

DOI: 10.37988/1811-153X\_2025\_3\_72

A.В. Зорян,

к.м.н., доцент кафедры терапевтической стоматологии

И.А. Коровкин,

аспирант кафедры терапевтической стоматологии

А.О. Асланова,

аспирант кафедры терапевтической стоматологии

Г.С. Колганов,

аспирант кафедры терапевтической стоматологии

РУДН, 117198, Москва, Россия

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:**

Зорян А.В., Коровкин И.А., Асланова А.О., Колганов Г.С. Общие инструментальные принципы современной эндодонтии. — Клиническая стоматология. — 2025; 28 (3): 72—78.  
DOI: 10.37988/1811-153X\_2025\_3\_72

## Общие инструментальные принципы современной эндодонтии

**Аннотация.** В настоящее время в клинической практике врача — стоматолога-эндодонта для обработки корневых каналов имеются несколько медикаментозных препаратов с различными свойствами и ряд способов механической обработки и активной ирригации, которые помогают повышать качество антисептической обработки. Однако сохраняется неопределенность в выборе эффективного сочетания ирригационных растворов, механической обработки корневого канала, временных пломбировочных материалов и способов активации. Цель обзора — определение наиболее эффективной комбинации временных пломбировочных материалов, ирригационных растворов и инструментов для очистки корневого канала по данным современной научной литературы. Использование в процессе лечения ротационных эндодонтических инструментов снижает риск экструзии дебриса в периапикальную область, а гипохлорит натрия с хелатными агентами в сочетании с инструментальной активацией могут максимально эффективно очистить сложную систему корневых каналов от смазанного слоя и временных пломбировочных материалов. Обзор литературы, в которой рассматривалось применение временных пломбировочных материалов с содержанием гидроксида кальция, показал, что оптимальными антибактериальными свойствами и легкой способностью к извлечению из корневого канала обладают материалы на вязкой основе.

**Ключевые слова:** гипохлорит натрия, ЭДТА, ирригация корневых каналов, гидроксид кальция, активация ирригационных растворов, финишеры

## General therapeutic and instrumental principles of modern endodontics

A.V. Zoryan,

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Therapeutic dentistry Department

I.A. Korovkin,

postgraduate at the Therapeutic dentistry Department

A.O. Aslanova,

postgraduate at the Therapeutic dentistry Department

G.S. Kolganov,

postgraduate at the Therapeutic dentistry Department

RUDN University, 117198, Moscow, Russia

**FOR CITATION:**

Zoryan A.V., Korovkin I.A., Aslanova A.O., Kolganov G.S. General therapeutic and instrumental principles of modern endodontics. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2025; 28 (3): 72—78 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X\_2025\_3\_72

**ВВЕДЕНИЕ**

Периодонтит классифицируется по этиологическим факторам на инфекционный, травматический и медикаментозный. Инфекционный периодонтит развивается в результате присутствия микробной пленки в корневом канале и проникновения эндотоксинов из него в околокорневые ткани.

При бактериальном исследовании содержимого корневого канала у пациентов с хроническим апикальными периодонтитом выделяются грамположительные кокки, грамположительные палочки, грамотрицательные кокки, грамотрицательные палочки, дрожжеподобные грибы.

Реакция воспаления в периодонте возникает не из-за прямого присутствия бактерий, а из-за наличия эндотоксинов за апикальным отверстием. Согласно

результатам зарубежных исследований, выявление экстрапародикулярной инфекции при различных формах хронического периодонтита носит кратковременный характер и сохраняется до уничтожения бактериальной флоры иммунной системой организма. Стойкое присутствие микрофлоры за апикальным отверстием зуба характеризуется острой симптоматикой периапикального абсцесса или острого апикального периодонтита.

Лечение хронического апикального периодонтита направлено на полное устранение патогенной микрофлоры, извлечение эндотоксинов, удаление остатков пульпы и обеспечение герметичной пломбировки корневого канала. На сегодняшний день нет систематических подходов для очистки корневого канала.

### АНАЛИЗ НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Задача механического препарирования представляет собой контролируемый процесс удаления инфицированного дентина из корневого канала и придания ему конической формы, что необходимо для обеспечения эффективной дезинфекции и качественного пломбирования канала.

В современной эндодонтии для обеспечения качественной механической обработки корневых каналов применяются ротационные инструменты. В отличие от ручных, ротационные эндодонтические инструменты изготавливают из никель-титанового (Ni-Ti) сплава, за счет чего они обладают большей гибкостью, чем инструменты из нержавеющей стали, и могут эффективнее обрабатывать корневой канал с наличием изгибов и уменьшать вероятность транспортирования апикального отверстия [1]. Существуют исследования, доказывающие, что вероятность апикальной экструзии инфицированного дентина и патогенной микрофлоры за пределы апикального отверстия гораздо выше при использовании ручных эндодонтических инструментов, а не ротационных [2–4].

