

DOI: 10.18481/2077-7566-2018-15-1-57-62  
УДК: 616.314.163-08

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ И ЗВУКОВЫХ МЕТОДОВ АКТИВАЦИИ ИРРИГАЦИОННОГО РАСТВОРА В КОРНЕВЫХ КАНАЛАХ С ПРОСТОЙ И СЛОЖНОЙ АНАТОМИЕЙ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

Сорокоумова Д. В.<sup>1</sup>, Григорьев С. С.<sup>1</sup>, Лаптева К. А.<sup>1</sup>, Шабалина Д. С.<sup>1</sup>,  
Киселева Д. В.<sup>2</sup>, Шагалов Е. С.<sup>2</sup>, Леонова Л. В.<sup>2</sup>

- 1 ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Екатеринбург, Россия
- 2 ФГБУН Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

### Аннотация

**Предмет.** Проблема повышения эффективности эндодонтического лечения является актуальной до настоящего времени. К решающим факторам, влияющим на его качество, относятся механическая обработка, ирригация и пломбирование корневых каналов. Механическая обработка корневых каналов не позволяет удалить смазанный слой, поэтому неотъемлемой частью эндодонтического лечения является ирригация корневого канала.

**Цель** — выбрать оптимальный способ активации ирригационных растворов для удаления смазанного слоя в корневых каналах со сложной анатомией.

**Методология.** Проведено исследование 30 интактных моляров, удаленных по медицинским показаниям. Активацию ирригационного раствора проводили звуковым аппаратом EndoActivator и ультразвуковым файлом IRR1 K на аппарате VDW. ULTRA в корневых каналах с простой и сложной анатомией. Объектом исследования явилась внутренняя стенка корневого канала со смазанным слоем на поверхности дентина корня. Исследование образцов проводили с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-6390LV.

**Результаты.** При механической обработке на внутренней стенке корневых каналов на поверхности дентина образуется смазанный слой. Изучение образцов с простой анатомией корневых каналов и активацией ирригационных растворов выявило, что смазанный слой удаляется на всем протяжении. При изучении образцов зубов со сложной анатомией корневых каналов определены частично открытые дентинные канальца при активации растворов ультразвуковым или звуковым методом и полностью открытые при активации ирригационного раствора комбинированным методом.

**Выводы.** Проведение активации растворов в корневых каналах с простой анатомией на этапе финишной ирригации одинаково эффективно как ультразвуковыми, так и звуковыми методами. Применение на этапе финишной ирригации звукового метода активации в зубах со сложной анатомией корневых каналов позволяет удалять больше смазанного слоя, чем ультразвуковая активация. С целью повышения эффективности очищения корневого канала в зубах со сложной анатомией целесообразно сочетанное использование звуковых и ультразвуковых методов.

**Ключевые слова:** ультразвуковая активация, звуковая активация, простая и сложная анатомия корневых каналов, комбинированный метод активации

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflict of interest.

---

### Адрес для переписки:

Ксения Алексеевна ЛАПТЕВА  
620109, г. Екатеринбург, ул. Токарей, д. 29а  
Тел.: 89827468157  
ksenya.lapteva.96@mail.ru

### Образец цитирования:

Сорокоумова Д. В., Григорьев С. С., Лаптева К. А., Шабалина Д. С.,  
Киселева Д. В., Шагалов Е. С., Леонова Л. В.  
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ  
И ЗВУКОВЫХ МЕТОДОВ АКТИВАЦИИ ИРРИГАЦИОННОГО  
РАСТВОРА В КОРНЕВЫХ КАНАЛАХ С ПРОСТОЙ И СЛОЖНОЙ  
АНАТОМИЕЙ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)  
Проблемы стоматологии, 2019, т. 15, № 1, стр. 57-62  
© Сорокоумова Д. В. и др. 2019  
DOI: 10.18481/2077-7566-2018-15-1-57-62

---

### Correspondence address:

Ksenia A. LAPTEVA  
620109, Ekaterinburg, Tokarey str., 29A  
Phone: 89827468157  
ksenya.lapteva.96@mail.ru

### For citation:

Sorokoumova D. V., Grigoryev S. S., Lapteva K. A., Shabalina D. S.,  
Kiseleva D. V., Shagalov E. S., Leonova L. V.  
COMPARATIVE ASSESSMENT OF EFFICIENCY ULTRASONIC AND  
SOUND METHODS OF ACTIVATION IRRIGATIONAL SOLUTION IN ROOT  
CHANNELS WITH SIMPLE AND DIFFICULT ANATOMY (PILOT STUDY)  
Actual problems in dentistry, 2019, vol. 15, № 1, pp. 57-62  
© Sorokoumova D. V. et al. 2019  
DOI: 10.18481/2077-7566-2018-15-1-57-62

DOI: 10.18481/2077-7566-2018-15-1-57-62

## COMPARATIVE ASSESSMENT OF EFFICIENCY ULTRASONIC AND SOUND METHODS OF ACTIVATION IRRIGATIONAL SOLUTION IN ROOT CHANNELS WITH SIMPLE AND DIFFICULT ANATOMY (PILOT STUDY)

