

Шаковец Н.В., Романова О.С.
Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Shakavets N., Ramanava V.
Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

Современные лекарственные средства для эндодонтического лечения зубов у детей

Modern Medicaments for Endodontic Treatment in Children

Резюме

За последнее десятилетие подходы к эндодонтическому лечению зубов у детей претерпели значительные изменения. Приоритетным направлением являются методы, способствующие регенерации пульпы и/или ее максимальному сохранению. Для этой цели разрабатываются лекарственные средства, обладающие подобными свойствами.

Цель. Провести обзор литературы по современным методам эндодонтического лечения зубов у детей и используемым лекарственным средствам.

Материалы и методы. Проведен обзор 98 научных статей, посвященных современным методам эндодонтического лечения зубов у детей и описанию достоинств и недостатков используемых при этом лекарственных средств. Представлена классификация лекарственных средств по механизму действия на пульпу зуба. Подробно описаны материалы на основе биокерамики, их состав и способы применения.

Ключевые слова: МТА, биокерамика, NeoMTA, Bioaggregate, Biodentine.

Abstract

Over the past decade, endodontic treatment in children has undergone significant changes. Priority methods are those that promote pulp regeneration and / or maximum preservation. For this purpose, medicaments with similar properties are being developed.

Purpose: to review the literature on modern endodontic treatment methods in children and modern medicaments.

Materials and methods. A review of 98 scientific articles devoted to modern pulp therapy methods and a description of the advantages and disadvantages of medicaments used in their implementation is carried out. The classification of materials according to the mechanism of action on the tooth pulp is presented. Bioceramics based materials, their composition and methods of application are described in detail.

Keywords: MTA, Bioceramics, NeoMTA, Bioaggregate, Biodentine.

Проблема высокой распространенности кариеса зубов и его осложнений является одной из главных в детской стоматологии. Кариозные зубы могут являться очагом хронической инфекции, наличие которого способствует аллергизации организма ребенка, снижению иммунитета



и поддержанию заболеваний других органов и систем [4]. В терапевтической практике детского врача-стоматолога наиболее часто встречающейся формой осложнений кариеса зубов у детей является пульпит. Обращаемость в поликлиники по поводу пульпита у детей составляет от 30 до 40%.

При лечении патологии пульпы зубов у детей необходимо учитывать, что стоматологические вмешательства проводятся на развивающихся структурах зуба, характеризующихся функциональной незрелостью и возможностью неадекватной реакции пульпы с несформированной апикальной областью на различные раздражители. Сохранение жизнеспособности всей пульпы или ее корневой части является необходимым условием для сохранения функциональной ценности зуба, роста и формирования корня в длину и утолщения его стенок, а также для физиологической резорбции корней временного зуба. Поэтому все лечебные вмешательства должны быть максимально щадящими и направленными на создание физиологических условий для формирования структур зуба и окружающих его тканей. Для решения этих задач используются витальные методы пульпотерапии: метод не прямой пульпотерапии, прямое покрытие пульпы, частичная и цервикальная пульпотомия.

Для покрытия пульпы при проведении пульпотерапии зубов у детей имеется большой выбор лекарственных средств. По механизму действия на пульпу их разделяют на девитализирующие, консервирующие, регенерирующие и реваскуляризирующие (табл. 1).

Формокрезол оказывает девитализирующее и фиксирующее действие за счет гибридного соединения с белками пульпы [5, 84]. В состав формокрезола входит формальдегид, обеспечивающий девитализацию. Формальдегид традиционно используется для фиксации тканей при гистологических исследованиях. Схожее действие происходит и *in vivo*. Mejare с соавт. (1976) показали, что степень пенетрации формальдегида в корневую пульпу прямо пропорциональна времени воздействия и дозе препарата [51]. При этом в ней часто образуются очаги хронического воспаления и некроза [76]. В ряде исследований на животных была выявлена системная адсорбция формальдегида [21, 46, 72]. В связи с этим большинство исследователей основным недостатком

Таблица 1
Механизм действия лекарственных средств на пульпу зуба

Table 1
The action of drugs on the dental pulp

Действие на пульпу	Лекарственное средство / метод
Девитализирующее/фиксирующее	Формокрезол
Консервирующее	Сульфат железа Использование лазера Электрокоагуляция
Регенерирующее	Гидроксид кальция Биокерамика
Реваскуляризирующее	Производные эмалевого матрикса Костные морфогенетические белки Терапия стволовыми клетками

формокрезола считают его негативное системное воздействие на организм ребенка [28, 55, 73].

По данным ряда авторов, успех лечения пульпита временных зубов с использованием формокрезола, подтвержденный результатами клинического и рентгенологического обследования, в сроки наблюдения от 36 до 48 месяцев достигает 78–94% [42, 43, 62]. В отдаленные сроки наблюдения эффективность лечения с использованием формокрезола снижается в результате развития внутренней резорбции, очагов некроза и воспаления, образования грануляционной ткани при формировании незначительного количества твердых тканей дентинного мостика с низкой минерализацией [6, 8, 15, 74, 77].

Большинство ученых ставят под сомнение целесообразность использования традиционных препаратов на альдегидной основе – формокрезола и глютаральдегида – и рекомендуют отказаться от их использования из-за возможного общетоксического действия на организм, потенциально мутагенного, канцерогенного и тератогенного эффектов [21, 34, 46, 53].

Сульфат железа представляет собой вязкий 20% водный раствор сульфата трехвалентного железа (препарат ViscoStat, Ultradent, США), обладает щадящим коагулирующим действием по отношению к мягким и твердым тканям. Гемостаз достигается главным образом за счет образования коагуляционных пробок в капиллярных отверстиях. Применение сульфата железа позволяет проводить односеансный метод пульпотомии временных зубов с сохранением витальных тканей с минимальным повреждением, однако данный препарат имеет ограниченную способность к стимуляции выработки репаративного дентина [71, 73]. В отличие от формокрезола, сульфат железа не обладает резорбтивным эффектом и лучше фиксирует пульпу по сравнению с глютаральдегидом [2, 3].

По данным ряда авторов, клиническая и рентгенологическая эффективность лечения пульпита временных зубов с использованием сульфата железа составляет от 67 до 100% в срок наблюдения 36–48 месяцев [2, 3, 20, 42, 43, 62]. При гистологическом исследовании пульпы временных зубов, леченных с использованием сульфата железа, выявлены очаги некроза, кальцификаты и явления хронического воспаления [24, 31, 33, 77]. Отмечена высокая частота встречаемости внутренней резорбции в срок наблюдения более 36 месяцев, при этом процессы резорбции приостанавливались после образования кальцификатов в пульпе [62].

