

Анастасия Олеговна Федорова^{1✉}, Анна Викторовна Ларинская²

^{1,2}Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

¹anfodka@list.ru

²nura.lar@mail.ru

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРУ КОРНЕВОГО ДЕНТИНА ЗУБА КРЫС ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ЭНДОДОНТИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ

Цель исследования – изучить влияние ультрафиолетового излучения с длиной волны (255 ± 5) нм на структуру дентина корневого канала зуба крыс. Задачи: выявить уровень обработки устьевой трети корневого канала путем электронной сканограммы поперечного среза зуба, морфологическую структуру его стенок и степень obturации дентинных канальцев детритом; выявить уровень обработки средней трети корневого канала путем электронной сканограммы поперечного среза зуба, морфологическую структуру его стенок и степень obturации дентинных канальцев детритом; оценить уровень обработки верхушечной трети корня зуба путем электронной сканограммы поперечного среза зуба, морфологическую структуру его стенок и степень obturации дентинных канальцев детритом. В ходе экспериментального исследования проанализировано воздействие ультрафиолетового излучения ((255 ± 5) нм) на дентинную структуру корневых каналов у лабораторных крыс. Морфологическая оценка включала анализ гистоархитектоники корневого дентина, детекцию органических включений в просвете каналов, качественные характеристики обработки и топографию поверхности стенок. Исследование проведено на 45 половозрелых особях линии CD, распределенных на три равные группы, с использованием первых нижних моляров (по два зуба от каждой особи). Сравнительный электронно-микроскопический анализ шлифов корней выявил превосходящую эффективность очистки канальной системы при применении дополнительных физических факторов – диодного лазера (980 нм) и ультрафиолетового излучения ((255 ± 5) нм) как в просветном, так и в пристеночном аспектах. Данные методики обеспечивают оптимальную элиминацию смазанного слоя при сохранении структурной целостности корневого дентина.

Ключевые слова: ветеринарная стоматология, корневая система зуба крысы, крысы, ультрафиолетовое излучение, эндодонтия, зубочелюстная система крысы

Для цитирования: Федорова А.О., Ларинская А.В. Влияние ультрафиолетового излучения на структуру корневого дентина зуба крыс при экспериментальном эндодонтическом лечении // Вестник КрасГАУ. 2026 № 3. С. 143-152. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-3-143-152.

Anastasia Olegovna Fedorova^{1✉}, Larinskaya Anna Viktorovna^{2✉}

^{1,2}Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

¹anfodka@list.ru

²nura.lar@mail.ru

ULTRAVIOLET RADIATION EFFECT ON RATS TOOTH ROOT DENTIN STRUCTURE UNDER EXPERIMENTAL ENDODONTIC TREATMENT

The aim of the study is to investigate the effect of ultraviolet radiation with a wavelength of (255 ± 5) nm on the dentin structure of the root canal of rat teeth. Objectives: to identify the level of treatment of the orifice third of the root canal using an electron scan of the tooth cross-section, the morphological structure of its walls and the degree of obturation of the dentinal tubules with detritus; to identify the level of

treatment of the middle third of the root canal using an electron scan of the tooth cross-section, the morphological structure of its walls and the degree of obturation of the dentinal tubules with detritus; to assess the level of treatment of the apical third of the tooth root using an electron scan of the tooth cross-section, the morphological structure of its walls and the degree of obturation of the dentinal tubules with detritus. During the experimental study, the effect of ultraviolet radiation (255 ± 5 nm) on the dentin structure of the root canals in laboratory rats was analyzed. The morphological evaluation included an analysis of the histoarchitecture of root dentin, detection of organic inclusions within the canal lumen, qualitative treatment characteristics, and wall surface topography. The study was conducted on 45 mature CD individuals, divided into three equal groups, using first lower molars (two teeth from each individual). Comparative electron microscopic analysis of root sections revealed superior cleaning efficiency of the root canal system when using additional physical factors – a diode laser (980 nm) and ultraviolet radiation (255 ± 5 nm) – in both the lumen and parietal aspects. These techniques ensure optimal removal of the smear layer while maintaining the structural integrity of the root dentin.

Keywords: *veterinary dentistry, rat tooth root system, rats, ultraviolet radiation, endodontics, rat dentofacial system*

For citation: Fedorova AO, Larinskaya AV. Ultraviolet radiation effect on rats tooth root dentin structure under experimental endodontic treatment. *Bulletin of KSAU*. 2026;(3):143-152. DOI: 10.36718/1819-4036-3-143-152

Введение. Патологии ротовой полости занимают лидирующие позиции в структуре заболеваемости мелких домашних животных, что подтверждается статистическими данными обращений в ветеринарные клиники для превентивных и терапевтических мероприятий¹. Возрастающее понимание владельцами питомцев корреляции между стоматологическим и общим здоровьем животных, наряду с технологическим прогрессом в области клинической ветеринарной стоматологии, определяет высокую актуальность данного направления, несмотря на недостаточную изученность проблематики в отечественной науке [1–3]. Современная концепция кариозного процесса рассматривает его как инфекционное заболевание, инициируемое специфической микрофлорой зубного налета при ферментации углеводов субстратов с последующим кислотообразованием в условиях сниженной кариесрезистентности организма [4]. Ключевым патогенетическим механизмом развития кариеса выступает дисбаланс процессов де- и реминерализации в полости рта [4].

