

УДК 616.314.18-002-089

ОБОСНОВАНИЕ И МЕТОДЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПУЛЬПОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗУБАХ СО СФОРМИРОВАННЫМИ ВЕРХУШКАМИ КОРНЕЙ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

JUSTIFICATION AND METHODS OF APPLICATION OF VITAL PULP TREATMENT IN TEETH WITH FORMED ROOT TIPS (LITERATURE REVIEW)

Ураз Р.М., руководитель кафедры стоматологии интернатуры и послевузовского обучения, Западно-Казахстанский государственный медицинский университет имени М.Оспанова. Г.Актобе, Казакстан. E-mail:stompvo@zkmu.kz, номер телефона: +77014529365

Боричевская Я.С., ассистент кафедры стоматологии интернатуры и послевузовского обучения, Западно-Казахстанский государственный медицинский университет имени М.Оспанова. Г.Актобе, Казакстан. E-mail: borichevskaya1108@gmail.com, номер телефона: +77471279455

Жанабаева Г.Б., доцент кафедры стоматологии интернатуры и послевузовского обучения, Западно-Казахстанский государственный медицинский университет имени М.Оспанова. Г.Актобе. E-mail: zhanabaeva_1958@mail.ru, номер телефона: +77021040051

Жумагалиева Н.У., ассистент кафедры стоматологии интернатуры и послевузовского обучения, Западно-Казахстанский государственный медицинский университет имени М.Оспанова. Г.Актобе. E-mail: nursanim82@mail.ru, номер телефона: +77715178279

Омарғали А.Е., доцент кафедры стоматологии интернатуры и послевузовского обучения, Западно-Казахстанский государственный медицинский университет имени М.Оспанова. Г.Актобе. E-mail: omargaliazamat@gmail.com, номер телефона: +77016533699

Uraz R.M., Head of the Department of Dentistry Internship and Postgraduate Education, Marat Ospanov West Kazakhstan Medical University, Aktobe, Kazakhstan. E-mail:stompvo@zkmu.kz

Borichevskaya Y.S., Assistant of the Department of Dentistry Internship and Postgraduate Education, Marat Ospanov West Kazakhstan Medical University, Aktobe, Kazakhstan. E-mail: borichevskaya1108@gmail.com

Zhanabaeva G.B., Docent of the Department of Dentistry Internship and Postgraduate Education, Marat Ospanov West Kazakhstan Medical University, Aktobe, Kazakhstan. E-mail: zhanabaeva_1958@mail.ru

Zhumagalieva N.U., Assistant of the Department of Dentistry Internship and Postgraduate Education, Marat Ospanov West Kazakhstan Medical University, Aktobe, Kazakhstan. E-mail: nursanim82@mail.ru

Omargali A.E., Docent of the Department of Dentistry Internship and Postgraduate Education, Marat Ospanov West Kazakhstan Medical University, Aktobe, Kazakhstan. E-mail: omargaliazamat@gmail.com

Резюме: Повышение эффективности комплексного терапевтического лечения с помощью решения проблемы сохранения жизнеспособности пульпы и доступности оказания стоматологической помощи населению, является наиболее актуальной. Сформированные постоянные зубы, у которых клинически диагностирован необратимый пульпит, лечат методом пульпэктомии и пломбирования корневых каналов, поскольку воспаленная пульпа не поддается заживлению. Гистологические исследования показали, что клинически диагностированный необратимый пульпит поражает не всю пульпу. Пульпосберегающие методы лечения включают в себя различные методы лечения обратимого пульпита с сохранением сосудисто-нервного пучка. В литературе существует разногласия в отношении показаний и обоснования каждого подхода к лечению витальной пульпы. Целью настоящего исследования является выяснение показаний к лечению пульпы и представление ряда рекомендаций, основанных на гистопатологии и гистобактериологии, для зубов с сформированными верхушками корней.