Гидроксид кальция представляет собой белую кристаллическую малорастворимую основную соль, которая диссоциирует в растворе на ионы кальция и гидроксид-ионы и имеет высокую щелочную реакцию (рН 12,5–12,8). Впервые гидроксид кальция был использован в терапии пульпы Godman (1851). Препарат способствует регенерации пульпы и индуцирует выработку заместительного дентина [73]. После покрытия пульпы гидроокисью кальция на граничащих участках образуется трехслойный некроз. Верхний слой представлен зоной некроза вследствие сдавления, далее следует зона колликвационного некроза, вызываемого химическим воздействием ионов гидроксила (происходит нейтрализация гидроксид-ионов). Ниже уже через 1 час после покрытия образуется зона коагуляционного некроза. Вследствие



поверхностного некроза дальнейшее кровотечение прекращается, развивается умеренное воспаление прилегающей витальной ткани пульпы. Через 4 дня происходит пролиферация клеток пульпы, через 7 дней появляются фибробласты. Они синтезируют коллаген на границе с зоной некроза. В дальнейшем волокна коллагена минерализуются, в результате чего формируется слой нерегулярно структурированной минерализованной ткани. Спустя 4 недели после покрытия со стороны пульпы обнаруживается ряд клеток, аналогичных фибробластам, которые, предположительно, происходят из недифференцированных периваскулярных клеток. Через 3 месяца образуется барьер из иррегулярной минерализованной твердой субстанции. Таким образом, образование твердой субстанции можно разделить на 2 фазы: сначала происходит отторжение, сопровождающееся гибелью клеток и воспалением (защитная фаза). За ней следует фаза восстановления дефекта ткани с образованием перемычки из твердой субстанции. Однако роль гидроксида кальция, в частности ионов кальция, до сих пор не выяснена. Кальций в перемычку твердой субстанции входит исключительно из ткани прилегающей пульпы, а не из гидроксида кальция [1]. Гидроксид кальция является, скорее, инициатором, чем субстратом для восстановления ткани.

В литературе имеется неоднозначное мнение о возможности применения гидроксида кальция при терапии пульпы временных зубов. По мнению ряда авторов, применение гидроксида кальция стимулирует процесс резорбции временных зубов [42, 81, 64, 88, 89]. Резорбция происходит за счет многофункциональных мезенхимальных клеток пульпы зуба, которые участвуют также в процессе физиологической резорбции корней временных зубов. Материалы, содержащие гидроксид кальция, активируют эти клетки, что приводит к развитию внутренней резорбции. По мнению Schröder и Granath (1971), развитие внутренней резорбции связано с образованием на поверхности пульпы сгустка крови, который стимулирует деятельность остеокластов [58, 79, 81]. К основным недостаткам гидроксида кальция относят резорбцию материала, механическую нестабильность и неустойчивость к микроподтеканиям на протяжении длительного периода времени (туннельные дефекты в сформированных твердых тканях способствуют проникновению микроорганизмов, что может обусловить вторичный воспалительный процесс тканей пульпы).

По данным клинических и рентгенологических исследований Trairatvorakul с соавт. (2011), эффективность использования гидроксида кальция при лечении патологии пульпы временных зубов методом витальной пульпотомии в сроки наблюдения через 1 и 3 года составила 95 и 75% соответственно [64]. По данным других авторов, клиническая и рентгенологическая эффективность была от 50 до 87% в срок наблюдения 24 месяца [37, 42, 80]. Данные гистологического исследования пульпы временных зубов, леченных с использованием гидроксида кальция, выявили очаги некроза и/или хронического воспаления различного размера (в зависимости от pH препарата), наличие туннельных дефектов в образованных дентинных мостиках [54, 79, 85].

В настоящее время наибольшую популярность для покрытия пульпы при проведении пульпотерапии временных и постоянных зубов

у детей приобретает биокерамика. Биокерамика – это группа керамических материалов, разработанных для использования в медицине и стоматологии (см. рисунок). Они содержат алюминий и цирконий, биоактивное стекло, стеклокерамику, наполнители и композиты, растворимый фосфат кальция. Биокерамика обладает высокой биосовместимостью, она не токсична, не дает усадки, химически стабильна, в процессе застывания препарата происходит формирование гидроксиапатита [16].

Наиболее часто в эндодонтии используют биокерамику на основе силиката кальция: МТА, NeoMTA, Bioaggregate, Biodentine и iRoot (табл. 2). Следует отметить высокую биосовместимость и биоактивность этого типа биокерамики, низкую цитотоксичность, умеренный воспалительный ответ и превосходную способность к стимуляции регенерации клеток и восстановлению тканей [25]. Кроме этого, биокерамика на основе силиката кальция может стимулировать остеоиндукцию, аналогичную реакции гидроксиапатита [69]. Использование этой группы материалов в эндодонтии демонстрирует высокую эффективность применения: при покрытии пульпы, пульпотомии, пломбировании апикальной трети корневых каналов, закрытии перфораций в корневых каналах, регенеративном эндодонтическом лечении. Существуют многочисленные исследования *in vitro* и *in vivo*, описывающие и подтверждающие физико-химические и биологические свойства этой группы биокерамики [10, 26, 32, 39, 67, 70, 87].



