

Клинико-лабораторная оценка антибактериальной эффективности анодного растворения медных электродов при эндодонтическом лечении зубов с частично облитерированными корневыми каналами

Н.Ж. Дикопова¹, А.В. Царев², Е.В. Ипполитов³, А.Г. Волков¹, С.Н. Разумова², М.С. Подпорин³

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет), г. Москва, Россия

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», г. Москва, Россия

³ ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава РФ

РЕЗЮМЕ

Целью работы было изучение антибактериальной эффективности анодного растворения медных электродов при эндодонтическом лечении зубов с корневыми каналами, облитерированными более чем на половину длины корня зуба. Исследование включало два этапа: экспериментальный и клинический. При экспериментальном исследовании, с использованием автоматического культивирования микроорганизмов в жидких питательных средах, установлено, что в отношении клинического изолята *P. Intermedia* более эффективным было анодное растворение серебряно-медного электрода, а в отношении штамма *C. Albicans*, а также смешанной культуры патогенных микроорганизмов *Streptococcus sanguis* + *Enterococcus faecium* – медного электрода. В клинической части исследования было проведено лечение 30 больных с хроническими формами пульпита с использованием внутриканального анодного растворения медного электрода в зубах, где корневые каналы были облитерированы более чем на половину длины корня зуба. После проведения процедуры не было выявлено ни одного вида патогенных микроорганизмов, обнаруженных в корневых каналах до лечения. У всех больных отсутствовали жалобы, а контрольное рентгенологическое обследование, проведенное через год после лечения, показало отсутствие патологических изменений в периапикальных тканях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: внутриканальные воздействия постоянным током, апекс-форез, анодное растворение электрода, антибактериальная эффективность.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Clinical and laboratory assessment of the antibacterial effectiveness of anodic dissolution of copper electrodes during endodontic treatment of teeth with partially obliterated root canals

N.Zh. Dikopova¹, A.V. Tsarev², E.V. Ippolitov³, A.G.Volkov¹, S.N. Razumova², M.S. Podporin³

¹ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

² Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University), Moscow

³ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry» of the Ministry of Healthcare, Russian Federation

SUMMARY

The aim of the work was to study the antibacterial effectiveness of anodic dissolution of copper electrodes in endodontic treatment of teeth with root canals obliterated by more than half the length of the root.

The study included two stages: experimental and clinical. In an experimental study using automatic cultivation of microorganisms in liquid nutrient media, it was found that anodic dissolution of a silver-copper electrode was more effective with respect to the clinical isolate of *P. Intermedi* and of *C. Albicans*, as well as a mixed culture of pathogenic microorganisms *Streptococcus sanguis* + *Enterococcus faecium* – a copper electrode. In the clinical part of the study, 30 patients with chronic forms of pulpitis were treated using intra-channel anodic dissolution of a copper electrode in the teeth, where the root canals were obliterated by more than half the length of the tooth root.

After the procedure, not a single type of pathogenic microorganisms found in the root canals before treatment was detected. All patients had no complaints, and a control X-ray examination showed no pathological changes after year treatment.

KEYWORDS: intra-channel direct current exposure, apex-foresis, anode dissolution of the electrode, antibacterial efficiency.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare that they have no conflicts of interest.

Введение

Совершенствование методов эндодонтического лечения сохраняет актуальность на сегодняшний день [1, 2, 3]. Особую проблему при эндодонтическом лечении представляют зубы с облитерированными корневыми

каналами [4, 5 6]. Из-за невозможности качественно обработать корневые каналы стандартными методами, для решения данной задачи используются трансканальные воздействия постоянным током [7, 8, 9]. Особенно эф-

фективны внутриканальные воздействия, проводимые с анода, при которых электрод, помещенный в корневой канал зуба, подвергается анодному растворению [10, 11]. При проведении трансканальных воздействий постоянным током применяются серебряно-медные и медные электроды [12, 13]. Антибактериальная эффективность серебряно-медных электродов доказана многочисленными исследованиями и многолетним опытом применения апекс-фореза [14, 15, 16, 17].

В отношении эффективности применения медных электродов, в доступной литературе имеются противоречивые сведения, что делает актуальным изучение антибактериальных свойств анодного растворения медных электродов при проведении внутриканальных воздействий постоянным током в зубах с частично облитерированными корневыми каналами.