Ключевые слова: Вскрытие пульповой камеры, сформированные постоянные, витальная терапия пульпы, биология пульпы, биодентин

Abstract: Improving the effectiveness of complex therapeutic treatment by solving the problem of maintaining the viability of the pulp and the availability of dental care to the population is the most urgent. Permanent teeth clinically diagnosed with irreversible pulpitis are treated with pulpectomy and root canal filling because inflamed vital pulp is not capable of healing. Histological studies have demonstrated that clinically diagnosed irreversible pulpitis does not involve the entire pulp. Vital pulp therapy encompasses distinct treatment modalities for deep caries that approximate the pulp chamber in vital teeth. Confusion exists in the literature in terms of the indication and rationale for each vital pulp therapy approach. The objectives of the present study are to elucidate the indications for vital pulp therapy and to present a set of histopathology and histobacteriology-based guidelines for teeth with formed root tips.

Keywords: Carious pulp exposure, mature permanent teeth, vital pulp therapy, pulp biology, biodentine.

Введение: Мнения по поводу целесообразности сохранения пульпы в зубах со сформированными верхушками корней в случаях случайного вскрытия, травмы, либо глубокого кариозного поражения, рознятся[32, 2]. Радикалы утверждают, что долгосрочный результат лечения непредсказуем и обречён на неудачу, поэтому, когда пульпа обнажена, нужно выполнять более инвазивную пульпотомию или пульпэктомию[9]. Консерваторы придерживаются мнения, что успех может быть достигнут даже при обширных и длительно протекающих кариозных процессах; они утверждают, что в любом случае следует применить методику прямого покрытия пульпы или частичную пульпотомию, а впоследствии, если понадобится, и терапию корневого канала[5, 35].

Среди пульпосберегающих методик, рекомендуемых для лечения обнаженной пульпы зуба, показаны три процедуры в порядке возрастания инвазии в ткани: прямое покрытие пульпы, частичная пульпотомия и полная пульпотомия[9].

Цель обзора: выявить факторы, повышающие успешность пульпосберегающих технологий в постоянных сформированных зубах на основании данных литературы за последние 10 лет.

Обоснования применения пульпосберегающих методов в клинической практике.

Результаты исследований эффективности прямого покрытия в зубах со сформированными верхушками корней имеют противоречивый характер. В ретроспективном исследовании Barthel et al. [37] сообщили о показателях успеха 37% и 13% соответственно при 5-летнем и 10-летнем наблюдении после процедур прямого покрытия пульпы. Аналогичным образом, Бьорндаль и др. [14] сообщили об успешности прямого покрытия пульпы в 31,8% и в 34,5% при частичной пульпотомии через 1 год. Хотя в этих последующих исследованиях были очевидны недостатки, неудовлетворительные результаты привели к мнению, что прямое покрытие пульпы следует выполнять только в зубах с открытыми верхушками [37], поскольку результат пульпосберегающей терапии, выполненной в постоянных зубах со сформированной верхушкой корня заведомо обречен на провал.

Однако исследование Д.Рикуччи[33], в котором проводился контроль 225 зубов, пролеченных методом прямого покрытия пульпы с применением гидроокиси кальция, показали процент успешности 100%, 95%, 95%, 86% и 89% при последующем обследовании через 1, 5, 10, 20 и 35 лет соответственно.

Это свидетельствует о возможности применения прямого покрытия как альтернативу полноценному эндодонтическому лечению.

Пульпа выполняющая защитную, сенсорную, пластическую и трофическую функции[1], иннервирована афферентными сенсорными нервами и автономными симпатическими афферентами, которые принимают участие в регуляции кровотока в пульпе и, кроме того, могут играть роль в ее воспалении [11]. Удаление сосудисто-нервного пучка из полости зуба делают зуб хрупким и подверженным линейному перелому, т.к. в процессе формирования доступа к корневым каналам, ирригации и obturации иссекается большое количество твердых тканей, объем которых значительно превышает объем, утраченный при кариозном поражении[25, 28]. Также сохранение витальности пульпы в зубах со сформированными каналами является прямым путем профилактики апикального периодонтита, т.к. он развивается лишь в условиях нежизнеспособной пульпы, а наличие живой пульпы сохраняет регенеративные процессы в зубе[6].

