

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ДРУЖБЫ НАРОДОВ ИМЕНИ ПАТРИСА ЛУМУМБЫ»

На правах рукописи



Таптун Юлия Александровна

**Экспериментальное исследование влияния протокола механической и
медикаментозной обработки корневого канала на микротвердость корневого
дентина**

3.1.7. Стоматология

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

кандидат медицинских наук, доцент

Макеева Мария Константиновна

Москва – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	14
1.1 Методы определения микротвердости, применяемые в медицинских исследованиях.....	14
1.2 Осложнения, возникающие после эндодонтического лечения	15
1.3 Исследования, посвященные параметрам микротвердости интактных зубов.....	16
1.4 Влияние формы сечения корневого канала и механической обработки на микротвердость корневого дентина	17
1.5 Влияние различных ирригантов на прочностные характеристики корневого дентина	21
1.6 Влияние методов активации ирригантов на микротвердость корневого дентина	28
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	37
2.1 Анкетирование врачей-стоматологов	39
2.2 Оценка микротвердости и модуля упругости корневого дентина удаленных зубов.....	40
2.2.1 Подготовка экспериментальных образцов	40
2.2.2 Лабораторное исследование образцов	47
2.3 Статистическая обработка данных.....	54
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	56
3.1 Результаты анкетирования врачей-стоматологов.....	56
3.2 Результаты комплексной посегментной оценки микротвердости и модуля упругости корневого дентина эндодонтически необработанных зубов	64
3.2.1 Результаты сравнения средних значений каждой из третьей корня необработанных зубов	64
3.2.2 Результаты сравнения средних значений всех одноименных сегментов необработанных зубов	65

3.2.3 Результаты сравнения средних значений разноименных сегментов необработанных зубов в пределах одной трети корня.....	66
3.2.4 Результаты сравнения средних значений одноименных сегментов различных третей корня необработанных зубов	71
3.2.5 Обобщенные результаты комплексной посегментной оценки микротвердости и модуля упругости необработанных зубов	73
3.3 Результаты исследования влияния способа применения ирригационного раствора в корневых каналах зубов, механически обработанных до конусности 06, на изменение микротвердости и модуля упругости корневого дентина.....	75
3.3.1 Вновь образованные градиенты, не присущие эталону, образцов группы 1 «Без активации» с конусностью 06	76
3.3.2 Градиенты, идентичные эталону, образцов группы 1 «Без активации» с конусностью 06.....	78
3.3.3 Вновь образованные градиенты, не присущие эталону, образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 06	80
3.3.4 Градиенты, идентичные эталону, образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 06	82
3.3.5 Вновь образованные градиенты, не присущие эталону, образцов группы 3 «Ультразвуковая активация» с конусностью 06	84
3.3.6 Градиенты, идентичные эталону, образцов группы 3 «Ультразвуковая активация» с конусностью 06	85
3.4 Результаты исследования влияния способа применения ирригационного раствора в корневых каналах зубов, механически обработанных до конусности 08, на изменение микротвердости и модуля упругости корневого дентина.....	87
3.4.1 Градиенты образцов группы 1 «Без активации» с конусностью 08, не присущие эталону, и аналогичные образцам с конусностью 06 данной группы ...	88
3.4.2 Градиенты, идентичные эталону, образцов группы 1 «Без активации» с конусностью 08.....	89
3.4.3 Градиенты образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 08, не присущие эталону, и аналогичные образцам с конусностью 06 данной группы ...	90

3.4.4 Градиенты образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 08, идентичные эталону	91
3.4.5 Градиенты образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 08, не присущие эталону и отличные от образцов данной группы с конусностью 06	91
3.4.6 Градиенты образцов группы 3 «Ультразвуковая активация» с конусностью 08, не присущие эталону, и аналогичные образцам данной группы с конусностью 06.....	94
3.4.7 Градиенты, идентичные эталону, образцов группы 3 «Ультразвуковая активация» с конусностью 08	95
3.5 Результаты сравнения образцов, обработанных до конусности 06, образцов, обработанных до конусности 08, а также необработанных зубов	97
ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	102
4.1 Обсуждение результатов анкетирования врачей-стоматологов	102
4.2 Обсуждение результатов экспериментального исследования необработанных зубов	111
4.3 Обсуждение результатов экспериментального исследования эндодонтически обработанных зубов	115
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	123
ВЫВОДЫ	126
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	128
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	129
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	130
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Анкета «Влияние эндодонтического лечения на микротвердость корневого дентина».....	156

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Одним из компонентов успешного эндодонтического лечения является прочность коронкового и корневого дентина (Антонова О.А. и соавт., 2024; Волошина И.М. и соавт., 2024) [7, 69]. Механическая и медикаментозная обработка корневого канала необходима для качественной дезинфекции и последующей obturации (Тхазаплизева М.Т. и соавт., 2024) [2]. Однако, по данным многочисленных источников литературы, обработка канала имеет в том числе и негативное влияние, а именно: приводит к уменьшению прочности корневого дентина как за счет уменьшения его толщины, так и за счет химического воздействия (Barbosa A. F. A. и соавт., 2024; Arul V. и соавт., 2021) [150, 169]. В исследованиях Tavanafar S. и соавт. (2015) [130] была выявлена значительная разница значений микротвердости корневого дентина в зависимости от степени расширения корневого канала.

По данным Tang W. и соавт. (2010) [192] переломы зубов после эндодонтического лечения могут возникать из-за потери структуры зуба в процессе таких процедур как подготовка эндодонтического доступа, механическая обработка и ирригация корневого канала, а также постэндодонтическая реставрация коронковой части зуба. Основополагающим фактором предотвращения возникновения переломов зуба в процессе эндодонтического лечения является сохранение микротвердости корневого дентина. В литературе представлены исследования *in vitro*, посвященные микротвердости корневого дентина, направленные на обоснование подходов к профилактике ослабления корня зуба и его переломов (Новак Н.В., 2021), Corbella S. и соавт., 2025) [60, 202].

Известно, что на показатель прочности корня зуба влияет не только микротвердость, но и модуль упругости. Так, одной из функций корня зуба является передача жевательных нагрузок на кость челюсти, в связи с чем, как

отмечено в исследовании Загорского В.А. и соавт. (2014) [35], его можно представить системой, подверженной разнонаправленным сжатиям и растяжениям. Стабильное функционирование такой системы возможно при сбалансированном соотношении твердости и упругости.

Таким образом, для оценки влияния эндодонтической обработки на изменение прочности корня зуба целесообразно исследовать не только микротвердость, но и модуль упругости. При этом интерес представляют не столько абсолютные значения этих параметров, как соотношения между ними, изменение этих соотношений позволит оценить вклад того или иного метода эндодонтической обработки канала в изменение прочности корня зуба.

Степень разработанности темы исследования

Измерить параметры микротвердости и модуля упругости корневого дентина, так же как определить протокол, который минимально изменяет данные параметры, возможно только в условиях эксперимента. Опубликовано большое количество исследований о влиянии различных методик механической обработки корневого канала, ирригантов и методов их активации на микротвердость корня зуба. Дизайны экспериментальных исследований значительно различаются. По принципам оценки результатов большую часть таких исследований можно подразделить на три группы. К первой группе относятся исследования, в которых у одной и той же группы образцов микротвердость измеряют до обработки, затем после обработки, после чего сравнивают эти измерения (Kara Tuncer A и соавт., 2015) [171]. Проблемой применения данных, полученных таким образом, является то, что можно провести оценку только ирригационного раствора, но не метода его активации и не метода механической обработки, а, кроме того, ирригационный раствор подается на уже разрезанный и отполированный образец, что тоже не приближает полученные данные к клинической практике.

Ко второй группе можно отнести исследования, где обработанные образцы сравнивают с контрольной группой необработанных зубов, примером может послужить работа Parashar V. и соавт. (2020) [138]. Преимуществом является возможность провести полноценную механическую и медикаментозную обработку канала, в том числе с активацией ирриганта. Недостатком является тот факт, что прямое сопоставление значений микротвердости обработанных зубов и зубов контрольной группы не всегда точно. Так, микротвердость зуба неодинакова в различных частях корня, в зубах различных групп, а также у людей молодого и пожилого возраста, и даже наличие диабета может иметь влияние на микротвердость корневого дентина (Saghiri M.A. и соавт. 2022) [125].

К третьей группе относятся исследования, которые позволяют получать наиболее показательные на настоящий момент результаты. В таких исследованиях также присутствует контрольная группа из необработанных зубов и исследуемые группы различных методик обработки канала, но для сопоставления берут не значения напрямую, а разницу между ними (El-Vanna и соавт. 2023) [152]. Так в контрольной группе корень делят на три трети и замеряют разницу микротвердости между ними, зачастую достоверной разницы не получают. Затем измеряют микротвердость в трех третях зубов исследуемой группы, и сопоставляют между собой, при наличии статистически достоверной разницы делают вывод об изменении микротвердости под влиянием той или иной обработки корневого канала. Определенным недостатком таких исследований является сопоставление средних значений микротвердости образцов, тогда как микротвердость неодинакова в различных частях корня.

Экспериментальное обоснование применения тех или иных алгоритмов механической и медикаментозной обработки корневого канала с точки зрения изменения соотношений параметров микротвердости и модуля упругости корневого дентина является актуальным вопросом современной стоматологии.

Цель и задачи исследования

Цель исследования:

Экспериментальное обоснование применения алгоритмов механической и медикаментозной обработки корневого канала в зависимости от изменения параметров микротвердости и модуля упругости корневого дентина.

Задачи исследования:

1. На основании анкетирования оценить осведомленность практикующих врачей о влиянии различных способов механической и медикаментозной обработки корневых каналов зубов на изменение свойств дентина корня зуба.

2. На основании комплексной посегментной оценки корневого дентина эндодонтически необработанных зубов определить эталонный градиент микротвердости и модуля упругости в вертикальном и горизонтальном направлении.

3. Изучить влияние способа применения ирригационного раствора в корневых каналах зубов, механически обработанных до конусности 06, на изменение микротвердости и модуля упругости корневого дентина.

4. Изучить влияние способа применения ирригационного раствора в корневых каналах зубов, механически обработанных до конусности 08, на изменение микротвердости и модуля упругости корневого дентина.

Научная новизна

1. Впервые проведена комплексная посегментная оценка микротвердости и модуля упругости корневого дентина эндодонтически обработанных и необработанных зубов, в том числе выявлено, что у необработанных зубов микротвердость в сегментах у канала увеличивается от устьевой трети к апикальной, а у обработанных – уменьшается.

2. Впервые выявлен градиент микротвердости и модуля упругости корневого дентина эндодонтически необработанных зубов в вертикальном и горизонтальном направлениях, в том числе выявлено, что наибольшей микротвердостью обладает апикальная треть корня.

3. Впервые в эксперименте изучено влияние способа применения ирригационного раствора в корневых каналах зубов, механически обработанных до конусности 06, на изменение микротвердости и модуля упругости корневого дентина.

4. Впервые в эксперименте изучено влияние способа применения ирригационного раствора в корневых каналах зубов, механически обработанных до конусности 08, на изменение микротвердости и модуля упругости корневого дентина.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в получении новых данных относительно микротвердости и модуля упругости эндодонтически необработанных зубов и имеет фундаментальную направленность, так как выявлен и описан эталонный градиент указанных параметров корня зуба в вертикальном и горизонтальном направлениях. Эти данные расширяют представления о взаимном распределении механических параметров в толще корня зуба, а также позволяют использовать их в качестве отправной точки для сравнения в будущих исследованиях. При обработке корневого канала до конусности 06 в сочетании, как со звуковой, так и с ультразвуковой ирригацией снижение микротвердости и модуля упругости происходит достоверно меньше, по сравнению с обработкой канала до конусности 08.

Практическая значимость заключается в том, что оптимальное сочетание конусности и метода активации ирригационного раствора позволяет минимально изменять микротвердость и модуль упругости корневого дентина, а именно при

расширении корневого канала до высоких значений конусности предпочтительно использовать пассивную ультразвуковую активацию ирригационного раствора. Использование этого подхода может повысить эффективность эндодонтического лечения за счет минимального изменения микротвердости и модуля упругости корня зуба.

Методология и методы исследования

Проведено анкетирование 78 врачей-стоматологов для определения осведомленности о влиянии различных способов механической и медикаментозной обработки корневых каналов зубов на изменение свойств дентина корня зуба. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с принципами доказательной медицины. Объектом исследования были 74 постоянных премоляра, удаленные по ортодонтическим показаниям у пациентов обоих полов старше 30-ти лет, не леченые ранее эндодонтически, без наследственных нарушений твердых тканей зуба и минерального обмена, при этом важным аспектом было отсутствие у пациентов сахарного диабета и эндодонто-пародонтальных поражений. Предметом исследования была комплексная посегментная оценка параметров микротвердости и модуля упругости корневого дентина эндодонтически обработанных и необработанных зубов и зубов в вертикальном и горизонтальном направлении. Исследование проводили методом индентирования в твердомере с применением индентора Берковича. После измерений с помощью программного обеспечения были получены показатели микротвердости и модуля упругости, средние значения которых сопоставляли для различных третей, а также сегментов корня.

Внедрение результатов исследования

Результаты, полученные при выполнении научной работы внедрены в учебный процесс кафедры терапевтической стоматологии Медицинского

института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» при преподавании дисциплин «Эндодонтия» студентов третьего курса, обучающихся по программе «Стоматология».

Положения, выносимые на защиту

1. В эндодонтически необработанных зубах в вертикальном направлении микротвердость корневого дентина увеличивается от устьевой трети к апикальной, а модуль упругости уменьшается от устьевой трети корня к средней, а затем увеличивается к апикальной трети корня. В горизонтальном направлении во всех участках корня зуба микротвердость и модуль упругости от сегмента у канала к сегменту середины увеличиваются, а от середины к наружному краю снижаются.

2. Оптимизация сочетания конусности обработки корневого канала и способа применения ирригационного раствора позволяет минимально изменять микротвердость и модуль упругости корневого дентина.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов диссертационной работы определяется достаточным количеством образцов (74 зуба), а также опрошенных врачей-стоматологов (78 чел.) Группы формировали в соответствии с критериями включения и невключения, использовали современные лабораторные и статистические методы.

Результаты доложены на следующих научно-практических конференциях:

– Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых, посвященная юбилею сотрудничества медицинского института РУДН и Ташкентского государственного стоматологического института «Современная концепция стоматологической действительности», Москва, 05.04.2023.

– The 1st Congress of the International Society for Clinical Physiology and Pathology (ISCPP2023) / I Конгресс Международного общества клинической физиологии и патологии (ISCPP2023), Москва, 14.10.2023.

– The 2nd Congress of the International Society for Clinical Physiology and Pathology (ISCPP2024) / II Конгресс Международного общества клинической физиологии и патологии (ISCPP2024), Москва, 14.05.2024.

– Межвузовская научно-практическая конференция с международным участием «Актуальные вопросы стоматологии», Москва, 06.11.2025.

Апробация проведена на кафедральном заседании кафедры терапевтической стоматологии Медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», протокол № 0300-41-БУП-7 от 25 марта 2025 г.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует паспорту специальности 3.1.7. Стоматология (медицинские науки), области исследования согласно п. 1. Изучение этиологии, патогенеза, эпидемиологии, методов профилактики, диагностики и лечения поражений твердых тканей зубов (кариес и др.), их осложнений, п. 8. Экспериментальные исследования по изучению этиологии, патогенеза, лечения и профилактики основных стоматологических заболеваний. Соответствие содержания диссертационной работы специальности 3.1.7. Стоматология (медицинские науки) подтверждается апробацией работы, ее научной новизной и практической полезностью.

Личный вклад автора

Личный вклад автора в диссертационное исследование состоит в подборе тематических литературных источников, анализе и обобщении материалов. Автор

принимала участие в составлении дизайна исследования, а также провела анкетирование 78 врачей-стоматологов, подготовку образцов для исследования из 74 зубов различными методами механической и медикаментозной обработки. Автор участвовала в статистической обработке результатов исследования, вела необходимую документацию, готовила статьи и тезисы к публикации, выступала с докладами основных результатов диссертационного исследования на конференциях.

Публикации по теме диссертации

По результатам диссертационной работы опубликовано восемь научных работ, из них три статьи в изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus, три – иные статьи, две публикации – в сборниках материалов научных конференций с международным участием.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 159 страницах, состоит из введения, четырех глав (обзор литературы, материалы и методы исследования, результаты собственных исследований, обсуждение результатов исследования), заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы, списка сокращений и условных обозначений. Список литературы включает 207 источников, в том числе 104 русскоязычных источника и 103 англоязычных источника. Диссертация иллюстрирована 41 рисунком, содержит 32 таблицы.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Методы определения микротвердости, применяемые в медицинских исследованиях

Под твердостью понимают свойство материала оказывать сопротивление при местных контактных воздействиях пластической деформации или хрупкому разрушению в поверхностном слое при определенных условиях испытания. Твердость определяют, как свойство материалов сопротивляться вдавливанию [91]. Иными словами твердость — это способность тела противодействовать проникновению в него других тел (В. А. Загорский, И. М. Макеева, В.В. Загорский, 2014) [34].

Существует несколько видов твердости: склерометрическая (твердость при царапании), абразивная (твердость при сошлифовывании) и твердость при вдавливании (микротвердость) [70].

В медицине применяются следующие методы определения твердости: метод Виккерса (определение микротвердости твердых тканей, где требуются более точные расчеты и на исследуемый объект воздействуют минимальными нагрузками (от 0,02 до 10 Н), при этом поверхность исследуемого материала не повреждается и не разрушается; микротвердость определяется при помощи вдавливания индентора - алмазной пирамиды с квадратным основанием), метод Кнупа (идентичный с предыдущим методом, только индентором выступает алмазная пирамида с ромбовидным основанием) [84] и метод Оливера-Фарра (используется алмазная трехгранная пирамида Берковича, позволяет определить твердость по кривым индентирования до максимальной нагрузки с определенным шагом по величине) [84].

1.2 Осложнения, возникающие после эндодонтического лечения

Наиболее часто встречающиеся осложнения, возникающие после проведения эндодонтического лечения, – это возникновение вертикальной трещины корня.

По результатам опроса врачей-стоматологов в 34,5% клинических случаев диагностируется вертикальная трещина корня и в 100% случаев - после проведенного эндодонтического лечения [9, 49, 74]. Как правило, это осложнение связывают с неправильной механической обработкой корневых каналов в процессе эндодонтического лечения.

Из литературных данных известно, что образование трещины обнаруживается при воздействии силы, которая действует изнутри на стенки корневого канала, причем по экспериментальным данным выявлено, что эта сила распределяется равномерно и в каждой точке приложения перпендикулярна поверхности [101].

В исследовании Новак Н.В. (2021) [61] выявлено, что вертикальные трещины корня возникают в результате чрезмерного истончения стенок корня при эндодонтическом лечении и последующем применении внутриканальных штифтовых конструкций, а также отклонения от оси корневого канала в процессе препарирования корня.

В исследовании А.А. Копытова (2010) [46] отмечено, что ортопедические конструкции, в частности, укрепление несъемного протеза, при помощи элементов, расположенных внутриканально, изменяет прочностные характеристики опорных зубов.

При анализе источников литературы по вопросу важности сохранения микротвердости корневого дентина в процессе эндодонтической обработки для снижения рисков осложнений, было выявлено, что в исследовании Онопа Е. Н. и соавт. (2008) [62] самым распространенным осложнением после проведенного эндодонтического лечения и последующего ортопедического лечения – являлось возникновение перфораций. В работе Бердиевой Р.Р. и соавт. (2020) [12] выявлено,

что проведенное эндодонтическое лечение с сохранением дентина корня зуба снижает риск возникновения перфораций и улучшает долгосрочный прогноз зуба в случае повторного эндодонтического лечения. В исследованиях Реутова А.С. и соавт. (2023) [74] и Patel S. и соавт. (2022) [179] выявлено, что значительное снижение микротвердости корневого дентина может привести к вертикальной трещине корня. В исследовании Массарского И.Г. и соавт. (2015) [42] выяснено, что микротвердость корневого дентина необходимо сохранять для снижения риска возникновения вертикальной трещины корня и для улучшения прогноза зуба при повторном проведении эндодонтического лечения. В работе Ковецкой Е. Е. и соавт. (2015) [44] определено, что от сохранения микротвердости корневого дентина напрямую зависит успех повторного эндодонтического лечения.

1.3 Исследования, посвященные параметрам микротвердости интактных зубов

Для оценки механических свойств твердых тканей зуба в стоматологии наиболее часто применяется метод Виккерса. Были установлены некоторые статистические данные микротвердости дентина в продольном и поперечном направлении: в продольном направлении - $460,7 \pm 18,2$ HV, в поперечном направлении - $565,8 \pm 32,8$ HV (минимальное значение - 100 HV; максимальное значение - 1050 HV) (В. А. Загорский, И. М. Макеева, В. В. Загорский, 2014) [35] по данным аналогичных исследований других ученых, было выявлено, что микротвердость дентина интактного зуба человека варьирует в пределах 600-800 МПа - этот показатель твердых тканей зуба занимает промежуточное положение между эмалью зуба и цементом корня, так как эмаль интактного зуба имеет значение микротвердости 3000-4250 МПа (наибольшее) а цемент - 450-550 МПа (наименьшее) (Н.В. Новак., Н.А. Байтус, 2016) [59].

В работе Andrejovská J. и соавт. (2022) [162] было проведено исследование по измерению твердости и модуля упругости дентина корня, в результате было

выявлено, что средние значения твёрдости и модуля упругости дентина в наружной области, составляют $0,71 \pm 0,05$ и $21,27 \pm 0,76$ ГПа, а во внутренней области — $0,65 \pm 0,06$ и $19,79 \pm 0,93$ ГПа, соответственно.

Также важным аспектом является то, что микротвёрдость интактных зубов гораздо выше, чем микротвёрдость депульпированных зубов, соответственно, после депульпирования происходит снижение среднего значения по всем зонам твёрдости по сравнению с интактным зубом [76, 100, 161].

При сравнении микротвёрдости корневого дентина зубов пожилых пациентов и зубов пациентов среднего возраста, существенных различий не было выявлено, однако корневой дентин в зубах пожилых пациентов в большей степени являлся склерозированным (показатели микротвёрдости Виккерс нормальный дентин: $H_v = (0,71 \pm 0,05)$ ГПа, а склерозированный дентин: $H_v = (0,86 \pm 0,10)$ ГПа [58, 92].

Из данных литературы видно, что цифры, получаемые исследователями при определении микротвёрдости корневого дентина, разнятся. Это связано с различными единицами выражения, различными методиками, также очень важным параметром является величина нагрузки, которую прикладывали к образцу при проведении измерений. Следует помнить, что прямое сопоставление цифр из различных исследований ошибочно, так как достоверно сопоставимыми являются только цифры, полученные при приложении идентичной нагрузки, что необходимо учитывать при анализе и сравнении данных из различных исследований.

1.4 Влияние формы сечения корневого канала и механической обработки на микротвёрдость корневого дентина

Механические свойства корневого дентина не одинаковы в различных участках корня и направлениях, что отмечено в исследовании Brauer D. S. и соавт. (2011) [177]. При проведении исследований по влиянию механической обработки корневого канала на прочностные характеристики корня зуба, у авторов -

исследователей возникали некоторые сложности, а именно: невозможно взять в расчет присутствие микродефектов на поверхности корневого канала, образующихся в процессе механической обработки, сложности стандартизации образцов, так как нестандартное расположение корневого канала (отклонение от центрального сечения корневого канала) и возможность изгибов - определяют сложность обеспечения одинаковой нагрузки инструмента для разных исследуемых зубов. В связи с этим в ранних исследованиях Alsaady A.A. и соавт. (2012) [110] не было выявлено влияния механического расширения корневого канала на микротвердость и прочность корневого дентина.

Также было выявлено, что на возникновение трещин влияет форма канала корня- зубы с круглой формой поперечного сечения достоверно более устойчивы к воздействию вертикальной давящей нагрузки, чем зубы с овальной формой [19, 36, 64]. После этого последовало исследование Tavanafar S. и соавт. (2015) [130] премоляры нижней челюсти, которые в большинстве случаев имели овальное сечение канала, подвергались механической обработке, при этом все методы инструментальной обработки приводили к ослаблению структуры корней и делали их более хрупкими при меньшей нагрузке, чем необработанные образцы.

На сегодняшний день врачами-стоматологами используется множество систем файлов для эндодонтической обработки корневых каналов: ручные инструменты, инструменты с возвратно-поступательным и непрерывным движением в канале, инструменты с постоянной и переменной конусностью.

Многочисленные исследования освещают вопрос о том, какими инструментами более безопасно проводить механическую обработку корневых каналов, какую конусность инструментов считать более безопасной для корневого дентина и какой максимальный размер инструмента можно использовать в корневом канале, не создавая риска возникновения вертикальной трещины корня и ленточной перфорации.

Были проанализированы источники литературы по видам инструментов, типам вращения, степени расширения корневых каналов и влияние этих факторов на микротвердость корневого дентина.

Bier SA. и соавт. (2009) [193] и Данилова Д. В. И соавт. (2021) [66] выявили, что дефекты (трещины и борозды) не были обнаружены в необработанных корнях, а также в корнях, подготовленных ручными файлами и S-AreX. При подготовке ProTaper, ProFile и GT Rotary файлом дефекты дентина были обнаружены в 16%, 8% и 4% зубов, соответственно.

По результатам исследования Рединовой Т. Л. и соавт. (2022) [99] было выявлено, что инструменты с возвратно-поступательным движением, как правило, удаляли больше дентина, чем инструменты с непрерывным вращением, кроме того, инструменты с возвратно-поступательным движением вызывают больше дефектов корневой стенки дентина, чем инструменты с непрерывным вращением.

В работах Kim HC. и соавт. (2010) [184] и Девятниковой В. Г. и соавт. (2020) [29] отмечено, что роторные инструменты с повышенной конусностью провоцируют повышенную нагрузку на стенки корневого канала.

В исследовании Ashwinkumar V. и соавт. (2014) [141] было выявлено, что ротационные файлы ProTaper были связаны с появлением значительно большего количества микротрещин на поверхности стенки корневого канала, по сравнению с ручными файлами ProTaper и возвратно-поступательными файлами WaveOne, а ручные K-файлы Ni-Ti не образовали микротрещин ни на одном уровне внутри корневых каналов.

В лабораторных условиях эксперименты Li XG, Wang Q. (2015) [174] показали, что влияние на устойчивость корня к перелому не имеет статистической разницы при использовании ротационных инструментов из никель-титана и ручных инструментов из нержавеющей стали.

Tavanafar S. и соавт. (2015) [130] отметили, что все три метода обработки корневого канала (H-файл (n=30), ротационный файл BioRaCe (n=30) и файл возвратно-поступательной системы WaveOne (n=30) привели к ослаблению структуры корней и сделали их восприимчивыми к перелому при меньшей нагрузке, чем необработанные корни. Сопротивление разрушению корней, подготовленных с помощью системы WaveOne было аналогично сопротивлению корням, подготовленным с помощью ручных и ротационных инструментов NiTi.

В исследовании Макеевой И. М. и соавт. (2016) [101] выявлено, что с расширением корневых каналов до $1/2$ диаметра корня образование вертикальной трещины происходит при достоверно меньшей нагрузке, по сравнению с зубами, корневые каналы которых расширены до $1/3$ диаметра.

Nassar S. и соавт. (2022) [118] выявили, что зубы, обработанные ручными файлами NiTi, обладают наибольшей устойчивостью к разрушению по сравнению со всеми машинными системами, при этом наиболее устойчивыми к разрушению оказались корни, обработанные файлами TruNatomy, по сравнению с файлами ProTaper Next, ProTaper Gold и WaveOne.

По результатам опросов исследователей установлены наиболее часто используемые системы: ProTaper Universal, ProTaper Gold и Mtwo [7, 8, 41]. Примечательно то, что все роторные инструменты снижают микротвердость корневого дентина тем, что создают микротрещины и борозды в дентинном слое, а также удаляют дентин корня зуба. В ранних исследованиях замечено, что наравне с ручными инструментами, S-Апекс файлы (вращающиеся NiTi инструменты с обратной конусностью) не повреждали корневой дентин в процессе обработки, а инструменты с возвратно-поступательным движением, как правило, удаляли больше дентина, чем инструменты с непрерывным вращением [55].

Также немаловажно, что роторные инструменты с повышенной конусностью провоцируют повышенную нагрузку на стенки корневого канала и в свою очередь, увеличивается риск осложнений в процессе лечения. Среди ротационных и возвратно-поступательных инструментов наиболее устойчивыми к разрушению оказались корни, обработанные файлами TRN (TruNatomy), а с расширением корневых каналов до $1/2$ диаметра корня образование вертикальной трещины наиболее прогнозируемо, чем расширение до $1/3$ диаметра [55, 118].

1.5 Влияние различных ирригантов на прочностные характеристики корневого дентина

Медикаментозная ирригация - один из важнейших этапов лечения эндодонта. Известны следующие цели ирригации корневых каналов: качественное удаление бактерий в корневом канале на всем протяжении, в том числе, в области разветвлений (латеральных анастомозов, дельтах), удаление биопленки, удаление смазанного слоя, детрита, продуктов распада.

Наиболее часто используемые ирригационные растворы в эндодонтической практике — это гипохлорит натрия (Sodiumhypochlorite 3-5%), хлоргексидина биглюконат (Solution Chlorhexidinibigluconatis 2%) и ЭДТА 17% (этилендиаминтетрауксусная кислота 17%).

Исследование источников литературы по теме влияния ирригационных растворов на микротвердость корневого дентина началось с работы Patil С. и соавт. (2011) [180], в котором изучалось влияние 5% и 2,5% раствора NaOCl, 3% H₂O₂, 17% раствор ЭДТА, 0,2% хлоргексидина, и дистиллированная вода. Результаты этого исследования очень важны для изучения и оставляют много вопросов: все ирригационные растворы, за исключением 0,2% хлоргексидина, снижали микротвердость корневого дентина, а 3% H₂O₂ и 0,2% хлоргексидина биглюконата не влияли на шероховатость поверхности. Исходя из этих данных, учеными сделан вывод, что 0,2%-ный раствор хлоргексидина, по-видимому, является подходящим ирригационным раствором из-за отсутствия негативного воздействия на микротвердость и шероховатость поверхности дентина корневого канала.

Но как известно, 0,2 % р-р хлоргексидина не обладает достаточной антибактериальной активностью для удаления биопленки, и он не удаляет смазанный слой.

При изучении влияния хлоргексидина биглюконата 2% на устойчивость к переломам корней, ученые пришли к выводу, что ирригация хлоргексидином биглюконатом 2% после ирригации ЭДТА / NaOCl увеличивала устойчивость к

возникновению вертикальной трещины корня в зубах, пломбированных АН Plus, что объясняется несколькими факторами : 2%-ый хлоргексидин улучшает проникновение и прочность сцепления АН Plus и смачиваемость дентина за счет увеличения поверхностной энергии и уменьшения угла смачивания [31, 37]; образование ковалентных связей между эпоксидными кольцами АН Plus и обнаженными аминогруппами в коллагеновой структуре дентина определяет прочность связи АН Plus с дентином [63].

Исследование Aslantas E. и соавт. (2013) [132] подтверждает ранее изложенные выводы о том, что все ирригационные растворы - гипохлорит натрия, ЭДТА и 2% хлоргексидин биглюконат снижают микротвердость корневого дентина.

В исследовании Geogi C.C и соавт. (2024) [105] проводили сравнительную оценку нескольких ирригационных растворов - физиологический раствор, 3%-ый гипохлорит натрия, 2%-ый хлоргексидин, 5%-ый гипохлорит натрия и 0,2%-ый нанохитозан. В результате проведенного исследования было выявлено, что 5%-ый гипохлорит натрия и 0,2%-ый нанохитозан наиболее негативно влияет на показатели микротвердости корневого дентина. Но все ирригационные растворы, представленные в публикации, снижают микротвердость корневого дентина.

В исследовании Elika V. и соавт. (2021) [117] изучали влияние на микротвердость корневого дентина раствора, состоящего из 18 % этидроновой кислоты и 5 % NaOCl, 0,005%-ый раствор Трифала, по сравнению с классическими эндодонтическими растворами (гипохлорит натрия 5% и ЭДТА 17%). В состав раствора Трифала входят травы: харитаки, бибхитаки и амла. В результате было выявлено, что использование Трифала и раствора, состоящего из 18 % этидроновой кислоты и 5 % NaOCl, оказывает минимальное влияние на микротвердость дентина корневого канала после обработки, по сравнению с 5% NaOCl и 17% ЭДТА.

В следующей проанализированной публикации подтвердили, что все ирригационные растворы (гипохлорит натрия, ЭДТА), а также лимонная кислота, растительные ирриганты, гликолевая кислота, фитиновая кислота, значительно снижали микротвердость корневого дентина [131].

Очередное исследование было посвящено сравнению ирригантов на основе растительных компонентов и гипохлорита натрия на микротвердость корневого дентина. В результате было выявлено, что наименьшее снижение микротвердости наблюдалось у 12,5 %-ного раствора граната, за которой следуют 6,25%-ный раствор амлы и гипохлорит натрия [134].

В исследовании Gu LS. и соавт. (2017) [187] выявлено, что взаимодействие минерализованного дентина с раствором NaOCl способствует проникновению ЭДТА, что затем приводит к растворению апатита. После применения NaOCl, ЭДТА растворяет разреженный остаточный минеральный слой коллагена, который необратимо разрушается NaOCl, а также обнажает подлежащий дентин.

В исследованиях по сравнению изменения микротвердости дентина и прочности на изгиб после эндодонтической обработки зубов у молодых пациентов (до 28 лет) и у пациентов старшего возраста (от 62 лет) было выявлено, что значения микротвердости дентина в зубах молодых пациентов были значительно ниже, чем в образцах зубов возрастных пациентов, как при измерении до, так и после обработки [45, 54, 56]. Значительное снижение значений микротвердости наблюдалось в образцах зубов возрастных пациентов, обработанных 2,5%-ным NaOCl отдельно или в сочетании с 5%-ной ЭДТА и 15%-ной ЭДТА, а что касается прочности на изгиб: значения прочности на изгиб в контрольных образцах молодых пациентов были статистически выше, чем в контрольных образцах возрастных пациентов; обработка 2,5%-ным NaOCl + 5%-ной ЭДТА и 2,5%-ным NaOCl + 15%-ной ЭДТА привела к значительному снижению значений прочности на изгиб именно в молодых образцах [77, 78].

В исследовании по сравнению влияния 1%-ной пероксиуксусной кислоты, 2,5%-ного гипохлорита натрия и 2,5%-ного гипохлорита натрия в сочетании с 17%-ной ЭДТА на показатели микротвердости, шероховатость дентина корня и возникновение эрозий дентина корня, было выявлено, что пероксиуксусная кислота снижала показатели микротвердости и шероховатости корневого дентина, но не вызывала эрозий корневого дентина [172, 182].

В исследовании Lixuan Wu и соавт. (2021) [139] было отмечено, что показатели микротвердости дентина после 1,5%-ного гипохлорита натрия значительно выше показателей микротвердости после 1,5%-ного гипохлорита натрия и 17%-ной ЭДТА.

В исследовании F. Vosaid и соавт. (2020) [190] изучали влияние хелатирующих растворов на микротвердость корневого дентина и прочность на изгиб. В результате было выявлено, что применение 1,5%-ного раствора NaOCl в течение 5 минут не повлияло на содержание минералов или микротвёрдость дентина, но при этом значительно снизилось количество коллагена дентина, что было аналогично применению хелатирующих агентов (ЭДТА и 10%-ного раствора лимонной к-ты) и, соответственно, показало наименьшую прочность на изгиб. Влияние ЭДТА на содержание неорганических веществ не зависело от концентрации и времени воздействия, в сравнении с раствором лимонной к-ты, которая значительно снизила содержание неорганических веществ, а что касается микротвердости — и ЭДТА и 10%-ная лимонная к-та значительно снизили показания микротвердости [190].

В исследовании Sayin TC. и соавт. (2007) [196] отмечено, что использование только ЭДТА или ЭДТА в сочетании с NaOCl привело к максимальному снижению микротвердости дентина корня.

Zhang K и соавт. (2010) [197] выявили, что поверхностное разрушающее действие NaOCl на минерализованный дентин необратимо и присутствует независимо от того, используется ли впоследствии ЭДТА в качестве последнего активного ирриганта. ЭДТА удаляет апатитовую фазу, обедненную коллагеном, которая морфологически воспринимается как эрозия стенки канала.

В исследовании Baldasso F.E.R. и соавт (2017) [134] было выявлено, что при ирригации 10%-ной лимонной кислотой были обнаружены изменения неорганического состава дентина, а растворы QMiX и 1%-ная перекись уксусной кислоты с последующим добавлением 2,5% NaOCl показали лучшие свойства, чем другие тестируемые хелатирующие агенты, сохранив органические и неорганические компоненты корневого дентина человека.

В исследовании по теме влияния некоторых растворов на микротвердость дентина, а именно QMiX (содержит в составе аналог хлоргексидина, триклозан и ЭДТА), 17% ЭДТА, 10% лимонной кислоты, 1% перекись уксусной кислоты, 2,5% -ый раствор гипохлорита натрия, результатом было то, что QMiX и 17%-ный раствор ЭДТА снижают микротвёрдость дентина на большей глубине [111].

В исследовании Nazar E и соавт. (2025) было выявлено, что этидроновая к-та, смешанная с гипохлоритом натрия и используемая в качестве постоянного хелатирующего ирриганта, оказывала наименьшее негативное воздействие на микротвердость и структуру корневого дентина [163].

Гипохлорит натрия даже в концентрации 0,5% значительно снижал микротвердость корневого дентина, а предположительная нейтрализация остатков гипохлорита натрия в корневом канале с помощью 5%-ного тиосульфата натрия не предотвратила этот негативный эффект [198].

