

На правах рукописи



Таптун Юлия Александровна

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

3.1.7. Стоматология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Москва-2026

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

Научный руководитель:

кандидат медицинских наук, доцент

Макеева Мария Константиновна

Официальные оппоненты:

Иорданишвили Андрей Константинович – доктор медицинских наук, профессор, федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, кафедра челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии, профессор кафедры

Силин Алексей Викторович – доктор медицинских наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра стоматологии общей практики, заведующий кафедрой

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита состоится «24» сентября 2026г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета ДСУ 208.001.36 при ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д.8, стр.2

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной учебной библиотеке при ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119034, г. Москва, Зубовский бульвар, д. 37, стр. 1 и на сайте организации www.sechenov.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2026г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат медицинских наук, доцент

Дикопова Наталья Жоржевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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). Механическая и медикаментозная обработка корневого канала необходима для качественной дезинфекции и последующей obturации (Тхазапlicheва М.Т. и соавт., 2024). 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). Основопологающим 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).

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), 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

Опубликовано большое количество исследований о влиянии различных методик механической обработки корневого канала, ирригантов и методов их активации на микротвердость корня зуба. 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). 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. Ко второй группе можно отнести исследования, где обработанные образцы сравнивают с контрольной группой необработанных зубов, примером может послужить работа Parashar V. и соавт. (2020). Преимуществом является возможность провести полноценную механическую и медикаментозную обработку канала, в том числе с активацией ирриганта (Saghiri M.A. и соавт. 2022). 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-Banna и соавт. 2023). 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

Теоретическая значимость 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 исследования 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. Объектом исследования были 74 постоянных премоляра, удаленные по ортодонтическим показаниям у пациентов обоих полов старше 30-ти лет, не леченные 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. Комплексную посегментную оценку проводили методом индентирования в твердомере с применением индентора Берковича. После измерений с помощью программного обеспечения были получены показатели микротвердости и модуля упругости.

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: Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной юбилею сотрудничества медицинского института РУДН и Ташкентского государственного стоматологического института «Современная концепция стоматологической действительности» 05.04.2023 г. (Москва); The 1st Congress of the International Society for Clinical Physiology and Pathology (ISCPP2023) / I Конгрессе Международного общества клинической физиологии и патологии (ISCPP2023) 14.10.2023(Москва); The 2nd Congress of the International Society for Clinical

Physiology and Pathology (ISCPP2024) / II Конгрессе Международного общества клинической физиологии и патологии (ISCPP2024) 14.05.2024 (Москва); Межвузовской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы стоматологии» 06.11.2025 г. (Москва). 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 2026 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.

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».

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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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.

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. Среди участников было 24 (30,8%) мужчины и 54 (69,2%) женщины, средний возраст

опрошенных составил $38,0 \pm 7,5$ (min 24,0÷max 70,0). Анкетирование проводили при помощи дистанционного сервиса Google Forms, анкета включала 15 вопросов.

Для экспериментальной части 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. 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).

Критерии включения зубов в исследование:

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).
4. Конфигурацией каналов по типу I по Вертуччи (т.е. один корневой канал проходит от полости зуба до верхушки, заканчивается одним апикальным отверстием)

Критерии невключения зубов исследование:

1. Наличие кариозных полостей, трещин и переломов, резорбтивных дефектов.
2. Ранее проведенное эндодонтическое лечение.

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. Характеристика групп эндодонтически обработанных зубов представлена в Таблице 1.