Механическая обработка не позволяет полноценно очистить латеральные, дельтовидные ответвления и анастомозы корневых каналов, овальные и гантелеобразные каналы, С-образные каналы, в которых может оставаться значительное количество микроорганизмов и распада пульпы. Во время препарирования образуется так называемый смазанный слой, состоящий из остатков пульпы, дентинных опилок и микроорганизмов, элементов биопленки, которые плотно прикрепляются к стенке корневого канала. Смазанный слой препятствует проникновению лекарственных средств в дентинные канальцы [5–8].

Медикаментозная обработка включает в себя непосредственную ирригацию антибактериальными растворами и/или внесение в корневой канал лекарственных препаратов. В качестве ирригационных растворов во время механической обработки применяются различные медикаментозные средства: 3%-ная перекись водорода, 0,5–5%-ный гипохлорит натрия, 2%-ный хлоргексидина биглюконат, 17%-ная этилендиаминетрауксусная кислота, органические кислоты или раствор этилового спирта.

### ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИЕ РАСТВОРЫ

3%-ный водный раствор перекиси водорода ( $H_2O_2$ ) обладает выраженным, но кратковременным воздействием с выделением атомарного кислорода при контакте с тканями зуба. Это позволяет из просвета корневого канала механически удалять дентинные опилки и некротизированные ткани. Помимо этого перекись водорода обладает гемостатическим эффектом, но ее протеолитическое и бактерицидное действие менее выражено в сравнении с гипохлоритом натрия [9].

Гипохлорит натрия ( $NaOCl$ ) применяется в концентрации 0,5–6%. При его растворении в воде и контакте с мембранный бактериальной клетки происходит смещение кислотно-щелочного баланса, что приводит к образованию хлорноватистой кислоты и гидроксида натрия, которые во время реакции могут образовывать ряд свободнорадикальных соединений, обладающих более сильным дезинфицирующим действием, чем исходный раствор. Растворы гипохлорита натрия обладают высоким бактерицидным свойством в отношении подавления роста многих бактерий, а также ВИЧ, герпеса, ротавирусов, гепатитов А и В. Некоторые исследования указывают на низкую эффективность 0,5–3%-ных растворов гипохлорита натрия в отношении биопленок *Enterococcus faecalis* и *Candida albicans*. В свою очередь, растворы концентрацией выше 5% имеют более выраженные бактерицидные свойства, но обладают протеолитическим действием в отношении коллагена дентина, а при его попадании в периапикальную область или на слизистую оболочку полости рта может возникнуть боль, отек, повреждение тканей вплоть до некроза [10, 11].

Хлоргексидина биглюконат – антимикробный препарат широкого спектра действия, эффективен в отношении многих бактериальных форм, в том числе *C. albicans* и *E. faecalis*. При низкой концентрации (0,2%) оказывает бактериостатическое действие, в концентрации выше 2% – бактерицидное, которое связано с осаждением цитоплазматического содержимого клетки, что приводит к ее гибели. При соприкосновении с дентином хлоргексидин может соединяться с гидроксиапатитом и оказывать антимикробное действие еще в течение 2–3 суток, а также препятствовать адгезии микроорганизмов к стенке корневого канала [12–14].

В указанных ранее концентрациях растворы гипохлорита натрия, перекиси водорода и хлоргексидина неэффективны в отношении неорганических соединений и смазанного слоя, которые присутствуют в корневом канале наряду с распадом пульпы и компонентами биопленки.

Для растворения минеральных соединений и смазанного слоя необходимо применение хелатирующих агентов.

### ХЕЛАТИРУЮЩИЕ АГЕНТЫ

Хелаты (от лат. *chela* – клешня) – химические соединения металла (микроэлемента) с органическим веществом, которое называется хелатирующим агентом, к нему относятся растворы некоторых кислот

(этилендиаминтетрауксусной, фосфорной, лимонной, малеиновой). Молекулы хелатных соединений способны образовывать несколько химических связей с одним ионом металла, т.е. создавать цикл, подобный органическим соединениям.

ЭДТА — динатриевая соль, которая реагирует с кальцием, при этом достаточно эффективно удаляя неорганические элементы. Часто применяется при обработке труднопроходимых и облитерированных каналов. Производится в эффективной концентрации 17%, оптимальной для качественного удаления смазанного слоя [12, 13, 15].

Лимонная кислота — это слабая органическая кислота, которая раньше применялась в пародонтологии: наносилась на поверхность корня зуба для повышения регенерации пародонтального прикрепления при лоскутных операциях [16]. Эти ирригационные растворы действуют по тому же принципу, что и ЭДТА: они растворяют соединения кальция, связываясь с ним, удаляют смазанный слой и открывают просветы дентинных канальцев, но бактерицидное действие кислот ограничено [17].