В исследовании Bhatia S и соавт. (2022) [120] проводился анализ влияния ирригационных растворов, а именно 1-5%-ный раствор гипохлорита натрия, 17%-ный раствор ЭДТА, 1%-ный раствор фитиновой кислоты и 10%-ный раствор лимонной кислоты на шероховатость поверхности дентина корня и количество минеральных компонентов (кальция и фосфора). В результате было выявлено, что количество кальция и фосфора значительно снизилось при обработке фитиновой и лимонной кислотой по сравнению с другими группами растворов, а шероховатость поверхности увеличивалась при воздействии всех кислот. Эти результаты показывают, что использование сильных хелатирующих агентов, таких как фитиновая кислота или лимонная кислота, влияет на свойства поверхности дентина. Удаление кальция и повышение шероховатости изменяют такие свойства, как проницаемость и микротвердость, соответственно эти эффекты следует учитывать при ирригации во время обработки корневых каналов, так как повышение шероховатости поверхности, вызванное этими средствами, может принести клиническую пользу, улучшая адгезию пломбировочных материалов для корневых каналов к поверхности дентина [38, 79, 81, 93].

Lima Nogueira В. М. и соавт. (2018) выявили, что при использовании в качестве иригационного протокола 2,5% NaOCl + 17% ЭДТА + 2,5% NaOCl и 2,5% NaOCl + 17% ЭДТА+0,9% NaCl наблюдалась значительная потеря минералов и изменение соотношения Ca/P [147].

В исследовании Хабадзе З.С. и соавт. (2020) было выявлено, что увеличение времени экспозиции и концентрации гипохлорита натрия приводит к сочетанной потере минеральных компонентов корневого дентина и его микротвердости, прочности на изгиб, упругости [1].

По влиянию иригационных растворов на основе растительных экстрактов в исследовании Philip P. M. и соавт (2021) [146] был сделан вывод, что растительные ириганты оказывают наименьшее воздействие на микротвердость корневого дентина по сравнению с обычными иригантами, но прочность на изгиб была в равной степени снижена как обычными, так и травяными иригантами.

Исследование по влиянию иригантов на основе наночастиц показало, что иригационные растворы, содержащие наночастицы амидазолия серебра и оксида цинка значительно повысили микротвердость дентина корня. Однако использование наночастиц стандартного серебра привело к снижению микротвердости [198].

В исследованиях по сравнению ЭДТА 17% и 5%-ной фульвовой кислоты, полученной из углеводов, были получены данные, что 5%-ный раствор фульвовой кислоты может быть многообещающим финальным иригантом для удаления смазанного слоя с меньшим снижением микротвердости дентина корня по сравнению с 17%-ным ЭДТА [73, 88, 197].

В следующем исследовании изучалось влияние иригационных растворов - ЭДТА, цитрата серебра и наночастиц хитозана на механические характеристики дентина корня. В результатах исследования представлено, что наночастицы хитозана обеспечили наибольшую прочность на изгиб и модуль упругости дентина корневого канала по сравнению с ЭДТА и новым цитратом серебра [142].

В исследовании по влиянию иригационных растворов: этидроновой кислоты, хитозана, ЭДТА и цитрата серебра на количество минеральных

компонентов в корневом дентине при их использовании, было выявлено, что 9%-ная этидроновая кислота вызвала наименьшие изменения в минеральном составе дентина корневого канала по сравнению с 0,2%-ным хитозаном, 17%-ной ЭДТА и цитратом серебра. Это позволяет предположить, что этидроновая кислота может быть предпочтительным выбором при эндодонтических процедурах, когда желательно минимальное изменение минерального состава дентина [120].

В исследовании по сравнению воздействия хелатообразующих агентов (17% ЭДТА, BioAkt, 10% лимонная кислота и 40% лимонная кислота) на микротвердость корневого дентина, было отмечено, что все представленные растворы значительно снижают микротвердость корневого дентина [196].

В исследовании El Vanna, Ahme и соавт. (2023) было выявлено, что 2,5%-ный раствор фитиновой кислоты и 18%-ный раствор этидроновой кислоты не показали существенного вредного влияния ни на прочность на изгиб, ни на поверхностную микротвердость радикулярного дентина, а 17%-ная ЭДТА продемонстрировала значительное снижение прочности на изгиб и микротвердости радикулярного дентина [152].

Еще одна кислота, которая используется в качестве ирриганта - гликолевая к-та (10%, 17% и 25%). Она стала предметом исследований из-за меньшей цитотоксичности, чем ЭДТА, по результатам исследования Matheus A. Souza и соавт. (2021) [124] было выявлено, что 10%-ная гликолевая кислота снижала микротвердость корневого дентина в меньшей степени, чем 17%-ная ЭДТА [124].

Однако, при исследовании источников литературы по поводу гликолевой к-ты и ее влияния на микротвердость корневого дентина выяснилось, что требуются дополнительные исследования, чтобы иметь однозначные основания для применения альтернативного раствора вместо ЭДТА, а именно исследовать рН гликолевой к-ты и влияние этого параметра на микротвердость дентина, исследовать изменение микротвердости дентина в зависимости от времени воздействия гликолевой кислоты [51, 103, 139].

В работе Uzunoglu E и соавт. (2012) [133] было обнаружено, что на устойчивость к разрушению корней, подвергшихся эндодонтическому лечению,

по-разному влияют различные концентрации ЭДТА при разном времени воздействия. Наибольшая средняя устойчивость к перелому была получена в группе, обработанной 5% ЭДТА в течение 10 минут. Это примерно в 2 раза больше, чем наименьшая средняя устойчивость к перелому, которая была получена в группе, обработанной 17% ЭДТА в течение 10 минут.

В исследовании Lantigua Domínguez MC. и соавт. (2018) [148] применялось несколько видов растворов: 2,5% NaOCl + 17% ЭДТА и 2% гель хлоргексидина биглюконата + 17% ЭДТА, было замечено, что конечное использование ЭДТА в качестве ирриганта не снижало устойчивость к переломам корней.

В результате можно обобщить, что гипохлорит натрия и ЭДТА комплексно снижают микротвердость корневого дентина. Существует прямая зависимость концентрации ирригационного раствора и показателей микротвердости корневого дентина - чем выше концентрация ирриганта, тем выше риск снижения прочностных характеристик корня зуба, а также прослеживается прямая зависимость от времени воздействия раствора на корневой дентин. В зависимости от времени оценивалось влияние различных лекарственных препаратов и растворов для ирригации на микротвердость дентина корня и наиболее опасное воздействие на минеральный состав и микротвердость дентина было проведено при первой ирригации, далее снижение микротвердости дентина происходило постепенно при воздействии различными химическими ирригантами (17% ЭДТА, 2%-ный хлоргексидин, 2,5%-ный гипохлорит натрия) [17, 24].

1.6 Влияние методов активации ирригантов на микротвердость корневого дентина

На структурные элементы корневого дентина и показатели микротвердости корневого дентина могут влиять также методы активации ирригационных растворов. В настоящее время наиболее часто применяется звуковой (колебательный) метод и ультразвуковой метод активации растворов.

Звуковые системы обладают определенным преимуществом перед ультразвуковыми - они вибрируют с меньшей частотой, но с большей амплитудой, а также следует уточнить, что вибрирующие движения звуковых систем совершаются в вертикальной плоскости. Благодаря меньшей чистоте вибрации реже возникает поломка инструментов, образование уступов и скопление дентинных опилок, но при этом возникают сложности с обработкой апикальной трети канала, поэтому такие системы используют совместно с механической обработкой корневых каналов.

Одним из широко применяемых в стоматологической практике аппаратов для активации ирригационных растворов, является EndoActivator (Dentsply, США). Аппарат представляет собой наконечник и полимерные, нерезающие насадки: маленькие - размер 15 (конусность 02), средние - размер 25 (конусность 04) и большие - размер 35 (конусность 04). Аппарат удобен в применении за счет мобильности, легкости и неагрессивной работы в корневых каналах. При работе аппаратом EndoActivator выявлены следующие преимущества аппарата [68, 72, 89]: гибкая полимерная насадка не имеет риска поломки, что увеличивает безопасность процедуры и способствует эмоциональному комфорту врача при работе; беспроводной аппарат имеет малый вес, что упрощает использование и уменьшает нагрузку на кисть руки; по сравнению с обычным эндодонтическим шприцем, материал для временного пломбирования (гидроокись кальция) значительно быстрее вымывается из корневого канала, что позволяет сократить этот этап; качество обработки апикальной части корневых каналов, особенно имеющих выраженную кривизну, с помощью звуковой активации значительно более эффективно, чем пассивное ультразвукование [6, 20, 39].

Также в литературе есть данные о статистически достоверном уменьшении постоперационной болезненности при использовании аппарата EndoActivator по сравнению с традиционной ирригацией с помощью шприца с эндодонтической иглой [21, 68].

Применение звукового метода активации ирригационного раствора позволяет добиться положительных результатов при повторном эндодонтическом

лечении зуба с апикальным периодонтитом, о чем свидетельствует более высокий процент регрессии очага деструкции костной ткани в основной группе пациентов [82].

Особенности применения аппарата EndoActivator, которые представлены в инструкции по применению аппарата: выбрать насадку следует по размеру корневого канала в пределах 2 мм рабочей длины, насадка должна свободно колебаться во время активации раствора в канале, гидродинамически перемешивать раствор нужно не менее 30 секунд (30-60 секунд), затем промыть корневой канал и последующие этапы обработки совершать с новой порцией ирриганта.

Влияние звуковых систем на показатели микротвердости корневого дентина недостаточно освещена в источниках литературы. В многочисленных англоязычных источниках повреждение корневого дентина в процессе эндодонтической обработки называется эрозией дентина.

В исследовании Mathew DM и соавт. (2023) [155] сравнивали пассивное ультразвуковое воздействие в корневом канале, звуковое с помощью аппарата EndoActivator и ручное динамическое перемешивание. В результате исследования было выявлено, что эрозия дентина на стенках корневого канала была обнаружена при применении всех заявленных выше инструментов: XP-endoFinisher (XPF; FKG Dentaire SA, Швейцария), иглы с боковым отводом 30-го калибра (NaviTip; Ultradent, Саут-Джордан, Юта), ультразвукового наконечника (Asteon, Мериныйк, Франция) и полимерных насадок с аппаратом EndoActivator, но при работе с аппаратом EndoActivator, повреждение дентина было на 2-3 мм выше апикальной части корня.

В исследовании Boutsoukis C. и соавт. (2022) было отмечено, что несмотря на то, что наконечники аппарата EndoActivator являются гибкими и неагрессивными, они способны создавать повреждения дентина корня [112].

В очередном исследовании по применению аппарата EndoActivator было выявлено, что комбинация ЭДТА и гипохлорита натрия, без активации, находящаяся в корневом канале в течение 1 мин, не изменяла минеральный уровень

поверхности корневого дентина, однако применение аппарата EndoActivator изменило соотношение Ca/P на поверхности корневого дентина, снизив его [114].

В исследовании эффективности удаления аппаратом EndoActivator коллагеновой пленки в корневых каналах также выявлены значимые результаты - EndoActivator значительно эффективнее удалял окрашенный коллаген с поверхности корневого канала, в сравнении обычной эндодонтической иглой [201].

В исследовании Galler K. M. и соавт. (2019) [181] по сравнению глубины проникновения метиленового синего в корневой дентин, было выявлено, что наиболее глубокое проникновение красителя в корневой дентин происходило при всех видах активации, а именно звуковой, ультразвуковой и фотоакустической. Примечательно то, что наибольшая глубина проникновения происходила в апикальной трети корня и именно при звуковой активации красителя, это, соответственно, позволяет судить о том, что звуковые и ультразвуковые методы активации наиболее эффективны в апикальной трети корня, но и изменение параметров микротвердости происходит при работе данными системами в апикальной трети корня.

Известно, что первая ультразвуковая система была разработана в 1957г. (Richman), а спустя 20 лет Martin и Cunningham (1976г) открыли инструменты, которые выполняли вибрационные движения с частотой 25000 - 40000 Гц, благодаря двум основным способам получения (магнитострикция и пьезоэлектричество) [11].

Стоит так же отметить, что ультразвуковая активация будет актуальна при антисептической обработке одиночных корневых каналов с простой анатомией, так как работа ультразвуковой насадки в каналах с изгибом приводит к образованию ступенек, что увеличивает риск перфораций [32].

На стоматологическом рынке представлены снабжённые эндодонтическими насадками ультразвуковые аппараты различных компаний-производителей: SybronEndo (США), Satelec (Франция), Piezon (Швейцария), NSK (Япония). Компанией VDW (Германия) разработан прибор VDW Ultra, предназначенный

специально для ультразвуковой эндодонтии, обладающий широким диапазоном точно рассчитанных мощностей для различных этапов лечения [10, 83].

В ряде исследований изучалось воздействие разного типа агитации ирригантов и объема ирригационного раствора на показатели микротвердости корневого дентина. Тестировались методы ирригации с помощью ирригационной эндодонтической иглы, ультразвуковая ирригация насадкой IrriSafe (Satelec Acteon Group, Франция), система EndoVac (Kerr Endodontics, США) и комбинированное использование EndoVac с ультразвуковой обработкой. Снижение микротвердости наблюдалось при использовании всех протестированных методов эндодонтической активации. Метод EndoVac и комбинированное орошение показали максимальное снижение микротвердости во всех трех третях корневого канала [169]. Что касается максимального объема ирриганта, вызывающего максимальное снижение микротвердости корневого дентина, то этот объем составил 25мл. После превышения этого объема никакие методы активации не влияли на снижение показателей микротвердости.

В исследовании по сравнению раствора QmiX (содержит в составе аналог хлоргексидина, триклозан и ЭДТА), МТАД (содержит в составе 3% доксицилина, 4,25% лимонной кислоты и детергента (0,5% полисорбата) и ЭДТА в сочетании с тремя методами ирригации (ирригационная игла, ультразвуковая активация, фотоакустическая активация) было выявлено, что по содержанию минералов в дентине и его микротвердости, то в группах после обработки QMiX было меньше всего кальция (Ca), фосфора (P) и соотношение Ca/P, за ними следовали группы с ЭДТА и группы с МТАД ($p < 0,05$). Все методы активации, в особенности с ЭДТА и раствором QMiX снизили количество минералов в дентине корня [164].

В исследовании по сравнению проникновения красителя (метиленового синего) в корневой дентин после обработки различными видами активации - фотоакустической активации, лазерной активации и ультразвуковой активации, а также влияние этих видов активации на микротвердость корневого дентина, было выявлено, что все три вида активации способствуют глубокому проникновению красителя в корневой дентин, однако фотоакустическая активация значительно

повышает микротвердость дентина, что может быть полезно для долгосрочного прогноза лечения корневых каналов в эндодонтии [165].

Также немалую важность представляет то, что после обработки корневых каналов с помощью различных методов активации, а именно лазерная активация и ультразвуковая активация, по сравнению с ирригацией эндодонтической иглой, способствует увеличению сцепления корневого дентина с Neo MTA 2 (минеральный триоксид агрегат, разработанный для борьбы с дисколоритом в процессе лечения) [22, 102].

В исследовании Savaris JM и соавт. (2024) [136] по влиянию различных протоколов ирригации при помощи активации ультразвуком, результаты показали, что протоколы существенно не повлияли на прочность корневого дентина при изгибе, однако они повлияли на микротвердость и способствовали усилению эрозии.

В исследовании Рябцевой И. М. и соавт (2022) [75] изучалось использование полимерных насадок для ирригации и их влияние на структуру корневого дентина. В результатах исследования было выяснено, что эндодонтические насадки из полиамида в процессе ультразвуковой активации раствора (гипохлорита натрия) деформировали структуру корневого дентина, вызывали шероховатость и дефекты дентина, а наконечники из полиэфирэфиркетона показали лучшие результаты и не так выражено повреждали корневой дентин.

В публикации Масис Г. (2012) [52] важным аспектом было то, что при комбинации одновременной ирригации и ультразвуковой инструментальной обработке сложно контролировать объем удаления дентина и формирование канала [52]. Важным показателем микротвердости корневого дентина являются также такие характеристики как прочность дентина на излом.

В исследовании Ulusoy Öİ. и соавт. (2021) [135] проводили механическую обработку корневых каналов с помощью файлов ProTaper Universal, далее ирригационную обработку проводили растворами - 2,5%-ным раствором гипохлорита натрия, 17% ЭДТА и 18 %- ной этидроновой кислотой при помощи эндодонтической иглы и ультразвуковым способом активации. В результате было

выявлено, что образцы, обработанные с помощью ультразвука, были более устойчивы к разрушению, чем образцы, обработанные с помощью эндодонтической иглы; применение 18 %-ной этидроновой кислоты было связано с повышением устойчивости к разрушению на 71,0 Н по сравнению с применением ЭДТА [135].

В других исследованиях проводили измерение микротвердости корневого дентина после обработки различными концентрациями гипохлорита натрия (1,5% и 5,25%) при ультразвуковой активации и без нее. В результате исследований был сделан вывод, что ультразвуковая активация с 1,5%-ным гипохлоритом натрия не влияет на механические свойства дентина корня зуба человека и может безопасно использоваться в эндодонтии, однако использование ультразвука в сочетании с увеличенным временем ирригации может негативно сказаться на механических свойствах дентина корня зуба даже при низкой концентрации гипохлорита натрия.

Использование 5,25%-ного раствора гипохлорита натрия оказало значительное влияние на механические свойства дентина корня как при дополнительном использовании ультразвука, так и без него [15, 16, 86, 142].

В исследовании по сравнению влияния лазерной активации растворов и ультразвуковой активации ирригационных растворов на микротвердость корневого дентина и соотношения неорганических элементов в нем, было выявлено, что использование в качестве последовательности ирригации 3%-ный раствор гипохлорита натрия, 15%-ный ЭДТА, 3%-ный раствор гипохлорита натрия, с активацией и лазером, и ультразвуком, вызывало наиболее выраженное снижение уровня кальция/фосфора, микротвердости дентина и выраженную эрозию стенок корневых каналов [27, 57, 109].

В исследовании по поводу негативного влияния раствора гипохлорита натрия, активированного ультразвуком, на микротвердость корневого дентина, было выявлено, что ультразвуковая активация раствора гипохлорита натрия снизила показатели микротвердости дентина [31, 53, 67].

В исследовании Emmanuel Z. и соавт. (2025) особое внимание уделялось качеству ультразвуковых ирригационных насадок Ultra X Silver, Gold и Blue и их

воздействие на корневой дентин. В результате было выявлено, что данные насадки сохраняли структуру дентина в корневом канале [200], однако при соприкосновении насадки с дентином, структура его все же нарушается [206].

В исследовании по образованию трещин в корневом дентине при воздействии звуковой активации с помощью К-файла, не было выявлено образования дефектов на КТ- снимках [95].

В исследовании Corsentino G. и соавт. (2018) [166] было отмечено, что ирригационные растворы (гипохлорит натрия и ЭДТА) имеют, в том числе, негативное влияние на минерализованный дентин и это может усиливаться при их применении в условиях вибрации, например при пассивной ультразвуковой активации. Кроме того, разрушение коллагена ухудшает параметры модуля упругости дентина, делая его более хрупким, с пониженной прочностью на изгиб и склонным к переломам корней.

В работе Reem M. Barakat и соавт. (2022) [154] было выявлено, что применение ирригации с ультразвуковой активацией в качестве вспомогательного метода повторной обработки выявило увеличение количества микротрещин в дентине корней на 22% от исходного. Эти трещины чаще наблюдались в устьевой и средней трети корневого канала.

В исследовании по влиянию протоколов ирригации на устойчивость к излому корней, было выявлено, что самыми важными критериями, влияющими на прочность корней зубов были: остаточная толщина дентина (чем толще остаточный дентин вокруг корневого канала, чем выше устойчивость корня к разрушению), метод ирригации (ультразвуковая пассивная ирригация улучшает устойчивость корней к излому), ирригационный раствор (9%-ная этодидроновая к-та показала высокие значения сопротивления разрушению, по сравнению с 17% -ной ЭДТА) [144].

Результаты исследования Погосян М. А. и соавт показали, что глубина проникновения ирригационного раствора в дентин корня зуба увеличивается при ультразвуковой активации ирригантов, а это, соответственно, может привести к изменениям структурных компонентов дентина [46, 67].

В работе Sunlakawit С. и соавт. (2020) [129] выявлено, что материал для временного пломбирования корневых каналов (гидроокись кальция) оказывает противоречивое действие на прочностные характеристики корневого дентина. В исследовании Волошиной А. А. и соавт. (2024) было выявлено, что на стенках корневых каналов были обнаружены следы временных материалов, что снижает качество постоянной obturации, и может повлиять на отдаленный результат лечения [82]. В зарубежном исследовании Adl. А. и соавт. (2022) [108] отмечается, что только при использовании ультразвуковых и звуковых систем активации ирригигантов возможно вымыть временную пасту на основе гидроокиси кальция, а остатки временной пасты могут препятствовать адгезии эндодонтических герметиков к стенкам корневого канала и их проникновению в дентинные каналы [43], что, в свою очередь, ухудшает качество герметизации пломбы [18]. В исследовании Ореховой Л. Ю. и соавт. (2018) [40] выявлено, что применение ультразвуковой и звуковой активации 3 %-ного гипохлорита натрия значительно улучшает степень очистки корневого канала.

На основании обзора литературы можно заключить, что данные о влиянии методов обработки корневого канала на показатели микротвердости корневого дентина разрозненны, нередко противоречивы; единые рекомендации по оценке степени ослабления корня зуба, в зависимости от метода обработки корневого канала, отсутствуют. Дальнейшее исследование необходимо провести для конкретизации разрозненных данных.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование было выполнено на кафедре терапевтической стоматологии МИ РУДН им. Париса Лумумбы и Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» в период с 2022 по 2026 годы. Исследование было одобрено Комитетом по Этике Медицинского института РУДН им. Патриса Лумумбы протокол №7 от 21 апреля 2022 г.

У пациентов, зубы которых были использованы для экспериментального исследования, было получено информированное согласие на использование их биологического материала в научных целях.

Диссертационное исследование проводилось в несколько этапов, согласно дизайну исследования, представленному на Рисунке 1.

Схема-дизайн диссертационного исследования

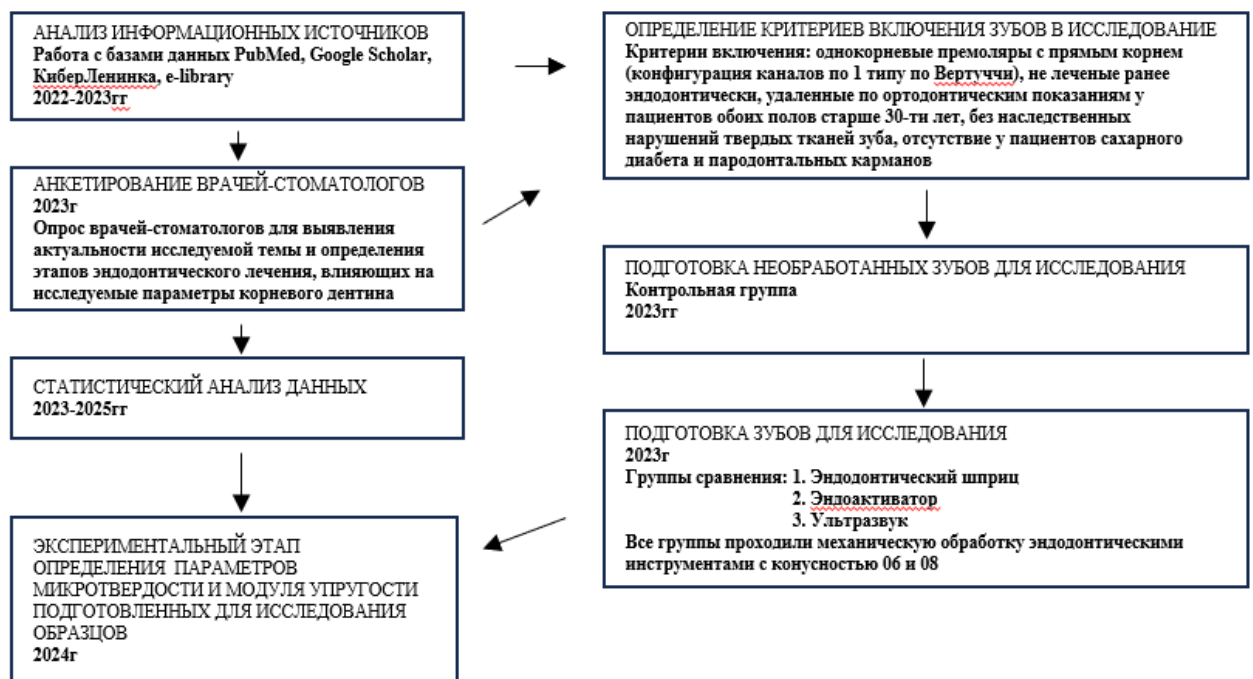


Рисунок 1 – Схема дизайна исследования

Поиск литературных источников проводили по базам данных e-library, cyberleninka, PubMed, Google Scholar, Wileyonlinelibrary 3 сентября 2023 г. с использованием следующих запросов: для англоязычных источников – (microhardness of root dentin), OR (hardness of root dentin), OR (strength of root dentin), OR (mechanical treatment of root canal), OR (medicinal treatment of root canal), OR (amount of mineral components of dentin), OR (irrigation), OR (ultrasonic activation), OR (sound activation), OR (endoactivator), для русскоязычных источников – (микротвердость корневого дентина), (твердость корневого дентина), (прочность корневого дентина), (механическая обработка корневого канала), (медикаментозная обработка корневого канала), (количество минеральных компонентов дентина), (ирригация), (ультразвуковая активация), (звуковая активация), (эндоактиватор). Поиск указанных словосочетаний проводился в названиях, резюме, а также среди ключевых слов публикаций.

Для анализа отбирались статьи на английском и русском языках. По результатам поиска с указанием ключевых слов в базе PubMed было найдено 873 источника, в научной электронной библиотеке e-library – 109, в базе КиберЛенинка – 78, в GoogleScholar – 141, а в Wileyonlinelibrary – 217. После исключения дублирований оставшиеся публикации проанализированы на предмет соответствия критериям включения/не включения. Критерии включения: книги, учебная литература, патенты, оригинальные статьи в периодических журналах, *in vitro* и *in situ* исследования, исследования на удаленных зубах человека, исследования, в которых проводили оценку микротвердости дентина после механической и медикаментозной обработки, а также после активации звуковыми и ультразвуковыми методами, периодичность поиска составила 10 лет, диссертационные исследования, посвященные изменению параметров микротвердости корневого дентина. Критерии невключения: тезисы и статьи в сборниках конференций, исследования с применением зубов животных, реставрированных зубов, исследования, в которых оценку микротвердости проводили только для коронкового дентина, исследования микротвердости интактного дентина, исследования по дезинфекции корневых каналов лазером, а

также публикации, для которых информация резюме не была достаточной для оценки соответствия критериям включения, а полный текст отсутствовал в базе/на сайте журнала, публикации старше 10 лет. После исключения дублирования и оценки на предмет критериев включения/невключения осталось 98 литературных источников. В результате в литературный обзор вошли источники как обнаруженные при первичном поиске, так и добавленные в ходе работы над исследованием. Всего составило 208 источников.

2.1 Анкетирование врачей-стоматологов

Для выявления этапов эндодонтического лечения зубов, которые по данным опроса врачей-стоматологов могут негативно влиять на микротвердость корневого дентина, было проведено анкетирование 78 врачей-стоматологов, ведущих прием в государственных учреждениях и частных клиниках. Также учитывался вид приема, осуществляемый врачами-стоматологами: смешанный прием, терапевтический прием и терапевтический прием с преобладанием эндодонтии. Данные об опрошенных приведены в Таблице 1. Среди участников опроса, осуществляющих различные виды приема, было 24 (30,8%) мужчины, 54 (69,2%) женщины, которые ведут практическую деятельность в государственных учреждениях и частных клиниках. Средний возраст опрошенных составил 38 лет. Анкетирование проводилось при помощи дистанционного сервиса Google Forms. Анкета включала 15 вопросов: 5 вопросов ориентированы на сбор демографических данных, месте работы, стаже работы, характере приема; 10 вопросов - отбор информации об используемых методах и инструментах во время лечения пациентов, случаях встречаемости вертикальной трещины корня, мнениях о важности сохранения микротвердости корневого дентина.

Статистический анализ выполнялся с использованием программы StatTech v.3.1.7.(Россия). Данные об ответах на каждый вопрос были представлены в абсолютных значениях и процентах. Статистическим методом хи-квадрат Пирсона

выявлено наличие взаимосвязей между ответами на вопросы анкеты. Анкета для врачей представлена в приложении А.

Таблица 1 – Распределение опрошенных по возрасту, полу, месту работы, стажу и характеру приема

Параметр	Значение	
Общее кол-во опрошенных. чел.	n=78	
Пол. чел. %	Муж n=24 (30,8)	Жен n=54 (69,2)
Возраст (среднее \pm стандартное отклонение \div max), лет	38,0 \pm 7,5 (min 24,0 \div max 70,0)	
Место работы, чел, % Государственное учреждение Частная клиника	n=24 (30,8) n=54 (69,2)	
Стаж работы, чел, % 1-4 лет 5-9 лет 10-15 лет Более 15 лет	n=13 (16,7) n=16 (20,5) n=18 (23,1) n=31 (39,7)	
Вид приема, чел, % Смешанный прием Терапевтический прием Терапевтический с преобладанием Эндодонтии	n=24 (29,8) n=27 (35,1) n=27 (35,1)	

2.2 Оценка микротвердости и модуля упругости корневого дентина удаленных зубов

2.2.1 Подготовка экспериментальных образцов

Из литературы известно, что, наряду с нижними молярами, премоляры относятся к категории повышенного риска развития вертикальной трещины корня

[122]. В связи с этим было решено провести оценку премоляров верхней и нижней челюсти.

Для исследования были отобраны 74 постоянных премоляра, удаленных по ортодонтическим показаниям у пациентов обоих полов без заболеваний, которые могут иметь влияние на микротвердость корневого дентина, а именно: наследственные нарушения твердых тканей зуба и минерального обмена (несовершенный дентиногенез, несовершенный амелогенез, несовершенный остеогенез, дисплазия дентина и др.), а также сахарный диабет [82]. Для того чтобы полученная выборка более реально отражала исследуемые параметры с учетом их возможного индивидуального разнообразия среди пациентов, у одного пациента брали только один зуб с одной челюсти (т. е. только один верхний, и/или один нижний премоляр).

Критериями включения зубов в исследование стало:

- 1) премоляры верхней и нижней челюсти, удаленные по ортодонтическим показаниям;
- 2) полностью сформированная верхушка корня;
- 3) наличие одного прямого корня (искривление не более 5° по классификации по S. W. Schneider (1971) [137, 180];
- 4) конфигурацией каналов по типу I по Вертуччи (т.е. один корневой канал проходит от полости зуба до верхушки, заканчивается одним апикальным отверстием [3, 146, 180].

Критериями невключения стало:

- 1) наличие кариозных полостей, трещин и переломов, резорбтивных дефектов;
- 2) ранее проведенное эндодонтическое лечение.

Свежеудаленные зубы обрабатывали и хранили в соответствии с описанными в литературе способами, а именно очищали поверхность корня от мягкотканых остатков с помощью стерильных кюрет, затем помещали в раствор гипохлорита натрия на 4 минуты, далее хранили в дистиллированной воде при температуре 4 градуса Цельсия до использования [113, 176].

Для выполнения задач исследования отобранный материал разделили на четыре группы: группа эндодонтически необработанных корневых каналов (14 зубов), и три группы (по 20 зубов в каждой), в которых была проведена механическая и медикаментозная обработка корневых каналов. Группы корней с обработанными корневыми каналами подразделили в зависимости от типа применения ирригационного раствора, а именно: группа «Без активации», в которой активация раствора не проводилась, группа «Звуковая активация» и группа «Ультразвуковая активация». В каждой группе было по две подгруппы в зависимости от конусности механической обработки корневого канала (конусность 06 и 08). Характеристика групп представлена в Таблице 2.

Таблица 2 – Группировка образцов в зависимости от конусности и метода активации ирригационных растворов

Параметры механической и медикаментозной обработки	Группа 1 «Без активации»		Группа 2 «Звуковая активация»		Группа 3 «Ультразвуковая активация»	
	06	08	06	08	06	08
Конусность	06	08	06	08	06	08
Инициальный размер апикального отверстия	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15
Финальный размер апикального препарирования	25	25	25	25	25	25
Количество корней (n)	n=10	n=10	n=10	n=10	n=10	n=10

Затем коронковые части зубов были отделены с помощью сепарационного диска. В представленных в литературе экспериментальных исследованиях [144, 182] с целью стандартизации образцов корни зубов приводили к одинаковой длине, что было сделано и в нашем исследовании. Так, длина корней после сепарации составила 14 мм. Эндодонтически необработанные корни сразу были разделены на три части (устьевую, среднюю и апикальную) с помощью зуботехнического диска с алмазным покрытием диаметром 22 мм (АГРИ, Россия). При работе диском образцы фиксировали в слесарные настольные минитиски (Политех инструмент,

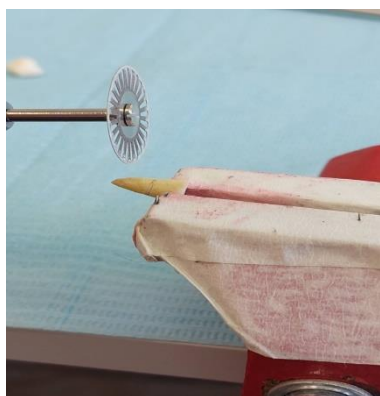
Россия) (Рисунок 2). Корни из трех других групп были эндодонтически обработаны как описано далее, а затем разделены на три части аналогичным образом.



А



Б



В



Г

Рисунок 2 – Подготовка образцов из группы эндодонтически необработанных зубов: А – маркировка и измерение корня, Б – сепарационный диск в прямом стоматологическом наконечнике, В – разделение зажатого в тиски корня на части, Г – корень зуба после разделения на три части: устьевую, апикальную и среднюю

В группе эндодонтически необработанных зубов полноценная механическая и медикаментозная обработка корневого канала не проводилась. Для удобства последующей подготовки образцов из канала были извлечены мягкотканые остатки с помощью Н-файла (Геософт Эндолайн, Россия) размера 15 по ISO 3-4 пилящими движениями в вертикальном направлении аналогично способу, описанному в литературе [180], затем канал промывали 2 мл дистиллированной воды.

Механическая обработка корневых каналов в группах 1, 2 и 3 осуществлялась следующим образом: первоначальное прохождение канала К-файлами размера 10 и 15 по ISO (Геософт Эндолайн, Россия) на рабочую длину 13,5 мм. Далее канал обрабатывали вращающимися никель-титановыми инструментами. В подгруппах с конусностью канала 06 применяли систему Mtwo (VDW, Германия), завершая обработку инструментом Mtwo 25/06 (размер по ISO 25 и конусность 06 или 6%).

В подгруппах с повышенной конусностью канала 08 для обработки использовали систему ProTaper Gold (DentsplySirona, США), финишным файлом был инструмент F2, который производитель маркирует как 25/08 (размер 25 по ISO и конусность 08 или 8%) (Рисунок 3), однако указывая, что конусность инструментов является переменной в различных участках рабочей части инструмента.



Рисунок 3 – Механическая обработка образца вращающимся файлом S1 системы ProTaper Gold

Вращающиеся инструменты использовали с эндодонтическим мотором Entran EB-300 (W&HDentalwerk, Австрия), оснащенным угловым наконечником с передаточным числом 16:1, выставляя рекомендованные производителями настройки торка и скорости для указанных вращающихся инструментов.

Медикаментозная обработка корневых каналов в группах 1, 2 и 3 заключалась в следующем: после каждого инструмента проводилась обильная ирригация корневых каналов с помощью эндодонтического шприца с эндодонтической иглой «Эндонидл» (Омега-Дент, Россия) размером 0,4/38 мм. В

качестве ирригационного раствора применяли гипохлорит натрия 3,25 % «Гипохлоран – 3» (Омега-Дент, Россия) (Рисунок 4) по 10 мл на каждый образец. По окончании механической обработки канал промывали дистиллированной водой, а затем 17% раствором этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) «ЭДЕТАЛЬ жидкость» (Омега-Дент, Россия) и снова дистиллированной водой, после чего корневой канал высушивали бумажными штифтами (MetaBiomed, Южная Корея). В целом время нахождения ирригантов в корневом канале составило 15 минут, из которых ЭДТА – 3 минуты.



Рисунок 4 – Ирригационный раствор «Гипохлоран–3»

Активация ирригационного раствора. В группе 1 «Без активации» ирригацию проводили общепринятым методом с помощью эндодонтического шприца, вводя иглу на 1 мм меньше рабочей длины, производя возвратно-поступательные движения с небольшой амплитудой и постепенно выводя раствор, дополнительной активации ирригационного раствора не проводили.

В группе 2 «Звуковая активация» промывание канала осуществляли таким же образом, как в группе 1, а затем проводили активацию раствора гипохлорита натрия в корневом канале с помощью аппарата EndoActivator (Dentsply, США) (Рисунок 5) согласно инструкции производителя. Насадку подбирали таким образом, чтобы она свободно находилась в корневом канале, для всех исследуемых зубов подошла

насадка размера S (маленький размер) с желтой маркировкой. Обработку проводили в среднем скоростном режиме (8 000 колебаний в минуту). Насадку вводили в корневой канал, включали активацию и обрабатывали в течение 30 секунд, производя возвратно-поступательные движения с небольшой амплитудой 2-3 мм, затем с помощью пылесоса эвакуировали содержимое канала и добавляли свежую порцию ирриганта, звуковую обработку проводили трижды.



А

Б

Рисунок 5 – Аппарат EndoActivator с гибкой полимерной насадкой размера S (А); обработка образца из группы 2 «Звуковая активация» (Б)

В группе 3 «Ультразвуковая активация» промывание канала осуществляли таким же образом, как в группе 1 и 2, а затем проводили пассивную ультразвуковую активацию раствора гипохлорита натрия в корневом канале с помощью насадки IrriSafe (Satelec Acteon Group, Франция) IRR20-2 (Рисунок 6), установленной на пьезоэлектрический ультразвуковой аппарат DTE D7 (Woodpecker Dental, Китай) (Рисунок 7). Обработку проводили согласно инструкции производителя: на аппарате устанавливали эндодонтический режим «Е» (без подачи воды) и проводили обработку с указанной в инструкции к аппарату мощностью 1-5-1, т.е. начинали с одного горящего светового индикатора, доводили до пяти, затем снижали до 1. Согласно технике выполнения пассивной ультразвуковой ирригации [206] и инструкции производителя, насадку IrriSafe вводили в канал, заполненный

ирригантом, на 2 мм меньше рабочей длины, активировали раствор 3 раза по 20 секунд, с обязательным обновлением ирриганта после каждой активации. В процессе активации насадкой в канале совершали возвратно-поступательные движения с небольшой амплитудой 2-3 мм.



