ISSN 1814-6023 (Print)
ISSN 2524-2350 (Online)
УДК 616.314.163:615.28
https://doi.org/10.29235/1814-6023-2026-23-4-279-287

Поступила в редакцию 25.09.2026
Received 25.09.2026

С. П. Рубникович[1], О. Е. Бекжанова[2], С. Ф. Фуркатова[2], М. М. Астанакулова[2], С. Х. Алимова[2], А. А. Заитханов[2], Н. Т. Бабаджанова[2]

[1]Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Республика Беларусь
[2]Ташкентский государственный медицинский университет, Ташкент, Республика Узбекистан

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛИМИНАЦИИ БИОПЛЕНКИ *ENTEROCOCCUS FAECALIS* НА РАЗЛИЧНОЙ ГЛУБИНЕ ДЕНТИНА КОРНЕВЫХ КАНАЛОВ ЗУБОВ ПРИ ИРРИГАЦИИ ФИТОПРЕПАРАТОМ В ИССЛЕДОВАНИИ *IN VITRO*

Аннотация. Цель исследования – оценить и сравнить антибактериальную эффективность комплексного фитопрепарата в комбинации с гипохлоритом натрия (NaOCl) против биопленок *Enterococcus faecalis* на различной глубине дентина. В работе использованы 210 однокорневых премоляров нижней челюсти человека. Все исследованные внутриканальные ирригационные растворы продемонстрировали высокую антибактериальную активность. Максимальная эффективность зарегистрирована у 3%-го раствора NaOCl и 2%-го раствора хлоргексидина (CHX). Комбинация ирригации 3%-м NaOCl с последующей ультразвуковой активацией исследуемого фитопрепарата показала статистически значимо ($p \leq 0{,}05$) более высокий эффект, превосходящий действие 3%-го NaOCl и 2%-го CHX по отдельности.

Ключевые слова: *Enterococcus faecalis*, дентин, корневые каналы, фитопрепарат, гипохлорит натрия, ультразвуковая активация, *in vitro*

Для цитирования: Оценка эффективности элиминации биопленки *Enterococcus faecalis* на различной глубине дентина корневых каналов зубов при ирригации фитопрепаратом в исследовании *in vitro* / С. П. Рубникович, О. Е. Бекжанова, С. Ф. Фуркатова [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя медыцынскіх навук. – 2026. – Т. 23, № 4. – С. 279–287. https://doi.org/10.29235/1814-6023-2026-23-4-279-287

Sergey P. Rubnikovich[1], Olga Y. Bekjanova[2], Saodat F. Furkatova[2], Munisa M. Astanakulova[2], Sevara H. Alimova[2], Askar A. Zaithanov[2], Nodira T. Babadjanova[2]

[1]Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus
[2]Tashkent State Medical University, Tashkent, Republic of Uzbekistan

EVALUATION OF THE EFFICACY OF *ENTEROCOCCUS FAECALIS* BIOFILM ELIMINATION AT VARIOUS DEPTHS IN ROOT CANAL DENTIN DURING IRRIGATION WITH A MULTICOMPONENT HERBAL PREPARATION IN AN *IN VITRO* STUDY

Abstract. The aim of the study was to evaluate and compare the antibacterial efficacy of a multicomponent herbal preparation combined with sodium hypochlorite (NaOCl) against *Enterococcus faecalis* biofilms at various dentin depths in an *in vitro* study. The study used 210 single-rooted human mandibular premolars. All tested intracanal irrigation solutions demonstrated high antibacterial activity. Among the individual solutions, 3 % NaOCl and 2 % chlorhexidine (CHX) were the most effective. The combination of irrigation with 3 % NaOCl followed by ultrasonic activation of the studied herbal preparation was significantly more effective ($p \leq 0.05$) than 3 % NaOCl or 2 % CHX used alone.

Keywords: *Enterococcus faecalis*, dentin, root canals, herbal preparation, sodium hypochlorite, ultrasonic activation, *in vitro*

For citation: Rubnikovich S. P., Bekjanova O. Y., Furkatova S. F., Astanakulova M. M., Alimova S. H., Zaithanov A. A., Babadjanova N. T. Evaluation of the efficacy of *Enterococcus faecalis* biofilm elimination at various depths in root canal dentin during irrigation with a multicomponent herbal preparation in an *in vitro* study. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya medytsynskikh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Medical series*, 2026, vol. 23, no. 4, pp. 279–287 (in Russian). https://doi.org/10.29235/1814-6023-2026-23-4-279-287

Введение. Известно, что в низкой эффективности эндодонтического лечения решающую роль играют бактерии, при этом уровень бактериальной контаминации корневого канала коррелирует с тяжестью эндодонтического поражения [1–3]. Элиминация бактерий и органической ткани из корневого канала – важный залог успеха эндодонтического лечения, которое в основном ограничивается основным корневым каналом [4]. Дезинфекция дентина не всегда достижима только с помощью ирригантов из-за анатомической сложности корневого канала. Разветвления корневых каналов, перешейки, апикальные дельты и инфицированные дентинные канальцы остаются недоступными воздействию ирригантов. Микроорганизмы в дентинных канальцах способны к быстрому размножению, вплоть до достижения уровня исходной контаминации, что

чревато хронической эндодонтической инфекцией, глубокие слои дентина являются потенциальными рассадниками бактериальных биопленок.

Для элиминации остаточных микробов и создания условий, благоприятствующих регенерации периапикальных тканей, необходимо использование лекарственных препаратов, обладающих антимикробным, регенерирующим и антиоксидантным эффектами.

Ключевую роль в развитии перирадикулярных поражений после эндодонтического лечения играет персистирующий микроорганизм *Enterococcus faecalis.* Он обнаруживается в 22–77 % случаев хронических периапикальных поражений, способен выживать в корневом канале как в виде моноинфекции, так и как основной компонент бактериального симбиоза корневого канала. Благодаря способности к образованию биопленок *E. faecalis* выживает в условиях ограниченного питания и устойчив к таким факторам защиты организма, как фагоцитоз, антитела и антимикробные препараты [5].