Цель работы

Изучение антибактериальной эффективности анодного растворения медных электродов при эндодонтическом лечении зубов с корневыми каналами, облитерированными более чем на половину длины корня зуба.

Материалы и методы

Изучение антибактериальной эффективности анодного растворения медных электродов при эндодонтическом лечении зубов проводили в два этапа. Первый этап – экспериментальное микробиологическое исследование антибактериальной эффективности анодного растворения медных электродов, путем реализации методики по автоматическому культивированию в жидких питательных средах. Для проведения исследования использовали как клинические изоляты (отдельные штаммы) *P. intermedia*, *C. albicans*, так и смешанную культуру *Streptococcus sanguis* + *Enterococcus faecium*, полученные из корневых каналов зубов при лечении хронических форм пульпита.

Культивирование микроорганизмов проводили в биореакторе с интерактивной опцией контроля роста микроорганизмов – «Реверс-Спиннер RTS-1» (BioSan, Латвия).

Для культивирования микроорганизмов в биореакторе использовали центрифужные пробирки объемом 50 мл, в которые помещали 20 мл питательной среды и 1 мл микробной взвеси.

Для исследования антибактериальной эффективности анодного растворения серебряно-медного электрода, в пробирку помещали 2 серебряно-медных электрода, используемых при апекс-форезе. Один из электродов, который был зачищен от изоляции на 2 мм от торцевой поверхности электрода, располагали на дне пробирки. Этот электрод подключали к «+» источника тока. Второй электрод, зачищенный от изоляции на 1 см от торца электрода, размещали в верхней части пробирки так, чтобы очищенная от изоляции часть электрода, была полностью погружена в питательную среду с микроорганизмами. Данный электрод подключали к «-» источника тока.

При изучении антибактериальной эффективности анодного растворения медного электрода, в пробирки помещали 2 медных электрода, которые зачищали от изоляции,

размещали в пробирках и подключали к источнику тока аналогично, как и при изучении эффективности анодного растворения серебряно-медного электрода.

В качестве источника постоянного тока использовали аппарат «Поток-1» (Россия).

Количество электричества при анодном растворении серебряно-медных и медных электродов составляло 5 мА × мин.

После проведения анодного растворения, электроды удаляли из пробирок, а исследуемые пробирки помещались в биореактор.

Для каждого эксперимента с помощью ридера на экране дисплея компьютера (и в печатном виде) строились кривые роста бактериальных и грибковых популяций с регистрацией точек изменения оптической плотности в единицах по оптическому стандарту МакФарлэйна (ЕД Mcf), что пересчитывалось на количество микробных клеток в 1 мл, например, 10^8 КОЕ/мл (колониеобразующих единиц). Результаты обрабатывали методом вариационной статистики (погрешность при регистрации оптического показателя составляла $\pm 0,3$ Umcf).

Вторым этапом явилось клиническое исследование антибактериальной эффективности анодного растворения медного электрода при эндодонтическом лечении зубов с корневыми каналами, облитерированными более чем на половину длины корня зуба.

С этой целью было проведено обследование и лечение 30 пациентов с хроническими формами пульпита в зубах, где корневые каналы были облитерированы более чем на половину длины корня зуба.

Анодное растворение медного электрода в корневых каналах проводили после девитализации остатков инфицированной пульпы в облитерированной части корневого канала с помощью параформальдегида под контролем электроодонтодиагностики.

Перед процедурой корневой канал подвергали механической обработке, расширяя его по проходимости менее чем на 1/2 длины корня до 20 размера файла. Корневой канал промывали дистиллированной водой и смачивали изотоническим раствором хлорида натрия, после чего в него помещали медный электрод, при этом через проходимый участок корневого канала рабочую-активную часть электрода, освобожденную от изоляции на 2 мм от торца электрода, максимально продвигали к непроходимой части корневого канала. Электрод фиксировали в корневом канале с помощью липкого зуботехнического воска. Пассивный электрод располагали на предплечье правой руки. В качестве пассивного электрода использовали медицинские пластинчатые электроды однократного применения для электротерапии из токопроводящей бумаги. Медный электрод подключали к плюсу источника тока, пассивный – к минусу. В качестве источника постоянного тока использовали аппарат «Поток-1». Процедуры дозировали по количеству электричества, которое составляло 5 мА × мин. При лечении многокорневых зубов процедуры анодного растворения медного электрода проводили в каждом корневом канале последовательно. После завершения процедуры корневой канал в это же посещение плом-

бирова́ли по проходимо́сти с использо́ванием в качестве силера пасты на основе цинк-эвгенола.

