

## **ВЫВОДЫ**

Препарат «Купрал» (Humanchemie GmbH, Германия) в настоящем исследовании продемонстрировал более выигрышные электронно-микроскопические свойства: размер частиц, дисперсность препарата, отсутствие примесей – по сравнению с препаратом «Купродент» («Владмива», Россия).

## **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Peters T. Depotphorese: Eine Lösung für den fast aussichtslosen endodontischen Patientenfall. // Zahn Mund Kiefer. – 2012; 28(4): 236-241.
2. Румянцев В.А., Федотова Т.А., Заблоцкая М.В. Новый метод комплексного лечения эндодонто-пародонтальных поражений с помощью наноимпрегнации и купрал-кюретажа // Тверской медицинский журнал. – 2018. – № 1. – С. 34-45.
3. Comparative safety evaluation of silica-based particles / Kettiger H., Sen Karaman D., Schiesser L. et al. // Toxicol in vitro. – 2015; 30(1): 355-363.
4. Comparative analysis of root dentin morphology and structure of human versus bovine primary teeth / Costa B.M., Iwamoto A.S., Puppini-Rontani R.M. et al. // Microsc Microanal. – 2015; 21(3): 689-694.
5. Comparative study of tubular diameter and quantity for human and bovine dentin at different depths / Lopes M.B., Sinhoreti M.A., Gonini Júnior A. et al. // Braz Dent J. – 2009; 20(4): 279-83.
6. Dutra-Correa M., Anauate-Netto C., Arana-Chavez V.E. Density and diameter of dentinal tubules in etched and non-etched bovine dentine examined by scanning electron microscopy // Arch Oral Biol. – 2007; 52(9): 850-855.

## **Сведения об авторах**

А.Р. Бессуднова – аспирант кафедры пародонтологии

А.В. Блинова – аспирант кафедры пародонтологии

Г.А. Фролов – к.х.н., доцент кафедры физической химии

В.А. Румянцев – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой пародонтологии

## **Information about the authors**

A. R. Bessudnova – post-graduate student

A.V. Blinova – post-graduate student

G.A. Frolov – Candidate of Sciences (Medicine), associate professor

V.A. Rumyantsev – Doctor of Science (Medicine), professor

УДК: 616.314.163-08:620.3

**РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ СПИЛОВ  
КОРНЕЙ ЗУБОВ, ОБРАБОТАННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
НАНОИМПРЕГНАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Алиса Владимировна Блинова<sup>1</sup>, Виталий Анатольевич Румянцев<sup>2</sup>, Александра Романовна Бессуднова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Тверской государственный медицинский университет Минздрава России, Тверь, Россия

blinova-alisa@mail.ru

### **Аннотация**

**Введение.** Причина неудач эндодонтического лечения – микроорганизмы в глубине дентинных трубочек корня зуба, недоступные при механической и медикаментозной обработке корневых каналов зубов. **Целью исследования** является обоснование нового метода импрегнации системы корневых каналов зубов антибактериальным препаратом на основе гидроксокупрата кальция, гидрозоль наночастиц меди и её оксидов. **Материалы и методы.** Смешивали препарат Купрал® («Humanchemie GmbH») с гидрозолем наночастиц меди и её оксидов в соотношении 1:2. Шестьдесят удалённых зубов были разделены на 4 группы, по 15 зубов в каждой. Их корневые каналы обрабатывали четырьмя различными методами. С помощью рентгеновского аналитического микронзонда была проведена оценка диффузии наночастиц меди в дентин корней. **Результаты.** На глубине 50, 200 и 500 мкм от стенки корневых каналов различия между экспериментальными и контрольными группами были статистически значимы ( $p < 0,001$ ). В точке максимального удаления медь наиболее часто регистрировалась в группах, где использовался новый метод импрегнации. **Обсуждение.** Ранее, в ходе электронно-микроскопических исследований было установлено явление образования композиций частиц гидроксокупрата кальция и наночастиц меди, оксида меди (I) и оксида меди (II). **Заключение.** Обоснован новый метод импрегнации пространств дентина корней зубов с применением гидроксокупрата кальция и гидрозоля наночастиц меди и её оксидов без использования физиотерапевтического воздействия. **Ключевые слова:** эндодонтическое лечение, наночастицы, медь, микробная биоплёнка

