

Получена: 21 Апреля 2023 / Принята: 07 Октября 2023 / Опубликовано online: 28 декабря 2023

DOI 10.34689/SH.2023.25.6.026

УДК 616.314-085

СИСТЕМА МОРФОЛОГИИ КОРНЕВЫХ КАНАЛОВ И ПРЕПАРАТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ИРРИГАЦИИ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ АПИКАЛЬНОМ ПЕРИОДОНТИТЕ

Индира М. Тулегенова¹, <https://orcid.org/0000-0002-4342-2372>

Майра Т. Копбаева¹, <https://orcid.org/0000-0002-7439-5573>

Кубейсин Д. Алтынбеков¹, <https://orcid.org/0000-0002-4549-5268>

Жасур А. Ризаев², <https://orcid.org/0000-0001-5468-9403>

Бахыт А. Омарова¹, <https://orcid.org/0000-0002-1545-7797>

¹ НАО «Казахский Национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова», г. Алматы, Казахстан;

² Самаркандский Государственный медицинский университет, г. Самарканд, Узбекистан.

Резюме

Введение. Хронический апикальный периодонтит (ХАП) развивается вследствие осложнения пульпита и поражает ткани периодонта. Этот диагноз занимает третье место по встречаемости среди заболеваний полости рта и является основной причиной удаления зуба. Один из факторов возникновения ХАП – недостаточное знание специалистами особенностей анатомии корневых каналов и способов медикаментозной обработки при эндодонтическом лечении, что является предметом рассмотрения в данной обзорной статье.

Цель статьи – провести анализ современной литературы по изучению морфологии корневых каналов в зависимости от популяции и влиянию препаратов для медикаментозной обработки на микробную биопленку, смазанный слой в эндодонтическом лечении зубов при хроническом апикальном периодонтите.

Стратегия поиска. Поиск литературы был осуществлен с использованием баз данных PubMed, GoogleScholar, e-library, Cochrane library на английском и русском языках. Поиск производился по ключевым словам: «морфология каналов», «хронический апикальный периодонтит», «ирригация корневых каналов», «дополнительные каналы», «микробная биопленка».

Результаты и выводы. Изучение количества и возможных вариаций дополнительных каналов в зависимости от этнической принадлежности зуба могут помочь усовершенствовать методы лечения пациентов с ХАП. Большинство исследований по воздействию ирригантов на биопленку и смазанный слой проводятся *ex vivo*, *in vitro*, также часто оцениваются промежуточные результаты. Необходимо пересмотреть исследовательские приоритеты в этой области и более глубоко изучать последствия проникновения ирригантов, их влияние на биопленку, дентинные каналы, а также долгосрочные результаты такого лечения.

Ключевые слова: хронический апикальный периодонтит, дополнительные каналы, микробная биопленка, ирригация корневых каналов.

Abstract

ROOT CANAL MORPHOLOGY SYSTEM AND ENDODONTIC IRRIGANTS USED FOR TREATMENT IN CHRONIC APICAL PERIODONTITIS

Indira M. Tulegenova¹, <https://orcid.org/0000-0002-4342-2372>

Mayra T. Kopbayeva¹, <https://orcid.org/0000-0002-7439-5573>

Kubeysin D. Altynbekov¹, <https://orcid.org/0000-0002-4549-5268>

Jasur A. Rizayev², <https://orcid.org/0000-0001-5468-9403>

Bakhyt A. Omarova¹, <https://orcid.org/0000-0002-1545-7797>

¹ S.D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan;

² Samarkand State Medical University, Samarkand, Uzbekistan.

Introduction. Chronic apical periodontitis develops as a consequence of complications of pulpitis and affects periodontal tissues. And also, it ranks third in incidence among oral diseases, being the cause of tooth extraction and various complications. One of the main reasons for the occurrence of disease is the lack of knowledge of the features of the anatomy of root canals and the peculiarities of drug treatment in endodontic treatment, which is considered in this review article.

The aim is to analyze the current literature on the study of the morphology of root canals depending on the population and the effect of drugs for drug treatment on microbial biofilm, a lubricated layer in endodontic dental treatment in chronic apical periodontitis.

Search strategy. The literature search was carried out using PubMed, GoogleScholar, e-library, Cochrane library databases. The search was performed by keywords: "morphology of root canals", "chronic apical periodontitis", "irrigation of root canals", "additional canals", "microbial biofilm".

Results and conclusions. The study of the number and possible variations of additional channels, depending on the affiliation of the tooth and possibly the ethnic race, will help to improve and properly plan the treatment of patients with HAP. Most studies of the effects of irrigants on biofilm and the lubricated layer are carried out ex vivo, in vitro and intermediate results are evaluated. It is necessary to reconsider the priorities of research in this area and to study more deeply the penetration of irrigants, their effect on biofilm, dentine tubules and long-term treatment results.

Keywords: chronic apical periodontitis, additional root canals, microbial biofilm, irrigation of root canals.

Түйіндеме

ТҮБІР ӨЗЕКТЕРІНІҢ МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕСІ ЖӘНЕ СОЗЫЛМАЛЫ ТҮБІРҰШЫ ПЕРИОДОНТ ҚАБЫНУЫН ИРРИГАЦИЯЛАУ ҮШІН ҚОЛДАНЫЛАТЫН ПРЕПАРАТТАР

Индира М. Тулегенова¹, <https://orcid.org/0000-0002-4342-2372>

Майра Т. Копбаева¹ <https://orcid.org/0000-0002-7439-5573>

Кубейсин Д. Алтынбеков¹, <https://orcid.org/0000-0002-4549-5268>

Жасур А. Ризаев², <https://orcid.org/0000-0001-5468-9403>

Бахыт А. Омарова¹, <https://orcid.org/0000-0002-1545-7797>

¹ «С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті» КеАҚ,
Алматы қ., Қазақстан Республикасы.

² Самарқанд Мемлекеттік Медицина Университеті, Самарқанд қ., Өзбекстан.

Кіріспе. Кіріспе. Созылмалы апикальды периодонтит (САП) пульпиттің асқынуы нәтижесінде дамиды және периодонт тіндеріне әсер етеді. Сондай-ақ, тіс жұлудың себебі бола отырып, ауыз қуысының аурулары арасында үшінші орын алады. САП пайда болуының негізгі себептерінің бірі-бұл эндодонтиялық ем кезінде маманның түбір каналдарының анатомиялық морфологиясы және дәрі дәрмекпен емдеу ерекшеліктерін білмеу.

Мақсаты тіс түбір каналының морфологиясын популяцияға байланысты зерттеу және созылмалы апикальды периодонтитті тістерді эндонтиялық дәрілік емдеу кезінде майланған қабат, микробтық биофильмге әсері бойынша ағымдағы әдебиеттерді талдау.

Іздеу стратегиясы. Әдебиеттерді іздеу PubMed, GoogleScholar, e-library, Cochrane library дерекқорларын пайдалану арқылы жүзеге асырылды. Іздеу "түбір морфологиясы", "созылмалы апикальды периодонтит", "түбір өзегін ирригация жасау", "қосымша арналар", "микробтық биофильм" кілт сөздері бойынша жүргізілді.

Нәтижелер мен қорытындылар. Тістің тиесілілігіне және мүмкін этникалық нәсілге байланысты қосымша арналардың саны мен мүмкін болатын вариацияларын зерттеу САП пациенттерін емдеуді жетілдіруге және дұрыс жоспарлауға көмектеседі. Ирриганттардың микробты биофильмге және майланған қабатқа әсері туралы көптеген зерттеулерді ex vivo, in vitro жүргізеді және аралық нәтижелер бағаланады. Осы саладағы зерттеулердің басымдықтарын қайта қарау және ирриганттардың енуін, олардың биофильмге, дентин түтікшелеріне әсерін және ұзақ мерзімді емдеу нәтижелерін тереңірек зерттеу қажет.