Рисунок 6 – Активация ирригационного раствора насадкой для пассивной ультразвуковой ирригации образца из группы 3 «Ультразвуковая активация»



Рисунок 7 – Пьезоэлектрический ультразвуковой прибор DTE D7

2.2.2 Лабораторное исследование образцов

После подготовки образцы зубов помещали в кюветы, предварительно обработанные вазелином, кроме той части, где располагался образец, для предотвращения прилипания эпоксидного клея. Замешивание эпоксидного клея (Ultima, Россия) проводили согласно инструкции производителя: компоненты А и

Б смешивали в соотношении 1:10 (60 г компонента А и 6 г компонента Б), замешанный клей заливали в кюветы с образцами. Для полимеризации клея кюветы помещали в резервуар с водой под пресс следующим образом: воду, нагретую до 50-ти градусов Цельсия, заливали в резервуар и выдерживали в течение 10-ти минут, затем в нее помещали кюветы и выдерживали их под прессом в течение суток до полного застывания (Рисунок 8).



А



Б



В



Г

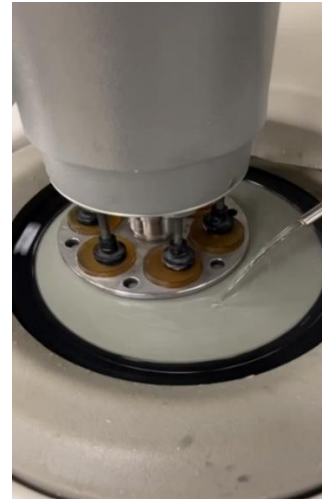
Рисунок 8 – Подготовленный образец корня зуба в кювете для заливки (А); Эпоксидный клей (Б); Образцы, залитые эпоксидным клеем в кюветах (В); Образцы в эпоксидном клее под прессом с водой для застывания (Г)

После затвердевания эпоксидного клея проводили шлифование и полирование образцов на полуавтоматическом шлифовально-полировальном станке Forcimat 102 (Metkon Instruments Ltd, Турция) (Рисунок 9). Шлифование

осуществляли с помощью шлифовальной бумаги с крупной фракцией (Рисунок 10) с подачей дистиллированной воды во время шлифования. Полирование осуществляли при помощи мелкодисперсной шелковой бумаги с подачей монокристаллической абразивной суспензии DUOPAT-M (Metkon Instruments Ltd, Турция) с размером абразивных частиц 1 микрон (Рисунок 10).

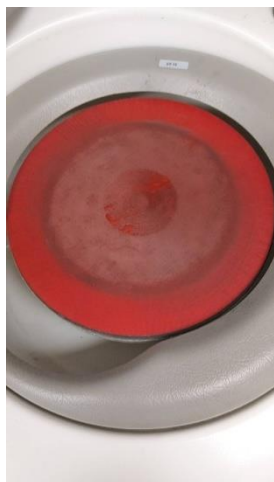


А



Б

Рисунок 9 – Шлифовально–полировальный станок (А); образцы, залитые в эпоксидную массу, проходят этап шлифования, при котором диск со шлифовальной бумагой и держатель с образцами вращаются в противоположные стороны, на бумагу подается дистиллированная вода (Б)



А



Б

Рисунок 10 – Шлифовальная бумага (А); абразивная суспензия для полирования (Б)

Режимы шлифования и полирования образцов представлены в Таблице 3.

Таблица 3 – Режимы шлифования и полирования образцов

Этапы	1 этап Шлифование	2 этап Шлифование	3 этап Полирование
Материал	Шлифовальная бумага Р 2500	Шлифовальная бумага Р 1200	Шелковая бумага
Раствор	Дистиллированная вода	Дистиллированная вода	Абразивная суспензия с размером частиц 1 мкм
Вращение диска	В противоположную сторону	В противоположную сторону	В одном направлении
Скорость вращения диска	200 об/мин	200 об/мин	200 об/мин
Скорость вращения держателя образцов	50 об/мин	50 об/мин	50 об/мин
Индивидуальная нагрузка	15 Н	15 Н	10 Н

После шлифования и полирования образцы обрабатывали изопропиловым спиртом и приступали к индентированию. Измерение параметров микротвердости и модуля упругости проводили при помощи индентора Берковича – трехгранной алмазной пирамиды (Рисунок 11) на твердомере MICRO-INDENTATIONTESTER (CSM, Швейцария) (Рисунок 12). Измерения начинались с калибровки алмазного индентора (Рисунок 12) для того, чтобы индентор находился строго перпендикулярно к поверхности образца.

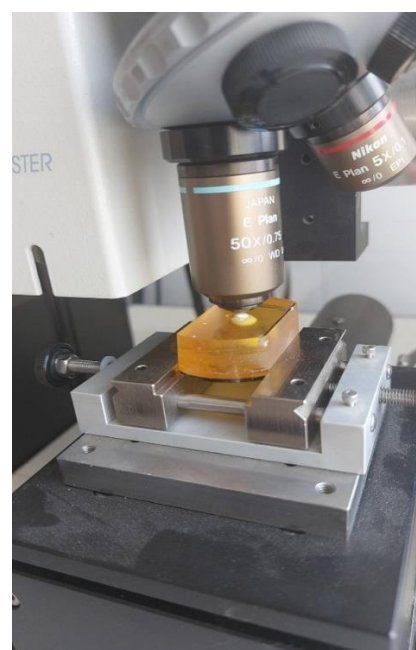
Измерения микротвердости проводили при выдержке 10 секунд и максимальной нагрузке 50 миллиньютонов (мН), затем нагрузка постепенно снижалась. При этом скорость нагружения/разгружения составляла 2000мН/мин, скорость приближения 16800,001 нм/мин.



Рисунок 11 – Индентор Берковича для измерения микротвердости



А

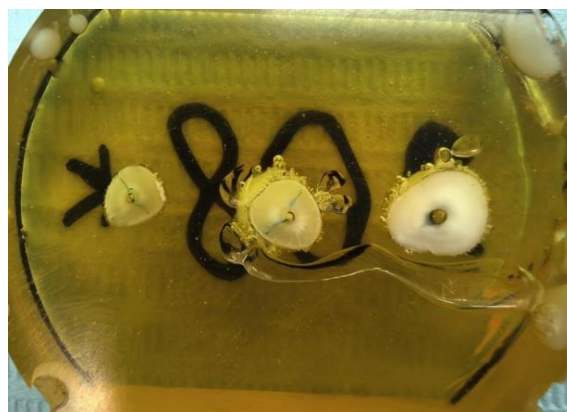


Б

Рисунок 12 – Твердомер для измерения микротвердости с установленным образцом (А); этап калибровки алмазного индентора (Б)



А



Б

Рисунок 13 – Образцы из группы 1 «Без активации» (А) и из группы 2 «Звуковая активация» (Б) в блоках эпоксидного клея со следами от замера

У всех образцов определяли микротвердость и модуль упругости [25, 26, 47]:

1) **HV**– микротвердость по Виккерсу определяется по формуле:

$$- HV \approx H_{IT}/10,80 \text{— для индентора с формой Берковича (алмазная трехгранная пирамида)}$$

2) **E_{IT} (ГПа)** – модуль упругости, измеренный методом микроиндентирования (индекс IT обозначает, что величина измерена на основе анализа зависимости приложенной нагрузки от глубины внедрения индентора). Данный параметр количественно описывает упругую реакцию материала на действие сосредоточенной нагрузки в одной точке. Значение E_{IT} близко к значению модуля упругости материала (модулю Юнга). Однако при наличии на образце наплывов и/или впадин, может возникнуть значительная разница между модулем E_{IT} и модулем Юнга, поэтому необходимо тщательное полирование образца. Значение модуля E_{IT} вычисляется по формуле:

$$E_{IT} = E^*(1 - \nu_s^2),$$

где ν_s – коэффициент Пуассона материала испытываемого образца;

E^* - модуль упругости при плоской деформации, вычисляемый по формуле:

$$E^* = \left(\frac{1}{E_r} - \frac{(1-\nu_i^2)}{E_i} \right),$$

ν_i – коэффициент Пуассона материала наконечника;

E_i – модуль упругости индентора;

E_r – приведенный модуль упругости в области индентирования, вычисляемый по формуле:

$$E_r = \frac{\sqrt{\pi} S}{2\beta \sqrt{A_p}},$$

где $\pi \approx 3,14$;

β – геометрический фактор формы индентора (для треугольной пирамиды он составляет 1,034);

S – контактная жесткость;

A_p – аппроксимированная площадь поверхности алмазного индентора.

Сбор и анализ данных для расчета указанных выше параметров проводили с помощью программного обеспечения Indentation Software Version 4.37 (CSMInstruments, Швейцария).

Для комплексной оценки параметров микротвердости и модуля упругости в каждой трети корня зуба (устьевой, средней, апикальной) измерения проводили в трех сегментах, а именно: сегмент у канала, сегмент средней части образца и сегмент у наружного края образца (Рисунок 14). В каждом сегменте замер проводили в нескольких точках. В сегменте у канала расстояние от первой точки до края составляло около 40 мкм, и не менее 3 диаметров отпечатка согласно методике. В сегменте средней части образца точки выставлялись в середине, в сегменте у наружного края образца первая точка выставлялась на расстоянии около 40 мкм от края дентина, и не менее 3 диаметров отпечатка согласно методике. Минимальное расстояние между точками в пределах одного сегмента по методике составляло не менее 2,5 диаметров отпечатка.

Средние значения указанных выше параметров рассчитывали для каждой из третей корня в целом, а также отдельно для каждого из сегментов.

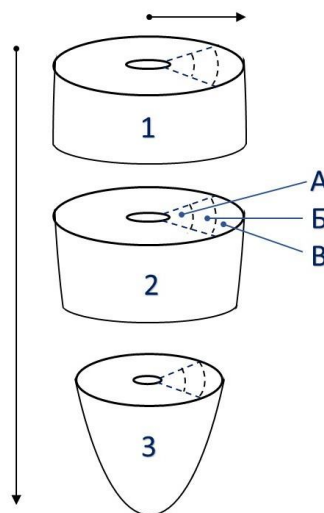


Рисунок 14 – Схема областей корня, в которых проводили измерения: в каждой из частей корня (устьевой (1), средней (2) и апикальной (3)) проводили измерение в трех сегментах (у канала (А), в середине (Б) и у наружного края (В)). При определении градиента параметров между различными третями корня и сегментами в вертикальном направлении двигались от устья к апексу, а в горизонтальном направлении – от канала к наружному краю (указано стрелками)

Сравнение полученных значений с целью выявления градиента параметров микротвердости и модуля упругости проводили следующим образом:

Градиент на уровне третьей трети корня:

- 1) Сравнение средних значений каждой из третьей трети корня.

Градиент на уровне сегментов:

- 1) По горизонтали:
 - a. Сравнение средних значений всех одноименных сегментов (например, сравнивали средние значения всех сегментов у канала и всех сегментов середины и т.д.).
 - b. Сравнение средних значений разноименных сегментов в пределах одной трети корня (например, сравнивали средние значения сегмента у канала, сегмента середины и сегмента у наружного края апикальной трети корня).

- 2) По вертикали:

- a. Сравнение средних значений одноименных сегментов различных третей корня (например, сравнивали средние значения сегмента у канала устьевой трети и сегмента у канала средней трети и т.д.).

При определении градиента сравнение параметров относительно друг друга в вертикальном направлении производили от устья к апексу, а в горизонтальном направлении – от канала к наружному краю корня.

2.3 Статистическая обработка данных

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.0.7 (разработчик – ООО "Статтех", Россия).

Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро-Уилка (при числе исследуемых менее 50) или критерия Колмогорова-Смирнова (при числе исследуемых более 50). Количественные показатели, имеющие нормальное

распределение, описывались с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD), границ 95% доверительного интервала (95% ДИ).

В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1 – Q3). Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью U-критерия Манна-Уитни. Сравнение трех и более групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью критерия Краскела-Уоллиса, апостериорные сравнения – с помощью критерия Данна с поправкой Холма. Сравнение процентных долей при анализе четырехпольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия хи-квадрат Пирсона (при значениях ожидаемого явления более 10), точного критерия Фишера (при значениях ожидаемого явления менее 10). Сравнение процентных долей при анализе многопольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия хи-квадрат Пирсона. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Результаты анкетирования врачей-стоматологов

Вопросы анкеты, предоставленной в ходе исследования врачам-стоматологам для заполнения, условно подразделили на четыре группы. Первая группа вопросов была направлена на характеристику проанкетированных врачей (пол, возраст, стаж, место работы и характер приема), полученные данные приведены в главе 2. «Материалы и методы исследования».

Вторая группа вопросов была направлена на выявление встречаемости вертикальной трещины корня в практике участников анкетирования. Так, случаи вертикальной трещины корня в клинической практике встречали 55 (70,5 %) проанкетированных врачей стоматологов, 13 (16,7%) врачей ответили, что не встречались с таким осложнением как вертикальная трещина корня, 10 (12,8 %) врачей затруднились ответить (Рисунок 15).

Встречались ли в Вашей практике случаи вертикальной трещины корня (ВТК)?
78 ответов

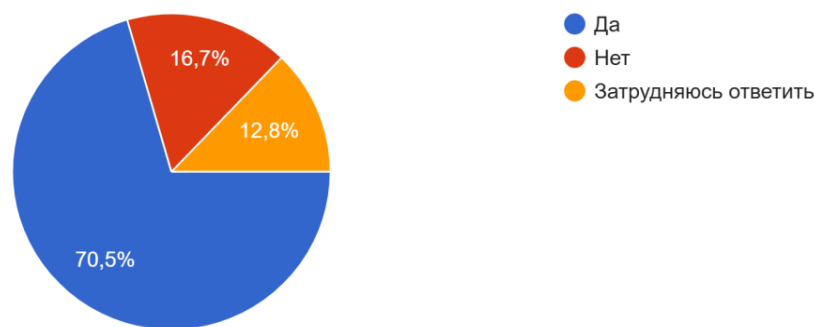


Рисунок 15 – Данные анкетирования врачей-стоматологов о встречаемости случаев вертикальной трещины корня (ВТК)

Относительно группы зубов, в которых по опыту врачей наиболее часто встречается вертикальная трещина корня, получили, что большинство врачей

встречали ВТК в нижних молярах (40 (72,7 %) врачей дали этот ответ), в верхних премолярах – 36 (65,5 %) врачей, в верхних молярах – 29 (52,7 %) врачей, в нижних премолярах – 18 (32,7 %) врачей, в верхних резцах – 14 (25,5 %) врачей, в нижних резцах – 3 (5,5 %) врача. На Рисунке 16 представлены ответы врачей, встречавших вертикальную трещину корня в ходе своей практической деятельности, на данный вопрос можно было выбрать несколько вариантов ответов.

Если на предыдущий вопрос Вы ответили да, то укажите в какой группе зубов происходила ВТК?

55 ответов

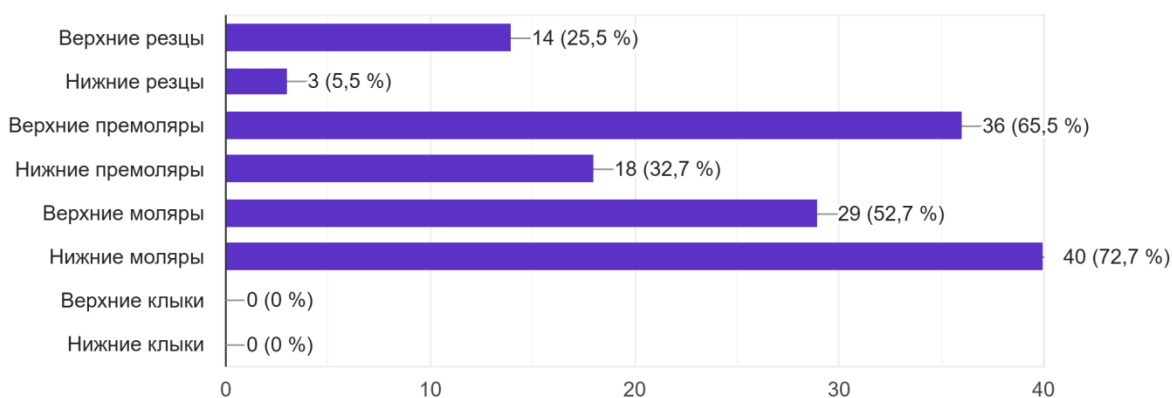


Рисунок 16 – Данные анкетирования врачей-стоматологов о группе зубов, в которой встречалась ВТК

Следующая группа вопросов анкеты была посвящена методикам обработки корневого канала, которые проанкетированные врачи применяют в практике. Выявили, что большинство врачей-стоматологов комбинируют ручные инструменты и вращающиеся никель-титановые инструменты – 62 респондента (80,5%). Обработку корневого канала только вращающимися инструментами отметили 7 (9,1 %) человек, такое же количество врачей (7 чел. (9,1 %)) отметили, что для обработки корневого канала используют ручные инструменты, а для обработки устья применяют расширители устьев типа “Largo”. Только один врач (1,3 %) отметил, что в практике пользуется исключительно ручными инструментами для обработки корневого канала.

Среди ирригационных растворов для медикаментозной обработки корневого канала ЭДТА 17% применяют 65 респондентов (83,3%), гипохлорит натрия 3% – 61 респондент (78,2 %). На Рисунке 17 представлены развернутые данные о распределении ответов по вопросу применения вида ирригационных растворов для медикаментозной обработки корневых каналов. Это был вопрос с возможностью выбора нескольких вариантов ответов.

Какой вид ирригационного(-ых) раствора(-ов) Вы используете для медикаментозной обработки корневых каналов?

78 ответов

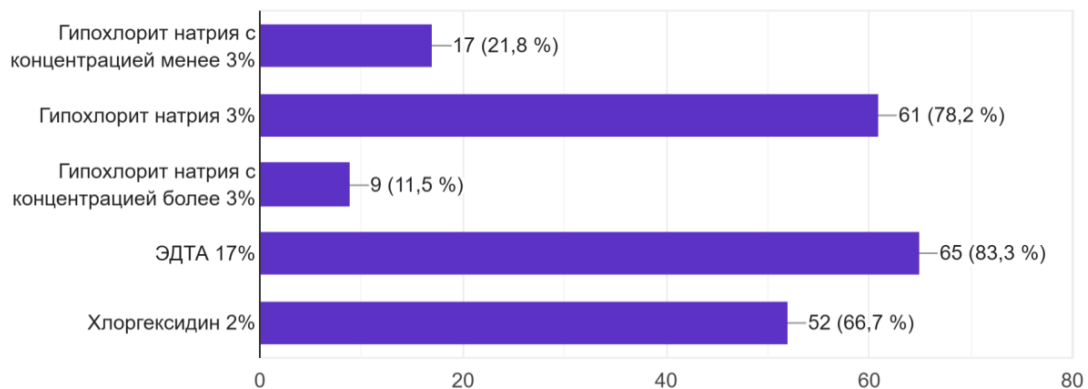


Рисунок 17 – Данные анкетирования врачей-стоматологов о виде ирригационных растворов, применяемых для медикаментозной обработки корневых каналов

Ответы на вопрос о нагревании гипохлорита натрия, распределились следующим образом: большинство респондентов – 46 (59 %) ответили, что не применяют эту методику, во всех случаях применяют нагревание гипохлорита натрия 9 (11,5 %) респондентов, иногда применяют нагревание гипохлорита натрия 19 (24,4 %) респондентов, а применяют только при повторном эндодонтическом лечении – 4 (5,1 %) респондента. На Рисунке 18 представлены данные о распределении ответов опрошенных по вопросу нагревания гипохлорита натрия в стоматологической практике.



Рисунок 18 – Данные анкетирования врачей-стоматологов о нагревании гипохлорита натрия

На вопрос о применении активации ирригационных растворов в процессе эндодонтического лечения, большинство респондентов – 35 (44,9 %) ответили, что применяют ультразвуковую активацию, например насадки IrriSafe и др., 30 респондентов (38,5 %) применяют звуковую активацию, например EndoActivator и др., не используют активацию ирригационных растворов 10 респондентов (12,8 %), используют другие методы – 3 (3,8%) респондента.

Последняя группа вопросов анкеты – это вопросы, посвященные влиянию этапов обработки корневого канала на микротвердость корневого дентина и важности ее сохранения. При анализе вопроса о том, почему важно сохранять микротвердость корневого дентина в процессе эндодонтического лечения, ответы «снижение риска вертикальной трещины корня» и «улучшение прогноза зуба при повторном эндодонтическом лечении» выбрали равное количество человек (по 59 респондентов (75,3 %) на каждый вопрос, соответственно). Ответ «снижение риска перфорации» выбрали 32 (41,6 %) респондента, а ответ «сохранение микротвердости корневого дентина не влияет на все перечисленные факторы» выбрали 5 (6,5 %) респондентов. На Рисунке 19 представлены данные распространенности мнения о причинах важности сохранения микротвердости корневого дентина в процессе эндодонтического лечения, на данный вопрос можно было выбрать несколько вариантов ответов.

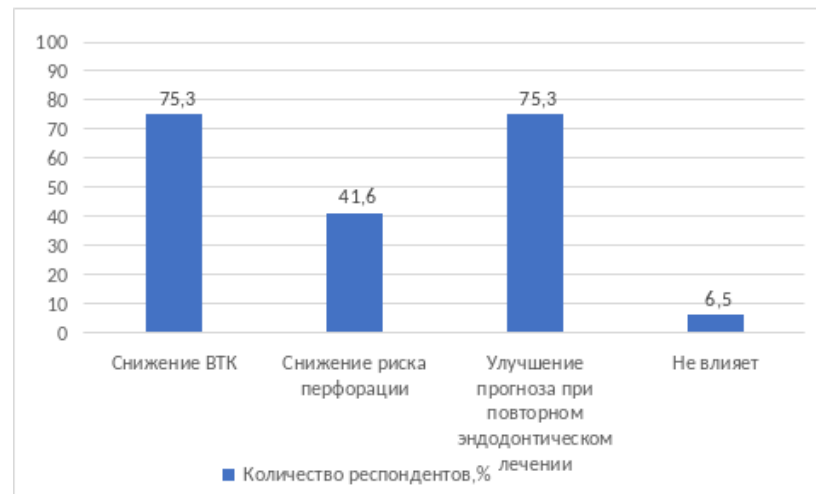


Рисунок 19 – Частота распространенности мнения о значении сохранения микротвердости корневого дентина в процессе эндодонтического лечения

Этапы эндодонтического лечения, которые, по мнению респондентов, могут негативно влиять на микротвердость корневого дентина, расположены в порядке убывания количества врачей, выбравших данный ответ: механическая обработка корневого канала выбрали 68 (87,2 %) респондентов, медикаментозная обработка – 17 (22,8 %), воздействие временной пасты – 16 (20,5 %), активация ирригационного раствора – 11 (14,1 %). На Рисунке 20 представлены данные о распределении ответов по вопросу влияния этапов эндодонтического лечения на микротвердость корневого дентина, врачи имели возможность выбрать несколько вариантов ответа.

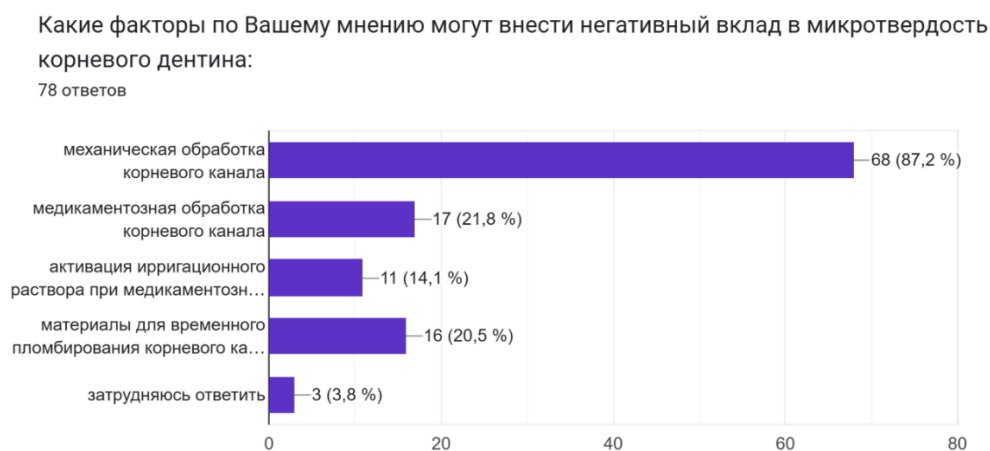


Рисунок 20 – Данные анкетирования врачей-стоматологов об этапах эндодонтического лечения, которые могут внести негативный вклад в микротвердость корневого дентина

При анализе взаимосвязи ответа «активация ирригационного раствора негативно влияет на микротвердость корневого дентина» выявили достоверные взаимосвязи с возрастом и стажем работы врачей-стоматологов. Так врачи более молодого возраста ($31,1 \pm 5,2$ лет) чаще выбирали этот ответ по сравнению с врачами более старшего возраста ($39,6 \pm 9,9$ лет) ($p < 0,001$).

Частота распространенности мнения о негативном вкладе активации ирригационного раствора в микротвердость корневого дентина достоверно уменьшается с увеличением стажа работы респондента. Врачи-стоматологи со стажем работы 1-4 года выбирали этот вариант ответа в 38,5%, при этом ни один врач со стажем работы более 15 лет не выбрал этот вариант ответа, что было статистически значимо ($p = 0,008$). На Рисунке 21 представлены данные о частоте распространенности мнения о негативном влиянии активации ирригационного раствора на микротвердость корневого дентина в зависимости от стажа работы.

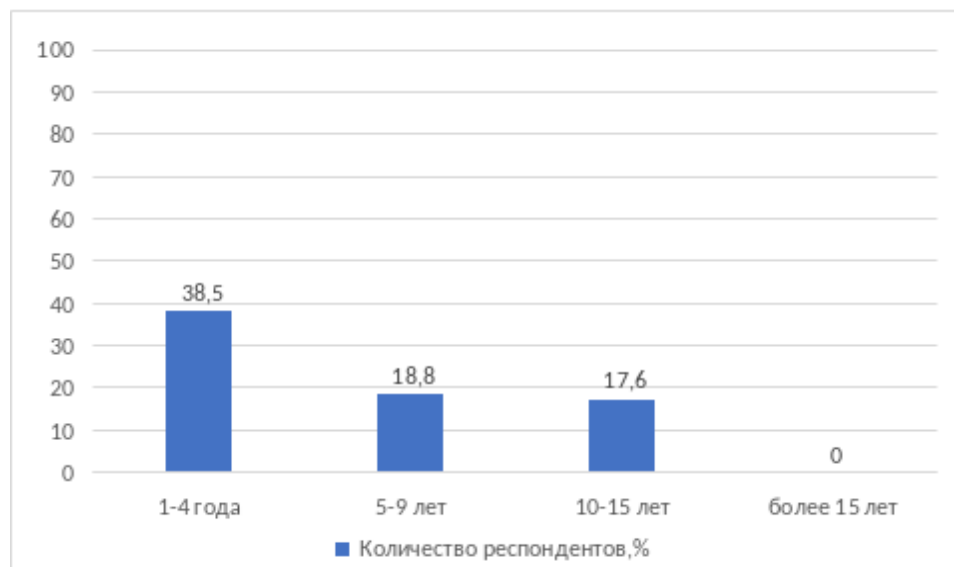


Рисунок 21 – Частота распространенности мнения о негативном вкладе активации ирригационного раствора в микротвердость корневого дентина, в зависимости от стажа работы врача-стоматолога

О том, что на микротвердость дентина может негативно влиять применение временных паст для пломбирования корневого канала, ответили 58 (75 %), не согласны с этим утверждением 20 (25 %) респондентов.

На вопрос «Какие этапы эндодонтического лечения вызывают наибольшие трудности при оценке их влияния на микротвердость корневого дентина и прочность зуба после эндодонтического лечения в целом?» наибольшее количество проанкетированных (48 человек (61 %)) ответили, что оценка влияния изолированных этапов широко представлена в литературе, трудности вызывает оценка их совместного влияния в комплексе эндодонтического лечения конкретного зуба. Далее по убывающей представлены данные об остальных ответах: 18 (23 %) респондентов ответили, что оценка влияния методов активации ирригационных растворов вызывает трудности, 17 (22 %) респондентов ответили, что оценка влияния ирригационных растворов вызывает трудности, 16 (21 %) опрошенных отметили, что оценка влияния конусности инструментов и финального апикального размера вызывает трудности, а 3 (4 %) респондента ответили, что вопрос оценки влияния этапов эндодонтического лечения на микротвердость корневого дентина хорошо представлена в литературе и трудностей не вызывает (Рисунок 22).



Рисунок 22 – Частота распространённости мнения врачей-стоматологов о том, какие этапы эндодонтического лечения вызывают наибольшие трудности при оценке их влияния на микротвердость корневого дентина

Был задан вопрос: считаете ли Вы следующее утверждение верным: «Влияние различных этапов эндодонтического лечения на микротвердость корневого дентина недостаточно изучена» в результате 61 (77,9 %) ответили «да», 8 (10,4 %) ответили «нет» и 9 (11,7 %) ответили «затрудняюсь ответить». На Рисунке 23 представлены данные распространенности мнения о том, что влияние различных этапов эндодонтического лечения на микротвердость корневого дентина недостаточно изучена.

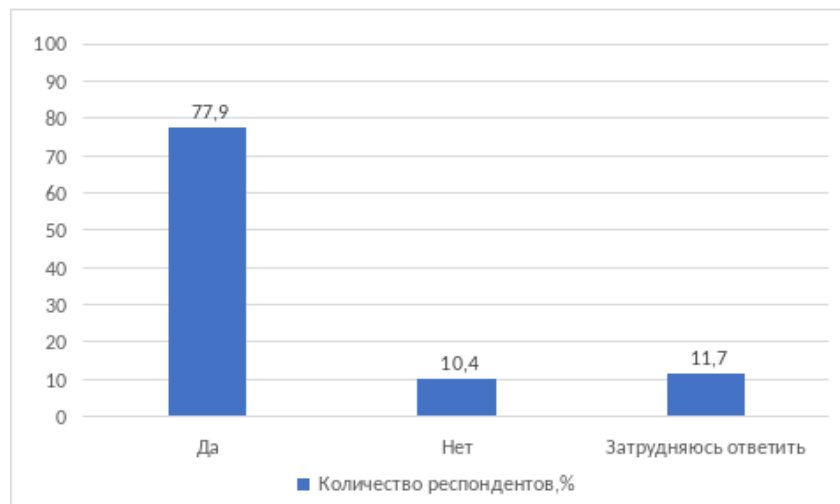


Рисунок 23 – Частота распространенности мнения о том, что влияние различных этапов эндодонтического лечения на микротвердость корневого дентина недостаточно изучена

Мнение о необходимости разработки подходов проведения эндодонтического лечения с сохранением микротвердости зависит от опыта работы врача. Так, врачи, указавшие, что сталкивались с вертикальной трещиной корня в практике, достоверно чаще (94,9 %, $p=0,036$) считают необходимым разрабатывать новые подходы проведения эндодонтического лечения с учетом сохранения микротвердости корневого дентина.

Провели сопоставление ответов на вопрос о том, верно ли утверждение, что влияние этапов эндодонтического лечения на микротвердость корневого дентина недостаточно изучена, и ответов на вопрос о том, для чего нужно сохранять микротвердость корневого дентина. Получили, что специалисты, ответившие, что микротвердость важна для долгосрочного прогноза зуба, достоверно чаще

отвечали, что влияние этапов эндодонтического лечения на микротвердость недостаточно изучена. Среди тех, кто задумывается о важности микротвердости для долгосрочного прогноза зуба, ответ о недостаточном изучении вопроса влияния эндодонтического лечения на микротвердость выбрали 84,5 % опрошенных, ответ «нет» выбрали 10,3% опрошенных, разница была статистически достоверна ($p=0,007$). Косвенно можно заключить, что контингент врачей, интересующихся долгосрочными результатами в своей практической деятельности, считают, что различные аспекты стоматологической работы необходимо исследовать и улучшать с помощью полученных данных.

3.2 Результаты комплексной посегментной оценки микротвердости и модуля упругости корневого дентина эндодонтически необработанных зубов

Для решения второй задачи исследования провели сравнения параметров микротвердости и модуля упругости корневого дентина необработанных зубов.

3.2.1 Результаты сравнения средних значений каждой из третей корня необработанных зубов

В Таблице 4 представлены значения микротвердости и модуля упругости каждой трети корня отдельно, т.е. средние значения всех точек замера всех сегментов каждой из третей корня.

Таблица 4 – Средние значения параметров каждой из третей корня

Показатель	Уровень среза	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
HV (Виккерс)	Устьевая треть	$75,63 \pm 0,58$	$p < 0,05$
	Средняя треть	$77,19 \pm 0,82$	
	Апикальная треть	$79,80 \pm 1,18$	
E _{IT} (ГПа)	Устьевая треть	$19,08 \pm 0,91$	$p < 0,05$
	Средняя треть	$16,30 \pm 1,01$	
	Апикальная треть	$22,52 \pm 1,06$	
Примечание: ¹ Среднее значение \pm стандартное отклонение.			

При сопоставлении средних значений параметров микротвердости каждой из третей корня получили, что наибольшая микротвердость получена в апикальной трети корня ($79,80 \pm 1,18$ HV), наименьший показатель микротвердости получен в устьевой трети корня ($75,63 \pm 0,58$ HV). Наибольший модуль упругости получен в апикальной трети ($22,52 \pm 1,06$ ГПа), наименьший – в средней трети ($16,30 \pm 1,01$ ГПа).

3.2.2 Результаты сравнения средних значений всех одноименных сегментов необработанных зубов

Сравнение всех одноименных сегментов проводили следующим образом: сначала получали средние значения одноименных сегментов всех третей корня (например, среднее значение исследуемого параметра сегментов у канала устьевой, средней и апикальной третей корня), а затем полученные значения сравнивали между собой на предмет достоверности различий. Средние значения параметров микротвердости одноименных сегментов представлены в Таблице 5.

Таблица 5 – Средние значения параметров всех одноименных сегментов образцов группы необработанных зубов

Показатель	Область измерений	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
HV (Виккерс)	Сегменты у канала всех третей корня	$76,57 \pm 1,19$	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.уканала}} < 0,05$ $P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.унар.края}} < 0,05$
	Сегменты середины всех третей корня	$96,25 \pm 2,03$	
	Сегменты у наружного края всех третей корня	$72,70 \pm 1,88$	
E _г (ГПа)	Сегменты у канала всех третей корня	$18,27 \pm 1,19$	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.уканала}} < 0,05$ $P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.унар.края}} < 0,05$
	Сегменты середины всех третей корня	$23,52 \pm 2,06$	
	Сегменты у наружного края всех третей корня	$18,15 \pm 1,04$	

Примечание: ¹ Среднее значение \pm стандартное отклонение.

По параметрам микротвердости всех одноименных сегментов достоверные различия выявлены при апостериорном (попарном) сравнении: наибольшая микротвердость получена в сегментах середины всех третей корня ($96,25 \pm 2,03$ HV). Сегменты середины всех третей корня у необработанных зубов при апостериорном сравнении имеют модуль упругости ($23,52 \pm 2,06$ ГПа) достоверно выше по сравнению как с сегментами у канала всех третей корня, так и сегментами у наружного края всех третей корня.

3.2.3 Результаты сравнения средних значений разноименных сегментов необработанных зубов в пределах одной трети корня

При сравнении средних значений каждого из сегментов в пределах одной трети корня получили, что сегмент середины показывает наиболее высокие показатели. Сравнение средних значений параметров микротвердости и модуля упругости разноименных сегментов *устьевого трети* корня приведены в Таблице 6.

Таблица 6 – Средние значения параметров разноименных сегментов устьевого трети корня необработанных зубов

Показатель	Область измерений	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
HV (Виккерс)	Сегмент у канала (устьевая треть)	$70,38 \pm 1,21$	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм. у канала}} < 0,05$ $P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм. унар. края}} < 0,05$
	Сегмент середины (устьевая треть)	$95,02 \pm 1,98$	
	Сегмент у наружного края (устьевая треть)	$72,70 \pm 2,65$	
E _{IT} (ГПа)	Сегмент у канала (устьевая треть)	$16,17 \pm 1,23$	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм. у канала}} < 0,05$ $P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм. унар. края}} < 0,05$
	Сегмент середины (устьевая треть)	$23,51 \pm 0,50$	
	Сегмент у наружного края (устьевая треть)	$18,61 \pm 1,55$	
Примечание: ¹ Среднее значение \pm стандартное отклонение.			

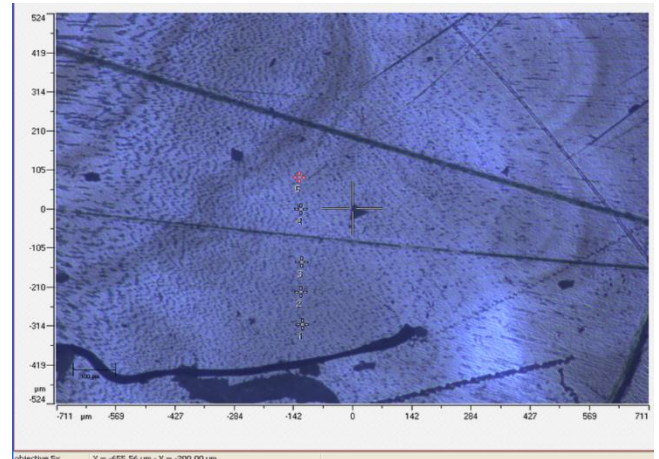
При апостериорном сопоставлении разноименных сегментов устьевого трети корня выявлено, что сегмент середины имеет наибольшую микротвердость ($95,02$

$\pm 1,98$ HV) и наибольший модуль упругости ($23,41 \pm 0,50$ ГПа) по сравнению с сегментом у канала, и по сравнению с сегментом середины.

На Рисунках 24 и 25 представлены микрофотографии образца при устьевой трети корня, а также кривые индентирования.