Sorokoumova D.V.<sup>1</sup>, Grigoryev S.S.<sup>1</sup>, Lapteva K.A.<sup>1</sup>, Shabalina D.S.<sup>1</sup>,  
Kiseleva D.V.<sup>1</sup>, Shagalov E.S.<sup>2</sup>, Leonova L.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ural state medical University, Yekaterinburg, Russian

<sup>2</sup> Institute of Geology and Geomineralogy of the Ural Branch of Russian Academy of Science, Ekaterinburg, Russian

### Abstract

**Background.** The problem of increase in efficiency of endodontic treatment is relevant nowadays. Treat the decisive factors affecting quality of endodontic treatment: machining, irrigation and sealing of root channels. Machining of root channels does not allow to remove the greased layer. So an integral part of endodontic treatment is the irrigation of the root channel.

**Objectives** — to choose an optimum way of activation of irrigational solutions for removal of the greased layer in root channels with difficult anatomy.

**Methodology.** The research of 30 intact painters removed on medical indications is conducted. Activation of irrigational solution was carried out by a sound the device EndoActivator and the ultrasonic IRRRI K file on the device VDW. ULTRA. in root channels with simple and difficult anatomy. An object of a research was the internal wall of the root channel with the greased layer on the surface of dentine of the root. The research of samples was conducted by means of the scanning electronic microscope of JSM-6390LV.

**Results.** When machining on an internal wall of root channels on the surface of dentine the greased layer is formed. Studying of samples with simple anatomy of root channels and activation of irrigational solutions revealed that the greased layer is removed throughout. When studying samples of teeth with difficult anatomy of root channels, it is determined, partially open dentin a tubule at activation of solutions ultrasonic or sound by methods, and completely open dentin a tubule at activation of irrigational solution by the combined method.

**Conclusions.** Carrying out activation of solutions in root channels with simple anatomy at a stage of a finishing irrigation is identical effectively as by ultrasonic, and sound methods. Application at a stage of a finishing irrigation of a sound method of activation in teeth with difficult anatomy of root channels allows to delete more than the greased layer, than ultrasonic activation. For the purpose of increase in efficiency of clarification of the root channel in teeth with difficult anatomy expediently combined use of sound and ultrasonic methods.

**Keywords:** *ultrasonic activation, sound activation, simple and difficult anatomy of root channels, the combined activation method*

### Введение

Необходимость повышения эффективности эндодонтического лечения является актуальной до настоящего времени в связи с тем, что распространенность осложненного кариеса не имеет тенденции к снижению и составляет, по данным литературы, 93,18% [1, 9]. Наиболее решающими факторами, влияющими на эффективность эндодонтического лечения, являются механическая обработка, ирригация и пломбирование корневых каналов [6—10, 12, 14, 15, 20, 22].

Применяя только механическую обработку, невозможно качественно очистить корневой канал из-за его сложной анатомии. По данным литературы, в процессе механической обработки обрабатывается лишь часть канала и остаются необработанными до 40—65% его поверхности [4, 5, 9, 10, 14, 16, 17, 21]. Поэтому неотъемлемой частью эндодонтического лечения является ирригация корневого канала.

Традиционным методом ирригации корневого канала является использование эндодонтического шприца, однако данный метод не позволяет произвести качественную ирригацию. Это обусловлено тем, что корневые каналы имеют сложную анатомию, существует система

латеральных ответвлений, анастомозов и перемычек. Кроме того, ирригационный раствор проникает в канал всего на 1 мм глубже кончика иглы эндодонтического шприца. Поэтому для улучшения очищения корневого канала необходима активация, которая изменяет гидродинамические свойства раствора и он проникает даже в его труднодоступные участки [2, 9, 10, 22, 24, 26]. С этой целью на этапе финишной ирригации рекомендовано применение ультразвуковых и звуковых методов, которые благодаря своему механизму действия позволяют значительно улучшить эффективность очищения стенок корневого канала [6, 14—16, 19, 24].

Механизм действия ультразвука основан на эффектах кавитации и микростриминга. Эффект кавитации обеспечивает образование в жидкости полостей, заполненных газом, паром или их смесью, следствием микростриминга является устойчивая однонаправленная циркуляция жидкости вблизи небольшого вибрирующего объекта с возникновением вихревых токов, самые быстрые из которых наблюдаются у верхушки ультразвуковой насадки [3].

Звуковая активация основана на гидродинамической активации ирригационного раствора, что усили-

вает проникновение, циркуляцию и текучесть ирриганта в труднодоступные зоны системы корневых каналов [2, 4, 9, 23, 25, 26].

В отличие от ультразвуковой активации звуковые системы генерируют колебания меньшей частоты, но большей амплитуды [2, 19, 25].

При использовании ультразвуковых насадок необходимо учитывать, что ультразвуковой файл должен совершать свободные движения в растворе, не находясь в контакте со стенками корневого канала. При блокировке файла в изогнутом корневом канале происходит перенос ультразвуковых колебаний кончика в дентинную стенку, что может приводить к повреждению и образованию уступов, а также ослаблению тканей зуба [3, 19, 25]. В отличие от ультразвуковых насадок точечный контакт звуковой насадки со стенкой корневого канала фактически не влияет на эффективность ее работы.