Түйін сөздер: созылмалы апикальды периодонтит, қосымша каналдар, микробтық биопленка, түбір каналдарының ирригациясы.

Библиографияческая ссылка:

Тулегенова И.М., Копбаева М.Т., Алтынбеков К.Д., Ризаев Ж.А., Омарова Б.А. Система морфологии корневых каналов и препараты, применяемые для ирригации при хроническом апикальном периодонтите // Наука и Здравоохранение. 2023. 6(Т.25). С. 235-245. DOI 10.34689/SH.2023.25.6.026

Tulegenova I.M., Kopbayeva M.T., Altynbekov K.D., Rizayev J.A., Omarova B.A. Root canal morphology system and endodontic irrigants used for treatment in chronic apical periodontitis // Nauka i Zdravookhranenie [Science & Healthcare]. 2023, (Vol.25) 6, pp. 235-245. DOI 10.34689/SH.2023.25.6.026

Тулегенова И.М., Копбаева М.Т., Алтынбеков К.Д., Ризаев Ж.А., Омарова Б.А. Түбір өзектерінің морфологиялық жүйесі және созылмалы түбірұшы периодонт қабынуын ирригациялау үшін қолданылатын // Ғылым және Денсаулық сақтау. 2023. 6 (Т.25). Б. 235-245. DOI 10.34689/SH.2023.25.6.026

Введение

На сегодняшний день диагноз верхушечный (апикальный) периодонтит ставится примерно 30% населения в возрасте от 21 до 60 лет и является наиболее распространенной формой периодонтита в терапевтической стоматологии, причем эта статистика не имеет тенденции к снижению [1, 2, 4]. Осложнения, возникающие при хронических заболеваниях тканей периодонта, в том числе при хроническом апикальном периодонтите, могут приводить к длительной нетрудоспособности человека, ухудшая качество жизни больного.

Как правило, верхушечный периодонтит является осложнением пульпита. Очень часто инфекция, приводящая к хроническому апикальному периодонтиту, является причиной гранулем, кист, свищей, и не только усугубляется периоститом, околочелюстным абсцессом, остеомиелитом челюсти и потерей зубов, но и приводит к соматическим заболеваниям, такие как эндокардит, сепсис и т.д. [2]. Эндодонтическая инфекция полимикробна, бактерии и продукты их жизнедеятельности являются основной причиной обострения и десеминации апикального периодонтита [1]. В микрофлоре преобладают факультативно анаэробные грамположительные кокки и палочки, такие виды как Streptococcus, Enterococcus, Peptostreptococcus и Actinomyces, Enterococcus faecalis и Candida albicans, являющиеся часто ассоциированными микроорганизмами при резистентных к лечению инфекциях [49]. Воспалительный процесс в основном вызывается микробными эндотоксинами и токсинами, которые образуются в результате разложения пульпы. Попадая в апикальную область, эндотоксины вызывают реакции на клеточном, микроциркуляторном, иммунном уровнях, разрушая ткани периодонта [3]. В свою очередь, одонтогенные инфекции снижают иммунную систему организма [1]. Как показали бактериологические исследования, несмотря на хорошую хемомеханическую обработку инфицированных корневых каналов, патологическая микробная флора в корневых каналах все-таки остается в 30-60% случаев, вызывая персистирующую инфекцию [4].

Одной из основных причин осложнений хронического апикального периодонтита является извилистое анатомическое строение зубных каналов, которое способствует росту и развитию микроорганизмов [14]. Анатомические сложности

системы корневых каналов, буферные эффекты дентина и физический барьер формируемой матрицей биопленки создают препятствия для медикаментозной обработки корневых каналов [8]. Возникающие осложнения в виде хронического апикального периодонтита обуславливают необходимость исследования динамики изменчивости морфологии корневого канала до начала эндодонтического лечения [55].

Таким образом, поиск рациональных методов усовершенствования методов лечения, включая медикаментозную обработку инфицированных корневых каналов, а также изучение возможных вариаций изменения корневых каналов в различных группах зубов остается актуальной проблемой.

Цель: проанализировать исследования морфологии корневых каналов зубов, проведенные с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ), а также изучить современный опыт анализа влияния применяемых препаратов для ирригации в эндодонтическом лечении зубов на биопленку, смазанный слой, структуру дентинных канальцев.

Стратегия поиска. Поиск литературы был осуществлен при использовании баз данных PubMed, GoogleScholar, e-library, Cochrane library на английском и русском языках. Поиск производился по ключевым словам: «морфология каналов», «хронический апикальный периодонтит», «ирригация корневых каналов», «дополнительные каналы», «микробная биопленка».

Критерии включения: статьи, опубликованные на английском и русском языках преимущественно последних 10 лет в базе данных PubMed, Google Scholar, e-library, Cochrane library. За основу были взяты статьи, содержащие тематические обзоры, мета-анализ, когортные и рандомизированные исследования, проведенные в определенных популяциях. Также использованы более ранние исследования в качестве теоретической основы для базовых характеристик и проведения сравнительного анализа.

Критерии исключения: тезисы, материалы конференций, авторефераты диссертаций, описание единичных клинических случаев, повторно встречающиеся публикации, статьи, не имеющие доказательных выводов.

Всего было найдено 350 отечественных и зарубежных публикаций; из них для анализа было отобрано 68 статей.

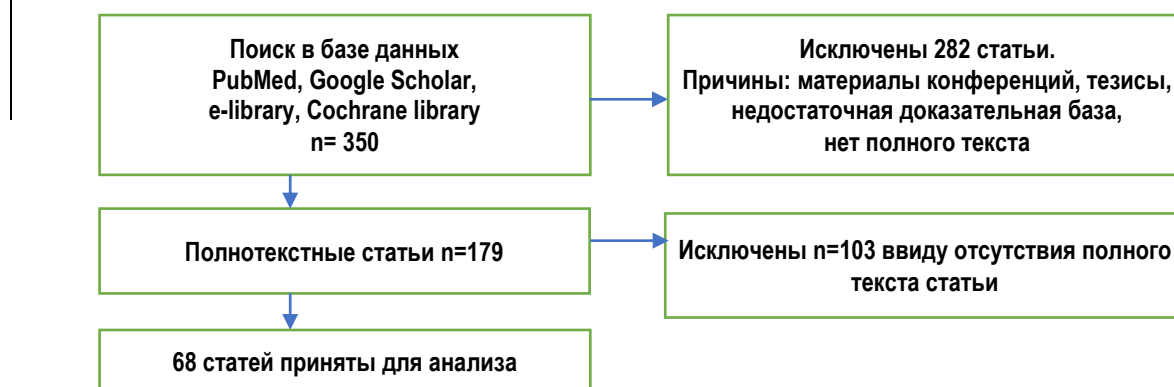


Рисунок 1. Алгоритм поиска и отбора статей. (Figure 1. Algorithm for searching and selecting articles).

Результаты поиска

Система расположения корневых каналов. Зависимость морфологии корневых каналов от популяции.

Как известно, существует множество классификаций корневых каналов. Наиболее часто используемые классификации были изучены в 1974 году F.J. Vertucci и

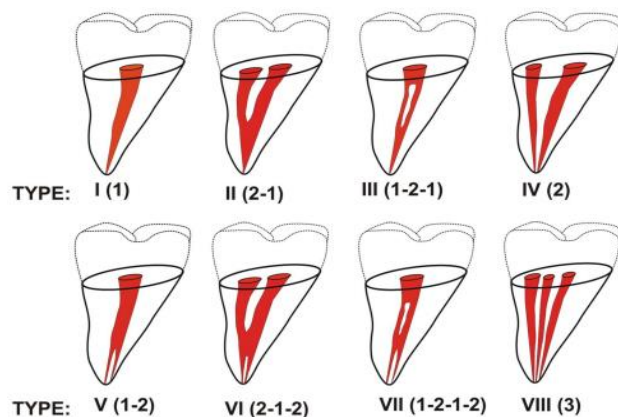


Рисунок 2. Типы корневых каналов. [61]

(Figure 2. Types of root canals)

Хотя данная классификация является универсальной и широко распространенной, на практике ее сложно применить, особенно при атипичном строении зубов, при различных аномалиях (*dens invaginatus*, тауродизм и др.) или когда есть дополнительные каналы в малых и больших коренных зубах, в резцах и клыках.