Появление сообщения тканей пульпы с содержимым полости рта создаёт риск воспалительного повреждения. У раны пульпы есть некоторая способность к самозаживлению. В отличие от

кожных покровов и тканей слизистой оболочки, где порезы или раны обычно заживают в пределах короткого промежутка времени, у пульпы нет эпителия для закрытия повреждения. Это означает, что даже малый дефект обеспечивает доступ бактериальной микрофлоры из полости рта с вероятным развитием необратимого воспаления[5].

Не существует общепринятых стандартов принятия решения по сохранению пульпы. Однако имеются факторы, повышающие успешность манипуляций.

При выборе тактики лечения зубов с жизнеспособной пульпой решающим является дифференцирование обратимого и необратимого процесса в пульпе зуба. Достоверных методов для определения степени воспаления сосудисто-нервного пучка на стоматологическом приеме не существует. Корреляция между признаками и гистопатологическими изменениями при пульпите неоднозначна, а определение типа и степени воспалительных изменений на основе симптоматики будет неточным, что подтверждено рядом исследований [24]. Кроме того, ряд исследований демонстрируют большое количество случаев с полным некрозом пульпы без наличия каких-либо симптомов, в том числе и болевых[5].

Глубина и площадь поражения при кариесе околопульпарного дентина также делают ситуацию непредсказуемой по части успешности. Так прямое или не прямое покрытие воспаленной пульпы может повлечь за собой некроз сосудисто-нервного пучка[36]. Применение пульпосберегающих методов абсолютно противопоказано в случаях необратимого пульпита, который сопровождается самопроизвольной, приступообразной болью[10]. Кровотечение из пульповой камеры, не проходящее в течение максимально 5 минут[26], может свидетельствовать о необратимом воспалении в пульпе. Хотя достоверных методов для определения степени воспаления сосудисто-нервного пучка на стоматологическом приеме не существует. В целом, успешность прямого покрытия может быть снижена при интенсивном кровотечении, в том числе и за счёт образования кровяного сгустка на поверхности раны[37].

На благоприятный исход также влияет и тип повреждения, было ли произведено вскрытие на абсолютно интактном дентине, или в условиях пигментированного, хотя и плотного дентина. Постоянная диффузия микробных токсинов и продуктов метаболизма вдоль пораженных дентинных канальцев может вызывать локализованное воспаление пульпы по типу абсцесса, что делает возможность заживления непредсказуемым. Клинические эксперименты на животных показали, что контаминация пульпы в случае острой травмы незначительна, что подтверждается высоким процентом успешности прямого покрытия пульпы в случаях острой травмы[5]. Ранее считалось, что размер вскрытия напрямую влияет на успешность проведения прямого покрытия, однако позже, на основании исследований, был сделан вывод, что в большей степени играет роль соотношение объема пульповой камеры и размеров повреждения[23]. Локализация кариозной полости на жевательной поверхности считалась наиболее предпочтительной в случае прямого

покрытия, когда как пришеечная область определялась как неблагоприятная по части прогноза после прямого покрытия[28].

Герметичное коронковое покрытие в то же посещение значительно повышает успешность лечения. Случаи провалов прямого покрытия, которые раньше интерпретировались как токсичность препаратов в непосредственном контакте с пульпой, на самом деле являлись негерметичным коронковым покрытием[14].

Не было обнаружено прямой зависимости между возрастом и успешностью прямого покрытия[37]. Однако очевидно, что пульпа в молодом возрасте богата кровеносными сосудами и способна более успешно реагировать на прямое покрытие. Когда как с возрастом, за счет образования вторичного дентина, размер пульповой камеры уменьшается[32]. Структура становится волокнистой, содержит мало клеток, частично минерализована, что минимизирует шансы заживления в случае прямого покрытия.

Не последнюю роль в принятии решения играет пациент, т.к. именно субъективное ощущение о характере болевой чувствительности определяет потенциал сохранения жизнеспособности пульпы в зубах с обратимыми формами пульпита.