Было доказано, что хелатные соединения биосовместимы и влияют на высвобождение фактора роста TGF- $\beta$  из дентина, ускоряют миграцию клеток к очагу заживления, способствуя ускоренной регенерации при эндодонтическом лечении [18, 19].

### АКТИВАЦИЯ ИРРИГАЦИОННЫХ РАСТВОРОВ

Согласно многочисленным исследованиям анатомии зубов, в большинстве случаев различные ответвления и анастомозы корневых каналов располагаются в апикальной трети корня, а традиционные методы ирригации не позволяют обеспечить проникновение ирригационных растворов, лекарственных препаратов и силенов в дентинные канальцы, латеральные и дельтовидные корневые каналы, перешейки и С-образные каналы, где может оставаться патогенная микрофлора [7, 15]. Соответственно, для оптимизации антисептической и дезобтурационной способности медикаментозного раствора необходимо создать условия для достижения им апикальной трети [20, 21].

Для этого в современной эндодонтии применяют ультразвуковую активацию, звуковую активацию, активацию с помощью различных эндодонтических инструментов, таких как XP-endoFinisher. Помимо этого, применяются такие аппараты, как лазер, SAF, GentleWave [17, 22].

Применение ультразвукового метода активации заключается в продуцировании колебательных волн в корневом канале мощностью 30 кГц, что создает акустический поток и вызывает гидродинамические микроударные волны и соноакустический эффект — образование облака пузырьков вокруг работающего инструмента, который провоцирует движение ирриганта вдоль работающего инструмента (краевая кавитация), приводя к качественной очистке стенки канала и продвижению ирригационного раствора по системе корневых каналов [23, 20]. Сам инструмент изготовлен

из нержавеющей стали, что обеспечивает переход кинетической энергии в тепловую, нагревает ирригационный раствор в корневом канале на 1–15°C, усиливая антисептические свойства ирригационного раствора [23]. Для эффективной и безопасной активации необходимо располагать кончик инструмента на расстоянии 2–3 мм от апикального отверстия, использовать файл для активации минимального размера (15–20 по ISO), работать мощностью не более 30% от максимально возможной и не применять ультразвуковую активацию в корневых каналах, которые имеют выраженный изгиб. Эти правила помогут предотвратить образование ступенек, снизить риск поломки инструмента, эрозию или перфорацию стенки корневого канала [17, 24–26].

Звуковой метод активации создает колебания мощностью 10–20 кГц с помощью специальной насадки из полимерного материала. Такая рабочая часть позволяет обрабатывать корневые каналы со сложной анатомией без риска поломки инструмента и повреждения стенки корневого канала, создания ступенек и перфораций [17]. Звуковой метод не производит соноакустический эффект, и его способность кавитации ниже, чем у ультразвукового метода. На данный момент проведено много противоречивых исследований, сравнивающих эти два метода активации, при этом статистически значимой разницы между ними не наблюдалось [17, 27, 28].

Мультизвуковое орошение с отрицательным давлением (GentleWave, США) было предложено в 2014 г. Оно заключается в помещении рабочей части наконечника в пульпарную камеру. Наконечник генерирует акустические колебания и продуцирует кавитацию ирригационного раствора, который одновременно подается через рабочую часть и эвакуируется отрицательным давлением (от -13 до -17 мм рт. ст.), создавая постоянный динамический поток ирригант [29]. Мультизвуковая ирригация позволяет растворять органические элементы в корневом канале быстрее, чем шприцевое орошение, но эта методика по своей эффективности в конечном итоге сопоставима с остальными методами ирригации [29–31].

Для механической активации ирригационного раствора применяются специальные эндодонтические инструменты (финишеры), такие как XP-endoFinisher, SAF, Gentlefile Brush. При работе этими инструментами используют эндодонтический или механический наконечник. Во время вращения они адаптируются к форме канала за счет гибких свойств сплава и особенности конструкций рабочей части. Инструменты объемного препарирования позволяют совмещать активацию ирригационного раствора и механическое удаление смазанного слоя, тканей пульпы, внутриканальной биопленки, дентинных опилок и временного пломбировочного материала [32–35].

В ряде случаев из-за недостаточности ресурсов или исходя из характера клинической ситуации полноценное эндодонтическое лечение в рамках одного визита может быть затруднено. Для этого предусмотрено временное пломбирование корневых каналов с использованием биоактивных материалов, например гидроксида кальция [36].

## ВИДЫ ВРЕМЕННЫХ ПЛОМБИРОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИДА КАЛЬЦИЯ

Гидроксид кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  слабо растворим в воде (0,15% при +25°C), при повышении температуры растворимость немного снижается (0,114% при +60°C). В воде ступенчато диссоциирует на ионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{OH}^-$  ( $p\text{H}=12,5-12,8$ ), которые в микробной клетке провоцируют денатурацию белка, нарушение целостности цитоплазматической мембраны, повреждение ДНК бактериальной клетки. Транспортные средства, с которыми смешивается гидроксид кальция, играют важную роль в проявлении его бактерицидных свойств, потому что вязкость готового раствора напрямую влияет на скорость ионной диссоциации молекулы  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ : чем выше вязкость, тем ниже будет ионная диссоциация.