Традиционными внутриканальными ирригантами являются гипохлорит натрия (NaOCl) и хлоргексидин (CHX). NaOCl – наиболее часто используемый ирригационный раствор при эндодонтическом лечении с широким спектром антимикробной активности и способностью растворять живые и некротические ткани. Механизм антимикробного действия обусловлен нейтрализацией аминокислот и хлорамированием, а растворение органического вещества – омылением продуктов распада липидов и жирных кислот.

CHX – бис-бигуанид, имеющий широкий спектр антимикробной активности против грамположительных и грамотрицательных микробов, высоко эффективный против эндодонтических патогенов, особенно *E. faecalis* [6].

Чтобы избежать осложнений, связанных с применением синтетических ирригантов, в качестве альтернативы или дополнения к традиционным ирригационным растворам для корневых каналов используются растительные препараты [7, 8], существенно повышающие эффективность NaOCl, которую можно улучшить путем применения альтернативных методов. С этой целью широко применяются фитопрепараты [9], за счет активных фитохимических соединений обладающие такими терапевтическими свойствами, как антибактериальное, противовоспалительное, противокариозное, противоналетное и цитостатическое. Растительные экстракты эффективны благодаря взаимодействию со специфическими рецепторами в организме, наиболее приемлемыми в качестве замены лекарственных препаратов, поскольку имеют меньше побочных эффектов и стоят дешевле.

Обычно используемые ирриганты (NaOCl и CHX) эффективны против *E. faecalis*, но имеют свои недостатки, такие как потенциальная токсичность NaOCl и отсутствие у CHX свойства растворения тканей [10].

Постоянное увеличение числа устойчивых к антибиотикам штаммов и побочных эффектов, вызываемых синтетическими препаратами, побудило исследователей искать растительные альтернативы [11].

Для повышения эффективности ирригационных растворов используется перемешивание.

Методы могут включать ручное перемешивание с помощью ручных инструментов или гуттаперчевых штифтов, механическое перемешивание с помощью пластиковых инструментов, а также звуковое и ультразвуковое перемешивание. Использование ультразвуковых активаторов для перемешивания 5,25%-го раствора NaOCl в канале, особенно в апикальной трети, повышает эффективность NaOCl.

Целью нехирургического эндодонтического лечения является удаление патогенных микроорганизмов из корневого канала, придание каналу соответствующей формы и его обтурация подходящим материалом. Однако полная дезинфекция не всегда достижима только с помощью инструментов из-за анатомической сложности корневого канала. Задержка микроорганизмов в дентинных канальцах приводит к стойкой эндодонтической инфекции. Таким образом, для удаления оставшихся микробов и создания благоприятной среды для восстановления периапикальных тканей необходимо применение внутриканальных лекарственных препаратов.

E. faecalis – это персистирующий микроорганизм, играющий важную роль в этиологии перирадикулярных поражений после эндодонтического лечения. Он обнаруживается в 22–77 % случаев неудачного эндодонтического лечения и способен выживать в корневом канале как в виде отдельного организма, так и в качестве основного компонента флоры. *E. faecalis* может суще-

ствовать в суровых условиях благодаря своей способности к образованию биопленок, что делает его более устойчивым к фагоцитозу, антителам и антимикробным препаратам.

На сегодняшний день в стоматологической литературе отсутствуют данные о дезинфекции дентинных канальцев экстрактами листьев шалфея, ромашки, календулы и можжевельника против *E. faecalis*, поэтому была предпринята попытка оценить их дезинфицирующие свойства в сравнении с другими внутриканальными лекарственными средствами, эффективность которых в дезинфекции дентинных канальцев подтверждена.

Материалы и методы исследования. *Подготовка образцов дентина.* В исследовании использована модель *in vitro* для изучения инфекции дентинных канальцев корневых каналов, первоначально описанная М. Хаапасало и Д. Орставиком (1987) и модифицированная И. Ассулином и др. (2001). Использованы 210 однокорневых премоляров нижней челюсти человека, свежеудаленных по ортодонтическим показаниям.

Корни премоляров стандартизовали до однородных размеров, для этого на уровне 6 мм средней трети корня ниже цементно-эмалевого соединения и апикальной части осуществляли декорнацию коронки зуба алмазным диском. С поверхности корня удаляли цемент. Корневой канал оставшегося зуба расширяли до диаметра 2,3 мм круглым бором ISO размера 023 с использованием низкоскоростного стоматологического наконечника. Для удаления органических и неорганических остатков образцы помещали в ультразвуковую ванну с 17%-м раствором ЭДТА на 5 мин, а затем – в 3%-й раствор NaOCl на 5 мин. Следы использованных химических веществ удаляли в ультразвуковой ванне с дистиллированной водой в течение 5 мин и стерилизовали в автоклаве при температуре 121 °С в течение 30 мин.

Контаминация образцов. В настоящем исследовании в качестве тестового организма использовался клинический изолят *E. faecalis*, выделенный у пациентов с хроническим апикальным периодонтитом и идентифицированный по морфологическим и культуральным признакам, устойчивый к 2 мг/мл стрептомицина. *E. faecalis* выращивали на триптоновом соевом агаре в течение 24 ч. Культуру суспендировали в 5 мл бульона TS и инкубировали в течение 4 ч при температуре 37 °С, после чего ее мутность доводили до стандарта МакФарланда 0,5. Каждый блок дентина помещали в предварительно стерилизованные микроцентрифужные пробирки, содержащие 1 мл бульона TS. В каждую микроцентрифужную пробирку переносили 50 мкл инокулята, в состав которого входил *E. faecalis*. По истечении 24 ч образцы дентина переносили в свежий бульон, содержащий *E. faecalis*, в ламинарную камеру. Чистоту культуры проверяли путем пересева 5 мкл бульона из инкубированных образцов дентина в бульоне TS на чашки с триптоновым соевым агаром.