Различные авторы сообщают о наличии множества других типов каналов, которые не совпадают с приведенной выше классификацией [12]. Форма и структура корневых каналов могут значительно различаться у разных людей и даже в разных зубах одного человека [12, 59, 61]. Такие авторы как M.A. Versiani, R. Ordinola-Zapata и др. проводили сравнительные исследования строения корневых каналов первых моляров нижней челюсти для определения среднего мезиального канала у жителей Бразилии и Турции с помощью сканирования и микрокомпьютерной томографии. Было обнаружено 37 различных типов каналов [62]. Результат показал, что у бразильцев распространенность среднего мезиального канала выше, чем у турков. Однако данная классификация была изучена только на молярах для определения среднего мезиального канала.

Для изучения анатомии зубов использовались самые разные методы [27, 33, 34, 61, 62, 30]. Например, классификация Vertucci разработана на основе исследования очистки 200 удаленных премоляров путем введения красителя. Практикуются также методы рентгенографии *ex vivo*, макроскопии *in vitro*, сканирующие электронные микроскопы, конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ), микро-КТ и др. Каждый метод имеет свои сильные стороны и ограничения, и выбор того или иного метода зависит от конкретной ситуации и исследуемой проблемы. Так, использование 3D технологий позволяет более точно и детально исследовать анатомию корневых каналов [12].

его коллегами [61]. Исследователи проанализировали 200 деминерализованных вторых премоляров верхней челюсти и обнаружили, что система корневого канала имеет более сложное строение по сравнению с описанным в более ранних работах. Результатом этого исследования стала новая классификация типов корневых каналов (рис.2).

тип I — один корневой канал с одним отверстием;

тип II — два корневых канала, соединяющихся в апикальной трети;

тип III — один корневой канала, разделяющийся на два канала, которые затем сливаются в один и выходят через одно отверстие;

тип IV — два отдельных корневых канала;

тип V — один корневой канал, который разделяется к апексу;

тип VI — два корневых канала, которые объединяются, а затем опять разъединяются у верхушки;

тип VII — один корневой канала, который разделяется, объединяется и затем открывается двумя отверстиями;

тип VIII — три отдельных корневых канала в одном корне;

тип IX — три корневых канала на всем протяжении, которые затем объединяются в один канал

С помощью компьютерной томографии или конусно-лучевой компьютерной томографии можно получить трехмерное изображение корневой системы зуба в реальном времени. Из описанных выше методов наиболее популярным на сегодняшний день и высокоинформативным диагностическим методом определения морфологии и топографии корневых каналов зубов является конусно-лучевая компьютерная томография, которая позволяет выявить все структурные особенности системы корневых каналов зубов до и во время эндодонтического лечения, а значит, создать предпосылки для профилактики осложнений. По мнению многих исследователей, планирование лечения и точная диагностика эндодонтической патологии зубов путем применения КЛКТ реализуется в 76,6-83,3% случаев [3, 16, 24, 42, 45, 46]. При этом в научной литературе приводятся сведения о тесной связи успеха эндодонтического лечения с морфологией системы корневых каналов зубов и наличием дополнительных каналов и их типов [22, 25].

Результаты исследований предыдущих десятилетий показали, что наличие дополнительных каналов — явление нередкое, эта особенность встречается в 27,4% случаев из 1140 зубов, тогда, как по данным Vertucci, эти показатели в дополнительных каналах оказались меньшими и составили 17% [61]. По мнению исследователей Gomes BPFA, Herrera DR., аномальная морфология корня и корневого канала может быть обнаружена в любом зубе пациента — различной степени и частоты [26]. Однако необходимо учитывать и тот факт, что основные аномалии, влияющие на выбор протоколов эндодонтического лечения, являются тауродизм, *dens invaginatus*, *dens evaginatus*, дополнительные корни (радикс) и С-образные каналы.

Радикс-дополнительный корень встречается у моляров и обозначаются как *radix entomolaris* [42]. По

данным V Mantovani, A. Gabriel, R.G. Silva et al., C-образные каналы чаще встречаются в нижнечелюстных вторых молярах и достигают в 44.5% [33]; авторы указывают на то, что морфология корня и канала сильно дифференцируется между популяциями, внутри популяций и даже в организме одного и того же индивидуума. К примеру, C-образные каналы чаще наблюдаются у лиц азиатской популяции по сравнению с европеоидной [26, 33].

Ввиду того, что классификация Vertucci не учитывает аномалии и атипичное строение системы корневых каналов, в 2017 году исследователями H.M.A. Ahmed et al. [12] была разработана альтернативная система классификации. В новую классификацию включено не только большее количество корней и каналов, в том числе ранее не указываемых, например зубные аномалии. Данную классификацию можно применить к любому типу конфигурации каналов, поскольку там приведены названия корней и номера каналов, что дает возможность получить более полную картину анатомии корневого канала (таблица 1).

Таблица 1.

Краткое описание кодов с одним, двумя и несколькими корнями зубов [12].

(Table 1. Brief description of codes with one, two and several roots of teeth [12]).

Наименование зуба	Обозначение(код)
однокорневые	¹ TN ⁰ -C-F
двухкорневые	² TN R ¹ 0-C-F R ² 0-C-F
многокорневые	ⁿ TN R ¹ 0-C-F R ² 0-C-F R ⁿ 0-C-F

TN – номер зуба; R – корень;
O – количество устьев; C – канал;
F – отверстие у апекса; n – количество корней

Таким образом, глубокие знания касательно наиболее распространенных типов анатомо-морфологических особенностей и структуры корневых каналов чрезвычайно важны для практической стоматологии [8], так как внутренняя анатомия и топография каналов во многом отличаются от внешней анатомии корня [4]. Однако следует отметить, что такую классификацию мы можем применить только с учетом использования КЛКТ, причем данный метод исследования часто требует значительных временных затрат на этапе диагностирования (рис.3).

Многие авторы указывают на необходимость обязательного учета групповой принадлежности зубов, исследованных с помощью КЛКТ, при определении степени распространенности, варибельности и количества корневых каналов в различных популяциях [9, 10, 19, 21, 26, 28, 30, 33, 37, 41, 42, 47, 48, 59]. Анализ обзора литературы показал, что особую значимость для морфологии корня и корневого канала имеет этническая принадлежность пациента [7, 18, 32, 40, 44, 50, 65]. Например, благодаря КЛКТ исследованиям было выявлено, что у пациентов Саудовской Аравии анатомия корневых каналов постоянных зубов имела свои особенности, выражающиеся в том, что постоянные первые коренные зубы верхней и нижней челюстей у них имели три корня и три канала по классификации Vertucci / muna [11], а частота распространенности в данном случае была равна 74,3%.