Микробный фактор [5], согласно обширной базе научных исследований, выступает ключевым этиологическим агентом в патогенезе осложненных форм кариозного процесса и периодонтальной патологии. Микроорганизмы формируют сложноорганизованные биопленочные структуры [6], характеризующиеся принципиально иными свойствами в сравнении с планктонными формами: метаболической кооперацией, колониальной агрегацией, горизонтальным перено-

сом генетической информации, а также повышенной резистентностью к иммунологическим факторам защиты и антибактериальным препаратам вследствие матриксного связывания [7].

Патологические процессы в зубочелюстной системе и тканевых структурах орофациальной области домашних животных выступают этиологическим фактором хронических поражений широкого спектра органов, включая желудочно-кишечный тракт, кожные покровы, опорно-двигательный аппарат, мочевыделительную, дыхательную и сердечно-сосудистую системы.

Функциональное состояние пищеварительной системы детерминирует не только общий физиологический статус, но и хозяйственно значимые характеристики животного. В отечественной ветеринарной практике при существенных повреждениях зубных тканей превалирует экстракционный метод лечения, что обусловлено дефицитом валидированных протоколов применения альтернативных терапевтических подходов и материалов [1].

Эффективность терапии осложненных форм кариозного процесса детерминирована комплексом взаимосвязанных факторов, среди которых первостепенное значение имеют рациональное планирование эндодонтических манипуляций, фундаментальное понимание и неукоснительное соблюдение протокола лечения, а также своевременная и полноценная реставрация анатомо-морфологической структуры зуба [8].

Современное эндодонтическое лечение направлено на комплексную стерилизацию эндодон-

тальной системы с полной элиминацией воспаленных пульпарных тканей и смазанного слоя дентина [5]. Препарирование корневого канала базируется на двух фундаментальных аспектах: биологическом, предусматривающем радикальное удаление пульпарных остатков, микроорганизмов и их метаболитов совместно с инфицированными дентинными структурами, и механическом, определяющем трехмерное формирование канала как императивное условие его последующей герметичной obturation [4, 9].

Современная эндодонтическая практика характеризуется возрастающей интеграцией физических методов терапии, преимущественно лазерного излучения различного спектрального диапазона [10]. Особый научно-практический интерес представляет коротковолновое ультрафиолетовое излучение (UVC), демонстрирующее выраженный антимикробный эффект в спектре 250–260 нм при предobturationционной санации корневых каналов [11]. Учитывая ограниченность имеющихся научных данных, перспективным направлением исследований остается всестороннее изучение терапевтического потенциала UVC-излучения в лечении осложненного кариеса.

Цель исследования – изучить влияние ультрафиолетового излучения с длиной волны 255 ± 5 нм на структуру дентина корневого канала зуба крыс.

Задачи: выявить уровень обработки устьевой трети корневого канала путем электронной сканограммы поперечного среза зуба, морфологическую структуру его стенок и степень obturation дентинных канальцев детритом; выявить уровень обработки средней трети корневого

канала путем электронной сканограммы поперечного среза зуба, морфологическую структуру его стенок и степень obturation дентинных канальцев детритом; оценить уровень обработки верхушечной трети корня зуба путем электронной сканограммы поперечного среза зуба, морфологическую структуру его стенок и степень obturation дентинных канальцев детритом.

Материал и методы. Исследование проведено на базе испытательного центра доклинических исследований по медицинской безопасности в Институте биорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова Российской академии наук, на базе Института материаловедения ДВО РАН. Эксперименты проведены на 45 половозрелых крысах линии CD средней массой 265 ± 25 г. Содержание животных и постановка экспериментов проводились в соответствии с требованиями приказов № 1179 МЗ СССР от 11.10.1983 и № 267 МЗ РФ от 19.06.2003 г., а также международными правилами «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals». Все потенциально болезненные вмешательства проводились под золотил-ксилазиновым наркозом [12].

Эксперимент выполнен в острой фазе, *in vitro*. До начала эксперимента все животные в количестве 45 голов были клинически здоровые, патологий органов ротовой полости не выявлено. Животных разделили на 3 группы по 15 крыс в каждой группе. У каждой крысы исследовали по 2 зуба – первые нижние моляры справа и слева, таким образом, в каждой группе исследовано по 30 зубов. Характеристика групп животных представлена в таблице.

**Схема эксперимента
Experiment design**

Группа	Кол-во животных/зубов (общее)	Схема опыта
Опыт 1 (O ₁)	15/30	Стандартный метод предobturationционной обработки
Опыт 2 (O ₂)	15/30	Стандартный метод предobturationционной обработки + воздействие диодным лазером с длиной волны 980 нм, в течение 20 с при мощности 1,5 Вт, однократно
Опыт 3 (O ₃)	15/30	Стандартный метод предobturationционной обработки + воздействие коротковолновым ультрафиолетовым светом (UVC) с длиной волны 255 ± 5 нм в течение 40 с при мощности 8 Вт, однократно

В первой опытной группе корневые каналы моляров обрабатывали стандартным методом. Во второй опытной группе на фоне стандартного метода проводили облучение диодным лазером с длиной волны 980 нм в течение 20 с при мощности 1,5 Вт. В третьей опытной группе, на фоне стандартного лечения, корневые каналы зуба обрабатывали коротковолновым ультрафиолетовым светом длиной волны (255 ± 5) нм в течение 40 с при мощности 8 Вт.