Однако остается не выясненным вопрос о сравнительной эффективности ультразвукового и звукового методов активации в корневых каналах со сложной анатомией.

**Цель** — выбрать оптимальный способ активации ирригационных растворов для удаления смазанного слоя в корневых каналах со сложной анатомией.

## Материалы и методы

Исследование проводилось на кафедре терапевтической стоматологии и пропедевтики стоматологических заболеваний УГМУ и в ЦКП «Геоаналитик», Институт геологии и геохимии УрО РАН. В работе были использованы 30 интактных зубов, удаленных по медицинским показаниям. Групповая принадлежность — моляры. После удаления зуба очищали от фрагментов периодонтальной связки и погружали в 0,5% раствор хлорамина для дезинфекции на 7 дней, после чего хранили в физиологическом растворе в холодильнике при температуре около 4 °С. Для подготовки зубов к дальнейшему исследованию был создан эндодонтический доступ, сформирована ковровая дорожка с использованием инструментов PATHFILE и PROGLIDER на эндодонтическом моторе с постоянной скоростью вращения 300 оборотов в минуту (X-Smartplus) и проведена механическая обработка корневых каналов вращающимися инструментами Protaper Next по методике «Crowndown».

Все исследуемые образцы были разделены на 6 групп.

1. Корневые каналы 1 группы подвергались медикаментозной обработке 3% раствором гипохлорита натрия без активации.

2. В зубах 2 группы в исследуемых образцах корневые каналы выбраны с простой анатомией. На этапе финишной ирригации проводилась акти-

вация 3% раствора гипохлорита натрия звуковым методом.

3. В зубах 3 группы корневые каналы выбраны с простой анатомией, на финишном этапе ирригации проводилась активация 3% раствора гипохлорита натрия ультразвуковым методом.

4. В зубах 4 группы каналы были со сложной анатомией. Активация 3% раствора гипохлорита натрия проводилась звуковым методом.

5. В 5 группе осуществлялась медикаментозная обработка с активацией 3% раствора гипохлорита натрия ультразвуком в корневых каналах со сложной анатомией.

6. В 6 группе (каналы со сложной анатомией) использовали комбинированный способ активации.

Ультразвуковая активация проводилась ультразвуковым файлом IRRI K (длина 21 мм ISO 15), введенным на 2 мм короче рабочей длины, на аппарате VDW. ULTRA. Раствор озвучивался 3 раза по 20 секунд с обновлением ирриганта.

Звуковая активация осуществлялась аппаратом EndoActivator (Dentsply Maillefer, Швейцария) со скоростью 10000 циклов в минуту, насадкой 25 размера, конусностью 0.4, устанавливаемой на 2 мм короче рабочей длины, и длилась в течение 1 минуты.

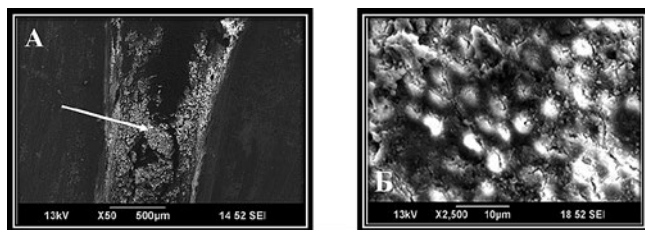
Подготовленные зубы распиливали вдоль продольной оси зуба с помощью сепарационного диска. Далее проводили исследование образцов с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-6390LV (JEOL) с энергодисперсионной приставкой INCA Energy 450 X-Max 80 и EBSD-приставкой Nordlys Nano Oxford Instruments: съемка микрообъектов. Ускоряющее напряжение 20 кВ. Шлифы зубов напылены углеродом в напылительной установке Q150T ES (Quorum Technologies). Обработка некоторых микрофотографий проведена с использованием пакета Helicon Focus.

Объектом исследования явилась внутренняя стенка корневого канала со смазанным слоем на поверхности дентина корня.

Оценку эффективности удаления смазанного слоя проводили на полученных микрофотографиях по шкале [5]: 0 баллов — отсутствие смазанного слоя, на единице площади определяется максимальное число открытых дентинных канальцев, 1 балл — незначительное количество смазанного слоя, множественное открытие дентинных канальцев, 2 балла — большое количество смазанного слоя, открытые дентинные канальцы отсутствуют. Оценка эффективности удаления смазанного слоя была проведена в устьевой, центральной и апикальной частях корневого канала.

## Результаты исследования и их обсуждение

По результатам электронно-микроскопического исследования мы получили подтверждение, что стенка корневого канала зуба после механической



A B

Рис. 1. А — срез средней трети корневого канала после механической обработки. Канал на всем его протяжении покрыт большим количеством смазанного слоя. Увеличение  $\times 50$ ; В — участок средней трети стенки корневого канала после механической обработки. Дентин покрыт смазанным слоем. Все дентинные канальца закрыты. Увеличение  $\times 2500$

Fig. 1. A — cut of an average third of the root channel after machining. The channel on all its extent is covered with a large number of the greased layer. Increase  $\times 50$ ; B — a part of an average third of a wall of the root channel after machining. Dentine is covered with the greased layer. All dentin tubules are closed. Increase  $\times 2500$

обработки покрыта большим количеством смазанного слоя на всем его протяжении, что соответствует по шкале 2 баллам (рис. 1А, Б).

