

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

На правах рукописи

ХАБАДЗЕ Зураб Суликоевич

**СОВРЕМЕННАЯ ПАРАДИГМА
В ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ
КАРИЕСА ЗУБОВ И ЕГО ОСЛОЖНЕНИЙ**

3.1.7. Стоматология

Диссертация
на соискание ученой степени
доктора медицинских наук

Научный консультант:
Макеева Ирина Михайловна,
доктор медицинских наук, профессор

Москва – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ЛЕЧЕНИИ КАРИЕСА И ЕГО ОСЛОЖНЕНИЙ.....	17
1.1. Современные аспекты препарирования твердых тканей зубов.....	17
1.2. Способы влияния на компоненты смазанного слоя	26
1.3. Актуальные вопросы композитных реставраций в клинической практике.....	35
1.4. Популярны ирригационные растворы, влияние на физико-механические свойства дентина и резистентные микроорганизмы биопленки системы корневых каналов	45
1.5. Материалы и техники, применяемые для obturации корневых каналов	50
1.6. Современные подходы к лечению деструктивных форм хронического апикального периодонтита	56
Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	63
2.1. Анкетирование врачей-стоматологов по актуальным вопросам диагностики и лечения кариеса и его осложнений	63
2.2. Диагностика кариеса и его осложнений с использованием элементов искусственного интеллекта	64
2.3. Исследование эффективности способов оптимизации этапов лечения кариеса зубов	67
2.3.1. Исследование эффективности воздушно-абразивного препарирования твердых тканей зубов с использованием порошка оксида алюминия	67
2.3.2. Исследование эффективности протравливания дентина с помощью различных кислот.....	72
2.3.3. Исследование содержания ингибиторов матриксных металлопротеиназ в дентине зубов.....	75
2.3.4. Исследование влияния полимеризации в анаэробных условиях композитного материала светового отверждения на состояние поверхностного слоя реставраций.....	78
2.3.5. Исследование эффективности сохранения жизнеспособности пульпы при пломбировании зубов с глубокими кариозными полостями различными способами.....	82
2.4. Исследование эффективности способов оптимизации этапов эндодонтического лечения	87
2.4.1. Исследование растворяющего действия сольвентов на основе различных эфирных масел	87
2.4.2. Исследование моющей способности растворов гипохлорита натрия разной концентрации и температуры	90
2.4.3. Комплексное исследование износостойкости никель-титановых эндодонтических инструментов.....	91

2.4.4. Экспериментальное исследование эффективности различных способов обтурации апикальной части корневых каналов зубов	97
2.4.5. Исследование клинической эффективности оптимизации этапов повторного эндодонтического лечения при хроническом периодонтите.....	99
2.5. Статистическая обработка результатов исследования	109
Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	111
3.1. Результаты анкетирования врачей-стоматологов по актуальным вопросам диагностики и лечения кариеса и его осложнений.....	111
3.2. Результаты диагностики кариеса и его осложнений с использованием элементов искусственного интеллекта	116
3.3. Результаты исследования эффективности способов оптимизации этапов лечения кариеса зубов	126
3.3.1. Результаты исследования эффективности воздушно-абразивного препарирования твердых тканей зубов с использованием порошка оксида алюминия 126	
3.3.2. Результаты исследования эффективности протравливания дентина с помощью различных кислот	142
3.3.3. Результаты исследования содержания ингибиторов матричных металлопротеиназ в дентине зубов.....	155
3.3.4. Результаты исследования влияния полимеризации в анаэробных условиях композитного материала светового отверждения на состояние поверхностного слоя реставраций.....	157
3.3.5. Результаты исследования эффективности сохранения жизнеспособности пульпы при пломбировании зубов с глубокими кариозными полостями различными способами.....	167
3.4. Результаты исследования эффективности способов оптимизации этапов эндодонтического лечения.....	171
3.4.1. Результаты исследования растворяющего действия сольвентов на основе различных эфирных масел	171
3.4.2. Исследование моющей способности растворов гипохлорита натрия разной концентрации и температуры	173
3.4.3. Результаты комплексного исследования износостойкости никель-титановых эндодонтических инструментов	177
3.4.4. Результаты экспериментального исследования эффективности различных способов обтурации апикальной части корневых каналов зубов.....	195
3.4.5. Результаты исследования клинической эффективности оптимизации этапов повторного эндодонтического лечения при хроническом периодонтите.....	197
Глава 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	216
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	247
ВЫВОДЫ	247
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	250
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	254
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	255

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Современная стоматология характеризуется активным развитием новых технологий, разработкой новых материалов, совершенствованием протоколов лечения [76]. Однако, несмотря на достигнутые успехи, проблема диагностики и лечения кариеса и его осложнений остается одной из центральных в стоматологии. Учитывая высокую распространенность данной патологии, решение этой проблемы имеет большое не только медицинское, но и социальное значение [27].

Лечение кариеса и его осложнений представляет собой постоянно совершенствующийся сложный технологический процесс, включающий множество этапов [106]. При этом для получения долгосрочного эффекта при лечении этих заболеваний важное значение имеет согласованность последовательного выполнения всех этапов лечения практикующим врачом-стоматологом, а также его информированность о современных диагностических и лечебных манипуляциях и материалах [120]. Только многосторонняя оптимизация существующих протоколов лечения, с включением современных диагностических и лечебных концепций, позволит добиться системных сдвигов в качестве борьбы с кариесом и его осложнениями [88].

В настоящее время существуют многочисленные подходы к диагностике и методикам выполнения этапов лечения кариеса и его осложнений [58]. Многообразие методик и материалов, их сочетаемость или не сочетаемость не только представляют значительные сложности для практикующих врачей, но и могут негативно влиять на результат лечения в целом [85]. Именно поэтому важно дать сравнительную оценку наиболее распространенных методов, применяемых в терапевтической стоматологии и выделить те подходы, сочетание которых на этапах диагностики и лечения позволяет получить оптимальный результат. Детализированный подход в исследовании всех этапов лечения обуславливает детерминированность стратегически важных аспектов в уже существующем изобилии интерпретаций различных протоколов, методик и алгоритмов лечения и обеспечит синхронность

и согласованность между собой, что является крайне важной аксиомой для персонализации в подходе к лечению тех или иных нозологических единиц, позволяющей улучшить эффективность лечения, снижая не только затраты на повторные вмешательства и предотвращая потерю зубов ятрогенной этиологии, что, безусловно, улучшит качество стоматологического здоровья и жизни пациентов.

Исследованию диагностической ценности использования искусственного интеллекта при кариесе и его осложнениях, а также определению эффективности способов оптимизации этапов лечения кариеса зубов и этапов эндодонтического лечения, посвящено данное диссертационное исследование.

Степень разработанности темы исследования

Современный уровень развития технологий позволяет использовать компьютерные программы с элементами искусственного интеллекта для оценки конусно-лучевых компьютерных томограмм [254; 401; 533]. Однако среди практикующих врачей существует весьма противоречивое мнение о диагностической ценности применения этих программ. Данный вопрос в литературе освещен недостаточно, что свидетельствует о необходимости проведения научных исследований в этой области.

Важным направлением развития современной стоматологии является щадящее препарирование зубов с максимальным сохранением здоровых твердых тканей зуба [123; 207]. В связи с этим, актуальным является вопрос исследования воздушно-абразивного препарирования твердых тканей зубов с использованием порошка оксида алюминия разного размера частиц.

В настоящее время до конца не решен вопрос о том, какие виды кислот, используемые для протравливания дентина при работе с композитными материалами, являются более эффективными и безопасными, что говорит об актуальности проведения исследования сравнительной эффективности ортофосфорной и малеиновых кислот при протравливании дентина [385].

В настоящее время дискутируется вопрос о количественном содержании белковых соединений, продуцируемых одонтобластами, к которым относятся матриксные металлопротеиназы и их эндогенные ингибиторы в

девитализированных и не девитализированных зубах [86; 232; 443]. Единого мнения по этому вопросу нет, что подтверждает необходимость проведения научных исследований в данном направлении.

Композитные материалы светового отверждения, которые в настоящее время широко используются для пломбирования кариозных полостей любых классов, наряду с высокими эстетическими свойствами, обладают относительно невысокой прочностью и износостойкостью [200; 258]. В связи с этим, развитие технологий, позволяющих улучшить физико-механические свойства светокомпозитных материалов за счет их предполимеризационного нагрева и полимеризации поверхностного слоя в анаэробных условиях, имеет большое научное и практическое значение [2; 87; 129].

Важное значение при лечении кариеса, особенно при пломбировании глубоких кариозных полостей, имеет сохранение жизнеспособности пульпы зуба [30; 65]. Это свидетельствует о необходимости разработки научно-обоснованного алгоритма использования прокладок из трикальцийсиликатного цемента при лечении зубов с глубокими кариозными полостями.

Эндодонтическое лечение является одним из наиболее сложных видов стоматологической помощи. Особую трудность представляет проведение повторного эндодонтического лечения, так как при его проведении значительно возрастает риск получения различных осложнений. В связи с этим, оптимизация этапов повторного эндодонтического лечения, позволяющих сохранять зубы даже при наличии патологических периапикальных изменений, имеет большое значение для практического здравоохранения.

При повторном эндодонтическом лечении используются вещества, способные растворять гуттаперчу и силер, введенные в корневые каналы зубов при первичном лечении. Эти вещества называются сольвенты. В стоматологии наиболее часто используют сольвенты на основе эфирных масел. Однако, в литературе нет точных данных об эффективности тех или иных видов сольвентов на основе эфирных масел.

При проведении повторного эндодонтического лечения особое требование предъявляется к ирригационным растворам, так как ирригационный раствор не только должен обеспечивать медикаментозную обработку корневого канала, но и удалять масляную пленку со стенок корневого канала, которая появляется после использования сольвентов на основе эфирных масел [564]. В связи с этим исследованию способности различных ирригационных растворов является актуальным.

Правильный выбор нужного эндодонтического инструментария для проведения механической обработки корневых каналов имеет большое значение [42; 185]. К сожалению, эксплуатационные характеристики никель-титановых эндодонтических инструментов, которые дают их производители, не всегда соответствуют реальным условиям. В связи с этим, комплексное исследование устойчивости никель-титановых эндодонтических инструментов к механическим, химическим и термическим воздействиям, которым инструмент подвергается в процессе эксплуатации, позволяют оптимизировать выбор наиболее надежного эндодонтического инструментария, что имеет большое практическое значение.

Пломбирование корневого канала, завершающий и самый главный этап эндодонтического лечения. Исследование эффективности obturation корневого канала, особенно его апикальной части, при использовании различных способов пломбирования корневых каналов, имеет большое значение, так как позволяет обеспечить долгосрочный положительный эффект эндодонтического лечения [228; 535].

Исследование клинической эффективности оптимизации этапов повторного эндодонтического лечения при хроническом апикальном периодонтите позволяет объективно оценить результаты применения различных сольвентов, разных способов ирригации и obturation корневых каналов зубов при повторном эндодонтическом лечении.

Цель исследования

Этиопатогенетическое обоснование включения элементов искусственного интеллекта на этапах диагностики и системная оптимизация этапов лечения для

повышения эффективности и качества оказания стоматологической помощи пациентам, страдающим кариесом и его осложнениями.

Задачи исследования

1. На основании исследования мнения практикующих врачей выявить, какие этапы диагностики и лечения кариеса и его осложнений представляют наибольшие трудности в плане выбора алгоритма применения существующих диагностических и лечебных процедур.

2. Оценить диагностическую ценность компьютерной программы, содержащей элементы искусственного интеллекта, для анализа КЛКТ при кариесе и его осложнениях.

3. Исследовать влияние воздушно-абразивной обработки с использованием порошка оксида алюминия на твердые ткани зуба и возможности ее применения при лечении кариеса зубов.

4. Определить оптимальный способ кислотного протравливания дентина.

5. Исследовать влияние депульпирования на изменение уровня содержания ингибиторов матриксных металлопротеиназ в дентине зубов.

6. Исследовать влияние анаэробной полимеризации композитного материала светового отверждения на состояние поверхностного слоя реставраций.

7. Оценить влияние предполимеризационного нагрева композитного материала светового отверждения на качество финишной обработки реставрации.

8. Исследовать эффективность сохранения жизнеспособности пульпы при пломбировании зубов с глубокими кариозными полостями различными способами.

9. Исследовать эффективность растворяющего действия сольвентов на основе эфирных масел.

10. Исследовать моющую способность растворов гипохлорита натрия разной концентрации и температуры в отношении апельсинового и грейпфрутового эфирных масел.

11. Разработать способ и провести комплексное исследование износостойкости никель-титановых эндодонтических инструментов.

12. С помощью экспериментального исследования исследовать эффективность obturации апикальной части корня зуба при различных способах пломбирования корневых каналов зубов.

13. Исследовать клиническую эффективность способов оптимизации этапов по- вторного эндодонтического лечения при хроническом апикальном периодонтите.

Научная новизна исследования

На основании анкетирования практикующих врачей-стоматологов терапевтов уточнены, какие этапы диагностики и лечения кариеса и его осложнений представляют наибольшие трудности в плане выбора алгоритма применения существующих диагностических и лечебных процедур.

Уточнена диагностическая ценность компьютерной программы, содержащей элементы искусственного интеллекта, для оценки КЛКТ при кариесе и его осложнениях. Обоснована необходимость комплексного подхода, где, наряду с лучевой диагностикой и использованием элементов искусственного интеллекта, следует применять другие дополнительные методы исследования, в том числе электроодонтодиагностику.

Уточнено влияние воздушно-абразивной обработки твердых тканей зуба с использованием порошка оксида алюминия на состояние интактных и пораженных кариесом эмали и дентина. Впервые, с помощью экспериментального исследования, доказана высокая эффективность последовательного препарирования кариозной полости при лечении кариеса дентина сначала с помощью бора, затем с применением воздушно-абразивного препарирования с использованием порошка оксида алюминия, с последующим проведением ультразвуковой обработки поверхности эмали и дентина низкочастотным ультразвуком.

Определен оптимальный способ протравливания дентина, заключающийся в использовании геля на основе 5%-й maleinовой кислоты с динамической активацией.

Впервые с помощью полимеразной цепной реакции в режиме реального времени установлен уровень содержания ингибиторов матриксных металлопротеиназ в дентине депульпированных и не депульпированных зубов.

Уточнено влияние полимеризации в анаэробных условиях композитного материала светового отверждения на состояние поверхностного слоя реставрации. Установлено, что полимеризация в анаэробных условиях предотвращает ингибирование процесса полимеризации кислородом, в результате чего поверхность реставрации становится менее пористой и шероховатой.

Уточнено влияние предполимеризационного нагрева композитного материала светового отверждения на качество финишной обработки реставрации. Установлено, что предполимеризационный нагрев в сочетании с анаэробной полимеризацией способствует увеличению качественных характеристик поверхностного слоя композитного материала и оптимизации финишной обработки реставрации.

Уточнена эффективность сохранения жизнеспособности пульпы при пломбировании зубов с глубокими кариозными полостями различными способами. Предложен алгоритм использования прокладок из трикальцийсиликатного цемента при пломбировании светокомпозитными материалами зубов с глубокими кариозными полостями.

Впервые с помощью экспериментального исследования доказана большая эффективность растворяющего действия сольвентов на основе грейпфрутового и апельсинового эфирных масел по сравнению с сольвентами на основе других эфирных масел.

Впервые в экспериментальном исследовании доказано, что нагревание 1% раствора гипохлорита натрия до 45 °С достоверно снижает коэффициент его поверхностного натяжения и увеличивает моющую способность в отношении грейпфрутового и апельсинового эфирных масел.

Разработан способ комплексного исследования износостойкости никель-титановых эндодонтических инструментов, заключающийся в чередующихся циклах испытаний, включающих механическую нагрузку, с использованием разработанного симуляционного блока, химическое воздействие и термическое воздействие на исследуемый никель-титановый инструмент.

Впервые, с помощью разработанного способа комплексного исследования износостойкости никель-титановых эндодонтических инструментов, исследована износо-стойкость никель-титановых инструментов разных производителей.

Разработан и апробирован способ, позволяющий визуализировать место формирующегося отлома никель-титанового эндодонтического инструмента с помощью капиллярной дефектоскопии.

С помощью экспериментального исследования доказана большая эффективность obturации апикальной части корня зуба при гибридном способе пломбирования корневых каналов зубов по сравнению с другими способами.

Доказано, что применение способов оптимизации этапов повторного эндодонтического лечения при хроническом апикальном периодонтите, заключающегося в использовании сольвента на основе апельсинового эфирного масла; проведении ирригации корневых каналов с помощью специально разработанной ирригационной системы; использовании в качестве ирриганта 1%-го раствора гипохлорита натрия, нагретого до 45 °С; пломбировании корневых каналов с применением гибридного способа конденсации гуттаперчи, повышает эффективность лечебных мероприятий на 15,4%.

Теоретическая и практическая значимость работы

Дано этиопатогенетическое обоснование комплексного подхода при диагностике кариеса и его осложнений, предполагающего использование, наряду с лучевой диагностикой и компьютерных программ с элементами искусственного интеллекта, других современных методов диагностики, в том числе электроодонтодиагностику.

Решена проблема системной оптимизации этапов лечения кариеса и его осложнений, позволяющая повысить эффективность и качество оказания стоматологической помощи данной категории больных.

Оригинальность диссертационного исследования подтверждена 5 патентами РФ.

Полученные в результате диссертационного исследования данные позволяют внести коррективы в протоколы лечения кариеса и его осложнений, а также в клинические рекомендации для практикующих врачей стоматологов.

Методология и методы диссертационного исследования

Диссертация выполнена в соответствии с принципами и правилами доказательной медицины. Результаты диссертационной работы доказаны на обширном экспериментальном и клиническом материале. С помощью экспериментальных исследований исследована эффективность воздушно-абразивного препарирования твердых тканей зубов с использованием частиц порошка оксида алюминия разного размера; исследована сравнительная эффективность ортофосфорной и малеиновых кислот при протравливании дентина; определен уровень содержания ингибиторов матриксной металлопротеиназы MMP9 («желатиназа В») TIMP1 и TIMP2 в дентине девитализированных и не девитализированных зубов; исследовано влияние предполимеризационного нагрева на изменения физико-механических свойств композитного материала светового отверждения; исследовано влияние анаэробной полимеризации на состояние поверхностного слоя светокомпозитных реставраций; исследована эффективность растворяющего действия сольвентов на основе эфирных масел, обладающая способность различных ирригационных растворов; проведено комплексное исследование износостойкости никель-титановых эндодонтических инструментов; исследована эффективность obturации апикальной части корневых каналов зубов при использовании различных способов пломбирования корневых каналов.

С помощью клинического исследования определена диагностическая ценность применения компьютерных программ с элементами искусственного интеллекта для оценки КЛКТ; исследована эффективность комплексной оптимизации этапов лечения кариеса и этапов повторного эндодонтического лечения при хроническом периодонтите.

В работе использованы современные методики сбора и обработки исходной информации с применением современных статистических программ.

Основные научные положения, выносимые на защиту

1. Повышение качества оказания стоматологической помощи требует создание современной парадигмы диагностики и лечения кариеса и его осложнений, заключающейся в научном обосновании алгоритма применения оптимизации этапов диагностики и лечения этих заболеваний.

2. Для диагностики кариеса и его осложнений необходим комплексный подход и, наряду с лучевой диагностикой и использованием элементов искусственного интеллекта, следует применять другие дополнительные методы исследования, в том числе электроодонтодиагностику.

3. К эффективным способам оптимизации этапов лечения кариеса зубов относятся:

- воздушно-абразивное препарирование кариозных полостей, увеличивающего шероховатость поверхности эмали и дентина, что способствует повышению адгезии пломбировочного материала;

- протравливание дентина с помощью геля на основе 5%-й малеиновой кислоты с динамической активацией, являющегося оптимальным и безопасным способом проведения этой процедуры;

- 2%-й водный или спиртовой раствор хлоргексидина для инактивации матриксных металлопротеиназ в дентине как витальных, так и депульпированных зубов;

- полимеризацию поверхностного слоя композитного материала светового отверждения в анаэробных условиях для улучшения снижения пористости поверхности из-за ингибирования процесса полимеризации кислородом;

- предполимеризационный нагрев композитного материала светового отверждения для улучшения его свойств и качества финишной обработки реставрации;

- прокладки из трикальцийсиликатного цемента при лечении гиперемии пульпы для повышения эффективности сохранения жизнеспособности пульпы зуба.

4. К эффективным способам оптимизации этапов повторного эндодонтического лечения относятся:

- использование сольвентов на основе апельсинового и грейпфрутового эфирных масел, обладающих наиболее выраженным растворяющим действием по отношению к гуттаперче по сравнению с другими эфирными маслами;
- применение в качестве ирриганта 1%-го раствора гипохлорита натрия, нагретого до 45 °С, обладающего наибольшей моющей способностью в отношении грейпфрутового и апельсинового эфирных масел;
- выбор никель-титанового эндодонтического инструментария на основании результатов комплексного исследования их износостойкости;
- применение ирригационной системы, позволяющей проводить ирригацию корневых каналов с последовательным использованием 1%-го раствора гипохлорита натрия, дистиллированной воды, 17%-го раствора ЭДТА, дающей возможность нагревать и поддерживать температуру 1%-го раствора гипохлорита натрия на уровне 45 °С, обеспечивающей звуковую активацию ирригационного раствора в корневом канале;
- применение гибридного способа пломбирования корневых каналов зубов, обеспечивающего более эффективную obturation апикальной части корня зуба по сравнению с другими способами пломбирования корневых каналов.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность полученных результатов подтверждается достаточным количеством экспериментальных и клинических наблюдений, использованием современных, адекватных методов исследования.

Материалы исследования доложены на конференциях: SCIENCE4HEALTH 2019. Клинические и теоретические аспекты современной медицины (РУДН, г. Москва, 2019 г.); «Стоматология: наука и практика, перспективы развития», посвященная 100-летию со дня рождения профессора Е. А. Магида (г. Волгоград, 14 октября 2021 г.); VIII Всероссийская научная конференция молодых ученых и студентов с международным участием VolgaMedScience (г. Нижний Новгород, 17–18 марта 2022 г.); международная научно-практическая конференция Semmelweis International Conference 2022 of Semmelweis University (г. Будапешт, Венгрия, 2022 г.); 76-я Международная научно-практическая конференция студентов и молодых

ученых «Достижение фундаментальной, прикладной медицины и фармации» (г. Самарканд, Узбекистан, 20–21 мая 2022 г.). Международная научно-практическая конференция Harran University Congress 2023 (г. Стамбул, Турция, 29 января 2023 г.).

Апробация проведена на совместном заседании кафедр терапевтической стоматологии и стоматологии детского возраста и ортодонтии Медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (протокол № 8 от 12.05.2023).

Внедрение результатов исследования

Результаты диссертационной работы внедрены в лекционные материалы, практические и семинарские занятия студентов кафедры терапевтической стоматологии в рамках дисциплин: «Инновационные технологии в стоматологии», «Кариесология», «Эндодонтия», а также ординаторов и аспирантов по направлению «Стоматология» Медицинского института Российского университета дружбы народов, в лекционный курс кафедры терапевтической стоматологии Института стоматологии им. Е. В. Боровского ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет), в лечебную практику клиники ООО «Ваш личный доктор», сеть стоматологических клиник «Юнидент».

Личный вклад автора в выполнение работы

Автором был составлен план и алгоритмы проведения всех экспериментальных и клинических исследований. Автором самостоятельно проведен анализ современной отечественной и зарубежной литературы и патентный поиск по теме исследования.

Автором проведено анкетирование 150 практикующих врачей-стоматологов терапевтов. Автором проанализированы данные комплексного обследования с использованием элементов искусственного интеллекта 320 пациентов с различными формами кариеса и его осложнений. Автор самостоятельно проводил лечение и изучал эффективность сохранения жизнеспособности пульпы зуба у 120 пациентов в зубах с глубокими кариозными полостями. Проводил лечение и изучал эффективность комплексной оптимизации этапов повторного эндодонтического лечения у 104 больных с хроническим апикальным периодонтитом.

Автор принимал непосредственное участие в проведении экспериментов и подготовке образцов для исследования. По результатам проведенного диссертационного исследования получены 5 патентов РФ: 1) Способ повторного эндодонтического лечения (патент на изобретения № 2610210 от 08.02.2017); 2) Съёмная насадка для медикаментозной обработки корневого канала (патент на полезную модель № 210678 от 26.04.2022); 3) Устройство для ирригации корневых каналов (патент на полезную модель № 211836 от 27.04.2022); 4) Способ определения циклической усталости никель-титановых файлов и симуляционный эндодонтический блок для их осуществления (патент на изобретение №27789962 от 14.02.2023), 5) Способ определения признака отлома эндодонтического инструмента (патент на изобретение RU2794631C1 от 24.04.2023). Автор выполнил лично в полном объеме статистическую обработку, полученных в ходе исследования данных, оформление и иллюстрацию диссертационной работы.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 3.1.7. Стоматология, отрасли наук: медицинские науки, а также областям исследования согласно пунктам 1, 8, 9 паспорта специальности «Стоматология».

Публикации

По теме диссертации опубликована 71 работа, из них 19 научных статей в журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science; 31 научная статья в журналах, рекомендованных Перечнем РУДН и Перечнем ВАК; 6 патентов (4 патента на изобретения и 2 патента на полезную модель); 7 научных публикаций в сборниках конференций, 8 изданий учебной литературы.

Объем и структура работы

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Диссертация изложена на 319 страницах, содержит 10 таблиц, 119 рисунков. Список литературы включает 603 наименования работ, из них 169 отечественных и 434 зарубежных авторов.

Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ЛЕЧЕНИИ КАРИЕСА И ЕГО ОСЛОЖНЕНИЙ

1.1. Современные аспекты препарирования твердых тканей зубов

Проблема кариеса остается одной из центральных в стоматологии, несмотря на то, что современная наука достигла достаточного уровня развития в этом направлении. Повышение качества и эффективности препарирования зубов является одной из важных проблем современной стоматологии, решение которой позволит снизить заболеваемость кариесом и уменьшить затраты на его повторное лечение [24; 111; 303; 417; 599]. Поэтому вопрос о методах оперативного лечения кариеса приобретает особую актуальность [75].

Под термином «препарирование» подразумевается инструментальная обработка твердых тканей зуба, сопровождающаяся удалением пораженных кариесом, инфицированных, нежизнеспособных тканей для исключения дальнейшего разрушения и обеспечения надежной фиксации пломбы, восстанавливающей анатомическую и функциональную целостность зуба [37; 111].

Основная работа стоматологов направлена именно на препарирование кариозных полостей по поводу первичного и вторичного кариеса. После оперативного лечения первичного кариеса рано или поздно происходит разрушение или жестких структур зуба или реставраций. Это зависит от ряда причин. Одной из них является использование вращающихся инструментов во время препарирования.

Кинетическая энергия вращающихся инструментов избыточна и распределяется по обрабатываемой поверхности неравномерно, что вызывает нагрев тканей зуба, неравномерность препарирования, микротрещины эмали и дентина [63; 122]. Безусловно, это требует дальнейших исследований по исследованию оптимальных подходов к методам препарирования кариозных полостей.

На современном этапе в практической стоматологии существуют различные подходы к препарированию кариозных полостей в зависимости от восстанавливающего материала, клинической ситуации, групповой принадлежности зубов, глубины кариозной полости [75]. Соответственно, и варианты дизайна последних раз-

нообразны, а с появлением современных фотополимерных восстановительных материалов, к формовке полости выдвигаются требования, отличные от классического подхода препарирования. Каждый из этих вариантов не застрахован от проблем в лечении, имеет свои показания, преимущества и недостатки и окончательный выбор их дизайна остается за врачом, который учитывает разные клинические ситуации и критерии.

Впервые для широкого использования на практике основные принципы препарирования полостей разработал и предложил G. Black. В основе оригинальной концепции «профилактического расширения», описанной более столетия назад, при лечении кариеса лежал лишь хирургический подход. Препарирование полостей по методике G. Black основывалось на принципе «расширения ради предотвращения» [91; 111]. Среди ученых и практиков этот подход к препарированию кариозных полостей получил характеристику традиционного, преимуществами его являются – долговечность пломб, низкая частота «рецидивного» кариеса, простота стандартного подхода к препарированию полости.

В прошлом веке принципы препарирования кариозных пустот по G. Black пережили определенную критику из-за проблемы сохранения здоровых тканей зуба – большого объема удаления здоровых тканей зуба, ослабления прочности коронки, больших затрат времени.

Данный способ препарирования кариозной полости был логичен, для установки реставраций из амальгамы и золота, так как для их применения требовалось иссечение значительного объема структур зуба, с целью создания условий для фиксации реставрации.

В настоящее время признано, что деминерализованные эмаль и дентин могут быть «исцелены» и что хирургический подход к лечению кариозных поражений наряду с принципом «расширение для профилактики», предложенным Г. В. Блэком, больше не может быть оправданным. Несмотря на такие критические высказывания, результаты исследований все же показывают, что в отдаленные сроки наблюдения наиболее эффективные показатели лечения неосложненного кариеса были в группе, где проводилось традиционное лечение [106].

Второй концептуальный подход к препарированию кариозных полостей был сформулирован Лукомским И. Г. Его концепция «целесообразности» базировалась на щадящем отношении к видимо неизменным тканям зуба при препарировании. Основой метода послужила биотрофическая теория кариеса, трактующая кариозное поражение эмали как результат нарушения функции одонтобластов под влиянием эндогенных факторов. Согласно данной концепции, рецидив и дальнейшее прогрессирование кариеса зависят от состояния пульпы зуба, а качество наложенной пломбы на этот процесс не влияет [111]. Исходя из этого, автор предложил стоматологам руководствоваться двумя критериями: биологической и технической целесообразностью. Наиболее значимым И. Г. Лукомский считает биологический фактор, характеризующийся бережным отношением к пульпе. Принцип щадящего препарирования твердых тканей обеспечивает уменьшение вредных воздействий на зуб путем иссечения только пораженных кариозным процессом тканей и избеганием их механического травмирования, температурного воздействия или пересушивания [77; 80].

Кроме сохранения непораженных тканей зуба, преимуществом этого подхода является простота, малые трудозатраты и меньшие затраты рабочего времени при препарировании. В качестве недостатка такой концепции препарирования рассматривают невозможность качественного лечения: нарушение краевого прилегания пломб с развитием «рецидивного» кариеса, а также кариеса в фиссурах, расположенных рядом с пломбой [122].

Если стоматолог хочет управлять развитием кариозного поражения и его прогрессированием, он должен отойти от принципа «хирургического» подхода к препарированию кариозных полостей и полностью принять принцип минимальной интервенционной стоматологии [267].

С внедрением в практику адгезивных технологий на смену классическим способам препарирования зубов все шире пропагандируется философия минимальной интервенции, а соблюдение принципов ретенции и резистентности утратило свою актуальность. Поэтому в последнее время в современной литературе все активнее

пропагандируется принцип щадящего препарирования, создания «тоннелей», «мостиков» и т. д. [24; 62; 97; 108; 184; 435; 550].

В 1994 году для оказания стоматологической помощи жителям регионов с низким социально-экономическим уровнем, непривилегированным группам населения, беженцам и эмигрантам, пожилым людям, инвалидам, лежащим тяжелобольным ВОЗ была рекомендована так называемая ART-техника препарирования (Atraumatik restorative treatment – атравматическое реставрационное лечение) [115]. Эта техника предложена голландским врачом не как альтернатива, а как дополнение к машинному методу препарирования. Однако ВОЗ рекомендовала ART как приоритет для применения в определенных случаях. ART предусматривает пломбирование кариозной полости без препарирования. При этом используются простые в применении материалы, имеющие противокариозное действие, в первую очередь – стеклоиономерные цементы [91; 122].

Преимущества использования ART методики препарирования заключаются в следующем: вмешательство в ткани зуба происходит в незначительной степени с сохранением наибольшего количества здоровой ткани; метод практически безболезнен, пациент не получает психологической травмы; значительно снижается вероятность инфицирования здоровых тканей; отсутствует необходимость в анестезии; финансовая доступность для лечения для всех слоев населения. Отдаленные результаты лечения кариеса зубов с применением ручных инструментов показали высокую эффективность данного метода: сохранность пломб в удовлетворительном состоянии через 2 года достигала 95% [107].

Основной принцип препарирования кариозной полости – иссечение патологически измененных тканей и щадящее отношение к здоровым тканям. Восстановление и сохранение физиологического состояния зубов во многом зависит от качественного выполнения процедуры одонтопрепарирования [73; 109; 160; 163; 457]. Однако все ротационные методы вызывают неблагоприятные биологические реакции дентино-пульпарного комплекса, в основном из-за давления, выделения тепла и неселективного удаления как инфицированной, так и здоровой зубной ткани [330]. Одним из основных недостатков вращающихся инструментов для удаления

кариеса является вибрация, вызванная частотой вращения бора, что особенно неприятно для пациентов [331].

Это подтверждает факт использования боров с оптимальной степенью зернистости алмазного покрытия при препарировании. По электрометрическим показателям такие боры обеспечивают крепкое краевое прилегание пломбировочного материала к тканям зуба как непосредственно, так и после пломбирования [52; 53].

Вместе с тем существует и другое мнение. Несмотря на критичность взглядов по отношению к данной концепции препарирования, нельзя отрицать необходимость использования метода оперативного лечения кариеса по G. Black при пломбировании высокопрочными, долговечными пломбировочными материалами, не обладающими адгезией к тканям зуба, такими как амальгама, металлические и керамические вкладки [154].

К тому же принцип минимизации в препарировании кариозных полости не всегда целесообразен, с этим подходом можно согласиться только в некоторых случаях: он оправдан при малых размерах полостей у пациентов с «благополучной» полостью рта и низкой пораженностью зубов кариесом (индекс КПВ < 5) [104].

Представим характеристику наиболее известных методик минимальной интервенции на жестких тканях зубов. Метод минимального инвазивного удаления кариеса (MICRT – minimally invasive caries removal techniques) – одно из наиболее важных приложений концепции минимальной интервенции в стоматологии, которые были созданы в последнее десятилетие [62; 80, 97; 425; 515; 550].

Недавнее включение в MICRT лазерной абляции [585], воздушно-абразивной, звуковой и ультразвуковой обработки [261], химико-механических агентов [330] для удаления инфицированных тканей зуба позволило достичь значительных успехов в MICRTs. Общей чертой современных MICRT является выборочное удаление ткани, пораженной кариесом. При «кариес-инфицированном» дентине выявлено искажение микроструктуры дентинных канальцев, необратимая денатурация коллагеновых волокон и бактериальная инфильтрация [321].

Меликьяном М. Л. (2012) была разработана авторская альтернативная атравматическая армирующая стоматология, соответствующая концепции MIPS (Minimal Invasion with Pulp Save) [99].

Удачным выбором для подготовки полости могут быть лазерные технологии. В 1988 году Hibstt Keller создал и использовал лазер Er: YAG с одним аппликативным порядком и длиной волны 2940 нм для препарирования жестких тканей зубов. Данный лазер эффективен для избирательного удаления кариозных тканей. Луч лазера в импульсном режиме при попадании на жесткие ткани, нагревает воду, содержащуюся в них, что приводит к микроразрушениям в эмали и дентине. При этом ткани, находящиеся в непосредственной близости от зоны воздействия водяного пара, нагреваются не более чем на два градуса: энергия лазера практически не поглощается гидроксиапатитом [320; 599].

Процедура безболезненна, так как не происходит сильного нагревания зуба, а продолжительность лазерного импульса в 200 раз меньше временного порога восприятия боли [113]. При этом также было отмечено *in vitro*, что обработка поверхности эмали исключительно лазером Er: YAG приводила к самому большому микроподтеканию [320].

В последние десятилетия широкое распространение получили осциллирующие инструменты, к которым относят воздушные и пьезоэлектрические скейлеры, создающие колебания со звуковой (7000 Гц) и ультразвуковой (до 35000 Гц) частотой. Для препарирования используют специальные насадки с бриллиантовой крошкой разной формы и размеров (EMS, NSK, Acteon) [24]. Ультразвуковые инструменты имеют очень высокий потенциал стать удобным и эффективным инструментом для различных стоматологических процедур и заслуживают дальнейшего развития [252]. Преимущества ультразвуковых инструментов включают в себя консервативную подготовку полости, менее болезненную процедуру удаления кариеса и минимальную генерацию шума. Все эти улучшения представлены в клинических случаях [291].

Не утратили своего значения и химические методы подготовки полостей. Химико-механическое удаление кариозного поражения (CMCR – Chemomechanical

caries removal) является неинвазивным методом, исключаящим инфицированный дентин с помощью химического агента. Это – способ удаления кариеса на основе растворения. При данной методике используется химическое средство, способствующее атравматической механической силе в удалении мягкой кариозной структуры. В прошлом для CMCR были использованы различные агенты и методы, но лишь некоторые из них вошли в постоянную клиническую практику. Среди них – Carisolv, который является наиболее успешным и часто используемым агентом, также Paracarie показывает многообещающие результаты. Они эффективны при лечении кариозных поражений и представляют собой консервативную альтернативу оперативному вмешательству.

На современном этапе предложена еще одна методика препарирования кариозных полостей – воздушно-абразивная. Абразия воздухом используется для удаления кариеса без применения вращающихся инструментов. Это бесшумная, безболезненная процедура, не требующая анестезии. Такая технология использует абразивные материалы для удаления измененной патологическим процессом структуры зуба [206].

Были опубликованы исследования, характеризующие эффективность воздушно-абразивной методики препарирования. Клинические исследования свидетельствуют о том, что указанная технология приемлема для пациента с точки зрения отсутствия вибрации, отсутствия тепловыделения и уменьшения потребности в местной анальгезии [433].

Воздушная абразия с биоактивным составом фосфата ниобия показала эффективность метода на дентине, пораженном кариесом [409]. Установлено, что кариозные полости, подготовленные методом воздушной абразии, были лучшими для сцепленных реставраций, поскольку они дают округлые контуры, а это уменьшает риск разрушения реставраций. Данная методика особенно эффективна в устранении дефектов, представленных на поверхности эмали, поскольку приводит к снижению потери нормальной структуры зуба (в сравнении с высокоскоростным накопчиком), способна уменьшить микропроницаемость герметиков, поскольку

обеспечивает очень грубую поверхность эмали, что улучшает содержание связующих материалов [560].

В практической стоматологии при выборе техники формирования кариозных полостей врачи полагаются на свой личный клинический опыт. Подтверждением этого являются результаты анкетирования врачей, приведенные в диссертационном исследовании Р. М. Жигунова – с увеличением стажа работы, повышается количество врачей, которые придерживаются принципов классического препарирования и уменьшается количество тех, кто раньше предпочитал минимально инвазивные технологии [50].

В процессе препарирования возможен ряд технических ошибок, которые снижают качество лечения зубов и приводят к сокращению сроков эксплуатации реставраций [17].

При реставрации зубов композитными материалами с адгезивными системами, выдвигаются отдельные требования к препарированию кариозных полостей I класса: щадящее препарирование тканей только в участке дефекта без формирования скоса на эмали; удаление нависающих краев эмали без опорного дентина; сглаживание острых углов и краев полости; дно может быть рельефным согласно топографии пульпы [77; 78; 80].

По утверждению авторов скос эмали в полостях I класса не формируют в ряде случаев: при достаточной толщине эмали, для обеспечения оптимальной площади сцепления с композитом; при направлении эмалевых призм к поверхности фиссур, при отвесных стенках полости происходит их пересечение с созданием шероховатости поверхности необходимой для микроретенции; на жевательной поверхности зуба, так как скос расширит пределы полости и увеличит вероятность попадания окклюзионного контакта на границы «пломба – зуб». Эмаль всегда прочнее пломбы, а минимальное расширение полости на жевательной поверхности позволяет сохранить резистентность зуба к нагрузке [77; 80].

Но полученные данные указывают, что требования к формированию кариозных полостей I класса под композиты соблюдают не все специалисты. Достаточно

высокий процент кариозных полостей имеют сформированный скос эмали, нависающие края эмали и незакругленные углы.

Особенно дискуссионным вопросом в подготовке кариозных полостей к восстановлению светоотверждающимися композитными материалами является подход к формированию края эмали. Это касается противоречия относительно формирования и не формирования скоса эмали [17; 77; 80; 177; 273; 355; 587].

В лабораторных испытаниях формирование скоса эмали показывает много преимуществ, однако клинических исследований на эту тему мало, и их результаты противоречивы. Так, темпы 12-месячного сохранения реставраций в кариозных полостях, со сформированными и несформированными скосами эмали составляли 91% (ДИ: 77–97%) и 88% (ДИ: 73–95%) соответственно, результаты в группах были сходными [273].

Препарирование кариозных полостей под композитные материалы имеет свои особенности, которые за последние годы претерпели некоторые изменения. Приводятся результаты экспериментальных исследований, которые указывают, что срез призмы по краю эмали под углом 40–42°, с дальнейшей обработкой поверхности кислотой, удалением тем самым органического матрикса из межпризматического пространства, позволяет создать условия для затекания в межпризматические пространства адгезивной системы [161].

Для предотвращения сколов пломбы под действием жевательной нагрузки в полостях класса I и II не следует создавать скос эмали на окклюзионной поверхности [17].

В этой связи недостатки традиционного препарирования требуют поиска новых видов обработки тканей зуба, позволяющих свести к минимуму нарушение их структуры. При этом развитие идет по двум направлениям:

- 1) усовершенствование методик и инструментов для традиционного препарирования;
- 2) разработка альтернативных технологий: хемомеханической, лазерной, ультразвуковой, воздушно- и водно-абразивной.

1.2. Способы влияния на компоненты смазанного слоя

Работа с композитными реставрационными материалами включает использование кислот для деминерализации поверхности твердых тканей зуба. Такие изменения поверхности предполагают удаление смазанного слоя, увеличение как проницаемости, так и микропористости, а также химические изменения состава поверхности [287]. После предварительной обработки эмали улучшается смачиваемость, увеличивается площадь внешней поверхности и образуется микроудерживающий рельеф. Таким образом, достигается улучшенная связь композита с тканями зуба. К сожалению, условия не всегда являются оптимальными, и органические остатки, а также особенности морфологии, в частности апризматическая структура эмали, могут снизить эффективность травления и, таким образом, поставить под угрозу адгезию материала [264].

Эффект кислотного протравливания зависит от вида кислот и их концентрации, формы применения кислоты (гель, полугель), времени смывания, инструментальной обработки поверхности эмали перед протравливанием, химического состава и состояния эмали. Кроме того, отличается и техника применения: протравливание эмали, кондиционирование дентина, тотальное травление.

Традиционный метод протравления твердых тканей зубов состоит в использовании ортофосфорной кислоты. Она по сравнению с другими кислотами, такими как лимонная, плавиковая или соляная является наиболее эффективной в стимулировании адгезии эмали к стоматологическим материалам *in vitro*. Оптимальной концентрацией считается 35–37% [602].

Для правильного протравливания крайне важное значение имеет время воздействия кислоты на эмаль. В течение многих лет традиционным было протравливание эмали кислотой в течение 1 минуты. Однако исследования показали, что протравливание эмали в течение 15 секунд приводит к образованию такой же пористой поверхности, как и за 1 минуту [445]. Кроме того, затрачивая меньше времени на кислотное травление, можно сэкономить время пациента в стоматологическом кресле, уменьшить вероятность загрязнения поверхности, минимизировать раство-

рение подповерхностного вещества и придерживаться биосовместимости при одновременном травлении эмали и дентина. Но все же основная причина, по которой время травления сократилось с 60 секунд до текущих 15, заключается в том, что адгезивная стоматология приняла концепцию total-etch. Эта концепция была основана на травлении эмали и дентина одновременно. Шестидесят секунд травления были оптимальными для эмали, но деминерализировали дентин слишком глубоко. Шестидесятисекундное травление дентина деминерализует дентин на глубину 15 мкм. При этом проникновение адгезивного мономера затруднено и может оставить зону в нижней части гибридного слоя, которая свободна от адгезива. При экспозиции кислоты в течение 15 секунд эмаль все еще достаточно протравлена, а дентин деминерализован только на 5–8 мкм, что облегчает инфильтрацию [602].

Также необходимо учитывать и поколение применяемой адгезивной системы. Так, применение самопротравливающих систем позволило сократить время работы, так как они одновременно обеспечивают процессы деминерализации и проникают в эмаль [264]. Но они состоят из более слабых кислотных мономеров по сравнению с ортофосфорной кислотой. Таким образом, межпризматическая эмаль декальцинируется селективно и не способствует улучшению прочности связи. Установлено, что предварительное травление эмали ортофосфорной кислотой повышает прочность сцепления самопротравливающих систем. Эти наблюдения показывают, что устранение этапа травления эмали может поставить под угрозу оптимальную прочность и долговечность соединения. Испытания эмалевых соединений на усталость также показали, что самопротравливающиеся системы не работают на том же уровне, что и традиционные системы кондиционирования ортофосфорной кислотой.

Весомый недостаток самопротравливающих адгезивных состоит в необходимости механической обработки эмали для обеспечения эффективного протравливания. Прочность соединения с эмалью при применении самопротравливающих адгезивов, как правило, ниже, чем с системами тотального травления. В ряде случаев, самопротравливающие системы вызывают прокрашивание в зоне краевого прилегания к эмали [444; 570].

Кроме того, выбор кислоты должен основываться на константах диссоциации (pK_a). Кислоты с более низким pK_a (для малеиновой кислоты $pK_a = 1,8$), как правило, используются в более разбавленном растворе, чем кислоты с более высоким pK_a (для ортофосфорной кислоты $pK_a = 2,1$). Протравливают ткани зуба чаще 37% ортофосфорной кислотой. При ее использовании на поверхности эмали обнаруживается более примечательный и удерживающий рисунок. Если концентрация кислоты меньше 30%, то на эмали зуба откладывается труднорастворимый брушит, препятствующий связыванию композита с эмалью зуба. При концентрации кислоты свыше 40%, быстро осаждаются кальцийфосфатные соединения, препятствующие кондиционированию эмали. При протравливании 30–40% ортофосфорной кислотой также на эмаль осаждается кальцийфосфат, который следует удалять ополаскиванием.

Препятствием в связывании адгезива с твердым веществом зуба могут выступать и остаточные кислоты, поэтому требуется их тщательное удаление после протравливания эмали [287]. В результате протравливания из-за различной растворимости эмалевых призм и межпризменного вещества, образуется микроудерживающий рельеф, который характеризуется различным рисунком. При растворении эмалевых призм, получают 1-й тип протравливания; при протравливании периферии (межпризменного вещества) формируется 2-й тип протравливания; 3-й смешанный тип характерен при протравливании и эмалевых призм, и межпризменного вещества. Варианты 1-го и 2-го типа более предпочтительны для удержания адгезивов на поверхности эмали путем микромеханической ретенции. Рисунок 3-го типа в меньшей степени способствует адгезии материала к поверхности эмали. Последующее развитие техники кислотного травления было основано на идеях максимизации типа 1 и/или типа 2 путем оптимизации концентрации раствора и продолжительности экспозиции [602].

Протравливание приводит к безвозвратной потере эмалевого слоя толщиной примерно 10 мкм. Гистологические изменения (ямки, щели) могут достигать и глубины 30–50 мкм [284]. В результате кондиционирования происходит увеличение

общей поверхности, повышение активности реагирования структуры эмали и улучшение смачиваемости до 400%. При смачивании такой измененной эмали зуба композитным материалом или бондом, происходит их проникновение в губчатые структуры и микромеханическое сцепление с эмалью зуба в результате реологического и геометрического эффектов. Полимеризация приводит к образованию типичных слоев, различимых на срезе края полости под микроскопом [539].

По сравнению с эмалью дентин является более сложным связующим субстратом из-за его сложных и изменчивых гистологических особенностей. Физиологические и патологические изменения после травления могут в дальнейшем привести к образованию склеротического дентина, который менее восприимчив к протоколам адгезии, разработанным для использования на здоровом дентине.

Следует помнить, что в ряде случаев необходимо и кондиционирование дентина. Вуопосе первым применил кислоту на поверхности дентина, пытаясь улучшить адгезию реставрационных материалов, используя 7%-ю хлорную кислоту в течение 1 минуты. Он не достиг хороших результатов этой техникой, но важно отметить, что в то время доступными эстетическими реставрационными материалами были в основном акриловая смола и силикатный цемент, совершенно отличные от современных. Лишь несколько лет спустя, когда Bowen разработал молекулу Бис-ГМА, исследования кондиционирования дентина были возобновлены [317]. Эти исследования были направлены на разработку эффективного дентинного связующего агента. Самая обычная классификация дентинного связующего агента делила их на поколения. Так, четвертое поколение применяется для травления эмали и дентина одновременно, такой метод называется «тотальным травлением» с последующим нанесением гидрофильного праймера и, в качестве последнего шага, нанесение связующего адгезива. В результате формируется гибридный слой, образующийся в результате окончательного сцепления коллагеновых волокон и связующего агента - адгезива. Важно, чтобы этот слой был непрерывным, чтобы предотвращать возможные микротрещины.

Однако дентин нельзя обрабатывать таким же способом, как и эмаль. Использование 37%-й фосфорной кислоты в некоторых случаях может способствовать

чрезмерной деминерализации, избегая подлежащей инфильтрации и пропитки адгезивом в коллагеновых волокнах, таким образом, возникает угроза нарушения соединения между разнородными материалами.

Необходимость протравливания дентина, обусловлена наличием «смазанного» слоя, образующегося при препарировании тканей зуба на поверхности дентина, состоящего из частиц гидроксиапатитов, отростков одонтобластов, коллагеновых волокон и микробных клеток. При протравливании дентина кислотный гель, воздействуя на «смазанный» слой, растворяет его и обеспечивает проникновение адгезивной системы в глубь дентина с образованием гибридной зоны. Данная зона формируется при проникновении адгезивной системы в дентинные трубочки и межколлагеновые пространства [309].

После кондиционирования дентина ткань становится бедной минералами и богатой белками, а также обнажает коллаген и увеличивает поток жидкости и проницаемость. Некоторые цели кислотного травления заключаются в том, чтобы способствовать связыванию с подлежащим дентинным матриксом, деминерализовать дентинный матрикс, дабы обеспечить инфильтрацию адгезива, обнажить меж- и перитубулярный дентин и очистить поверхность дентина.

Известно, что кондиционирование дентина 37% ортофосфорной кислотой в течение 15 секунд с последующей уникальной комбинацией гидрофильных праймеров и амбифильного связующего агента приводит к созданию свободной от зазоров границы раздела между материалом и тканью *in vivo* и *in vitro* [558].

Последнее поколение адгезивных систем использует различные виды кислот для одновременного травления эмали и дентина. Среди них 10%-й и 35%-й растворы ортофосфорной кислоты и 10%-й – малеиновой кислоты. Время аппликации кислоты сокращено до 15–30 секунд. Применение этих кондиционирующих агентов на поверхности дентина приводит к частичному или полному удалению смазанного слоя, открывает дентинные каналы и вызывает деминерализацию перитубулярного и межтрубного дентина. Таким образом, микропористость межтрубного дентина и последующие значения прочности на сдвиг увеличиваются и находятся в пределах нормального диапазона, зарегистрированного для эмали.

Хотя исследования показывают, что кислотное травление улучшает проникновение универсальных адгезивов, стоит помнить, что в дентине может возникнуть обнажение органической матрицы. Таким образом, становится сложнее образовывать соль MDP-Ca, которая обеспечивает химическое взаимодействие наноматериала. Этому химическому взаимодействию в дентине способствует его частичная деминерализация, сохраняющая целостность коллагеновых волокон, которые химически взаимодействуют с MDP-Ca, образуя стабильный слой.

При использовании адгезивных систем для тотального травления возникает проблема контроля глубины деминерализации дентина, совместимой с глубиной диффузии гидрофильных праймеров. Если праймеры диффундируют во весь деминерализованный дентин, связующий агент сможет пропитывать всю глубину дентина, создавая эффективный гибридный слой. Ранее считалось, что чем толще гибридный слой и чем длиннее смоляные метки, тем лучше достигается адгезия. Однако сейчас считается, что нет существенной разницы силы адгезии от длины этих меток, основная роль принадлежит непрерывности гибридного слоя. Однако, до сих пор не существует консенсуса в вопросе о том, проникают ли адгезивные системы в общую глубину деминерализации дентина.

Включение функции протравливания в функциональные возможности адгезива может быть оправданным, так как способствует удалению из технологической цепочки трудно контролируемый этап последовательного травления эмали и дентина. Таким образом, самопротравливающие композитные адгезивы являются средствами выбора, сокращая время процедуры, снижая уровень стресса пациентов, уменьшая объем труда врача. Но, менее высокая кислотность самопротравливающих адгезивов, может приводить к неполному удалению смазанного слоя [534].

Ряд особенностей возникает и при обработке некариозных поражений твердых тканей зубов, так как эти ткани характеризуются склеротическими изменениями. Это в значительной степени нарушает проникновение адгезива в толщу дентина. В такой ситуации методом выбора является тотальное травление. Основываясь на обнадеживающих клинических результатах с использованием метода тотального травления при некариозных дефектах, предполагается, что связывание

праймеров из самопротравливающих систем со склеротическим дентином также может быть усилено при дополнительном использовании предварительного кондиционирования ортофосфорной кислотой. Хотя склеротический дентин лишен смазанного слоя, показано, что самотравящиеся праймеры не могут в достаточной степени протравить поверхностный гиперминерализованный слой в склеротическом дентине. Взаимодействие со склеротическим дентином может быть улучшено путем модификации протоколов, которые обычно используются для здорового дентина. К ним относятся удаление поверхностного гиперминерализованного слоя или использование более сильных кислот.

В качестве протравливающего агента также может быть использована малеиновая кислота. Травление 10%-м гелем малеиновой кислоты в течение 15 секунд частично удаляет кристаллы гидроксиапатита из сердцевинной призмы, а при увлечении времени до 60 секунд развивается большее растворение материала сердцевинной призмы. Несмотря на отсутствие микроморфологических различий в типе рисунка травления, полученного на эмали с любой экспозицией, после 60 секунд травления топографический вид структуры сердцевинной призмы приблизился к тому, который был получен 35%-м гелем ортофосфорной кислоты. Это происходит потому, что малеиновая кислота является органической и имеет более высокую молекулярную массу, что требует большего времени для кислотной реакции на поверхности дентина.

Малеиновая кислота способна деминерализовать поверхность твердых тканей, но ее эффект напрямую связан с концентрацией протонов. Эта органическая кислота формирует сложную фибрилльную сеть дентина (в частности, на межтрубной и перитубулярной областях), что представляет особый интерес при рассмотрении формирования гибридного слоя после нанесения и отверждения адгезивной системы. При обработке тканей малеиновой кислотой образуется два различных слоя: первый – поверхностный слой уплотненных коллагеновых волокон и второй толстый слой хорошо отделенных фибрилл, образующий очень пористую структуру коллагеновой сети.

Большое количество фибрилл и пористость, создаваемая травлением (в частности, после обработки малеиновой кислотой при pH 0,7), показали возможные пути проникновения адгезивного агента в декальцинированную поверхность дентина человека. В частности, учитывая разработки самопротравливающих адгезивных систем, которые включают использование слабых органических кислот для деминерализации поверхности дентина, малеиновая кислота при pH 0,7 может быть достаточно эффективным агентом для деминерализации поверхности дентина.

Преимущественное растворение гиперминерализованного перитубулярного дентинного матрикса малеиновой кислотой и, таким образом, расширение канальца можно объяснить возможностью кислоты вытравлять перитубулярный дентин изнутри просвета канальца больше, чем через деминерализованную сторону дентина.

Образцы, протравленные малеиновой кислотой при более низкой концентрации протонов (то есть pH 1,4), показывают небольшое количество остаточных частиц на межтрубном дентине. Наблюдения за малеиновой кислотой при pH 0,7 продемонстрировали идеально чистый и пористый межтрубный дентин, то есть никаких остатков смазанного слоя не было обнаружено даже при высоком увеличении. Это говорит о том, что способность малеиновой кислоты очищать поверхность дентина от смазанного слоя и деминерализовать межтрубный дентин связана с pH используемой кислоты.

Таким образом, малеиновая кислота способна удалять смазанный слой, но образующиеся в дентинных канальцах пробки нет. Также эта органическая кислота в большинстве случаев не деминерализуют дентин в его глубине. При применении малеиновой кислоты с экспозицией в течение 15 секунд, стандартного времени для протравливания ортофосфорной кислотой, малеиновая кислота может обеспечить лишь изменение ткани примерно на 1 мм, что недостаточно для качественной адгезии. Следовательно, необходимо увеличение времени ее применения, а также использования динамической техники протравливания.

С тех пор как Buonocore впервые ввел использование ортофосфорной кислоты для травления эмали, были исследованы различные другие альтернативные кислоты и хелатирующие агенты, в том числе и полиакриловая кислота. Существует

ряд преимуществ применения полиакриловой кислоты по сравнению с обычным кислотным травлением ортофосфорной кислотой: поверхность эмали значительно не повреждается, легче происходит устранение смазанного слоя, характерна минимальная потеря богатой фтором внешней эмали [495]. Однако полиакриловая кислота удаляет не всю структуру смазанного слоя, пробки в составе смазанного слоя остаются не тронутыми. Ряд исследований показывает низкую эффективность полиакриловой кислоты при травлении через относительно более плотные структуры смазанного слоя [384].

Травление 20%-й сульфатированной полиакриловой кислотой можно проводить с экспозицией в течение 30 или 60 секунд. Рост кристаллов наблюдается через 30 секунд. Эти кристаллы, по-видимому, образуют достаточную площадь для проникновения адгезива, образуя фиксирующую удерживающую сетку. Образцы, протравленные 20%-ной сульфатированной полиакриловой кислотой в течение 60 с, показывают образование трещин и ям. В целом сульфатированная полиакриловая кислота удаляет значительно меньшее количество здоровой эмали, что хорошо для концепции максимального сохранения твердых тканей зуба. Но в то же время она обеспечивает меньшую прочность соединения при растяжении по сравнению с 37%-й ортофосфорной кислотой [453].

Доказано, что статистически большая прочность соединения достигается при динамическом нанесении кислотного агента. Степень травления и проникновения мономера при динамическом кондиционировании больше, чем при статическом. Эта повышенная прочность связи, по-видимому, может быть объяснена большей степенью травления. Это неудивительно, так как перемешивание и пополнение действующего вещества гарантирует, что поверхность эмали подвергается воздействию свежей кислоты, а побочные продукты травления удаляются более эффективно.

Таким образом, динамическое травление эмали более эффективно, так как при данной методике достигается равномерность микрошероховатости поверхности эмали, независимо от ее изначальной структуры. Также методика характеризуется лучшими результатами адгезии в немедленной и долгосрочной перспективе.

Этап протравливания твердых тканей зуба является важным звеном в лечении кариеса зубов, поскольку в значительной степени определяет последующую адгезию разнородных материалов – тканей зуба и композитного пломбировочного материала. Данный этап обеспечивает устранение смазанного слоя за счет воздействия на него кислотных агентов. Наилучшими показателями в сравнении с малеиновой и полиакриловой кислотами обладает все же ортофосфорная кислота. Рекомендуемая экспозиция: на эмали 15–30 секунд, с учетом применяемой кислоты и ее молекулярной массы, на поверхности дентина экспозиция не должна превышать 15 секунд. Также для качественной обработки статичного протравливания недостаточно, т. к. при этом обеспечивается полноценное протравливание лишь внутренних, состоящих из эмалевых призм, участков. Поэтому рекомендовано применение динамического травления.

1.3. Актуальные вопросы композитных реставраций в клинической практике

На сегодняшний день, наиболее распространенными видами стоматологической помощи в мире признано лечение кариеса зубов с последующей установкой пломб и чаще всего материалом для таких работ выступают стоматологические композитные пломбировочные материалы [1; 536]. Практическое здравоохранение имеет уже более пяти десятилетий опыта использования композитных пломбировочных материалов (химического, светового и двойного механизма твердения) для устранения дефектов твердых тканей зубов, что позволяет восстановить механические и эстетические функции зубов пациента. Стоматологические композитные пломбировочные материалы светового твердения занимают позицию лидеров в арсенале всех реставрационных стоматологических материалов, благодаря их эстетическим, механическим и технологическим свойствам [129].

Механические и физические свойства фотокомпозитных материалов определяются наполнителем, а также фракциями метилметакрилатных смол, выполняющих функцию связующего и пластификационного агента. Количество наполнителя, его объем, гибридизация частиц разных размеров, их конфигурация, а также

состав органической матрицы определяют механические свойства стоматологического пломбировочного материала, такие как прочность при сжатии, сгибании, разрыве; модуль упругости при сгибании, микротвердость, рентгеноконтрастность. Современная практическая стоматология нуждается в создании «идеального» композитного пломбировочного материала, свойства которого были бы максимально приближены к характеристикам естественных зубов, поэтому многочисленные научно-исследовательские центры и производители в разных странах продолжают разрабатывать материалы с помощью более новых и усовершенствованных технологий.

Относительно новым направлением стало обособление класса композитных пломбировочных материалов с нанодисперсными наполнителями. Такие материалы стали универсальными, они имеют пониженную полимеризационную усадку и обладают высокими эстетическими свойствами. Фотокомпозитные стоматологические пломбировочные материалы являются усовершенствованными потомками первых цементных пломбировочных материалов, которыми начинала пользоваться практическая стоматология еще до XX века [388].

Еще в конце XIX века W. D. Miller определил критерии и требования к так называемому «идеальному» пломбировочному материалу, используемому для восстановления кариозных и некариозных дефектов твердых тканей зубов. Эти требования с определенными дополнениями и уточнениями, остаются актуальными и в наше время [390]. Стоматологический пломбировочный материал должен быть:

1. Устойчивым к разным химическим воздействиям: свойства материала не должны изменяться под влиянием слюны, пищи, ротовой и дентинной жидкости.
2. Должен обладать высокой прочностью, что связано с интенсивной жевательной нагрузкой.
3. Внешний вид пломбировочного материала должен имитировать внешний вид натуральных зубов.
4. Должен обладать достаточной стойкостью к истиранию при действии различных абразивных материалов.

5. Обладать удовлетворительным краевым прилеганием, что обеспечивается неизменной его формой и объемом при полимеризации.

6. Должен иметь достаточную адгезию к тканям зуба или другим пломбировочных и конструкционных материалов.

7. Сохранять свои свойства (форма и объем) в течение длительного времени.

8. Не должен давать усадку при полимеризации.

9. Должен быть удобен в использовании в клинике, то есть обладать особыми манипуляционными свойствами.

10. Не должен быть токсичным, пломбировочный материал должен быть безопасным для тканей зуба и слизистой оболочки полости рта, а также не содержать в своем составе веществ, которые могут нанести вред здоровью пациента, врача и среднего медицинского персонала

11. Должен предотвращать возникновение вторичного кариеса и его осложнений, то есть обладать противокариозным действием [397].

12. Рентгеноконтрастность пломбировочного материала должна быть аналогичной естественным тканям зуба, или превышать ее.

13. Должен обладать минимальной теплопроводностью, чтобы обеспечить термоизоляцию пульпы зуба при приеме горячей или холодной пищи.

14. Должен иметь длительный срок службы (это касается пломб и реставраций) [9; 105; 129].

В современных условиях на стоматологическом рынке невозможно найти универсальный пломбировочный материал, который бы отвечал всем перечисленным требованиям. С другой стороны, если проанализировать требования и жалобы пациентов на клиническом приеме, то за последние 10–15 лет можно судить о росте у среднестатистического пациента требований к эстетике пломб и реставраций зубов не только фронтальной, но и жевательной группы зубов. Достаточно часто пациент обращается с требованиями заменить имеющиеся неэстетичные реставрации и пломбы, конструкции с амальгамами, на более современные работы, имитирующие свойства натурального зуба. Поэтому, по мнению многих специалистов, сегодня ведущим критерием качества стоматологических работ становится эстетика. И

если 15–20 лет назад среди критериев удовлетворенности пациентов стоматологическими работами была безболезненность и функциональная реабилитация зуба, то сегодня дополнительно выделяется высокая эстетичность реставрации. Причинами такой эволюции требований и подходов можно считать рост культурного уровня населения и уровня доходов, а также научно-технического прогресса, который обеспечивает современную стоматологическую помощь достаточным количеством композитных материалов и их технологий их применения [1].

В современной стоматологии также эволюционирует и мнение самих врачей по поводу эстетики пломб-реставраций. При восстановлении частей коронок зубов стало актуальным максимальное приближение к естественной прозрачности зуба, имитация его естественного вида воспроизведение целой палитры оттенков, режущего края и микрорельефа. То есть стоматологические работы становятся все более эстетичными и отвечающими современным тенденциям в стилях их выполнения, идеально повторяя естественный вид зубного ряда, являются полной имитацией анатомической формы и оптических свойств натуральных зубов [47; 129; 132]. Учитывая рост массива научно-медицинской и клинической информации по поводу восстановления эстетики зубного ряда, с целью упорядочения подходов и общего понимания проблемы, И. К. Луцкая выделила следующие принципы современной эстетической стоматологии:

1. Соответствие внешнего вида реставрации естественным параметрам натурального зуба (цвет, форма, рельеф).
2. Оптимальное лечебное воздействие на зуб, т.е. стоматологическая манипуляция производится исключительно по показаниям.
3. Результат вмешательства должен удовлетворять следующим требованиям: высокая эстетичность, достаточная механическая прочность, стойкая по времени адгезия материала к твердым тканям зуба во влажной среде.
4. Принцип сотрудничества врача и пациента. Пациент обязательно принимает участие в выборе типа и формы конструкции, подбора цвета и размера будущей реставрации, и выполняет все рекомендации врача, регулярно приходит на повторный прием.

5. Принцип имитации цвета (учет оптических свойств эмали) и дентина с последующим воспроизведением цвета тканей зуба. Важные условия – освещение, фон, отсутствие контраста. Врачу желательно понимать основные законы оптики, физиологии и психологии зрительного восприятия.

6. Принцип воспроизведения объемных параметров твердых тканей зуба (внешний вид пломбы должен соответствовать интактному зубу, повторять его геометрическую форму, признаки принадлежности к группе зубов). Для моделирования макропризнаков зубов используются опакующие оттенки материалов, а для создания микрорельефа, формирования режущего края, прозрачности – эмалевые оттенки.

7. Принцип адгезивного препарирования: расширение площади контакта пломбировочного материала с тканями зуба (иссечение твердых тканей до интактных, скосы эмали, формы полости). На сегодняшний день указанный принцип представляет собой скорее историческую ценность, современные адгезивные системы позволяют достичь высокого уровня адгезии и без такой подготовки.

8. Принцип минимизации усадки материала в результате фотополимеризации, который предполагал применение определенных режимов полимеризации, сегодня также неактуален. В современных фотокомпозитных материалах усадка является минимизированной, присутствует высокодисперсное распределение фотоинициаторов полимеризации в массе материала, а также при работе с ними применяются современные высокомогущные стоматологические фотополимеризаторы [74; 76; 77; 79; 167; 298; 438].

Дополнительно в современной эстетической стоматологии появилось понятие «коррекция розовой эстетики» – визуальные изменения формы десневого края, которые проводят в следующих клинических случаях:

- 1) визуальная коррекция длины коронки зуба при невозможности или отказе пациента от хирургической коррекции десневого края;
- 2) визуальное устранение ретракции десен (в том числе после пародонтологических операций);
- 3) лечение кариеса цемента [74].

Применительно к эволюции подходов к лечению кариеса зубов, как основного фактора появления дефектов твердых тканей зубов, то она продолжается и в наше время. Доказательствами этого следует считать темпы внедрения новых технологий лечения в практику, новых материалов для восстановления твердых тканей зубов и появления комплексных методов лечения, изменения взглядов на причины и патогенез кариеса, развитие микробиологии, происходящее на фоне течения особых демографических процессов в экономически развитых странах мира, что в целом выдвигает новые задачи перед отраслью здравоохранения и также предлагает новые инструменты для их разрешения (Таблица 1) [98; 345].

Таблица 1 – Эволюция решения проблемы кариеса зубов в здравоохранении (адаптация)

<i>Аспекты</i>	<i>Прошрое</i>	<i>Настоящее</i>	<i>Будущее</i>
Эпидемиология	Неконтролируемое заболевание, которое приводит к ранней потере зубов, поражает все население	Ранние и неосложненные случаи (преимущественно молодые пациенты), вторичный кариес (взрослые), неравномерное распространение в разных социальных группах	Кариес корней, сочетание с поражениями пародонта. Неравномерность распространения в зависимости от возраста
Этиопатогенез	Инфекционное заболевание	Экологический дисбаланс (дизбиоз)	Мультифакторное заболевание
Диагностика	Визуально-тактильные методы, зондирование	2D- и 3D рентгендиагностика, световые методы и лазерная диагностика	Применение всех возможных методов диагностики
Стратегии лечения	Удаление зубов, расширенное препарирование зубов, амальгамные пломбы, искусственные коронки и протезы зубов	Фторсодержащие средства, адгезивные технологии, минимально-инвазивное препарирование	Биомиметическая реминерализация, модуляция бактериальных биопленок, тканевая инженерия
Основные подходы	Экסקавация и иссечение патологически измененных тканей, восстановление зубов или их удаление, единый подход ко всем случаям	Контроль биопленок в полости рта, реминерализация, специализированная стоматологическая помощь	Регенерация зубных тканей, персональная индивидуализированная стоматологическая помощь

Появление композитных пломбировочных материалов в 60-х годах XX века заставило изменить подходы к препарированию тканей зуба, появился и получил широкое распространение такой вид стоматологических работ, как реставрация зубов, что потребовало также изменения требований к стоматологической помощи и

критериям оценки его качества [101; 156; 448; 458]. Подавляющее количество публикаций на эту тему и рекомендованные протоколы лечения дефектов твердых тканей зубов рекомендуют при выборе пломбировочного материала руководствоваться результатами оценки его следующих характеристик:

- 1) физические свойства: прочность на излом; прочность на изгиб; коэффициент компрессии; стойкость к абразии; упругость;
- 2) полимеризационная усадка;
- 3) коэффициент полимеризационного расширения;
- 4) биосовместимость, объемы остаточного мономера;
- 5) опыт клинического применения [299; 312, 399].

Стоматологические композитные материалы имеют ограничения в применении, к ним относятся: декомпенсированная форма кариеса, кариес зубов с несформированными корнями, отдельные виды некариозных поражений (особые формы эрозии эмали и клиновидные дефекты), неудовлетворительная гигиена полости рта, частые рецидивы кариеса зубов. Такие случаи являются показаниями для использования стеклоиономерных цемента, компомеров и гиомеров. Несмотря на это, сегодня лучшим материалом для практической стоматологии считают композитные пломбировочные материалы светового отверждения [419].

Первыми материалами на стоматологическом рынке стали композитные материалы с химическим механизмом отверждения, созданные компанией «3М» в 1964 году [92]. Появление таких материалов ощутимо улучшило эстетические результаты стоматологического лечения (поскольку основным пломбировочным материалом в то время была серебряная амальгама) [501]. Композиты химического отверждения производились в форме двух паст (основная и каталитическая), затвердевающих после смешивания. Однако первые композитные материалы имели широкий перечень недостатков – неравномерная и нерегулярная конфигурация частиц наполнителя, низкая дисперсность их расположения в массе, материал был довольно хрупким, быстро изнашивался, имел низкую цветовую стабильность, адгезия к тканям зуба была недостаточна [1; 114; 166].

В начале 1980-х годов в технологии композитов выделились 2 направления усовершенствования: композиты для восстановления фронтальных зубов и композиты для восстановления жевательной группы зубов, где основным критерием качества является прочность и износостойкость материала. Впоследствии, через 10 лет появились универсальные пломбировочные (реставрационные) материалы, сочетающие в себе свойства материалов для пломбирования как фронтальных, так и жевательных зубов [114; 166]. Но в конце XX века большинство производителей композитов и врачей-стоматологов пришли к консенсусу, что пломбировочный материал не должен быть универсальным, а должен подбираться согласно каждой клинической ситуации [1].

Относительно свойств и качеств современных композитных стоматологических пломбировочных материалов, стоит отметить, что они определяются особенностями их химического состава и пространственной организации. В составе каждого композитного стоматологического материала выделяют 3 части (фазы):

1. Полимерная матрица (органический матрикс). Сегодня органическим матриксом большинства стоматологических композитов является продукт взаимодействия акриловых и эпоксидных смол – Bis-GMA. Bis-GMA – это сополимер бисфенола и глицидилметакрилата, такое соединение в мономере имеет высокое молекулярную массу. Изолированный Bis-GMA обладает высокой вязкостью ($\eta = 1200 \text{ Па}\cdot\text{с}$), поэтому во избежание этой проблемы в композицию матрикса добавляют другие варианты смол с уменьшенной вязкостью – триэтиленгликоль-диметилметакрилат (TegDMA, $\eta = 0,006 \text{ Па}\cdot\text{с}$) и мономер с низкой молекулярной массой – уретандиметилметакрилат (UDMA), декандиолдиметилметакрилат (D3MA).

Указанные композиции позволяют улучшить операционные свойства матрикса и соответственно самого композитного материала. В дальнейшем, с целью устранения отрицательного явления «напряжения полимеризации» были предложены приложения в виде систем силорана и тиолена [105]. В состав органического матрикса композиционных материалов также включают следующие компоненты: ингибиторы полимеризации (предотвращают спонтанную полимеризацию, удлиняют рабочее время материала и период его службы); катализаторы и активаторы

– инициируют старт полимеризации, а также ускоряют скорость полимеризации (перекись бензоила, камфорохинон и четвертичные амины); поглотители ультрафиолета, которые позволяют увеличить цветостойкость композитов, особенно при воздействии на них солнечного света; пигменты, определяющие цвет и оттенок материала.

2. Наполнитель (дисперсная фаза). Включение неорганического наполнителя определяет механические свойства и структурную стабильность композита, а также, предоставляет следующие преимущества: снижение полимеризационной усадки до 0,70%; предотвращение изменений органического матрикса; снижение поглощения воды; уменьшение стирания материала; увеличение сопротивления к нагрузкам; усиление механической прочности; совершенствование эстетических свойств. В современных стоматологических композитных материалах твердофазного наполнителя применяется модифицированное стекло и возможно включение других соединений (оксид циркония и т. д.); также каждый производитель имеет собственные способы измельчения и диспергирования наполнителя композитов, довольно часто производители выполняют гибридизацию частиц разного размера.

Размер частиц неорганического наполнителя фиксируется в диапазоне от 45,00 до 0,04 мкм. Первые композитные материалы имели большие частицы наполнителя более 10,00 мкм, современные производители пошли по пути уменьшения их среднего размера. В качестве наполнителя используется целый набор материалов: плавленый и кристаллический кварц, алюмосиликатное стекло, борсиликатное и бариевое стекло, алмазная пыль, разные варианты двуокиси кремния. Также разной может быть форма наполнителя, который бывает размолотым, крошкообразным, сферическим, в форме палочек и стружки [40; 105].

3. Необходимым компонентом современных композитных материалов являются поверхностно-активные вещества – силаны, обеспечивающие биполярную связь между неорганическим наполнителем и органической полимерной матрицей. Подавляющее количество силанов, используемых в стоматологии – бифункциональные молекулы: одна часть которых содержит реакционно активные группы

(метакрилат, акрилат, эпоксид и др.) для образования связи с органической матрицей, в то время как другая часть способна образовывать связи с наполнителем. Силаны способствуют возникновению стабильных и крепких взаимодействий между компонентами композита. Такие связи являются решающими в приобретении композитом стойкости и механической жесткости. При отсутствии указанных связей или при их слабых взаимодействиях в границу между матриком и наполнителем легко попадает вода и различные красители, что приводит к потере частиц наполнителя из композита [326; 332].

Таким образом, эстетические и косметические вмешательства на зубах сегодня являются активным направлением в развитии стоматологической помощи с широкими клиническими показаниями, где в полной степени внедряются все более инновационные технологии. Это стало возможным после появления в стоматологической практике новых материалов, в частности композитов, сочетающих в себе сбалансированные оптические, механические и физические свойства, а также являющихся биосовместимыми [87; 226].

На сегодняшний день технология стоматологических композитных пломбировочных материалов продолжает совершенствоваться, научный поиск проводится в следующих стратегических направлениях [421]:

1. Совершенствование составляющих (разработка новых видов органических смол и наполнителей) [175; 191; 201; 204; 256; 279; 307; 421; 480; 5004 512; 549; 570; 572; 587].
2. Исследование процессов их полимеризации [174; 192; 193; 182; 185; 191; 293; 295; 301; 474, 509; 511].
3. Создание новых высокодисперсных композитных материалов [214; 274; 408; 473].
4. Создание композитных материалов с противокариозными и биоактивными свойствами [176; 217; 271; 278; 281; 313; 314; 347; 353; 354; 386; 408; 413; 446; 553–555].
5. Совершенствование техники адгезии композита к твердым тканям зуба [196; 230; 436; 447, 537, 591].

6. Создание стоматологических композитов, способных к самостоятельному восстановлению после механических повреждений [258, 282, 343].

7. Исследование свойств кариесогенных микроорганизмов полости рта и нивелирование патогенного действия штаммов, способных растворять полимеризованные композитные материалы [187; 236; 237; 248; 250; 254; 310; 317; 341; 360; 465; 502; 548; 588; 589].

8. Совершенствование и внедрение в практику стоматологических композитов для «bulk-реставраций» [209; 306; 316; 426; 476; 547; 577; 579; 598].

9. Создание новых гибридных материалов [30; 83; 103; 114; 120; 171; 195; 232; 462; 530].

10. Оценка результатов применения композитных пломбировочных материалов в клинической практике [161; 195; 208; 222; 244; 248; 255; 271; 459, 463, 480, 582, 592].

1.4. Популярные ирригационные растворы, влияние на физико-механические свойства дентина и резистентные микроорганизмы биопленки системы корневых каналов

В настоящее время все большее внимание уделяется совершенствованию процессов ирригации корневых каналов при эндодонтическом лечении, так как микроорганизмы, скрытые в анатомически сложных каналах, с помощью только механического очищения и антисептических средств, устранить практически невозможно [482]. Для ирригации корневых каналов наиболее часто применяется стандартная техника положительного давления [238; 574].

В значительной степени успешность эндодонтического лечения зависит от удаления биопленки из стенок корневого канала, что является сложным как при механическом формировании, так и при химическом воздействии. Большинство исследований, как ранних, так и современных, показали наибольшую эффективность раствора гипохлорита натрия по сравнению с другими ирригационными растворами, в растворении органических остатков и биопленки в системе корневых каналов (СКК).

Так, нейтрализующая аминокислоты и хлораминирующая реакция гипохлорита натрия в присутствии микроорганизмов и органических тканей, приводит к антимикробному действию и процессу растворения тканей. Вместе с тем, следует отметить значительно более низкую эффективность воздействия раствора гипохлорита натрия на эндотоксины на фоне более эффективного действия на бактерии [280]. В исследованиях зависимости эффективности воздействия гипохлорита натрия в растворении органических остатков и его дезинфицирующего действия на бактерии, от концентрации раствора и экспозиции, наибольшую эффективность продемонстрировал 5,25%-й раствор гипохлорита натрия со временем экспозиции 40 минут по сравнению с 1,3%-й и 2,5%-й концентрациями с такой же экспозицией. Эта же гипотеза была подтверждена и рядом более ранних исследований, доказывавших уменьшение эффективности пропорциональное снижению концентрации раствора гипохлорита натрия.

С целью повышения эффективности воздействия раствора гипохлорита натрия, был предложен его нагрев. Исследования показали одинаковую эффективность растворения пульпарной ткани 1%-м раствором гипохлорита натрия, нагретым до температуры 45 °С по сравнению с 5,25%-м раствором гипохлорита натрия, нагретым до температуры 20 °С.

Также было предложено использование ультразвуковой активации, продемонстрированное в исследованиях, доказавших повышение эффективности растворяющего действия 5%-го раствора гипохлорита натрия на пульпарную ткань при активации раствора с помощью ультразвука.

В исследованиях сравнивали эффективность звуковой и ультразвуковой активации ирригационных растворов гипохлорита натрия и этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА), на степень очистки апикальной трети корневого канала на расстоянии 3 мм и 5 мм от апекса и качество obturation. Доказали статистически значимую лучшую очистку канала с помощью звуковых колебаний, чем ультразвуковых; obturation каналов, очищенных посредством звуковых колебаний, показала статистически значимое большее количество obturированных латеральных ответв-

лений. Так что пассивная звуковая ирригация способствует удалению большего количества смазанного слоя, результатом чего является более высокое качество obturации латеральных каналов и ответвлений корневого канала.

В исследованиях сравнивали влияние традиционной ирригации, звуковой и ультразвуковой пассивной ирригации раствора гипохлорита натрия на очистку контаминированных *E. faecalis* корневых каналов и доказали отсутствие статистически значимой разницы эффективности между традиционной ирригацией, звуковой и ультразвуковой пассивными ирригациями на присутствие или отсутствие *E. faecalis* в корневых каналах.

Также, исследования показали, что использование ультразвука для активации ирригационных растворов эффективно только на расстоянии 3 мм от наконечника в апикальном и корональном направлениях свободно расположенного в пространстве канала ультразвукового файла. При погружении кончика файла в апикальном направлении увеличивается вероятность его блокировки и поломки. Кроме того, возрастает возможность образования ятрогенных осложнений, таких как перфорация.

Исследованиями [189] было доказано, что 97% корневых каналов, не очищенных на рабочую длину, имеющих остатки дебриса и смазанного слоя в критически важной апикальной трети системы корневого канала, в то время как 100% каналов, очищенных на полную рабочую длину, свободны от дебриса до уровня 1 мм от апикальной констрикции.

Другие исследования [574; 575] показали, что с целью достижения эффективной очистки необходимо проводить механическую формовку инструментами с большим размером и конусностью, что с другой стороны, способствует чрезмерному удалению дентина из стенок, транспортиции канала, образованию ленточных перфораций и ослаблению механических свойств корня зуба [574; 575].

Существует два основных аспекта неудачной ирригации критически важного апикального участка системы корневого канала. Во-первых, использование положительного давления ирриганта из эндодонтической канюли с боковым отверстием наконечника почти не обеспечивает распространение раствора в апикальном

направлении [412]. Большая часть ирригационного раствора, как только ощущает сопротивление течению, не способна распространяться в апикальном направлении более чем на 1–2 мм от наконечника канюли [521].

Самыми распространенными средствами для ирригации системы корневых каналов являются представители хлорсодержащих веществ, к которым относятся гипохлорит натрия и хлоргексидин. Согласно данным литературы, гипохлорит натрия считается «золотым стандартом» дезинфекции в эндодонтии [168]. Гипохлорит натрия обладает многими положительными свойствами, в частности – выраженным антимикробным и бактерицидным действием, растворяет органическое содержимое корневых каналов и имеет высокий уровень pH (11–12) [168; 330]. В эндодонтии гипохлорит натрия используется в концентрации от 0,5% до 6%, каждая из которых обладает антибактериальной активностью [204; 422; 590; 596].

Гипохлорит натрия действует как растворитель для органических соединений и липидов, деградирует жирные кислоты до солей жирных кислот и глицерина посредством реакции омыления, чем уменьшает поверхностное натяжение. В результате реакции с аминной группой ($-NH_2$) образуется хлорамин, который влияет на клеточный метаболизм. Хлор является сильным оксидантом, обладает антимикробным действием. способен подавлять бактериальные ферменты, что приводит к необратимому окислению сульфгидрильной ($-SH$) группы, которая необходима для функционирования бактериальных ферментов [339; 405]. Гипохлорит натрия в воде ионизируется до Na и OCl . Ионы хлора при pH 4–7 существуют в виде гипохлористой кислоты ($NaOCl$), а при pH выше 9 как OCl . $HClO$ обладает более сильным антибактериальным действием по сравнению с OCl из-за способности нарушать окислительное фосфорилирование и другие процессы, связанные с деятельностью мембраны клеток. $HClO$ также ингибирует функцию митохондрий и синтез ДНК бактерий. Кроме его антибактериального действия, гипохлорит натрия обладает способностью растворять остатки пульпы [405; 561] и органического компонента дентина. Увеличить эффективность действия гипохлорита натрия можно с помощью нагрева, активации (с помощью лазера или ультразвука), уменьшения pH раствора и использования его в больших объемах [405; 449].

Растворению пульпы гипохлоритом натрия способствует увеличение его концентрации и уровня pH (при больших концентрациях и уровне pH увеличивается количество молекул NaOH, которые играют важную роль в растворении пульпы) [405; 467]. Для максимальной дезинфекции корневого канала с помощью гипохлорита натрия необходимо, как минимум, применять его в течение 30 минут [510]. Данные литературы свидетельствуют, что применение подогретого гипохлорита натрия может снизить стойкость коронковой части зуба к переломам [215].

Для дезинфекции корневых каналов рекомендуют раствор гипохлорита натрия использовать поочередно с декальцифицирующими агентами, поскольку он не способен устранять смазанный слой, не влияя на неорганическую структуру [8].

Хлоргексидин является гидрофобным и липофильным антисептиком, обладает антибактериальным действием против грамположительных и грамотрицательных бактерий, грибов, дрожжей, также он низкотоксичен, вследствие чего широко используется в стоматологии [394]. Его положительно заряженная молекула соединяется с отрицательно заряженной фосфатной группой на поверхности мембран бактерий, проникая внутрь, уничтожает цитоплазматическое содержимое клетки, вызывая ее гибель [517]. В эндодонтии рекомендуют применять 2% раствор хлоргексидина. В данной концентрации в виде жидкости или геля он обладает высокой активностью против *E. faecalis* [517]. Несмотря на положительные свойства, хлоргексидин в эндодонтии не используется рутинно, как моносредство для ирригации корневых каналов, вследствие имеющихся отрицательных свойств, таких как отсутствие растворения биологических тканей. Trindade T. F. с соавторами в своих исследованиях продемонстрировали, что применение 2%-го хлоргексидина увеличивает силу соединения EndoREZ с дентином и не влияет на силу соединения AN Plus с дентином.

Применение водного раствора йодида калия эффективно после удаления смазанного слоя [168] и вследствие слабого биологического растворения тканей рекомендуется применять его вместе с гипохлоритом натрия.

Для эндодонтического лечения применяют комбинированные препараты для антибактериальной обработки и удаления смазанного слоя с поверхности дентина

корня. Одним из таких препаратов является MTAD (BioPure MTAD, Dentsply Sirona Endodontics) – комбинированный препарат, состоящий из 3%-го доксициклина, 4,25%-й лимонной кислоты и дезинфицирующего средства «TWEEN – 80», которое уменьшает поверхностное натяжение и способствует более легкому попаданию медикаментов в дентинные каналы. Проводя исследования на определение влияния дезинфицирующих средств на биопленку, образованную *E. faecalis*, Prabhakkar J. с соавторами обнаружили, что MTAD демонстрирует достоверную ($p < 0,05$) антибактериальная активность и ингибирует бактериальный рост.

Однако Kho P. с соавторами в своих исследованиях продемонстрировали отсутствие различий в антимикробной активности при использовании 5,25% NaOCl/15% EDTA и 1,3% NaOCl/Biopure MTAD против *E. faecalis*. А результаты исследования Lotfi M. с соавторами показали, что удаление смазанного слоя было хуже при использовании 1,3% NaOCl как первичного ирриганта и MTAD как конечного ирриганта по сравнению с применением 5,25% NaOCl во время инструментальной обработки и 17% EDTA, как конечного ирриганта.

1.5. Материалы и техники, применяемые для obturации корневых каналов

Еще в 1890 году Muller доказал, что в основе этиологии заболеваний пульпы и тканей периодонта лежит инфицирование системы корневых каналов зуба микроорганизмами. Со временем это мнение было неоднократно подтверждено как отечественными, так и зарубежными учеными. С внедрением микробиологических исследований изменялись представления ученых о микробной среде инфицированной системы корневых каналов. Со временем было доказано, что основной флорой инфицированной системы корневых каналов являются облигатные анаэробные микроорганизмы [84].

Тотальная элиминация бактерий из системы корневых каналов и герметизация пространства канала являются основной целью эндодонтического лечения. Исторически сложилось так, что эндодонтическое лечение фокусировалось на дезин-

фекции системы корневых каналов [35; 153]. Вместе с тем было доказано, что многие факторы этиологии, обуславливающие неудачное эндодонтическое лечение, лежат в основе сохраненных во время первичного эндодонтического лечения в дентинных канальцах и анатомических ответвлениях, бактерий и играющих важную роль в развитии хронических эндодонтических заболеваний.

Доказано, что основное значение в развитии периапикальной патологии играют анаэробные микроорганизмы: *Fusobacterium nucleatum*, *Capnocytophaga*, *Selenomonas sputigena*, *Porphyromonas asacharolytica*, *Prevotella malaninogenica*, *Prevotella oralis*, *Porphyromonas gingivalis*, *Bacteroides fragilis* и другие, но в последнее десятилетие основную роль отводят *E. faecalis* [240]. Пенетрация бактериями дентинных трубочек достигает 1000 мкм [564]. Вместе с тем *E. faecalis*, являющаяся одним из главных микроорганизмов, вызывающих заболевания пульпы и периодонта, была определена на глубине 800 мкм [540].

В положительном результате эндодонтического лечения роль obturации не менее важна, чем очищение и дезинфекция корневого канала. Целью obturации является герметизация перирадикулярных тканей от микроорганизмов и, как следствие, предотвращение реинфицирования после завершения лечения. Успешная obturация требует использования материалов и методик, обеспечивающих плотное заполнение внутреннего просвета корневого канала, что предотвращает возможность микроподтеков [68].

Развитие пульпарного и перирадикулярного воспалений является результатом контаминации тканей микроорганизмами и продуктами их жизнедеятельности [20]. Главной целью как превентивной, так и реставрационной стоматологии является предотвращение возможности проникновения микроорганизмов в систему корневых каналов из коронкового пространства. Система корневых каналов, инфицированная однажды, может стать депо множества видов микроорганизмов, антигенных продуктов их жизнедеятельности, являющихся причиной развития воспаления и некроза тканей [92].

Для заполнения пространства корневого канала предлагали разные материалы. Биологически совместимые твердые и полужесткие филеры в комбинации с

силерами используют для достижения адекватного герметизма системы корневых каналов.

Целью obturation корневых каналов является герметизация пространства корневого канала и исключение любого соединения между тканями периодонта и полостью рта через корневой канал и его множественные отверстия на вершущке корня. Чем более адекватная герметизация достигнута, тем выше прогноз эндодонтического лечения. Корневая пломба должна быть хорошо уплотненной, герметизировать все апикальные отверстия; быть адекватно адаптированной ко всем стенкам и образованиям системы корневого канала.