Для изучения влияния анодного растворения медного электрода на микрофлору корневых каналов при хронических формах пульпита, содержимое корневых каналов изучали дважды – до и после электропроцедуры.

Забор материала из каналов зубов осуществляли с помощью стерильного бумажного абсорбера, который затем помещали в полужидкую питательную среду Эймса. Питательную среду до транспортировки выдерживали при температуре 2–4 °С. Транспортировку проводили в охлажденном состоянии в течение одного часа.

Бактериологическое исследование проводили в соответствии с правилами аэробного и анаэробного культивирования. Труднокultiвируемые анаэробные бактерии выявляли с помощью тест-системы «Мультидент-5» производства ООО «Генлаб» (РФ), основанной на полимеразной цепной реакции (ПЦР).

Результаты исследований обрабатывали методами вариационной статистики с определением средней величины, ее ошибки, критерия Стьюдента для множественных сравнений, используя программы Excel (MS Office). С учетом количества выборки определяли вероятность различий p . Статистически достоверным считали значения $p < 0,05$.

Результаты экспериментального исследования

По результатам культивирования клинического изолята *P. intermedia* после анодного растворения серебряно-медного электрода (Ag+Cu) в одной пробе и анодного растворения медного электрода (Cu) в другой пробе отмечался антибактериальный эффект в обоих исследуемых образцах.

При этом присутствовала разница в тенденции первоначального развития клеточных культур: при воздействии (Cu), первоначальное изменение оптической плотности было отмечено уже с 6 часа эксперимента (раньше контрольного образца на 2 часа), начальные этапы микробного развития не имели четких границ относительно экспоненциального скачка, который в свою очередь был не интенсивным и не значительным. Показатель α для образца (Cu) (14 час) – $1,22 \pm 0,3$ Umcf (снижение относительно контроля на 68,6%), показатель β (16 час) – $1,32 \pm 0,3$ Umcf (снижение относительно контроля на 69,44%).

Особое внимание стоит отметить на незначительное время продолжительности регистрации данных основных периодов увеличения биомассы культуры. Образец (Ag + Cu) продемонстрировал значительную пролонгацию лаг-положения культуры, которая превышала в 2 раза в сравнении с образцом (Cu) и в 1,5 раза контрольный образец. Характерный период ускоренного развития бактериальных клеток (12–16 час) четко просматривался на фоне последующего логарифмического подъема оптической плотности, при этом, скорость изменения оптического числа в периоде P-2 была существенно ниже относительно контрольной пробирки, что свидетельствует о более низкой скорости развития клеточных агентов. Показатель α и показатель β были зарегистрированы в одной точке (20 час) в следствие отсутствия периода отрицательного ускорения. Оптическое значения при M-концентрации

для образца (Ag + Cu) (20 час) – $1,89 \pm 0,3$ Umcf (снижение относительно контроля на 56,25%). Стационарная фаза развития популяции отмечалась своей длительностью в сравнении со всеми образцами культивирования, с наличием небольшого колебания оптической плотности, которое не являлось статистически значимым. Средний показатель OD в периоде P-4 – $1,99 \pm 0,3$ Umcf (20–28 час).

При культивировании исследуемой культуры *S. albicans* после анодного растворения серебряно-медного электрода (Ag + Cu) в одной пробе и анодного растворения медного электрода (Cu) в другой пробе, в обоих образцах отмечался выраженный антибактериальный эффект по сравнению с контрольным.

