.] // Стоматология для всех. - 2018. - № 3. - С. 30-33.

98. Тимачева, Т. Б. Возможные ошибки и осложнения при применении металлокерамических несъемных зубных протезов и их профилактика / Т. Б. Тимачева, В. И. Шемонаев // В сборнике: Наука и образование в XXI веке. сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 34 частях. - 2013.- С. 127-128.

99. Тихонин, В. Г. Ошибки и осложнения при применении металлокерамических зубных протезов и их профилактика / В. Г. Тихонин, Т. Б. Тимачева // В сборнике: Актуальные проблемы экспериментальной и клинической медицины. 71-я открытая научно-практическая конференция молодых ученых и студентов ВолгГМУ с международным участием. - 2013. - С. 174.

100. Тихонин, В. Г. Возможные ошибки и осложнения при применении металлокерамических несъемных зубных протезов и их профилактика / В. Г. Тихонин // В сборнике: Стоматология - наука и практика. перспективы развития. Материалы научно-практической конференции в рамках IV Всероссийской студенческой Олимпиады по стоматологии. Волгоград. - 2014. - С. 87 - 89.

101. Токмаков, А. В. Ошибки при планировании замещения дефекта зубного ряда металлокерамическими протезами / А. В. Токмаков, М. В. Воробьева // Бюллетень медицинских интернет-конференций. - 2018. - Т. 8, № 7. - С. 302.

102. Хасцаева, М. А. Изучение прочности соединения керамики и металла при использовании современных опактовых систем / М. А. Хасцаева // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием: Сборник тезисов. Российский университет дружбы народов. - 2017. - С. 63.

103. Храменков, С. И. Принципы изготовления металлокерамических зубных протезов из отечественного золотосодержащего сплава ЗЛПЛПДСР 85,6-9,5-2,2-0,5 / С. И. Храменков, С. А. Наумович // В сборнике: БГМУ: 90 лет в

авангарде медицинской науки и практики. Сборник научных трудов. Под ред. А. В. Сикорского, О. К. Кулаги. - Минск, 2014. - С. 296 - 297.

104. Храменков, С. И. Этапы изготовления металлокерамических зубных протезов из отечественного золотосодержащего сплава ЗЛПЛПДСР 85,6-9,5-2,2-0,5 / С. И. Храменков, С. А. Наумович // В сборнике: Актуальные вопросы стоматологии. Сборник научных трудов, посвященный основателю кафедры ортопедической стоматологии КГМУ профессору Исааку Михайловичу Оксману. - Казань, 2021. - С. 771 - 774.

105. Фоменко, Д. В. Мониторинг частоты использования металлокерамических несъемных зубных протезов при ортопедическом лечении пациентов / Д. В. Фоменко, О. В. Орешака // В сборнике: Современные проблемы развития фундаментальных и прикладных наук. Материалы I Международной научно-практической конференции. - 2016. - С. 68 - 72.

106. Чеча, С. Н. Доклинические лабораторные испытания свойств керамического облицовочного материала "Мигростек" для изготовления металлокерамических зубных протезов / С. Н. Чеча // Медицинский журнал. - 2018.- № 3 (65). - С. 153 - 159.

107. Эффективность применения боров фирмы «Рус-атлант» при препарировании зубов под металлокерамические коронки / Д. В. Михальченко, А. В. Порошин, В. И. Шемонаев [и др.] // Волгоградский научно-медицинский журнал. Ежеквартальный научно-практический журнал. – 2013. – № 1. – С. 45–46.

108. Юрковец, П. В. Профилактика нарушения целостности металлокерамических зубных протезов из благородных сплавов / П. В. Юрковец // Стоматология. - 2015. - Т. 94, № 6. - С. 65.

109. Юрковец, П. В. Профилактика нарушения целостности металлокерамических зубных протезов на каркасах из благородных сплавов / П. В. Юрковец, И. Ю. Лебеденко // Российский стоматологический журнал. - 2015. - Т. 19, № 3. - С. 6 - 9.

110. Яковин, О. М. Клиническое обоснование предложенных методов ортопедического лечения эстетическими несъемными протезами пациентов с

гальваническими проявлениями в полости рта / О. М. Яковин, З. Р. Ожоган // Вестник стоматологии. - 2018. - № 3 (104). - С. 36 - 41.

111. Ярифа, М. А. Аллергические реакции на металлы при гальванической патологии / М. А. Ярифа, А. А. Тимофеев // Современная стоматология. - 2014. - № 2 (71). - С. 62.