Таблица 1 – 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, 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). Корни из трех других групп были эндодонтически обработаны как описано далее, а затем разделены на три части аналогичным образом. В группе эндодонтически необработанных зубов для удобства последующей подготовки образцов из канала были извлечены мягкотканые остатки, затем канал промывали 2 мл дистиллированной воды. *Механическая обработка корневых каналов в группах 1, 2 и 3* осуществлялась с помощью вращающихся никель-титановых инструментов. 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 ProTaperGold (Dentsply Sirona, США), финишным файлом был инструмент F2, который производитель маркирует как 25/08 (размер 25 по ISO и конусность 08 или 8%). *Медикаментозная обработка корневых каналов в группах 1, 2 и 3* заключалась в обильной ирригации корневых каналов раствором гипохлорита натрия 3,25 % «Гипохлоран – 3» (Омега-Дент, Россия) 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. В целом время нахождения ирригантов в корневом канале составило 15 минут, из которых ЭДТА – 3 минуты. Затем проводили *активацию 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. В группе 2 «Звуковая активация» проводили активацию раствора гипохлорита натрия с помощью аппарата EndoActivator (Dentsply, США), согласно инструкции производителя, в течение 30 секунд трижды (каждый раз в свежей порции ирриганта). В группе 3 «Ультразвуковая активация» проводили пассивную ультразвуковую активацию раствора гипохлорита натрия с помощью насадки IrriSafe (Satelec Acteon Group, Франция) IRR20-2, установленной на пьезоэлектрический ультразвуковой аппарат DTE D7 (Woodpecker Dental, Китай) согласно инструкции производителя 3 раза по 20 секунд, с обязательным обновлением ирриганта после каждой активации.

Этапы лабораторной подготовки образцов включал и заливку образцов эпоксидным клеем в кюветы, полимеризацию клея в резервуаре с водой под прессом в течение суток, шлифование и полирование образцов на полуавтоматическом шлифовально-полировальном станке Forcimat 102 (Metkon Instruments Ltd, Турция), обезжиривание изопропиловым спиртом. Затем проводили индентирование на твердомере MICRO-INDENTATION TESTER (CSM, Швейцария) с помощью индентора Берковича при выдержке 10 секунд и максимальной нагрузке 50 миллиньютонов (мН). Получение параметров микротвердости и модуля упругости с помощью программного обеспечения Indentation Software Version 4.37 (CSM Instruments, 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. Средние значения указанных выше параметров

рассчитывали для каждой из третей корня в целом, а также отдельно для каждого из сегментов. Схема оценки представлена на Рисунке 1.

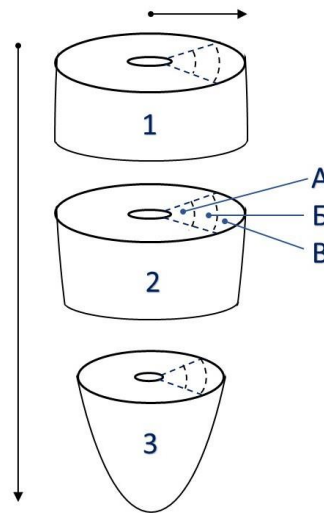


Рисунок 1 – Схема областей корня, в которых проводили измерения: в каждой из частей корня (устьевой (1), средней (2) и апикальной (3)) проводили измерение в трех сегментах (у канала (А), в середине (Б) и у наружного края (В)). При определении градиента параметров между различными третями корня и сегментами 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 третей корня:

- 1) Сравнение средних значений каждой из третей корня.

Градиент на уровне сегментов:

- 1) По горизонтали: сравнение средних значений всех одноименных сегментов (например, сравнивали средние значения всех сегментов у канала и всех сегментов середины), а также 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: 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.

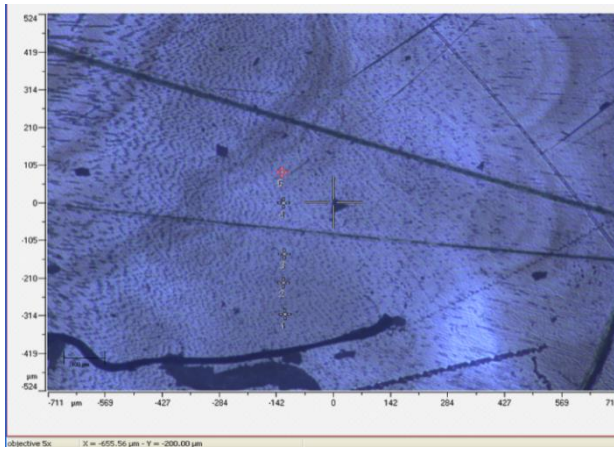
Статистический анализ выполнялся с использованием программы StatTech v.3.1.7. (Россия).

