

DOI: <https://doi.org/10.17816/dent290103>

Влияние коллоидного раствора диоксида серебра на краевое прилегание минерального триоксидного агрегатного цемента для закрытия перфорационных сообщений *in vitro*

И.В. Козлова, Ю.Б. Воробьёва, В.А. Железняк, А.М. Ковалевский

Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. По данным отечественной и зарубежной литературы, в процессе эндодонтического лечения зубов существует высокая вероятность (9,7–12,5%) ятрогенной перфорации стенки канала корня зуба. Наличие такой перфорации является плохим прогностическим признаком и может в дальнейшем послужить причиной удаления зуба. Более того, в литературных источниках встречаются упоминания о случаях отсутствия отверждения минеральных триоксидных агрегатных (МТА) цементов при выраженной экссудации. В настоящее время актуальной является модификация МТА цементов отечественного производства для закрытия перфорационных сообщений корневых каналов зубов.

Цель — провести сравнительное экспериментальное микроскопическое изучение сохранности краевого прилегания к тканям зуба в области перфораций пломб из МТА цементов, замешанных общепринятым способом на дистиллированной воде и на коллоидном растворе диоксида серебра в эксперименте.

Методы. Проведено эндодонтическое лечение 60 ранее удалённых по медицинским показаниям зубов после формирования ятрогенных перфораций в области фуркации корней. Сформированы две группы. В первой группе для закрытия перфораций в зубах использовались МТА цементы, замешанные на дистиллированной воде. Во второй — МТА цементы, замешанные на коллоидном растворе диоксида серебра. Обе группы разделены на 3 подгруппы по 10 зубов в зависимости от использованной марки МТА цемента.

Зубы помещены в автоматический инкубатор ННД 7 LED, в котором был создан оптимальный режим, имитирующий условия ротовой полости ($t=37\text{ }^{\circ}\text{C}$, влажность 99%). Образцы находились в искусственной слюне. Через 2 месяца экспозиции зубов во влажной среде были определены сохранность / нарушения краевого прилегания в области перфораций пломб с помощью бинокулярного микроскопа Levenhuk 720В.

Результаты. Из 30 зубов, перфорационные отверстия которых были запломбированы различными МТА цементами, замешанными на дистиллированной воде (1-я группа), нарушения краевого прилегания выявлены в 7 случаях (23,3±7,9%), а во 2-й группе из 30 зубов, в которой для замешивания МТА цементов использовался коллоидный раствор диоксида серебра, аналогичные нарушения выявлены только в 2 случаях (6,7±4,6%), $p > 0,050$ при $t=1,82$.

Заключение. Замешивание МТА цементов на коллоидном растворе диоксида серебра, по сравнению с замешиванием на дистиллированной воде, способствует большей сохранности краевого прилегания материала к стенкам корневого канала в эксперименте *in vitro*.

Ключевые слова: коллоидный раствор диоксида серебра; адгезия к стенкам корневого канала; закрытие эндодонтических перфораций; сохранность краевого прилегания материала к тканям зуба.

Как цитировать:

Козлова И.В., Воробьёва Ю.Б., Железняк В.А., Ковалевский А.М. Влияние коллоидного раствора диоксида серебра на краевое прилегание минерального триоксидного цемента для закрытия перфорационных сообщений *in vitro* // Российский стоматологический журнал. 2023. Т. 27, № 1. С. 5–13. DOI: <https://doi.org/10.17816/dent290103>

DOI: <https://doi.org/10.17816/dent290103>

Influence of a colloidal silver dioxide solution on the edge adjustment of the mineral aggregate trioxide cement for closure of perforation communications *in vitro*

Ivanna V. Kozlova, Yulia B. Vorobieva, Vladimir A. Zheleznyak, Alexandr M. Kovalevsky

Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: According to Russian and foreign literature, the probability of iatrogenic perforation of the wall of the tooth root canal is high (9.7–12.5%) during endodontic dental treatment. This is a poor prognostic sign and may subsequently result in tooth extraction. Moreover, cases without curing of mineral trioxide aggregate (MTA) cement with pronounced exudation were reported. Currently, the modification of domestically produced MTA cement is relevant for closing teeth root canal perforation.

AIM: This study aimed to conduct a comparative experimental microscopic study of the preservation of the marginal fit to the tooth tissues in perforation areas filled with MTA cement mixed conventionally with distilled water and a colloidal silver dioxide solution.

