

ИСТОРИЧЕСКИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ЛЕЧЕНИЯ ПУЛЬПЫ ЗУБА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

THE EVOLUTION AND CURRENT STATE OF THE BIOLOGICAL METHOD FOR DENTAL PULP THERAPY (REVIEW)

**M. Zhavoronkova
S. Ulitovskiy
L. Ermolaeva**

Summary. The article explores the historical evolution and current advancements of the biological approach to dental pulp treatment, highlighting its modern interpretation and clinical applications. Emphasis is placed on the importance of preserving pulp vitality as the foundation of this method in contemporary dentistry. The article analyzes the materials used, diagnostic strategies, and the potential of regenerative technologies. The future of the biological approach is seen in the development of clinical treatment protocols aimed at successful pulp regeneration, improved diagnostics of reversible pulpitis, and the creation of innovative bioactive nanomaterials.

Keywords: biological method, dental pulp, vitality, regeneration, pulpitis treatment.

Жаворонкова Марина Дмитриевна

кандидат медицинских наук, доцент,

Санкт-Петербургский государственный университет

mdzhdoc@gmail.com

Улитовский Сергей Борисович

доктор медицинских наук, профессор,

Санкт-Петербургский государственный университет;

Первый Санкт-Петербургский государственный

медицинский университет им. акад. И.П. Павлова

Ермолаева Людмила Александровна

доктор медицинских наук, профессор,

Санкт-Петербургский государственный университет

Аннотация. В статье рассматриваются исторические и современные этапы развития биологического метода лечения пульпы зуба, его современная интерпретация и клиническое применение. Подчеркивается значимость сохранения витальности пульпы как основы биологического подхода в современной стоматологии. Анализируются применяемые материалы, диагностические подходы и возможности использования регенеративных технологий. Перспективы метода связаны с развитием клинических протоколов лечения для успешной регенерации пульпы, интеграцией диагностики обратимых форм пульпита, а также созданием биоактивных наноматериалов.

Ключевые слова: биологический метод, пульпа зуба, витальность, регенерация, лечение пульпита.

Введение

Сохранение витальности пульпы зуба остаётся одной из центральных задач терапевтической стоматологии. Традиционные методы лечения пульпита, направленные на полное удаление воспалённой ткани, уступают место биологическому подходу, предполагающему восстановление функции пульпы и минимальное вмешательство [1]. Биологическое обоснование консервативного лечения пульпита опирается на современные знания о физиологии и регенеративных возможностях тканей зуба, а также о механизмах воспаления, что позволяет выстраивать клинко-биологические параллели и обеспечивает персонализированный подход к терапии [2]. Разработка новых биосовместимых материалов и технологий усилила интерес к биологическим методам, основанным на возможности самовосстановления ткани.

Целью настоящей статьи является анализ исторических и современных аспектов применения биологиче-

ского метода лечения пульпы, который позволяет сохранить жизнеспособность зубов на протяжении всей жизни и решить стоматологические, соматические и социальные проблемы человека.

Путь от магического удаления зубов до научного подхода к сохранению пульпы занял более 2000 лет. Так, в Древнем Египете, Месопотамии, Индии (3000–1000 гг. до н.э.) лечение зубов сводилось к удалению, прижиганию, использованию растительных препаратов и магических практик. Зубы лечили, не зная о внутреннем строении, а понятие о пульпе отсутствовало.

Гиппократ (V–IV в. до н.э.) считал зубную боль результатом скопления «гнилых соков». В эпоху Возрождения и в XVII–XVIII вв. с изобретением микроскопа анатомия зуба становится объектом изучения. Марчелло Мальпиги и Антони ван Левенгук впервые описали сосуды и нервы внутри зуба. Появляется термин «пульпа» (от лат. *pulp*, мякоть) — ткань, заполняющая внутреннюю часть

зуба, однако её функции ещё непонятны. Ключевой поворот произошёл тогда, когда пульпу перестали рассматривать как «источник боли», а стали видеть в ней активный, защитный и регенеративный центр зуба. В 1830-х гг. Томас Белл и Карл Рот начинают описывать пульпу как жизненно важную ткань, участвующую в образовании дентина. В конце XIX — начале XX века ученые уже высказывались о возможности консервативного лечения случайно обнаженной гиперемированной пульпы. Так, А.К. Лимберг в 1887 году подчёркивал, что пульпа участвует в обмене веществ в твердых тканях зуба, поддерживает их питание и обеспечивает чувствительность к внешним раздражителям, а сохранение витальной пульпы является центральной задачей специалистов [3].