Результаты анкетирования врачей-стоматологов

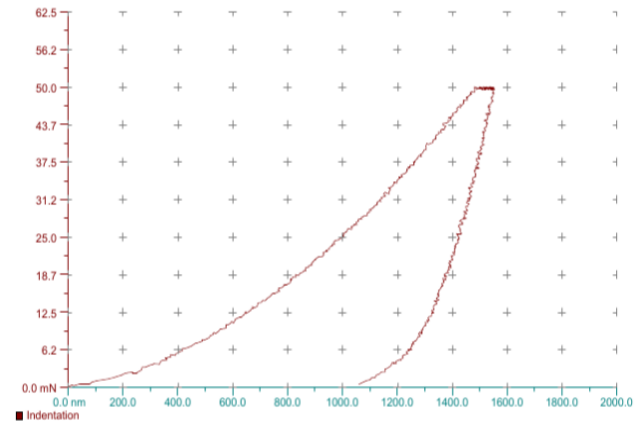
На вопрос «Какие этапы эндодонтического лечения вызывают наибольшие трудности при оценке их влияния на микротвердость корневого дентина и прочность зуба после эндодонтического лечения в целом?» наибольшее количество проанкетированных (48 человек (61 %)) ответили, что трудности вызывает оценка совместного влияния этапов в комплексе эндодонтического лечения конкретного зуба. На 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». Кроме того, 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.

Результаты исследования образцов необработанных зубов

Для решения второй задачи исследования провели сравнения параметров микротвердости и модуля упругости корневого дентина необработанных зубов. 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), разница была достоверна. На Рисунке 2 представлены микрофотография образца при устьевой трети корня, а также кривая индентирования.



А



Б

Рисунок 2 – (А) Микрофотография образца устьевой трети корня необработанного зуба в процессе индентирования сегмента середины. Точки замера пронумерованы

(Б) Кривая индентирования в точке №5 образца, представленного на рисунке 2, глубина проникновения индентора (nm) для данной точки составила 1551,28 нм

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

2) *Градиент на уровне сегментов:*

а. По горизонтали: 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.

в. По вертикали: **микротвердость** в сегменте у канала увеличивается от устьевой трети к апикальной трети корня. **Модуль упругости** в сегменте середины уменьшается от устьевой трети корня к средней трети, а от средней трети корня к апикальной – увеличивается.

Схема изменения параметров микротвердости и модуля упругости образцов необработанных зубов приведена на Рисунке 3.

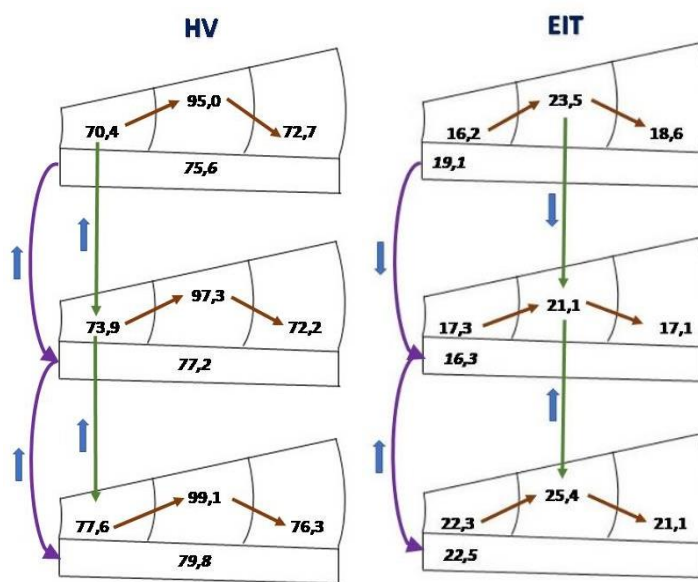
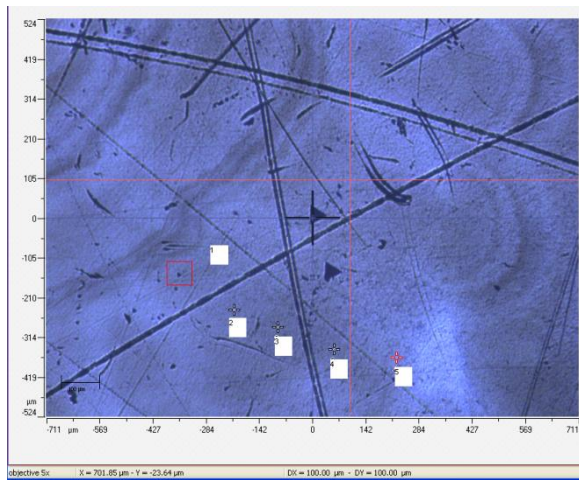