Стандартный метод лечения подразумевает формирование доступа к полости зуба, вскрытие и раскрытие полости, ампутацию и экстерпацию пульпы, поэтапную предобтурационную обработку корневых каналов современными машинными и ручными эндодонтическими инструментами с протоколом ирригации (химико-механическая обработка) [10, 13].

Эндодонтическая работа проводилась под микроскопом, препарирование корневых каналов – по апикально-коронарной технике «степ-бэк», т. е. «шаг назад» [7, 8], с последовательной медикаментозной обработкой, что является протоколом ирригации и включает последовательное промывание растворами антисептиков: 17 % раствора этилендиаминтетрауксусной кислоты, 2 % стабилизированного раствора гипохлорита натрия с последующей активацией ирригирующих растворов ультразвуком [13–16].

У наркотизированных животных фиссурным алмазным бором путем поперечного среза укорачивали коронковую часть моляров на 2/3 ее длины и маленьким шаровидным твердосплавным бором достигали доступ к устьям корневых каналов. Вход в корневой канал определяли с помощью стоматологического зонда, проходимость корневого канала обследовали путем введения К-файла 06 с конусностью 02 до дентинно-цементного соединения, контроль границы проводили апекслокатором. Магистральный корневой канал проходили ручными К-файлами № 06/02, № 08/02, № 010/02, № 015/02, № 020/02, № 025/02 с поэтапным протоколом ирригации, завершающим этапом препарировали Ni-Ti файлы системы Pro Taper Universal.

После эвтанази животных проводили скелетирование нижней челюсти, биологический материал разделили в равном соотношении, 15 зубов из каждой группы декальцинировали, гистологические препараты окрашивали гематоксилином и эозином и по методу Ван Гизона, из оставшихся 15 зубов готовили сколы верхней трети, средней

трети и апикальной трети частей корневого канала. Высушенные фрагменты покрывали токопроводящим слоем в ионном напылителе IB-6 (EICO, Japan) и исследовали в сканирующем электронном микроскопе JSM-840 (JEOL, Япония). Исследование препаратов проводили с использованием двухлучевого сканирующего электронного микроскопа TESCAN LYRA 3 XMH (с катодом с термополевой эмиссией типа Шоттки) и энергодисперсионного спектрометра AZtec X-Max 80. Эвтаназирование животных и подготовка биоматериала для гистологических исследований проведены по стандартным методиками [17, 18].

При проведении микроскопических исследований оценивали микроскопическую структуру дентина, наличие или отсутствие органических включений в просвете корневых каналов, качество обработки и рельеф контура их стенок, с дальнейшим анализом результатов с помощью методов биомедицинской статистики, реализованных в пакете программ MS Excel и STATISTICA 10.0 [19].

Для анализа изменений применили балльные шкалы оценки степени (0 – нет, 1 – минимальное, 2 – слабое, 3 – умеренное и 4 – выраженное) и доли пораженной ткани (0 – норма, 1 – ≤ 25 %, 2 – 26–50 %, 3 – 51–75 %, 4 – > 75 %) [20].

Результаты и их обсуждение. У всех животных из всех групп при электронно-микроскопическом исследовании шлифов корней зубов выявлено, что просветы каналов зубов на уровне устьевой трети корня свободные от детрита (рис. 1), рельеф стенок корневых каналов ровный и гладкий, а в просвете корневых каналов на данном уровне органические включения отсутствуют (рис. 2).

Во всех случаях в устьевой части зубов (верхняя треть канала) на обработанных стенках корневых каналов выявлены открытые отверстия дентинных канальцев и отсутствие смазанного слоя.

В 16 случаях (53 %) в первой опытной группе (O₁) просвет канала на уровне средней трети содержал слой детрита в разной степени выраженности (рис. 3, а).

Во второй опытной группе, где применяли воздействие диодным лазером с длиной волны 980 нм, при исследовании средней трети части каналов зубов, в 3 % случаев (1-й образец) наблюдалось пристеночное расположение единичных конгломератов детрита с наличием вкраплений органических соединений. Рельеф стенок

корневых каналов зуба у этих животных был ровным и гладким с единичными линейными шероховатостями (рис. 3, б).

В третьей опытной группе, в которой применяли коротковолновое ультрафиолетовое воз-

действие длиной волны 255 ± 5 нм, в просвете корневых каналов зубов органические включения отсутствуют, рельеф стенок гладкий и ровный в 100 % случаев (рис. 3, в).