Классификация биокерамики по ее биоактивности и биоразлагаемости

Classification of bioceramics by its bioactivity and biodegradability



Таблица 2
Биокерамика на основе силиката кальция

Table 2
Calcium silicate-based bioceramics

Название материала	Состав	Преимущества	Недостатки	Способ применения
MTA (Dentsply, United States)	Трехкальциевый силикат, дикальциевый силикат, трехкальциевый алюминат, тетракальций алюмоферрит, сульфат кальция и оксид висмута	Отличная герметизирующая способность и стабильность. Хорошая адаптация к дентину зуба	Длительное время отверждения, сложность в работе и изменение цвета зубов. Слабое сцепление и ретенция	Прямое и не прямое покрытие пульпы зуба. Пульпотомия. Апексификация. Закрытие перфораций и очагов резорбции корня зуба. Пломбирование корневых каналов. Регенеративное эндодонтическое лечение
NeoMTA Plus (Avalon, USA)	Трехкальциевый силикат, дикальциевый силикат, сульфат кальция, оксид тантала	Не окрашивает ткани зуба. Более продолжительное время высвобождения ионов кальция и гидроксид-ионов по сравнению с МТА. Не вымывается благодаря уникальным свойствам геля	Увеличенное время отверждения	Прямое и не прямое покрытие пульпы зуба. Пульпотомия. Апексификация. Закрытие перфораций и очагов резорбции корня зуба. Пломбирование корневых каналов. Регенеративное эндодонтическое лечение
Bioaggregate (Innovative Bioceramix, Canada)	Трехкальциевый силикат, оксид тантала, фосфат кальция, диоксид кремния	Лучшая стабильность цвета, чем у МТА. Более высокая прочность сцепления, стойкость к излому и кислотоустойчивость, чем у МТА. Устойчивость к вымыванию выше, чем у Биодентина	Механические свойства слабее, чем у МТА. Более высокое поглощение жидкости и более длительное время отверждения, чем у Биодентина	Апексификация. Закрытие перфораций и очагов резорбции корня зуба. Пломбирование корневых каналов. Регенеративное эндодонтическое лечение
Biodentine (Septodont, Saint Maur des Fosses, France)	Трехкальциевый силикат, оксид циркония, карбонат кальция	Улучшенные механические свойства по сравнению с Биоагрегатом. Более точное дозирование, чем у МТА. Прочность сцепления и минимальная вероятность окрашивания твердых тканей зуба. Устойчивость к перелому корня зуба. Хорошая герметизирующая способность	Низкая рентгеноконтрастность и очень низкая устойчивость к вымыванию. Антибактериальная активность и кариеспротективное действие слабее, чем у стеклоиономерных цементов	Пульпотомия. Прямое и не прямое покрытие пульпы зуба. Пломбирование корневых каналов. Закрытие перфораций корня зуба. Регенеративное эндодонтическое лечение

Окончание таблицы 2

iRoot BP/BP plus (Innovative Bioceramix Inc., Vancouver, Canada)	Силикат кальция, фосфат кальция и алюминий	Простота в использовании и меньшее время отверждения по сравнению с МТА	Герметизирующая способность ниже, чем у МТА	Пломбирование корневых каналов и закрытие перфораций
iRoot FS (Innovative Bioceramix Inc., Vancouver, Canada)	Силикаты кальция, оксид циркония, пятиокись тантала, одноосновный фосфат кальция, безводный сульфат кальция	Более короткое время отверждения и процесс гидратации, чем у МТА. Одинаковая прочность на сжатие и микротвердость с МТА	–	Закрытие перфораций и пломбирование корневых каналов
iRoot SP (Innovative Bioceramix Inc., Vancouver, Canada)	Силикаты кальция, фосфат кальция, оксид циркония, оксид тантала	Более обширная площадь проникновения по сравнению с МТА	Более слабая прочность сцепления по сравнению с МТА	Пломбирование корневых каналов

Минерал триоксид агрегат (МТА) был первым биокерамическим материалом, успешно применяемым в эндодонтии [44, 47]. В период гидратации МТА образуется гидратный гель гидроксида и силиката кальция, состоящий из кристаллов оксида кальция аморфной структуры и обеспечивающий щелочную реакцию среды. В процессе отверждения из МТА высвобождаются ионы кальция и диффундируют в дентинные трубочки, что приводит к увеличению концентрации ионов кальция в прилежащем дентине [61]. Гель преобразуется в твердую структуру по меньшей мере за 3 часа. Прочность такой структуры на сжатие эквивалентна прочности упроченного полимером цинкоксидэвгенольного цемента IRM или многоцелевого цемента Super EBA, но ниже, чем у амальгамы [56]. Кроме того, МТА обладает остеиндуктивными и цементогенными свойствами, стимулирует высвобождение лимфокинов иммунными клетками. Уровень остеокальцина, белка маркера биоминерализации, в присутствии МТА значительно возрастает. Благодаря высокой биосовместимости, превосходным физическим и химическим свойствам, МТА стал востребованным материалом в эндодонтии. Его используют для покрытия пульпы зуба, пульпотомии, апексификации, апексогенеза, закрытия перфораций и очагов резорбции корня зуба, пломбирования корневых каналов и ретроградного пломбирования [22, 25, 47, 63].

Однако из-за ряда недостатков МТА, таких как длительное время отверждения, высокая стоимость, сложность в работе и изменение цвета зубов, в последние годы исследователи сосредоточились на создании альтернативных материалов с такой же высокой биосовместимостью и биоактивностью, но с улучшенными физико-химическими свойствами.

NeoMTA Plus – это новый биокерамический материал на основе силиката кальция с хорошей рентгеноконтрастностью и увеличенным временем отверждения. В его состав входят гель на водной основе и порошковая смесь (мелкодисперсный трикальций силикат). Соотношение



порошка и геля в смеси может изменяться в зависимости от области применения. Чтобы избежать изменения цвета зуба в составе NeoMTA Plus оксид висмута заменен на оксид тантала. При использовании NeoMTA (в сравнении с МТА) высвобождение ионов кальция и гидроксид-ионов, образование фосфата кальция происходит активнее и продолжительнее, что, в свою очередь, способствует регенерации тканей зуба и тканей периодонта, повышая биоактивность и биосовместимость материала. В соответствии с инструкцией производителя материал изготавливают путем смешивания порошка с 1 каплей геля в течение 30 секунд, адаптировать материал к тканям зуба необходимо влажным ватным шариком.

Bioaggregate (Биоагрегат) – биокерамический материал на основе силиката кальция. Имеет аналогичные составляющие с МТА, однако не содержит оксида алюминия, а оксид висмута заменен инертным оксидом тантала [18, 64, 94]. В результате измененного состава Биоагрегат (по сравнению с МТА) демонстрирует лучшую стабильность цвета, что особенно важно при использовании гипохлорита натрия и хлоргексидина [45]. Кроме того, диоксид кремния и фосфат кальция, содержащиеся в Биоагрегате, способны индуцировать образование гидроксида кальция, а ион кальция, высвобождаемый на ранней стадии реакции гидратации, может оставаться в щелочной среде в течение 28-дневного периода, что обеспечивает высокий уровень реминерализации [18]. Из-за различий в процессе гидратации механические свойства Биоагрегата уступают МТА [41, 78]. Тем не менее Биоагрегат имеет более высокую прочность сцепления, стойкость к излому и кислотоустойчивость, чем МТА [12, 39, 90]. При этом Биоагрегат демонстрирует большее поглощение жидкости, более длительное время отверждения и большую устойчивость к вымыванию по сравнению с Биодентином [35, 39, 90]. Кроме того, Биоагрегат имеет высокую герметизирующую способность, сравнимую с таковой у МТА [48]. Доказано, что 12-миллиметровая апикальная пробка из Биоагрегата достаточна для полной изоляции тканей периодонта от микроподтеканий, что особенно важно при использовании ЭДТА, гипохлорита натрия или хлоргексидина при эндодонтическом лечении зубов [14, 29, 52].