MATERIALS AND METHODS: Sixty teeth previously removed for medical reasons were endodontically treated after iatrogenic perforation formation in the furcation area of the roots. Two groups were formed. In the first group, MTA cement mixed with distilled water was used to close dental perforations. In the second group, MTA cement mixed with a colloidal silver dioxide solution was utilized. The groups were divided into subgroups depending on the MTA cement brand used. The teeth were placed in an automatic incubator HHD 7 LED, in which an optimal mode was created, simulating the conditions of the oral cavity ($t=37$ °C, humidity 99%). The samples were placed in artificial saliva. After two months of exposing the teeth to a humid environment, the preservation and damage to the marginal fit in the perforation area of the fillings were determined under a Levenhuk 720B binocular microscope.

RESULTS: In the perforations of the 30 teeth sealed with various MTA cement types mixed with distilled water, damage of the marginal fit was found in seven ($23.3\pm 7.9\%$) cases. Similar damage in 30 teeth with colloidal silver dioxide solution used to prepare MTA cements was detected in two ($6.7\pm 4.6\%$) cases ($p > 0.050$, $t=1.82$).

CONCLUSION: The use of MTA cement mixed in a colloidal silver dioxide solution, in comparison with distilled water, contributes to a greater preservation of the marginal fit of the material to the walls of the root canal in an *in vitro* experiment.

Keywords: colloidal silver dioxide solution; adhesion to the walls of the root canal; closure of endodontic perforations; preservation of the edge fit of the material to the tooth tissues.

To cite this article:

Kozlova IV, Vorobieva JB, Zheleznyak VA, Kovalevskiy AM. Influence of a colloidal solution of silver dioxide on the edge adjustment of the mineral aggregate trioxide cement for closure of perforation communications *in vitro*. *Russian Journal of Dentistry*. 2023;27(1):5–13. DOI: <https://doi.org/10.17816/dent290103>

Received: 07.12.2022

Accepted: 29.12.2022

Published: 27.02.2023

ОБОСНОВАНИЕ

Эндодонтическая перфорация — патологическое, механически созданное сообщение между системой корневого канала и поддерживающим аппаратом зуба [1].

Проблема возникновения перфорационных сообщений в ходе эндодонтических манипуляций врача-стоматолога с каждым днем приобретает более масштабное значение. По статистике эндодонтическое лечение каждого восьмого зуба может привести к ятрогенной патологической перфорации и в дальнейшем повлечь за собой его удаление. По данным К.А. Нарбековой и соавт. (2018) [2], частота эндодонтических перфораций составляет до 12% всех осложнений лечения пульпита и периодонтита.

Разгерметизация системы корневых каналов сопровождается бактериальной инвазией в зоне патологического сообщения, что влечёт за собой риск резорбции связочно-аппарата и, в конечном итоге, приводит к потере зуба.

В дальнейшем эндодонтическая перфорация способствует нарушению функций зубочелюстной системы и органов назофарингеальной области в целом, воздействуя на функцию жевания и доставляя психологический и физический дискомфорт пациентам. Жевательная эффективность характеризует степень измельчения, до которой пища доводится зубочелюстной системой во время выполнения ею функции жевания. При утрате зуба жевательная эффективность зубочелюстного аппарата уменьшается, что со временем может отрицательно сказаться на здоровье пищеварительной системы в целом.

Современные методы лечения перфораций системы корневых каналов требуют применения минеральных триоксидных агрегатных (МТА) цементов. До 1998 года перфоративное сообщение являлось показанием к удалению зуба. В настоящее время в современной стоматологии, благодаря усовершенствованию стоматологических материалов, разработаны и введены в клиническую практику методы закрытия перфорационных отверстий корневых каналов зубов.

Минеральные триоксидные агрегатные пломбировочные материалы, по утверждению производителей, обеспечивают надежную герметизацию перфоративного сообщения вследствие низкой растворимости, объемного расширения при отверждении и высокой биологической активности, способствующей регенерации тканей.

Все препараты на основе МТА цементов оказывают влияние на образование третичного и заместительного дентина благодаря воздействию гидроксида кальция на одонтобласты. Материал также обладает одонотропным действием путем высвобождения биоактивных молекул, что делает высокоэффективным его применение с целью сохранения жизнеспособности пульпы и стимуляции репаративного дентиногенеза [3].

Минеральные триоксидные агрегатные цементы способны твердеть и набирать прочность во влажной среде, обеспечивая более надежную герметизацию корневого канала по сравнению с другими материалами,

предназначенными для этих целей. Однако в литературе встречаются упоминания о случаях отсутствия отверждения материала при выраженной экссудации [4].

Доказано, что материалы на основе МТА цементов обладают не только свойствами бактериостатичности, но и потенциально бактерицидными свойствами. Это происходит за счет высвобождения гидроксид-ионов, которые обеспечивают поддержание высоких значений pH в течение длительного периода. При этом формирование минерализованного промежуточного слоя на границе материал–ткани зуба формирует неблагоприятные условия для выживания бактерий [5]. Особенностью МТА цементов является полная биосовместимость с перирадикулярными тканями. Эти материалы обеспечивают надежную герметизацию верхушечного отверстия корневого канала.