На данный момент применяются три основных вида транспортных средств:

- 1) Водорастворимые вещества: вода, физраствор, раствор анестетиков, хлоргексидин.
- 2) Вязкие носители: глицерин, полиэтиленгликоль (ПЭГ), пропиленгликоль.
- 3) Препараты на масляной основе: оливковое масло, силиконовое масло, камфорное масло, некоторые жирные кислоты, эвгенол.

Водный раствор имеет повышенную текучесть и способствуют быстрому высвобождению ионов. Допустимо использовать хлоргексидин в качестве транспортного средства для гидроксида кальция. Но антимикробная активность хлоргексидина ограничена уровнем  $p\text{H}$  5,5–7,0, поэтому при смешивании с высокощелочным сильным основанием эффективность хлоргексидина резко снижается [37].

Была исследована диссоциация гидроксида кальция с вязкими растворителями. При смешивании порошка гидроксида кальция с 10–30% глицерином или с 10–40% пропиленгликолем раствор будет иметь оптимальную текучесть и эффективность. Вязкие носители медленнее растворяются в воде, что позволяет высвобождаться ионам кальция и гидроксила более длительное время [38].

Транспортные средства на масляной основе имеют аналогичные свойства, что и вязкие. Но извлечение временного пломбировочного материала на масляной основе оказалось гораздо труднее, чем на любой другой. Причиной этому может быть то, что многие ирриганты плохо связываются с масляным растворами в силу их гидрофобности [39, 40].

К тому же результаты множества исследований ставят под сомнение антибактериальный эффект препаратов гидроксида кальция, указывая на то, что данные препараты имеют низкую дезинфицирующую способность, которая ограничена прямым контактом препарата с бактериальной клеткой. И что это не приводит к полному уничтожению микрофлоры в корневом канале. Согласно D. Kim (2015), большинство клинических исследований указывает на то, что лечение периодонтита в одно посещение так же эффективно, как и многоэтапное лечение с использованием временных препаратов на основе гидроксида кальция. Не было

существенной разницы в заживлении периапикальных поражений с применением препаратов гидроксида кальция и без него [41].

## УДАЛЕНИЕ ГИДРОКСИДА КАЛЬЦИЯ

Остатки временного пломбировочного материала во время финальной механической обработки могут перемещаться в сторону апикального отверстия и обтурировать корневой канал, создавая апикальную пробку и препятствуя поступлению ирригационных растворов, а также уменьшить объем пенетрации силера [42–44]. Помимо этого, существует химическое взаимодействие между гидроксидом кальция с эвгенолом в постоянном пломбировочном материале с образованием гидроксид-эвгенольного соединения кальция (эвгенолят кальция) [45]. Эвгенолят кальция хорошо растворим, что приводит к быстрому нарушению апикального герметизма внутриканальной пломбы и, соответственно, повышает риск постэндодонтических осложнений [42, 45].

При удалении гидроксида кальция из корневого канала не следует применять растворы, которые нейтральны по отношению к неорганическим компонентам (гипохлорит натрия, хлоргексидин, перекись водорода). В качестве ирригационных растворов предпочтительно использовать хелатные соединения по причине их способности связываться с ионами кальция [46].

Применение ЭДТА в качестве растворителя временного пломбировочного материала на основе жидких транспортных средств в комбинации с ультразвуковой активацией обеспечивает очищение корневого канала на 91,15–94,81%, а при использовании гидроксида кальция на масляной основе корневой канал очищается только на 60–66% [47, 48]. Лимонная кислота удаляет из корневого канала препараты на водной основе в количестве 86%, а на масляной основе – 79% [39, 47].

Помимо этого, для очистки корневого канала могут применяться спиртосодержащие растворы. Раствор ацетона и этилацетата (Hydrol компании Septodont) в комбинации с ультразвуковой активацией способен очищать корневые каналы от масляного раствора на 85,3% [49].

Простая ирригация с использованием эндодонтического шприца и иглы не позволяет качественно очистить корневой канал, поэтому рекомендуется комбинировать его с дополнительными средствами механической активации ирригантта [22, 50, 51].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из множества способов хемомеханической обработки каналов во время эндодонтического лечения трудно выбрать самый эффективный. Однако на данный момент во многих исследованиях рекомендуется проводить финальную ирригацию, используя гипохлорит натрия в комбинации с ЭДТА, с применением ультразвукового или звукового методов активации ирригационного раствора [12, 17, 52].

В качестве временного пломбировочного материала предпочтительно использовать гидроксид кальция на вязкой основе.