Для имитации клинических условий и образования зрелой бактериальной пленки *E. faecalis* все образцы инкубировали во влажных условиях в течение 21 дня при температуре 37 °С.

Оценка антимикробной активности. По истечении 21 дня образцы промывали 5 мл стерильного физиологического раствора для удаления инкубационной среды и *E. faecalis* из просвета канала. Их разделили на 5 групп лечения (n = 10 блоков дентина):

группа I – физиологический раствор (отрицательный контроль);

группа II – 3%-й NaOCl и CHX);

группа III – 2%-й CHX;

группа IV – препарат «Спектам»;

группа V – 3%-й NaOCl + ультразвуковая активация препаратом «Спектам».

После ирригации дентинные фрагменты собирали на глубине 200 и 400 мкм с помощью сверл № 4 и 5 соответственно. Собранную дентинную стружку переносили в 1 мл стерильного бульона TS и инкубировали в аэробной среде при температуре 37 °С в течение 24 ч. Через 24 ч содержимое каждой пробирки последовательно разбавляли 100 мкл бульона в 100 мкл стерильного физиологического раствора 5 раз. Затем 50 мкл полученного разведения высевали на чашки Петри с агаром TS и инкубировали в течение 24 ч. Подсчитывали количество колоний и сводили результаты в таблицу.

Статистический анализ. Анализ данных проводился с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) и апостериорного метода Тьюки (HSD) с использованием программы SPSS v.16. Значение $p < 0{,}05$ считалось статистически значимым.

Результаты исследования. Все изученные внутриканальные ирригационные растворы продемонстрировали высокую антибактериальную активность (табл. 1) на глубине дентина 200 и 400 мкм.

Максимальная антибактериальная активность зарегистрирована у 3%-го NaOCl, за ним следовал 2%-й CHX, при этом статистически значимой разницы между ними не наблюдалось, тогда как со всеми остальными группами были значительные различия ($p < 0,05$) (табл. 1, 2).

Ингибирование роста *E. faecalis* на глубине 200 и 400 мкм было равномерным, и статистически значимой разницы не наблюдалось. На основании вышеизложенного была выявлена последовательность микробной эффективности различных лекарственных препаратов (табл. 2).

Таблица 1. **Контаминация дентина корневых каналов на глубине 200 и 400 мкм биопленкой *E. faecalis* (в lgКОЕ/мл) после обеззараживания сравниваемыми ирригантами**

Table 1. **Contamination of root canal dentin at depths of 200 and 400 μm with *E. faecalis* biofilm (log CFU/mL) after decontamination with the tested irrigants**

Статистический показатель	Ирригационный раствор					*F* – статистика; *p* – достоверность
	физиологический раствор (x1)	3%-й NaOCl (x2)	2%-й CHX (x3)	«Спектам» (x4)	3%-й NaOCl + «Спектам» (x5)	
Глубина дентина 200 мкм						*F* – 40,218; *p* – 2,398 e-14
M	7,8	3,3	3,8	5,7	2,9	
S	1,23	0,95	1,03	1,06	0,74	
±*m*	0,41	0,32	0,34	0,35	0,25	
Критерий Тьюки – Крамера	Средние значения сравниваемых пар ирригантов существенно различаются: x1–x2, x1–x3, x1–x4, x1–x5, x2–x4, x3–x4, x4–x5					
Глубина дентина 400 мкм						*F*– 43, 661; *p* – 6,106 e-15
M	7,0	3,1	3,7	5,5	2,7	
S	0,82	0,74	0,95	1,08	0,67	
±*m*	0,27	0,25	0,35	0,36	0,22	
Критерий Тьюки – Крамера	Средние значения сравниваемых пар ирригантов существенно различаются: x1–x2, x1–x3, x1–x4, x1–x5, x2–x4, x3–x4, x4–x5					

Примечание. *M* – средняя величина, *S* – стандартное отклонение, ±*m* – среднее квадратическое отклонение. Здесь и в табл. 2 x1 – группа 1, x2 – группа 2, x3 – группа 3, x4 – группа 4, x5 – группа 5.

Таблица 2. **Достоверность межгрупповых различий (*F*) по критерию Тьюки (HSD) деконтаминации дентина корневых каналов от биопленки *E. faecalis* после обеззараживания сравниваемыми ирригантами**

Table 2. **Significance of between-group differences (*F*) by Tukey's HSD test for root canal dentin decontamination from *E. faecalis* biofilm after irrigation with tested irrigants**

Группа	Глубина дентина							
	200 мкм				400 мкм			
	3%-й NaOCl (x2)	2%-й CHX (x3)	«Спектам» (x4)	3%-й NaOCl + «Спектам» (x5)	3%-й NaOCl (x2)	2%-й CHX (x3)	«Спектам» (x4)	3%-й NaOCl + «Спектам» (x5)
Физиологический раствор (x1)	4,5	4,0	2,1	4,9	3,9	3,3	1,5	4,3
3%-й NaOCl (x2)	0	0,5	2,4	0,4	0	0,6	2,4	0,4
2%-й CHX (x3)	0,5	0	1,9	0,9	0,6	0	2.4	1
3%-й NaOCl + «Спектам» (x5)	2,4	1,9	0	2,8	2,4	1,8	0	2,8

Обсуждение. *E. faecalis* – наиболее частый этиологический агент стойкой/вторичной внутриканальной инфекции, приводящей к неудаче эндодонтического лечения. Благодаря наличию таких ферментов, как сериновая протеаза, желатиназа и белок, связывающий коллаген, обеспечивающих интеграцию в дентин, *E. faecalis* способен проникать в дентинные канальцы после химико-механической обработки и внутриканального лечения, колонизировать канальцы и быть источником повторного инфицирования запломбированного корневого канала. Благодаря способности к длительному голоданию *E. faecalis* длительное время выживает в дентине и активно вегетирует при поступлении питания, приводя к повторному реинфицированию корневого канала и периапикальной зоны.