112. Albashaireh, Z. S. Two-body wear of different ceramic materials opposed to zirconia ceramic / Z. S. Albashaireh, M. Ghazal, M. Kern // J. Prosthet Dent. – 2010. – Vol. 104, № 2. – P. 105 - 113.

113. An up to 50-Year Follow-up of Crown and Veneer Survival in a Dental Practice / R. C. Olley, M. Andiappan, P. M. Frost // J. Prosthet. Dent. – 2018. – Vol. 119. – P. 935 – 941.

114. ASTM D1002-10 Standard Test Method for Apparent Shear Strength of Single-Lap-Joint Adhesively Bonded Metal Specimens by Tension Loading // Стандарт, принятый Американским обществом испытаний материалов, 2019 г. <https://www.astm.org/d1002-10r19.html>

115. Bazant, Z. Mechanics of distributed cracking / Z. Bazant // Appl Mech Rev. – 1986. – Vol. 39. – P. 675–705.

116. Bond Strengths of Porcelain to Cobalt-Chromium Alloys Made by Casting, Milling, and Selective Laser Melting / J. Li, C. Chen, J. Liao [et al.] // J. Prosthet. Dent. – 2017. – Vol. 118. – P. 69 – 75.

117. Booth, J. A. Perspective on Statistical Effects in the Adhesion of Micropatterned Surfaces [Electronic resource] / J. A. Booth, R. Hensel // Appl. Phys. Lett. – 2021. – Vol. 119. – URL: <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/5.0073181>.

118. Changes in the CoCr Alloys Surface Relief during Plasma Electrolytic Treatment / L. R. Saleeva, R. N. Kashapov, L. N. Kashapov, N. F. Kashapov // IOP Conf. Ser. Mater. Sci.Eng. – 2019. - Vol. 570. – S. 012087.

119. Charles, R. Dynamic fatigue of glass / R. Charles // J Appl Phys. – 1958. – Vol. 29. – P. 1657 – 1662.

120. Clinical behavior of zirconia-based fixed partial dentures made of DC-Zirkon: 3-year results / J. Tinschert, K. A. Schulze, G. Natt [et al.] // *Int. J. Prosthodont.* - 2008. – Vol. 21, № 3. – P. 217 - 222.
121. Clinically relevant fracture testing of all-ceramic crowns / M. Øilo, K. Kvam, John E Tibballs, N. R. Gjerdet // *Dent Mater.* – 2013. – Vol. 29, № 8. – P. 815 - 823.
122. Comparative Analysis of Mechanical Properties and Metal-Ceramic Bond Strength of Co-Cr Dental Alloy Fabricated by Different Manufacturing Processes / X. Han, T. Sawada, C. Schille [et al.] // *Mater. Basel Switz.* – 2018. – Vol. 11. – P. E1801.
123. Comparative evaluation of four finishing systems on one ceramic surface / J. Martínez-Gomis, J. Bizar, J. M. Anglada [et al.] // *Int. J. Prosthodont.* – 2003. – Vol. 16, № 1. – P. 74 - 77.
124. Comparative Evaluation of Shear Bond Strength between Titanium-Ceramic and Cobalt-Chromium-Ceramic: An in Vitro Study / K. R. Vaska, C. Nakka, K. M. Reddy, S. K. Chintalapudi // *J. Indian Prosthodont. Soc.* – 2021. – Vol. 21. – P. 276–280.
125. Comparison of the marginal fit of pressable ceramic to metal ceramic restorations / J. E. Holden, G. R. Goldstein, E. L. Hittelman [et al.] // *J. Prosthodont.* - 2009. – Vol. 18, № 8. – P. 645 - 648.
126. Dalkiz, M. Effects of six surface treatment methods on the surface roughness of a low-fusing and an ultralow-fusing feldspathic ceramic material / M. Dalkiz, C. Sipahi, B. Beydemir // *J. Prosthodont.* – 2009. – Vol. 18, № 3. – P. 217 - 222.
127. de Influence of Adherend Surface Roughness on the Adhesive Bond Strength / A. Ghumatkar, S. Budhe, R. Sekhar [et al.] // *Lat. Am. J. Solids Struct.* – 2016. – Vol. 13. – P. 2356–2370.
128. de Jager, N. The influence of surface roughness on porcelain strength / N. de Jager, A. J. Feilzer, C. L. Davidson // *Dent Mater.* – 2000. – Vol. 16, № 6. – P. 381 - 388.
129. Determinants of Dental Prosthetic Treatment Need: A Birth Cohort Study. / L. A. Chisini, H. R. Sarmiento, K. Collares [et al.] // *Community Dent. Oral Epidemiol.* – 2021. – Vol. 49. – P. 394 – 400.
130. Drummond, J. L. *Dental Materials in vivo: Aging and Related Phenomena* / J. L. Drummond. - IL: Quinte Chicago, 2003. – P. 35 – 45.