### **ELEMENTAL ANALYSIS OF TEETH ROOTS TREATED WITH NANOIMPREGNATION TECHNOLOGIES**

Alisa V. Blinova, Vitalii A. Rumyantsev, Alexandra R. Bessudnova

Tver State Medical University, Tver, Russia

blinova-alisa@mail.ru

### **Abstract**

**Introduction.** The main reason for the failures of endodontic treatment is microorganisms that persist in the depth of tooth root dentine tubules. **The aim of the study** was to investigate the new method of impregnation of the root canal system with an antibacterial drug based on calcium hydroxocuprate and copper nanoparticles hydrosol. **Materials and methods.** We mixed the Kupral® ("Humanchemie GmbH") and the copper nanoparticles hydrosol in a ratio of 1:2. Sixty removed teeth were

divided into 4 groups, 15 teeth in each. The root canals were treated with four different methods. Diffusion of nanoparticles was evaluated with an X-ray analytical microprobe. **Results.** At depths of 50, 200 and 500 microns the differences between the experimental and control groups were statistically significant ( $p < 0.001$ ). At depth of 500 microns copper was most often detected in the experimental groups where a new method of impregnation was used. **Discussion.** An earlier electron microscopic study demonstrated the phenomenon consisting in the formation of calcium hydroxocuprate and copper nanoparticles compositions. **Conclusions.** The new method of impregnation of the tooth root dentine without any physiotherapy and electrophoresis may be clinically significant.

**Keywords:** endodontic treatment, nanoparticles, copper, microbial biofilm

## ВВЕДЕНИЕ

Распространённость пульпита и апикального периодонтита у лиц в возрасте 18 – 70 лет составляет около 79,4%. Показатель успеха первичного эндодонтического лечения апикального периодонтита – 70,7%, при проведении повторного лечения удаётся добиться регенерации костной ткани в 65,2% случаев [1]. Причиной неудач являются микробные ассоциации, персистирующие в системе корневых каналов (СКК) зубов, включающей многочисленные дентинные трубочки (ДТ). Их диаметр составляет в среднем  $3,45 \pm 0,30$  мкм, что препятствует проникновению в них антисептиков [2]. Бактериальную биоплёнку обнаруживают в дентине корня зуба на глубине 300 – 1000 мкм от внутренней стенки корневого канала (КК) [3]. Для решения проблемы необходима разработка способов пролонгированного противомикробного воздействия на все пространства СКК. Одной из удачных попыток её решения являются методики электрофоретической импрегнации СКК и ДТ корня зуба комплексным противомикробным препаратом – гидроксидом меди-кальция (ГМК, гидроксокупратом кальция,  $\text{Ca}[\text{Cu}(\text{OH})_4]$ ). Однако известные сегодня методы применения этого препарата для достижения высокой клинической эффективности требуют дополнительного оборудования: источников электрического тока, гальванических штитфовых элементов, – и предполагают, как минимум, три визита к врачу. Такое лечение может продолжаться 30 – 45 дней и дольше [4, 5].

**Цель исследования** – обосновать новый метод импрегнации системы корневых каналов зубов антибактериальным препаратом на основе гидроксида меди-кальция, гидрозоля наночастиц меди, оксида меди (I) и оксида меди (II) без использования дополнительных физиотерапевтических воздействий.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании участвовал препарат ГМК Купрал<sup>®</sup> (Humanchemie GmbH, Германия). Гидрозоль наночастиц меди, оксида меди (I) и оксида меди (II) размерами 0,5-3 нм получали в лаборатории кафедры физической химии НИТУ «МИСиС» (Москва) методом конденсации низкотемпературной плазмы в

искровом разряде. Непосредственно перед применением Купрал® и гидрозоль смешивали в соотношении 1:2. В слепом клинико-лабораторном контролируемом исследовании участвовали 53 добровольца в возрасте от 42 до 65 лет, которым требовалось удаление 60 однокорневых зубов, не лечившихся ранее эндодонтически, по хирургическим, терапевтическим или ортодонтическим показаниям. Всем пациентам была предоставлена полная информация о проводимом исследовании, после чего подписывалось информированное добровольное согласие. Критерии невключения пациентов в исследование: необходимость удаления многокорневого зуба; облитерация корневых каналов по данным рентгенологического исследования; фрагментация и перелом корня зуба в ходе операции экстракции; отсутствие добровольного информированного согласия на проведение операции удаления зуба. Критерии исключения пациентов из исследования: отказ от дальнейшего участия в исследовании; возникновение в ходе операции удаления зуба осложнений.

Удалённые зубы произвольно с использованием условного кодирования были разделены на 4 группы по 15 зубов в каждой (таблица 1). После удаления зубы не обрабатывали антисептическими препаратами и хранили в стерильном 0,9% растворе хлорида натрия при температуре +4°C. Затем после создания полости доступа проводили механическую обработку КК. Медикаментозная обработка осуществлялась с помощью 3% раствора гипохлорита натрия. Было проведено 4 серии исследований с применением четырёх разных методик.