Ирригация и эффективное удаление гидроксида кальция — важные аспекты, от которых зависит успех эндодонтического лечения. Исходя из анализа зарубежной и отечественной литературы, на данный момент наиболее эффективным способом удаления гидроксида кальция из просвета корневого канала считается сочетание инструментальной активации с хелатирующими агентами.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Ермоляева Л.А., Туманова С.А., Воробьев М.Г., Ильин Ф.Ю., Разгуляева В.Н., Лукичев М.М. Эффективность обработки корневых каналов ручными и машинными инструментами. — Институт стоматологии. — 2018; 2 (79): 106—107. [Ermolaeva L.A., Tumanova S.A., Vorobev M.G., Razgulyaeva V.N., Ilyin F.U., Lukichev M.M. Efficiency of root canals processing by hand and machine tools. — *The Dental Institute*. — 2018; 2 (79): 106—107 (In Russian)]. [eLibrary ID: 35340587](#)
2. Suresh B., et al. Comparative evaluation of extrusion of apical debris in primary maxillary anterior teeth using two different rotary systems and hand files: An in vitro study. — *Children (Basel)*. — 2023; 10 (5): 898. [PMID: 37238446](#)
3. Del Fabbro M., et al. In vivo and in vitro effectiveness of rotary nickel-titanium vs manual stainless steel instruments for root canal therapy: Systematic review and meta-analysis. — *J Evid Based Dent Pract*. — 2018; 18 (1): 59—69. [PMID: 29478682](#)
4. Versiani M.A., Martins J., Ordinola-Zapata R. Anatomical complexities affecting root canal preparation: a narrative review. — *Aust Dent J*. — 2023; 68 Suppl 1: S5-S23. [PMID: 37984802](#)
5. Царев В.Н., Подпорин М.С., Ипполитов Е.В. Оценка эффективности эндодонтической дезинфекции корневых каналов зуба с применением сканирующей электронной микроскопии микробной биопленки. — *Бактериология*. — 2017; 1: 6—13. [Tsarev V.T.N., Podporin M.S., Ippolitov E.V. Evaluating of the effectiveness of endodontic disinfection of root channels by using scanning electron microscopy of microbial biofilms. — *Bacteriology*. — 2017; 1: 6—13 (In Russian)]. [eLibrary ID: 35005307](#)
6. Meyappan N., et al. Scanning electron microscopy analysis of smear layer removal ability of conventional endodontic irrigation regimen, MTAD, and QMix™ versus a mixture of Azadirachta indica and Citrus limon: An in vitro study. — *Cureus*. — 2023; 15 (8): e42877. [PMID: 37664257](#)
7. Ozasir T., Eren B., Gulsahi K., Ungor M. The Effect of different final irrigation regimens on the dentinal tubule penetration of three different root canal sealers: A confocal laser scanning microscopy study in vitro. — *Scanning*. — 2021; 2021: 8726388. [PMID: 34737843](#)
8. Глинкин В.В., Клемин В.А., Глинкина В.В. Особенности обработки корневых каналов при лечении хронических форм апикального периодонтита в стадии обострения. — В кн.: Гуляев Г.Ю. (ред.) Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования. — Пенза: МЦНС Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2019. — С. 125—138. [Glinkin V.V., Klyomin V.A., Glinkina V.V. Features of root canal treatment in the treatment of chronic forms of apical periodontitis in the acute stage. — In: Gulyaev G.Yu. (ed.) Innovative development: the potential of science and modern education. — Penza: Science and Education, 2019. — Pp. 125—138 (In Russian)]. [eLibrary ID: 37216292](#)
9. Loos Ю.Г., Макеева И.М. Лабораторно-клинический анализ эффективности применения раствора для проведения качественной ирригации корневых каналов. — В: сб. матер. международных научно-практических конференций. — М.: Большая книга, 2019. — С. 17—19. [Loos Yu.G., Makeeva I.M. Laboratory and clinical analysis of the efficiency of application of the solution for carrying out qualitative rigue channels irrigation. — In: proceedings of international scientific and practical conferences. — Moscow: Big Book, 2019. — Pp. 17—19 (In Russian)]. [eLibrary ID: 39961821](#)
10. Хабадзе З.С., Генералова Ю.А., Шубаева В.С., Исмаилов Ф.Р., Шерозия М.Е., Недашковский А.А., Негорелова Я.А. Анализ бактерицидного действия гипохлорита натрия и хлоргексидина на резистентные микроорганизмы биопленки (*E. Faecalis*, *C. Albicans*). — *Эндодонтия Today*. — 2020; 4: 36—43. [Khabadze Z.S., Generalova Yu.A., Shubaeva V.S., Ismailov F.R., Sherozia M.G., Nedashkovsky A.A., Negorelova Ya.A. Analysis of bactericidal effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine on resistantbiofilm microorganisms (*E. Faecalis*, *C. Albicans*). — *Endodontics Today*. — 2020; 4: 36—43 (In Russian)]. [eLibrary ID: 46641474](#)
11. Зорян А.В., Асланова А.О., Коровкин И.А., Колганов Г.С. Ирригация корневых каналов в повседневной эндодонтии. — *Медицинский алфавит*. — 2025; 1: 82—87. [Zoryan A.V., Aslanova A.O., Korovkin I.A., Kolganov G.S. Irrigation of root canals in routine endodontics. — *Medical alphabet*. — 2025; 1: 82—87 (In Russian)]. [eLibrary ID: 80493133](#)
12. Арутюнян Л.В., Авакян Н.Э., Бабаджанян Г.С., Ераносян С.Г. Ирригация, очистка и стерилизация системы корневых каналов. — *Вестник стоматологии и челюстно-лицевой хирургии*. — 2018; 15 (1—2): 26—33. [Harutyunyan L.V., Avacyan N.E., Babajanyan G.S., Yerano-syan S.G. Irrigation, cleaning and sterilization of root canal system. — *Bulletin of Stomatology and Maxillo-facial Surgery*. — 2018; 15 (1—2): 26—33 (In Russian)]. [eLibrary ID: 42881982](#)
13. Наумова Е.Д., Честных Е.В. Антибактериальная обработка корневого канала в эндодонтии (обзор литературы). — *Тверской медицинский журнал*. — 2019; 6: 40—48. [Naumova E.D., Chestnyh E.V. Antibacterial treatment of the root canal in endo (literature review). — *Medical Journal of Tver*. — 2019; 6: 40—48 (In Russian)]. [eLibrary ID: 41514327](#)
14. Saidin S., Jumat M.A., Mohd Amin N.A.A., Saleh Al-Hammadi A.S. Organic and inorganic antibacterial approaches in combating bacterial infection for biomedical application. — *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. — 2021; 118: 111382. [PMID: 33254989](#)
15. Сорокоумова Д.В., Лаптева К.А., Шабалина Д.С., Киселева Д.В., Готтман И.А. Оценка эффективности применения различных протоколов удаления смазанного слоя на этапе