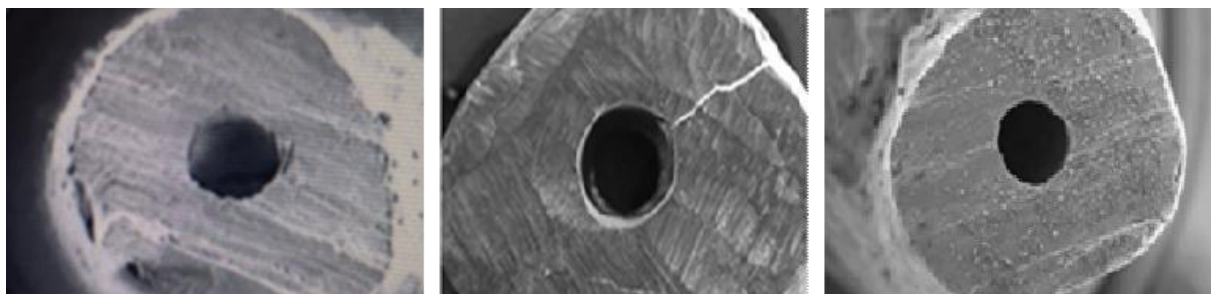


Рис. 1. Уровень обработки устьевой трети корневого канала при электронной сканограмме поперечного среза зуба (ув. $\times 3700$): а – первая опытная группа; б – вторая опытная группа; в – третья опытная группа

Degree of cleaning of the upper third of the root canal with an electronic scan of the transverse tooth cutting (cv. $\times 3700$): а – in the first experimental group; б – in the second experimental group; в – in the third experimental group

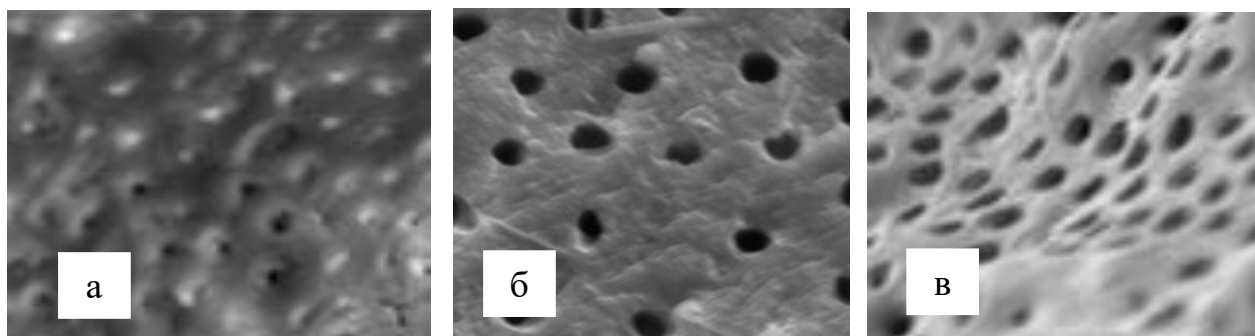


Рис. 2 – Морфологическая структура стенок канала, устьевой трети корня зуба, при электронной сканограмме его поперечного среза: а – первая опытная группа (ув. $\times 1600$); б – вторая опытная группа (ув. $\times 2600$); в – третья опытная группа (ув. $\times 2600$)

Morphological structure of the walls of the canal, the upper third of the tooth root, with an electronic scan of its transverse cut: а – the first experimental group (cv. $\times 6400$); б – the second experimental group (cv. $\times 2600$); в – the third experimental group (cv. $\times 2600$)

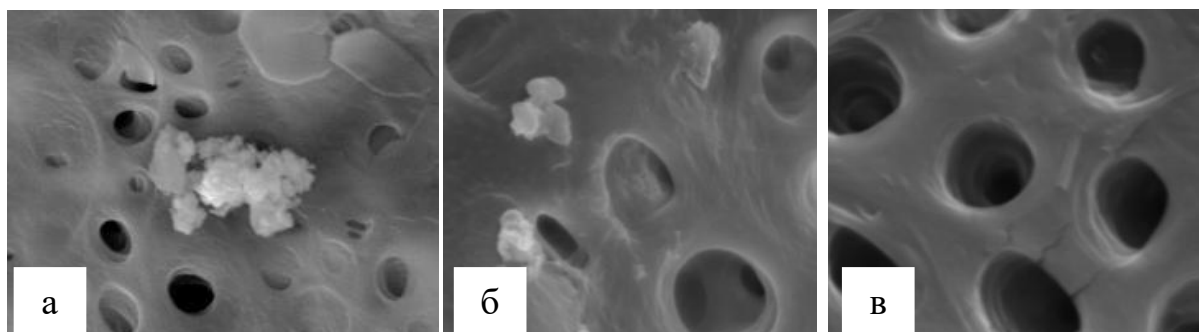


Рис. 3 – Электронная сканограмма уровня обработки средней трети корневого канала зуба на поперечном срезе корня (ув. $\times 4700$): а – первая опытная группа; б – вторая опытная группа; в – третья опытная группа

Electronic scan of the degree of cleaning of the middle third of the root canal of the tooth on the cross-cut of the root after treatment (cv. $\times 4700$): а – the first experimental group; б – the second experimental group; в – the third experimental group

В первой опытной группе, где корневые каналы препарировали традиционным способом без воздействия каких-либо дополнительных физических факторов, во всех случаях на поверхности корневого дентина в средней трети

части зуба в 18 образцах из 30 (60 %) зафиксированы разнокалиберные грубые частицы смазанного слоя, что указывает на запечатывание дентинных канальцев детритом (рис. 4, а).