По данным электронно-микроскопического исследования корневых каналов, обработанных гипохлоритом натрия 3% без активации, наблюдается наличие смазанного слоя, но при этом некоторые дентинные канальцы открыты (около 30%) (рис. 2).

При микроскопическом исследовании образцов 2 группы с простой анатомией корневых каналов, где проводилась активация 3% раствора гипохлорита натрия звуковым методом, отмечены отсутствие смазанного слоя и множественное открытие дентинных канальцев, что соответствует 0 баллам по шкале (рис. 3).

При оценке внутренней стенки корневого канала в группе, где активация ирригационных растворов проводилась ультразвуковым методом в зубах с простой анатомией, мы также обнаружили отсутствие смазанного слоя, множественное открытие дентинных канальцев, что соответствует 0 баллам по шкале (рис. 4).

При исследовании образцов со сложной анатомией корневых каналов (4 и 5 группы), где активация растворов проводилась звуковым и ультразвуковым методами соответственно, в средней трети наблюдались частично покрытые смазанным слоем дентинные канальца, что по шкале соответствует 1 баллу. Следует отметить, что использование звуковой насадки (рис. 5) в сравнении с ультразвуковым методом активации (рис. 6) способствовало удалению значительной части смазанного слоя, покрывающего дентинные канальцы.

Изучение образцов зубов со сложной анатомией корневых каналов, где на этапе финишной ирригации применялось сочетание звукового и ультразвукового методов активации, выявило отсутствие смазанного слоя на единице площади и максимальное число

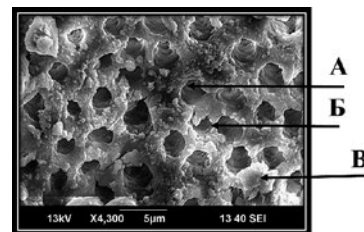


Рис. 2. Поверхность дентина средней трети корневого канала. Пассивная обработка 3% раствором гипохлорита натрия: А — открытый дентинный каналец; Б — частично открытый дентинный каналец; В — закрытый дентинный каналец. Увеличение  $\times 4300$

Fig. 2. Surface of dentine of an average third of the root channel. Passive processing of 3% sodium hypochlorite: A — an open dentin tubule; B — partially open dentin tubule; V — the closed dentin tubule. Increase  $\times 4300$

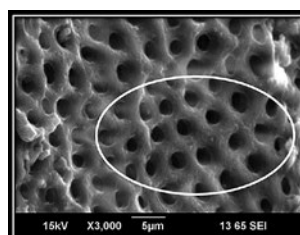


Рис. 3. Поверхность дентина средней трети прямого корневого канала. Ирригация 3% раствором гипохлорита натрия с активацией звуковым методом. Увеличение  $\times 3000$

Fig. 3. Surface of dentine of an average third of the direct root channel. An irrigation of 3% sodium hypochlorite solution with activation by a sound method. Increase  $\times 3000$

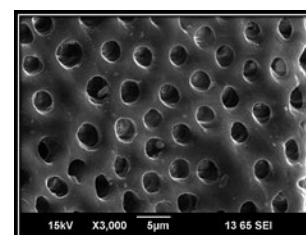


Рис. 4. Поверхность дентина средней трети прямого корневого канала. Ирригация 3% раствором гипохлорита натрия с активацией ультразвуковым методом. Увеличение  $\times 3000$

Fig. 4. Surface of dentine of an average third of the direct root channel. An irrigation of 3% sodium hypochlorite solution with activation by an ultrasonic method. Increase  $\times 3000$

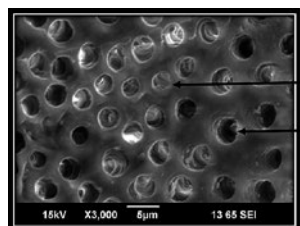


Рис. 5. Поверхность дентина средней трети искривленного корневого канала. Ирригация 3% раствором гипохлорита натрия с активацией звуковым методом: А — закрытый латеральный каналец; Б — открытый латеральный каналец. Увеличение  $\times 3000$

Fig. 5. The surface of dentine of an average third of the bent root channel. An irrigation of 3% sodium hypochlorite solution with activation by a sound method: A — the closed lateral tubule; B — an open lateral tubule. Increase  $\times 3000$

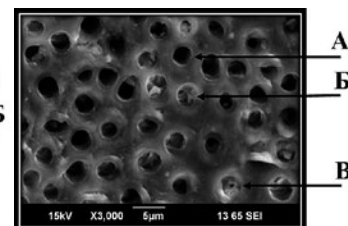


Рис. 6. Поверхность дентина средней трети искривленного корневого канала. Ирригации 3% раствором гипохлорита натрия с активацией ультразвуковым методом: А — открытый дентинный каналец; Б — частично закрытый дентинный каналец; В — закрытый дентинный каналец. Увеличение  $\times 3000$