- финишной ирригации корневого канала. — *Вестник Уральской медицинской академической науки*. — 2018; 5: 677—683.
- [Sorokoumova D.V., Lapteva K.A., Shabalina D.S., Kiseleva D.V., Gottman I.A. Efficiency evaluation of different protocols for removal of smear layer at the stage finish irrigation of the root canal. — *Journal of Ural medical academic science*. — 2018; 5: 677—683 (In Russian)]. [eLibrary ID: 37154865](#)
16. Machado R., Garcia L.D.F.R., da Silva Neto U.X., Cruz Filho A.M.D., Silva R.G., Vansan L.P. Evaluation of 17% EDTA and 10% citric acid in smear layer removal and tubular dentin sealer penetration. — *Microsc Res Tech*. — 2018; 81 (3): 275—282. [PMID: 29205666](#)
17. Boutsikis C., Arias-Moliz M.T. Present status and future directions — irrigants and irrigation methods. — *Int Endod J*. — 2022; 55 Suppl 3 (Suppl 3): 588—612. [PMID: 35338652](#)
18. Ivica A., Zehnder M., Mateos J.M., Ghayor C., Weber F.E. Biomimetic conditioning of human dentin using citric acid. — *J Endod*. — 2019; 45 (1): 45—50. [PMID: 30448020](#)
19. Reis-Prado A.H.D., Toledo P.T.A., Nunes G.P., Ferreira P.A.V., Rahimnejad M., Dal-Fabbro R., Abreu L.G., Bottino M.C., Benetti F. Citric acid conditioning as an alternative to EDTA for growth factors release and stem cell response in regenerative endodontics: A systematic review of in vitro studies. — *J Endod*. — 2024; 50 (2): 129—143. [PMID: 37984798](#)
20. Зорян А.В. Обзор методик повышения эффективности ирригации системы корневых каналов. — *Клиническая стоматология*. — 2016; 2 (78): 20—25.
- [Zoryan A.V. The review of root canal system irrigation efficiency improvement methods. — *Clinical Dentistry (Russia)*. — 2016; 2 (78): 20—25 (In Russian)]. [eLibrary ID: 26134225](#)
21. Castelo-Baz P., Martín-Biedma B., Cantatore G., Ruiz-Piñón M., Bahillo J., Rivas-Mundiña B., Varela-Patiño P. In vitro comparison of passive and continuous ultrasonic irrigation in simulated lateral canals of extracted teeth. — *J Endod*. — 2012; 38 (5): 688—91. [PMID: 22515904](#)
22. Plotino G., Cortese T., Grande N.M., Leonardi D.P., Di Giorgio G., Testarelli L., Gambarini G. New technologies to improve root canal disinfection. — *Braz Dent J*. — 2016; 27 (1): 3—8. [PMID: 27007337](#)
23. Macedo R.G., et al. Sonochemical and high-speed optical characterization of cavitation generated by an ultrasonically oscillating dental file in root canal models. — *Ultrasón Sonochem*. — 2014; 21 (1): 324—35. [PMID: 23735893](#)
24. Teja K.V., Ramesh S., Battineni G., Vasundhara K.A., Jose J., Jannani K. The effect of various in-vitro and ex-vivo parameters on irrigant flow and apical pressure using manual syringe needle irrigation: Systematic review. — *Saudi Dent J*. — 2022; 34 (2): 87—99. [PMID: 35241897](#)
25. Rhodes S.C. Ultrasonic device complications in endodontics: An analysis of adverse events from the food and drug administration manufacturer and user facility device experience. — *J Patient Saf*. — 2022; 18 (4): 269—275. [PMID: 34508038](#)
26. Raducka M., Piszko A., Piszko P.J., Jawor N., Dobrzyński M., Grzebieluch W., Mikulewicz M., Skośkiewicz-Malinowska K. Narrative review on methods of activating irrigation liquids for root canal treatment. — *Applied Sciences (Switzerland)*. — 2023; 13: 7733. [DOI: 10.3390/app13137733](#)
27. Chu X., Feng S., Zhou W., Xu S., Zeng X. Cleaning efficacy of EDDY versus ultrasonically-activated irrigation in root canals: a systematic review and meta-analysis. — *BMC Oral Health*. — 2023; 23 (1): 155. [PMID: 36932445](#)