Таблица 1

Распределение обследованных пациентов по группам

Группы пациентов	Методики	Число пациентов (n)		Число удалённых зубов (n)
		Мужчины	Женщины	
1 Контрольная	1	6	8	15
2 Контрольная	2	9	6	15
Экспериментальная 1	3	10	3	15
Экспериментальная 2	4	7	4	15
Всего		32	21	60

Первая методика. КК заполняли пастой на основе водной суспензии ГМК на 7 дней (контрольная группа 1).

Вторая методика. КК заполняли пастой на основе водной суспензии ГМК и затем осуществляли гальванофорез с помощью внутриканальных гальванических штيفтов, внекорневая часть которых выполнена из цинка, а внутрикорневая – из меди. Продолжительность процедуры составляла 7 дней (контрольная группа 2).

Третья методика. КК заполняли пастой на основе суспензии ГМК, разведенной гидрозоле меди, оксида меди (I) и оксида меди (II) с массовой концентрацией дисперсной фазы  $5,3 \times 10^{-3} \%$ . Срок экспозиции пасты в КК – 7 дней (экспериментальная группа 1).

Четвёртая методика. КК заполняли пастой на основе суспензии ГМК, разведенной гидрозоле меди, оксида меди (I) и оксида меди (II) с массовой концентрацией дисперсной фазы  $5,3 \times 10^{-3} \%$ . Срок экспозиции пасты в КК – 14 дней (экспериментальная группа 2).

Полости доступа закрывали пломбами из стеклоиономерного цемента. Во второй контрольной группе зубов рядом с пломбой оставляли дренаж из хлопчатобумажной нити для обеспечения работы гальванического элемента. На протяжении срока экспозиции препаратов зубы находились в 0,9% растворе хлорида натрия, чтобы обеспечить осмотическое постоянство капиллярной системы дентина зубов. Поперечные спилы корней зубов толщиной 2 мм готовили с помощью тонких алмазных дисков. До получения окончательных результатов исследователь не знал, к какой группе относится тот или иной зуб.

С помощью рентгеновского аналитического микронзонда – микроскопа «РАМ 30-μ» и растрового электронного микроскопа «Tescan» (Vega 3SB) с энергодисперсионным анализатором была проведена оценка диффузии частиц дисперсной фазы ГМК, содержащей химический элемент – медь – в дентин корней зубов в четырёх точках: в маргинальном слое дентина корневого канала (~10 мкм от стенки КК), а также на глубине 50, 200 и 500 мкм. Для сбора, обработки и хранения полученной в ходе исследований информации была создана база данных в программе Microsoft Office Excel® (Microsoft Corporation, USA). Статистическую обработку результатов проводили с помощью программного пакета SPSS Statistics (IBM®, USA). Статистическую значимость различий между качественными переменными оценивали при помощи точного критерия Фишера (Fisher's exact test). Для оценки статистической значимости различий в распределениях переменных в сравниваемых группах использовали метод парного сравнения категорий с поправкой Sidak.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ**

Статистически значимые ( $p < 0,001$ ) отличия между группами были зарегистрированы, начиная с глубины 50 мкм (таблица 2). При обработке дентина по первой методике на глубине 50, 200 и 500 мкм медь, как химический элемент, не обнаруживалась. В точке, расположенной на глубине

200 мкм, медь обнаруживалась как в группе, где применялась методика гальванофореза, так и в группах, обработанных новым комплексным препаратом. Но статистически значимых различий между этими группами не выявлено. В точке максимального удаления от просвета КК медь наиболее часто регистрировали в экспериментальных группах. При этом отличия между 1-й и 2-й экспериментальными группами отсутствовали.

Таблица 2

Результаты рентгенофлуоресцентного анализа спилов корней зубов, обработанных нанопрепаратами меди различными методами

Группы	Медь обнаружена от стенки корневого канала на глубине:							
	10 мкм		50 мкм		200 мкм		500 мкм	
	н ет	д а	н ет	д а	н ет	д а	н ет	д а
1	2 (13,3%)	1 3 (86,7%)	1 0 (66,7%)	5 а (33,3%)	1 5 (100%)	0 а (0,0%)	1 5 (100%)	0 а (0,0%)
2	0 (0,0%)	1 5 (100%)	2 (13,3%)	1 3 <sub>b</sub> (86,7%)	4 (26,7%)	1 1 <sub>b</sub> (73,3%)	1 3 (86,7%)	2 б (13,3%)
3	0 (0,0%)	1 5 (100%)	0 (0,0%)	1 5 <sub>b</sub> (100%)	2 (13,3%)	1 3 <sub>b</sub> (86,7%)	5 (33,3%)	1 0 <sub>c</sub> (66,7%)
4	0 (0,0%)	1 5 (100%)	0 (0,0%)	1 5 <sub>b</sub> (100%)	3 (20,0%)	1 2 <sub>b</sub> (80,0%)	6 (40,0%)	9 с (60,0%)
p-value	0,237		<0,001		<0,001		<0,001	