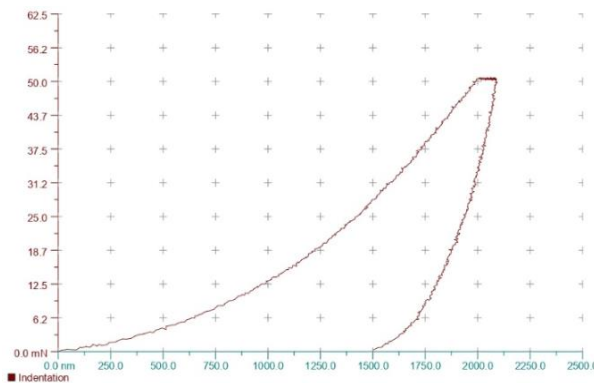


А

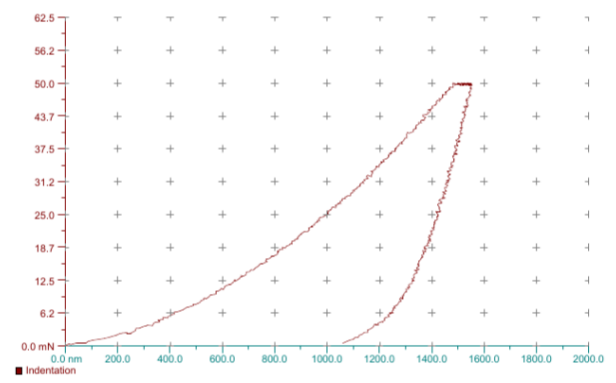


Б

Рисунок 24 – Микрофотография образца устьевой трети корня необработанного зуба в процессе индентирования сегмента у канала. Точки замера выделены красным прямоугольником, точки №1 и №6 пронумерованы (А); Микрофотография образца устьевой трети корня необработанного зуба в процессе индентирования сегмента середины. Точки замера пронумерованы (Б)



А



Б

Рисунок 25 –Кривая индентирования в точке №6 образца, представленного на рисунке 24 А, ось абсцисс – глубина проникновения индентора, ось ординат – нагрузка, горизонтальный участок (выдержка) демонстрирует удержание образца под максимальной нагрузкой 50 мН в течение 10 секунд, глубина проникновения индентора (nm) для данной точки составила 2087,69 нм (А). Кривая индентирования в точке №5 образца, представленного на рисунке 24 Б, глубина проникновения индентора (nm) для данной точки составила 1551,28 нм (Б)

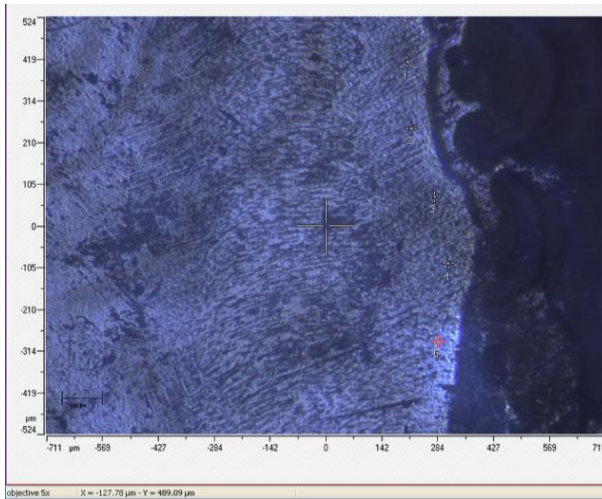
После оценки устьевой трети корня провели сравнение средних значений разноименных сегментов в пределах *средней трети* корня. Сравнение средних значений параметров микротвердости и модуля упругости разноименных сегментов средней трети корня приведены в Таблице 7.

Таблица 7 – Средние значения параметров разноименных сегментов средней трети корня необработанных зубов

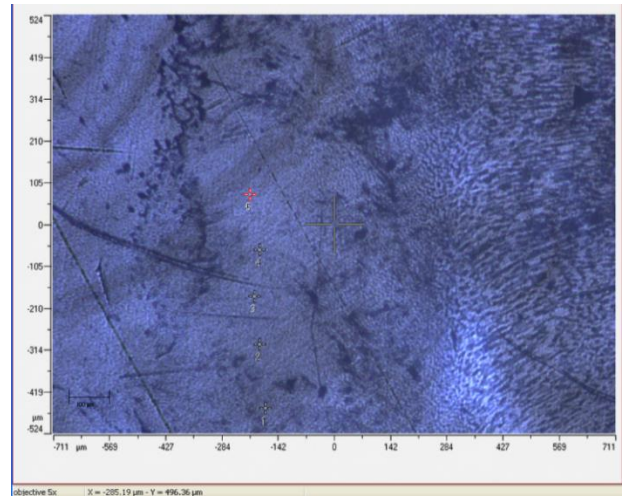
Показатель	Область измерений	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
HV (Виккерс)	Сегмент у канала (средняя треть)	73,94 ± 0,89	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.уканала}} < 0,05$ $P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.унар.края}} < 0,05$
	Сегмент середины (средняя треть)	97,34 ± 2,45	
	Сегмент у наружного края (средняя треть)	72,22 ± 3,18	
E _{IT} (ГПа)	Сегмент у канала (средняя треть)	17,34 ± 1,67	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.уканала}} < 0,05$ $P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.унар.края}} < 0,05$
	Сегмент середины (средняя треть)	21,07 ± 1,05	
	Сегмент у наружного края (средняя треть)	17,08 ± 1,27	
Примечание: ¹ Среднее значение ± стандартное отклонение.			

При оценке разноименных сегментов средней трети корня выявлено, что сегмент середины имеет наибольшую микротвердость (97,34 ± 2,45 HV) и наибольший модуль упругости (21,87±1,55 ГПа) по сравнению как с сегментом у канала, так и с сегментом у наружного края.

На Рисунках 26 и 27 представлены микрофотографии и кривые индентирования образцов средней трети корня.

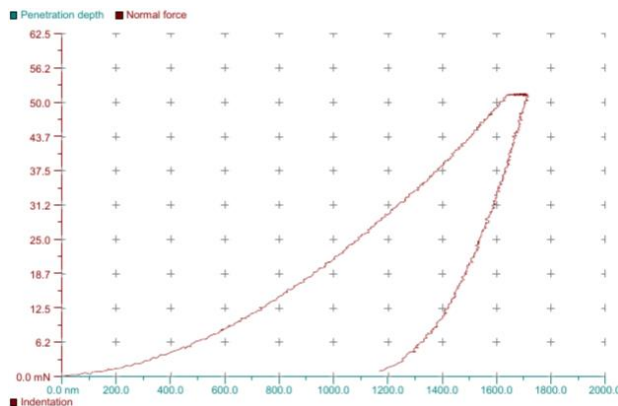


А

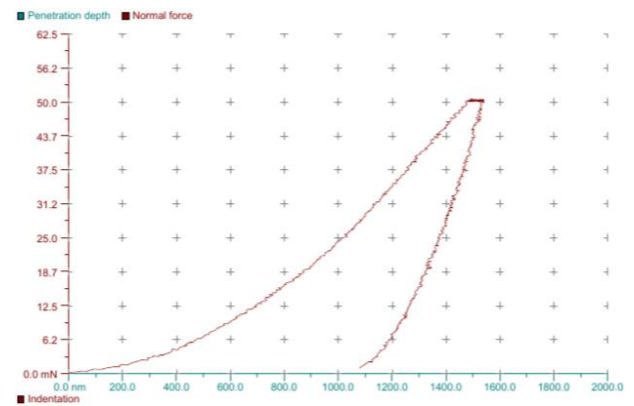


Б

Рисунок 26 – Микрофотография образца средней трети корня необработанного зуба в процессе индентирования сегмента у канала, точки замера пронумерованы (А); микрофотография образца средней трети корня необработанного зуба в процессе индентирования сегмента середины, точки замера пронумерованы (Б)



А



Б

Рисунок 27 – Кривая индентирования в точке №5 представленного на рисунке 26 А образца, ось абсцисс – глубина проникновения индентора, ось ординат – нагрузка, горизонтальный участок (выдержка) демонстрирует удержание образца под максимальной нагрузкой 50 мН в течении 10 секунд, глубина проникновения индентора (nm) для данной точки составила 1706,68 нм (А); кривая индентирования в точке №5 представленного на рисунке 26 Б образца, глубина проникновения индентора (nm) для данной точки составила 1538,05 нм (Б)

Далее провели сравнение средних значений параметров микротвердости и модуля упругости разноименных сегментов *апикальной трети*. Результаты измерений параметров микротвердости и модуля упругости приведены в Таблице 8.

Таблица 8 – Средние значения параметров разноименных сегментов апикальной трети корня

Показатель	Область измерений	$M \pm SD^1$	P
HV (Виккерс)	Сегмент у канала (апикальная треть)	$77,60 \pm 1,36$	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.уканала}} < 0,05$
	Сегмент середины (апикальная треть)	$99,08 \pm 3,35$	
	Сегмент у наружного края (апикальная треть)	$76,27 \pm 2,49$	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.унар.края}} < 0,05$
E _{IT} (ГПа)	Сегмент у канала (апикальная треть)	$22,25 \pm 1,04$	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.уканала}} < 0,05$
	Сегмент середины (апикальная треть)	$25,44 \pm 0,70$	
	Сегмент у наружного края (апикальная треть)	$21,13 \pm 1,21$	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.унар.края}} < 0,05$
Примечание: ¹ Среднее значение \pm стандартное отклонение.			

При попарном сравнении образцов апикальной трети корня выявлены соотношения аналогичные средней трети, а именно сегмент середины имеет наибольшую микротвердость ($99,08 \pm 3,35$ HV) и наибольший модуль упругости ($25,44 \pm 0,70$ ГПа).

На Рисунках 28 и 29 представлены микрофотография образца при апикальной трети корня, а также кривые индентирования.

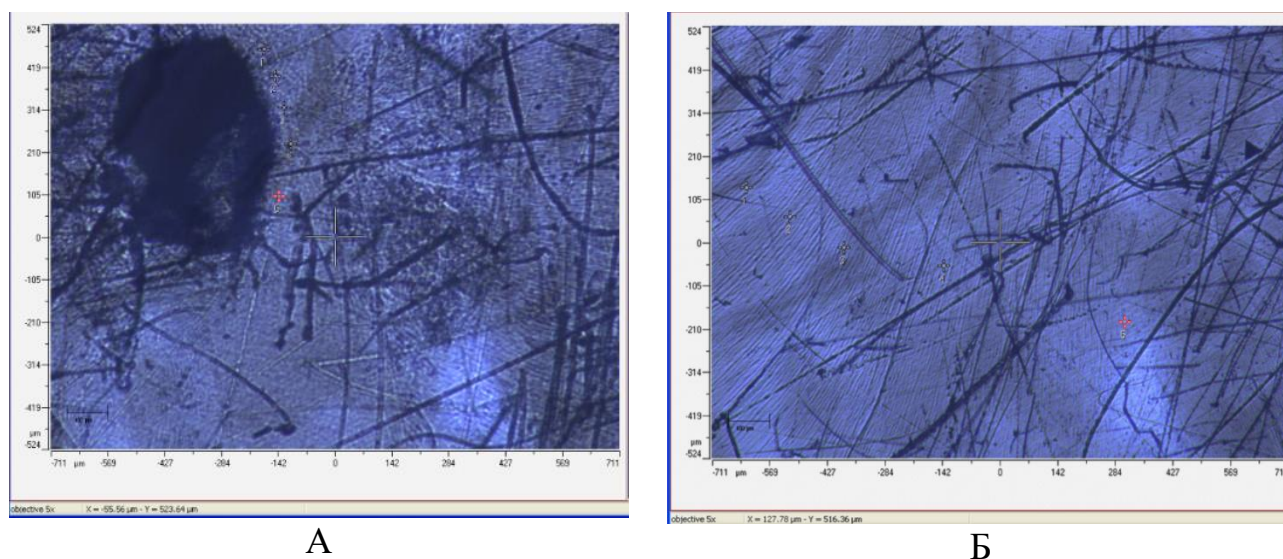


Рисунок 28 – Микрофотография образца апикальной части корня в процессе индентирования сегмента у канала, точки замера пронумерованы (А); микрофотография образца апикальной части корня необработанного зуба в процессе индентирования сегмента середины, точки замера пронумерованы (Б)

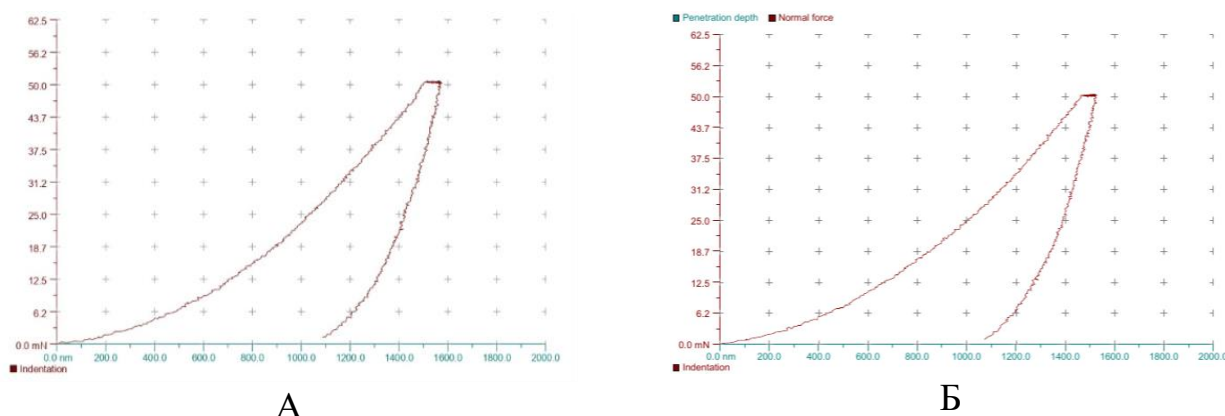


Рисунок 29 – Кривая индентирования в точке №5 представленного на рисунке 28 А образца, ось абсцисс – глубина проникновения индентора, ось ординат – нагрузка, горизонтальный участок (выдержка) демонстрирует удержание образца под максимальной нагрузкой 50 мН в течении 10 секунд, глубина проникновения индентора (nm) для данной точки составила 1570,85 нм (А); кривая индентирования в точке №5 представленного на рисунке 28 Б образца, глубина проникновения индентора (nm) для данной точки составила 1524,96 нм (Б)

3.2.4 Результаты сравнения средних значений одноименных сегментов различных третей корня необработанных зубов

Далее сравнивали средние значения одноименного сегмента различных третей корня. Сравнение средних значений параметров микротвердости и модуля упругости *сегмента у канала* различных третей корня представлены в Таблице 9.

Таблица 9 – Средние значения параметров сегмента у канала различных третей корня

Показатель	Область измерений	$M \pm SD^1$	P
HV (Виккерс)	Сегмент у канала (устьевая треть)	$70,38 \pm 1,21$	$p < 0,05$
	Сегмент у канала (средняя треть)	$73,94 \pm 0,89$	
	Сегмент у канала (апикальная треть)	$77,60 \pm 1,36$	
E _{IT} (ГПа)	Сегмент у канала (устьевая треть)	$16,17 \pm 1,23$	$p > 0,05$
	Сегмент у канала (средняя треть)	$17,34 \pm 1,67$	
	Сегмент у канала (апикальная треть)	$22,25 \pm 3,54$	

Примечание: ¹ Среднее значение \pm стандартное отклонение.

При оценке сегмента у канала выявлено, что микротвердость достоверно возрастает от устьевой трети корня к апикальной трети, сегмент у канала апикальной трети корня имеет наибольшую микротвердость $-77,6 \pm 1,36$ HV. По модулю упругости достоверных различий не получили.

Провели сравнение параметров микротвердости и модуля упругости *сегмента середины* всех третей корня (Таблица 10).

Таблица 10 – Средние значения параметров сегмента середины различных третей корня

Показатель	Область измерений	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
HV (Виккерс)	Сегмент середины (устьевая треть)	$95,02 \pm 1,98$	$p > 0,05$
	Сегмент середины (средняя треть)	$97,34 \pm 2,45$	
	Сегмент середины (апикальная треть)	$99,08 \pm 3,35$	
E _{IT} (ГПа)	Сегмент середины (устьевая треть)	$23,51 \pm 0,50$	$p < 0,05$
	Сегмент середины (средняя треть)	$21,07 \pm 1,05$	
	Сегмент середины (апикальная треть)	$25,44 \pm 0,70$	
Примечание: ¹ Среднее значение \pm стандартное отклонение.			

При оценке сегмента середины по параметрам микротвердости достоверных различий между устьевой, средней и апикальной третями корня выявлено не было. Модуль упругости сегмента середины достоверно снижается от устьевой средней трети корня, затем снова повышается и наиболее высок в апикальной трети корня ($25,44 \pm 0,70$ ГПа).

Провели сравнение параметров микротвердости и модуля упругости *сегмента у наружного края* различных третей корня. Сравнение средних значений параметров сегментов у наружного края представлены в Таблице 11.

Таблица 11 – Средние значения параметров сегментов у наружного края различных третей корня

Показатель	Область измерений	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
HV (Виккерс)	Сегмент у наружного края (устьевая треть)	$72,70 \pm 2,65$	$p > 0,05$
	Сегмент у наружного края (средняя треть)	$72,22 \pm 3,18$	
	Сегмент у наружного края (апикальная треть)	$76,27 \pm 2,49$	
ЕГ (ГПа)	Сегмент у наружного края (устьевая треть)	$18,61 \pm 1,55$	$p > 0,05$
	Сегмент у наружного края (средняя треть)	$17,08 \pm 1,97$	
	Сегмент у наружного края (апикальная треть)	$21,13 \pm 3,21$	
Примечание: ¹ Среднее значение \pm стандартное отклонение.			

При оценке сегмента у наружного края различных третей корня по микротвердости и модулю упругости достоверных различий не выявлено.

3.2.5 Обобщенные результаты комплексной посегментной оценки микротвердости и модуля упругости необработанных зубов

На основании комплексной посегментной оценки необработанных зубов определен эталонный градиент микротвердости и модуля упругости корня зуба. Ниже обобщены представленные ранее достоверные различия:

1) *Градиент на уровне третей корня:*

а. **Микротвердость** увеличивается от устьевой трети корня к апикальной трети, апикальная треть корня обладает наибольшей микротвердостью.

б. **Модуль упругости** уменьшается от устьевой трети корня к средней трети, а затем увеличивается к апикальной трети, средняя треть корня обладает наименьшим модулем упругости, апикальная треть – наибольшим.

Градиент на уровне сегментов:

3) По горизонтали:

а. Градиент параметров следующий: от сегмента у канала к сегменту середины **микротвердость** и **модуль упругости** увеличиваются, а от середины к наружному краю оба показателя снижаются. Это изменение достоверно как при сравнении всех одноименных сегментов, так и при оценке разноименных сегментов в пределах каждой из третей корня. Таким образом, сегмент середины на всем протяжении корня обладает наибольшим модулем упругости и наибольшей микротвердостью.

4) По вертикали:

а. **Микротвердость** в сегменте у канала увеличивается от устьевой трети к апикальной трети корня.

б. **Модуль упругости** в сегменте середины уменьшается от устьевой трети корня к средней трети, а от средней трети корня к апикальной – увеличивается.

Для наглядности изменения параметров приведены далее с применением схемы (Рисунок 30).



Рисунок 30 – Схема представления результатов микротвердости и модуля упругости: рисунок представляет собой треть корня зуба с указанием расположения сегментов, в них будут указаны значения, определенные для данного сегмента, нижняя часть – место для среднего значения параметра для трети корня в целом

На схемах полученные десятичные дроби округлены до десятых, а также даны без стандартных отклонений для удобства восприятия (Рисунок 31).

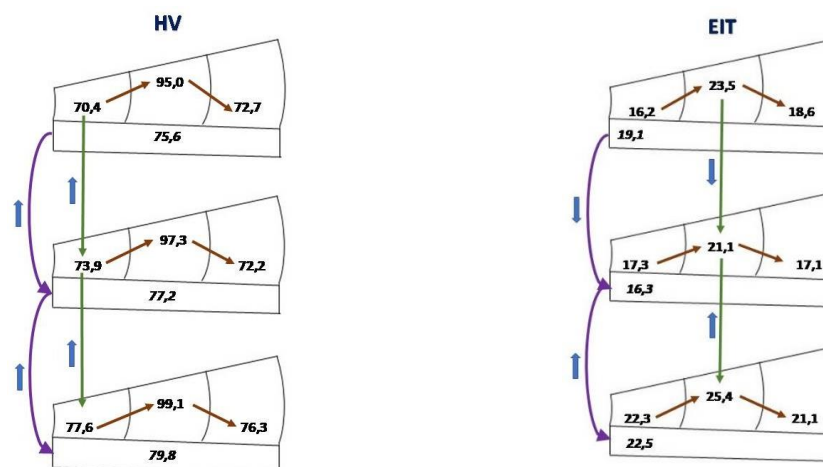


Рисунок 31 – Схематичное изображение эталонного градиента микротвердости (HV) и модуля упругости (EIT) корня зуба. Стрелками указаны выявленные в ходе комплексной посегментной оценки достоверные различия. Коричневыми стрелками представлены различия между разноименными сегментами одной трети корня, направление стрелки указывает на достоверное увеличение или уменьшение. Зеленые и фиолетовые стрелки указывают на достоверно различающиеся сегменты/трети корня, синяя стрелка указывает какое различие выявлено (увеличение или уменьшение)

3.3 Результаты исследования влияния способа применения ирригационного раствора в корневых каналах зубов, механически обработанных до конусности 06, на изменение микротвердости и модуля упругости корневого дентина

Для решения третьей задачи исследования провели сравнение микротвердости и модуля упругости корневого дентина образцов, обработанных до конусности 06 при различных способах применения ирригационного раствора. Для оценки изменений градиента микротвердости и модуля упругости сравнивали средние значения третей корня и сегментов согласно последовательности, описанной в главе 2 «Материалы и методы исследования».

В начале раздела представлены результаты, показывающие вновь образованные градиенты указанных параметров, не присущие эталону. Эти результаты характеризуют степень изменения природных характеристик зуба в результате эндодонтической обработки. Затем даны результаты, показывающие

градиенты, присущие эталону, и оставшиеся неизменными после эндодонтической обработки. Если рассматривать вклад градиента микротвердости и модуля упругости в прочность зуба после эндодонтического лечения, то вновь образованные градиенты, не присущие эталону, можно назвать негативным вкладом, а градиенты, оставшиеся идентичными эталону, можно отнести к положительному вкладу.

3.3.1 Вновь образованные градиенты, не присущие эталону, образцов группы 1 «Без активации» с конусностью 06

Достоверное снижение микротвердости зафиксировано от средней трети корня к апикальной (Таблица 12).

Таблица 12 – Средние значения параметров микротвердости образцов группы 1 «Без активации» в зависимости от трети корня

Показатель	Уровень среза	M ± SD ¹	P
HV (Виккерс)	Средняя треть	75,68 ± 1,02	p < 0,05
	Апикальная треть	73,35 ± 0,91	
Примечание: ¹ Среднее значение ± стандартное отклонение.			

Достоверную разницу образцов данной группы выявили при оценке сегментов у канала различных третей корня, а именно микротвердость достоверно снижается от сегмента у канала устьевой трети к сегменту у канала апикальной трети корня (Таблица 13).

Таблица 13 – Средние значения параметров сегмента у канала различных третей корня

Показатель	Область измерений	M ± SD ¹	P
HV (Виккерс)	Сегмент у канала (устьевая треть)	65,03 ± 1,14	p < 0,05
	Сегмент у канала (средняя треть)	61,17 ± 1,08	
	Сегмент у канала (апикальная треть)	58,15 ± 0,82	
Примечание: ¹ Среднее значение ± стандартное отклонение.			

По модулю упругости не было выявлено вновь образованных градиентов, не присущих эталону.

На Рисунках 32 и 33 представлены микрофотографии образцов, обработанных до конусности 06 из группы 1 «Без активации», а также кривые индентирования.

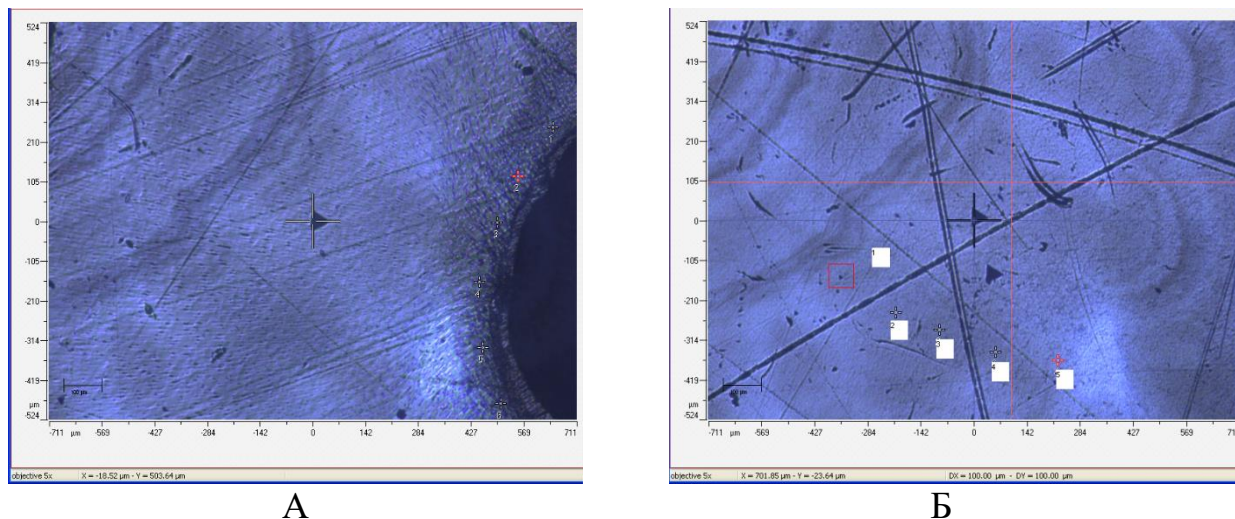


Рисунок 32 – Микрофотография образца устьевой трети корня из группы 1 «Без активации» в процессе индентирования сегмента у канала (А) и сегмента середины (Б). Точки замера пронумерованы

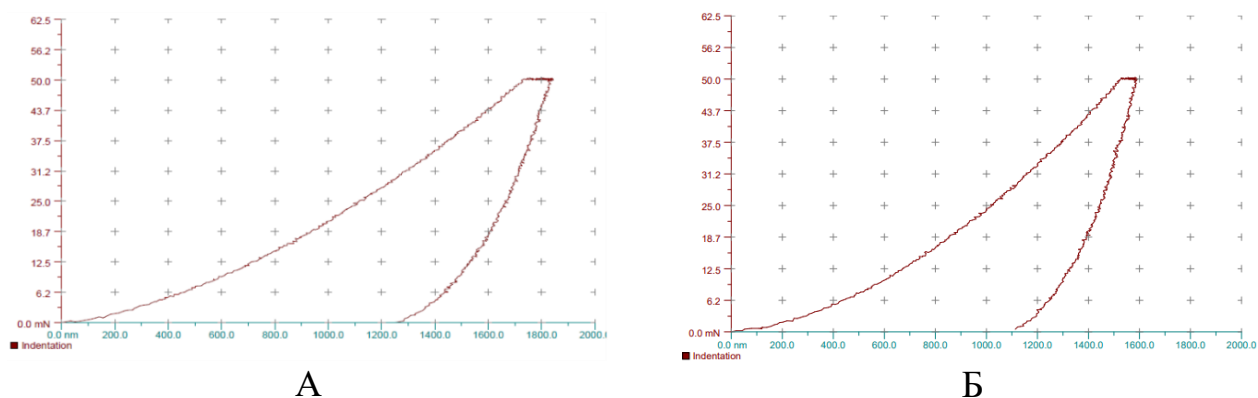


Рисунок 33 – Кривая индентирования в точке №2 (выделена красным) образца с рисунка 32 А, ось абсцисс – глубина проникновения индентора, ось ординат – нагрузка, горизонтальный участок (выдержка) демонстрирует удержание образца под максимальной нагрузкой 50 мН в течении 10 секунд, глубина проникновения индентора (nm) для данной точки составила 1838,07 нм (А). Кривая индентирования в точке №5 (выделена красным) образца с рисунка 32 Б, глубина проникновения индентора (nm) для данной точки составила 1589,47 нм (Б)

3.3.2 Градиенты, идентичные эталону, образцов группы 1 «Без активации» с конусностью 06

Среди градиентов, сохранившихся идентичными эталону, после эндодонтической обработки до конусности 06 с применением ирригации с помощью эндодонтического шприца, остался градиент горизонтального направления. Сравнение средних значений всех сегментов у канала по сравнению со всеми сегментами середины и со всеми сегментами у наружного края представлены в Таблице 14.

Таблица 14 – Средние значения параметров всех одноименных сегментов образцов группы 1 «Без активации» с конусностью 06

Показатель	Область измерений	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
HV (Виккерс)	Сегменты у канала всех третей корня	$64,87 \pm 1,09$	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.уканала}} < 0,05$ $P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.унар.края}} < 0,05$
	Сегменты середины всех третей корня	$89,75 \pm 2,06$	
	Сегменты у наружного края всех третей корня	$67,70 \pm 1,18$	
E _{IT} (ГПа)	Сегменты у канала всех третей корня	$17,27 \pm 1,19$	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.уканала}} < 0,05$ $P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.унар.края}} < 0,05$
	Сегменты середины всех третей корня	$22,12 \pm 0,36$	
	Сегменты у наружного края всех третей корня	$18,78 \pm 0,94$	
Примечание: ¹ Среднее значение \pm стандартное отклонение.			

У образцов группы 1 «Без активации» с конусностью 06 среднее значение микротвердости и модуля упругости всех сегментов середины достоверно больше по сравнению с сегментами у канала и сегментами у наружного края, следовательно, сохраняется градиент, идентичный эталону.

На основании комплексной посегментной оценки образцов, обработанных до конусности 06, из группы 1 «Без активации» выявлены изменения относительно эталонного градиента, а именно:

1. *Градиент по вертикали:*

а. от средней трети корня к апикальной трети выявлено снижение **микротвердости**. По **модулю упругости** достоверных различий между третями корня не обнаружено.

б. при сравнении сегментов у канала различных третей корня выявили снижение **микротвердости** от устьевой трети к апикальной. По **модулю упругости** достоверных различий между одноименными сегментами не выявлено.

2. *Градиент горизонтали:* при оценке сегментов в горизонтальном направлении градиент как **микротвердости**, так и **модуля упругости** остается идентичным эталону как при сравнении средних значений одноименных сегментов.

Для наглядности изменения параметров приведены с применением описанной выше схемы. На схемах десятичные дроби округлены до десятых, а также даны без стандартных отклонений для удобства восприятия (Рисунок 34).

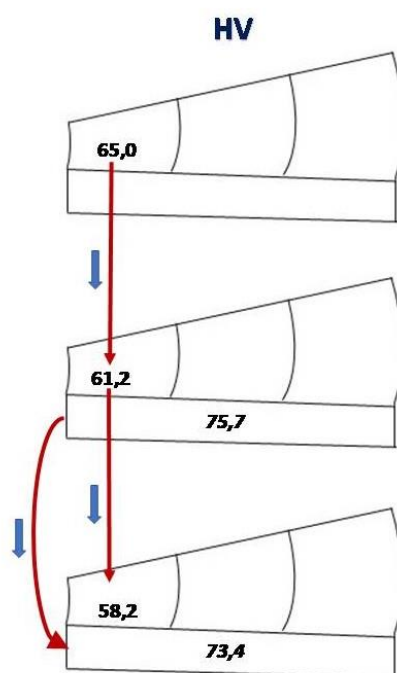


Рисунок 34 – Схематичное изображение градиента микротвердости образцов, обработанных до конусности 06, из группы 1 «Без активации». Красные стрелки указывают изменения градиента, отличные от эталонного, направление красной стрелки указывает от какого числа к какому произошло изменение, синяя стрелка рядом указывает какое изменение достоверно зафиксировано (увеличение/уменьшение)

3.3.3 Вновь образованные градиенты, не присущие эталону, образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 06

Достоверное снижение микротвердости зафиксировано от средней трети корня к апикальной трети при оценке средних значений каждой из третей корня (Таблица 15).

Таблица 15 – Средние значения параметров микротвердости третей корня образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 06

Показатель	Уровень среза	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
HV (Виккерс)	Средняя треть	74,83 ± 1,30	p < 0,05
	Апикальная треть	69,94 ± 0,63	
Примечание: ¹ Среднее значение ± стандартное отклонение.			

При оценке сегментов у канала различных третей корня было выявлено достоверное снижение микротвердости от сегмента у канала устьевой трети к одноименному сегменту апикальной трети. В области сегментов середины достоверное снижение микротвердости зафиксировано от средней трети корня к апикальной трети корня (Таблица 16).

Таблица 16 – Средние значения параметров микротвердости одноименных сегментов различных третей корня образцов группы 2 «Звуковая активация»

Показатель	Область измерений	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
HV(Виккерс)	Сегмент у канала (устьевая треть)	73,10 ± 1,06	p < 0,05
	Сегмент у канала (средняя треть)	70,21 ± 0,45	
	Сегмент у канала (апикальная треть)	68,50 ± 0,68	
	Сегмент середины (средняя треть)	79,36 ± 2,01	p < 0,05
	Сегмент середины (апикальная треть)	69,68 ± 1,05	
Примечание: ¹ Среднее значение ± стандартное отклонение.			

По модулю упругости у образцов группы 2 «Звуковая активация», обработанных до конусности 0б, не было выявлено вновь образованных градиентов, не присущих эталону.

На Рисунках 35 и 36 представлены микрофотографии образцов, обработанных до конусности 0б, группы 2 «Звуковая активация» при замере сегмента у канала устьевой и апикальной трети корня, а также кривые индентирования.

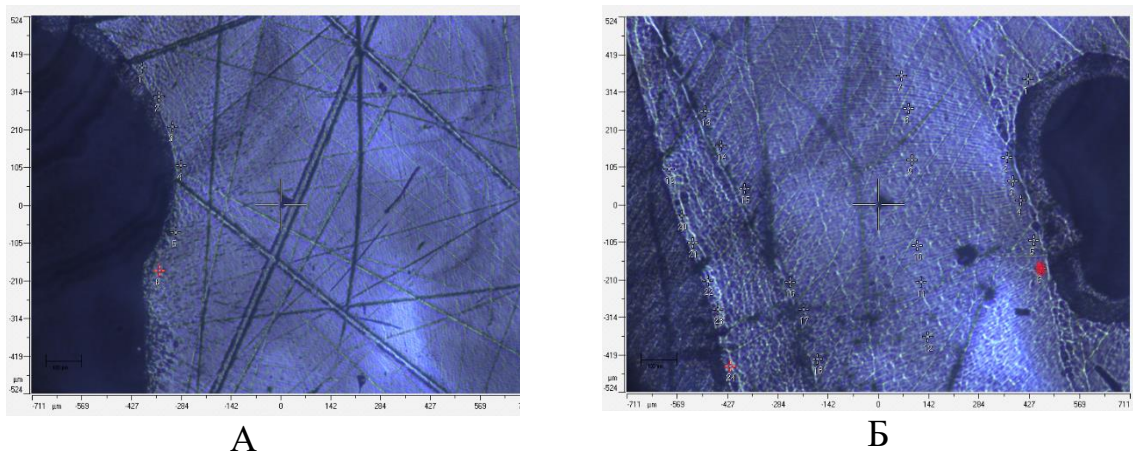


Рисунок 35 – Микрофотография образца устьевой трети корня (А) и апикальной трети корня (Б) из группы 2 «Звуковая активация» в процессе индентирования сегмента у канала. Точки замера пронумерованы

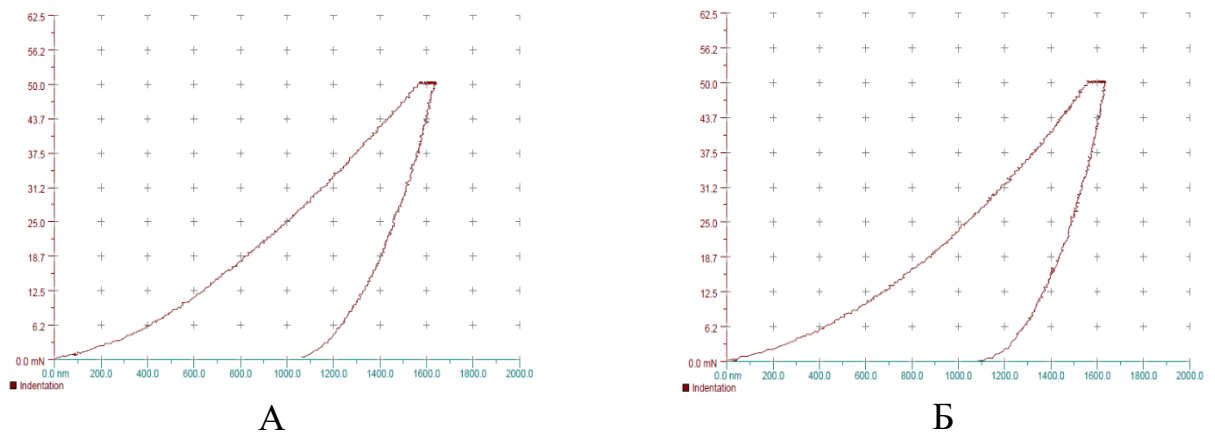


Рисунок 36 – Кривая индентирования в точке №6 (выделена красным) образца с рисунка 35 А, ось абсцисс – глубина проникновения индентора, ось ординат – нагрузка, горизонтальный участок (выдержка) демонстрирует удержание образца под максимальной нагрузкой 50 мН в течение 10 секунд, глубина проникновения индентора (nm) для данной точки составила 1636.44 нм (А); Кривая индентирования в точке №6 (выделена красным) образца с рисунка 35 Б, глубина проникновения индентора (nm) для данной точки составила 1632.85 нм (Б)

3.3.4 Градиенты, идентичные эталону, образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 06

Среди градиентов, сохранившихся идентичными эталону, после эндодонтической обработки до конусности 06 с применением звуковой активации ирригационного раствора, остался градиент горизонтального направления. Сравнение средних значений всех сегментов у канала по сравнению со всеми сегментами середины и со всеми сегментами у наружного края представлены в Таблице 17.