Пульпа зуба участвует в развитии, росте зубов и обладает способностью дать адекватный ответ на различные воздействия. Физиологические особенности пульпы во многом соответствуют соединительной ткани, однако она обладает уникальными чертами, связанными с функцией одонтобластов, которые формируют дентин и способны образовывать дентинные мостики. Роль одонтобластов в формировании дентина доказана отечественными учеными [4–7], а образование вторичного дентина в виде дентинного мостика даже при гнойном пульпите было описано Грошиковым М.И. и Царинским М.М. [8, 9]. Современные данные свидетельствуют, что одонтобласты не только синтезируют защитный дентин, но и выполняют роль сенсоров патогенов. При обратимом воспалении одонтобласты и макрофаги распознают консервативные компоненты микробов — pathogen-associated molecular patterns (PAMP), такие как липополисахариды (ЛПС), липотейхоевые кислоты и пептидогликаны грамположительных и грамотрицательных бактерий посредством толл-подобных рецепторов (TLR), выделяют антимикробные пептиды — дефенсины и кателицидины, которые убивают микробы, и запускают воспаление для защиты пульпы [10].

Варшавский А.И. и Дмитриева Л.А. (1976) детально изучили структурные сосудистые элементы пульпы, активно стимулирующие кровоток и обеспечивающие трофику дентина [11]. Защитная функция пульпы обеспечивается как фагоцитарной активностью макрофагов, так и действием биологически активных веществ (гистамин, холин, лейкотоксин, гиалуронидаза), которые повышают сосудистую проницаемость и активируют обмен веществ [12, 13]. Макрофаги фагоцитируют микроорганизмы, выделяют интерлейкин IL-1 β и фактор некроза опухоли (TNF- α), активируя мезенхимальные стволовые клетки для репарации [14]. При остром воспалении нейтрофилы мигрируют в пульпу, формируют сети из своей ДНК, покрытой антимикробными белками, так называемые нейтрофильные внеклеточные ловушки (Neutrophil Extracellular Traps — NETosis). Эти сети физически захватывают и убивают микробов прямо в очаге воспаления

и продуцируют реактивные формы кислорода (reactive oxygen species — ROS) химические вещества с высокой окислительной способностью для уничтожения микробов [15], а активация дендритных клеток способствует формированию адаптивного иммунитета [16]. Накопление кислых мукополисахаридов вокруг очага воспаления представляет собой защитную реакцию, ограничивающую распространение токсинов [17]. В процессе регенерации пульпы восстанавливаются одонтобласты за счет дифференцировки мезенхимальных клеток, при этом разрушенные клетки подвергаются фагоцитозу. Однако уровень медиаторов воспаления при обратимом пульпите значительно ниже, чем при необратимых формах. Это указывает на участие механизмов контроля воспаления и восстановления гомеостаза [18]. Механизм ремоделирования пульпы через превращение мезенхимы в одонтобласты, где ключевую роль играет фермент щелочная фосфатаза, был описан Урбанович Л.И. [19]. Интересные данные получены при нейрогистологическом анализе воспаленной и интактной пульпы: кальцитонин-ген-связанный пептид (КГРП) выявлен только в зоне преддентина воспаленной пульпы, что указывает на его роль как медиатора воспаления [20,21]. Современные исследования дополняют эти знания, описывая участие иммунной регуляции, цитокинов, стволовых клеток и макрофагальной поляризации. Несмотря на анатомические ограничения, пульпа демонстрирует широкий спектр защитных реакций — иммунных, гуморальных и регенераторных — на всех этапах воспаления. Продолжительная инфекция и снижение иммунитета приводят к некрозу: гибели одонтобластов и распространению воспаления за пределы корня. Тем не менее, даже в заключительных стадиях наблюдаются случаи инкапсуляции очага и образования рубцового дентина [22]. Это подтверждает перспективность консервативного биологического лечения и важность сохранения витальной пульпы при обратимых формах пульпита.