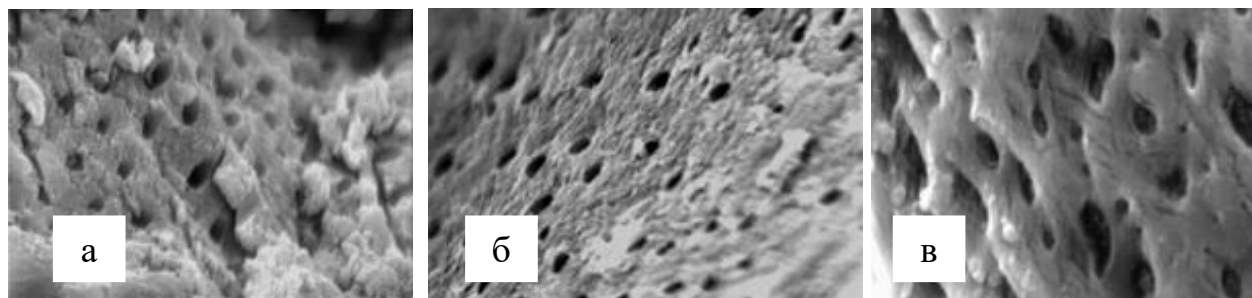


Рис. 4. Степень obturации дентинных канальцев детритом. Электронная сканограмма поперечного среза корня в средней трети корня зуба после обработки: а – первая опытная группа (ув. $\times 2400$); б – вторая опытная группа (ув. $\times 2300$); в – третья опытная группа (ув. $\times 2700$)

Degree of sealing of dentin tubules by detritus. Electron scan of the transverse cutting of the root in the middle third of the tooth root after treatment: а – in the first experimental group (cv. $\times 2400$); б – in the second experimental group (cv. $\times 2300$); в – in the third experimental group (cv. $\times 2700$)

При исследовании образцов второй экспериментальной группы выявлено преимущественное отсутствие смазанного слоя на стенках корневых каналов (80 %, $n = 24$), причем средняя треть корневого дентина характеризовалась лишь локальными участками смазанного слоя с преобладанием открытых дентинных канальцев (рис. 4, б).

В третьей экспериментальной группе, подвергшейся дополнительной обработке ультрафиолетовым излучением с длиной волны 255 ± 5 нм, морфологический анализ продемонстрировал элиминацию адгезивного слоя с полной деконтаминацией дентинных канальцев в 95 % случаев (28 образцов). При микроскопическом исследовании на поверхности дентина визуализировались лишь спорадические микрофрагменты дентинного детрита (рис. 4, в).

Микроскопическое исследование апикальной области корневых каналов выявило существенные различия в эффективности очистки между экспериментальными группами. В первой группе наблюдалась полная obturация просвета канала модифицированным детритом во всех образцах (рис. 5, а). Вторая группа продемонстрировала значительное улучшение результатов:

лишь в 13 % случаев обнаружены пристеночные фрагменты детрита, при сохранении проходности апикального отверстия во всех образцах (рис. 5, б). Максимальная эффективность очистки достигнута в третьей группе с применением UVC (255 ± 5) нм, где единичные пристеночные включения детрита выявлены только в 3 % случаев при полностью свободном апикальном отверстии (рис. 5, в).

При изучении стенки корневого дентина в верхушечной трети после санации нами отмечено, что в первой опытной группе в 100 % исследуемых образцов стенки выполнены плотным слоем модифицированного детрита, неровные, с множественными поднутрениями (рис. 6, а). Во второй опытной группе в 10 % случаев (3 образца) отмечено пристеночное расположение единичных ограниченных мелких, точечных фрагментов детрита, при этом апикальное отверстие во всех образцах свободно, стенки достаточно ровные (рис. 6, б). В третьей опытной группе, где применяли UVC (255 ± 5) нм, пристеночно зафиксированы единичные точечные фрагменты детрита в двух случаях (6,5 %) – при свободном апикальном отверстии и ровных стенках во всех исследуемых образцах (рис. 6, в).

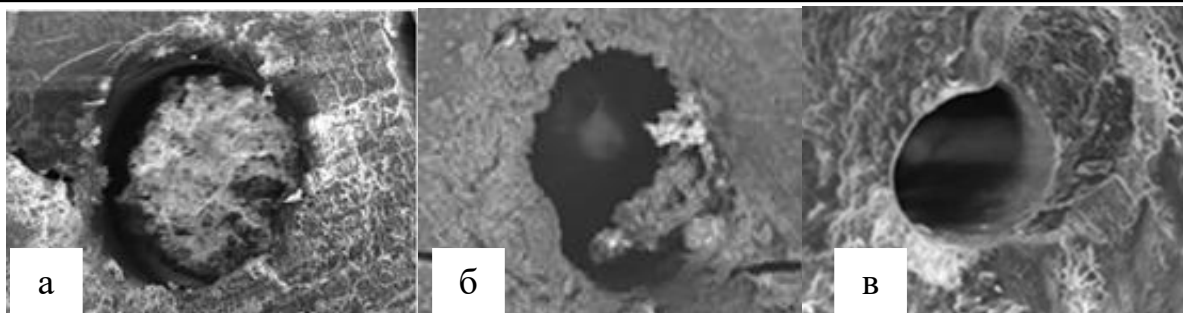


Рис. 5. Уровень обработки верхушечной трети корневого канала зуба после обработки. Электронная сканограмма поперечного среза корня в верхушечной трети (ув. $\times 3700$): а – стандартным методом; б – диодным лазером с длиной волны 980 нм; в – UVC (255 ± 5) нм. Degree of cleaning of the apical third of the root canal of the tooth after treatment. Electron scan of the transverse section of the root in the apical third (cv. $\times 3700$): а – standard method; б – diode laser with a wavelength of 980 nm; в – UVC (255 ± 5) nm.