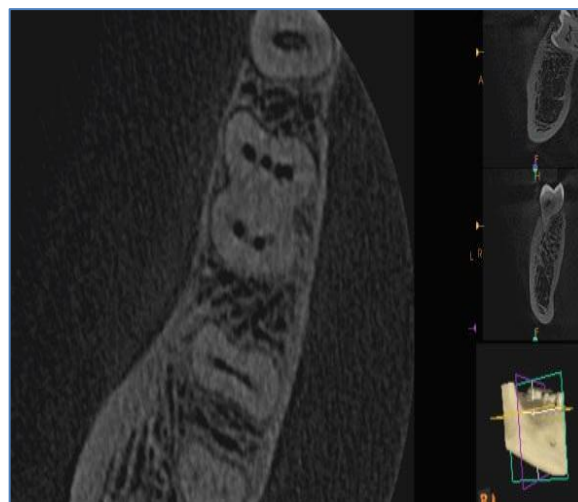


Рисунок 3. Пример КЛКТ – Аксиальная проекция нижнего первого моляра, обнаружен средний мезиальный канал, который расположен между мезиолингвальным и мезиобуккальным каналом.

(Figure 3. Example of CLTK - Axial view of a mandibular first molar, revealing the middle mesial canal, which is located between the mesiolingual and mesiobuccal canals).

В свою очередь, исследования R.R Alhujhuj et al. показали, что анатомия корневых каналов постоянных зубов имеет большую варибельность [9]. Гендерная зависимость количества корневых каналов на втором моляре верхней челюсти доказана в исследованиях Y. Chae, M. Yang, J. Kim [19].

Анализ особенностей дополнительных корней у азиатского населения на примере первых моляров нижней челюсти выявил широкое распространение отдельного корня – дисталингуального (DL), и такие коренные зубы обычно имеют 4 канала, что в среднем составляет 50,3% от общей совокупности пациентов [30]. Можно с уверенностью сказать, что конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) – это весьма эффективный инструмент для определения морфологии корня и канала.

Несмотря на определенные достижения в области эндодонтического лечения в мировом масштабе, в том числе с учетом особенностей морфологии корневых каналов зубов и дополнительных каналов, данный вопрос остается пока мало изученным в Республике Казахстан, что, в свою очередь, затрудняет реализацию мер по профилактике осложнений различных форм периодонтитов. Также неизученным остается вопрос о наличии возможных вариаций дополнительных каналов жевательных групп зубов в казахской популяции, который требует тщательного и прицельного исследования с целью повышения эффективности и успешности эндодонтического лечения в целом.

Влияние на биопленку и структуру дентинных канальцев ирригаторов для медикаментозной обработки корневых каналов

По мнению ряда ученых, исход лечения корневых каналов зависит от эффективности хемомеханического препарирования, благодаря которому уменьшаются или полностью уничтожаются бактерии внутри корневого канала [38, 39]. Основной задачей механической и медикаментозной обработки корневого канала является

удаление инфицированного дентина и придание необходимой формы каналу. Эндотоксины, которые выделяют грамм-отрицательные штаммы бактерий, распространяясь в апикальных тканях, вызывают и поддерживают хронический воспалительный процесс [5, 24]. В 80 % случаев инфекционные поражения организма создают микробную биопленку [1, 3, 24, 25].

Биоплёнка — это совокупность микроорганизмов, связанных с органическим и неорганическим матриксом и окружающими продуктами жизнедеятельности бактерий, которая образуется не только в основном, но и в недоступных для инструментальной обработки нишах — в перешейках, анастомозах, дельтовидных разветвлениях, дополнительных корневых каналах [1, 2, 5, 24, 36].

Медикаментозная обработка корневых каналов позволяет более глубоко проникнуть в труднодоступные участки системы корневых каналов и уничтожить оставшиеся микроорганизмы. Основная цель медикаментозной обработки — это устранение инфекции в каналах, предотвращение реинфекции и стимуляция регенерации тканей периодонта. Однако при дезинфекционной медикаментозной обработке инструменты и растворы для ирригации действуют и работают в основном в главном канале, не достигая коллатералей [38]. Известно, что при механической обработке канала 25-35% поверхности каналов остаются так и необработанными [5, 3, 9, 39]. Боковые каналы чаще всего затруднительно обработать инструментально, поэтому в практике это зона нейтрализуется с помощью эффективной ирригации с применением ультразвуковой активации. Известно, что в ходе медикаментозной обработки образуется смазанный слой на стенках корневых каналов. Смазанный слой, являясь аморфной структурой, содержащий в себе органические и неорганические вещества и, проникая вглубь до 40 микрометров дентинных канальцев, способен закупоривать ее и экструзии бактерий в периапикальные ткани. Органические компоненты могут являться бактериальным субстратом [21], что, в свою очередь, может привести к ухудшению диффузии ирригантов и медикаментов в дентинные канальцы и возникновению реинфекции. Кроме того, это влияет на свойства герметиков, ухудшая их адаптацию к стенкам каналов [20, 30]. Выбор и роль ирриганта, а также методы его применения чрезвычайно важны для конечного успешного результата эндодонтического лечения. Результаты многочисленных исследований показали, что препарат, применяемый в качестве ирриганта для медикаментозной обработки корневого канала, должен растворять органические и неорганические ткани, обладать антимикробными свойствами. В то же время он не должен быть токсичным и создавать препятствия в работе с инструментами [39, 34, 66]. Огромное значение имеет способность ирриганта растворять органический матрикс и проникать в глубокие слои биопленки [34, 66]. Следует особо отметить, что к настоящему моменту ни один препарат не отвечает всем выше предъявляемым требованиям и поиск новых препаратов для медикаментозной обработки каналов все еще остается предметом научной дискуссии.

Мнение ученых по поводу идеального ирриганта довольно противоречивые, они сильно разнятся, однако большинство проведенных исследований показало, что на данный момент оптимальным и эффективным ирригантом для медикаментозной обработки корневых каналов, оказывающим, значительное влияние на органический матрикс является гипохлорит натрия (NaOCl) [28, 31, 35, 37, 38, 41, 43, 46, 49]. Установлено, что NaOCl эффективно справляется с биопленкой, однако не удаляет смазанный слой [5, 11, 27, 34, 36, 45, 51, 52], и в то же время вне зависимости от формы применения (в виде геля или жидкости) дает одинаково положительный результат [21].

Из данных литературы известно, что концентрация гипохлорида натрия, применяемая в практической эндодонтии, может варьировать от 0.5%-5.25%, при этом свободный хлор растворяет некротическую ткань, расщепляя белки на аминокислоты [27, 51]. В исследованиях *D. Ricucci* установлено, что применение 0.5-1% гипохлорида натрия имеет такую же эффективность, как и дозировка в 5%. К тому же высокая концентрация NaOCl способствует коллапсу коллагеновых волокон дентина, что приводит к его ослаблению. В исследовании *J. Wang* выявлено влияние гипохлорида натрия и этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) в разных концентрациях на ткани дентина [63, 64]. Данное исследование было проведено на удаленных зубах с последующей ирригацией корневых каналов 2%, 3%, 5% гипохлоридом натрия. Там, где применялась высокая концентрация ирриганта, была обнаружена эрозия дентина в корневых каналах. При этом эффективность удаления органического матрикса в сравниваемых группах оказалась равноценной. Таким образом, было доказано, что гистологическая активность гипохлорида натрия зависит не от концентрации, а от постоянного обновления, активации и объема раствора [11, 48, 61]. Вопрос способов повышения эффективности этого ирриганта, не оказывающего в то же время токсического воздействия на окружающие ткани, все еще остается актуальным.