Пульпа зуба подвергается возрастным изменениям, которые существенно влияют на ее морфологические, клеточные и функциональные характеристики. В детском возрасте (0–12 лет) она отличается высокой клеточной плотностью, широкой пульпарной камерой, активным кровоснабжением и значительным регенераторным потенциалом. Но иммунная система еще не полностью сформирована, что может способствовать к менее контролируемому воспалению [23,24]. В молодом возрасте (13–25 лет) происходит отложение вторичного дентина, что снижает объем пульпарной камеры и приводит к уменьшению васкуляризации. Однако клеточный состав остается относительно богатым, и регенераторный потенциал сохраняется на высоком уровне [25]. В среднем возрасте (26–50 лет) усиливается формирование вторичного и третичного дентина, уменьшается число одонтобластов и сокращается кровенаполнение пульпы, что обуславливает снижение её регенераторных

возможностей [26]. В пожилом возрасте (50 лет и старше) пульпа существенно уменьшается в объеме за счет массивного отложения дентина. Снижается клеточная активность, уменьшается число сосудов и нервных волокон, что существенно ограничивает регенераторный потенциал и изменяет клиническое течение воспалительных процессов [27].

Исследования показывают, что ряд морфологических признаков физиологических возрастных изменений пульпы зуба перекликаются с изменениями после успешного лечения обратимого пульпита. Так, в обоих случаях наблюдается увеличение содержания коллагеновых волокон и уплотнение стромы пульпы — развитие фиброза, отражающее процессы ремоделирования ткани [28]. Так же отмечается снижение плотности клеточных элементов в зонах с фиброзом или вторичным дентином, а именно, фибробластов и одонтобластов [29]. Но механизмы их формирования и клинические последствия принципиально различаются. Возрастные изменения в пульпе происходят как часть физиологического процесса, а после обратимого пульпита изменения начинаются с воспалительного ответа и завершение процесса сопровождается активной репарацией [30,31]. Репаративный дентин после воспаления отличается нерегулярной структурой, часто с атрубулярными участками и локальной минерализацией, в то время как физиологический вторичный дентин формируется равномерно и постепенно. С возрастом снижается функциональная активность стволовых клеток пульпы (Dental Pulp Stem Cells — DPSCs), что ограничивает регенераторный потенциал даже в отсутствии воспаления [32,33]. После лечения в молодом и среднем возрасте мезенхимальные клетки активно участвуют в формировании репаративного дентина. Васкуляризация с возрастом уменьшается глобально, с развитием ишемии и повышением риска кальцификации пульпарной ткани [34], тогда как после успешного лечения обратимого пульпита восстанавливается локальная сосудистая сеть в зоне регенерации. В пульпе пожилых людей наблюдается стойкое снижение плотности нервных элементов, что приводит к снижению болевой чувствительности [35], тогда как после успешного лечения чувствительность, как правило, сохраняется в пределах нормы. Таким образом, несмотря на морфологическое сходство некоторых признаков (фиброз, вторичный дентин), физиологические возрастные изменения являются диффузными, тогда как изменения после успешного лечения носят локальный характер с восстановлением структуры и функции ткани пульпы. Понимание различий и сходств между изменениями пульпы после купирования воспалительного процесса и возрастными изменениями имеет важное значение для прогноза лечения и персонализированной терапии.