Для оценки эффективности эндодонтических препаратов в дезинфекции дентинных канальцев от *E. faecalis* была выбрана модифицированная модель *in vitro*, разработанная М. Хаапасало и Д. Орставиком (1987). Вместо традиционно используемых бычьих зубов в эксперименте использовались человеческие премоляры нижней челюсти, что отвечало клинической ситуации [12].

В серии экспериментальных исследований корневые каналы зубов подвергали стандартной инструментальной обработке с использованием 2%-го CHX и 3%-го NaOCl, фитопрепарата «Спектам» и 3%-го NaOCl с последующей ирригацией препаратом «Спектам». В качестве отрицательного контроля изучен физиологический раствор, который оказал наименьший антибактериальный эффект.

Условия исследований были стандартными, для повышения эффективности 3%-го NaOCl обычную ирригацию дополняли ультразвуковой обработкой корневого канала препаратом «Спектам» по принятой схеме. Длительность контакта исследовалась в течение 1 мин, поскольку продолжительность контакта менее 1 мин является недостаточной для уничтожения *E. faecalis* при использовании NaOCl или CHX.

Для оценки эффективности элиминации *E. faecalis* применен культуральный метод как наиболее надежный для обнаружения жизнеспособных бактерий [13].

Образцы корневого дентина исследовались на глубине 200 и 400 мкм [14]. Ингибирование роста *E. faecalis* при 200 и 400 мкм было равномерным, без статистически значимых различий, что соответствует такого рода исследованиям [15, 16].

В нашем исследовании 3%-й NaOCl и 2%-й CHX показали максимальное подавление *E. faecalis* на глубине 200 и 400 мкм.

Способность растворять органические ткани делает NaOCl важнейшим ирригационным раствором. NaOCl диссоциирует на хлорноватистую кислоту (HOCl) и ионы гипохлорита (OCl) [17], представляющие собой доступный свободный хлор, который при контакте с органическими веществами вызывает деградацию и гидролиз аминокислот, приводя к растворению тканей.

Известны противоречивые результаты эффективности NaOCl [18]. Несмотря антибактериальные свойства и способностью растворять ткани, его следует применять с осторожностью, чтобы избежать вредного воздействия из-за цитотоксичности и отрицательного действия на коллаген дентина [19, 20].

За счет положительного заряда CHX реагирует с отрицательно заряженной поверхностью микробной клетки, разрушая мембрану клетки, проникновение CHX в клетку приводит к утечке внутриклеточных компонентов и гибели клетки. Так как грамположительные бактерии имеют отрицательный заряд, они более чувствительны к этому агенту. CHX связывается с гидроксиапатитом эмали и дентина или с анионными группами гликопротеинов, за счет чего его антибактериальный эффект сохраняется длительное время [21]. Однако CHX не способен растворять ткани и удалять смазанный слой, он не является альтернативой NaOCl и EDTA в клинической практике [22].

Анализ влияния CHX и раствора NaOCl на послеоперационную боль, вызванную раздражением периапикальных тканей, показал отсутствие достоверных различий между этими ирригантами.

Эффективность ирригационных растворов можно повысить, применяя их в сочетании с фитопрепаратами или активированием с помощью различных методов перемешивания.

В этой связи интерес представляет препарат «Спектам» производства Республики Узбекистан. Он представляет собой комбинацию из экстрактов шалфея, можжевельника, ромашки и календулы, которые имеют противомикробное, антиоксидантное и антисептическое свойства. Важно то, что отдельные фитопрепараты, использованные в препарате «Спектам», уже применялись в эндодонтической практике против таких эндодонтических патогенов, как *E. faecalis* и *Candida albicans*.

Так, экстракт календулы обладает приемлемой антимикробной и противогрибковой активностью против указанных выше эндодонтических патогенов [23]; благоприятно влияет на сохранение костной ткани после удаления зуба [24].

Монотерпенты в составе можжевельника имеют антибактериальные и противогрибковые свойства, доказана эффективность терпеновых спиртов можжевельника против грамположительных и грамотрицательных бактерий, а также при уменьшении отеков за счет ингибирования циклооксигеназы-2 (COX-2), а способность можжевельника подавлять выработку интерферона определяет его противовоспалительную эффективность.

Экстракт ромашки богат такими антимикробными компонентами, как флавоноиды, полифенольные соединения, дубильные вещества и др. Экспериментально доказана его эффективность при удалении биопленки *E. faecalis* из корневых каналов. Он может быть перспективным

антимикробным средством для использования в качестве натурального эндодонтического ирригационного раствора [25]. В качестве альтернативного ирригационного раствора для корневых каналов может быть полезен этилацетатный экстракт ромашки аптечной – природное средство с антибактериальной активностью против *E. faecalis*. Кроме того, он показал многообещающие результаты в эндодонтическом лечении в сочетании с CHX при эрадикации *E. faecalis*.

Эфирные масла шалфея обладают противораковыми, противомикробными, антиоксидантными и антисептическими свойствами, что определило использование растительных экстрактов, содержащих *Salvia officinalis*, в качестве ирригационных растворов для корневых каналов, а также как кариес-статическое, противогрибковое средство и средство против образования зубного налета.

Химическая реакция между NaOCl и органическими тканями приводит к быстрому истощению активного хлора. А увеличение времени ирригации и обновление раствора увеличивают окислительный потенциал и разрушение дентина.

Для повышения активации ирриганта в настоящее время широко применяется пассивное ультразвуковое орошение (PUI), повышающее эффективность ирригации за счет генерации акустического потока и кавитации, что способствует лучшему проникновению в боковые каналы и дентинные канальцы и повышению клинической эффективности эндодонтической терапии.