Fig. 6. The surface of dentine of an average third of the bent root channel. Irrigations of 3% sodium hypochlorite solution with activation by an ultrasonic method: A — an open dentin tubule; B — partially closed dentin tubule; V — are closed a dentin tubule. Increase  $\times 3000$

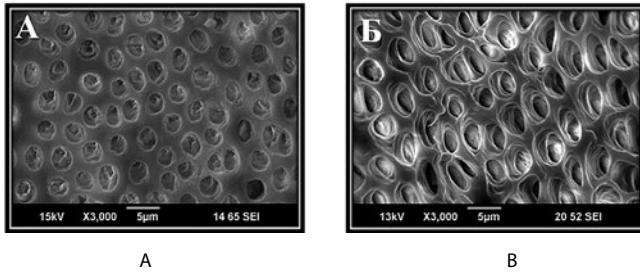


Рис. 7. А — поверхность дентина средней трети искривленного корневого канала. Ирригация 3% раствором гипохлорита натрия с активацией ультразвуковым и звуковым методами. Увеличение × 3000; В — поверхность дентина средней трети искривленного корневого канала. Ирригация 3% раствором гипохлорита натрия с активацией комбинированным методом. Увеличение × 3000

Fig. 7. A — surface of dentine of an average third of the bent root canal. An irrigation of 3% sodium hypochlorite solution with activation ultrasonic and sound by methods. Increase × 3000; B — surface of dentine of average third of the bent root canal. An irrigation of 3% sodium hypochlorite solution with activation by the combined method. Increase × 3000

открытых дентинных канальцев, что соответствует 0 баллам по шкале (рис. 7).

Комбинированный метод ирригации корневых каналов со сложной анатомией показал наилучшие

результаты. Это можно объяснить эффективностью работы аппарата EndoActivator в искривленной части канала, а ультразвуковой насадки — в верхней трети, что обусловлено амплитудой их колебательных движений (ультразвуковая насадка мощнее и лучше очищает более широкую часть канала. В свою очередь, звуковая, имея мощность меньше, эффективна в узкой части корневого канала, куда действие ультразвука не распространяется).

## Выводы

Проведение активации растворов в корневых каналах с простой анатомией на этапе финишной ирригации одинаково эффективно как ультразвуковыми, так и звуковыми методами. Применение на этапе финишной ирригации звукового метода активации ирригационного раствора в зубах со сложной анатомией корневых каналов позволяет в большей степени удалять смазанный слой, чем ультразвуковая активация. С целью повышения эффективности очищения корневого канала в зубах со сложной анатомией целесообразно сочетанное использование звуковых и ультразвуковых методов.