131. Dynamic fatigue of feldspathic porcelain / C. W. Fairhurst, P. E. Lockwood, R. D. Ringle, S. W. Twiggs // *Dent Mater.* – 1993. – Vol. 9, № 4. – P. 269 - 273.
132. Effect of Surface Roughness Using Different Adherend Materials on the Adhesive Bond Strength / S. Budhe, A. Ghumatkar, N. Birajdar, M. D. Banea // *Appl. Adhes. Sci.* – 2015. – Vol. 3. – P. 20.
133. Five Year Clinical Outcomes of Metal Ceramic and Zirconia-Based Implant-Supported Dental Prostheses: A Retrospective Study / F. Nejatidanesh, M. Abbasi, G. Savabi [et al.] // *J. Dent.* – 2020. – Vol. 100. – S. 103420.
134. Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures / I. Sailer, A. Fehér, F. Filser [et al.] // *Int. J. Prosthodont.* – 2007. – Vol. 20, № 4. – P. 383 - 388.
135. Fischer, H. Effect of Surface Roughness on Flexural Strength of Veneer Ceramics / H. Fischer, M. Schäfer, R. Marx // *J. Dent. Res.* – 2003. – Vol. 82. – P. 972–975.
136. Galiatsatos, A. A. Clinical Evaluation of Fractured Metal-Ceramic Fixed Dental Prostheses Repaired with Indirect Technique / A. A. Galiatsatos, P. A. Galiatsatos // *Quintessence Int. Berl. Ger.* – 2015. – Vol. 46. – P. 229 – 236.
137. Global, Regional, and National Prevalence, Incidence, and Disability-Adjusted Life Years for Oral Conditions for 195 Countries, 1990–2015: A Systematic Analysis for the Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors / N. J. Kassebaum, A. G. C. Smith, E. Bernabé [et al.] // *J. Dent. Res.* – 2017. – Vol. 96. – P. 380–387.
138. Gogushev, K. G. Clinical and laboratory workflow with fixed partial dentures - a survey among dentists and dental technicians / K. G. Gogushev, Z. S. Valcheva // *Евразийский союз ученых.* - 2021. № 3-2 (84). - С. 22-27.
139. Goryacheva, I. Combined Effect of Surface Microgeometry and Adhesion in Normal and Sliding Contacts of Elastic Bodies / I. Goryacheva, Y. Makhovskaya // *Friction.* – 2017. – Vol. 5. – P. 339 – 350.
140. Haralur, S. B. Evaluation of efficiency of manual polishing over autoglazed and overglazed porcelain and its effect on plaque accumulation / S. B. Haralur // *J. Adv. Prosthodont.* – 2012. – Vol. 4, № 4. – P. 179 - 186.