Разницы в пролонгации адаптивного периода не наблюдалось, как в сравнении с контрольным образцом, так и в сравнении исследуемых пробирок между собой. Существенно сниженная скорость генеративной активности способствовала укорочению экспоненциальной фазы, а именно в периоде P-2: до 6 часа для образца (Ag + Cu), и до 8 часа для образца (Cu). Показатель α (пик истинного логарифмического прироста, окончание периода P-2): для образца (Ag + Cu) – 6 час ($1,47 \pm 0,3$ Umcf), для образца (Cu) – 8 час ($0,99 \pm 0,3$ Umcf). В данных образцах отмечалось значительное увеличение продолжительности периода отрицательного ускорения (P-3), по окончании которого была достигнута клетками M-концентрация (показатель β): для образца (Ag + Cu) (10 час) – $1,85 \pm 0,3$ Umcf (ниже, относительно контрольного образца на 54,09%), для образца (Cu) (14 час) – $1,25 \pm 0,3$ Umcf (ниже, относительно контрольного образца на 68,98%).

При культивировании исследуемой смешанной культуры *Streptococcus sanguis* + *Enterococcus faecium*, после анодного растворения серебряно-медного электрода (Ag+Cu) в одной пробе и анодного растворения медного электрода (Cu) в другой пробе, отмечалась разница во временной задержке логарифмической фазы: при воздействии с помощью Ag+Cu первоначальные признаки развития клеток отмечались уже с 4 часа эксперимента (контрольный образец – 6 час), в то время как для образца Cu рост и начальное деление популяций было характерно только с 8 часа культивирования.

Сравнивая кинетику развития по изменению показателя оптической плотности для данных образцов, отмечалось существенное снижение показателей OD относительно контрольной пробирки, при этом, тенденция построения кривой на графике была сравнительно одинаковой между образцами Ag+Cu и Cu, и отличалась разницей в оптическом значении.

Для обоих образцов отмечалась трудноразличимая картина перехода культуры от периода ускоренного развития, к истинному логарифмическому росту, при этом начало экспоненциального скачка (период P-2 фазы F-2) было в одно время: образец Ag+Cu – 10 час ($0,74 \pm 0,3$ Umcf), образец Cu – 10 час ($0,14 \pm 0,3$ Umcf). Непродолжительность логарифмического развития способствовала быстрому достижению образцами максимального оптического числа в данном отрезке культивирования (показатель α) и последующему удлинению периода отрицательного ускоре-

ния (период P-3). Для образца Cu ключевые показатели оптической плотности были достигнуты одновременно. Показатель α (пик истинного логарифмического прироста, окончание периода P-2): для образца Ag+Cu – 14 час ($2,14 \pm 0,3$ Umcf), для образца Cu – 18 час ($1,54 \pm 0,3$ Umcf). Показатель β (M-концентрация, окончание периода P-3): для образца Ag+Cu (18 час) – $2,63 \pm 0,3$ Umcf (ниже, относительно контрольного образца на 53,04%), для образца Cu (18 час) – $1,54 \pm 0,3$ Umcf (ниже, относительно контрольного образца на 72,50%). Между исследуемыми образцами также отмечалась достоверная разница, наиболее четко просматриваемая в показателе оптической плотности в стационарном равновесии: для образца Ag+Cu (18–22 час) – $2,66 \pm 0,3$ Umcf, а для образца Cu (18–28 час) – $1,57 \pm 0,3$ Umcf, что было на 40,08% ниже, относительно образца Ag+Cu и на 72,46% ниже, относительно оптической плотности в аналогичной точке в контрольной пробирке.

Результаты клинического исследования антибактериальной эффективности анодного растворения медного электрода

Бактериологическое исследование до лечения выявило ассоциации различных видов бактерий, которые были представлены стрептококками следующих видов: *Str. sanguis* – у 33% пациентов; *Str. mutans* – у 23%; *Str. salivarius* – у 17%; *S. constellatus* – у 20%; *St. epidermidis* – у 10%. Из корневых каналов высеивались бактерии, относящиеся к кишечной группе: *Enterococcus faecium* – у 33%; *Enterococcus faecalis* – 13%; *E. coli* – 20%. Наблюдались также микроорганизмы, относящиеся к пародонтопатогенам: *P. intermedia* – у 20%; *F. nucleatum* – у 17%; *P. gingivalis* – у 13%; *T. denticola* – у 6%. У 13% пациентов в материале, полученном из корневых каналов зубов до лечения, определялись грибы рода кандиды, а именно *C. Albicans*.

Повторное бактериологическое исследование, проведенное после анодного растворения медного электрода, не выявило ни одного вида патогенных микроорганизмов, обнаруженных в корневых каналах до лечения.