Значительное количество материалов, используемых в качестве филеров в комбинации с силером или цементом, обеспечивают удовлетворительные результаты obturation корневых каналов. Самым распространенным полутвердым филером на сегодняшний день является гуттаперча [123].

Учитывая, что гуттаперчу используют в качестве филера для пломбирования корневых каналов более 100 лет, соответственно существуют многочисленные методы ее использования. Наиболее распространенными являются два способа ее введения в канал: это холодный (в виде гуттаперчевого штифта) и горячий – в нагретом, жидком виде. Гуттаперча из одной фазы может переходить в другую при определенной температуре [117]. Обычно определяют разновидности: альфа, бета и гамма формы гуттаперчи. Практически гуттаперчу используют в двух кристаллических формах – альфа и бета фазах [239].

Для достижения разной степени твердости гуттаперчи в бета-фазе в производстве используют изменение соотношения составляющих гуттаперчи. В состав гуттаперчевых штифтов, использующих для obturation корневых каналов, входит незначительная доля гуттаперчи, в то время как большую часть составляет оксид цинка. Гуттаперчевые штифты состоят примерно из 20% гуттаперчи, 65% оксида цинка, 10% рентгеноконтрастного наполнителя и 5% пластификатора [583]. Они выпускаются разного размера и конусности в соответствии с используемой техникой obturation. Недостатком гуттаперчевых штифтов является невозможность их горячей стерилизации. Однако было доказано, что погружение в 5,25%-й раствор

гипохлорита натрия менее чем на 1 минуту значительно снижает количество спор бактерий, а именно, наиболее устойчивых *Bacillus subtilis* [179].

При склеивании резинового штифта с помощью силера на основе смолы с заранее протравленными стенками корневого канала образуется так называемый мо-ноблок «штифт-корень», вследствие чего укрепляется корень и может быть достигнута лучшая корональная герметизация. Не получили достоверных различий при пломбировании корневых каналов с применением резиновых и гуттаперчевых штифтов [269]. Однако практическое использование резина выявило многочисленные его недостатки, в частности отсутствие надежной адгезии и отверждения в корневом канале [215], что приводит к неудачному эндодонтическому лечению.

Большое значение и достаточно пристальное внимание в эндодонтии уделяют технике obturation корневых каналов. За длительную историю эндодонтии, было предложено огромное количество техник obturation с использованием гуттаперчи. В течение 30 лет проведено большое количество исследований, каждое из которых доказывает преимущество латеральной вертикальной конденсации и наоборот [464].

Холодная латеральная конденсация является самым распространенным методом obturation в мире ввиду своей относительной несложности и достаточно низкой себестоимости. Латеральная конденсация в большинстве клинических ситуаций дает более надежный контроль над рабочей длиной в апикальной части канала, и по статистике исследований наблюдают меньшее количество случаев выхода гуттаперчи и силера за пределы апикальной констрикции по сравнению с другими методами obturation [533].

Но вместе с тем холодная латеральная конденсация дает компромиссное качество obturation из-за невозможности создания гомогенного конгломерата гуттаперчи; невозможности заполнения латеральных ответвлений канала, неровностей рельефа каналов; фактическую зависимость качества obturation от физико-механических свойств силера, заполняющего промежутки между дополнительными гуттаперчевыми штифтами [597]; также остается высокий риск перелома корня вследствие чрезмерного неконтролируемого давления спредером во время конденсации,

а также техническая невозможность трехмерной obturации. Но благодаря образованию пустот, промежутков и усадке силера при полимеризации, не менее 1,02% объема канала остается незаполненным [580], что и влечет за собой неадекватность obturации холодной латеральной конденсацией из-за способности микроорганизмов и особенно их токсинов свободно мигрировать созданными пустотами по системе корневого канала [491].

Горячая вертикальная конденсация, как метод трехмерной obturации корневого канала, была предложена Schielder еще в 70-х годах прошлого века. Используют разные размеры плагеров для передачи тепла с целью размягчения гуттаперчи и ее компакции. До поступления на рынок прибора «Touch-N – Heat» (SybronEndo, США), позволявшего регулировать температуру плагера, использовали ручные плагеры, неконтролируемо нагревающиеся пламенем горелки. Расплавленную в канале гуттаперчу конденсировали холодным ручным плагером в апикальном направлении, что предотвращало ее усадку.

В противоположность холодной латеральной конденсации, горячая вертикальная конденсация гуттаперчи обеспечивает более плотную obturацию и лучший герметизм большинства отверстий, соединяющих корневой канал с периодонтом [434]. Техника горячей вертикальной конденсации обеспечивает значительно лучшую гомогенность гуттаперчевой массы в канале, как при компакции, так и при внесении в канал на носителе [186]. Горячая вертикальная конденсация гуттаперчи значительно эффективнее холодной латеральной конденсации в obturации латеральных каналов и анатомических ответвлений, очагов внутренней резорбции, истмусов [227]. Вместе с тем, техника горячей вертикальной конденсации имеет и один существенный недостаток – худший контроль глубины obturации по сравнению с холодной латеральной конденсацией с возможностью чрезмерной экструзии obturационного материала в периапикальные ткани. Согласно исследованиям, важными для предотвращения чрезмерной экструзии являются: правильная адаптация гуттаперчевого мастер-штифта, сохранение апикальной констрикции с формированием апикального упора и соблюдение правила obturации корневого канала на 0,5–2 мм короче рабочей длины.

Техника непрерывной волны являлась эволюционной вариацией горячей вертикальной конденсации. Эту технику выполняли с применением прибора System-B (SybronEndo, США), что позволяло поддерживать контролируемый нагрев плагеров, диаметр которых был 0,5 мм, и они характеризовались конусностью – от 6 до 12%. Качество obturation и заполнения анатомических неровностей, латеральных каналов и ответвлений зависело от глубины ввода горячего плагера. Рекомендованная производителем температура для нагрева плагера достигала 200 °C. Исследованиями установлено, что повышение температуры нагрева плагера не повышает качество obturation [27].

Эффект действия на периодонтальные ткани при использовании плагеров для горячей конденсации до сих пор является причиной споров и исследований. Перегревание вокруг корневых тканей приводит к возникновению осложнений. Исследования показали, что изменение температуры на поверхности корня не должно превышать 10 °C, а при повышении этого показателя возникают коагуляционные повреждения белковых структур тканей, окружающих корень. Вышеприведенные факты свидетельствуют о необходимости контроля температуры плагера и времени его нагревания и нахождения в корневом канале для предупреждения перегрева околокорневых тканей.

Метод горячей латеральной конденсации отличается от метода холодной латеральной конденсации только использованием разогретого спредера. На начало использования данной техники obturation использовали нагрев ручных спредеров над пламенем горелки, что давало неконтролируемый нагрев плагера и приводило к термическому повреждению окружающих корней тканей. Позже было предложено использовать для этой техники obturation прибор «Endotec» (Dentsply, США), состоящий из источника нагрева и наконечников-спредеров разной конусности и диаметров. Эта методика дает достаточный контроль глубины obturation корневого канала; позволяет достичь значительной плотности и гомогенности гуттаперчевого конгломерата; при выполнении процедуры возникает меньшее давление на стенки канала, чем при холодной латеральной конденсации за счет меньшего дав-

ления термопластифицированной гуттаперчи в альфа-форме, по сравнению с давлением твердой бета-формы гуттаперчи; не повреждаются околокорневые ткани. Однако этому методу obturation свойственны и недостатки, такие как значительная объемная усадка гуттаперчи в результате перехода из альфа-фазы в бета-фазу при охлаждении разогретой гуттаперчи.

1.6. Современные подходы к лечению деструктивных форм хронического апикального периодонтита

Несмотря на значительные достижения во всех областях медицины, в частности стоматологии, постоянное внедрение в практику новейших методик и усовершенствование уже известных, лечение больных хроническим периодонтитом остается актуальной проблемой, как для врачей-стоматологов, так и для ученых [31; 32; 395].

Трудности, которые возникают во время лечения хронических форм периодонтита с деструктивными периапикальными изменениями заключаются в том, что регенерация тканей в участке верхушки корня происходит через 6–12–24 месяцев после завершения эндодонтического лечения. Поэтому многие ученые разрабатывают новые средства и совершенствуют уже существующие методы для стимулирования и ускорения процессов периапикальной регенерации [31; 32; 36; 72; 415; 524–526].

Целью эндодонтического лечения является устранение патогенных бактерий и продуктов их жизнедеятельности, предотвращение повторного инфицирования, гипосенсибилизация организма и ликвидация патогенного воздействия на организм одонтогенного очага воспаления с последующей герметичной obturation корневых каналов зуба. При этом выбор метода лечения зависит от размера очага деструктивного процесса костной ткани, состояния тканей пародонта, окружающих зуб, величины деструкции апикального отверстия, общесоматического состояния больных и т. д. [6; 326; 521].

Во время консервативного эндодонтического лечения больных хроническими формами периодонтита после дезинфицирования микрофлоры макро- и микроканалов и ликвидации острого воспалительного процесса в периапикальном участке зуба, важное значение имеет качественная и герметичная obturation корневых каналов и стимулирование регенерации структуры периапикальных тканей путем воздействия эндодонтического пломбировочного материала на ускорение репаративных процессов во периапикальном участке [10; 11; 14; 15; 34; 57; 241; 532].

Арсенал медикаментозных средств, которые на сегодня используют в стоматологической практике с целью герметичной obturation корневых каналов, является чрезвычайно обширным [81; 401]. Консервативное лечение деструктивных форм хронического периодонтита костнопластическими материалами дает возможность ускорить процессы регенерации периапикальных деструктивных тканей и сократить сроки выздоровления. Это создает условия для восстановления полноценной функции зуба без хирургического вмешательства с последующей возможностью протезирования. Для многих пациентов это очень важно [15; 16; 95; 96; 133].

Часто причиной неблагоприятного исхода эндодонтического лечения больных хроническими формами периодонтита и формирования хронических очагов воспаления в периапикальной зоне, является некачественное лечение, сопровождающееся сохранением патогенной микрофлоры в корневых каналах и поступлением продуктов ее жизнедеятельности в периапикальное пространство [29; 39; 544]. Следовательно, на сегодняшний день важной задачей современной стоматологии, связанной с проблемой сохранения зуба, является разработка новых и совершенствование уже существующих консервативных методов лечения больных хроническими формами периодонтита, что обусловлено наличием большого количества осложнений, возникающих при лечении этой патологии.

В целях ускорения репаративного процесса и антибактериального воздействия на периапикальные ткани при осложненном кариесе, как правило, используют препараты на основе гидроксида кальция («Calasept», Швеция), обладающие выраженным пролонгированным бактерицидным, противовоспалительным, крово-

останавливающим, остеотропным и пластикостимулирующим действием. Исследования доказали, что введение гидроксида кальция в корневой канал способствовало уменьшению, а часто и прекращению продуцирования экссудата из периапикального участка [14; 36; 55; 95; 96; 484]. В связи с этим, исследователи пришли к выводу о противовоспалительном действии материала, определяющем переход воспаления в периапикальном участке из экссудативной в репарационную фазу. Было обнаружено, что после заполнения корневого канала временной пастой на основе гидроксида кальция, в околоверхушечном участке наблюдается процесс регенерации костной ткани. На сегодняшний день известно, что пролонгированное антибактериальное действие этих препаратов, обусловлено высокой щелочной средой ($\text{pH} = 12,5$), в то время как большинство микроорганизмов погибает при $\text{pH}=9-11$ [31; 32; 546]. Гидроксид кальция приостанавливает резорбцию костной ткани путем угнетения активности остеокластов и стимулирует репарационный остеогенез вследствие влияния на активность остеобластов, обладает лизирующим эффектом по отношению к некротизированным тканям [56; 136; 283].

Ионы кальция способствуют дентино- и цементогенезу, активируют белковую фосфатазу, участвующую в синтезе коллагена. Гидроксид кальция, попадая в корневой канал, адсорбирует влагу из микроканальцев, увеличивается в объеме, обеспечивая плотное прилегание пломбировочного материала к стенкам канала и проникновение в микроканальцы. Однако, диффундируя глубже в дентин, гидроксид кальция теряет концентрацию гидроксид ионов, что приводит к снижению значения pH , и тем самым к ослаблению антибактериальных свойств.

Заживление периапикальных тканей в зубах, пролеченных по поводу хронического периодонтита с помощью пасты на основе гидроксида кальция занимает от 6 до 24 месяцев от начала лечения и требует многоэтапного вмешательства. Пролонгированный антибактериальный эффект препарата зависит от его способности сохранения высокощелочной среды. Следовательно, со временем кровь, экссудат, тканевая жидкость постепенно снижают pH пасты, что приводит к снижению ее антибактериальных свойств. Первый раз замену пасты производят через 10–14 суток, второй – через 3 недели, а в дальнейшем через 3 месяца [55; 283; 414].

Однако длительное нахождение гидроксида кальция в корневом канале зуба, кроме антибактериального действия на микроорганизмы, оказывает влияние на органическую структуру дентина, денатурируя белковые структуры и уменьшая процентное соотношение органических и неорганических компонентов дентина, что в дальнейшем влечет за собой повышенную хрупкость тканей зуба [36; 358; 428; 603].

Положительные результаты удастся получить при одномоментной сегментарной obturation апикальной части корневых каналов постоянных зубов с широкой верхушкой корня общепринятой методикой пломбирования наиболее исследуемым материалом в стоматологии – минерал триоксид агрегат (МТА) («Cercamed», Польша). После дезинфекции канала корня зуба этот способ дает возможность формировать апикальную пробку, которая герметично отграничивает ткани периодонта от пространства корневого канала [46; 82; 223; 385; 414; 472, 538; 566, 589].

Пломбировочный материал обладает максимальной биосовместимостью тканям зуба, что способствует отложению цемента на поверхности пробки. МТА – это сочетание трикальций оксида, трикальций алюмината, трикальций кремния и кремниевой кислоты. Порошок содержит гидрофильные части, которые при наличии влаги или крови полимеризуются в коллоидный гель, создавая непроницаемый барьер и обеспечивая качественную obturation с течением времени. МТА имеет высокое значение pH, в результате чего обладает хорошим бактерицидным потенциалом.

Другой, относительно новой, методикой лечения хронического периодонтита является использование биокерамических материалов второй генерации, к которым относится препарат Biodentine (Septodont, Франция). Этот цемент на основе силиката кальция со свойствами, подобными МТА, обеспечивает формирование взаимосвязи между системой корневого канала и тканями периодонта. Улучшенная биосовместимость этого материала, а также его способность стимулировать осаждение фосфата кальция на поверхности пародонтальных тканей играют немаловажную роль в восстановлении костной ткани при периапикальной деструкции. Взаимодействие материала и дентина обеспечивает минимизацию риска краевого микроподтека и обеспечивает длительный клинический успех. В качестве недо-

статков материалов этого класса рассматривают их медленное твердение и модифицированный состав порошка Biodentine. Однако ученые продолжают работать над улучшением физических свойств этого материала [21; 26; 64; 350].

Лечение хронических форм периодонтитов на этапе пломбирования корневых каналов с целью стимулирования регенерации периапикальных тканей проводят биокерамикой («Busa», Швейцария). Это гидрофильный, нерастворимый, рентгенконтрастный материал с высоким рН. Особый химический состав биокерамики (силикат кальция, оксид циркония, тантал оксид, фосфат кальция) обуславливает отличные механические и биологические свойства, а также стимулирует регенерацию периапикальных тканей зуба [71; 243].

Н. А. Ждановой предложен новый способ лечения хронического апикального периодонтита: на этапе временной obturation корневых каналов, проводится фотоактивная дезинфекция лазерным терапевтическим аппаратом «Лика-Терапевт М» с использованием 10%-го раствора повидон-йода в качестве фотосенсибилизатора, с последующим пломбированием корневых каналов пастой на основе гидроксида кальция, способствующей регенерации костной ткани в периапикальной области [48; 49]. Однако этот метод лечения хронических периодонтитов требует многократного перепломбирования корневого канала и отличается длительностью лечения.

Другая модифицированная технология эндодонтических вмешательств предполагает первичную ирригацию корневого канала антисептическим препаратом хиноксидином, с последующим воздействием на периапикальный очаг деструкции циклофосфаном и гидроксиапатитовым силером «Остим-100». Этот метод комплексного эндодонтического лечения деструктивных форм хронического периодонтита позволяет одновременно осуществлять антибактериальное, противовоспалительное, цитостатическое и остеотропное влияние на ткани периодонта [95; 96]. В зубах с сохраненной апикальной констрикцией рекомендовано лечение хронического периодонтита в одно посещение; в то время как при частично сохраненной — рекомендуют лечение в два посещения с проведением препарирующей корневой канал на рентгенологическую рабочую длину зуба и с использованием медикаментозной повязки на основе гидроксида кальция [116; 169].

Некоторыми учеными предложена лекарственная композиция для временного заполнения корневого канала при лечении периодонтита хронического течения. Она содержит антибактериальный препарат метронидазол, который надежно ингибирует анаэробную микрофлору, энтеросгель – для удаления экссудата из корневого канала и тканей периодонта и алфлутоп – препарат, стимулирующий регенерацию костной ткани [112].

Учитывая этиологию хронических форм периодонтита, учеными предложен лечебный комплекс, содержащий «Фосфадент-био», офлоксацин и нистатин. Он обладает эффективным пролонгированным антимикробным действием при повторном лечении. Пасту рекомендуют вводить в канал на 5 суток под герметичную временную пломбу. При хронической гранулирующей форме периодонтита авторы рекомендуют дополнительно использовать действие высокоинтенсивного лазерного излучения [165].

Группа исследователей изучала возможность и целесообразность эндодонтического лечения больных хроническими формами периодонтита с использованием материалов и методов апикального воздействия. При этом обосновывалась клиническая эффективность трансканального оптимизирующего влияния на процессы репаративной регенерации периапикальной костной ткани. Поэтому для более полного воздействия на околоверхушечный очаг воспаления и стимулирование регенерации тканей, окружающих верхушку корня зуба предложена апикальная терапия [31; 32; 67].

Еще одним методом лечения больных хроническими формами периодонтита с целью воздействия на периапикальные ткани зуба периодонтита предложено применение гелевых препаратов хитозана, обладающих антибактериальным влиянием на микрофлору корневых каналов, а при выводе предложенных препаратов трансканально в периапикальное пространство, наблюдали оптимизацию регенерации тканей периодонта [72; 126].

Предложенный метод лечения с использованием наноструктурированного геля гидроксиапатита и ячеистого никелида титана, способствует восстановлению структурных изменений периодонта и регенерации костной ткани периапикальной

зоны. Рассасывание материала в очаге деструкции проходит одновременно с процессом ремоделирования костной ткани, то есть аналогично периоду ремоделирования здоровой ткани [48; 49].

Другим методом лечения больных хроническим периодонтитом является использование новой композиции препарата «Колапан-гель» с ферментом имозимаза, который активирует репарационные процессы в периодонте [133]. Учеными был также предложен дифференцированный подход к лечению больных хроническими формами периодонтита, который состоял в совершенствовании методики инструментальной обработки цемента канала в зубах с разрушенным апикальным отверстием [10; 11].

Следовательно, для повышения эффективности лечения воспалительно-деструктивного хронического периодонтита, современная стоматология наработала определенные стандарты эндодонтического лечения, включающие эффективное угнетение условно-патогенной микрофлоры системы корневого канала, прекращение проникновения микроорганизмов и их эндотоксинов в ткани периодонта, ликвидацию воспаления в периапикальных тканях; создание условий для восстановления структуры и функции, стимулирование процессов регенерации костной ткани в периапикальном участке; обеспечение полноценного функционирования зуба.

Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Анкетирование врачей-стоматологов по актуальным вопросам диагностики и лечения кариеса и его осложнений

Для выяснения круга актуальных вопросов, связанных с диагностикой и лечением кариеса и его осложнений, было проведено анкетирование 150 практикующих врачей-стоматологов терапевтов. Для этого была разработана анкета-опросник. Она содержала перечень вопросов, связанных с диагностикой кариеса и его осложнений, касающихся в том числе эффективности использования компьютерных программ с элементами искусственного интеллекта при оценке результатов конусно-лучевой компьютерной томографии.

Часть анкеты, посвященная лечебным мероприятиям, содержала две группы вопросов. Первая группа вопросов была связана с этапами лечения кариеса, вторая — с этапами эндодонтического лечения осложнений кариеса.

Круг вопросов, связанных с этапами лечения кариеса, касался таких проблем, как: эффективность различных способов препарирования твердых тканей зубов при кариесе, в том числе использование воздушно-абразивного препарирования; эффективность и безопасность использования различных кислот для протравливания дентина при работе с композитными материалами; влияние матричных металлопротеиназ на качество реставрации в витальных и депульпированных зубах; влияние предполимеризационного нагрева композитного материала светового отверждения и полимеризации последнего слоя светокомпозитного материала в анаэробных условиях на качество пломбирования зубов при кариесе; эффективность применения «техники двойного бондинга», а также алгоритма использования лечебных и изолирующих прокладок при лечении зубов с глубокими кариозными полостями.

Вопросы, связанные с этапами эндодонтического лечения, касались таких проблем, как: эффективность повторного эндодонтического лечения с использованием различных сольвентов и ирригационных растворов при хроническом периодонтите; критериев выбора никель-титановых эндодонтических инструментов; влияния способа obturation на результаты повторного эндодонтического лечения.

На вопросы анкеты ответили 56% врачей-стоматологов, работающих в государственных учреждениях, 44% – в частных клиниках города Москва. Анкетирование носило анонимный характер.

2.2. Диагностика кариеса и его осложнений с использованием элементов искусственного интеллекта

Было проведено комплексное обследование 320 пациентов с кариесом и его осложнениями. Комплексное обследование, наряду с основными клиническими методами обследования (опрос, осмотр, зондирование, перкуссия и т.д.), включало проведение электроодонтодиагностики и конусно-лучевую компьютерную томографию (КЛКТ).

Перед проведением обследования у всех пациентов было получено письменное информированное согласие. Протокол исследования был выполнен в соответствии с принципами Хельсинкской декларации.

Электроодонтодиагностику исследуемых зубов проводили с помощью аппарата российского производства «ИВН-01 Пульптест-Про» (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Аппарат, предназначенный для проведения электроодонтодиагностики

КЛКТ была проведена в 3 диагностических центрах в формате DICOM. Для проведения КЛКТ использовали аппараты КЛКТ ProMax 3D Max, (Planmeca, Финляндия) и Orthopantomograph OP300 Maxio (Kavo, Германия) (Рисунок 2, Рисунок 3).



Рисунок 2 – Аппарат для проведения КЛКТ ProMax 3D Max

Изображения были получены с использованием области исследования 8×15 (FoV) с размерами вокселя от 0,100 до 0,200 мм³.

Для анализа КЛКТ использовали компьютерную программу с элементами искусственного интеллекта – Diagnocat AI, без первичного редактирования.

Отбор пациентов для проведения исследования проводился по следующим критериям:

- пациент имел как минимум одно клиническое проявление кариеса и его осложнений;
- отсутствие какого-либо лечения и профессиональной гигиены в период между клиническим осмотром и проведением КЛКТ исследования;
- отсутствие острой боли для возможности правильной интерпретации проявления.



Рисунок 3 – Аппарат для проведения КЛКТ Orthopantomograph OP300 Maxio

К клиническим проявлениям кариозных процессов было отнесено:

- изменение цвета твердых тканей зуба;
- обнаружение кариозной полости при зондировании;
- обнаружение кариозной полости, заполненной размягченным дентином;
- показания электроодонтодиагностики ниже 20 мкА;
- кратковременная чувствительность при температурной пробе;
- нарушение прилегания и кариозные изменения в области реставраций.

К клиническим признакам заболеваний периодонта было отнесено:

- болезненность при сравнительной перкуссии;
- показания электроодонтодиагностики выше 100 мкА;
- отсутствие реакции на температурные раздражители;
- наличие свищевого хода.

Наряду с анализом, полученных КЛКТ с помощью компьютерной программы Diagnocat AI, КЛКТ оценивал опытный врач-стоматолог, имеющий также специализацию в области рентгенологии. Фиксировалось затраченное время на анализ КЛКТ.

При несовпадении оценки КЛКТ диагноз уточнялся на врачебном консилиуме с привлечением опытных клиницистов, с использованием дополнительных методов обследования.

2.3. Исследование эффективности способов оптимизации этапов лечения кариеса зубов

Целью проведенных исследований было повышение эффективности лечения кариеса за счет оптимизации каждого этапа лечебных мероприятий. Было проведено исследование эффективности воздушно-абразивного препарирования кариозных полостей и протравливания дентина с помощью различных кислот. Исследовано содержание ингибиторов матриксных металлопротеиназ в дентине депульпированных и не депульпированных зубов. На примере микрогибридного композитного материала светового отверждения проведено исследование влияния предполимеризационного нагрева на изменение его термомеханических свойств, а также эффективности фотополимеризации поверхностного слоя материала в анаэробных условиях. Результаты исследования были применены в клинической практике при лечении зубов с глубокими кариозными полостями. Была исследована эффективность сохранения жизнеспособности пульпы при пломбировании зубов с глубокими кариозными полостями, с использованием, так называемой, «техники двойного бондинга» и прокладок из трикальцийсиликатного цемента.

2.3.1. Исследование эффективности воздушно-абразивного препарирования твердых тканей зубов с использованием порошка оксида алюминия

Важным направлением развития современной стоматологии является щадящее препарирование зубов с максимальным сохранением здоровых твердых тканей зуба. В связи с этим, актуальным стал вопрос применения воздушно-абразивного

препарирования твердых тканей зубов с использованием порошка оксида алюминия.

Целью исследования было исследование эффективности воздушно-абразивного препарирования твердых тканей зубов с использованием частиц порошка оксида алюминия разного размера. На первом этапе исследования исследовали влияние воздушно-абразивного препарирования с использованием частиц порошка оксида алюминия разного размера на интактные твердые ткани зуба и твердые ткани зуба, пораженные кариесом.

Исследование проводили на 90 свежее удаленных третьих молярах человека. Удаление зубов проводилось по ортодонтическим показаниям. 45 зубов были интактными, в 45 зубах твердые ткани были поражены кариесом.

В зависимости от способа обработки твердых тканей зубов, зубы были разделены на 3 группы по 30 зубов в группе. В каждой группе было 15 зубов с интактными твердыми тканями и 15 зубов с твердыми тканями, пораженными кариесом.

В первой и во второй группе зубы были подвергнуты воздушно-абразивной обработке с использованием порошка Al_2O_3 . В первой группе размеры частиц порошка Al_2O_3 составляли 27 мкм, во второй – 50 мкм. Препарирование проводили с помощью наконечника RONDOflex plus 360 (Kavo, Германия) под давлением 5,52 бар, со скоростью потока порошка оксида алюминия 3 г/мин, расходом воды 100 мл/мин, под углом 90° и на расстоянии 1 мм от поверхности. Интактные твердые ткани препарировали в течение 15 сек. Препарирование твердых тканей зубов, пораженных кариесом, осуществляли до полного отсутствия признаков поражения твердых тканей кариесом. Контроль качества удаления твердых тканей, пораженных кариесом, проводили с помощью зондирования и визуального осмотра невооруженным глазом.

Третья группа являлась контрольной. В этой группе препарирование твердых тканей зубов осуществляли с помощью шаровидного твердосплавного бора для углового наконечника CB 1 S 204 016 (Drendel & Zweiling, Германия).

После препарирования зубы промывали водой и приступали к изготовлению образцов для сканирующей электронной микроскопии. Образцы изготавливали путем проведения поперечных срезов коронки относительно оси зуба. Распилы проводили с помощью алмазной зуботехнической пилы (F) (АГРИ, Россия). Из каждого зуба, подвергшегося препарированию, было изготовлено по 3 образца. Всего было получено 270 образцов.

Изготовленные образцы фиксировали на медных пластинах, используя двухсторонний электропроводный скотч. Затем в камере катодного напыления установки Bal-Tec SCD005 (Бальцерс, Лихтенштейн), зафиксированные на медных пластинах, образцы в течение 130 с подвергали катодному напылению платиной в атмосфере аргона 0,1–0,2 мбар (Рисунок 4).



Рисунок 4 – Камера катодного напыления установки Bal-Tec SCD005 После

катодного напыления образцы исследовали с помощью сканирующей электронной микроскопии. Для этого использовали сканирующий электронный микроскоп LEO-1430 VP (Карл Цейс, Германия) (Рисунок 5).

Исследование проводили в условиях высокого вакуума, с использованием 4QBSD – детектора обратноотраженных электронов и детектора вторичных электронов SE1, при комнатной температуре, ускоряющем напряжении 20 кВ и рабочем расстоянии 10–22 мм. Количественные показатели измеряли по полученным цифровым микрографиям в программе Image J.

В зависимости от групповой принадлежности, исследуемым образцам были присвоены буквенно-цифровые обозначения:



Рисунок 5 – Сканирующий электронный микроскоп LEO-1430 VP

1I27 – образцы intactных твердых тканей, подвергшихся воздушно-абразивному препарированию с использованием частиц порошка Al_2O_3 , размером 27 мкм;

1I50 – образцы intactных твердых тканей, подвергшихся воздушно-абразивному препарированию с использованием частиц порошка Al_2O_3 , размером 50 мкм;

1IB – образцы intactных твердых тканей, подвергшихся препарированию твердосплавным бором;

1D27 – образцы твердых тканей, пораженных кариесом, подвергшихся воздушно-абразивному препарированию с использованием частиц порошка Al_2O_3 , размером 27 мкм;

1D50 – образцы твердых тканей, пораженных кариесом, подвергшихся воздушно-абразивному препарированию с использованием частиц порошка Al_2O_3 , размером 50 мкм;

1DB – образцы твердых тканей, пораженных кариесом, подвергшихся препарированию твердосплавным бором.

Исследование поверхности образцов проводили при увеличении 2000×. Оценивали шероховатость поверхности твердых тканей зубов (эмали и дентина), подвергшихся разным способам препарирования. Для этого рассчитывали шероховатость

поверхности (Ra) как среднеарифметическое отклонение от линии профиля. При этом, линия профиля находится, как некое значение, при проведении линии, от которой интеграл профиля нулевой. Кроме того, учитывали наличие или отсутствие смазанного слоя и остатков частиц оксида алюминия на поверхности исследуемых образцов.

Вторым этапом исследования являлось исследование эффективности последовательного препарирования кариозной полости при кариесе дентина сначала с помощью твердосплавного бора, затем воздушно-абразивного препарирования с использованием порошка оксида алюминия, с последующей обработкой сформированной полости низкочастотным ультразвуком.

Исследование проводили на 20, свежееудаленных по ортодонтическим показаниям, третьих молярах человека. Во всех исследуемых зубах был обнаружен кариес дентина (K02.1). В зависимости от способа препарирования кариозной полости, зубы были разделены на 2 группы по 10 зубов в каждой.

В первой группе после препарирования кариозной полости с помощью твердосплавного бора использовали воздушно-абразивное препарирование частицами порошка оксида алюминия размерами 27 мкм.

Во второй группе после препарирования кариозной полости с помощью твердосплавного бора использовали воздушно-абразивное препарирование частицами порошка оксида алюминия размерами 50 мкм.

Для препарирования твердых тканей зубов использовали шаровидный твердосплавный бор для углового наконечника CB 1 S 204 016 (Drendel & Zweiling, Германия). Препарирование кариозной полости с помощью твердосплавного бора проводили до полного удаления, пораженных кариесом, тканей зуба. Контроль качества удаления твердых тканей, пораженных кариесом, проводили с помощью зондирования и визуального осмотра невооруженным глазом.

Воздушно-абразивную обработку осуществляли в течение 15 сек с использованием наконечника RONDOflex plus 360 (Kavo, Германия) под давлением 5,52 бар, со скоростью потока порошка оксида алюминия 3 г/мин, расходом воды 100 мл/мин, под углом 90° и на расстоянии 1 мм от поверхности.

Для исследования состояния поверхности твердых тканей зубов, подвергшихся последовательному препарированию, из 5 зубов каждой группы готовили образцы для сканирующей электронной микроскопии. Приготовление образцов и СЭМ проводили по методике, аналогичной первому этапу исследования.

Для исследования эффективности удаления остатков порошка оксида алюминия и смазанного слоя на поверхности дентина с помощью низкочастотного ультразвука, в оставшихся 5 зубах каждой группы, полости, подвергшиеся последовательному препарированию, обрабатывали с помощью низкочастотного ультразвука.

Источником низкочастотного ультразвука являлся аппарат «Piezon Master 700» (EMS, Швейцария), генерирующий ультразвуковые колебания частотой от 24 до 32 кГц. В качестве контактной среды использовали дистиллированную воду. Продолжительность ультразвукового воздействия составляла 15 с.

Из зубов, обработанных с помощью ультразвука, изготавливали образцы для сканирующей электронной микроскопии. С помощью СЭМ оценивали качество удаления остатков порошка оксида алюминия и смазанного слоя.

2.3.2. Исследование эффективности протравливания дентина с помощью различных кислот

Использование современных композитных материалов при лечении кариеса зубов предполагает проведение кислотного протравливания дентина. Кислотное протравливание дентина используют для очищения поверхности дентина от «смазанного» и частично деминерализованного слоя, что создает оптимальные условия для применения праймера и бонда.

Эффект кислотного протравливания зависит от вида используемых кислот и способа их применения. Для протравливания дентина используют неорганические кислоты, к которым относится ортофосфорная кислота, а также органические кислоты, к которым относится малеиновая кислота.

В настоящее время до конца не решен вопрос о том, какие виды кислот являются более эффективными и безопасными при протравливании дентина.

Целью исследования было исследование сравнительной эффективности ортофос-форной и малеиновых кислот при протравливании дентина.

Исследование было проведено на 30 свежееудаленных по ортодонтическим показаниям третьих молярах человека.

Исследование было проведено в 2 этапа.

На первом этапе исследовали какой вид боров является оптимальным для препари-рования дентина. С этой целью в 6 зубах было проведено препарирование твер-дых тканей и формирование полостей I класса по Блэку. У одной половины из 6 зубов (3 зуба) препарирование проводили с помощью боров с алмазным покрытием, у другой половины (3 зуба) – с помощью твердосплавных боров.

Из зубов со сформированными полостями готовили образцы для сканирующей электронной микроскопии.

Образцы изготавливали путем проведения поперечных срезов коронки относительно оси зуба. Распилы проводили с помощью алмазной зуботехнической пилы (F) (АГРИ, Россия). Из каждого зуба, подвергшегося препарированию, было изготовлено по 3 образца. Всего было получено 18 образцов.

Изготовленные образцы фиксировали на медных пластинах, используя двух-сторонний электропроводный скотч. Затем в камере катодного напыления установки Val-Тес SCD005 (Бальцерс, Лихтенштейн), зафиксированные на медных пластинах, образцы в течение 130 с подвергали катодному напылению платиной в атмосфере аргона 0,1–0,2 мбар.

После катодного напыления образцы исследовали с помощью сканирующей электронной микроскопии. Для этого использовали сканирующий электронный микроскоп LEO-1430 VP (Карл Цейс, Германия)

Исследование проводили в условиях высокого вакуума, с использованием 4QBSD – детектора обратноотраженных электронов и детектора вторичных электронов SE1 (Рисунок 6), при комнатной температуре, ускоряющем напряжении 20 кВ и рабочем расстоянии 10–22 мм.

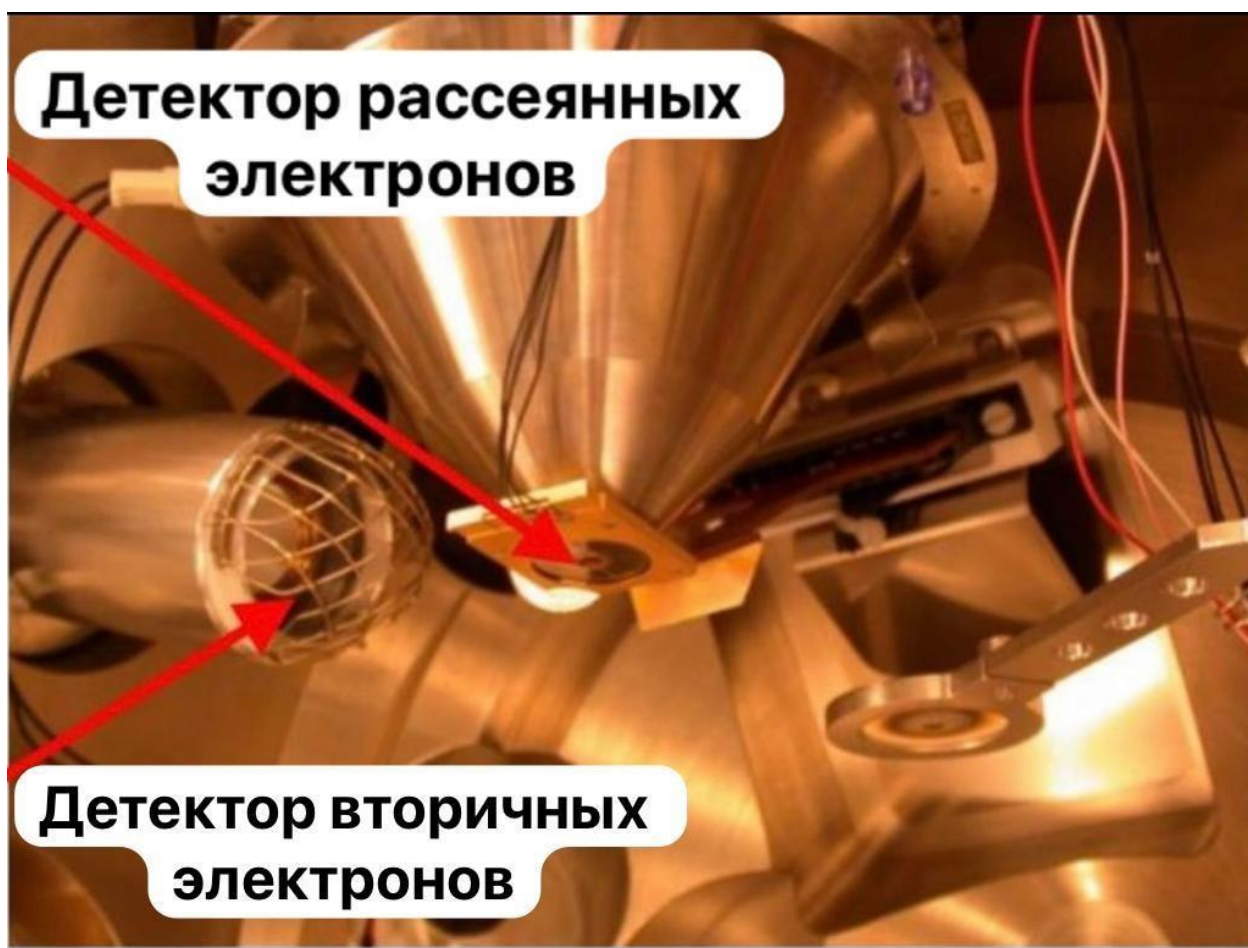


Рисунок 6 – Детекторы сигналов в высоком вакууме

Оптимальный вид боров, использованных при препарировании дентина, оценивали по состоянию поверхности дентина, наличию количества и плотности смазанного слоя.

После определения оптимального вида боров, используемых при препарировании дентина, приступали ко второму этапу исследования.

На этом этапе исследовали, какой вид и способ применения кислоты является оптимальным для протравливания дентина.

В 24 удаленных зубах были сформированы полости I класса по Блэку с помощью твердосплавных боров. После формирования полостей было проведено протравливание дентина в исследуемых зубах. В зависимости от вида кислоты и способа протравливания, зубы были разделены на 3 группы по 8 зубов в каждой.

В первой группе протравливание дентина проводили с помощью геля на основе 5%-й малеиновой кислоты (ВладМиВа, Россия). В этой группе протравливание дентина проводили без динамической активации. Гель наносили на поверхность дентина в виде аппликации. Протравливание проводили в течение 15 с.

Во второй группе протравливание дентина проводили с помощью геля на основе 5%-й малеиновой кислоты (ВладМиВа, Россия), с его динамической активацией. Для этого на поверхность дентина наносили протравливающий гель и проводили его втирание в поверхность дентина с помощью аппликатора в течение 15 с.

В третьей группе протравливание дентина проводили с помощью геля на основе 37% ортофосфорной кислоты (ВладМиВа, Россия). Гель наносили на поверхность дентина в виде аппликации. Протравливание проводили в течение 15 с.

После проведения протравливания, во всех исследуемых группах протравливающий гель смывали с поверхности дентина водой в течении 30 с, зубы высушивали и приступали к изготовлению образцов для сканирующей электронной микроскопии.

Образцы изготавливали путем проведения поперечных срезов коронки относительно оси зуба. Распилы проводили с помощью алмазной зуботехнической пилы (F) (АГРИ, Россия). Из каждого зуба, подвергнутого протравливанию дентина, было изготовлено по 3 образца. Всего было получено 72 образца.

Подготовку образцов и сканирующую электронную микроскопию проводили по методике, описанной в 1 этапе исследования.

Эффективность протравливания дентина оценивали по состоянию поверхности дентина исследуемых образцов.

2.3.3 Исследование содержания ингибиторов матриксных металлопротеиназ в дентине зубов

В настоящее время дискутируется вопрос о количественном содержании белковых соединений, продуцируемых одонтобластами, к которым относятся матриксные металлопротеиназы и их эндогенные ингибиторы в девитализированных

и не девитализированных зубах. Существует мнение, что при гибели одонтобластов, т.е. в депульпированных зубах, количество подобных соединений в дентине депульпированных зубов должно отличаться от их содержания в витальных зубах.

Целью исследования было определение уровня содержания ингибиторов матриксной металлопротеиназы MMP9 («желатиназа В») TIMP1 и TIMP2 в дентине девитализированных и не девитализированных зубов.

Исследование проводилось на 38 удаленных по разным показаниям молярах человека. Исследуемые зубы были разделены на 2 группы.

Первую группу составили 22 зуба, которые были девитализированы и подвергнуты эндодонтическому лечению в сроки более 2 лет до удаления.

Во вторую группу вошли 16 не девитализированных зубов, не подвергавшихся эндодонтическому лечению.

Для проведения исследования зубы каждой группы фрагментировали с применением диска с алмазным напылением и воздушно-водяного охлаждения.

Фрагмент исследуемого зуба помещали в 1 мл реагента РНК-лейтер («QIAGEN», Германия) и инкубировали в течение суток при температуре +4 °С. Подготовленные образцы хранили при минус 70 °С.

Для выделения тотальной РНК использовали набор RNeasy Plus Mini Kit («QIAGEN», Германия). 30 мг исследуемого дентина гомогенизировали в прилагаемом буфере Buffer RLT Plus с меркаптоэтанолом на гомогенизаторе TissueLyser LT («QIAGEN», Германия) в течение 4 мин, при частоте 40 Гц. Гомогенат центрифугировали в течение 3 мин при 9500 g в центрифуге Eppendorf Mini Spin Plus («Eppendorf», Германия), супернатант переносили в gDNA Eliminator для удаления геномной ДНК. Центрифугировали в течение 30 сек при 8000 g, к осадку добавляли равный объем 70%-го этилового спирта, тщательно перемешивали. Образец переносили в RNeasy Spin Column, центрифугировали в течение 30 сек при 8000 g, добавляли Buffer RW1, центрифугировали в течение 30 сек при 8000 g, добавляли Buffer RPE, центрифугировали в течение 30 сек при 8000 g. Добавляли Buffer RPE, центрифугировали в течение 2 мин при 8000 g, затем при 9500 g для высушивания,

добавляли 40 мкл стерильной воды, свободной от РНКаз, и центрифугировали в течение 1 мин при 8000g. Полученную РНК хранили при температуре минус 70 °С.

Обратную транскрипцию проводили следующим образом: для получения кДНК по матрице РНК использовали готовый набор реактивов MMLV RT Kit («Евроген», Россия). Постановку реакции проводили согласно приложенной инструкции. К 6 мкл РНК добавляли 2 мкл случайного декануклеотидного праймера (Random dN) и 1 мкл стерильной воды, свободной от РНКаз. Проводили нагрев при температуре +70 °С в термостате «Термит» («ДНК-технология», Россия) в течение 2 мин, для расплавления вторичных структур РНК. Затем полученный образец хранили на льду при температуре +4 °С. В реакционную смесь добавляли 4 мкл 5X буфера для синтеза первой цепи (280мМ Трис-НСl, 375 мМ КСl, 30 мМ MgCl₂, рН 8,7), 2 мкл смеси dNTP, 2 мкл DTT и 2 мкл стерильной воды, свободной от РНКаз. Непосредственно перед реакцией в смесь вносили 1 мкл MMLV ревертазы (обратной транскриптазы вируса лейкемии мышей) и добавляли к РНК. Пробирки нагревали в термостате «Гном» («ДНК-технология», Россия) при температуре +39 °С в течение 60 мин, затем при температуре +70 °С в течение 10 мин в термостате «Термит» («ДНК-технология», Россия). Синтезированную кДНК разбавляли стерильной водой, свободной от РНКаз. Полученные библиотеки кДНК замораживали и хранили при температуре минус 70 °С.

Проводили полимеразную цепную реакцию в режиме реального времени (ПЦР).

С использованием смеси для ПЦР qPCRmix-HS SYBR («Евроген», Россия), содержащей флуоресцентный интеркалирующий краситель Sybr Green I, согласно приложенной инструкции определяли уровни экспрессии мРНК MMP9, TIMP1 и TIMP2 относительно уровня экспрессии мРНК GAPDH на Real-Time амплификаторе DTrime («ДНК-Технология», Россия). В пробу добавляли 1 мкл раствора кДНК и по 1 мкл праймера. Праймеры для ПЦР подбирали с помощью on-line программы Primer-BLAST в соответствии с общепринятыми требованиями. Использовали праймеры, синтезированные фирмой «Евроген» (Россия). Список примененных праймеров приведен в Таблице 2.

Таблица 2 – Список использованных праймеров

Ген	Праймер	5' к 3'
GAPDH	Прямой	GCACCGTCAAGGCTGAGAAC
	Обратный	TGGTGAAGACGCCAGTGGA
MMP9	Прямой	AGGTTCGACGTGAAGGCG
	Обратный	GCCGTCCTGTACTGAAGGAG
TIMP1	Прямой	CCTTCCAGGTGTTTCCCTGTT
	Обратный	TCCGGAAGAAAGATGGGAGTG
TIMP2	Прямой	GACCCACAAGGAGATTGGGG
	Обратный	CGGAGACGACTGGTCTATGC

Объем смеси доводили до 25 мкл. Для анализа экспрессии генов использовали метод определения порогового цикла (Ct) и вычисления относительной экспрессии гена по М.В. Pfaffl (2001). Относительную концентрацию мРНК, указанных генов, рассчитывали прямым сравнением данных по формуле: $[A]_0/[B]_0 = E^{\Delta C(T)}$, где $[A]_0$ – начальная концентрация мРНК гена в ПЦР-смеси, $[B]_0$ – начальная концентрация мРНК GAPDH в ПЦР-смеси, E – эффективность реакции (принимали равной 1,98), $\Delta C(T)$ – разность пороговых циклов GAPDH и искомого гена.

2.3.4. Исследование влияния полимеризации в анаэробных условиях композитного материала светового отверждения на состояние поверхностного слоя реставраций

В связи с широким использованием композитных материалов светового отверждения в современной стоматологии, вопрос исследования эффективности их полимеризации является актуальным. Известно, что кислород, содержащийся в воздухе, ингибирует процесс полимеризации поверхностного слоя светокомпозита. Это играет положительную роль при послойном нанесении материала, так как остаточный мономер обеспечивает связь между слоями. Иная ситуация складывается при полимеризации последнего (финишного) слоя реставрации. В этом случае взаимодействие с кислородом может привести к образованию пор и нарушению краевого прилегания поверхностного слоя реставрации из-за его недостаточной полимеризации. Исследованию влияния полимеризации в анаэробных условиях композитного

материала светового отверждения на состояние поверхностного слоя реставраций посвящено данное исследование.

Объектом исследования являлся микрогибридный композитный материал светового отверждения Enamel plus HRi (UE) (Micerium S.p.A, Италия).

Для исследования особенностей химического строения композитного материала светового отверждения, полимеризованного в аэробных и анаэробных условиях было проведено исследование с использованием инфракрасной спектроскопии.

Для проведения исследования из композитного материала светового отверждения были подготовлены 4 образца, диаметром 0,8 см, толщиной 1,5 мм.

Первый образец полимеризовали в аэробных условиях, без предварительного нагрева светокомпозитного материала.

Второй образец полимеризовали в анаэробных условиях, без предварительного нагрева светокомпозитного материала.

Третий образец полимеризовали в аэробных условиях, с предварительным нагревом светокомпозитного материала до 55 °С.

Четвертый образец полимеризовали в анаэробных условиях, с предварительным нагревом светокомпозитного материала до 55 °С.

Для нагрева светокомпозитного материала использовали специальную печь для разогрева композитов Ena Heat (Micerium, Италия).

Для создания анаэробных условий фотополимеризацию образцов проводили через слой глицерина (вязкость 8–11 Па·с, проводимость 0,7–1,0 С/м), который наносили на поверхность образцов 2 и 4.

Полимеризацию образцов материала осуществляли с помощью LED лампы с длиной волны в 430–480 нм, при интенсивности света в 900 мВ/см² (Premium Plus, Китай).

После полимеризации каждый образец измельчали и растирали до мелкодисперсных порошков, образующих суспензии (взвеси - mulls) в бромиде калия. После чего получаемые порошки прессовали в таблетки и проводили инфракрасную спектроскопию. С этой целью использовали ИК Фурье-спектрометр Infracum FT-801 («СИМЕКС», Россия) (Рисунок 7).



Рисунок 7 – ИК Фурье-спектрометр Infracum FT-801

Для исследования структуры поверхности реставраций, изготовленных из композитного материала светового отверждения, полимеризация которого проводилась в аэробных и анаэробных условиях, было проведено исследование с использованием сканирующей электронной микроскопии.

Для проведения исследования было использовано 24 свежее удаленных моляров человека. В этих зубах были сформированы полости I класса по Блэку и проведено их пломбирование с использованием композитного материала светового отверждения.

При нанесении поверхностного финишного слоя реставрации использовали микрогибридный композитный материал светового отверждения Enamel plus HRi (UE) (Micerium S.p.A, Италия). В зависимости от того проводился или нет предполимеризационный нагрев композитного пломбировочного материала, зубы были разделены на две равные группы по 12 зубов в каждой.

Группу А составили зубы, где предполимеризационный нагрев проводился.

В группу Б вошли зубы, где предполимеризационный нагрев не осуществляли.

Для нагрева светокомпозитного материала использовали специальную печь для разогрева композитов Ena Heat (Micerium, Италия). Светокомпозитный материал нагревали до 55 °С.

В зависимости от способа полимеризации поверхностного слоя реставраций, а также наличия или отсутствия полирования его поверхности после полимеризации, зубы в группах были разделены на 4 подгруппы по 3 зуба в каждой.

Первую подгруппу каждой группы (1А и 1Б) составили зубы, где полимеризацию поверхностного слоя проводили в аэробных условиях, после чего поверхностный слой полировали.

Вторую подгруппу каждой группы (2А и 2Б) составили зубы, где полимеризацию поверхностного слоя проводили в анаэробных условиях, после чего поверхностный слой полировали.

Третью подгруппу каждой группы (3А и 3Б) составили зубы, где полимеризацию поверхностного слоя проводили в анаэробных условиях, после чего поверхностный слой не полировали.

Четвертую подгруппу каждой группы (4А и 4Б) составили зубы, где полимеризацию поверхностного слоя проводили в аэробных условиях, после чего поверхностный слой не полировали.

Анаэробные условия при полимеризации создавали за счет нанесения на поверхностный слой реставрации глицерина (вязкость 8–11 Па·с, проводимость 0,7–1,0 С/м). После полимеризации глицерин с поверхности запломбированного зуба удаляли.

Полимеризацию поверхностного слоя реставрации осуществляли с помощью LED лампы с длиной волны в 430–480 нм, при интенсивности света в 900 мВ/см² (Premium Plus, Китай), экспозиция 20 с.

Полирование поверхности реставрации осуществляли с использованием дисков Soft-Lex (3М ESPE) и OccluBrush (Kerr), при скорости 10000-20000 оборотов в минуту. Полирование проводили в соответствии с инструкцией производителя. Все образцы тщательно промывали водой и высушивали воздухом перед и после каждого полировочного цикла.

С помощью сканирующей электронной микроскопии исследовали окклюзионную поверхность запломбированных маляров. Исследование проводили с использованием микроскопа Vega 3 SBH (Tescan, Чехия) (Рисунок 8).

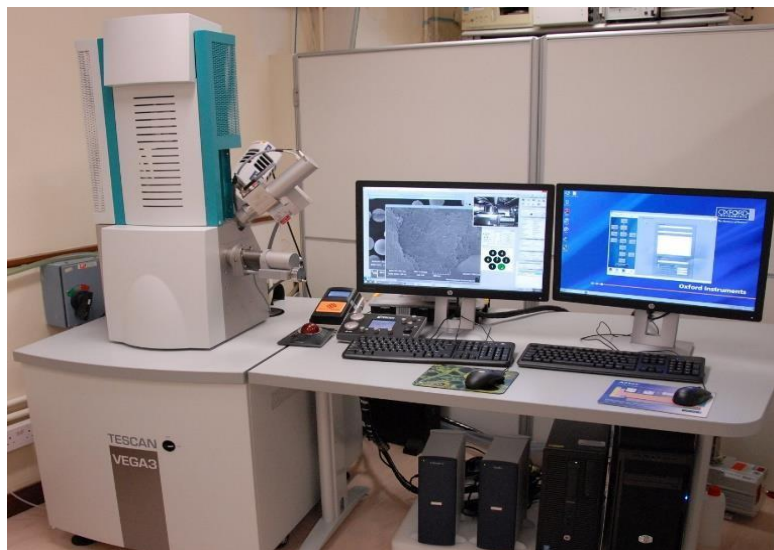


Рисунок 8 – Микроскоп Vega 3 SBH

Готовили образцы для СЭМ, которые обезжиривали и высушивали. В связи с тем, что ткани зуба имеют характеристики диэлектрика и подвержены накоплению заряда под электронным лучом, было проведено катодное напыление слоя платины, толщиной 30 нм, на поверхность исследуемых образцов.

При СЭМ проводили качественный анализ исследуемых образцов и количественную оценку шероховатости. Для этого рассчитывали шероховатость поверхности (Ra) как среднеарифметическое отклонение от линии профиля.

***2.3.5. Исследование эффективности сохранения жизнеспособности
пульпы припломбировании зубов с глубокими кариозными
полостями
различными способами***

В настоящее время дискутируется вопрос о возможности пломбирования глубоких кариозных полостей композитными материалами, с применением современных адгезивных систем, без использования лечебных и изолирующих прокладок. Исследованию данного вопроса было посвящено проведенное исследование.

Было проведено обследование и лечение 120 больных в возрасте от 18 до 74 лет. Мужчин было 53%, женщин – 47%. У всех обследованных больных имелись зубы с глубокими кариозными полостями, при этом клинические признаки необратимых форм пульпита отсутствовали.

Перед проведением исследования все больные подписывали информированное добровольное согласие.

Критерии включения в исследование были следующими:

- 1) возраст от 18 до 74 лет;
- 2) наличие глубокой кариозной полости, не сообщающейся с полостью зуба;
- 3) отсутствие признаков необратимых форм пульпита;
- 4) показания электроодонтодиагностики не выше 25 мкА.

Критерии не включения в исследование:

- 1) возраст моложе 18 и старше 74 лет;
- 2) наличие кариозной полости, сообщающейся с полостью зуба;
- 3) наличие признаков необратимых форм пульпита;
- 4) показания электроодонтодиагностики выше 25 мкА;
- 5) наличие аллергических реакций на антисептический препарат хлоргексидин;
- 6) наличие психических заболеваний;
- 7) наличие тяжелой соматической патологии.

При отказе от участия в исследовании на любом этапе и не выполнении рекомендаций врача, больные из исследования исключались.

До лечения пациенты предъявляли жалобы на наличие кариозной полости, кратковременные боли от температурных раздражителей, проходящие через несколько секунд после их устранения. Никто из пациентов не предъявлял жалобы на самопроизвольные и ночные боли.

При осмотре и зондировании определялась глубокая кариозная полость, не сообщающаяся с полостью зуба. Электровозбудимость зубов находилась в диапазоне от 15 до 25 мкА. Электроодонтодиагностику проводили с помощью аппарата «ИВН-01 Пульптест-Про» (Россия).

С помощью рентгенологического исследования, включавшего в том числе конусно-лучевую компьютерную томографию, оценивали состояние периапикальных тканей и толщину дентина дна кариозной полости.

Всем больным под анестезией было проведено препарирование кариозной полости с помощью боров с алмазным покрытием и твердосплавных боров. Боры с алмазным покрытием использовали для раскрытия и расширения кариозной полости, при препарировании дентина применяли твердосплавные боры.

В зависимости от проводимого в дальнейшем лечения, больные были разделены на 4 группы по 30 человек в каждой.

В первой и во второй группах лечебные и изолирующие прокладки при лечении зубов с глубокими кариозными полостями не использовали, а при пломбировании зубов композитным материалом светового отверждения использовали, так называемую, технику двойного бондинга. В этих группах при работе со светокомпозитным материалом использовали адгезивную систему V поколения (Primer&Bond NT).

Протравливание эмали проводили с помощью геля на основе 37%-й ортофосфорной кислоты. Продолжительность протравливания эмали составляло 30 с. Протравливание дентина осуществляли с использованием геля на основе 5%-й малеиновой кислоты, которую наносили на дентин на 15 с. После протравливания кислотные агенты смывали в течение 30 с.

Для инактивации матриксных металлопротеиназ дентина зубов использовали хлоргексидин. В первой группе 2%-й водный раствор хлоргексидина биглюконата (Технодент, Россия), во второй группе 2%-й спиртовой раствор хлоргексидина биглюконата (Технодент, Россия). Методика использования растворов хлоргексидина в группах не отличалась друг от друга. Раствор хлоргексидина наносили на поверхность дентина с экспозицией 60 с, после чего препарат не смывали, а высушивали воздухом. Следили за тем, чтобы дентин оставался слегка влажным, «искрящимся».

После этого, двукратно по 15 с наносили однокомпонентный адгезив на поверхность эмали и дентина. При этом первую порцию адгезива не высушивали и не полимеризовали, вторую – наносили сразу после нанесения первой порции. Для улучшения проникновения адгезива в дентин, адгезив на поверхность дентина вносили с помощью аппликатора легкими «втирающими» движениями. Адгезив тщательно распределяли и подсушивали слабой струей воздуха, затем фотополимеризовали. После этого приступали к внесению в подготовленную полость композитного материала.

В третьей и четвертой группах при лечении зубов с глубокими кариозными полостями использовали прокладки из кальций-алюмосиликатного цемента «Триоксидент» (ВладМиВа, Россия), относящегося к группе трикальцийсиликатных цемента. Этот материал сочетает в себе свойства как изолирующих, так и лечебных прокладок. Обладая высокой механической прочностью, материал выделяет гидроксид кальция, обеспечивающий противомикробное действие и стимуляцию одонтобластов.

Замешивали порошок на дистиллированной воде до получения однородной массы, которую вносили в отпрепарированную кариозную полость и распределяли лайнерно по всей поверхности дна кариозной полости.

В связи с тем, что полное отверждение данного материала происходит в течение 24 часов, пломбирование зуба с использованием светоотверждаемого композита проводили не ранее чем через сутки после постановки прокладки из триоксидента. В качестве временного пломбировочного материала использовали «Дентин пасту» (ВладМиВа, Россия). После удаления временной пломбы проводили протравливание эмали и дентина по методике, описанной выше.

Для инактивации матриксных металлопротеиназ дентина зубов также как в 1 и 2 группах использовали хлоргексидин. В третьей группе 2%-й водный раствор хлоргексидина биглюконата (Технодент, Россия), в четвертой группе 2%-й спиртовой раствор хлоргексидина биглюконата (Технодент, Россия). Методика использования данного препарата не отличалась от методики его использования в 1-й и 2-й группах.

В третьей и четвертой группах также использовали адгезивную систему V поколения (Primer&Bond NT). В отличие от 1-й и 2-й групп, в 3-й и 4-й группах однокомпонентный адгезив с помощью аппликатора наносили на поверхность эмали и дентина однократно, в течение 15 с. Адгезив тщательно распределяли и подсушивали струей воздуха, затем фотополимеризовали. После этого приступали к внесению в подготовленную полость композиционного материала.

Следует отметить, что распределение больных в группах по полу и возрасту было одинаковым, т.е. группы были статистически сопоставимы.

Во всех группах, в качестве материала для постоянного пломбирования (ре-ставрации), применяли микрогибридный композитный материал светового отвер-ждения Enamel plus HRi («Micerium S.p.A.», Италия), предназначенный для плом-бирования кариозных полостей всех классов по Блэку (Рисунок 9).



Рисунок 9 – Микрогибридный композитный материал светового отверждения

Перед использованием материал нагревали в специальной печи для разогрева композитов Ena Heat (Micerium, Италия). Печь имеет два режима нагрева: до 39 °C и до 55 °C.

При пломбировании зубов с глубокими кариозными полостями, чтобы избежать перегрева пульпы зуба, для первой порции использовали первый режим нагрева до 39 °C. Первую порцию вносили в подготовленную полость и полимеризовали. Затем использовали второй режим нагрева, нагревая материал до 55 °C. В дальнейшем материал вносили в полость порциями, полимеризуя каждую порцию. Поверхностный слой реставрации полимеризовали в анаэробных условиях. Анаэробные условия при полимеризации создавали за счет нанесения на поверхностный

слой реставрации глицерина (вязкость 8–11 Па·с, проводимость 0,7–1,0 С/м). После полимеризации глицерин с поверхности запломбированного зуба удаляли.

Полимеризацию осуществляли с помощью LED лампы с длиной волны в 430–480 нм, при интенсивности света в 900 мВ/см² (Premium Plus, Китай) в течение 20 секунд на каждый слой. Финишную обработку реставрации (пломбы) проводили с учетом окклюзии.

Результаты лечения оценивали в ближайшие сроки (до 2 недель после пломбирования), а также в отдаленные сроки (до 2 лет после проведенного лечения).

2.4. Исследование эффективности способов оптимизации этапов эндодонтического лечения

Целью проведенных исследований было повышение эффективности эндодонтического лечения за счет оптимизации этапов лечебных мероприятий. Было проведено исследование эффективности растворяющего действия сольвентов на основе эфирных масел, моющей способности различных ирригационных растворов, комплексное исследование износостойкости никель-титановых эндодонтических инструментов. Исследована клиническая эффективность повторного эндодонтического лечения, с применением различных методов медикаментозной обработки корневых каналов зубов и разных способов obturation корневых каналов, при хроническом периодонтите.

2.4.1. Исследование растворяющего действия сольвентов на основе различных эфирных масел

При повторном эндодонтическом лечении используются вещества, способные растворять гуттаперчу и силер, введенные в корневые каналы зубов при первичном лечении. Эти вещества называются сольвенты. В стоматологии наиболее часто используют сольвенты на основе эфирных масел.

Объектом исследования являлись 5 эфирных масел фирмы Аспера (Россия).

Исследуемые эфирные масла и их химический состав:

– гвоздичное масло – содержит эвгенол (более 70%), ацетат эвгенола (до 13%), кариофиллен, β -мирцен, α - и β -пинены, иланген, γ -селинен, β -элемен, гептанол, нонанол, бензиловый спирт, хавикол, бензальдегид, ванилин, фурфурол и фурфуриловый спирт, метилбензоат;

– мятное масло – содержит ментол 50% и 35% ментона, лимонен, цинеол, пинен, менто-фуран, тимол, ментон, карвакрол, кариофиллен;

– эвкалиптовое масло – содержит пиперитон 48,2%; Монотерпены: альфа – фелландрен 24,9%, альфа – туйен 3,3%, альфа – терпинен 1,2%, лимонен 0,4%, гамма – терпинен 0,8%, транс – бета – оцимен 0,5%, пара – цимен 4,3%, терпинолен 2,4%; Сесквитерпены: гамма – элемен 0,5%, лонгифолен 0,9% Оксиды: 1,8 – цинеол 2,3%; Монотерпенолы: терпинен – 4 – ол 4,4%, альфа – терпинеол 1,1%, цис – пиперитол 0,9%, линалол 0,6%;

– апельсиновое масло – содержит мирцен, α - и β -терпинены, α -терпинолен, фелландрен, п-цимол, α -пинен, α -туйен, камфен, сабинен, фарнезен, α - и β -кубебены, α - и β -копаены, β -элемен, кариофиллен, α - и β -гумулены, валенсен, δ -кадинен, α - и β -илангены, α -терпинеол, цитронеллол, линалоол, нерол, гераниол;

– грейпфрутовое масло – содержит лимонен, октаналь, деканаль, нуткатон, гераниол, линалоол, мирцен, пинен, цитраль и т.д. В эфирном масле грейпфрута содержится не менее 0,2% нуткатона, и не менее 90% лимонена.

Первым этапом исследования было определение коэффициента поверхностного натяжения исследуемых эфирных масел. Этот показатель связан со смачивающей способностью масла, т.е. с его способностью растекаться по поверхности, что, в свою очередь, может влиять на эффективность растворяющего действия сольвента.

Для измерения коэффициента поверхностного натяжения различных сольвентов использовали аппарат Ребиндера. Измерения проводились при температуре 24⁰ С, в качестве контроля использовали дистиллированную воду.

Для определения коэффициента поверхностного натяжения использовали формулу Ребиндера (2.1–2.3).

$$\rho_0 = h_1(\max) - h_2(\min), \quad (2.1)$$

$$P = h_1(\max) - h_2(\min), \quad (2.2)$$

где ρ_0 – плотность воды;

P – плотность исследуемой жидкости;

$h_1(\max)$ – максимальный уровень жидкости в манометре;

$h_2(\min)$ – минимальный уровень жидкости в манометр;

$$G = G_0 / \rho_0 \times P, \quad (2.3)$$

где G_0 – коэффициент поверхностного натяжения воды при заданной температуре;

G – искомый коэффициент поверхностного натяжения;

P – плотность исследуемой жидкости.

Для контроля качества исследования, определение поверхностного натяжения каждого исследуемого эфирного масла проводили 10 раз.

Вторым этапом исследования явилось непосредственное исследование растворяющего действия сольвентов.

Эффективность растворяющего действия сольвентов определяли скоростью растворения силера и гуттаперчевого филлера.

Растворяющее действие эфирных масел исследовали в лабораторных условиях. Для этого в чашку Петри помещали 0,5 мл исследуемого масла, в которое затем погружали исследуемый силер или гуттаперчевый филлер. В процессе исследования через каждые 10 с в течение 5 с пытались растолочь исследуемый материал, погруженный в масло, с помощью металлической гладилки. Эффективность растворяющего действия эфирных масел оценивали по времени с момента погружения исследуемого материала в масло до полного его растворения.

Исследовали растворяющее действие эфирных масел в отношении двух силеров, а именно: силера на основе оксида цинка и эвгенола, Гуттасилер (Россия), силера на основе эпоксидной смолы, Adseal (META BIOMED, Ю. Корея).

Исследуемый силер замешивали по инструкции. Через 72 часа, после полного отверждения силера, отвердевший силер делили на пять равных частей и погружали каждую часть в исследуемое эфирное масло.

Для исследования растворяющего действия эфирных масел в отношении гуттаперчи использовали гуттаперчевые штифты 35/02 (META BIOMED, Ю. Корея).

Растворяющее действие исследуемого эфирного масла в отношении каждого силера и гуттаперчевого филлера, для частоты эксперимента, исследовали 10 раз.

2.4.2. Исследование моющей способности растворов гипохлорита натрия разной концентрации и температуры

При проведении повторного эндодонтического лечения особое внимание следует уделять используемым ирригационным растворам, так как, в данном случае, ирригационный раствор не только должен обеспечивать медикаментозную обработку корневого канала, но и удалять масляную пленку со стенок корневого канала, которая появляется после использования сольвентов на основе эфирных масел. Для ирригации корневых каналов, в настоящее время, чаще всего используют растворы гипохлорита натрия.

Было проведено исследование моющей способности 5%-го, 3,25%-го и 1%-го растворов гипохлорита натрия (Omega dent, Россия). Эти растворы не нагревали, температура растворов соответствовала комнатной температуре 24 °С. Кроме того, исследовали моющую способность 1%-го раствора гипохлорита натрия, нагретого до 45 °С.

Моющую способность ирригационных растворов гипохлорита натрия сравнивали с моющей способностью, ненагретой мицеллярной воды (Garnier Россия). В состав мицеллярной воды входят; аква/вода, гексиленгликоль, глицерин, полоксамер 184, динатриевый кокоамфодиацетат, динатриевый эдта, бромид миртримония. Мицеллярная вода, за счет входящих в ее состав поверхностно-активных веществ (мицелл), обладает повышенной моющей способностью, в том числе и в отношении эфирных масел.

На первом этапе исследования было проведено определение коэффициента поверхностного натяжения мицеллярной воды и исследуемых растворов гипохлорита натрия. Определение коэффициента поверхностного натяжения было проведено с использованием аппарата Ребиндера по методике, описанной выше.

После определения коэффициента поверхностного натяжения мицеллярной воды и исследуемых растворов гипохлорита натрия, приступали к исследованию моющей способности данных растворов в отношении апельсинового и грейпфрутового эфирных масел. Для этого 0,3 мл грейпфрутового или апельсинового эфирного масла смешивали с 0,3 мл исследуемого ирригационного раствора. Возникающую реакцию фиксировали и сравнивали с реакцией, возникающей при смешивании 0,3 мл данного масла с 0,3 мл мицеллярной воды.

Было исследовано взаимодействие каждого исследуемого раствора гипохлорита натрия как с апельсиновым эфирным маслом, так и с грейпфрутовым эфирным маслом.

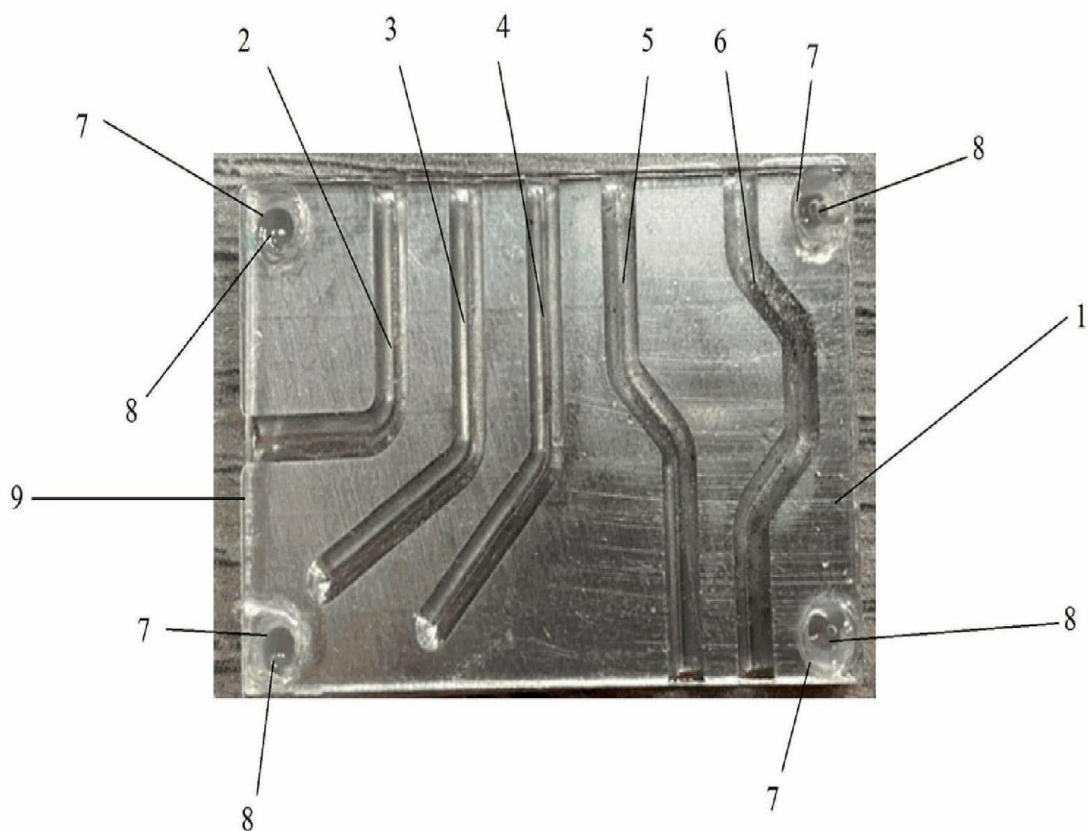
2.4.3. Комплексное исследование износостойкости никель-титановых эндодонтических инструментов

Инструментальная обработка корневых каналов является одним из основных этапов эндодонтического лечения. В связи с этим, правильный выбор нужного эндодонтического инструментария имеет большое значение. Это особенно актуально при повторном эндодонтическом лечении, когда риск отлома эндодонтического инструмента в корневом канале значительно возрастает. К сожалению, эксплуатационные характеристики никель-титановых эндодонтических инструментов, которые дают их производители, не всегда соответствуют реальным условиям. Это связано с тем, что при оценке той механической нагрузки, которой подвергается эндодонтический инструмент, не всегда учитываются возможные особенности анатомического строения корневых каналов зубов, а химические и термические воздействия, которым подвергается эндодонтический инструментарий в процессе эксплуатации, зачастую игнорируются. В связи с этим, исследование устойчивости никель-титановых эндодонтических инструментов к механическим, химическим и термическим воздействиям позволяют оптимизировать выбор наиболее надежного эндодонтического инструментария, что имеет большое практическое значение.

Для комплексного исследования износостойкости эндодонтических никель-титановых инструментов нами были разработаны «Способы определения циклической

усталости никель-титановых файлов и симуляционный эндодонтический блок для их осуществления» (патент RU 2 789 962 C1 от 14.02.2023). Согласно разработанному способу, исследуемый никель-титановый эндодонтический файл подвергался механической нагрузке. В том случае, если во время механической нагрузки эндодонтический файл не ломался, его подвергали последовательно сначала химическому воздействию, затем термическому воздействию. Таким образом, полный цикл испытания инструмента на износостойкость включал механическую нагрузку, химическое и термическое воздействия. Циклы испытаний повторяли до момента отлома эндодонтического инструмента во время механической нагрузки, что считали пределом износостойкости эндодонтического инструмента. При этом учитывалось количество пройденных циклов испытаний.

Испытания на механическую нагрузку исследуемых никель-титановых эндодонтических файлов проводили с помощью специально разработанного симуляционного эндодонтического блока (Рисунок 10).



Примечание – 1– металлическая пластина; 2, 3, 4, 5, 6 – желобовидные каналы; 7 – глухие отверстия; 8 – выступы; 9 – прозрачная крышка.

Рисунок 10 – Симуляционный эндодонтический блок

Симуляционный эндодонтический блок состоял из металлической пластины 1, на одной из сторон которой были выполнены пять желобовидных каналов 2, 3, 4, 5, 6, имитировавших зубные корневые каналы с различными углами изгиба. При формировании желобовидных каналов, имитировавших корневые каналы зубов, пользовались классификацией корневых каналов Vertucci. Три желобовидных канала 2, 3, 4 включали по одному углу изгиба с разными величинами, а именно угол первого канала 2 составлял 90° , угол второго канала 3 составлял 45° , угол третьего канала 4 составлял 30° . Четвертый канал 5 включал два угла изгиба с величинами 45° , а пятый канал 6 включал четыре угла изгиба с величинами 45° . При этом металлическая пластина была выполнена из алюминия, ее длина составляла 40,0 мм, ширина 25,0 мм, толщина 6,0 мм, а глубина каналов 2,2 мм. Металлическая пластина включала несколько глухих отверстий 7, внутри которых были плотно установлены выступы 8, расположенные на внутренней поверхности съемной прозрачной крышки 9, изготовленной из органического стекла. Прозрачная крышка 9 давала возможность введения эндодонтического файла со стороны торцевой части пластины в полость каждого из желобовидных каналов, обеспечивала сохранение оси вращения файла, а также позволяла осуществлять видеозапись процесса вращения никель-титанового файла. При этом глубина отверстий 7 внутри пластины 1 была меньше длины выступов 8 крышки на 1–2 мм, что обеспечивало наличие зазора между внутренними поверхностями крышки 9 и пластины 1.

Испытания никель-титановых эндодонтических файлов на механическую нагрузку проводили следующим образом: симуляционный блок жестко фиксировали с помощью зажима на горизонтальной плоскости с перпендикулярной ориентацией осей желобовидных каналов относительно горизонтальной плоскости. Исследуемый файл вставляли в эндомотор модели NSK Endo-Mate TC2 (Япония). Файл подвергали воздействию механической нагрузки путём его вертикально-поступательного введения поочерёдно в желобовидные каналы симуляционного эндодонтического блока, с вращением внутри каналов. Частота вращения никель-титанового файла составляла 350 оборотов в минуту с крутящим моментом $1,5 \text{ Н} \times \text{см}$

и продолжительностью воздействия в каждом канале 40 с. Подсчёт времени вращения и количества оборотов файла внутри каждого канала производили от начала механической нагрузки до момента его отлома.

В том случае, если никель-титановый эндодонтический файл в процессе механической нагрузки не ломался, его подвергали химическому воздействию. Химическое воздействие на исследуемый никель-титановый файл осуществляли путем погружения его в 3,25%-й раствор гипохлорита натрия на 2 часа (Рисунок 11).



Рисунок 11 – Никель-титановый файл на этапе химического воздействия

Затем файл промывали водой и погружали на 45 мин в 5%-й раствор аламина. После завершения химического воздействия, исследуемый файл подвергали термическому воздействию. Для этого файл упаковывали в крафт-пакет и подвергали автоклавированию в течение 45 минут, при температуре 134 °С и давлении 1,2 атм.

Исследование износостойкости никель-титановых инструментов с использованием, разработанной методики «Способы определения циклической усталости никель-титановых файлов и симуляционный эндодонтический блок для их осуществления», было проведено на 102 никель-титановых инструментах 5 производителей: Mtwo(VDW), Protaper next (Densplay), Protaper gold (Densplay), Coxo SC Pro(SOCO), S-flexi (GEOSOFT).

Для определения факторов, способных оказывать влияние на износостойкость исследуемых инструментов, был проведен рентгеноспектральный анализ поверхностей никель-титановых файлов.

Для проведения рентгеноспектрального анализа использовали микроскоп JEOL JSM-6480LV (фирмы «JEOL», Япония) с энергодисперсионной приставкой (EDX) X-MAX (фирмы Oxford Instruments (площадь детектора 80 мм²), Великобритания) (Рисунок 12).



Рисунок 12 – Электронный сканирующий микроскоп JEOL JSM-6480LV фирмы «JEOL»

Полученные данные обрабатывали с помощью программы AztecEnergy 3.0.

Для определения особенностей поверхностей поперечных отломов никель-титановых инструментов была проведена сканирующая электронная микроскопия 102 образцов поперечной поверхности отломков никель-титановых инструментов пяти различных производителей. В зависимости от того, как были получены отломки никель-титановых инструментов, они были разделены на две группы. Одну группу составили отломки (51 образец), которые были получены в ходе испытаний никель-титановых инструментов на износостойкость. В другую группу (51 обра-

зец) вошли отломки, которые были получены путем поперечного отлома, с помощью плоскогубцев, новых никель-титановых инструментов, аналогичных инструментам предыдущей группы, но не подвергшихся испытаниям на износостойкость.

Для проведения СЭМ использовали микроскоп JEOL JSM-6480LV (фирмы «JEOL», Япония) с энергодисперсионной приставкой (EDX) X-MAX фирмы Oxford Instruments (площадь детектора 80 мм²).

В ходе проведения испытаний никель-титановых инструментов на износостойкость было обнаружено, что при износе инструмента более 80% на его поверхности могут появиться признаки формирующегося отлома. Для визуализации признаков начинающегося отлома никель-титанового эндодонтического инструментария, нами был разработан метод капиллярной дефектоскопии.

Для проведения капиллярной дефектоскопии на поверхность инструмента наносили очиститель SKC-S Cleaner/remover (MAGNAFLUX Англия) на 20 мин. Остатки очистителя удаляли струей воздуха из пистолета. Затем наносили пенетрант SKL-SP2 Red Penetrant (MAGNAFLUX Англия), который выдерживали на поверхности инструмента в течение 10 минут. Высыхание пенетранта не допускалось. Затем с помощью баллончика-спрея наносили проявитель SKD-S2 Spotcheck (MAGNAFLUX Англия) на поверхность инструмента на 15–20 минут. В результате химической реакции проявителя с пенетрантом проявлялось окрашивание дефекта, что визуально позволяло определить признаки начинающегося отлома. Изображения никель-титановых инструментов при проведении капиллярной дефектоскопии были получены с помощью цифрового микроскопа со штативом Микмед 5.0 (Микромед, Китай).

Исследование было проведено на 10 никель-титановых инструментах различных производителей, а именно: COXO SC PRO (02/19, 04/20, 04/25, 06/25, 04/35), Protaper Gold (S1, S2, F1, F2, F3).

2.4.4. Экспериментальное исследование эффективности различных способов obturации апикальной части корневых каналов зубов

Пломбирование корневого канала, завершающий и самый главный этап эндодонтического лечения, которому предшествует инструментальная и медикаментозная обработка корневого канала. Надежная obturация корневого канала, особенно его апикальной части, обеспечивает долгосрочный положительный эффект эндодонтического лечения.

Целью исследования было исследование в эксперименте эффективности obturации апикальной части корневого канала при использовании различных способов пломбирования корневых каналов.

Исследование было проведено на 48 удаленных резцах нижней челюсти. В удаленных зубах раскрывали полость зуба, проводили инструментальную и медикаментозную обработку корневых каналов.

Механическую обработку корневых каналов зубов проводили с использованием ручных инструментов, расширяя канал до размера № 15 (K-file) (Mani, INC, Japan). Затем корневой канал обрабатывали машинными инструментами Mtwo 10/04 (VDW, Germany), – Protaper Next X1 (Densplay Sirona, USA), S-flexi 04/30 и 04/35 (GEOSOFT, RUSSIA), после чего проводили калибровку апикальной констрикции ручными инструментами до размера № 40 (K-file) (Mani, INC, Japan).

При проведении механической обработки корневых каналов, в качестве ирриганта использовали 1%-й раствор гипохлорита натрия (Omega dent, Россия), нагретый до 45 °С. По окончании механической обработки корневых каналов, корневые каналы промывали дистиллированной водой, затем использовали 17% ЭДТА (META Biomed, Korea) с экспозицией на 1 минуту. После этого корневые каналы промывали 1%-м раствором гипохлорита натрия, нагретым до 45 °С.

Корневые каналы высушивали бумажными абсорберами. Затем приступали к пломбированию корневых каналов зубов с использованием гуттаперчевых штифтов (META BIOMED, Korea). В качестве силера применяли Adseal (META BIOMED, Ю. Корея).

В зависимости от способа пломбирования корневых каналов, зубы были разделены на 3 группы (по 16 зубов в каждой):

В первой группе корневые каналы пломбировали с помощью латерального способа конденсации гуттаперчи.

Во второй группе использовали вертикальный способ конденсации гуттаперчи. Для этого использовали горячий плагер GuttaEst (Geosoft, Russia) и инжектор GuttaFill (Geosoft, Russia).

В третьей группе применяли гибридный способ конденсации гуттаперчи. Методика его проведения заключалась в следующем: корневой канал до середины его длины пломбировали с использованием латерального способа конденсации гуттаперчи; затем с помощью горячего плагера GuttaEst (Geosoft, Russia) проводили вертикальную конденсацию гуттаперчи, при этом плагер не доводили до апикального сужения на расстояние 5 мм; после чего проводили вертикальную конденсацию гуттаперчи холодными плагерами SSG Pluggr № 1, 2, 3 (Geosoft, Russia).

Качество obturation апикальной части корневых каналов оценивали с помощью сканирующей электронной микроскопии. Для этого, через 72 часа после пломбирования корневых каналов, из апикальных частей корней запломбированных удаленных зубов готовили образцы для сканирующей электронной микроскопии. Корень зуба распиливали с помощью алмазной зуботехнической пилы (F) (АГРИ, Россия).

Подготовленные образцы наклеивали на медные пластины с помощью двухстороннего электропроводного скотча, затем проводили напыление образцов платиной в атмосфере аргона (0,1–0,2 мбар) в камере катодного напыления установки Val-Tec SCD005 (Бальцерс, Лихтенштейн) в течение 130 с.

Далее образцы исследовали на сканирующем электронном микроскопе LEO-1430 VP (Карл Цейс, Германия), в условиях высокого вакуума, с использованием 4QBSD – детектора обратноотраженных электронов или детектора вторичных электронов SE1, при комнатной температуре, ускоряющем напряжении 20 кВ и рабочем расстоянии 10–22 мм. Количественные показатели измеряли по полученным цифровым микрографиям в программе Image J.

2.4.5. Исследование клинической эффективности оптимизации этапов повторного эндодонтического лечения при хроническом периодонтите

Целью исследования было исследование клинической эффективности оптимизации этапов повторного эндодонтического лечения при хроническом апикальном периодонтите. Исследовали эффективность применения различных сольвентов, разных способов ирригации и obturation корневых каналов зубов при повторном эндодонтическом лечении.

Было проведено обследование и лечение 104 пациентов с хроническим апикальным периодонтитом, в зубах, ранее подвергавшихся эндодонтическому лечению, в возрасте от 18 до 64 лет. 45% больных составили женщины, 55% – мужчины.

Перед проведением исследования все больные подписывали информированное добровольное согласие.

Критерии включения в исследование были следующими:

- 1) возраст старше 18 лет;
- 2) наличие рентгенологических признаков хронического апикального периодонтита;
- 3) ранее проведенное эндодонтическое лечение;
- 4) отсутствие признаков активного экссудативного воспалительного процесса в периодонте;
- 5) показания электроодонтодиагностики выше 100 мкА.

Критерии не включения в исследование:

- 1) возраст моложе 18 лет;
- 2) наличие хронического апикального периодонтита, без проведенного ранее эндодонтического лечения;
- 3) показания электроодонтодиагностики ниже 100 мкА;
- 4) наличие вертикальных фуркационных переломов, трещин;
- 5) подвижность зуба 3-й степени;
- 6) наличие циркулярной резорбции костной ткани альвеолы более 2/3 длины корня;
- 7) наличие перфорации корня зуба;

- 8) наличие наружной или внутренней резорбции тканей корня зуба;
- 9) наличие психических заболеваний;
- 10) наличие тяжелой соматической патологии;
- 11) беременность.

Критериями исключения пациентов из исследуемых групп являлись: добровольный отказ от участия в исследовании на любом этапе; несоблюдение пациентом регламента исследования; установление факта беременности.

При обследовании больных наряду с клиническими, использовали дополнительные методы исследования, которые включали проведение электроодонтодиагностики и рентгенологическое исследование.

Электроодонтодиагностику проводили с помощью аппарата «ИВН-01 Пульпотест-Про» (Россия).

Рентгенологическое обследование включало прицельную радиовизиографию и при необходимости дентальную компьютерную томографию.

Для проведения радиовизиографии использовали рентгенологическую установку «Evolution X-3000», производство Италия. Изображение, с помощью цифрового датчика визиографа «Vatech EzSensor», производства Корея, отображалось на экране компьютера.

Для проведения КЛКТ использовали аппараты КЛКТ ProMax 3D Max, (Planmeca, Финляндия) и Orthopantomograph OP300 Maxio (Kavo, Германия).

Изображения были получены с использованием области исследования 8×15 (FoV) с размерами вокселя от 0,100 до 0,200 мм³.

Для анализа КЛКТ использовали компьютерную программу с элементами искусственного интеллекта – Diagnocat AI.

С помощью рентгенологического обследования оценивали состояние периапикальных тканей и качество, ранее проведенного эндодонтического лечения.

После постановки диагноза, в зависимости от способа проведения повторного эндодонтического лечения, больные были распределены на 2 группы по 52 человека в каждой. Следует отметить, что распределение больных в группах по полу и возрасту было одинаковым, т.е. группы были статистически сопоставимы.

Перед проведением повторного эндодонтического лечения в обеих группах больных удаляли старый реставрационный материал, обеспечивая адекватный доступ к устьям корневых каналов зубов.

Повторное эндодонтическое лечение в обеих группах больных включало следующие этапы: извлечение, с использованием сольвентов, старого obturationного материала, содержащего гуттаперчу, из корневых каналов зубов, введенного в них при первичном эндодонтическом лечении; проведение повторной инструментальной и медикаментозной обработки корневых каналов. Завершающим этапом лечения являлось повторное пломбирование корневых каналов.

В первой группе больных применяли методы оптимизации этапов повторного эндодонтического лечения, разработанные нами с помощью лабораторных и экспериментальных методов исследования. При проведении эндодонтического лечения руководствовались патентом на изобретение «Способ повторного эндодонтического лечения» RU 2 610 210 C1 от 08.02.2017 г.

Во второй группе, при проведении лечебных мероприятий использовали современные традиционные методы, применяемые на этапах повторного эндодонтического лечения.

В первой группе использовали сольвент Orange oil based Gutta Percha solvent G-SOL (Shiva, Индия) (Рисунок 13). Это сольвент на основе апельсинового эфирного масла.



Рисунок 13 – Сольвент на основе апельсинового эфирного масла

По результатам наших исследований, апельсиновое эфирное масло, как и грейпфрутовое эфирное масло, обладают большей растворяющей способностью в отношении гуттаперчи по сравнению с другими эфирными маслами.

Во второй группе использовали сольвент на основе эвкалиптового эфирного масла Eucaliptol (Dentaflux, Испания) (Рисунок 14).



Рисунок 14 – Сольвент на основе эвкалиптового эфирного масла

В обеих группах сольвент наносили на устье корневого канала. Частично растворенный и размягченный с помощью сольвента obturационный материал, введенный в корневой канал при первичном эндодонтическом лечении, извлекали из корневого канала вращаемым файлом, конусность которого была меньше конусности инструмента, которым формировали канал при первичном эндодонтическом лечении. Это позволяло избежать формирования ступенек в корневом канале или чрезмерного истончения стенок корневого канала. Размягченный obturационный материал удаляли из корневого канала до тех пор, пока файл не достигал глубины, на которой obturационный материал не подвергался воздействию сольвента.

На этом этапе проводили ирригацию корневого канала с использованием гипохлорита натрия и дистиллированной воды.