## Литература

1. Березин, К. А. Особенности лечения корневых каналов сложной конфигурации / К. А. Березин, С. Л. Блашкова, Е. Ю. Старцева // *Фундаментальные исследования*. — 2013. — № 9. — С. 8–9.
2. Гатина, Э. Н. Современные возможности ирригации корневых каналов / Э. Н. Гатина, Г. Р. Егорова, Ю. В. Фазылова // *Молодой ученый*. — 2015. — № 11. — С. 631–635.
3. Геранин, С. Активация ирригационных растворов в эндодонтической практике / С. Геранин // *ДентАрт*. — 2013. — № 1. — С. 45–54.
4. Оптимизация методов эндодонтического лечения. Выбор ирригационных растворов / Л. А. Дмитриева, А. В. Митронин, Н. И. Помещикова, Н. А. Собкина // *ЭндодонтияToday*. — 2014. — № 2. — С. 22–24.
5. Образование смазанного слоя при работе ручными и машинными инструментами, современный протокол ирригации / К. А. Лаптева, Д. С. Шабалина, Д. В. Сорокоумова, Д. В. Киселева, И. А. Готтман // *Материалы IV Международного симпозиума «Актуальные проблемы стоматологии»*. — 2018. — С. 42–44.
6. Рабинович, И. М. Опыт применения высоких технологий в эндодонтии / И. М. Рабинович, И. В. Корнетова / И. М. Рабинович // *ЭндодонтияToday*. — 2013. — № 2. — С. 12–17.
7. Изучение структуры стенки корневых каналов послефтодинамического воздействия / И. М. Рабинович, И. И. Бабиченко, А. В. Васильев, С. А. Голубева, К. Е. Захарова // *Стоматология*. — 2018. — № 1. — С. 16–21.
8. Рикуччи, Д. Эндодонтология. Клинико-биологические аспекты / Д. Рикуччи, Ж. Сикейра. — Москва: Азбука, 2015. — 415 с.
9. Оценка эффективности применения различных протоколов удаления смазанного слоя на этапе финишной ирригации корневого канала / Д. В. Сорокоумова, К. А. Лаптева, Д. С. Шабалина, Д. В. Киселева, И. А. Готтман // *Вестник уральской медицинской академической науки*. — 2018. — Т. 15, № 5. — С. 677–684.
10. Сравнительная оценка эффективности применения растворов этилендиаминтетракусной кислоты и лимонной кислоты на этапе финишной ирригации / Д. В. Сорокоумова, К. А. Лаптева, Д. С. Шабалина, Д. В. Киселева, И. А. Готтман // *Медицина, наука и образование*. — 2018. — С. 144–146.
11. Царев, В. Н. Применение сканирующей электронной микроскопии и биореактора для оценки эрадикации микробной биопленки корневых каналов при эндодонтическом лечении / В. Н. Царев, М. С. Подпорин, Е. В. Ипполитов // *Клиническая лабораторная диагностика*. — 2017. — № 62 (8). — С. 506–511.
12. An in vitro evaluation of the degree of pulp tissue dissolution through different root canal irrigation protocols / M. Amato, G. Pantaleo, D. Abtlatif, A. Blasi, M. Gagliani, A. Iandolo // *Journal Conserv Dent*. — 2018. — Vol. 21 (2). — P. 175–179.
13. Ultrasonic Irrigation Activation during Root Canal Treatment: A Systematic Review / P. E. Caputa, A. Retas, L. Kuijk, L. E. Chávez de Paz, C. Boutsoukis // *Journal of Endodontics*. — 2019. — Vol. 45 (1). — P. 31–44.
14. Efficacy of Different Irrigation and Activation Systems on the Penetration of Sodium Hypochlorite into Simulated Lateral Canals and up to Working Length: An In Vitro Study / C. De Gregorio, R. Estevez, R. Cisneros, A. Paranjpe, N. Cohenca // *Journal of Endodontics*. — 2010. — Vol. 36 (7). — P. 1216–1221.
15. Removal of Calcium Hydroxide from Artificial Grooves in Straight Root Canals: Sonic Activation Using EDDY Versus Passive Ultrasonic Irrigation and XPenDo Finisher / D. Donnermeyer, H. Wyrsh, S. Burklein, E. Schafer // *Journal of Endodontics*. — 2019. — Vol. 45 (3). — P. 322–326.
16. Elnaghy, A. Effectiveness of XPenDo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study / A. Elnaghy, A. Mandorah, S. Elsaka // *Odontology*. — 2017. — Vol. 105. — P. 178–183.
17. Influence of the EndoActivator Irrigation System on Dental Tubule Penetration of a Novel Tricalcium Silicate-Based Sealer / R. El Hachem, G. Le Brun, B. Le Jeune, F. Pellen, I. Khalil, M. Abboud // *Dentistry Journal*. — 2018. — Vol. 6 (3). — P. 45.
18. Irrigation in Endodontics / M. Naapasalo, Y. Shen, W. Qian, Y. Gao // *Dental Clinics of North America*. — 2010. — Vol. 54. — P. 291–312.
19. Effectiveness of different activated irrigation techniques on debris and smear layer removal from curved root canals: a SEM / F. Haupt, M. Meinel, A. Gunawardana, M. Huls-mann // *Australian Endodontic Journal*. — 2019.
20. Smear Layer Removal Efficacy Using EndoActivator and EndoUltra Activation Systems: An Ex Vivo SEM Analysis / P. Karade, A. Johnson, J. Baeten, R. Chopade, U. Hoshing // *Compend Contin Educ Dent*. — 2018. — Vol. 39 (4). — P. 9–12.
21. Effects of various irrigation/ aspiration protocols on cleaning of flattened root canals / D. Mendonca, V. Colucci, F. Rached-Junior, C. Miranda, Y. Silva-Sousa, S. Silva // *Braz Oral Res*. — 2015. — Vol. 29. — P. 1–9.
22. Effectiveness of irrigation strategies on the removal of the smear layer from root canal dentin / P. Neelakantan, H. F. Ounsi, S. Devaraj, G. S. P. Cheung, S. Grandini // *Odontology*.
23. Antibacterial efficacy of a new sonic irrigation device for root canal disinfection / K. Neuhaus, M. Liebi, S. Stauffacher, S. Eick, A. Lussi // *Journal Endod*. — 2016. — Vol. 42. — P. 1799–1803.
24. Rodrigues, R. Influence of the apical preparation size and the irrigant type on bacterial reduction in root canal-treated teeth with apical periodontitis / R. Rodrigues, H. Zandi, A. Kristoffersen // *Journal Endod*. — 2017. — Vol. 43. — P. 1058–1063.
25. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation / K. Urban, D. Donnermeyer, E. Schafer, S. Burklein // *Clin Oral Investig*. — 2017. — Vol. 21. — P. 2681–2687.
26. Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis / S. Virdee, D. Seymour, D. Farnell, G. Bhamra, S. Bhakta // *Int Endod Journal*. — 2018. — Vol. 51. — P. 605–621.

## References

1. Berезин, К. А., Блашкова, С. Л., Старцева, Е. Ю. (2013). Osobennosti lecheniya kornevnykh kanalov slozhnoy konfiguratsii [Features of root canal treatment of complex]. *Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental research]*, 9, 8–9. (In Russ.)
2. Gatina, E. N., Egorova, G. R., Fazyl'ova, G. V. (2015). Sovremennyye vozmozhnosti irrigatsii kornevnykh kanalov [Modern possibilities of root canal irrigation]. *Molodoy uchenyy [Young scientist]*, 11, 631–635. (In Russ.)
3. Geranin, S. (2013). Aktivatsiya irrigatsionnykh rastvorov v ehndodonticheskoy praktike [Activation of irrigation solutions in endodontic practice]. *DentArt [DentArt]*, 1, 45–54. (In Russ.)