Такие уникальные свойства МТА цементов, как биосовместимость с костной тканью человека и способность к отверждению во влажной среде, позволяют более успешно бороться с хроническими стоматогенными очагами инфекции, наличие которых негативным образом отражается на соматическом статусе пациента.

В настоящее время на российском стоматологическом рынке наиболее распространены материалы «Рутдент» (TehnoDent), «Триоксидент» (ВладМиВа) и «Канал МТА» (OmegaDent). Химический состав обуславливает физико-химические свойства этих материалов.

Материал для устранения дефектов корневых каналов «Канал МТА», согласно ТУ 9391-042-49908538-2012 РУ № РЗ 2013/1373 от 23.01.2014, состоит из смеси гидрофильных частиц: в основном трикальций силиката, а также кальцийсодержащих соединений железа и алюминия.

Материалу «Канал МТА» присуща высокая герметизирующая способность, которая практически не изменяется при попадании крови. Материал обладает высоким pH=12, вследствие чего имеет ярко выраженный бактерицидный эффект.

Стоматологический водозатворимый материал для ретроградного пломбирования и исправления дефектов корневых каналов зубов «Триоксидент», согласно ТУ 9193-100-45814830-2004, содержит оксиды кальция, кремния, алюминия. При взаимодействии с водой материал образует пластичную массу, которая активно выделяет гидроксид кальция (pH=12,8), постепенно затвердевает, превращаясь в ходе реакции в нерастворимый гидроалюмосиликат кальция. Затем частицы гидрооксида кальция уплотняют массу образованного силиката кальция, наращивая механическую прочность полученного цемента. Гидроокись кальция стимулирует процессы апексо- и остеогенеза при лечении зубов с несформированными корнями, прекращает резорбцию костной ткани, при покрытии пульпы стимулирует образование дентинного мостика, обладает бактерицидными свойствами.

Материал стоматологический «Рутдент», согласно ТУ 9391-008-67200978-2010 РУ № ФСР 2011/10205 от 03.03.2011, содержит термически обработанные

частицы, состоящие из оксидов кальция, кремния, алюминия. Для рентген-контроля в материал введен оксид циркония. Соотношение оксидов в порошке определяет его время отверждения. Рабочее время материала длительного отверждения составляет 10–12 минут. Материал затвердевает в канале корня зуба от 4 до 24 часов в условиях полости рта. При отверждении окись кальция, взаимодействуя с дистиллированной водой, превращается в гидроокись кальция, обеспечивающую высокую щелочность среды (pH=12,8). Затем аморфная гидроокись кальция реагирует с оксидами кремния и алюминия, образуя активные силикаты, чем упрочняет матрицу цемента. Образующийся щелочной цемент обладает бактерицидными свойствами и стимулирует процессы апексогенеза при лечении зубов с несформированными корнями, прекращает резорбцию костной ткани, стимулирует образование вторичного дентина при лечении кариеса зубов. Материал обладает высокой биосовместимостью, низкой растворимостью (0,8%) и высокой механической прочностью (не менее 40 МПа).

Цель — провести сравнительное экспериментальное микроскопическое изучение сохранности краевого прилегания к тканям зуба в области перфораций пломб из МТА цементов, замешанных общепринятым способом на дистиллированной воде и на коллоидном растворе диоксида серебра в эксперименте.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Обсервационное исследование.

Одноцентровое исследование.

Проспективное исследование, лабораторное.

Выборочное исследование.

Контролируемое. Контрольная группа — замешанные на дистиллированной воде образцы материала МТА цементов. Пропорции соблюдены согласно рекомендациям производителей.

Неослепленное исследование, лабораторное.

Нерандомизированное.

Проведено эндодонтическое лечение 60 ранее удаленных по медицинским показаниям зубов: препарирование твердых тканей зуба, трепанация полости зуба, создание эндодонтического доступа, выявление устьев корневых каналов, прохождение каналов и определение рабочей длины, механическая и медикаментозная обработка корневых каналов, расширение и сглаживание стенок. Формировались ятрогенные перфорации стенок корня в области фуркации корней.

Зубы были разделены на две группы. Для зубов первой группы МТА материал для закрытия перфорационных отверстий замешивался на дистиллированной воде, для зубов второй группы — на коллоидном растворе серебра.