Эффективность витальных методов зависит от степени патологических изменений тканей пульпы, обусловленной микробной инвазией[16]. При препарировании кариозной полости требуется полное иссечение деминерализованного и пораженного дентина, что однако не гарантирует отсутствия микроорганизмов в твердом дентине[22]. Недостаточное иссечение пораженного дентина может повлечь некроз пульпы за счет кумулятивного эффекта остаточной инфекции[6]. Вскрытие пульпы в размягченном дентине исключает прямое покрытие, т.к. с этим фактором связан более низкий процент(30-40%) случаев успешного лечения[7]. Также для снижения микробной контаминации в случае вскрытия важно применять изоляцию коффердамом до начала лечения, что значительно повысит успешность прямого покрытия. При соблюдении всех условий и тактики лечения возможно сохранение жизнеспособности пульпы без периапикальных изменений в молярах в 94%[4]. Остановка кровотечения проводится путем размещения над обнаженной пульпой стерильного ватного тампона, смоченного в одном из растворов: гипохлорит натрия в концентрации от 0,12% до 5,25%, 3% перекись водорода, 15,5% сульфат железа или 2% хлоргексидин[3].

Таким образом, успешность прямого покрытия, помимо соблюдения мер во избежание заражения пульпы, диагностики и плана лечения, основанных на состоянии сосудисто-нервного пучка, также включает выбор биоматериала[17].

Материалы, применяемые для пульпосберегающих методов.

Материал для прямого покрытия пульпы должен хорошо прилегать к основе, иметь хорошую герметизирующую способность, быть нерастворимым, стабильным, нерассасывающимся,

рентгеноконтрастным, биосовместимым и биоактивным[18]. В настоящее время существует несколько методов или агентов, которые, как предполагается, поддерживают жизнеспособность сосудисто-нервного пучка, в том числе: гидроксид кальция, агрегат минерального триоксида (МТА) и Biodentine[16].

Исторически гидроксид кальция ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) считался золотым стандартом. Долгосрочные клинические наблюдения за гидроксидом кальция несравнимы с любым другим биологически активным материалом, поскольку первые сообщения об успешном заживлении пульпы[20]. Однако у него все же есть несколько недостатков: недостаточная адгезия к стенкам полости, множественные туннельные дефекты в индуцированных дентинных канальцах[34], плохая герметизирующая способность, растворение с течением времени и отсутствие антибактериальных свойств. Гидроксид кальция вследствие высокого показателя щелочности ($\text{pH} > 12$) при непосредственном контакте с пульпой локально разрушает поверхностный слой пульпы и тем самым создает неконтролируемую зону некроза. Этот некротический слой вызывает воспалительную реакцию, которая сохраняется во времени или приводит к образованию внутрипульпарных кальцификатов [19]. Однако именно высокая растворимость $\text{Ca}(\text{OH})_2$ является основным недостатком его использования в качестве агента, покрывающего пульпу. Растворение материала в течение двух лет после нанесения и образование дефектов репаративного дентина под покрывающим материалом являются причиной неспособности обеспечить постоянную защиту от бактериальной инфекции.

Минеральный триоксидный наполнитель (МТА) представляет собой биоактивный цемент, вызывающий минерализацию обнаженной пульпы и потенциально поддерживающий ее жизнеспособность. Порошок МТА представляет собой смесь очищенного портландцемента и оксида висмута для обеспечения рентгеноконтрастности[8]. ProRoot МТА, доступный на рынке уже два десятилетия, был тщательно изучен и доказал свою биосовместимость[30].

Биосовместимость и герметизирующая способность МТА обусловлены доминирующим ионом кальция, высвобождаемым из материала, который реагирует с фосфатами в тканевой жидкости, вызывая образование гидроксиапатита[29]. Несмотря на высокие клинические преимущества цемента МТА, всегда существовали некоторые ограничения, которые не позволяли врачам использовать его ежедневно. Основными из них являются длительное время схватывания (до 284 минут), трудности в обращении, изменение цвета оставшейся структуры зуба [13] и наличие тяжелых металлов в порошке. Гистологические исследования подтвердили, что образование кальцинированных твердых тканей после покрытия пульпы быстросхватывающимся МТА (RetroMTA) не является продуктом подлинной дифференцировки одонтобластов и не имеет характеристик «обычного дентина» [12]. Эти результаты позволяют предположить, что образование кальцинированных тканей правильнее рассматривать как репаративный процесс, а не