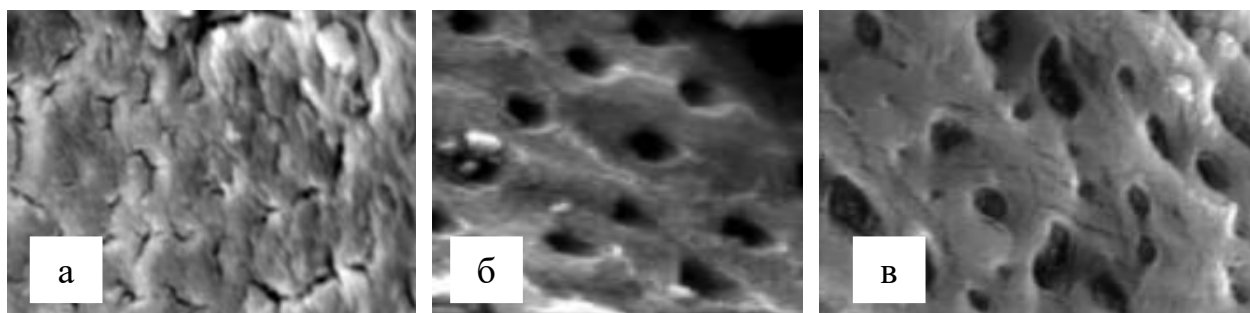


Рис. 6. Степень obtурации детритом стенки канала в верхушечной трети корня зуба после санации. Электронная сканограмма поперечного среза корня в верхушечной трети (ув. $\times 3000$): а – с применением традиционного метода; б – диодным лазером с длиной волны 980 нм; в – UVC (255 ± 5) нм

Degree of obturation of the canal wall by detritus in the apical third of the tooth root after treatment. Electron scan of the transverse root cut in the apical third (cv. $\times 3000$): а – using the traditional method; б – diode laser with a wavelength of 980 nm; в – UVC (255 ± 5) nm.

Модифицированный слой детрита в корневом канале – это слой, который образуется на стенках корневого канала в результате обработки и механической очистки в процессе эндодонтического лечения. Он состоит из остатков дентина, микроорганизмов и других тканей, которые могут быть препятствием для успешного дальнейшего пломбирования канала и создавать условия для повторного инфицирования. Органические включения в корневом дентине – это в основном коллагеновые волокна (преимущественно I типа), составляющие около 20 % состава дентина вместе с небольшим количеством других белков и липидов. Они являются частью межклеточного матрикса дентина, а на поверхности канала также могут присутствовать остатки волокон Тома, которые заполняют дентинные каналы и содержат нервные окончания и сосуды, обеспечивающие питание дентина [21].

При микроскопической оценке срезов зубов на уровне устьевой трети их корней в 100 % случаев у крыс во всех группах корневые каналы были свободны от детрита. Поверхность корневого дентина была гладкой и ровной, чего нельзя сказать об обработке средней трети корневых каналов. В первой опытной группе в 47 % случаев средняя треть корневых каналов имела пристеночное скопление разнокалиберных фрагментов модифицированного слоя детрита, а верхушечная треть корневых каналов в 100 % случаев содержала выраженное количество органических включений, липкого модифицированного слоя детрита, заполняющего более 1/3 просвета корневого канала. В верхушечной части рельеф контура стенок не имел гладкой поверхности. Кроме того, в этой группе обнаружены множественные поверхностные поднутрения и шероховатости, что соответствует выраженной степени измене-

ний гистоструктуры дентина при неудовлетворительном качестве обработки корневых каналов.

В третьей опытной группе в 93 % случаев выявлено отсутствие детрита как на поверхности, так и в отверстиях дентинных канальцев, тогда как во второй опытной группе полная очистка корневых каналов наблюдалась только в 80 % случаев. В средней и верхушечной трети корневых каналов зубов исследуемых групп животных визуализировались дискретные конгломераты детрита, представленные кластеры микрочастиц, диффузно распределенные по поверхности, причем просветы дентинных канальцев сохраняли свою проходимость без признаков obturации смазанным слоем.

Заключение. Детальный анализ исследуемой проблемы показал высокую степень предобтурационной обработки на уровне устьевой трети корневого канала зуба крыс при любом выборе методов предобтурационной санации системы корневого канала, в 100 % случаев корневые каналы свободны от детрита, поверхность корневого дентина гладкая и ровная, что безусловно связано с лучшей доступностью и визуализацией

при лечении, чего нельзя сказать об обработке средней трети корневых каналов.