В первой группе для ирригации корневых каналов использовали 1%-й раствор гипохлорита натрия (Omega dent, Россия), нагретого до 45 °C и ненагретую дистиллированную воду. По результатам наших исследований, 1%-й раствор гипохлорита натрия, нагретый до 45 °C, обладает наибольшей моющей способностью в

отношении апельсинового эфирного масла по сравнению с ненагретыми растворами гипохлорита натрия различных концентраций.

Во второй группе для ирригации корневых каналов использовали ненагретый 3,25%-й раствор гипохлорита натрия (Omega dent, Россия) и ненагретую дистиллированную воду.

После ирригации корневого канала, в корневой канал повторно вводили сольвент и вновь извлекали с помощью файла, размягченный сольвентом obturационный материал, из корневого канала. Цикл манипуляций, включающий введение сольвента, извлечение размягченного материала и ирригацию, повторяли до тех пор, пока кончик файла не достигал рабочей глубины корневого канала. При этом, перед каждым последующим введением в канал, файл очищали, а после прохождения канала на всю рабочую глубину, остатки растворенного материала удаляли бумажными штифтами.

При проведении инструментальной обработки корневых каналов в обеих группах, придерживались определенной последовательности использования никель-титановых инструментов.

После определения рабочей длины корневого канала инициальным ручным инструментом, машинную обработку проводили инструментом Mtwo 10/04 (VDW Германия). Аустенитный никель-титановый инструмент расширял корневой канал на всем протяжении. Обладая высокой режущей способностью, по мере работы в искривленных каналах, сглаживал кривизну канала и, тем самым, снижал циклическую нагрузку, облегчая механическую нагрузку для следующего инструмента.

Расширение устьевой и средней частей корневого канала проводили инструментом Protaper next x1 (DENSPLAY SIRONA, USA). Аустенитный термообработанный (M-wire) никель-титановый инструмент, за счет смещенного центра от оси вращения и повышенной устойчивости к циклической нагрузке, обеспечивал равномерное расширение устьевой и средней частей корневого канала, без изменения кривизны канала в апикальной области. Обладая высокой режущей способностью, по мере препарирования, сглаживал кривизну канала в средней и устьевой частях,

что снижало циклическую нагрузку. Обработка корневого канала инструментом Protaper next x1 проводили по методике Crown Down.

Использование инструмента S-flexi 06/25 позволяло сохранить кривизну корневого канала, повышало конусность, что давало возможность снизить нагрузку для следующего инструмента, и повышало эффективность доступа для ирригационных растворов.

Инструментальную обработку апикальной области корневого канала проводили с помощью термообработанного (SM-wire с электрозарядной обработкой) никель-титанового инструмента с мартенситной фазой S-flexi 04/30. Этот инструмент позволял сохранять высокую устойчивость к циклической нагрузке с сохранением кривизны канала. S-flexi 04/30, принимая на себя механическую нагрузку в апикальной области, обеспечивал низкую вероятность отлома инструмента.

Применение инструмента S-flexi 04/35 обеспечивало низкую вероятность отлома инструмента, давая возможность безопасно обработать апикальную область с сохранением кривизны корневого канала.

Апикальную калибровку корневого канала проводили с использованием ручных стальных инструментов до получения белой (стерильной) апикальной дентинной стружки.

В первой группе для оптимизации процесса ирригации корневых каналов использовали специально разработанные: устройство для ирригации корневых каналов (патент на полезную модель № 211836 Российская Федерация) и съемная насадка для медикаментозной обработки корневого канала (патент на полезную модель № 210678 Российская Федерация). Это позволило полностью исключить использование эндодонтических шприцов у больных первой группы.

Схема устройства для ирригации корневых каналов представлена на Рисунке 15. Устройство для ирригации корневого канала, включает активатор 1 промывочной жидкости, который может обеспечивать генерирование звуковых или ультразвуковых колебаний. Активатор 1 оснащён резьбовым держателем 2 с установленной на нём насадкой 3, включающей внутренний канал, сообщающийся через канал держателя 2 с внутренним каналом 4 активатора 1.

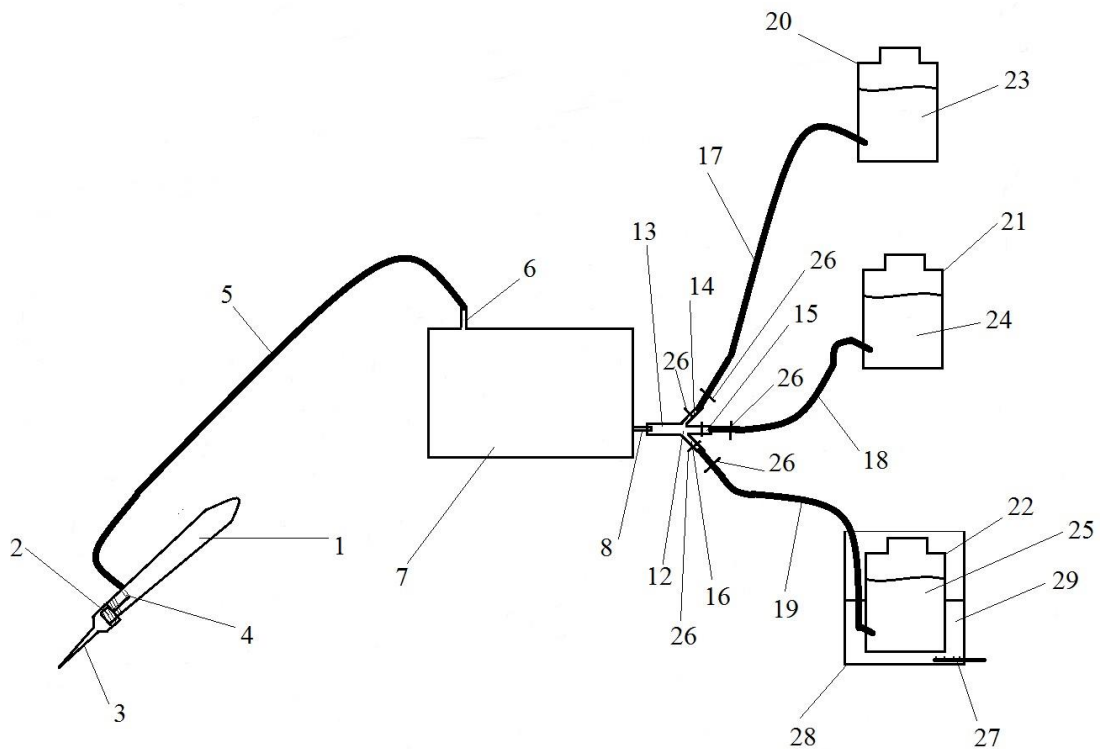


Рисунок 15 – Схема устройства для ирригации корневых каналов

Первый конец основной эластичной трубки 5 подсоединён к каналу 4 активатора 1 для выборочной или синхронной подачи промывочной жидкости во внутренний канал насадки 3 из соответствующих ёмкостей 20 и/или 21 и/или 22. Второй конец эластичной трубки 5 подсоединён к выпускному каналу 6 помпового насоса 7, который обеспечивает поток ирригационной жидкости 23 мл/мин, с регулированием скорости потока. На обоих концах эластичной трубки 5 выполнены резьбовые канавки для возможности соединения/разъединения с впускным каналом 4 активатора 1 и выпускным каналом 6 помпового насоса 7 соответственно, что обеспечивает возможность её быстрой замены в случае необходимости. Впускной канал 8 помпового насоса 7 подключён к нескольким емкостям, которые могут быть заполнены различными промывочными жидкостями. Подключение нескольких емкостей к помповому насосу 7 осуществлено через переходник 12, включающий с одной стороны общий канал 13, подсоединённый к впускному каналу 8 помпового насоса 7, а с другой стороны три ответвлённых канала 14, 15, 16, каждый из которых выполнен с возможностью герметичного соединения с дополнительной эластичной трубкой 17, 18, 19 соответственно. Таким образом каждый ответвлённый канал 14, 15, 16 переходника, через дополнительные трубки 17, 18, 19 подключён к

отдельной ёмкости 20, 21, 22 с соответствующей промывочной жидкостью. Промывочные жидкости 23, 24, 25, помещённые в отдельных ёмкостях 20, 21, 22 могут иметь разный состав. При этом на каждом ответвлённом канале переходника 12 и/или на каждой дополнительной эластичной трубке выполнен клапан 26 для выборочного перекрытия поступления промывочной жидкости из соответствующей ёмкости 20, 21, 22 во впускной канал 8 помпового насоса 7. Также при отсутствии необходимости подключения ко всем ответвлённым каналам переходника 12 дополнительных трубок, может быть перекрыт любой из этих каналов. При этом, для поддержания необходимой температуры промывочной жидкости, по меньшей мере, одна ёмкость 22 с ирригационным раствором 25 может быть установлена в дополнительной ёмкости 28, оснащённой терморегулятором 27 и заполненной жидкостью 29.

Схема съёмной насадки для медикаментозной обработки корневого канала представлена на Рисунке 16. Съёмная насадка для медикаментозной обработки корневого канала включает регулируемое крепление к головке 1 эндодонтического наконечника, выполненное в виде упора 2 и зажима 3. Упор 2 и зажим 3 включают центральные отверстия 4. Центральное отверстие 4 внутри упора 2 обеспечивает доступ для беспрепятственной установки и замены эндодонтического файла внутри головки 1. Центральное отверстие 4 внутри зажима 3 обеспечивает установку в нём нажимного стержня 12 для взаимодействия торцевой части 13 стержня 12 с замком эндодонтического файла, который в большинстве стандартных систем эндодонтических инструментов располагается с тыльной стороны головки наконечника 1. Хвостовая часть 5 зажима 3 включает внешнюю резьбу, взаимодействующую с внутренней резьбой кольцевой втулки 6. На кольцевой втулке 6 установлена трубка 7 с каналом и входным отверстием 8, для подключения к шлангу системы подачи медикаментозного раствора. В качестве системы подачи медикаментозного раствора в трубку 7 может быть использован помповый насос с нагревателем. Канал трубки 7 соединён с полостью накопителя 9 для медикаментозного раствора, установленного с внешней стороны упора 2. При этом внутренние стенки

накопителя 9 образуют центральное отверстие 10 для возможности крепления эндодонтического файла к приводу, расположенному внутри головки наконечника 1. На внешней торцевой части накопителя 9 выполнены выпускные отверстия 11 с возможностью подачи медикаментозного раствора в направлении рабочей поверхности эндодонтического файла и обрабатываемого корневого канала.

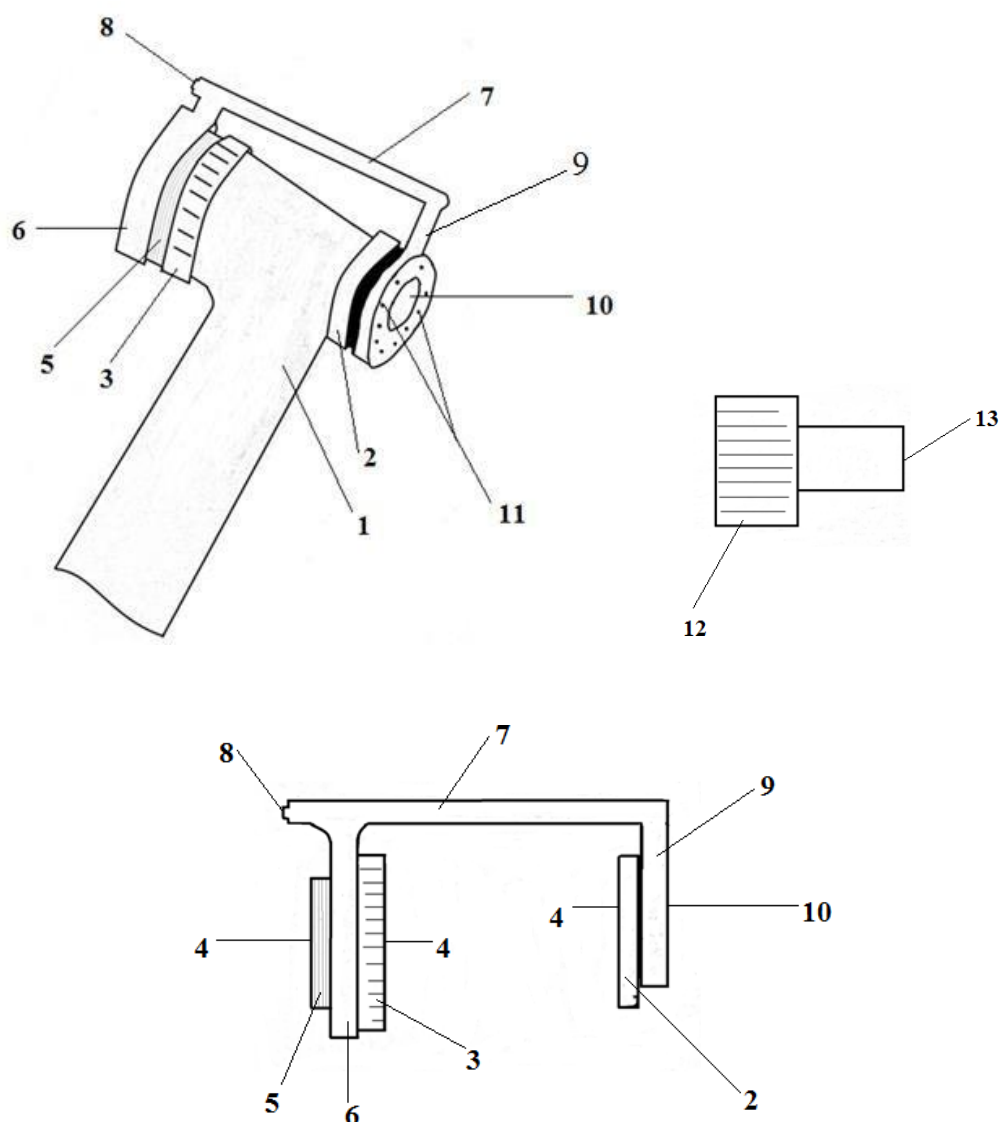


Рисунок 16 – Схема съёмной насадки для медикаментозной обработки корневого канала

Ирригацию корневых каналов в первой группе проводили тремя разными растворами, для этого использовали переключатель между резервуарами, в которых находились эти растворы. В первом резервуаре, который был снабжен терморегулятором, находился 1%-й раствор гипохлорита натрия, нагретый до 45 °С. Во

втором резервуаре находилась ненагретая дистиллированная вода, в третьем резервуаре – ненагретый ЭДТА 17% (META Biomed, Korea).

Через систему ирригационных трубочек и универсального крепления для головок эндомотора обеспечивалась ирригация и одновременно механическая обработка всех машинных никель-титановых инструментов.

Оптимизация ирригации корневых каналов также обеспечивалась за счет модернизации звукового активатора – пластикового шприца и пластиковой эндодонтической иглы, выполненной с возможностью крепления к звуковому активатору. Это позволило реализовать звуковую активацию и эффективную ирригацию в искривленных корневых каналах. К модернизированному звуковому активатору подключались ирригационные трубочки из автономной системы подачи ирригационной жидкости.

При проведении механической обработки корневых каналов в первой группе, в качестве ирриганта использовали 1%-й раствор гипохлорита натрия, нагретый до 45 °С.

По окончании механической обработки корневых каналов, корневые каналы промывали ненагретой дистиллированной водой, затем использовали ненагретый 17% ЭДТА с экспозицией на 1 минуту. После этого корневые каналы промывали 1%-м раствором гипохлорита натрия, нагретым до 45 °С. При проведении ирригации корневых каналов после механической обработки, использовали звуковую активацию ирригационных растворов с помощью пластиковой эндодонтической иглы. Корневые каналы высушивали бумажными абсорберами. Затем приступали к пломбированию корневых каналов зубов.

Во второй группе для ирригации корневых каналов использовали эндодонтический шприц (Omega Dent, Россия). При проведении механической обработки корневых каналов в этой группе, в качестве ирриганта использовали ненагретый 3,25%-й раствор гипохлорита натрия.

По окончании механической обработки корневых каналов, корневые каналы промывали ненагретой дистиллированной водой, затем использовали ненагретый 17% ЭДТА с экспозицией на 1 минуту. После этого корневые каналы промывали

ненагретым 3,25%-м раствором гипохлорита натрия. После высушивания корневых каналов бумажными абсорберами, приступали к пломбированию корневых каналов зубов.

В обеих группах корневые каналы пломбировали с использованием гуттаперчевых штифтов (META BIOMED, Ю. Корея). В качестве силера применяли Adseal (META BIOMED, Ю. Корея).

В первой группе корневые каналы пломбировали с использованием гибридного способа конденсации гуттаперчи. Методика его проведения заключалась в следующем: корневой канал до середины его длины пломбировали с использованием латерального способа конденсации гуттаперчи; затем с помощью горячего плагера GuttaEst (Geosoft, Russia) проводили вертикальную конденсацию гуттаперчи, при этом плагер не доводили до апикального сужения на расстояние 5 мм; после чего проводили вертикальную конденсацию гуттаперчи холодными плагерами SSG Plugegr № 1, 2, 3 (Geosoft, Russia).

Во второй группе корневые каналы пломбировали с помощью латерального способа конденсации холодной гуттаперчи.

Состояние больных оценивали в первые две недели после пломбирования корневых каналов, а также в отдаленные сроки – через 6, 12 и 24 месяца.

2.5. Статистическая обработка результатов исследования

Для проведения анализа данных был использован язык статистического программирования R. Иллюстрации были построены с помощью пакета «ggplot». Количественные переменные представлены с помощью минимума (min), максимума (max), медианы (M), первого (Q1) и третьего (Q3) квартилей, а в случае нормального распределения – с помощью среднего значения и стандартного отклонения ($m \pm SD$). Категориальные переменные были представлены частотами и процентами. Для количественных данных статистические сравнения групп были проведены с помощью U-критерия Манна – Уитни или теста Стьюдента, в случае нормального распределения. Для категориальных данных статистические сравнения групп были проведены с помощью точного теста Фишера или с помощью критерия

хи-квадрат. В качестве критерия статистической значимости использовалось значение $p < 0.05$. Метод Benjamini – Hochberg был использован для контроля false discovery rate (FDR).

Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Результаты анкетирования врачей-стоматологов по актуальным вопросам диагностики и лечения кариеса и его осложнений

С целью выяснения круга актуальных вопросов, связанных с диагностикой и лечением кариеса и его осложнений, было проведено анкетирование 150 практикующих врачей-стоматологов терапевтов.

Стаж работы врачей, участвовавших в анкетировании, составил от 3 до 42 лет. Стаж более 20 лет имели 26% респондентов, от 10 до 20 лет — 42%, от 3 до 10 лет — 32% опрошенных (Рисунок 17).

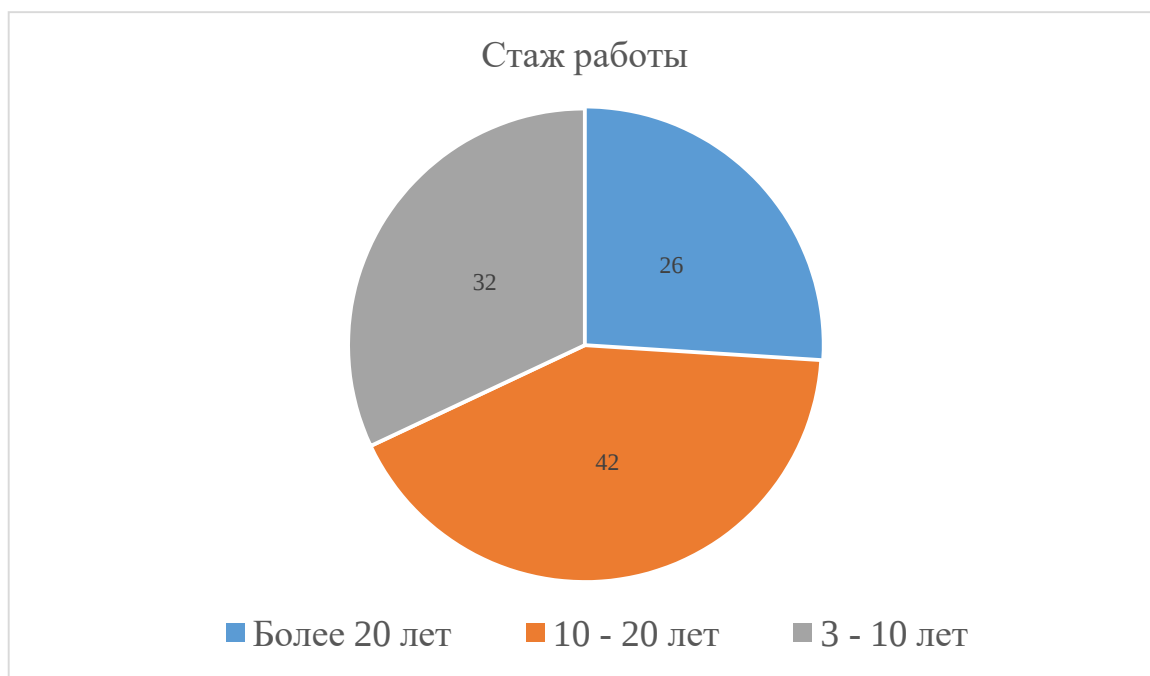


Рисунок 17 – Распределение врачей, участвовавших в анкетировании, по стажу работы, в процентах

Анализ ответов на вопросы об эффективности использования компьютерных программ с элементами искусственного интеллекта при оценке результатов конусно-лучевой компьютерной томографии, показал следующие результаты: 38% врачей затруднились ответить, так как в своей повседневной практической деятельности конусно-лучевую компьютерную томографию не используют; 40% считают, что на основании КЛКТ, с использованием «искусственного интеллекта», диагноз

ставить нельзя, так как используемые программы несовершенны и требуют консультации специалиста рентгенолога, а для постановки диагноза необходим комплекс дополнительных методов исследования; 22% опрошенных, из которых 2/3 были врачи со стажем работы от 3 до 10 лет, считают, что КЛКТ, с использованием «искусственного интеллекта», позволяет объективно прояснить ситуацию, ускоряет и упрощает процесс постановки диагноза и не требует дополнительных методов исследования (Рисунок 18).

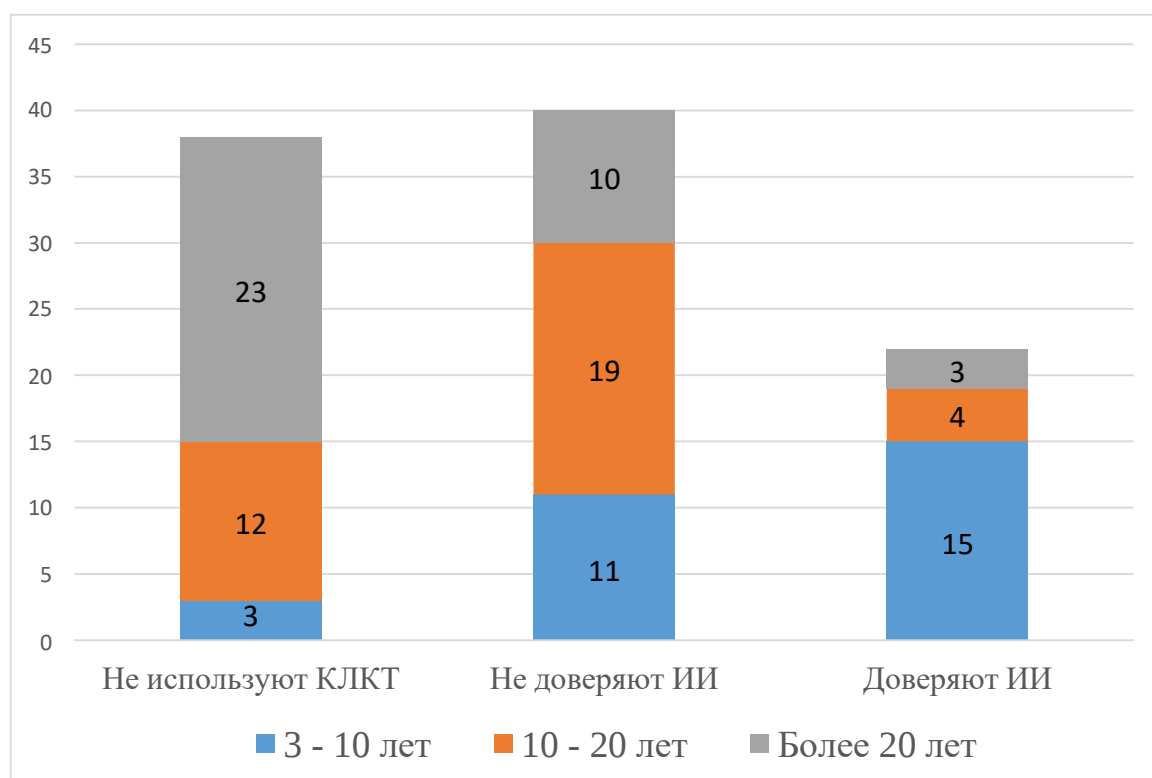


Рисунок 18 – Отношение врачей к использованию КЛКТ с ИИ, в процентном выражении. Опрашиваемые разбиты по стажу работы

88% респондентов, на вопрос об эффективности различных способов препарирования твердых тканей зубов при кариесе, ответили, что воздушно-абразивное препарирование не эффективно и в своей практической деятельности его не применяют; 12%, несмотря на то, что не имеют опыта применения воздушно-абразивного препарирования, считают, что исследование в этой области могут иметь перспективы, особенно при лечении кариеса эмали.

На вопрос об эффективности и безопасности использования различных кислот для протравливания дентина при работе с композитными материалами, 46%

врачей не придают большого значения выбору кислоты для протравливания дентина и считают, что главным является соблюдение рекомендаций по продолжительности протравливания и смыванию протравливающего агента; 54% считают, что проведение исследований по определению оптимальных и безопасных кислот является актуальным, указывая, что в современных адгезивных системах, наряду с ортофосфорной кислотой, используются другие виды кислот, например малеиновая. При этом 16% врачей имели негативный опыт, связанный с возникновением необратимых изменений в пульпе после протравливания дентина ортофосфорной кислотой (Рисунок 19).



Рисунок 19 – Распределение врачей, участвовавших в анкетировании, по отношению к использованию различных кислот для протравливания дентина при работе с композитными материалами, в процентах

На вопрос о влиянии матричных металлопротеиназ на качество реставрации в витальных и депульпированных зубах, 78% респондентов затруднились ответить, так как не знакомы с этой проблемой; 22% читали или слышали о том, что матричные металлопротеиназы могут оказывать негативное влияние, при этом больше половины из них считают, что в депульпированных зубах такая проблема отсут-

ствуется, так как металлопротеиназы являются продуктом жизнедеятельности одонтобластов и при отсутствии пульпы, продуцирование матричных металлопротеиназ прекращается.

На вопрос о влиянии предполимеризационного нагрева композитного материала светового отверждения и полимеризации последнего слоя светокомпозитного материала в анаэробных условиях на качество пломбирования зубов при кариесе, 48% врачей ответили, что не применяют дополнительного нагрева пломбировочного материала, а о возможности полимеризации в анаэробных условиях слышат впервые; 52% считают, что разработка технологий, улучшающих качество светокомпозитных пломб, за счет предполимеризационного нагрева и полимеризации последнего слоя в анаэробных условиях, актуальными и перспективными. При этом опыт использования предполимеризационного нагрева композитного материала светового отверждения имели лишь 11%.

Отвечая на вопросы, связанные с эффективностью применения «техники двойного бондинга», а также алгоритма использования лечебных и изолирующих прокладок при лечении зубов с глубокими кариозными полостями, 22% врачей отметили, что современные адгезивные системы позволяют использовать светокомпозитные пломбировочные материалы без использования прокладок, а «техника двойного бондинга» предотвращает развитие пульпита в зубах с глубокими кариозными полостями. Подобный ответ, в основном, давали врачи со стажем работы менее 10 лет. 28% опрошенных врачей отметили, что при лечении зубов с глубокими кариозными полостями всегда используют изолирующие прокладки, а 18% стараются комбинировать изолирующие прокладки с лечебными. Такие ответы были характерны для врачей со стажем работы более 10 лет. 50% врачей отметили, что используют лечебные и изолирующие прокладки в зависимости от клинической ситуации, однако не смогли указать четкий алгоритм их использования.

Отвечая на вопрос о повторном эндодонтическом лечении при хроническом периодонтите, 32% врачей отметили, что стараются избегать повторного эндодонтического лечения, так как считают его проведение мало перспективным и отправляют больных на хирургическое лечение. Такой ответ был характерен для врачей

частных клиник и врачей со стажем работы менее 10 лет. 58% врачей при повторном эндодонтическом лечении используют сольвенты в тех случаях, когда каналы ранее были запломбированы с использованием гуттаперчи. 24% врачей используют сольвенты на основе эвкалиптового эфирного масла, остальные не смогли ответить на вопрос о химическом составе используемого сольвента. Для ирригации корневых каналов все врачи используют ненагретый 2–3%-й раствор гипохлорита натрия. При этом более половины врачей знают, что при нагревании гипохлорита натрия эффективность его повышается, однако в своей практической деятельности нагревание раствора не используют. 36% при ирригации корневых каналов используют низкочастотный ультразвук.

На вопрос о критериях выбора никель-титановых эндодонтических инструментов, 54% руководствуются рекомендациями производителей, 46% считают, что рекомендации производителей часто не соответствуют условиям эксплуатации и подбирают инструментарий на основании личного опыта и рекомендации коллег.

76% врачей не придают большого значения способу obturation корневого канала и в своей практической деятельности используют способ латеральной конденсации; 24% считают наиболее прогрессивным способом obturation корневых каналов, пломбировании корневых каналов разогретой гуттаперчей. Однако, регулярно используют в своей практической деятельности термофилы только 18% врачей.

82% опрошенных врачей отметили агрессивный характер рекламы производителей различных препаратов и инструментов и отсутствие достаточной научно-обоснованной информации об алгоритме применения и эффективности того или иного способа оптимизации диагностики и лечения кариеса и его осложнений. При этом опрошенные отмечают, что, несмотря на применение рекламируемых современных средств и методов, в отдаленные сроки после лечения сохраняется большое количество осложнений.

Таким образом, анкетирование 150 врачей-стоматологов терапевтов выявило, какие этапы диагностики и лечения кариеса и его осложнений представляют наибольшие трудности в плане выбора алгоритма применения существующих диагностических и лечебных процедур. Установлен низкий уровень осведомленности

врачей о способах оптимизации диагностических и лечебных мероприятий при этих заболеваниях. При этом, у врачей есть высокая потребность освоения современных способов, способствующих повышению эффективности диагностики и лечения кариеса и его осложнений, что свидетельствует об актуальности проведенного диссертационного исследования. В связи с этим, повышение качества оказания стоматологической помощи требует создание современной парадигмы диагностики и лечения кариеса и его осложнений, заключающейся в научном обосновании алгоритма применения оптимизации этапов диагностики и лечения этих заболеваний.

3.2. Результаты диагностики кариеса и его осложнений с использованием элементов искусственного интеллекта

Задачей проведенного исследования была оценка диагностической ценности компьютерной программы Diagnocat AI, содержащей элементы искусственного интеллекта, которую мы использовали для анализа КЛКТ 320 пациентов.

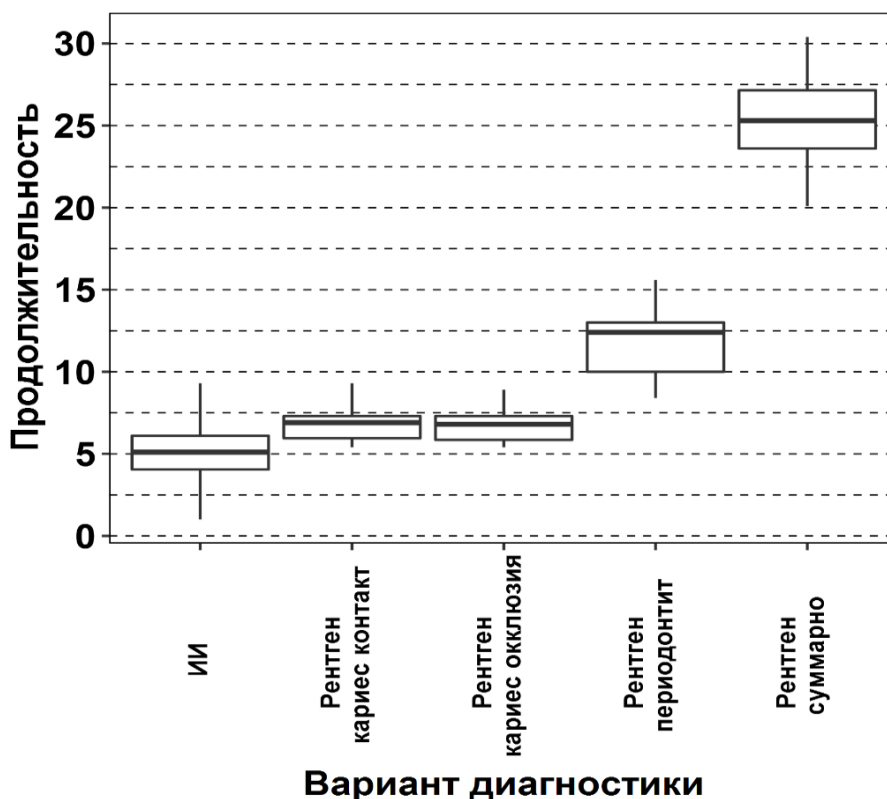
Временные затраты на оценку КЛКТ кариеса и его осложнений искусственным интеллектом и врачом рентгенологом представлены в Таблице 3 и на Рисунке 20.

Таблица 3 – Временные затраты необходимые для диагностики кариеса и его осложнений по КЛКТ

Показатель	Врач-рентгенолог				ИИ – общее время
	Кариес - контакт	Кариес - окклюзия	Периодонтит	Суммарное время	
min	5,4	5,4	8,4	20,1	1
Q1	5,95	5,85	10	23,6	4,05
M	6,9	6,8	12,4	25,3	5,1
Q3	7,3	7,3	13	27,15	6,1
max	9,3	8,9	15,6	30,4	9,3
<i>Примечание – Данные приведены в минутах; Min – минимум, Q1 – первый квартиль, M – медиана, Q3 – третий квартиль, Max – максимум</i>					

Были рассмотрены различия во времени, необходимом для оценки КЛКТ, с использованием искусственного интеллекта и врачом рентгенологом, при кариесе

на контактной поверхности зуба, кариесе на окклюзионной поверхности и периодонтите. Во всех случаях эти различия были статистически значимы: для контактного кариеса ($p < 0,001$; псевдомедиана разницы 1,80 мин с 95%-м ДИ 1,30–2,20 мин), для окклюзионного кариеса ($p < 0,001$; псевдомедиана разницы 1,70 мин с 95%-м ДИ 1,20–2,00) мин), для периодонтита ($p < 0,001$; псевдомедиана разницы 6,80 мин с 95%-м ДИ 6,10–7,50 мин).



Примечание – Нижний усик показывает значение минимума (min), нижняя граница ящичка – первый квартиль (Q1), черная полоса в ящичке – медиану (M), верхняя граница ящичка – третий квартиль (Q3), верхний усик – значение максимума (max).

Рисунок 20 – Ящичковая диаграмма по временным затратам для различных вариантов диагностики

Суммарное время, необходимое врачу рентгенологу для оценки КЛКТ еще более существенно отличалось от времени, необходимого для диагностики с использованием искусственного интеллекта ($p < 0,001$; псевдомедиана разницы 20,20 мин с 95%-м ДИ 19,40–21,10 мин).

Полученные данные свидетельствуют о том, что использование компьютерной программы Diagnocat AI, содержащей элементы искусственного интеллекта, значительно сокращает временные затраты необходимые для оценки КЛКТ, что

дает возможность за относительно небольшой интервал времени обрабатывать большие объемы информации.

Однако наряду с временными затратами важным критерием эффективности компьютерной программы является качественный показатель диагностики.

В исследовании оценивали кариозные изменения в зубах: наличие кариеса в области медиальных и дистальных контактных поверхностей (Рисунки 21–23).



Рисунок 21 –Кариес на дистальной контактной поверхности зуба 14



Рисунок 22 – КЛКТ среза зуба 14



Рисунок 23 – КЛКТ среза зуба 14

Также определяли кариес на окклюзионной поверхности (Рисунки 24–29).



Рисунок 24 – Кариес на дистальной контактной поверхности зуба 15, на окклюзионной поверхности зубов 16 и 17

Следует отметить, что в 17% случаев, когда компьютерная программа Diagnocat AI, содержащая элементы искусственного интеллекта, на контактной поверхности зуба фиксировала кариес, врач рентгенолог и опытный врач клиницист признаков кариеса не определяли. Электровозбудимость этих зубов находилась в пределах 2–6 мкА, т.е. соответствовала электровозбудимости интактных зубов.



Рисунок 25 – Начальный этап препарирования кариозной полости зуба 15, отмечается кариозное изменение в области медиальной стенки зуба 16



Рисунок 26 – Препарирование кариозной полости зуба 17

Возможное расположение кариозной полости (1)

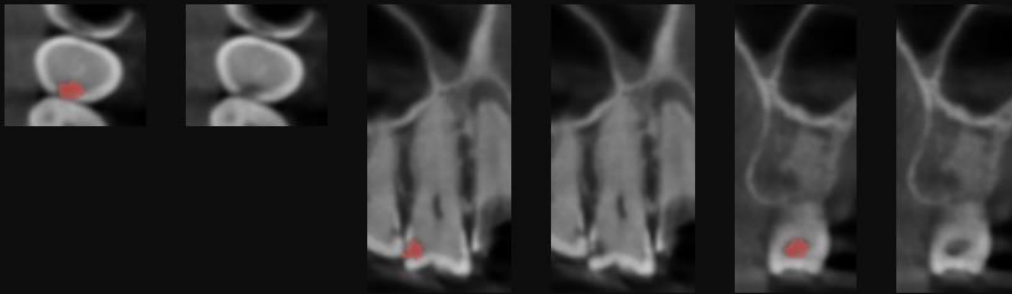


Рисунок 27 – Оценка зуба 15 искусственным интеллектом

Возможное расположение кариозной полости (1)

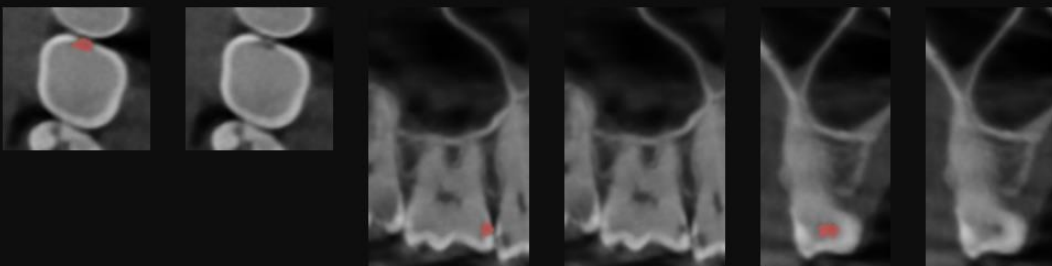
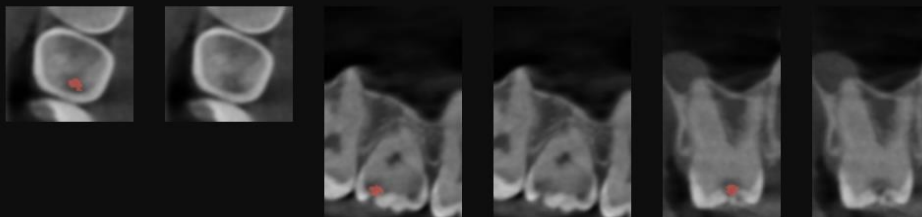


Рисунок 28 – Оценка зуба 16 искусственным интеллектом

Возможное расположение кариозной полости (1)



Возможное расположение кариозной полости (2)

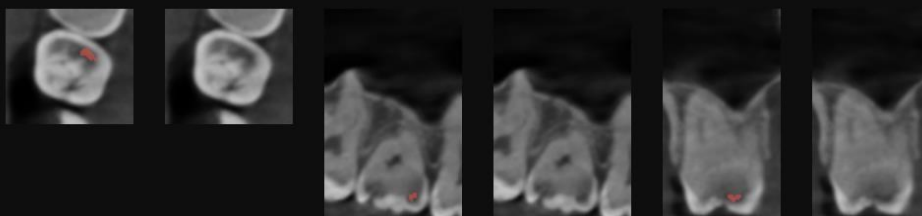


Рисунок 29 – Оценка зуба 17 искусственным интеллектом

Наряду с диагностикой кариеса, с помощью КЛКТ проводили оценку периапикальных изменений (Рисунки 30–36).

Зуб 16 ранее лечен по поводу кариеса дентина. Отмечаются периодические спонтанные острые боли, ЭОД 65 мкА.



Рисунок 30 – Зуб 16



Рисунок 31 – КЛКТ среза зуба 16 – зуб восстановлен гиперденсным материалом, материал не сообщается с полостью зуба, прилежит к ней

Возможное расположение периапикального поражения (1)

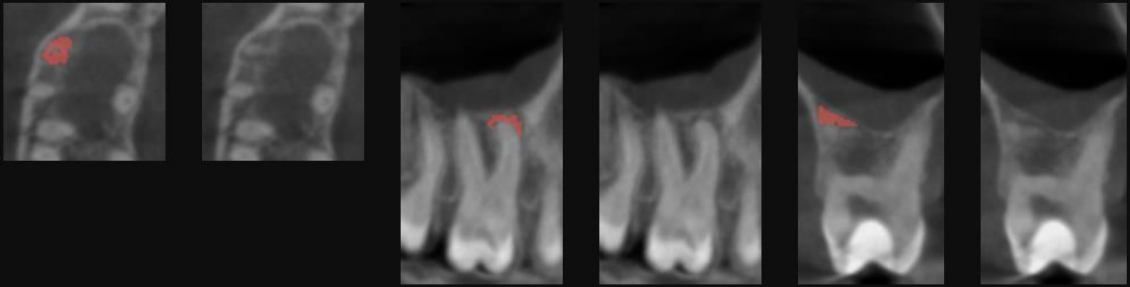


Рисунок 32 – Зуб 16, расширение периодонтальной щели



Рисунок 33 – Зуб 21, хронический апикальный периодонтит, КЛКТ-срез

Периапикальные поражения(1) • Измеренный объем — 0.044 см³

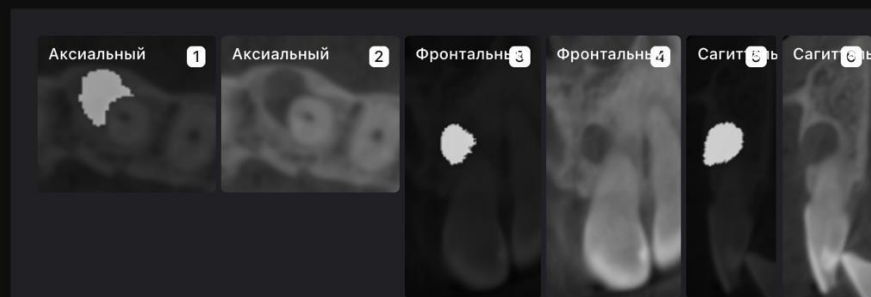


Рисунок 34 – Зуб 21, хронический апикальный периодонтит. Оценка зуба искусственным интеллектом. Отмечается объем очага поражения с четкими контурами



Рисунок 35 – Зуб 21, хронический апикальный периодонтит.
Измерение рабочей длины



Рисунок 36 – Зуб 21, хронический апикальный периодонтит.
Зуб после obtурации корневого канала

Как и в случае с кариесом на контактной поверхности, компьютерная программа Diagnocat AI, содержащая элементы искусственного интеллекта, при оценке периапикальных изменений показало гипердиагностику.

В 12% случаях различные артефакты были расценены программой как патологические изменения в периодонте, хотя таковых изменений не было.

Зубы содержали интактную пульпу, о чем свидетельствовали данные электроодонтодиагностики – электровозбудимость зубов не превышала 20 мкА.

Таким образом, результаты проведенного исследования показали, что компьютерная программа Diagnocat AI, содержащая элементы искусственного интеллекта, значительно сокращает временные затраты необходимые для оценки КЛКТ, что дает возможность за относительно небольшой интервал времени обрабатывать большие объемы информации.

Однако программа при оценке наличия кариеса на контактной поверхности зуба, а также патологических изменений в периапикальной области, склонна к гипердиагностике.

В связи с этим мы можем сделать вывод, что в настоящее время компьютерная программа Diagnocat AI, содержащая элементы искусственного интеллекта, не способна решить задачу недопущения врачебной ошибки, и слепое доверие к программе врачей клиницистов будет приводить к дополнительным ошибкам.

Для правильной постановки диагноза и выбора тактики лечения врач должен использовать весь арсенал имеющихся диагностических средств, включающих, наряду с лучевой диагностикой и использованием элементов искусственного интеллекта, электроодонтодиагностику и другие современные методы исследования. Только комплексный подход и правильная интерпретация полученных данных позволит повысить эффективность и качество диагностических и лечебных мероприятий.

3.3. Результаты исследования эффективности способов оптимизации этапов лечения кариеса зубов

3.3.1. Результаты исследования эффективности воздушно-абразивного препарирования твердых тканей зубов с использованием порошка оксида алюминия

В результате проведенного 1-го этапа исследования было установлено, что воздушно-абразивное препарирование с использованием порошка оксида алюминия изменяет поверхность эмали как интактных, так и пораженных кариесом зубов, а именно создает неровную, шероховатую поверхность (Рисунок 37).

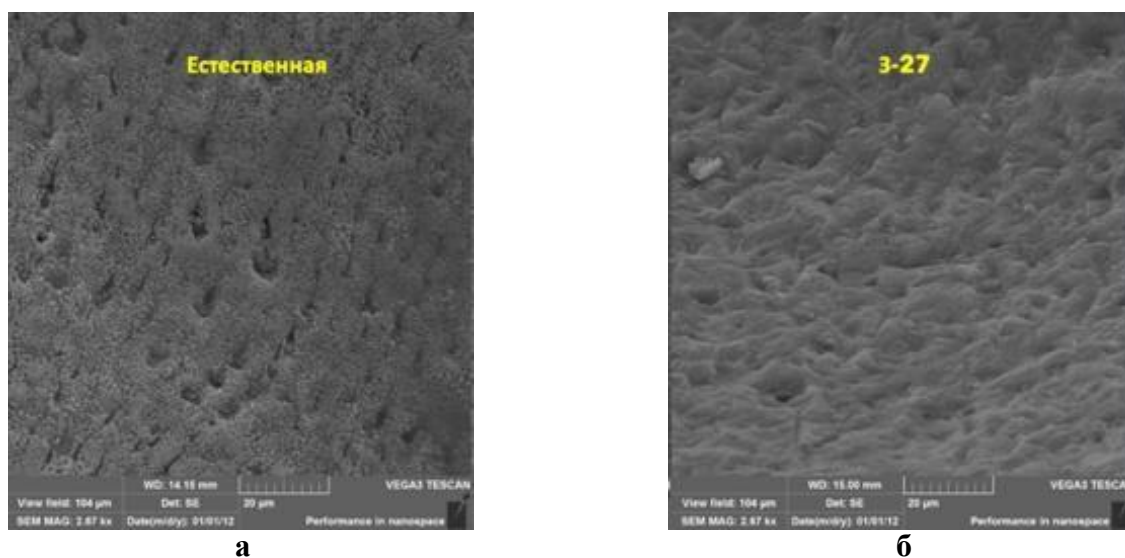


Рисунок 37 – Поверхность эмали: а – поверхность эмали интактного зуба; б – поверхность эмали зуба после воздушно- абразивного препарирования

Оксид алюминия удаляет апризматический слой эмали, что создает благоприятные условия для дальнейшего кислотного протравливания. Al_2O_3 образует большую шероховатость поверхности эмали ($Ra=2,31\pm0,09$) по сравнению с препарированием твердосплавным бором ($Ra=1,63\pm0,23$). Абразивные частицы размером 27 мкм создают большую шероховатость ($Ra=2,31\pm0,09$), чем 50 мкм ($Ra=2,02\pm0,13$) (Рисунок 38). Согласно результатам анализа полученных данных с помощью U-критерия Манна – Уитни, шероховатость эмали, обработанной порошком оксида алюминия, статистически значимо выше шероховатости эмали, обработанной твердосплавным бором ($p < 0,001$). При этом шероховатость поверхно-

сти, обработанной частицами оксида алюминия размером 27 мкм была статистически значимо выше шероховатости поверхности, обработанной частицами оксида алюминия размером 50 мкм ($p < 0,05$).

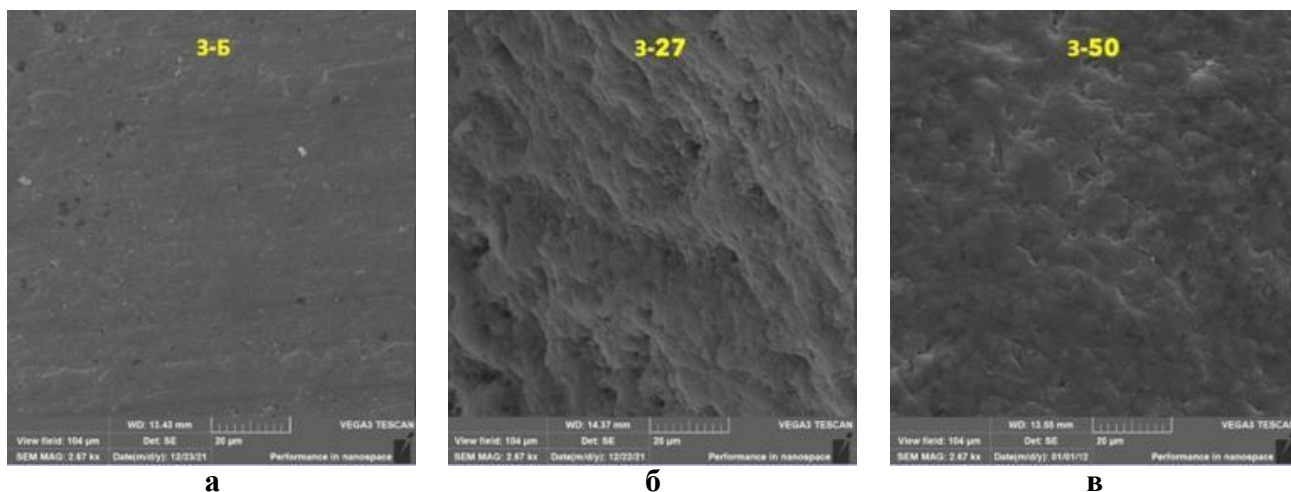


Рисунок 38 – Поверхность эмали после препарирования: а – твердосплавным бором; б – порошком Al_2O_3 с размером частиц 27 мкм; в – порошком Al_2O_3 с размером частиц 50 мкм

Поверхность дентина во всех группах после препарирования была покрыта смазанным слоем, почти все дентинные каналы были закрыты. После воздушно-абразивного препарирования поверхность дентина имела характерный V-образный рельеф. Частицы размером 50 мкм закрывали большее число дентинных каналов (Рисунок 39).

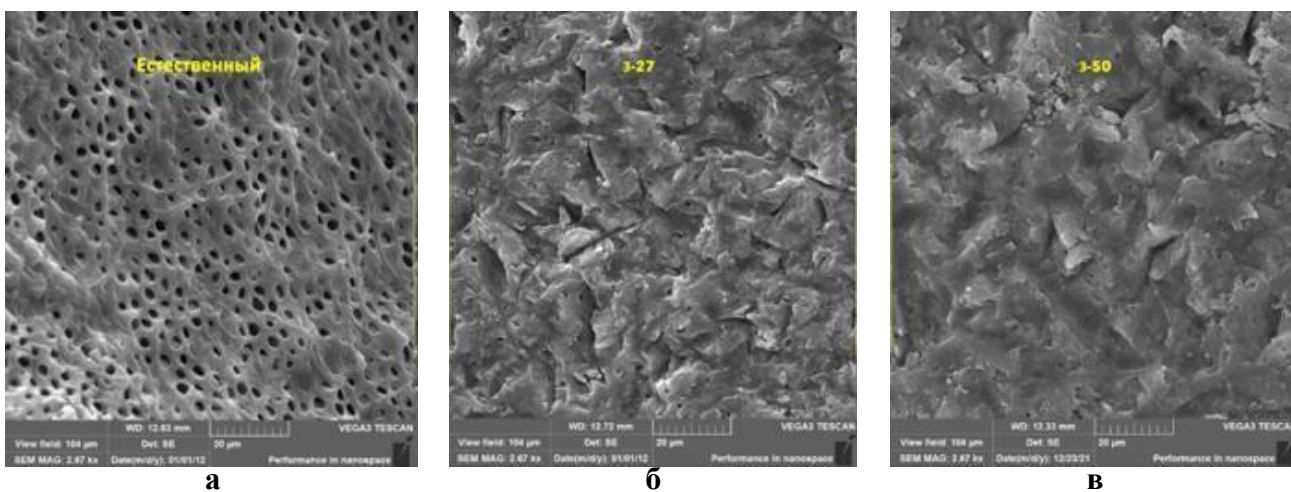


Рисунок 39 – Поверхность дентина: а – интактного зуба; после препарирования: б – порошком Al_2O_3 с размером частиц 27 мкм; в – порошком Al_2O_3 с размером частиц 50 мкм

Остатки частиц оксида алюминия были обнаружены на поверхностях эмали и дентина (Рисунок 40).

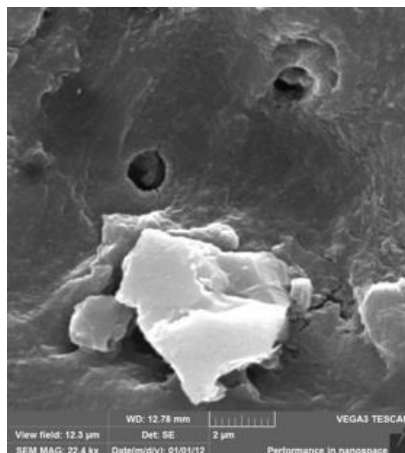


Рисунок 40 – Остаток порошка оксида алюминия на поверхности дентина

Было проведено измерение ширины и глубины полостей, образованных в твердых тканях в результате воздушно-абразивной обработки.

Частицы размером 50 мкм были более инвазивными, чем 27 мкм, и удаляли больший объем здоровых тканей.

Рисунки 25–35 демонстрируют поверхности образцов, обработанных в различных режимах, при увеличении 2000х.

На микрографии СЭМ из серии 1D27 представлен срез слоя дентина, подвергнутый воздушно-абразивной обработке оксидом алюминия (Рисунок 41). Поверхность образца неравномерно шероховатая с видимыми фрагментами разрезанных дентинных канальцев шириной от 1 до 1,7 мкм.

Не нарушенных входов дентинных канальцев не отмечено. По всей видимой площади поверхности образца наблюдаются фрагменты дентина разнообразной формы вперемешку с частицами оксида алюминия. Трещин не наблюдается.

На микрографии СЭМ из серии 1D27 представлена область дентина, пораженная кариесом, подвергнутая воздушно-абразивной обработке оксидом алюминия (Рисунок 42).

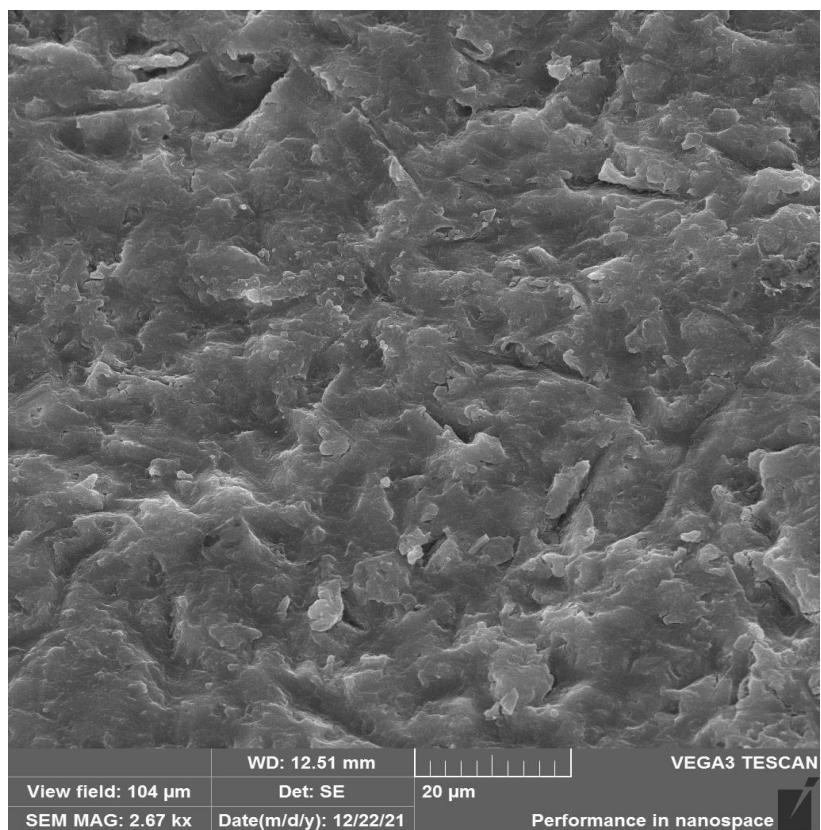


Рисунок 41 – Дентин. Микрография СЭМ из серии 1D27

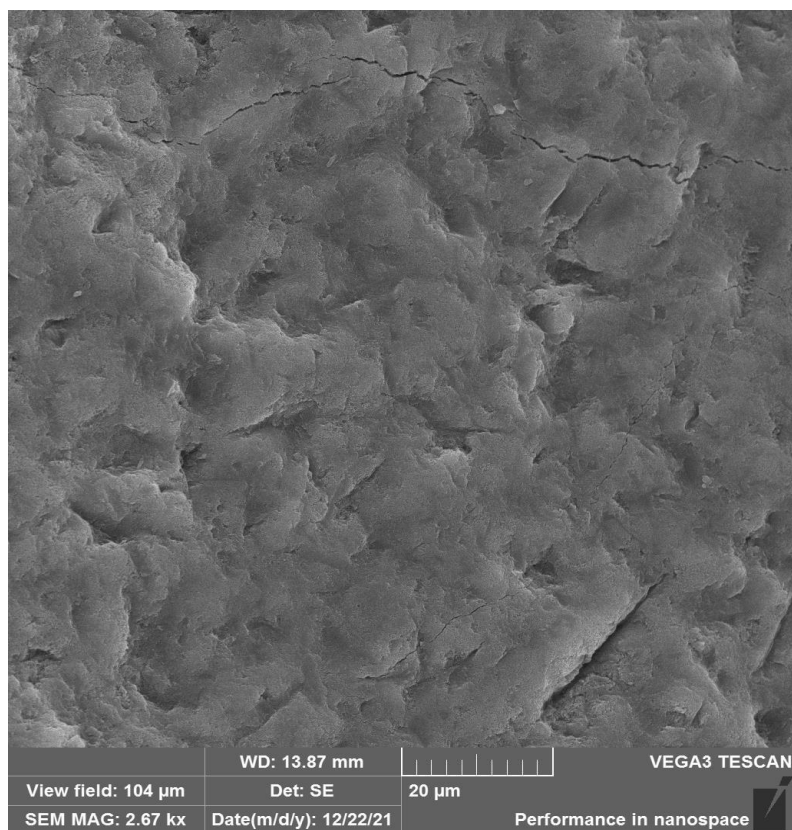


Рисунок 42 – Область дентина, пораженная кариесом.
Микрография СЭМ из серии 1D27

Поверхность пораженного кариесом участка менее шероховата, чем у не пораженных кариесом, с видимыми фрагментами дентинных канальцев шириной от 0,6 до 1 мкм. Не нарушенных входов дентинных канальцев не отмечено. Наблюдаются отдельные сферообразные частицы оксида алюминия. Также отмечена видимая трещина максимальной шириной до 0,5 мкм

На микрографии СЭМ из серии 1D50 представлена область эмали, пораженная кариесом, подвергнутая воздушно-абразивной обработке оксидом алюминия (Рисунок 43). Поверхность образца неравномерно шероховатая, бугристая, с присутствием более рыхлых наиболее пораженных участков и углублениями диаметром от 2 до 3,5 мкм. Наблюдаются отдельные фрагменты эмали вперемешку с частицами оксида алюминия. Трещин на поверхности не наблюдается.

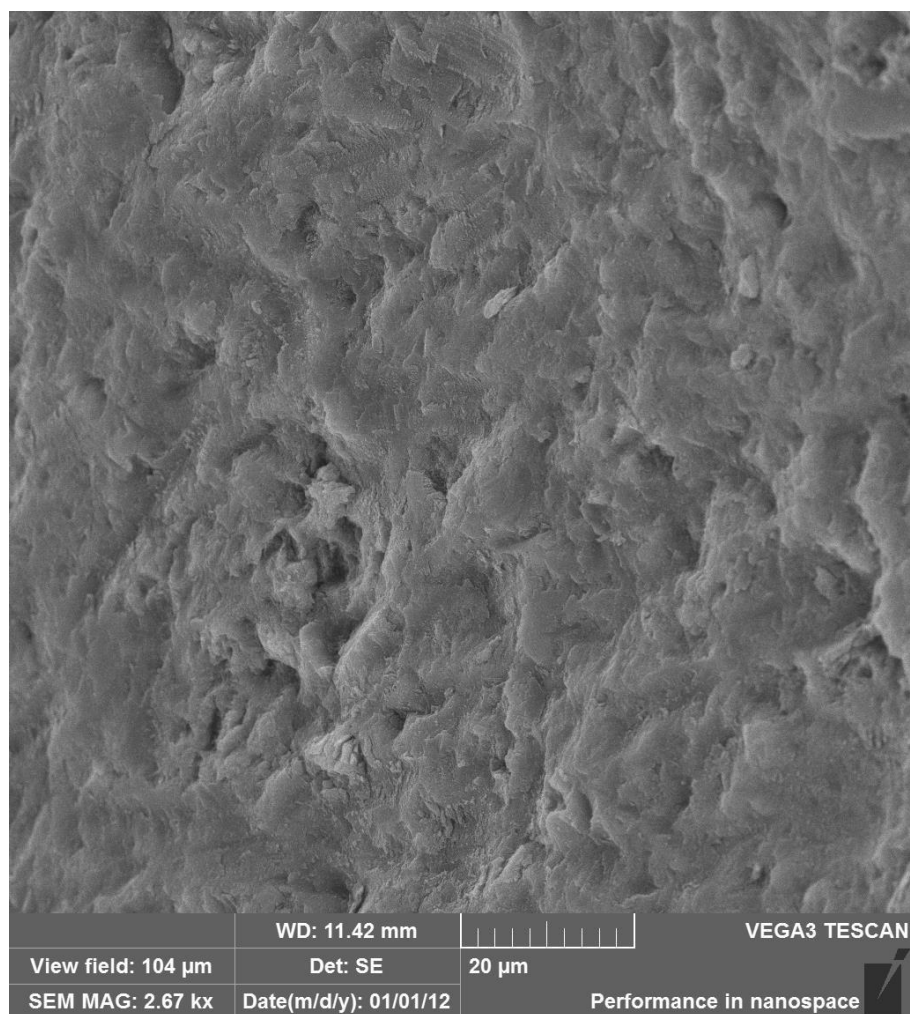


Рисунок 43 – Область эмали, пораженная кариесом.
Микрография СЭМ из серии 1D50

На микрографии СЭМ из серии 1D50 представлена поверхность среза эмали, подвергнутая воздушно-абразивной обработке оксидом алюминия (Рисунок 44). Поверхность образца неравномерно шероховатая, бугристая, с присутствием сферических наплывов и углублений. Наблюдаются отдельные частицы эмали размерами от 0,7 мкм до 4,5 мкм в диаметре. На поверхности также отмечаются светлые частицы более легких соединений. Микротрещин не обнаружено.

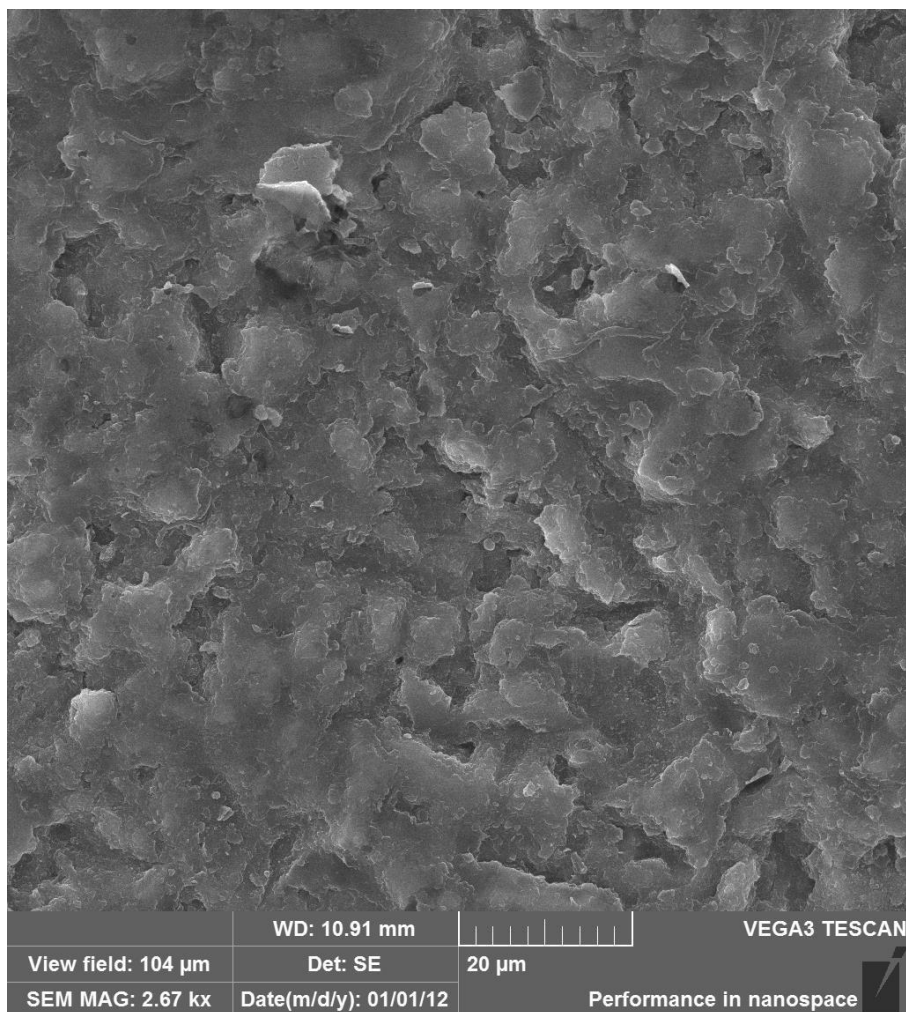


Рисунок 44 – Срез эмали. Микрография СЭМ из серии 1D50

На микрографии СЭМ из серии 1DB представлен срез слоя дентина, подвергнутого препарированию твердосплавным бором (Рисунок 45). Поверхность образца относительно гладкая, с заполированными входами дентинных трубочек, на месте которых отмечаются трещины шириной от 0,2 до 0,8 мкм.

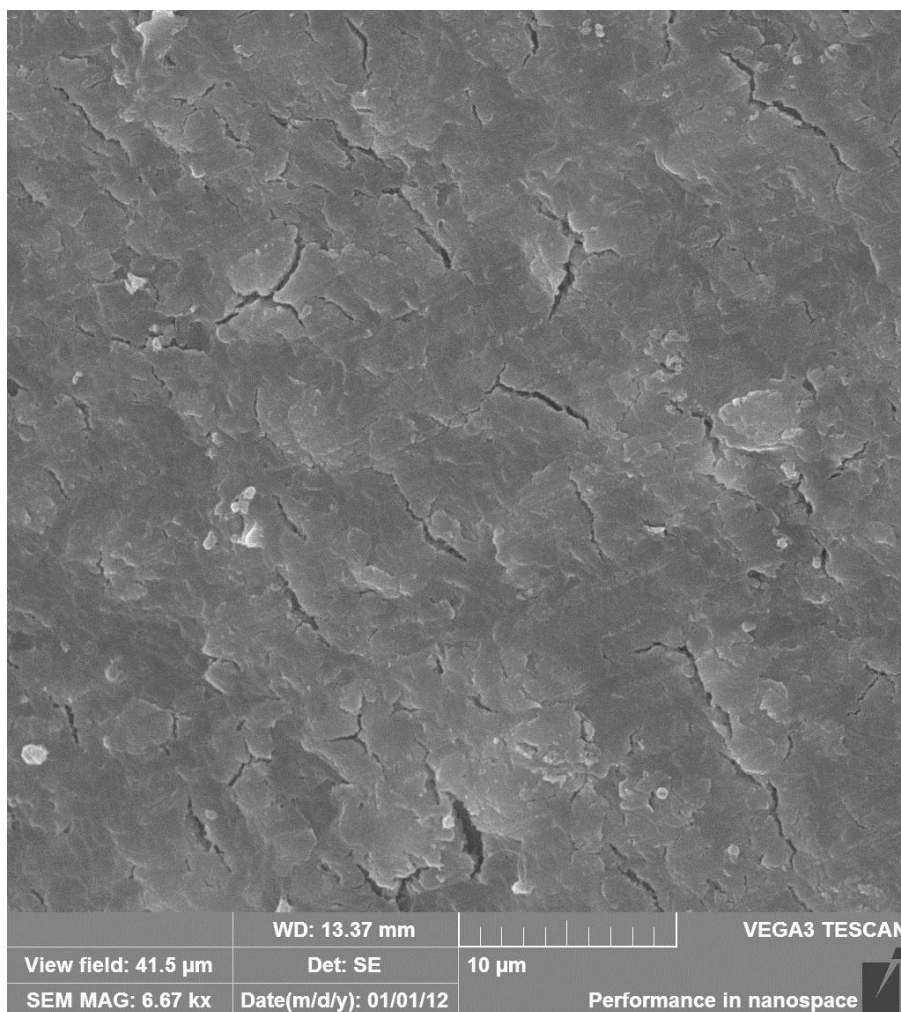


Рисунок 45 – Поверхность дентина. Микрография СЭМ из серии 1DB

На микрографии СЭМ из серии 1I27 представлен срез слоя дентина, подвергнутого воздушно-абразивной обработке оксидом алюминия (Рисунок 46).

Поверхность образца выражено шероховатая, бугристая, с частично заполированными входами дентинных трубочек, часть канальцев разрезаны вдоль и имеют толщину от 0,7 до 1,7 мкм, примерно у половины трубочек отмечается не заполированный вход, диаметр которого составляет от 0,7 до 1,2 мкм.

По всей видимой площади поверхности образца наблюдаются редкие, мелкие частицы оксида алюминия в основном сферической либо овальной формы.

Микротрещин не обнаружено.

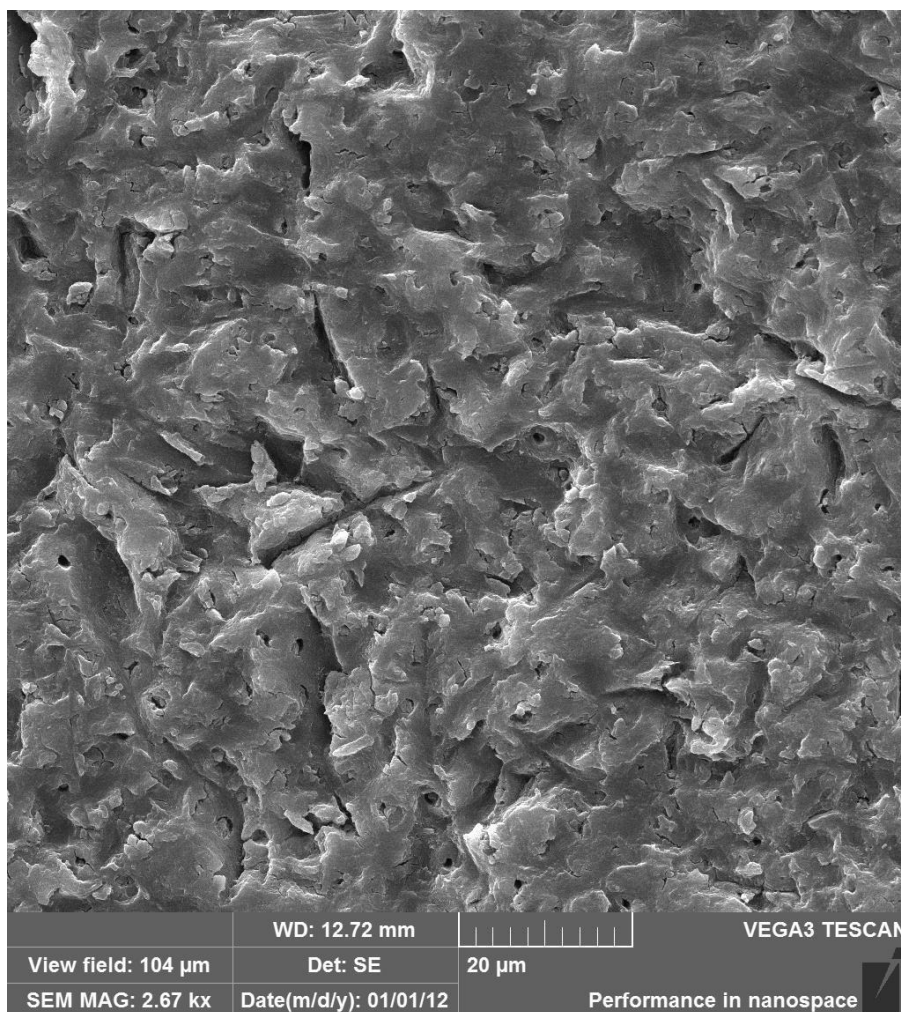


Рисунок 46 – Верхний слой дентина. Микрография СЭМ из серии 1I27

На микрографии СЭМ из серии 1I27 представлена поверхность слоя дентина с входами дентинных трубочек, подвергнутая воздушно-абразивной обработке оксидом алюминия (Рисунок 47).

Поверхность образца бугристая, сетчатая, с ненарушенной структурой входов дентинных трубочек диаметром от 0,7 до 2,5 мкм.

Отдельных частиц и трещин поверхности не наблюдается.

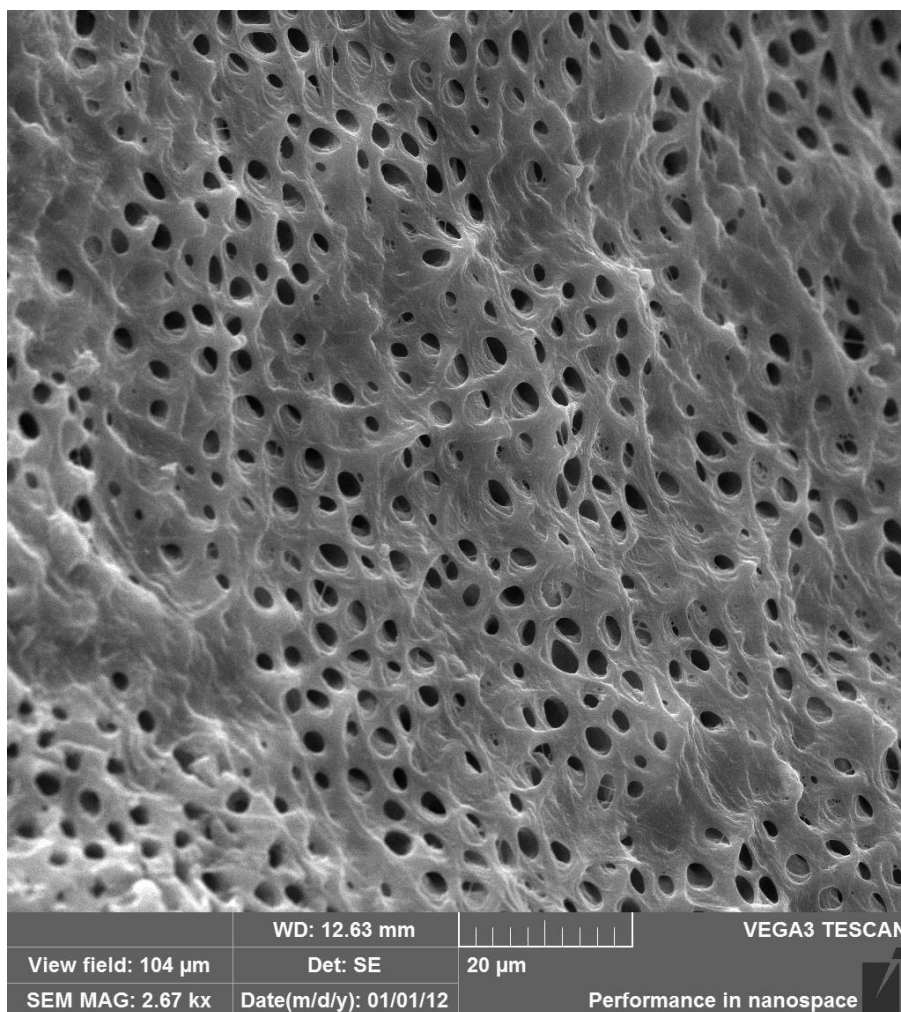


Рисунок 47 – Верхний слой дентина. Микрография СЭМ из серии 1I27

На микрографии СЭМ из серии 1I50 представлен срез слоя дентина, подвергнутого воздушно-абразивной обработке оксидом алюминия (Рисунок 48). Поверхность образца выраженно шероховатая, бугристая, по большей части с заполированными входами дентинных трубочек, часть канальцев разрезаны вдоль, образуют канавчатую структуру и имеют толщину от 0,6 до 1,9 мкм, у части трубочек отмечается не заполированный вход, диаметр которого составляет от 0,5 до 1,6 мкм. На части видимой площади поверхности образца наблюдаются скопления частиц, состоящие в основном из оксида алюминия, разнообразной формы и размеров. Микротрещин не обнаружено.

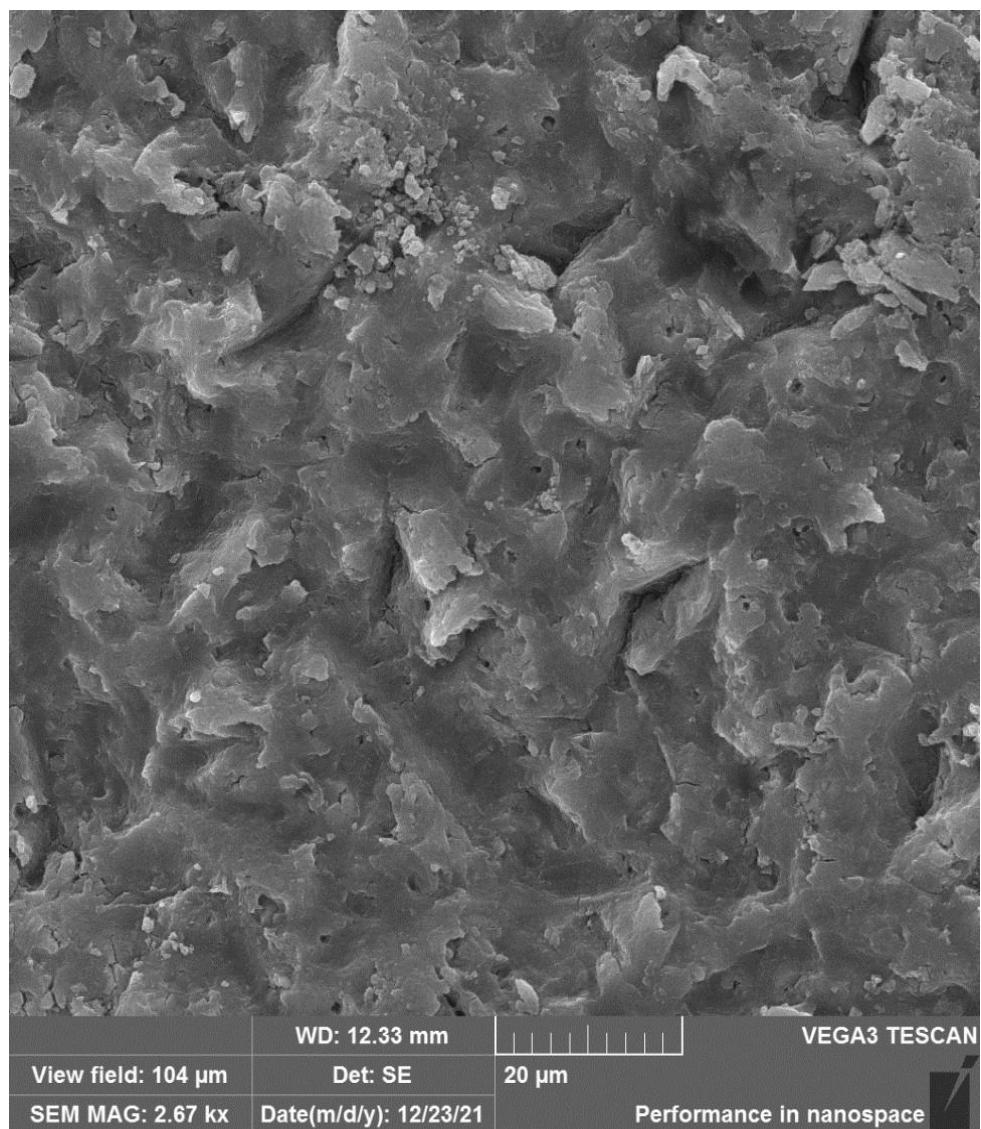


Рисунок 48 – Дентин. Микрография СЭМ из серии 1150

На микрографии СЭМ из серии 1D50 представлена поверхность среза эмали, подвергнутая воздушно-абразивной обработке оксидом алюминия (Рисунок 49). Поверхность образца относительно гладкая, с несколькими рытвинами и присутствием сферических структурных наплывов эмали с гладкими краями. Наблюдаются отдельные шарообразные, зернистые частицы оксида алюминия. Микротрещин не обнаружено.

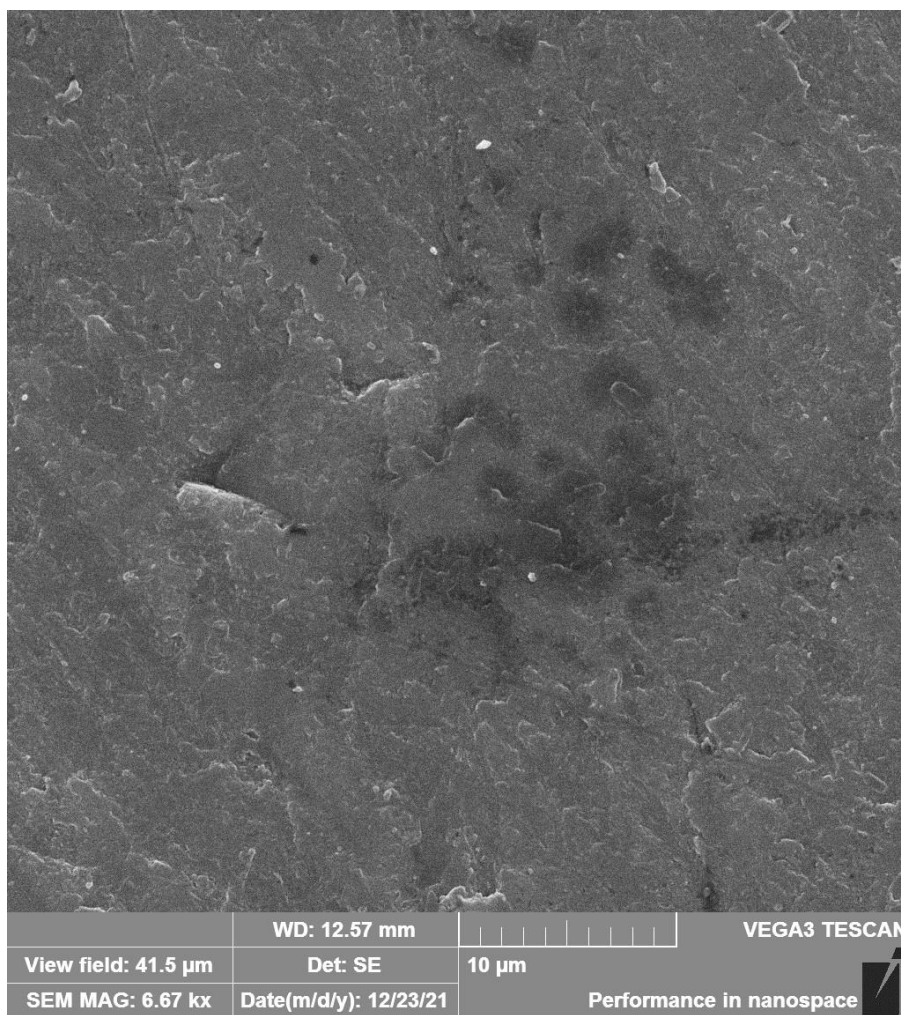


Рисунок 49 – Эмаль. Микрография СЭМ из серии 1D50

На микрографии СЭМ из серии 1ПВ представлено изображение поверхности внешнего слоя дентина как с входами дентинных трубочек, так и заполированными участками, подвергнутого препарированию твердосплавным бором (Рисунок 50). Часть поверхности образца с входами канальцев бугристая, сетчатая, с ненарушенной структурой входов дентинных трубочек диаметром от 0,7 до 3,7 мкм. Другая часть поверхности с закрытыми, срезанными дентинными трубочками, гладкая с незначительными неровностями. Микротрещин не обнаружено.

На микрографии СЭМ из серии 1ПВ представлена поверхность среза эмали, подвергнутой препарированию твердосплавным бором (Рисунок 51). Поверхность образца практически гладкая, с присутствием структурных наплывов эмали с гладкими краями. Микротрещин не обнаружено.

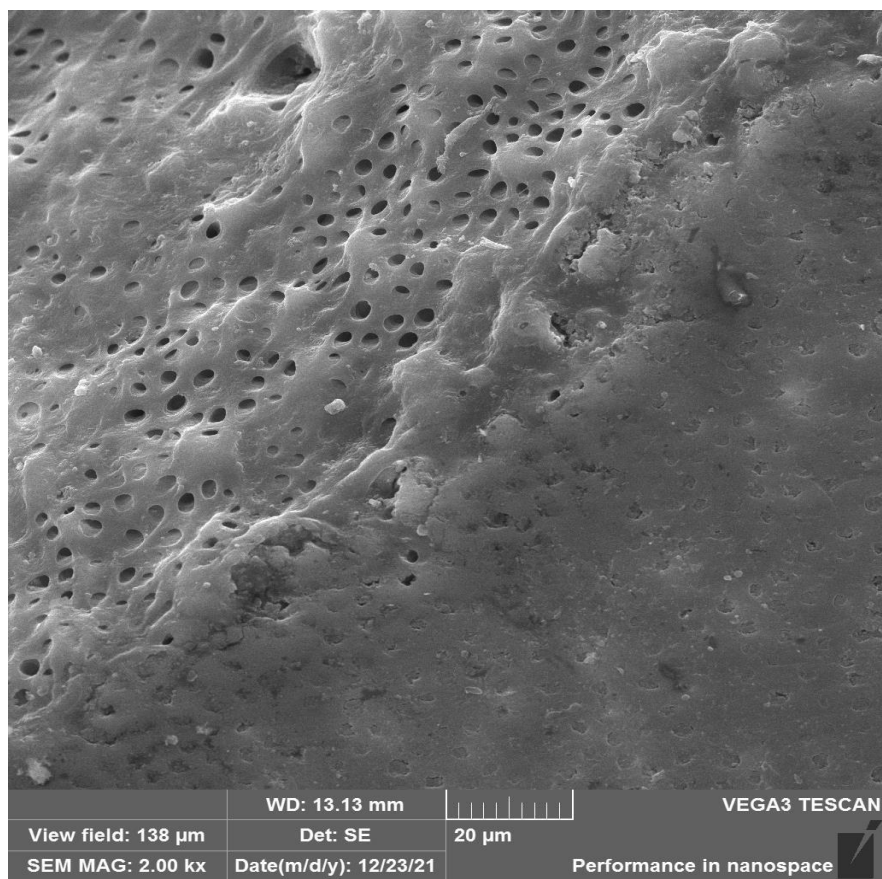


Рисунок 50 – Дентин. Микрография СЭМ из серии 11В

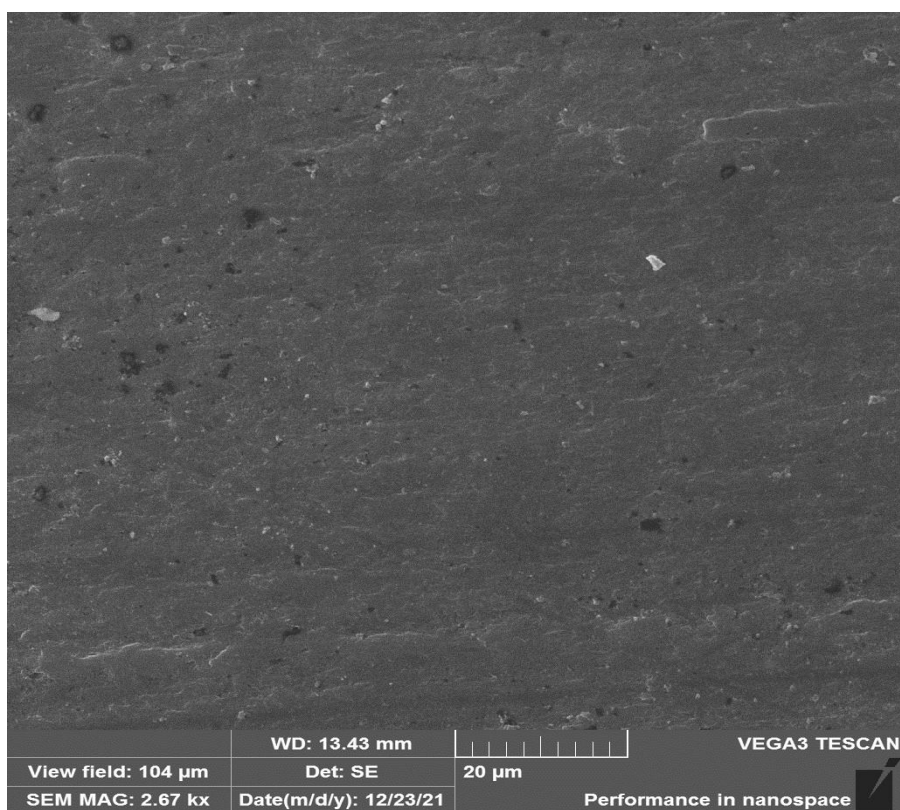


Рисунок 51 – Эмаль. Микрография СЭМ из серии 11В

Данные по оценке шероховатости поверхности дентина исследуемых образцов представлены в Таблице 4.