В настоящем исследовании препарат «Спектам» показал наименьший антибактериальный потенциал дезинфекции дентинных канальцев. Уровень подавления внутридентинного *E. faecalis* уступал 3%-му NaOCl и 2%-му CHX, но достоверно превосходил физиологический раствор. Однако комбинация внутриканальной ирригации 3%-го NaOCl с последующей ультразвуковой обработкой препаратом «Спектам» показала достоверно ($p \leq 0{,}05$) более высокий эффект, превосходящий 3%-й NaOCl и 2%-й CHX. NaOCl и ультразвуковая активация оказывают синергетический и улучшающий эффект на дезинфекцию корневых каналов. Полученный результат согласуется с данными других исследований, доказавших, что ультразвуковая активация повышает качество лечения корневых каналов благодаря более эффективной очистке и дезинфекции по сравнению с другими методами.

В аналогичных исследованиях установлено, что механическое перемешивание фитопрепарата раствора алоэ вера пассивной ультразвуковой ирригацией (PUI) после 2,5%-го NaOCl повышает эффективность традиционной эндодонтической ирригации, восстанавливает коллапс коллагеновых волокон, вызванный хлорноватистой кислотой, свободным радикалом, выделяемым 2,5%-м раствором NaOCl, повышает биологическую активность и прочность сцепления и представляет альтернативу предварительной ирригации в эндодонтически обработанном дентине.

Заключение. При эндодонтическом лечении проникновение ирриганта в дентинные канальцы корневого канала улучшает дезинфекцию корневого канала и прогноз лечения, тем более учитывая то, что по меньшей мере 40 % корневых каналов не подвергаются инструментальной обработке, даже в случае циркулярных корневых каналов.

Для удаления бактерий со стенок корневого канала во время его обработки ирригант должен достичь большей части корневого канала, поскольку остаются необработанные участки. Использование ультразвука в эндодонтии оптимизировало лечение, улучшив доступ и очистку вторичных каналов, что привело к уменьшению внутриканальной обструкции, лучшей конфигурации и обтурации корневого канала.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список использованных источников

1. Efficacy of reciprocating and ultrasonic activation of 6% sodium hypochlorite in the reduction of microbial content and virulence factors in teeth with primary endodontic infection / E. Aveiro, V. M. Chiarelli-Neto, A. de-Jesus-Soares [et al.] // International Endodontic Journal. – 2020. – Vol. 53, N 5. – P. 604–618. https://doi.org/10.1111/iej.13261

2. The Impact of Chlorhexidine as an Endodontic Irrigant/Medicament on Post-Obturation Pain in Patients Following Endodontic Therapy: A Preliminary Bayesian Meta-Analysis / D. R. Brave, A. K. Langaliya, J. S. Rai [et al.] // Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences. – 2024. – Vol. 16, Suppl. 3. – P. S2935–S2937. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_284_24

3. Comparative Evaluation of Antimicrobial Efficacy of German Chamomile Extract, Tea Tree Oil and Chlorhexidine as Root Canal Irrigants against E-faecalis and Streptococcus Mutans – An *In Vitro* Study / D. Dalal, S. Kunte, V. T. Oblureddy,

A. K. Anjali // International Journal of Agriculture and Biosciences. – 2023. – Vol. 12, N 4. – P. 252–256. https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2023.072

4. Bayesian Hierarchical Modelling of Root Canal Morphology in Mandibular First Premolars Across 21 Countries / F. Pertek Hatipoğlu, G. Magat, M. I. Karobari [et al.] // International Endodontic Journal. – 2026. – Vol. 59, N 7. – P. 1613–1526. https://doi.org/10.1111/iej.70121

5. Aloe Vera as an Adjunct in Endodontic Irrigation: Impact on Dentin Bond Strength and Cytotoxicity / L. D. Galvani, E. A. F. Bordini, D. G. Soares [et al.] // Materials (Basel). – 2025. – Vol. 18, N 12. – Art. 2874. https://doi.org/10.3390/ma18122874

6. Antibacterial Effect of *Matricaria chamomilla* L. Extract Against *Enterococcus faecalis* / A. Kameri, A. Haziri, Z. Hashani [et al.] // Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry. – 2023. – Vol. 15. – P. 13–20. https://doi.org/10.2147/CCIDE.S399756

7. Antibacterial effect and smear layer removal ability of herbal intra-canal irrigants in primary teeth: an *ex-vivo* study / G. G. Allam, A. Badran, R. Mansour [et al.] // Brazilian Journal of Oral Sciences. – 2024. – Vol. 23. – Art. e245712 https://doi.org/10.20396/bjos.v23i00.8675712

8. Guneser, M. B. Antibacterial effect of chlorhexidine-cetrimide combination, *Salvia officinalis* plant extract and octenidine in comparison with conventional endodontic irrigants / M. B. Guneser, M. B. Akbulut, A. U. Eldeniz // Dental Materials Journal. – 2016. – Vol. 35, N 5. – P. 736–741. https://doi.org/10.4012/dmj.2015-159

9. Sreelakshmi, S. B. Modification and Methods to Improve the Efficiency of Sodium Hypochlorite as a Root Canal Irrigant / S. B. Sreelakshmi, K. Anjaneyulu, R. V. Geetha // Journal of Research in Medical and Dental Science. – 2020. – Vol. 8, N 7. – P. 308–317.