Перфорации в зубах 1-й группы подгруппы № 1 (10 зубов) закрыли материалом «Рутдент» (TehnoDent), в зубах подгруппы № 2 (10 зубов) — «Триоксидентом» (ВладМиВа), в зубах подгруппы № 3 (10 зубов) — материалом «Канал МТА» (OmegaDent). Все материалы в этой группе были замешаны на дистиллированной воде.

Перфорации в зубах 2-й группы подгруппы № 4 (10 зубов) закрыли материалом «Рутдент» (TehnoDent), в зубах подгруппы № 5 (10 зубов) — «Триоксидентом» (ВладМиВа), в зубах подгруппы № 6 (10 зубов) закрыли материалом «Канал МТА» (OmegaDent). Все материалы в этой группе были замешаны на коллоидном растворе диоксида серебра.

Этап obturации каналов корней зубов был выполнен методом введения obtураторов Термафил, использовался силер AN+ (Dentsply).

Далее все зубы помещены в автоматический инкубатор HND 7 LED, в котором был создан оптимальный режим, имитирующий условия ротовой полости (t=37 °C, влажность 99%). Образцы находились в искусственной слюне.

Через 2 месяца экспозиции во влажной среде исследуемые зубы были изучены с помощью бинокулярного микроскопа Levenhuk 720B. Определялись сохранность / нарушения краевого прилегания в области перфораций пломб из материалов «Рутдент» (TehnoDent), «Триоксидент» (ВладМиВа) и «Канал МТА» (OmegaDent).

Критерии соответствия

Критериями включения в исследование являлись:

- возможность полноценной механической обработки корневых каналов в исследуемых зубах. Учитывался фактор проходимости корневых каналов исходя из их анатомических особенностей;
- ятрогенные перфорационные отверстия, выполненные в области фуркации корней;
- применение в исследовании материалов, имеющих сертификацию в Российской Федерации.

Критерий исключения:

- отлом инструментов в корневых каналах препарируемых зубов.

Условия проведения

Исследование проводилось на базе Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова на кафедре общей стоматологии. Зубы с запломбированными перфорационными отверстиями выдерживались при температуре воздуха 37 °C и относительной влажности 99% (имитация условий полости рта) в течение 2 месяцев.

Продолжительность исследования

Запланированный срок исследования — 1 год.

Фактически исследование проводилось в течение 1 года.

Описание медицинского вмешательства

Все исследования проводились в эксперименте *in vitro*.

Основной исход исследования

Основным показателем исследования является количество случаев нарушения целостности краевого прилегания к тканям зуба в области перфораций пломб в группах из МТА цементов, замешанных общепринятым способом на дистиллированной воде и на коллоидном растворе диоксида серебра в эксперименте по данным микроскопического исследования через 2 месяца экспозиции в условиях, имитирующих условия ротовой полости.

Дополнительные исходы исследования

Дополнительными показателями исследования являются количество случаев нарушения целостности краевого прилегания к тканям зуба в области перфораций пломб в подгруппах из трёх доступных на рынке марок МТА цементов, замешанных общепринятым способом на дистиллированной воде и на коллоидном растворе диоксида серебра в эксперименте по данным микроскопического исследования через 2 месяца экспозиции в условиях, имитирующих условия ротовой полости.

Анализ в подгруппах

Группы исследования сформированы в зависимости от использованных для замешивания МТА цементов дистиллированной воды или коллоидного раствора диоксида серебра. В каждой группе сформированы подгруппы в зависимости от марок доступных на рынке МТА цементов.

Методы регистрации исходов

Описание результатов микроскопического исследования.

Этическая экспертиза

Выписка из протокола № 265 очередного заседания независимого Этического комитета при Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова от 28 июня 2022 г. Постановили: одобрить проведение конкурсной работы Козловой И.В. «Лабораторные исследования материалов для закрытия перфораций после эндодонтического лечения».

Статистический анализ

Размер выборки предварительно не рассчитывался.

Количество случаев нарушения целостности краевого прилегания материала к тканям зуба в каждой группе и подгруппе (для каждого материала) выражали в процентах, вычисляли ошибку среднего арифметического. Для определения значимости различий между группами и подгруппами исследования рассчитывали коэффициент Стьюдента, различия полагали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

Удаленные по медицинским показаниям естественные зубы.

Основные результаты исследования

Фотографии исследований на удаленных зубах представлены на рис. 1–6.

Всего из 60 естественных зубов с перфорациями, запломбированными МТА цементами в эксперименте *in vitro*, нарушение краевого прилегания материала к тканям зуба при микроскопическом исследовании отмечено в 9 случаях (15%).