Таблица 4 – Степень шероховатости поверхности дентина в исследуемых группах

Образец	1D27	1D50	1DB	1I27	1I50	1IB
Ra	2,17±0,13	2,49±0,15	1,57±0,18	1,95±0,21	2,32±0,09	1,14±0,19

Как видно из данных, представленных в таблице, наименьшая шероховатость наблюдалась при препарировании как интактного, так и пораженного кариесом дентина, с использованием твердосплавного бора. При воздушно-абразивном препарировании твердых тканей зуба с использованием порошка оксида алюминия, шероховатость поверхности дентина была значительно выше. Наибольшая степень шероховатости поверхности дентина наблюдалась при использовании абразивных частиц порошка оксида алюминия размером 50 мкм и достоверно отличалась от степени шероховатости при использовании абразивных частиц порошка оксида алюминия размером 27 мкм, а также при препарировании с использованием твердосплавного бора ($p < 0,05$).

Таким образом, результаты исследования позволили уточнить влияние воздушно-абразивной обработки на твердые ткани зуба. Установлено, что воздушно-абразивное препарирование приводит к повышению шероховатости твердых тканей зуба. При этом, наибольшая степень шероховатости эмали наблюдается при использовании абразивных частиц порошка оксида алюминия размером 27 мкм, а наибольшая степень шероховатости дентина отмечается при использовании абразивных частиц размером 50 мкм.

Эффективность удаления эмали и дентина, пораженных кариесом, с помощью воздушно-абразивного препарирования с использованием порошка оксида алюминия представлена в Таблице 5. Об эффективности препарирования твердых тканей при кариесе судили по количеству образцов, где было достигнуто полное или неполное удаление, пораженных кариесом, тканей.

Таблица 5 – Эффективность удаления твердых тканей зуба, пораженных кариесом, при воздушно-абразивном препарировании

	27 мкм		50 мкм	
	Эмаль	Дентин	Эмаль	Дентин
Полное удаление кариеса	43	6	42	3
Неполное удаление кариеса	2	39	3	42

При использовании частиц порошка оксида алюминия размером 27 мкм наблюдалась тенденция к удалению большего количества твердых тканей, пораженных кариесом. Однако статистически значимой разницы при использовании частиц оксида алюминия разного размера при удалении тканей зуба, пораженных кариесом, получено не было ($p > 0,05$). Эффективность удаления деминерализованной эмали с помощью порошка Al_2O_3 была высокой. Это позволяет сделать вывод о том, что воздушно-абразивная обработка эмали зуба с помощью порошка оксида алюминия может быть использована как самостоятельный способ препарирования при лечении кариеса эмали. В тоже время, при кариесе дентина, размягченный дентин, в абсолютном большинстве случаев, оставался на стенках кариозной полости после воздушно-абразивной обработки.

Полученные результаты показывают, что воздушно-абразивная обработка порошком Al_2O_3 создает шероховатую поверхность и удаляет поверхностный апризматический слой эмали. Это позволяет, при подготовке к пломбированию после препарирования кариозной полости, кислоте качественно протравить структуру ткани и увеличить механическую адгезию. Однако, на поверхности дентина остаются частицы порошка оксида алюминия, а сама воздушно-абразивная обработка приводит к образованию толстого смазанного слоя, который закрывает вход в дентинные каналы. Это обстоятельство может препятствовать проникновению адгезива. Воздушно-абразивное препарирование с использованием порошка Al_2O_3 малоэффективно при удалении размягченных тканей, в результате поражения кариесом, и напротив, обладает высокой режущей способностью относительно здоровых тканей, создавая повышенную шероховатость обработанной поверхности.

Вышеизложенное свидетельствует о том, что воздушно-абразивное препарирование твердых тканей зубов при лечении кариеса дентина не может быть использовано в качестве самостоятельного метода. Однако, применение его в качестве финальной обработки после удаления твердых тканей, пораженных кариесом, с помощью бора обосновано и целесообразно, так как данный способ препарирования позволяет повысить адгезию пломбировочного материала, за счет удаления апризматического слоя эмали и создания шероховатой поверхности эмали и дентина. При этом, с поверхности дентина необходимо удалить смазанный слой и остатки порошка оксида алюминия, для чего может быть использован низкочастотный ультразвук.

Вторым этапом исследования являлось исследование эффективности последовательного препарирования кариозной полости при кариесе дентина сначала с помощью твердосплавного бора, затем воздушно-абразивного препарирования с использованием порошка оксида алюминия, с последующей обработкой сформированной полости низкочастотным ультразвуком.

В результате проведенного исследования установлено, что после последовательного препарирования кариозной полости сначала с помощью твердосплавного бора, затем воздушно-абразивного препарирования с использованием порошка оксида алюминия, в обеих исследуемых группах признаков поражения кариесом твердых тканей зубов не наблюдалось. После применения воздушно-абразивного препарирования как с использованием абразивных частиц оксида алюминия размером 27 мкм, так и частиц размером 50 мкм, на поверхности дентина отмечалось наличие смазанного слоя, а также наблюдались остатки частиц порошка оксида алюминия на поверхности эмали и дентина (Рисунок 52).

После проведения ультразвуковой обработки низкочастотным ультразвуком кариозных полостей, подвергшихся последовательному препарированию, в обеих исследуемых группах наблюдалось полное исчезновение остатков частиц порошка оксида алюминия на поверхности эмали и дентина, а также отмечалось частичное отсутствие смазанного слоя (Рисунок 53).

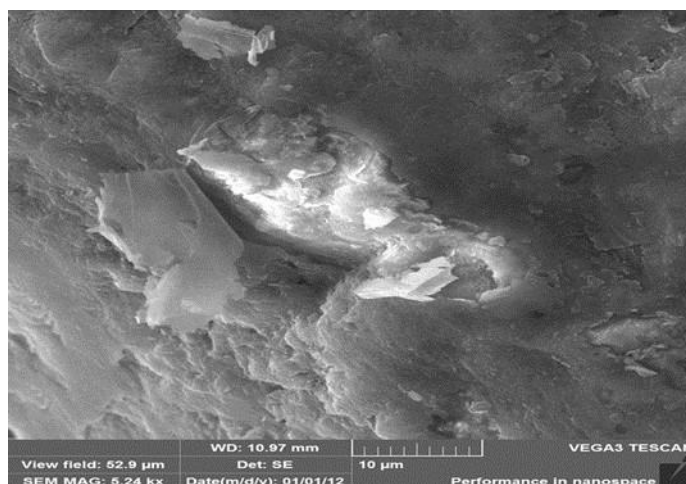
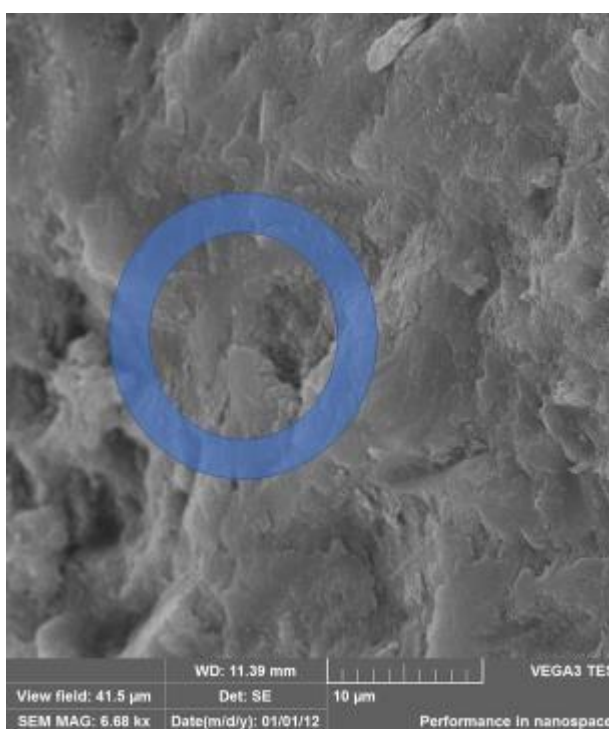
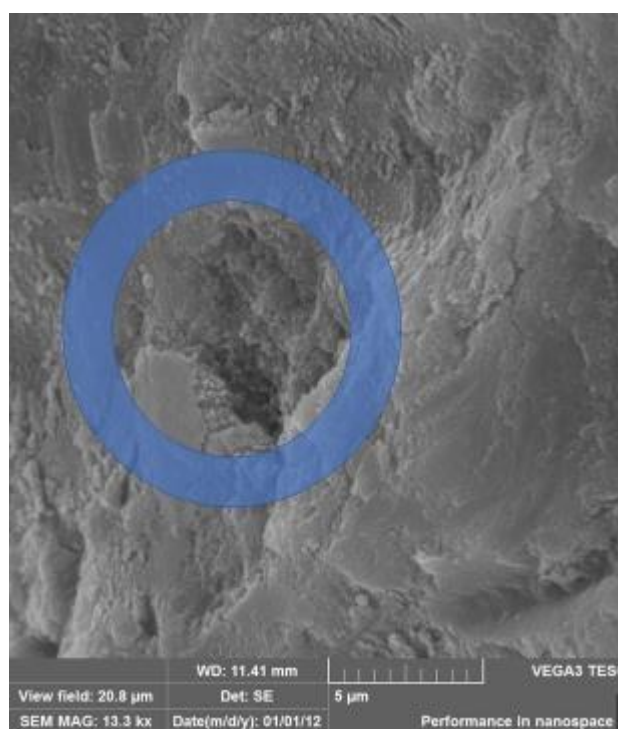


Рисунок 52 – Поверхность дентина после последовательного препарирования с использованием порошка оксида алюминия, с размером частиц 50 мкм



а



б

Рисунок 53 – Поверхность дентина после ультразвуковой обработки:
а – первая группа; **б** – вторая группа

Таким образом, в результате проведенного исследования были уточнены данные влияния воздушно-абразивной обработки на твердые ткани зуба. Установлено, что воздушно-абразивное препарирование приводит к повышению шероховатости твердых тканей зуба.

При этом наибольшая степень шероховатости эмали наблюдается при использовании абразивных частиц порошка оксида алюминия размером 27 мкм, а

наибольшая степень шероховатости дентина отмечается при использовании абразивных частиц размером 50 мкм.

С помощью экспериментального исследования установлена высокая эффективность последовательного препарирования кариозной полости при кариесе дентина сначала с использованием твердосплавного бора, а затем воздушно-абразивного препарирования порошком оксида алюминия, с последующей обработкой поверхности эмали и дентина низкочастотным ультразвуком.

3.3.2. Результаты исследования эффективности протравливания дентина с помощью различных кислот

Первый этап исследования был посвящен исследованию вопроса о том, какой вид боров является оптимальным для препарирования дентина.

Исследование проводили с помощью сканирующей электронной микроскопии, результаты которой в виде микрографий представлены ниже.

Рисунки 54, 55, 56 посвящены исследованию образцов, где препарирование дентина проводилось с помощью боров с алмазным покрытием.

На микрографиях отчетливо виден плотный смазанный слой поверхности дентина, который полностью закрывает входы (устья) дентинных канальцев. Микрографии сняты при увеличении от 1000× до 5000×.

При увеличениях от 1000× до 2000× детально видна поверхность образца – она бороздчатая, шероховатая с множеством мелких и более крупных частиц, оставшихся от распила размерами от 0,1 до 1 мкм в диаметре, часть из которых собраны в конгломераты.

При увеличении 5000× заметна трещина поверхности дентина шириной от 0,5 до 0,7 мкм.

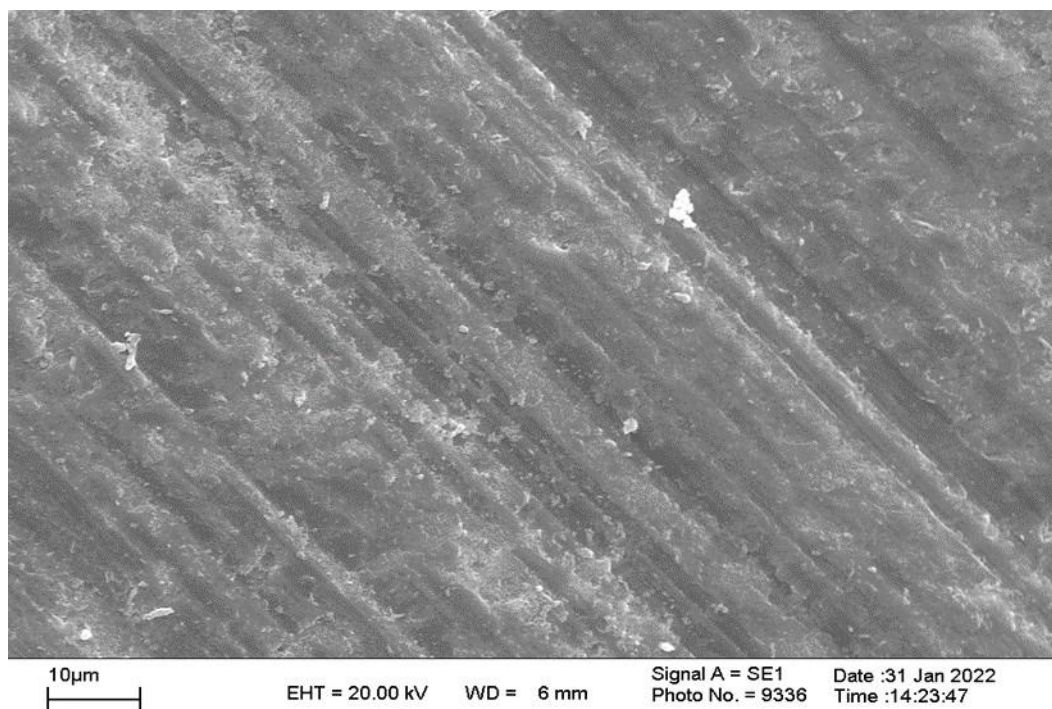


Рисунок 54 – Поверхность дентина. Увеличение в 1000 раз

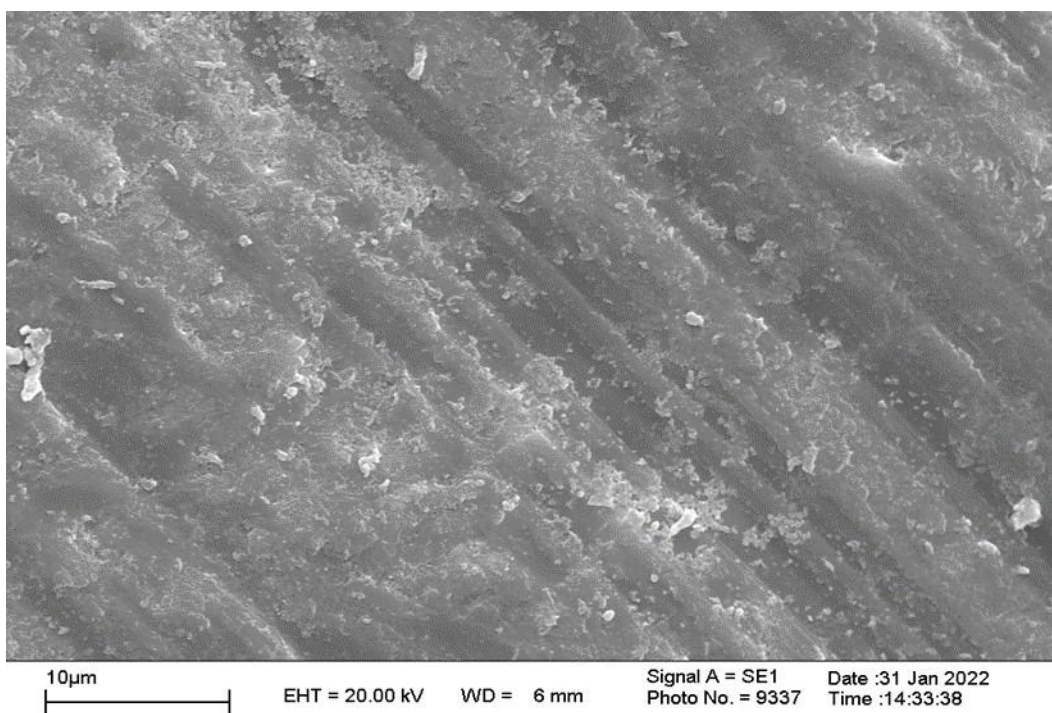


Рисунок 55 – Поверхность дентина. Увеличение в 2000 раз

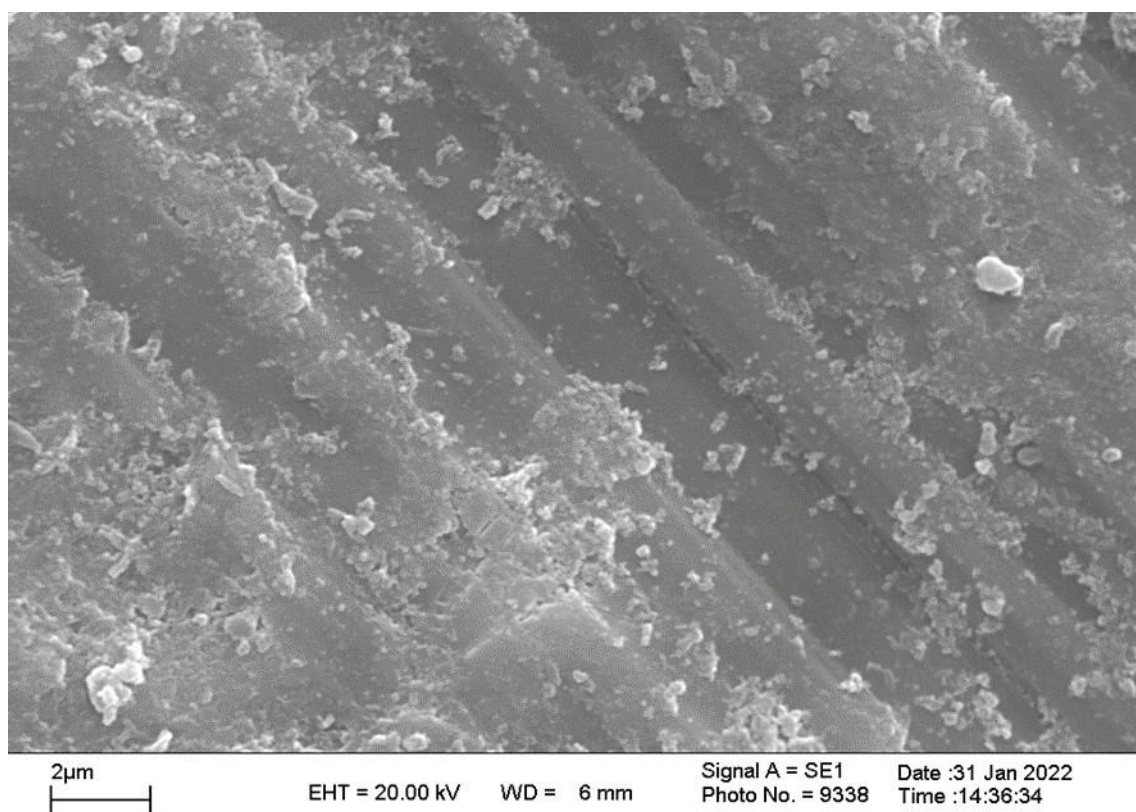


Рисунок 56 – Поверхность дентина. Увеличение в 5000 раз

Рисунки 57, 58, 59 представляют данные исследования образцов, где препарирование дентина проводилось с помощью твердосплавных боров. На микрографиях поверхности дентина виден менее плотный смазанный слой, который более рыхло прикрывает устья дентинных канальцев по сравнению с образцами, где препарирование дентина проводилось борами с алмазным покрытием. Микрографии сняты при увеличениях от $1000\times$ до $5000\times$. При увеличении $1000\times$ замечен смазанный, неравномерно бороздчатый и немного бугристый внешний слой поверхности дентина с микротрещинами над закупоренными устьями дентинных канальцев. При увеличении $2000\times$ виден смазанный, выраженно бугристый внешний слой поверхности дентина, с трещинами разной ширины, в том числе над закупоренными устьями дентинных канальцев. На микрографии также отмечаются сферические фрагменты поверхности образца, полученные в процессе обработки бором. Размеры частиц колеблются от 0,3 до 2 мкм в диаметре, часть фрагментов собраны в конгломераты. Дентинные канальцы под трещинами слоя дентина шириной от 0,15 до 1,5 мкм подсвечены за счет неравномерного отражения вторичных электронов в углублениях поверхности и последующей зарядки образца.

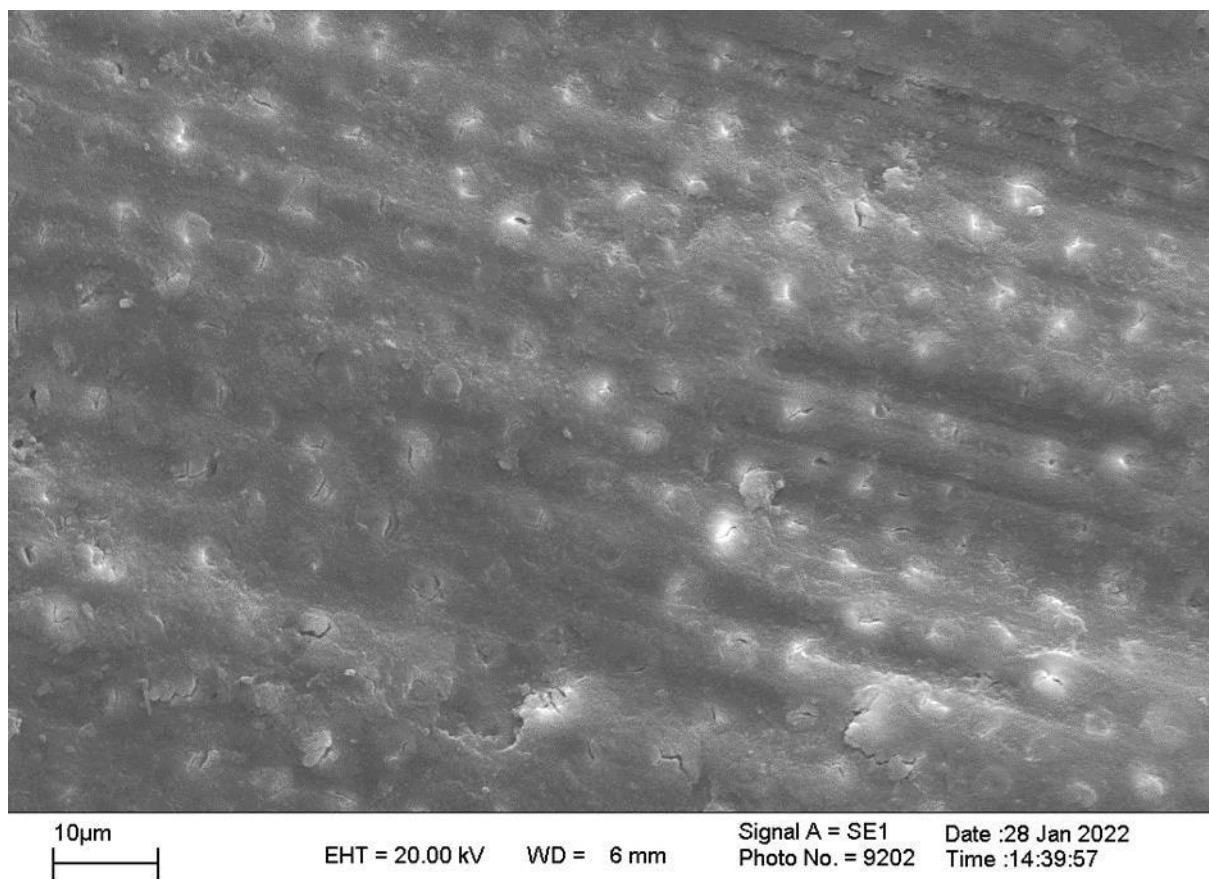


Рисунок 57 – Поверхность дентина. Увеличение в 1000 раз

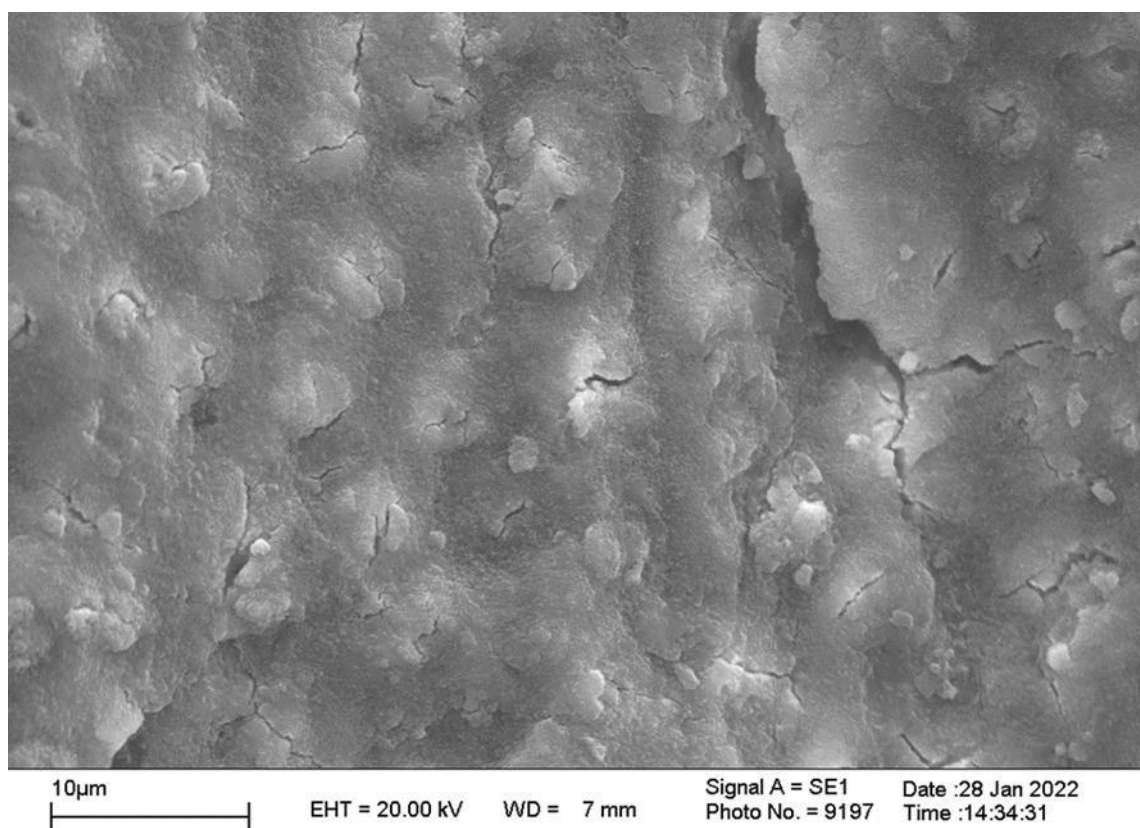


Рисунок 58 – Поверхность дентина. Увеличение в 2000 раз

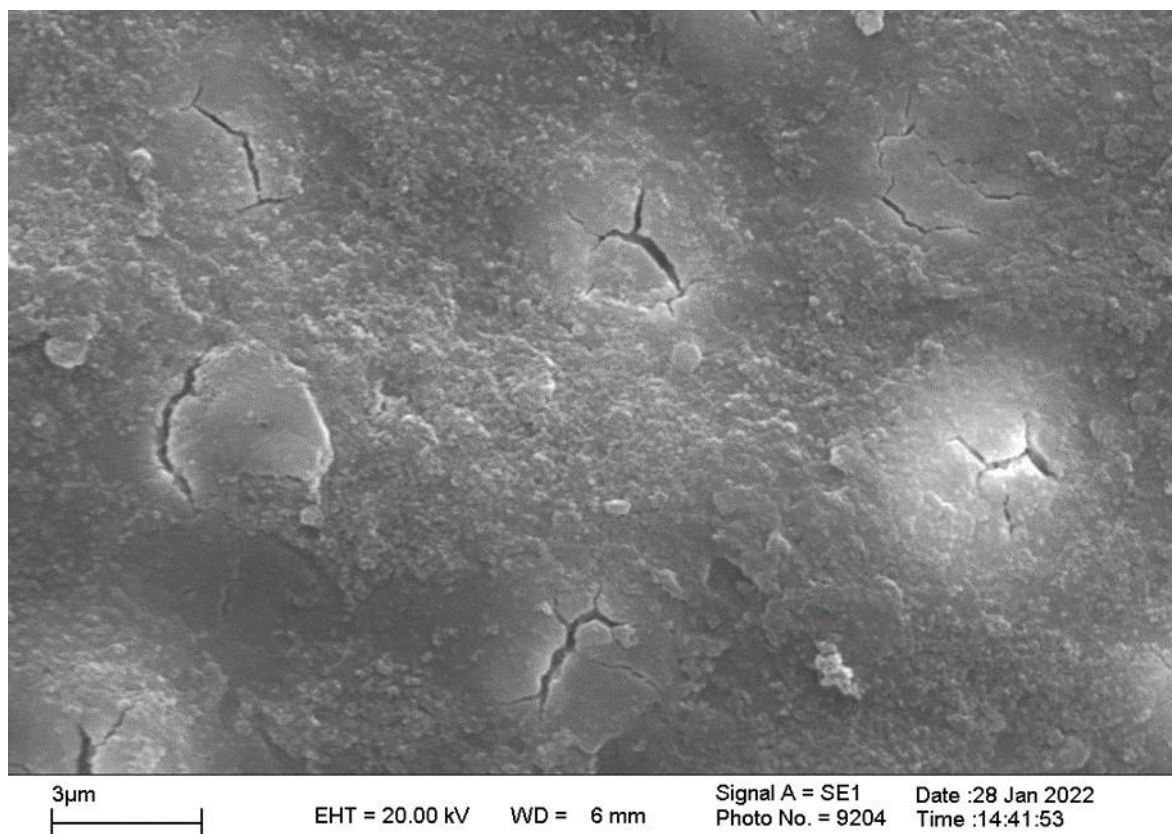


Рисунок 59 – Поверхность дентина. Увеличение в 5000 раз

На микрографии при увеличении 5000х отмечаются сферические фрагменты поверхности образца, полученные в процессе обработки бором. Размеры подобных частиц от 0,2 до 0,8 мкм в диаметре, часть фрагментов собраны в конгломераты. Дентинные каналцы под трещинами слоя дентина шириной от 0,1 до 0,3 мкм подсвечены за счет неравномерного отражения вторичных электронов в углублениях поверхности и последующей зарядки образца.

Таким образом, в результате проведенного исследования установлено, что при проведении препарирования дентина следует отдавать предпочтение твердосплавным борам, так как при их использовании, по сравнению с борами с алмазным покрытием, образуется менее плотный смазанный слой, более рыхло покрывающий устья дентинных каналцев.

На втором этапе исследования исследовали, какой вид и способ применения кислоты является оптимальным для протравливания дентина после его препарирования твердосплавным бором.

На Рисунках 60, 61, 62 представлены микрографии поверхности дентина зубов первой группы, где протравливание дентина осуществляли гелем на основе 5%-q малеиновой кислоты без динамической активации.

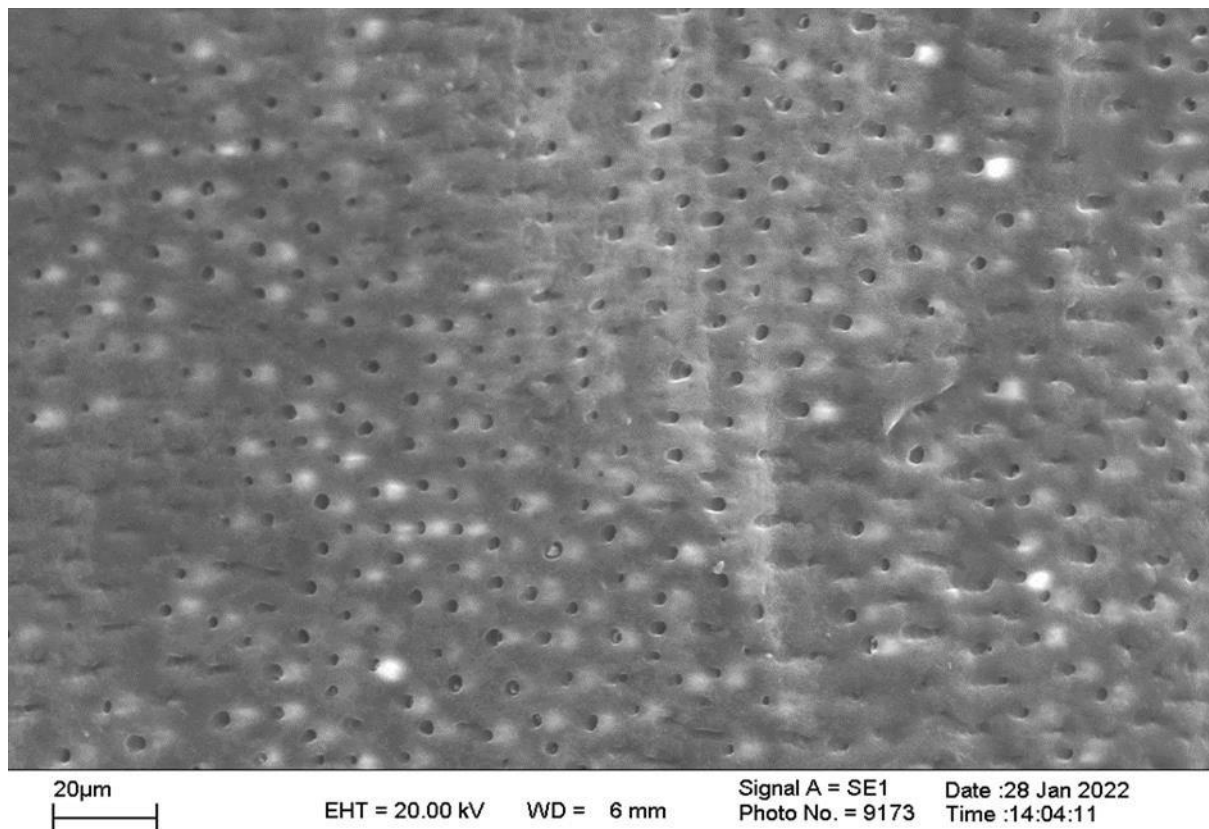


Рисунок 60 – Поверхность дентина, 1-з группа. Увеличение в 500 раз

Снимки представлены при увеличениях от 500× до 2000×. При увеличении 500× представлена обзорная микрография среза слоя дентина с удаленным смазанным слоем и частично открытыми входами дентинных канальцев, также заметны сглаженные за счет обработки кислотой борозды, оставленные инструментом и очень редкие фрагменты поверхности, занесенные при подготовке образца размерами от 0,6 до 2,5 мкм в диаметре. При увеличении 1000× мы более детально видна поверхность образца после протравливания малеиновой кислотой. Видны следы протравливания кислотой в виде шероховатых областей на поверхности среза дентина, гладких областей заметно меньше. Трещин не наблюдается. Светлые области в районах входа дентинных канальцев представляют собой зоны чрезмерной засветки из-за неравномерного отражения вторичных электронов в углублениях поверхности.

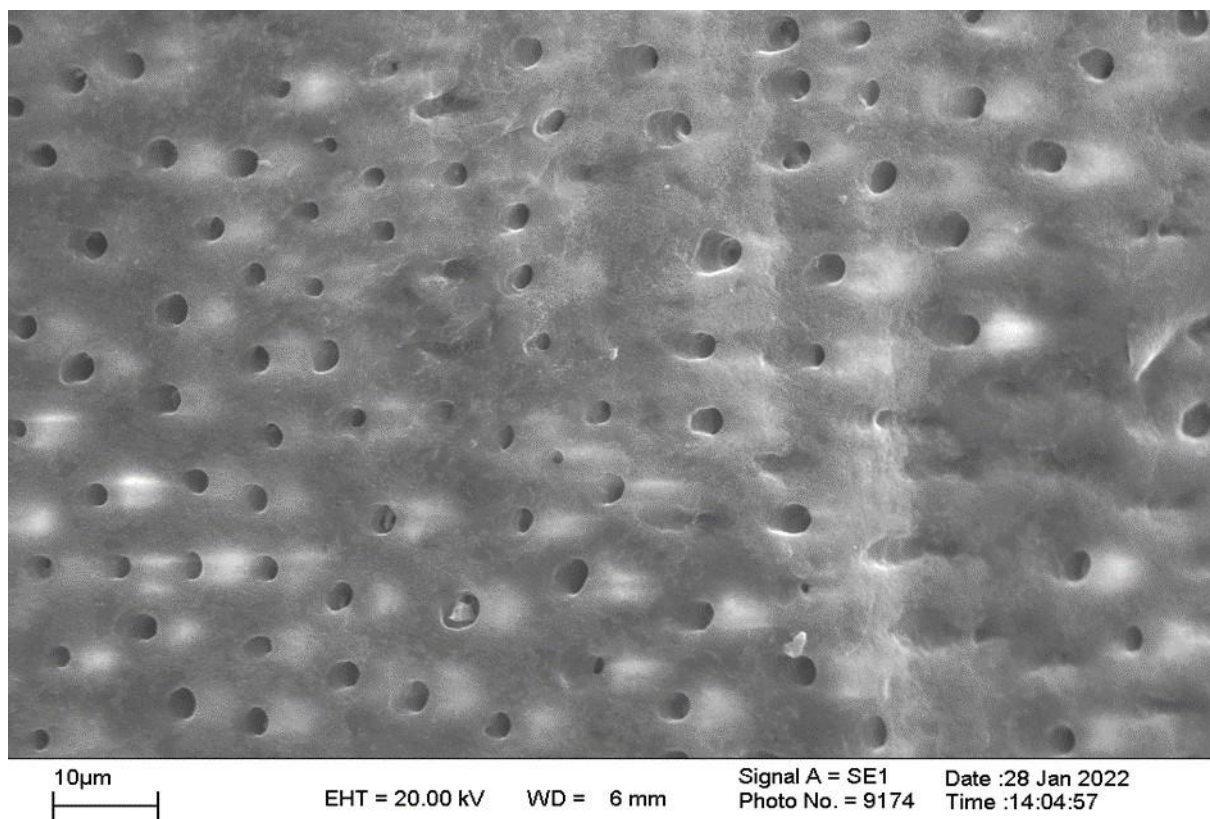


Рисунок 61 – Поверхность дентина, 1 группа. Увеличение в 1000 раз

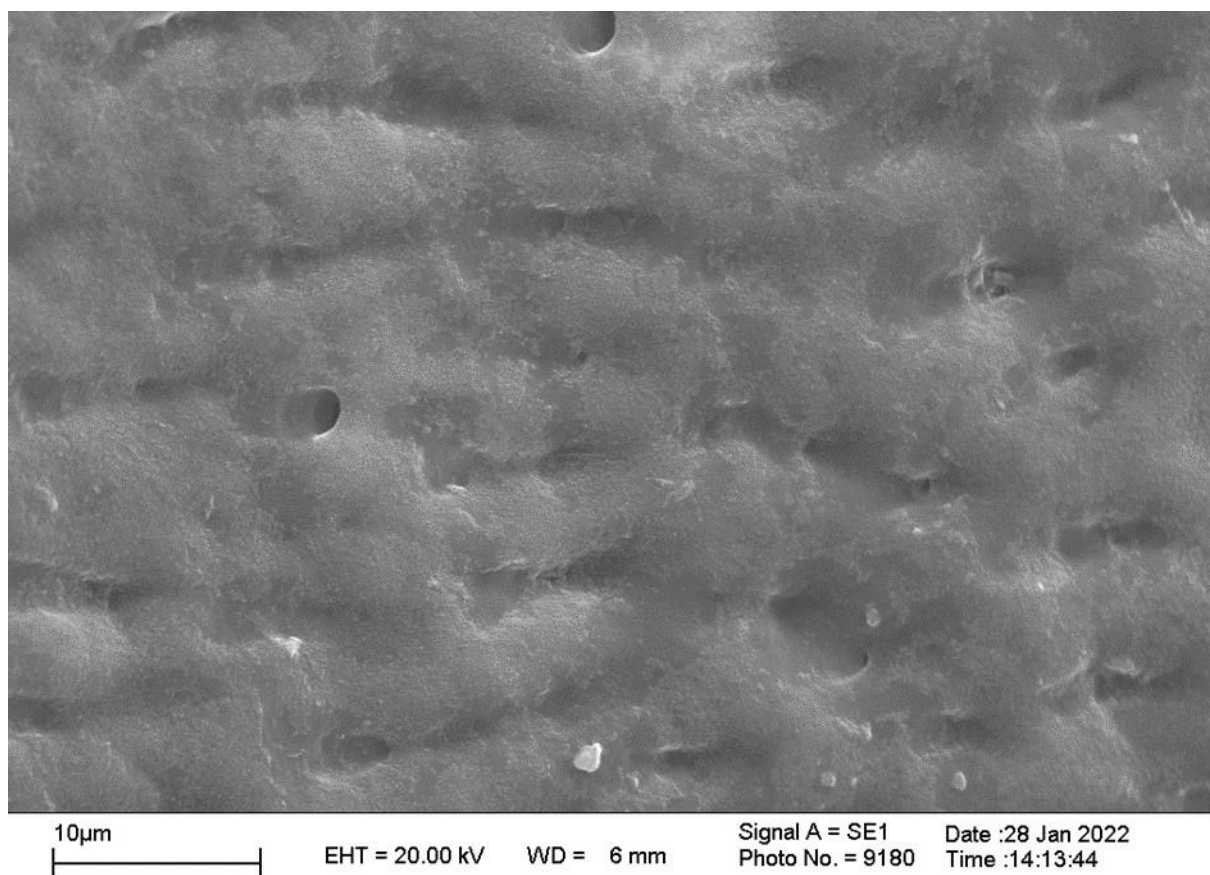


Рисунок 62 – Поверхность дентина, 1-я группа. Увеличение в 2000 раз

При увеличении 2000×, виден срез дентина с удаленным смазанным слоем и частично открытыми входами дентинных канальцев диаметром от 0,5 до 2 мкм, также заметны очень редкие фрагменты поверхности, занесенные при подготовке образца размерами от 0,6 до 1,4 мкм в диаметре. Поверхность образца покрыта бороздами закрытых дентинных трубочек, частично растворенных в maleиновой кислоте, хорошо видны следы травления в виде шероховатых и гладких областей на поверхности среза дентина. Трещин также не наблюдается.

На Рисунках 63–67 представлены микрографии поверхности дентина зубов второй группы, где протравливание дентина осуществляли гелем на основе 5%-й maleиновой кислоты с динамической активацией.

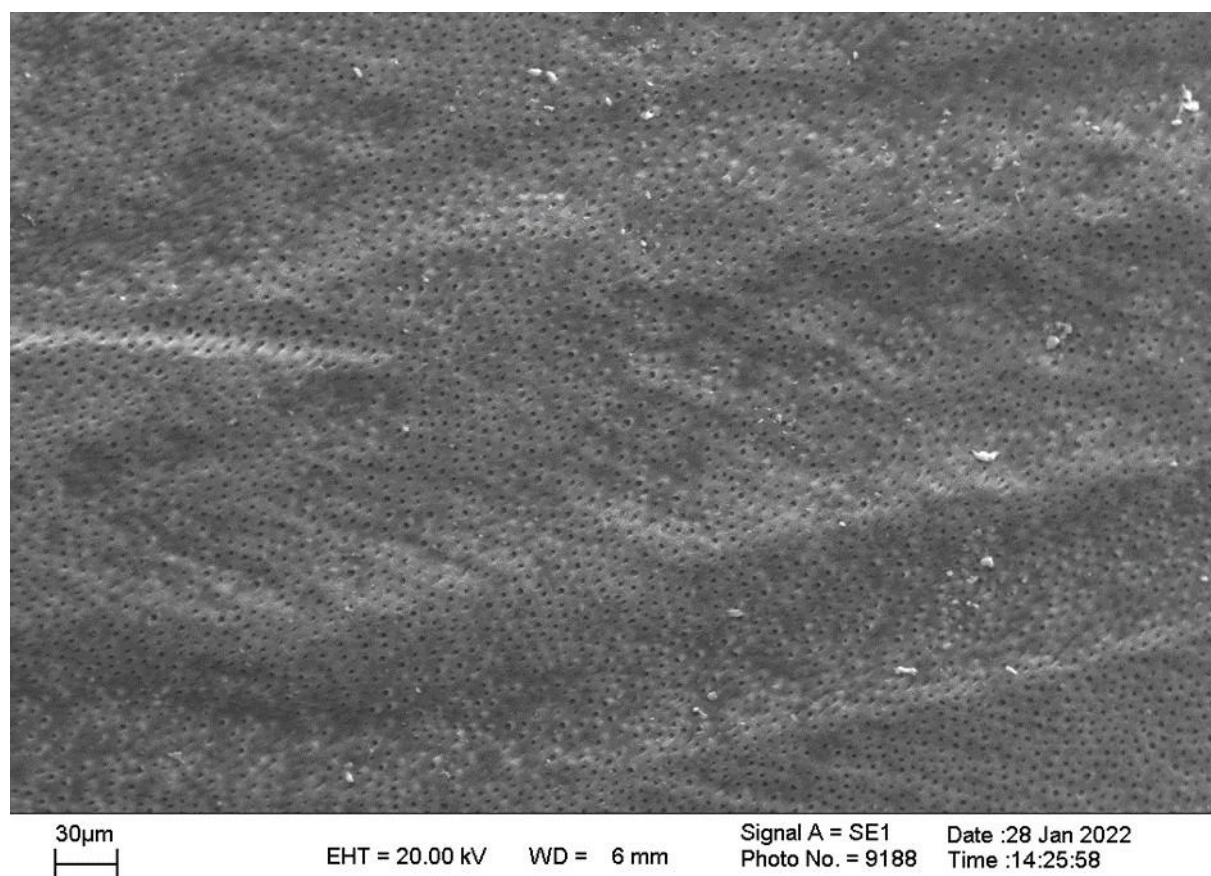


Рисунок 63 – Поверхность дентина, 2-я группа. Увеличение в 200 раз

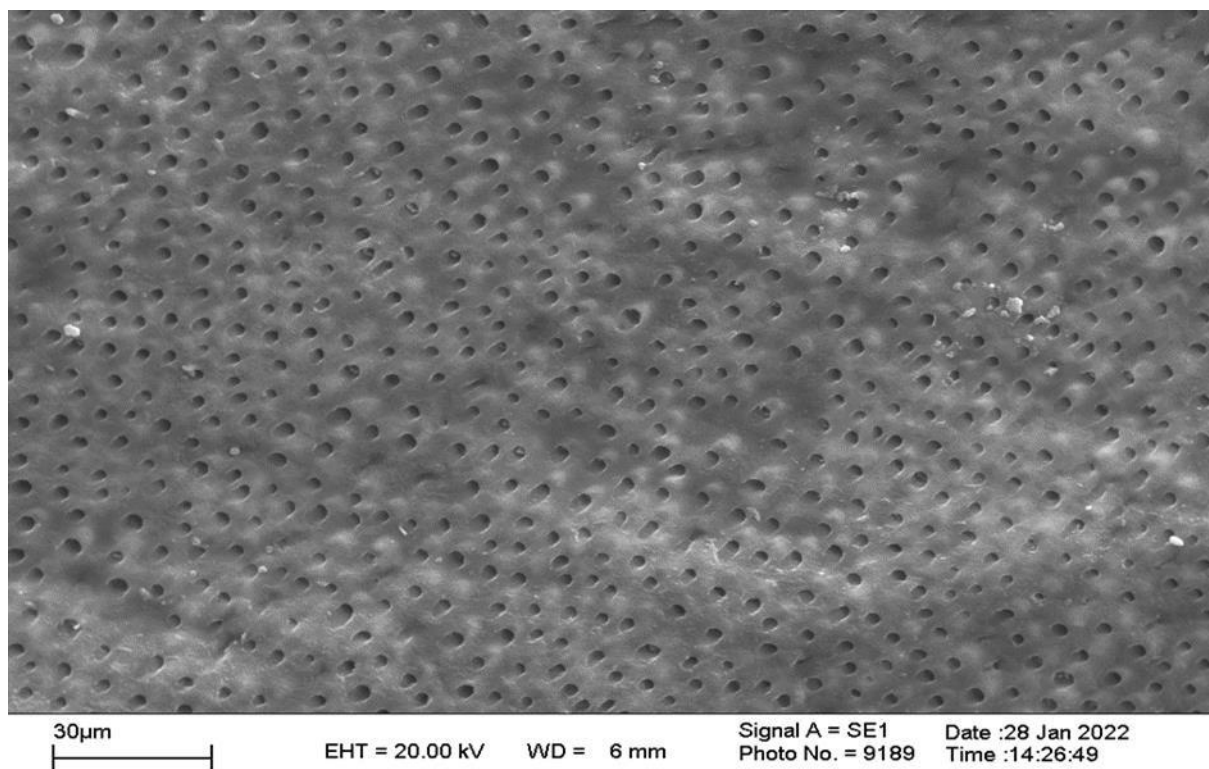


Рисунок 64 – Поверхность дентина, 2-я группа. Увеличение в 500 раз

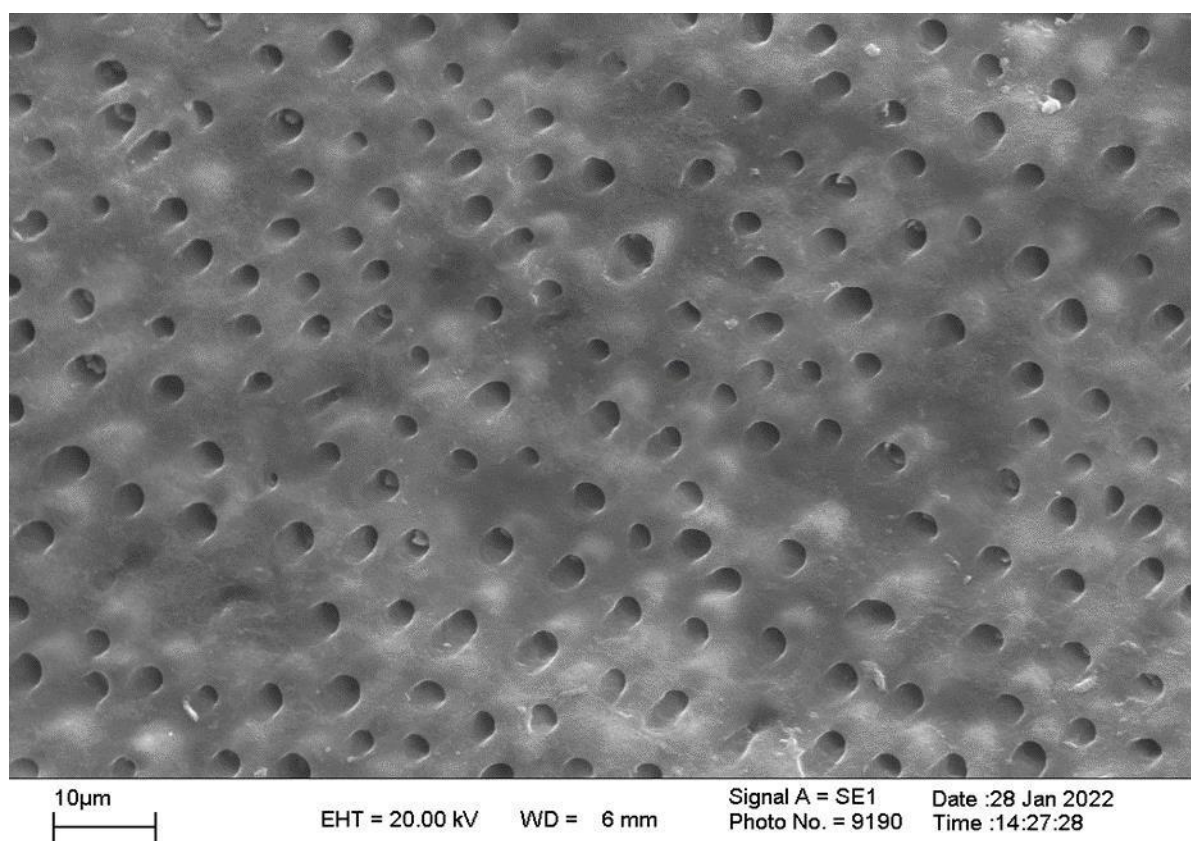


Рисунок 65 – Поверхность дентина, 2-я группа. Увеличение в 1000 раз

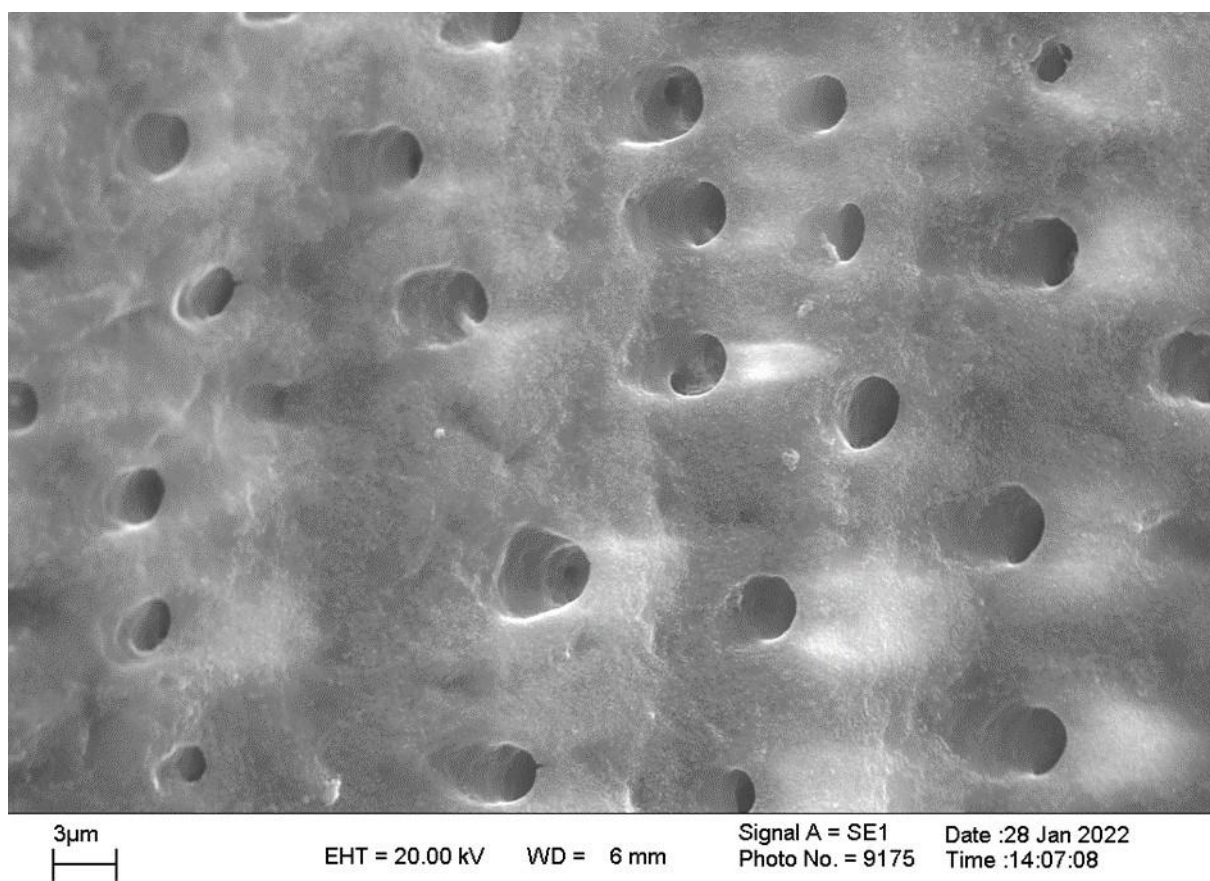


Рисунок 66 – Поверхность дентина, 2-я группа. Увеличение в 2000 раз

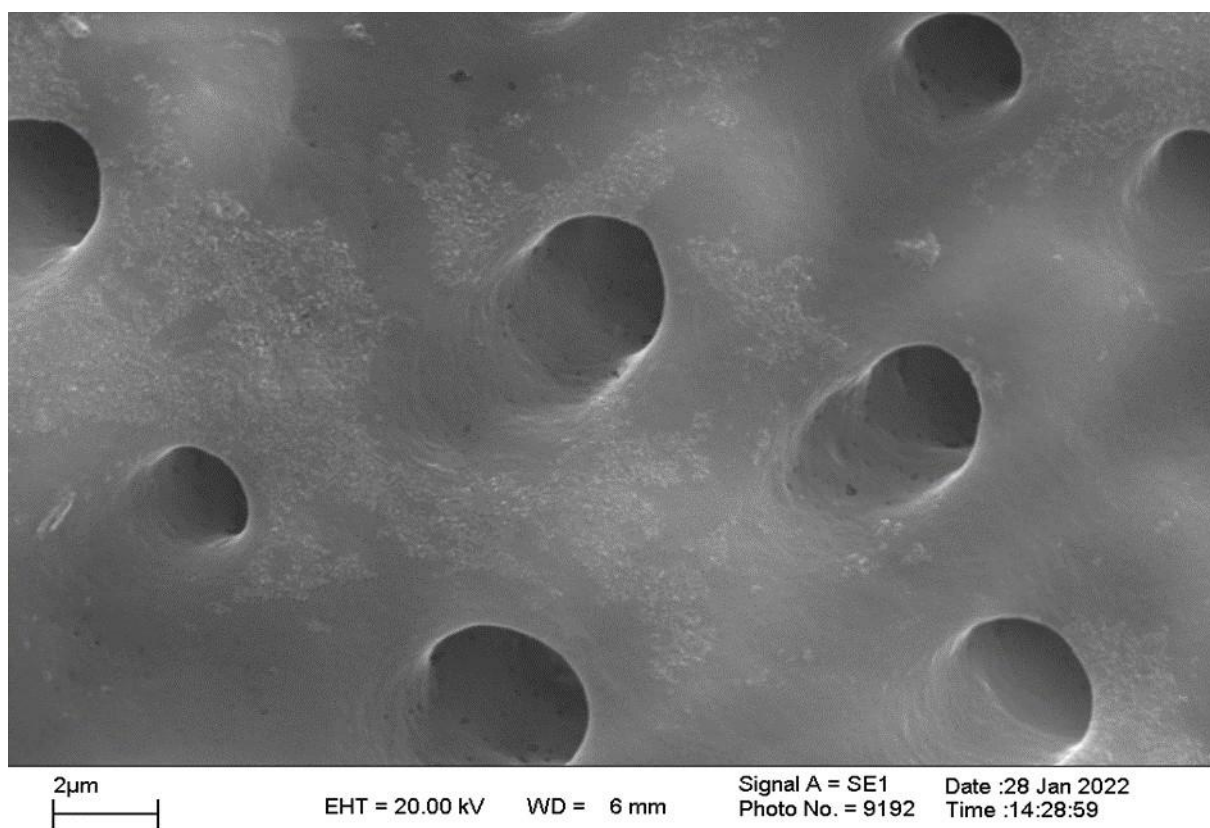


Рисунок 67 – Поверхность дентина, 2 группа. Увеличение в 5000 раз

Снимки представлены при увеличениях от $200\times$ до $5000\times$. На снимке при увеличении $200\times$ виден срез дентина с удаленным смазанным слоем и множеством открытых входов дентинных канальцев. Заметны сглаженные за счет обработки кислотой борозды, оставленные инструментом, и фрагменты поверхности, занесенные при подготовке образца размерами от 1 до 2,6 мкм в диаметре. При увеличениях от $500\times$ до $2000\times$ более детально видна поверхность образца после травления малеиновой кислотой, она сглаженная, с покатыми краями открытых входов дентинных канальцев диаметром от 2 до 4,2 мкм. При увеличении $5000\times$ хорошо видны следы травления кислотой в виде гладких и более шероховатых областей на поверхности среза дентина. Трещин не наблюдается.

На Рисунках 68, 69, 70 представлены микрографии поверхности дентина зубов третьей группы, где протравливание дентина осуществляли гелем на основе 37%-й ортофосфорной кислоты.

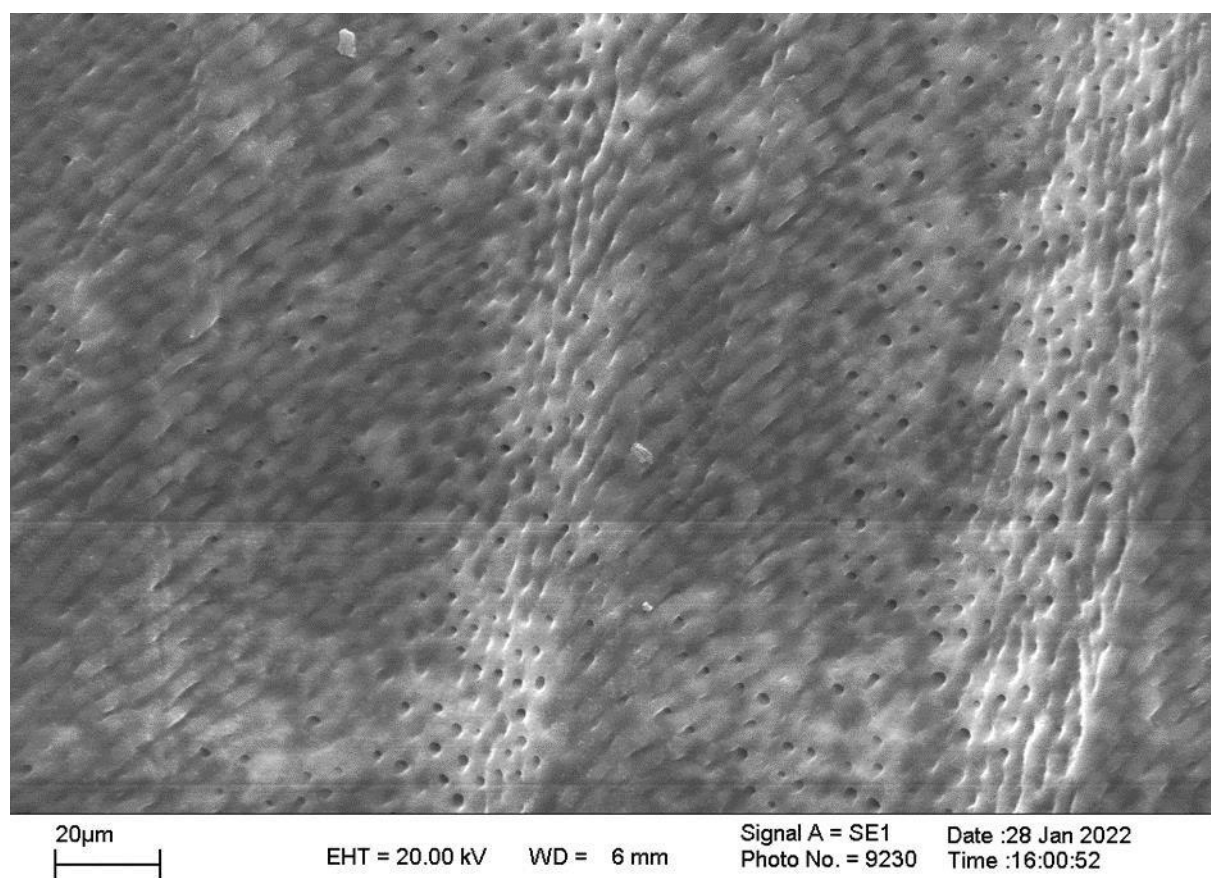


Рисунок 68 – Поверхность дентина, 3 группа. Увеличение в 500 раз

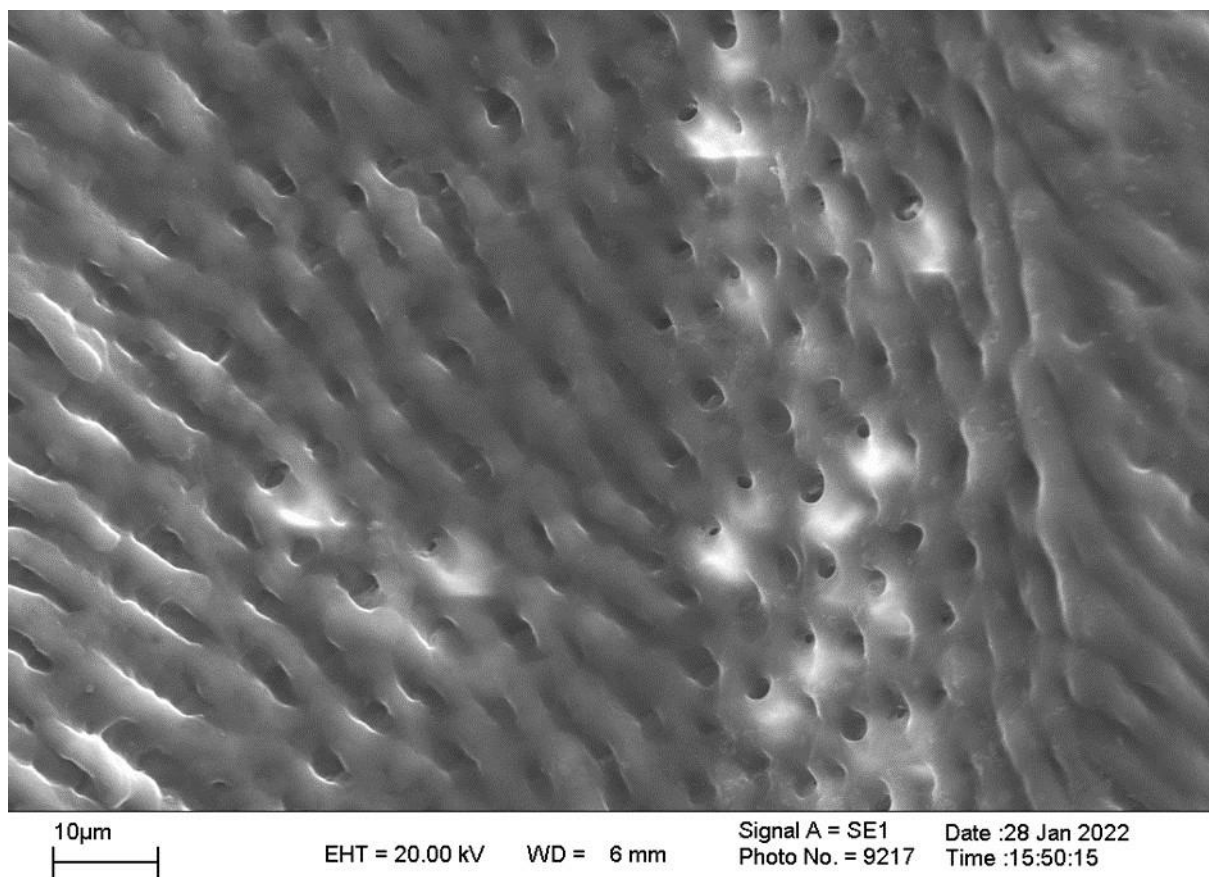


Рисунок 69 – Поверхность дентина, 3-я группа. Увеличение в 1000 раз

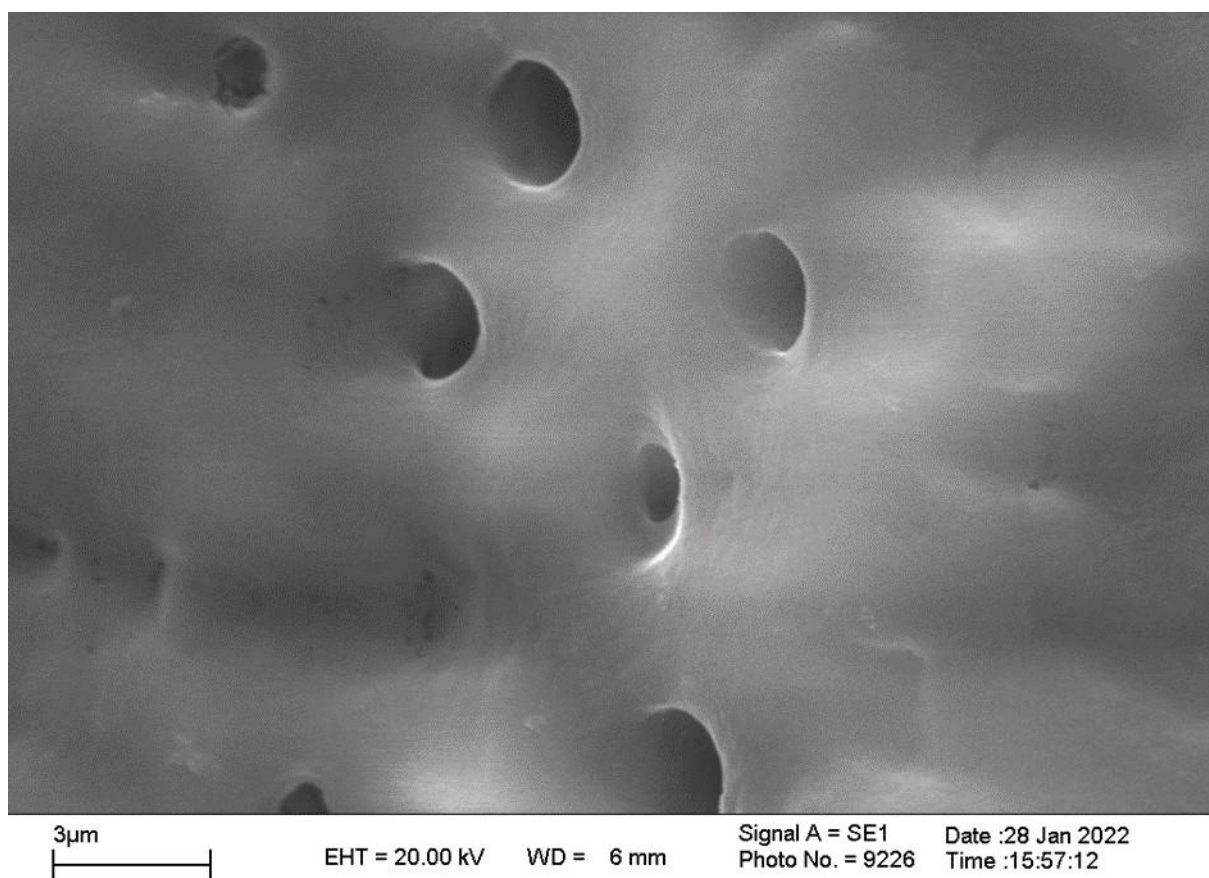


Рисунок 70 – Поверхность дентина, 3-я группа. Увеличение в 5000 раз

На микрографии при увеличении $500\times$ видно, что на поверхности дентина смазанный слой отсутствует, около половины входов в дентинные каналы открыты. Заметны сглаженные за счет обработки кислотой борозды, оставленные инструментом, протравленные открывшиеся полости дентинных трубочек, и очень редкие частицы поверхности, занесенные при подготовке образца размерами от 0,8 до 4,2 мкм в ширину. Поверхность образца после протравливания ортофосфорной кислотой выражено сглаженная, с покатыми краями открытых входов дентинных каналов диаметром от 1 до 2,7 мкм. Подсветка каналов обусловлена неравномерным отражением вторичных электронов в углублениях поверхности и как следствие чрезмерной зарядкой образца. Трещины не обнаружены.

На микрографии при увеличении $1000\times$ видно, что за счет травления удален смазанный слой и открыты, либо частично открыты, множество входов дентинных каналов. Заметны значительно сглаженные, за счет обработки ортофосфорной кислотой борозды, оставленные инструментом, открывшиеся прободения в полости дентинных трубочек шириной до 3,5 мкм. Поверхность образца после травления ортофосфорной кислотой выражено сглаженная, с покатыми краями открытых входов дентинных каналов диаметром от 0,7 до 2,9 мкм. Подсветка каналов обусловлена неравномерным отражением вторичных электронов в углублениях поверхности и как следствие чрезмерной зарядкой образца. Трещины не обнаружены.

На микрографии при увеличении $5000\times$ видно, что за счет травления удален смазанный слой и открыта часть входов дентинных каналов. Поверхность образца после травления ортофосфорной кислотой выражено сглаженная, с покатыми краями открытых входов дентинных каналов диаметром от 1 до 2,3 мкм. На поверхности дентина видна эрозия, вызванная избыточным действием ортофосфорной кислоты. Трещин не наблюдается. Подсветка каналов обусловлена неравномерным отражением вторичных электронов в углублениях поверхности и как следствие чрезмерной зарядкой образца.

Проведенное исследование свидетельствует о том, что оптимальные результаты были получены во второй группе, где протравливание дентина осуществляли с использованием геля на основе 5%-й малеиновой кислоты с динамической активацией. Большая эффективность протравливания дентина в этой группе по сравнению с первой группой, где использовали гель на основе 5%-й малеиновой кислоты без динамической активации, вероятно, связано с тем, что при втирании в поверхность дентина протравливающего геля с помощью аппликатора, происходит постоянное перемешивание и более глубокое проникновение действующего вещества в дентин. Кроме того, следует отметить, что использование геля на основе 5%-й малеиновой кислоты при динамической активации не приводит к серьезным нарушениям анатомической структуры дентина, что наблюдалось в третьей группе, где из-за избыточного действия ортофосфорной кислоты, на поверхности дентина отмечалось появление эрозий.

Таким образом, при проведении протравливания дентина предпочтение следует отдавать использованию геля на основе 5%-й малеиновой кислоты с динамической активацией, как более эффективному и безопасному способу.

3.3.3. Результаты исследования содержания ингибиторов матричных металлопротеиназ в дентине зубов

Результаты определения уровня содержания ингибиторов матричной металлопротеиназы ММП 9 («желатиназа В») TIMP1 и TIMP2 в дентине девитализированных и не девитализированных зубов представлены в Таблице 6 и на Рисунке 71.

Таблица 6 – Уровень содержания TIMP1 и TIMP2 по отношению к GAPDH, использованному в качестве референтного значения, на основании ПЦР в режиме реального времени

<i>Группа</i>	<i>TIMP1</i>	<i>TIMP2</i>
1	0,579±0,009	0,711±0,009
2	0,541±0,015	0,735±0,015
P ₁₋₂	(p < 0,05)	(p > 0,05)

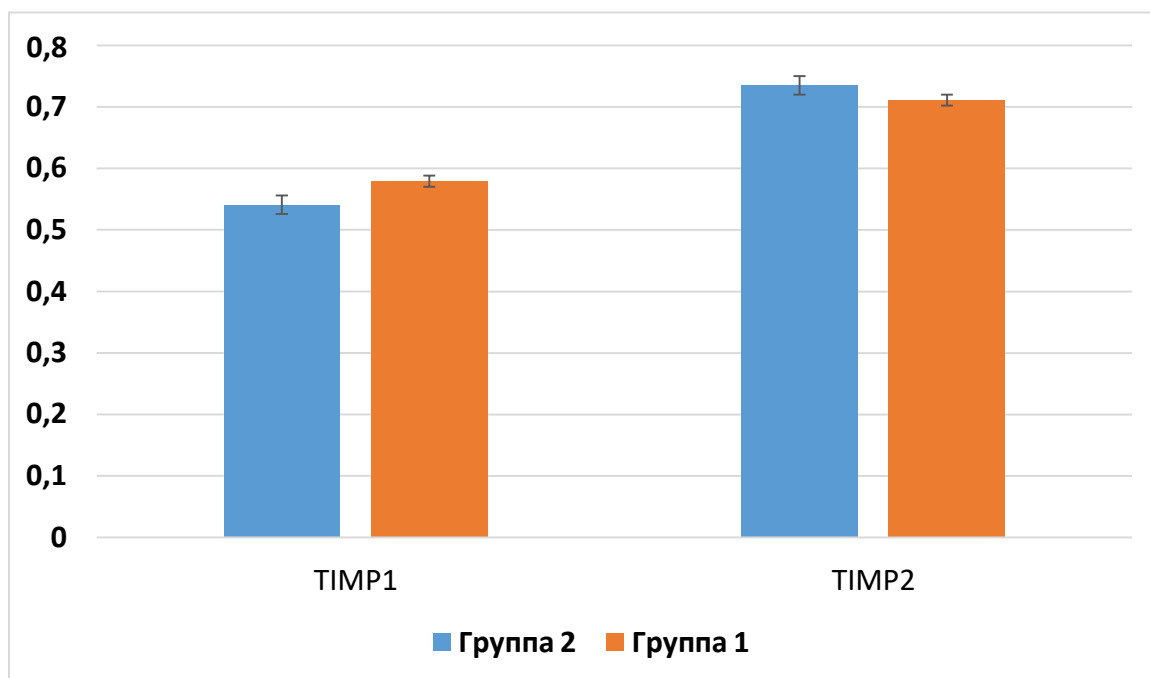


Рисунок 71 – Результаты ПЦР в режиме реального времени уровня содержания TIMP1 и TIMP2 по отношению к GAPDH

Полученные данные говорят о том, что уровень содержания ингибитора TIMP1 в дентине зубов второй группы было достоверно выше по сравнению с уровнем его содержания в дентине зубов первой группы ($p < 0,05$). При этом по уровню содержания ингибитора TIMP2 достоверной разницы получено не было ($p > 0,05$).

Таким образом, дентин, более 2 лет назад депульпированных зубов, содержит не меньшее, а по уровню TIMP1 даже большее, количество ингибиторов матриксных металлопротеиназ по сравнению с дентином витальных зубов.

Следует отметить, что в нашем исследовании мы использовали матриксную металлопротеиназу ММП 9. Однако, TIMP1 и TIMP2, будучи эндогенными ингибиторами матриксных металлопротеиназ, активны не только по отношению к ММП 9. Так TIMP-1 ингибирует ММП-7, ММП-1 и ММП-3 лучше, чем TIMP-2, а TIMP-2 ингибирует ММП-2 более эффективно, чем другие TIMP.

TIMP1 и TIMP2 являются белковыми соединениями, они так же, как и матриксные металлопротеиназы, продуцируются одонтобластами. В процессе образования дентина эти соединения откладываются в нем. Результаты проведенного исследования говорят о том, что в случае гибели одонтобластов ингибиторы ММП сохраняются в дентине, причем уровень их содержания не снижается. Этот факт

может являться косвенным свидетельством того, что в дентине депульпированных зубов, ранее подвергшихся эндодонтическому лечению, может сохраняться высокий уровень содержания матриксных металлопротеиназ. Данное обстоятельство необходимо учитывать при реставрации зубов, ранее подвергшихся эндодонтическому лечению композитными материалами, так как содержащиеся в дентине матриксные металлопротеиназы, в следствии их активации при протравливании кислотой дентина, могут гидролизировать органический матрикс деминерализованного дентина. В следствие чего и в депульпированных зубах после протравливания дентина необходимо использовать экзогенные ингибиторы матриксных металлопротеиназ, в частности хлоргексидин.

3.3.4. Результаты исследования влияния полимеризации в анаэробных условиях композитного материала светового отверждения на состояние поверхностного слоя реставраций

Результаты инфракрасной спектроскопии микрогибридного композитного материала светового отверждения Enamel plus HRi (UE) как подвергнутого предполимеризационному нагреву, так и без нагрева, полимеризация которого происходила в аэробных и анаэробных условиях, представлена в Таблице 7 и на Рисунках 75, 76, 77, 78.

Таблица 7 – Результаты инфракрасной спектроскопии в исследуемых группах

<i>№ образца</i>	<i>Наблюдения</i>
1 (без нагрева, аэробный полимер)	1639 – двойная C=C связь 1712.2, 1728 – двойная C=O связь 2876 – 2959.5 – связи C-H в алифатических соединениях 3281.5 – 3573.3 – водородные связи в спиртах В образце содержание пропиленгликоля и воды низкое. Отмечается наличие COOH-группы и двойной C=C связи
2 (без нагрева, анаэробный полимер)	1719.2, 1734.9 – двойная C=O связь 2870.4 – 2978.4 – связи C-H в алифатических соединениях 3319 – 3538 – водородные связи В образце содержание пропиленгликоля и воды низкое. Отмечается наличие COOH-группы и отсутствие двойной C=C связи
3 (с нагревом, аэробный полимер)	1638.5 – двойная C=C связь 1730.5 – двойная C=O связь 2878.8 – 2960.6 – связи C-H в алифатических соединениях 3267 – 3584 – водородные связи в спиртах В этом образце высокое содержание многоатомных спиртов, воды меньше. Отмечается наличие COOH-группы и двойных C=C связи

Продолжение таблицы 7

№ образца	Наблюдения
4 (с нагревом, анаэробный полимер)	1719 - 1751 – двойная С=О связь 2860 – 3157 – связи С-Н в алифатических соединениях 3390 – 3638 – водородные связи в спиртах В этом образце высокое содержание многоатомных спиртов, воды меньше. Отмечается наличие СООН-группы и отсутствие двойной С=С связи

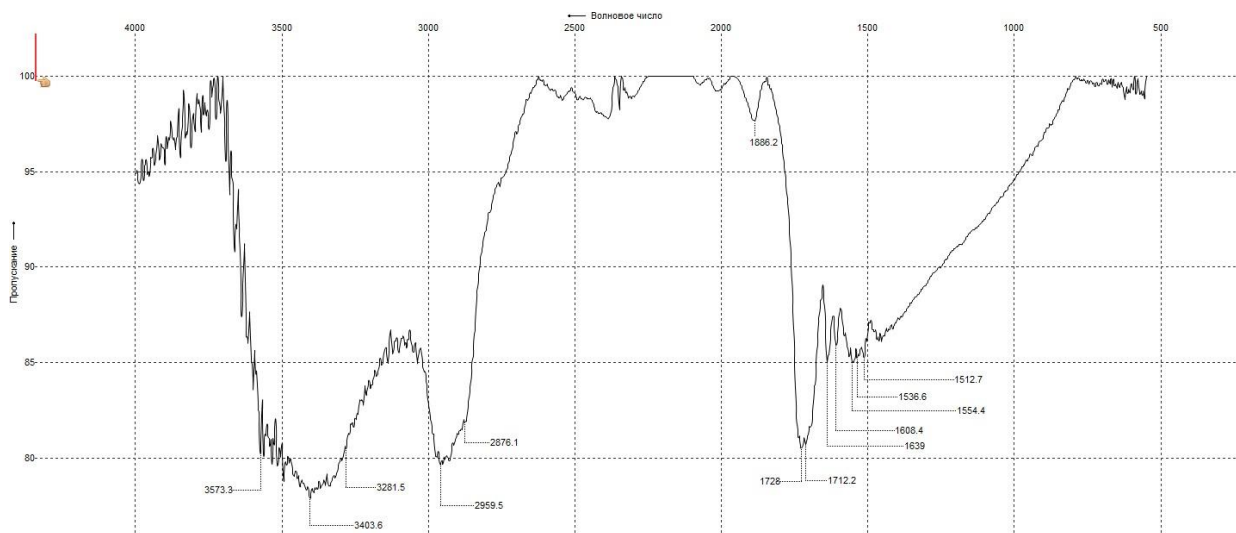


Рисунок 75 – Инфракрасная спектрограмма образца № 1

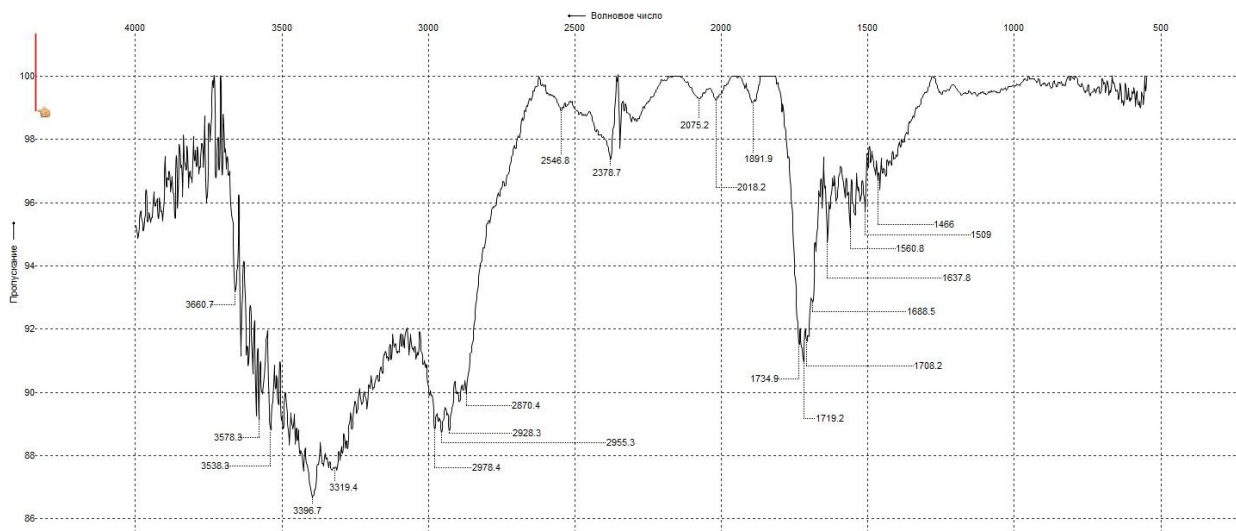


Рисунок 76 – Инфракрасная спектрограмма образца № 2

Результаты инфракрасной спектроскопии показали, что спектрограммы образцов 1 и 3, как и спектрограммы образцов 2 и 4, по спектрам поглощения принципиальных отличий не имели. При этом интенсивность поглощения световых волн была более выражена в образцах, где был проведен предполимеризационный нагрев композитного материала (образцы 3 и 4), что, вероятно, связано с большей

подвижностью молекул, проявляющейся при нагреве материала, что способствует большей степени конверсии (полимеризации) исходного материала.

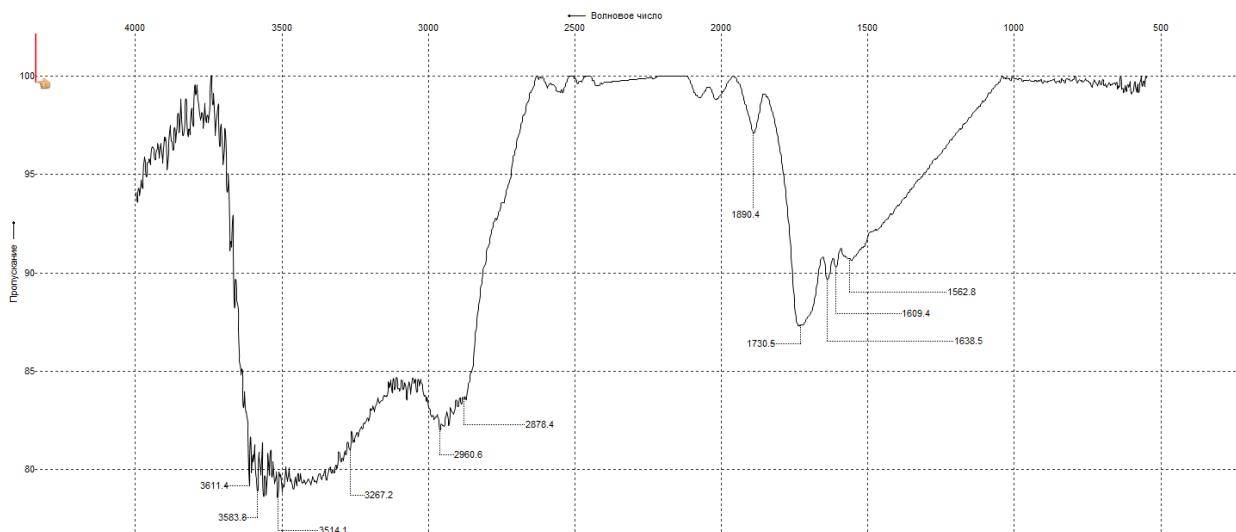


Рисунок 77 – Инфракрасная спектрограмма образца № 3

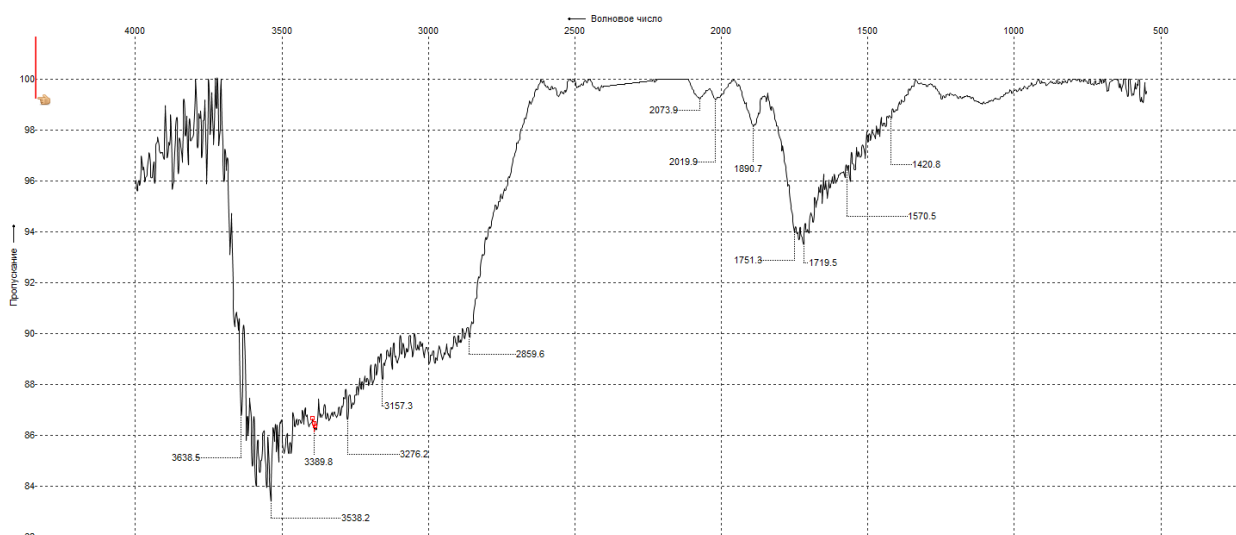


Рисунок 78 – Инфракрасная спектрограмма образца № 4

Спектры поглощения инфракрасного излучения зависели от того, в каких условиях проводилась полимеризация, т.е. это были аэробные или анаэробные условия.