как настоящую регенерационную реакцию. Таким образом, можно сделать вывод, что обычный дентин не регенерировался и из-за ограниченного биоактивного потенциала материала, покрывающего пульпу (РетроМТА), его нельзя использовать в регенеративной стоматологии. В ответ на недостатки МТА в 2011 году был выпущен новый цемент на основе трикальций-силиката Biodentine (Septodont, Франция). Утверждается, что этот сравнительно новый биоматериал обладает свойствами, аналогичными МТА, и в настоящее время исследуется для применения в процедурах витальной терапии пульпы. Biodentine был разработан как постоянный, биосовместимый [21] заменитель дентина, который можно было применять за один сеанс с последующей окончательной композитной реставрацией, ввиду быстрого застывания за 12 минут по сравнению с другими материалами. Взаимодействие Biodentine с твердыми и мягкими тканями как при прямом, так и при непрямом покрытии приводит к краевому уплотнению и обеспечивает защиту подлежащей пульпы, индуцируя синтез третичного дентина и реминерализацию[31]. Что свидетельствует о превосходстве над остальными материалами для прямого покрытия пульпы, однако оценки Biodentine как средства для покрытия пульпы необходимы более долгосрочные клинические исследования [27]

Также, на данный момент имеются исследования о применении гидрогелей на основе ингибитора матричной металлопротеиназы, которая отвечает за деградацию тканей сосудисто-нервного пучка при пульпите[20]. Соответственно, гидрогель в дальнейшем может использоваться в качестве биомаркера состояния тканей пульпы в целях диагностики или мониторинга течения пульпита. Гидрогели, реагирующие на матриксные металлопротеиназы, в дальнейшем обещают стать кандидатом для лечения воспаления пульпы, в частности методом прямого и непрямого покрытия пульпы.

Отдаленное эндодонтическое лечение зубов, пролеченные методом прямого и непрямого покрытия при несоблюдении техники, может быть осложнено чрезмерным образованием заместительного дентина на поверхности пульповой камеры[37], а также возможным развитием внутренней или наружной резорбции[11]. В зубах, пролеченных пульпосберегающими методиками, может бессимптомно возникать некроз сосудисто-нервного пучка. Поэтому важно мониторировать состояние пульпы через 6 и 12 месяцев после манипуляции и, при необходимости, с последующими ежегодными интервалами[15].

Вывод: Не существует общепризнанных стандартов по принятию решения относительно проведения пульпосберегающих методов. Однако принятие во внимание ряда факторов и рекомендаций повышает процент успешности проведения манипуляции.

Литература:

1. Бер, Р. Эндодонтология. 3-е изд. М. : МЕДпресс-информ, 2010. С 368.

2. Гайворонский И.В., Григорян А.С., Пономарев А.А., Войтяцкая И.В., Хапсирокова З.З., Гайворонская М.Г. Распространённость апикального периодонтита у взрослого населения белгородской области. *Актуальные проблемы медицины*, 2022. Т.45. №2. С 198-206.
3. Манак Т.Н., Чернышева Т.В. Материалы и методы, применяемые в стоматологии для сохранения жизнеспособности пульпы. *Международные обзоры: клиническая практика и здоровье*, 2019. Т.2. С10-23.
4. Николаев Д.А., Гусева С.В., Перлина Ж.В., Цыганков Н.А.. Опыт применения биоактивного заменителя дентина для прямого покрытия пульпы. // *Эндодонтия сегодня*, 2017. Т3. С 43-47
5. Бердженхолц Г. Эндодонтология. М.: Таркомм, 2013. С 408.
6. Рикуччи Д., Сикейра Ж.. Эндодонтология. Клинико-биологические аспекты. М.: Азбука, 2015. С 67-78.
7. Тронстад Л. Клиническая эндодонтия. Москва.: Издательство "МЕДпресс-информ". 2009. С.105.
8. Baroudi, K., Samir S. Sealing Ability of MTA Used in Perforation Repair of Permanent Teeth. Literature Review. *Open Dent. J*, 2016. №10. P 278–286
9. Barros M.M.A.F., De Queiroz M.I.R., Muniz F.W.M.G., Rodrigues L.K.A. Selective, stepwise, or nonselective removal of carious tissue: which technique offers lower risk for the treatment of dental caries in permanent teeth? A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig*, 2020. №24. P 521–532.
10. Careddu R., Duncan H.F. A prospective clinical study investigating the effectiveness of partial pulpotomy after relating preoperative symptoms to a new and established classification of pulpitis. *Int Endod J*, 2021, №54, P 178.
11. Cordova A., Coloma Calle Luis, Pierre Mejia Rojas, Juan Goncalves-Pereira, Marco Antonio Hungaro Duarte, Vital Pulp Therapy in Permanent Teeth Diagnosed with Symptomatic Irreversible Pulpitis: Reports with Long-Term Controls. *Case Reports in Dentistry*, 2023. №1.
12. Chaves, H.G. S., Moreira, T.P.C., Figueiredo, B., Macedo, I.F.A., Ferreira, I. C., Maia, C.A., Maia, G.A., Ferreira, G. C., Silva, V.J. de L., Nascimento, Pulp calcification in traumatized teeth – a literature review. *Research, Society and Development*, 2022; №11.
13. Dammaschke, T.; Nowicka, A.; Lipski, M.; Ricucci, D. Histological evaluation of hard tissue formation after direct pulp capping with a fast-setting mineral trioxide aggregate (RetroMTA) in humans. *Clin. Oral Investig*, 2019. № 23. P 1255.