Из 30 зубов, перфорационные отверстия которых были запломбированы различными МТА цементами, замешанными на дистиллированной воде, нарушения краевого прилегания выявлены в 7 случаях ($23,3 \pm 7,9\%$), а в группе из 30 зубов, в которой для замешивания МТА цементов использовался коллоидный раствор диоксида серебра, аналогичные нарушения выявлены только в 2 случаях ($6,7 \pm 4,6\%$), $p > 0,05$ при $t=1,82$, что можно расценивать как выраженную тенденцию к достижению более благоприятных результатов во 2-й группе.

Нарушение краевого прилегания материала «Триоксидент» к тканям зуба установлено в 3 случаях ($15,0 \pm 6,6\%$), в том числе в 2 случаях ($20,0 \pm 13,3\%$) при замешивании на дистиллированной воде и в 1 случае ($10,0 \pm 10,0\%$)

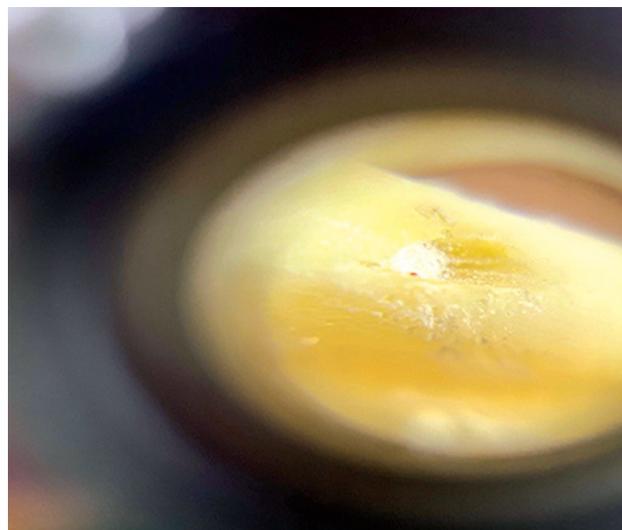


Рис. 1. Перфорационное отверстие, выполненное материалом «Триоксидент», замешанным на дистиллированной воде, через 2 месяца наблюдений. Частичное рассасывание материала. Результаты зафиксированы с помощью бинокулярного микроскопа Levenhuk 720B.

Fig. 1 Perforation hole made with Trioxident mixed with distilled water after two months of observation. Partial resorption of the material. Results were recorded using a Levenhuk 720B binocular microscope.

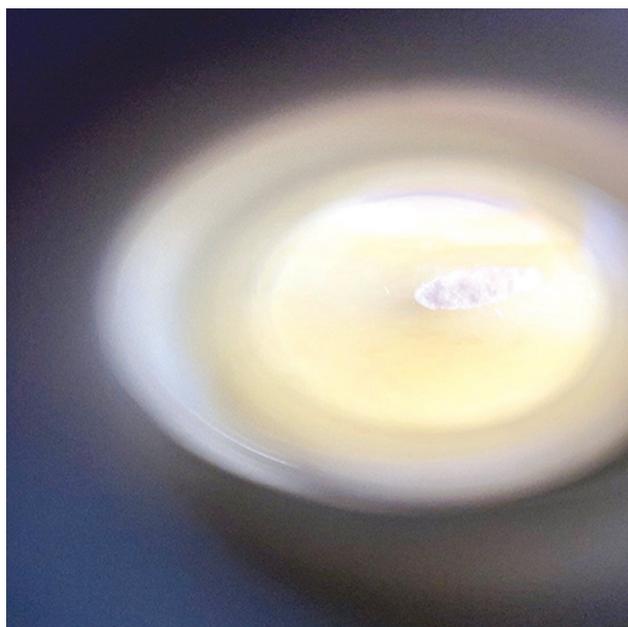


Рис. 2. Перфорационное отверстие, выполненное материалом «Триоксидент», замешанным на коллоидном растворе диоксида серебра, через 2 месяца наблюдений. Отсутствие нарушения краевого прилегания. Результаты зафиксированы с помощью бинокулярного микроскопа Levenhuk 720B.

Fig. 2. Perforation hole made with Trioxident mixed with a colloidal silver dioxide solution after two months of observation. No damage in the marginal fit was found. The results were recorded using a Levenhuk 720B binocular microscope.