В ИК-спектре образцов 1 и 3 наблюдались полосы поглощения 1639 см^{-1} и $1638,5\text{ см}^{-1}$, что соответствует полосе поглощения двойной $\text{C}=\text{C}$ связи в алкенах. Это говорит о том, что при полимеризации часть композита окислилась под действием кислорода воздуха и не вступила в полимеризацию, тогда как в спектре об-

разцов 2 и 4 данной полосы поглощения не наблюдалось. Это обстоятельство объясняется тем, что до полимеризации в исходном материале, не подвергнутом фотополимеризации, присутствуют двойные $C=C$ связи с полосами поглощения в диапазоне $1630\text{--}1650\text{ см}^{-1}$. При полимеризации в анаэробных условиях происходит разрыв одной из связей (π -связи) в мономере (одной молекуле акрилата, в данном случае) с последующим соединением большого количества мономеров друг с другом, с образованием полимера, соответственно. Таким образом, в ИК-спектре полимера не наблюдается полос поглощения в данной области, так как двойных связей больше нет, что наблюдалось в образцах 2 и 4.

В спектрах, исследуемых образцов, также присутствовали полосы поглощения $1712\text{--}1751\text{ см}^{-1}$, соответствующие полосам поглощения двойных $C=O$ связи. Их наличие может быть связано с присутствием в исходном композите высокого количества динатриевой соли ЭДТА или же с протеканием конкурирующих процессов с участием карбоксильных групп исходного карбомера.

В спектрах также присутствовали водородные связи в спиртах $H-O-H$, что может быть следствием одного из следующих факторов:

- в образце после полимеризации был не полностью удален глицерин;
- высокое содержание воды, пропиленгликоля в исходных компонентах;
- частичный гидролиз динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА), поскольку в составе исходных материалов присутствуют помимо непосредственно соли ЭДТА, также вода и гидроксид калия.

Таким образом, результаты инфракрасной спектроскопии свидетельствуют о том, что полимеризация в анаэробных условиях композитного материала светового отверждения существенно влияет на химическую структуру полимера. Бескислородная среда предотвращает окисление производных акриловой кислоты непосредственно в процессе полимеризации, а в полимеризованном материале отсутствует, ингибированный кислородом, мономер.

Для исследования структуры поверхности реставраций, изготовленных из композитного материала светового отверждения, полимеризация которого проводилась в

аэробных и анаэробных условиях, было проведено исследование с использованием сканирующей электронной микроскопии при увеличении в 3500 $\times$.

На первом этапе исследования были проанализированы образцы, входящие в группу Б, где фотополимеризация проходила без предварительного нагрева материала (Рисунки 79, 80, 81, 82).

В подгруппе 1 Б, где полимеризацию поверхностного слоя проводили в аэробных условиях, после чего поверхностный слой полировали, образцы имели гладкую поверхность со следами ингибированного кислородом слоя и небольшим количеством частиц пыли.

В подгруппе 2 Б, где полимеризацию поверхностного слоя проводили в анаэробных условиях, после чего поверхностный слой полировали, наблюдалась гладкая гомогенная поверхность образцов.

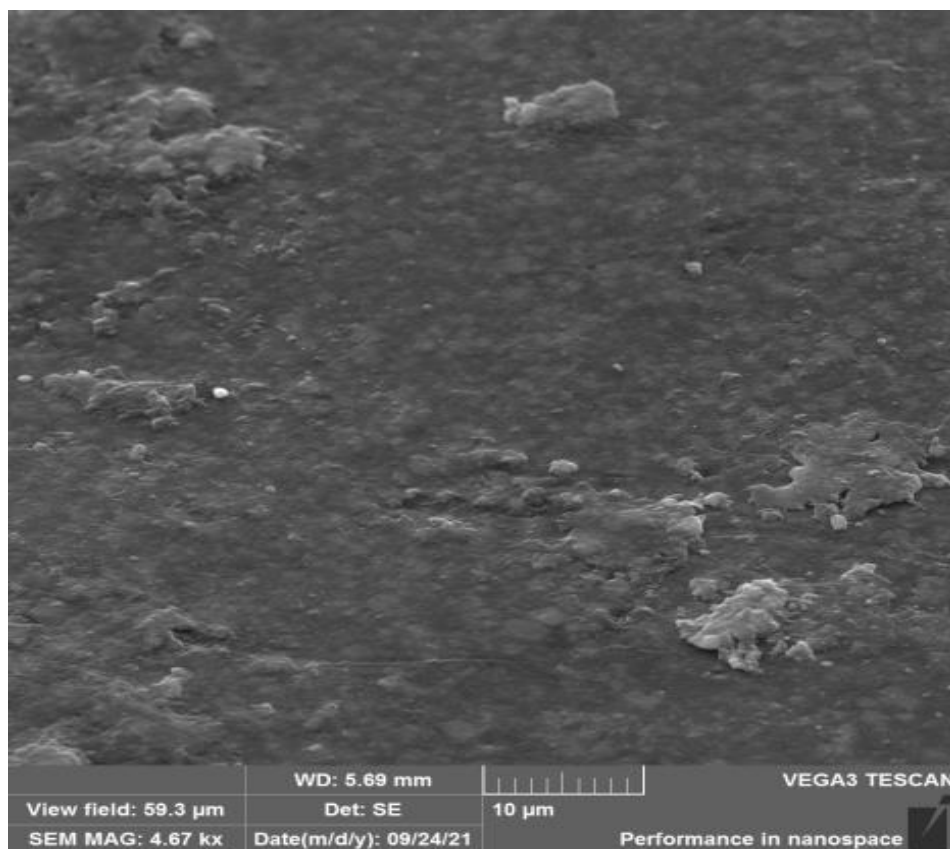


Рисунок 79 – Подгруппа 1 Б, поверхность образца

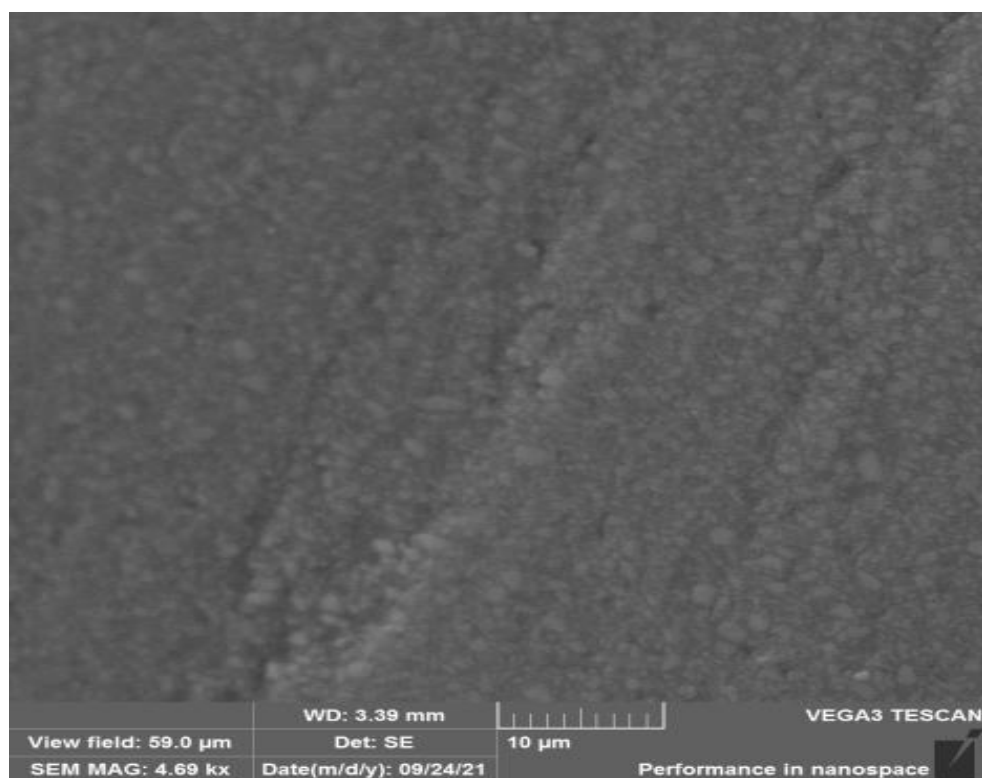


Рисунок 80 – Подгруппа 2 Б, поверхность образца

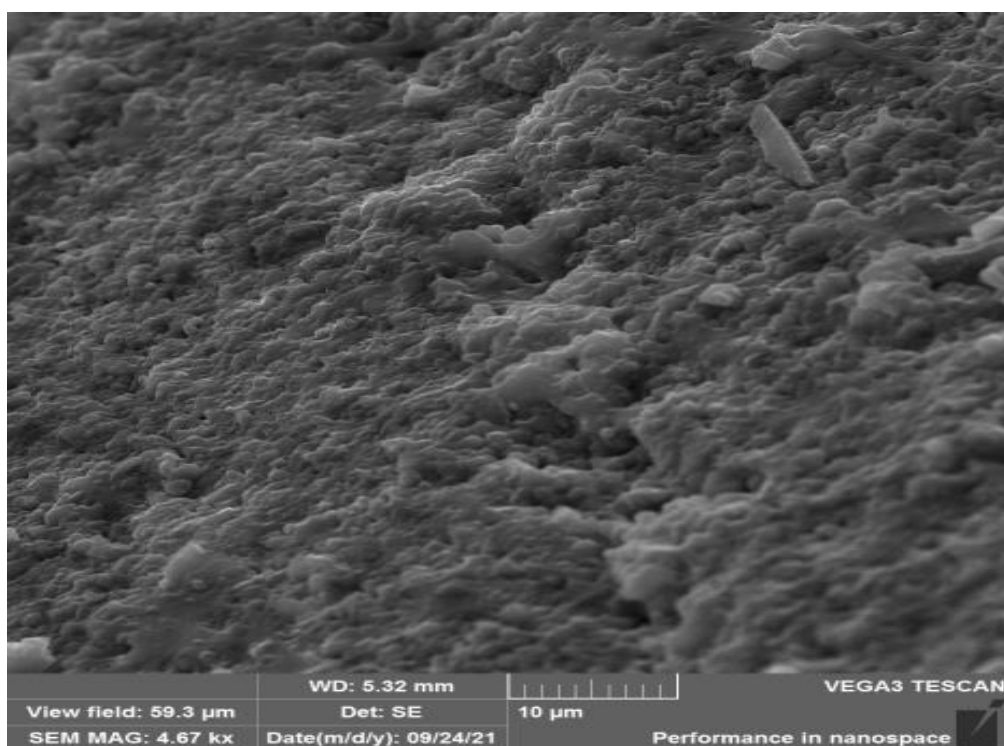


Рисунок 81 – Подгруппа 3 Б, поверхность образца

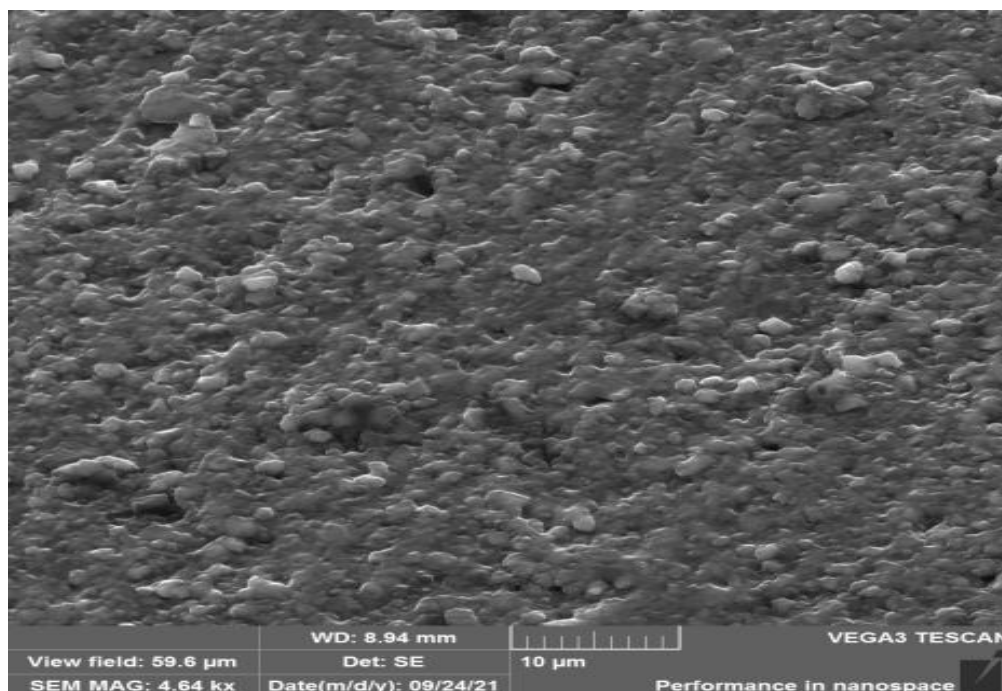


Рисунок 82 – Подгруппа 4 Б, поверхность образца

В подгруппе 3 Б, где полимеризацию поверхностного слоя проводили в анаэробных условиях, после чего поверхностный слой не полировали, поверхность образцов была более грубой, по сравнению с образцами, где применяли полирование поверхности. Частиц пыли поверхность не содержала.

В подгруппе 4 Б, где полимеризацию поверхностного слоя проводили в аэробных условиях, после чего поверхностный слой не полировали, наблюдалась наиболее грубая и шероховатая поверхность образцов по сравнению с образцами других подгрупп этой группы, отмечались следы ингибированного кислородом слоя.

Вторая часть исследования с помощью СЭМ имела целью сравнить образцы группы А с образцами группы Б. В целом, в группе А, где проводился предполимеризационный нагрев композитного пломбировочного материала, при сравнении поверхности образцов, принадлежащих к разным подгруппам этой группы, наблюдались те же закономерности, что и в группе Б, где предполимеризационный нагрев композитного пломбировочного материала не проводили (Рисунки 83, 84, 85, 86).

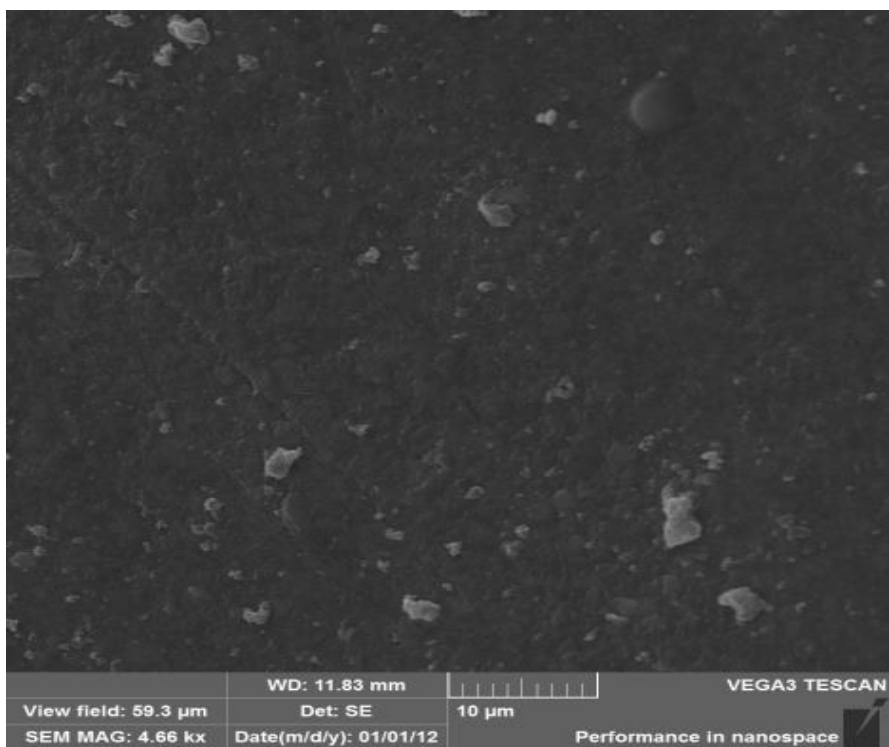


Рисунок 83 – Подгруппа 1 А, поверхность образца

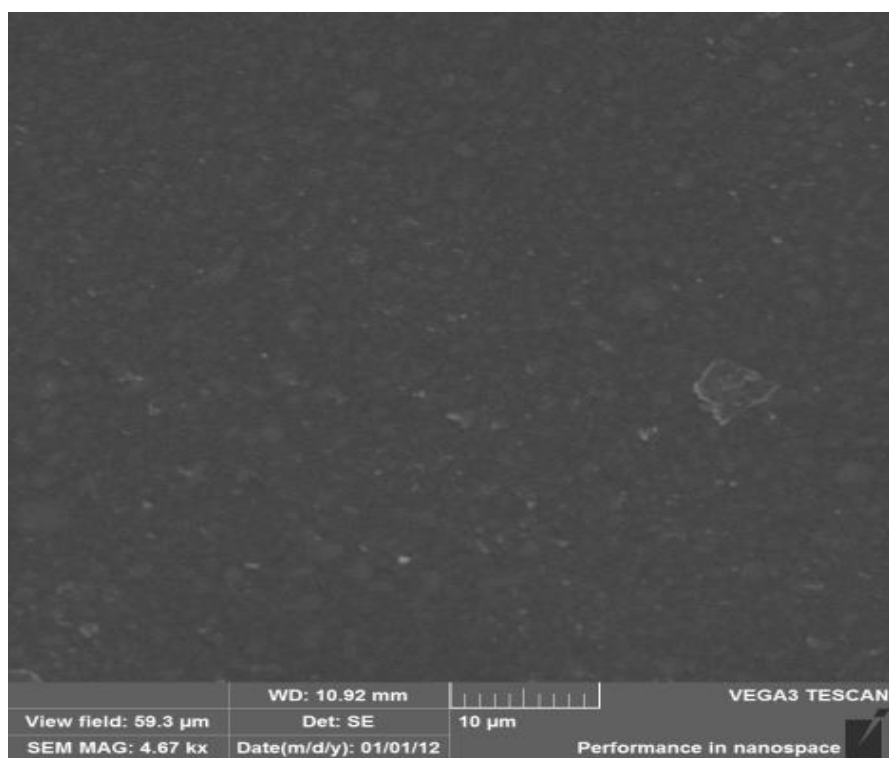


Рисунок 84 – Подгруппа 2 А, поверхность образца

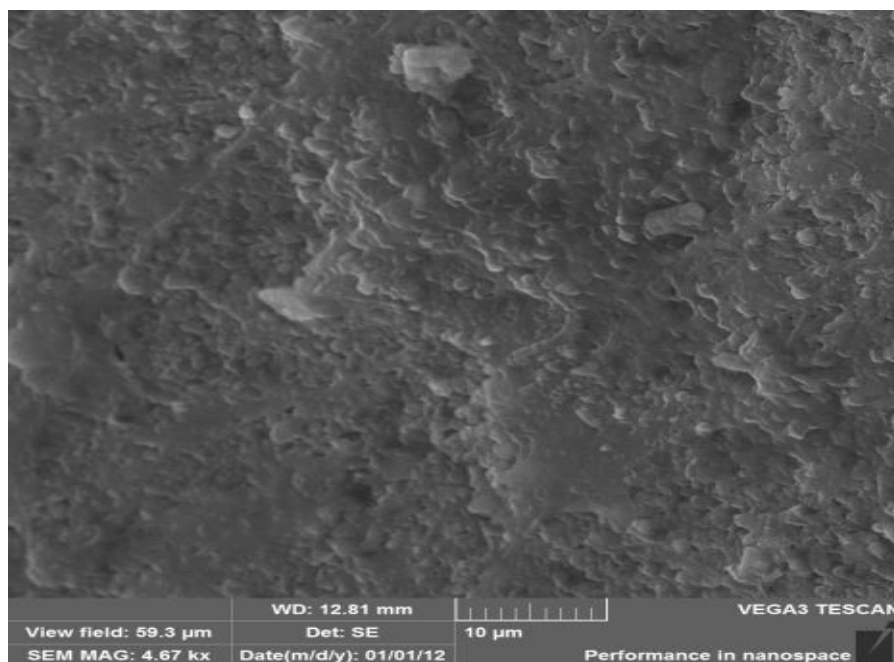


Рисунок 85 – Подгруппа 3 А, поверхность образца

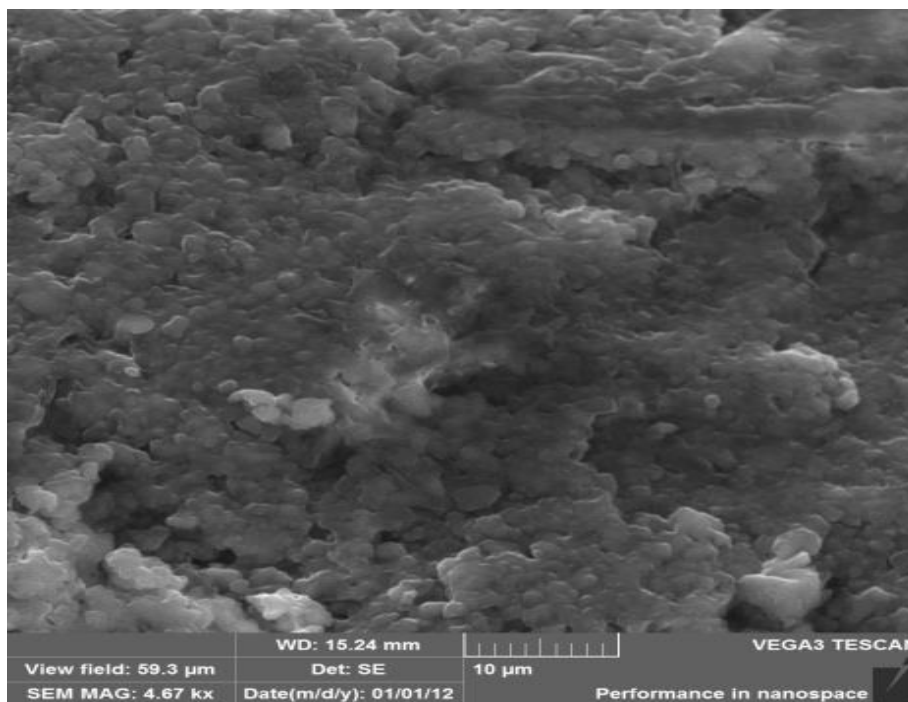


Рисунок 86 – Подгруппа 4 А, поверхность образца

В подгруппах 1 А и 4 А, где полимеризация проводилась в аэробных условиях, имелись следы ингибирования поверхностного слоя кислородом. При этом в подгруппе 4 А наблюдалась наиболее грубая и шероховатая поверхность образцов по сравнению с другими подгруппами этой группы.

В подгруппах 2 А и 3А, где полимеризация проводилась в анаэробных условиях, отсутствовали следы ингибирования слоя кислородом, поверхность образцов

имела менее пористую структуру по сравнению с образцами 1А и 4А, где полимеризацию проводили в аэробных условиях.

На поверхности образцов 1А и 2А, где применяли полирование поверхности, отмечались частицы пыли. Наиболее гладкая поверхность, не имевшая следов ингибирования поверхностного слоя кислородом, наблюдалась в подгруппе 2 А, где полимеризацию поверхностного слоя проводили в анаэробных условиях, после чего поверхностный слой полировали.

Таким образом, в Группе А и в Группе Б наиболее гладкая поверхность наблюдалась в тех подгруппах, где полимеризация проводилась в анаэробных условиях, а затем поверхность образцов полировали, т. е. в подгруппах 2 А и 2 Б. При этом отмечалось, что поверхность образцов Группы 2 А была менее пористой и более гладкой по сравнению с Группой 2 Б.

Результаты количественной оценки шероховатости образцов исследуемых групп представлены в Таблице 8.

Таблица 8 – Шероховатость поверхности образцов (R_a) Группы А и Группы Б

<i>Группа А</i>		<i>Группа Б</i>		P_{A-B}
подгруппа	R_a	подгруппа	R_a	
1 А	$1,63 \pm 0,10$	1 Б	$1,96 \pm 0,02$	$p < 0,05$
2 А	$0,83 \pm 0,01$	2 Б	$1,09 \pm 0,02$	$p < 0,05$
3 А	$1,98 \pm 0,10$	3 Б	$2,07 \pm 0,01$	$p > 0,05$
4 А	$4,00 \pm 0,10$	4 Б	$5,20 \pm 0,61$	$p < 0,05$

Как видно из данных, приведенных в таблице, при сравнении оценки шероховатости между однотипными подгруппами разных групп, наблюдалась достоверная разница ($p < 0,05$). При этом в подгруппах Группы А, где проводили предполимеризационный нагрев композитного пломбировочного материала, по сравнению с группой Б, где предполимеризационный нагрев композитного пломбировочного материала не проводили, поверхность образцов была более гладкой, за исключением подгруппы 3 А и 3 Б, где после полимеризации в анаэробных условиях поли-

рование поверхности не проводили, достоверной разницы между подгруппами выявлено не было ($p > 0,05$). Следует отметить, что при сравнении шероховатости поверхности образцов подгрупп 3 А и 4 А, а также подгрупп 3 Б и 4 Б, отмечались достоверные отличия ($p < 0,05$), т. е. применение анаэробной полимеризации без последующего полирования поверхности по сравнению с аэробной полимеризацией без последующего полирования поверхности приводит к снижению шероховатости поверхности на 50,5% в случае предполимеризационного нагрева материала и на 60,1% при отсутствии предполимеризационного нагрева. Наименьшее значение шероховатости получено в Группе 2 А ($0,83 \pm 0,01$) и 2 Б ($1,09 \pm 0,02$). В этих группах после полимеризации в анаэробных условиях проводили полирование поверхностей образцов. При этом, шероховатость поверхности образцов в подгруппе 2 А была достоверно ниже по сравнению с Группой 2 Б ($p < 0,05$).

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что фотополимеризация поверхностного слоя реставраций в анаэробных условиях предотвращает ингибирование процесса полимеризации кислородом, в результате чего поверхность реставрации становится менее пористой и шероховатой. Наиболее гладкая поверхность реставрации, проведенной с использованием композитного материала светового отверждения, наблюдается в тех случаях, когда материал поверхностного слоя реставрации перед полимеризацией нагревают до 55°C , а полимеризацию проводят в анаэробных условиях, после чего поверхность реставрации полируют.

3.3.5. Результаты исследования эффективности сохранения жизнеспособности пульпы при пломбировании зубов с глубокими кариозными полостями различными способами

В первые две недели после лечения у двух пациентов первой группы и трех пациентов второй группы отмечались жалобы на усиление интенсивности и продолжительности боли от температурных раздражителей, появление самопроизвольных и ночных болей в области запломбированного зуба. Электровозбудимость

этих зубов находилась в диапазоне от 32 мкА до 46 мкА. Этим больным был поставлен диагноз K04.01 – Острый пульпит. Проведено депульпирование этих зубов и соответствующее эндодонтическое лечение.

В течение полугода после лечения по одному пациенту из первой, второй и третьей групп предъявляли жалобы на наличие дискомфорта в области вылеченного зуба, периодически появляющиеся ноющие боли, усиливающиеся в ночное время. Показания электроодонтодиагностики данных зубов находились в диапазоне от 39 мкА до 55 мкА. Этим больным был поставлен диагноз K04.03 – Хронический пульпит. Проведено депульпирование этих зубов и соответствующее эндодонтическое лечение.

У пациента второй группы эндодонтическое лечение было проведено через 2,5 месяца после пломбирования глубокой кариозной полости, у пациента первой группы через 3 месяца, у пациента третьей группы через 6 месяцев.

У остальных пациентов всех исследуемых групп в отдаленные сроки после лечения жалобы отсутствовали. Через 2 года после лечения электровозбудимость зубов находилась в диапазоне от 9 мкА до 22 мкА. При обследовании рецидивов кариеса, нарушений краевого прилегания реставраций и пигментации их краев не наблюдалось.

Сохранение жизнеспособности пульпы при лечении зубов с глубокими кариозными полостями удалось добиться у 90% пациентов первой группы, у 87% больных второй группы, у 97% пациентов третьей группы и у всех больных (100%) четвертой группы (Рисунок 87).

Следует отметить, что во всех случаях развитие необратимых форм пульпита как в ближайшие, так и в отдаленные сроки после лечения, при препарировании кариозных полостей, где толщина дентина в области дна кариозной полости была меньше 2 мм, не удавалось добиться полного удаления плотного пигментированного дентина со дна кариозной полости из-за высокого риска вскрытия полости зуба. При этом, электровозбудимость данных зубов до лечения составляла 20–25 мкА.

Таким образом, необратимые формы пульпита чаще всего наблюдались у пациентов первой и второй групп, где при лечении зубов с глубокими кариозными полостями прокладки из Триоксидента не использовали.

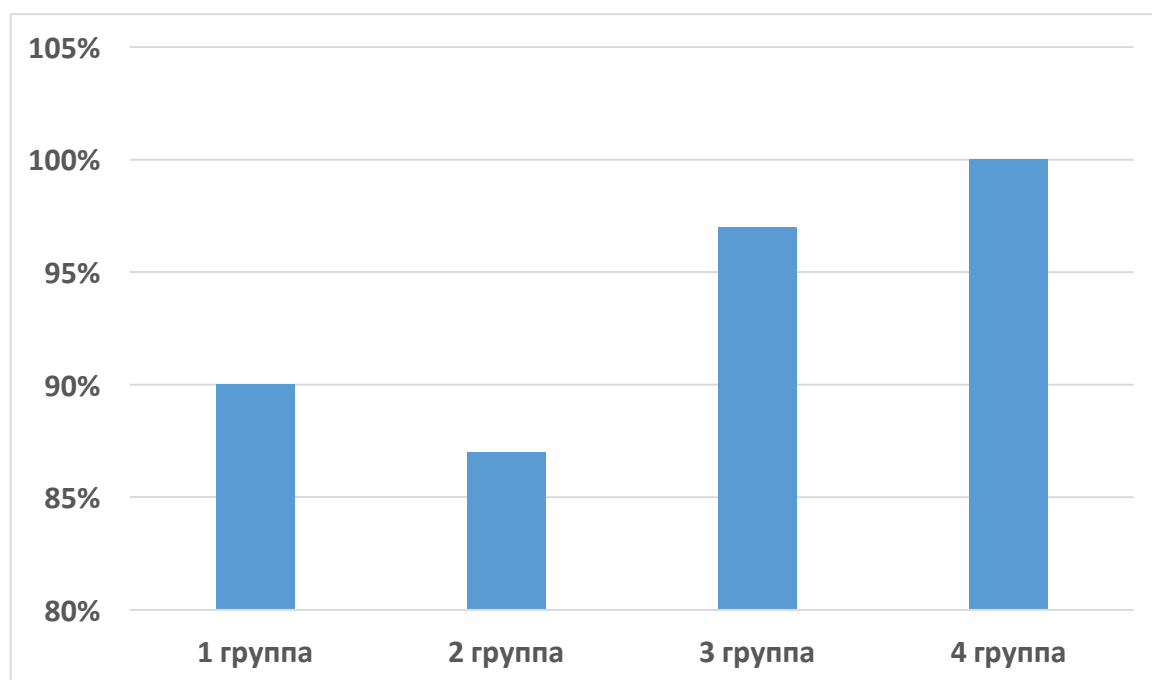


Рисунок 87 – Количество больных в группах (%), у которых была сохранена жизнеспособность пульпы зуба

Существенного влияния на развитие необратимых форм пульпита использование водного или спиртового раствора хлоргексидина на этапах пломбирования не отмечалось. В первой и во второй группах чаще наблюдался острый пульпит, развивавшийся в ближайшие сроки после пломбирования, по сравнению с хроническим пульпитом, который развивался в отдаленные сроки после лечения.

В третьей и четвертой группах, где при лечении зубов с глубокими кариозными полостями использовали прокладки из Триоксидента, результаты лечения были значительно более успешными, чем в первой и второй группах. Только у одного пациента третьей группы через 6 месяцев после лечения развился хронический пульпит. У остальных пациентов третьей и четвертой групп удалось сохранить жизнеспособность пульпы.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что при гиперемии пульпы, в тех случаях, когда толщина дентина в области дна кариозной полости составляет

менее 2 мм, при пломбировании зуба светокомпозитным материалом с использованием адгезивной системы V поколения, несмотря на двукратное нанесение однокомпонентного адгезива на дентин (техника двойного бондинга), при отсутствии прокладки из трикальцийсиликатного цемента велик риск развития необратимых форм пульпита.

Таким образом, при пломбировании зубов с глубокими кариозными полостями светокомпозитными материалами, при показаниях электроодонтодиагностики до лечения выше 19 мкА, когда невозможно полностью удалить плотный пигментированный дентин со дна кариозной полости из-за высокого риска вскрытия полости зуба, для сохранения жизнеспособности пульпы следует использовать прокладки из трикальцийсиликатного цемента.

Подводя итог исследований данного раздела, посвященного оптимизации лечебных мероприятий при кариесе зубов, можно сделать вывод, что для повышения эффективности лечения кариеса, на этапах его лечения необходимо применять:

- воздушно-абразивное препарирование кариозных полостей, увеличивающего шероховатость поверхности эмали и дентина, что способствует повышению адгезии пломбировочного материала;
- протравливание дентина с помощью геля на основе 5%-й малеиновой кислоты с динамической активацией, являющегося оптимальным и безопасным способом проведения этой процедуры;
- 2%-й водный или спиртовой раствор хлоргексидина для инактивации матриксных металлопротеиназ в дентине как витальных, так и депульпированных зубов;
- предполимеризационный нагрев композитного материала светового отверждения для улучшения его механических свойств;
- полимеризацию поверхностного слоя композитного материала светового отверждения в анаэробных условиях для улучшения снижения пористости поверхности из-за ингибирования процесса полимеризации кислородом;
- прокладки из трикальцийсиликатного цемента при лечении гиперемии пульпы для повышения эффективности сохранения жизнеспособности пульпы зуба.

3.4. Результаты исследования эффективности способов оптимизации этапов эндодонтического лечения

3.4.1. Результаты исследования растворяющего действия сольвентов на основе различных эфирных масел

В результате определения коэффициента поверхностного натяжения исследуемых эфирных масел были получены следующие результаты:

- апельсиновое $29,1 \pm 2,4$ мН/м;
- мятное $43,0 \pm 2,3$ мН/м;
- грейпфрутовое $26,0 \pm 2,4$ мН/м;
- эвкалиптовое $45,9 \pm 2,6$ мН/м;
- гвоздичное $31,6 \pm 2,6$ мН/м.

Установлено, что наименьшим коэффициентом поверхностного натяжения обладают грейпфрутовое и апельсиновое эфирные масла. При этом, коэффициент поверхностного натяжения грейпфрутового масла был достоверно ниже ($p < 0,05$) по сравнению с другими маслами, за исключением апельсинового масла ($p > 0,05$).

Результаты исследования представлены на Рисунке 88.

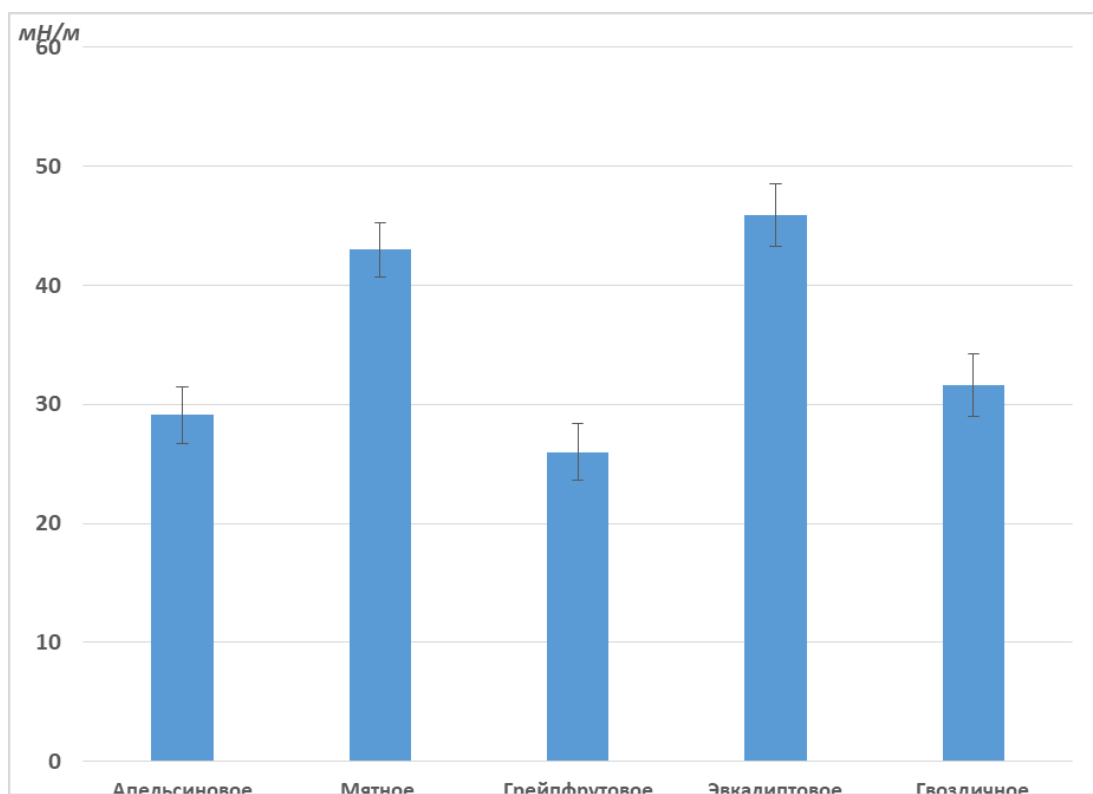


Рисунок 88 – Коэффициент поверхностного натяжения исследуемых эфирных масел

При исследовании растворяющего действия эфирных масел в отношении силера на основе оксида цинка и эвгенола и силера на основе эпоксидной смолы, все исследуемые масла показали одинаковую эффективность растворяющего действия. К 10 минуте исследования силеры Гуттасилер и Adseal полностью растворялись во всех исследуемых маслах. При этом, преимущество какого-либо из эфирных масел по сравнению с другими маслами обнаружено не было ($p > 0,05$).

Иная картина наблюдалась при исследовании эффективности растворяющего действия масел в отношении гуттаперчевого филлера.

Полное растворение гуттаперчи в исследуемых эфирных маслах наблюдалось в следующие временные промежутки:

- апельсиновое $74,5 \pm 4,50$ с;
- мятное $99,5 \pm 5,25$ с;
- грейпфрутовое $65 \pm 5,25$ с;
- эвкалиптовое $84,5 \pm 4,50$ с;
- гвоздичное $91,5 \pm 4,75$ с.

Наибольшая эффективность растворяющего действия в отношении гуттаперчи наблюдалась у грейпфрутового и апельсинового эфирных масел. При этом, скорость полного растворения гуттаперчевого филлера в грейпфрутовом масле по сравнению с другими маслами была достоверно выше ($p < 0,05$), за исключением апельсинового масла ($p > 0,05$).

Результаты исследования растворяющего действия эфирных масел в отношении гуттаперчи представлены на Рисунке 89.

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что при выборе растворителей на основе эфирных масел нужно отдавать предпочтение растворителям на основе грейпфрутового и апельсинового масел. Эти эфирные масла одинаково эффективны при растворении силеров как на основе оксида цинка и эвгенола, так и на основе эпоксидной смолы, по сравнению с другими маслами, но обладают большей эффективностью при растворении гуттаперчевых филлеров. Следует помнить, что апельсиновое и грейпфрутовое масла обладают меньшим коэффициентом поверхностного натяжения по сравнению с другими маслами, т.е. эти

масла обладают большей смачивающей способностью и могут в большей степени растекаться по поверхности, образуя масляную пленку. Это относится и к поверхности дентина корня зуба. После использования данных видов сольвентов необходимо проводить тщательную ирригацию корневых каналов, используя растворы, обладающие повышенной моющей способностью в отношении указанных эфирных масел.

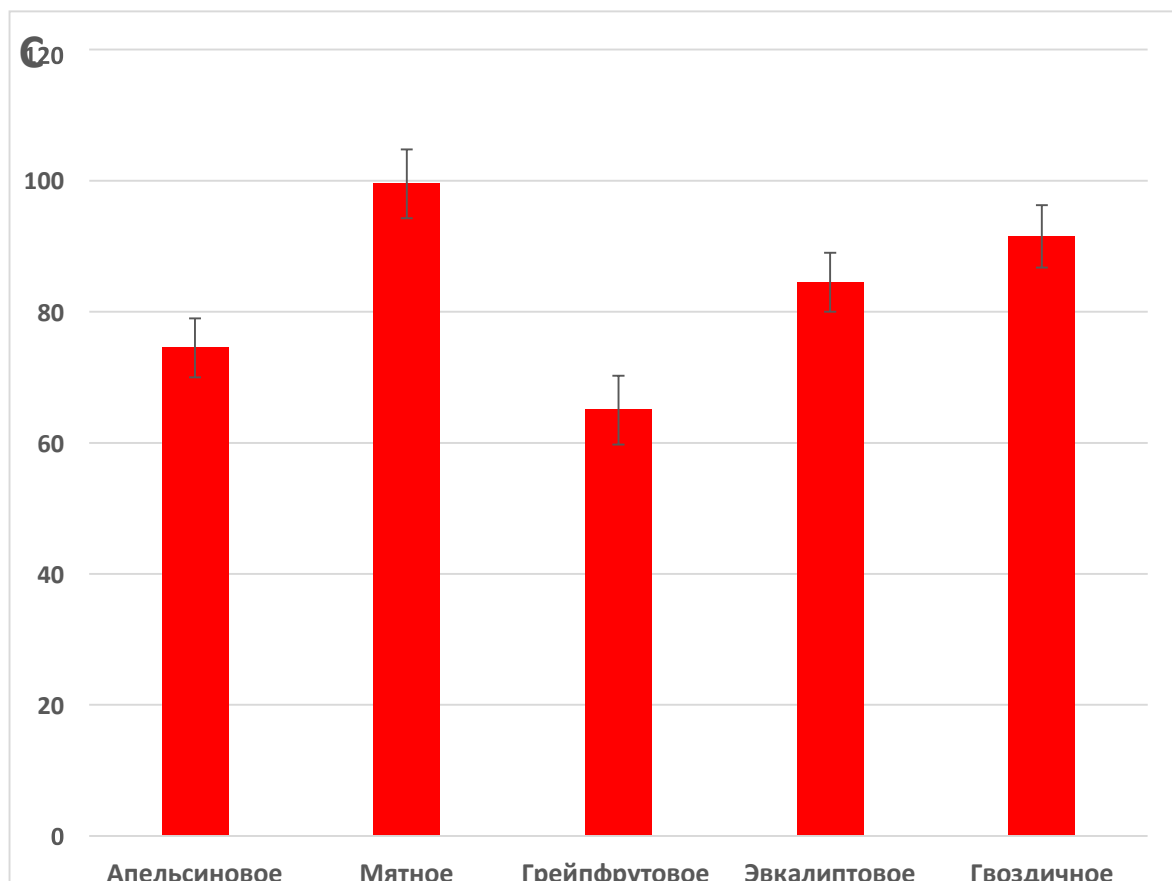


Рисунок 89 – Продолжительность полного растворения гуттаперч в исследуемых эфирных маслах

3.4.2. Исследование моющей способности растворов гипохлорита натрия разной концентрации и температуры

В результате определения коэффициента поверхностного натяжения ненагретой мицеллярной воды и ненагретых растворов гипохлорита натрия были получены следующие результаты:

- Мицеллярная вода $40,1 \pm 3,4$ мН/м;
- NaOCL 5% $59, \pm 2,5$ мН/м;
- NaOCL 3,25% $56,8 \pm 4,2$ мН/м;

– NaOCL 1% $53,3 \pm 3,9$ мН/м.

Коэффициент поверхностного натяжения мицеллярной воды был достоверно ниже коэффициентов поверхностного натяжения ненагретых растворов гипохлорита натрия разных концентраций ($p < 0,05$). Со снижением концентрации раствора гипохлорита натрия наблюдалась тенденция к снижению коэффициента поверхностного натяжения ($p > 0,05$).

Коэффициент поверхностного натяжения 1%-го раствора гипохлорита натрия, нагретого до 45°C , составил $47,1 \pm 2,5$ мН/м. Хотя коэффициент поверхностного натяжения 1%-го раствора гипохлорита натрия, нагретого до 45°C , был достоверно выше коэффициента поверхностного натяжения мицеллярной воды ($p < 0,05$), но он был достоверно ниже коэффициентов поверхностного натяжения ненагретых растворов гипохлорита натрия, в том числе 1%-го раствора ($p < 0,05$).

Результаты определения коэффициента поверхностного натяжения мицеллярной воды и исследуемых растворов гипохлорита натрия представлены на Рисунке 90.

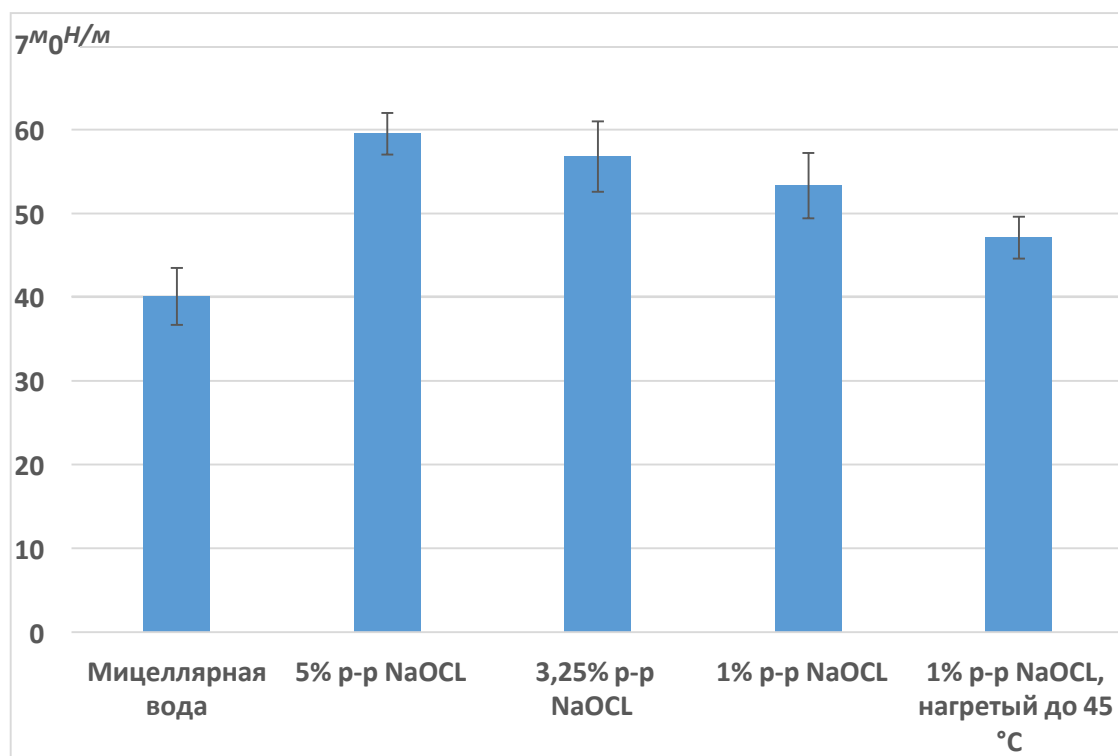


Рисунок 90 – Коэффициент поверхностного натяжения мицеллярной воды и исследуемых растворов гипохлорита натрия

Таким образом, при нагреве до 45 °С 1%-го раствора гипохлорита натрия наблюдается достоверное снижение коэффициента поверхностного натяжения этого раствора ($p < 0,05$).

При исследовании моющей способности исследуемых растворов гипохлорита натрия в отношении апельсинового и грейпфрутового эфирных масел было отмечено, что при взаимодействии разных масел с одним и тем же исследуемым раствором наблюдаются однотипные реакции.

При взаимодействии ненагретых 5%-го и 3,25%-го растворов гипохлорита натрия с грейпфрутовым и апельсиновым эфирными маслами отмечалось, что масляная пленка, в результате действия сил поверхностного натяжения, деформировалась и, разрушаясь, образовывала крупные масляные капли в середине, которые обволакивались раствором гипохлорита натрия, при этом сохранялось наружное масляное кольцо, имеющее неравномерное очертание (Рисунок 91).

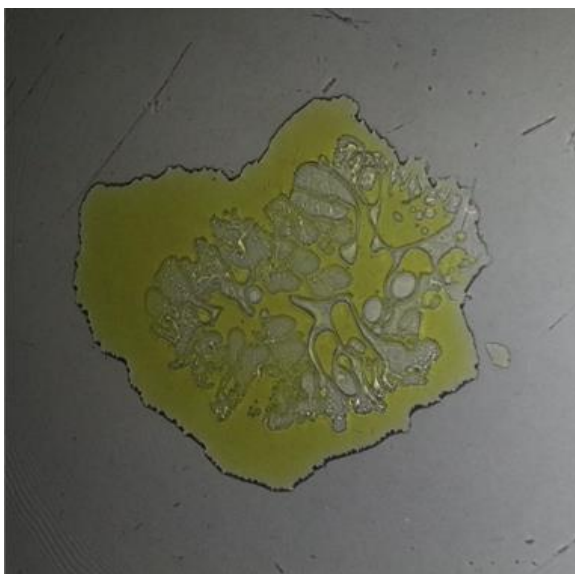


Рисунок 91 – Реакция грейпфрутового эфирного масла с 5%-м раствором гипохлорита натрия

Под действием ненагретого 1%-го раствора гипохлорита натрия масляная пленка, разрушаясь, образовывала более мелкие масляные капли в середине, которые обволакивались 1%-м раствором гипохлорита натрия, при этом оставалось наружное плотное масляное кольцо (Рисунок 92).



Рисунок 92 – Реакция апельсинового эфирного масла с ненагретым 1%-м раствором гипохлорита натрия

Под действием 1%-го раствора гипохлорита натрия, нагретого до 45 °С, наблюдалась картина, имеющая наибольшее сходство с результатами взаимодействия мицеллярной воды с эфирными маслами (Рисунок 93).



Рисунок 93 – Реакция апельсинового эфирного масла с мицеллярной водой При

взаимодействии эфирных масел с мицеллярной водой, под действием поверхностно активных веществ, снижалось поверхностное натяжение и повышалась смачиваемость, образуя гидрофилизацию капель масла, что препятствовало их сливанию.

Под действием 1%-го раствора гипохлорита натрия, нагретого до 45 °С, масляная пленка быстро нагревалась и, разрушаясь, образовывала мелкие масляные капли, которые обволакивались 1%-м раствором гипохлорита натрия, а наружное масляное кольцо при этом разрушалось (Рисунок 94).

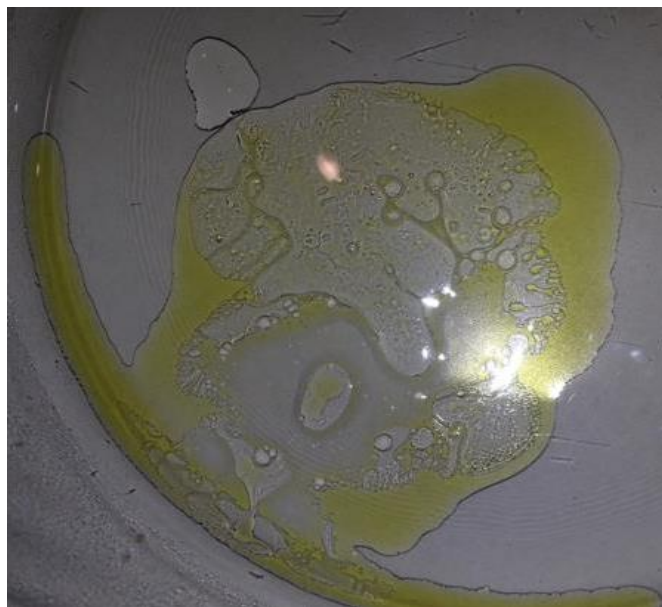


Рисунок 94 – Реакция апельсинового эфирного масла с 1%-м раствором гипохлорита натрия, нагретого до 45 °С

Таким образом, результаты исследования показали, что при снижении коэффициента поверхностного натяжения гипохлорита натрия увеличивается его моющая способность. Нагревание 1%-го раствора гипохлорита натрия до 45 °С снижает коэффициент его поверхностного натяжения и увеличивает моющую способность в отношении грейпфрутового и апельсинового эфирных масел. При повторном эндодонтическом лечении, при использовании сольвентов на основе, указанных выше, масел, ирригацию корневых каналов следует проводить 1% раствором гипохлорита натрия, нагретым до 45 °С.

3.4.3. Результаты комплексного исследования износостойкости никель-титановых эндодонтических инструментов

Результаты испытаний никель-титановых эндодонтических файлов представлены в Таблице 9.

Таблица 9 – Результаты испытаний никель-титановых эндодонтических инструментов на износостойкость

<i>Производитель</i>	<i>Файл</i>	<i>Количество пройденных каналов</i>	<i>Количество циклов</i>	<i>Время функционирования, минут</i>	<i>Количество оборотов, тысяч</i>
Coxo sc pro	02/19	6±0	2±0	3,8±0,2	1,3±0,1
Coxo sc pro	04/20	5,7±0,6	1,7±0,6	3,4±0,2	1,2±0,1
Coxo sc pro	04/25	5,7±0,6	1,7±0,6	3,4±0,2	1,2±0,1
Coxo sc pro	04/35	5,7±0,6	1,7±0,6	3,4±0,2	1,2±0,1
Coxo sc pro	06/25	4,7±0,6	1±0	2,8±0,2	1±0,1
Mtwo	10/04	6±0	2±0	3,6±0,1	1±0
Protaper gold	F1	6,7±0,6	2±0	4,1±0,2	1,2±0,1
Protaper gold	F2	5,7±0,6	1,7±0,6	3,4±0,2	1±0,1
Protaper gold	F3	5,3±0,6	1,3±0,6	3,3±0,1	1±0
Protaper gold	S1	11±0	3±0	6,9±0,2	2,1±0
Protaper gold	S2	5,3±0,6	1,3±0,6	3,3±0,2	1±0,1
Protaper next	X1	6±0	2±0	3,5±0,1	1±0
S-flexi	04/20	7±0	2±0	4,5±0,1	1,8±0
S-flexi	04/25	16±0	4±0	10,5±0,2	4,2±0,1
S-flexi	04/30	36±0	8±0	23,8±0,2	9,5±0,1
S-flexi	04/35	22,3±0,6	5±0	14,6±0,2	5,8±0,1
S-flexi	06/25	21±0	5±0	13,8±0,2	5,5±0,1

Как видно из данных, приведенных в Таблице 9 и диаграммах (Рисунок 95), наилучшие показатели износостойкости были получены у инструментов S-flexi. Количество пройденных каналов варьировало от 36 до 16, а количество циклов от 8 до 4. Исключение из этой группы составил инструмент S-flexi 04/20, где количество пройденных каналов было 7, а циклов, включавших механическую нагрузку, химическое и термическое воздействия, 2. По сравнению с другими исследуемыми файлами хорошо зарекомендовал себя инструмент Protaper Gold S1, где количество пройденных каналов составило 11, а количество циклов 3. Из всех инструментов мартенситной фазы наименьшую износостойкость показали инструменты произво-

дителя Coxo SC Pro, количество пройденных каналов от 6 до 4,7, количество циклов от 1,3 до 1. По своей устойчивости к механической нагрузке в искривленных каналах эти инструменты сопоставимы с инструментами аустенитной фазы, а некоторые даже уступают им, что противоречит ожидаемым результатам.



Рисунок 95-а – Диаграмма, отображающая степень устойчивости исследуемых инструментов к механической нагрузке по количеству пройденных каналов (среднее значение для группы, N = 3)

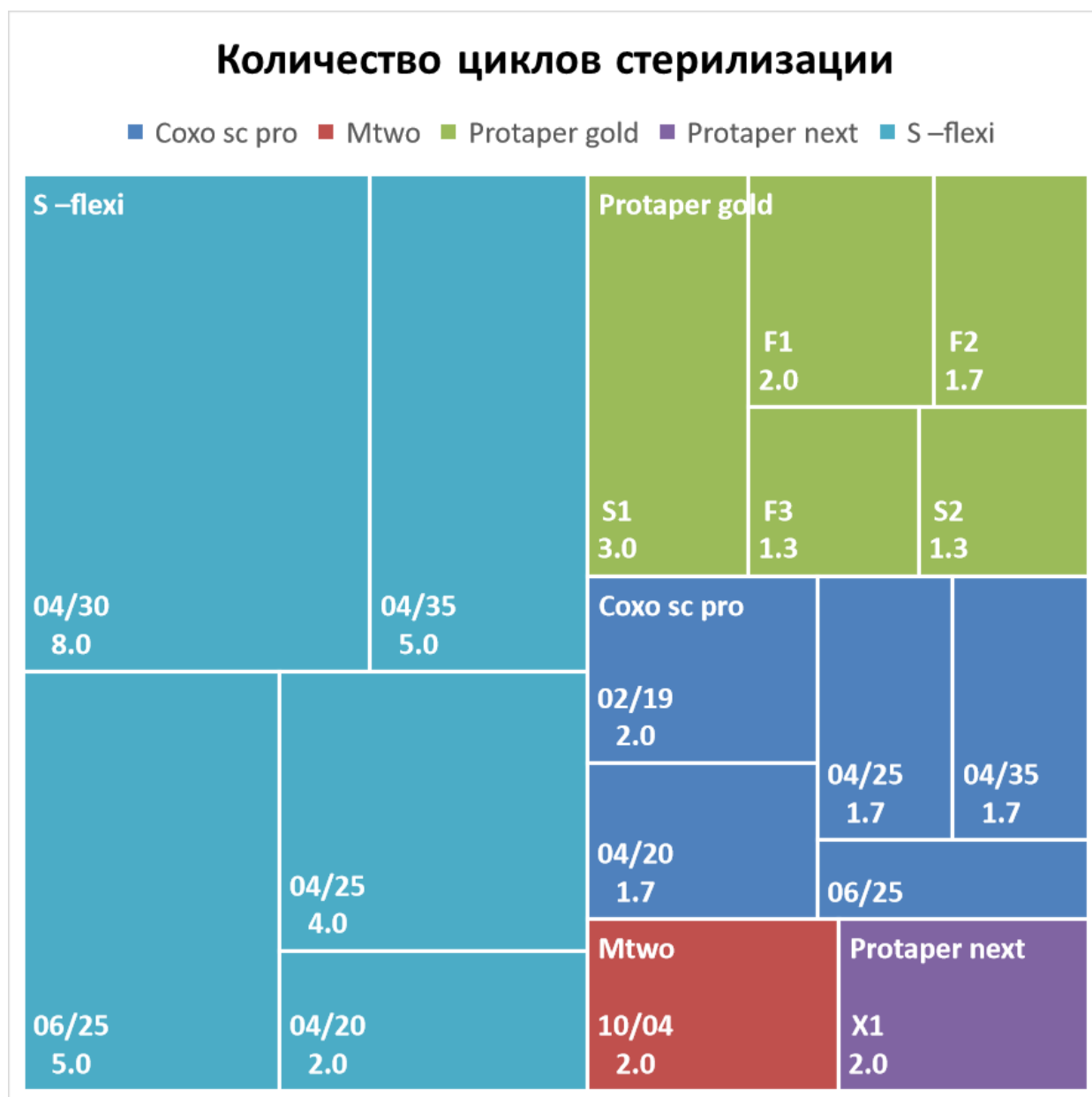


Рисунок 95-б – Диаграмма, отображающая степень устойчивости исследуемых инструментов к термической и химической нагрузкам по количеству пройденных циклов стерилизации (среднее значение для группы, N = 3)

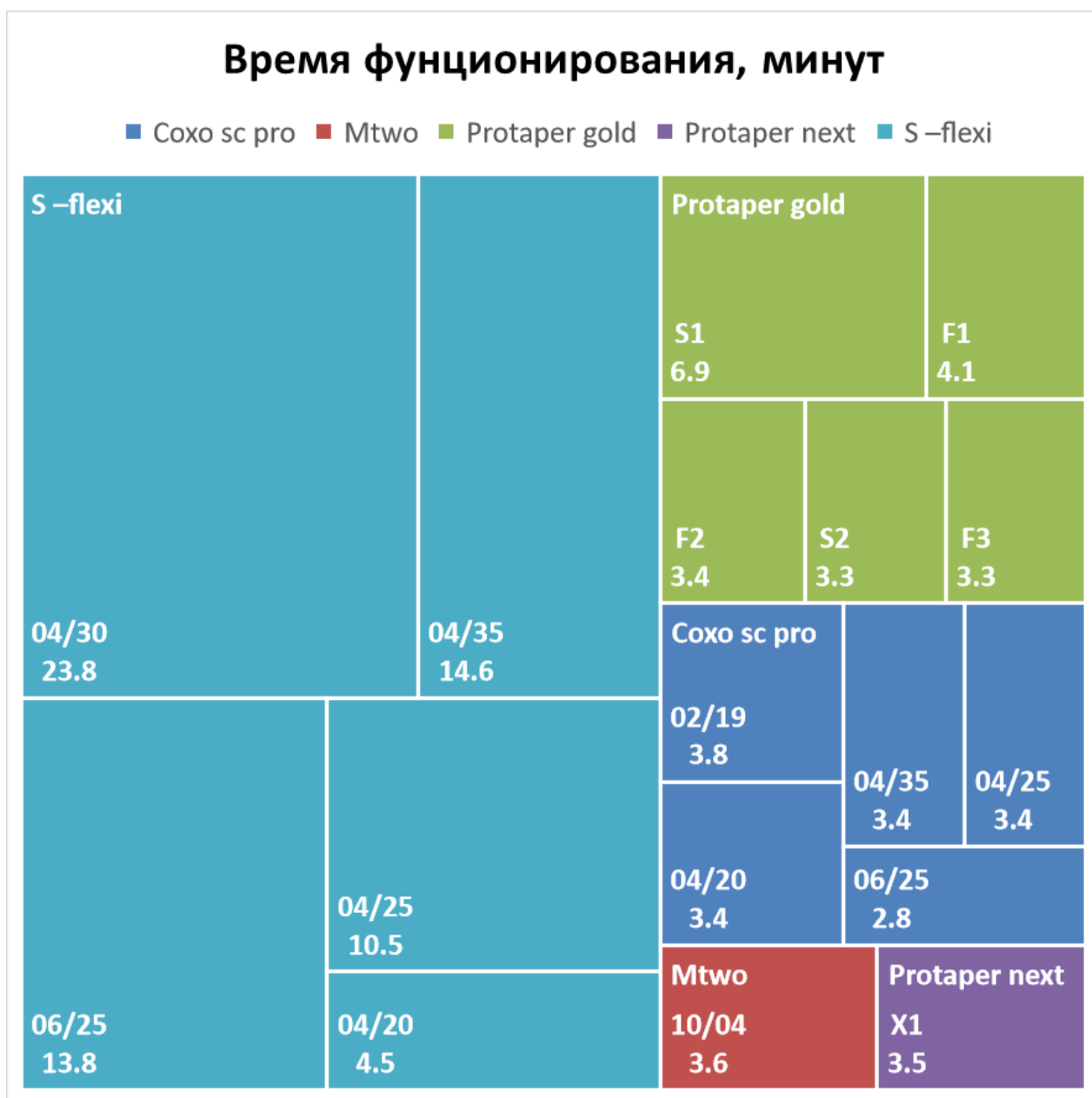


Рисунок 95-в – Диаграмма, отображающая степень устойчивости исследуемых инструментов к нагрузкам по времени функционирования инструментов до момента отлома (среднее значение для группы, N = 3)

Результаты рентгеноспектрального анализа поверхности никель-титановых инструментов до испытания на износостойкость и после их поломки в ходе испытаний представлены в Таблице 10.

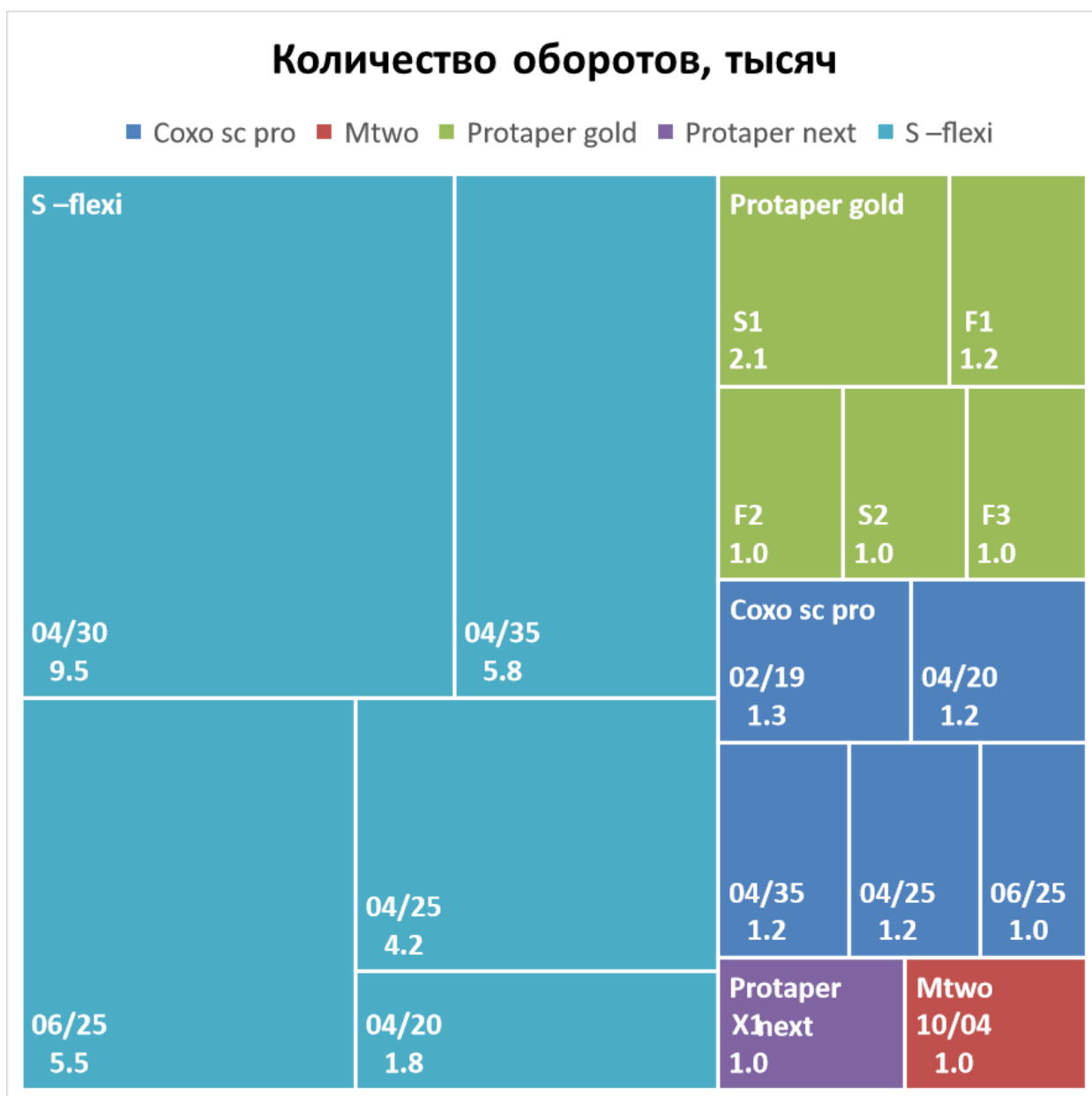


Рисунок 95-г– Диаграмма, отображающая степень устойчивости исследуемых инструментов к нагрузке по количеству оборотов, сделанных инструментом до отлома (среднее значение для группы, N = 3)

Таблица 10 – Результаты рентгеноспектрального анализа поверхности никель-титановых инструментов

Доля	Инструмент	Элемент	Время наблюдения	Min	Q1	M	Q3	Max	n
at	protaper next x1	Al	До	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	3
		Al	После	7,8	7,8	7,9	7,9	7,9	3
		Si	До	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	3
		Si	После	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	3
		Ti	До	47,8	47,8	47,8	47,8	47,8	3
		Ti	После	45,9	46,2	46,4	46,6	46,9	3
		Ni	До	47,1	47,1	47,1	47,1	47,1	3
		Ni	После	45,6	45,6	45,6	45,6	45,6	3

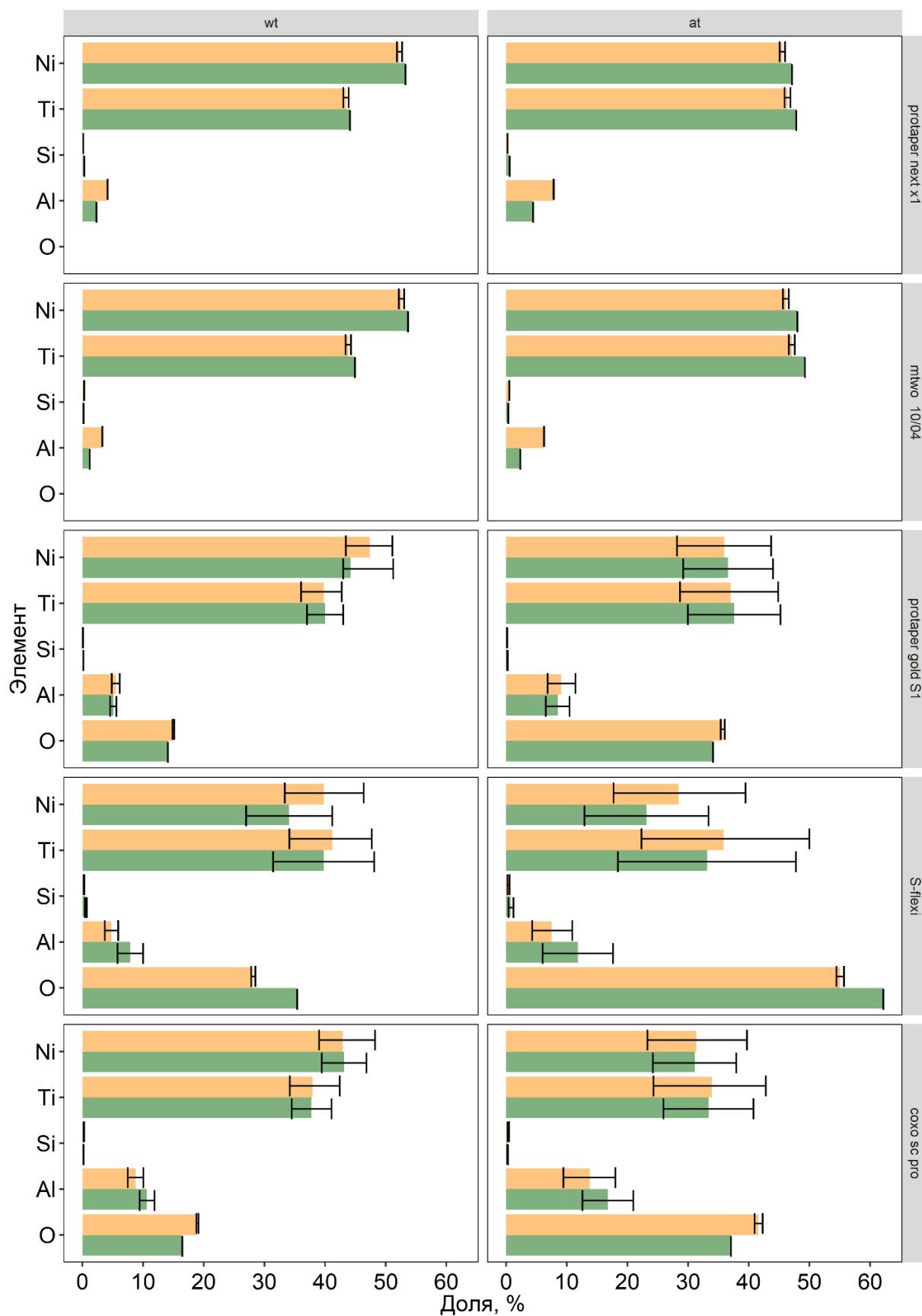
Продолжение таблицы 10

Доля	Инструмент	Элемент	Время наблюдения	Min	Q1	M	Q3	Max	n
at	mtwo 10/04	Al	До	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	3
		Al	После	6,2	6,3	6,3	6,3	6,3	3
		Si	До	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	3
		Si	После	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	3
		Ti	До	49,3	49,3	49,3	49,3	49,3	3
		Ti	После	46,6	46,9	47,1	47,3	47,6	3
		Ni	До	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	3
		Ni	После	45,6	45,9	46,1	46,4	46,6	3
	protaper gold S1	O	До	34,1	34,1	34,1	34,1	34,1	3
		O	После	35,4	35,5	35,7	35,9	36,1	3
		Al	До	6,6	6,6	8,5	10,5	10,5	6
		Al	После	6,8	6,9	9,1	11,3	11,4	6
		Si	До	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	6
		Si	После	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	6
		Ti	До	30,0	30,0	37,6	45,2	45,2	6
		Ti	После	28,7	29,0	37,0	44,8	44,9	6
		Ni	До	29,2	29,2	36,6	44,0	44,0	6
		Ni	После	28,2	28,3	36,0	43,6	43,7	6
	S-flexi 04/30	O	До	62,2	62,2	62,2	62,2	62,2	3
		O	После	54,5	54,8	55,1	55,4	55,7	3
		Al	До	6,0	6,0	11,8	17,6	17,6	6
		Al	После	4,3	4,4	7,5	10,7	10,9	6
		Si	До	0,4	0,4	0,8	1,2	1,2	6
		Si	После	0,2	0,2	0,4	0,6	0,6	6
		Ti	До	18,4	18,4	33,1	47,8	47,8	6
		Ti	После	22,3	22,5	35,9	49,4	50,0	6
		Ni	До	12,9	12,9	23,2	33,4	33,4	6
		Ni	После	17,7	17,9	28,4	39,1	39,5	6
	сохо sc pro 04/30	O	До	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1	3
		O	После	41,0	41,3	41,6	41,9	42,3	3
		Al	До	12,6	12,6	16,8	21,0	21,0	6
		Al	После	9,5	9,9	13,8	17,8	18,0	6
		Si	До	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	6
		Si	После	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	6
		Ti	До	25,9	25,9	33,4	40,8	40,8	6
		Ti	После	24,3	25,3	34,0	42,3	42,8	6
		Ni	До	24,2	24,2	31,1	37,9	37,9	6
		Ni	После	23,3	23,6	31,4	39,2	39,7	6
wt	protaper next x1	Al	До	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	3
		Al	После	4,1	4,1	4,1	4,2	4,2	3
		Si	До	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	3
		Si	После	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	3
		Ti	До	44,1	44,1	44,1	44,1	44,1	3
		Ti	После	43,0	43,2	43,5	43,7	43,9	3
		Ni	До	53,3	53,3	53,3	53,3	53,3	3
		Ni	После	51,9	52,1	52,3	52,5	52,7	3

Продолжение таблицы 10

Доля	Инструмент	Элемент	Время наблю- дения	Min	Q1	M	Q3	Max	n
wt	mtwo 10/04	Al	До	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	3
		Al	После	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3
		Si	До	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	3
		Si	После	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	3
		Ti	До	44,9	44,9	44,9	44,9	44,9	3
		Ti	После	43,4	43,6	43,8	44,1	44,3	3
		Ni	До	53,7	53,7	53,7	53,7	53,7	3
		Ni	После	52,2	52,4	52,6	52,8	53,0	3
	protaper gold S1	O	До	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	3
		O	После	14,9	14,9	15,0	15,1	15,1	3
		Al	До	4,6	4,6	5,1	5,6	5,6	6
		Al	После	4,8	4,9	5,5	6,1	6,2	6
		Si	До	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	6
		Si	После	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	6
		Ti	До	37,0	37,0	40,0	43,0	43,0	6
		Ti	После	36,1	36,5	39,8	42,7	42,8	6
		Ni	До	43,0	44,2	44,2	49,5	51,2	6
		Ni	После	43,4	43,6	47,4	51,0	51,1	6
	S-flexi 04/30	O	До	35,4	35,4	35,4	35,4	35,4	3
		O	После	27,8	28,0	28,2	28,3	28,5	3
		Al	До	5,8	5,8	7,9	10,0	10,0	6
		Al	После	3,7	3,8	4,8	5,8	5,9	6
		Si	До	0,4	0,4	0,6	0,7	0,7	6
		Si	После	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	6
		Ti	До	31,4	31,4	39,8	48,1	48,1	6
		Ti	После	34,1	34,5	41,2	47,6	47,7	6
		Ni	До	27,0	27,0	34,1	41,2	41,2	6
		Ni	После	33,4	33,5	39,8	46,2	46,4	6
	сохо sc pro 04/30	O	До	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	3
		O	После	18,8	18,9	19,0	19,1	19,1	3
		Al	До	9,4	9,4	10,7	11,9	11,9	6
		Al	После	7,5	7,6	8,7	9,9	10,1	6
		Si	До	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	6
		Si	После	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	6
		Ti	До	34,5	34,5	37,8	41,1	41,1	6
		Ti	После	34,2	34,2	37,9	41,9	42,4	6
		Ni	До	39,5	39,5	43,1	46,8	46,8	6
		Ni	После	39,0	39,0	42,9	47,5	48,2	6

Примечание – Значения представляют собой атомарную долю (%) – at или массовую долю (%) – wt. Min – минимум, Q1 – первый квартиль, M – медиана, Q3 – третий квартиль, Max – максимум, n – количество наблюдений



Примечание – Левая граница планки погрешностей показывает значение минимума (Min), длина столбца – медиану (M), правая граница планки погрешностей – значение максимума (Max). Зеленым цветом отмечены данные, полученные до нагрузки, Оранжевым – после нагрузки. Атомарная доля (%) – at, массовая доля (%) – wt.

Рисунок 96 – Гистограмма по данным элементного анализа

В поверхностном слое никель-титановых инструментов мартенситной фазы до проведения испытаний обнаруживалось наличие кислорода, содержание (wt, %) которого в инструментах Protaper gold S1 составляло 14,1, S-flexi 04/30 – 35,4, Сохо sc pro 04/30 – 16,5, при этом у инструментов аустенитной фазы Protaper next x1, Mtwo 10/04 наличие кислорода в поверхностном слое не зафиксировано.

Содержание алюминия в поверхностном слое после проведения испытаний в инструментах мартенситной фазы S-flexi 04/30 и Сохо sc pro 04/30 снижалось.

У инструмента Protaper gold S1 содержание алюминия существенно не менялось, в образцах аустенитной фазы Protaper next x1 и Mtwo 10/04 количество алюминия в поверхностном слое увеличивалось.

Соотношение титана к никелю в процессе испытаний менялось у S-flexi 04/30, у остальных исследуемых инструментов изменения были незначительными. Содержание кислорода в поверхностном слое после испытаний в образцах Protaper gold S1 существенно не менялось, в образцах S-flexi 04/30 снижалось, в образцах Сохо sc pro 04/30 повышалось.

Повышение содержания кислорода в поверхностном слое инструмента в процессе эксплуатации свидетельствует о низком металлургическом качестве и технологии обработки по стандартам никель-титановых инструментов мартенситной фазы. Это обстоятельство объясняет низкую износостойкость никель-титановых инструментов Сохо sc pro.

На изображениях, полученных с помощью сканирующей электронной микроскопии, на поверхностях поперечных отломов никель-титановых инструментов до проведения испытаний на износостойкость отчетливо были видны изотропные поры, которые располагались в основном в центральной зоне.

Также наблюдалась однородная мелко ямочная структура с заостренными краями структурных элементов (Рисунки 97, 98, 99).

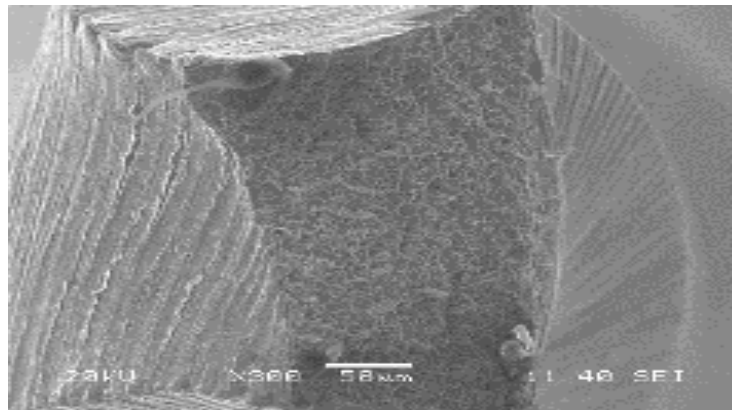


Рисунок 97-а – Поверхность поперечного отлома Protaper next x1 до проведения испытаний на износостойкость. Поры размером 800 нм – 2,5 мкм, структурные элементы размером 1,5–10,5 мкм

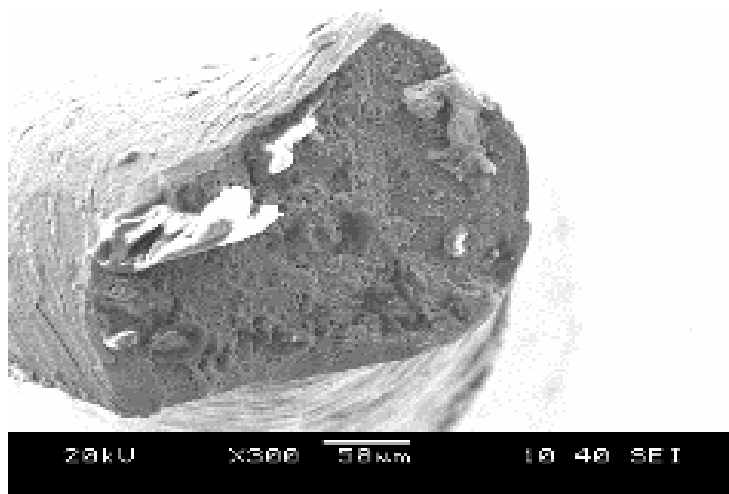


Рисунок 97-б – Поверхность поперечного отлома Mtwo 10/04 до проведения испытаний на износостойкость. Поры размером 600 нм – 2 мкм, структурные элементы размером 2,3–10 мкм

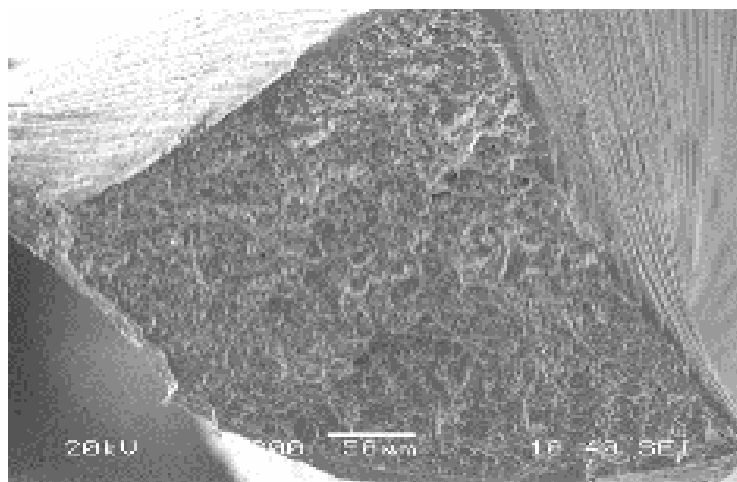


Рисунок 97-в – Поверхность поперечного отлома Protaper gold S2 до проведения испытаний на износостойкость. Поры размером 500 нм – 2 мкм, структурные элементы размером 2–14 мкм

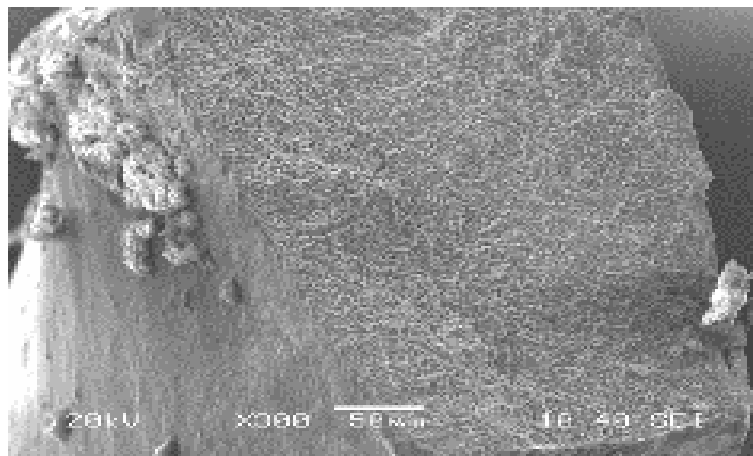


Рисунок 98 – Поверхность поперечного отлома S-flexi 04/30 до проведения испытаний на износостойкость. Поры размером 400 нм – 1 мкм, структурные элементы размером 1–6 мкм

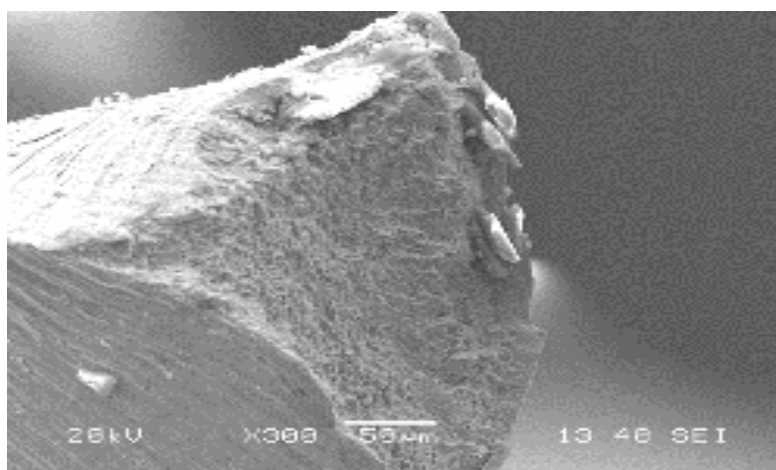


Рисунок 99 – Поверхность поперечного отлома Soho sc pro 04/25 до проведения испытаний на износостойкость. Поры размером 400 нм – 1,6 мкм, структурные элементы размером 900 нм – 6,8 мкм

На поверхностях поперечных отломов никель-титановых инструментов до проведения испытаний на износостойкость трещин и кратеров не наблюдалось.

Поверхность отломов никель-титановых инструментов, полученных в результате испытаний на износостойкость, содержала изотропные поры больших размеров по сравнению с порами на поперечных отломах до проведения испытаний. При этом, отмечалась неоднородная структура с более пологими краями клинообразных форм структурных элементов, размеры которых также были больше (Рисунки 100–104).

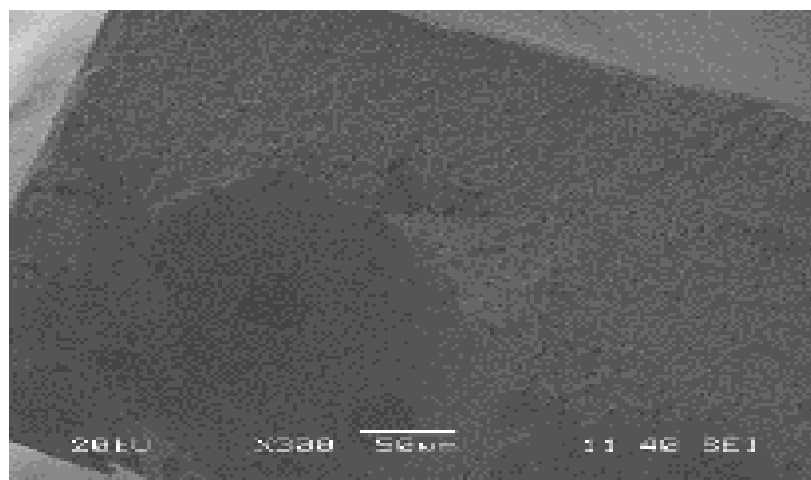


Рисунок 100 – Поверхность поперечного отлома Protaper next x1 после проведения испытаний на износостойкость. Поры размером 700 нм– 4 мкм, структурные элементы размером 1,8–16,6 мкм

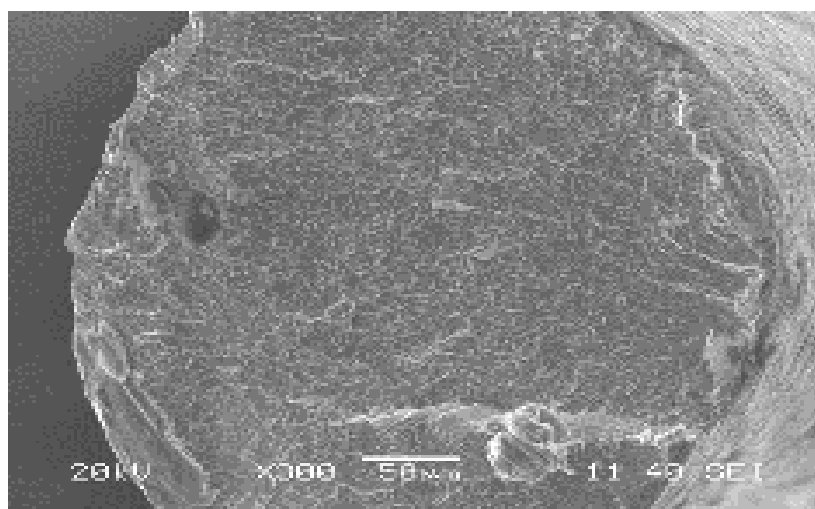


Рисунок 101 – Поверхность поперечного отлома Mtwo 10/04 после проведения испытаний на износостойкость. Поры размером 600 нм – 3,6 мкм, структурные элементы размером 1–11,7 мкм

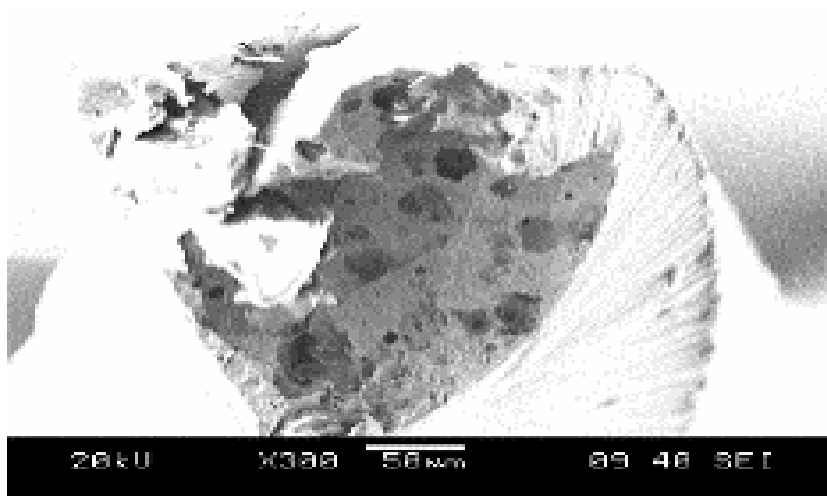


Рисунок 102 – Поверхность поперечного отлома Protaper gold S2 после проведения испытаний на износостойкость. Поры размером 1– 2,6 мкм, структурные элементы размером 1,5–27 мкм

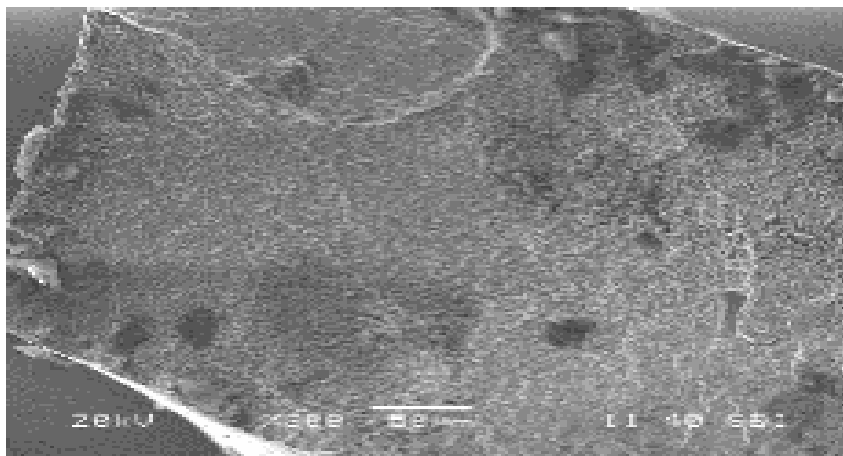


Рисунок 103 – Поверхность поперечного отлома S-flexi 04/30 после проведения испытаний на износостойкость. Поры размером 400 нм – 2 мкм, структурные элементы размером 1–7,5 мкм

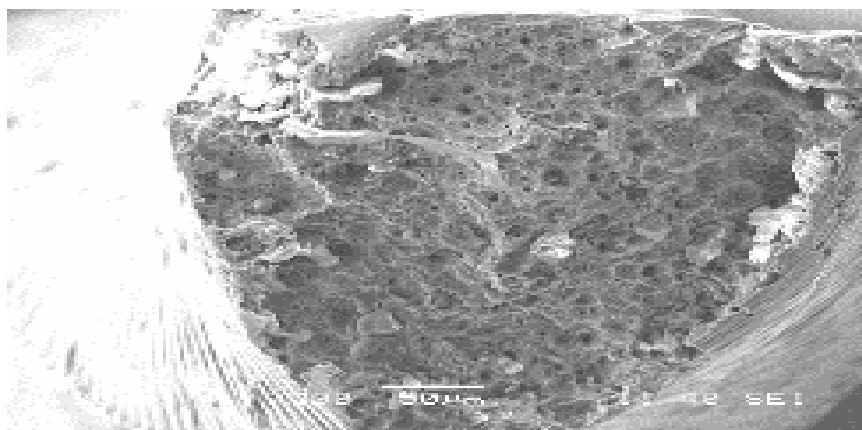


Рисунок 104 – Поверхность поперечного отлома Soxo sc pro 04/25 после проведения испытаний на износостойкость. Поры размером 200 нм – 2 мкм, структурные элементы размером 5–10 мкм

В образцах Protaper Gold F3 и SOXO SC PRO 04.20, полученных после проведения испытаний на износостойкость, наблюдались кратеры. Поры больших размеров частично сливались между собой, образуя заметную трещину (Рисунки 105, 106). Эти инструменты имели отлом с рваным рисунком.