28. Paixão S., Rodrigues C., Grenho L., Fernandes M.H. Efficacy of sonic and ultrasonic activation during endodontic treatment: a Meta-analysis of in vitro studies. — *Acta Odontol Scand*. — 2022; 80 (8): 588—595. [PMID: 35430959](#)
29. Haapasalo M., Shen Y., Wang Z., Park E., Curtis A., Patel P., Vandraghi P. Apical pressure created during irrigation with the Gentle-Wave™ system compared to conventional syringe irrigation. — *Clin Oral Investig*. — 2016; 20 (7): 1525—34. [PMID: 26498770](#)
30. Liu H., Shen Y., Haapasalo M. Effectiveness of six irrigation techniques with sodium hypochlorite in tissue dissolution. — *Cureus*. — 2023; 15 (5): e39208. [PMID: 37337496](#)
31. Coaguila-Llerena H., Gaeta E., Faria G. Outcomes of the Gentle-Wave system on root canal treatment: a narrative review. — *Restor Dent Endod*. — 2022; 47 (1): e11. [PMID: 35284323](#)
32. Hristov K., Gateva N., Stanimirov P., Ishkitiev N., Doitchinova L. Comparative analysis of root dentin loss when using modern mechanical cleaning instruments in immature permanent teeth. — *Folia Med (Plovdiv)*. — 2020; 62 (2): 352—357. [PMID: 32666733](#)
33. Neelakantan P., Khan K., Li K.Y., Shetty H., Xi W. Effectiveness of supplementary irrigant agitation with the Finisher GF Brush on the debridement of oval root canals instrumented with the Gentlefile or nickel titanium rotary instruments. — *Int Endod J*. — 2018; 51 (7): 800—807. [PMID: 29363136](#)
34. Poly A., Marques F., Lee J., Setzer F.C., Karabucak B. XP-endo Finisher effectively reduces hard-tissue debris accumulated in root canals with isthmus after preparation with a reciprocating file system. — *Aust Endod J*. — 2023; 49 (2): 279—286. [PMID: 35980742](#)
35. Silva W.O., Amoroso-Silva P., Olivares P., Alcalde M.P., Alves F.R.F., Marceliano-Alves M.F. Enhancing debris removal in curved canals: a comparative evaluation of XP-endo Finisher and passive ultrasonic irrigation. — *Clin Oral Investig*. — 2023; 27 (12): 7523—7529. [PMID: 37910237](#)
36. Ordinola-Zapata R., Noblett W.C., Perez-Ron A., Ye Z., Vera J. Present status and future directions of intracanal medicaments. — *Int Endod J*. — 2022; 55 Suppl 3 (Suppl 3): 613—636. [PMID: 35322427](#)
37. Saatchi M., Shokraneh A., Navaei H., Maracy M.R., Shojaei H. Antibacterial effect of calcium hydroxide combined with chlorhexidine on Enterococcus faecalis: a systematic review and meta-analysis. — *J Appl Oral Sci*. — 2014; 22 (5): 356—65. [PMID: 25466470](#)
38. Eftekhar B., Moghimipour E., Eini E., Jafarzadeh M., Behrooz N. Evaluation of hydroxyl ion diffusion in dentin and injectable forms and a simple powder-water calcium hydroxide paste: an in vitro study. — *Jundishapur J Nat Pharm Prod*. — 2014; 9 (3): e14029. [PMID: 25237642](#)
39. Raghu R., Pradeep G., Shetty A., Gautham P.M., Puneetha P.G., Reddy T.V.S. Retrievability of calcium hydroxide intracanal medicament with three calcium chelators, ethylenediaminetetraacetic acid, citric acid, and chitosan from root canals: An in vitro cone beam computed tomography volumetric analysis. — *J Conserv Dent*. — 2017; 20 (1): 25—29. [PMID: 28761249](#)
40. Pedrinha V.F., Cuellar M.R.C., de Barros M.C., Titato P.C.G., Shahbazi M.A., Sharma P.K., de Andrade F.B. The Vehicles of calcium hydroxide pastes interfere with antimicrobial effect, biofilm polysaccharidic matrix, and pastes' physicochemical properties. — *Bio-medicines*. — 2022; 10 (12): 3123. [PMID: 36551879](#)
41. Kim D., Kim E. Antimicrobial effect of calcium hydroxide as an intracanal medicament in root canal treatment: a literature review — Part II. In vivo studies. — *Restor Dent Endod*. — 2015; 40 (2): 97—103. [PMID: 25984470](#)