Сохранение жизнедеятельности пульпы после консервативного лечения возможно в любом возрасте при

условии качественного удаления раздражителя и адекватного пломбирования. Основанием для применения биологического метода лечения воспаленной пульпы зуба послужили, с одной стороны, данные о морфологии и биологии пульпы, доказывающие ее высокую активность и способность противостоять различным патогенным факторам (микробам, токсинам, травмам и пр.), с другой стороны — появление ряда препаратов с выраженным антимикробным, противовоспалительным действием и стимулирующим дентиногенез. Так, А. Хрущев (1895) с успехом применил для этих целей пасту, состоящую из гвоздичного масла, окиси цинка и танина. С тех пор постоянно ведутся работы по изысканию эффективных средств и методов для достижения этой цели. С 30-х годов XX века началось активное применение гидроксида кальция, что стало поворотным моментом в попытках сохранить витальность пульпы. Основная проблема кальций-содержащих материалов — компромисс между биосовместимостью и антибактериальной активностью.

В нормальных физиологических условиях pH тканей пульпы человека составляет около 7,2–7,4. Это значение поддерживается за счёт кровоснабжения, обмена ионными компонентами и активности одонтобластов, фибробластов, иммунокомпетентных клеток [36]. Современные биоактивные цементы на основе силикатов кальция Biodentine Septodont (Франция), MTA (Mineral Trioxide Aggregate), их pH составляет около 11,5–12,5, что обеспечивает антисептический эффект, индуцирует активацию одонтобластов, стволовых клеток и экспрессию щелочной фосфатазы, но их применение требует осторожности, поскольку прямой контакт с жизнеспособной пульпой может привести к воспалению и некрозу [37,38]. Так, успешность витальной пульпотомии с использованием MTA достигает 90 % и выше [39]. Особое место занимают биоактивные композиты на основе смол TheraCal LC (Bisco, США) и Activa Bioactive Base/liner (Pulpdent, США), обогащённые ионами кальция, фосфора и фтора (pH около 6,5–7,5). Материалы демонстрируют высокую биосовместимость и умеренную антибактериальную активность за счёт ионного обмена. Но в их составе присутствуют смолистые компоненты (Bis-GMA, HEMA), которые могут быть цитотоксичны при прямом контакте с пульпой или при неполной полимеризации [40]. Российские производители предлагают Альфадент Ca-LC (pH около 6,5–7,5). Препарат имеет умеренное биоактивное действие, эффективен только при обратимом пульпите без признаков воспаления в глубинных слоях. Медитон (Медполимер, Россия), кальцесодержащий цемент, визуально и по свойствам напоминает Dycal, его pH составляет около 10 [41]. Таким образом, кальцийсодержащие прокладки и материалы на основе смол пока остаются важным элементом консервативного лечения пульпита, при этом выбор конкретного прокладочного материала должен быть обоснован клинической ситуа-

цией и степенью воспаления пульпы, также крайне важны диагностика и правильная техника нанесения.

Сегодня активно развиваются регенеративные технологии. Это направление предлагает восстановление ткани пульпы с помощью стволовых клеток, факторов роста (например, TGF- β , IGF-1, FGF), а также биоматериалов в виде каркасов (scaffolds), на которых образуются новые клетки и ткани [42,32,35]. К ним относятся регенеративные биологические методы, основанные на использовании тромбоцитарных факторов роста, выделяемых из собственной крови пациента: фибрина, обогащенного тромбоцитами (Platelet-Rich Fibrin — PRF), и плазмы, обогащенной тромбоцитами (Platelet-Rich Plasma — PRP). Эти факторы играют ключевую роль в заживлении тканей и регенерации тканей пульпы, к тому же имеют минимальный риск иммунного ответа и отсутствие токсичности, что подтверждается клиническими исследованиями [43]. В России PRF всё чаще используется в пародонтологии и хирургии, но его внедрение в терапевтическую стоматологию только начинается. PRF может использоваться как мембрана, укладываемая поверх экспонированной пульпы, также PRP комбинируется с биоматериалами, например MTA, для стимуляции регенерации [44]. Применение регенеративных технологий, основанных на аутологичных продуктах крови, позволяют перейти от традиционного симптоматического подхода к биостимулирующей стратегии лечения пульпита, направленной на восстановление структуры и функции пульпы.