Biodentine (Биодентин) является представителем биокерамики на основе трикальций силиката [36]. Биодентин не содержит алюмината кальция и сульфата кальция, которые, присутствуя в МТА, вызывают снижение механической прочности и увеличивают время отверждения [19, 75]. В сравнении с МТА Биодентин более прост в работе: после использования этого материала не возникает дисколорирования коронки зуба, материал продолжительное время (до 6 месяцев) может служить временной пломбой и в дальнейшем может быть перекрыт композитом. Биодентин представлен в виде порошка и жидкости. Порошок помещается в капсулу, а жидкость – в ампулу. Порошок состоит из трикальций силиката, оксида циркония, карбоната кальция. Жидкость состоит из воды с добавлением хлорида кальция и водорастворимого полимера. Для замешивания материала после открытия капсулы жидкость добавляется по каплям в порошок, после закрытия капсулы материал смешивается механическим путем в аппарате для смешивания примерно 30 секунд на скорости около 4200 оборотов в минуту.

По сравнению с Биоагрегатом Биодентин демонстрирует превосходящие механические свойства, включая прочность на сжатие и микротвердость [35]. Кроме того, Биодентин показал более стабильные размеры, чем МТА, и потерю всего лишь 0,58% объема после застывания [66]. Благодаря более прочной микроструктуре, более высокой прочности сцепления и меньшей вероятности изменения цвета зуба Биодентин имеет значительные преимущества по сравнению с Биоагрегатом и МТА [11, 17, 18, 35, 49, 50, 95]. Биодентин стимулирует образование заместительного дентина, что позволяет использовать данный материал для лечения пульпита витальными методами. Биодентин толщиной 4 миллиметра в апикальной трети корневого канала может обеспечить хорошую краевую адаптацию и полную изоляцию тканей периодонта от микроподтеканий [93, 97]. При такой толщине Биодентин обладает отличной способностью противостоять смещению [93, 97] и перелому корня [92] по сравнению с Биоагрегатом и МТА, тогда как чрезмерная толщина материала может оказывать неблагоприятное воздействие на перелом и сопротивление нагрузкам [30]. На прочность связи Биодентина с дентином корня зуба, как и у других представителей биокерамики на основе силиката кальция, могут влиять вещества, используемые при эндодонтическом лечении зубов, такие как ирриганты, хелатирующие агенты и кислоты [13]. Так, прочность связи Биодентина и его герметизирующая способность были усилены, когда ирригация корневого канала проводилась с использованием гипохлорита натрия и физиологического раствора или смеси NaOCl и 1-гидроксиэтан-1,1-дифосфоновой кислоты (HEDP) [65], в то время как использование ЭДТА значительно увеличило микропротекание Биодентина [9]. Благодаря хорошей герметизирующей способности и биологическим свойствам Биодентин может применяться для ретроградного пломбирования корневого канала [57, 83, 86]. Кислая среда в периапикальной области может ухудшать герметизирующую способность Биодентина, способствуя его растворимости [68]. Несмотря на множество преимуществ Биодентина, он имеет низкую рентгеноконтрастность и низкую устойчивость к вымыванию [19, 35]. Антибактериальная активность и кариеспротективное действие данного материала слабее, чем у стеклоиономерного цемента, из-за отсутствия в составе фторид-иона, который способен ингибировать жизнедеятельность бактерий зубного налета и стимулировать реминерализацию. Ряд авторов предполагают, что добавление биоактивного стекла в состав Биодентина может способствовать ускорению образования апатита [19, 82].

iRoot BP / BP Plus – это новые биокерамические материалы на основе силиката кальция, разработанные для закрытия перфораций и пломбирования корневых каналов, состоящие преимущественно из силиката кальция, фосфата кальция и алюминия. Производитель заявляет, что физико-механические характеристики iRoot BP / BP Plus не уступают МТА. Однако ряд исследователей сообщают, что данные материалы обладают худшей герметизирующей способностью по сравнению с МТА (исследование проведено методом фильтрации жидкости и оценки с помощью электронной сканирующей микроскопии) [60]. Тем не менее простота использования и более быстрое время отверждения – основные преимущества iRoot BP / BP Plus по сравнению с МТА. Так, у iRoot BP / BP Plus оно составляет 2 часа, а у МТА – 4 часа.



iRoot FS представляет собой еще один материал на основе биокерамики с добавлением наночастиц, который имеет аналогичные с iRoot BP / BP Plus ингредиенты и сходные показания к применению [27, 98]. Время отверждения и процесс гидратации iRoot FS короче по сравнению с MTA, а прочность на сжатие и микротвердость iRoot FS и MTA приблизительно одинаковы [38].

iRoot SP – это предварительно смешанная биокерамическая паста на основе силиката кальция, разработанная в качестве силера для герметизации корневых каналов. iRoot SP обладает способностью проникать в дентинные каналы и создавать отличное механическое сцепление с дентином корня зуба [7, 40]. iRoot SP демонстрирует большую площадь проникновения [7], но более слабую прочность сцепления [59] по сравнению с AN Plus или MTA. Кроме того, iRoot SP обладает такой же способностью к апикальной герметизации, что и герметик AN Plus [96]. Еще одним преимуществом материала является увеличение его герметизирующей способности при наличии влаги в корневом канале, а время работы с iRoot SP может быть продлено при хорошо высушенном корневом канале [23].

Таким образом, Биокерамика стимулирует образование заместительного дентина, демонстрирует превосходные биосовместимость и биоактивность, высокие антибактериальные свойства, отверждение в присутствии влаги, идеальный процент расширения, непроницаемость и высокую адгезию к дентину. Биокерамика на основе силиката кальция может быть широко использована для пульпотерапии зубов у детей: для пульпотомии, прямого и непрямого покрытия пульпы зуба, апекфикации, закрытия перфораций и очагов резорбции корня зуба, пломбирования корневых каналов и регенеративного эндодонтического лечения. Использование данной группы материалов может обеспечить создание физиологических условий для формирования структур зуба и окружающих его тканей, привести к значительному повышению качества эндодонтического лечения зубов у детей.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования, редактирование – Шаковец Н.В.; концепция и дизайн исследования, сбор материала, обработка, написание текста – Романова О.С.