10. Post-operative pain after using sodium hypochlorite and chlorhexidine as irrigation solutions in endodontics: Systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials / C. M. Martins, N. E. da Silva Machado, B. V. Giopatto [et al.] // Indian Journal of Dental Research. – 2020. – Vol. 31. – P. 774–81. https://doi.org/10.4103/ijdr.IJDR_294_19

11. Essential Oils from Leaves of *Juniperus thurifera* L., Exhibiting Antioxidant, Antifungal and Antibacterial Activities against Antibiotic-Resistant Microbes / S. Lafraxo, A. El Barnossi, A. El Moussaoui [et al.] // Horticulturae. – Vol. 8, N 4. – Art. 321. https://doi.org/10.3390/horticulturae8040321

12. Ahmed, S. Sodium hypochlorite as an endodontic irrigant and its effect on dentine: a review of literature / S. Ahmed // South African Dental Journal. – 2024. – Vol. 78, N 10. – P. 521–525. https://doi.org/10.17159/sadj.v78i10.16545

13. Бекжанова, О. Е. Совершенствование дезинфекции латеральных микроканалов при эндодонтическом лечении зубов / О. Е. Бекжанова, Н. Ш. Абдулхакова, М. М. Астанакулова // Российский стоматологический журнал. – 2020. – Т. 24, № 6. – С. 364–368.

14. Gomes, B. P. F. A. Irrigants and irrigation activation systems in Endodontics / B. P. F. A. Gomes, E. Aveiro, A. Kishen // Brazilian Dental Journal. – 2023. – Vol. 34, N 4. – P. 1–33. https://doi.org/10.1590/0103-6440202305577

15. Disinfection of dentinal tubules with diclofenac sodium and N-Acetylcysteine compared with calcium hydroxide as intracanal medicaments against Enterococcus faecalis / A. Adl, M. Motamedifar, P. Malekzadeh, M. Sedigh-Shams // Australian Endodontic Journal. – 2022. – Vol. 48, N 3. – P. 386–391. https://doi.org/10.1111/aej.12575

16. Antibacterial and antibiofilm efficacy of green-synthesized silver nanoparticles coated with *Haloxylon* against *Enterococcus faecalis* / R. O. Alsuwaidi, P. Sekar, A. Elgamouz [et al.] // Australian Endodontic Journal. – Vol. 51, N 2. – P. 349–357. https://doi.org/10.1111/aej.12948

17. Effectiveness of Irrigation Protocols in Endodontic Therapy: An Umbrella Review / M. J. Orozco-Gallego, E. L. Pineda-Vélez, W. J. Rojas-Gutiérrez [et al.] // Dentistry Journal (Basel). – 2025. – Vol. 13, N 6. – Art. 273. https://doi.org/10.3390/dj13060273

18. Advances in the role of sodium hypochlorite irrigating solution in chemical preparation of root canals / C. Cai, X. Chen, Y. Li, Q. Jiang // BioMed Research International. – 2023. – Vol. 2023. – Art. 8858283. https://doi.org/10.1155/2023/8858283

19. Multinational cross-sectional study and meta-analysis on radicular grooves, C-shaped canals, and taurodontism in mandibular first premolars across 20 countries / F. Pertek Hatipoğlu, G. Magat, M. I. Karobari [et al.] // Scientific Reports. – 2025. – Vol. 15, N 1. – Art. 17974. https://doi.org/10.1038/s41598-025-02666-9

20. García-Torres, E. Sodium Hypochlorite in Endodontic Therapy: Immutable Hero or Imminent Threat? / E. García-Torres // ODOVTOS-International Journal of Dental Sciences. – 2025. – Vol. 27, N 1. – P. 12–15. https://doi.org/10.15517/ijds.2024.60339

21. The Interaction of Two Widely Used Endodontic Irrigants, Chlorhexidine and Sodium Hypochlorite, and Its Impact on the Disinfection Protocol during Root Canal Treatment / D. J. Drews, A. D. Nguyen, A. Diederich, C. R. Gernhardt // Antibiotics (Basel). – 2023. – Vol. 12, N 3. – Art. 589. https://doi.org/10.3390/antibiotics12030589

22. Expert consensus on irrigation and intracanal medication in root canal therapy / X. Zou, X. Zheng, Y. Liang [et al.] // International Journal of Oral Science. – 2024. – Vol. 16, N 1. – Art. 23. https://doi.org/10.1038/s41368-024-00280-5

23. Comparative Evaluation of *Calendula officinalis* and 2% Chlorhexidine against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* / S. M. J. Vinola, M. Sekar, S. K. Renganathan, S. Dhiraviam // Journal of Interdisciplinary Dentistry. – 2021. – Vol. 11, N 3. – P. 119–123. https://doi.org/10.4103/jid.jid_28_21

24. Action of *Calendula officinalis* essence on bone preservation after the extraction / L. K. Uribe-Fentanes, F. Soriano-Padilla, J. R. Pérez-Frutos, M. A. Veras-Hernández // Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social. – 2018. – Vol. 56, N 1. – P. 98–105.

25. Investigating the antibacterial effect of German chamomile flower extract as a root canal irrigation solution against *Enterococcus faecalis* biofilm: An *in vitro* study / A. S. Yaseen, A. F. Mahdee, G. Koller, S. Mohmmed // Journal of Baghdad College of Dentistry. – 2025. – Vol. 37, N 3. – P. 27–41. https://doi.org/10.26477/jbcd.v37i3.4023

References

1. Aveiro E., Chiarelli-Neto V. M., de-Jesus-Soares A., Zaia A. A., Ferraz C. C. R., Almeida J. F. A., Marciano M. A., Feres M., Gomes B. P. F. A. Efficacy of reciprocating and ultrasonic activation of 6% sodium hypochlorite in the reduction of microbial content and virulence factors in teeth with primary endodontic infection. *International Endodontic Journal*, 2020, vol. 53, no. 5, pp. 604–618. https://doi.org/10.1111/iej.13261

2. Brave D. R., Langaliya A. K., Rai J. S., Buch A., Mahendra M., Patel S. The impact of chlorhexidine as an endodontic irrigant/medicament on post-obturation pain in patients following endodontic therapy: a preliminary Bayesian meta-analysis. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 2024, vol. 16, suppl. 3, pp. S2935–S2937. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_284_24