Рисунок 3 – Схематичное изображение эталонного градиента микротвердости (HV) и модуля упругости (E_T) корня зуба. Стрелками указаны выявленные в ходе комплексной посегментной оценки достоверные различия. Коричневыми стрелками представлены различия между разноименными сегментами одной трети корня, направление 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)

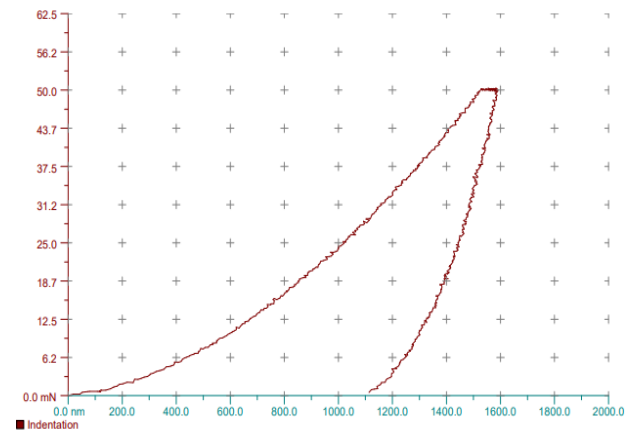
Результаты исследования образцов, обработанных до конусности 06

В результате обработки выявили градиенты указанных параметров, не присущие эталону. Если рассматривать вклад градиента микротвердости и модуля упругости в прочность зуба после эндодонтического лечения, то градиенты, не присущие эталону, можно назвать негативным вкладом, а градиенты, оставшиеся идентичными эталону, можно отнести к положительному вкладу. При всех трех способах применения ирригационного раствора наибольшим изменениям подвергается градиент микротвердости в вертикальном направлении. Достоверное

снижение микротвердости зафиксировано от средней трети корня ($75,68 \pm 1,02$) к апикальной ($73,35 \pm 0,91$). А также 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 ($65,03 \pm 1,14$) к сегменту у канала апикальной трети корня ($58,15 \pm 0,82$). На рисунке 4 представлены микрофотография образца, обработанного до конусности 06 из группы 1 «Без активации», а также кривая индентирования.



А



Б

Рисунок 4 – (А) Микрофотография образца сегмента середины. Точки замера пронумерованы. (Б) Кривая индентирования в точке №5 образца

Изменения параметров образцов, обработанных до конусности 06, с различными видами активации ирриганта приведены с применением описанной выше схемы (Рисунок 5).