Инструменты с мартенситной фазой S-flexi, после проведения испытаний имели поры в умеренном количестве, равномерно распределенные по поверхности скола. Кратерообразные дефекты и разорванные края отмечались только на инструменте S-flexi 04/20 (Рисунок 107).

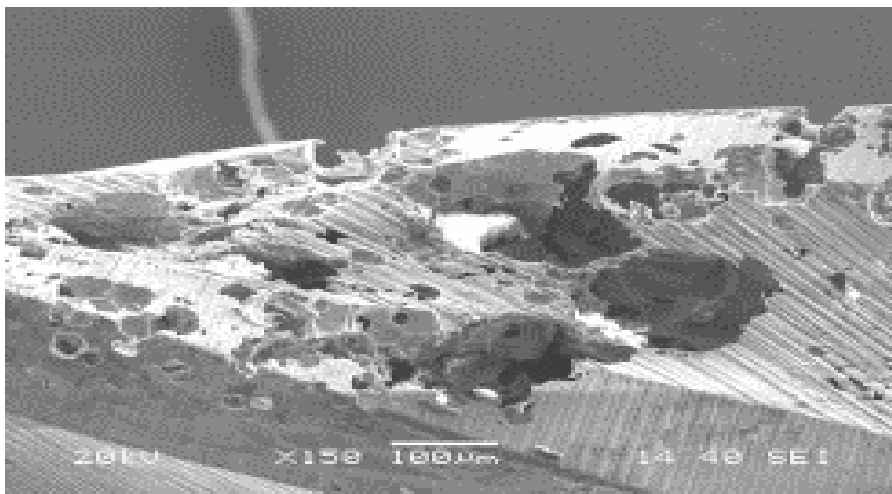


Рисунок 105 – Поверхность поперечного отлома Protaper gold F3 после проведения испытаний на износостойкость. Поры размером 500 нм – 8,5 мкм, структурные элементы размером 5,5–14 мкм, размеры кратеров 23–32 мкм

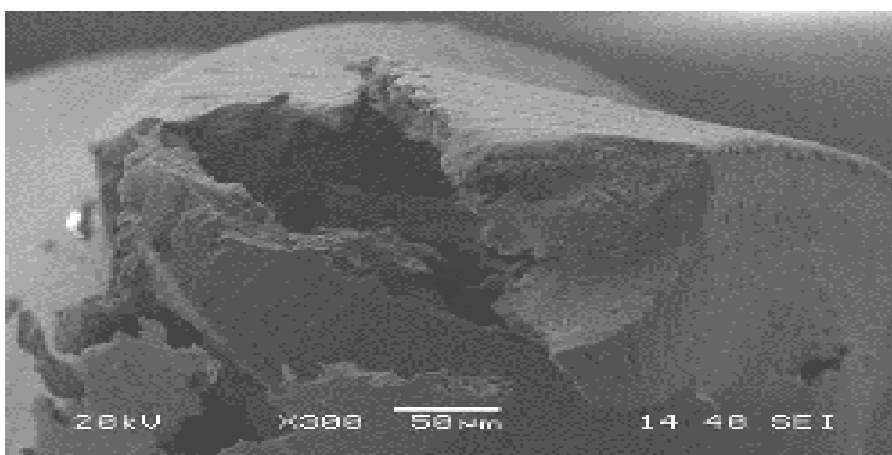


Рисунок 106 – Поверхность поперечного отлома Soxo sc pro 04/20 после проведения испытаний на износостойкость. Поры размером 300 нм – 3,4 мкм, структурные элементы размером 800 нм – 9,3 мкм, размеры кратеров 22,5 мкм

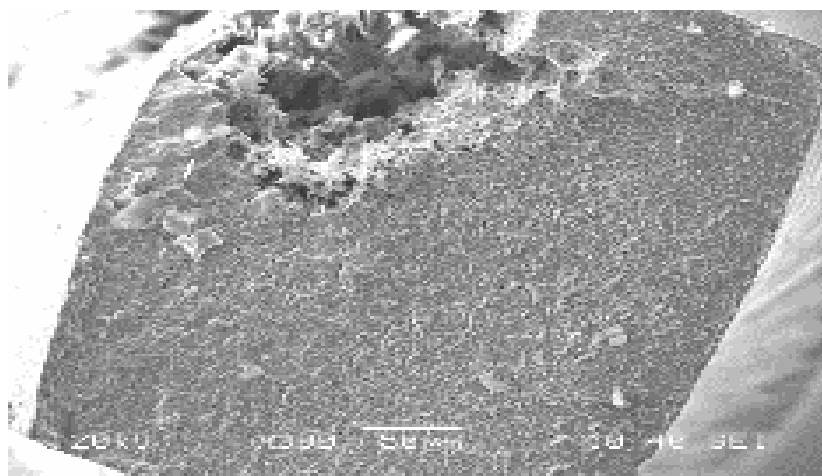


Рисунок 107 – Поверхность поперечного отлома S-flexi 04/20 после проведения испытаний на износостойкость. Поры размером 500 нм – 2 мкм, структурные элементы размером 1–4,5 мкм

Таким образом, в виду особенностей изготовления никель-титановых инструментов мартенситной и аустенитной фаз, характер поперечных отломов инструментов может отличаться. Никель-титановые инструменты аустенитной фазы (Protaper Next X1, Mtwo 10/04), после прохождения испытаний на износостойкость, имели отлом в виде пор, равномерно распределённых по поверхности скола. При отломах инструментов мартенситной фазы встречались отломы с рваными краями.

В ходе проведения испытаний никель-титановых инструментов на износостойкость было обнаружено, что при износе инструмента более 80% на его поверхности могут появиться признаки формирующегося отлома. На поверхности в области формирующегося отлома никель-титановых инструментов мартенситной фазы отмечалось отсутствие желтоватого напыления нитрита титана (Рисунок 108).



Рисунок 108 – На поверхности инструментов Protaper X1 и SOCO SC PRO 25/06 наблюдается отсутствие напыления в области формирующегося отлома

При детальном осмотре области отсутствия напыления при сканирующей электронной микроскопии, были обнаружены дефекты в виде трещин и кратеров. Размеры дефектов давали возможность использовать красители с высокой чувствительностью (I класса 1–10 мкм).

Была проведена капиллярная дефектоскопия 10 никель-титановых инструментов различных производителей, с признаками формирующегося отлома. Наблюдалось прокрашивание дефектов на поверхности инструментов (Рисунок 109).



Рисунок 109 – Protaper gold F3, прокрашивание дефекта на поверхности инструмента при проведении капиллярной дефектоскопии

Разработанный способ имеет большое практическое значение, так как позволяет врачу наглядно судить об износе никель-титанового инструмента, о возможности или невозможности его дальнейшего использования, что позволяет избежать отлома инструмента в корневом канале и, связанных с этим, осложнений. По результатам проведенного исследования была составлена заявка на изобретение и получен патент: Способ определения признака отлома эндодонтического инструмента (RU2794631C1 от 24.04.2023).

Результаты сопоставления комплексного исследования на износостойкость, включавшего механическую нагрузку, химическое и термическое воздействие на инструмент, с рекомендациями производителей этих инструментов показало, что эти рекомендации не всегда совпадают с реальными условиями эксплуатации инструментов.

Согласно официальной рекомендации производителя к никель-титановым инструментам СОХО, указаны допустимые условия их использования в корневых каналах 30 фронтальных зубов, 15 боковых зубов или 5 корневых каналов моляров, что в среднем допускает механическую обработку 15 каналов 1 файлом. Однако результаты испытаний на износостойкость никель-титановых инструментов Сохо sc pro (02/19, 04/20, 04/25, 06/25, 04/35) подтвердили возможность безопасной механической обработки только 5-6 каналов.

Аналогичная ситуация сложилась и с инструментами аустенитной фазы (Mtwo 10/04, Protaper next X1). В рекомендациях производителя говорится о возможности прохождения 7-8 корневых каналов, а в результате испытаний, количество безопасного прохождения корневых каналов до отлома инструмента, было только 5-6.

Производитель никель - титановых файлов Protaper gold официально рекомендует использовать свои изделия в зависимости от типа обрабатываемого канала. В частности, для чрезвычайно изогнутых каналов ($> 30^\circ$) или S-образных каналов рекомендовано использование файлов Protaper gold не более чем в 2 каналах. Для умеренно изогнутых каналов (от 10° до 30°) рекомендовано не более 4 каналов. Для слегка изогнутых ($<10^\circ$) или прямых каналов рекомендовано не более 8 каналов. Причем производитель не уточняет допустимые режимы использования химической и температурной обработки. В результате проведения испытаний на износостойкость удалось выявить больший ресурс (5–11 каналов) никель-титановых файлов Protaper gold при их эксплуатации в более сложных условиях, чем это рекомендовано производителем. Это позволяет осуществить наиболее целесообразный подбор инструментов для решения разных задач в ходе эндодонтического лечения.

Производитель никель-титановых файлов S-flexi официально рекомендует использовать свои изделия не более чем в 7-8 каналах, также не уточняя характеристики допустимых режимов использования химической и температурной обработки. Однако в результате проведения испытаний удалось выявить увеличенный ресурс никель-титановых файлов S-flexi при их эксплуатации в более сложных условиях, чем это рекомендовано производителем. Большинство инструментов S-flexi, за исключением S-flexi 04/20 (7 каналов), показали свою надежность при обработке от 16 до 36 каналов.

Таким образом, разработанная методика «Способы определения циклической усталости никель-титановых файлов и симуляционный эндодонтический блок для их осуществления» обеспечивает повышение точности оценки износостойкости никель-титановых файлов, позволяя повысить безопасность механической об-

работки сложных корневых каналов, а в некоторых случаях увеличить время допустимой эксплуатации никель-титанового файла. Это дает возможность произвести оптимальный подбор инструментов с учетом их прочностных характеристик.

3.4.4. Результаты экспериментального исследования эффективности различных способов obturации апикальной части корневых каналов зубов

Результаты сканирующей электронной микроскопии образцов (шлифов) апикальной части корней зубов трех исследуемых групп представлены на Рисунках 110, 111, 112.

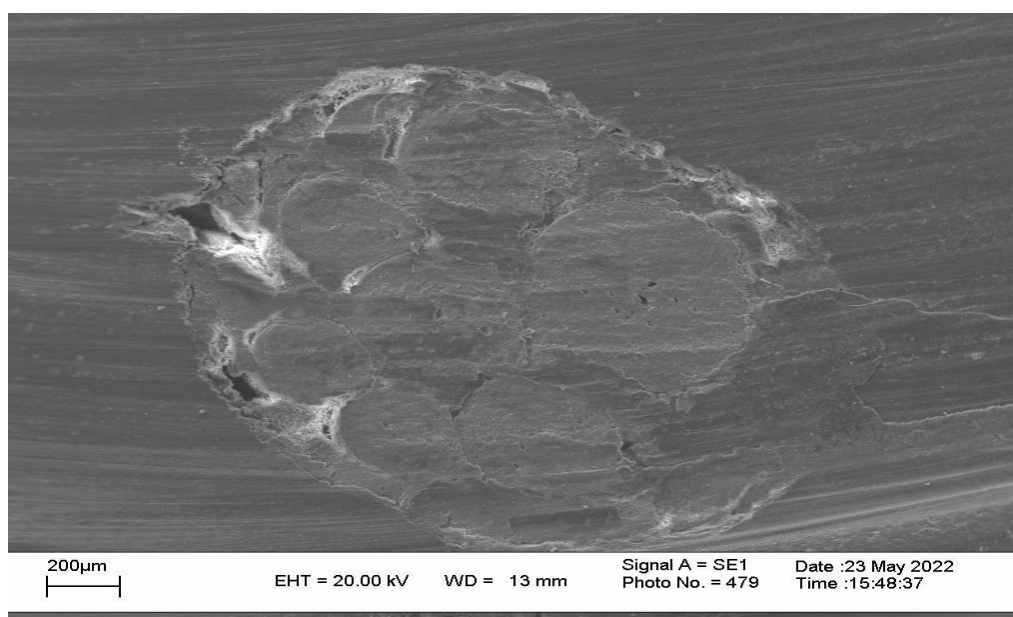


Рисунок 110 – СЭМ апикальной части корня зуба первой группы, корневой канал запломбирован способом латеральной конденсации

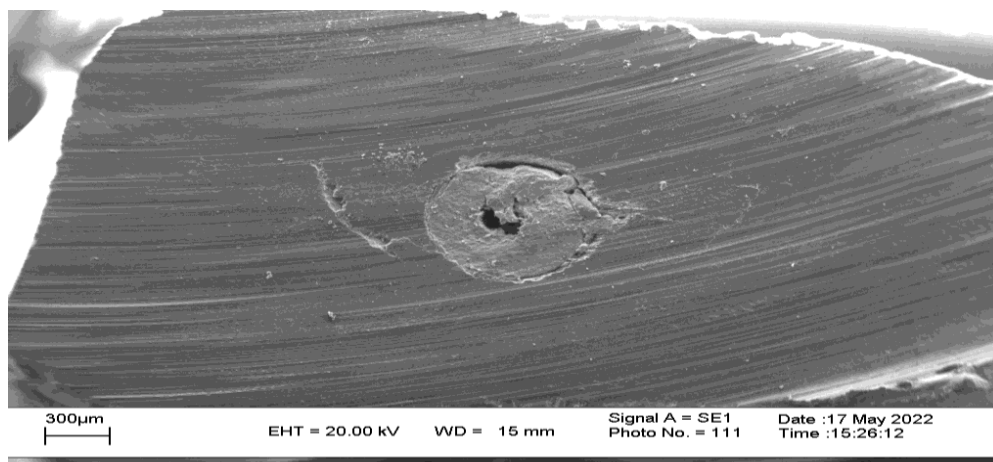


Рисунок 111 – СЭМ апикальной части корня зуба второй группы, корневой канал запломбирован способом вертикальной конденсации

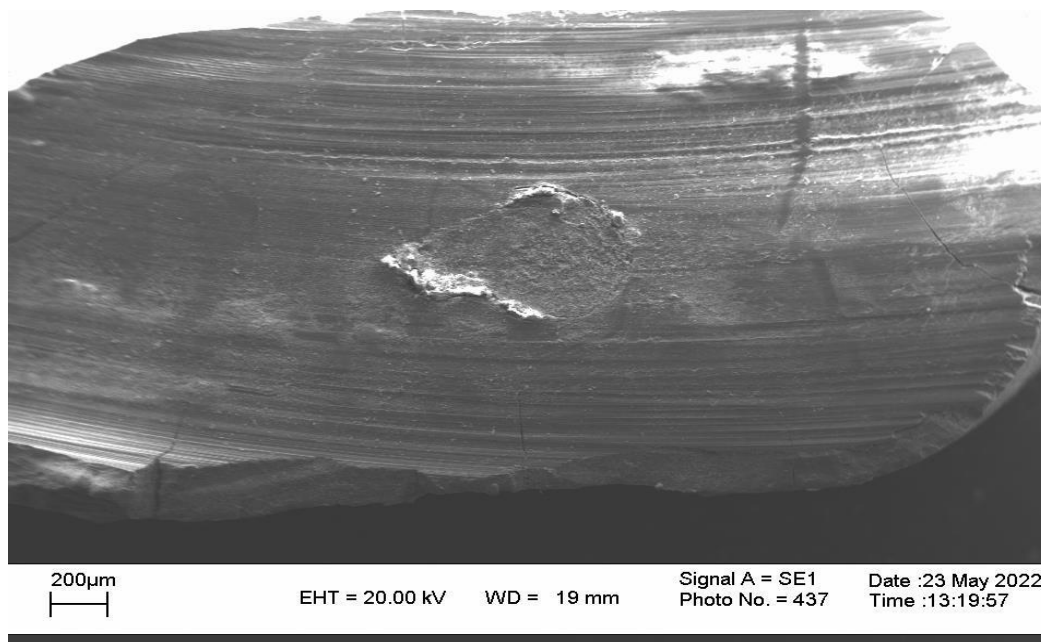


Рисунок 112 – СЭМ апикальной части корня зуба третьей группы, корневой канал запломбирован гибридным способом конденсации

Поверхность шлифов зубов во всех исследуемых группах была гладкой, четко различались дентин и пломбировочный материал по центру корня зуба, прослеживался силер, заполняющий просвет между гуттаперчевыми штифтами и стенкой канала зуба.

Во всех группах наблюдалась усадка пломбировочного материала по всему периметру. Ширина щели между пломбировочным материалом и дентином корня зуба в первой группе составила $15,7 \pm 3,67$ мкм. При этом в obturационном материале наблюдались кратеры средних размеров до 85,7 мкм.

Во второй группе ширина щели между пломбировочным материалом и дентином корня зуба составила $18,2 \pm 4,12$ мкм. При этом в obturационном материале наблюдались кратеры больших размеров до 137,2 мкм. В третьей группе ширина щели между пломбировочным материалом и дентином корня зуба составила $7,4 \pm 3,85$ мкм. Кратеров в obturационном материале не отмечалось.

Ширина щели между obturационным материалом и дентином апикальной части корня зуба в исследуемых группах представлены на Рисунке 113.

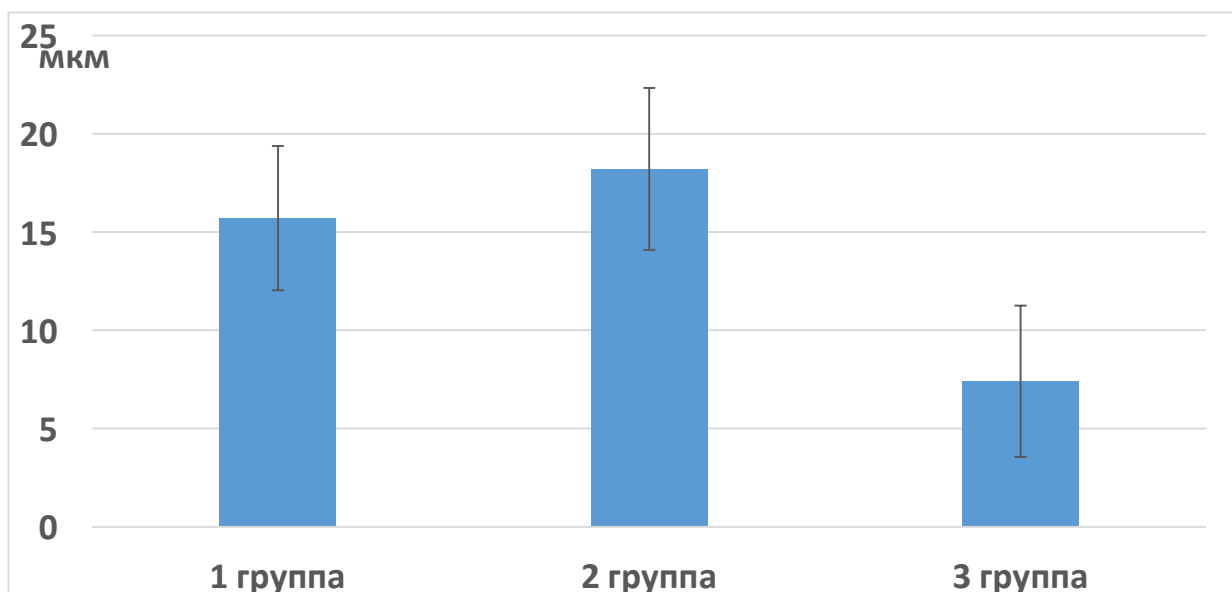


Рисунок 113 – Ширина щели между obtурационным материалом и дентином апи-
кальной части корня зуба

Статистически значимой разницы между результатами исследования образцов первой и второй групп не наблюдалось ($p > 0,05$). Ширина щели между obtурационным материалом и дентином апикальной части корня зуба в третьей группе была достоверно меньше, чем в первой и во второй группах ($p < 0,05$).

Таким образом, результаты экспериментального исследования показали, что гибридный способ пломбирования корневых каналов обеспечивает более эффективную obtурацию апикальной части корня зуба, по сравнению со способами латеральной и вертикальной конденсации.

3.4.5. Результаты исследования клинической эффективности оптимизации этапов повторного эндодонтического лечения при хроническом периодонтите

Результаты обследования пациентов до лечения показали, что на момент обследования 46,2% больных предъявляли жалобы на дефект или выпадение пломбы, а также на изменение цвета коронки зуба, который ранее подвергался эндодонтическому лечению.

При этом у 10,6% пациентов, указанные выше жалобы, сочетались с ощущением дискомфорта в области пораженного зуба, которое характеризовалось как чувство тяжести, ломоты или распираания и т.д. 53,8% больных на момент обследования жалоб не предъявляли, обратились с целью санации полости рта, а хронический апикальный периодонтит в зубах, ранее подвергшихся эндодонтическому лечению, был обнаружен при рентгенологическом обследовании.

44,2% обследованных больных отмечали, что в области пораженного зуба периодически возникали неприятные ощущения, интенсивность которых варьировала от чувства дискомфорта до боли при накусывании на зуб при приеме пищи.

При рентгенологическом обследовании оценивали очаги деструкции костной ткани периапикальной области и качество пломбирования корневых каналов при первичном эндодонтическом лечении (Рисунки 114, 115, 116).

При ассистировании искусственного интеллекта Diagnocat был определен объем разрежения костной ткани. Измеренный объем составил 0,01 см³.



Рисунок 114-а– Рентгенограмма. Состояние перед повторным эндодонтическим лечением



Рисунок 114-б – Рентгенограмма. Состояние перед повторным эндодонтическим лечением



Рисунок 115-а – Рентгенограмма. Состояние перед повторным эндодонтическим лечением



Рисунок 115-б – Рентгенограмма. Состояние перед повторным эндодонтическим лечением

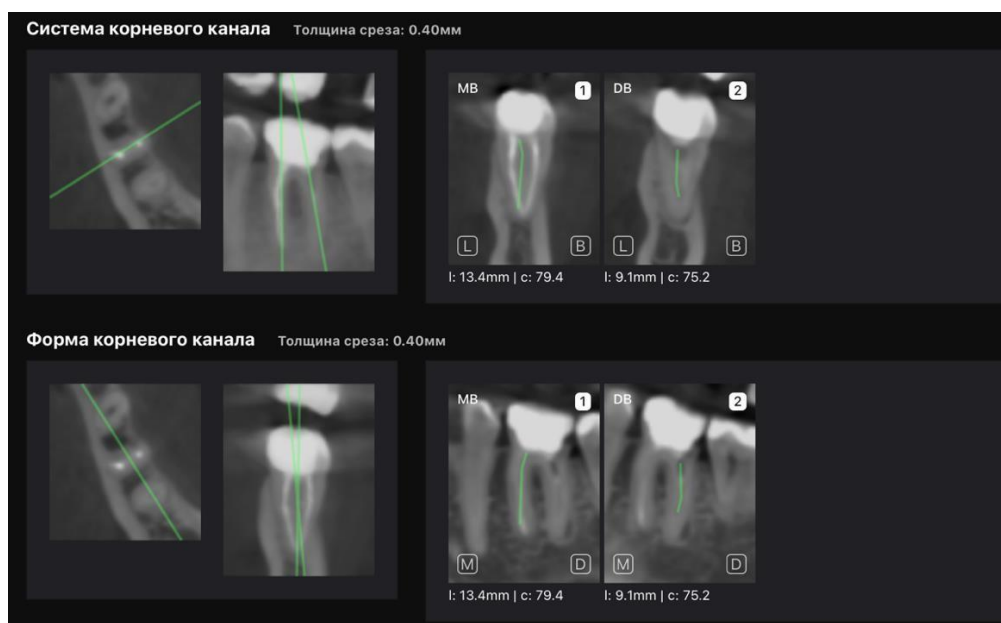


Рисунок 116-а – КЛКТ. Состояние перед повторным эндодонтическим лечением

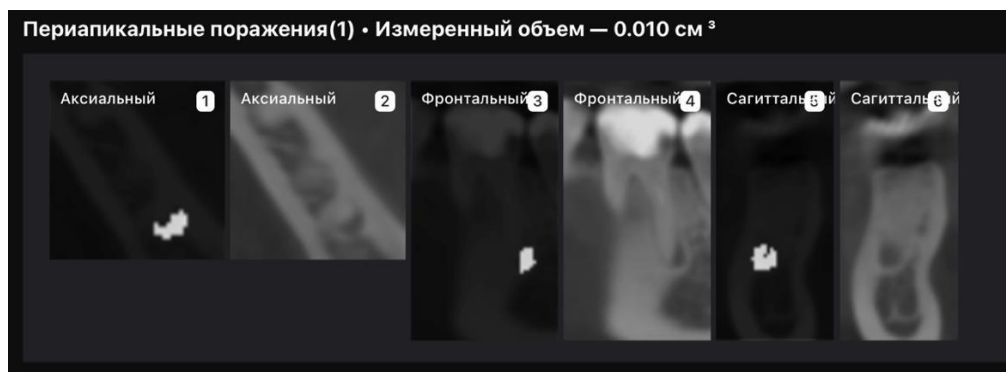


Рисунок 116-б – КЛКТ с элементами искусственного интеллекта Diagnocat. Состояние перед повторным эндодонтическим лечением



Рисунок 116-в – КЛКТ с элементами искусственного интеллекта Diagnocat. Состояние перед повторным эндодонтическим лечением

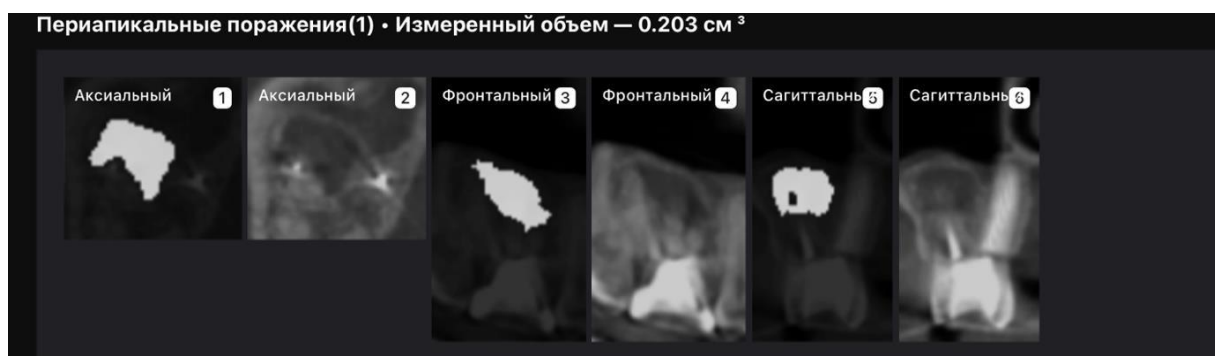


Рисунок 116-г – КЛКТ с элементами искусственного интеллекта Diagnocat. Состояние перед повторным эндодонтическим лечением

Очаги разрежения костной ткани периапикальной области, как правило, сочетались с некачественно запломбированными корневыми каналами зубов.

Электровозбудимость зубов, ранее подвергшихся эндодонтическому лечению, с рентгенологическими признаками хронического периодонтита была выше 100 мкА, что свидетельствовало о полной гибели пульпы в этих зубах.

Всем больным был поставлен диагноз – K04.5 Хронический апикальный периодонтит.

Хронический апикальный периодонтит в зубах, ранее подвергшихся эндодонтическому лечению, чаще всего наблюдался в молярах 44,2%, реже в премолярах 36,5%, а также резцах и клыках 19,3%.

Всем обследованным больным было проведено повторное эндодонтическое лечение.

В зависимости от способа проведения повторного эндодонтического лечения, больные были разделены на две группы.

В первой группе больных применяли методы оптимизации этапов повторного эндодонтического лечения, разработанные нами с помощью лабораторных и экспериментальных методов исследования.

Во второй группе, при проведении лечебных мероприятий использовали современные традиционные методы, применяемые на этапах повторного эндодонтического лечения.

Анализ результатов обследования, который проводился в течение двух недель после повторного эндодонтического лечения показал, что в первой группе у 11 больных, что составило 21,2% от всех пациентов, входивших в эту группу, наблюдались постпломбировочные боли. Эти боли носили умеренный характер и проявлялись в неприятных ощущениях при накусывании на зуб, вертикальная перкуссия этих зубов была болезненна.

Во 2-й группе подобная симптоматика наблюдалась у 13 больных, что составило 25%.

Постпломбировочные боли у больных обеих исследуемых групп исчезали в течение 2 недель, на фоне приема нестероидных противовоспалительных препаратов.

Таким образом, данные, полученные в ближайшие сроки после повторного пломбирования корневых каналов зубов, свидетельствует о том, что исследуемые группы, по частоте возникновения реакции на пломбирование корневых каналов и скорости ее купирования, существенно не отличались между собой.

В отдаленные сроки после лечения результаты лечебных мероприятий оценивали на основании клинической картины и рентгенологических изменений.

Лечение признавали успешным при полном выздоровлении, т.е. отсутствии клинических симптомов воспаления и рентгенологических признаках полной регенерации костной ткани. К успешному также относили состояние, когда полностью отсутствовали клинические симптомы воспаления, а рентгенологически определялось уменьшение поражения периодонтальных тканей.

Лечение признавали неудачным при наличии симптомов обострения воспалительного процесса в периодонте, а также отсутствия рентгенологических признаков уменьшения очага поражения периапикальных тканей, даже при отсутствии клинических симптомов воспаления.

В первые полгода после повторного пломбирования корневых каналов у одного из пациентов 1-й группы наблюдали обострение воспалительного процесса в периодонте. Больной был направлен на хирургическое лечение. Остальные пациенты этой группы через полгода после лечения жалоб не предъявляли. По данным рентгенологического исследования у 71,1% пациентов первой группы наблюдалась тенденция к уменьшению очага разрежения в периапикальных тканях.

Через год после лечения у всех больных первой группы, где применяли методы оптимизации этапов повторного эндодонтического лечения, жалобы отсутствовали. При рентгенологическом исследовании было обнаружено, что у 32,7% наблюдалась полная регенерация костной ткани, у 55,8% отмечалось уменьшение размеров очага разрежения костной ткани в периапикальной области.

Через два года после повторного эндодонтического лечения, его результаты можно было признать успешными у 90,4% пациентов первой группы. При этом, у 48,1% больных отмечалась полная регенерация костной ткани, у 42,3% отмечалось

значительное уменьшение размеров очага разрежения костной ткани в периапикальной области (Рисунки 117, 118).



Рисунок 117-а – Рентгенограмма второго моляра нижней челюсти справа перед проведением повторного эндодонтического лечения



Рисунок 117-б – Рентгенограмма второго моляра нижней челюсти справа через 12 месяцев после проведения повторного эндодонтического лечения



Рисунок 117-в – Рентгенограмма второго моляра нижней челюсти справа через 24 месяцев после проведения повторного эндодонтического лечения



Рисунок 118-а – Рентгенограмма первого премоляра нижней челюсти слева перед проведением повторного эндодонтического лечения



Рисунок 118-б – Рентгенограмма первого премоляра нижней челюсти слева через 12 месяцев после проведения повторного эндодонтического лечения



Рисунок 118-в – Рентгенограмма первого премоляра нижней челюсти слева через 24 месяца после проведения повторного эндодонтического лечения



Рисунок 118-г – Рентгенограмма первого моляра нижней челюсти слева через 24 месяца после проведения повторного эндодонтического лечения



Рисунок 118-д – Рентгенограмма первого моляра нижней челюсти слева через 36 месяцев после проведения повторного эндодонтического лечения

На прицельной внутриротовой рентгенограмме в корневых каналах зуба 3.6 проецируется рентгеноконтрастный материал на всём протяжении до апикальных констрикций с выведением силера в области дельты апикальной констрикции, в области вершины корня отмечаются инволютивные изменения, очаг радиолуценции уменьшился в объеме, тенденции к восстановлению кортикальной пластины

на всём протяжении, очаг деструкции изменил четкость контуров, область просветления менее выражена, зона фуркации восстанавливает контуры, очаг сменяется структурно-функциональными компонентами костной ткани.



Рисунок 118-е – Рентгенограмма первого премоляра нижней челюсти справа через 24 месяца после проведения повторного эндодонтического лечения

На прицельной внутриротовой рентгенограмме, полученной перед проведением повторного эндодонтического лечения, отмечается неплотное заполнение корневых каналов рентгеноконтрастным пломбировочным материалом. В апикальной трети медиального и дистального корней пломбировочный материал расположен пристеночно, не обеспечивая полной obturации корневых каналов. В области корней второго нижнего моляра справа отмечается расширение периодонтальной щели и разрежение костной ткани, с нечеткими контурами в периапикальной области и в области бифуркации.

На прицельной внутриротовой рентгенограмме, полученной через 12 месяцев после проведения повторного эндодонтического лечения, отмечается плотное заполнение корневых каналов второго моляра нижней челюсти справа рентгеноконтрастным пломбировочным материалом до апикального сужения в дистальном корне и выведением незначительного количества материала в медиальном корне за пределы апикального отверстия. Отмечается уменьшение размеров очагов разрежения костной ткани в периапикальных и бифуркационной областях. Наблюдается восстановление периодонтальной щели за счёт регенерации кортикальной пластинки.

На прицельной внутриротовой рентгенограмме, полученной через 24 месяца после проведения повторного эндодонтического лечения, в области второго нижнего моляра справа отмечается регенерация костной ткани, очагов разрежения в периапикальных областях и бифуркационной области не наблюдается. Периодонтальная щель прослеживается на всем ее протяжении.

На прицельной внутриротовой рентгенограмме первого премоляра нижней челюсти слева, полученной перед проведением повторного эндодонтического лечения, отмечается фрагментарное заполнение корневого канала рентгеноконтрастным пломбировочным материалом. При этом, в апикальной трети корневого канала пломбировочный материал отсутствует. Наблюдается расширение периодонтальной щели и очаг разрежения костной ткани с нечеткими контурами в периапикальной области.

На прицельной внутриротовой рентгенограмме первого премоляра нижней челюсти слева, полученной через 12 месяцев после проведения повторного эндодонтического лечения, отмечается плотное заполнение корневого канала рентгеноконтрастным пломбировочным материалом на всем его протяжении до апикального сужения. Отмечается значительное уменьшение размеров очага разрежения костной ткани в периапикальной области.

На прицельной внутриротовой рентгенограмме первого премоляра нижней челюсти слева, полученной через 24 месяца после проведения повторного эндодонтического лечения, отмечается структурная регенерация костной ткани периапи-

кальной области. Наблюдается восстановление периодонтальной щели, сохраняется очаг просветления костной ткани периапикальной области незначительных размеров.

На прицельной внутриротовой рентгенограмме в корневых каналах зуба 3.6 проецируется рентгеноконтрастный материал на всём протяжении до апикальных констрикций, отмечаются инволютивные изменения в области всех участков: очаг радиолуценции уменьшился в объеме, тенденции к полному восстановлению кортикальной пластины на всём протяжении, очаг деструкции изменил четкость контуров, область просветления менее выражена, зона фуркации полностью восстанавливает контуры, периодонтальная щель без видимых патологических изменений в области дистального корня на всём протяжении, структурно-функциональные компоненты костной ткани восстанавливают целостность и с дистальной поверхности медиального корня.

На прицельной внутриротовой рентгенограмме в корневом канале зуба 4.5 проецируется рентгеноконтрастный материал на всём протяжении до апикальной констрикции, в области верхушки корня отмечаются инволютивные изменения, очаг радиолуценции уменьшился в объеме, тенденции к восстановлению кортикальной пластины на всём протяжении, очаг деструкции отсутствует, область просветления не выражена, сменяется структурно-функциональными компонентами костной ткани. Периодонтальная щель выражена на всём протяжении в области всей поверхности корня.

У 9,6% пациентов первой группы результаты лечения нельзя было признать удачными. В результате обострения воспалительного процесса в периодонте, один пациент был направлен на хирургическое лечение. При этом, у четырех пациентов, что составило 7,7% от всех пациентов этой группы, не наблюдалось уменьшения размеров очагов деструкции периапикальной области в течение всего срока наблюдения.

В первые полгода после повторного эндодонтического лечения у двух пациентов 2 группы наблюдали обострение воспалительного процесса в периодонте. Эти больные были направлены на хирургическое лечение. Остальные пациенты

этой группы через полгода после лечения жалоб не предъявляли. По данным рентгенологического исследования у 63,5% пациентов второй группы наблюдалась тенденция к уменьшению очага разрежения в периапикальной области.

Во вторые полгода после проведения повторного эндодонтического лечения еще у одного пациента наблюдалось обострение воспалительного процесса в периодонте. Больной был направлен на хирургическое лечение. У остальных больных второй группы, при лечении которых были использованы стандартные современные традиционные лечебные мероприятия, применяемые при повторном эндодонтическом лечении, жалобы отсутствовали. При рентгенологическом исследовании было обнаружено, что у 21,2% больных наблюдалась полная регенерация костной ткани, у 40,4% отмечалось уменьшение размеров очага разрежения костной ткани в периапикальной области.

Через два года после повторного эндодонтического лечения, его результаты можно было признать успешными у 75% пациентов второй группы. При этом, у 30,8% отмечалась полная регенерация костной ткани, у 44,2% отмечалось уменьшение размеров очага разрежения костной ткани в периапикальной области (Рисунки 119).

На прицельной внутриротовой рентгенограмме первого моляра верхней челюсти слева, полученной перед проведением повторного эндодонтического лечения, отмечается фрагментарное заполнение рентгеноконтрастным пломбировочным материалом корневых каналов. При этом прослеживается неплотное заполнение апикальной трети корневых каналов, что свидетельствует о рыхлом наполнении корневых каналов пломбировочным материалом. В области щечных корней наблюдаются очаги разрежения костной ткани периапикальной области с нечеткими контурами. На прицельной внутриротовой рентгенограмме первого моляра верхней челюсти слева, полученной через 12 месяцев после проведения повторного эндодонтического лечения, отмечается плотное заполнение корневых каналов рентгеноконтрастным пломбировочным материалом на всем их протяжении до апикальных сужений. Несмотря на тенденцию к уменьшению, очаги разрежения костной ткани периапикальной области щечных корней сохраняются.



Рисунок 119-а – Рентгенограмма первого моляра верхней челюсти слева перед проведением повторного эндодонтического лечения



Рисунок 119-б – Рентгенограмма первого моляра верхней челюсти слева через 12 месяцев после проведения повторного эндодонтического лечения



Рисунок 119-в – Рентгенограмма первого моляра верхней челюсти слева через 24 месяца после проведения повторного эндодонтического лечения



Рисунок 119-г – КЛКТ первого моляра нижней челюсти слева через 10 месяцев после проведения повторного эндодонтического лечения

На прицельной внутриротовой рентгенограмме первого моляра верхней челюсти слева, полученной через 24 месяца после проведения повторного эндодонтического лечения, отмечается, что несмотря на значительное уменьшение размеров, сохраняются очаги разрежения костной ткани в периапикальной области щечных корней.



Рисунок 119-д – КЛКТ первого моляра нижней челюсти слева через 10 месяцев после проведения повторного эндодонтического лечения.

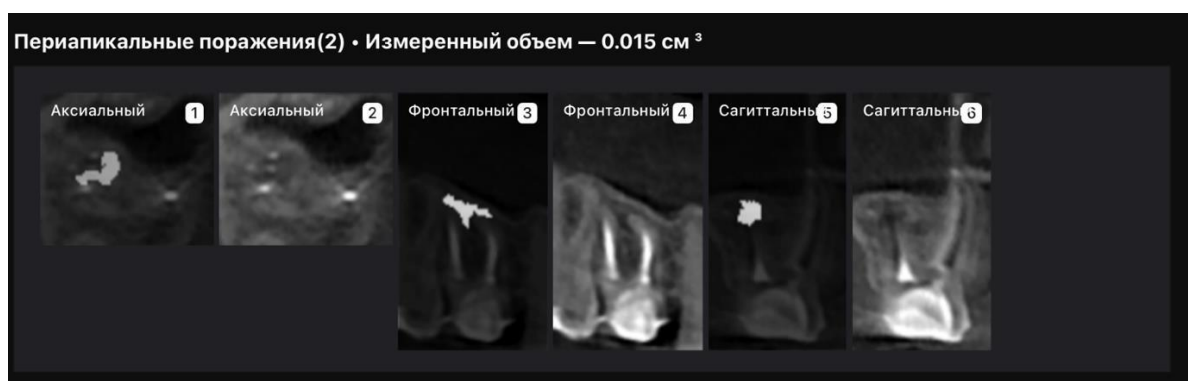


Рисунок 119-е – КЛКТ первого моляра верхней челюсти слева через 12 месяцев после проведения повторного эндодонтического лечения.

При ассистировании искусственного интеллекта Diagnocat был определен объем разрежения костной ткани. Измеренный объем составил $0,004 \text{ см}^3$, что говорит о положительной динамике заживления процесса.

При ассистировании искусственного интеллекта Diagnocat был определен объем разрежения костной ткани. Повторное КЛКТ через 12 месяцев показало уменьшение очага разрежения костной ткани ($0,015 \text{ см}^3$), а также восстановление кортикальной пластинки дна верхнечелюстного синуса.

У 25% пациентов второй группы результаты лечения нельзя было признать удовлетворительными. В результате обострения воспалительного процесса в периодонте, три пациента были направлены на хирургическое лечение. При этом, у девяти пациентов, что составило 19,2% от всех больных второй группы, не наблюдалось уменьшения размеров очагов деструкции периапикальной области в течение всего срока наблюдения.

Таким образом, в первой группе больных, где применяли методы оптимизации этапов повторного эндодонтического лечения, а именно: использовали соль-вент на основе апельсинового эфирного масла; ирригацию корневых каналов проводили с помощью специально разработанной ирригационной системы; в качестве ирриганта применяли 1% раствор гипохлорита натрия, нагретый до 45 °С, а корневые каналы пломбировали с использованием гибридного способа конденсации гуттаперчи, эффективность лечения составила 90,4%. Это было на 15,4% выше по сравнению с результатами лечения во второй группе, где при проведении лечебных мероприятий использовали современные традиционные методы, применяемые на этапах повторного эндодонтического лечения. Эффективность лечебных мероприятий в этой группе составила лишь 75%.

Глава 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Лечение кариеса и его осложнений представляет собой постоянно совершенствующийся сложный технологический процесс, включающий множество взаимосвязанных этапов. Многообразие, используемых в настоящее время, методик и материалов, их сочетаемость или не сочетаемость не только представляют значительные сложности для практикующих врачей, но и могут негативно влиять на результат лечения в целом.

С целью выяснения круга актуальных вопросов, связанных с диагностикой и лечением кариеса и его осложнений, было проведено анкетирование 150 практикующих врачей-стоматологов терапевтов. Результаты анкетирования позволили выявить, какие этапы диагностики и лечения кариеса и его осложнений представляют наибольшие трудности в плане выбора алгоритма применения существующих диагностических и лечебных процедур. Наше исследование было посвящено детальному научному анализу, указанным выше, этапов.

Следует отметить, что проведенное анкетирование показало низкий уровень осведомленности врачей о способах оптимизации диагностических и лечебных мероприятий при этих заболеваниях. При этом обнаружено, что 82% опрошенных отмечают высокую потребность в освоении современных научно-обоснованных способов повышения эффективности диагностики и лечения кариеса и его осложнений.

Любое лечение начинается с постановки диагноза и составления плана лечебных мероприятий. Современный уровень технологий позволяет использовать с этой целью искусственный интеллект. Речь идет о компьютерных программах, обладающих элементами искусственного интеллекта, которые в настоящее время рекомендуют использовать для анализа конусно-лучевых компьютерных томограмм, в частности о программе Diagnocat AI.

Данные литературы свидетельствуют о том, что абсолютное большинство исследователей считают, что при кариесе и его осложнениях, использование компьютерных программ с элементами искусственного интеллекта значительно сокращает временные затраты необходимые для первичной оценки КЛКТ.

Lee и др. оценили эффективность использования элементов искусственного интеллекта как метода, позволяющего объективно и с высокой точностью поставить правильный диагноз при кариесе зубов. Orhan и соавт. приводят данные о высокой эффективности программы Diagnocat AI при оценке периапикальных поражений [460].

Результаты нашего исследования, проведенного на основании анализа КЛКТ с использованием программы Diagnocat AI и комплексного обследования 320 пациентов, подтвердили тот факт, что компьютерная программа, содержащая элементы искусственного интеллекта, значительно сокращает временные затраты необходимые для оценки КЛКТ, что дает возможность за относительно небольшой интервал времени обрабатывать большие объемы информации. Суммарное время, необходимое врачу рентгенологу для оценки КЛКТ существенно отличалось от времени, необходимого для диагностики с использованием искусственного интеллекта ($p < 0,001$; псевдомедиана разницы 20,20 мин с 95%-м ДИ 19,40–21,10 мин).

Однако, наряду с временными затратами, важным критерием эффективности компьютерной программы является качественный показатель диагностики. В 17% случаев, когда компьютерная программа Diagnocat AI на контактной поверхности зуба фиксировала кариес, врач рентгенолог и опытный врач клиницист признаков кариеса не определяли. Электровозбудимость этих зубов находилась в пределах 2–6 мкА, т. е. соответствовала электровозбудимости интактных зубов.

Как и в случае с кариесом на контактной поверхности, компьютерная программа Diagnocat AI при оценке периапикальных изменений показало гипердиагностику. В 12% случаях различные артефакты были расценены программой как патологические изменения в периодонте, хотя таковых изменений не было. Зубы содержали интактную пульпу, о чем свидетельствовали данные электроодонтодиагностики – электровозбудимость зубов не превышала 20 мкА.

Таким образом, полученные данные говорят о том, что в настоящее время компьютерная программа Diagnocat AI, содержащая элементы искусственного интеллекта, не способна решить задачу недопущения врачебной ошибки, и слепое до-

верие к программе врачей клиницистов будет приводить к дополнительным ошибкам [252]. Для правильной постановки диагноза и выбора тактики лечения врач должен использовать весь арсенал имеющихся диагностических средств, включающих, наряду с лучевой диагностикой и использованием элементов искусственного интеллекта, электроодонтодиагностику и другие современные методы исследования. Только комплексный подход и правильная интерпретация полученных данных позволит повысить эффективность и качество диагностических и лечебных мероприятий.

Первым этапом лечения кариеса зубов является препарирование твердых тканей зуба. Одним из направлений современной стоматологии является развитие концепции «щадящего препарирования» зубов, т.е. препарирования с максимальным сохранением здоровых твердых тканей зуба. В связи с этим, активно дискутируется вопрос об эффективности воздушно-абразивного препарирования твердых тканей зубов с использованием порошка оксида алюминия.

Все исследователи отмечают, что воздушно-абразивное препарирование приводит к изменению структуры поверхности как эмали, так и дентина, увеличивая их шероховатость [200]. Повышенная шероховатость эмали и дентина усиливает эффект механического сцепления пломбировочного материала с тканями зуба, за счет увеличения общей площади их соприкосновения.

Еще одним важным положительным моментом при проведении воздушно-абразивного препарирования является тот факт, что оно может улучшать адгезию пломбировочного материала к дентину за счет сохранения интертубулярного дентина. Anja B. в своем исследовании сообщает о сохранении интактного перитубулярного и интертубулярного дентина после воздушно-абразивной обработки. Кроме того, он отмечает, что препарирование порошком из оксида алюминия сохраняет первоначальный диаметр отверстий дентинных канальцев и, следовательно, количество доступного интертубулярного дентина.

Следует отметить, что количественные показатели эффективности воздушно-абразивного препарирования твердых тканей зубов с помощью порошка ок-

сида алюминия, приводимые разными авторами, трудно сопоставимы, так как исследования, как правило, проводились с использованием различных воздушно-абразивных систем, а также при разных рабочих параметрах воздействия.

Нами было проведено экспериментальное исследование на 90 удаленных зубах. Исследовали эффективность воздушно-абразивного препарирования твердых тканей зубов с использованием частиц порошка оксида алюминия, размером 27 мкм и 50 мкм. Воздушно-абразивную обработку осуществляли с использованием наконечника RONDOflex plus 360 под давлением 5,52 бар, со скоростью потока порошка оксида алюминия 3 г/мин, расходом воды 100 мл/мин, под углом 90° и на расстоянии 1 мм от поверхности.

Сканирующая электронная микроскопия подтвердила тот факт, что данный вид препарирования приводит к повышению шероховатости твердых тканей зуба. При этом, наибольшая степень шероховатости эмали наблюдалась при использовании абразивных частиц порошка оксида алюминия размером 27 мкм, а наибольшая степень шероховатости дентина отмечалась при использовании абразивных частиц размером 50 мкм.

В литературе имеются противоречивые сведения об эффективности удаления тканей эмали, пораженных кариесом. Если Johnson King по результатам своих исследований отмечает, что, наряду с удалением тканей эмали, пораженных кариесом, наблюдается избыточное удаление здоровых тканей эмали, то Neuhaus K. W. сообщает, что остатки кариозной эмали на стенках полости были обычным явлением после воздушно-абразивного препарирования [264, 351].

В отношении эффективности удаления, пораженного кариесом, дентина большинство исследователей отмечают, что воздушно-абразивное препарирование более эффективно удаляет здоровый дентин по сравнению с дентином, пораженным кариесом. Paolinelis G. и Motisuki C. связывают это явление с тем, что, пораженные кариесом, ткани дентина являются более мягкими по сравнению со здоровыми, и частицы оксида алюминия, попадая в более мягкую ткань, теряют свою кинетическую энергию, которой становится недостаточной для удаления тканей.

Утверждается также, что эффективность удаления твердых тканей зуба при воздушно-абразивном препарировании зависит от размеров частиц порошка оксида алюминия [206].

Увеличение размера частиц приводит к более агрессивному препарированию и иссечению большего объема здоровых твердых тканей дентина. Другая ситуация наблюдается при кариесе дентина – увеличение массы частиц может затруднить удаление тканей, так как более тяжелые частицы более глубоко проникают в размягченные структуры зуба и фиксируются в них.

В результате проведенного нами экспериментального исследования установлено, что эффективность удаления деминерализованной эмали с помощью порошка оксида алюминия была высокой. При использовании порошка с размерами частиц 27 мкм полное удаление деминерализованной эмали наблюдалось в 95,6% случаев, а при использовании частиц 50 мкм – 93,3%.

Это позволяет сделать вывод о том, что воздушно-абразивная обработка эмали зуба с помощью порошка оксида алюминия может быть использована как самостоятельный способ препарирования при лечении кариеса эмали. В тоже время, при кариесе дентина, размягченный дентин, в абсолютном большинстве случаев, оставался на стенках кариозной полости после воздушно-абразивной обработки. При использовании порошка с размерами частиц 27 мкм полное удаление, пораженного кариесом, дентина наблюдалось лишь в 13,3% случаев, а при использовании частиц 50 мкм – 6,7%.

По данным литературы считается, что отрицательным моментом при использовании воздушно-абразивного препарирования является тот факт, что после его применения на поверхности отпрепарированных тканей образуется плотный смазанный слой, содержащий частицы оксида алюминия. При этом использование кислотного протравливания не дает возможность полностью удалить смазанный слой, что препятствует эффективному использованию адгезивных систем [560].

В результате проведенного нами экспериментального исследования установлено, что поверхность здорового дентина, как и дентина, пораженного кариесом,

после воздушно-абразивной обработки покрывается толстым смазанным слоем, содержащим частицы оксида алюминия. Этот смазанный слой закрывает входы в дентинные каналы.

Вышеизложенное свидетельствует о том, что воздушно-абразивное препарирование твердых тканей зубов при лечении кариеса дентина не может быть использовано в качестве самостоятельного метода. Однако, применение его в качестве финальной обработки после удаления твердых тканей, пораженных кариесом, с помощью бора обосновано и целесообразно, так как данный способ препарирования позволяет повысить адгезию пломбировочного материала, за счет удаления апризматического деминерализованного слоя эмали и создания шероховатой поверхности эмали и дентина. При этом, с поверхности дентина необходимо удалить смазанный слой и остатки порошка оксида алюминия.

На 20 удаленных зубах мы исследовали эффективность удаления остатков частиц оксида алюминия и смазанного слоя с поверхности дентина с помощью низкочастотного ультразвука. В результате проведенного исследования установлено, что после последовательного препарирования кариозной полости сначала с помощью твердосплавного бора, затем воздушно-абразивного препарирования с использованием порошка оксида алюминия, в исследуемых группах признаков поражения кариесом твердых тканей зубов не наблюдалось. После применения воздушно-абразивного препарирования как с использованием абразивных частиц оксида алюминия размером 27 мкм, так и частиц размером 50 мкм, на поверхности дентина отмечалось наличие смазанного слоя, а также наблюдались остатки частиц порошка оксида алюминия на поверхности эмали и дентина.

После проведения ультразвуковой обработки низкочастотным ультразвуком с помощью аппарата «Piezon Master 700», генерирующего ультразвуковые колебания частотой от 24 до 32 кГц, кариозных полостей, подвергшихся последовательному препарированию, в обеих исследуемых группах наблюдалось полное исчезновение остатков частиц порошка оксида алюминия на поверхности эмали и дентина, а также отмечалось частичное отсутствие смазанного слоя, остатки которого

с поверхности дентина можно было удалить с помощью кислотного протравливания.

Таким образом, установлена высокая эффективность последовательного препарирования кариозной полости при кариесе дентина сначала с использованием твердосплавного бора, а затем воздушно-абразивного препарирования порошком оксида алюминия, с последующей обработкой поверхности эмали и дентина низкочастотным ультразвуком.

Смазанный слой на поверхности дентина появляется при разных видах препарирования, в том числе и при использовании боров.

Нами было проведено препарирование дентина на удаленных зубах с помощью разных видов боров. Сканирующая электронная микроскопия поверхности дентина показала, что при проведении препарирования дентина следует отдавать предпочтение твердосплавным борам, так как при их использовании, по сравнению с борами с алмазным покрытием, образуется менее плотный смазанный слой, более рыхло покрывающий устья дентинных канальцев.

Смазанный слой, покрывающий поверхность дентина после его препарирования, состоит из частиц гидроксиапатитов, отростков одонтобластов, коллагеновых волокон и микробных клеток.

Использование современных композитных материалов при лечении кариеса зубов предполагает проведение кислотного протравливания дентина. Кислотное протравливание дентина используют с целью удаления смазанного слоя и частичной деминерализации поверхностного слоя дентина. Это создает оптимальные условия для применения праймера и бонда.

Таким образом, кислота должна полностью растворить смазанный слой, а также, частично деминерализовав поверхность дентина, обеспечить возможность проникновения адгезивной системы в глубь дентина с образованием гибридной зоны. Эта зона формируется при проникновении адгезивной системы в дентинные трубочки и межколлагеновые пространства. Для образования гибридной зоны важное значение имеет сохранение «кружевной структуры» дентина, т.е. эффективно

растворяя смазанный слой, кислота не должна вызывать разрушения анатомической структуры дентина.

Эффект кислотного протравливания зависит от вида используемых кислот и способа их применения. В настоящее время до конца не решен вопрос о том, какие виды кислот являются более эффективными и безопасными при протравливании дентина.

Для протравливания дентина чаще всего используют ортофосфорную и малеиновую кислоты. Ортофосфорная кислота является сильной неорганической кислотой, т.е. кислотой способной оказывать агрессивное воздействие. Это предполагает с одной стороны эффективное растворение смазанного слоя, с другой стороны избыточную деминерализацию дентина и даже оказание токсического действия на пульпу зуба при нарушении методики применения.

Малеиновая кислота относится к слабым органическим кислотам. Эта кислота по сравнению с ортофосфорной обладает меньшими побочными эффектами, однако ее действие может быть недостаточно для полноценного удаления смазанного слоя.

В настоящее время кислоты используют в форме геля. Преимущества гелевых форм заключаются в том, что врач может легко контролировать распространение кислоты по поверхности и визуально определять присутствие кислоты.

Кроме того, существуют две методики применения протравливающих гелей. Статическое протравливание – это нанесение аппликации геля на протравливаемую поверхность и динамическое протравливание, или протравливание с динамической активацией, заключающейся в активном втирании протравливающего геля в поверхность дентина с помощью кисточки или аппликатора [218].

С целью исследования сравнительной эффективности ортофосфорной и малеиновых кислот при протравливании дентина, нами было проведено экспериментальное исследование на 24 удаленных зубах. Эффективность протравливания дентина изучали после его препарирования с помощью твердосплавного бора. Исследовали протравливающее действие геля на основе 5%-й малеиновой кислоты в виде апплика-

ций без динамической активации, с экспозицией 15 с; геля на основе 5%-й малеиновой кислоты в виде аппликаций с динамической активацией в течение 15 с; геля на основе 37%-й ортофосфорной кислоты в виде аппликаций без динамической активации. Эффективность протравливания дентина оценивали по состоянию поверхности дентина исследуемых образцов с помощью СЭМ.

Оптимальные результаты протравливания дентина были получены в группе, где протравливание дентина осуществляли с использованием геля на основе 5% малеиновой кислоты с динамической активацией. Большая эффективность протравливания дентина в этой группе по сравнению с группой, где использовали гель на основе 5% малеиновой кислоты без динамической активации, вероятно, связано с тем, что при втирании в поверхность дентина протравливающего геля с помощью аппликатора, происходит постоянное перемешивание и более глубокое проникновение действующего вещества в дентин. Кроме того, следует отметить, что использование геля на основе 5%-й малеиновой кислоты с динамической активацией не приводит к серьезным нарушениям анатомической структуры дентина, что наблюдалось в группе, где из-за избыточного действия ортофосфорной кислоты, на поверхности дентина отмечалось появление эрозий.

Таким образом, при проведении протравливания дентина предпочтение следует отдавать использованию геля на основе 5%-й малеиновой кислоты с динамической активацией, как более эффективному и безопасному способу.

В настоящее время при лечении кариеса с использованием композитных материалов, для улучшения качества и срока службы реставраций большое внимание уделяют ингибированию матричных металлопротеиназ, содержащихся в дентине зубов. С этой целью обычно используют хлоргексидин, который является экзогенным ингибитором матричных металлопротеиназ.

Ramezani Nik I., Baradaran Naseri E и соавт. (2017) с помощью иммунохроматографического анализа (с использованием конъюгата наночастиц золота со специфическими антителами к ММП 2, ММП 8, ММП 9 и ММП 20) на пяти удаленных молярах, пораженных кариесом, установили, что количество матричных металло-

протеиназ, находящихся в дентине, напрямую зависит от степени вовлечения дентина в кариозный процесс. При этом матриксные металлопротеиназы выявляются как в здоровом дентине, так и в дентине, пораженном кариесом [497].

Матриксные металлопротеиназы являются ферментами, продуцируемыми одонтобластами. Наряду с матриксными металлопротеиназами, одонтобласты вырабатывают белковые соединения, являющиеся тканевыми (эндогенными) ингибиторами матриксных металлопротеиназ.

В 2011 году китайские ученые с помощью иммуногистохимического окрашивания доказали, что распределение матриксных металлопротеиназ коррелирует с распределением их тканевых ингибиторов в дентине зубов.

Неясным остается вопрос о количественном содержании белковых матриксных металлопротеиназ и их эндогенных ингибиторов в депульпированных и не депульпированных зубах. Существует мнение, что при гибели одонтобластов, т.е. в депульпированных зубах, количество подобных соединений в дентине депульпированных зубов должно отличаться от их содержания в витальных зубах.

Для решения данного вопроса нами было проведено исследование по определению уровня содержания ингибиторов матриксной металлопротеиназы MMP9 («желатиназа В») TIMP1 и TIMP2 в дентине девитализированных и не девитализированных зубов.

Были приготовлены образцы дентина 38 удаленных зубов для проведения полимеразной цепной реакции (ПЦР) в режиме реального времени. При этом, 22 зуба были подвергнуты эндодонтическому лечению в сроки не менее 2 лет до удаления, 16 зубов перед удалением не были депульпированы.

Результаты исследования показали, что дентин, более 2 лет назад депульпированных зубов, содержит не меньшее, а по уровню TIMP1 даже большее, количество ингибиторов матриксных металлопротеиназ по сравнению с дентином витальных зубов.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в случае гибели одонтобластов ингибиторы ММП сохраняются в дентине, причем уровень их содержания не

снижается. Этот факт может являться косвенным свидетельством того, что в дентине депульпированных зубов, ранее подвергшихся эндодонтическому лечению, может сохраняться высокий уровень содержания матриксных металлопротеиназ. Данное обстоятельство необходимо учитывать при реставрации зубов, ранее подвергшихся эндодонтическому лечению композитными материалами, так как содержащиеся в дентине матриксные металлопротеиназы, в следствии их активации при протравливании кислотой дентина, могут гидролизировать органический матрикс деминерализованного дентина. Вследствие чего и в депульпированных зубах после протравливания дентина необходимо использовать экзогенные ингибиторы матриксных металлопротеиназ, в частности хлоргексидин.

Композитные материалы светового отверждения, которые в настоящее время широко используются для пломбирования кариозных полостей любых классов, наряду с высокими эстетическими свойствами, обладают относительно невысокой прочностью и износостойкостью. В связи с этим развитие технологий, позволяющих улучшить физико-механические свойства светокомпозитных материалов, имеет большое научное и практическое значение. К таким технологиям относятся предполимеризационный нагрев и полимеризация поверхностного слоя светокомпозитного материала в анаэробных условиях.

Идея предполимеризационного нагрева композитного материала светового отверждения заключается в том, что предполимеризационный нагрев способствует не только улучшению пластичности и текучести материала, что важно при внесении его в кариозную полость, но также в нагретом материале, за счет большей подвижности молекул, увеличивается конверсия, т.е. улучшается и ускоряется соединение его компонентов при полимеризации. El-Deeb Н. А. и соавт. (2015) указывают, что максимальная температура нагрева композитного материала, являющейся безопасной для интактной пульпы, не должна превышать 68 °С [287].

Однако, при пломбировании зубов с глубокими кариозными полостями первую порцию, которая будет располагаться на дне кариозной полости, не следует

нагревать выше 39 °С. Это связано с тем, что при наличии гиперемии пульпы, использование материала более высокой температуры может привести к перегреву и вызвать необратимые изменения в пульпе зуба.

Нами было проведено исследование влияния предполимеризационного нагрева композитного материала светового отверждения на качество финишной обработки реставрации.

В качестве объекта исследования был использован микрогибридный композитный материал светового отверждения Enamel plus HRi (UD2) (Micerium S.p.A, Италия). Предполимеризационный нагрев материала осуществляли в специальной печи для разогрева композитов Ena Heat. Исследовали композитный материал светового отверждения, нагретый до 55 °С.

Еще одним способом, оказывающим влияние на качество реставраций при использовании композитных материалов светового отверждения, является полимеризация поверхностного слоя светокомпозитного материала в анаэробных условиях.

Известно, что кислород, содержащийся в воздухе, ингибирует процесс полимеризации поверхностного слоя светокомпозита. Это играет положительную роль при послойном нанесении материала, так как остаточный мономер обеспечивает связь между слоями. Иная ситуация складывается при полимеризации последнего (финишного) слоя реставрации. В этом случае взаимодействие с кислородом может привести к образованию пор и нарушению краевого прилегания поверхностного слоя реставрации из-за его недостаточной полимеризации.

Frazier K., Bedran-Russo A. K., Lawson N. C. и соавт. (2020) отмечают, что ингибированный кислородом слой, оставленный на поверхности композитной пломбы, обладает повышенной проницаемостью для пищевых красителей, подвержен повышенному абразивному износу, легко повреждается инструментом [305].

В связи с вышеизложенным, появилась идея полимеризации поверхностного слоя в анаэробных условиях. Для создания анаэробных условий, в настоящее время, чаще всего используют глицерин. Это химически инертное, не пропускающее кислород вещество.

Методика использования глицерина заключается в следующем: глицерин наносят на поверхность последней порции светокомпозитного материала, внесенную в кариозную полость перед ее полимеризацией. Фотополимеризацию проводят через слой глицерина, после чего глицерин с поверхности реставрации удаляют.

Нами было проведено исследование по исследованию влияния полимеризации в анаэробных условиях композитного материала светового отверждения на состояние поверхностного слоя реставраций.

В качестве объекта исследования использовали материал светового отверждения Enamel plus HRi (UE) (Micerium S.p.A, Италия). Для создания анаэробных условий полимеризации поверхностного слоя применяли глицерин.

Результаты инфракрасной спектроскопии показали, что полимеризация в анаэробных условиях композитного материала светового отверждения существенно влияет на химическую структуру полимера. Бескислородная среда предотвращает окисление производных акриловой кислоты непосредственно в процессе полимеризации, а в полимеризованном материале отсутствует, ингибированный кислородом, мономер.

В результате проведения сканирующей электронной микроскопии установлено, что полимеризация последнего слоя композитного материала светового отверждения в анаэробных условиях предотвращает ингибирование процесса полимеризации кислородом, в следствии чего поверхность реставрации становится менее пористой и шероховатой. Шероховатость поверхности достоверно снижается на 60,1% при отсутствии предполимеризационного нагрева и на 50,5% в случае предполимеризационного нагрева материала до 55 °С по сравнению с образцами, где проводилась аэробная полимеризация при одинаковых условиях нагрева сравниваемых образцов ($p < 0,05$).

Полимеризацию поверхностного слоя композитного материала светового отверждения в анаэробных условиях и предполимеризационный нагрев материала использовали в клинике при пломбировании зубов с глубокими кариозными полостями у 120 больных. При этом, первую порцию микрогибридного композитного

материала светового отверждения Enamel plus HRi нагревали до 39 °C, а все последующие порции до 55 °C. У всех больных при работе со светокомпозитным материалом использовали адгезивную систему V поколения (Primer&Bond NT). Протравливание дентина осуществляли с использованием геля на основе 5%-м малеиновой кислоты. Для инактивации матриксных металлопротеиназ дентина зубов использовали хлоргексидин – у одной части больных 2%-й спиртовой раствор, у другой части 2%-й водный раствор. У половины больных лечебные и изолирующие прокладки при лечении зубов с глубокими кариозными полостями не использовали, а при пломбировании зубов композитным материалом светового отверждения применяли, так называемую, технику двойного бондинга, которая заключалась в том, что на поверхность эмали и дентина двукратно, по 15 с, наносили однокомпонентный адгезив. При этом первую порцию адгезива не высушивали и не полимеризовали, вторую – наносили сразу после нанесения первой порции. У другой половины пациентов при лечении зубов с глубокими кариозными полостями использовали прокладки из кальций-алюмосиликатного цемента «Триоксидент», относящегося к группе трикальцийсиликатных цемента. Этот материал сочетает в себе свойства как изолирующих, так и лечебных прокладок. Обладая высокой механической прочностью, материал выделяет гидроксид кальция, обеспечивающий противомикробное действие и стимуляцию одонтобластов.

Результаты лечения оценивали в ближайшие сроки (до 2 недель после пломбирования), а также в отдаленные сроки (до 2 лет после проведенного лечения).

Техника «двойного бондинга», т.е. в тех случаях, когда при лечении зубов с глубокими кариозными полостями прокладки не применяли, показала низкую эффективность, в 11,7% случаев наблюдалось развитие необратимых форм пульпита. У тех больных, где на дно кариозной полости ставили прокладку из Триоксидента, жизнеспособность пульпы не удалось сохранить лишь у 1,7%.

Следует отметить, что во всех случаях развитие необратимых форм пульпита как в ближайшие, так и в отдаленные сроки после лечения, при препарировании кариозных полостей, где толщина дентина в области дна кариозной полости была

меньше 2 мм, не удавалось добиться полного удаления плотного пигментированного дентина со дна кариозной полости из-за высокого риска вскрытия полости зуба. При этом, электровозбудимость данных зубов до лечения составляла 20–25 мкА, что свидетельствовало о развитии гиперемии пульпы.

Существенного влияния на частоту развития необратимых форм пульпита, использование водного или спиртового раствора хлоргексидина на этапах пломбирования не оказывало.

Таким образом, при пломбировании зубов с глубокими кариозными полостями светокомпозитными материалами, при показаниях электроодонтодиагностики до лечения выше 19 мкА, когда невозможно полностью удалить плотный пигментированный дентин со дна кариозной полости из-за высокого риска вскрытия полости зуба, для сохранения жизнеспособности пульпы следует использовать прокладки из трикальцийсиликатного цемента.

Резюмируя результаты экспериментальных и клинических исследований по оптимизации этапов лечения кариеса зубов, можно сделать вывод, что для повышения эффективности лечебных мероприятий при этом заболевании, необходимо использовать, разработанный алгоритм применения:

- воздушно-абразивного препарирования кариозных полостей, увеличивающего шероховатость поверхности эмали и дентина, что способствует повышению адгезии пломбировочного материала;
- протравливания дентина с помощью геля на основе 5%-й малеиновой кислоты с динамической активацией, являющегося оптимальным и безопасным способом проведения этой процедуры;
- 2% -го водного или спиртового раствора хлоргексидина для инактивации матриксных металлопротеиназ в дентине как витальных, так и депульпированных зубов;
- полимеризации поверхностного слоя композитного материала светового отверждения в анаэробных условиях для улучшения снижения пористости поверхности из-за ингибирования процесса полимеризации кислородом;
- предполимеризационного нагрева композитного материала светового отверждения для улучшения его свойств и качество финишной обработки;

– прокладок из трикальцийсиликатного цемента при лечении гиперемии пульпы для повышения эффективности сохранения жизнеспособности пульпы зуба.

Эндодонтическое лечение является одним из наиболее сложных видов стоматологической помощи. Особую трудность представляет проведение повторного эндодонтического лечения, так как при его проведении значительно возрастает риск получения различных осложнений. В связи с этим оптимизация этапов повторного эндодонтического лечения, позволяющих сохранять зубы даже при наличии патологических периапикальных изменений, имеет большое значение для практического здравоохранения.

При повторном эндодонтическом лечении используются вещества, способные растворять гуттаперчу и силер, введенные в корневые каналы зубов при первичном лечении. Эти вещества называются сольвенты.

В качестве сольвентов могут быть использованы такие вещества, как например, скипидар или хлороформ. Они обладают хорошим растворяющим действием в отношении гуттаперчи и используемых силеров, что дает возможность значительно ускорить этап извлечения пломбировочного материала, введенного в корневой канал при первичном эндодонтическом лечении. Однако, эти вещества обладают выраженным токсическим действием и небезопасны, так как могут вызвать серьезные повреждения периапикальных тканей.

Wennberg A. и Orstavik D. (1989) указали, что альтернативой применения скипидара и хлороформа может служить использование, в качестве сольвента, эвкалиптового эфирного масла. Хотя эвкалиптовое масло уступает по своему растворяющему действию, приведенным выше веществам, но, в отличие от них, оно не вызывает повреждения периодонта.

Наряду с эвкалиптовым маслом, существуют другие эфирные масла, обладающие растворяющим действием. Однако в литературе нет точных данных об эффективности тех или иных видов сольвентов на основе эфирных масел.

Нами проведено исследование эффективности растворяющего действия различных эфирных масел и двух силеров: силера на основе оксида цинка и эвгенола, Гуттасилер и силера на основе эпоксидной смолы, Adseal.

Объектом исследования явились 5 эфирных масел, а именно: гвоздичное, мятное, эвкалиптовое, апельсиновое масло, грейпфрутовое.

Перед проведением исследования растворяющего действия исследуемых масел, определяли с помощью аппарата Ребиндера коэффициент поверхностного натяжения каждого масла.

Для исследования растворяющего действия эфирных масел, филлер или силер по-гружали в исследуемое масло и фиксировали время с момента погружения до полного растворения.

В результате проведенного исследования установлено, что наименьшим коэффициентом поверхностного натяжения обладают грейпфрутовое и апельсиновое эфирные масла. При этом коэффициент поверхностного натяжения грейпфрутового масла был достоверно ниже ($p < 0,05$) по сравнению с другими маслами, за исключением апельсинового масла ($p > 0,05$).

При исследовании растворяющего действия эфирных масел определено, что наибольшую эффективность растворяющего действия показали сольвенты на основе апельсинового и грейпфрутового эфирных масел. Эти эфирные масла одинаково эффективны при растворении силеров как на основе оксида цинка и эвгенола, так и на основе эпоксидной смолы, по сравнению с другими маслами, но обладают большей эффективностью при растворении гуттаперчевых филлеров.

Продолжительность полного растворения гуттаперчевого филлера в грейпфрутовом эфирном масле составило $65 \pm 5,25$ с и была достоверно ниже ($p < 0,05$) по сравнению с другими маслами, за исключением апельсинового масла, где продолжительность полного растворения была $74,5 \pm 4,50$ с ($p > 0,05$).

Полученные результаты полностью согласуются с тезисом о том, что коэффициент поверхностного натяжения эфирного масла связан с его смачивающей способностью, т.е. со способностью растекаться по поверхности, что, в свою очередь, влияет на эффективность растворяющего действия сольвента. Апельсиновое

и грейпфрутовое масла показали наименьший коэффициент поверхностного натяжения и наибольшую эффективность растворяющего действия по сравнению с другими эфирными маслами.

Отрицательной стороной использования сольвентов на основе эфирных масел является то, что на поверхности дентина корня зуба может появиться масляная пленка, препятствующая полноценной obturации корневого канала при его пломбировании.

В связи с этим, при проведении повторного эндодонтического лечения особое внимание следует уделять используемым ирригационным растворам, так как, в данном случае, ирригационный раствор не только должен обеспечивать медикаментозную обработку корневого канала, но и удалять масляную пленку со стенок корневого канала. Для ирригации корневых каналов, в настоящее время, чаще всего используют растворы гипохлорита натрия.

Нами было проведено исследование моющей способности растворов гипохлорита натрия разной концентрации и температуры в отношении апельсинового и грейпфрутового эфирных масел. Исследовали моющую способность ненагретых 5%-го, 3,25%-го и 1%-го растворов гипохлорита натрия и моющую способность 1%-го раствора гипохлорита натрия, нагретого до 45 °С. Моющую способность этих растворов сравнивали с моющей способностью ненагретой мицеллярной воды, которая, благодаря наличию поверхностно-активных веществ (мицелл), обладает низким коэффициентом поверхностного натяжения и повышенной моющей способностью в отношении масел.

На первом этапе исследования, с помощью аппарата Ребиндера, определяли коэффициенты поверхностного натяжения исследуемых ирригационных растворов.

Исследование показало, что со снижением концентрации раствора гипохлорита натрия наблюдалась тенденция к снижению коэффициента поверхностного натяжения ($p > 0,05$). При этом, коэффициент поверхностного натяжения 1%-го раствора гипохлорита натрия, нагретого до 45 °С, показал самые низкие значения и составил $47,1 \pm 2,5$ мН/м. Хотя коэффициент поверхностного натяжения 1% раствора гипохлорита натрия, нагретого до 45 °С, был достоверно выше коэффициента

поверхностного натяжения мицеллярной воды ($p < 0,05$), но он был достоверно ниже коэффициентов поверхностного натяжения ненагретых растворов гипохлорита натрия, в том числе 1%-го раствора ($p < 0,05$).

После определения коэффициента поверхностного натяжения исследуемых растворов, исследовали моющую способность данных растворов в отношении апельсин-нового и грейпфрутового эфирных масел.

Для этого исследуемый раствор в равном количестве смешивали с грейпфрутовым или апельсиновым эфирными маслами. Возникающую реакцию фиксировали и сравнивали с реакцией, возникающей при смешивании данного масла с мицеллярной водой.

В результате исследования было отмечено, что при взаимодействии разных масел с одним и тем же исследуемым раствором наблюдаются однотипные реакции.

Наибольшую моющую способность по отношению к грейпфрутовому и апельсиновому эфирным маслам, по сравнению с другими исследуемыми растворами, показал 1% раствор гипохлорита натрия, нагретый до 45 °С. Его моющая способность была сопоставима с моющей способностью мицеллярной воды.

Таким образом, при повторном эндодонтическом лечении, при использовании сольвентов на основе, указанных выше, масел, ирригацию корневых каналов следует проводить 1%-м раствором гипохлорита натрия, нагретым до 45 °С.

Инструментальная обработка корневых каналов является одним из основных этапов эндодонтического лечения. В связи с этим, правильный выбор нужного эндодонтического инструментария имеет большое значение. Это особенно актуально при повторном эндодонтическом лечении, когда риск отлома эндодонтического инструмента в корневом канале значительно возрастает.

Проблема заключается в том, что эксплуатационные характеристики никель-титановых эндодонтических инструментов, которыми производители сопровождают свои изделия, не всегда соответствуют тем нагрузкам, которые испытывают инструменты при их использовании в клинической практике. В связи с этим, разрабатываются способы и устройства, позволяющие провести независимую экспертизу износостойкости никель-титановых эндодонтических инструментов.

Wick A., Vohringer O., Pelton A. R. (1995) с этой целью разработали устройство содержащее пластину с акриловыми прокладками, в которых были установлены три гладких цилиндрических штифта диаметром 2 мм из нержавеющей стали, регулируемых в горизонтальном направлении. При этом, на самом нижнем штифте был выполнен V-образный паз, удерживающий кончик инструмента при вращении.

Li U. M., Lee B. S и соавт. (2002) для исследования износостойкости никель-титановых инструментов предложили устройство, содержащее наклонный металлический блок, обеспечивающий максимальный изгиб файла на угол 28° . При проведении испытаний подсчитывали количество оборотов, совершенных инструментом, от начала вращения до отлома инструмента.

Gianluca Plotino; Nicola M. Grande и соавт. (2009) использовали искусственные каналы, изготовленные путем сгибания стеклянных или металлических цилиндрических трубок с различными внутренними диаметрами и точками максимальной кривизны. В этих каналах проводили испытания вращающихся NiTi инструментов.

Адамчик А. А. и соавт. (2017) разработали модель для определения циклической прочности механических эндодонтических инструментов при препарировании корневых каналов зубов. Модель содержала блок, состоящий из металлической пластины, на одной из сторон которой было выполнено три желобовидных канала, имитирующих зубные корневые каналы с различными углами изгиба 30° , 45° и 90° . Никель-титановый файл подвергался воздействию механической нагрузки путем его вертикально-поступательного введения поочередно в несколько желобовидных каналов, описанного выше блока, с вращением внутри каналов, а также с подсчетом времени вращения и количества оборотов файла внутри каждого канала от начала механической нагрузки до момента его отлома.

Существенным недостатком всех вышеперечисленных разработанных способов и устройств является то, что в предложенных моделях отсутствует возможность моделирования сложных корневых каналов, имеющих множественные изгибы, что по данным литературы при работе в корневых каналах встречается в 16% случаев.

Кроме того, исследователи учитывают только механическую нагрузку, которую испытывает никель-титановый инструмент. В реальных условиях эксплуатации наряду с механической нагрузкой, никель-титановый эндодонтический инструмент подвергается химическому и термическому воздействию.

Для комплексного исследования износостойкости эндодонтических никель-титановых инструментов нами были разработаны «Способы определения циклической усталости никель-титановых файлов и симуляционный эндодонтический блок для их осуществления» (патент RU 2 789 962 C1 от 14.02.2023). Согласно разработанному способу, исследуемый никель-титановый эндодонтический файл подвергался механической нагрузке. В том случае, если во время механической нагрузки эндодонтический файл не ломался, его подвергали последовательно сначала химическому воздействию, затем термическому воздействию. Таким образом, полный цикл испытания инструмента на износостойкость включал механическую нагрузку, химическое и термическое воздействия. Циклы испытаний повторяли до момента отлома эндодонтического инструмента во время механической нагрузки, что считали пределом износостойкости эндодонтического инструмента. При этом учитывалось количество пройденных циклов испытаний.

Испытания на механическую нагрузку исследуемых никель-титановых эндодонтических файлов проводили с помощью специально разработанного симуляционного эндодонтического блока, который содержал пять желобовидных каналов, имитировавших зубные корневые каналы с различными углами изгиба, которые были сформированы с учетом классификации корневых каналов по Vertucci. Три желобовидных канала включали по одному углу изгиба с разными величинами, а именно угол первого канала составлял 90° , угол второго канала составлял 45° , угол третьего канала составлял 30° . Четвертый канал включал два угла изгиба с величинами 45° , а пятый канал включал четыре угла изгиба с величинами 45° . При проведении испытаний вращающийся эндодонтический файл погружали поочередно в желобовидные каналы симуляционного блока. Продолжительность воздействия в каждом канале составляла 40 с.

В том случае, если никель-титановый эндодонтический файл в процессе механической нагрузки не ломался, его подвергали химическому воздействию.

Химическое воздействие на исследуемый никель-титановый файл осуществляли путем погружения его в 3,25%-й раствор гипохлорита натрия на 2 часа. Затем файл промывали водой и погружали на 45 мин в 5%-й раствор аламинола. После завершения химического воздействия, исследуемый файл подвергали термическому воздействию. Для этого файл упаковывали в крафт-пакет и подвергали автоклавированию в течение 45 минут, при температуре 134 °C и давлении 1,2 атм.

Было проведено комплексное исследование износостойкости 102 никель-титановых инструментов 5 разных производителей. С помощью рентгеноспектрального анализа оценивали изменение химического состава поверхности никель-титановых инструментов после их отлома.

Особенности поверхностей поперечных отломов никель-титановых инструментов оценивали с помощью сканирующей электронной микроскопии.

Результаты рентгеноспектрального анализа показали, что в поверхностном слое никель-титановых инструментов мартенситной фазы до проведения испытаний обнаруживалось наличие кислорода, а аустенитной фазы наличие кислорода в поверхностном слое не зафиксировано. Содержание алюминия в инструментах мартенситной фазы S-flexi 04/30 и Сохо sc pro 04/30 снижалось, у инструмента Protaper gold S1 не менялось, в образцах аустенитной фазы количество алюминия в поверхностном слое увеличивалось. Соотношение титана к никелю в процессе испытаний менялось у S-flexi 04/30, у остальных исследуемых инструментов изменения были незначительными. Содержание кислорода в поверхностном слое после испытаний в образцах Сохо sc pro 04/30 повышалось, что свидетельствовало о низком металлургическом качестве этих инструментов.

Сканирующая электронная микроскопия показала, что характер поперечных отломов инструментов мартенситной и аустенитной фаз отличается. Никель-титановые инструменты аустенитной фазы (Protaper Next X1, Mtwo 10/04 имели отлом в виде пор, равномерно распределённых по поверхности скола, а у инструментов мартенситной фазы чаще встречались отломы с рваными краями.

Результаты комплексного исследования на износостойкость не всегда совпадали с рекомендациями производителей этих инструментов.

Согласно официальной рекомендации производителя фирмы СОХО, допустима механическая обработка до 15 каналов 1 файлом. По результатам комплексных испытаний инструментами Сохо sc pro (02/19, 04/20, 04/25, 06/25, 04/35) можно обработать не более 5-6 каналов, количество циклов до 2.

Аналогичная ситуация была с инструментами аустенитной фазы (Mt two 10/04, Protaper next X1). В рекомендациях производителя прохождение 7-8 корневых каналов, а в результате испытаний только 5-6, количество циклов до 2.

Иная ситуация с инструментами Protaper gold. По рекомендации производителя, в зависимости от искривленности корневого канала, 2-8, по результатам испытания прохождение 5–11 каналов, количество циклов до 3.

Наибольшую износостойкость показали инструменты S-flexi. Хотя, производитель никель-титановых файлов S-flexi официально рекомендует использовать свои изделия не более чем в 7-8 каналах, комплексное исследование износостойкости для большинства инструментов показало их надежность при обработке от 16 до 36 каналов, количество циклов до 8. Исключение составили инструменты S-flexi 04/20 – до 7 каналов, количество циклов до 2.

Таким образом, разработанная методика обеспечивает повышение точности оценки износостойкости никель-титановых файлов, позволяя повысить безопасность механической обработки сложных корневых каналов. Это дает возможность произвести оптимальный подбор инструментов с учетом их прочностных характеристик.

В ходе проведения испытаний никель-титановых инструментов на износостойкость было обнаружено, что при износе инструмента более 80% на его поверхности могут появиться признаки формирующегося отлома. Для визуализации признаков начинающегося отлома никель-титанового эндодонтического инструментария, нами был разработан метод капиллярной дефектоскопии – патент на изобретение: Способ определения признака отлома эндодонтического инструмента

(RU2794631C1 от 24.04.2023). Метод заключается в том, что на поверхность инструмента наносится очиститель на 20 мин, затем пенетрант, проявитель на 15–20 минут. В результате химической реакции проявителя с пенетрантом проявляется окрашивание дефекта, что визуально позволяет определить признаки начинающегося отлома.

Разработанный способ имеет большое практическое значение, так как позволяет врачу наглядно судить об износе никель-титанового инструмента, о возможности или невозможности его дальнейшего использования, что позволяет избежать отлома инструмента в корневом канале и, связанных с этим, осложнений.

Завершающим и самым важным этапом эндодонтического лечения, которому предшествует механическая и медикаментозная обработка, является пломбирование корневого канала. Надежная obturation корневого канала, особенно его апикальной части, обеспечивает долгосрочный положительный эффект эндодонтического лечения.

Успешная obturation требует использования материалов и методик, дающих возможность плотного заполнения внутреннего просвета корневого канала.

Для пломбирования корневых каналов используют филлеры и силеры. В качестве филлера в настоящее время чаще всего применяют гуттаперчу.

Существуют разные способы пломбирования корневых каналов, отличающиеся особенностями конденсации гуттаперчи. Открытым остается вопрос, какой из способов пломбирования обеспечивает наиболее плотную obturation апикальной части корневого канала.

Нами было проведено экспериментальное исследование на 48 удаленных резцах нижней челюсти по определению эффективности obturation апикальной части корневого канала при использовании различных способов пломбирования корневых каналов.

Во всех удаленных зубах раскрывали полость зуба, проводили одинаковую механическую и медикаментозную обработку корневых каналов.

Для пломбирования корневых каналов в качестве силера применяли Adseal, филлера – гуттаперчевые штифты.

В зависимости от способа пломбирования корневых каналов, зубы были разделены на 3 группы (по 16 зубов в каждой):

В первой группе корневые каналы пломбировали с помощью латерального способа конденсации гуттаперчи.

Во второй группе использовали вертикальный способ конденсации гуттаперчи. Для этого использовали горячий плагер GuttaEst и инжектор GuttaFill.

В третьей группе применяли гибридный способ конденсации гуттаперчи. Методика его проведения заключалась в следующем: корневой канал до середины его длины пломбировали с использованием латерального способа конденсации гуттаперчи; затем с помощью горячего плагера GuttaEst проводили вертикальную конденсацию гуттаперчи, при этом плагер не доводили до апикального сужения на расстояние 5 мм; после чего проводили вертикальную конденсацию гуттаперчи холодными плагерами SSG Plugegr № 1, 2, 3.

Через 72 часа после пломбирования корневых каналов, из апикальных частей корней запломбированных удаленных зубов готовили образцы для сканирующей электронной микроскопии.

Результаты сканирующей электронной микроскопии показали, что ширина щели между obturационным материалом и дентином апикальной части корня зуба при гибридном способе конденсации гуттаперчи составила $7,4 \pm 3,85$ мкм и была достоверно меньше, чем при латеральном ($15,7 \pm 3,67$ мкм) и вертикальном ($18,2 \pm 4,12$ мкм) способах конденсации гуттаперчи ($p < 0,05$).