Следует отметить, что у всех пациентов как в ближайшие сроки после лечения, а также через 6 и 12 месяцев жалобы отсутствовали. Контрольное рентгенологическое обследование, проведенное через год после лечения, не выявило патологических периапикальных изменений, где при лечении зубов с частично облитерированными корневыми каналами, было проведено внутриканальное анодное растворение медного электрода.

Обсуждение полученных результатов

Результаты экспериментального исследования антибактериальной эффективности анодного растворения серебряно-медных и медных электродов, применяемых при внутриканальных воздействиях постоянным током, как в отношении клинических изолятов отдельных штаммов (бактерий и дрожжевых грибов), так и *mix* культуры патогенных микроорганизмов, полученных из корневых каналов зубов при лечении хронических форм пульпита, показали,

что анодное растворение как серебряно-медных, так и медных электродов обладает выраженным и, в целом, однонаправленным антибактериальным действием. При этом обнаружено, что, если в отношении клинического изолята *P. Intermedia* более эффективным является использование серебряно-медного электрода, то в отношении штамма *C. Albicans*, а также смешанной культуры патогенных микроорганизмов *Streptococcus sanguis* + *Enterococcus faecium* анодное растворение медного электрода показало более выраженный антибактериальный эффект.

Результаты проведенного экспериментального микробиологического исследования подтверждают гипотезу о возможности использования при проведении внутриканальных воздействий постоянным током наряду с анодным растворением серебряно-медных, анодного растворения медных электродов как средства, способного оказать выраженное антибактериальное действие при эндодонтическом лечении зубов с частично облитерированными корневыми каналами.

Большая антибактериальная эффективность анодного растворения медных электродов по сравнению с серебряно-медными электродами в жидких питательных средах очевидно связана с тем, что при использовании серебряно-медного электрода, который представляет собой медный сердечник, покрытый слоем серебра, анодному раствору подвергается, в основном, серебро, которое отличается меньшей электрохимической растворимостью и электрофоретической подвижностью, по сравнению с медью [18]. В связи с этим при использовании серебряно-медных электродов, корневой канал должен быть расширен и пройден не менее чем на половину длины корня зуба.

Так как медь обладает большей электрохимической растворимостью и электрофоретической подвижностью, анодное растворение медных электродов можно использовать при лечении зубов с корневыми каналами облитерированными более чем на половину длины корня зуба [19]. Эффективность данной процедуры при лечении хронических форм пульпита в зубах, где корневые каналы были облитерированы более чем на половину длины корня зуба, подтверждена в клинической части исследования.

Вывод

Бактериологическое исследование, проведенное после анодного растворения медного электрода, не выявило ни одного вида патогенных микроорганизмов, обнаруженных в корневых каналах до лечения. У всех больных отсутствовали жалобы, а контрольное рентгенологическое обследование, проведенное через год после лечения, не выявило патологических периапикальных изменений.

Список литературы / References

1. Факторы, обеспечивающие качественное эндодонтическое лечение / С.Н. Разумова, М.И. Тимохина, В.С. Булгаков, А.Е. Анурова // Журнал научных статей «Здоровье и образование в XXI веке». – 2015. – Т. 17. – № 2. – С. 35–36. Factors providing high-quality endodontic treatment / S.N. Razumova, M.I. Timokhina, V.S. Bulgakov, A.E. Anurova // Journal of scientific articles Health and education in the XXI century. – 2015. – Vol. 17. – No. 2. – pp. 35–36.
2. Оценка результатов эндодонтического лечения зубов / С.Н. Разумова, А.С. Браго, Х. Баракат [и др.] // Эндодонтия Today. – 2020. – Т. 18. – № 1. – С. 27–30. Evaluation of the results of endodontic dental treatment / S.N. Razumova, A.S. Brago, H. Barakat [et al.] // Endodontia Today. – 2020. – Vol. 18. – No. 1. – pp. 27–30.
3. Опыт сочетанного лечения хронического апикального периодонтита с применением оперативных методов лечения / С.Н. Разумова, Е.И. Селифанова, А.С. Манвелян [и др.] // Эндодонтия Today. – 2017. – № 2. – С. 55–58.