14. [Duncan H.](#), [Tomson P.](#), [Simon S.](#), [Bjørndal L.](#) Endodontic position statements in deep caries management highlight need for clarification and consensus for patient benefit, 2021. №54(11). P 2145-214.
15. Duncan H , [Dummer P.](#) Factors that influence the outcome of pulpotomy in permanent teeth. Int Endod J, 2023. №56. P 62-81.
16. [Emmanuel J. N.](#), [Silva L.](#), [Karem P.](#), [Felipe G. Belladonna](#), [Claudio M. A. Ferreira](#), [Marco A. Versiani](#), [Gustavo De-Deus](#). Success rate of permanent teeth pulpotomy using bioactive materials: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. Int Endod J., 2023. №56. P.1024-1041.
17. Farhadi, A., Safarzadeh, A., Nekouei, A.H., Sabeti, M., Manochehrifar, H., Shahravan, A. Comparative outcomes of pulpotomy in mature molars with irreversible pulpitis: A non-randomized trial evaluating calcified and non-calcified pulp chambers. Iran Endod J, 2024. №19(1). P 13–21.
18. [Fasoulas A.](#), [Keratiotis G.](#), [Spinelis L.](#), [Pandis N.](#), [Mieke A. A. De Bruyne](#), [Roeland J.G. De Moor](#), [Maarten A. Meire](#). Comparative efficacy of materials used in patients undergoing pulpotomy or direct pulp capping in carious teeth: A systematic review and meta-analysis. Clin Exp Dent Res, 2023. № 9 (6). P 1129–1148.
19. Gandolfi, M.G.; Siboni, F.; Botero, T.; Bossù, M.; Riccitiello, F.; Prati, C. Calcium silicate and calcium hydroxide materials for pulp capping: Biointeractivity, porosity, solubility and bioactivity of current formulations. J. Appl. Biomater. Funct. Mater, 2015. №13. P 41–60
20. He Liu , Jian Yu , Ahmed Hieawy, Ziqiu Hu, Franklin R. Tay , Ya Shen. Design and evaluation of an MMP-9-responsive hydrogel for vital pulp therapy. [Journal of Dentistry](#), 2024. P 146.
21. Ha, H.-T. The effect of the maturation time of calcium silicate-based cement (Biodentine™) on resin bonding: An in vitro study. Appl. Adhes. Sci, 2019. №7. P 1.
22. Lima K.C., Coelho S.T., Pinheiro I.V., Rocas I.N., Sikeira J.F. Microbiota of dentinal caries as assessed by reverse-capture checkerboard analysis. Caries Res, 2011. №45. P 20-31.
23. Mejare I., Cvek M. Partial pulpotomy in young permanent teeth with deep carious lesions. Endod. Dent. Traum atol, 1993. №9. P 238-242.
24. Modaresi J., Dianat O., Soluti A. Effect of pulp inflammation on nerve impulse quality with or without anesthesia . J. Endod, 2008. №34. P 438-441.
25. [Moore E.](#) , [Michot B.](#) , CGRP and Shh Mediate the Dental Pulp Cell Response to Neuron Stimulation. [Journal of Dental Research](#), 2022. №101(9).
26. Nan Luo, Yu-Wei Deng, Jin Wen, Xiao-Chen Xu, Rui-Xue Jiang, Jing-Yu Zhan, Yu Zhang, Bing-Qiang Lu, Feng Chen, Xi Chen, Wnt3a-Loaded Hydroxyapatite Nanowire Mesoporous Silica Core–Shell Nanocomposite Promotes the Regeneration of Dentin–Pulp Complex via