Authors' contribution: concept and design of the study, editing – Shakavets N.; concept and design of the study, collection of material, processing, text writing – Ramanava V.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Beer R. (2006) *Illustrated handbook on endodontology*, pp. 28–29. (in Russian)
2. Kiselnikova L.P., Kovylina O.S., Tokareva A.V., Shcherbina I.S. (2009) Treatment of pulpitis of temporary teeth by pulpotomy using iron sulfate. *Pediatric dentistry and prevention*, 3:22–27.
3. Ozhgikhina N.V., Ioschenko E.S., Svetlakova E.N. (2009) Experience in the use of iron sulfate in the treatment of pulpitis of temporary teeth by vital amputation. *Pediatric dentistry*, 10:22–24.

4. Terekhova T.N., Belik L.P., Kozlovskaya L.V. (2011) Treatment of pulp pathology in children. *Modern dentistry*, 1:13–21.
5. Yatsuk A.I., Mikhailovskaya V.P., Melnichenko E.M. (2000) Amputation method of treatment of pulpitis of temporary teeth using formocresol. *Modern dentistry*, 2:42–43.
6. Agamy H.A., Bakry N.S., Mounir M.M.F., Avery D.R. (2004) Comparison mineral trioxide aggregate and formocresol as pulp capping agents in pulpotomized primary teeth. *Pediatr Dent*, 26:302–309.
7. Akcay M., Arslan H., Durmus N., Mese M., Capar I.D. (2016) Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: a confocal microscopic study. *Lasers Surg. Med.*, 48:70–76. doi: 10.1002/lsm.22446
8. Alacam A. (1989) Pulpal tissue changes following pulpotomies with formocresol, glutaraldehyde – calcium hydroxide, glutaraldehyde – zinc oxide eugenol pastes in primary teeth. *J Pedod.*, 13:123–132.
9. Al-Azzawi A.K.J., Al-Zubaidi A.K. (2014) The effect of various endodontic irrigants on the sealing ability of biodentine and other root perforation repair materials : in vitro study. *J. Baghdad Coll. Dent.*, 26:1–8. doi: 10.12816/0015217
10. Al-Haddad A., Che A.A.Z. (2016) Bioceramic-based root canal sealers: a review. *Int. J. Biomater.*, 9753210. doi: 10.1155/2016/9753210
11. Alsubait S.A., Hashem Q., AlHargan N., AlMhimeed K., Alkahtani A. (2014) Comparative evaluation of push-out bond strength of ProRoot MTA, bioaggregate and biodentine. *J. Contemp. Dent. Pract.*, 15:336–340. doi: 10.5005/jp-journals-10024-1539
12. Amin S., Gawdat S.I. (2018) Retention of BioAggregate and MTA as coronal plugs after intracanal medication for regenerative endodontic procedures: an ex vivo study. *Restor. Dent. Endod.*, 43:e18. doi: 10.5395/rde.2018.43.e18
13. Ballal V., Marques J.N., Campos C.N., Lima C.O., Simao R.A., Prado M. (2018) Effects of chelating agent and acids on Biodentine. *Aust. Dent. J.*, 63:170–176. doi: 10.1111/adj.12609
14. Bayram H.M., Saklar F., Bayram E., Orucoglu H., Bozkurt A. (2015) Determination of the apical sealing abilities of mineral trioxide aggregate, portland cement, and bioaggregate after irrigation with different solutions. *J. Int. Oral. Health.*, 7:13–17.
15. Berger J.E. (1965) Pulp tissue reaction to formocresol and zinc oxide-eugenol. *J Dent Child.*, 32:13–28.
16. Best S.M., Porter A.E., Thian E.S., Huang J. (2008) Bioceramics: past, present and for the future. *J Eur Ceram Soc.*, 28(7):1319–1327. doi:10.1016/j.jeurceramsoc.2007.12.001
17. Bortoluzzi E.A., Broon N.J., Bramante C.M., Felipe W.T., Tanomaru F.M., Esberard R.M. (2009) The influence of calcium chloride on the setting time, solubility, disintegration, and pH of mineral trioxide aggregate and white Portland cement with a radiopacifier. *J. Endod.*, 35:550–554. doi: 10.1016/j.joen.2008.12.018
18. Camilleri J., Sorrentino F., Damidot D. (2015) Characterization of unhydrated and hydrated BioAggregate and MTA Angelus. *Clin. Oral. Investig.*, 19:689–698. doi: 10.1007/s00784-014-1292-4
19. Caron G., Azerad J., Faure M.O., Machtoui P., Boucher Y. (2014) Use of a new retrograde filling material (Biodentine) for endodontic surgery: two case reports. *Int. J. Oral Sci.*, 6:250–253. doi: 10.1038/ijos.2014.25
20. Casas M.J., Kenny D.J., Johnston D.H., Judd P.L. (2004) Long-term outcomes of primary molar ferric sulfate pulpotomy and root canal therapy. *Pediatr Dent.*, 26:44–48.