- Expirience to treatment of chronic apical periodontitis with replacement of operant. method of treatment / C.N. Razumova, E. And. Sellfanova, A.S. Manvelyan [et al.] // *Endodontia Today*. – 2017. – № 2. – С. 55–58.
- Evaluation of anatomy and root canal morphology of the maxillary first molar using the cone-beam computed tomography among residents of the mscow region / S. Razumova, L. Khaskhanova, H. Barakat [et al.] // *Contemporary Clinical Dentistry*. – 2018. – Vol. 9. – No. 5. – P. S133–S136. DOI 10.4103/ccd.ccd_127_18.
 - A cone-beam computed tomography scanning of the root canal system of permanent teeth among the Moscow population / S. Razumova, A. Brago, L. Khaskhanova [et al.] // *International Journal of Dentistry*. – 2018. – Vol. 2018. – P. 2615746. DOI 10.1155/2018/2615746.
 - Анатомия системы корневых каналов зубов нижней челюсти по данным конусно-лучевой компьютерной томографии / С.Н. Разумова, А.С. Браго, Л.М. Хасханова [и др.] // *Эндодонтия Today*. – 2018. – № 4. – С. 50–52. DOI 10.25636/PMP.2.2018.4.11.
 - Anatomy of root canals of mandibulae according to data of cone beam computer tomography / N. Razumova, A. S. Brago, L. M. Haschanova [et al.] // *Ferdinandodontia*. – 2018. – № 4. – S. 50–52. – DOI 10.25636/PMP.2.2018.4.11.
 - Аппаратные методы диагностики и лечения заболеваний зубов: Учебное пособие по физиотерапии / А.Г. Волков, Н.Ж. Дикопова, И.А. Сохова [и др.]. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2020. – 80 с.
 - Hardware methods of diagnosis and treatment of dental diseases: A textbook on physiotherapy / A.G. Volkov, N.J. Dikopova, I.A. Sokhova [et al.]. – Moscow: Peoples' Friendship University of Russia (RUDN), 2020. – 80 p.
 - Физические аппаратные методы диагностики и лечения в эндодонтии: Учебно-методическое пособие для студентов стоматологических факультетов медицинских вузов / И.М. Макеева, А.Г. Волков, Ф.Ю. Даурова [и др.]. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2020. – 48 с.
 - Physical hardware methods of diagnosis and treatment in endodontics: An educational and methodological guide for students of dental faculties of medical universities / I. M. Makeeva, A. G. Volkov, F. Yu. Daurova [et al.]. – Moscow: Peoples' Friendship University of Russia (RUDN), 2020. – 48 p.
 - Волков, А.Г. Трансканальные воздействия постоянным током и лазером магнитотерапия при лечении зубов с труднопроходимыми корневыми каналами / А.Г. Волков, Н.Ж. Дикопова, А.Л. Шпилюк // *Лазерная медицина*. – 2011. – Т. 15. – № 2. – С. 101-а.
 - Volkov, A. G. Transcanal effects of direct current and laser magnetotherapy in the treatment of teeth with impenetrable root canals / A.G. Volkov, N.J. Dikopova, A.L. Shpilko // *Laser medicine*. – 2011. – Vol. 15. – No. 2. – p. 101-a.
 - Изучение влияния разных видов трансканального воздействия постоянным током на микрофлору корневых каналов / А.Г. Волков, В.Ф. Прикулас, Н.Ж. Дикопова [и др.] // *Стоматология*. – 2019. – Т. 98. – № 2. – С. 37–41.
 - Study of influences of various types of transcanal constant current of microflora of root canals. G. Volkov, V.F. Prickles, N.G. Dikopova and others. // *Dentistry*. – 2019. – Т. 98. – № 2. – S. 37-41.
 - Антибактериальное действие цинка при апекс-форезе / О.И. Ефанов, В.Н. Царев, А.Г. Волков [и др.] // *Российский стоматологический журнал*. – 2012. – № 1. – С. 5–9.
 - Antibacterial effect of zinc in apex-phoresis / O.I. Efanov, V.N. Tsarev, A.G. Volkov [et al.] // *Russian Dental Journal*. – 2012. – No. 1. – pp. 5–9.