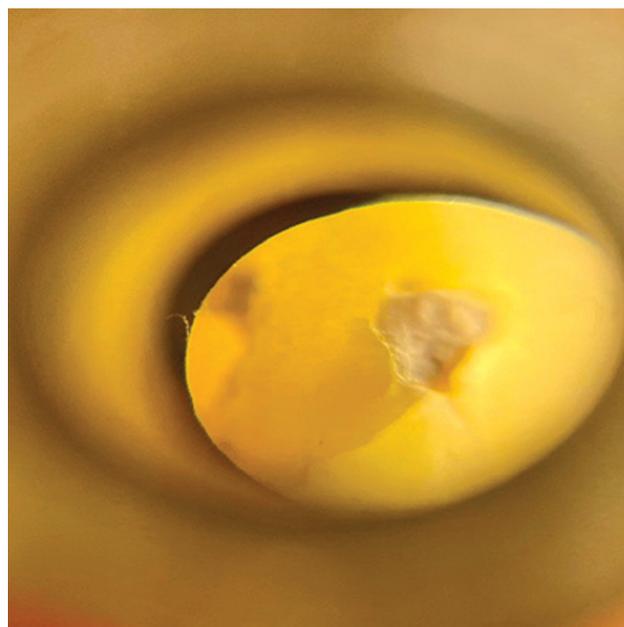


Рис. 3. Перфорационное отверстие, выполненное материалом «Канал МТА», замешанным на дистиллированной воде, через 2 месяца наблюдений. Частичное рассасывание материала. Результаты зафиксированы с помощью бинокулярного микроскопа Levenhuk 720B.

Fig. 3. Perforation hole made with CanalMTA mixed with distilled water after two months of observation. Partial resorption of the material. Results were recorded using a Levenhuk 720B binocular microscope.

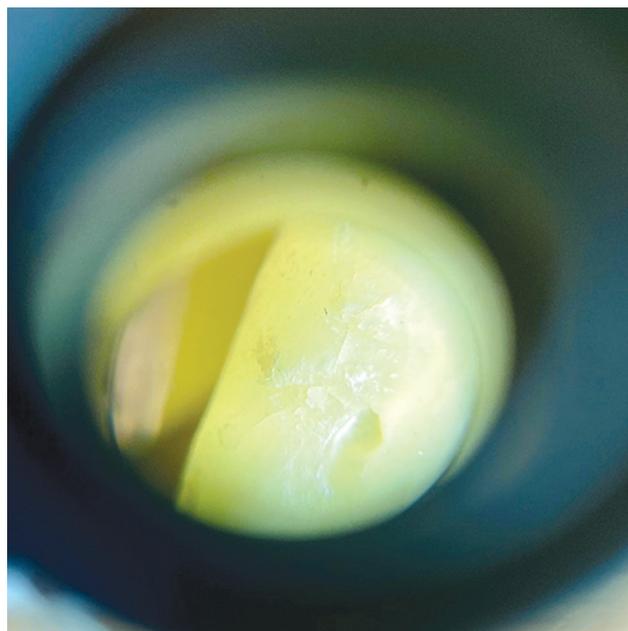


Рис. 4. Перфорационное отверстие, выполненное материалом «Канал МТА», замешанным на коллоидном растворе диоксида серебра, через 2 месяца наблюдений. Отсутствие нарушения краевого прилегания. Результаты зафиксированы с помощью бинокулярного микроскопа Levenhuk 720B.

Fig. 4. Perforation hole made with CanalMTA mixed with colloidal silver dioxide solution after two months of observation. No marginal fit damage. Results were recorded using a Levenhuk 720B binocular microscope.

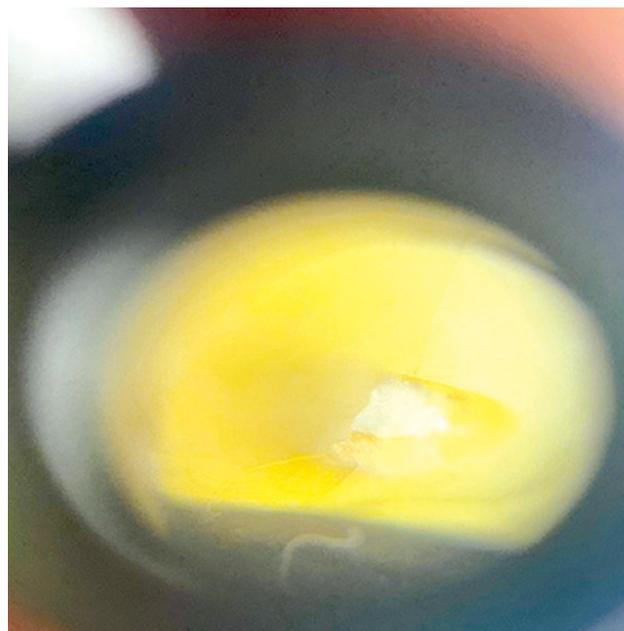


Рис. 5. Перфорационное отверстие, выполненное материалом «Рутдент», замешанным на дистиллированной воде, через 2 месяца наблюдений. Частичное нарушение краевого прилегания. Результаты зафиксированы с помощью бинокулярного микроскопа Levenhuk 720B.