Также следует упомянуть о значимости хлоргексидина — катионного бисбигуанидного антисептика с антибактериальной активностью широкого спектра действия. В зависимости от концентрации его действие может быть бактериостатическим или бактерицидным. Исследованиями *M. Torabinejad et al.* [59] доказано, что хлоргексидин является менее токсичным антисептиком по сравнению с перекисью водорода и гипохлоритом натрия. Механизм воздействия хлоргексидина объясняется абсорбцией его на стенки микроорганизмов, что вызывает эффект деструкции клетки. Как известно, клиническая эффективность хлоргексидина 2% выражается в том, что он обладает широким спектром антимикробной активности, субстантивностью, более низкой цитотоксичностью, чем NaOCl, при этом демонстрируя очевидную клиническую эффективность [19, 25, 27, 52, 46]. Хлоргексидин имеет свойства сохраняться в дентинных канальцах и поддерживать антимикробную активность до 12 недель [56]. Однако СНХ не хватает способности растворять

ткани, он менее эффективен в отношении грамотрицательных бактерий по сравнению с грамположительными и не удаляет смазанный слой, а также микробную биопленку. Данный препарат можно использовать в качестве дополнительного орошения после NaOCl и EDTA. При применении хлоргексидина в комбинации с гипохлоридом натрия образуется осадок, что со временем может окрасить зуб или оказать токсическое воздействие на периадикулярный дентин [52, 45, 32]. С учетом всего вышесказанного следует констатировать, что гипохлорид натрия является наиболее эффективным ирригантом, хорошо удаляет органические вещества и бактериальную биопленку, однако не удаляет неорганические ткани. Следовательно, возникает необходимость использования гипохлорид натрия в сочетании с хелатирующими агентами [25, 45, 46], активность которых направлена на удаление смазанного слоя.

Следует также упомянуть о 17% этилендиаминтетрауксусной кислоте (ЭДТА), которая активно удаляет неорганические вещества и смазанный слой. В комбинации с гипохлоридом натрия она хорошо борется с микробной пленкой [5, 15, 19]. Однако доказано, что использование ЭДТА более одной минуты может вызвать эрозию перитубулярного дентина [16, 46, 58].

Лимонная кислота доказала свою эффективность в удалении смазанного слоя, органического вещества [15, 14]. Ирригация лимонной кислотой может снизить микротвердость дентина и вызвать декальцинацию и эрозию, особенно при использовании ее перед NaOCl [39, 45, 46]. Выход за апекс хелата приводит к возникновению постпломбировочных болей и даже некроза. Однако 10-процентная лимонная кислота эффективна в качестве окончательного ирриганта для высвобождения TGF- β 1, она способствует активизации процесса регенерации [17, 52].

У малеиновой кислоты в качестве хелатора показатели намного ниже, чем у ЭДТА [15, 54]. К тому же лимонная и малеиновая кислоты быстро нейтрализуют негативные свойства гипохлорида [11, 15]. Однако в исследованиях Kuruvilla A. et al. доказано, что при орошении 7%-ной малеиновой кислотой эффект более выражен, чем при использовании 17%-ной ЭДТА и 18%-ной этидроновой кислоты при удалении смазанного слоя с апикальной трети корневого канала [32].

MTAD – это комбинированный ирригант, который содержит в себе лимонную кислоту, тетрациклин. В исследованиях S. Shabahang et al. отмечена эффективность хелатора в уничтожении *e. faecalis*, он может применяться в качестве окончательного ирриганта для удаления смазанного слоя [54], при этом он не растворяет органические ткани, биосовместим с дентином, не изменяет его физические свойства [55]. Однако есть исследования, где доказывается обратное [35]. Применение данного хелатора в комбинации с гипохлоридом натрия менее эффективно по сравнению с ЭДТА и NaOCl [57].

HEBP — гидроксэтилиден дифосфонат, его также называют этидроновой кислотой, или HEDP – точнее, соли этидроновой кислоты. Это еще один

хелатирующий агент, который можно использовать в сочетании с NaOCl одновременно, так как соли этидроновой кислоты не снижают активность гипохлорида натрия, что приводит к сокращению времени медикаментозной обработки корневого канала, и возможно, одновременное удаление смазанного слоя способствует уменьшению риска повышения натяжения, что снижает риски поломки инструмента прямо в канале. В исследованиях A. Morago et al. [38] доказано, что 9% этидроновая кислота также эффективно удаляет смазанный слой, при этом она менее агрессивна, чем ЭДТА [57]. Вместе с тем в качестве финального ирриганта гидроксэтилиден дифосфонат неэффективен [36, 66, 67, 68].

Qmix содержит в себе смесь бисбигаунидного противомикробного агента, хелатирующего кальций, полиаминокарбоновой кислоты и имеет антибактериальные свойства, удаляет смазанный слой и столь же эффективен, как и ЭДТА, однако для растворения тканей требуется предварительно сформировать канал с использованием NaOCl [43]. Практически нет данных о его влиянии на клинический исход, хотя по способности удаления смазанного слоя он аналогичен 17% ЭДТА и обладает антимикробным эффектом [63, 53]. При этом в исследованиях R. Ordinola-Zapata ирриганты, содержащие противомикробные препараты, такие как (Qmix), малеиновая кислота 7%, соединения йода или антибиотики (MTAD), не обладали эффективной антибактериальной активностью и показали худший результат, чем ирригант 2,5-5,25% гипохлорит натрия, который значительно снижает количество живых бактерий в биопленках, обеспечивая более чистую поверхность дентина [43].

В исследованиях L. Shi [56] установлено, что Qmix и ЭДТА превосходили MTAD в удалении смазанного слоя, особенно при ультразвуковой активации ирриганта, и это оказывало отрицательное воздействие на микротвердость дентинных канальцев, что, в свою очередь, приводило к образованию коллапса волокон.

Ирригация или медикаментозная обработка корневых каналов является ключевым моментом успешного лечения хронического апикального периодонтита, ведь с ее помощью достигается снижение микробной обсемененности в необработанных механическими инструментами участках корневого канала. На сегодняшний день поиск универсальных и высокоэффективных, соответствующих всем требованиям и бюджетных ирригантов все еще является актуальной проблемой.

Заключение: Таким образом, понимание закономерностей процесса формирования апикального периодонтита наряду с тщательным изучением морфологии корневого канала с помощью КЛКТ и совершенствованием каждого этапа лечения должно значительно повысить эффективность лечения ХАП и его осложнений. Изучение всех возможных вариаций дополнительных каналов в зависимости от этнической принадлежности зуба поможет усовершенствовать методы лечения пациентов с ХАП. Исследование морфологии корневых каналов остается недостаточно изученным в нашей стране в казахской популяции

населения, нет данных по контингенту, распространенности и вариациям дополнительных каналов у многокорневых зубов. Также до настоящего времени не появилось ирриганта, который соответствовал бы всем требованиям при удалении смазанного слоя, биопленки и при этом не оказывал бы токсического влияния на дентин корня и окружающие ткани, что является основанием для дальнейшего поиска эффективных препаратов для медикаментозной обработки корневых каналов.

Вклад авторов:

Копбаева М.Т. - научное руководство, концептуализация и критический анализ проведенного поиска, оформление.

Тулгенова И.М., Алтынбеков К.Д. - описательная часть, формальный анализ, менеджмент ресурсов исследования.

Ризаев Ж.А., Омарова Б.А. - формирование базы данных.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Финансирование: при проведении данной работы не было финансирования сторонними организациями и медицинскими представительствами.

Сведения о публикации: результаты данного исследования не были опубликованы ранее в других журналах и не находятся на рассмотрении в других издательствах.