Проделанная работа подвела к следующим выводам, что при санации средней и верхушечной трети корневого канала зуба целесообразно выбирать смешанные методы предобтурационной обработки ввиду плохой визуализации стенок поверхности дентина и сложной доступности особенно верхушечной трети корневого канала.

Использование дополнительных физических факторов, таких как диодный лазер с длиной волны 980 нм в течение 20 с при мощности 1,5 Вт и ультрафиолетовое излучение с длиной волны (255 ± 5) нм в течение 40 с при мощности 8 Вт, обеспечивает более качественную очистку просветов и стенок системы корневых каналов и как результат – более полное удаление смазанного слоя повреждения структуры дентина корня, повышая качество предобтурационной санации системы корневых каналов зубов. Причем наиболее высокий эффект проявился при воздействии коротковолновым UVC с длиной волны (255 ± 5) нм в течение 40 с при мощности 8 Вт.

Список источников

1. Спирина А.С., Спирина О.А., Спирин А.С. Стоматологическая помощь мелким домашним животным в Российской Федерации и предложения по ее улучшению // *Ветеринарная патология*. 2025. Т. 24, № 1. С. 49–55. DOI: 10.23947/2949-4826-2025-24-1-49-55. EDN: TARCTV.
2. Fernandes N.A., Borges A.P., Reis EC, et al. Prevalence of Periodontal Disease in Dogs and Owners' Level of Awareness – A Prospective Clinical Trial // *Revista Ceres*. 2012. Vol. 59, N 4. P. 446–451. DOI: 10.1590/S0034-737X2012000400003.
3. Niemiec B., Gawor J., Nemeč A., et al. World Small Animal Veterinary Association Global Dental Guidelines // *Journal of Small Animal Practice*. 2020. Vol. 61, N 7. P. E36–E161. DOI: 10.1111/jsap.13132.
4. Юдина Н.А. Этиология и возможности профилактики кариеса зубов // *Современная стоматология*. 2022. № 2.
5. Иощенко Е.С., Брусницына Е.В., Закиров Т.В., и др. Профилактика стоматологических заболеваний. Екатеринбург: УГМУ Министерства здравоохранения РФ, 2022, 118 с.
6. Расков А.А., Громова С.Н., Пышкина О.А., и др. Состав биопленки корневого канала при хронических формах периодонтитов (обзор литературы) // *Вятский медицинский вестник*. 2021. № 2.
7. Середин П.В., Голощапов Д.Л., Кашкаров В.М., и др. Особенности молекулярного состава зубной биопленки у пациентов в зависимости от степени развитости кариеса и метода его профилактики: исследования с использованием синхротронной FTIR-спектроскопии // *Конденсированные среды и межфазные границы*. 2023. № 3.
8. Рувинская Г.Р., Ушакова М.А. Современные принципы эндодонтического лечения. Казань, 2021. 42 с.
9. Луцкая И.К. Препарирование корневых каналов как этап реставрирования зуба // *Современная стоматология*. 2022. № 4.
10. Юдина Н.А., Пиванкова Н.Н. Химические и физические методы дезинфекции в современном эндодонтическом лечении // *Современная стоматология*. 2022. № 3.

11. Саркисян Н.Г., Пасхина А.И., Шагеев Г.Ю., и др. Применение ультрафиолетового излучения в медицинской практике // Клиническая медицина. 2022. № 6.
12. Гурова С.В., Миндарь М.В., Ходакова Д.В. Современные аспекты в области анестезии мелких лабораторных животных // Южно-российский онкологический журнал. 2022. № 3.
13. Даников В.В., Гришина Ю.А., Захаров М.А., и др. Современные методы эндодонтической обработки корневых каналов зубов // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 4.
14. Бутвиловский А.В., Терехова Т.Н., Пыко Т.А. Медикаментозная обработка системы корневых каналов зубов: задачи, общие правила, основные ирриганты // Современная стоматология. 2022. № 3.
15. Саркисян Н.Г., Катаева Н.Н., Хохрякова Д.А. Медикаментозная обработка корневых каналов в эндодонтии: проблемы использования современных средств // Рос. мед.-биол. вестн. им. акад. И.П. Павлова. 2025. № 1.
16. Bóveda C., Kishen A. The Role of Modern Technologies for Dentin Preservation in Root Canal Treatment // Minimally Invasive Approaches in Endodontic Practice. 2020. P. 1–32.
17. AVMA. AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals: 2020 Edition.
18. Рыбакова А.В., Макарова М.Н. Методы эвтаназии лабораторных животных в соответствии с Европейской Директивой 2010/63 // Международный вестник ветеринарии. 2015. № 2. С. 96–107. EDN: ULGMCX.
19. Демаков В.И., Ларионова Е.Ю., Голодков Ю.Э., и др. Сравнительный обзор статистических пакетов для анализа данных // Вестник БГУ. Математика, информатика. 2023. № 3.
20. Крышень К.Л., Гушин Я.А., Фаустова Н.М., и др. Интерпретация данных токсикологических исследований лекарственных средств при определении дозы, не вызывающей видимых нежелательных эффектов (NOAEL) // Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. 2025. Т. 15, № 3. С. 262–277. DOI: 10.30895/1991-2919-2025-15-3-262-277.
21. Карелина Н.Р., Артюх Л.Ю. Гистологическое строение тканей зуба (лекция) // FORCIPE. 2022. № 1.