141. High-strength CAD/CAM-fabricated veneering material sintered to zirconia copings--a new fabrication mode for all-ceramic restorations / F. Beuer, J. Schweiger, M. Eichberger [et al.] // *Dent Mater.* - 2009. – Vol. 25, № 1. – P. 121 - 128.
142. Influence of contraction mismatch and cooling rate on flexural failure of PFM systems / J. P. Coffey, K. J. Anusavice, P. H. DeHoff [et al.] // *J. Dent Res.* – 1988. – Vol. 67, № 1. – P. 61 - 65.
143. Influence of Substrate Characteristics on Single Ti Splat Bonding to Ceramic Substrates by Cold Spray / S. I. Imbriglio, N. Brodusch, M. Aghasibeig [et al.] // *J. Therm. Spray Technol.* – 2018. – Vol. 27. – P. 1011 – 1024.
144. Irwin, G. Analysis of stresses and strains near the end of a crack transversing a plate / G. Irwin // *J. Appl Mech.* – 1957. – Vol. 24. – P. 361 – 364.
145. Isgró, G. Transient and residual stresses induced during the sintering of two dentin ceramics / G. Isgró, O. Addison, G. J. Fleming // *Dent Mater.* – 2011. – Vol. 27, № 4. – P. 379 - 385.
146. Kelly, J. R. Failure of all-ceramic fixed partial dentures in vitro and in vivo: analysis and modeling / J. R. Kelly, J. A. Tesk, J. A. Sorensen // *J. Dent. Res.* – 1995. – Vol. 74, № 6. – P. 1253 - 1258.
147. Krämer, N. Clinical Performance of Bonded Leucite-Reinforced Glass Ceramic Inlays and Onlays after Eight Years / N. Krämer, R. Frankenberger // *Dent. Mater.* – 2005. – Vol. 21. – P. 262 – 271.
148. Kursoglu, P. Correlation of surface texture with the stainability of ceramics / P. Kursoglu, P. F. Karagoz Motro, E. Kazazoglu // *J. Prosthet. Dent.* – 2014. – Vol. 112. – P. 306–313.
149. Load-bearing capacity and failure types of anterior zirconia crowns veneered with overpressing and layering techniques / B. Stawarczyk, M. Ozcan, M. Roos [et al.] // *Dent. Mater.* – 2011. – Vol. 27, № 10. – P. 1045 - 1053.
150. Long-Term Performance of Implant-Supported Metal-Ceramic and All-Ceramic Single Crowns / P. Rammelsberg, J. Lorenzo Bermejo, S. Kappel [et al.] // *J. Prosthodont. Res.* – 2020. – Vol. 64. – P. 332 – 339.

151. Luminal Surface Microgeometry Affects Platelet Adhesion in Small-Diameter Synthetic Grafts / P. Losi, S. Lombardi, E. Briganti, G. Soldani // *Biomaterials*. – 2004. – Vol. 25. – P. 4447–4455.
152. McLean, J. W. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides / J. W. McLean, T. H. Hughes // *Br. Dent J.* – 1965. – Vol. 119, № 6. – P. 251 - 267.
153. Makhovskaya, Yu. Yu. Adhesive Interaction of Elastic Bodies with Regular Surface Relief / Yu. Yu. Makhovskaya // *Mech. Solids*. – 2020. – Vol. 55. – P. 1105–1114.
154. Menčík, J. Strength and Fracture of Glass and Ceramics / Menčík, J. - Elsevier: Amsterdam, 1992. - 357 p.
155. Mecholsky, J. J. Strength and Fracture of Glass and Ceramics / J. J. Mecholsky. – Elsevier: Amsterdam, 1992. - 356 p.
156. Moeller, J. F. Diversity in the Use of Specialized Dental Services by Older Adults in the United States / J. F. Moeller, H. Chen, R. J. Manski // *J. Public Health Dent*. – 2019. – Vol. 79. – P. 160–174.
157. Molin, M. K. A Randomized 5-Year Clinical Evaluation of 3 Ceramic Inlay Systems / M. K. Molin, S. L. Karlsson // *Int. J. Prosthodont*. – 2000. – Vol. 13. – P. 194 – 200.
158. Nitschke, I. Zahnmedizinische Versorgung älterer Menschen: Chancen und Herausforderungen / I. Nitschke, S. Hahnel // *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*. – 2021. – Vol. 64. – P. 802 – 811.
159. Oral Diseases: A Global Public Health Challenge / M. A. Peres, L. M. D. Macpherson, R. J. Weyant [et al.] // *The Lancet*. – 2019. – Vol. 394. – P. 249–260.
160. Pallesen, U. An 8-Year Evaluation of Sintered Ceramic and Glass Ceramic Inlays Processed by the Cerec CAD/CAM System: Computer Processed Inlays / U. Pallesen, J. W. V. Van Dijken // *Eur. J. Oral Sci*. – 2000. – Vol. 108. – P. 239 – 246.
161. Rashid, H. Comparing glazed and polished ceramic surfaces using confocal laser scanning microscopy / H. Rashid // *J. Adv. Microscop Res*. – 2012. – Vol. 7. – P. 208–213.