Литература:

1. Бекжанова О.Е., Абдулхакова Н.Р., Астанакулова М.М. Особенности медикаментозной обработки корневых каналов // Актуальные проблемы стоматологии детского возраста и ортодонтии, 2022. С. 13-15.
2. Гажва С.И., Заплутанова Д.А., Еремеев А.Ф. Проблема коморбидных заболеваний в стоматологии // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. С. 91.
3. Иорданишвили А., Салманов И. Диагностика осложнений кариеса зубов: ремарки к выполнению стандарта оказания специализированной медицинской помощи // Эндодонтия Today. 2015. 13(3):28-30.
4. Бекжанова О., Копбаева М., Абдулхакова Н. Особенности медикаментозной обработки системы корневых каналов у пациентов с гранулематозной формой ХАП // Актуальные проблемы стоматологии и челюстно-лицевой хирургии 2022. 4, 1(01), 89–90. <https://inlibrary.uz/index.php/problems-dentistry/article/view/>
5. Мельниченко Ю.М., Кабак С.Л., Саврасова Н.А., Мехтиева С.А. Морфология корней и корневых каналов первых и вторых постоянных нижних моляров // Известия Национальной академии наук Беларуси. 2014. № 2. С. 28-32.
6. Соломонов М.Е. Биопленка как эндодонтическая инфекция // Клиническая эндодонтия. 2008. № 3-4. С. 31-34.
7. Abella F., Teixidó L.M., Patel S., Sosa F., Duran-Sindreu F., Roig M. Cone-beam Computed Tomography Analysis of the Root Canal Morphology of Maxillary First and Second Premolars in a Spanish Population // J Endod. 2015 Aug. 41(8):1241-7. doi: 10.1016/j.joen.2015.03.026. Epub 2015 May 5. PMID: 25956606.
8. Alfawaz H., Alqedairi A., Alkhayyal A.K., Almobarak A.A., Alhusain M.F., Martins J.N.R. Prevalence of C-shaped canal system in mandibular first and second molars in a Saudi population assessed via cone beam computed tomography: a retrospective study // Clin Oral Investig. 2019 Jan. 23(1):107-112. doi: 10.1007/s00784-018-2415-0. Epub 2018 Mar 13. PMID: 29536188.
9. Alhujhuj R.R., Jouhar R., Ahmed M.A., Almujiim A.A., Albutayh M.T., Adanir N. Evaluation of Root Canal Configuration of Maxillary and Mandibular First Molar by CBCT: A Retrospective Cross-Sectional Study // Diagnostics (Basel). 2022 Aug 31. 12(9):2121. doi: 10.3390/diagnostics12092121. PMID: 36140523; PMCID: PMC9497805.
10. Al Omari T., AlKhader M., Ateş A.A., Wahjuningrum D.A., Dkmak A., Khaled W., Alzenate H. A CBCT based cross sectional study on the prevalence and anatomical feature of C shaped molar among Jordanian. Sci Rep. 2022 Oct 13. 12(1):17137. doi: 10.1038/s41598-022-20921-1. PMID: 36229628. PMCID: PMC9561530
11. Alfawaz H., Alqedairi A., Alkhayyal A.K., Almobarak A.A., Alhusain M.F., Martins J.N.R. Prevalence of C-shaped canal system in mandibular first and second molars in a Saudi population assessed via cone beam computed tomography: a retrospective study // Clin Oral Investig. 2019 Jan. 23(1):107-112. doi: 10.1007/s00784-018-2415-0. Epub 2018 Mar 13. PMID: 29536188.
12. Ahmed H.M.A., Versiani M.A., De-Deus G., Dummer P.M.H. A new system for classifying root and root canal morphology // Int Endod J. 2017 Aug. 50(8):761-770. doi: 10.1111/iej.12685. Epub 2016 Oct 17. Erratum in: Int Endod J. 2018 Oct. 51(10):1184. PMID: 27578418.
13. Ahmed H.M.A., Ibrahim N., Mohamad N.S., Nambiar P., Muhammad R.F., Yusoff M., Dummer P.M.H. Application of a new system for classifying root and canal anatomy in studies involving micro-computed tomography and cone beam computed tomography: Explanation and elaboration // Int Endod J. 2021 Jul. 54(7):1056-1082. doi: 10.1111/iej.13486. Epub 2021 Apr 18. PMID: 33527452.
14. Ballal N.V., Kandian S., Mala K., Bhat K.S., Acharya S. Comparison of the efficacy of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid in smear layer removal from instrumented human root canal: a scanning electron microscopic study // J Endod. 2009 Nov. 35(11):1573-6. doi: 10.1016/j.joen.2009.07.021. Epub 2009 Sep 20. PMID: 19840650.
15. Berutti E., Marina R. A scanning electronic microscopic evaluation of the debridement capability of sodium hypochlorite solutions at different temperatures // J Endod. 1996. 22(9):467.
16. Boutsoukis C. Internal root anatomy and root canal irrigation. In Versiani M.A., Basrani B., Sousa Neto MD, editors. The root canal anatomy in permanent dentition, ed Switzerland. – 2018. Springer International Publishing, pp 303-322.
17. Blomlöf J., Jansson L., Blomlöf L., Lindskog S. Root surface etching at neutral pH promotes periodontal healing // J Clin Periodontol. 1996. Jan. 3(1):50-5. doi: 10.1111/j.1600-051x.1996.tb00504.x. PMID: 8636457.
18. Bürklein S., Heck R., Schäfer E. Evaluation of the Root Canal Anatomy of Maxillary and Mandibular Premolars in a Selected German Population Using Cone-beam Computed Tomographic Data // J Endod. 2017 Sep.

43(9):1448-1452. doi: 10.1016/j.joen.2017.03.044. Epub 2017 Jul 22. PMID: 28743430.

19. Chae Y., Yang M., Kim J. Release of TGF- β 1 into root canals with various final irrigants in regenerative endodontics: an in vitro analysis // *Int Endod J.* 2018 Dec. 51(12):1389-1397. doi: 10.1111/iej.12951. Epub 2018 Jun 9. PMID: 29774548.

20. Calt S., Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures // *J Endod.* 2002 Jan. 28(1):17-9. doi: 10.1097/00004770-200201000-00004. PMID: 11806642.

21. Chubb D.W.R. A review of the prognostic value of irrigation on root canal treatment success // *Aust Endod J.* 2019 Apr. 45(1):5-11. doi: 10.1111/aej.12348. PMID: 30980478.

22. Ee J., Fayad M.I., Johnson B.R. Comparison of endodontic diagnosis and treatment planning using cone-beam volumetric tomography versus periapical radiography // *J Endod.* 2008. 40:910-916.

23. Fernandes M., de Ataíde I., Wagle R. C-shaped root canal configuration: A review of literature // *J Conserv Dent.* 2014 Jul. 17(4):312-9. doi: 10.4103/0972-0707.136437. PMID: 25125841; PMCID: PMC4127687.

24. Gómez-Delgado M., Camps-Font O., Luz L., Sanz D., Mercade M. Update on citric acid use in endodontic treatment: a systematic review // *Odontology.* 2023 Jan. 111(1):1-19. doi: 10.1007/s10266-022-00744-2. Epub 2022 Oct 11. PMID: 36220913.

25. Gomes B.P., Herrera D.R. Etiologic role of root canal infection in apical periodontitis and its relationship with clinical symptomatology // *Braz Oral Res.* 2018 Oct 18. 32 (suppl 1):e69. doi: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0069. PMID: 30365610.

26. Gomes B.P., Vianna M.E., Zaia A.A., Almeida J.F., Souza-Filho F.J., Ferraz C.C. Chlorhexidine in endodontics // *Braz Dent J.* 2013. 24(2):89-102. doi: 10.1590/0103-6440201302188. PMID: 23780357.

27. Ghobashy A.M., Nagy M.M., Bayoumi A.A. Evaluation of Root and Canal Morphology of Maxillary Permanent Molars in an Egyptian Population by Cone-beam Computed Tomography // *J Endod.* 2017 Jul. 43(7):1089-1092. doi: 10.1016/j.joen.2017.02.014. Epub 2017 May 2. PMID: 28476465.

28. Haupt F., Meinel M., Gunawardana A., Hülsmann M. Effectiveness of different activated irrigation techniques on debris and smear layer removal from curved root canals: a SEM evaluation // *Aust Endod J.* 2020 Apr. 46(1):40-46. doi: 10.1111/aej.12342. Epub 2019 Mar 25. PMID: 30907051.