Fig. 5. Perforation hole made with Rutdent mixed with distilled water after two months of observation. Partial marginal fit damage. The results were recorded using a Levenhuk 720B binocular microscope.



Рис. 6. Перфорационное отверстие, выполненное материалом «Рутдент», замешанным на коллоидном растворе диоксида серебра, через 2 месяца наблюдений. Отсутствие нарушения краевого прилегания. Результаты зафиксированы с помощью бинокулярного микроскопа Levenhuk 720B.

Fig. 6. Perforation hole made with Rutdent mixed with a colloidal silver dioxide solution, after two months of observation. No marginal fit damage. Results were recorded using a Levenhuk 720B binocular microscope.

при замешивании материала на коллоидном растворе диоксида серебра ($p > 0,05$).

Нарушение краевого прилегания материала «Канал МТА» к тканям зуба установлено в 4 случаях ($20,0 \pm 7,4\%$), в том числе в 3 случаях ($30,0 \pm 15,3\%$) при замешивании на дистиллированной воде и в 1 случае ($10,0 \pm 10,0\%$) при замешивании материала на коллоидном растворе диоксида серебра ($p > 0,05$).

Нарушение краевого прилегания материала «Рутдент» к тканям зуба установлено в 2 случаях ($10,0 \pm 5,6\%$). Оба случая ($20,0 \pm 13,3\%$) при замешивании на дистиллированной

воде. При замешивании материала на коллоидном растворе диоксида серебра случаев нарушения краевого прилегания не выявлено (0%) ($p < 0,05$) (табл. 1).

Статистически значимые различия установлены между подгруппами, в которых применялся материал «Рутдент» ($p < 0,05$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата исследования

По истечении 2 месяцев выдерживания 60 зубов с запломбированными перфорациями в условиях, имитирующих полость рта *in vitro*, зафиксировано нарушение краевого прилегания к стенкам зубов МТА цементов, замешанных на дистиллированной воде в 15% случаев. Выявлена выраженная тенденция к различиям по общему количеству случаев нарушения краевого прилегания между 1-й группой (замешивание порошка на дистиллированной воде), составившему 7 случаев ($23,3 \pm 7,9\%$), и 2-й группой (замешивание порошка на коллоидном растворе диоксида серебра) — 2 случая ($6,7 \pm 4,6\%$), ($p > 0,05$).

Наиболее благоприятный результат продемонстрировал материал «Рутдент»: отмечено 2 случая ($20,0 \pm 13,3\%$) нарушения краевого прилегания при общепринятом замешивании материала на дистиллированной воде, а при использовании коллоидного раствора диоксида серебра таковых не выявлено (0%), ($p < 0,05$). Значимых различий между другими подгруппами, в которых применялись разные материалы, не выявлено ($p > 0,05$).

В результате исследования разработан Способ изготовления минерального триоксидного агрегатного цемента для закрытия перфорационных сообщений в ходе эндодонтического лечения (заявка на изобретение, приоритетная справка № 2022121481 от 05.08.2022).

Обсуждение основного результата исследования

В результате исследования во влажной среде естественных зубов с перфорационными отверстиями, запломбированными материалами «Рутдент» (TehnDent), «Триоксидент» (ВладМиВа) и «Канал МТА» (OmegaDent), установлено,

Таблица 1. Количество случаев нарушения краевого прилегания в эксперименте

Table 1. Number of cases of violation of the marginal fit in the experiment

Название материала	Нарушение краевого прилегания, абс. числа (%)		
	1-я группа, n=30	2-я группа, n=30	Всего, n=60
1. «Триоксидент», n=20	2 ($20,0 \pm 13,3\%$)	1 ($10,0 \pm 10,0\%$)	3 ($15,0 \pm 6,6\%$)
2. «Канал МТА», n=20	3 ($30,0 \pm 15,3\%$)	1 ($10,0 \pm 10,0\%$)	4 ($20,0 \pm 7,4\%$)
3. «Рутдент», n=20	2 ($20,0 \pm 13,3\%$)	0 (0%)*	2 ($10,0 \pm 5,6\%$)
Итого	7 ($23,3 \pm 7,9\%$)	2 ($6,7 \pm 4,6\%$)	9 (15,0%)

Примечание: * — различия между 1-й и 2-й группами статистически значимы, $p < 0,05$.

Note: * — differences between groups 1 and 2 are statistically significant, $p < 0,05$.

что замешивание МТА цемента на коллоидном растворе диоксида серебра способствует лучшей сохранности краевого прилегания материала к стенке зуба в области перфорации.