21. Casas M.J., Kenny D.J., Judd P.L., Johnston D.H. (2005) Do we still need formocresol in pediatric dentistry? *J Can Dent Assoc.*, 71:749–751.
22. Cavdar Tetik E.A., Dartar Oztan M., Kiyani M. (2013) Comparison of invitro antimicrobial activities of bioaggregate and mineral trioxide aggregate. *Mikrobiyol Bul.*, 47(3):523–8. doi: 10.1128/AAC.34.7.1390
23. Chen M.M., Kou P., Xie X.L., Wang X.Z., Hou D.L. (2018) Effect of root canal wall moisture and filling techniques on the sealability of iRoot sp. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue*, 27:467–471.
24. Cotes O., Boj J.R., Canalda C., Carreras M. (1997) Pulpal tissue reaction to formocresol vs ferric sulfate in pulpomotized rat molars. *J Clin Paediatr Dent.*, 21:247–253.
25. De Oliveira N.G., de Souza A.P., Da S.M., Sobral A., Carvalho M.V. (2018) Comparison of the biocompatibility of calcium silicate-based materials to mineral trioxide aggregate: systematic review. *Eur. J. Dent.*, 12:317–326. doi: 10.4103/ej.ejd_347_17
26. De Sousa R.M., Scarparo R.K., Steier L., de Figueiredo J. (2019) Periradicular inflammatory response, bone resorption, and cementum repair after sealing of furcation perforation with mineral trioxide aggregate (MTA Angelus) or Biodentine. *Clin. Oral. Investig.*, 23:4019–4027. doi: 10.1007/s00784-019-02833-z
27. De-Deus G., Canabarro A., Alves G.G., Marins J.R., Linhares A.B., Granjeiro J.M. (2012) Cytocompatibility of the ready-to-use bioceramic putty repair cement iRoot BP Plus with primary human osteoblasts. *Int. Endod. J.*, 45:508–513. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.02003.x
28. Eidelman E., Odont, Holan G., Fuks A.B. (2001) Mineral trioxide aggregate vs formocresol in pulpomotized primary molars: A preliminary report. *Pediatr Dent.*, 23:15–18.
29. El Sayed M., Saeed M. (2012) In vitro comparative study of sealing ability of diadent BioAggregate and other root-end filling materials. *J. Conserv. Dent.*, 15:249–252. doi: 10.4103/0972-0707.97950
30. Eram A., Zuber M., Keni L.G., Kalburgi S., Naik R., Bhandary S. (2020) Finite element analysis of immature teeth filled with MTA, Biodentine and Bioaggregate. *Comput. Methods Programs Biomed.*, 190:105356. doi: 10.1016/j.cmpb.2020.105356
31. Forss H., Jokinen J., Spets-Happonen S., Seppa L., Luoma H. (1991) Fluoride and mutans streptococci in plaque grown on glass ionomer and composite. *Caries Res.*, 25:454–458. doi: 10.1159/000261410
32. Frozoni M., Marques M.R., Hamasaki S.K., Mohara N.T., de Jesus S.A., Zaia A.A. (2020) Contribution of bone marrow-derived cells to reparative dentinogenesis using bone marrow transplantation model. *J. Endod.*, 46:404–412. doi: 10.1016/j.joen.2019.12.003
33. Fuks A.B., Eidelman E., Cleaton-Jones P., Michaeli Y. (1997) Pulp response to ferric sulfate, diluted formocresol and IRM in pulpomotized primary baboon teeth. *ASDC. J Dent Child.*, 64:254–259.
34. Godhi Brinda, Sood P.B., Sharma Arun (2011) Effects of mineral trioxide aggregate and formocresol on vital pulp after pulpotomy of primary molars: An in vivostudy. *Contemporary Clinical Dentistry*, 2(4):296–301. doi: 10.4103/0976-237X.91792
35. Grech L., Mallia B., Camilleri J. (2013) Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. *Dent. Mater.*, 29:e20–e28. doi: 10.1016/j.dental.2012.11.007
36. Grech L., Mallia B., Camilleri J. (2013) Characterization of set intermediate restorative material, biodentine, bioaggregate and a prototype calcium silicate cement for use as root-end filling materials. *Int. Endod J.*, Jul, 46(7), 632–641. doi: 10.1111/iej.12039. DOI: 10.1111/iej.12039
37. Gruythysen R.J., Weerheijm K.L. (1997) Calcium hydroxide pulpotomy with a light cured cavity sealing material after two years. *J Dent Child.*, 64:251–253.
38. Guo Y.J., Du T.F., Li H.B., Shen Y., Mobuchon C., Hieawy A. (2016) Physical properties and hydration behavior of a fast-setting bioceramic endodontic material. *BMC Oral. Health.*, 16:23. doi: 10.1186/s12903-016-0184-1