29. Jin G.C., Lee S.J., Roh B.D. Anatomical study of c shaped canals in mandibular second molars by analysis of computed tomography // *J Endod.* 2006. 32(1):10-13.

30. Kim Y., Lee S.J., Woo J. Morphology of maxillary first and second molars analyzed by cone-beam computed tomography in a korean population: variations in the number of roots and canals and the incidence of fusion // *J Endod.* 2012 Aug. 38(8):1063-8. doi: 10.1016/j.joen.2012.04.025. Epub 2012 Jun 20. PMID: 22794206.

31. Kuruvilla A., Jaganath B.M., Krishnegowda S.C., Ramachandra P.K., Johns D.A., Abraham A. A comparative evaluation of smear layer removal by using edta, etidronic

acid, and maleic acid as root canal irrigants: An in vitro scanning electron microscopic study // *J Conserv Dent.* 2015 May-Jun. 18(3):247-51. doi: 10.4103/0972-0707.157266. PMID: 26069414, PMCID: PMC4450534.

32. Karobari M.I., Iqbal A., Syed J., Batul R., Adil A.H., Khawaji S.A., Howait M., Khattak O., Noorani T.Y. Evaluation of root and canal morphology of mandibular premolar amongst Saudi subpopulation using the new system of classification: a CBCT study // *BMC Oral Health.* 2023 May 15. 23(1):291. doi: 10.1186/s12903-023-03002-1. PMID: 37189077, PMCID: PMC10184334.

33. Mantovani V.O., Gabriel A.E.S., Silva R.G., Savioli R.N., Sousa-Neto M.D., Cruz-Filho A.M. Analysis of the mandibular molars root canals morphology. Study by computed tomography // *Braz Dent J.* 2022 Sep-Oct. 33(5):1-8. doi: 10.1590/0103-6440202205105. PMID: 36287490, PMCID: PMC9645170.

34. Mai S., Kim Y.K., Arola D.D. et al. Differential aggressiveness of ethylenediamine tetraacetic acid in causing canal wall erosion in the presence of sodium hypochloride // *J Dent.* 2010. 38(3):201.

35. Malkhassian G., Manzur A.J., Legner M., Fillery E.D., Manek S., Basrani B.R., Friedman S. Antibacterial efficacy of MTAD final rinse and two percent chlorhexidine gel medication in teeth with apical periodontitis: a randomized double-blinded clinical trial // *J Endod.* 2009 Nov. 35(11):1483-90. doi: 10.1016/j.joen.2009.08.003. Epub 2009 Sep 18. PMID: 19840635.

36. Magnucki G., Mielting S.V.K. Four-Rooted Maxillary First Molars: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Int J Dent.* 2021 Jan 20. 2021:8845442. doi: 10.1155/2021/8845442. PMID: 33542735, PMCID: PMC7843171.

37. Mohammadi Z., Shalavi S., Yaripour S., Kinoshita J.I., Manabe A., Kobayashi M., Giardino L., Palazzi F., Sharifi F., Jafarzadeh H. Smear Layer Removing Ability of Root Canal Irrigation Solutions: A Review // *J Contemp Dent Pract.* 2019 Mar 1. 20(3):395-402. PMID: 31204334.

38. Morago A., Ordinola-Zapata R., Ferrer-Luque C.M., Baca P., Ruiz-Linares M., Arias-Moliz M.T. Influence of Smear Layer on the Antimicrobial Activity of a Sodium Hypochlorite / Etidronic Acid Irrigating Solution in Infected Dentin // *J Endod.* 2016 Nov. 42(11):1647-1650. doi: 10.1016/j.joen.2016.07.023. Epub 2016 Sep 8. PMID: 27616541.

39. Natanasabapathy V., Arul B., Srinivasan V., Santosh S.S., Vasudevan A., Arockiam S., Namasivayam A., Deivanayagam K., Srinivasan M.R. Removal of accumulated hard tissue debris from mesial root of mandibular molars evaluated using micro-CT - a systematic review and network meta-analysis // *Evid Based Dent.* 2021 Nov 17. doi: 10.1038/s41432-021-0207-x. Epub ahead of print. Erratum in: *Evid Based Dent.* 2022 Mar. 23(1):5. PMID: 34795397.

40. Nikkardar N., Asnaashari M., Karimi A., Araghi S., Seifitabar S., Golshah A. Root and Canal Morphology of Maxillary Teeth in an Iranian Subpopulation Residing in Western Iran Using Cone-Beam Computed Tomography // *Iran Endod J.* 2020 Winter. 15(1):31-37. doi: 10.22037/iej.v15i1.25386. PMID: 36704317, PMCID: PMC9723211.