Примечание: наличие одинаковых буквенных индексов (a, b, c) в столбцах означает отсутствие статистически значимых различий между ячейками ( $p > 0,05$ )

### **ОБСУЖДЕНИЕ**

На основе полученных данных можно заключить, что временное пломбирование КК смесью ГМК с гидрозолем наночастиц меди и её оксидов сроком на 7 дней может иметь клиническое значение. Эти результаты согласуются с проведенными ранее исследованиями. Так, нами было установлено явление образования композиций наночастиц ГМК при его разведении гидрозолем наночастиц меди, оксида меди (I) и оксида меди (II) [6]. Наночастицы дисперсной фазы размером 0,5-3 нм проникают внутрь поверхностного слоя частиц ГМК, что приводит к снижению когезии в агрегатах ГМК и уменьшению их размеров. Это, по-видимому, позволяет частицам более эффективно проникать в просвет ДТ. Кроме того, в ходе этого процесса частицы ГМК аккумулируют удельную поверхностную энергию более мелких частиц меди и её оксидов, а следовательно, становятся способны по градиенту концентрации проникать в дентин более глубоко и интенсивно.

Исследователи отмечают, что методы применения препаратов ГМК, не предполагающие сильных электромагнитных воздействий, проявляют более выраженную клиническую эффективность [7]. В первую очередь, это верно для гальванофореза ГМК (сила тока 0,1 мкА) по сравнению с депофорезом ГМК (сила тока около 1 мкА). В свою очередь, в ходе настоящего исследования показано, что при гальванофорезе частицы ГМК продвигаются по ДТ не на много глубже, чем при отсутствии электрофоретического воздействия.

### **ВЫВОДЫ**

Применение препаратов ГМК с гидрозолем наночастиц меди, оксида меди (I) и оксида меди (II) может стать новым перспективным методом импрегнации СКК зубов высокоактивным антибактериальным препаратом. Такая технология может существенно повысить эффективность эндодонтического лечения пульпита и апикального периодонтита без применения дополнительных физиотерапевтических процедур и дорогостоящего оборудования.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Prognosis of root canal treatment in teeth with preoperative apical periodontitis: a study with cone-beam computed tomography and digital periapical radiography / Restrepo-Restrepo F., Cañas-Jiménez S., Romero-Albarracín R. et al // Int Endod J. – 2019; 52(11): 1533-1546.
2. Comparative analysis of root dentin morphology and structure of human versus bovine primary teeth / Costa B., Iwamoto A., Puppini-Rontani R. et al. // Microsc Microanal. – 2015; 21(3): 689-694.

3. Ультраструктурная характеристика твердых тканей корня зуба при пульпитах. Феномен формирования в дентине инфицированных очагов деструкции / Фаустов Л. А., Леонтьев В. К., Попков В. Л. и др. // Актуальные проблемы медицины. – 2011. – Т. 15, № 16. – С. 16.
4. Саидова Л. А., Рамазонова Ш. Ш. К. Микробиологическая оценка эффективности применения депо- и апексфореза в комплексном лечении хронического верхушечного периодонтита // Молодой ученый. – 2019. – № 27. – С. 77-79.
5. Клинико-лабораторная оценка и обоснование способа гальванофореза гидроксида меди-кальция при эндодонтическом лечении апикального периодонтита / Румянцев В. А., Бордина Г. Е., Ольховская А. В. и др. // Стоматология. – 2015. – Т. 94, № 1. – С. 14-19.
6. Электронно-микроскопические свойства нового противомикробного нанопрепарата на основе гидроксида меди-кальция / Румянцев В. А., Фролов Г. А., Блинова А. В. и др. // Вестник Авиценны. – 2021. – Т. 23, № 4. – С. 532-541.
7. Заблочкая М. В., Митронин А. В., Заблочкая Н. В. Лечение острого апикального периодонтита с применением метода депофореза и холодной аргоновой плазмы // Смоленский медицинский альманах. – 2018. – № 1. – С. 109-112.

#### **Сведения об авторах**

А.В. Блинова – аспирант кафедры пародонтологии

В.А. Румянцев – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой пародонтологии

А.Р. Бессуднова – аспирант кафедры пародонтологии

#### **Information about the authors**

A.V. Blinova – post-graduate student

V.A. Rummyantsev – Doctor of Science (Medicine), professor

A. R. Bessudnova – post-graduate student

УДК: 616(31)

### **СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РОТОВОЙ ЖИДКОСТИ МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЗУБНЫХ ПАСТ ДВУХ НАИМЕНОВАНИЙ**

Алина Сергеевна Босомыкина<sup>1</sup>, Елена Юрьевна Ермишина<sup>2</sup>, Татьяна Михайловна Еловицова<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет»

Минздрава России, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> alin.bosomykina@mail.ru

#### **Аннотация**