Таблица 17 – Средние значения параметров всех одноименных сегментов образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 06

Показатель	Область измерений	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
HV (Виккерс)	Сегменты у канала всех третей корня	$71,57 \pm 2,19$	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.уканала}} < 0,05$ $P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.унар.края}} < 0,05$
	Сегменты середины всех третей корня	$78,75 \pm 1,13$	
	Сегменты у наружного края всех третей корня	$70,65 \pm 1,38$	
EIT (ГПа)	Сегменты у канала всех третей корня	$17,47 \pm 1,29$	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.уканала}} < 0,05$ $P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.унар.края}} < 0,05$
	Сегменты середины всех третей корня	$22,92 \pm 0,46$	
	Сегменты у наружного края всех третей корня	$16,78 \pm 1,47$	
Примечание: ¹ Среднее значение \pm стандартное отклонение.			

У образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 06 среднее значение микротвердости и модуля упругости всех сегментов середины достоверно больше по сравнению с сегментами у канала и сегментами у наружного края, следовательно, сохраняется градиент, идентичный эталону.

На основании комплексной посегментной оценки образцов, обработанных до конусности 06, из группы 2 «Звуковая активация» выявлены изменения относительно эталонного градиент, а именно:

1. Градиент по вертикали:

a. от средней трети корня к апикальной трети выявлено снижение **микротвердости**. По **модулю упругости** достоверных различий между третями корня не обнаружено;

b. при сравнении сегментов у канала различных третей корня выявили, что **микротвердость** снижается от устьевой к апикальной трети корня. В сегменте середины микротвердость уменьшается от средней к апикальной трети корня. По **модулю упругости** достоверных изменений не выявлено.

2. Градиент по горизонтали:

a. при оценке сегментов в горизонтальном направлении в апикальной трети корня выявили отсутствие градиента **микротвердости**;

b. при сравнении средних значений одноименных сегментов градиент как **микротвердости**, так и **модуля упругости** остается идентичным эталону.

Для наглядности изменения параметров приведены с применением описанной выше схемы. На схемах десятичные дроби округлены до десятых, а также даны без стандартных отклонений для удобства восприятия (Рисунок 37).

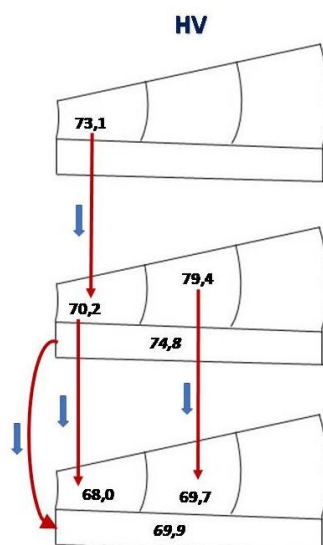


Рисунок 37 – Схематичное изображение градиента микротвердости (А) образцов, обработанных до конусности 06, из группы 2 «Звуковая активация». Красные стрелки указывают изменения градиента, отличные от эталонного, направление красной стрелки указывает от какого числа к какому произошло изменение, синяя стрелка рядом указывает какое изменение достоверно зафиксировано (увеличение/уменьшение)

3.3.5 Вновь образованные градиенты, не присущие эталону, образцов группы 3 «Ультразвуковая активация» с конусностью 06

При оценке средних значений микротвердости различных третей корня выявили, что от средней трети к апикальной наблюдается достоверное уменьшение микротвердости (Таблица 18).

Таблица 18 – Средние значения параметров микротвердости каждой из третей корня образцов группы 3 «Ультразвуковая активация» с конусностью 06

Показатель	Уровень среза	М ± SD ¹	P
HV (Виккерс)	Средняя треть	74,08 ± 1,02	p < 0,05
	Апикальная треть	69,05 ± 0,53	
Примечание: ¹ Среднее значение ± стандартное отклонение.			

При оценке сегментов у канала различных третей корня было выявлено достоверное снижение микротвердости от сегмента у канала устьевой трети к одноименному сегменту апикальной трети, и то же для сегментов середины (Таблица 19).

Таблица 19 – Средние значения параметров микротвердости одноименных сегментов различных третей корня образцов группы 3 «Ультразвуковая активация» с конусностью 06

Показатель	Область измерений	М ± SD ¹	P
HV(Виккерс)	Сегмент у канала (устьевая треть)	72,86 ± 1,06	p < 0,05
	Сегмент у канала (средняя треть)	71,05 ± 0,45	
	Сегмент у канала (апикальная треть)	69,50 ± 0,68	
	Сегмент середины (устьевая треть)	87,92 ± 1,19	p < 0,05
	Сегмент середины (средняя треть)	85,33 ± 1,05	
	Сегмент середины (апикальная треть)	79,78 ± 2,01	
Примечание: ¹ Среднее значение ± стандартное отклонение. * Различия считаются достоверными при p ≤ 0,05.			

По модулю упругости у образцов группы 3 «Ультразвуковая активация», обработанных до конусности 06, не было выявлено вновь образованных градиентов, не присущих эталону.

3.3.6 Градиенты, идентичные эталону, образцов группы 3 «Ультразвуковая активация» с конусностью 06

Среди градиентов, сохранившихся идентичными эталону, после эндодонтической обработки до конусности 06 с применением пассивной ультразвуковой активации ирригационного раствора, остались градиенты горизонтального направления. Сравнение средних значений всех сегментов у канала по сравнению со всеми сегментами середины и со всеми сегментами у наружного края представлены в Таблице 20.

Таблица 20 – Средние значения параметров всех одноименных сегментов образцов группы 3 «Ультразвуковая активация» с конусностью 06

Показатель	Область измерений	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
HV (Виккерс)	Сегменты у канала всех третей корня	$70,97 \pm 3,19$	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.уканала}} < 0,05$ $P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.унар.края}} < 0,05$
	Сегменты середины всех третей корня	$84,45 \pm 3,15$	
	Сегменты у наружного края всех третей корня	$70,27 \pm 2,48$	
E _{IT} (ГПа)	Сегменты у канала всех третей корня	$17,64 \pm 1,19$	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.уканала}} < 0,05$ $P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.унар.края}} < 0,05$
	Сегменты середины всех третей корня	$20,91 \pm 1,06$	
	Сегменты у наружного края всех третей корня	$17,56 \pm 0,74$	
Примечание: ¹ Среднее значение \pm стандартное отклонение.			

У образцов группы 3 «Ультразвуковая активация» с конусностью 06 среднее значение микротвердости и модуля упругости всех сегментов середины достоверно больше по сравнению с сегментами у канала и сегментами у наружного края, следовательно, сохраняется градиент, идентичный эталону.

На основании комплексной посегментной оценки образцов, обработанных до конусности 06, группы 3 «Ультразвуковая активация» выявлены изменения относительно эталонного градиента, а именно:

3. *Градиент по вертикали:*

а. от средней трети корня к апикальной трети выявлено снижение **микротвердости**. По **модулю упругости** достоверных различий между третями корня не обнаружено;

б. при сравнении как сегментов у канала, так и сегментов середины различных третей корня выявили, что **микротвердость** снижается от устьевой к апикальной трети корня. По **модулю упругости** достоверных различий между одноименными сегментами не выявлено.

4. *Градиент по горизонтали:* при сравнении средних значений одноименных сегментов в горизонтальном направлении градиент **микротвердости** и **модуля упругости** остается идентичным эталону.

Для наглядности изменения параметров приведены далее с применением описанной выше схемы. На схемах десятичные дроби округлены до десятых, а также даны без стандартных отклонений для удобства восприятия (Рисунок 38).

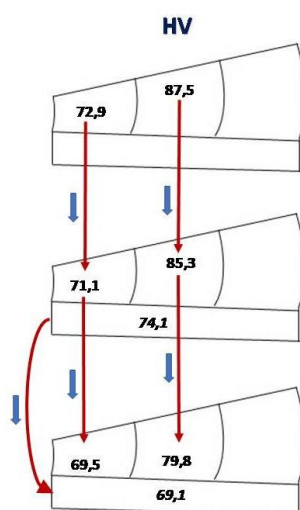


Рисунок 38 – Схематичное изображение градиента микротвердости образцов, обработанных до конусности 06, группы 3 «Ультразвуковая активация». Красные стрелки указывают изменения градиента, отличные от эталонного, направление красной стрелки указывает от какого числа к какому произошло изменение, синяя стрелка рядом указывает какое изменение достоверно зафиксировано (увеличение/уменьшение)

Итоговая оценка влияния способа применения ирригационного раствора при конусности канала 06. При всех трех способах применения ирригационного раствора наибольшим изменениям подвергается градиент микротвердости в вертикальном направлении. При всех трех способах на уровне третьей трети корня наблюдается снижение микротвердости от устьевой трети к апикальной; на уровне сегментов выявлен градиент микротвердости, обратный эталонному, т.е. микротвердость уменьшается от сегмента у канала устьевой трети к сегменту у канала апикальной трети корня. При звуковой активации градиент микротвердости изменяется в сегменте середины, а именно микротвердость уменьшается от средней трети корня к апикальной трети. При ультразвуковой активации градиент снижения микротвердости наблюдается также в сегменте середины, но определяется от устьевой трети корня к апикальной трети. Изменение градиента микротвердости в горизонтальном направлении определяется только при звуковой активации, а именно в сегментах апикальной трети корня не определяется какого-либо градиента между сегментами у канала, середины и у наружного края. По модулю упругости у всех образцов данной конусности по сравнению с эталоном сохраняется только градиент горизонтального направления.

3.4 Результаты исследования влияния способа применения ирригационного раствора в корневых каналах зубов, механически обработанных до конусности 08, на изменение микротвердости и модуля упругости корневого дентина

Для решения четвертой задачи исследования провели сравнение микротвердости и модуля упругости корневого дентина образцов, обработанных до конусности 08. Все изменения, выявленные при оценке данных образцов, можно подразделить на три группы:

- градиенты, присущие эталону и оставшиеся неизменными после обработки канала;

- градиенты, не присущие эталону и аналогичные образцам с конусностью 06 соответствующей группы;
- градиенты, не присущие эталону и отличные от образцов с конусностью 06 соответствующей группы.

В данном случае вновь образованные градиенты микротвердости и модуля упругости, как аналогичные, образцам с конусностью 06, так и выявленные только у образцов с конусностью 08, можно отнести к негативному вкладу в прочность зуба после эндодонтической обработки, а градиенты, оставшиеся идентичными эталону, можно отнести к положительному вкладу.

Градиенты, не присущие эталону и отличные от образцов с конусностью 06 соответствующей группы были выявлены только в группе 2 «Звуковая активация». В группах 1 «Без активации» и 3 «Ультразвуковая активация» выявленные градиенты, как отличные от эталона, так и присущие эталону, были аналогичны образцам с конусностью 06.

3.4.1 Градиенты образцов группы 1 «Без активации» с конусностью 08, не присущие эталону, и аналогичные образцам с конусностью 06 данной группы

Как и у образцов данной группы с конусностью 06, зафиксировано достоверное снижение микротвердости от средней трети корня к апикальной трети (Таблица 21), а также микротвердость достоверно снижается от сегмента у канала устьевой трети корня к сегменту у канала апикальной трети корня (Таблица 22).

Таблица 21 – Средние значения параметров микротвердости образцов группы 1 «Без активации» с конусностью 08 в зависимости от трети корня

Показатель	Уровень среза	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
HV (Виккерс)	Средняя треть	74,63 ± 0,71	p < 0,05
	Апикальная треть	72,41 ± 1,05	
Примечание: ¹ Среднее значение ± стандартное отклонение.			

Таблица 22 – Средние значения параметров сегмента у канала различных третей корня образцов группы 1 «Без активации» с конусностью 08

Показатель	Область измерений	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
HV (Виккерс)	Сегмент у канала (устьевая треть)	63,03 ± 1,35	p < 0,05
	Сегмент у канала (средняя треть)	60,92 ± 0,98	
	Сегмент у канала (апикальная треть)	58,3 ± 0,76	
Примечание: ¹ Среднее значение ± стандартное отклонение.			

Как и у образцов данной группы с конусностью 06, у образцов с конусностью 08 по модулю упругости не было выявлено градиентов, не присущих эталону.

3.4.2 Градиенты, идентичные эталону, образцов группы 1 «Без активации» с конусностью 08

Как и у образцов с конусностью 06, у образцов с конусностью 08 среди градиентов, сохранившихся идентичными эталону, остался градиент горизонтального направления как по микротвердости, так и по модулю упругости. Среднее значение микротвердости и модуля упругости всех сегментов середины достоверно больше по сравнению с сегментами у канала и сегментами у наружного края (Таблица 23).

Таблица 23 – Средние значения параметров всех одноименных сегментов образцов группы 1 «Без активации» с конусностью 08

Показатель	Область измерений	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
HV (Виккерс)	Сегменты у канала всех третей корня	63,65 ± 2,12	P _{сегм. середины – сегм.уканала} < 0,05 P _{сегм. середины – сегм.унар.края} < 0,05
	Сегменты середины всех третей корня	90,45 ± 3,29	
	Сегменты у наружного края всех третей корня	65,16 ± 1,26	
E _Г (ГПа)	Сегменты у канала всех третей корня	16,98 ± 1,07	P _{сегм. середины – сегм.уканала} < 0,05 P _{сегм. середины – сегм.унар.края} < 0,05
	Сегменты середины всех третей корня	21,23 ± 0,66	
	Сегменты у наружного края всех третей корня	17,87 ± 1,04	
Примечание: ¹ Среднее значение ± стандартное отклонение.			

3.4.3 Градиенты образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 08, не присущие эталону, и аналогичные образцам с конусностью 06 данной группы

Как и у образцов данной группы с конусностью 06, зафиксировано достоверное снижение микротвердости от средней трети корня к апикальной трети (Таблица 24), а также микротвердость достоверно снижается от сегмента у канала устьевой трети корня к сегменту у канала апикальной трети корня, а также в области сегментов середины достоверное снижение микротвердости зафиксировано от средней трети корня к апикальной трети корня (Таблица 25).

Таблица 24 – Средние значения параметров микротвердости третей корня образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 08

Показатель	Уровень среза	M ± SD ¹	P
HV (Виккерс)	Средняя треть	73,55 ± 1,26	p < 0,05
	Апикальная треть	66,09 ± 1,08	
Примечание: ¹ Среднее значение ± стандартное отклонение.			

Таблица 25 – Средние значения параметров микротвердости одноименных сегментов различных третей корня образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 08

Показатель	Область измерений	M ± SD ¹	P
HV(Виккерс)	Сегмент у канала (устьевая треть)	72,01 ± 1,15	p < 0,05
	Сегмент у канала (средняя треть)	68,92 ± 1,03	
	Сегмент у канала (апикальная треть)	66,01 ± 0,68	
	Сегмент середины (средняя треть)	77,96 ± 3,31	p < 0,05
	Сегмент середины (апикальная треть)	64,08 ± 1,05	
Примечание: ¹ Среднее значение ± стандартное отклонение.			

Как и у образцов данной группы с конусностью 06, у образцов с конусностью 08 по модулю упругости не было выявлено градиентов, не присущих эталону.

3.4.4 Градиенты образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 08, идентичные эталону

Как и у образцов с конусностью 06, у образцов данной группы с конусностью 08 среди градиентов, сохранившихся идентичными эталону, остался градиент горизонтального направления как по микротвердости, так и по модулю упругости. Среднее значение микротвердости и модуля упругости всех сегментов середины достоверно больше по сравнению с сегментами у канала и сегментами у наружного края (Таблица 26).

Таблица 26 – Средние значения параметров всех одноименных сегментов образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 08

Показатель	Область измерений	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
HV (Виккерс)	Сегменты у канала всех третей корня	$69,34 \pm 2,39$	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.уканала}} < 0,05$ $P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.унар.края}} < 0,05$
	Сегменты середины всех третей корня	$75,87 \pm 1,85$	
	Сегменты у наружного края всех третей корня	$70,10 \pm 0,91$	
E _{ГТ} (ГПа)	Сегменты у канала всех третей корня	$16,45 \pm 1,38$	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.уканала}} < 0,05$ $P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.унар.края}} < 0,05$
	Сегменты середины всех третей корня	$21,07 \pm 1,06$	
	Сегменты у наружного края всех третей корня	$16,02 \pm 0,98$	
Примечание: ¹ Среднее значение \pm стандартное отклонение.			

3.4.5 Градиенты образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 08, не присущие эталону и отличные от образцов данной группы с конусностью

06

На основании комплексной посегментной оценки образцов, обработанных до конусности 08, из группы 2 «Звуковая активация» выявлены изменения отличные и от эталона, и от образцов данной группы, обработанных до конусности 06. Эти

изменения обнаружены в апикальной трети. По модулю упругости в апикальной трети корня выявлены следующие достоверные изменения: снижение в сегментах у канала от средней трети корня к апикальной трети (Таблица 27).

Таблица 27 – Средние значения модуля упругости одноименных сегментов у канала различных третей корня образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 08

Показатель	Область измерений	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
E _{IT} (ГПа)	Сегмент у канала (средняя треть)	17,12 ± 0,53	p < 0,05
	Сегмент у канала (апикальная треть)	15,77 ± 0,78	
Примечание: ¹ Среднее значение ± стандартное отклонение.			

По микротвердости достоверные отличия, выявленные в апикальной трети корня, заключались в снижении этого показателя от сегмента у канала к сегменту середины, а затем увеличении его к сегменту у наружного края (Таблица 28).

Таблица 28 – Средние значения параметров микротвердости разноименных сегментов устьевой трети корня образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 08

Показатель	Область измерений	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
HV(Виккерс)	Сегмент у канала (апикальная треть)	66,01 ± 0,68	p < 0,05
	Сегмент середины (апикальная треть)	64,08 ± 1,05	
	Сегмент у наружного края (апикальная треть)	70,69 ± 2,16	
Примечание: ¹ Среднее значение ± стандартное отклонение.			

Таким образом, у образцов данной группы с конусностью 08 изменения, отличающиеся как от эталона, так и от образцов с конусностью 06, заключаются в следующем:

1. *Градиент по вертикали*: при сравнении сегментов у канала различных третей корня выявили снижение **модулю упругости** от сегмента у канала средней трети корня к сегменту у канала апикальной трети корня.

2. Градиент по горизонтали:

a. при оценке сегментов в горизонтальном направлении выявили, что в апикальной трети градиент **микротвердости** определяется как обратный эталонному, а именно микротвердость уменьшается от сегмента у канала к сегменту середины, затем от середины к сегменту у наружного края увеличивается;

b. при сравнении средних значений одноименных сегментов в горизонтальном направлении градиент **микротвердости** и **модуля упругости** остается идентичным эталону.

Данные изменения приведены на схеме, принцип построения которой аналогичен предыдущим схемам. Для удобства восприятия приведены только изменения, выявленные у образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 08, изменения, аналогичные образцам с конусностью 06 и эталону, не представлены. (Рисунок 39).

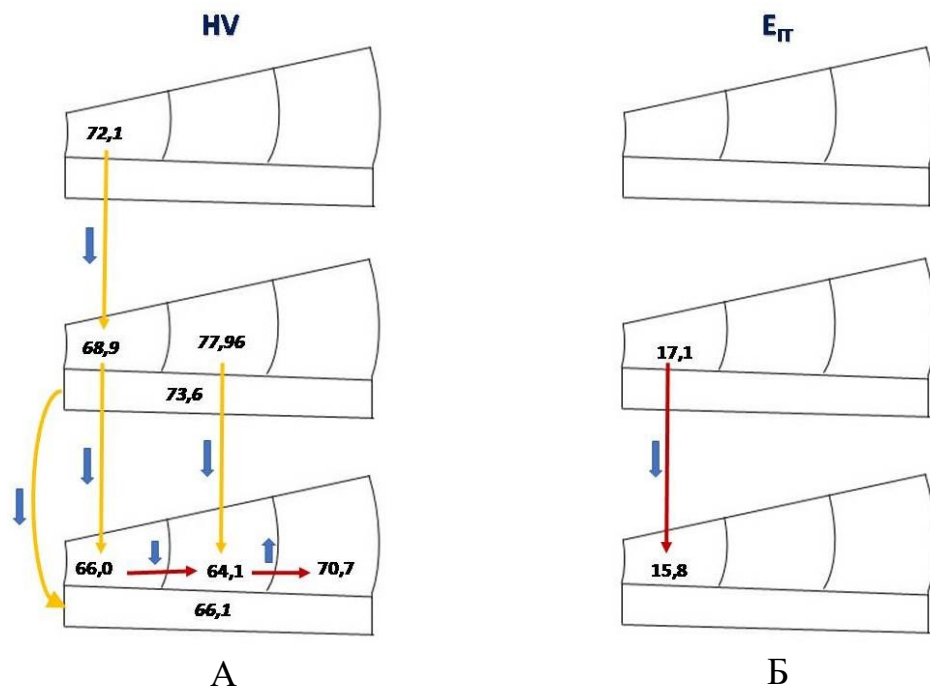


Рисунок 39 – Схематичное изображение градиента микротвердости (А) и модуля упругости (Б) образцов, обработанных до конусности 08, из группы 2 «Звуковая активация». Красные стрелки указывают изменения градиента, отличные от эталонного, и от образцов, обработанных до конусности 06. Желтые стрелки указывают изменения, идентичные изменениям в образцах с конусностью 06. Синяя стрелка указывает какое различие выявлено (увеличение или уменьшение)

3.4.6 Градиенты образцов группы 3 «Ультразвуковая активация» с конусностью 08, не присущие эталону, и аналогичные образцам данной группы с конусностью 06

Как и у образцов данной группы с конусностью 06, зафиксировано достоверное снижение микротвердости от средней трети корня к апикальной трети (Таблица 29), а также микротвердость достоверно снижается от сегмента у канала устьевой трети корня к сегменту у канала апикальной трети корня, и от сегмента середины устьевой трети к сегменту середины апикальной трети (Таблица 30).

Таблица 29 – Средние значения параметров микротвердости каждой из третей корня образцов группы 3 «Ультразвуковая активация»

Показатель	Уровень среза	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
HV (Виккерс)	Средняя треть	70,78 ± 2,59	p < 0,05
	Апикальная треть	67,19 ± 0,83	

Примечание: ¹ Среднее значение ± стандартное отклонение.

Таблица 30 – Средние значения параметров микротвердости одноименных сегментов различных третей корня образцов группы 3 «Ультразвуковая активация»

Показатель	Область измерений	$M \pm SD^1$	<i>P</i>
HV(Виккерс)	Сегмент у канала (устьевая треть)	71,36 ± 0,98	p < 0,05
	Сегмент у канала (средняя треть)	69,57 ± 1,13	
	Сегмент у канала (апикальная треть)	68,78 ± 1,33	
	Сегмент середины (устьевая треть)	86,83 ± 2,13	p < 0,05
	Сегмент середины (средняя треть)	82,12 ± 1,25	
	Сегмент середины (апикальная треть)	77,89 ± 2,18	

Примечание: ¹ Среднее значение ± стандартное отклонение. * Различия считаются достоверными при $p \leq 0,05$.

У образцов группы 3 «Ультразвуковая активация» с конусность 08, как и у образцов данной группы с конусностью 06 по модулю упругости не было выявлено градиентов, не присущих эталону.

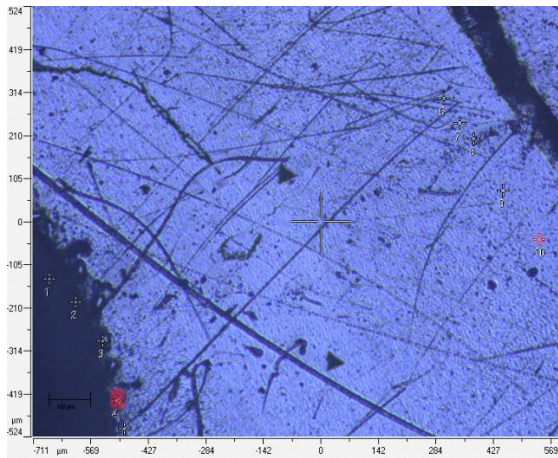
3.4.7 Градиенты, идентичные эталону, образцов группы 3 «Ультразвуковая активация» с конусностью 08

Как и у образцов группы 3 «Ультразвуковая активация» с конусностью 06, у образцов с конусностью 08 среди градиентов, сохранившихся идентичными эталону, остались градиенты горизонтального направления как по микротвердости, так и по модулю упругости. Среднее значение микротвердости и модуля упругости всех сегментов середины достоверно больше по сравнению с сегментами у канала и сегментами у наружного края (Таблица 31).

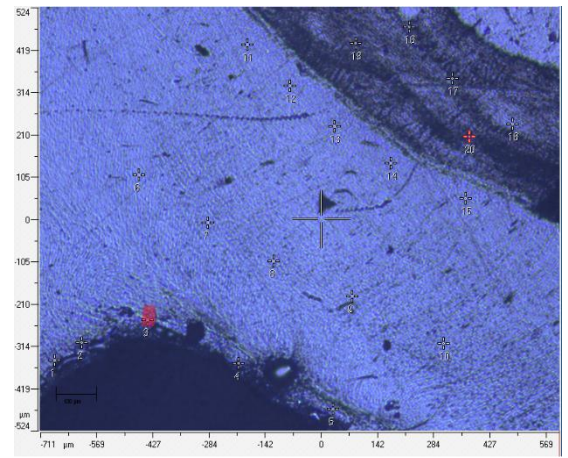
Таблица 31 – Средние значения параметров всех одноименных сегментов образцов группы 3 «Ультразвуковая активация» с конусностью 08

Показатель	Область измерений	$M \pm SD^1$	P
HV (Виккерс)	Сегменты у канала всех третей корня	$70,10 \pm 2,05$	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.уканала}} < 0,05$ $P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.унар.края}} < 0,05$
	Сегменты середины всех третей корня	$82,23 \pm 2,21$	
	Сегменты у наружного края всех третей корня	$70,22 \pm 1,98$	
E _{IT} (ГПа)	Сегменты у канала всех третей корня	$16,54 \pm 1,03$	$P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.уканала}} < 0,05$ $P_{\text{сегм. середины} - \text{сегм.унар.края}} < 0,05$
	Сегменты середины всех третей корня	$19,31 \pm 0,99$	
	Сегменты у наружного края всех третей корня	$16,34 \pm 1,04$	
Примечание: ¹ Среднее значение \pm стандартное отклонение.			

На Рисунках 40 и 41 представлены микрофотографии образцов при замере сегмента у канала устьевой и апикальной трети корня, обработанных эндоинструментами с конусностью 08 и ультразвуком, а также кривые индентирования при измерении данных образцов.

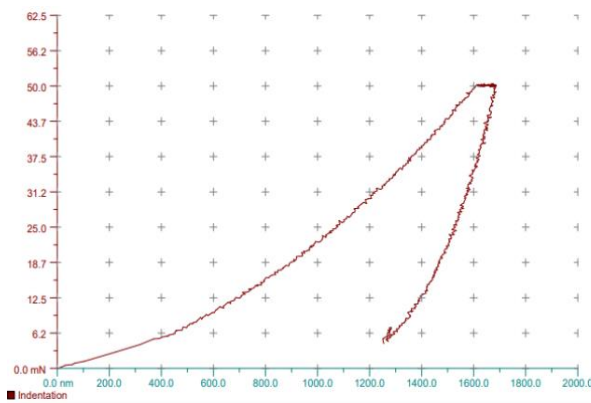


А

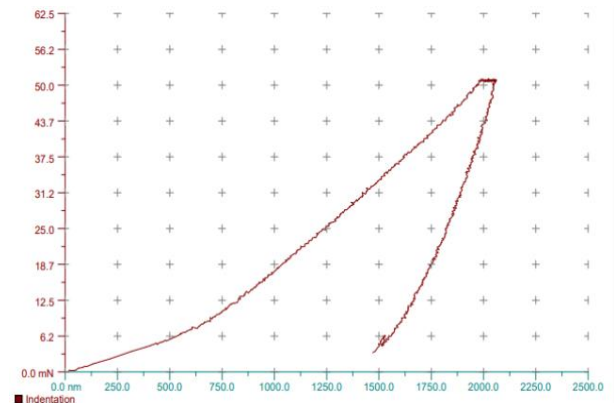


Б

Рисунок 40 – Микрофотографии образцов устьевой (А) и апикальной (Б) трети корня из группы 3 «Ультразвуковая активация» в процессе индентирования сегмента у канала. Точки замера около просвета корневого канала пронумерованы



А



Б

Рисунок 41 – Кривая индентирования образца с рисунка 40 А в точке №4 (выделена красным) данного образца, ось абсцисс – глубина проникновения индентора, ось ординат – нагрузка, горизонтальный участок (выдержка) демонстрирует удержание образца под максимальной нагрузкой 50 мН в течении 10 секунд, глубина проникновения индентора (nm) для данной точки составила 1681.70 нм (А); кривая индентирования в точке №3 (выделена красным) образца с рисунка 40 Б, глубина проникновения индентора (nm) для данной точки составила 2052.25 нм (Б)

Итоговая оценка влияния способа применения ирригационного раствора при конусности канала 08. Изменения градиента микротвердости и модуля упругости аналогичны образцам с конусностью канала 06 кроме группы звуковой активации ирригационного раствора. В ней наблюдается изменение градиента в

горизонтальном направлении в апикальной трети корня: микротвердость уменьшается от сегмента у канала к сегменту середины, а затем снижается к сегменту у наружного края, т.е. формируется градиент, обратный эталону. По модулю упругости определен градиент в вертикальном направлении в области сегментов у канала, модуль упругости снижается в этих сегментах от средней трети корня к апикальной трети.

3.5 Результаты сравнения образцов, обработанных до конусности 06, образцов, обработанных до конусности 08, а также необработанных зубов

Провели сравнение различных третей корня различных групп между собой, результаты приведены в Таблице 32. По средним значениям изученных параметров различий между образцами устьевых и средних третей корня не наблюдалось, поэтому данные не включены в таблицу.

Таблица 32 – Средние значения параметров микротвердости и модуля упругости апикальной трети корня

Показатели	Необработанные зубы, M ± SD ¹	Без активации, M ± SD ¹		Звуковая активация, M ± SD ¹		Ультразвуковая активация, M ± SD ¹	
		06	08	06	08	06	08
HV (Виккерс)	79,80 ± 1,18	73,35 ± 0,91 *	72,41 ± 1,05 *	69,94 ± 0,63 *,**	66,09 ± 1,08 *,**,a	69,05 ± 0,53 *,**,a	67,16 ± 0,83 *,**,a,b
E _{IT}	22,52 ± 1,06	20,36 ± 1,21	19,98 ± 1,13	18,13 ± 1,01 *	16,49 ± 0,48 *,a	18,01 ± 0,91 *	17,27 ± 0,56 *

Примечание: ¹ Среднее значение ± стандартное отклонение. * Различия достоверны (p ≤ 0,05) по сравнению с группой необработанных зубов. ** Различия достоверны (p ≤ 0,05) по сравнению с группой 1 «Без активации» соответствующей конусности. ^a Разница достоверна (p ≤ 0,05) по сравнению с группой 2 «Звуковая активация», конусность 06. ^b Разница достоверна (p ≤ 0,05) по сравнению с группой 2 «Ультразвуковая активация», конусность 06.

Снижение микротвердости апикальной трети корня произошло во всех группах обработанных зубов независимо от конусности по сравнению с необработанными зубами. Микротвердость апикальной трети корня группы 1 «Без активации» не различается у образцов с конусностью 06 и с конусностью 08. Микротвердость образцов с конусностью

06 группы 2 «Звуковая активация» и группы 3 «Ультразвуковая активация» достоверно ниже образцов с конусностью 06 группы 1 «Без активации». Микротвердость апикальной трети образцов группы 2 «Звуковая активация» с конусностью 08 достоверно ниже по сравнению с образцами той же группы с конусностью 06. Микротвердость апикальной трети образцов группы 3 «Ультразвуковая активация» с конусностью 08 достоверно ниже по сравнению с образцами той же группы с конусностью 06. Микротвердость образцов с конусностью 06 из группы 2 «Звуковая активация» достоверно выше по сравнению с образцами той же конусности из группы 3 «Ультразвуковая активация».

По модулю упругости апикальной трети не выявлено достоверной разницы образцов группы 1 «Без активации» и необработанных зубов. Выявлена достоверная разница образцов групп 2 «Звуковая активация» и 3 «Ультразвуковая активация» по сравнению с необработанными зубами. Кроме того, выявлена достоверная разница между образцами группы 2 «Звуковая активация», а именно образцы с конусностью 08 имеют модуль упругости меньше по сравнению с образцами с конусностью 06.

Параметры апикальной трети корня образцов с конусностью 06. По сравнению с необработанными зубами микротвердость апикальной трети корня снижается при всех способах применения ирригационного раствора, при этом при звуковой и ультразвуковой активации определено большее снижение микротвердости по сравнению с применением только эндодонтического шприца. Снижение модуля упругости апикальной трети корня по сравнению с необработанными зубами происходит только при звуковой и ультразвуковой активации ирригационного раствора.

Параметры апикальной трети корня образцов с конусностью 08. По сравнению с необработанными зубами снижение микротвердости и модуля упругости аналогично образцам с конусностью 06. Микротвердость апикальной трети корня снижается при всех способах применения ирригационного раствора, при этом при звуковой и ультразвуковой активации определено большее снижение микротвердости по сравнению с применением только эндодонтического шприца. Снижение модуля упругости апикальной трети корня по сравнению с

необработанными зубами происходит только при звуковой и ультразвуковой активации ирригационного раствора.

Группа 1 «Без активации». В группе 1 «Без активации» ни по микротвердости, ни по модулю упругости достоверной разницы между подгруппами с конусностью обработки канала 06 и 08 не получили (микротвердость: $76,59 \pm 1,19$ HV и $75,38 \pm 2,83$ HV, соответственно, ($p > 0,05$)) модуль упругости $18,16 \pm 2,31$ ГПа и $18,45 \pm 3,19$ ГПа ($p > 0,05$). Достоверной разницы исследованных параметров образцов конусности 06 и 08 в апикальной области, а также в градиенте не выявлено.

Группа 2 «Звуковая активация». В группе 2 «Звуковая активация» микротвердость наиболее высока при обработке вращающимися эндодонтическими инструментами с конусностью 06 ($75,17 \pm 1,16$ HV ($p < 0,05$)), по сравнению с микротвердостью при обработке инструментами с конусностью 08 ($71,23 \pm 1,04$ HV), разница достоверна ($p < 0,05$). По модулю упругости выявлена аналогичная тенденции, в случае конусности 06 модуль упругости выше по сравнению с образцами с конусностью 08 ($17,98 \pm 0,89$ ГПа и $16,02 \pm 0,73$ ГПа) ($p > 0,05$).

Как микротвердость, так и модуль упругости апикальной трети корня у образцов данной группы с конусностью 08 ниже по сравнению с апикальной третью корня образцов с конусностью 06.

По оценке изменений градиента микротвердости и модуля упругости среди образцов с конусностью 06 и конусностью 08, выявлены различия:

1. У образцов, обработанных до конусности 08, выявили, что у сегментов апикальной трети градиент **микротвердости** определяется как обратный эталонному, а именно микротвердость уменьшается от сегмента у канала к сегменту середины, затем от середины к сегменту у наружного края увеличивается. У образцов, обработанных до конусности 06, между сегментами апикальной трети корня какие-либо различия отсутствуют и никакого градиента не наблюдается, ни идентичного эталонному, ни обратного как у образцов с конусностью 08.

2. У образцов, обработанных до конусности 08 по сравнению с образцами с конусностью 06, выявлено снижение **модуля упругости** сегментов у канала от средней трети корня к апикальной трети.

Группа 3 «Ультразвуковая активация». В группе 3 «Ультразвуковая активация» микротвердость наиболее высока при обработке эндодонтическими инструментами с конусностью 06 ($73,81 \pm 1,23$ HV, ($p < 0,05$), по сравнению с микротвердостью при обработке инструментами с конусностью 08 ($69,95 \pm 1,03$ HV, $p < 0,05$).

Выявлены достоверные различия по модулю упругости. Наибольший модуль упругости выявлен при обработке инструментами с конусностью 06 ($18,41 \pm 0,31$ ГПа), по сравнению с модулем упругости при обработке инструментами с конусностью 08 и ультразвуком ($17,57 \pm 0,26$ ГПа) ($p < 0,05$).

Хотя и в группе 2 «Звуковая активация», и в группе 3 «Ультразвуковая активация» происходит уменьшение микротвердости при увеличении конусности канала, однако это уменьшение в группе 3 «Ультразвуковая активация» происходит более равномерно в толще сегментов у канала и середины по сравнению с тем, как это происходит с аппаратом «Звуковая активация», когда в сегменте у канала и, особенно, в сегменте середины апикальной трети корня наблюдается наибольшие изменения по сравнению с другими областями корня.

Следует заметить, что при конусности 08 в группе 2 «Звуковая активация» модуль упругости достоверно снижается в сегменте у канала от средней трети к апикальной, а в группе 3 «Ультразвуковая активация» не наблюдается достоверных различий между сегментами у канала различных третей корня.

Можно заключить, что при повышенной конусности ультразвуковая активация ирриганта приводит к сравнительно более равномерному уменьшению как микротвердости, так и модуля упругости в толще дентина. Это можно считать более благоприятным вариантом по сравнению с выраженным локальным перепадом механических характеристик, выявленным в группе 2 «Звуковая активация».

Из этого можно заключить, что в каналах, обработку которых не планируется проводить выше конусности 06, звуковая активация является вариантом выбора при активации ирригационного раствора. В клинических ситуациях, когда планируется конусность канала 08, как например, повторное эндодонтическое лечение, наиболее благоприятным выбором для активации ирригационного раствора с точки зрения микротвердости и модуля упругости является ультразвуковая активация.

ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1 Обсуждение результатов анкетирования врачей-стоматологов

Одним из распространенных в настоящее время методов исследования является опрос-анкетирование медицинских специалистов, в частности, врачей-стоматологов [30, 65, 173]. Этот метод используют для различных целей: для определения информированности, эмоционального состояния, практических аспектов работы, в том числе трудностей, с которыми сталкиваются врачи в процессе работы, а также оценке мнений о влиянии различных факторов на качество лечения. Ниже приведены примеры отечественных и зарубежных исследований, в которых использован метод анкетирования врачей-стоматологов. Так, в исследовании Болдырева Ю. А. и соавт. (2017) [14] проведена оценка мнения специалистов об эстетико-функциональной реставрации зубов прямым и непрямым способом, в исследовании Patel S. и соавт. (2022) [179] авторами была проведена оценка частоты встречаемости вертикальных трещин корня у пациентов различных возрастных групп после проведенного эндодонтического лечения и без него. В работе Луцкой И. К. (2022) [48] проведена оценка выявления трудностей диагностики и лечения зубов с переломами коронки и корня, в исследовании Моргачева Р. Ю. и соавт. (2025) [104] рассмотрена оценка эффективности применения вертикального препарирования зубов в процессе ортопедического лечения. В исследовании Токмаковой С. И. (2025) и соавт. [65] проведен анализ осведомленности врачей-стоматологов в вопросах местной анестезии, а в исследованиях Дауровой Ф. Ю. и соавт. (2021) [28] и Long H. B. и соавт. (2023) [203] проведен анализ и выявлены причины психологического выгорания врачей - стоматологов. Так и в нашем исследовании был выбран метод анкетирования для выявления трудностей, с которыми сталкиваются практикующие врачи при оценке влияния этапов эндодонтического лечения, влияющих на механические параметры корневого дентина.

Вертикальная трещина корня - одно из частых осложнений после эндодонтической обработки корневых каналов, что отмечено в многочисленных исследованиях. В исследовании Patel S. и соавт. (2022) [179] выявлено, что из 736 удаленных зубов случаи вертикальной трещины корня были выявлены в 31,7 % зубов, из которых 93,6 % случаев были после проведенного эндодонтического лечения. Аналогичные результаты были и в исследовании Yoshino K. и соавт. (2015) [186], в котором было выявлено, что большая часть всех случаев трещины корня приходится на зубы после эндодонтического лечения. В исследовании Lee K. и соавт. (2023) [185] обнаружено, что из 288 удаленных зубов вертикальная трещина встречалась в 32 % случаев. В исследовании Habibzadeh S. и соавт. (2023) [126] было выявлено, что из всех случаев вертикальной трещины корня, выявленных с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии, 72 % приходилось на зубы после эндодонтического лечения. Вертикальная трещина корня зуба была первичным диагнозом и причиной удаления зуба в 34,5 % в исследовании И. М. Макеевой и соавт. (2016) [49], во всех случаях данного исследования зубы с вертикальной трещиной были ранее лечены эндодонтически. По результатам проведенного нами опроса врачей-стоматологов, случаи вертикальной трещины корня в клинической практике встречали 55 (70,5 %) проанкетированных врачей стоматологов, 13 (16,7%) врачей ответили, что не встречались с таким осложнением как вертикальная трещина корня, 10 (12,8 %) врачей затруднились ответить. Хотя цифры, представленные в литературе, и различаются, но, обобщив их, можно заключить, что вертикальная трещина корня после эндодонтического лечения является достаточно распространенным явлением. Различия в цифрах, представленных выше исследований, и исследовании авторов диссертации, можно объяснить несколькими факторами: различия критериев включения в исследуемые выборки, различия методов выявления этого осложнения. Данные, полученные в представленной диссертационной работе, в целом согласуются с данными российских и зарубежных авторов.

По вопросу частоты распространенности вертикальной трещины корня в определенной группе зубов в литературе представлены различные данные. Так, в исследовании Lee К. и соавт. (2023) [185] вертикальная трещина корня обнаруживалась авторами в нижних первых молярах (31,5 % случаев) и верхних премолярах (30,2 % случаев). В работе Liao WC. и соавт. (2017) [115] случаи вертикальной трещины корня встречались в нижних молярах (97 % случаев), что не согласуется с исследованием Popescu A. M. и соавт. (2024) [122], в котором вертикальная трещина корня в нижних молярах встречалась только в 25 % случаев. По результатам исследования Pilo R. и соавт. (2017) [183] верхние премоляры наиболее подвержены возникновению вертикальной трещины корня. По результатам проведенного нами анкетирования врачей-стоматологов, группы зубов, в которой респонденты встречали случаи вертикальной трещины корня, представлены в порядке убывания: нижние моляры (72,7 % ответов), верхние премоляры (65,5 % ответов), верхние моляры (52,7 % ответов), нижние премоляры (32,7 % ответов). Результаты проведенного авторами диссертационной работы анкетирования согласуются с данными литературы, а именно боковая группа зубов (премоляры и моляры) наиболее подвержены развитию вертикальной трещины корня. Некоторые различия в цифрах можно объяснить различными выборками исследования и методами определения распространенности вертикальной трещины корня.

В эндодонтической практике врачами-стоматологами применяются различные виды инструментов. В исследовании Овчинниковой С. А. и соавт. (2022) [71] по результатам анкетирования специалистов, было выявлено, что большинство врачей-стоматологов (97,8 %), работающих в государственных учреждениях, применяют в своей повседневной практике ручные эндодонтические инструменты. В работе Даникова В. В. и соавт. (2024) [80] выяснено, что преобладающими инструментами в стоматологической практике для механической обработки корневых каналов, являются вращающиеся никель-титановые инструменты. В исследовании Федюниной А. Е. и соавт. (2021) [94] выявлено, что 33,3 % проанкетированных врачей-стоматологов используют в практике для

механической обработки корневых каналов ручные эндодонтические инструменты, 66,7 % используют вращающиеся никель-титановые инструменты, соответственно. Из данных анкет врачей в исследовании Рединовой Т. Л. и соавт. (2022) [99] установлено, что только ручные инструменты при механическом расширении корневых каналов используют 33,3% врачей, только ротационные – 46,7%, те и другие инструменты в зависимости от приема (бюджетный или платный) или ситуации, а также сочетание этих инструментов в гибридной технике применяют 20 % опрошенных. По данным опроса врачей-стоматологов в работе Тонаканяна Л. Э. (2017) [90] установлено, что 35 % проанкетированных специалистов используют ручные инструменты для механической обработки корневых каналов, а 65 % используют машинные инструменты. По результатам проведенного нами анкетирования врачей-стоматологов, выявлено, что большинство врачей-стоматологов комбинируют ручные инструменты и вращающиеся никель-титановые инструменты — 80,5%. Обработку корневого канала только вращающимися инструментами отметили 9,1 % человек, такое же количество врачей 9,1 % отметили, что для обработки корневого канала используют ручные инструменты, а для обработки устья применяют расширители устьев типа “Largo”. Только один врач (1,3 %) отметил, что в практике пользуется исключительно ручными инструментами для обработки корневого канала. В диссертационном исследовании получили, что комбинирование ручных и вращающихся инструментов является наиболее распространенным методом механической обработки корневого канала. Эти данные несколько разнятся с данными литературы. Можно предположить, что различия объясняются специализацией респондентов, местом проведения исследования (оснащенность стоматологических кабинетов неодинаковая в различных городах), а также дизайном составления анкет с возможностью выбора комбинированных вариантов обработки корневого канала.

Что касается ирригационных растворов, используемых врачами-стоматологами в эндодонтической практике, в исследовании Токмаковой С. И. и соавт. (2023) [5] по результатам анкетирования врачей-стоматологов, определено,

что для медикаментозной обработки корневых каналов врачи стоматологическо-терапевты чаще всего используют 3 %-ный раствор гипохлорита натрия (67,5 % респондентов), 2 %-ный раствор хлоргексидина биглюконата (13,9 % респондентов), сочетают хлорсодержащие растворы с гелем этилендиаминтетраацетата (ЭДТА) (14,6 % респондентов), используют перекись водорода 3 %-ый раствор, лимонную кислоту (4 % респондентов). В работе Clarkson R.M. и соавт. (2003) [107] представлено, что 97 % эндодонтистов для медикаментозной обработки корневых каналов используют 3 %-ный гипохлорит натрия, в то время как среди стоматологов общего профиля таких было чуть менее 75 %. В исследовании de Gregorio C. и соавт. (2015) [127] выявлено, что стоматологи, специализирующие эндодонтическое лечение и стоматологи общей практики в 100 % случаев используют растворы гипохлорита натрия различной концентрации (3-5 %) для медикаментозной ирригации корневых каналов. В исследовании Мамедзаде Р. Э. и соавт. (2017) [50] выявлено, что большинство врачей-стоматологов по данным анкетирования (87 % респондентов), используют в эндодонтической практике хелатирующие растворы (17 %-ный раствор ЭДТА) и только 13 % опрошенных не используют в своей практике хелатирующие растворы. В работе Willershausen I. и соавт. (2015) [191] выявлена связь использования гипохлорита натрия со стажем работы врачей-стоматологов, а именно стоматологи со стажем более 30-ти лет не используют гипохлорит натрия для ирригации корневых каналов, в то время как молодые специалисты в 100 % случаях при эндодонтическом лечении используют данный ирригант. В анкетировании в рамках данной диссертационной работы получили, что ЭДТА применяют 83,3 % респондентов, что вполне согласуется с данными Мамедзаде Р. Э. и соавт. (2017) [50], однако значительно различается с данными Токмаковой С.И. и соавт. (2023) [5]. Большее количество врачей, отметивших применение ЭДТА, в нашей работе можно объяснить тем, что в работе Токмаковой С.И. был вопрос про гелевую форму ЭДТА, а в нашей работе не было уточнения формы препарата. В данной работе получили, что гипохлорит натрия 3% используют 78,2 % респондентов, что согласуется с данными Clarkson R.M. и соавт. (2003) [107]. Использование

гипохлорита натрия 3 % в работе Токмаковой С.И. и соавт. (2023) [5] несколько ниже, чем в данном диссертационном исследовании, разницу можно объяснить различным местом проведения (г. Москва и г. Барнаул) с различными предпочтениями контингента врачей-стоматологов. Хлоргексидин 2 % не является самым популярным препаратом для медикаментозной обработки корневых каналов, как по данным авторов диссертации, так и по данным литературных источников [50, 80].

По вопросу о нагревании гипохлорита натрия в эндодонтии в исследовании Мамедзаде Р. Э. (2017) [50] выяснено, что большинство врачей-стоматологов не применяют нагревание гипохлорита натрия до внесения в корневой канал в практике, что подтверждается в работе Cai C. и соавт. (2023) [109] и в работе Barakat R.M. и соавт. (2024) [143]. В исследованиях Di Spirito F. и соавт. (2022) [189] и Landolo A. и соавт. (2019) [157] представлено, что нагревание гипохлорита натрия применяется редко в практике медикаментозной обработки корневых каналов, чаще этот метод применяется в исследовательских целях. В результате анкетирования Куратова И. А. и соавт. (2019) [4] выяснено, что из 198 проанкетированных врачей только 30 (15,1 %) респондентов используют предварительно нагретый гипохлорит натрия в эндодонтической практике. Ответы на вопрос о нагревании гипохлорита натрия в нашей работе распределились следующим образом: большинство респондентов (59 %) ответили, что не применяют эту методику, 11,5 % проанкетированных применяют нагревание гипохлорита натрия во всех случаях, 24,4 % проанкетированных применяют нагревание гипохлорита натрия иногда, а 5,1 % – применяют только при повторном эндодонтическом лечении. Данные проведенного авторами диссертационной работы анкетирования согласуются с данными отечественной и зарубежной литературы, а именно нагревание гипохлорита натрия – это метод, не имеющий очень широкого применения.

По вопросу использования различных методик активации ирригационных растворов, в работе Куратова И. А. и соавт. (2019) [4] выявлено, что из 198 опрошенных врачей 87 (43,9 %) пользуются ультразвуковым (аппаратным)

методом активации, 84 (42,4 %) — только механическим (ручным), 36 (18,1 %) — звуковым (аппаратным) методом активации ирригационных растворов. В исследовании Токмаковой С.И. и соавт. (2023) [5] по результатам анкетирования врачей-стоматологов, было выяснено, что для ирригации корневых каналов почти все врачи (94,6 %) используют эндодонтический шприц, 3,6 % используют систему Вибринж, 0,9 % используют систему РинзЭндо, 0,9 % используют другие методы. Также было уточнение, что аппаратные методики активации ирригационных растворов используют только врачи-стоматологи, работающие в частных клиниках. В исследовании Ali A. и соавт. (2022) [123] показано, что врачами-стоматологами для активации ирригантов используется механический метод (с помощью эндошприца и иглы), который до сих пор является самым распространенным методом, в связи с простотой использования, на втором месте по распространенности использования — звуковая активация растворов, на третьем месте по использованию — ультразвуковые системы активации и реже всего используются системы отрицательного давления (RinsEndo и EndoVac). В работе Жумакадыровой Д.А. и соавт. (2022) [33] выяснено, что ультразвуковые и звуковые системы активации ирригантов являются самыми распространенными в использовании системами в эндодонтии. В исследовании Walsh L. G. и соавт. (2017) [207] выбором врачей-эндодонтистов является ультразвуковые системы активации ирригантов. На вопрос о применении активации ирригационных растворов в процессе эндодонтического лечения, в проведенном нами опросе, большинство респондентов — 35 (44,9 %) ответили, что применяют ультразвуковую активацию, например насадки IrriSafe и др., 30 респондентов (38,5 %) применяют звуковую активацию, например EndoActivator и др., не используют активацию ирригационных растворов 10 респондентов (12,8 %), используют другие методы — 3 (3,8%) респондента. Данные проведенного нами анкетирования соответствует данным литературы.

В литературе представлены многочисленные исследования, о том, какие этапы эндодонтического лечения могут внести негативный вклад в микротвердость корневого дентина. В исследовании И. М. Макеевой и соавт. (2016) [101] выявлено,

что на показатели микротвердости корневого дентина влияет механическая обработка корневых каналов. Последующее исследование Nassar S. и соавт. (2022) [118] также подтверждает негативное влияние применения различных файловых систем для механической обработки корневых каналов на прочностные характеристики корневого дентина. Медикаментозная обработка корневых каналов как фактор, влияющий на изменение микротвердости корневого дентина рассмотрены в работах Lima Nogueira V.M. и соавт. (2018) [147], Хабадзе З.С. и соавт. (2020) [1]. Влияние систем активации ирригационных растворов (звукового и ультразвукового метода) на микротвердость корневого дентина, рассмотрено в исследованиях Tsenova-Шieva I. и соавт. (2021) [205], Khurana N. и соавт. (2020) [119]. В вопрос анкеты были включены все этапы обработки корневого канала, а также этап временного пломбирования, ответы показали большой разброс мнений, так 87,2 % связывают негативное влияние на микротвердость корневого дентина с этапом механической обработки канала, только 21,8 % – с медикаментозной обработкой, 3,8 % затруднились ответить. Как данные литературы, так и проведенного анкетирования указывают на то, что на микротвердость корневого дентина влияют различные этапы эндодонтического лечения, а единое мнение о степени этого влияния отсутствует.

При анализе вопроса об этапах эндодонтического лечения, которые вызывают наибольшие трудности при оценке их влияния на микротвердость корневого дентина и прочность зуба после эндодонтического лечения в целом, приведены примеры количества исследований в научной базе PubMed по аспекту влияния каждого этапа на микротвердость корневого дентина.

В проведенном нами опросе на вопрос «Какие этапы эндодонтического лечения вызывают наибольшие трудности при оценке их влияния на микротвердость корневого дентина и прочность зуба после эндодонтического лечения в целом», 22 % респондентов ответили, что оценка влияния ирригационных растворов вызывает трудности. При запросе в научной базе PubMed по ключевым словам «irrigation solutions» AND «dentine microhardness» (русск. ирригационные растворы и микротвердость дентина) за 10 лет (2016 по 2026

гг.) было найдено 53 публикации на данную тему, при этом 17 публикаций вышли за последние два года. Можно заключить, что увеличение количества публикаций по вопросу влияния ирригантов на микротвердость корневого дентина увеличивается с каждым годом, поэтому сравнительно небольшой процент врачей-стоматологов испытывают трудности по данному вопросу.

Оценка влияния методов активации ирригационных растворов на микротвердость корневого дентина вызывает трудности у 23 % респондентов. При запросе в научной базе PubMed по ключевым словам «activation of irrigants» AND «dentine microhardness» (русск. активация ирригантов и микротвердость дентина) за 10 лет (2016 по 2026 гг.) было найдено 26 публикаций, при этом 10 публикаций вышли за последние два года. Можно заключить, что интерес к данной тематике возрастает, и в литературе представлено значительное количество исследований по данному вопросу, поэтому сравнительно небольшой процент врачей испытывает трудности при по данному вопросу.

Оценка влияния конусности инструментов и финального апикального размера вызывает трудности у 16 (21 %) опрошенных. По запросу влияния конусности инструментов на микротвердость дентина в научной базе PubMed не было найдено исследований, но при запросе по ключевой фразе «Effect of instruments on the microhardness of root dentin» за 10 лет (2016 по 2026гг) было найдено 13 публикаций, из них 5 публикаций за 2025г., что позволяет сделать вывод о том, что данная проблема изучается исследователями, но изучена не полностью. 48 (61 %) человек считают, что оценка влияния изолированных этапов широко представлена в литературе, трудности вызывает оценка их совместного влияния в комплексе эндодонтического лечения конкретного зуба. При поиске источников литературы по влиянию на микротвердость корневого дентина комбинированных методов в комплексе эндодонтического лечения, источников литературы не было найдено, что подтверждает высокий процент респондентов, который показывает, что большинство опрошенных врачей-стоматологов испытывают трудности по данному аспекту. 3 (4 %) респондента ответили, что трудностей нет, этот вопрос хорошо представлен в литературе, что позволяет

сделать вывод о том, что влияние этапов эндодонтического лечения корневых каналов на микротвердость корневого дентина недостаточно изучена.

Данные опроса показывают, что при наличии множества исследований о применении инструментов [85, 96, 167, 184], ирригационных растворов [25, 97] и методов активации ирригационных растворов [13, 23, 87], влияние данных этапов на показатели прочностных характеристик дентина корня все же нуждается в дальнейшем изучении.

При анализе результатов опроса по достаточности изучения проблемы влияния этапов эндодонтического лечения на микротвердость корневого дентина, 61 респондент (78,2 %) считают недостаточно изученным этот вопрос. При запросе в научной базе PubMed по ключевой фразе «microhardness of root dentin» за 10 лет (2016 по 2026гг) было найдено 46 исследований, количество публикаций с каждым годом растет, с 2016 года по 2020 год было найдено 10 исследований, а с 2021 года по 2026 год найдено 36 публикаций — это подтверждает интерес по всему миру к такому направлению. В связи с этим значительный интерес представляет разработка протокола эндодонтического лечения, сохраняющего микротвердость корневого дентина, для минимализации осложнений.

4.2 Обсуждение результатов экспериментального исследования необработанных зубов

Ряд исследований подтверждают, что определение микротвердости является методом, подходящим для косвенной оценки изменений минерального компонента тканей зуба [140, 158, 194]. Микротвердость корневого дентина является важным, хотя и не единственным параметром, отвечающим за прочность зуба. Многочисленные исследования посвящены оценке микротвердости корневого дентина [19, 132, 182]. Представляя зуб как систему, воспринимающую и передающую жевательную нагрузку, нельзя недооценивать упругость составляющих его тканей. Исследования этого параметра корневого дентина тоже

представлены в литературе [195], хотя и в меньшем количестве по сравнению с количеством работ, посвященных исследованию микротвердости. Это указывает на некоторую недооценку вклада параметров упругости в устойчивость корня к переломам. В данной работе авторами проведена комплексная оценка как микротвердости, так и модуля упругости одних и тех же образцов корневого дентина. Полученные данные могут внести вклад в понимание значения обоих этих параметров и их соотношения в пределах корня для прочности зуба в целом.

Одной из проблем экспериментальных исследований является возможность приложения их к реальным клиническим условиям, а также сопоставление полученных результатов между собой и с другими исследованиями. Различные эталоны, типовые образцы, референсные значения обеспечивают возможность оценки. В данной статье авторами предпринята попытка не только исследовать изменения микротвердости и модуля упругости различных третей корня зуба, а также различных сегментов корня зуба, но и определить градиент между достоверно различающимися значениями. Эти данные могут быть применимы для сравнения с различными исследованиями, так как позволяют делать заключение независимо от того, в каких единицах измерения проводилось то или иное исследование, а также независимо от используемой для индентирования нагрузки.

В литературе встречаются единичные исследования, посвященные картированию механических свойств тканей зуба [153, 178, 204], исследованию градиента их прочностных характеристик [175], составлению моделей колебания того или иного параметра [195]. Результаты авторов статьи дополняют данные, полученные в указанных предшествующих работах, и расширяют представления о распределении прочностных и эластических свойств в толще корня зуба.

В работах, проанализированных на этапе литературного поиска, посвященных исследованию микротвердости, в большинстве случаев оценивали среднее значение для трети корня зуба (устьевой, средней и апикальной) [101, 152], в ряде работ - для корня в целом [128], встретилась работа, где проводили замеры только в средней трети корня [137]. Отличительной чертой представленной в данной статье работы явилось то, что помимо оценки среднего значения

микротвердости и других параметров трети корня, в каждой из третей замеры проводили в трех сегментах (у канала, в середине и у наружного края). Такой подход дает возможность определить изменения исследуемых параметров как в вертикальном направлении (от устья к апексу, сообразно направлению распространения жевательной нагрузки), так и в горизонтальном направлении в толще стенки корня (от канала к наружному краю, что соответствует направлению распространения нагрузки при наличии внутриканального штифта или вкладки).

Сравнивая данные настоящего исследования с другими работами, в целом можно заключить, что ряд опубликованных исследований содержат аналогичные данные, а в ряде работ получены противоречащие данной работе результаты. Расхождения можно объяснить как различными дизайнами исследований, так и природными расхождениями характеристик различных зубов. Так в одних источниках указано [198], что достоверных различий между средними значениями устьевой, средней и апикальной третей необработанных зубов не получили. В работе Макеевой И. М., Бяковой С.Ф. и соавт. (2016) [19] получили, что апикальная треть корня обладает большей микротвердостью по сравнению с другими, что согласуется с данными нашей диссертационной работы.

Работ, в которых проводилась бы оценка микротвердости в различных сегментах в пределах одной и той же трети корня, не найдено при литературном поиске.

В исследовании Jíra A. и Němeček J. (2014) [170] проведена оценка модуля упругости корневого дентина по схеме, схожей с со схемой авторов данной статьи, а также с аналогичной нагрузкой индентирования 50 мН. Распределение значений модуля упругости были определены как в продольном, так и в поперечном направлении, однако измерения поперечного среза проводили только для средней трети корня. На поперечном распиле средней трети корня Jíra A. и Němeček J. указали полученные параметры следующим образом: на границе с цементом дентин корня имел модуль упругости ~17 ГПа, в середине образца ~23 ГПа, около корневого канала ~14 ГПа. В исследовании авторов данной статьи модуль упругости сегментов средней трети корня имеет сопоставимые значения: сегмент у края – 17,0

ГПа, середина – 21,87 ГПа, сегмент у канала – 17,34 ГПа. Среднее значение модуля упругости корня в продольном направлении у Jíra A. и авторов данной статьи аналогичные (~18 ГПа и 18,80, соответственно). Недостатком работы Jíra A. по сравнению с авторами данной статьи является исследование модуля упругости в поперечном направлении только в средней трети канала. Преимуществом работы Jíra A. по сравнению с авторами данной статьи является то, что при оценке поперечного распила были оценены два направления, а именно мезиодистальное и щечноязычное, тогда как в данном исследовании замер проводили только в одном направлении. Статистическая достоверность разницы модуля упругости между различными точками измерения в работе Jíra A. не отражена, вероятно, потому что исследование было проведено только на одном удаленном премоляре.

Значительным ограничением *ex-vivo* исследований по оценке параметров микротвердости и упругой деформации удаленных зубов является сложность набора однородной группы образцов. Это ограничение было указано во многих источниках литературы, включенных в обзор, оно относится и к данной работе. В представленных в литературе научных работах упомянуто, что одним из важных факторов, влияющих на механические свойства тканей зуба, является возраст пациента. Кроме того, по мнению авторов данной статьи важна и причина удаления зуба, наиболее часто в проанализированных работах использовали зубы, удаленные по ортодонтическим показаниям, однако встретилась работа [137], где в одной группе, наряду с указанными, оценивали зубы, удаленные по причине заболеваний пародонта. Из литературы известно, что из-за наличия естественных сообщений между пульпой и тканями пародонта [27], длительный воспалительный процесс в тканях пародонта может вызывать отложение большего количества вторичного дентина, а также отложения дентина в просветах дентинных трубочек вплоть до полной их облитерации. Изменения пульпо-пародонтального комплекса в условиях воспаления некоторые авторы сравнивают с возрастными изменениями. Так, в работе Цимбалистова А. В. (2007) указано, что у пациентов с пародонтитом гистологический возраст пульпы превышает хронологический [98]. Эти вариации могут иметь влияние на микротвердость и модуль упругости тканей, их следует

учитывать при интерпретации результатов объединенных групп зубов, или же разделять такие зубы по разным группам.

4.3 Обсуждение результатов экспериментального исследования эндодонтически обработанных зубов

Прямое сопоставление показателей микротвердости с другими проведенными исследованиями затруднительно, так как применяются различные нагрузки на образец исследования, различное время выдержки индентора на образцы, а также различные инденторы для определения микротвердости. Например, в исследовании Andrejovská J и соавт. (2023) [162] микроиндентирование корневого дентина проводилось по методу Кнупа с максимальной нагрузкой 100 грамм и времени выдержки алмазного индентора - 20 секунд. В исследовании Morabak AM. и соавт. (2025) [165] в течение 20 секунд прикладывали нагрузку 300 грамм.

При сравнении средних значений микротвердости всех образцов: во всех группах обработанных зубов выявлено достоверное снижение микротвердости корневого дентина корня зуба в целом по сравнению с необработанными зубами. Достоверных различий между группами обработанных зубов по среднему значению всех образцов в целом не обнаружено. Данные результаты подтверждаются результатами многочисленных исследований: Saha SG. и соавт. (2017) [145], Khabadze Z. и соавт. (2025) [172], Elfarraj H. и соавт. (2024) [149].

Средние значения в зависимости от трети корня: при сравнении разницы между третями выявлено, что во всех группах обработанных зубов наблюдается достоверное уменьшение микротвердости апикальной трети корня по сравнению с необработанными зубами. При сравнении групп обработанных зубов между собой наибольшее снижение микротвердости в апикальной трети происходило в группе «Звуковая активация» и «Ультразвуковая активация» по сравнению с другими группами. В исследовании Shi L. и соавт. (2023) [159] были получены аналогичные

результаты по третям корня. Наибольшее снижение микротвердости было отмечено в апикальной трети, по сравнению с устьевой третью и средней третью корня. Однако, наибольшее снижение микротвердости в апикальной трети было получено при обработке ультразвуковой насадкой IrriSafe № 20, по сравнению с медикаментозной обработкой эндодонтическим шприцем. В исследовании Al-Jadwa FT и соавт. (2025) [168] наибольшее снижение микротвердости выявлено в апикальной трети корня как с ультразвуковой активацией ирригационного раствора, так и при использовании эндодонтического шприца. Наибольшее снижение микротвердости происходило при использовании ультразвуковой активации ирригационного раствора. В исследовании Morabak AM. и соавт. (2025) [165] подтверждается то, что наибольшее снижение микротвердости наблюдалось в апикальной трети корня при использовании ультразвука и эндодонтического шприца, хотя глубина проникновения ирриганта, активированного ультразвуком, в средней трети корня была значительно больше, чем в устьевой и апикальной трети корня. В исследовании Arun DR. и соавт. (2022) [111] были получены аналогичные данные с результатами исследования, проведенного в рамках диссертационной работы — наибольшее снижение микротвердости корневого дентина выявлено в апикальной трети корня при сопоставлении значений микротвердости по всем третям корня. В исследовании Mathew DM и соавт. (2023) [155] было выявлено, что повреждения (дефекты) дентина корня зуба были обнаружены в апикальной трети корневого канала при использовании всех методов активации ирригационных растворов (эндодонтического шприца, аппарата Эндоактиватор и ультразвуковой насадки). В работе Boutsoukis C. и соавт. (2016) [113] выявлены результаты, которые подтверждают полученные итоги исследования в рамках диссертационной работы, а именно, что и звуковые насадки и ультразвуковые насадки (ультразвуковые К-файлы и ультразвуковые насадки IrriSafe № 20) удаляли большое количество дентина в апикальной трети корня, снижая количество минеральных компонентов и, соответственно, снижали параметры микротвердости корневого дентина в этой области корня. В исследовании Kakodkar RJ. и соавт. (2025) [121] выявлено, что ирригация 3%-ным раствором гипохлорита натрия с

ультразвуковой активацией раствора приводила к значительному снижению микротвердости в средней и апикальной трети корня, но наибольшее снижение микротвердости происходило в апикальной трети корня, что соответствует результатам диссертационного исследования. В исследовании Kamila. и соавт. (2025) [144] выявлено, что при активации ультразвуковой насадкой IrriSafe № 15 2,5%-ного раствора гипохлорита натрия, микротвердость корневого дентина значительно снижается по всем третям корня, но наибольшее снижение наблюдалось в апикальной трети корня. Недостатком данного исследования для точного сопоставления полученных данных является то, что сравнения показателей микротвердости при активации звуковой полимерной насадкой и ирригации эндодонтическим шприцем, не проводилось. В исследовании Retsas A. и соавт. (2018) [206] выявлено, что активация 2%-го раствора гипохлорита натрия звуковым методом (аппаратом Эндоактиватор) и ультразвуковым методом (ультразвуковой К-файл и ультразвуковая насадка IrriSafe) приводит к повреждению апикальной трети корневого дентина, соответственно, снижая показатели микротвердости корневого дентина в апикальной трети корня. Также в данном исследовании [206] отмечено, что при всех методах активации ирригационного раствора обнаружены дефекты корневого дентина глубиной 0,18 мм., а увеличение времени активации (звуковой и ультразвуковой) приводило к еще большему снижению прочностных параметров корневого дентина и увеличению глубины дефектов дентина корня.

При проведении исследования в рамках диссертационной работы было получено, что при оценке средних значений *сегментов у канала всех третей корня* выявлено достоверное снижение всех групп обработанных зубов по сравнению с необработанными зубами. При сравнении между группами обработанных зубов снижение микротвердости сегментов у канала в группе 1 «Без активации» более значительное по сравнению с сегментами у канала в группе 2 «Звуковая активация» и группе 3 «Ультразвуковая активация». Подтверждает представленные результаты исследование Quteifani M. и соавт. (2019) [106], в котором группа корней зубов, прошедших ирригацию эндодонтическим шприцем и 3%-ным раствором гипохлорита натрия, показала значительное снижение микротвердости

корневого дентина по сравнению с группой корней зубов, прошедших различные методы активации ирригантов. Похожие результаты получены в исследовании Geogi СС. и соавт. (2024) [105], в котором при ирригации с помощью эндодонтического шприца и 3%-ного раствора гипохлорита натрия происходило значительное снижение микротвердости корневого дентина и разрушение органических компонентов корневого дентина. В исследовании Savaris JM. и соавт. (2024) [136] получили результаты, отличающиеся от результатов в рамках диссертационного исследования, а именно — ирригация при помощи эндодонтического шприца с раствором 17%-ной ЭДТА снижала показатели микротвердости меньше, чем ирригация 17%-ной ЭДТА и 2,5%-ным раствором гипохлорита натрия, активированного ультразвуковым наконечником без режущей кромки Irrisonic E1 (Helse, Сан-Паулу, Бразилия). В исследовании DiComite M. и соавт. (2015) [188] выявлено, что после ирригации гипохлоритом натрия и эндодонтической иглой, было обнаружено наличие микротрещин дентина корня в устьевой и средней трети корневого канала и во всех областях, где определены микротрещины корневого дентина, микротвердость была значительно снижена. Недостатком данного исследования для прямого сопоставления результатов является то, что посегментной оценки параметров микротвердости каждой трети корня не проводилось. В исследовании Ulusoy Ö. и соавт. (2021) [135] выявлено, что при ирригации 2,5%-ным раствором гипохлорита натрия при помощи эндодонтического шприца с эндодонтической иглой микротвердость корневого дентина значительно снижалась в устьевой трети корня, что косвенно подтверждает полученные данные диссертационного исследования, но посегментной оценки каждой трети корня в этом исследовании не проводилось.

В проведенном исследовании, при оценке средних значений сегментов середины всех третей корня независимо от конусности выявлено достоверное снижение в группе 2 «Звуковая активация» и группе 3 «Ультразвуковая активация» по сравнению как с необработанными зубами, так и с группой 1 «Без активации». Что подтверждает исследование Kamil AA. и соавт. (2025) [144], в котором выявлено, что снижение микротвердости было наибольшее при активации

ирригационных растворов аппаратом Эндоактиватор и ультразвуковой насадкой IrriSafe № 20. Также в исследовании Kamil AA. и соавт. (2025) [144] подтвердились результаты проведенного в рамках диссертационной работы исследования о том, что именно апикальная треть корня подвержена наибольшему снижению параметров микротвердости при обработке эндодонтическим шприцем, аппаратом Эндоактиватор и ультразвуком, но по данным Kamil AA. и соавт. (2025) [144] именно активация аппаратом Эндоактиватор способствовала самому значительному снижению микротвердости корневого дентина по всем третям корня, по сравнению с вышепредставленными методами. Посегментной оценки параметров микротвердости каждой трети корня не проводилось. В исследовании Widbiller M. и соавт. (2023) [164] выявлено, что использование звукового и ультразвукового метода активации ирригационных растворов (гипохлорита натрия и ЭДТА) повышает глубину проникновения ирриганта в дентин корня, а также, соответственно, приводит к износу корневого дентина и снижению прочностных показателей. Посегментной оценки изменения микротвердости корневого дентина в этом исследовании не проводилось, однако, отмечено, что ирригационные растворы, активируемые аппаратом Эндоактиватор, приводили к большему износу корневого дентина, по сравнению с ирригацией эндодонтическим шприцем и ультразвуком. В исследовании IsmailDavut и соавт. (2013) [114] по применению аппарата Эндоактиватор было выявлено, что комбинация ЭДТА и гипохлорита натрия, без активации, находящаяся в корневом канале в течение 1 мин, не изменяла минеральный уровень поверхности корневого дентина, однако применение аппарата Эндоактиватор изменило соотношение Ca/P на поверхности корневого дентина, снизив его. Это подтверждает результаты исследования, полученные в рамках диссертационной работы о том, что микротвердость снижалась по всем третям корня в сегменте середины при использовании аппарата Эндоактиватор. В работе Bryce G. и соавт. (2018) [201] выявлено, что с эффективным удалением коллагеновой пленки, гибкие полимерные насадки аппарата Эндоактиватор удаляли корневой дентин. В работе Chan R. и соавт. (2019) [104] выявлено, что все виды ультразвуковых насадок, в том числе ультразвуковая

насадка IrriSafe, удаляют большое количество корневого дентина в процессе активации ирригационных растворов, изменяя прочностные характеристики корневого дентина. В исследовании Agarwal S. и соавт. (2024) [131] было выявлено, что ирригация 3%-ным раствором гипохлорита натрия, активированного ультразвуком, снижала микротвердость корневого дентина наиболее значительно, чем использование 3%-ного раствора гипохлорита натрия без активации с помощью эндодонтической иглы. Это частично подтверждает результаты, полученные при проведении исследования в рамках диссертационной работы, но недостаток исследования [131] в том, что микротвердость измерялась отдельно в трех частях корня (устьевой, средней и апикальной), но конечный результат показателя микротвердости учитывался средний между показателями всех третей корня, а посегментной оценки каждой трети корня не проводилось. В исследовании Katunagic, A. и соавт. (2024) [142] выявлено, что при ирригации корневых каналов эндодонтическими растворами (3%-ным раствором гипохлорита натрия и 15%-ной ЭДТА) с ультразвуковой активацией, происходит наиболее выраженное снижение уровня кальция и фосфора в корневом дентине, чем при ирригации представленными эндодонтическими растворами с помощью эндодонтической иглы. Данные выводы частично подтверждают результаты проведенного исследования в рамках диссертационной работы, но недостатком исследования Katunagic, A. и соавт. (2024) [142] является то, что авторы не проводили разделения корней по третям и не проводили посегментную оценку уровня снижения минеральных компонентов в дентине корня, поэтому сравнить представленные результаты с результатами, полученными в рамках данного диссертационного исследования возможно только косвенно, полагая, что снижение микротвердости дентина при ультразвуковой активации ирригантов происходит за счет снижения минеральных компонентов. Аналогичные результаты получены в исследовании Chen Cai и соавт. (2023) [109], что также косвенно подтверждает результаты проведенного исследования в рамках диссертационной работы. В исследовании Emmanuel Z. и соавт. (2024) [200] выявлено, что различные ультразвуковые насадки не нарушают структуру дентина, но при соприкосновении с дентином корня,

вызывают образование микротрещин, которые снижают показатели твердости дентина корня. В исследовании Schiavotelo T. и соавт. (2017) [160] выявлено, что звуковая активация 2,5%-ного раствора гипохлорита натрия повреждала наибольшее количество корневого дентина в устьевой и средней трети корня, соответственно, снижая показатели прочностных характеристик дентина корня, в сравнении с ультразвуковой активацией 2,5%-ного раствора гипохлорита натрия и с ирригацией эндодонтической иглой 2,5%-ного раствора гипохлорита натрия. Эти результаты косвенно подтверждают полученные результаты проведенного исследования в рамках диссертационной работы, однако недостатком работы Schiavotelo T. и соавт. (2017) [160] является то, что исследовали степень удаления корневого дентина, но измерения параметров микротвердости в каждой трети корня и посегментной оценки параметров микротвердости в каждой трети корня не проводилось.

В литературе не было найдено работ, где сравнивали сочетанное влияние конусности инструментов, ирригационных растворов и методов активации ирригационных растворов на показатели микротвердости, а присутствуют только исследования по сравнению удаления корневого дентина и образованию трещин в дентине при механической обработке ручными и машинными инструментами: Jacob J. и соавт. (2019) [116], Kumar A. и соавт. (2020) [156], поэтому данные, представленные в диссертации, являются новыми.