41. Oncag O., Hosgor M., Hilmioglu S. et al. Comparison of antibacterial and toxic effects of various root canal irrigants // *Int Endod J.* 2003. 36(6):423.
42. Olczak K., Pawlicka H. The morphology of maxillary first and second molars analyzed by cone-beam computed tomography in a polish population // *BMC Med Imaging.* 2017. Dec 29.17(1):68. doi: 10.1186/s12880-017-0243-3. PMID: 29284426, PMCID: PMC5747175.
43. Ordinola-Zapata R., Bramante C.M., Garcia R.B., de Andrade F.B., Bernardineli N., de Moraes I.G., Duarte M.A. The antimicrobial effect of new and conventional endodontic irrigants on intra-orally infected dentin // *Acta Odontol Scand.* 2013 May-Jul. 71(3-4):424-31. doi: 10.3109/00016357.2012.690531. Epub 2012 May 21. PMID: 22607322.
44. Ok E., Altunsoy M., Nur B.G., Aglarci O.S., Çolak M., Güngör E. A cone-beam computed tomography study of root canal morphology of maxillary and mandibular premolars in a Turkish population // *Acta Odontol Scand.* 2014 Nov. 72(8):701-6. doi: 10.3109/00016357.2014.898091. Epub 2014 May 15. PMID: 24832561.
45. Pérez-Heredia M., Ferrer-Luque C.M., Bravo M., Castelo-Baz P., Ruiz-Piñón M., Baca P. Cone-beam Computed Tomographic Study of Root Anatomy and Canal Configuration of Molars in a Spanish Population // *J Endod.* 2017 Sep. 43(9):1511-1516. doi: 10.1016/j.joen.2017.03.026. Epub 2017 Jul 20. PMID: 28735786.
46. Rosenfeld E.F., James G.A., Burch B.S. Vital pulp response to sodium hypochlorite // *J Endod.* 1978. 4(5):140.
47. Rossi-Fedele G., Doğramaci E.J., Guastalli A.R., Steier L., de Figueiredo J.A. Antagonistic interactions between sodium hypochlorite, chlorhexidine, EDTA, and citric acid. *J Endod.* 2012 Apr;38(4):426-31. doi: 10.1016/j.joen.2012.01.006. Epub 2012 Feb 1. PMID: 22414823.
48. Ratanajirasut R., Panichuttra A., Panmekiate S. A Cone-beam Computed Tomographic Study of Root and Canal Morphology of Maxillary First and Second Permanent Molars in a Thai Population // *J Endod.* 2018 Jan. 44(1):56-61. doi: 10.1016/j.joen.2017.08.020. Epub 2017 Oct 20. PMID: 29061352.
49. Sakko M., Tjäderhane L., Rautemaa-Richardson R. Microbiology of Root Canal Infections // *Prim Dent J.* 2016 May 1. 5(2):84-89. doi: 10.1308/205016816819304231. PMID: 28826437.
50. Saber S.E., Ahmed M., Obeid M., Ahmed H. Root and canal morphology of maxillary premolar teeth in an Egyptian subpopulation using two classification systems: a cone beam computed tomography study // *Int Endod J.* 2019 Mar. 52(3):267-278. doi: 10.1111/iej.13016. Epub 2018 Nov 8. PMID: 30225932.
51. Silva E.J., Nejaim Y., Silva A.I., Haiter-Neto F., Zaia A.A., Cohenca N. Evaluation of root canal configuration of maxillary molars in a Brazilian population using cone-beam computed tomographic imaging: an in vivo study // *J Endod.* 2014 Feb. 40(2):173-6. doi: 10.1016/j.joen.2013.10.002. Epub 2013 Nov 9. PMID: 24461399.
52. Smadi L., Khraisat A. Root canal morphology of the mesiobuccal root in maxillary first molars of a Jordanian population // *Gen dent.* 2006. 54(6):413-416.
53. Stojicic S., Shen Y., Qian W., Johnson B., Haapasalo M. Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX // *Int Endod J.* 2012 Apr.45(4):363-71. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01985.x. Epub 2011 Nov 16. PMID: 23134158.
54. Shabahang S., Pouresmail M., Torabinejad M. In vitro antimicrobial efficacy of MTAD and sodium hypochlorite // *J Endod.* 2003 Jul. 29(7):450-2. doi: 10.1097/00004770-200307000-00006. PMID: 12877261.
55. Shabahang S., Torabinejad M. Effect of MTAD on *Enterococcus faecalis*-contaminated root canals of extracted human teeth // *J Endod.* 2003 Sep. 29(9):576-9. doi: 10.1097/00004770-200309000-00008. PMID: 14503830.
56. Shi L., Wan J., Yang Y., Yao Y., Yang R., Xie W. 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 // *Biomol Biomed.* 2023 Feb 1. 23(1):126-136. doi: 10.17305/bjbm.2022.7440. PMID: 35880401, PMCID: PMC9901903.
57. Singla M.G., Garg A., Gupta S. MTAD in endodontics: an update review // *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011 Sep. 112(3):e70-6. doi: 10.1016/j.tripleo.2011.02.015. Epub 2011 May 5. PMID: 21546282.
58. Svec T.A., Harrison J.W. Chemomechanical removal of pulpal and dentinal debris with sodium hypochlorite and hydrogen peroxide vs normal saline solution // *J Endod.* 1977. 3(2):49.
59. Torabinejad M., Handysides R., Khademi A.A., Bakland L.K. Clinical implications of the smayer layer in endodontics: a review // *Oral Surg Oral Med pathol Oral Radiol endodontics.* 2002. 94(6):658.
60. Versiani M.A., Martins J.N., Basrani B. 3 Dvisual glossaru of terminology in root and root canal anatomy ed 1 Switzerland. - 2018. Springer International Publishing – pp. 391-422.
61. Vertucci F.J. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures // *Endod Topic.* 2005. 10(1):3.
62. Versiani M.A., Ordinola-Zapata R., Keleş A., Alcín H., Bramante C.M., Pécora J.D., Sousa-Neto M.D. Middle mesial canals in mandibular first molars: A micro-CT study in different populations // *Arch Oral Biol.* 2016 Jan. 61:130-7. doi: 10.1016/j.archoralbio.2015.10.020. Epub 2015 Nov 4. PMID: 26556548.
63. Wang Z., Maezono H., Shen Y., Haapasalo M. Evaluation of Root Canal Dentin Erosion after Different Irrigation Methods Using Energy-dispersive X-ray Spectroscopy // *J Endod.* 2016 Dec. 42(12):1834-1839. doi: 10.1016/j.joen.2016.07.024. Epub 2016 Oct 18. PMID: 27769680.
64. Wang Z., Shen Y., Haapasalo M. Effectiveness of endodontic disinfecting solutions against young and old *Enterococcus faecalis* biofilms in dentin canals // *J Endod.* 2012 Oct. 38(10):1376-9. doi: 10.1016/j.joen.2012.06.035. Epub 2012 Aug 11. PMID: 22980181.

65. Yang L., Chen X., Tian C., Han T., Wang Y. Use of cone-beam computed tomography to evaluate root canal morphology and locate root canal orifices of maxillary second premolars in a Chinese subpopulation // J Endod. 2014 May. 40(5):630-4. doi: 10.1016/j.joen.2014.01.007. Epub 2014 Mar 14. PMID: 24767555.

66. Zhang R., Wang H., Tian Y.Y., Yu X., Hu T., Dummer P.M. Use of cone-beam computed tomography to evaluate root and canal morphology of mandibular molars in Chinese individuals // Int Endod J. 2011 Nov. 44(11):990-9. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01904.x. Epub 2011 Jun 10. PMID: 21658074.

67. Zehnder M., Schmidlin P., Sener B., Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered // J Endod. 2005 Nov. 31(11):817-20. doi: 10.1097/01.don.0000158233.59316.fe. PMID: 16249726.

68. Zand V., Lotfi M., Rahimi S., Mokhtari H., Kazemi A., Sakhamanesh V. A comparative scanning electron microscopic investigation of the smear layer after the use of sodium hypochlorite gel and solution forms as root canal irrigants // J Endod. 2010 Jul. 36(7):1234-7. doi: 10.1016/j.joen.2010.02.033. Epub 2010 Apr 10. PMID: 20630306.

References: [1-6]

1. Bekzhanova O.E., Abdulhakova N.R., Astanakulova M.M. Osobennosti medikamentoznoi obrabotki kornevykh kanalov [Features of medicinal treatment of root canals.] *Aktual'nye problemy stomatologii detskogo vozrasta i ortodontii* [Current problems in pediatric dentistry and orthodontics]. 2022. pp. 13-15. [in Russian]

2. Gazhva S.I., Zaplutanova D.A., Ereemeev A.F. Problema komorbidnykh zabolevanii v stomatologii [The problem of comorbid diseases in dentistry] *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2015. № 6. pp. 91. [in Russian]

3. Iordanishvili A., Salmanov I. Diagnostika oslozhnenii kariesa zubov: remarki k vypolneniyu standarta okazaniya spetsializirovannoi meditsinskoj pomoshhi [Diagnosis of complications of dental caries: remarks on the implementation of the standard of specialized medical care]. *Endodontiya segodnya* [Endodontiya Today]. 2015. 13(3):28-30. [in Russian]

4. Bekzhanova, O., Kopbaeva, M., & Abdulhakova, N. (2022). Osobennosti medikamentoznoj obrabotki sistemy kornevykh kanalov u pacientov s granulematoznoj formoj HAP. [Features of medical treatment of the root canal system in patients with granulomatous form of CAP]. *Aktual'nye problemy stomatologii i chelyustno-lichevoj hirurgii* [Current problems in dentistry and maxillofacial surgery] 4, 1(01), 89–90. izvlecheno ot <https://inlibrary.uz/index.php/problems-dentistry/article/view/14825>.

5. Mel'nichenko Ju.M., Kabak S.L., Savrasova N.A., Mehtiev S.A. Morfologiya kornei i kornevykh kanalov pervykh i vtorykh postoyannykh nizhnikh molyarov [Morphology of roots and root canals of first and second permanent lower molars]. *Izvestiya Natsional'noi akademii nauk Belarusi* [News of the National Academy of Sciences of Belarus.]. 2014. №2. pp. 28-32. [in Russian]

6. Solomonov M.E. Bioplenka kak endodonticheskaya infektsiya [Biofilm as an endodontic infection]. *Klinicheskaya endodontiya*. [Clinical endodontics]. 2008. №3-4. pp. 31-34. [in Russian].

Контактная информация:

Тулегенова Индира Маратовна – докторант второго года обучения по специальности «Медицина», Ассистент кафедры ортопедической стоматологии, НАО «Казахский Национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова», г. Алматы, Республика Казахстан.

Почтовый адрес: Республика Казахстан, 050000, г. Алматы, ул.Абая 109 А, кв 32.

E-mail: indi83@list.ru

Телефон: +7 707 987 55 05