Таким образом, результаты экспериментального исследования свидетельствуют о том, что гибридный способ пломбирования корневых каналов обеспечивает более эффективную obturацию апикальной части корня зуба, по сравнению со способами латеральной и вертикальной конденсации.

Исследование клинической эффективности оптимизации этапов повторного эн- додонтического лечения при хроническом апикальном периодонтите позволяет объективно оценить результаты применения различных сольвентов, разных способов ирригации и obturации корневых каналов зубов при повторном эндодонтическом лечении.

С этой целью было проведено обследование и лечение 104 пациентов с хроническим апикальным периодонтитом, в зубах, ранее подвергшихся эндодонтическому лечению.

В зависимости от способа проведения повторного эндодонтического лечения, больные были распределены на 2 группы по 52 человека в каждой.

Повторное эндодонтическое лечение в обеих группах больных включало следующие этапы: извлечение, с использованием сольвентов, старого obturационного материала, содержащего гуттаперчу, из корневых каналов зубов, введенного в них при первичном эндодонтическом лечении; проведение повторной инструментальной и медикаментозной обработки корневых каналов. Завершающим этапом лечения являлось повторное пломбирование корневых каналов.

В первой группе больных применяли методы оптимизации этапов повторного эндодонтического лечения, разработанные нами с помощью лабораторных и экспериментальных методов исследования. При проведении эндодонтического лечения руководствовались патентом на изобретение «Способ повторного эндодонтического лечения» RU 2 610 210 C1 от 08.02.2017.

Во второй группе, при проведении лечебных мероприятий использовали современные традиционные методы, применяемые на этапах повторного эндодонтического лечения.

В первой группе использовали сольвент на основе апельсинового эфирного масла Orange oil based Gutta Percha solvent G-SOL.

Во второй группе использовали сольвент на основе эвкалиптового эфирного масла Eucaliptol.

Размягченный obturационный материал удаляли из корневого канала до тех пор, пока файл не достигал глубины, на которой obturационный материал не подвергался воздействию сольвента. На этом этапе проводили ирригацию корневого канала с использованием гипохлорита натрия и дистиллированной воды.

В первой группе для ирригации корневых каналов использовали 1%-й раствор гипохлорита натрия, нагретого до 45 °С и ненагретую дистиллированную воду.

Во второй группе для ирригации корневых каналов использовали ненагретый 3,25%-й раствор гипохлорита натрия и ненагретую дистиллированную воду.

После ирригации корневого канала, в корневой канал повторно вводили сольвент и вновь извлекали с помощью файла, размягченный сольвентом obturационный материал, из корневого канала. Цикл манипуляций, включающий введение сольвента, извлечение размягченного материала и ирригацию, повторяли до тех пор, пока кончик файла не достигал рабочей глубины корневого канала. При этом, перед каждым последующим введением в канал, файл очищали, а после прохождения канала на всю рабочую глубину, остатки растворенного материала удаляли бумажными штифтами.

Механическую обработку корневых каналов в обеих группах проводили одинаково, используя ручные и машинные никель-титановые эндодонтические инструменты.

При проведении инструментальной обработки корневых каналов в обеих группах, придерживались определенной последовательности использования никель-титановых инструментов.

После определения рабочей длины корневого канала инициальным ручным инструментом, машинную обработку проводили инструментом Mtwo 10/04 (VDW Германия). Аустенитный никель-титановый инструмент расширял корневой канал на всем протяжении по методике step back. Обладая высокой режущей способностью, по мере работы в искривленных каналах, сглаживал кривизну канала и, тем самым, снижал циклическую нагрузку, облегчая механическую нагрузку для следующего инструмента.

В первой группе для оптимизации процесса ирригации корневых каналов использовали специально разработанные: устройство для ирригации корневых каналов (патент на полезную модель № 211836 Российская Федерация) и съемная насадка для медикаментозной обработки корневого канала (патент на полезную модель № 210678 Российская Федерация). Это позволило полностью исключить использование эндодонтических шприцов у больных первой группы.

Разработанное нами устройство имеет существенные отличия от предложенных ранее систем подачи и перемешивания ирригационных растворов при эндодонтическом лечении зубов.

Данные системы по способу перемешивания и подачи ирригационного раствора делятся на две группы. Первая группа – это группа с ручным способом перемешивания и подачи раствора. Однако Setlock J. и соавт. (2003) отмечают низкую эффективность ручных способов, особенно при наличии в корневом канале выступов и нависающих краев. Другую группу представляют машинные способы перемешивания и подачи ирригационных растворов. Эти способы более эффективны, но в силу того, что для их реализации требуется специальное, зачастую технически сложное, дорогое и труднодоступное оборудование, широко не используется.

Главным недостатком предложенных ирригационных систем является то, что при их использовании невозможно последовательно или одновременное использование нескольких ирригационных растворов с нагревом и поддержанием температуры ирригационного раствора на определенном уровне.

Этих недостатков лишено разработанное нами устройство, которое содержит несколько резервуаров для ирригационных растворов, имеет переключатель для последовательного или одновременного использования растворов, содержащихся в резервуарах, а также предусмотрена возможность отдельного нагрева и поддержания его температуры в любом резервуаре. Кроме того, разработанная нами насадка, позволяет проводить звуковую или ультразвуковую активацию ирригационных растворов.

В первой группе при проведении ирригации использовали три резервуара. В первом резервуаре, который был снабжен терморегулятором, находился 1%-й раствор гипохлорита натрия, нагретый до 45 °С. Во втором резервуаре находилась не нагретая дистиллированная вода, в третьем резервуаре – ненагретый ЭДТА 17%.

Разработанное устройство обеспечивала ирригацию и одновременно механическую обработку всех машинных никель-титановых инструментов.

Как было указано выше, при проведении механической обработки корневых каналов в первой группе, в качестве ирриганта использовали 1%-й раствор гипохлорита натрия, нагретый до 45 °С.

По окончании механической обработки корневых каналов, корневые каналы промывали ненагретой дистиллированной водой, затем использовали ненагретый 17% ЭДТА с экспозицией на 1 минуту. После этого корневые каналы промывали 1%-м раствором гипохлорита натрия, нагретым до 45 °С. При проведении ирригации корневых каналов после механической обработки, использовали звуковую активацию ирригационных растворов с помощью пластиковой эндодотической иглы. Корневые каналы высушивали бумажными абсорберами. Затем приступали к пломбированию корневых каналов зубов.

Во второй группе для ирригации корневых каналов использовали эндодонтический шприц. При проведении механической обработки корневых каналов в этой группе, в качестве ирриганта использовали ненагретый 3,25%-й раствор гипохлорита натрия.

По окончании механической обработки корневых каналов, корневые каналы промывали ненагретой дистиллированной водой, затем использовали ненагретый 17% ЭДТА с экспозицией на 1 минуту. После этого корневые каналы промывали ненагретым 3,25%-м раствором гипохлорита натрия. После высушивания корневых каналов бумажными абсорберами, приступали к пломбированию корневых каналов зубов.

В обеих группах корневые каналы пломбировали с использованием гуттаперчевых штифтов. В качестве силера применяли Adseal.

В первой группе корневые каналы пломбировали с использованием гибридного способа конденсации гуттаперчи. Во второй группе корневые каналы пломбировали с помощью латерального способа конденсации холодной гуттаперчи.

Результаты лечения оценивали в течение 2 лет после проведения лечебных мероприятий. Критерии оценки результатов лечения были следующие:

– лечение признавали успешным при полном выздоровлении, т.е. отсутствии клинических симптомов воспаления и рентгенологических признаках полной регенерации костной ткани. К успешному также относили состояние, когда полностью отсутствовали клинические симптомы воспаления, а рентгенологически определялось уменьшение поражения периодонтальных тканей;

– лечение признавали неудачным при наличии симптомов обострения воспалительного процесса в периодонте, а также отсутствия рентгенологических признаков уменьшения очага поражения периапикальных тканей, даже при отсутствии клинических симптомов воспаления.

Оценка результатов лечения, проведенная в течение двух лет, показала, что в первой группе больных, где применяли методы оптимизации этапов повторного эндодонтического лечения, а именно: использовали сольвент на основе апельсинового эфирного масла; ирригацию корневых каналов проводили с помощью специально разработанной ирригационной системы; в качестве ирриганта применяли 1% раствор гипохлорита натрия, нагретый до 45 °С, а корневые каналы пломбировали с использованием гибридного способа конденсации гуттаперчи, эффективность лечения составила 90,4%. Это было на 15,4% выше по сравнению с результатами лечения во второй группе, где при проведении лечебных мероприятий использовали современные традиционные методы, применяемые на этапах повторного эндодонтического лечения. Эффективность лечебных мероприятий в этой группе составила лишь 75%.

Таким образом, результаты клинического применения, разработанных этапов оптимизации повторного эндодонтического лечения при хроническом периодонтите, указывают на возможность повышения эффективности сохранения зубов при наличии патологических периапикальных изменений, что имеет большое значение для практического здравоохранения.

Результаты, проведенных исследований, свидетельствуют о том, что к эффективным способам оптимизации этапов повторного эндодонтического лечения относятся:

- использование сольвентов на основе апельсинового и грейпфрутового эфирных масел, обладающих наиболее выраженным растворяющим действием по отношению к гуттаперче по сравнению с другими эфирными маслами;
- применение в качестве ирриганта 1%-го раствора гипохлорита натрия, нагретого до 45 °С, обладающего наибольшей моющей способностью в отношении грейпфрутового и апельсинового эфирных масел;
- выбор никель-титанового эндодонтического инструментария на основании результатов комплексного исследования их износостойкости;
- применение ирригационной системы, позволяющей проводить ирригацию корневых каналов с последовательным использованием 1%-го раствора гипохлорита натрия, дистиллированной воды, 17% раствора ЭДТА, дающей возможность нагревать и поддерживать температуру 1%-го раствора гипохлорита натрия на уровне 45 °С, обеспечивающей звуковую активацию ирригационного раствора в корневом канале;
- применение гибридного способа пломбирования корневых каналов зубов, обеспечивающего более эффективную obturation апикальной части корня зуба по сравнению с другими способами пломбирования корневых каналов.

Подводя итог всей диссертационной работы, можно сделать вывод о том, что современная парадигма диагностики и лечения кариеса и его осложнений должна базироваться на научно-обоснованном алгоритме применения оптимизации этапов лечебных и диагностических мероприятий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ВЫВОДЫ

1. На основании анкетирования 150 практикующих врачей-стоматологов терапевтов выявлено, какие этапы диагностики и лечения кариеса и его осложнений представляют наибольшие трудности в плане выбора алгоритма применения существующих диагностических и лечебных процедур. Установлен низкий уровень осведомленности врачей о способах оптимизации диагностических и лечебных мероприятий при этих заболеваниях. При этом, 82% респондентов отмечают высокую потребность в освоении современных научно-обоснованных способов повышения эффективности диагностики и лечения кариеса и его осложнений.

2. Компьютерная программа, содержащая элементы искусственного интеллекта, значительно сокращает временные затраты необходимые для оценки КЛКТ, что дает возможность за относительно небольшой интервал времени обрабатывать большие объемы информации. Суммарное время, необходимое врачу рентгенологу для оценки КЛКТ существенно отличалось от времени, необходимого для диагностики с использованием искусственного интеллекта ($p < 0,001$; псевдомедиана разницы 20,20 мин с 95%-м ДИ 19,40–21,10 мин). Однако компьютерная программа склонна к гипердиагностике, что при оценке кариеса на контактной поверхности составило 17%, при оценке патологических периапикальных изменений 12%.

3. Воздушно-абразивная обработка твердых тканей зуба с использованием порошка оксида алюминия приводит к повышению их шероховатости. При этом, наибольшая степень шероховатости эмали наблюдается при использовании абразивных частиц порошка оксида алюминия размером 27 мкм, а наибольшая степень шероховатости дентина отмечается при использовании абразивных частиц размером 50 мкм. Воздушно-абразивная обработка эмали зуба с помощью порошка оксида алюминия может быть использована как самостоятельный способ препарирования при лечении кариеса эмали. При лечении кариеса дентина воздушно-абразивное препарирование нужно использовать в комбинации препарирования кариозной полости с помощью бора и ультразвуковой обработки поверхности эмали и

дентина с помощью низкочастотного ультразвука в следующей последовательности: сначала проводится препарирование кариозной полости с помощью бора, затем проводится воздушно-абразивное препарирование с использованием порошка оксида алюминия, после чего необходимо провести ультразвуковую обработку поверхности эмали и дентина низкочастотным ультразвуком.

4. Оптимальным способом протравливания дентина является использование геля на основе 5%-й малеиновой кислоты с динамической активацией. Этот способ позволяет эффективно удалить смазанный слой и не вызывает нарушения целостности дентина в отличие от геля на основе 37% ортофосфорной кислоты, применение которого приводит к появлению эрозий на поверхности дентина.

5. Депульпирование зубов не приводит к снижению уровня содержания в дентине ингибиторов матриксных металлопротеиназ. Уровень содержания ингибитора TIMP1 в дентине депульпированных зубов был достоверно выше по сравнению с уровнем его содержания в дентине не депульпированных зубов ($p < 0,05$). При этом, по уровню содержания ингибитора TIMP2 достоверной разницы, между дентином депульпированных и недепульпированных зубов, получено не было ($p > 0,05$).

6. Полимеризация последнего слоя композитного материала светового отверждения в анаэробных условиях предотвращает ингибирование процесса полимеризации кислородом, что обеспечивает полную конверсию полимерной матрицы и повышает эффективность реставрации композитного материала.

7. Предполимеризационный нагрев композитного материала светового отверждения в сочетании с анаэробной полимеризацией улучшает качественные характеристики поверхности композита, в результате чего поверхность реставрации становится менее пористой и шероховатой. Шероховатость поверхности достоверно снижается на 60,1% при отсутствии предполимеризационного нагрева и на 50,5% в случае предполимеризационного нагрева материала до 55 °С по сравнению с образцами, где проводилась аэробная полимеризация при одинаковых условиях нагрева сравниваемых образцов ($p < 0,05$).

8. При пломбировании зубов с глубокими кариозными полостями светокомпозитными материалами, при показаниях электроодонтодиагностики 20–25 мкА и

невозможности полного удаления плотного пигментированного дентина со дна кариозной полости из-за высокого риска вскрытия полости зуба, использование прокладки из трикальцийсиликатного цемента позволяет сохранить жизнеспособность пульпы зуба. При пломбировании зубов с глубокими кариозными полостями светокompозитными материалами без использования прокладок в 10–13% случаев развиваются необратимые формы пульпита, а с применением прокладок из трикальцийсиликатного цемента жизнеспособность пульпы удается сохранить в 97–100% случаев.

9. Наибольшую эффективность растворяющего действия показали сольвенты на основе апельсинового и грейпфрутового эфирных масел. Эти эфирные масла одинаковы эффективны при растворении силеров как на основе оксида цинка и эвгенола, так и на основе эпоксидной смолы, по сравнению с другими маслами, но обладают большей эффективностью при растворении гуттаперчевых филлеров.

10. Продолжительность полного растворения гуттаперчевого филлера в грейпфрутовом эфирном масле составило $65 \pm 5,25$ с и была достоверно ниже ($p < 0,05$) по сравнению с другими маслами, за исключением апельсинового масла, где продолжительность полного растворения была $74,5 \pm 4,50$ с ($p > 0,05$).

11. Нагревание 1%-го раствора гипохлорита натрия до 45 °C достоверно снижает коэффициент его поверхностного натяжения и увеличивает моющую способность в отношении грейпфрутового и апельсинового эфирных масел ($p < 0,05$).

12. Разработан способ комплексного исследования износостойкости никель-титановых эндодонтических инструментов, заключающийся в чередующихся циклах испытаний, включающих механическую нагрузку, с использованием разработанного симуляционного блока, химическое воздействие и термическое воздействие на исследуемый никель-титановый инструмент. С помощью разработанного способа проведено комплексное исследование износостойкости никель-титановых эндодонтических инструментов разных производителей.

13. Гибридный способ пломбирования корневых каналов зубов обеспечивает более эффективную obturацию апикальной части корня зуба по сравнению с дру-

гими способами пломбирования корневых каналов. Экспериментальное исследование на удаленных зубах показало, что ширина щели между obturационным материалом и дентином апикальной части корня зуба при гибридном способе конденсации гуттаперчи составила $7,4 \pm 3,85$ мкм и была достоверно меньше, чем при латеральном ($15,7 \pm 3,67$ мкм) и вертикальном ($18,2 \pm 4,12$ мкм) способах конденсации гуттаперчи ($p < 0,05$).

14. Применение способов оптимизации этапов повторного эндодонтического лечения при хроническом апикальном периодонтите, а именно; использование сольвента на основе апельсинового эфирного масла; проведение ирригации корневых каналов с помощью специально разработанной ирригационной системы; применение в качестве ирриганта 1%-го раствора гипохлорита натрия, нагретого до 45°C ; использование гибридного способа конденсации гуттаперчи при пломбировании корневых каналов зубов, повышает эффективность лечебных мероприятий на 15,4%.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для диагностики кариеса и его осложнений необходим комплексный подход и, наряду с лучевой диагностикой и использованием элементов искусственного интеллекта, следует применять другие дополнительные методы исследования, в том числе электроодонтодиагностику.

2. Воздушно-абразивная обработка эмали зуба с помощью порошка оксида алюминия может быть использована как самостоятельный способ препарирования при лечении кариеса эмали.

3. При лечении кариеса дентина воздушно-абразивное препарирование с использованием порошка оксида алюминия может быть использовано после препарирования кариозной полости с помощью бора, с целью увеличения шероховатости поверхности для улучшения адгезии пломбировочного материала.

4. После проведения воздушно-абразивного препарирования необходимо провести ультразвуковое воздействие низкочастотным ультразвуком для удаления смазанного слоя и остатков порошка на поверхности эмали и дентина.

5. При препарировании дентина предпочтение следует отдавать твердосплавным борам, так как при их использовании на поверхности дентина образуется менее плотный смазанный слой по сравнению с препарированием с использованием боров с алмазным покрытием.

6. При протравливании дентина следует использовать гель на основе 5% maleиновой кислоты с его активаций. Для этого, на поверхность дентина необходимо нанести протравливающий гель и проводить его втирание в поверхность дентина с помощью аппликатора (или кисточки) в течение 15 с.

7. В депульпированных зубах при работе с композитными материалами, после кислотного протравливания дентина необходимо использовать 2% водный или спиртовой раствор хлоргексидина для предотвращения гидролиза органического матрикса деминерализованного дентина матриксными металлопротеиназами.

8. При пломбировании светокомпозитными материалами зубов с глубокими кариозными полостями, отличающимися снижением электровозбудимости до 20–25 мкА и невозможностью полного удаления плотного пигментированного дентина со дна кариозной полости из-за высокого риска вскрытия полости зуба, для сохранения жизнеспособности пульпы нужно обязательно использовать прокладки из трикальцийсиликатного цемента.

9. При пломбировании кариозных полостей композитными материалами светового отверждения для увеличения износостойкости реставраций необходимо применять предполимеризационный нагрев материала до 55 °С.

10. При пломбировании зубов с глубокими кариозными полостями, с использованием предполимеризационного нагрева композитного материала светового отверждения, первую порцию материала следует нагревать до температуры не выше 39° С.

11. При пломбировании кариозных полостей последний слой композитного материала светового отверждения следует полимеризовать в анаэробных условиях. Это предотвращает ингибирование процесса полимеризации кислородом, улучшает конверсию полимерной матрицы и способствует снижению пористости и ше-

роховатости поверхности реставрации. Полимеризацию последней порции материала следует проводить через слой глицерина. После полимеризации глицерин необходимо удалить с поверхности реставрации и провести ее полирование.

12. При повторном эндодонтическом лечении зубов, где корневые каналы были ранее запломбированы с использованием гуттаперчи, следует отдавать предпочтение сольвентам на основе грейпфрутового и апельсинового масел.

13. При повторном эндодонтическом лечении, при использовании сольвентов на основе эфирных масел, ирригацию корневых каналов следует проводить 1%-м раствором гипохлорита натрия, нагретым до 45 °С.

14. При выборе никель-титанового эндодонтического инструментария необходимо руководствоваться результатами комплексного исследования износостойкости никель-титановых эндодонтических инструментов.

15. Для визуализации вероятного формирующегося отлома никель-титанового эндодонтического инструмента нужно использовать капиллярную дефектоскопию.

16. При эндодонтическом лечении необходимо использовать гибридный способ конденсации гуттаперчи, так как он обеспечивает более эффективную obturation апикальной части корня зуба по сравнению с латеральным и вертикальным способами конденсации гуттаперчи.

17. При повторном эндодонтическом лечении хронического апикального периодонтита, для повышения эффективности лечебных мероприятий необходимо использовать способы оптимизации этапов эндодонтического лечения, а именно:

- применять сольвент на основе апельсинового эфирного масла в тех случаях, когда при первичном эндодонтическом лечении корневые каналы были запломбированы с использованием гуттаперчи;

- применять 1%-й раствор гипохлорита натрия, нагретый до 45 °С, в качестве ирриганта при использовании сольвента на основе апельсинового эфирного масла, на этапе удаления пломбировочного материала, введенного в корневой канал при первичном эндодонтическом лечении;

- применять ирригационную систему, позволяющую проводить ирригацию с последовательным использованием 1%-го раствора гипохлорита натрия, дистиллированной воды, 17%-го раствора ЭДТА, дающую возможность нагревать и поддерживать температуру 1%-го раствора гипохлорита натрия на уровне 45 °С, обеспечивающую звуковую активацию ирригационного раствора в корневом канале;
- применять при пломбировании каналов гибридный способ конденсации гуттаперчи.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ДИ – доверительный интервал

КЛКТ -конусно-лучевая компьютерная томография

мРНК – матричная рибонуклеиновая кислота

МТА – минерал триоксид агрегат

рКа – константа диссоциации

AI – искусственный интеллект

ART-техника – Atraumatik restorative treatment – атравматическое реставрационное лечение

Bis-GMA –бисфенол-глицидилметакрилата

CMCR – Chemomechanical caries removal - Химико-механическое удаление кариозного поражения

MDP-Ca - Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate – метакрилоилоксидецил дигидроген фосфат

MICRT – minimally invasive caries removal techniques (Метод минимального инвазионного удаления кариеса)

MIPS – Minimal Invasion with Pulp Save – минимальная инвазия с сохранением пульпы

ММР – матриксная металлопротеиназа

NaOCl – гипохлористой кислоты

TegDMA – триэтиленгликоль-диметилметакрилат

ТИМР – тканевый ингибитор металлопротеиназ

UDMA – уретандиметилметакрилат

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова, Н. Е. Стоматологическое материаловедение. Композиты : учебное пособие / Н. Е. Абрамова, И. А. Киброцашвили, Н. В. Рубежова [и др.]. – СПб., 2013. – 46 с.
2. Адамчик, А. А. Оценка полимеризации композита / А. А. Адамчик // Кубанский научный медицинский вестник. – 2015. – Т. 1.
3. Аксенов, В. А. О некоторых актуальных проблемах дезинфекции эндоскопов / В. А. Аксенов // Медицинский бизнес. Медтехника. – 2002. – Т. 9–10, № 99–106. – С. 18–19.
4. Аксенов, В. А. О некоторых актуальных проблемах практики применения дезинфицирующих препаратов / В. А. Аксенов. – Москва, 2002.
5. Аксенов, В. А. Современные подходы к дезинфекции кожных покровов и слизистых в медицинской практике / В. А. Аксенов. – Москва, 2007.
6. Арутюнов, А. В. Оценка свойства исцеления деструктивных форм хронического верхушечного периодонтита / А. В. Арутюнов, В. И. Старченко, А. А. Овсянникова [и др.] // Кубанский научный медицинский вестник. – 2016. – Т. 159, № 4. – С. 11–16.
7. Бажанов, Н. Н. Состояние и перспективы профилактики и лечения гнойных воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области / Н. Н. Бажанов, В. А. Козлов, Ю. М. Максимовский, Т. Г. Робустова // Материалы III съезда Стоматологической Ассоциации. – М. : АО «Стоматология», 1996. – С. 64–65.
8. Байтус, Н. А. Современный клинический подход в лечении деструктивных форм хронического апикального периодонтита / Н. А. Байтус, Ю. П. Чернявский // Стоматология. Эстетика. Инновации. – 2020. – Т. 4, № 2. – С. 153–160.
9. Белоклицкая Г. Ф., Современные пломбировочные материалы и методы их использования в терапевтической стоматологии. / Г. Ф. Белоклицкая, О. В. Ашаренкова, О. В. Копчак. – Киев : Аскания, 2013.

10. Белоус, А. П. Восстановление апикального цемента электронной микроскопии / А. П. Белоус, А. Г. Пиляев, Н. О. Исакова // Вопросы экспериментальной и клинической медицины. – 2013. – Т. 1, № 17. – С. 280–283.
11. Белоус, А. П. Клинико-экспериментальное обоснование выбора метода эндодонтического лечения апикального периодонтита с различным клиническим течением / А. П. Белоус // 2013. – С. 20.
12. Берхман, М. В. Апикальная микрохирургия vs повторное ортоградное лечение корневых каналов: критерии выбора метода лечения / М. В. Берхман, С. С. Козлова, А. И. Просин, О. В. Черненко // Эндодонтия today. – 2019. – Т. 17, № 2. – С. 59–64.
13. Богомоллова, Н. С. Справка по результатам использования дезинфицирующих и антисептических средств фирмы «Шюльке и Майр» (Германия) в Научном центре хирургии РАМН / Н. С. Богомоллова, Т. Я. Пхакадзе // Book Справка по результатам использования дезинфицирующих и антисептических средств фирмы «Шюльке и Майр» (Германия) в Научном центре хирургии РАМН / Editor. – 1965.
14. Бойцанюк, С. И. Применение гидроксида кальция в стоматологической практике при лечении апикальных периодонтитов / С. И. Бойцанюк // Клиническая стоматология. – 2014.
15. Борисенко, А. В. Методы лечения периодонтитов (обзор литературы) / А. В. Борисенко, Ю. Ю. Кодлубовский // Современная стоматология. – 2010. – Т. 1. – С. 15–20.
16. Борисенко, А. В. Применение лечебной композиции для временного заполнения корневых каналов при лечении хронического периодонтита / А. В. Борисенко, О. В. Линовицкая, Ю. Ю. Кодлубовский // Современная стоматология. – 2015. – Т. 3. – С. 17–19.
17. Боровский, Е. В. Качество препарирования полостей класса I и II / Е. В. Боровский, С. Н. Новикова // Материалы международной научно-практической конференции. – 2012. – Т. 30, № 1. – С. 27–29.

18. Боровский, Е. В. Лечение периодонтита: состояние вопроса и перспективы совершенствования / Е. В. Боровский // Материалы 3-го съезда стоматологической ассоциации. – 1996. – С. 38–39.

19. Боровский, Е. В. Электрометрический метод определения длины зуба при проведении эндодонтического лечения / Е. В. Боровский, Н. С. Жохова, И. М. Макеева // Новое в стоматологии. – 1998. – Т. 2. – С. 45–48.

20. Борозенцева, В. А. Влияние коронкового подтекания временных пломбировочных материалов на успех эндодонтического лечения в сборнике: стоматология славянских государств / В. А. Борозенцева, Л. Л. Гапочкина // Сборник трудов X Международной научно-практической конференции, посвящённой 25-летию ЗАО «ОЭЗ «ВладМиВа». – 2017. – С. 50–52.

21. Бронне, Ф. Biodentine – заменитель природного дентина для пломбирования перфораций дна пульповой камеры, апексификации и ретроградной пломбировки корневых каналов / Ф. Бронне // Новости стоматологии. – 2013. – Т. 1. – С. 45–49.

22. Брянская, М. Н. Сравнительная характеристика концепций препарирования кариозных полостей в оперативной стоматологии / М. Н. Брянская, Е. Н. Иванова // Дальневосточный медицинский журнал. – 2007. – № 3. – С. 122–126.

23. Брянская, М.Н. Клинико-морфологическое обоснование профилактики и лечения фиссурного кариеса постоянных зубов с незрелой эмалью : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.21 / Брянская Марина Николаевна. – Иркутск, 2009. – 124 с.

24. Бутвиловский, А. В. Сравнительный анализ степени сохранения твердых тканей зуба при препарировании различными борами / А. В. Бутвиловский, Д. Л. Володкевич, А. Л. Володкевич, Э. Р. Галиакберов // БГМУ в авангарде медицинской науки и практики : сборник рецензируемых научных работ / под редакцией А. В. Сикорского, О. К. Дорониной. – 2017. – С. 130–132.

25. Вагнер, В. Д. Качество стоматологической помощи: характеристики и критерии / В. Д. Вагнер, Е. А. Булычева // Стоматология. – 2017. – Т. 96, № 1. – С. 23–24.

26. Васильев, Ю. А. Сравнительная оценка точности объема корневого канала зубов с помощью томографических методик исследования в эксперименте / Ю. А. Васильев // Медицинская визуализация. – 2014. – Т. 6. – С. 8–13.
27. Велитченко, И. А. Влияние тепловых факторов на ткани зуба при эндодонтическом лечении : дис. канд. мед. наук : 14.00.14 / Велитченко Ирина Анатольевна. – Москва, 2011. – 165 с.
28. Володина, Е. В. Целесообразность применения лечебных прокладок при лечении начального пульпита (гиперемии пульпы) / Е. В. Володина, В. В. Ведмицкая, Г. Д. Бадалян // Медицинский алфавит. – 2015. – Т. 2, № 5. – С. 30–31.
29. Галанова, Т. А. Отдаленные результаты лечения хронического апикального периодонтита / Т. А. Галанова, Т. Е. Щербакова // Эндодонтия today. – 2011. – Т. 2. – С. 73–77.
30. Галатенко, Н. А. Перспективы использования эпоксиполиуретановых композиционных материалов в стоматологии / Н. А. Галатенко, Н. А. Горбунова, А. С. Астапенко, А. С. Рожнов // Полимерный журнал. – 2015. – Т. 37, № 1. – С. 3–10.
31. Ган, И. В. Лечение больных хроническим периодонтитом с приобретенной широкой верхушкой корня зуба (обзор литературы) / И. В. Ган // Актуальные проблемы современной медицины. – 2018. – Т. 18. – С. 295–300.
32. Ган, И. В. Оценка эффективности эндодонтического лечения больных хроническим гранулирующим периодонтитом с приобретенной широкой верхушкой корня зуба / И. В. Ган, В. М. Зубачик, Н. В. Пороховская // Вестник проблем биологии и медицины. – 2018. – Т. 145. – С. 364–368.
33. Ганилова, Ю. А. Предотвращение осложнений на этапе создания "ковровой дорожки" при эндодонтическом лечении зубов / Ю. А. Ганилова, Н. С. Артемова ; ООО «Наука и инновации» // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2017. – Т. 7, № 9.
34. Геранин, С. И. Антибактериальная активность эндодонтических ирригантов и гемостатических средств при различных формах пульпитов / С. И. Геранин // Вестник ВДНЗ. – 2016. – Т. 16, № 3. – С. 4–7.

35. Гилязева, В. В. Морфологическая характеристика воспалительного поражения структур эндопериодонтального комплекса / В. В. Гилязева, И. А. Ханова, Л. И. Никитина // Медико-фармацевтический журнал Пульс. – 2019. – Т. 21, № 7. – С. 32–36.

36. Гилязева, В. В. Применение гидроксида кальция при лечении деструктивных форм периодонтита с последующей реабилитацией / В. В. Гилязева, А. И. Шайхутдинова // Вестник современной клинической медицины. – 2010. – Т. 3, № 3. – С. 18–21.

37. Горбатова, О. Г. Современные композиционные пломбировочные материалы в сборнике: концепции устойчивого развития науки в современных условиях / О. Г. Горбатова // Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 121–123.

38. ГОСТ 32486-2013. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения характеристик долговечности : издание официальное. – М. : Стандартинформ, 2014.

39. Гриценко, П. И. Клеточный состав и ультраструктура периапикальной грануляционной ткани при первичном и вторичном хроническом периодонтите / П. И. Гриценко, Н. С. Петрук, А. В. Самойленко, И. В. Твердохлеб // Морфология. – 2014. – Т. 8, № 2. – С. 14–19.

40. Данилевский, Н. Ф., Терапевтическая стоматология. Пропедевтика терапевтической стоматологии / Н. Ф. Данилевский, А. В. Борисенко, А. М. Политун, Л. Ф. Сидельникова, А. Ф. Несин. – М. : Медицина, 2011.

41. Девятникова, В. Г. Экспериментальное исследование факторов, влияющих на поломку циклического характера у ротационных эндодонтических инструментов / В. Г. Девятникова, Т. Н. Манак // Эндодонтия Today. – 2020. – Т. 18, № 1. – С. 4–14.

42. Джалилова, Д. Ш. Морфологические и молекулярно-биологические особенности системной воспалительной реакции у животных с разной устойчивостью к гипоксии : дис. ... канд. биол. наук : 03.03.04 / Джалилова Джулия Шавкатовна. – Москва, 2019. – 295 с.

43. Джалилова, Д. Ш. Морфологические и молекулярно-биологические особенности системной воспалительной реакции у животных с разной устойчивостью к гипоксии : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Джалилова Джулия Шавкатовна. – Москва, 2019. – 27 с.

44. Джалилова, Д. Ш. Морфологические и молекулярно-биологические особенности системного воспалительного ответа у старых крыс Вистар с высокой и низкой устойчивостью к гипоксии / Д. Ш. Джалилова, М. В. Силина, А. М. Косырева [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2023. – Т. 175, № 5. – С. 650–656.

45. Довнар, А. Г. Использование жидких противомикробных лекарственных средств в стоматологии / А. Г. Довнар, И. С. Тарасова, А. В. Мадатян, Н. Е. Орбей // Стоматологический журнал. – 2019. – Т. 20, № 4. – С. 236–241.

46. Дорошков, А. Апикальная obturation МТА с использованием заапикальной матрицы / А. Дорошков // Дентаклуб. – 2011. – Т. 4. – С. 16–23.

47. Дуглас Т. Эстетическая и реставрационная стоматология. Выбор материалов и методов. / Т. Дуглас. – М. : Азбука, 2014.

48. Жданова, Н. О. Исследование относительной оптической плотности костной ткани при лечении хронического гранулематозного периодонтита / Н. О. Жданова // Мир медицины и биологии. – 2016. – Т. 3. – С. 32–35.

49. Жданова, Н. О. Современные аспекты лечения хронических форм периодонтита с использованием метода временной obturation корневых каналов / Н. О. Жданова // Вестник проблем биологии и медицины. – 2015. – Т. 2, № 4. – С. 16–20.

50. Жигунов, Р. М. Биомеханические аспекты препарирования и восстановления зубов с дефектами на контактной поверхности моляров и премоляров (класс II) : дис. ... канд. мед. наук : 14.01.14 / Жигунов Рустам Мухамедович. – Москва, 2014. – 98 с.

51. Жохова, Н. С. Техника obturation корневых каналов с применением метода латеральной конденсации и системы Термафил / Н. С. Жохова, И. М. Макеева // Новое в стоматологии. – 1997. – Т. 5. – С. 10–12.

52. Жук, Н. А. Оценка краевого прилегания пломб при различных условиях лечения кариеса зубов : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.21 / Жук Наталья Анатольевна. – Новосибирск, 2009. – 103 с. – С. 22.

53. Золотарева О. В. Оптимизация препарирования твердых тканей зубов при кариесе различными ротационными инструментами : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.21 / Золотарева Ольга Валентиновна. – Москва, 2007. – 132 с. – С. 23.

54. Зорян, А. В. Новые инструменты и технологии в эндодонтии / А. В. Зорян // Эндодонтия today. – 2010. – Т. 3. – С. 6–9.

55. Иванова, Н. С. Оценка эффективности диагностики и лечения корневого отверстия биосовместимыми материалами на основе кальция / Н. С. Иванова, М. М. Рожко // Галицкий лекарственный вестник. – 2010. – Т. 17, № 1. – С. 31–35.

56. Иванченко, Е. Н. Исследование свойств кальцийсодержащего материала, применяемого для лечения хронического периодонтита / Е. Н. Иванченко, Е. В. Иванова, С. В. Зубов, М. Т. Александров // Эндодонтия today. – 2011. № 2. – С. 78–80.

57. Иорданишвили, А. К. Оценка эффективности эндодонтической помощи при патологии периодонта / А. К. Иорданишвили, И. Б. Салманов, В. И. Старченко // Кубанский научный медицинский вестник. – 2016. № 1. – С. 57–62.

58. Исмаилов, Ф. И. Клинико-лабораторное обоснование применение методов оптимизации эндодонтического лечения : дис. ... канд. мед. наук : 3.1.7 / Исмаилов Фарух Исламбекович. – Москва, 2023. – 144 с.

59. Исмаилов, Ф. И. Клинико-лабораторное обоснование применение методов оптимизации эндодонтического лечения : автореф. дис... канд. мед. наук / Исмаилов Фарух Исламбекович. – Москва, 2023. – 19 с.

60. Исмаилов, Ф. Р. Оптимизация obturation корневых каналов / Ф. Р. Исмаилов, З. С. Хабадзе, Ю. А. Генералова, Ю. А. Бакаев, А. А. Литвиненко // Эндодонтия Today. – 2022. – Т. 20, № 2. – С. 230–231.

61. Исмаилов, Ф. Р. Парестезия нижнего альвеолярного нерва, вызванная периапикальной патологией: клинический случай / Ф. Р., Исмаилов З. С. Хабадзе // Эндодонтия Today. – 2022. – Т. 20, № 3. – С. 247–250.

62. Казакова, Р. О., Пропедевтика детской терапевтической стоматологии. / Р. О. Казакова, В. С. Мельник, Л. Ф. Горзов – Ужгород : Издательство УжНУ «Го-верла» 2018.

63. Калинина, Ж. П. Характеристика основных поверхностных травматических повреждений эмали зубов человека : дис. канд. мед. наук : 14.00.21 / Калинина Жанна Петровна. – Барнаул, 2003. – С. 22.

64. Катс, Г. Закрытие перфорации дна пульповой камеры с использованием Biodentine / Г. Катс // Новости стоматологии. – 2013. – Т. 2. – С. 26–27.

65. Князева, М. А. Виды стоматологических фотополимеризационных устройств и их сравнительная характеристика / М. А. Князева // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2011. – Т. 10, № 4.

66. Козионова, Н. А. Клинико-морфологическая оценка влияния антисептиков на степень очистки корневых каналов и возможности её улучшения / Н. А. Козионова, Л. А. Дмитриева, Н. И. Ершова, Е. И. Соломатина, Л. Ф. Федорюк // Стоматология. – 1992. – Т. 1. – С. 16–18.

67. Костюк, И. Р. Состояние процессов перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты у детей при гранулированном периодонтите постоянных зубов хронического и обостренного течения / И. Р. Костюк // Архив клинической медицины. – 2012. – Т. 1. – С. 38–40.

68. Кузьмина, Д. А. Применение флуоресцентной спектроскопии для анализа пломбировочных материалов и твердых тканей зуба *in vitro* / Д. А. Кузьмина, Л. И. Шаламай, Е. Ю. Мендоса, Е. Е. Майоров, Н. С. Нарушак // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2021. – Т. 64, № 7. – С. 576–582.

69. Лангер, Ф. Дезинфекция при уходе за инфекционным больным на дому / Ф. Лангер // Сестра милосердия. – 2003. – Т. 2. – С. 27–29.

70. Лангер, Ф. Требования к современному антисептику для ран / Ф. Лангер // Сестра милосердия. – 2002. – Т. 4, № 18.

71. Лисенко, О. С. Остеостимулирующая активность остеотропных композиций на основе наноструктурированной биокерамики / О. С. Лисенко, А. П. Левицкий, А. В. Борисенко // Вестник стоматологии. – 2014. – Т. 1. – С. 2–8.

72. Лобач, Л. М. ффективность использования остеопластического материала трапекс-геля при лечении хронического гранулирующего и гранулематозного периодонтитов / Л. М. Лобач, М. А. Шундрик, И. М. Ткаченко, И. Я. Марченко // Вестник ВДНЗУ. – 2015. – Т. 15, № 2. – С. 62–65.

73. Ломиашвили, Л. М. Минимально-инвазивные методы лечения кариеса зубов / Л. М. Ломиашвили, Д. В. Погадаев, М. Б. Елендо // Клинич. стоматология. – 2010. – Т. 1. – С. 30–33.

74. Ломиашвили, Л. М., Художественное моделирование и реставрация зубов / Л. М. Ломиашвили, Л. Г. Аюпова. – М. : Медицинская книга, 2004. – 252 с.

75. Луцкая, И. К. Альтернативные методы препарирования постоянных зубов на примере кариозной полости i класса по Блэку / И. К. Луцкая, О. А. Лопатин // Современная стоматология. – 2018. – Т. 1. – С. 15–20.

76. Луцкая, И. К. Воспроизведение светопроницаемости эмали при эстетическом реставрировании зубов / И. К. Луцкая, Н. В. Новак // Стоматолог. – 2014. – Т. 2. – С. 46–51.

77. Луцкая, И. К. Обоснование принципа адгезивного препарирования / И. К. Луцкая, В. В. Горбачев // СATHEDRA-Кафедра. – 2013. – Т. 43. – С. 48–54.

78. Луцкая, И. К. Оперативное лечение кариеса : инструкция по применению № 57-0402 : утв. 30.12.2002 / И. К. Луцкая, Г. В. Бинцаровская, Н. В. Новак // Современные методы диагностики, лечения и профилактики заболеваний. – Минск, 2003. – С. 254–276.

79. Луцкая, И. К. Эстетическая стоматология как самостоятельная область стоматологической науки и практики / И. К. Луцкая // Соврем. стоматология. – 2013. – Т. 1. – С. 6–12.

80. Луцкая. И. К. Восстановительная стоматология / И. К. Луцкая. – Высшая школа, 2016.

81. Любченко, О. В. Результаты применения цемента гидравлического при лечении осложненного кариеса / О. В. Любченко // Вестник стоматологии. – 2015. – Т. 1. – С. 42–49.

82. Любченко, О. В. Сравнительная оценка противовоспалительных и антиоксидантных свойств пломбы из альфа-цементов «Рестапекс» и «PRO ROOT MTA2» на модели экспериментального периодонтита / О. В. Любченко // Вестник стоматологии. – 2011. – Т. 2. – С. 5–9.

83. Мазур, И. П. Futurabond U "VOCO" – универсальный адгезив двойного отверждения для любых случаев / И. П. Мазур, С. В. Хлебас. // Новости стоматологии. – 2014. – Т. 4. – С. 19–21.

84. Мазур, И. П. Использование препарата CALASEPT® в стоматологической практике / И. П. Мазур, Н. М. Юнакова // Современная стоматология. – 2008. – Т. 2. – С. 23–26.

85. Македонова, Ю. А. Морфологические особенности и роль дентин-матриксной металлопротеиназы в деградации дентинного матрикса (обзорная статья) / Ю. А. Македонова, А. В. Поройская, Т. К. Чурсина, И. В. Венскель // Волгоградский научно-медицинский журнал. – 2019. – № 4. – С. 25–28.

86. Македонова, Ю. А. Состояние периодонта при неудачах эндодонтического лечения / Ю. А. Македонова, Е. И. Адамович, О. Ю. Афанасьева, Е. С. Александрова // Colloquium-Journal. – 2020. – № 10-3 (62). – С. 50–52.

87. Макеев, В. Ф. Сравнительная оценка поверхностной шероховатости и микроструктур различных микрогибридных фотополимерных композитных материалов в зависимости от способа их полимеризации / В. Ф. Макеев // Новости стоматологии. – 2012. – Т. 2. – С. 84–89.

88. Макеева, И. М. Повышение эффективности эндодонтического лечения с помощью аппаратных методов / И. М. Макеева, А. Г. Волков, Н. Ж. Дикопова, Е. Г. Талалаев // Стоматология. – 2017. – Т. 96, № 2. – С. 17–19.

89. Максимовский, Ю. М. Как оценить успех или неудачу в планируемом эндодонтическом лечении / Ю. М. Максимовский // Клиническая стоматология. – 1997. – Т. 3. – С. 4–7.

90. Маланьин, И. В. Влияние смазанного слоя на проникновение инфекции в дентинные каналы / И. В. Маланьин, И. С. Бондаренко, А. П. Сумелиди, О. А. Павлович // Кубанский научный медицинский вестник. – 2006. – Т. 5–6. – С. 34–35.

91. Мамедова. Л. А. Кариес зубов и его осложнения / Л. А. Мамедова. – Н. Новгород : НГМА, 2002.
92. Мамедова. Л. А. Ошибки и осложнения в эндодонтии / Л. А. Мамедова, М. Н. Подойникова. – Н. Новгород : Медицинская книга, 2005. – 43 с.
93. Манак, Т. Н. Заболевания пульпы и апикального периодонта: эпидемиология, диагностика и классификация / Т. Н. Манак // Медицинские новости. – 2017. – Т. 5. – С. 42–45.
94. Манак, Т. Н. Обтурация корневых каналов как важнейший этап подготовки зуба к органосохраняющей операции / Т. Н. Манак, Ключко К. Г. Ключко, В. А. Митронин // Эндодонтия Today. – 2019. – Т. 17, № 1. – С. 42–45.
95. Мануйлова, Э. В. Оптимизация и эффективность лечения деструктивных форм хронического верхушечного периодонтита : дис. ... канд. мед. наук : 14.01.14 / Мануйлова Элона Владимировна. – Волгоград, 2013. – 133 с.
96. Мануйлова, Э. В. Сравнительная эффективность лечения деструктивных форм хронического верхушечного периодонтита с применением кальцийсодержащих препаратов / Э. В. Мануйлова, В. Ф. Михальченко, А. Т. Яковлев // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – Т. 1. – С. 98–105.
97. Марченко, И. Я. Техническое обеспечение различных техник минимально инвазивного препарирования жестких тканей зубов / И. Я. Марченко, М. А. Шундрик, И. М. Ткаченко // Материалы научно-практической конференции с международным участием. – 2019. – С. 168–171.
98. Маслак, Е. Е. Минимально инвазивный подход к лечению кариеса постоянных зубов у детей / Е. Е. Маслак, Н. В. Матвиенко, Д. А. Кривцова, Н. Н. Казанцева // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2016. – Т. 3. – С. 96–99.
99. Меликян, М. Л. Классификация препарирования жестких тканей зуба и разработка концепции MIPS (Minimal Invasion with Pulp Save) — минимальной инвазии (MI) с сохранением пульпы (SP) по М. Л. Меликяну (Часть III) / М. Л. Меликян, К. М. Меликян, Г. М. Меликян // Институт стоматологии. – 2012. – Т. 2. – С. 45–47.

100. Митронин, А. В. Лечение пациента с хроническим апикальным периодонитом зуба 2.1 при наличии перфорации корня зуба 2.2. Клинический случай / А. В. Митронин, И. М. Рабинович, И. В. Корнетова // Эндодонтия Today. – 2018. – № 2. – С. 72–77.

101. Модринская, Ю. В. Методы минимально инвазивного лечения кариеса зубов. ART-метод. Туннельная реставрация / Ю. В. Модринская, С. Н. Храмченко. – Минск : БГМУ, 2010.

102. Мясоедова, К. А. Морфологическое обоснование поиска оптимального материала для консервативного лечения воспаления пульпы / К. А. Мясоедова, И. В. Фирсова, С. В. Крайнов, А. Н. Попова // Эндодонтия Today. – 2021. – Т. 19, № 2. – С. 101–106.

103. Нестерко, Е. Е. Использование полимерных материалов в современной стоматологии / Е. Е. Нестерко, М. В. Бутова // Молодой ученый. – 2015. – Т. 1, № 24. – С. 49–51.

104. Николаев, А. И. Унификация техники препарирования полостей и обработки реставраций при восстановлении зубов композитами (часть 1) / А. И. Николаев Л. М. Цепов, О. Ю Кузьминская // Новое в стоматологии. – 2007. – Т. 8. – С. 2–3.

105. Николаев, А. И., Практическая терапевтическая стоматология. / А. И. Николаев, Л. М. Цепов. – М. : МЕДпресс-информ, 2014.

106. Николишин, А. К. Результаты применения различных методик препарирования в лечении кариеса у лиц старших возрастов / А. К. Николишин, А. В. Зайцев, А. В. Ваценко, О. Б. Рябушко // Вестник проблем биологии и медицины. – 2012. – Т. 2, № 1. – С. 183–185.

107. Новак. Н. В. Эффективность малоинвазивного лечения кариеса зубов / Н. В. Новак // Стоматолог. – 2021. – Т. 40, № 1. – С. 63–70.

108. Овчинников, И. В. Сравнительная оценка эффективности клинического применения стандартных и гибридных алмазных боров / И. В. Овчинников // Клиническая стоматология. – 2019. – Т. 90, № 2. – С. 23–25.

109. Орехова, Л. Ю. Использование вибрационных методов воздействия в эндодонтическом лечении / Л. Ю. Орехова, Т. В., Порхун В. Ю. Вашнёва, Е. А. Рубежова // Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке. – 2018. – Т. 20, № 2. – С. 65–69.

110. Остолоповская, О. В. Современные адгезивные системы в клинической стоматологии / О. В. Остолоповская, А. В. Анохина, Г. Р. Рувинская // Практическая медицина. – 2013. – Т. 4, № 72. – С. 15–20.

111. Островская, Л. Ю. Современные подходы к оперативному лечению кариеса / Л. Ю. Островская, Н. В. Булкина, Ю. Л. Осипова. – Саратов, 2019.

112. Паламарчук, С. И. Остеостимулирующая композиция для регенерации альвеолярной кости в эксперименте / С. И. Паламарчук, А. В. Борисенко // Вестник стоматологии. – 2012. – Т. 2. – С. 10–15.

113. Панкова, С. Н. Место лазерных технологий в ряду различных способов физического воздействия на твердые ткани зуба / С. Н. Панкова, С. Г. Шелковникова, П. С. Кравчук // Вестник Института стоматологии. – 2008. – Т. 6. – С. 13–15.

114. Перистая, Л. Ф. Задачи химической науки в области создания биосовместимых композитов для стоматологии / Л. Ф. Перистая, В. А. Перистый, Н. А. Бурячина // Научные ведомости БелГУ. Серия «Медицина и фармация». – 2010. – Т. 22. – С. 93–94.

115. Петрикас, А. Ж. Альтернативная методика обработки дефектов твердых тканей зубов / А. Ж. Петрикас, Е. Б. Ольховская // Новое в стоматологии. – 1997. – Т. 2. – С. 15–18.

116. Пиляев, А. Г. Исследование вероятности успешного результата лечения хронических периодонтитов в зубах с разрушенным апикальным отверстием / А. Г. Пиляев, И. О. Юровская, Л. И. Косарева // Вопросы экспериментальной и клинической медицины. – 2013. – Т. 1, № 17. – С. 313–315.

117. Попович, И. Ю. Сравнительная характеристика силлеров для постоянной obturation корневых каналов / И. Ю. Попович, Н. В. Гасюк, Г. А. Ерошенко // Мир медицины и биологии. – 2011. – Т. 7, № 1. – С. 81–84.

118. Раддл, К. Д. Препарирование корневых каналов / К. Д. Раддл, П. Машту, Д. Д. Вест // Кафедра. Стоматологическое образование. – 2013. – Т. 43, № 12–15.

119. Разумова, С. Н. Оценка результатов эндодонтического лечения зубов / С. Н. Разумова, А. С. Браго, Х. Баракат [и др.] // Эндодонтия Today. – 2020. – Т. 18, № 1. – С. 27–30.

120. Ребриев, Е. Ю. Применение модулированного диодного света в синей области спектра для отверждения фотокомполитов при лечении кариеса: дис.... канд. мед. наук : 14.01.14 / Ребриев Евгений Юрьевич. – Воронеж, 2018. – 162 с.

121. Савельев, В. С. Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. / В. С. Савельев, Б. Р. Гельфанд, О. Н. Клейменов, Е. А. Алексеева. – М., 1992.

122. Салихов, Е. А. Современные методы препарирования зубов / Е. А. Салихов, А. А. Земляная, Р. М. Тагзирова // Научное обозрение. Медицинские науки. – 2020. – Т. 6. – С. 93–97.

123. Северина, Т. В. Анализ степени адгезии силлера к корневому каналу и гуттаперчивым штифтам / Т. В. Северина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – Т. 3–4. – С. 667–670.

124. Семикозов, О. В. Клинический взгляд на самопротравливающие адгезивы / О. В. Семикозов // Проблемы стоматологии. – 2010. – № 4. – С. 14–18.

125. Современные высокоэффективные дезинфекционные препараты для медицины // Эко-Тест. – 2000. – Т. 7.

126. Солнцев, А. С. Патоморфологическое обоснование комплексного лечения деструктивных форм периодонтита с применением хитозана / А. С. Солнцев, И. В. Орешкин, Л. Д. Зыкова, С. А. Николаенко // Клиническая стоматология. – 2010. – Т. 1. – С. 42–43.

127. Соловьева, Н. И. Матриксные металлопротеиназы и их биологические функции / Н. И. Соловьева // Биоорганическая химия. – 1998. – Т. 24, № 4. – С. 245–255.

128. Таиров, В. В. Сравнительная характеристика средств, предотвращающих появление ингибированного слоя на поверхности композита / В. В. Таиров, А. А.

Арутюнова, К. К. Егунян, И. О. Камышникова, В. А. Иващенко, С. И. Рисованный // Кубанский научный медицинский вестник. – 2018. – Т. 25, № 5. – С. 98–103.

129. Там К. Оптическая и структурированная реставрация зубов современными композитами / К. Там // Новости стоматологии. – 2014. – Т. 1. – С. 75–78.

130. Тарасевич, Б. Н. Основы ИК спектроскопии с преобразованием Фурье. Подготовка проб в ИК спектроскопии / Б. Н. Тарасевич ; Московский Государственный Университет имени М. В. Ломоносова, Химический факультет, кафедра органической химии – М. : МГУ, 2012. – 22 с.

131. Торшин, И. Ю. Дисплазия соединительной ткани, магний и нуклеотидные полиморфизмы / И. Ю. Торшин, О. А. Громова // Кардиология. – 2008. – Т. 10. – С. 14–21.

132. Удод, О. А. Клиническая оценка качества поверхности передних реставраций зубов / О. А. Удод, О. М. Челях // Вопросы экспериментальной и клинической медицины. – 2013. – Т. 1, № 17. – С. 333–338.

133. Федоренко, А. А. Лечение хронического периодонтита с применением новой композиции «Коллапан-гель Л» и имозимазы : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.21 / Федоренко Анна Александровна. – Москва, 2010. – 97 с.

134. Федорова, Л. С. Современные средства дезинфекции и дезинсекции. Характеристика, назначение, перспективы. / Л. С. Федорова, Л. И. Арефьева, Л. С. Путинцева, Н. А. Веремкович – М. : Обзор информ., 1991.

135. Федотова, Ю. М. Современные аспекты препарирования в терапевтической стоматологии / Ю. М. Федотова, А. Ю. Киселев // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 6. – С. 30.

136. Фомина, Т. В. Применение кальцийсодержащих паст в эндодонтическом лечении деструктивных форм хронических периодонтитов / Т. В. Фомина // Украинский стоматологический альманах. – 2013. – Т. 6. – С. 102–103.

137. Хабадзе, З. С. Biodentine™ или MTA ProRoot™: сравнительный анализ применения в эндодонтической практике. / З. С. Хабадзе, А. В. Зорян, В. Е. Магай, А. И. Илюшина, О. И. Магомедов, Н. М. Какабадзе, М. Д. Абазян // Эндодонтия Today. – 2019. – Т. 17, № 3. – С. 47–54.

138. Хабадзе, З. С. Актуальность применения хлоргексидина в адгезивном протоколе в девитальных зубах / З. С. Хабадзе, Ю. А. Генералова, В. С. Шубаева, М. Г. Шерозия, А. А. Недашковский, Я. А. Негорелова // *Эндодонтия Today*. – 2020. – Т. 18, № 4. – С. 26–31.

139. Хабадзе, З. С. Анализ бактерицидного действия гипохлорита натрия и хлоргексидина на резистентные микроорганизмы биопленки (*E. Faecalis*, *S. Albicans*) / З. С. Хабадзе, Ю. А. Генералова, В. С. Шубаева, Ф. Р. Исмаилов А. А. Недашковский, М. Г. Шерозия, Х. Р. Хумгаева // *Эндодонтия Today*. – 2020. – Т. 18, № 4.

140. Хабадзе, З. С. Анализ влияния гипохлорита натрия на структурные компоненты дентина / З. С., Хабадзе Ю. А. Генералова, В. С. Шубаева, Ф. Р. Исмаилов, А. А. Недашковский, М. Г. Шерозия, Х. Р. Хумгаева // *Эндодонтия Today*. – 2020. – Т. 18, № 3. – С. 61–66.

141. Хабадзе, З. С. Анализ факторов, инициирующих полимеризационный стресс: систематический обзор литературы / З. С. Хабадзе, Ю. А. Генералова, М. Г. Шерозия, А. А. Недашковский, В. С. Шубаева // *Эндодонтия Today*. – 2020. – Т. 18, № 2. – С. 45–50.

142. Хабадзе, З. С. Анализ физико-химической эффективности применения биокерамических силеров в эндодонтической практике / З. С. Хабадзе, Ю. А. Генералова, Я. А. Негорелова, Ф. Р. Исмаилов, Е. С. Шиляева // *Медицинский алфавит*. – 2021. – Т. 1, № 12. – С. 55–58.

143. Хабадзе, З. С. Анализ эффективности применения биокерамических силеров в эндодонтической практике / З. С. Хабадзе // *Кафедра* [в печати].

144. Хабадзе, З. С. Влияние предварительного нагрева на свойства композитного пломбировочного материала. Систематический обзор литературы / З. С. Хабадзе, Ю. А. Генералова, Я. А. Негорелова, С. М. Абдулкеримова // *Стоматология для всех*. – 2021. – Т. 2, № 95. – С. 24–32.

145. Хабадзе, З. С. Изменение кристаллической решетки никель-титановых эндодонтических инструментов в результате автоклавирувания / З. С. Хабадзе, М.

Е. Балашова, А. В. Зорян, М. Э. Рамиз, С. М. Абдулкеримова, Ю. А. Бакаев, А. А. Куликова // *Эндодонтия Today*. – 2019. – Т. 17, № 1. – С. 33–36.

146. Хабадзе, З. С. Клинический опыт применения водного и спиртового растворов хлоргексидина при лечении кариеса дентина / З. С. Хабадзе // *Scientific Discussion*. – 2018. – Т. 1, № 17.

147. Хабадзе, З. С. Лабораторное обоснование эффективности предполимеризационного нагрева нанокомпозитного материала / З. С. Хабадзе // *Эндодонтия Today*. – 2020. – Т. 18, № 1. – С. 15–20.

148. Хабадзе, З. С. Обработка КЛКТ-данных искусственным интеллектом при диагностике кариеса и его осложнений / З. С. Хабадзе, И. М. Макеева, О. С. Морданов, Д. А. Назарова // *Проблемы стоматологии*. – 2022. – Т. 1.

149. Хабадзе, З. С. Оптимизация повторного эндодонтического лечения / З. С. Хабадзе, Ф. Р. Исмаилов // *Эндодонтия Today*. – 2020. – Т. 18, № 1. – С. 31–36.

150. Хабадзе, З. С. Оценка качества полимеризации с использованием полимеризационных ламп различных поколений / З. С. Хабадзе, Я. А. Негорелова, Ю. А. Генералова // *CATHEDRA-Кафедра. стоматологическое образование*. – 2021. – Т. 75. – С. 24–28.

151. Хабадзе, З. С. Сравнительная оценка эффективности водного и спиртового растворов хлоргексидина на этапе адгезивного протокола при лечении обратимого пульпита / З. С. Хабадзе // *Фундаментальные аспекты психического здоровья*. – 2018. – Т. 1.

152. Хабадзе, З. С. Характеристики и обоснование клинического применения силера на основе трикальций силикатного цемента / З. С. Хабадзе, О. С. Морданов, И. М. Тодуа, Ш. М. Солиманов, Ш. А. Нажмудинов, О. И. Магомедов, А. Б. Аджиева // *Эндодонтия Today*. – 2019. – Т. 17, № 4. – С. 30–33.

153. Ханова, И. А. Вопросы диагностики деструктивных поражений эндопериодонтального комплекса / И. А. Ханова // *Медицинские науки: вопросы теории и практики*. – 2020. – С. 25–28.

154. Хидирбегишвили, О. Э. Парадоксы современной кариесологии / О. Э. Хидирбегишвили // *Маэстро стоматологии*. – 2003. – Т. 1. – С. 4–9.

155. Ходжаева, С. С хлором не прощаемся / С. Ходжаева // Сестра милосердия. – 2002. – Т. 2. – С. 25.
156. Храмченко, С. Н. Отдаленные результаты минимально инвазивного лечения кариеса боковых зубов с применением адгезивных систем разных классов / С. Н. Храмченко // Стоматологический журнал. – 2008. – Т. 2. – С. 127–131.
157. Царёв, В. Н Местное антимикробное лечение в стоматологии / В. Н. Царёв, Р. В. Ушаков. – М. : МИА, 2004.
158. Чернявский, Ю. П. Курс лекций по терапевтической стоматологии : пособие для студентов 3-го курса стоматол. фак. Ч. 1 / Ю. П. Чернявский ; М-во здравоохранения Республики Беларусь, УО «Витебский гос. ордена Дружбы народов мед. ун-т», каф. терапевт. стоматологии. – Витебск : [ВГМУ], 2013. – 377 с.
159. Чечун, Н. В. Современные аспекты препарирования в терапевтической стоматологии / Н. В. Чечун, О. В. Сысоева, О. В. Бондаренко // Дальневосточный медицинский журнал. – 2012. – № 4. – С. 127–130.
160. Чечун, Н. В. Сравнительная характеристика твердых тканей зубов при различных способах препарирования / Н. В. Чечун, С. И. Токмакова, О. В. Бондаренко, О. В. Сысоева // Проблемы стоматологии. – 2015. – Т. 1. – С. 23–25.
161. Чиликин, В. Н. Разработка алгоритма выбора современных материалов и технологий для реставрации зубов : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.21 / Чиликин Валентин Николаевич. – Москва, 2009. – 216 с.
162. Шиляева, Е. С. Влияние воздушно-абразивной обработки порошком Al_2O_3 на интактные и кариозные ткани зуба / Е. С. Шиляева, З. С. Хабадзе // Актуальные вопросы стоматологии : сборник Всероссийской VI научно-практической конференции с международным участием (Киров, 12–13 мая 2022 года) / под ред. Л. М. Железнова. – Киров : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кировский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2022. – С. 142–144.

163. Шнип, Е. В. Влияние современных методов препарирования на состояние тканей зубов в ортопедической стоматологии / Е. В. Шнип, С. А. Наумович // Современная стоматология. – 2016. № 4. – С. 14–17.
164. Шубитидзе, М. М. Сравнительная характеристика свойств различных паст на основе гидроокиси кальция / М. М. Шубитидзе, А. Б. Аджиева, Н. А. Дадашов [и др.] // Эндодонтия Today. – 2020. – Т. 18, № 1. – С. 37–40.
165. Шухова, Ю. А. Клинико-иммунологические аспекты и оптимизация методов повторного лечения хронических форм периодонтита. : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.21 / Шухова Юлия Андреевна. – Самара, 2008. – 138 с.
166. Юдина, Н. А. Этиология и эпидемиология абфракционных дефектов зубов / Н. А. Юдина, О. В. Юрис // Мед. журн. – 2014. – № 4. – С. 38–43.
167. Юдина, Н. А. Минимально инвазивные вмешательства в стоматологии: стратегии и технологии / Н. А. Юдина // Современная стоматология. – 2008. № 1. – С. 15–18.
168. Юрина, А. О. Сравнение методик дезинфекции корневых каналов / А. О. Юрина // Авиценна. – 2018. № 19. – С. 34–40.
169. Юровская, И. А. Клинико-морфологические особенности течения и лечения хронического периодонтита в зубах с разным состоянием апикальной конструкции / И. А. Юровская. – М., 2011.
170. Abdullah, D. An evaluation of accelerated Portland cement as a restorative material / D. Abdullah, T. R. Ford, S. Papaioannou [et al.] // Biomaterials. – 2002. – Vol. 23, № 19. – P. 4001–4010.
171. Abed, Y. A. Degree of conversion and surface hardness of bulk-fill composite versus incremental-fill composite / Y. A. Abed, H. A. Sabry, N. A. Alrobeigy // Tanta Dental Journal. – 2015. – Vol. 12, № 2. – P. 71–80.
172. Adamchik, A. A. Appraisal of composite's polymerization / A. A. Adamchik // Kubanskij nauchnyj medicinskij vestnik. – 2015. – Vol. 1, № 150. – P. 7–17.
173. Adjuvant and supportive wound care with Octenisept. – Clinical-Experiences : Schulke und Mayr, 1999.

174. Agarwal, P. M. To evaluate and compare the effect of different light-curing modes and different liners on cuspal deflection in premolar teeth restored with bulk filled or incrementally filled composite measured at different time intervals / P. M. Agarwal, S. Taneja, M. Kumar // *J. Conserv Dent.* – 2017. – Vol. 20, № 5. – P. 317–321.

175. Agha, A. The properties of experimental resin-modified glass-ionomer luting cements (RMGICs) containing novel monomers / A. Agha, S. Parker, M. P. Patel // *Dent. Mater.* – 2017. – Vol. 33, № 12. – P. 1331–1339.

176. Ai, M. Composite resin reinforced with silver nanoparticles-laden hydroxyapatite nanowires for dental application / M. Ai, Z. Du, S. Zhu [et al.] // *Dent. Mater.* – 2017. – Vol. 33, № 1. – P. 12–22.

177. Aida, A. Effect of enamel margin configuration on color change of resin composite restoration / A. Aida, M. Nakajima, N. Seki [et al.] // *Dent. Mater. J.* – 2016. – Vol. 35, № 4. – P. 675–683.

178. Akhlaghi, N. Outcomes of vital pulp therapy in permanent teeth with different medicaments based on review of the literature / N. Akhlaghi, A. Khademi // *Dent. Res. J. (Isfahan).* – 2015. – Vol. 12, № 5. – P. 406–417.

179. Aktemur Turker, S. Antimicrobial and structural effects of different irrigation solutions on gutta-percha cones / S. Aktemur Turker, M. H. Aslan, E. Uzunoglu, B. Ozelcik // *J. Istanbul Univ. Fac. Dent.* – 2015. – Vol. 49, № 1. – P. 27–32.

180. Al Musa, A. H. Incremental layer shear bond strength of low-shrinkage resin composites under different bonding conditions / A. H. Al Musa, H. N. Al Nahedh // *Oper. Dent.* – 2014. – Vol. 39, № 6. – P. 603–611.

181. Al Raeesi, D. Mechanical Properties of Glide Path Preparation Instruments with Different Pitch Lengths / D. Al Raeesi, S. W. Kwak, J. H. Ha [et al.] // *J. Endod.* – 2018. – Vol. 44, № 5. – P. 864–868.

182. Al Sunbul, H. Polymerization shrinkage kinetics and shrinkage-stress in dental resin-composites / H. Al Sunbul, N. Silikas, D. C. Watts // *Dent. Mater.* – 2016. – Vol. 32, № 8. – P. 998–1006.

183. Alaghehmad, H. Effect of 0.12% chlorhexidine and zinc nanoparticles on the microshear bond strength of dentin with a fifth-generation adhesive / H. Alaghehmad, E. Mansouri, B. Esmaili [et al.] // *Eur. J. Dent.* – 2018. – Vol. 12, № 1. – P. 105–110.

184. Alam, B. F. A bibliometric analysis of minimally invasive dentistry: A review of the literature from 1994 to 2021 / B. F. Alam, M. A. Najmi, S. B. Qasim [et al.] // *J. Prosthet Dent.* – 2021.

185. Albuquerque, P. P. Degree of conversion, depth of cure, and color stability of experimental dental composite formulated with camphorquinone and phenanthrenequinone photoinitiators / P. P. Albuquerque, M. L. Bertolo, L. M. Cavalcante [et al.] // *J. Esthet. Restor. Dent.* – 2015. – Vol. 27, Suppl. 1. – P. S49–57.

186. Alhashimi, R. A. An in vitro assessment of gutta-percha coating of new carrier-based root canal fillings / R. A. Alhashimi, R. Foxton, S. Romeed, S. Deb // *Scientific World Journal.* – 2014. – Vol. 2014. – P. 239754.

187. Ali, S. Exploring antibacterial activity and hydrolytic stability of resin dental composite restorative materials containing chitosan / S. Ali, L. Sangi, N. Kumar // *Technol. Health Care.* – 2017. – Vol. 25, № 1. – P. 11–18.

188. Alkatheeri, M. S. Halloysite nanotube incorporation into adhesive systems-effect on bond strength to human dentin / M. S. Alkatheeri, J. Palasuk, G. J. Eckert [et al.] // *Clin. Oral Investig.* – 2015. – Vol. 19, № 8. – P. 1905–1912.

189. Allen, F. W. In vivo study of apical cleaning / F. W. Allen // *Gen Dent.* – 2007. – Vol. 55, № 5. – P. 449–488.

190. Alovisei, M. Micro-CT evaluation of several glide path techniques and ProTaper Next shaping outcomes in maxillary first molar curved canals / M. Alovisei, A. Cemenasco, L. Mancini [et al.] // *Int. Endod. J.* – 2017. – Vol. 50, № 4. – P. 387–397.

191. AlQahtani, M. Q. Effect of High Irradiance on Depth of Cure of a Conventional and a Bulk Fill Resin-based Composite / M. Q. AlQahtani, P. L. Michaud, B. Sullivan [et al.] // *Oper. Dent.* – 2015. – Vol. 40, № 6. – P. 662–672.

192. Al-Shaafi, M. M. Effects of Different Temperatures and Storage Time on the Degree of Conversion and Microhardness of Resin-based Composites / M. M. Al-Shaafi // *Contemp. Dent. Pract.* – 2016. – Vol. 17. – P. 217–223.

193. Al-Shaafi, M. M. Factors affecting polymerization of resin-based composites: A literature review / M. M. Al-Shaafi // Saudi Dent. J. – 2017. – Vol. 29. – P. 48–58.
194. Alshali, R. Z. Post-irradiation hardness development, chemical softening, and thermal stability of bulk-fill and conventional resin-composites / R. Z. Alshali, N. A. Salim, J. D. Satterthwaite, N. Silikas // J. Dent. – 2015. – Vol. 43, № 2. – P. 209–218.
195. Alshehadat, S. A. The stamp technique for direct Class II composite restorations: A case series / S. A. Alshehadat, M. S. Halim, K. Carmen, C. S. Fung // J. Conserv Dent. – 2016. – Vol. 19, № 5. – P. 490–493.
196. Alshetili, M. S. Evaluation of Microleakage of Silorane and Methacrylate Based Composite Materials in Class I Restorations by Using Two Different Bonding Techniques / M. S. Alshetili, S. S. Aldeyab // J. Int. Oral Health. – 2015. – Vol. 7, Suppl. 2. – P. 6–9.
197. Altinci, P. NaF Inhibits Matrix-Bound Cathepsin-Mediated Dentin Matrix Degradation / P. Altinci, M. Mutluay, R. Seseogullari-Dirihan [et al.] // Caries Res. – 2016. – Vol. 50, № 2. – P. 124–132.
198. Al-Zain, A. O. Effect of light-curing distance and curing time on composite microflexural strength / A. O. Al-Zain, J. A. Platt // Dent. Mater J. – 2021. – Vol. 40, № 1. – P. 202–208.
199. Alzraikat, H. Nanofilled Resin Composite Properties and Clinical Performance: A Review / H. Alzraikat, M. F. Burrow, G. A. Maghaireh, N. A. Taha // Oper Dent. – 2018. – Vol. 43, № 4. – P. E173–E190.
200. Anja, B. Influence of air abrasion and sonic technique on microtensile bond strength of one-step self-etch adhesive on human dentin / B. Anja, D. Walter, C. Nicoletta [et al.] // Scientific World Journal. – 2015. – Vol. 2015. – P. 368745.
201. Anwar, S. M. Medical Image Analysis using Convolutional Neural Networks: A Review / S. M. Anwar, M. Majid, A. Qayyum [et al.] // J. Med. Syst. – 2018. – Vol. 42, № 11. – P. 226.
202. Apolonio, F. M. Effect of a one-step self-etch adhesive on endogenous dentin matrix metalloproteinases / F. M. Apolonio, A. Mazzoni, V. Angeloni [et al.] // Eur. J. Oral Sci. – 2017. – Vol. 125, № 2. – P. 168–172.

203. Arandi, N. Z. Calcium hydroxide liners: a literature review / N. Z. Arandi // Clin. Cosmet. Investig. Dent. – 2017. – Vol. 9. – P. 67–72.
204. Arias-Moliz, M. T. Antimicrobial activity of Chlorhexidine, Peracetic acid and Sodium hypochlorite/etidronate irrigant solutions against Enterococcus faecalis biofilms / M. T. Arias-Moliz, R. Ordinola-Zapata, P. Baca [et al.] // Int. Endod. J. – 2015. – Vol. 48, № 12. – P. 1188–1193.
205. Aromaa, M. K. Effect of Distance on Light Transmission Through Polymerized Resin Composite / M. K. Aromaa, L. V. J. Lassila, P. K. Vallittu // Eur. J. Prosthodont. Restor. Dent. – 2017. – Vol. 25, № 3. – P. 131–135.
206. Arvind, A. A New Dimension To Conservative Dentistry: Air Abrasion / A. Arvind, P. Siddharth, K. Kulwinder // Indian Journal of Dental Sciences. – 2014. – Vol. 6, № 2. – P. 124–127.
207. Aslantas, E. E. Effect of EDTA, sodium hypochlorite, and chlorhexidine gluconate with or without surface modifiers on dentin microhardness / E. E. Aslantas, H. D. Buzoglu, E. Altundasar, A. Serper // J. Endod. – 2014. – Vol. 40, № 6. – P. 876–879.
208. Astvaldsdottir, A. Longevity of posterior resin composite restorations in adults - A systematic review / A. Astvaldsdottir, J. Dagerhamn, J. W. van Dijken [et al.] // J. Dent. – 2015. – Vol. 43, № 8. – P. 934–954.
209. Ausiello, P. Mechanical behavior of bulk direct composite versus block composite and lithium disilicate indirect Class II restorations by CAD-FEM modeling / P. Ausiello, S. Ciaramella, A. Fabianelli [et al.] // Dent. Mater. – 2017. – Vol. 33, № 6. – P. 690–701.
210. Aw, V. Discuss the role of microorganisms in the aetiology and pathogenesis of periapical disease / V. Aw // Aust. Endod. J. – 2016. – Vol. 42, № 2. – P. 53–59.
211. Aydinoglu, A. Effects of silane-modified fillers on properties of dental composite resin / A. Aydinoglu, A. B. H. Yoruc // Mater. Sci. Eng. C. Mater. Biol. Appl. – 2017. – Vol. 79. – P. 382–389.
212. Ayub, K. V. Effect of preheating on microhardness and viscosity of 4 resin composites / K. V. Ayub, G. C. Santos Jr., A. S. Rizkalla [et al.] // J. Can. Dent. Assoc. – 2014. – Vol. 80. – P. e12.

213. Azeem, R. A. Clinical performance of direct versus indirect composite restorations in posterior teeth: A systematic review / R. A. Azeem, N. M. Sureshababu // *J. Conserv Dent.* – 2018. – Vol. 21, № 1. – P. 2–9.

214. Bacchi, A. Rheological and mechanical properties and interfacial stress development of composite cements modified with thio-urethane oligomers / A. Bacchi, C. S. Pfeifer // *Dent. Mater.* – 2016. – Vol. 32, № 8. – P. 978–986.

215. Baechtold, M. Effect of Endodontic Irrigation Protocols on Crown Fracture Resistance / M. Baechtold, L. da Cunha, E. Souza [et al.] // *J. Contemp Dent. Pract.* – 2018. – Vol. 19, № 7. – P. 768–772.

216. Baena, E. Effect of Chitosan as a Cross-Linker on Matrix Metalloproteinase Activity and Bond Stability with Different Adhesive Systems / E. Baena, S. R. Cunha, T. Maravic [et al.] // *Mar. Drugs.* – 2020. – Vol. 18, № 5.

217. Balhaddad, A. A. Toward dental caries: Exploring nanoparticle-based platforms and calcium phosphate compounds for dental restorative materials / A. A. Balhaddad, A. A. Kansara, D. Hidan [et al.] // *Bioact. Mater.* – 2019. – Vol. 4, № 1. – P. 43–55.

218. Ballal, N. V. Evaluation of the smear layer removal and decalcification effect of QMix, maleic acid and EDTA on root canal dentine / N. V. Ballal, I. Jain, F. R. Tay // *J. Dent.* – 2016. – Vol. 51. – P. 62–68.

219. Barakah, H. M. Effect of polishing systems on stain susceptibility and surface roughness of nanocomposite resin material / H. M. Barakah, N. M. Taher // *J. Prosthet. Dent.* – 2014. – Vol. 112, № 3. – P. 625–631.

220. Barbosa-Ribeiro, M. Antimicrobial Susceptibility and Characterization of Virulence Genes of *Enterococcus faecalis* Isolates from Teeth with Failure of the Endodontic Treatment / M. Barbosa-Ribeiro, A. De-Jesus-Soares, A. A. Zaia [et al.] // *J. Endod.* – 2016. – Vol. 42, № 7. – P. 1022–1028.

221. Barbosa-Ribeiro, M. Microbiological Investigation in Teeth with Persistent/Secondary Endodontic Infection in Different Stages of Root Canal Retreatment / M. Barbosa-Ribeiro, R. Arruda-Vasconcelos, L. Mendes Louzada [et al.] // *Eur. Endod. J.* – 2020. – Vol. 5, № 3. – P. 219–225.

222. Baroudi, K. Flowable Resin Composites: A Systematic Review and Clinical Considerations / K. Baroudi, J. C. Rodrigues // *J. Clin Diagn Res.* – 2015. – Vol. 9, № 6. – P. ZE18–24.

223. Bartols, A. First Evidence for Regeneration of the Periodontium to Mineral Trioxide Aggregate in Human Teeth / A. Bartols, E. Roussa, W. Walther, C. E. Dorfer // *J. Endod.* – 2017. – Vol. 43, № 5. – P. 715–722.

224. Becker, L. C. Safety Assessment of Glycerin as Used in Cosmetics / L. C. Becker, W. F. Bergfeld, D. V. Belsito [et al.] // *Int. J. Toxicol.* – 2019. – Vol. 38, № 3, suppl. – P. 6S–22S.

225. Bedran-Russo, A. K. Dentin biomodification: strategies, renewable resources and clinical applications / A. K. Bedran-Russo, G. F. Pauli, S. N. Chen [et al.] // *Dent. Mater.* – 2014. – Vol. 30, № 1. – P. 62–76.

226. Berge, T. L. L. Polymer-based dental filling materials placed during pregnancy and risk to the foetus / T. L. L. Berge, G. B. Lygre, S. A. Lie, L. Bjorkman // *BMC Oral Health.* – 2018. – Vol. 18, № 1. – P. 144.

227. Bhandi, S. Complete Obturation-Cold Lateral Condensation vs. Thermoplastic Techniques: A Systematic Review of Micro-CT Studies / S. Bhandi, M. Mashyakh, A. S. Abumelha [et al.] // *Materials (Basel).* – 2021. – Vol. 14, № 14.

228. Bijelic-Donova, J. Oxygen inhibition layer of composite resins: effects of layer thickness and surface layer treatment on the interlayer bond strength / J. Bijelic-Donova, S. Garoushi, L. V. Lassila, P. K. Vallittu // *Eur. J. Oral Sci.* – 2015. – Vol. 123, № 1. – P. 53–60.

229. Bin-Shuwaish, M. S. An in vitro evaluation of microleakage of resin based composites bonded to chlorhexidine-pretreated dentin by different protocols of a universal adhesive system / M. S. Bin-Shuwaish, A. A. AlHussaini, L. H. AlHudaithy [et al.] // *Saudi Dent. J.* – 2021. – Vol. 33, № 7. – P. 503–510.

230. Bociong, K. The Influence of Water Sorption of Dental Light-Cured Composites on Shrinkage Stress / K. Bociong, A. Szczesio, K. Sokolowski [et al.] // *Materials (Basel).* – 2017. – Vol. 10, № 10.

231. Boelen, G. J. Matrix metalloproteinases and inhibitors in dentistry / G. J. Boelen, L. Boute, J. d'Hoop [et al.] // Clin. Oral Investig. – 2019. – Vol. 23, № 7. – P. 2823–2835.

232. Bollu, I. P. Comparative Evaluation of Microleakage Between Nano-Ionomer, Giomer and Resin Modified Glass Ionomer Cement in Class V Cavities – CLSM Study / I. P. Bollu, A. Hari, J. Thumu [et al.] // J. Clin. Diagn. Res. – 2016. – Vol. 10, № 5. – P. ZC66–70.

233. Bolyachin, A. Symptomatic Apical Periodontitis of the Mandibular First Molar with the Accessory Canal in the Furcation Area Mimicking Furcation Perforation / A. Bolyachin, Z. Khabadze, O. Mordanov [et al.] // Hindawi International Journal of Dentistry. – 2022.

234. Bosaid, F. Surface and structural changes in root dentine by various chelating solutions used in regenerative endodontics / F. Bosaid, H. Aksel, S. Makowka, A. A. Azim // Int. Endod. J. – 2020. – Vol. 53, № 10. – P. 1438-1445.

235. Bouillaguet, S. Root Microbiota in Primary and Secondary Apical Periodontitis / S. Bouillaguet, D. Manoil, M. Girard [et al.] // Front Microbiol. – 2018. – Vol. 9. – P. 2374.

236. Bourbia, M. Biochemical Stability and Interactions of Dental Resin Composites and Adhesives with Host and Bacteria in the Oral Cavity: A Review / M. Bourbia, Y. Finer // J. Can Dent. Assoc. – 2018. – Vol. 84. – P. i1.

237. Brandao, N. L. Model resin composites incorporating ZnO-NP: activity against *S. mutans* and physicochemical properties characterization / N. L. Brandao, M. B. Portela, L. C. Maia [et al.] // J. Appl. Oral Sci. – 2018. – Vol. 26. – P. e20170270.

238. Brignardello-Petersen, R. Pit-and-fissure sealants may have better retention rates than resin-based sealants / R. Brignardello-Petersen // J. Am Dent. Assoc. – 2018. – Vol. 149, № 9. – P. e127.

239. Briseno Marroquin, B. Thermoplastic properties of endodontic gutta-percha: a thermographic in vitro study / B. Briseno Marroquin, T. G. Wolf, D. Schurger, B. Willershausen // J. Endod. – 2015. – Vol. 41, № 1. – P. 79–82.

240. Bronzato, J. D. Analysis of microorganisms in periapical lesions: A systematic review and meta-analysis / J. D. Bronzato, R. A. Bomfim, G. Z. P. Hayasida [et al.] // Arch. Oral Biol. – 2021. – Vol. 124. – P. 105055.

241. Bytyqi, A. Disinfection of Infected Artificial Dental Periapical Lesions with Diode Laser: An In Vitro Study / A. Bytyqi, X. Aliu, M. Barani [et al.] // Med. Sci. Monit. Basic Res. – 2021. – Vol. 27. – P. e932492.

242. Cabral-Pacheco, G. A. The Roles of Matrix Metalloproteinases and Their Inhibitors in Human Diseases / G. A. Cabral-Pacheco, I. Garza-Veloz, C. Castruita-De la Rosa [et al.] // Int. J. Mol. Sci. – 2020. – Vol. 21, № 24.

243. Candeiro, G. T. M. Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer / G. T. M. Candeiro, C. Moura-Netto, R. S. D'Almeida-Couto [et al.] // Int. Endod. J. – 2016. – Vol. 49, № 9. – P. 858–864.

244. Carrera, C. A. Interfacial degradation of adhesive composite restorations mediated by oral biofilms and mechanical challenge in an extracted tooth model of secondary caries / C. A. Carrera, Y. Li, R. Chen [et al.] // J. Dent. – 2017. – Vol. 66. – P. 62–70.

245. Casalegno, F. Caries Detection with Near-Infrared Transillumination Using Deep Learning / F. Casalegno, T. Newton, R. Daher [et al.] // J. Dent. Res. – 2019. – Vol. 98, № 11. – P. 1227–1233.

246. Cassim, I. An in vitro comparison of different techniques for glide path preparation / I. Cassim, P. J. Van der Vyver // South African Dental. Journal. – 2015. – Vol. 70, № 10. – P. 452–456.

247. Catelan, A. Impact of the distance of light curing on the degree of conversion and microhardness of a composite resin / A. Catelan, L. S. de Araujo B. C., da Silveira [et al.] // Acta Odontol. Scand. – 2015. – Vol. 73, № 4. – P. 298–301.

248. Cazzaniga, G. Surface properties of resin-based composite materials and bio-film formation: A review of the current literature / G. Cazzaniga, M. Ottobelli, A. Ionescu [et al.] // Am. J. Dent. – 2015. – Vol. 28, № 6. – P. 311–320.

249. Cebe, F. Response of exposed human pulp to application of a hemostatic agent and a self-etch adhesive / F. Cebe, N. Cobanoglu, O. Ozdemir // Journal of Adhesion Science and Technology. – 2015. – Vol. 29.

250. Chatzistavrou, X. Bactericidal and Bioactive Dental Composites / X. Chatzistavrou, A. Lefkelidou, L. Papadopoulou [et al.] // *Front Physiol.* – 2018. – Vol. 9. – P. 103.
251. Chaugule, V. B. Adverse Reaction of Sodium Hypochlorite during Endodontic Treatment of Primary Teeth / V. B. Chaugule, A. M. Panse, P. N. Gawali // *Int. J. Clin. Pediatr. Dent.* – 2015. – Vol. 8, № 2. – P. 153–156.
252. Chen, Y. L. Application and development of ultrasonics in dentistry / Y. L. Chen, H. H. Chang, Y. C. Chiang, C. P. Lin // *J. Formos. Med. Assoc.* – 2013. – Vol. 112, № 11. – P. 659–665.
253. Chen, Y. W. Artificial intelligence in dentistry: current applications and future perspectives / Y. W. Chen, K. Stanley, W. Att // *Quintessence Int.* – 2020. – Vol. 51, № 3. – P. 248–257.
254. Cheng, L. Nanotechnology strategies for antibacterial and remineralizing composites and adhesives to tackle dental caries / L. Cheng, K. Zhang, M. D. Weir [et al.] // *Nanomedicine (Lond.)*. – 2015. – Vol. 10, № 4. – P. 627–641.
255. Cheng, L. One-year water-ageing of calcium phosphate composite containing nano-silver and quaternary ammonium to inhibit biofilms / L. Cheng, K. Zhang, C. C. Zhou [et al.] // *Int. J. Oral Sci.* – 2016. – Vol. 8, № 3. – P. 172–181.
256. Cherchali, F. Z. Effectiveness of the DHMAI monomer in the development of an antibacterial dental composite / F. Z. Cherchali, M. Mouzali, J. B. Tommasino [et al.] // *Dent. Mater.* – 2017. – Vol. 33, № 12. – P. 1381–1391.
257. Chesterman, J. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review / J. Chesterman, A. Jowett, A. Gallacher, P. Nixon // *Br. Dent. J.* – 2017. – Vol. 222, № 5. – P. 337–344. ==238
258. Chladek, G. Influence of aging solutions on wear resistance and hardness of selected resin-based dental composites / G. Chladek, K. Basa, J. Zmudzki [et al.] // *Acta Bioeng Biomech.* – 2016. – Vol. 18, № 3. – P. 43–52.
259. Choi, H. I. Artificial Intelligent Model With Neural Network Machine Learning for the Diagnosis of Orthognathic Surgery / H. I. Choi, S. K. Jung, S. H. Baek [et al.] // *J. Craniofac. Surg.* – 2019. – Vol. 30, № 7. – P. 1986–1989.

260. Chongkavinit, P. Optical effect of resin cement, abutment material, and ceramic thickness on the final shade of CAD-CAM ceramic restorations / P. Chongkavinit, C. Anunmana // *J. Prosthet. Dent.* – 2021. – Vol. 125, № 3. – P. 517 e1–517 e8.

261. Cianetti, S. Sonic and ultrasonic oscillating devices for the management of pain and dental fear in children or adolescents that require caries removal: a systematic review / S. Cianetti, I. Abraha, S. Pagano [et al.] // *BMJ Open.* – 2018. – Vol. 8, № 4. – P. e020840.

262. Cieplak, P. Matrix metalloproteinases – From the cleavage data to the prediction tools and beyond / P. Cieplak, A. Y. Strongin // *Biochim Biophys. Acta Mol. Cell Res.* – 2017. – Vol. 1864, № 11 Pt A. – P. 1952–1963.

263. Cirano, F. R. Determination of root dentin and cementum micro hardness / F. R. Cirano, G. A. Romito, J. H. Todescan // *Brazilian Journal of Oral Sciences.* – 2015. – Vol. 3, № 8. – P. 420–424.

264. Ciucchi, P. Evaluation of different types of enamel conditioning before application of a fissure sealant / P. Ciucchi, K. W. Neuhaus, M. Emerich [et al.] // *Lasers Med. Sci.* – 2015. – Vol. 30, № 1. – P. 1–9.

265. Cobanoglu, N. Evaluation of human pulp tissue response following direct pulp capping with a self-etching adhesive system containing MDPB / N. Cobanoglu, T. Alptekin, H. Kitagawa [et al.] // *Dent. Mater. J.* – 2021. – Vol. 40, № 3. – P. 689–696.

266. Comba, A. Effect of an ethanol cross-linker on universal adhesive / A. Comba, T. Maravic, V. Villalta [et al.] // *Dent. Mater.* – 2020. – Vol. 36, № 12. – P. 1645–1654.

267. Correa-Faria, P. Factors associated with the development of early childhood caries among Brazilian preschoolers / P. Correa-Faria, P. A. Martins-Junior, R. G. [et al.] // *Braz. Oral Res.* – 2013. – Vol. 27, № 4. – P. 356–362.

268. Costa, L. M. Immunoxpression of MMPs-9, -13 and TIMP-3 after Using Etch-and-rinse Adhesive / L. M. Costa, A. V. Rizuto, L. S. Vieira-Andrade Mendonca [et al.] // *Research, Society and Development.* – 2021. – Vol. 10, № 9.