4. Dmitrieva, L. A., Mitronin, A. V., Pomeschchikova, N. I., Sobkin, N. A. (2014). Optimizaciya metodov ehndodonticheskogo lecheniya. Vybór irrigacionnyh rastvorov [Optimization of endodontic treatment methods. The choice of irrigation solutions]. *EndodontiyaToday [Endodontics Of Today]*, 2, 22–24. (In Russ.)
5. Lapteva, K. A., Shabalina, D. S., Sorokoumova, D. V., Kiseleva, D. V., Gottman, I. A. (2018). Obrazovanie smazannogo sloya pri rabote rúchnymi i mashinnymi instrymntami, sovremennyy protocol irrigacii [The formation of a lubricated layer with working by hand and machine tools, modern irrigation protocol]. *Materialy IV Mejdunarodnogo simooziuma «Aktual'nye problem stomatologii» [Materials of the IV international Symposium «Actual problems of dentistry»]*, 42–44. (In Russ.)
6. Rabinovich, I. M., Kornetova, I. V. (2013). Opyt primeneniya vysokih tekhnologij v ehndodontii Opyt primeneniya vysokih tekhnologij v ehndodontii [Experience of application of high technologies in endodontics]. *EndodontiyaToday [Endodontics Of Today]*, 2, 12–17. (In Russ.)
7. Rabinovich, I. M., Babichenko, I. I., Vasil'ev, A. V., Golubeva, S. A., Zakharova, K. E. (2018). Izuchenie struktury stenki kornevyyh kanalov zubov posle fotodinamicheskogo vozdeystviya [Root canals dentinal wall structure after photodynamic exposure]. *Stomatologiya [Stomatology]*, 1, 16–21. (In Russ.)
8. Ricucci, D., Siqueira, J. (2015). *Kliniko-biologicheskie aspekty [Endodontology. Clinical and biological aspects]*. Moscow: Azbuka, 415. (In Russ.)
9. Sorokoumova, D. V., Lapteva, K. A., Shabalina, D. S., Kiseleva, D. V., Gottman I. A. (2018). Otsenka ehffektivnosti primeneniya razlichnyh protokolov udaleniya smazannogo sloya na ehstape finishnoj irrigacii kornevogo kanala [Efficiency evaluation of different protocols for removal of smear layer at the stage finish irrigation of the root canal]. *Vestnik ural'skoj medicinskoj akademicheskoy nauki [Journal of ural medical academic science]*, 15, 5, 677–684. (In Russ.)
10. Sorokoumova, D. V., Lapteva, K. A., Shabalina, D. S., Kiseleva, D. V., Gottman I. A. (2018). Sravnitel'naya otsenka ehffektivnosti primeneniya rastvorov etilendiamintetraacetic acid i citric acid v etape final irrigation]. *Medicina, nauka i obrazovanie [Medicine, science and education]*, 144–146. (In Russ.)
11. Tsarev, V. N., Podporin M. S., Ippolitov E. V. (2017). Primenenie skaniruyush'ej elektronnoy mikroskopii i bioreactora dlya otsenki eradikatsii mikrobnoy bioplenki kornevyyh kanalov pri endodonticheskom lechenii [The application of scanning electronic microscopy and bio-reactor for evaluating eradication of microbial bio-film of root channels under endodontic treatment]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika [Clinical laboratory diagnostics]*, 62 (8), 506–511. (In Russ.)
12. Amato, M., Pantaleo, G., Abtlatif, D., Blasi, A., Gagliani, M., Iandolo, A. (2018). An in vitro evaluation of the degree of pulp tissue dissolution through different root canal irrigation protocols. *Journal Conserv Dent*, 21 (2), 175–179.
13. Caputa, P. E., Retsas, A., Kuijk, L., Chávez de Paz, L. E., Boutsioukis, C. (2019). Ultrasonic Irrigant Activation during Root Canal Treatment: A Systematic Review. *Journal of Endodontics*, 45 (1), 31–44.
14. De Gregorio, C., Estevez, R., Cisneros, R., Paranjpe, A., Cohenca, N. (2010). Efficacy of Different Irrigation and Activation Systems on the Penetration of Sodium Hypochlorite into Simulated Lateral Canals and up to Working Length: An In Vitro Study. *Journal of Endodontics*, 36 (7), 1216–1221.
15. Donnermeyer, D., Wyrsh, H., Burklein, S., Schafer, E. (2019). Removal of Calcium Hydroxide from Artificial Grooves in Straight Root Canals: Sonic Activation Using EDDY Versus Passive Ultrasonic Irrigation and XPendo Finisher. *Journal of Endodontics*, 45, 322–326.
16. Elmaghy, A., Mandorah, A., Elsaka, S. (2017). Effectiveness of XPEndo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study. *Odontology*, 105, 178–183.
17. El Hachem, R., Le Brun, G., Le Jeune, B., Pellen, F., Khalil, I., Abboud, M. (2018). Influence of the EndoActivator Irrigation System on Dentinal Tubule Penetration of a Novel Tricalcium Silicate-Based Sealer. *Dentistry Journal*, 6 (3), 45.
18. Naapasalo, M., Shen, Y., Qian, W., Gao, Y. (2010). Irrigation in Endodontics. *Dental Clinics of North America*, 54 (2), 291–312.
19. Haupt, F., Meinel, M., Gunawardana, A., Hulsman, M. (2019). Effectiveness of different activated irrigation techniques on debris and smear layer removal from curved root canals: a SEM. *Australian Endodontic Journal*.
20. Karade, P., Johnson, A., Baeten, J., Chopade, R., Hoshing, U. (2018). Smear Layer Removal Efficacy Using EndoActivator and EndoUltra Activation Systems: An Ex Vivo SEM Analysis. *Compend Contin Educ Dent*, 39 (4), 9–12.
21. Mendonca, D., Colucci, V., Rached-Junior, F., Miranda, C., Silva-Sousa, Y., Silva, S. (2015). Effects of various irrigation/ aspiration protocols on cleaning of flattened root canals. *Braz Oral Res*, 29, 1–9.
22. Neelakantan, P. Ounsi, H. F., Devaraj, S., Cheung, G. S. P., Grandini, S. (2018). Effectiveness of irrigation strategies on the removal of the smear layer from root canal dentin. *Odontology*.
23. Neuhaus, K., Liebi, M., Stauffacher, S., Eick, S., Lussi, A. (2016). Antibacterial efficacy of a new sonic irrigation device for root canal disinfection. *Journal Endod*, 42, 1799–1803.
24. Rodrigues, R., Zandi, H., Kristoffersen, A. et al. (2017). Influence of the apical preparation size and the irrigant type on bacterial reduction in root canal-treated teeth with apical periodontitis. *Journal Endod*, 43, 1058–1063.
25. Urban, K., Donnermeyer, D., Schafer, E., Burklein, S. (2017). Canal € cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Investig*, 21, 2681–2687.
26. Virdee, S., Seymour, D., Farnell, D., Bhamra, G., Bhakta, S. (2018). Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J*, 51, 605–621.