162. Reiss, B. Clinical Long-Term Results and 10-Year Kaplan-Meier Analysis of Cerec Restorations / B. Reiss, W. Walther // *Int. J. Comput. Dent.* – 2000. – Vol. 3. – P. 9–23.
163. Ritchie, R. Cyclic fatigue of ceramics: A mechanics approach to subcritical crack growth and life prediction / R. Ritchie, R. Dauskardt // *J. Ceram. Soc. Japan.* – 1991. – Vol. 99. – P. 1047 – 1062.
164. Stress-corrosion crack growth of Si-Na-K-Mg-Ca-P-O bioactive glasses in simulated human physiological environment / D. R. Bloyer, J. M. McNaney, R. M. Cannon [et al.] // *Biomaterials.* – 2007. – Vol. 28, № 33. – P. 4901 - 4911.
165. Survival probability of zirconia-based fixed dental prostheses up to 5 yr: a systematic review of the literature / J. S. Schley, N. Heussen, S. Reich [et al.] // *Eur. J. Oral Sci.* – 2010. – Vol. 118, № 5. – P. 443 - 450.
166. Systematic Review of Ceramic Inlays / M. Hayashi, N. H. F. Wilson, C. A. Yeung, H. V. Worthington // *Clin. Oral Investig.* – 2003. – Vol. 7. – P. 8 – 19.
167. Systematic Review of the Survival and Complication Rates of Zirconia-Ceramic and Metal-Ceramic Single Crowns / B. E. Pjetursson, N. A. Valente, M. Strasding [et al.] // *Clin. Oral Implants Res.* – 2018. – Vol. 29, Suppl 16. – P. 199 – 214.
168. Swain, M. V. Unstable cracking (chipping) of veneering porcelain on all-ceramic dental crowns and fixed partial dentures / M. V. Swain // *Acta Biomater.* - 2009 Vol. 5, № 5. – P. 1668 - 1677.
169. Ten-Year Clinical Survival of Anterior Cantilever Resin-Bonded Fixed Dental Prostheses: A Retrospective Study / S. Saker, M. Ghazy, M. Abo-Madina [et al.] // *Int. J. Prosthodont.* – 2020. – Vol. 33. – P. 292 – 296.
170. The Effect of Surface Roughness on Tensile Strength of the Medium Density Fiberboard (MDF) Overlaid with Polyvinyl Chloride (PVC) / M. Kılıç, E. Burdurlu, S. Aslan [et al.] // *Mater. Des.* – 2009. – Vol. 30. – P. 4580–4583.
171. The efficacy of posterior three-unit zirconium-oxide-based ceramic fixed partial dental prostheses: a prospective clinical pilot study / A. J. Raigrodski, G. J. Chiche, N. Potiket [et al.] // *J. Prosthet Dent.* – 2006. – Vol. 96, № 4. – P. 237 - 244.

172. The use of confocal microscopy to assess surface roughness of two milled CAD-CAM ceramics following two polishing techniques / H. A. Al-Shammery, N. L. Bubb, C. C. Youngson [et al.] // *Dent Mater.* – 2007. – Vol. 23, № 6. – P. 736 - 741.

173. Tholey, M. J. SEM observations of porcelain Y-TZP interface / M. J. Tholey, M. V. Swain, N. Thiel // *Dent Mater.* – 2009. – Vol. 25, № 7. – P. 857 - 862.

174. Three-year clinical prospective evaluation of zirconia-based posterior fixed dental prostheses (FDPs) / F. Beuer, D. Edelhoff, W. Gernet, J. A. Sorensen // *Clin. Oral Investig.* – 2009. – Vol. 13, № 4. – P. 445 - 451.

175. Wiederhorn, S. Influence of water vapor on crack propagation in soda-lime-glass / S. Wiederhorn // *J. Am Ceram Soc.* – 1967. – Vol. 50. – P. 407–414.

176. Zhang, Yu Fatigue of dental ceramics / Y. Zhang, I. Sailer, B. R. Lawn // *J. Dent.* – 2013. – Vol. 41, № 12. – P. 1135 - 1147.

8. Протезируете ли вы пациентов с бруксизмом с помощью металлокерамических протезов?

1. да 2. нет 3. иногда

9. Какую толщину препарирования вы используете для металлокерамических протезов?

1. до 1 см 2. более 1 см 3. более 1,5 см

10. Какую форма уступа вы предпочитаете для металлокерамических конструкций?

1. плечевой 2. ножевидный 3. желобоватый 4. без уступа 5. другое

11. Какую оттискную массу вы используете для протезирования на металлокерамических конструкциях?

1. А-силикон 2. С- силикон 3. Альгинат 4. Цифровые оттиски

12. Оцениваете ли вы качество керамического покрытия на готовой металлокерамической коронке?

1. всегда 2. часто 3. не часто

13. Как часто в Вашей практике происходит расцементировка металлокерамических конструкций?

1. часто 2. иногда 3. никогда

14. Какие профилактические меры вы предпринимаете для избежания сколов керамики?