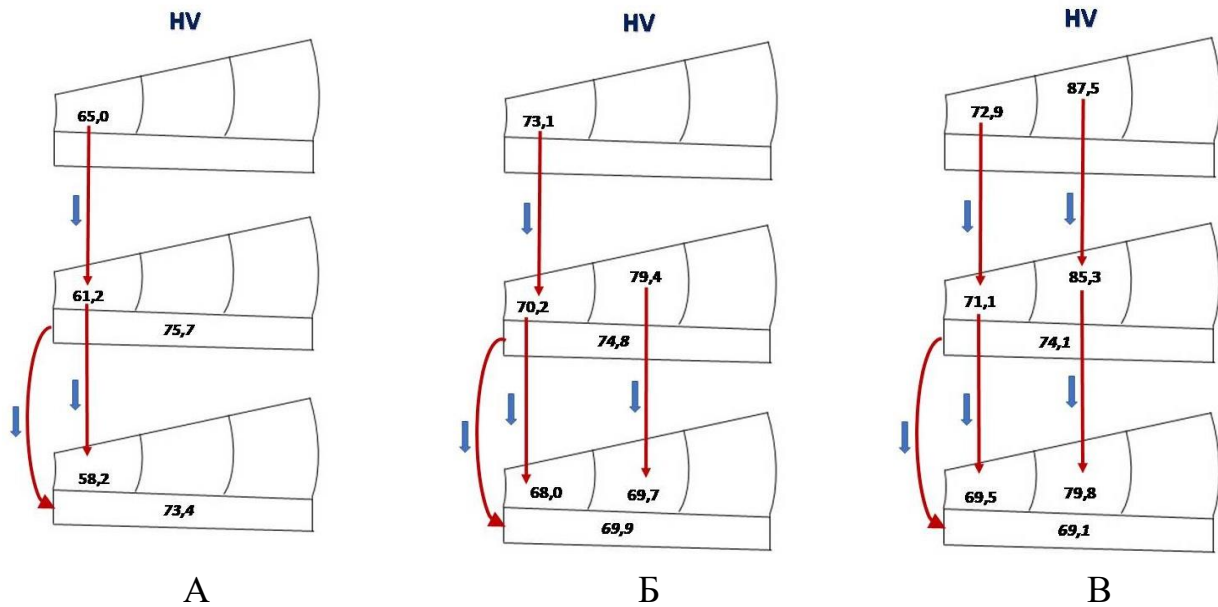


Рисунок 5 – Схематичное изображение градиента микротвердости образцов, обработанных до конусности 06, (А) группы 1 «Без активации», (Б) группы 2 «Звуковая обработка», (В) группы 3 «Ультразвуковая обработка». Красные стрелки указывают изменения градиента, отличные от эталонного, направление красной стрелки указывает от какого числа к какому произошло изменение, синяя стрелка рядом указывает какое изменение достоверно зафиксировано (увеличение/уменьшение)

При всех трех способах на уровне третей 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.

Результаты исследования образцов, обработанных до конусности 08

В процессе исследования образцов, обработанных до конусности 08, выявили градиенты, идентичные эталону; градиенты, отличные от эталона и идентичные образцам с конусностью 06; градиенты, отличные как от эталона, так и от образцов с конусностью 06. 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. Градиенты, не присущие эталону и отличные от образцов с конусностью 06 соответствующей группы были выявлены только в группе 2 «Звуковая активация» (Рисунок 6).