Работы, оценивающие влияние ирригационных растворов на модуль упругости единичны и, как правило, представлены без соответствующей оценки микротвердости тех же образцов, это отличает проведенное исследование в рамках диссертационной работы, в котором проводилась комплексная оценка микротвердости и модуля упругости одних и тех же образцов, поэтому можно сопоставить, как эти величины соотносятся.

В рамках проведения диссертационной работы получено, что модуль упругости в основном изменяется во внутреннем слое дентина. Полученные данные подтверждаются исследованием Durmus B. и соавт. (2019) [195]. Разница в градиенте модуля упругости между третями корня объясняется тем, что авторы

работы Durmus В. и соавт. (2019) [195] проводили измерения точек, которые находились намного ближе к просвету корневого канала, чем в исследовании в рамках диссертационной работы, так как они проводили метод наноиндентирования. По данному методу ближайшая точка, в которой проводилось измерение модуля упругости, находилась на расстоянии 10 мкм. от просвета корневого канала, а в исследовании, проведенном в рамках диссертационной работы, ближайшая точка находилась на расстоянии 40 мкм. от просвета корневого канала. Также в исследовании в рамках диссертационной работы была проведена оценка модуля упругости в середине и наружном слое корневого дентина, авторы работы Durmus В. и соавт. (2019) [195] не проводили соответствующей посегментной оценки.

В целом можно заключить, что представленные в литературе работы охватывают изменение показателя модуля упругости только во внутреннем слое дентина в сегменте у канала, тогда как проведенное исследование в рамках диссертационной работы описывает модуль упругости по всей толще корня зуба.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Микротвердость и модуль упругости корневого дентина относятся к основным прочностным характеристикам зуба. Знания о том, как распределяются данные параметры в корне зуба в вертикальном направлении (в устьевой, средней и апикальной трети) и в горизонтальном направлении (в сегментах у канала, сегментах середины, сегментах у наружного края) важны для оптимизации качества эндодонтического лечения зуба. Соответственно, мониторинг пространственного распределения микротвердости и модуля упругости после различных этапов эндодонтического лечения представляет практический интерес для прогнозирования отдаленных результатов лечения.

Механическая и медикаментозная обработка корневого канала являются ключевыми этапами успешного эндодонтического лечения.

В настоящее время существует множество файловых систем для механической обработки корневых каналов, обладающих своими особенностями и характеристиками: различными методами изготовления (скручивания, фрезерования, литья), абразивной способностью, принципами применения, движением в корневом канале (возвратно-поступательное, непрерывное вращение), а также различной конусностью. Существует ряд исследований, показывающих, что при увеличении конусности корневого канала увеличивается проникновение ирригационного раствора в корневой дентин, но, в свою очередь, увеличивается риск негативных последствий, таких как вертикальная трещина корня, ленточные перфорации, микродефекты дентина корня, истончение дентина. Все эти негативные последствия отражаются на качестве проведенного эндодонтического лечения и влияют на отдаленные результаты лечения стоматологических пациентов.

Доказано, что гипохлорит натрия в комплексе с ЭДТА, при их последовательном применении, обладают лучшей дезинфицирующей способностью в сравнении с другими ирригационными растворами, что делает их

широко используемыми ирригационными растворами в практике. Гипохлорит натрия взаимодействует с минеральными компонентами в составе дентина корня и тем самым способствует проникновению ЭДТА в коллагеновый слой корневого дентина.

Активация ирригационных растворов в процессе эндодонтического лечения помогает улучшать качество проведенного лечения. Данный этап необходим для полноценной санации корневых каналов, снижения постоперационной чувствительности после obturации корневых каналов и заживления периапикальных поражений. Однако, при широком внедрении новых технологий активации, не существует единого мнения о влиянии методов активации ирригационных растворов на прочностные характеристики корня зуба.

Ирригация и активация ирригационных растворов, наряду с необходимыми антисептическими свойствами, могут иметь негативное воздействие на механические характеристики зуба, такие как модуль упругости и микротвердость корневого дентина. Несмотря на большое разнообразие исследований, практикующие врачи все еще испытывают трудности с оценкой влияния тех или иных этапов эндодонтического лечения на прочность зуба, а также сочетания этих этапов.

Чтобы комплексно оценить и проанализировать влияние этапов эндодонтического лечения, необходимо определить эталонный градиент параметров микротвердости и модуля упругости корневого дентина, что и было осуществлено при определении задачи №2. В данном экспериментальном исследовании задача №2 имеет фундаментальную направленность, в результате ее выполнения на основании комплексной посегментной оценки корневого дентина необработанных зубов был выявлен эталонный градиент этих характеристик.

Задачи №3 и №4 имеют практическую направленность, в ходе них было выявлено оптимальное с точки зрения микротвердости и модуля упругости сочетание конусности корневого канала и способа активации ирригационного раствора.

Перспективой дальнейшей разработки темы является проведение исследований на более крупной выборке зубов с выделением отдельных групп в зависимости от анатомии зуба, строения корневого канала, а также в комбинации с микробиологическим исследованием. Это позволит выявить сочетания вариантов механической обработки, ирригации и активации ирригантов, обеспечивающие максимальную антибактериальную эффективность при минимальном воздействии на механические параметры зуба. Также исследования в корневых каналах со сложным анатомическим строением практически значимы и нуждаются в дальнейшем изучении проблемы сочетания конусности инструментальной обработки с возможным, в данной выборке зубов, способом применения ирригационного раствора.

Наряду с перечисленными вариантами стоит отметить, что существуют менее известные и недостаточно изученные параметры прочностных характеристик, относящиеся к упругопластическому деформированию твердых тканей зуба (относительная работа упругой деформации и относительная работа пластической деформации). Проведение исследований по влиянию этапов эндодонтического лечения на изменение данных параметров и их влияние на дальнейший прогноз после проведенных алгоритмов, аналогично является перспективным направлением для дальнейших исследований.

ВЫВОДЫ

1) На основании анкетирования 78 врачей-стоматологов установлено, что у 61 % опрошенных наибольшие трудности вызывает оценка совместного влияния различных этапов эндодонтического лечения на конкретный зуб. Среди 70,5 % врачей, встречавших вертикальную трещину корня, большее количество (94,9 %) считает, что вопрос влияния различных этапов эндодонтического лечения на микротвердость корневого дентина требует изучения.

2) На основании комплексной посегментарной оценки необработанных зубов выявили, что градиент в вертикальном направлении заключается в следующем: микротвердость увеличивается от устьевой трети корня к апикальной трети, апикальная треть корня обладает наибольшей микротвердостью ($79,80 \pm 1,18$ HV, $p < 0,05$). Модуль упругости уменьшается от устьевой трети корня к средней, а затем увеличивается к апикальной трети, средняя треть корня обладает наименьшим модулем упругости ($16,30 \pm 1,01$ ГПа, $p < 0,05$). В горизонтальном направлении градиент аналогичен во всех третях корня: от сегмента у канала к сегменту середины как микротвердость, так и модуль упругости увеличиваются, а от середины к наружному краю – уменьшаются.

3) При обработке до конусности 06 изменение градиента микротвердости по сравнению с эталоном на уровне третей корня идентично при всех способах применения ирригационного раствора, а именно уменьшение от средней трети к апикальной. Градиент сегментов у канала также идентичен при всех способах активации ирригационного раствора – микротвердость снижается от устьевой трети к апикальной. Градиент на уровне сегментов середины различается в зависимости от способа активации раствора, а именно при ирригации без активации он отсутствует, при звуковой активации микротвердость уменьшается от средней трети к апикальной трети, а при ультразвуковой активации – от устьевой трети к апикальной трети. По модулю упругости градиентов, не присущих эталону, не выявлено ни при одном способе активации. Микротвердость апикальной трети

корня при конусности 06 снижается при всех способах применения ирригационного раствора, модуль упругости снижается только при звуковой и ультразвуковой активации.

4) При обработке корневого канала до конусности 08 снижение микротвердости апикальной трети корня по сравнению с необработанными зубами происходит при всех способах активации. Достоверных различий микротвердости и модуля упругости апикальной трети корня при звуковой и ультразвуковой активации не выявлено ($66,09 \pm 1,08$ HV и $67,16 \pm 0,83$ HV, $16,49 \pm 0,48$ и $17,27 \pm 0,56$ ГПа, соответственно). Однако, при звуковой активации по обоим параметрам выявлено формирование градиента, не присущего как эталону, так и образцам звуковой активации с конусностью 06, а именно микротвердость уменьшается от сегмента у канала к сегменту середины, а затем уменьшается к сегменту у наружного края, модуль упругости уменьшается в сегменте у канала от средней трети к апикальной. При ирригации без активации и при ультразвуковой активации изменения градиента микротвердости и модуля упругости аналогичны образцам с конусностью 06 соответствующих способов активации.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1) При механической обработке канала с конусностью 06 вариантом выбора для активации ирригационного раствора является звуковая активация, так как она приводит к меньшему снижению микротвердости корневого дентина апикальной трети корня по сравнению с ультразвуковой активацией.

2) При механической обработке канала до конусности 08 вариантом выбора является ультразвуковая активация ирригационного раствора, так как она приводит к образованию меньшего количества градиентов, не присущих эталону, по сравнению со звуковой активацией.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ЭДТА – этилендиаминтетрауксусная кислота

NaOCl – гипохлорит натрия

QMiX – ирригационный раствор, содержащий аналог хлоргексидина, триклозан (N-цетил-N,N,N триметиламмония бромид) и этилендиаминтетрауксусную кислоту

MTAD – ирригационный растворсодержащий 3 % доксициклина, 4,25 % лимонной кислоты и 0,5 % полисорбата

Н – Ньютон, единица измерения силы в Международной системе единиц

Гпа – Гигапаскаль, единица измерения модуля упругости в Международной системе единиц

нм – доляная единица измерения длины в Международной системе единиц

HV – обозначение твердости по Виккерсу

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ влияния гипохлорита натрия на структурные компоненты дентина / З. С. Хабадзе, Ю. А. Генералова, В. С. Шубаева [и др.] // Эндодонтия Today. – 2020. – Т. 18. – № 3. – С. 61-66. – DOI: 10.36377/1683-2981-2020-18-3-61-66.
2. Анализ качества obturации системы корневых каналов зубов / М. Т. Тхазапlicheва, Л. В. Карданова, А. Ш. Сулейманова [и др.] // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2024. – № 9. – С. 208-211. – DOI: 10.37882/2223-2966.2024.9.38.
3. Анализ методов измерения кривизны корневого канала зуба в эндодонтии / В. В. Дорогань, А. А. Адамчик, В. В. Таиров, С. А. Коровашкин // Медицинский альманах. – 2025. – № 4(85). – С. 47-58.
4. Анализ причин неудач эндодонтического лечения и удаления зубов с диагнозом «хронический апикальный периодонтит» / И. А. Куратов, М. О. Нагаева, М. В. Корнеева, М. А. Сурков // Проблемы стоматологии. – 2019. – Т. 15. – № 1. – С. 28-32.
5. Анализ проблемных зон оказания стоматологической помощи в алтайском крае по данным анкетирования врачей / С. И. Токмакова, Л. Ю. Побединская, О. В. Бондаренко [и др.] // Медицина в Кузбассе. – 2023. – Т. 22. – № 1. – С. 44-50. – DOI: 10.24412/2687-0053-2023-1-44-50.
6. Анализ эффективности звукового воздействия на систему каналов корня зуба. Лабораторное исследование / А. А. Адамчик, В. В. Таиров, И. О. Камышникова [и др.] // Российский стоматологический журнал. – 2023. – Т. 27. – № 4. – С. 261-270. – DOI: 10.17816/dent252067.
7. Антонова, О. А. Сравнительный анализ эффективности механической обработки корневых каналов различными системами Ni-Ti-файлов / О. А. Антонова, В. А. Воинова, Ю. А. Митронин // Эндодонтия Today. – 2024. – Т. 22. – № 3. – С. 206-211. – DOI: 10.36377/ET-0032.

8. Аргунова, Т. С. Модель развития микротрещин в дентине зубов человека на основе данных микротомографии / Т. С. Аргунова, Ж. В. Гудкина, М. Ю. Гуткин // Письма в Журнал технической физики. – 2020. – Т. 46. – № 10. – С. 46-50. – DOI: 10.21883/PJTF.2020.10.49433.18268.
9. Байтус, Н. А. Инновационный подход к лечению поперечных переломов корней моляров / Н. А. Байтус, Ю. П. Чернявский // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2021. – Т. 20. – № 3. – С. 90-96. – DOI: 10.22263/2312-4156.2021.3.90.
10. Белозеров, А. Е. Использование ультразвука – залог качественного эндодонтического лечения / А. Е. Белозеров // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2015. – Т. 5. – № 11. – С. 1331-1332.
11. Бер, Р. Эндодонтология / Р. Бер, М. А. Бауманн, С. Ким; под общ. ред. Т. Ф. Виноградовой. – 3-е изд. – Москва : МЕДпресс-информ, 2010. – 366 с. – ISBN 5-98322-590-1.
12. Бердиева, Р. Р. Анализ ошибок первичного эндодонтического лечения зубов с хроническим периодонтитом / Р. Р. Бердиева, А. Б. Мамытова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 1-1(91). – С. 79-82. – DOI: 10.23670/IRJ.2020.91.1.016.
13. Блинова, А. В. Нанотехнологии - реальность современной стоматологии (обзор литературы) / А. В. Блинова, В. А. Румянцев // Эндодонтия Today. – 2020. – Т. 18. – № 2. – С. 56-61.
14. Болдырев, Ю. А. Социальная значимость эстетико-функциональной реставрации зубов прямым и непрямым способами / Ю. А. Болдырев, Ю. В. Мандра // Проблемы стоматологии. – 2017. – № 4. – С. 3-8. – DOI: 10.18481/2077-7566-2017-13-4-3-8.
15. Булычева, М. М. Ирригации корневых каналов препаратом белодез разной концентрации больных с хроническим фиброзным пульпитом / М. М. Булычева, Т. М. Коньшкіна // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2022. – Т. 21. – № S2. – С. 97.

16. Валеева, И. И. Сравнительная оценка методов активации ирригационных растворов в эндодонтической практике / И. И. Валеева, Б. И. Амерханов, Н. Р. Дмитракова // Modern Science. – 2025. – № 1-2. – С. 8-12.
17. Влияние внутрикоронкового отбеливания на микротвердость дентина: клинический случай с обзором литературы / Ю. А. Таптун, М. К. Макеева, В. Д. Шарганова [и др.] // Проблемы стоматологии. – 2024. – Т. 20. – № 1. – С. 85-91. – DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-1-85-91.
18. Влияние качества удаления временного лечебного материала из анатомически ограниченных объемов системы корневых каналов на герметизм корневой пломбы / А. А. Копытов, Е. А. Кузьмина, В. А. Борозенцева [и др.] // Медицинский алфавит. – 2022. – № 2. – С. 11-16. – DOI 10.33667/2078-5631-2022-2-11-16.
19. Влияние механической и медикаментозной обработки корневых каналов на устойчивость зубов к возникновению вертикальных трещин корня (пилотное исследование) / И. М. Макеева, С. Ф. Бякова, Я. В. Казаков, Н. Е. Новожилова // Стоматология. – 2016. – № 95(1). – С. 14-17.
20. Влияние низкочастотных ультразвуковых колебаний на глубину проникновения антисептика по дентинным канальцам / Л. Н. Казакова, Е. А. Прокаева, О. С. Терещук, С. Л. Пичхидзе // Бюллетень медицинских Интернет-конференций. – 2015. – Т. 5. – № 11. – С. 1387-1389.
21. Влияние способа активации ирригационного раствора в процессе эндодонтического лечения на структуру дентина корня и качество очистки корневого канала / М. О. Нагаева, И. А. Куратов, Т. Х. Тимохина, Т. А. Силантьева // Стоматология. – 2020. – Т. 99. – № 4. – С. 15-20. – DOI: 10.17116/stomat20209904115.
22. Влияние эндодонтического лечения на микротвердость корневого дентина по данным опроса врачей-стоматологов / Ю. А. Таптун, М. К. Макеева, З. С. Хабазе [и др.] // Head and Neck. Голова и шея. Российское издание. Журнал Общероссийской общественной организации «Федерация специалистов по лечению заболеваний головы и шеи». – 2025. – Т. 13. – № 1. – С. 154-160. – DOI: 10.25792/HN.2025.13.1.154-160.

23. Галямин, К. А. Инновационные методы в эндодонтии / К. А. Галямин, В. В. Гилязева // Глобальные проблемы современности. – 2024. – Т. 5. – № 1. – С. 8-13.
24. Гатина, Э. Н. Современные возможности ирригации корневых каналов / Э. Н. Гатина, Г. Р. Егорова, Ю. В. Фазылова // Молодой ученый. – 2015. – № 11(91). – С. 631-635.
25. ГОСТ 2999 – 75 1СТ СЭВ 470 – 77J. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу : Издание официальное. Metals and alloys. Vickers hardness test by diamond. pyramid. ОКСТУ 1909. – Москва: Издательство стандартов, 1987. – 3 с.
26. ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007 : национальный стандарт Российской Федерации «Металлы и сплавы. Измерение твёрдости по Виккерсу. Часть 1. Метод измерения». – Москва: Стандартинформ, 2008. – 3 с.
27. Грудянов, А. И. Современные представления об этиологии, патогенезе и подходах к лечению эндодонто-пародонтальных поражений / А. И. Грудянов, М. К. Макеева, Н. В. Пятигорская // Актуальные вопросы стоматологии. Вестник РАМН. – 2013. – № 8. – С. 34-36.
28. Даурова, Ф. Ю. Синдром эмоционального выгорания у врачей-стоматологов. Обзор литературы / Ф. Ю. Даурова, О. А. Ивашкина, М. К. Макеева // Стоматология для всех. – 2021. – № 4(97). – С. 24-32. – DOI: 10.35556/idr-2021-4(97)24-32.
29. Девятникова, В. Г. Влияние конусности эндодонтических файлов на эффективность механической обработки корневого канала зуба / В. Г. Девятникова, Е. А. Барановский, Т. Н. Манак // Современная стоматология. – 2020. – № 3(80). – С. 65-68.
30. Диагностика и планирование лечения эндо-пародонтальных поражений / А. В. Силин, Н. Е. Абрамова, Е. В. Леонова [и др.] // Пародонтология. – 2015. – Т. 20. – № 3(76). – С. 74-80.
31. Диагностическая ошибка в ходе эндодонтического лечения / А. К. Иорданишвили, Е. Х. Баринов, Р. Э. Калинин [и др.] // Вестник Медицинского стоматологического института. – 2023. – Т. 67. – № 4. – С. 60-63.

32. Ерицян, О. А. Сравнительный анализ современных методов активации гипохлорита натрия при эндодонтическом лечении / О. А. Ерицян, Е. В. Вусатая // Молодежный инновационный вестник. – 2024. – Т. 13. – № S1. – С. 493-497.
33. Жумакадырова, Д. Методы лечения хронического периодонтита (обзор литературы) / Д. Жумакадырова // ВОГУ. – 2022. – № 3. – С. 25-37. – DOI: 10.52754/16947452_2022_3_25.
34. Загорский, В. А. Прочностные свойства твердых тканей зубов. Часть II / В. А. Загорский, И. М. Макеева, В. В. Загорский // Российский стоматологический журнал. – 2014. – № 1. – С. 9-12.
35. Загорский, В. А. Функционирование твердых тканей зуба. Часть 3. Экспериментально-теоретические исследования / В. А. Загорский, И. М. Макеева, В. В. Загорский // Российский стоматологический журнал. – 2014. – №1. – С. 12-15.
36. Изменения анатомо-морфологических характеристик системы эндодонта и параметров твердых тканей зубов человека в Северо-Западном регионе Сибири на протяжении X-XX веков / Ю. А. Домбровская, О. Н. Кравец, А. В. Николаева [и др.] // Стоматология. – 2024. – Т. 103. – № 6. – С. 5-9. – DOI: 10.17116/stomat20241030615.
37. Иорданишвили, А. К. Ошибки при эндодонтическом лечении зубов и их последствия / А. К. Иорданишвили, Е. Х. Баринов, А. Е. Мальцев // Вятский медицинский вестник. – 2024. – Т. 82. – № 2. – С. 92-96. – DOI: 10.24412/2220-7880-2024-2-92-96.
38. Иорданишвили, А.К. Тяжелое осложнение при повторном эндодонтическом лечении зуба / А.К. Иорданишвили, Е.Х. Баринов, А.Е. Мальцев // Вятский медицинский вестник. – 2022. – № 2 (74). – С. 102-105.
39. Ирригация корневых каналов в повседневной эндодонтии / А. В. Зорян, А. О. Асланова, И. А. Коровкин, Г. С. Колганов // Медицинский алфавит. – 2025. – № 1. – С. 82-87. – DOI: 10.33667/2078-5631-2025-1-82-87.
40. Использование вибрационных методов воздействия в эндодонтическом лечении / Л. Ю. Орехова, Т. В. Порхун, В. Ю. Вашнёва, Е. А. Рубежова // The Journal

of scientific articles “Health and Education Millennium. – 2018. – Vol. 20. – № 2. – DOI: 10.26787/nydha-2226-7425-2018-20-2-65-69.

41. Исследование структурных особенностей дентина методами микротомографии и просвечивающей электронной микроскопии / Т. С. Аргунова, Ж. В. Гудкина, М. Ю. Гуткин [и др.] // Журнал технической физики. – 2020. – Т. 90. – № 9. – С. 1449-1461. – DOI: 10.21883/JTF.2020.09.49675.442-19.

42. Клинико-лабораторное обоснование методики подготовки депульпированных зубов к протезированию / И. Г. Массарский, Н. Н. Аболмасов, И. А. Адаева [и др.] // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2015. – Vol. 14. – № 5. – Р. 87-99.

43. Ключко, К. Г. Тактика врачей – стоматологов при выборе материалов и методов лечения заболеваний пульпы и апикального периодонта / К. Г. Ключко // Медицинские новости. – 2022. – № 9 (336). – С. 65-68.

44. Ковецкая, Е. Е. Исследование микротвердости тканей корня девитального зуба / Е. Е. Ковецкая, И. В. Кравчук // БГМУ в авангарде медицинской науки и практики : сборник научных трудов. – 2015. – В. 5. – С. 69-71.

45. Комплексная оценка эффективности диагностики и лечения пациентов с хроническим апикальным периодонтитом на основании микробиологического и джоульметрического методов исследования / К. Е. Фролова, Л. А. Зюлькина, А. В. Юркевич, А. В. Ефремова // Медицинский алфавит. – 2024. – № 11. – С. 77-80.

46. Копытов, А. А. Возможность адаптации фрагментированного корня с нарушенными прочностными характеристиками / А. А. Копытов // Эндодонтия Today. – 2010. – № 4. – С. 6-10.

47. Костюченко, А. В. Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1-2 по дисциплине «Физика наносистем» для студентов направления 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» (профиль «Компоненты микро- и наносистемной техники») очной формы обучения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» / А. В. Костюченко. – Воронеж, 2017. – 42 с.

48. Луцкая, И. К. Перелом зуба: Проблемы и дискуссии / И. К. Луцкая // Современная стоматология. – 2022. – № 2 (87). – С. 40-46.
49. Макеева, И. М. Вертикальная трещина корня зуба. Этиология, клинические симптомы, диагностика / И. М. Макеева, С. Ф. Бякова, Э. К. Аджиева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 12-5 (54). – С. 104-107. – DOI 10.18454/IRJ.2016.54.055.
50. Мамедзаде, Р. Э. Современные материалы, техники ирригации и активации в эндодонтическом лечении зубов / Р. Э. Мамедзаде // Вестник стоматологии. – 2017. – № 1 (98). – С. 66-69. – DOI: 10.24412/Fe5Nfa0IS4o.
51. Манак, Т. Н. Медикаментозная обработка корневого канала -важнейший этап в комплексе эндодонтического лечения (обзор литературы) научные исследования / Т. Н. Манак, О. С. Савостикова // Стоматологический журнал. – 2018. – Т. 19. – № 4. – С. 268-272.
52. Масис, Г. Фрагменты доклада Макеевой И. М. «Идеальная дезинфекция системы корневых каналов – достижима ли она?» на II Российском эндодонтическом конгрессе / Г. Масис // Эндодонтия Today. – 2012. – № 2. – С. 42-44.
53. Метод инструментальной обработки корневого канала зуба при наличии в нем отломка инструмента / О. А. Соловьева, А. Э. Хачатурян, К. Г. Карakov [и др.] // Клиническая стоматология. – 2018. – № 2(86). – С. 10-13. – DOI: 10.37988/1811-153X_2018_2_10.
54. Микробиологическая оценка лечебно-диагностических мероприятий у пациентов с хроническим апикальным периодонтитом / К. Е. Фролова, Л. А. Зюлькина, А. В. Юркевич [и др.] // Вятский медицинский вестник. – 2024. – № 3(83). – С. 48-52. – DOI: 10.24412/2220-7880-2024-3-48-52.
55. Микротвердость корневого дентина в зависимости от методов внутриканальной обработки корневого канала / Ю. А. Тапун, М. К. Макеева, З. С. Хабазде [и др.] // Head and neck. Голова и шея. Российский журнал. – 2025. – № 13(3). – С. 171-177. – DOI: 10.25792/HN.2025.13.3.171-177.

56. Минеральный состав эмали, дентина, цемента и физико-химические закономерности при возникновении заболеваний твердых тканей зубов на примере одонтологического материала X-XXI веков / Ю. А. Домбровская, О. Н. Кравец, А. В. Николаева [и др.] // Пародонтология. – 2025. – Т. 30. – № 3. – С. 230-239. – DOI: 10.33925/1683-3759-2025-1137.
57. Митрофанов, А. А. Пульпиты и особенности их проявления при сахарном диабете и гипертонической болезни (обзор) / А. А. Митрофанов, А. К. Иорданишвили, В. В. Чернегов // Вятский медицинский вестник. – 2022. – № 3(75). – С. 82-92.
58. Муслев, С. А. История изучения упругости и твердости дентина и эмали зубов человека. Развитие науки и практики в глобально меняющемся мире в условиях рисков / С. А. Муслев // Сборник материалов XVI международной научно-практической конференции. – 2023. – С. 299-306.
59. Новак, Н. В. Анализ физико-механических характеристик твердых тканей зуба и пломбировочных материалов / Н. В. Новак, Н. А. Байтус // Вестник ВГМУ. – 2016. – № 1. – С. 19-26.
60. Новак, Н. В. Диагностика трещин зубов / Н. В. Новак // Стоматология. Эстетика. Инновации. – 2021. – Т. 5. – № 2. – С. 142-151. – DOI: 10.34883/PI.2021.5.2.003.
61. Новак, Н. В. Методы лечения трещин зубов / Н. В. Новак // Стоматология. Эстетика. Инновации. – 2021. – Т. 5. – № 3. – С. 318-332. – DOI: 10.34883/PI.2021.5.3.008.
62. Онопа, Е. Н. Профилактика перфорации корня и нарушения оси корневого канала при восстановлении коронковой части зубов штифтовыми конструкциями / Е. Н. Онопа, С. И. Токмакова, Д. С. Павликов // Проблемы стоматологии. – 2008. – № 2. – С. 21-23.
63. Определение критериев качества пломбирования корневых каналов зубов с использованием конусно-лучевой компьютерной томографии / А. В. Силин, Л. Ю. Орехова, Т. В. Порхун, И. В. Пяткова // Эндодонтия Today. – 2016. – № 4. – С. 50-56.

64. Определение показаний к выбору метода препарирования системы корневых каналов полновращательными и реципрокными инструментами / И. В. Пяткова, Л. Ю. Орехова, Т. В. Порхун, А. В. Силин // *Эндодонтия Today*. – 2020. – Т. 18. – № 1. – С. 21-26. – DOI: 10.36377/1683-2981-2020-18-1-21-26.
65. Осведомленность врачей-стоматологов в вопросах местной анестезии / С. И. Токмакова, Л. Ю. Побединская, О. В. Бондаренко [и др.] // *Главный врач Юга России*. – 2025. – № 3 (101). – С. 36-39.
66. Особенности механической обработки корневых каналов системами вращающихся инструментов S-профиля / Д. В. Данилова, О. Г. Зиновенко, Н. В. Новак [и др.] // *Стоматология. Эстетика. Инновации*. – 2021. – Т. 5. – № 4. – С. 421-438. – DOI 10.34883/PI.2021.5.4.009.
67. Погосян, М. А. Изменение качества медикаментозной обработки корневых каналов при воздействии НЧУЗ / М. А. Погосян, О. С. Терещук, С. Я. Пичхидзе // *Бюллетень медицинских Интернет-конференций*. – 2016. – Т. 6. – № 5. – С. 856-857.
68. Применение механической агитации ирригационного раствора при эндодонтическом лечении: серия клинических случаев / Ю. А. Таптун, М. К. Макеева, В. Д. Шарганова [и др.] // *Эндодонтия Today*. – 2023. – № 21(3). – С. 181-187. – DOI: 10.36377/1683-2981-2023-21-3-181-187.
69. Проблемы эндодонтического перелечивания моляров верхней челюсти (обзор литературы) / И. М. Волошина, В. В. Борисов, Е. А. Долгов, В. Г. Ашыров // *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. – 2024. – Т. 18. – № 5. – С. 13-21. – DOI: 10.24412/2075-4094-2024-5-1-2.
70. Раменский, В. В. Сравнительный анализ методов определения микротвердости / В. В. Раменский, К. Ю. Филиппов // *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*. – 2020. – № 1. – С. 28-30.
71. Результаты анкетирования врачей-стоматологов муниципальных клиник г. Красноярска по вопросам эндодонтического лечения зубов / С. А. Овчинникова, А. Н. Дуж, И. В. Бабич [и др.] // *Вестник новых медицинских технологий*. – 2022. – Т. 29. – № 2. – С. 5-8. – DOI: 10.24412/1609-2163-2022-2-5-8.

72. Рентгенологическая оценка эффективности лечения хронического апикального периодонтита препаратами на основе высокодисперсной гидроокиси кальция / К. Е. Фролова, Л. А. Зюлькина, С. М. Геращенко [и др.] // Медицинский вестник Башкортостана. – 2023. – Т. 18. – № 3(105). – С. 25-28.
73. Ретроспективный анализ качества пломбирования корневых каналов по данным конусно-лучевой компьютерной томографии / А. А. Адамчик, В. В. Дорогань, Е. С. Запорожская-Абрамова [и др.] // Эндодонтия Today. – 2022. – Т. 20. – № 2. – С. 102-108. – DOI: 10.36377/1726-7242-2022-20-2-102-108.
74. Реутов, А. С. Стоматология: ошибки и осложнения в эндодонтии / А. С. Реутов, Е. Н. Скворцова, А. В. Ефремова // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. – 2023. – № 9-2. – С. 155-159. – DOI: 10.37882/2223-2982.2023.9-2.21.
75. Рябцева, И. М. Влияние эндодонтических ирригантов на свойства материала и поверхности биосовместимых термопластов / И. М. Рябцева, А. С. Дистрянов // Научные исследования молодых ученых: сборник статей XVI Международной научно-практической конференции. – 2022. – С. 224-226.
76. Саркисян, Н. Г. Медикаментозная обработка корневых каналов в эндодонтии: проблемы использования современных средств / Н. Г. Саркисян, Н. Н. Катаева, Д. А. Хохрякова // Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. – 2025. – Т. 33. – № 1. – С. 123-132. – DOI: 10.17816/PAVLOVJ568734.
77. Силин, А. В. Оптимизация препарирования корневых каналов с учетом их анатомии / А. В. Силин, И. В. Пяткова // Эндодонтия Today. – 2012. – № 3. – С. 44-48.
78. Силин, А. В. Эмаль и дентин зубов человека. Усталостная прочность / А. В. Силин, Е. А. Сатыго, А. Т. Марьянович // Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова. – 2023. – Т. 15. – № 4. – С. 19-29. – DOI: 10.17816/mechnikov624120.
79. Современные аспекты прохождения и пломбирования корневых каналов / К. Г. Караков, Т. Н. Власова, А. В. Оганян [и др.] // Актуальные вопросы стоматологии: Сборник научных трудов, посвященный основателю кафедры

ортопедической стоматологии КГМУ, профессору Исаак Михайловичу Оксману, Казань, 13 марта 2024 года. – Казань: Казанский государственный медицинский университет, 2024. – С. 507-511.

80. Современные методы эндодонтической обработки корневых каналов зубов / В. В. Даников, Ю. А. Гришина, М. А. Захаров, А. С. Королева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 4 (142). – С. 86. – DOI: 10.23670/IRJ.2024.142.91.

81. Способ лечения хронического апикального периодонтита (случай из практики) / К. Г. Караков, Т. Н. Власова, Э. Э. Хачатурян [и др.] // Вестник Медицинского стоматологического института. – 2025. – № 4(75). – С. 28-30.

82. Сравнение качества очистки искривленных корневых каналов при повторном эндодонтическом лечении / А. А. Волошина, А. А. Дорофеев, А. В. Севбитов, К. Е. Захарова // Вестник новых медицинских технологий. – 2024. – Т. 18. – № 2. – С. 12-16. – DOI: 10.24412/2075-4094-2024-2-1-2.

83. Сравнение качества различных методов ирригации корневых каналов в процессе эндодонтического лечения / И. А. Беленова, Д. Ю. Харитонов, А. В. Сущенко [и др.] // Эндодонтия Today. – 2016. – № 2. – С. 3-7.

84. Сравнение расчетного метода оценки поверхностной нано и микротвердости материалов с методом Оливера и Фарра / В. И. Мощенок, М. М. Ляховицкий, И. В. Дощечкина, И. Е. Кухарева // Вестник ХНАДУ. – 2009. – № 46.

85. Сравнительная морфометрическая характеристика рабочей поверхности эндодонтических ротационных никельтитановых инструментов после максимальной циклической нагрузки / Ю. А. Домбровская, Т. О. Падерина, К. А. Бенкен [и др.] // Эндодонтия Today. – 2022. – Т. 20. – № 1. – С. 12-19. – DOI: 10.36377/1726-7242-2022-20-1-12-19.

86. Сравнительная оценка эффективности ирригации при эндодонтическом лечении / А. Р. Горкунова, А. А. Адамчик, М. С. Апажихова, А. А. Пшунова // Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке. – 2018. – Т. 20. – № 1. – С. 45-49.

87. Сравнительная оценка эффективности ультразвуковых и звуковых методов активации ирригационного раствора в корневых каналах с простой и сложной анатомией (экспериментальное исследование) / Д. В. Сорокоумова, С. С. Григорьев, К. А. Лаптева [и др.] // Проблемы стоматологии. – 2019. – Т. 15. – № 1. – С. 57-62. – DOI: 10.18481/2077-7566-2019-15-1-57-62.
88. Сравнительная характеристика методов медикаментозного воздействия на микрофлору корневых каналов зубов при хроническом апикальном периодонтите / К. Г. Карakov, Э. Э. Хачатурян, Т. Н. Власова [и др.] // Актуальные вопросы стоматологии: Сборник научных трудов, посвященный основателю кафедры ортопедической стоматологии КГМУ, профессору Исаак Михайловичу Оксману, Казань, 13 марта 2024 года. – Казань: Казанский государственный медицинский университет, 2024. – С. 512-516.
89. Таптун, Ю. А. Применение аппарата «EndoActivator» для активации ирригационного раствора при эндодонтическом лечении: серия клинических случаев / Ю. А. Таптун, Н. Т. Бутаева, М. К. Макеева // Современная концепция стоматологической действительности – 2023: сборник трудов Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной юбилею сотрудничества медицинского института РУДН и Ташкентского государственного стоматологического института. – 2023. – С. 64-65.
90. Тонакян, Л. Э. Эндодонтическое лечение: сравнительная характеристика методов обработки и obturации корневых каналов / Л. Э. Тонакян // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2017. – Т. 7. – № 9. – С. 1475-1477.
91. Упругие модули гиперупругих моделей биологических тканей / С. А. Муслов, С. Д. Арутюнов, С. С. Перцов [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 1(26). – DOI: 10.51871/2588-0500_2024_08_01_39.
92. Упругие свойства биологических тканей органов человека и животных / С. А. Муслов, С. Д. Арутюнов, С. С. Перцов [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 1(26). – DOI: 10.51871/2588-0500_2024_08_01_40.
93. Устойчивость к переломам эндодонтически пролеченных зубов, восстановленных с помощью стекловолоконных штифтовых конструкций,

- изготовленных с применением CAD/CAM: обзор литературы / И. А. Воронов, О. С. Морданов, И. М. Тодуа, Ш. А. Нажмудинов // Эндодонтия Today. – 2019. – Т. 17. – № 3. – С. 83-86. – DOI: 10.36377/1683-2981-2019-17-3-83-86.
94. Федюнина, А. Е. Профилактика осложнений, возникающих во время и после эндодонтического лечения зубов / А. Е. Федюнина, Ю. В. Луницына // Scientist. – 2021. – № 2 (16). – С. 21.
95. Фролова, К. Е. Рентгенологическая оценка качества лечения пациентов с хроническим апикальным периодонтитом путем измерения показателей оптической плотности костной ткани периапикальной области / К. Е. Фролова, Л. А. Зюлькина // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2023. – № 3(67). – С. 14-20. – DOI: 10.21685/2072-3032-2023-3-2.
96. Хабадзе, З. С. Оптимизация повторного эндодонтического лечения / З. С. Хабадзе, Ф. Р. Исмаилов // Эндодонтия Today. – 2020. – Т. 18. – № 1. – С. 31-36. – DOI: 10.36377/1683-2981-2020-18-1-31-36.
97. Хафизова, Ф. А. Современные методы дезинфекции корневых каналов / Ф. А. Хафизова, Д. А. Аглиуллина, Э. А. Курбанова // Вектор научной мысли. – 2024. – № 12(17). – С. 82-84. – DOI: 10.58351/2949-2041.2024.17.12.006.
98. Цимбалистов, А. В. Состояние пульпы интактных зубов при генерализованном пародонтите тяжелой степени / А. В. Цимбалистов, Э. Д. Сурдина, Г. Б. Шторина // Проблемы стоматологии. – 2007. – № 4. – С. 5-9.
99. Частота встречаемости различных вариантов строения корневых каналов и методы механической их обработки в практике врача-стоматолога-терапевта / Т. Л. Рединова, Е. И. Пудова, И. Х. Шарифуллина [и др.] // Эндодонтия Today. – 2022. – № 20(3). – С. 215-221. – DOI: 10.36377/1726-7242-2022-20-3-215-221.
100. Эволюционные тенденции изменения микроэлементного состава эмали, поверхностных слоев дентина, цемента зубов человека в Северо-Западном регионе Сибири в норме и при патологии в X-XX веках / Ю. А. Домбровская, О. Н. Кравец, А. В. Николаева [и др.] // Стоматология. – 2025. – Т. 104. – № 1. – С. 5-8. – DOI: 10.17116/stomat20251040115.