 - Патент № 2252795 С1 Российская Федерация, МПК А61Н 1/30, А61С 19/06. Способ локального направленного внутриканального воздействия (апекс-фореза) при эндодонтическом лечении зубов: №2003133253/14: заявл. 17.11.2003; опубл. 27.05.2005 / О.И. Ефанов, В.В. Носов, А.Г. Волков, Н.Ж. Дикопова. Patent No. 2252795 C1 Russian Federation, IPC A61N 1/30, A61C 19/06. Method of local directional intra-channel exposure (apex-foresis) for endodontic dental treatment: No. 2003133253/14: application 17.11.2003: publ. 27.05.2005 / O.I. Efanov, V.V. Nosov, A.G. Volkov, N.Zh. Dikopova.
 - Ефанов, О.И. Эффективность и перспективы развития трансканальных воздействий постоянным током при лечении зубов с труднопроходимыми корневыми каналами / О.И. Ефанов, А.Г. Волков // *Ортодонтия*. – 2009. – № 3(47). – С. 32–37.
 - Efanov, O. I. Efficiency and prospects of development of transcanal direct current effects in the treatment of teeth with impenetrable root canals / O.I. Efanov, A.G. Volkov // *Orthodontics*. – 2009. – № 3(47). – Pp. 32–37.
 - Изучение влияния апекс-фореза на микрофлору корневых каналов зубов с помощью полимеразной цепной реакции / О. Ефанов, В. Царев, Е. Николаева [и др.] // *Cathedra-Кафедра. Стоматологическое образование*. – 2006. – Т. 5. – № 2. – С. 36–40.
 - Studying the effect of apex-foresis on the microflora of the root canals of teeth using polymerase chain reaction / O. Efanov, V. Tsarev, E. Nikolaeva [et al.] // *Cathedra-Department. Dental education*. – 2006. – Vol. 5. – No. 2. – pp. 36–40.
 - Антибактериальная эффективность различных видов трансканального воздействия постоянным током / О.И. Ефанов, В.Н. Царев, А.Г. Волков [и др.] // *Российский стоматологический журнал*. – 2008. – № 2. – С. 38–42.
 - Antibacterial efficacy of various types of transcanal direct current exposure / O.I. Efanov, V.N. Tsarev, A.G. Volkov [et al.] // *Russian Dental Journal*. – 2008. – No. 2. – pp. 38–42.
 - Исследование антибактериальной активности апекс-фореза с использованием серебряно-медного электрода in vitro / О.И. Ефанов, В.Н. Царев, А.С. Носик [и др.] // *Российский стоматологический журнал*. – 2006. – № 4. – С. 1–6.
 - Investigation of the antibacterial activity of apex-foresis using a silver-copper electrode in vitro - / O.I. Efanov, V.N. Tsarev, A.S. Nosik [et al.] // *Russian Dental Journal*. – 2006. – No. 4. – pp. 1–6.
 - Ефанов О.И. Оценка антибактериальной активности апекс-фореза / О.И. Ефанов, В.Н. Царев, А.Г. Волков [и др.] // *Стоматология*. – 2006. – Т. 85. – № 5. – С. 20.
 - Efanov O.I. Rating antibacterial activities apex-forez / O.A.I. Efanov, V.N. Tsarev, A.G. Volkov [et al.] // *Dentistry*. – 2006. – T. 85. – № 5. – S. 20.
 - Патент № 2239463 С1 Российская Федерация, МПК А61Н 1/04, А61С 19/06, А61Н 1/30. Электрод-проводник внутриканальный: № 2003111192/14: заявл. 21.04.2003; опубл. 10.11.2004 / В.В. Носов, А.Г. Волков. Patent No. 2239463 C1 Russian Federation, IPC A61N 1/04, A61C 19/06, A61N 1/30. Intra-channel electrode conductor: No. 2003111192/14: application 21.04.2003: publ. 10.11.2004 / V.V. Nosov, A.G. Volkov.
 - Ефанов, О.И. Распределение меди и серебра в тканях корня зуба при апекс-форезе и степень проводимости корневого канала / О.И. Ефанов, А.Г. Волков, В.В. Носов // *Российский стоматологический журнал*. – 2008. – № 5. – С. 7–10.
 - Efanov, O.I. Distribution of copper and silver in the tissues of the root of the tooth with apex-foresis and the degree of patency of the root canal / O.I. Efanov, A.G. Volkov, V.V. Nosov // *Russian Dental Journal*. – 2008. – No. 5. – pp. 7–10.