1. создаю множественный контакт 2. ничего не делаю

3. другое _____

15. Ваш стаж работы:

1. 1 год 2. От 1 до 5 лет 3. 5 и более лет 4. более 10 лет

16. Ваш возраст:

1. до 25 лет 2. До 30 лет 4. До 50 лет 5. Более 50 лет

17. Ваш пол

1. мужской 2. женский

БЛАГОДАРИМ ЗА ОТВЕТЫ

Приложение Б
(рекомендуемое)

Анкета для зубных техников

Глубокоуважаемые коллеги!

Просим Вас ответить на поставленные вопросы. Полученная информация будет использована для улучшения качества изготовления металлокерамических протезов

1. Принимаете ли Вы некачественные оттиски?
1. да 2. нет 3. иногда
2. Проверяете ли Вы качество металлического каркаса после отливки?
1. да 2. нет 3. иногда
3. При нанесении керамики использую:
1. окклюдатор 2. артикулятор
4. Соблюдаете ли Вы технологии изготовления металлокерамических конструкций \ Следуете ли Вы всем принципам изготовления металлокерамических конструкций?
1. да 2. нет 3. иногда
5. Каким размером частиц песка Вы пользуетесь при пескоструйной обработке?
1. 50 мкм 2. 125 мкм 3. не знаю 4. не использую
6. Часто ли Вам приходится переделывать металлокерамический протез из-за сколов керамики?
1. да 2. нет 3. иногда
7. Что по во Вашему мнению является причиной скола керамической облицовки?
1. качество сплава
2. неправильная подготовка врачом опорных зубов/выбора конструкции
3. несоблюдение пациентом рекомендаций

4. несоблюдение рекомендаций нанесения керамической массы

5. шлифовка протеза после окончательной фиксации

6. другое _____

8. Ваш стаж работы:

1. 1 год

2. От 1 до 5 лет

3. 5 и более лет

4. более 10 лет

9. Ваш возраст:

1. до 25 лет

2. До 30 лет

4. До 50 лет

5. Более 50 лет

10. Ваш пол

1. мужской

2. женский

БЛАГОДАРИМ ЗА ОТВЕТЫ

Приложение В
(рекомендуемое)
Анкета для пациентов

Глубокоуважаемый(ая) пациент(ка)!

Просим Вас ответить на поставленные вопросы. Полученная информация будет использована для улучшения качества оказания стоматологической помощи
металлокерамическими протезами

1. Чем Вы руководствовались при выборе металлокерамического протеза?

1. решила сама 2. рекомендацией врача 3. по рекомендации знакомых

2. Как давно Вы пользуетесь металлокерамическими протезами?

1. до 1 года 2. до 3х лет 3. 5 и более лет

3. Комфортно ли было Вам после протезирования?

1. да 2. нет 3. не знаю

4. Улучшилось ли качество жевания/эстетики?

1. да 2. нет 3. осталось так же

5. Наблюдаете ли за собой парафункциональные привычки: скрежет зубов по ночам, непроизвольное сжатие зубов (нужно подчеркнуть!)?

1. да 2. нет 3. не замечал

6. Соблюдаете ли вы рекомендации врача после протезирования?

1. да 2. нет 3. не всегда

7. Часто ли Вы употребляете газированные\кислые напитки?

1. да 2. нет 3. иногда

8. Отмечали ли вы появление шероховатостей, сколов или острых краев после протезирования металлокерамическими протезами?

1. да 2. нет 3. не знаю

9. Была ли внешняя травма или удар до появления скола керамики на протезе?

1. да 2. нет 3. не помню

10. Рекомендовали бы Вы своим близким/знакомым согласиться на протезирование металлокерамическими протезами?

1. да 2. возможно 3. никогда

11. Если бы у Вас был выбор вернуть все обратно, согласились бы Вы на протезирование металлокерамическими протезами?

1. да 2. нет 3. Не знаю

12. Ваш возраст:

1. до 25 лет 2. До 30 лет 4. До 50 лет 5. Более 50 лет

13. Ваш пол:

1. мужской 2. женский

14. Ваше образование:

1. среднее общее 2. среднее профессиональное 3. незаконченное высшее 4. Высшее

15. Укажите категорию населения, к которой Вы относитесь:

1. служащий 2. рабочий 3. пенсионер 4. не работающий
5. другое (укажите) _____

БЛАГОДАРИМ ЗА ОТВЕТЫ