39. Guven Y, Tuna E.B., Dincol M.E., Ozel E., Yilmaz B., Aktoren O. (2016) Long-term fracture resistance of simulated immature teeth filled with various calcium silicate-based materials. *Biomed Res. Int.*, 2863817. doi: 10.1155/2016/2863817
40. Haragushiku G.A., Sousa-Neto M.D., Silva-Sousa Y.T., Alfredo E., Silva S.C., Silva R.G. (2010) Adhesion of endodontic sealers to human root dentine submitted to different surface treatments. *Photomed. Laser Surg.*, 28:405–410. doi: 10.1089/pho.2008.2474
41. Hashem A.A., Wanees A.S. (2012) The effect of acidity on dislodgment resistance of mineral trioxide aggregate and bioaggregate in furcation perforations: an in vitro comparative study. *J. Endod.*, 38:245–249. doi: 10.1016/j.joen.2011.09.013
42. Hutch K.C., Paschos E., Hajek-Al-Khatir N. (2005) Effectiveness of 4 pulpotomy techniques – randomized controlled trial. *J Dent Res.*, 84:1144–1148. doi: 10.1177/154405910508401210
43. Ibricevic H., Jame Q. (2003) Ferric sulphate and formocresol in pulpotomy of primary molars: long term follow-up study. *Eur J Paediatr Dent.*, 4:28–32.
44. Jitaru S., Hodisan I., Timis L., Lucian A., Bud M. (2016) The use of bioceramics in endodontics-literature review. *Clujul Med.*, 89(4):470–3.
45. Keskin C., Demiryurek E.O., Ozyurek T. (2015) Color stabilities of calcium silicate-based materials in contact with different irrigation solutions. *J. Endod.*, 41:409–411. doi: 10.1016/j.joen.2014.11.013
46. Ketley C.E., Goodman J.R. (1991) Formocresol toxicity: is there a suitable alternative for pulpotomy of primary molars? *Int J Paediatr Dent.*, 1:67–72.
47. Koh E.T., Pittford T.R., Torabinejad M., McDonald F. (1995) Mineral trioxide aggregate stimulates cytokine production in human osteoblasts. *J Bone Min Res.*, 10S:5406. doi: 10.1002/(sici)1097-4636(19971205)37:3<432::aid-jbm14>3.0.co;2-d
48. Leal F., De-Deus G., Brandao C., Luna A.S., Fidel S.R., Souza E.M. (2011) Comparison of the root-end seal provided by bioceramic repair cements and White MTA. *Int. Endod. J.*, 44:662–668. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01871.x
49. Majeed A., AlShwaimi E. (2017) Push-out bond strength and surface microhardness of calcium silicate-based biomaterials: an in vitro study. *Med. Princ. Pract.*, 26:139–145. doi: 10.1159/000453455
50. Malkondu O., Karapinar K.M., Kazazoglu E. (2014) A review on biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material. *Biomed Res. Int.*, 160951. doi: 10.1155/2014/160951
51. Mejare I., Hasselgren G., Hammarstrom L.E. (1976) Effect of formaldehyde-containing drugs on human dental pulp evaluated by enzyme histochemical technique. *Scand J Dent Res.*, 84:29–36. doi: 10.1111/j.1600-0722.1976.tb00458.x
52. Memis O.B., Bezgin T., Sahin C., Sari S. (2015) Resistance to leakage of various thicknesses of apical plugs of Bioaggregate using liquid filtration model. *Dent. Traumatol.*, 31:250–254. doi: 10.1111/edt.12150
53. Milnes A. (2008) Is Formocresol obsolete? A fresh look at the evidence concerning safety issues. *Pediatr Dent.*, 30:237–246.
54. Mjor I.A., Dahl E., Cox C.F. (1991) Healing of pulp exposures: an ultrastructural study. *J Oral Pathol Med.*, 20:496–501. doi: 10.1111/j.1600-0714.1991.tb00412.x
55. Myers D.R., Shoaf H.K., Dirksen T.R., Pashley D.H., Whitford G.M., Reynolds K.E. (1978) Distribution of 14^C-formaldehyde after pulpotomy with formocresol. *J Am Dent Assoc.*, 96:805–813. doi: 10.1177/00220345800590030801
56. Myers K., Kaminski E., Lautenschlager E., Miller D. (1996) The effects of mineral trioxide aggregate on the dog pulp. *J Endod.*, 22:198. doi: 10.1016/j.joen.2007.03.007
57. Nabeel M., Tawfik H.M., Abu-Seida A., Elgendy A.A. (2019) Sealing ability of Biodentine versus ProRoot mineral trioxide aggregate as root-end filling materials. *Saudi Dent. J.*, 31:16–22. doi: 10.1016/j.sdentj.2018.08.001
58. Nainar S.M.H. (1998) Profile of primary teeth with pulpal involvement secondary to caries. *J Dent Child.*, 65:57–59.
59. Oliveira D.S., Cardoso M.L., Queiroz T.F., Silva E.J., Souza E.M., De-Deus G. (2016) Optimal push-out bond strengths of calcium silicate-based sealers. *Int. Endod. J.*, 49:796–801. doi: 10.1111/iej.12519
60. Onay E.O., Gogos C., Ungor M., Economides N., Lyssaris V., Ogun E. (2014) Effect of Er,Cr:YSGG laser irradiation on apical sealing ability of calcium silicate-containing endodontic materials in root-end cavities. *Dent. Mater. J.*, 33:570–575. doi: 10.4012/dmj.2014-075
61. Ozdemir H.O., Ozc. Elik B., Karabucak B., Cehreli Z.C. (2008) Calcium ion diffusion from mineral trioxide aggregate through simulated root resorption defects. *Dent Traumatol.*, 24:70–73. doi: 10.1111/j.1600-9657.2006.00512.x
62. Papagiannoulis L. (2002) Clinical studies on ferric sulphate as a pulpotomy medicament in primary teeth. *Eur J Paediatr Dent.*, 3:126–132.
63. Pariohok M., Torabinejad M. (2010) Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—Part III: clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. *J. Endod.*, 36:400–413. doi: 10.1016/j.joen.2009.09.009
64. Park J.W., Hong S.H., Kim J.H., Lee S.J., Shin S.J. (2010) X-Ray diffraction analysis of white ProRootMTA and diadent bioaggregate. *Oral. Surg., Oral. Med., Oral. Pathol., Oral. Radiol. Endod.*, 109:155–158. doi: 10.1016/j.tripleo.2009.08.039
65. Paulson L., Ballal N.V., Bhagat A. (2018) Effect of root dentin conditioning on the pushout bond strength of biodentine. *J. Endod.*, 44:1186–1190. doi: 10.1016/j.joen.2018.04.009
66. Petta T.M., Pedroni A., Saavedra D.F., Faial K., Marques M.M., Couto, R. (2020) The effect of three different pulp capping cements on mineralization of dental pulp stem cells. *Dent. Mater. J.*, 39:222–228. doi: 10.4012/dmj.2018-349
67. Primus C.M., Tay F.R., Niu L. (2019) Bioactive tri/dicalcium silicate cements for treatment of pulpal and periapical tissues. *Acta Biomater.*, 96:35–54. doi: 10.1016/j.actbio.2019.05.050
68. Pushpa S., Maheshwari C., Maheshwari G., Sridevi N., Duggal P., Ahuja P. (2018) Effect of pH on solubility of white mineral trioxide aggregate and biodentine: an in vitro study. *J. Dent. Res. Dent. Clin. Dent. Prospects.*, 12:201–207. doi: 10.15171/joddd.2018.031
69. Raghavendra S.S., Jadhav G.R., Gathani K.M., Kotadia P. (2017) Bioceramics in endodontics – a review. *J. Istanbul Univ. Fac. Dent.*, 51:S128–S137.
70. Raghavendra S.S., Jadhav G.R., Gathani K.M., Kotadia P. (2017) Bioceramics in endodontics – a review. *J. Istanbul Univ. Fac. Dent.*, 51:S128–S137. doi: 10.17096/jiufd.63659
71. Ranly D., Garcia-Godoy F. (2000) Current and potential pulp therapies for primary and young permanent teeth. *J Dent.*, 28:153–161. doi: 10.1016/s0300-5712(99)00065-2
72. Ranly D.M., Horn D. (1987) Assessment of the systemic distribution and toxicity of formaldehyde following pulpotomy treatment: Part two. *J Dent Child.*, 54:40–44.
73. Rantly D.M. (1994) Pulpotomy therapy in primary teeth: new modalities for old rationales. *Pediatr Dent.*, 16:403–409.
74. Rolling I., Thylstrup A. (1975) A 3 year follow-up study of pulpotomized primary molars treated with the formocresol technique. *J Dent Res.*, 83:47–53. doi: 10.1111/j.1600-0722.1975.tb00419.x
75. Rajasekharam S.L.C., Martens R.G.E.C., Cauwels R.P., Anthonappa R.M.H., Verbeeck (2018) Correction to: Biodentine material characteristics and clinical application: a 3 year literature review and update. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 19:1–22. doi: 10.1007/s40368-018-0328-x
76. Salako N., Joseph B., Ritwik P., Salonen J., John P., Junaid Ta (2003) Comparison of bioactive glass, mineral trioxide aggregate, ferric sulfate and formocresol as pulpotomy agent in rat molars. *Dent Traumatol.*, 19:314–320. doi: 10.1046/j.1600-9657.2003.00204.x