Статья поступила / Received 17.10.2023
 Получена после рецензирования / Revised 29.10.2023
 Принята в печать / Accepted 29.10.2023

Информация об авторах

Дикопова Наталья Жоржевна¹, к.м.н., доцент кафедры терапевтической стоматологии Института стоматологии им. Е.В. Боровского
 E-mail: zubnoy-doctor@yandex.ru. http://orcid.org/0000-0002-4031-2004
 ORCID: http://orcid.org/0000-0002-4031-2004. eLibrary SPIN: 3635-2998

Царев Андрей Владимирович², аспирант кафедры пропедевтики стоматологических заболеваний
 E-mail: digreezvpru@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1900-0962

Ипполитов Евгений Валерьевич³, д.м.н., профессор, профессор кафедры микробиологии, вирусологии, иммунологии
 SPIN-код: 3002-7360. AuthorID: 631525. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1737-0887

Волков Александр Григорьевич¹, д.м.н., доцент, профессор кафедры терапевтической стоматологии Института стоматологии имени Е.В. Боровского
 E-mail: parodont@inbox.ru. ORCID https://orcid.org/0000-0003-2674-1942. SPIN: 3391-0877

Разумова Светлана Николаевна², д.м.н., профессор, зав. кафедрой пропедевтики стоматологических заболеваний
 E-mail: razumova_sv@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9533-9204

Подпорин Михаил Сергеевич³, к.м.н., научный сотрудник лаборатории Молекулярно-биологических исследований; старший преподаватель кафедры микробиологии, вирусологии, иммунологии с/ф
 E-mail: dr.mikhailpodporin@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6785-0016. SPIN-код: 1937-4996. AuthorID: 819560

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет), г. Москва, Россия
² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования («Российский университет дружбы народов»), г. Москва, Россия
³ ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова Минздрава РФ

Контактная информация:

Царев Андрей Владимирович. E-mail: digreezvpru@gmail.com

Для цитирования: Н.Ж. Дикопова, А.В. Царев, Е.В. Ипполитов, А.Г. Волков, С.Н. Разумова, М.С. Подпорин. Клинико-лабораторная оценка антибактериальной эффективности анодного растворения медных электродов при эндодонтическом лечении зубов с частично облитерированными корневыми каналами. Медицинский алфавит. 2023;(30):56–60. https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-30-56-60

Author information

Dikopova Natalya Zh.¹, PhD, Associate professor
 E-mail: zubnoy-doctor@yandex.ru. http://orcid.org/0000-0002-4031-2004
 ORCID: http://orcid.org/0000-0002-4031-2004. eLibrary SPIN: 3635-2998

Tsarev Andrei Vladimirovich², PhD student of Department of Propedeutics
 E-mail: digreezvpru@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1900-0962

Evgeniy Ippolitov³, PhD, professor, Professor of the Department of Microbiology, Virology, Immunology,
 SPIN-код: 3002-7360. AuthorID: 631525. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1737-0887

Volkov Alexander G.¹, PhD, Professor of therapeutic dentistry department
 E-mail: parodont@inbox.ru. ORCID https://orcid.org/0000-0003-2674-1942. SPIN: 3391-0877

Razumova S.N.², MD, PhD, DDS, Professor, Head of Department of Propedeutics of Dental Diseases
 E-mail: razumova_sv@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9533-9204

Podporin Mikhail S.³, Ph.D., researcher, laboratory of molecular biological research.
 E-mail: dr.mikhailpodporin@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6785-0016
 SPIN-код: 1937-4996. AuthorID: 819560

¹ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)
² Peoples' Friendship University of Russia

³ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry» of the Ministry of Healthcare, Russian Federation

Contact information

Tsarev Andrei Vladimirovich. E-mail: digreezvpru@gmail.com

For citation: N.Zh. Dikopova, A.V. Tsarev, E.V. Ippolitov, A.G. Volkov, S.N. Razumova, M.S. Podporin. Clinical and laboratory assessment of the antibacterial effectiveness of anodic dissolution of copper electrodes during endodontic treatment of teeth with partially obliterated root canals. Medical alphabet. 2023;(30):56–60. https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-30-56-60