269. Cotton, T. P. A retrospective study comparing clinical outcomes after obturation with Resilon/Epiphany or Gutta-Percha/Kerr sealer / T. P. Cotton, W. G. Schindler, S. A. Schwartz [et al.] // *J. Endod.* – 2008. – Vol. 34, № 7. – P. 789–797.

270. Cullen, J. K. The effect of 8.25% sodium hypochlorite on dental pulp dissolution and dentin flexural strength and modulus / J. K. Cullen, J. A. Wealleans, T. C. Kirkpatrick, J. M. Yaccino // *J. Endod.* – 2015. – Vol. 41, № 6. – P. 920–924.

271. Cunha, D. A. Physicochemical and Microbiological Assessment of an Experimental Composite Doped with Triclosan-Loaded Halloysite Nanotubes / D. A. Cunha, N. S. Rodrigues, L. C., Souza [et al.] // *Materials (Basel)*. – 2018. – Vol. 11, № 7.

272. Cunha, T. C. Influence of glide path kinematics during endodontic treatment on the occurrence and intensity of intraoperative and postoperative pain: a systematic review of randomized clinical trials / T. C. Cunha, F. S. Matos, L. R. Paranhos [et al.] // *BMC Oral Health*. – 2020. – Vol. 20, № 1. – P. 175.

273. Da Costa, T. R. Effect of enamel bevel on the clinical performance of resin composite restorations placed in non-carious cervical lesions / T. R. Da Costa, A. D. Loguercio, A. Reis // *J. Esthet. Restor. Dent.* – 2013. – Vol. 25, № 5. – P. 346–356.

274. da Rosa, G. M. Effect of whitening dentifrices on the surface roughness of a nanohybrid composite resin / G. M. da Rosa, L. M. da Silva, M. de Menezes [et al.] // *Eur. J. Dent.* – 2016. – Vol. 10, № 2. – P. 170–175.

275. Dagna, A. Comparison of apical extrusion of intracanal bacteria by various glide-path establishing systems: an in vitro study / A. Dagna, R. El Abed, S. Hussain [et al.] // *Restor. Dent. Endod.* – 2017. – Vol. 42, № 4. – P. 316–323.

276. Daronch, M. Clinically relevant issues related to preheating composites / M. Daronch, F. A. Rueggeberg, L. Moss, M. F. de Goes // *J. Esthet. Restor. Dent.* – 2006. – Vol. 18, № 6. – P. 340–351.

277. de Carvalho, M. A. Significance of immediate dentin sealing and flowable resin coating reinforcement for unfilled/lightly filled adhesive systems / M. A. de Carvalho, P. C. Lazari-Carvalho, I. F. Polonial [et al.] // *J. Esthet. Restor. Dent.* – 2021. – Vol. 33, № 1. – P. 88–98.

278. Degrazia, F. W. Physicochemical and bioactive properties of innovative resin-based materials containing functional halloysite-nanotubes fillers / F. W. Degrazia, V. C. Leitune, A. S. Takimi [et al.] // *Dent. Mater.* – 2016. – Vol. 32, № 9. – P. 1133–1143.

279. Degrazia, F. W. Polymerisation, antibacterial and bioactivity properties of experimental orthodontic adhesives containing triclosan-loaded halloysite nanotubes / F. W. Degrazia, B. Genari, V. C. B. Leitune [et al.] // *J. Dent.* – 2018. – Vol. 69. – P. 77–82.

280. del Carpio-Perochena, A. Antibacterial and dissolution ability of sodium hypochlorite in different pHs on multi-species biofilms / A. del Carpio-Perochena. C. M. Bramante, F. B. de Andrade [et al.] // *Clin. Oral Investig.* – 2015. – Vol. 19, № 8. – P. 2067–2073.

281. Dias, H. B. Zinc oxide 3D microstructures as an antimicrobial filler content for composite resins / H. B., Dias M. I. B. Bernardi, M. Ramos [et al.] // *Microsc. Res. Tech.* – 2017. – Vol. 80, № 6. – P. 634–643.

282. Diesendruck, C. E. Biomimetic Self-Healing / C. E. Diesendruck, N. R. Sottos, J. S. Moore, S. R. White // *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* – 2015. – Vol. 54, № 36. – P. 10428–10447.

283. Dudeja, C. An in vitro comparison of effect on fracture strength, pH and calcium ion diffusion from various biomimetic materials when used for repair of simulated root resorption defects / C. Dudeja, S. Taneja, M. Kumari, N. Singh // *J. Conserv. Dent.* – 2015. – Vol. 18, № 4. – P. 279–283.

284. Durmus, B. Clinical Evaluation of a Fissure Sealant Placed by Acid Etching or Er:YAG Laser Combined with Acid Etching / B. Durmus, F. Giray, S. Peker, B. Kargul // *Oral Health Prev. Dent.* – 2017. – Vol. 15, № 2. – P. 157–162.

285. Ehsani, M. Comparison of Apical Extrusion of Debris by Using Single-File, Full-Sequence Rotary and Reciprocating Systems / M. Ehsani, R. Farhang, A. Harandi [et al.] // *J. Dent. (Tehran.)*. – 2016. – Vol. 13, № 6. – P. 394–399.

286. El Gedaily, M. Impact of Different Etching Strategies on Margin Integrity of Conservative Composite Restorations in Demineralized Enamel / El M. Gedaily, T. Attin, D. B. Wiedemeier, T. T. Taubock // *Materials (Basel)*. – 2020. – Vol. 13, № 20.

287. El-Deeb, H. A. Effect of preheating of low shrinking resin composite on intrapulpal temperature and microtensile bond strength to dentin / H. A. El-Deeb, S. Abd El-Aziz, E. H. Mobarak // *J. Adv. Res.* – 2015. – Vol. 6, № 3. – P. 471–478.

288. Erhardt, M. C. G. Effect of different composite modulation protocols on the conversion and polymerization stress profile of bulk-filled resin restorations / M. C. G. Erhardt, M. Goulart, R. C. Jacques [et al.] // *Dent. Mater.* – 2020. – Vol. 36, № 7. – P. 829–837.

289. Esteva, A. Corrigendum: Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks / A. Esteva, B. Kuprel, R. A. Novoa [et al.] // *Nature*. – 2017. – Vol. 546, № 7660. – P. 686.

290. Esteva, A. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks / A. Esteva, B. Kuprel, R. A. Novoa [et al.] // *Nature*. – 2017. – Vol. 542, № 7639. – P. 115–118.

291. Farah, R. I. Effect of cooling water temperature on the temperature changes in pulp chamber and at handpiece head during high-speed tooth preparation / R. I. Farah // *Restor. Dent. Endod.* – 2019. – Vol. 44, № 1. – P. e3.

292. Faria, E. S. A. L. Delayed photo-activation and addition of thio-urethane: Impact on polymerization kinetics and stress of dual-cured resin cements / E. S. A. L. Faria, C. S. Pfeifer // *J. Dent.* – 2017. – Vol. 65. – P. 101–109.

293. Faria, E. S. A. L. Impact of Material Shade and Distance from Light Curing Unit Tip on the Depth of Polymerization of Composites / E. S. A. L. Faria, C. Fanger, L. Nguyen [et al.] // *Braz. Dent. J.* – 2017. – Vol. 28, № 5. – P. 632–637.

294. Fazal, M. I. The past, present and future role of artificial intelligence in imaging / M. I. Fazal, M. E. Patel, J. Tye, Y. Gupta // *Eur. J. Radiol.* – 2018. – Vol. 105. – P. 246–250.

295. Feiz, A. Effect of different bleaching regimens on the flexural strength of hybrid composite resin / A. Feiz, N. Samanian, A. Davoudi, H. Badrian. // *J. Conserv. Dent.* – 2016. – Vol. 19, № 2. – P. 157–160.

296. Ferizi, U. Artificial Intelligence Applied to Osteoporosis: A Performance Comparison of Machine Learning Algorithms in Predicting Fragility Fractures From MRI Data / U. Ferizi, H. Besser, P. Hysi [et al.] // *J. Magn. Reson. Imaging*. – 2019. – Vol. 49, № 4. – P. 1029–1038.

297. Ferracane, J. L. Models of Caries Formation around Dental Composite Restorations / J. L. Ferracane // J. Dent. Res. – 2017. – Vol. 96, № 4. – P. 364–371.
298. Ferracane, J. L. Polymerization stress – is it clinically meaningful? / J. L. Ferracane, T. J. Hilton // Dent. Mater. – 2016. – Vol. 32, № 1. – P. 1–10.
299. Fink, J. K. Materials, Chemicals and Methods for Dental Applications / J. K. Fink. – Scrivener Publishing LLC, 2018. ==
300. Fluent, M. T. Shedding light on a potential hazard: Dental light-curing units / M. T. Fluent, J. L. Ferracane, J. G. Mace [et al.] // J. Am. Dent. Assoc. – 2019. – Vol. 150, № 12. – P. 1051–1058.
301. Fonseca, B. M. Mechanical-physicochemical properties and biocompatibility of catechin-incorporated adhesive resins / B. M. Fonseca, D. C. Barcellos, T. M. D. Silva [et al.] // J. Appl. Oral Sci. – 2019. – Vol. 27. – P. e20180111.
302. Forien, J.-B. Water-Mediated Collagen and Mineral Nanoparticle Interactions Guide Functional Deformation of Human Tooth Dentin / J.-B. Forien, I. Zizak, C. Fleck [et al.] // Chemistry of Materials. – 2016. – Vol. 28, № 10. – P. 3416–3427.
303. Franzen, R. Fracture Forces of Dentin after Surface Treatment with High Speed Drill Compared to Er:YAG and Er,Cr:YSGG Laser Irradiation / R. Franzen, N. Kiani-manesh, R. Marx [et al.] // Anal. Cell Pathol. (Amst.). – 2016. – Vol. 2016. – P. 8517947.
304. Frassetto, A. Mechanisms of degradation of the hybrid layer in adhesive dentistry and therapeutic agents to improve bond durability – A literature review / A. Frassetto, L. Breschi, G. Turco [et al.] // Dent. Mater. – 2016. – Vol. 32, № 2. – P. e41–53.
305. Frazier, K. Dental light-curing units: An American Dental Association Clinical Evaluators Panel survey / K. Frazier, A. K. Bedran-Russo, N. C. Lawson [et al.] ; Council on Scientific A. // J. Am. Dent. Assoc. – 2020. – Vol. 151, № 7. – P. 544–545 e2.
306. Fronza, B. M. Characterization of Inorganic Filler Content, Mechanical Properties, and Light Transmission of Bulk-fill Resin Composites / B. M. Fronza, A. Ayres, R. R. Pacheco [et al.] // Oper. Dent. – 2017. – Vol. 42, № 4. – P. 445–455.
307. Fugolin, A. P. P. New Resins for Dental Composites / A. P. P. Fugolin, C. S. Pfeifer // J. Dent. Res. – 2017. – Vol. 96, № 10. – P. 1085–1091.

308. Gamer, M. irr: Various Coefficients of Interrater Reliability and Agreement / M. Gamer, J. Lemon // IFPS. – 2019. – Vol. R package version 0.84.1.
309. Gateva, N. Effect of etching time and acid concentration on micromorphological changes in dentin of both dentitions / N. Gateva, A. Gussyiska, P. Stanimirov [et al.] // Journal of IMAB – Annual Proceeding (Scientific Papers). – 2016. – Vol. 22. – P. 1099–1110.
310. Gautam, A. K. Degradation of Resin Restorative Materials by Streptococcus Mutans: A Pilot Study / A. K. Gautam, R. Thakur, N. D. Shashikiran [et al.] // J. Clin. Pediatr. Dent. – 2017. – Vol. 41, № 3. – P. 225–227.
311. Gavic, L. Heat transfer properties and thermal cure of glass-ionomer dental cements / L. Gavic, K. Gorseta, D. Glavina [et al.] // J. Mater. Sci. Mater. Med. – 2015. – Vol. 26, № 10. – P. 249.
312. Gavranovic-Glamoc, A. Evaluation of the water sorption of luting cements in different solutions / A. Gavranovic-Glamoc, M. Ajanovic, S. Korac [et al.] // Acta Med. Acad. – 2017. – Vol. 46, № 2. – P. 124–132.
313. Ge, Y. The Use of Quaternary Ammonium to Combat Dental Caries / Y. Ge, S. Wang, X. Zhou [et al.] // Materials (Basel). – 2015. – Vol. 8, № 6. – P. 3532–3549.
314. Ghaderi-Ghahfarrokhi, M. Fabrication and characterization of polymer-ceramic nanocomposites containing drug loaded modified halloysite nanotubes / M. Ghaderi-Ghahfarrokhi, V. Haddadi-Asl, S. S. Zargarian // J. Biomed. Mater. Res. A. – 2018. – Vol. 106, № 5. – P. 1276–1287.
315. Ghisi, A. C. Effect of superoxidized water and sodium hypochlorite, associated or not with EDTA, on organic and inorganic components of bovine root dentin / A. C. Ghisi, P. M. Kopper, F. E. Baldasso [et al.] // J. Endod. – 2015. – Vol. 41, № 6. – P. 925–930.
316. Goncalves, F. A comparative study of bulk-fill composites: degree of conversion, post-gel shrinkage and cytotoxicity / F. Goncalves, L. M. P. Campos, E. C. Rodrigues-Junior [et al.] // Braz. Oral Res. – 2018. – Vol. 32. – P. e17.

317. Gonzalez-Bonet, A. Preparation of Dental Resins Resistant to Enzymatic and Hydrolytic Degradation in Oral Environments / A. Gonzalez-Bonet, G. Kaufman, Y. Yang [et al.] // *Biomacromolecules*. – 2015. – Vol. 16, № 10. – P. 3381–3388.

318. Grazziotin-Soares, R. Crystalline phases involved in the hydration of calcium silicate-based cements: Semi-quantitative Rietveld X-ray diffraction analysis / R. Grazziotin-Soares, M. H. Nekoofar, T. Davies [et al.] // *Aust. Endod. J.* – 2019. – Vol. 45, № 1. – P. 26–32.

319. Grischke, J. Dentronics: Towards robotics and artificial intelligence in dentistry / J. Grischke, L. Johannsmeier, L. Eich [et al.] // *Dent. Mater.* – 2020. – Vol. 36, № 6. – P. 765–778.

320. Guclu, Z. A. Effect of Er:YAG laser enamel conditioning and moisture on the microleakage of a hydrophilic sealant / Z. A. Guclu, A. P. Hurt, N. Donmez, N. J. Coleman // *Odontology*. – 2018. – Vol. 106, № 3. – P. 225–231.

321. Guedes, F. R. Cytotoxicity and dentin composition alterations promoted by different chemomechanical caries removal agents: A preliminary in vitro study / F. R. Guedes, J. F. Bonvicini, G. L. de Souza [et al.] // *J. Clin. Exp. Dent.* – 2021. – Vol. 13, № 8. – P. e826–e834.

322. Guimaraes, G. F. Minimization of polymerization shrinkage effects on composite resins by the control of irradiance during the photoactivation process / G. F. Guimaraes, E. Marcelino, I. Cesarino [et al.] // *J. Appl. Oral Sci.* – 2018. – Vol. 26. – P. e20170528.

323. Guirado, E. Dentine matrix metalloproteinases as potential mediators of dentine regeneration / E. Guirado, A. George // *Eur. Cell Mater.* – 2021. – Vol. 42. – P. 392–400.

324. Guivarc'h, M. Sodium Hypochlorite Accident: A Systematic Review / M. Guivarc'h, U. Ordioni, H. M. Ahmed [et al.] // *J. Endod.* – 2017. – Vol. 43, № 1. – P. 16–24.

325. Gul, P. Monomer release from bulk-fill composite resins in different curing protocols / P. Gul, H. H. Alp, M. Ozcan // *J. Oral Sci.* – 2020. – Vol. 62, № 3. – P. 288–292.

326. Gupta, L. Effect of comonomer of methacrylic acid on flexural strength and adhesion of *Staphylococcus aureus* to heat polymerized poly (methyl methacrylate) resin: An in vitro study / L. Gupta, I. N. Aparna, S. Bhat, K. Ginjupalli // *J. Indian Prosthodont. Soc.* – 2017. – Vol. 17, № 2. – P. 149–155.

327. Gurbuz, O. Effect of surface sealant on the surface roughness of different composites and evaluation of their microhardness / O. Gurbuz, A. Cilingir, B. Dikmen [et al.] // *Eur. Oral Res.* – 2020. – Vol. 54, № 1. – P. 1–8.

328. Ha, J. H. Debris extrusion by glide-path establishing endodontic instruments with different geometries / J. H. Ha, S. K. Kim, S. W. Kwak [et al.] // *J. Dent. Sci.* – 2016. – Vol. 11, № 2. – P. 136–140.

329. Haapasalo, M. Irrigation in endodontics / M. Haapasalo, Y. Shen, Z. Wang, Y. Gao // *Br. Dent. J.* – 2014. – Vol. 216, № 6. – P. 299–303.

330. Hamama, H. Current update of chemomechanical caries removal methods / H. Hamama, C. Yiu, M. Burrow // *Aust. Dent. J.* – 2014. – Vol. 59, № 4. – P. 446–56; quiz 525.

331. Hamama, H. H. Chemical, morphological and microhardness changes of dentine after chemomechanical caries removal / H. H. Hamama, C. K. Yiu, M. F. Burrow, N. M. King // *Aust. Dent. J.* – 2013. – Vol. 58, № 3. – P. 283–292.

332. Hamlin, N. J. Effect of Tooth-structure Thickness on Light Attenuation and Depth of Cure / N. J. Hamlin, C. Bailey, N. C. Motyka, K. S. Vandewalle // *Oper. Dent.* – 2016. – Vol. 41, № 2. – P. 200–7.

333. Handa, S. Recent advances in dental materials / S. Handa, V. Swami // *Indian Journal of Dental Advancements.* – 2021. – Vol. 12, № 2. – P. 61.

334. Hartmann, R. C. Association of manual or engine-driven glide path preparation with canal centring and apical transportation: a systematic review / R. C., Hartmann O. A. Peters, J. A. P. de Figueiredo, G. Rossi-Fedele // *Int. Endod. J.* – 2018. – Vol. 51, № 11. – P. 1239–1252.

335. Hass, V. Degradation of dentin-bonded interfaces treated with collagen cross-linking agents in a cariogenic oral environment: An in situ study / V. Hass, A. M. de Paula, S. Parreiras [et al.] // *J. Dent.* – 2016. – Vol. 49. – P. 60–67.

336. Hayashi, J. New bulk-fill composite system with high irradiance light polymerization: Integrity and degree of conversion / J. Hayashi, J. Tagami, D. Chan, A. Sadr // *Dent. Mater.* – 2020. – Vol. 36, № 12. – P. 1615–1623.
337. Hebling, J. Chlorhexidine arrests subclinical degradation of dentin hybrid layers in vivo / J. Hebling, D. H. Pashley, L. Tjaderhane, F. R. Tay // *J. Dent. Res.* – 2005. – Vol. 84, № 8. – P. 741–746.
338. Hogg, C. Effect of various light curing times on the elution of composite components / C. Hogg, M. Maier, K. Dettinger-Maier [et al.] // *Clin. Oral Investig.* – 2016. – Vol. 20, № 8. – P. 2113–2121.
339. Holland, R. Factors affecting the periapical healing process of endodontically treated teeth / R. Holland, J. E. F. Gomes, L. T. A. Cintra [et al.] // *J. Appl. Oral Sci.* – 2017. – Vol. 25, № 5. – P. 465–476.
340. Horiguchi, S. Selective caries removal with air abrasion / S. Horiguchi, T. Yamada, S. Inokoshi, J. Tagami // *Oper. Dent.* – 1998. – Vol. 23, № 5. – P. 236–243.
341. Huang, B. Esterase from a cariogenic bacterium hydrolyzes dental resins / B. Huang, W. L., Siqueira D. G. Cvitkovitch, Y. Finer // *Acta Biomater.* – 2018. – Vol. 71. – P. 330–338.
342. Hung, K. Current Applications, Opportunities, and Limitations of AI for 3D Imaging in Dental Research and Practice / K. Hung, A. W. K. Yeung, R. Tanaka, M. M. Bornstein // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2020. – Vol. 17, № 12.
343. Huyang, G. Design and development of self-healing dental composites / G. Huyang, A. E. Debertin, J. Sun // *Mater. Des.* – 2016. – Vol. 94. – P. 295–302.
344. Ide, K. Effect of light-curing time on light-cure/post-cure volumetric polymerization shrinkage and regional ultimate tensile strength at different depths of bulk-fill resin composites / K. Ide, M. Nakajima, J. Hayashi [et al.] // *Dent. Mater. J.* – 2019. – Vol. 38, № 4. – P. 621–629.
345. Innes, N. P. T. A Century of Change towards Prevention and Minimal Intervention in Cariology / N. P. T. Innes, C. H. Chu, M. Fontana [et al.] // *J. Dent. Res.* – 2019. – Vol. 98, № 6. – P. 611–617.

346. Inokoshi, M. Initial curing characteristics of composite cements under ceramic restorations / M. Inokoshi, K. Nozaki, T. Takagaki [et al.] // J. Prosthodont. Res. – 2021. – Vol. 65, № 1. – P. 39–45.

347. Jablonska-Stencel, E. Effect of Silver-Emitting Filler on Antimicrobial and Mechanical Properties of Soft Denture Lining Material / E. Jablonska-Stencel, W. Pakiel, A. Mertas [et al.] // Materials (Basel). – 2018. – Vol. 11, № 2.

348. Jain, A. Role of matrix metalloproteinases in dental caries, pulp and periapical inflammation: An overview / A. Jain, R. Bahuguna // J. Oral Biol Craniofac Res. – 2015. – Vol. 5, № 3. – P. 212–218.

349. Jandt, K. D. A brief history of LED photopolymerization / K. D. Jandt, R. W. Mills // Dent. Mater. – 2013. – Vol. 29, № 6. – P. 605–617.

350. Johns, D. A. An innovative approach in the management of palatogingival groove using Biodentine and platelet-rich fibrin membrane / D. A. Johns, V. Y. Shivashankar, K. Shobha, M. Johns // J. Conserv Dent. – 2014. – Vol. 17, № 1. – P. 75–9.

351. Johnson King, O. The effect of air-abrasion on the susceptibility of sound enamel to acid challenge / O. Johnson King, H. Milly, V. Boyes [et al.] // J. Dent. – 2016. – Vol. 46. – P. 36–41.

352. Jun, S. K. The Biomineralization of a Bioactive Glass-Incorporated Light-Curable Pulp Capping Material Using Human Dental Pulp Stem Cells / S. K. Jun, J. H. Lee, H. H. Lee // Biomed. Res. Int. – 2017. – Vol. 2017. – P. 2495282.

353. Kafantari, N. Effect of Heated Sodium Hypochlorite on the Viscoelastic Properties of Dentin Evaluated Using Dynamic Mechanical Analysis / N. Kafantari, K. Gula-bivala, G. Georgiou [et al.] // J. Endod. – 2019. – Vol. 45, № 9. – P. 1155–1160.

354. Kaffashi, B. Poly(epsilon-caprolactone)/triclosan loaded polylactic acid nanoparticles composite: A long-term antibacterial bionanocomposite with sustained release / B. Kaffashi, S. Davoodi, E. Oliaei // Int. J. Pharm. – 2016. – Vol. 508, № 1-2. – P. 10–21.

355. Kaisarly, D. Effects of occlusal cavity configuration on 3D shrinkage vectors in a flowable composite / D. Kaisarly, M. El Gezawi, G. Lai [et al.] // Clin. Oral Investig. – 2018. – Vol. 22, № 5. – P. 2047–2056.

356. Kaisarly, D. Polymerization shrinkage assessment of dental resin composites: a literature review / D. Kaisarly, M. E. Gezawi // *Odontology*. – 2016. – Vol. 104, № 3. – P. 257–270.
357. Kalyan, S. S. Glide Path: Paving the Way for Safe and Sure Endodontics / S. S. Kalyan, R. Chandki. – 2017.
358. Kanagasingam, S. Diagnostic accuracy of periapical radiography and cone beam computed tomography in detecting apical periodontitis using histopathological findings as a reference standard / S. Kanagasingam, C. X. Lim, C. P. Yong [et al.] // *Int. Endod. J.* – 2017. – Vol. 50, № 5. – P. 417–426.
359. Karan, K. Chemical characterization of etched dentin in non-carious cervical lesions / K. Karan, X. Yao, C. Xu, Y. Wang // *J. Adhes. Dent.* – 2012. – Vol. 14, № 4. – P. 315–322.
360. Kasraei, S. Antibacterial properties of composite resins incorporating silver and zinc oxide nanoparticles on *Streptococcus mutans* and *Lactobacillus* / S. Kasraei, L. Sami, S. Hendi [et al.] // *Restor. Dent. Endod.* – 2014. – Vol. 39, № 2. – P. 109–14.
361. Kaushal, R. A comparative evaluation of smear layer removal by using ethylenediamine tetraacetic acid, citric acid, and maleic acid as root canal irrigants: An in vitro scanning electron microscopic study / R. Kaushal, R. Bansal, S. Malhan // *J. Conserv. Dent.* – 2020. – Vol. 23, № 1. – P. 71–78.
362. Keskin, C. Postoperative pain after glide path preparation using manual, reciprocating and continuous rotary instruments: a randomized clinical trial / C. Keskin, O. Sivas Yilmaz, U. Inan, O. Ozdemir // *Int. Endod. J.* – 2019. – Vol. 52, № 5. – P. 579–587.
363. Khabadze, Z. Activity of Matrix metalloproteinases (MMPs) production by dentine matrix depending on the used adhesive system. A systematic review / Z. Khabadze, I. Makeeva, M. Makeeva [et al.] // *Journal of International Dental and Medical Research*. – 2022. – Vol. 15, № 3.
364. Khabadze, Z. Determination of cyclic fatigue of a nickel-titanium coxo sc pro file using a simulation endodontic unit / Z. Khabadze, F. Ismailov, I. Makeeva // *Georgian Med. News*. – 2022. – Vol. 324. – P. 54–63.

365. Khabadze, Z. Laboratory Rational of Changes in the Crystal Lattice of Nickel-Titanium Endodontic Rotary Files in Autoclaving / Z. Khabadze, O. Mordanov, M. Balashova [et al.] // Hindawi International Journal of Dentistry. – 2020.

366. Khabadze, Z. S. Features of the microbiota in chronic apical periodontitis. A systematic review / Z. S. Khabadze, A. Wehbe, Y. Bakaev // Эндодонтия Today. – 2022. – Vol. 20, № 2. – P. 144–147.

367. Khabadze, Z. S. Analysis of a glide path creation necessity at the initial stages of endodontic treatment / Z. S. Khabadze, Y. A. Generalova // Эндодонтия Today. – 2021. – Vol. 19, № 1. – P. 39–44.

368. Khabadze, Z. S. Comparative analysis of smear layer removal techniques in the treatment of dental / Z. S. Khabadze, Y. A. Negorelova // The New Armenian Medical Journal. – 2022. – Vol. 16. – P. 1–49.

369. Khabadze, Z. S. Investigation of cyclic fatigue of rotary endodontic instruments / Z. S., Khabadze, F. R. Ismailov // Эндодонтия Today. – 2022. – Vol. 20, № 1. – P. 28–35.

370. Khabadze, Z. S. Microbial biocenosis of apical periodontitis in the root canal system (Part 1) / Z. S. Khabadze, D. A. Nazarova, Z. M. Suleimanova [et al.] // The New Armenian Medical Journal. – 2022. – Vol. 1. – P. 76–80.

371. Khabadze, Z. S. Microbial biocenosis of apical periodontitis in the root canal system (Part 2) / Z. S. Khabadze, D. A. Nazarova, Z. M. Suleimanova [et al.] // The New Armenian Medical Journal. – 2022. – Vol. 1. – P. 81–86.

372. Khabadze, Z. S. Nanocomposite resin characteristics with the different treatment features on the pre-curing, final curing and post-curing stages: an invitro study / Z. S. Khabadze // Semmelweis International Students' Conference 2022 of Semmelweis University Budapest. – Semmelweis University Budapest, 2022.

373. Khabadze, Z. S. Optimization of the endodontic treatment protocol using micellar water / Z. S. Khabadze, I. M. Makeeva, F. R. Ismailov // Archiv EuroMedica. – 2022. – Vol. 12, № 3. – P. 1–6.

374. Khabadze, Z. S. The effect of silica gel to the adhesive protocol stages in the treatment of caries and its complications / Z. S. Khabadze // Archiv EuroMedica. – 2022. – Vol. 12, № 2.

375. Khabadze, Z. S. The effect of the Al_2O_3 particle size on the air–abrasive preparation of intact and decayed tooth tissues / Z. S. Khabadze // Semmelweis International Students' Conference 2022 of Semmelweis University Budapest. – Semmelweis University Budapest, 2022.

376. Khabadze, Z. S. Using solvents for dissolving guttapercha: A systematic review / Z. S. Khabadze, F. R. Ismailov, D. A. Nazarova [et al.] // Endodontics today. – 2022. – Vol. 1. – P. 42–46.

377. Khabadze, Z. Strategically important features of the influence of sodium hypochlorite on the mechanical properties of dentin: a systematic review / Z. Khabadze, A. Kotelnikova, M. Protsky [et al.] // Journal of international dental and medical research. – 2021. – Vol. 14, № 4.

378. Khabadze, Z. The comparison analysis of orthophosphoric and maleic acids in the smear layer removal techniques / Z. Khabadze, Z. Suleimanova, S. Abdulkerimova [et al.] // J. Int. Dent. Med Res. – 2022. – Vol. 15, № 1.

379. Khabadze, Z. The influence of finishing processing features on the polymerized composite surface structure / Z. Khabadze, S. Ivanov, A. Kotelnikova [et al.] // Georgian Med News. – 2021. – Vol. 321. – P. 159–162.

380. Khabadze, Z. The Study of Dentine Matrix Metalloproteinases (Mmps) Activity in Devitalized Teeth / Z. Khabadze, M. Dashtieva, A. Wehbe [et al.] // J. Int. Dent. Med. Res. – 2023. – Vol. 16, № 1. – P. 59–63.

381. Khabadze, Z. The treatment of reversible pulpitis using calcium hydroxide for indirect pulp capping / Z. Khabadze, D. Nazarova, E. Shilyaeva, A. Kotelnikova // Actual problems in dentistry. – 2022. – Vol. 17, № 4. – P. 27–31.

382. Khabadze, Z. The use of the antiseptic solution “Octenisept” in endodontic practice: The systematic review / Z. Khabadze, I. Makeeva, M. Makeeva [et al.] // Journal of International Dental and Medical Research. – 2022. – Vol. 15, № 3.

383. Khabadze, Z. Treatment of chronic apical periodontitis: in a single or multiple visits? (review) / Z. Khabadze, W. Ahmad, D. Nazarova, [et al.]. // Georgian Med News. – 2021. – Vol. 319. – P. 28–31.
384. Kharouf, N. Effectiveness of Etching by Three Acids on the Morphological and Chemical Features of Dentin Tissue / N. Kharouf, D. Mancino, A. Naji-Amrani [et al.] // J. Contemp. Dent. Pract. – 2019. – Vol. 20, № 8. – P. 915–919.
385. Khoshbin, E. Effect of Nd:YAG and Diode Lasers on Apical Seal of Root Canals Filled with AH Plus and Mineral Trioxide Aggregate-Based Sealers / E. Khoshbin, Z. Donyavi, E. A. Atibeh [et al.] // J. Dent. (Tehran). – 2018. – Vol. 15, № 1. – P. 30–40.
386. Khvostenko, D. Bioactive glass fillers reduce bacterial penetration into marginal gaps for composite restorations / D. Khvostenko, T. J. Hilton, J. L. Ferracane [et al.] // Dent. Mater. – 2016. – Vol. 32, № 1. – P. 73–81.
387. Kidd, E. A., Giedrys-Leeper E., Simons D. Take two dentists: a tale of root caries / E. A. Kidd, E. Giedrys-Leeper, D. Simons // Dent. Update. – 2000. – Vol. 27, № 5. – P. 222–230.
388. Kidd, E. Changing concepts in cariology: forty years on / E. Kidd, O. Fejerskov // Dent. Update. – 2013. – Vol. 40, № 4. – P. 277–278, 280–282, 285–286.
389. Kim, C.-G. Optimal combination of 3-component photoinitiation system to increase the degree of conversion of resin monomers / C.-G. Kim, H.-J. Moon, D. H. Shin // Restorative Dentistry and Endodontics. – 2011. – Vol. 36.
390. Kim, E. H. Effect of resin thickness on the microhardness and optical properties of bulk-fill resin composites / E. H. Kim, K. H. Jung, S. A. Son [et al.] // Restor. Dent. Endod. – 2015. – Vol. 40, № 2. – P. 128–35.
391. Kim, H. J. Measurement of the internal adaptation of resin composites using micro-CT and its correlation with polymerization shrinkage / H. J. Kim, S. H. Park // Oper. Dent. – 2014. – Vol. 39, № 2. – P. E57–70.
392. Kleverlaan, C. J. Polymerization shrinkage and contraction stress of dental resin composites / C. J. Kleverlaan, A. J. Feilzer // Dent. Mater. – 2005. – Vol. 21, № 12. – P. 1150–1157.

393. Koch, G. G. Intraclass correlation coefficient / S. Kotz, N. L. Johnson // Encyclopedia of Statistical Sciences – New York : John Wiley & Sons, 1982. – P. 213–217.
394. Kolosowski, K. P. Qualitative analysis of precipitate formation on the surface and in the tubules of dentin irrigated with sodium hypochlorite and a final rinse of chlorhexidine or QMiX / K. P. Kolosowski, R. N. Sodhi, A. Kishen, B. R. Basrani // J. Endod. – 2014. – Vol. 40, № 12. – P. 2036–2040.
395. Komabayashi, T. Current status of direct pulp-capping materials for permanent teeth / T. Komabayashi, Q. Zhu, R. Eberhart, Y. Imai // Dental Materials Journal. – 2016. – Vol. 35. – P. 1–12.
396. Körklü, S. Treatment of permanent teeth with extensive apical periodontitis: 2 case reports / S. Körklü, Y. Candaner, E. Özçelik [et al.] // British Journal of Medicine and Medical Research. – 2016. – Vol. 17, № 10. – P. 1–7.
397. Korkut, E. Antimicrobial and mechanical properties of dental resin composite containing bioactive glass / E. Korkut, E. Torlak, M. Altunsoy // J. Appl. Biomater. Funct. Mater. – 2016. – Vol. 14, № 3. – P. e296–301. ==377
398. Kouros, P. Pulp response to dentine adhesives: A study on mature human pulps / P. Kouros, E. Koliniotou-Koumpia, E. Koulaouzidou [et al.] // Eur. J. Dent. – 2013. – Vol. 7, Suppl. 1. – P. S026–S032.
399. Kramer, N. Ten-year Clinical Performance of Posterior Resin Composite Restorations / N. Kramer, C. Reinelt, R. Frankenberger // J. Adhes. Dent. – 2015. – Vol. 17, № 5. – P. 433–441.
400. Kulkarni, S. Artificial Intelligence in Medicine: Where Are We Now? / S. Kulkarni, N. Seneviratne, M. S. Baig, A. H. A. Khan // Acad. Radiol. – 2020. – Vol. 27, № 1. – P. 62–70.
401. Kumar, Y. Comparative evaluation of demineralization of radicular dentin with 17% ethylenediaminetetraacetic acid, 10% citric acid, and MTAD at different time intervals: An in vitro study / Y. Kumar, J. Lohar, S. Bhat [et al.] // J. Int. Soc. Prev. Community Dent. – 2016. – Vol. 6, № 1. – P. 44–48.
402. Kumari, R. V. Evaluation of the Effect of Surface Polishing, Oral Beverages and Food Colorants on Color Stability and Surface Roughness of Nanocomposite Resins

/ R. V. Kumari, H. Nagaraj, K. Siddaraju, R. K. Poluri // J. Int. Oral Health. – 2015. – Vol. 7, № 7. – P. 63–70.

403. Kuruvilla, A. A comparative evaluation of smear layer removal by using edta, etidronic acid, and maleic acid as root canal irrigants: An in vitro scanning electron microscopic study / A. Kuruvilla, B. M., Jaganath S. C. Krishnegowda [et al.] // J. Conserv Dent. – 2015. – Vol. 18, № 3. – P. 247–251.

404. Kutsch, V. K. Dental caries: an updated medical model of risk assessment / V. K. Kutsch // J. Prosthet. Dent. – 2014. – Vol. 111, № 4. – P. 280–285.

405. Kutty, S. K. N. Pulp tissue dissolution in endodontics - A review / S. K. N. Kutty, M. S. Lekshmi, A. Mohan, L. Isaac // International Journal of Applied Dental Science – Vol. 3, № 2. – P. 193–196.

406. Langalia, A. K. Polymerization Shrinkage of Composite Resins: A Review / A. K. Langalia, A. Buch, M. Khamar, P. Patel // Quest Journals. Journal of Medical and Dental Science Research. – 2015. – Vol. 2, Issue 10. – P. 23–27.

407. Łapińska, B. Experimental composite material modified with calcium fluoride – three-point bending flexural test / B. Łapińska, M. Podlewska, J., Kleczewska [et al.] // Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering. – 2016. – Vol. 74. – P. 72–77.

408. Lapinska. B. Dentine Surface Morphology after Chlorhexidine Application-SEM Study / B. Lapinska, L. Klimek, J. Sokolowski, M. Lukomska-Szymanska // Polymers (Basel). – 2018. – Vol. 10, № 8.

409. Leal, A. Airborne-particle abrasion with niobium phosphate bioactive glass on caries-affected dentin: effect on the microtensile bond strength / A. Leal, C. Carvalho, E. Maia-Filho [et al.] // Journal of Adhesion Science and Technology. – 2017. – Vol. 31, № 22. – P. 2410–2423.

410. Leonardi Dutra, K. Diagnostic Accuracy of Cone-beam Computed Tomography and Conventional Radiography on Apical Periodontitis: A Systematic Review and Meta-analysis / K. Leonardi Dutra, L. Haas, A. L. Porporatti [et al.] // J. Endod. – 2016. – Vol. 42, № 3. – P. 356–64.

411. Leprince, J. Pulpal-temperature rise and polymerization efficiency of LED curing lights / J. Leprince, J. Devaux, T. Mullier [et al.] // *Oper. Dent.* – 2010. – Vol. 35, № 2. – P. 220–230.

412. Li, Q. Evaluation of four final irrigation protocols for cleaning root canal walls / Q. Li, Q. Zhang, X. Zou, L. Yue // *Int. J. Oral Sci.* – 2020. – Vol. 12, № 1. – P. 29.

413. Liang, K. Dentin remineralization in acid challenge environment via PAMAM and calcium phosphate composite / K. Liang, M. D. Weir, X. Xie [et al.] // *Dent. Mater.* – 2016. – Vol. 32, № 11. – P. 1429–1440.

414. Lin, J. C. Comparison of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide for apexification of immature permanent teeth: A systematic review and meta-analysis / J. C. Lin, J. X. Lu, Q. Zeng [et al.] // *J. Formos Med Assoc.* – 2016. – Vol. 115, № 7. – P. 523–530.

415. Lin, L. M. Regeneration and Repair in Endodontics-A Special Issue of the Dentistry Journal / L. M. Lin, G. T. Huang // *Dent. J. (Basel)*. – 2015. – Vol. 3, № 3. – P. 77–78.

416. Lobovnina, L. A. Adhesive system as a key factor affecting the "service life" of the performed restoration of teeth / L. A. Lobovnina, A. M. Romanov // *Dental magazine*. – 2015. – Vol. 10. – P. 22–27.

417. Lodha, V. R. A brief review with a novel approach of chemomechanical caries removal using papain as a case report / V. R. Lodha, S. Agarwal, R. Arora [et al.] // *Annals of Dental Specialty*. – 2015. – Vol. 3, № 3. – P. 84–88.

418. Loehfelm, T. W. Artificial Intelligence for Quality Improvement in Radiology / T. W. Loehfelm // *Radiol. Clin. North Am.* – 2021. – Vol. 59, № 6. – P. 1053–1062.

419. Loozen, G. Inter-bacterial correlations in subgingival biofilms: a large-scale survey / G. Loozen, O. Ozcelik, N. Boon [et al.] // *J. Clin. Periodontol.* – 2014. – Vol. 41, № 1. – P. 1–10.

420. Luhrs, A. K. Composite cements benefit from light-curing / A. K. Luhrs, J. De Munck, W. Geurtsen, B. Van Meerbeek // *Dent. Mater.* – 2014. – Vol. 30, № 3. – P. 292–301.

421. Luo, S. Preparation of a Bis-GMA-Free Dental Resin System with Synthesized Fluorinated Dimethacrylate Monomers / S. Luo, W. Zhu, F. Liu, J. He // *Int. J. Mol Sci.* – 2016. – Vol. 17, № 12.

422. Ma, J. The effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine irrigants on the antibacterial activities of alkaline media against *Enterococcus faecalis* / J. Ma, Z. Tong, J., Ling [et al.] // *Arch. Oral Biol.* – 2015. – Vol. 60, № 7. – P. 1075–1081.

423. Macedo, R. G. Influence of refreshment/activation cycles and temperature rise on the reaction rate of sodium hypochlorite with bovine dentine during ultrasonic activated irrigation / R. G. Macedo, B. Verhaagen, P. R. Wesselink [et al.] // *Int. Endod. J.* – 2014. – Vol. 47, № 2. – P. 147–154.

424. Machado, F. P. Primary versus post-treatment apical periodontitis: microbial composition, lipopolysaccharides and lipoteichoic acid levels, signs and symptoms / F. P. Machado, R. D. Khoury, C. C. Toia [et al.] // *Clin. Oral Investig.* – 2020. – Vol. 24, № 9. – P. 3169–3179.

425. Mackenzie, L. The minimally invasive management of early occlusal caries: a practical guide / L. Mackenzie, A. Banerjee // *Prim Dent. J.* – 2014. – Vol. 3, № 2. – P. 34–41.

426. Maghaireh, G. A. Effect of Thickness on Light Transmission and Vickers Hardness of Five Bulk-fill Resin-based Composites Using Polywave and Single-peak Light-emitting Diode Curing Lights / G. A. Maghaireh, R. B. Price, N. Abdo [et al.] // *Oper. Dent.* – 2019. – Vol. 44, № 1. – P. 96–107.

427. Mahalaxmi, S. Evaluation of matrix metalloproteinase and cysteine cathepsin activity in dentin hybrid layer by gelatin zymography / S. Mahalaxmi, M. M. Madhubala, M. Jayaraman, S. Sathyakumar // *Indian J. Dent. Res.* – 2016. – Vol. 27, № 6. – P. 652–656.

428. Maia Filho, E. M. Correlation between the Periapical Index and Lesion Volume in Cone-beam Computed Tomography Images / E. M. Maia Filho, A. M. Calisto, R. R. De Jesus Tavares [et al.] // *Iran Endod. J.* – 2018. – Vol. 13, № 2. – P. 155–158.

429. Maktabi, H. Factors influencing success of radiant exposure in light-curing posterior dental composite in the clinical setting / H. Maktabi, A. A. Balhaddad, Q. Alkhubaizi [et al.] // *Am J. Dent.* – 2018. – Vol. 31, № 6. – P. 320–328.

430. Malkondu, O. A review on biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material / O. Malkondu, M. Karapinar Kazandag, E. Kazazoglu // *Biomed. Res. Int.* – 2014. – Vol. 2014. – P. 160951.

431. Manoil, D. A Systematic Review of the Root Canal Microbiota Associated with Apical Periodontitis: Lessons from Next-Generation Sequencing / D. Manoil, K. Al-Manei, G. N. Belibasakis // *Proteomics Clin. Appl.* – 2020. – Vol. 14, № 3. – P. e1900060.

432. Mantri, S. P. Management of shrinkage stresses in direct restorative light-cured composites: a review / S. P. Mantri, S. S. Mantri // *J. Esthet. Restor. Dent.* – 2013. – Vol. 25, № 5. – P. 305–313.

433. Maru, V. P. Caries Removal by Chemomechanical (Carisolv) vs. Rotary Drill: A Systematic Review / V. P. Maru, B. S. Shakuntala, C. Nagarathna // *Open Dent. J.* – 2015. – Vol. 9. – P. 462–472.

434. Mathur, R. Evaluation of Coronal Leakage Following Different Obturation Techniques and in-vitro Evaluation Using Methylene Blue Dye Preparation / R. Mathur, M. Sharma, D. Sharma [et al.] // *J. Clin. Diagn. Res.* – 2015. – Vol. 9, № 12. – P. ZC13–17.

435. Meereis, C. T. W. Polymerization shrinkage stress of resin-based dental materials: A systematic review and meta-analyses of composition strategies / C. T. W. Meereis, E. A. Munchow, W. L. de Oliveira da Rosa [et al.] // *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* – 2018. – Vol. 82. – P. 268–281.

436. Melo, M. A. Designing Multiagent Dental Materials for Enhanced Resistance to Biofilm Damage at the Bonded Interface / M. A. Melo, S. Orrego, M. D. Weir [et al.] // *ACS Appl. Mater. Interfaces.* – 2016. – Vol. 8, № 18. – P. 11779–11787.

437. Metalwala, Z. Rheological properties of contemporary nanohybrid dental resin composites: The influence of preheating / Z. Metalwala, K. Khoshroo, M. Rasouljanboroujeni [et al.] // *Polym. Test.* – 2018. – Vol. 72. – P. 157–163.

438. Miletic, V. Curing characteristics of flowable and sculptable bulk-fill composites / V. Miletic, P. Pongprueksa, J. De Munck [et al.] // Clin. Oral Investig. – 2017. – Vol. 21, № 4. – P. 1201–1212.

439. Modena, K. Dental Pulp Fibroblasts Response after Stimulation with HEMA and Adhesive System / K. Modena, A. M. Calvo, C. R. Sipert [et al.] // Braz. Dent. J. – 2018. – Vol. 29, № 5. – P. 419–426.

440. Mondelli, R. Influence of composite resins volume and C-factor on the shrinkage polymerization stress / R. Mondelli, M. Velo, R. Gonçalves [et al.] // Brazilian Dental Science. – 2016. – Vol. 19. – P. 72.

441. Montagner, A. F. MMP Inhibitors on Dentin Stability: A Systematic Review and Meta-analysis / A. F. Montagner, R. Sarkis-Onofre, T. Pereira-Cenci, M. S. Cenci // J. Dent. Res. – 2014. – Vol. 93, № 8. – P. 733–743.

442. Muana, H. L. Effect of smear layer removal agents on the microhardness and roughness of radicular dentin / H. L. Muana, M. Nassar, A. Dargham [et al.] // Saudi Dent. J. – 2021. – Vol. 33, № 7. – P. 661–665.

443. Munchow, E. A. Polymerization shrinkage stress of resin-based dental materials: A systematic review and meta-analyses of technique protocol and photo-activation strategies / E. A. Munchow, C. T. W. Meereis, W. L. de Oliveira da Rosa [et al.] // J. Mech. Behav. Biomed. Mater. – 2018. – Vol. 82. – P. 77–86.

444. Nahar, A. Comparative evaluation of post operative sensitivity in etch and rinse and self etch adhesives: A longitudinal study / A. Nahar, A. Gupta // International Dental Journal of Stu Dent. Research. – 2019. – Vol. 7. – P. 35–37.

445. Nanjannawar, L. G. Effects of a self-etching primer and 37% phosphoric acid etching on enamel: a scanning electron microscopic study / L. G. Nanjannawar, G. S. Nanjannawar // J. Contemp. Dent. Pract. – 2012. – Vol. 13, № 3. – P. 280–284.

446. Nantanee, R. Silver diamine fluoride and glass ionomer differentially remineralize early caries lesions, in situ / R. Nantanee, B. Santiwong, C. Trairatvorakul [et al.] // Clin. Oral Investig. – 2016. – Vol. 20, № 6. – P. 1151–1157.

447. Nawareg, M. M. Adhesive sealing of dentin surfaces in vitro: A review / M. M. Nawareg, A. Z. Zidan, J. Zhou [et al.] // *Am. J. Dent.* – 2015. – Vol. 28, № 6. – P. 321–332.
448. Nedeljkovic, I. Is secondary caries with composites a material-based problem? / I. Nedeljkovic, W. Teughels, J. De Munck [et al.] // *Dent. Mater.* – 2015. – Vol. 31, № 11. – P. e247–277.
449. Neelakantan, P. Antibiofilm activity of three irrigation protocols activated by ultrasonic, diode laser or Er:YAG laser in vitro / P. Neelakantan, C. Q. Cheng, R. Mohanraj [et al.] // *Int. Endod. J.* – 2015. – Vol. 48, № 6. – P. 602–610.
450. Neves, J. G. Synthesis and characterization of an experimental primer containing chitosan nanoparticles – Effect on the inactivation of metalloproteinases, antimicrobial activity and adhesive strength / J. G. Neves, P. D. Marcato, E. S. F. W. G., de Paula [et al.] // *Arch. Oral Biol.* – 2021. – Vol. 127. – P. 105–148.
451. Ng, Y. L. Viscoelastic and chemical properties of dentine after different exposure times to sodium hypochlorite, ethylenediaminetetraacetic acid and calcium hydroxide / Y. L. Ng, L. P. Reddington, A. Berman [et al.] // *Aust. Endod. J.* – 2020. – Vol. 46, № 2. – P. 234–243.
452. Nikolaev, A. I. Practical therapeutic dentistry. / A. I. Nikolaev, L. M. Tsepov. – 9 ed. – MEDpress-inform, 2014. – 340 p.
453. Nogawa, H. Effect of a self-etching primer and phosphoric acid etching on the bond strength of 4-META/MMA-TBB resin to human enamel / H. Nogawa, H., Koizumi O. Saiki [et al.] // *Dent. Mater. J.* – 2015. – Vol. 34, № 2. – P. 219–226.
454. Nowicka, A. Clinical and Histological Evaluation of Direct Pulp Capping on Human Pulp Tissue Using a Dentin Adhesive System / A. Nowicka, R. Lagocka, M. Lipski [et al.] // *Biomed. Res. Int.* – 2016. – Vol. 2016. – P. 2591273.
455. Nowicka, A. Pulpo-dentin complex response after direct capping with self-etch adhesive systems / A. Nowicka, M. Parafiniuk, M. Lipski [et al.] // *Folia Histochem. Cytobiol.* – 2012. – Vol. 50, № 4. – P. 565–573.
456. Nowicka, A. Tomographic Evaluation of Reparative Dentin Formation after Direct Pulp Capping with Ca(OH)₂, MTA, Biodentine, and Dentin Bonding System in

Human Teeth / A. Nowicka, G. Wilk, M. Lipski [et al.] // J. Endod. – 2015. – Vol. 41, № 8. – P. 1234–40.

457. Ntovas, P. Evidence provided for the use of oscillating instruments in restorative dentistry: A systematic review / P. Ntovas, S. Doukoudakis, J. Tzoutzas, P. Lagouvardos // Eur. J. Dent. – 2017. – Vol. 11, № 2. – P. 268–273.

458. Olabisi Arigbede, A. Relative biocompatibility of micro-hybrid and nano-hybrid light-activated composite resins / A. Olabisi Arigbede, B. Folasade Adeyemi, O. Femi-Akinlosotu // J. Dent. Res. Dent. Clin Dent. Prospects. – 2017. – Vol. 11, № 1. – P. 1–6.

459. Opdam, N. J. Longevity of posterior composite restorations: a systematic review and meta-analysis / N. J. Opdam, F. H. van de Sande, E. Bronkhorst [et al.] // J. Dent. Res. – 2014. – Vol. 93, № 10. – P. 943–949.

460. Orhan, K. Evaluation of artificial intelligence for detecting periapical pathosis on cone-beam computed tomography scans / K. Orhan, I. S. Bayrakdar, M. Ezhov [et al.] // Int. Endod. J. – 2020. – Vol. 53, № 5. – P. 680–689.

461. Ortigara, G. A. Micro-computed tomographic evaluation of smear layer and accumulated hard tissue debris removal / G. A. Ortigara, M. Prado, R. T., Lopes [et al.] // J. Conserv. Dent. – 2020. – Vol. 23, № 3. – P. 249–253.

462. Padovani, G. C. Advances in Dental Materials through Nanotechnology: Facts, Perspectives and Toxicological Aspects / G. C. Padovani, V. P. Feitosa, S. Sauro [et al.] // Trends Biotechnol. – 2015. – Vol. 33, № 11. – P. 621–636.

463. Pala, K. Flexural strength and microhardness of anterior composites after accelerated aging / K. Pala, N. Tekce, S. Tuncer [et al.] // J. Clin. Exp. Dent. – 2017. – Vol. 9, № 3. – P. e424–e430.

464. Palanivelu, C. R. An In Vitro Comparative Evaluation of Distribution of Three Different Sealers by Single-Cone Obturation Technique / C. R. Palanivelu, V. Ravi, A. A. Sivakumar [et al.] // J. Pharm. Bioallied. Sci. – 2019. – Vol. 11, Suppl. 2. – P. S438–S441.

465. Palasuk, J. Doxycycline-loaded nanotube-modified adhesives inhibit MMP in a dose-depen Dent. fashion / J. Palasuk, L. J. Windsor, J. A. Platt [et al.] // Clin. Oral Investig. – 2018. – Vol. 22, № 3. – P. 1243–1252.

466. Palazzi, F. Comparison of the surface tension of 5.25% sodium hypochlorite solution with three new sodium hypochlorite-based endodontic irrigants / F. Palazzi, M. Morra, Z. Mohammadi [et al.] // Int. J. – 2012. – Vol. 45, № 2. – P. 129–135.

467. Palazzi, F. Penetration of Sodium Hypochlorite Modified with Surfactants into Root Canal Dentin / F. Palazzi, A. Blasi, Z. Mohammadi [et al.] // Braz. Dent. J. – 2016. – Vol. 27, № 2. – P. 208–216.

468. Paleker, F. Comparison of Canal Transportation and Centering Ability of K-files, ProGlider File, and G-Files: A Micro-Computed Tomography Study of Curved Root Canals / F. Paleker, P. J. van der Vyver // J. Endod. – 2016. – Vol. 42, № 7. – P. 1105–1109.

469. Paleker, F. Glide Path Enlargement of Mandibular Molar Canals by Using K-files, the ProGlider File, and G-Files: A Comparative Study of the Preparation Times / F. Paleker, P. J. van der Vyver // J. Endod. – 2017. – Vol. 43, № 4. – P. 609–612.

470. Parthasarathy, A. Histological response of human pulps capped with calcium hydroxide and a self-etch adhesive containing an antibacterial component / A. Parthasarathy, S. B. Kamat, M. Kamat, K. H. Kidiyoor // J. Conserv Dent. – 2016. – Vol. 19, № 3. – P. 274–279.

471. Passi, S. What is a glide path? / S. Passi, N. Kaler, N. Passi // The Saint's International Dental Journal. – 2016. – Vol. 2, № 2. – P. 32–37.

472. Paul, B. Single visit apexification with MTA – report of two cases: a case report / B. Paul, K. Dube, A. Sharma, A. Shankaran // International Journal of Medical and Applied Sciences. – 2015. – Vol. 4, № 1. – P. 148–157.

473. Paula, A. J. Nanosized Building Blocks for Customizing Novel Antibiofilm Approaches / A. J. Paula, H. Koo // J. Dent. Res. – 2017. – Vol. 96, № 2. – P. 128–136.

474. Pereira Prado, V. Metaloproteinasas de la matriz extracelular (mmps) en Odontología / V. Pereira Prado, N. Asquino, D. Apellaniz [et al.] // Odontoestomatología. – 2016. – Vol. 18. – P. 20–29.

475. Pereira, J. R. Effect of thermocycling and varying polymerization techniques on the restorative interface of class V cavities restored with different composite resin systems / J. R. Pereira, L. C. Junior, M. V. So, N. F. Junior // J. Clin. Exp. Dent. – 2017. – Vol. 9, № 3. – P. e405–e409.

476. Pereira, R. Physical and photoelastic properties of bulk-fill and conventional composites / R. Pereira, M. C. C. Giorgi, R. B. E. Lins [et al.] // Clin. Cosmet. Investig. Dent. – 2018. – Vol. 10. – P. 287–296.

477. Perotti, S. Hypochlorite acci Dent. during wndodontic therapy with nerve damage – A case report / S. Perotti, P. Bin, R. Cecchi // Acta Biomed. – 2018. – Vol. 89, № 1. – P. 104–108.

478. Pessoa, J. I. In situ study of the gelatinase activity in demineralized dentin from rat molar teeth / J. I. Pessoa, G. N. Guimaraes, N. V. Viola [et al.] // Acta Histochem. – 2013. – Vol. 115, № 3. – P. 245–251.

479. Peterson, J. Bonding performance of self-adhesive flowable composites to enamel, dentin and a nano-hybrid composite / J. Peterson, M. Rizk, M. Hoch, A. Wiegand // Odontology. – 2018. – Vol. 106, № 2. – P. 171–180.

480. Pettini, F. Roughness Analysis on Composite Materials (Microfilled, Nano-filled and Silorane) After Different Finishing and Polishing Procedures / F. Pettini, M. Corsalini, M. G. Savino [et al.] // Open Dent. J. – 2015. – Vol. 9. – P. 357–367.

481. Phaneuf, M. Effect of anaerobic cure of self-etch adhesive on degree of conversion and shear bond strength / M. Phaneuf, A. Haimeur, R. Franca // Clin. Oral Investig. – 2019. – Vol. 23, № 5. – P. 2227–2233.

482. Pladisai, P. Effectiveness of Different Disinfection Protocols on the Reduction of Bacteria in Enterococcus faecalis Biofilm in Teeth with Large Root Canals / P. Pladisai, R. S. Ampornaramveth, P. Chivatxaranukul // J. Endod. – 2016. – Vol. 42, № 3. – P. 460–464.

483. Plotino, G. Influence of Negotiation, Glide Path, and Preflaring Procedures on Root Canal Shaping-Terminology, Basic Concepts, and a Systematic Review / G. Plotino, V. Nagendrababu, F. Bukiet [et al.] // J. Endod. – 2020. – Vol. 46, № 6. – P. 707–729.

484. Pradhan S. Microsurgical Repair of Root Defects – An Overview / S. Pradhan // Journal of Nepal Dental Association (JNDA). – 2013. – Vol. 13. – P. 95–104.

485. Prado, M. Scanning electron microscopic investigation of the effectiveness of phosphoric acid in smear layer removal when compared with EDTA and citric acid / M. Prado, H. Gusman, B. P. Gomes, R. A. Simao // J. Endod. – 2011. – Vol. 37, № 2. – P. 255–258.

486. Prajapati, S. Matrix metalloproteinase-20 mediates dental enamel biomineralization by preventing protein occlusion inside apatite crystals / S. Prajapati, J. Tao, Q. Ruan [et al.] // Biomaterials. – 2016. – Vol. 75. – P. 260–270.

487. Price, R. B. Light curing matters / R. B. Price // J. Adhes Dent. – 2012. – Vol. 14, № 6. – P. 503–504.

488. Price, R. B. Light-Curing Units: A Review of What We Need to Know / R. B. Price, J. L. Ferracane, A. C. Shortall // J. Dent. Res. – 2015. – Vol. 94, № 9. – P. 1179–1186.

489. Price, R. B. T. Light Curing in Dentistry / R. B. T. Price // Dent. Clin. North Am. – 2017. – Vol. 61, № 4. – P. 751–778.

490. Price, R. B. The light-curing unit: An essential piece of dental equipment / R. B. Price, J. L. Ferracane, R. Hickel, B. Sullivan // Int. Dent. J. – 2020. – Vol. 70, № 6. – P. 407–417.

491. Punjabi, M. Comparative evaluation of fracture resistance of root canals obturated with four different obturating systems / M. Punjabi, R. G. Dewan, R. Kochhar // J. Conserv. Dent. – 2017. – Vol. 20, № 6. – P. 445–450.

492. Qian, W. Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion / W. Qian, Y. Shen, M. Haapasalo // J. Endod. – 2011. – Vol. 37, № 10. – P. 1437–1441.

493. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing / R Core Team // Book R: A language and environment for statistical computing. / EditorR Foundation for Statistical Computing, 2022.

494. Rafael, C. F. Morphological Analysis of Dentin Surface after Conditioning with Two Different methods: Chemical and Mechanical / C. F. Rafael, V. Quinelato, C. S. Morsch [et al.] // *J. Contemp. Dent. Pract.* – 2016. – Vol. 17, № 1. – P. 58–62.

495. Raggio, D. P. Efficiency of different polyacrylic acid concentrations on the smear layer, after ART technique, by Scanning Electron Microscopy (SEM) / D. P. Raggio, F. G. Sonogo, L. B. Camargo [et al.] // *Eur. Arch. Paediatr. Dent.* – 2010. – Vol. 11, № 5. – P. 232–235.

496. Rai, B. Biomarkers of periodontitis in oral fluids / B. Rai, S. Kharb, R. Jain, S. C. Anand // *J. Oral Sci.* – 2008. – Vol. 50, № 1. – P. 53–56.

497. Ramezani Nik, I. Effect of Chlorhexidine and Ethanol on Microleakage of Composite Resin Restoration to Dentine / I. Ramezani Nik, E. Baradaran Naseri, S. Majidinia [et al.] // *Chin. J. Dent. Res.* – 2017. – Vol. 20, № 3. – P. 161–168.

498. Ramirez-Bommer, C. Estimated depth of apatite and collagen degradation in human dentine by sequential exposure to sodium hypochlorite and EDTA: a quantitative FTIR study / C. Ramirez-Bommer, K Gulabivala., Y. L. Ng, A. Young // *Int. Endod. J.* – 2018. – Vol. 51, № 4. – P. 469–478.

499. Ramos, J. C. 1-year In Vitro Evaluation of Tooth Discoloration Induced by 2 Calcium Silicate-based Cements / J. C. Ramos, P. J. Palma, R. Nascimento [et al.] // *J. Endod.* – 2016. – Vol. 42, № 9. – P. 1403–1407.

500. Randolph, L. D. Filler characteristics of modern dental resin composites and their influence on physico-mechanical properties / L. D. Randolph, W. M. Palin, G. Leloup, J. G. Leprince // *Dent. Mater.* – 2016. – Vol. 32, № 12. – P. 1586–1599.

501. Rasines Alcaraz, M. G. Direct composite resin fillings versus amalgam fillings for permanent or adult posterior teeth / M. G. Rasines Alcaraz, A. Veitz-Keenan, P. Sahrman [et al.] // *Cochrane Database Syst. Rev.* – 2014. № 3. – P. CD005620.

502. Rego, G. F. Antibiofilm properties of model composites containing quaternary ammonium methacrylates after surface texture modification / G. F. Rego, M. L. Vidal, G. M. Viana [et al.] // *Dent. Mater.* – 2017. – Vol. 33, № 10. – P. 1149–1156.

503. Reis, A. F. Efficiency of polymerization of bulk-fill composite resins: a systematic review / A. F. Reis, M. Vestphal, R. C. D., Amaral [et al.] // *Braz. Oral Res.* – 2017. – Vol. 31, Suppl. 1. – P. e59.

504. Ribeiro, B. C. Degree of conversion of nanofilled and microhybrid composite resins photo-activated by different generations of LEDs / B. C. Ribeiro, J. M. Boaventura, J. Brito-Goncalves [et al.] // *J. Appl. Oral Sci.* – 2012. – Vol. 20, № 2. – P. 212–217.

505. Rizzante, F. A. P. Polymerization shrinkage, microhardness and depth of cure of bulk fill resin composites / F. A. P. Rizzante, J. A. Duque, M. A. H. Duarte [et al.] // *Dent. Mater J.* – 2019. – Vol. 38, № 3. – P. 403–410.

506. Robertson, L. Degree of Conversion and Oxygen-Inhibited Layer Effect of Three Dental Adhesives / L. Robertson, M. Phaneuf, A. Haimeur [et al.] // *Dent. J. (Basel)*. – 2016. – Vol. 4, № 4.

507. Rodriguez-Sendra, J. Ultrasonic Monitoring of Dentin Demineralization / J. Rodriguez-Sendra, I. Torres, N. Jimenez [et al.] // *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control.* – 2021. – Vol. 68, № 3. – P. 570–578.

508. Rohr, N. Influence of Ambient Temperature and Light-curing Moment on Polymerization Shrinkage and Strength of Resin Composite Cements / N. Rohr, J. A. Muller, J. Fischer // *Oper. Dent.* – 2018. – Vol. 43, № 6. – P. 619–630.

509. Roopa, K. B. Effect of Whitening Dentifrice on Micro Hardness, Colour Stability and Surface Roughness of Aesthetic Restorative Materials / K. B. Roopa, N. Basappa, A. R. Prabhakar [et al.] // *J. Clin Diagn Res.* – 2016. – Vol. 10, № 3. – P. ZC06–11.

510. Rossi-Fedele, G. Antagonistic interactions between sodium hypochlorite, chlorhexidine, EDTA, and citric acid / G. Rossi-Fedele, E. J. Dogramaci, A. R. Guastalli [et al.] // *J. Endod.* – 2012. – Vol. 38, № 4. – P. 426–431.

511. Roy, K. K. A comparative evaluation of effect of modern-curing lights and curing modes on conventional and novel-resin monomers / K. K. Roy, K. P. Kumar, G. John [et al.] // *J. Conserv Dent.* – 2018. – Vol. 21, № 1. – P. 68–73.

512. Rullman, I. Determination of polymerization shrinkage of different composites using a photoelastic method / I. Rullman, M. Patyna, B. Janssen, B. Willershausen // *Am. J. Dent.* – 2017. – Vol. 30, № 1. – P. 16–22.

513. Ryou, H. Contributions of microstructure and chemical composition to the mechanical properties of dentin / H. Ryou, N. Amin, A. Ross [et al.] // *J. Mater. Sci. Mater. Med.* – 2011. – Vol. 22, № 5. – P. 1127–1135.

514. Sadeler, R. In vitro investigation of the effect of preheating, thermal cycling and different chewing environment temperatures on the wear of dental composite resins / R. Sadeler, A. Saeidi, S. Keles // *Materials Technology.* – 2021. – P. 1–17.

515. Saeed, M. Impact of Access Cavity Design on Fracture Resistance of Endodontically Treated Molars: A Systematic Review / M. Saeed, M. Al-Obadi, A. Salim [et al.] // *Clin. Cosmet. Investig. Dent.* – 2021. – Vol. 13. – P. 1–10.

516. Saffarpour, A. Effect of matrix metalloproteinase inhibitors on microtensile bond strength of dental composite restorations to dentin in use of an etch-and-rinse adhesive system / A. Saffarpour, S. Valizadeh, A. Amini [et al.] // *Clin. Exp. Dent. Res.* – 2020. – Vol. 6, № 6. – P. 686–692.

517. Saha, S. Comparative Evaluation of Propolis, Metronidazole with Chlorhexidine, Calcium Hydroxide and Curcuma Longa Extract as Intracanal Medicament Against *E.faecalis* – An Invitro Study / S. Saha, R. Nair, H. Asrani // *J. Clin Diagn Res.* – 2015. – Vol. 9, № 11. – P. ZC19–21.

518. Saha, S. G. Effectiveness of Various Endodontic Irrigants on the Micro-Hardness of the Root Canal Dentin: An in vitro Study / S. G. Saha, V. Sharma, A. Bharadwaj [et al.] // *J. Clin. Diagn. Res.* – 2017. – Vol. 11, № 4. – P. ZC01–ZC04.

519. Sai, K. Influence of Application Time and Etching Mode of Universal Adhesives on Enamel Adhesion / K. Sai, T. Takamizawa, A. Imai [et al.] // *J. Adhes. Dent.* – 2018. – Vol. 20, № 1. – P. 65–77.

520. Saikaew, P. Ultra-morphological characteristics of dentin surfaces after different preparations and treatments / P. Saikaew, M. Matsumoto, V. Sattabanasuk [et al.] // *Eur. J. Oral Sci.* – 2020. – Vol. 128, № 3. – P. 246–254.

521. Sainz-Pardo, M. Root canal penetration of a sodium hypochlorite mixture using sonic or ultrasonic activation / M. Sainz-Pardo, R. Estevez, O. V. Pablo [et al.] // *Braz. Dent. J.* – 2014. – Vol. 25, № 6. – P. 489–493.

522. Sambandam, V., Neelakantan P. Matrix metalloproteinases (mmp) in restorative dentistry and endodontics / V. Sambandam, P. Neelakantan // *J. Clin. Pediatr. Dent.* – 2014. – Vol. 39, № 1. – P. 57–59.

523. Sampaio, C. S. Effect of Shortened Light-Curing Modes on Bulk-Fill Resin Composites / C. S. Sampaio, P. G. Pizarro, P. J. Atria [et al.] // *Oper. Dent.* – 2020. – Vol. 45, № 5. – P. 496–505.

524. Saoud, T. M. A. Regeneration and Repair in Endodontics-A Special Issue of the Regenerative Endodontics – A New Era in Clinical Endodontics / T. M. A. Saoud, D. Ricucci, L. M. Lin, P. Gaengler // *Dent. J. (Basel)*. – 2016. – Vol. 4, № 1.

525. Saoud, T. M. Regenerative Endodontic Procedures for Traumatized Teeth after Horizontal Root Fracture, Avulsion, and Perforating Root Resorption / T. M. Saoud, S. Mistry, B. Kahler [et al.] // *J. Endod.* – 2016. – Vol. 42, № 10. – P. 1476–1482.

526. Saoud, T. M. Treatment of Mature Permanent Teeth with Necrotic Pulps and Apical Periodontitis Using Regenerative Endodontic Procedures: A Case Series / T. M. Saoud, G. Martin, Y. H. Chen [et al.] // *J. Endod.* – 2016. – Vol. 42, № 1. – P. 57–65.

527. Sarikaya, I. Effects of different polishing techniques on the surface roughness of dental porcelains / I. Sarikaya, A. U. Guler // *J. Appl. Oral Sci.* – 2010. – Vol. 18, № 1. – P. 10–16.

528. Satterthwaite, J. D. Effect of resin-composite filler particle size and shape on shrinkage-stress / J. D. Satterthwaite, A. Maisuria, K. Vogel, D. C. Watts // *Dent. Mater.* – 2012. – Vol. 28, № 6. – P. 609–614.

529. Schuhbaeck, A. Coronary calcium scoring from contrast coronary CT angiography using a semiautomated standardized method / A. Schuhbaeck, Y. Otaki, S. Achenbach [et al.] // *J. Cardiovasc Comput Tomogr.* – 2015. – Vol. 9, № 5. – P. 446–453.

530. Schwantz, J. K. Characterization of Bis-Acryl Composite Resins for Provisional Restorations / J. K. Schwantz, A. Oliveira-Ogliari, C. T. Meereis [et al.] // *Braz. Dent. J.* – 2017. – Vol. 28, № 3. – P. 354–361.

531. Schwendicke, F. Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges / F. Schwendicke, W. Samek, J. Krois // J. Dent. Res. – 2020. – Vol. 99, № 7. – P. 769–774.
532. Sculean, A. Biomaterials for promoting periodontal regeneration in human intrabony defects: a systematic review / A. Sculean, D. Nikolidakis, G. Nikou [et al.] // Periodontol 2000. – 2015. – Vol. 68, № 1. – P. 182–216.
533. Selem, L. C. Quality of obturation achieved by a non-gutta-percha-based root filling system in single-rooted canals / L. C. Selem, G. H. Li, L. N. Niu [et al.] // J. Endod. – 2014. – Vol. 40, № 12. – P. 2003–2008.
534. Semikozov, O. V. A clinical view on self-etching adhesives / O. V. Semikozov // Problems of dentistry. – 2010. – Vol. 4.
535. Setzer, F. C. Artificial Intelligence for the Computer-aided Detection of Periapical Lesions in Cone-beam Computed Tomographic Images / F. C. Setzer, K. J. Shi, Z. Zhang [et al.] // J. Endod. – 2020. – Vol. 46, № 7. – P. 987–993.
536. Shaalan, O. O. Clinical evaluation of flowable resin composite versus conventional resin composite in carious and noncarious lesions: Systematic review and meta-analysis / O. O. Shaalan, E. Abou-Auf, A. F. El Zoghby // J. Conserv Dent. – 2017. – Vol. 20, № 6. – P. 380–385.
537. Shafiei, F. Micromorphology and bond strength evaluation of adhesive interface of a self-adhering flowable composite resin-dentin: Effect of surface treatment / F. Shafiei, M. Saadat // Microsc. Res. Tech. – 2016. – Vol. 79, № 5. – P. 403–407.
538. Sharma, V. Endodontic management of nonvital permanent teeth having immature roots with one step apexification, using mineral trioxide aggregate apical plug and autogenous platelet-rich fibrin membrane as an internal matrix: Case series / V. Sharma, S. Sharma, P. Dudeja, S. Grover // Contemp. Clin. Dent. – 2016. – Vol. 7, № 1. – P. 67–70.
539. Sheets, J. L. The effect of phosphoric acid pre-etching and thermocycling on self-etching adhesive enamel bonding / J. L. Sheets, C. W. Wilcox, W. W. Barkmeier, M. E. Nunn // J. Prosthet. Dent. – 2012. – Vol. 107, № 2. – P. 102–108.

540. Sher, B. M. The Photobiomodulation Effect of 940nm Laser Irradiation on Enterococcus faecalis in Human Root Dentin Slices of Varying Thicknesses / B. M. Sher, R. Mulder, N. Gutknecht // J. Lasers Med. Sci. – 2021. – Vol. 12. – P. e48.

541. Shimokawa, C. Effect of Curing Light and Exposure Time on the Polymerization of Bulk-Fill Resin-Based Composites in Molar Teeth / C Shimokawa., M. L. Turbino, M. Giannini [et al.] // Oper Dent. – 2020. – Vol. 45, № 3. – P. E141–E155.

542. Shirokova, D. S. The analysis of research methods and results on resistance of nickel-titanium endodontic instruments to torsion load: the systematic review / D. S. Shirokova, Z. S. Khabadze, D. V. Voskresenskaya [et al.] // Эндодонтия Today. – 2021. – Vol. 19, № 4. – P. 320–325.

543. Siagian, J. S. Effect of Different LED Light-curing Units on Degree of Conversion and Microhardness of Bulk-fill Composite Resin / J. S. Siagian, D. Dennis, T. Ikhsan, T. Abidin // J. Contemp. Dent. Pract. – 2020. – Vol. 21, № 6. – P. 615–620.

544. Siqueira, J. F. Jr. Causes and management of post-treatment apical periodontitis / J. F. Siqueira, Jr., I. N. Rocas, D. Ricucci, M. Hulsmann // Br. Dent. J. – 2014. – Vol. 216, № 6. – P. 305–312.

545. Sofan, E. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type / E. Sofan, A. Sofan, G. Palaia [et al.] // Ann. Stomatol. (Roma). – 2017. – Vol. 8, № 1. – P. 1–17.

546. Sokhi, R. R. Effect of Calcium Hydroxide Based Intracanal Medicaments on the Apical Sealing Ability of Resin Based Sealer and Guttapercha Obturated Root Canals / R. R. Sokhi, M. V. Sumanthini, V. U. Shenoy, M. A. Bodhwani // J. Clin. Diagn. Res. – 2017. – Vol. 11, № 1. – P. ZC75–ZC79.

547. Son, S. A. How light attenuation and filler content affect the microhardness and polymerization shrinkage and translucency of bulk-fill composites? / S. A. Son, J. K. Park, D. G. Seo [et al.] // Clin. Oral Investig. – 2017. – Vol. 21, № 2. – P. 559–565.

548. Song, F. Effects of Material Properties on Bacterial Adhesion and Biofilm Formation / F. Song, H. Koo, D. Ren // J. Dent. Res. – 2015. – Vol. 94, № 8. – P. 1027–1034.

549. Song, H. B. Reduced shrinkage stress via photo-initiated copper(I)-catalyzed cycloaddition polymerizations of azide-alkyne resins / H. B. Song, N. Sowan, P. K. Shah [et al.] // *Dent. Mater.* – 2016. – Vol. 32, № 11. – P. 1332–1342.

550. Souror, Y. Minimal invasive treatment of carious pits and fissures: preventive measures / Y. Souror, A. Elmarakby, A. Waly, A. Abdalghany // *International Journal of Dentistry and Oral Health.* – 2017. – Vol. 3. – P. 59–63.

551. Sowan, N. Dynamic covalent chemistry (DCC) in dental restorative materials: Implementation of a DCC-based adaptive interface (AI) at the resin-filler interface for improved performance / N. Sowan, A. Dobson, M. Podgorski, C. N. Bowman // *Dent. Mater.* – 2020. – Vol. 36, № 1. – P. 53–59.

552. Srinivasan, R. Evaluation of smear layer removal from ultrasonically prepared retrocavities by three agents / R. Srinivasan, G. S. Ashwathappa, P. Junjanna [et al.] // *J. Conserv. Dent.* – 2014. – Vol. 17, № 4. – P. 330–334.

553. Stencel, R. Properties of Experimental Dental Composites Containing Antibacterial Silver-Releasing Filler / R. Stencel, J. Kasperski, W. Pakiela [et al.] // *Materials (Basel).* – 2018. – Vol. 11, № 6.

554. Stencel, R. Properties of Experimental Dental Composites Containing Antibacterial Silver-Releasing Filler. *Materials* 2018, 11, 1031 / R. Stencel, J. Kasperski, W. Pakiela [et al.] // *Materials (Basel).* – 2018. – Vol. 11, № 11.

555. Stewart, C. A. Biostable, antidegradative and antimicrobial restorative systems based on host-biomaterials and microbial interactions / C. A. Stewart, Y. Finer // *Dent. Mater.* – 2019. – Vol. 35, № 1. – P. 36–52.

556. Suliman, A. A. Training and experience effect on light-curing efficiency by dental practitioners / A. A. Suliman, A. A. Abdo, H. A. Elmasmari // *J. Dent. Educ.* – 2020. – Vol. 84, № 6. – P. 652–659.

557. Sun, S. The effects of 2-hydroxyethyl methacrylate on matrix metalloproteinases 2 and 9 in human pulp cells and odontoblast-like cells in vitro / S. Sun, G. L. Wang, Y. Huang [et al.] // *Int. Endod. J.* – 2018. – Vol. 51, Suppl 2. – P. e157–e166.

558. Sutil, B. Dentin pretreatment and adhesive temperature as affecting factors on bond strength of a universal adhesive system / B. Sutil, A. H. Susin // *J. Appl. Oral Sci.* – 2017. – Vol. 25, № 5. – P. 533–540.

559. Suzuki, M. Histological evaluation of direct pulp capping of rat pulp with experimentally developed low-viscosity adhesives containing reparative dentin-promoting agents / M. Suzuki, Y. Taira, C. Kato [et al.] // *J. Dent.* – 2016. – Vol. 44. – P. 27–36.

560. Tan, M. H. Comparing the Air Abrasion Cutting Efficacy of Dentine Using a Fluoride-Containing Bioactive Glass versus an Alumina Abrasive: An In Vitro Study / M. H. Tan, R. G. Hill, P. Anderson // *Int. J. Dent.* – 2015. – Vol. 2015. – P. 521901.

561. Taneja, S. Comparative evaluation of human pulp tissue dissolution by different concentrations of chlorine dioxide, calcium hypochlorite and sodium hypochlorite: An in vitro study / S. Taneja, N. Mishra, S. Malik // *J. Conserv Dent.* – 2014. – Vol. 17, № 6. – P. 541–545.

562. Tartari, T. Analysis of the effects of several decalcifying agents alone and in combination with sodium hypochlorite on the chemical composition of dentine / T. Tartari, L. Bachmann, R. F. Zancan [et al.] // *Int. Endod. J.* – 2018. – Vol. 51, Suppl. 1. – P. e42–e54.

563. Tartari, T. Tissue dissolution and modifications in dentin composition by different sodium hypochlorite concentrations / T. Tartari, L., Bachmann A. G. Maliza [et al.] // *J. Appl. Oral Sci.* – 2016. – Vol. 24, № 3. – P. 291–298.

564. Taschieri, S. Microbial invasion of dentinal tubules: a literature review and a new perspective / S. Taschieri, M. Del Fabbro, L. Samaranayake [et al.] // *J. Investig Clin Dent.* – 2014. – Vol. 5, № 3. – P. 163–170.

565. Tatikonda, A. Evaluation of Bacteriological Profile in the Apical Root Segment of the Patients with Primary Apical Periodontitis / A. Tatikonda, N. Sudheep, K. P. Biswas [et al.] // *J. Contemp Dent. Pract.* – 2017. – Vol. 18, № 1. – P. 44–48.

566. Tirone, F. Response of periodontium to mineral trioxide aggregate and Bio-dentine: a pilot histological study on humans / F. Tirone, S. Salzano, A. Piattelli [et al.] // *Aust. Dent. J.* – 2018. – Vol. 63, № 2. – P. 231–241.

567. Tjaderhane, L. Optimizing dentin bond durability: control of collagen degradation by matrix metalloproteinases and cysteine cathepsins / L. Tjaderhane, F. D. Nascimento, L. Breschi [et al.] // *Dent. Mater.* – 2013. – Vol. 29, № 1. – P. 116–135.

568. Tomaselli, L. O. Influence of Pre-Heating Regular Resin Composites and Flowable Composites on Luting Ceramic Veneers with Different Thicknesses / L. O. Tomaselli, D. Oliveira, J. Favarao [et al.] // *Braz. Dent. J.* – 2019. – Vol. 30, № 5. – P. 459–466.

569. Tsai, M. T. Early detection of enamel demineralization by optical coherence tomography / M. T. Tsai, Y. L. Wang, T. W. Yeh [et al.] // *Sci. Rep.* – 2019. – Vol. 9, № 1. – P. 17154.

570. Tsujimoto, A. Influence of the Oxygen-inhibited Layer on Bonding Performance of Dental Adhesive Systems: Surface Free Energy Perspectives / A. Tsujimoto, W. W. Barkmeier, T. Takamizawa [et al.] // *J. Adhes. Dent.* – 2016. – Vol. 18, № 1. – P. 51–58.

571. Tsujimoto, A. Mechanical properties, volumetric shrinkage and depth of cure of short fiber-reinforced resin composite / A. Tsujimoto, W. W. Barkmeier, T. Takamizawa [et al.] // *Dent. Mater J.* – 2016. – Vol. 35, № 3. – P. 418–424.

572. Tsujimoto, A. The Effect of Phosphoric Acid Pre-etching Times on Bonding Performance and Surface Free Energy with Single-step Self-etch Adhesives / A. Tsujimoto, W. W. Barkmeier, T. Takamizawa [et al.] // *Oper. Dent.* – 2016. – Vol. 41, № 4. – P. 441–449.

573. Tufenkci, P. Intraoperative Pain During Glide Path Creation with the Use of a Rotary or Reciprocating System / P. Tufenkci, M. Adıguzel, K. Yılmaz // *Cumhuriyet. Dental. Journal.* – 2019. – Vol. 22. – P. 66–73.

574. Tziafas, D. Dentine-pulp tissue engineering in miniature swine teeth by set calcium silicate containing bioactive molecules / D. Tziafas, K. Kodonas, C. Gogos [et al.] // *Arch. Oral Biol.* – 2017. – Vol. 73. – P. 230–236.

575. Tziafas, D. Preparation Prerequisites for Effective Irrigation of Apical Root Canal: A Critical Review / D. Tziafas, D. Alraeesi, R. Al Hormoodi [et al.] // *J. Clin Exp Dent.* – 2017. – Vol. 9, № 10. – P. e1256–e1263.

576. Ueta, H. Influence of an oxygen-inhibited layer on enamel bonding of dental adhesive systems: surface free-energy perspectives / H. Ueta, A. Tsujimoto, W. W. Barkmeier [et al.] // *Eur. J. Oral Sci.* – 2016. – Vol. 124, № 1. – P. 82–88.

577. Van Dijken, J. W. Posterior bulk-filled resin composite restorations: A 5-year randomized controlled clinical study / J. W. van Dijken, U. Pallesen // *J. Dent.* – 2016. – Vol. 51. – P. 29–35.

578. Van Ende, A. Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature / A. Van Ende, J. De Munck, D. P. Lise, B. Van Meerbeek // *J. Adhes Dent.* – 2017. – Vol. 19, № 2. – P. 95–109.

579. Van Ende, A. Strain development in bulk-filled cavities of different depths characterized using a non-destructive acoustic emission approach / A. Van Ende, D. P. Lise, J. De Munck [et al.] // *Dent. Mater.* – 2017. – Vol. 33, № 4. – P. e165–e177.

580. Vergauwen, T. E. Investigation of Coronal Leakage of Root Fillings after Smear Layer Removal with EDTA or Er,Cr:YSGG Laser through Capillary Flow Porometry / T. E. Vergauwen, R. Michiels, D. Torbeyns [et al.] // *Int. J. Dent.* – 2014. – Vol. 2014. – P. 593160.

581. Vieira, A. R. Pragmatic Study Shows Failure of Dental Composite Fillings Is Genetically Determined: A Contribution to the Discussion on Dental Amalgams / A. R. Vieira, M. B. Silva, K. K. A. Souza [et al.] // *Front Med. (Lausanne)*. – 2017. – Vol. 4. – P. 186.

582. Vieira-Filho, W. Bond strength and chemical interaction of self-adhesive resin cements according to the dentin region / W. Vieira-Filho, R. Alonso, A. González [et al.] // *International Journal of Adhesion and Adhesives*. – 2017. – Vol. 73. – P. 22–27.

583. Vishwanath, V. Gutta-percha in endodontics – A comprehensive review of material science / V. Vishwanath, H. M. Rao // *J. Conserv Dent.* – 2019. – Vol. 22, № 3. – P. 216–222.

584. Vladimirova, M. D. Matrix metalloproteinases of the tooth / M. D. Vladimirova, S. A. Veselkov // *Scientific journal "Stu. Dent. forum"*. – 2019. – Vol. 26, № 770. – P. 13–15.

585. Vozza, I. Pediatric patients tolerance: a comparative study about using of Er:YAG laser and self-adhesive flowable composite for treatment of primary decayed teeth / I. Vozza, D. Mari, E. Pacifici. [et al.] // *Ann. Stomatol. (Roma)*. – 2016. – Vol. 7, № 1–2. – P. 24–28.

586. Wagle, S. Endodontic glide path: A review / S. Wagle, M. U. Azeez // *Endodontic glide path: A review*. – 2017. – Vol. 5, № 13–6.

587. Wang, C. Effects of regional enamel and prism orientations on bovine enamel bond strength and cohesive strength / C. Wang, Y. Ou, L. Zhang [et al.] // *Eur J. Oral Sci.* – 2018. – Vol. 126, № 4. – P. 334–342.

588. Wang, J. Incorporation of antibacterial agent derived deep eutectic solvent into an active dental composite / J. Wang, X. Dong, Q. Yu [et al.] // *Dent. Mater.* – 2017. – Vol. 33, № 12. – P. 1445–1455.

589. Wang, Z. H. Outcomes of Endodontic Microsurgery Using a Microscope and Mineral Trioxide Aggregate: A Prospective Cohort Study / Z. H. Wang, M. M. Zhang, J. Wang [et al.] // *J. Endod.* – 2017. – Vol. 43, № 5. – P. 694–698.

590. Wong, A. W. A systematic review of nonsurgical single-visit versus multiple-visit endodontic treatment / A. W. Wong, C. Zhang, C. H. Chu // *Clin Cosmet Investig Dent.* – 2014. – Vol. 6. – P. 45–56.

591. Wong, D. T. Extension of bactericidal effect of sodium hypochlorite into dentinal tubules / D. T. Wong, G. S. Cheung // *J. Endod.* – 2014. – Vol. 40, № 6. – P. 825–829.

592. Xie, S. X. Antimicrobial Peptide-Polymer Conjugates for Dentistry / S. X. Xie, L. Song, E. Yuca [et al.] // *ACS Appl. Polym Mater.* – 2020. – Vol. 2, № 3. – P. 1134–1144.

593. Xue, J. [Effect of preheating on the properties of resin composite] / J. Xue, B. N. Yang // *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. – 2019. – Vol. 37, № 6. – P. 571–576.

594. Xue, J. [Factors influencing clinical application of bulk-fill composite resin] / J. Xue // *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. – 2020. – Vol. 38, № 3. – P. 233–239.

595. Yamauchi, S. High-Performance Dental Adhesives Containing an Ether-Based Monomer / S. Yamauchi, X. Wang, H. Egusa, J. Sun // *J. Dent. Res.* – 2020. – Vol. 99, № 2. – P. 189–195.

596. Yang, Y. Evaluation of the Susceptibility of Multispecies Biofilms in Dentinal Tubules to Disinfecting Solutions / Y. Yang, Y. Shen, Z. Wang [et al.] // *J. Endod.* – 2016. – Vol. 42, № 8. – P. 1246–1250.

597. Yilmaz, A. In vitro comparison of gutta-percha-filled area percentages in root canals instrumented and obturated with different techniques / A. Yilmaz, I. Karagoz-Kucukay // *J. Istanbul Univ. Fac. Dent.* – 2017. – Vol. 51, № 2. – P. 37–42.

598. Yokes, C. A. Comparative Evaluation of the Depth of Cure and Degree of Conversion of Two Bulk Fill Flowable Composites / C. A. Yokes, P. Hemalatha, M. Muthalagu, M. R. Justin // *J. Clin. Diagn. Res.* – 2017. – Vol. 11, № 8. – P. ZC86–ZC89.

599. Yon, M. J. Y. Medical Model in Caries Management / M. J. Y. Yon, S. S. Gao, K. J. Chen [et al.] // *Dent. J. (Basel)*. – 2019. – Vol. 7, № 2.

600. Zapparoli, D. Effect of sodium hypochlorite and EDTA irrigation, individually and in alternation, on dentin microhardness at the furcation area of mandibular molars / D. Zapparoli, P. C. Saquy, A. M. Cruz-Filho // *Braz. Dent. J.* – 2012. – Vol. 23, № 6. – P. 654–658.

601. Zemouri, C. A scoping review on bio-aerosols in healthcare and the dental environment / C. Zemouri, H. de Soet, W. Crielaard, A. Laheij // *PLoS One*. – 2017. – Vol. 12, № 5. – P. e0178007.

602. Zhu, J. J. Acid etching of human enamel in clinical applications: a systematic review / J. J. Zhu, A. T. Tang, J. P. Matinlinna, U. Hagg // *J. Prosthet Dent.* – 2014. – Vol. 112, № 2. – P. 122–135.

603. Zietek, M. Comparative analysis and mutual relations between marginal periodontitis and periapical lesions – Literature review / M. Zietek, I. Skrzypczyk, M. Szulc // *J. Oral Maxillofac. Surg.* – 2015. – Vol. 52. – P. 265–268.