- Angiogenesis, Oxidative Stress Resistance, and Odontogenic Induction of Stem Cells. *Advanced Healthcare Materials*, 2023. №12. P 22.
27. [Ortega M](#) , Rios L. Bioceramic versus traditional biomaterials for endodontic sealers according to the ideal properties. *Histol Histopathol*, 2024. №39(3). P 279-292.
28. Parinyaprom, N. , Nirunsittirat, A. , Chuveera, P. , Na Lampang, S. , Srisuwan, T. , Sastraruji, T. et al. Outcomes of direct pulp capping by using either ProRoot mineral trioxide aggregate or biodentine in permanent teeth with carious pulp exposure in 6- to 18-year-old patients: a randomized controlled trial. *Journal of Endodontics*, 2018. № 44. P 341–348.
29. Paula, A.; Laranjo, M.; Marto, C.M.; Abrantes, A.M.; Casalta-Lopes, J.; Gonçalves, A.C.; Sarmiento-Ribeiro, A.B.; Ferreira, M.M.; Botelho, M.F.; Carrilho, E. Biodentine™ Boosts, WhiteProRoot® MTA Increases and Life® Suppresses Odontoblast Activity. *Materials*, 2019. №12. P 1184.
30. Pornamazeh, T.; Yadegari, Z.; Ghasemi, A.; Sheykh-al-Eslamian, S.M.; Shojaeian, S.H. In Vitro cytotoxicity and setting time assessment of calcium-enriched mixture cement, retro mineral trioxide aggregate and mineral trioxide aggregate. *Iran. Endod. J.*, 2017. №12. P 488–492 .
31. [Rajasekharan S](#) , [Martens L.C.](#) , [Cauwels R G E C](#) , [Anthonappa R P](#) , Verbeeck R M H. Correction to: Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a 3 year literature review and update. *Eur Arch Paediatr Dent*, 2021. №22(2). P 307.
32. Rechenberg, D.K. , Galicia, J.C. & Peters, O.A. Biological markers for pulpal inflammation: a systematic review. *PLoS*, 2016. № 1.
33. Ricucci D, Rôças I.N. , Alves F.R.F. , Cabello P.H. , Siqueira J.F. . Outcome of direct pulp capping using calcium hydroxide: A long-term retrospective study. *J Endod.*, 2023. №49. P 45-54.
34. Simon, S.; Smith, A.J.; Lumley, P.J.; Cooper, P.R.; Berdal, A. The pulp healing process: From generation to regeneration. *Endod. Top*, 2012. №26. P 41–56.
35. Gustavo Henrique Sousa, Rodolfo Lima Gonçalves. Exploring vital pulp Therapies: A bibliometric analysis of the most cited articles. *The Saudi Dental Journal*, 2024. № 36. P 778-788.
36. Trope M. Regenerative Potential of Dental Pulp. *Journal of Endodontics*. 2008; 34:7S.
37. Tzanetakis N. , Tsiouma O. Factors Related to Pulp Survival After Complicated Crown Fracture Following Vital Pulp Therapy: A Systematic Review and Meta-analysis..[Journal of Endodontics](#), 2022. №48(4)
38. Zanini, M., Hennequin, M., Cousson, P.Y. Which procedures and materials could be applied for full pulpotomy in permanent mature teeth? A Systematic Review. *Acta Odontol Scand*, 2019. №77. P 541–551