42. Kanmaz F., Altunbaş D. Evaluation of the effect of calcium hydroxide paste on sealer penetration into dentinal tubules by confocal laser scanning microscopy. — *Aust Endod J.* — 2022; 48 (1): 82—90. [PMID: 34775668](#)
43. Uzunoglu-Özyürek E., Erdogan Ö., Aktemur Türker S. Effect of calcium hydroxide dressing on the dentinal tubule penetration of 2 different root canal sealers: A confocal laser scanning microscopic study. — *J Endod.* — 2018; 44 (6): 1018—1023. [PMID: 29680722](#)
44. Escobar P.M., Lopes F.C., Carvalho K., Fretes V., Hadid G.G., Mazzi-Chaves J.F., Sousa-Neto M.D. Influence of different calcium hydroxide removal protocols on the bond strength of epoxy resin-based sealer in long oval root canals. — *Microsc Res Tech.* — 2022; 85 (2): 781—788. [PMID: 34564917](#)
45. Khatod S.S., Ikhbar A.D., Nikhade P.P., Chandak M., Motwani N.M., Chandak M.S., Rathi C.K., Jaiswal A.S. Removal techniques for intracanal medicament — A review. — *Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences.* — 2020; 13: 1097—1101. [DOI: 10.14260/jemds/2020/236](#)
46. Зорян А.В., Коровкин И.А., Комаровских М.Р., Колганов Г.С., Асланова А.О. Сравнительный анализ растворимости препаратов гидроксида кальция. — Клиническая стоматология. — 2025; 2: 36—39.  
[Zoryan A.V., Korovkin I.A., Komarovskikh M.R., Kolganov G.S., Aslanova A.O. Comparative analysis of the solubility of calcium hydroxide preparations. — *Clinical Dentistry (Russia).* — 2025; 2: 36—39 (In Russian)]. [eLibrary ID: 82672672](#)
47. Nainan M.T., Nirupama D., Benjamin S. Comparison of the efficacy of ethylene diamine tetraacetic acid and maleic acid in the removal of three calcium hydroxide intra-canal dressings: A spiral computerized tomography volumetric analysis. — *J Conserv Dent.* — 2013; 16 (1): 56—60. [PMID: 23349578](#)
48. Vineeta N., Gupta S., Chandra A. Retrievability of calcium hydroxide intracanal medicament with Chitosan from root canals: An in vitro CBCT volumetric analysis. — *J Conserv Dent.* — 2014; 17 (5): 454—7. [PMID: 25298647](#)
49. Митронин А.В., Рusanov Ф.С., Герасимова М.М. Лабораторная оценка влияния качества обработки корневых каналов от гидроксида кальция на адгезию корневых силенов. — Эндодонтия Today. — 2013; 1: 21—24.  
[Mitronin A.V., Rusanov F.S., Gerasimova M.M. Laboratory evaluation of influence of quality treating of root canals from calcium hydroxide on adhesion of root sealers. — *Endodontics Today.* — 2013; 1: 21—24 (In Russian)]. [eLibrary ID: 20469344](#)
50. Koprowicz A., Koprowicz P. Efficacy of finisher files in the removal of calcium hydroxide paste from the root canal system — preliminary results. — *Journal of Medical Science.* — 2021; 2: e499. [DOI: 10.20883/medical.e499](#)
51. Nguyen T.A., Kim Y., Kim E., Shin S.J., Kim S. Comparison of the efficacy of different techniques for the removal of root canal filling material in artificial teeth: A micro-computed tomography study. — *J Clin Med.* — 2019; 8 (7): 984. [PMID: 31284630](#)
52. Li Q., Zhang Q., Zou X., Yue L. Evaluation of four final irrigation protocols for cleaning root canal walls. — *Int J Oral Sci.* — 2020; 12 (1): 29. [PMID: 33077718](#)