Ограничения исследования

Исследование проводилось в эксперименте *in vitro*. Ещё одним ограничением исследования может выступать недостаточный размер выборки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования по модернизации химического состава жидкости для замешивания демонстрируют новый подход к усовершенствованию химической структуры и упорядоченности частиц минеральных триоксидных агрегатных цемента, открывают новые возможности применения данных материалов даже в самых сложных клинических ситуациях за счет лучшей сохранности краевого прилегания пломбы к твердым тканям зуба.

Полученные результаты позволяют рекомендовать производителям МТА цемента внедрить модификацию жидкости для замешивания материалов для обеспечения более предсказуемого результата сохранения целостности краевого прилегания материала к тканям зуба. Такая модификация материала позволит снизить вероятность гнойно-воспалительных осложнений и риск развития хронических одонтогенных очагов инфекции и сенсбилизации организма.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных

с проведенным исследованием и публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). И.В. Козлова — проведение лабораторных исследований, сбор и анализ литературных источников. Ю.Б. Воробьева — сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи, статистическая обработка результатов исследования. В.А. Железняк — написание текста, редактирование статьи; А.М. Ковалевский — написание текста, редактирование статьи.

ADDITIONAL INFO

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. I.V. Kozlova — carrying out laboratory research, collection and analysis of literary sources. Y.B. Vorobieva — collection and analysis of literary sources, preparation and writing of the text of the article, statistical processing of the research results; V.A. Zheleznyak — writing the text, editing the article; A.M. Kovalevsky — text writing, article editing.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность начальнику кафедры общей стоматологии Владимиру Андреевичу Железняку за предоставление ресурсов для научной деятельности, а также начальнику кафедры общей химии Николаю Николаевичу Химичу за существенный вклад в развитие научной идеи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Farea M., Husein A., Pameijer C.H. Furcation perforation. Current approaches and future perspectives // *Endodontic Practice*. 2018. N. 11. P. 25–31.
2. Нарбекова К.А., Синичкин В.С., Ширшикова А.А., и др. Методы закрытия перфораций // *Международный студенческий научный вестник*. 2018. № 1. С. 17.

REFERENCES

1. Farea M, Husein A, Pameijer CH. Furcation perforation. Current approaches and future perspectives. *Endodontic Practice*. 2018;11:25–31.
2. Narbekova KA, Sinichkin VS, Shirshikova AA, et al. Methods of closing perforations. *Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik*. 2018;1:17. (In Russ).

3. Шорина Т.В. Неаналоги // *Dentaltimes*. 2017. № 36. С. 54–56.
4. Слабун Т. Клинический случай лечения зубов с поперечным переломом корня у пациента пожилого возраста // *ДентАрт*. 2005. № 3. С. 15–23.
5. Климпель Ф.М. Использование МТА для ретроградного пломбирования в эндодонтии // *Кафедра. Стоматологическое образование*. 2015. № 43. С. 62–65.

3. Shorina TV. Neanalogi. *Dentaltimes*. 2017;36:54–56. (In Russ).
4. Slabun T. Klinicheskij sluchaj lechenija zubov s poperechnym perelomom kornja u pacienta pozhilogo vozrasta. *DentArt*. 2005;3:15–23. (In Russ).
5. Klimpel' FM. Ispol'zovanie MTA dlja retrogradnogo plombirovanija v jendodontii. *Kafedra. Stomatologicheskoe obrazovanie*. 2015;43:62–65. (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

* **Козлова Иванна Витальевна**, студент;
адрес: 194044, Россия, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 37;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8143-3518>;
eLibrary SPIN: 1659-4870;
e-mail: kozlova.ivanna@list.ru

Ковалевский Александр Мечиславович, д.м.н., доцент;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0772-0663>;
eLibrary SPIN: 6899-4345;
e-mail: endy_taker@mail.ru

Воробьева Юлия Борисовна, к.м.н., доцент;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0394-7868>;
eLibrary SPIN: 9690-1182;
e-mail: doctor32@bk.ru

Железняк Владимир Андреевич, к.м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6597-4450>;
eLibrary SPIN: 3895-3730;
e-mail: zhva73@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

AUTHORS' INFO

* **Ivanna V. Kozlova**, student;
address: 37 Academician Lebedeva street, 194044 Sain Petersburg, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8143-3518>;
eLibrary SPIN: 1659-4870;
e-mail: kozlova.ivanna@list.ru

Alexandr M. Kovalevsky, MD, Doc. Sci. (Med.), Assistant Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0772-0663>;
eLibrary SPIN: 6899-4345;
e-mail: endy_taker@mail.ru

Yulia B. Vorobieva, MD, Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0394-7868>;
eLibrary SPIN: 9690-1182;
e-mail: doctor32@bk.ru

Vladimir A Zheleznyak, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6597-4450>;
eLibrary SPIN: 3895-3730;
e-mail: zhva73@yandex.ru