77. Sato I., Ando-Kurihara N., Kota K., Iwaku M., Hoshino E. (1996) Sterilization of infected root-canal dentine by topical application of a mixture of ciprofloxacin, metronidazole and minocycline in situ. *Int Endod J.*, 29:118–124. doi: 10.1111/j.1365-2591.1996.tb01172.x
78. Schembri-Wismayer P., Camilleri J. (2017) Why biphasic? Assessment of the effect on cell proliferation and expression. *J. Endod.*, 43:751–759. doi: 10.1016/j.joen.2016.12.022
79. Schröder U. (1978) A 2-year follow-up of primary molars, pulp-tomised with a gentle technique and capped with calcium hydroxide. *Scand J Dent Res.*, 86:273–278. doi: 10.1111/j.1600-0722.1978.tb00628.x
80. Schröder U. (2001) Pedodontic Endodontics Chapter 11. Pediatric Dentistry – a clinical approach, 213–233.
81. Sean F. Vostatek, Michael J. Kanellis, Karin Weber-Gasparoni, Robert L. Gregorsok (2011) Sodium hypochlorite pulp-tomies in primary teeth: A retrospective assessment. *Pediatr. Dent.*, 33:327–332.
82. Simila H.O., Karpukhina N., Hill R.G. (2018) Bioactivity and fluoride release of strontium and fluoride modified Biodentine. *Dent. Mater.*, 34:e1–e7. doi: 10.1016/j.dental.2017.10.005
83. Solanki N.P., Venkappa K.K., Shah N.C. (2018) Biocompatibility and sealing ability of mineral trioxide aggregate and biodentine as root-end filling material: a systematic review. *J. Conserv. Dent.*, 21:10–15. doi: 10.4103/JCD. JCD_45_17
84. Subay R.K., Suzuki S., Kaya H., Cox C.F. (1995) Human pulp response after partial pulp-tomy with two calcium hydroxide products. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol.*, 80:330–337. doi: 10.1016/s1079-2104(05)80391-9
85. Takushige T., Cruz E.V., Asgor Moral A., Hoshino E. (2004) Endodontic treatment of primary teeth using a combination of antibacterial drugs. *Int Endod J.*, 37:132–138. doi: 10.1111/j.0143-2885.2004.00771.x
86. Tang J.J., Shen Z.S., Qin W., Lin Z. (2019) A comparison of the sealing abilities between biodentine and MTA as root-end filling materials and their effects on bone healing in dogs after periradicular surgery. *J. Appl. Oral. Sci.*, 27:e20180693. doi: 10.1590/1678-7757-2018-0693
87. Tohma A., Ohkura N., Yoshida K., Takeuchi R., Yoshida N., Edanami N. (2020) Glucose transporter 2 and 4 are involved in glucose supply during pulpal wound healing after pulp-tomy with mineral trioxide aggregate in rat Molars. *J. Endod.*, 46:81–88.
88. Torabinejad M., Alexander A., Vahdati S.A., Grandhi A., Baylink D., Shabahang S. (2018) Effect of residual dental pulp tissue on regeneration of dentin-pulp complex: an in vivo investigation. *J. Endod.*, 44:1796–1801. doi:10.1016/j.joen.2018.09.005
89. Trairatvorakul Chutima, Detsomboonrat Palinee (2012) Success rates of a mixture of ciprofloxacin, metronidazole, and minocycline antibiotics used in the non-instrumentation endodontic treatment of mandibular primary molars with carious pulpal involvement. *International Journal of Paediatric Dentistry.*, 22:217–227. doi: 10.1111/j.1365-263X.2011.01181.x
90. Tuna E.B., Dincal M.E., Gencay K., Aktoren O. (2011) Fracture resistance of immature teeth filled with BioAggregate, mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide. *Dent. Traumatol.*, 27:174–178. doi: 10.1111/j.1600-9657. 2011.00995.x
91. Tuna E.B., Dincal M.E., Gencay K., Aktoren O. (2011) Fracture resistance of immature teeth filled with BioAggregate, mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide. *Dent. Traumatol.*, 27:174–178. doi: 10.1111/j.1600-9657. 2011.00995.x
92. Ulusoy O.I., Paltun Y.N. (2017) Fracture resistance of roots with simulated internal resorption defects and obturated using different hybrid techniques. *J. Dent. Sci.*, 12:121–125. doi: 10.1016/j.jds.2016.09.001
93. Ulusoy O.I., Paltun Y.N., Guven N., Celik B. (2016) Dislodgement resistance of calcium silicate-based materials from root canals with varying thickness of dentine. *Int. Endod. J.*, 49:1188–1193. doi: 10.1111/iej.12573
94. Xuan Vinh Tran, an Yhi Quynh Ngo, Tchilalo Boukpepsi (2021) Biodentine full pulp-tomy in mature permanent teeth with irreversible pulpitis and apical periodontitis. *Healthcare*, 9:720. doi: 10.3390/healthcare9060720
95. Yoldas S.E., Bani M., Atabek D., Bodur H. (2016) Comparison of the potential discoloration effect of bioaggregate, biodentine, and white mineral trioxide aggregate on bovine teeth: in vitro research. *J. Endod.*, 42:1815–1818. doi: 10.1016/j.joen.2016.08.020
96. Zhang W., Li Z., Peng B. (2009) Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral. Surg., Oral. Med., Oral. Radiol. Endod.*, 107:e79–e82. doi: 10.1016/j.tripleo.2009.02.024
97. Zhu L., Yang J., Zhang J., Peng B. (2014) A comparative study of BioAggregate and ProRoot MTA on adhesion, migration, and attachment of human dental pulp cells. *J. Endod.*, 40:1118–1123. doi:10.1016/j.joen.2013.12.028
98. Zhu L., Yeang J., Zhang J., Lei D., Xiao L., Cheng X. (2014) In vitro and in vivo evaluation of a nanoparticulate bioceramic paste for dental pulp repair. *Acta Biomater.*, 10:5156–5168. doi: 10.1016/j.actbio.2014.08.014

Подана/Submitted: 27.10.2021

Принята/Accepted: 25.11.2021

Контакты/Contacts: n.shakavets@gmail.com