References

1. Spirina AS, Spirina OA, Spirin AS. Dental care for small pets in the Russian Federation and proposals for its improvement. *Veterinary pathology*. 2025;24(1):49-55. (In Russ.). DOI: 10.23947/2949-4826-2025-24-1-49-55. EDN: TARCTV.
2. Fernandes NA, Borges AP, Reis EC, et al.. Prevalence of Periodontal Disease in Dogs and Owners' Level of Awareness – A Prospective Clinical Trial. *Revista Ceres*. 2012;59(4):446-451. DOI: 10.1590/S0034-737X2012000400003.
3. Niemiec B, Gawor J, Nemes A, et al. World Small Animal Veterinary Association Global Dental Guidelines. *Journal of Small Animal Practice*. 2020;61(7):E36-E161. DOI: 10.1111/jsap.13132.
4. Yudina NA. Etiology and possibilities of prevention of dental caries. *Modern dentistry*. 2022;2.
5. Ioshchenko ES, Brusnitsyna EV, Zakirov TV, et al. Profilaktika stomatochnykh zabolevaniy. Ekaterinburg: Ural State Medical University of the Ministry of Health of the RF. 2022;118. (In Russ).
6. Raskov AA, Gromova SN, Pyshkina OA, et al. Composition of root canal biofilm in chronic forms of periodontitis (literature review). *Vyatskij medicinskij vestnik*. 2021;2. (In Russ).
7. Seredin PV, Goloshchapov DL, Kashkarov VM, et al. Features of the molecular composition of dental biofilm in patients depending on the degree of development of caries and the method of its prevention: studies using synchrotron FTIR spectroscopy. *Condensed media and interphase boundaries*. 2023;3.
8. Ruvinskaya GR, Ushakova MA. Modern Principles of Endodontic Treatment: Educational and Methodological Manual. Kazan; 2021. 42 p. (In Russ.).
9. Lutsкая IK. Preparation of root canals as a stage of tooth restoration. *Sovremennaya stomatologiya*. 2022;4. (In Russ.).
10. Yudina NA, Pivankova NN. Chemical and physical methods of disinfection in modern endodontic treatment. *Sovremennaya stomatologiya*. 2022;3. (In Russ.).
11. Sarkisyan NG, Paskhina AI, Shageev GYu, et al. Application of ultraviolet radiation in medical practice. *Klinicheskaya medicina*. 2022;6. (In Russ.).

12. Gurova SV, Mindar MV, Khodakova DV. Modern aspects in the field of anesthesia of small laboratory animals. *Yuzhno-rossijskij onkologicheskij zhurnal*. 2022;3. (In Russ.).
13. Danikov VV, Grishina YuA, Zakharov MA. Modern methods of endodontic treatment of root canals of teeth. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2024;4. (In Russ.).
14. Butvilovsky AV, Terekhova TN, Pyko TA. Medicamentous treatment of the root canal system of teeth: tasks, general rules, basic irrigants. *Sovremennaya stomatology*. 2022;3. (In Russ.).
15. Sarkisyan NG, Kataeva NN, Khokhryakova DA. Drug treatment of root canals in endodontics: problems of using modern means. *Med.-Biol. Vestn. Acad. I.P. Pavlova*. 2025;1. (In Russ.).
16. Bóveda C, Kishen A. The Role of Modern Technologies for Dentin Preservation in Root Canal Treatment. *Minimally Invasive Approaches in Endodontic Practice*. 2020:1-32.
17. AVMA. AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals: 2020 Edition.
18. Rybakova AV, Makarova MN. Methods of euthanasia of laboratory animals in accordance with European Directive 2010/63. *International Veterinary Bulletin*. 2015;2:96-107. EDN: ULGMCX.
19. Demakov VI, Larionova EY, Golodkov YuE, et al. Comparative review of statistical packages for data analysis. *Bulletin of BSU. Mathematics, informatics*. 2023;3.
20. Kryshen KL, Gushchin YaA, Faustova NM, et al. Interpretaciya dannyh toksikologicheskikh issledovaniy lekarstvennyh sredstv pri opredelenii dozy, ne vyzyvayuschej vidimyh nezhelatel'nyh `effektov (NOAEL). *Regulatory research and expertise of medicines*. 2025;15(3):262-277. (In Russ.). DOI: 10.30895/1991-2919-2025-15-3-262-277.
21. Karelina NR, Artyukh LY. Histological structure of tooth tissues (lecture). *FORCIPE*. 2022;1. (In Russ.).

Статья принята к публикации 20.01.2026 / The article accepted for publication 20.01.2026.

Информация об авторах:

Анастасия Олеговна Федорова, профессор кафедры патологии, морфологии и физиологии, доктор биологических наук, доцент

Анна Викторовна Ларинская, аспирант кафедры патологии, морфологии и физиологии

Information about the authors:

Anastasia Olegovna Fedorova, Professor, Department of Pathology, Morphology, and Physiology, Doctor of Biological Sciences, Docent

Anna Viktorovna Larinskaya, Postgraduate Student, Department of Pathology, Morphology, and Physiology