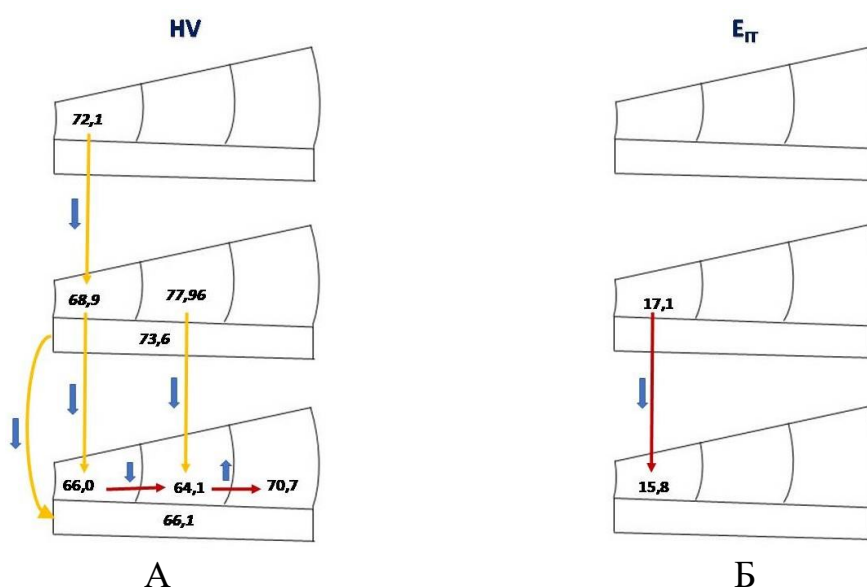


Рисунок 6 – Схематичное изображение градиента микротвердости (А) и модуля упругости (Б) образцов, обработанных до конусности 08, из группы 2 «Звуковая активация». Красные стрелки указывают изменения градиента, отличные от эталонного, и от образцов, обработанных до конусности 06. Желтые стрелки указывают изменения, идентичные изменениям в образцах с конусностью 06. Синяя стрелка указывает какое различие выявлено (увеличение или уменьшение)

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.

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 2. По средним значениям изученных параметров различий между образцами устьевых и средних третей корня не наблюдалось, поэтому данные не включены в таблицу.

Таблица 2 – Средние значения параметров микротвердости и модуля упругости апикальной трети корня

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

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

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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Применение механической агитации ирригационного раствора при эндодонтическом лечении: серия клинических случаев / **Ю.А. Таптун**, М.К. Макеева, В.Д. Шарганова, Г.К. Даврешян, А.А. Геворкян, А.И. Жуков, М.А. Гасбанов, К.С. Бабина, И.В. Гимиш // *Эндодонтия Today*. – 2023. – Т.21, №3. – С. 181-187.
2. **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.
3. Using of the “Endoactivator” Device to Activate an Irrigation Solution in Endodontic Treatment: a Case Series. / **Y.A. Taptun**, N.T. Butaeva, A.A. Gevorkyan, M.K. Makeeva // *Journal of Clinical Physiology and Pathology*. – 2023. – Vol.2, – № 3. – P. 6-7.
4. The effect of the irrigation solutions on dentin organic components: Pilot study / Z. S.Khabadze, Yu.A. Generalova, **Yu.A. Taptun**, L.A.Kozhevnikova, F.YaGadzhiev, M.Yu.Dashtieva // **Endodontics Today**. – 2024. – Vol. 22, – № 1. – P. 19-24. [**Scopus**]
5. Влияние внутрикоронкового отбеливания на микротвердость дентина: клинический случай с обзором литературы / **Ю.А. Таптун**, М.К. Макеева, В.Д. Шарганова, С. Наджафиделшад, А.Л. Корзун, С.В. Мартынова, А.С. Карнаева // *Проблемы стоматологии*. – 2024. – №1. – С. 85-91.
6. Влияние эндодонтического лечения на микротвердость корневого дентина по данным опроса врачей-стоматологов / **Ю.А. Таптун**, М.К. Макеева, З.С. Хабадзе, З.К. Махмудова, Ю.С. Козлова, С.В. Мартынова // **Head and Neck / Голова и шея**. – 2025. – Т.13, №1. – С. 154-160.[**Scopus**]
7. 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, S.F.Byakova, I.A. Voronov, Kh.O.Omarova, L.KBabaeva, G.G.Avetisian, D.A.Babakhanov, E.EStarodubtseva // **Endodontics Today**. – 2025. – Vol. 23, – № 4. – P. 603-614. [Scopus]

8. Микротвердость корневого дентина в зависимости от методов внутриканальной обработки корневого канала / **Ю.А. Таптун**, М.К. Макеева, З.С. Хабадзе, С.В. Мартынова, Ю.С. Козлова, М.Ж. Григорян, И.А. Воронов // Head and Neck / Голова и шея. – 2025. – Т.13, №3. – С. 171-177.

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 раствор содержащий 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

мм – доляная единица измерения длины в Международной системе единиц

HV – обозначение твердости по Виккерсу