101. Экспериментальная оценка влияния степени расширения корневых каналов на устойчивость корней зубов и возникновению вертикальной трещины / И. М. Макеева, С. Ф. Бякова, Н. Е. Новожилова [и др.] // *Эндодонтия Today*. – 2016. – № 02/16. – С.72-75.
102. Экспериментальное определение смачивания дентина корня зуба растворами для эндодонтической ирригации / О. С. Савостикова, Т. Н. Манак, А. Л. Худолей, А. С. Александронец // *Современная стоматология*. – 2018. – № 1(70). – С. 80-84.
103. Эндодонтическое лечение периодонтитов / О. А. Соловьева, К. Г. Караков, Э. Э. Хачатурян [и др.] // *Актуальные вопросы клинической стоматологии*, Ставрополь, 05–07 апреля 2017 года. – Ставрополь: Ставропольский государственный медицинский университет, 2017. – С. 145-147.
104. Эффективность применения вертикального препарирования зубов при ортопедическом лечении пациентов с низкими клиническими коронками / Р. Ю. Моргачев, В. А. Кунин, Т. А. Гордеева, Е. Ю. Каверина // *Прикладные информационные аспекты медицины*. – 2025. – Т. 28. – № 1. – С. 49-54. – DOI: 10.18499/2070-9277-2025-28-1-49-54.
105. A Comparative Evaluation of the Effect of Different Endodontic Irrigating Solutions on Microhardness of Root Canal Dentin: An in vitro Study / C. C. Geogi, S. Dubey, P. Singh [et al.] // *J Dent (Shiraz)*. – 2024. – Vol. 25. – № 3. – P. 236-242. – DOI: 10.30476/dentjods.2023.98298.2071.
106. A Comparative ex-vivo Study of Effects of Different Irrigation Protocols with/without Laser Activation on the Root Dentine's Micro-Hardness / M. Quteifani, A. A. Madarati, K. Layous, M. A. Tayyan // *EurEndod J*. – 2019. – Vol. 4. – № 3. – P. 127-132. – DOI: 10.14744/eej.2019.49369.
107. A survey of sodium hypochlorite use by general dental practitioners and endodontists in Australia / R. M. Clarkson, H. M. Podlich, N. W. Savage, A. J. Moule // *AustDent J*. – 2003. – Vol. 48. – № 1. – P. 20-26. – DOI: 10.1111/j.1834-7819.2003.tb00004.x.
108. Adl, A. The Efficacy of EndoActivator, passive ultrasonic irrigation, and Ultra X in removing calcium hydroxide from root canals: an in-vitro study / A. Adl, A. Razavian, F.

- Eskandari // *BMC Oral Health* 22. – 2022. – Vol. 22. – № 1. – P. 564. – DOI: 10.1186/s12903-022-02626-z.
109. Advances in the Role of Sodium Hypochlorite Irrigant in Chemical Preparation of Root Canal Treatment / C. Cai, X. Chen, Y. Li, Q. Jiang // *Biomed Res Int.* – 2023. – Vol. 2023. – P. 8858283. – DOI: 10.1155/2023/8858283.
110. Alsaady, A. A. Evaluation of fracture resistance and fracture pattern of roots following canal preparation by hand and rotary instrumentation / A. A. Alsaady, M. K. Gholam, F. S. Oglah // *MustansiriaDental Journal.* – 2012. – Vol. 9. – № 1. – P. 16-21.
111. Arun, D.R. Effect of 5% Carbohydrate Derived-Fulvic Acid on Smear Layer Removal and Root Dentin Microhardness - An In Vitro study / D. R. Arun, V. Sujatha, S. Mahalaxmi // *EurEndod J.* – 2022. – Vol. 7. – № 2. – P. 156-160. – DOI: 10.14744/ej.2022.97759.
112. Boutsoukis, C. Present status and future routes – Irrigants and irrigation methodology / C. Boutsoukis, M. T. Arii-Moliz // *International Endodontic Journal.* – 2022. – Vol. 55. – Suppl. 3. – P. 588-612. – DOI: 10.1111/IEJ.13739.
113. Boutsoukis, C. Uncontrolled Removal of Dentin during In Vitro Ultrasonic Irrigant Activation / C. Boutsoukis, N. Tzimpoulas // *J Endod.* – 2016. – Vol. 42. – № 2. – P. 289-293. – DOI: 10.1016/j.joen.2015.09.017.
114. Capar, I. D. Surface change of root canal dentin after the use of irrigation activation protocols: Electron microscopy and an energy-dispersive X-ray microanalysis / I. D. Capar, H. A. Aydinbelge // *Microscopy Research andTechnique.* – 2013. – Vol. 76. – P. 893-896. – DOI: 10.1002/jemt.22244.
115. Clinical and Radiographic Characteristics of Vertical Root Fractures in Endodontically and Nonendodontically Treated Teeth / W. C. Liao, Y. L. Tsai, C. Y. Wang [et al.] // *J Endod.* – 2017. – Vol. 43. – № 5. – P. 687-693. – DOI: 10.1016/j.joen.2016.12.009.
116. Comparative Analysis of Dentinal Crack Formation Following Root Canal Instrumentation with Hand K-Flex Files, ProTaper Next, and Self-adjusting Files / J. Jacob, M. Paul, B. Sara [et al.] // *J ContempDentPract.* – 2019. – Vol. 20. – № 8. – P. 935-939.

117. Comparative evaluation of Chloroquick with Triphala, sodium hypochlorite, and ethylenediaminetetraacetic acid on the microhardness of root canal dentin: An in vitro study / V. Elika, D. Kunam, L. Anumula [et al.] // *J ClinTransl Res.* – 2021. – Vol. 7. – № 1. – P. 72-76.
118. Comparative Evaluation of Fracture Resistance of Endodontically Treated Bicuspid Instrumented With Hand Files, TruNatomy, ProTaper Next, ProTaper Gold, and WaveOne - An In vitro Study / S. Nassar, H. K. Shetty, P. M. S. Nair [et al.] // *J Pharm Bioallied Sci.* – 2022. – Vol. 14. – Suppl. 1. – P. S600-S604. – DOI: 10.4103/jpbs.jpbs_739_21.
119. Comparative Evaluation of the Effect of Different Irrigation Regimens With and Without Ultrasonic Activation on Root Dentin Microhardness: An In Vitro Study / N. Khurana, J. Mann, A. Kaur [et al.] // *Cureus.* – 2024. – Vol. 16. – № 11. – P. e73854. – DOI: 10.7759/cureus.73854.
120. Comparative Evaluation of the Effect of EDTA, Chitosan, Etidronic Acid, and Silver Citrate on the Mineral Content of Root Canal Dentin Using Energy Dispersive X-raySpectroscopy: An In-Vitro Study / S. Bhatia, M. Vaidya, V. Hegde, S. S. Sachdev // *EurEndod J.* – 2025. – Vol. 10. – № 2. – P. 173-180. – DOI: 10.14744/eej.2024.30092.
121. Confocal laser scanning microscopy-based evaluation of penetration depth and image analysis of root canal wall debridement using ultrasonically activated heated sodium hypochlorite / R. J. Kakodkar, K. Y. Bhargava, S. Mulay [et al.] // *J Conserv Dent Endod.* – 2025. – Vol. 28. – № 11. – P. 1096-1101. – DOI: 10.4103/JCDE.JCDE_592_25.
122. Cracked Teeth and Vertical Root Fractures in Pandemic Crisis - Retrospective Study / A. M. Popescu, O. A. Diaconu, S. M. Popescu [et al.] // *Curr Health Sci J.* – 2024. – Vol. 50. – № 2. – P. 237-245. – DOI: 10.12865/CHSJ.50.02.09.
123. Current Trends in Root Canal Irrigation / A. Ali, A. Bhosale, S. Pawar [et al.] // *Cureus.* – 2022. – Vol. 14. – № 5. – P. e24833. – DOI: 10.7759/cureus.24833.
124. Cytotoxicity of different concentrations of glycolic acid and its effects on root dentin microhardness – An in vitro / M. A. Souza, K. F. Bischoff, B. D. C. Rigo [et al.] // *AustEndod J.* – 2021. – Vol. 47. – P. 423-428. – DOI: 10.1111/aej.12494.

125. Diabetes Mellitus Affects the Microhardness of Root Dentine: An in-vitro Study / M. A. Saghiri, B. Rahmani, M. Conte [et al.] // *EurEndod J.* – 2022. – Vol. 7. – № 2. – P. 122-128. – DOI: 10.14744/eej.2022.37029.
126. Diagnostic efficacy of cone-beam computed tomography for detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth: a systematic review / S. Habibzadeh, Z. Ghoncheh, P. Kabiri, S. A. Mosaddad // *BMC MedImaging.* – 2023. – Vol. 23. – № 1. – P. 68. – DOI: 10.1186/s12880-023-01024-3.
127. Differences in disinfection protocols for root canal treatments between general dentists and endodontists: A Web-based survey / C. de Gregorio, A. Arias, N. Navarrete [et al.] // *J AmDentAssoc.* – 2015. – Vol. 146. – № 7. – P. 536-543. – DOI: 10.1016/j.adaj.2015.01.027.
128. Effect of calcium hydroxide and nano calcium hydroxide on push-out bond strength of epoxy resin sealer to root canal dentin / S. Sahebi, B. Asheghi, Y. Samadi, F. Eskandari // *Iran Endod J.* – 2022. – Vol. 17. – № 1. – P. 13-19.
129. Effect of Calcium Hydroxide as an Intracanal Medication on Dentine Fracture Resistance: A Systematic Review and Network Meta-Analysis / C. Sunlakawit, C. Chaimanakarn, N. Srimaneekarn, S. Osiri // *J Endod.* – 2024. – Vol. 50. – № 12. – P. 1714-1724.e6. – DOI: 10.1016/j.joen.2024.08.005.
130. Effect of different instrumentation techniques on vertical root fracture resistance of endodontically treated teeth / S. Tavanafar, A. Karimpour, H. Karimpour [et al.] // *J DentShirazUnivMedSci.* – 2015. – Vol. 16. – № 1. – P. 50-55.
131. Effect of Different Irrigating Solutions on Root Canal Dentin Microhardness-A Systematic Review with Meta-Analysis / S. Agarwal, L. Mishra, N. R. Singh [et al.] // *J FunctBiomater.* – 2024. – Vol. 15. – № 5. – P. 132. – DOI: 10.3390/jfb15050132.
132. 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. – DOI: 10.1016/j.joen.2013.10.041.
133. Effect of ethylenediaminetetraacetic acid on root fracture with respect to concentration at different time exposures / E. Uzunoglu, S. Aktemur, M. O. Uyanik [et

- al.] // J Endod. – 2012. – Vol. 38. – № 8. – P. 1110-1113. – DOI: 10.1016/j.joen.2012.04.026.
134. Effect of final irrigation protocols on microhardness reduction and erosion of root canal dentin / F. E. R. Baldasso, L. Roletto, V. D. D. Silva [et al.] // Braz Oral Res. – 2017. – Vol. 31. – P. e40. – DOI: 10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0040.
135. Effect of final irrigation protocols on the fracture resistance of roots with varying dentine thickness / Ö. İ. Ulusoy, Ö. Genç Şen, S. Zeyrek [et al.] // Eur J Oral Sci. – 2021. – Vol. 129. – P. e12769. – DOI: 10.1111/eos.12769.
136. Effect of final irrigation protocols on the structural integrity and mechanical properties of the root dentine / J. M. Savaris, M. E. P. Dotto, L. D. F. R. Garcia [et al.] // Braz Oral Res. – 2024. – Vol. 38. – P. e072. – DOI: 10.1590/1807-3107bor-2024.vol38.0072.
137. Effect of Herbal Intracanal Medicaments on Microhardness of Root Dentin: An In Vitro Study / G. Patri, H. Lath, D. Jena [et al.] // Cureus. – 2024. – Vol. 16. – № 6. – P. e63165. – DOI: 10.7759/cureus.63165.
138. Effect of Intracanal Medicaments (Modified Triple Antibiotic Paste, Calcium Hydroxide, and Aloe Vera) on Microhardness of Root Dentine: An In Vitro Study / V. Parashar, S. A. Khan, P. Singh [et al.] // J Contemp Dent Pract. – 2020. – Vol. 21. – № 6. – P. 632-635.
139. Effect of Optimized Irrigation With Photon-Induced Photoacoustic Streaming on Smear Layer Removal, Dentin Microhardness, Attachment Morphology, and Survival of the Stem Cells of Apical Papilla / L. Wu, S. Jiang, H. Ge [et al.] // Lasers in Surgery and Medicine. – 2021. – Vol. 53. – № 8. – P. 1105-1112. – DOI: 10.1002/lsm.23394.
140. Effect of Propolis on Root Dentine Microhardness When Used as an Intracanal Medicament: An In Vitro Study / M. M. Naeem, H. Sarwar, A. Nisar [et al.] // J Funct Biomater. – 2023. – Vol. 14. – № 3. – P. 144. – DOI: 10.3390/jfb14030144.
141. Effect of reciprocating file motion on microcrack formation in root canals: an SEM study / V. Ashwinkumar, J. Krithikadatta, S. Surendran, N. Velmurugan // Int Endod J. – 2014. – Vol. 47. – № 7. – P. 622-627. – DOI: 10.1111/iej.12197.

142. Effect of sodium hypochlorite and ethylenediaminetetraacetic acid activated by laser and ultrasonic energy on surface morphology and chemical composition of intracanal dentin / A. Katunarić, S. F. Grgac, D. Gabrić [et al.] // *Microscopy Research and Technique*. – 2024. – Vol. 87. – № 4. – P. 818-831. – DOI: 10.1002/jemt.24474.
143. Effect of sodium hypochlorite temperature and concentration on the fracture resistance of root dentin / R. M. Barakat, R. A. Almohareb, M. Alsuwaidan [et al.] // *BMC Oral Health*. – 2024. – Vol. 24. – № 1. – P. 233. – DOI: 10.1186/s12903-024-03954-y.
144. Effectiveness of Continuous and Sequential Chelation and Different Agitation Techniques on Smear Layer Removal and Microhardness of Root Canal Dentin (An In Vitro Study) / A. A. Kamil, A. H. Ali, F. Foschi, F. Mannocci // *Dent J (Basel)*. – 2025. – Vol. 13. – № 5. – P. 221. – DOI: 10.3390/dj13050221.
145. 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. – DOI: 10.7860/JCDR/2017/24018.9472.
146. Effects of conventional and herbal irrigants on microhardness and flexural strength of root canal dentin: An in vitro study / P. M. Philip, J. Sindhu, M. Poornima [et al.] // *J Conserv Dent*. – 2021. – Vol. 24. – № 1. – P. 83-87. – DOI: 10.4103/JCD.JCD_426_20.
147. Effects of Different Irrigation Solutions and Protocols on Mineral Content and Ultrastructure of Root Canal Dentine / B. M. Lima Nogueira, T. I. da Costa Pereira, V. F. Pedrinha, P. de Almeida Rodrigues // *Iran Endod J*. – 2018. – Vol. 13. – № 2. – P. 209-215. – DOI: 10.22037/iej.v13i2.19287.
148. Effects of Different Irrigation Solutions on Root Fracture Resistance: An in Vitro Study / M. C. Lantigua Domínguez, V. Feliz Pedrinha, L. C. O. A. da Silva [et al.] // *Iran Endod J*. – 2018. – Vol. 13. – № 3. – P. 367-372. – DOI: 10.22037/iej.v13i3.19247.
149. Effects of endodontic root canal irrigants on tooth dentin revealed by infrared spectroscopy: a systematic literature review / H. Elfarraj, F. Lizzi, K. Bitter, P. Zaslansky // *Dent Mater*. – 2024. – Vol. 40. – № 8. – P. 1138-1163. – DOI: 10.1016/j.dental.2024.05.014.

150. Effects of increasing instrument size and taper on the disinfection and shaping of mandibular incisors / A. F. Barbosa, E. J. N. Silva, M. A. Versiani [et al.] // *AustEndod J.* – 2024. – Vol. 50. – № 2. – P. 341-351. – DOI: 10.1111/aej.12851.
151. Efficacy of 3 Supplementary Irrigation Protocols in the Removal of Hard Tissue Debris from the Mesial Root Canal System of Mandibular Molars / R. Chan, M. A. Versiani, S. Friedman [et al.] // *J Endod.* – 2019. – Vol. 45. – № 7. – P. 923-929. – DOI: 10.1016/j.joen.2019.03.013.
152. El-Banna, A. Flexural strength and microhardness of human radicular dentin rods after conditioning with various endodontic chelating agents / A. El-Banna, M. Y. Elmesellawy, M. A. Elsayed // *Journal of Conservative Dentistry.* – 2023. – Vol. 26. – № 3. – P. 344-348. – DOI: 10.4103/jcd.jcd_173_23.
153. Evaluation of a new modulus mapping technique to investigate microstructural features of human teeth / G. Balooch, G. W. Marshall, S. J. Marshall [et al.] // *J Biomech.* – 2004. – Vol. 37. – № 8. – P. 1223-1232. – DOI: 10.1016/j.jbiomech.2003.12.012.
154. Evaluation of Dentinal Microcracks following Diode Laser- and Ultrasonic-Activated Removal of Bioceramic Material during Root Canal Retreatment / R. M. Barakat, R. A. Almohareb, A. Alsayyar [et al.] // *Scanning.* – 2022. – Vol. 2022. – P. 6319743. – DOI: 10.1155/2022/6319743.
155. Evaluation of Different Agitation Techniques on Smear Layer Formation and Dentine Erosions- An In Vitro Study / D. M. Mathew, A. Durvasulu, S. Shanmugam, A. R. Pradeepkumar // *EurEndod J.* – 2023. – Vol. 8. – № 1. – P. 72-78. – DOI: 10.14744/ej.2022.55477.
156. Evaluation of Radicular Dentin Microcracks Formation after Instrumentation with NiTi Hand and Rotary File System: A Stereomicroscopic Study / A. Kumar, S. Kaul, F. Kuriakose [et al.] // *Evaluation of Radicular Dentin Microcracks Formation after Instrumentation with NiTi Hand and Rotary File System: A Stereomicroscopic Study.* – 2020. – Vol. 21. – № 11. – P. 1233-1237.
157. Evaluation of the actual chlorine concentration and the required time for pulp dissolution using different sodium hypochlorite irrigating solutions / A. Landolo, A.

Dagna, C. Poggio [et al.] // *J ConservDent.* – 2019. – Vol. 22. – № 2. – P. 108-113. – DOI: 10.4103/JCD.JCD_165_19.

158. Evaluation of the Effect of Long-term Use of Three Intracanal Medicaments on the Radicular Dentin Microhardness and Fracture Resistance: An in vitro study / A. D. Amonkar, N. S. Dhaded, P. K. Doddwad [et al.] // *ActaStomatolCroat.* – 2021. – Vol. 55. – № 3. – P. 291-301. – DOI: 10.15644/asc55/3/6.

159. Evolution of the combined effect of different irrigation solutions and activation techniques on the removal of smear layer and dentin microhardness in oval-shaped root canal: An in-vitro study / L. Shi, J. Wan, Y. Yang [et al.] // *BiomolBiomed.* – 2023. – Vol. 23. – № 1. – P. 126-136. – DOI: 10.17305/bjbms.2022.7440.

160. Ex-vivo Smear Layer Removal Efficacy of Two Activated Irrigation Techniques After Reciprocating Instrumentation in Curved Canals / T. C. L. Schiavotelo, M. S. Coelho, L. C. Rasquin [et al.] // *Open Dent J.* – 2017. – Vol. 11. – P. 512-519. – DOI: 10.2174/1874210601711010512.

161. Eymirli, P. S. The effect of intracanal medication variations on microhardness of simulated immature root dentin / P. S. Eymirli, A. Eymirli, U. Emel // *Australian Society ofEndodontology Inc.* – 2021. – Vol. 47. – P. 616-623. – DOI: 10.1111/aej.12532.

162. Hardness and indentation modulus of human enamel and dentin / J. Andrejovská, O. Petruš, D. Medved' [et al.] // *Surface and Interface Analysis.* – 2023. – Vol. 55. – № 4. – P. 270-278.

163. Hazar, E. Effects of phytic acid and etidronic acid using continuous and sequential chelation on the removal of smear layer, dentin microhardness, and push-out bond strength of calcium silicate-based cement / E. Hazar, A. Hazar // *BMC Oral Health* 25. – 2025. – Vol. 25. – № 1. – P. 633. – DOI: 10.1186/s12903-025-06010-5.

164. Impact of Endodontic Irrigant Activation on Smear Layer Removal and Surface Disintegration of Root Canal Dentine In Vitro / M. Widbiller, A. Rosendahl, R. Schlichting [et al.] // *Healthcare (Basel).* – 2023. – Vol. 11. – № 3. – P. 376. – DOI: 10.3390/healthcare11030376.

165. In vitro evaluation of dye penetration and dentin microhardness after laser irradiation using photon-induced photoacoustic streaming and shock wave enhanced emission

photoacoustic streaming tips compared to ultrasonic activation / A. M. Mobarak, Y. M. Ibrahim, A. A. Abdelhakim [et al.] // *LasersMedSci.* – 2025. – Vol. 40. – № 1. – P. 57. – DOI: 10.1007/s10103-025-04310-4.

166. Influence of Access Cavity Preparation and Remaining Tooth Substance on Fracture Strength of Endodontically Treated Teeth / G. Corsentino, E. Pedullà, L. Castelli [et al.] // *Journal of Endodontics.* – 2018. – Vol. 44. – № 9. – P. 1416-1421. – DOI: 10.1016/j.joen.2018.05.012.

167. Influence of apical preparation size and irrigation technique on root canal debridement: ahistological analysis of round and oval root canals / O. Y. S. Lee, K. Khan, K. Y. Li [et al.] // *International Journal of Endodontics.* – 2019. – Vol. 52. – P. 1366-1376. – DOI: 10.1111/iej.13127.

168. Influence of Various Chelating Irrigating Solutions and Protocols on the Microhardness and Surface Roughness of Root Dentin / F. T. Al-Jadwaa, N. M. A. Alshakir, S. N. Hassoon, N. A. Al-Sabawi // *J Int Soc Prev Community Dent.* – 2025. – Vol. 15. – № 3. – P. 275-283. – DOI: 10.4103/jispcd.jispcd_7_25.

169. Influence of volume of endodontic irrigants used in different irrigation techniques on root canal dentin microhardness / B. Arul, N. Suresh, R. Sivarajan, V. Natanasabapathy // *Indian J Dent Res.* – 2021. – Vol. 32. – № 2. – P. 230-235. – DOI: 10.4103/ijdr.IJDR_709_18.

170. Jíra, A. Nanoindentation of Human Tooth Dentin / A. Jíra, J. Němeček // *Key Engineering Materials.* – 2014. – Vol. 606. – P. 133-136.

171. Kara Tuncer, A. Effect of QMixirrigant on the microhardness of root canal dentine / A. Kara Tuncer, S. Tuncer, S. H. Siso // *Aust Dent J.* – 2015. – Vol. 60. – № 2. – P. 163-168. – DOI: 10.1111/adj.12242.

172. Khabadze, Z. Effect of a Polyhexanide-Based Antiseptic Composition on Dentin Microhardness and Mechanical Properties: An In Vitro Study / Z. Khabadze, Y. Generalova, O. Mordanov // *Materials (Basel).* – 2025. – Vol. 18. – № 12. – P. 2900. – DOI: 10.3390/ma18122900.

173. Knowledge, Attitude, and Practice towards Chelating Agents in Endodontic Treatment among Dental Practitioners / A. Mikheikina, N. Novozhilova, M. Polyakova [et al.] // *Dent J (Basel)*. – 2023. – Vol. 11. – № 7. – P. 156. – DOI: 10.3390/dj11070156.
174. Li, X. G. Effects of different root canal preparation methods on root fracture resistance: A systematic review of the literature / X. G. Li, Q. Wang // *World J Stomatol*. – 2015. – Vol. 4. – № 2. – P. 108-114. – DOI: 10.5321/wjs.v4.i2.108.
175. Mapping the mechanical gradient of human dentin-enamel-junction at different intratooth locations / Z. Wang, K. Wang, W. Xu [et al.] // *Dent Mater*. – 2018. – Vol. 34. – № 3. – P. 376-388. – DOI: 10.1016/j.dental.2017.11.001.
176. Micro-hardness of the Radicular Dentine after Root Canal Irrigation with *Salvadora Persica* Extract: A laboratory Study / M. Hekal, E. Enan, N. Elwassefy, A. Hussein // *Mans J Dent*. – 2023. – Vol. 11. – № 2. – P. 100-106. – DOI: 10.61793/2812-5479.1120.
177. Nano- and micromechanical properties of dentine: Investigation of differences with tooth side / D. S. Brauer, J. F. Hilton, G. W. Marshall, S. J. Marshall // *Journal of Biomechanics*. – 2011. – Vol. 44. – № 8. – P. 1626-1629.
178. Nanoindentation mapping of the mechanical properties of human molar tooth enamel / J. L. Cuy, A. B. Mann, K. J. Livi [et al.] // *Arch Oral Biol*. – 2002. – Vol. 47. – № 4. – P. 281-291. – DOI: 10.1016/s0003-9969(02)00006-7.
179. Patel, S. Present status and future directions: vertical root fractures in root filled teeth / S. Patel, B. Bhuvra, R. Bose // *Int Endod J*. – 2022. – Vol. 55. – Suppl. 3. – P. 804-826. – DOI: 10.1111/iej.13737.
180. Patil, C. R. Effect of endodontic irrigating solutions on the microhardness and roughness of root canal dentin: an in vitro study / C. R. Patil, V. Uppin // *Indian J Dent Res*. – 2011. – Vol. 22. – № 1. – P. 22-27. – DOI: 10.4103/0970-9290.79969.
181. Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation / K. M. Galler, V. Grubmüller, R. Schlichting [et al.] // *International Endodontic Journal*. – 2019. – Vol. 52. – P. 1210-1217. – DOI: 10.1111/iej.13108.

182. Peracetic acid as a single endodontic irrigant: effects on microhardness, roughness and erosion of root canal dentin / K. C. Keine, M. C. Kuga, H. Coaguila-Llerena [et al.] // *Microsc Res Tech.* – 2020. – Vol. 83. – P. 375-380. – DOI: 10.1002/jemt.23424.
183. Pilo, R. Effect of root morphology on the susceptibility of endodontically treated teeth to vertical root fracture: An ex-vivo model / R. Pilo, Z. Metzger, T. Brosh // *J Mech Behav Biomed Mater.* – 2017. – Vol. 69. – P. 267-274. – DOI: 10.1016/j.jmbbm.2017.01.017.
184. Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture / H. C. Kim, M. H. Lee, J. Yum [et al.] // *J Endod.* – 2010. – Vol. 36. – P. 1195-1199.
185. Prevalence of and Factors Associated With Vertical Root Fracture in a Japanese Population: An Observational Study on Teeth With Isolated Periodontal Probing Depth / K. Lee, M. Ahlowalia, R. P. Alfayate [et al.] // *J Endod.* – 2023. – Vol. 49. – № 12. – P. 1617-1624. – DOI: 10.1016/j.joen.2023.08.018.
186. Prevalence of vertical root fracture as the reason for tooth extraction in dental clinics / K. Yoshino, K. Ito, M. Kuroda, N. Sugihara // *Clin Oral Investig.* – 2015. – Vol. 19. – № 6. – P. 1405-1409. – DOI: 10.1007/s00784-014-1357-4.
187. Primum non nocere - The effects of sodium hypochlorite on dentin as used in endodontics / L. S. Gu, X. Q. Huang, B. Griffin [et al.] // *Acta Biomater.* – 2017. – Vol. 61. – P. 144-156. – DOI: 10.1016/j.actbio.2017.08.008.
188. Quantitative Analysis of Defects at the Dentin-Post Space in Endodontically Treated Teeth / M. Di Comite, V. Crincoli, L. Fatone [et al.] // *Materials (Basel).* – 2015. – Vol. 8. – № 6. – P. 3268-3283. – DOI: 10.3390/ma8063268.
189. Root Canal Cleaning after Different Irrigation Techniques: An Ex Vivo Analysis / F. Di Spirito, M. Pisano, M. Caggiano [et al.] // *Medicina (Kaunas).* – 2022. – Vol. 58. – № 2. – P. 193. – DOI: 10.3390/medicina58020193.
190. Surface and structural changes in root dentine by various chelating solutions used in regenerative endodontics / F. Bosaid, H. Aksel, S. Makowka, A. A. Azim // *International Endodontic Journal.* – 2020. – Vol. 53. – № 10. – P. 1438-1445.

191. Survey of root canal irrigating solutions used in dental practices within Germany / I. Willershausen, T. G. Wolf, I. Schmidtman [et al.] // *Int Endod J.* – 2015. – Vol. 48. – № 7. – P. 654-660. – DOI: 10.1111/iej.12360.
192. Tang, W. Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth / W. Tang, Y. Wu, R. J. Smales // *J. Endod.* – 2010. – Vol. 36. – № 4. – P. 609-617. – DOI: 10.1016/j.joen.2009.12.002.
193. The ability of different nickel-titanium rotary instruments to induce dentinal damage during canal preparation / C. A. Bier, H. Shemesh, M. Tanomaru-Filho [et al.] // *J Endod.* – 2009. – Vol. 35. – № 2. – P. 236-238. – DOI: 10.1016/j.joen.2008.10.021.
194. The accuracy of CBCT for the detection and diagnosis of vertical root fractures in vivo / S. F. Byakova, N. E. Novozhilova, I. M. Makeeva [et al.] // *Int Endod J.* – 2019. – Vol. 52. – № 9. – P. 1255-1263. – DOI: 10.1111/iej.13114.
195. The effect of different irrigation protocols on elastic modulus of dentine and biomechanics of single-rooted premolar tooth: A nano-indentation and finite element analysis study / B. Durmus, A. A. Hale, E. Oguz, B. Sema // *Niger J ClinPract.* – 2019. – Vol. 22. – № 1. – P. 101-107. – DOI: 10.4103/njcp.njcp_85_18.
196. The effect of EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCl with and without subsequent NaOCl treatment on the microhardness of root canal dentin / T. C. Sayin, A. Serper, Z. C. Cehreli, H. G. Otlu // *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* – 2007. – Vol. 104. – № 3. – P. 418-424. – DOI: 10.1016/j.tripleo.2007.03.021.
197. The effect of initial irrigation with two different sodium hypochlorite concentrations on the erosion of instrumented radicular dentin / K. Zhang, F. R. Tay, Y. K. Kim [et al.] // *Dent Mater.* – 2010. – Vol. 26. – № 6. – P. 514-523. – DOI: 10.1016/j.dental.2010.01.009.
198. The effect of nanobasedirrigants on the root canal dentin microhardness: an ex-vivo study / S. Sahebi, H. Mofidi, A. Abbaszadegan [et al.] // *BMC Oral Health.* – 2023. – Vol. 23. – № 1. – P. 581. – DOI: 10.1186/s12903-023-03298-z.
199. The effect of the irrigation solutions on dentin organic components: Pilot study / Z. S. Khabadze, Yu. A. Generalova, Yu. A. Taptun [et al.] // *Endodontics Today.* – 2024. – Vol. 22. – № 1. – P. 19-24. – DOI: 10.36377/ET-0011.

200. The effect of the material composition and surface quality on the bending strength of ultrasonic irrigant activation tips / S. Z. H. N. L. Emmanuel, J. N. R. Martens, V. T. L. Vieira [et al.] // *The Australian Endodontic Journal*. – 2025. – P. 1-7. – DOI: 10.1111/j.12940.
201. The efficacy of supplementary sonic irrigation using the EndoActivator® system determined by removal of a collagen film from an ex vivo model / G. Bryce, N. MacBeth, K. Gulabivala, Y.-L. Ng // *International Endodontic Journal*. – 2018. – Vol. 51. – P. 489-497. – DOI: 10.1111/iej.12870.
202. The Efficacy of Surgical Techniques for the Management of Confirmed Vertical Root Fractures: A Systematic Review / S. Corbella, S. Taschieri, I. Tsesis [et al.] // *Aust Endod J*. – 2025. – Vol. 51. – № 1. – P. 218-229. – DOI: 10.1111/aej.12923.
203. The prevalence of professional burnout among dentists: a systematic review and meta-analysis / H. Long, Q. Li, X. Zhong [et al.] // *Psychol Health Med*. – 2023. – Vol. 28. – № 7. – P. 1767-1782. – DOI: 10.1080/13548506.2023.2208364.
204. The ratio of the parameters of microhardness and elastic plastic deformation of natural teeth as a starting point for experimental studies on minimizing the weakening of the root structure during endodontic treatment / Yu. A. Taptun, M. K. Makeeva, D. S. Belov [et al.] // *Endodontics Today*. – 2025. – Vol. 23. – № 4. – P. 603-614. – DOI: 10.36377/ET-0136.
205. Tsenova-Ilieva, I. The effect of different irrigants with or without ultrasonic activation on root dentin microhardness / I. Tsenova-Ilieva, E. Karova // *Journal of IMAB – Annual Proceeding (Scientific Papers)*. – 2021. – Vol. 27. – № 1. – DOI: 10.5272/jimab.2021271.3534.
206. Uncontrolled Removal of Dentin during In Vitro Ultrasonic Irrigant Activation in Curved Root Canals / A. Retsas, A. Koursoumis, N. Tzimpoulas, C. Boutsoukis // *J Endod*. – 2016. – Vol. 42. – № 10. – P. 1545-1549. – DOI: 10.1016/j.joen.2016.07.006.
207. Walsh, L. J. Activation of Alkaline Irrigation Fluids in Endodontics / L. J. Walsh, R. George // *Materials (Basel)*. – 2017. – Vol. 10. – № 10. – P. 1214. – DOI: 10.3390/ma10101214.

ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное)**Анкета «Влияние эндодонтического лечения на микротвердость корневого дентина»**

- 1) Укажите Ваш пол:
 - a. Мужской
 - b. Женский
- 2) Укажите Ваш возраст: _____
- 3) Укажите Ваш стаж работы врачом-стоматологом:
 - a. 1-4 лет
 - b. 5-9 лет
 - c. 10-15 лет
 - d. Более 15 лет
- 4) Укажите, в каком учреждении Вы работаете:
 - a. Государственное учреждение
 - b. Частная клиника
- 5) Характер стоматологического приема, который Вы ведете, можно определить как:
 - a. Смешанный
 - b. Терапевтический
 - c. Терапевтический с преобладанием эндодонтии
 - d. Делаю только эндодонтическое лечение
 - e. Стоматология общей практики
- б) Встречались ли в Вашей практике случаи вертикальной трещины корня (ВТК):
 - a. Да
 - b. Нет
 - c. Затрудняюсь ответить

7) Если на предыдущий вопрос Вы ответили «да», то укажите, в какой группе зубов происходила ВТК:

- a. Верхние резцы
- b. Нижние резцы
- c. Верхние премоляры
- d. Нижние премоляры
- e. Верхние моляры
- f. Нижние моляры
- g. Верхние клыки
- h. Нижние клыки

8) Какие эндодонтические инструменты Вы применяете для механической обработки корневых каналов:

- a. Только вращающиеся NiTi инструменты
- b. Только ручные инструменты
- c. Ручные инструменты и вращающиеся NiTi инструменты
- d. Ручные инструменты и вращающиеся инструменты для расширения устья

канала типа «Largo»

9) Какой вид ирригационного(-ых) раствора(-ов) Вы используете для медикаментозной обработки корневых каналов:

- a. Гипохлорит натрия с концентрацией менее 3%
- b. Гипохлорит натрия 3%
- c. Гипохлорит натрия с концентрацией более 3%
- d. ЭДТА 17%
- e. Хлоргексидин 2%

10) Используете ли Вы нагревание гипохлорита натрия:

- a. Да, во всех случаях
- b. Да, иногда
- c. Да, только при повторном эндодонтическом лечении
- d. Не применяю

11) Используете ли Вы в своей работе активацию ирригационных растворов:

- a. Да, механическую агитацию (например, аппарат EndoActivator и др.)
- b. Да, использую ультразвуковую активацию (например, насадки IrtiSafe или др.)
- c. Использую другие методы
- d. Не использую

12) Почему по Вашему мнению важно сохранять микротвердость дентина в процессе эндодонтического лечения:

- a. При сохранении микротвердости корневого дентина снижается риск возникновения ВТК
- b. При сохранении микротвердости корневого дентина снижается риск создания перфораций
- c. Сохранение микротвердости корневого дентина улучшает долгосрочный прогноз зуба в случае повторного эндодонтического лечения
- d. Сохранение микротвердости корневого дентина не влияет на все вышеперечисленное

13) Какие факторы по Вашему мнению могут внести негативный вклад в микротвердость корневого дентина:

- a. Механическая обработка корневого канала
- b. Медикаментозная обработка корневого канала
- c. Активация ирригационного раствора при медикаментозной обработке
- d. Материалы для временного пломбирования корневого канала

14) Какие этапы эндодонтического лечения вызывают наибольшие трудности при оценке их влияния на микротвердость корневого дентина и прочность зуба после эндодонтического лечения в целом:

- a. Оценка влияния ирригационных растворов вызывает трудности
- b. Оценка влияния методов активации ирригационных растворов вызывает трудности
- c. Оценка влияния конусности инструментов и финального апикального размера вызывает трудности

d. Оценка влияния изолированных этапов широко представлена в литературе, трудности вызывает оценка их совместного влияния в комплексе эндодонтического лечения конкретного зуба

e. Трудностей нет, этот вопрос хорошо представлен в литературе

f. Затрудняюсь ответить

15) Считаете ли Вы следующее утверждение верным: «Влияние различных этапов эндодонтического лечения на микротвердость корневого дентина недостаточно изучена»:

a. Да

b. Нет

c. Затрудняюсь ответить