3. Dalal D., Kunte S., Oblureddy V. T., Anjali A. K. Comparative Evaluation of Antimicrobial Efficacy of German Chamomile Extract, Tea Tree Oil and Chlorhexidine as Root Canal Irrigants against E-faecalis and Streptococcus Mutans – An *In Vitro* Study. *International Journal of Agriculture and Biosciences*, 2023, vol. 12, no. 4, pp. 252–256. https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2023.072

4. Pertek Hatipoğlu F., Magat G., Karobari M. I., Buchanan G. D., Kopbayeva M., Taha N. [et al.]. Bayesian Hierarchical Modelling of Root Canal Morphology in Mandibular First Premolars Across 21 Countries. *International Endodontic Journal*, 2026, vol. 59, no. 7, pp. 1613–1526. https://doi.org/10.1111/iej.70121

5. Galvani L. D., Bordini E. A. F., Soares D. G., Costa J. L. S. G., Verbicário J. R., Guastaldi F. P. S., Kuga M. C., Vaz L. G. Aloe Vera as an Adjunct in Endodontic Irrigation: Impact on Dentin Bond Strength and Cytotoxicity. *Materials (Basel)*, 2025, vol. 18, no. 12, art. 2874. https://doi.org/10.3390/ma18122874

6. Kameri A., Haziri A., Hashani Z., Dragidella A., Kurteshi K., Kurti A. Antibacterial Effect of *Matricaria chamomilla* L. Extract Against *Enterococcus faecalis*. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 2023, vol. 15, pp. 13–20. https://doi.org/10.2147/CCIDE.S399756

7. Allam G. G., Badran A., Mansour R., El Hady S., Elghazawy R. Antibacterial effect and smear layer removal ability of herbal intra-canal irrigants in primary teeth: an *ex-vivo* study. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 2024, vol. 23, art. e245712. https://doi.org/10.20396/bjos.v23i00.8675712

8. Guneser M. B., Akbulut M. B., Eldeniz A. U. Antibacterial effect of chlorhexidine-cetrimide combination, *Salvia officinalis* plant extract and octenidine in comparison with conventional endodontic irrigants. *Dental Materials Journal*, 2016, vol. 35, no. 5, pp. 736–741. https://doi.org/10.4012/dmj.2015-159.

9. Sreelakshmi S. B., Anjaneyulu K., Geetha R. V. Modification and Methods to Improve the Efficiency of Sodium Hypochlorite as a Root Canal Irrigant. *Journal of Research in Medical and Dental Science*, 2020, 8, vol. 7, pp. 308–317.

10. Martins C. M., da Silva Machado N. E., Giopatto B. V., de Souza Batista V. E., Marsicano J. A., Mori G. G. Postoperative pain after using sodium hypochlorite and chlorhexidine as irrigation solutions in endodontics: Systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *Indian Journal of Dental Research*, 2020, vol. 31, pp. 774–781. https://doi.org/10.4103/ijdr.IJDR_294_19

11. Lafraxo S., El Barnossi A., El Moussaoui A., Bourhia M., Salamatullah A. M., Alzahrani A., Ait Akka A., Choubbane A., Akhazzane M., Aboul-Soud M. A. M., Giesy J. P., Bari A. Essential Oils from Leaves of *Juniperus thurifera* L., Exhibiting Antioxidant, Antifungal and Antibacterial Activities against Antibiotic-Resistant Microbes. *Horticulturae*, 2022, vol. 8, no. 4, art. 321. https://doi.org/10.3390/horticulturae8040321

12. Ahmed S. Sodium hypochlorite as an endodontic irrigant and its effect on dentine: a review of literature. *South African Dental Journal*, 2024, vol. 78, no. 10, pp. 521–525. https://doi.org/10.17159/sadj.v78i10.16545

13. Bekzhanova O. E., Abdulkhakova N. Sh., Astanakulova M. M. Improving the disinfection of lateral microcanals in endodontic dental treatment. *Rossiiskii stomatologicheskii zhurnal = Russian Journal of Dentistry*, 2020, vol. 24, no. 6, pp. 364–368 (in Russian).

14. Gomes B. P. F. A., Aveiro E., Kishen A. Irrigants and irrigation activation systems in Endodontics. *Brazilian Dental Journal*, 2023, vol. 34, no. 4, pp. 1–33. https://doi.org/10.1590/0103-6440202305577

15. Adl A., Motamedifar M., Malekzadeh P., Sedigh-Shams M. Disinfection of dentinal tubules with diclofenac sodium and N-Acetylcysteine compared with calcium hydroxide as intracanal medicaments against Enterococcus faecalis. *Australian Endodontic Journal*, 2022, vol. 48, no. 3, art. 386–391. https://doi.org/10.1111/aej.12575

16. Alsuwaidi R. O., Sekar P., Elgamouz A., Patole S. P., Alatta A., Kishen A., Nagendrababu V. Antibacterial and antibiofilm efficacy of green-synthesized silver nanoparticles coated with *Haloxylon* against *Enterococcus faecalis*. *Australian Endodontic Journal*, 2025, vol. 51, no. 2, pp. 349–357. https://doi.org/10.1111/aej.12948

17. Orozco-Gallego M. J., Pineda-Vélez E. L., Rojas-Gutiérrez W. J., Rincón-Rodríguez M. L., Agudelo-Suárez A. A. Effectiveness of Irrigation Protocols in Endodontic Therapy: An Umbrella Review. *Dentistry Journal (Basel)*, 2025, vol. 13, no. 6, art. 273. https://doi.org/10.3390/dj13060273

18. Cai C., Chen X., Li Y., Jiang Q. Advances in the role of sodium hypochlorite irrigating solution in chemical preparation of root canals. *BioMed Research International*, 2023, vol. 2023, art. 8858283. https://doi.org/10.1155/2023/8858283