#### Авторы:

##### **Дина Викторовна СОРОКОУМОВА**

к. м. н., доцент кафедры терапевтической стоматологии и преподаватель стоматологических заболеваний, Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург  
dina9791@gmail.com

##### **Сергей Сергеевич ГРИГОРЬЕВ**

д. м. н., профессор, заведующий кафедрой терапевтической стоматологии и преподаватель стоматологических заболеваний, Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург  
sergeygrig28@gmail.com

##### **Ксения Алексеевна ЛАПТЕВА**

студентка, Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург  
ksenya.lapteva.96@mail.ru

##### **Дарья Сергеевна ШАБАЛИНА**

студентка, Уральский государственный медицинский университет, г. Екатеринбург  
DAFASAbmail.ru@mail.ru

##### **Дарья Владимировна КИСЕЛЕВА**

к. г.-м. н., с. н. с. лаборатории физико-химических методов исследования, Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург  
Kiseleva@igg.uran.ru

##### **Евгений Сергеевич ШАГАЛОВ**

к. г.-м. н., с. н. с. лаборатории физико-химических методов исследования, Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург  
Shagalove@mail.ru

##### **Любовь Владимировна ЛЕОНОВА**

к. г.-м. н., с. н. с. лаборатории физико-химических методов исследования, Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург  
lvleonova@yandex.ru

#### Authors:

##### **Dina V. SOROKOUMOVA**

PhD, Associate Professor, Department of therapeutic and preclinical dentistry, Ural state medical University, Ekaterinburg, Russia  
dina9791@gmail.com

##### **Sergey S. GRIGORYEV**

doctor of medicine, Professor, head of the Department of therapeutic and preclinical dentistry, Ural state medical University, Ekaterinburg, Russia  
sergeygrig28@gmail.com

##### **Ksenia A. LAPTEVA**

student, Ural state medical University, Ekaterinburg, Russia  
ksenya.lapteva.96@mail.ru

##### **Daria S. SHABALINA**

student, Ural state medical University, Ekaterinburg, Russia  
DAFASAbmail.ru@mail.ru

##### **Daria V. KISELEVA**

PhD, senior researcher of the physicochemical research laboratory of the Institute of Geology and Geomineralogy of the Ural Branch of Russian Academy of Science, Ekaterinburg, Russia  
Kiseleva@igg.uran.ru

##### **Evgenij S. SHAGALOV**

PhD, senior researcher of the physicochemical research laboratory of the Institute of Geology and Geomineralogy of the Ural Branch of Russian Academy of Science, Ekaterinburg, Russia  
Shagalove@mail.ru

##### **Lyubov' V. LEONOVA**

PhD, senior researcher of the physicochemical research laboratory of the Institute of Geology and Geomineralogy of the Ural Branch of Russian Academy of Science, Ekaterinburg, Russia  
lvleonova@yandex.ru