19. Pertek Hatipoğlu F., Magat G., Karobari M. I., Buchanan G. D., Kopbayeva M., Taha N. [et al.]. Multinational cross-sectional study and meta-analysis on radicular grooves, C-shaped canals, and taurodontism in mandibular first premolars across 20 countries. *Scientific Reports*, 2025, vol. 15, no. 1, art. 17974. https://doi.org/10.1038/s41598-025-02666-9

20. García-Torres E. Sodium Hypochlorite in Endodontic Therapy: Immutable Hero or Imminent Threat? *ODOVTOS-International Journal of Dental Sciences*, 2025, vol. 27, no. 1, pp. 12–15. https://doi.org/10.15517/ijds.2024.60339

21. Drews D. J., Nguyen A. D., Diederich A., Gernhardt C. R. The Interaction of Two Widely Used Endodontic Irrigants, Chlorhexidine and Sodium Hypochlorite, and Its Impact on the Disinfection Protocol during Root Canal Treatment. *Antibiotics (Basel)*, 2023, vol. 12, no. 3, art. 589. https://doi.org/10.3390/antibiotics12030589

22. Zou X., Zheng X., Liang Y., Zhang C., Fan B., Liang J. [et al.]. Expert consensus on irrigation and intracanal medication in root canal therapy. *International Journal of Oral Science*, 2024, vol. 16, no. 1, art. 23. https://doi.org/10.1038/s41368-024-00280-5

23. Vinola S. M. J., Sekar M., Renganathan S. K., Dhiraviam S. Comparative Evaluation of *Calendula officinalis* and 2% Chlorhexidine against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*. *Journal of Interdisciplinary Dentistry*, 2021, vol. 11, no. 3, pp. 119–123. https://doi.org/10.4103/jid.jid_28_21

24. Uribe-Fentanes L. K., Soriano-Padilla F., Pérez-Frutos J. R., Veras-Hernández M. A. Action of *Calendula officinalis* essence on bone preservation after the extraction. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 2018, vol. 56, no. 1, pp. 98–105.

25. Yaseen A. S., Mahdee A. F., Koller G., Mohmmed S. Investigating the antibacterial effect of German chamomile flower extract as a root canal irrigation solution against *Enterococcus faecalis* biofilm: An *in vitro* study. *Journal of Baghdad College of Dentistry*, 2025, vol. 37, no. 3, pp. 27–41. https://doi.org/10.26477/jbcd.v37i3.4023

Информация об авторах

Рубникович Сергей Петрович – член-корреспондент, д-р мед. наук, профессор, ректор. Белорусский государственный медицинский университет (пр. Дзержинского, 83, 220083, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: rubnikovich@mail.ru. https://orcid.org/0000-0002-7450-3757

Бекжанова Ольга Есеновна – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой. Ташкентский государственный медицинский университет (ул. Фараби, 2, 100109, г. Ташкент, Республика Узбекистан). E-mail: bekjanovaolga@mail.ru. https://orcid.org/0000-0002-1686-1820

Фуркатова Саодат Фуркатовна – ассистент. Ташкентский государственный медицинский университет (ул. Фараби, 2, 100109, г. Ташкент, Республика Узбекистан). E-mail: sadulechka96@mail.ru. https://orcid.org/0009-0009-6734-0847

Астанакулова Муниса Мирзаевна – канд. мед. наук, доцент. Ташкентский государственный медицинский университет (ул. Фараби, 2, 100109, г. Ташкент, Республика Узбекистан). E-mail: munisa.suyunova@mail.ru. https://orcid.org/0009-0000-9979-4821

Алимова Севара Хаитматовна – канд. мед. наук, доцент. Ташкентский государственный медицинский университет (ул. Фараби, 2, 100109, г. Ташкент, Республика Узбекистан). E-mail: alimovasevara217@gmail.com. https://orcid.org/0009-0009-8516-172X

Заитханов Аскар Анварович – канд. мед. наук, доцент. Ташкентский государственный медицинский университет (ул. Фараби, 2, 100109, г. Ташкент, Республика Узбекистан). E-mail: azqarzaithanov@gmail.com. https://orcid.org/0009-0007-7640-7690

Бабаджанова Нодира Таировна – канд. мед. наук, ассистент. Ташкентский государственный медицинский университет (ул. Фараби, 2, 100109, г. Ташкент, Республика Узбекистан). E-mail: babadjanovanodira9@gmail.com. https://orcid.org/0009-0002-2890-0978

Information about the authors

Sergey P. Rubnikovich – Corresponding Member, D. Sc. (Med.), Professor, Rector. Belarusian State Medical University (83, Dzerzhinski Ave., 220083, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: rubnikovich@mail.ru. https://orcid.org/0000-0002-7450-3757

Olga Y. Bekjanova – D. Sc. (Med.), Professor, Head of the Department. Tashkent State Medical University (2, Farabi Str., 100109, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: bekjanovaolga@mail.ru. https://orcid.org/0000-0002-1686-1820

Saodat F. Furkatova – Assistant Lecturer. Tashkent State Medical University (2, Farabi Str., 100109, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: sadulechka96@mail.ru. https://orcid.org/0009-0009-6734-0847

Munisa M. Astanakulova – Ph. D. (Med.), Associate Professor. Tashkent State Medical University (2, Farabi Str., 100109, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: munisa.suyunova@mail.ru. https://orcid.org/0009-0000-9979-4821

Sevara H. Alimova – Ph. D. (Med.), Associate Professor. Tashkent State Medical University (2, Farabi Str., 100109, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: alimovasevara217@gmail.com. https://orcid.org/0009-0009-8516-172X

Askar A. Zaithanov – Ph. D. (Med.), Associate Professor. Tashkent State Medical University (2, Farabi Str., 100109, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: azqarzaithanov@gmail.com. https://orcid.org/0009-0007-7640-7690

Nodira T. Babadjanova – Ph. D. (Med.), Assistant Lecturer. Tashkent State Medical University (2, Farabi Str., 100109, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: babadjanovanodira9@gmail.com. https://orcid.org/0009-0002-2890-0978