Методики прямого и непрямого покрытия пульпы, пульпотомии и частичной ампутации стали научно обоснованными альтернативами экстирпации в любом возрасте. Однако эффективность этих методов остается ограниченной из-за высокой чувствительности метода к стерильности и ограниченной биосовместимости применяемых материалов, а также из-за трудностей в диагностике между обратимым и необратимым пульпитом [45]. Клиническая классификация пульпита основана на симптомах (тип боли, длительность реакции на раздражитель, наличие спонтанной боли). Под влиянием новых данных о пульпе как о регенерирующей ткани классификация и диагностика претерпевает изменения. Так в рекомендациях Американской Ассоциации эндодонтистов предлагают описывать пульпу как «обратимо воспаленную» или «частично необратимо воспаленную» [39]. Более полная клинико-морфологическая картина пульпитов предоставлена в классификации В.И. Лукьяненко [46]. Согласно данной классификации, к обратимым формам относят острый серозный-гнойный, фиброзный хронический и травматический пульпит. При обратимом остром пульпите наблюдаются самопроизвольные кратковременные болевые ощущения до двух суток в анамнезе. В практике стоматолога эта форма встречается редко, вследствие доступности для

пациента большого арсенала обезболивающих препаратов. Напротив, обратимый хронический пульпит более распространен. Его ведущий клинический симптом — болезненные ощущения при смене внешней температуры (при переходе из холодного помещения в теплое и наоборот). Так, признаки фиброзного перерождения при гистоморфологическом исследовании пульпы, у зубов с обратимыми формами пульпитов, обнаруживаются в три раза чаще, чем гиперемия и острое воспаление [47,48,14]. Тщательная диагностика необходима для успешного применения биологического метода. В настоящее время в основном применяются традиционные субъективные и объективные методы диагностики. Классическими способами оценки состояния пульпы являются температурные тесты и электроодонтодиагностика (ЭОД). Однако, все чувствительные тесты (термотест, электроодонтодиагностика) проверяют только нервную проводимость, а не кровоток пульпы [49]. Тем не менее, сочетание холодовой пробы и ЭОД считается стандартом обследования при диагностике пульпита. Следует учитывать, что недавняя травма зуба может искажать результаты диагностики, проводя к как ложноположительным, так и ложноотрицательным ответам. Временная потеря чувствительности пульпы может быть обусловлена компрессией или растяжением нервных волокон, разрывом сосудов микроциркуляторного русла или ишемическим повреждением тканей [50]. При обратимом пульпите перкуссия, как правило, безболезненна, что объясняется ограничением воспалительного процесса коронковой частью пульпы. Положительная перкуSSIONная реакция свидетельствует о вовлечении периодонта, что может указывать на прогрессирование воспаления. Лучевая диагностика при обратимых формах пульпита имеет ограниченное значение, поскольку стандартные рентгенограммы не фиксируют изменений в тканях пульпы. Однако их применение оправдано при подозрении на периапикальные осложнения. проведение пробы на кровоточивость. Диагностическую значимость имеет оценка цвета, консистенции и объема экссудата при случайном или контролируемом вскрытии пульпы. Жизнеспособная, хорошо перфузируемая пульпа характеризуется ярко-красной окраской и быстро останавливающимся кровотечением после мягкого тампонирувания, что служит косвенным подтверждением её функциональной активности [51]. В перспективе разработка быстрых тест-систем на основе анализа коронарной крови или тканевых биопроб может повысить точность диагностики пульпарного воспаления. Показано, что IL-6 и TNF- α являются ключевыми медиаторами при пульпите [52,53].

Диагностические тесты (термотест, ЭОД) по-прежнему являются основой, однако в настоящее время выполняются исследования нетрадиционных «виталити-тестов», измеряющих кровоток или насыщение кислородом в пульпе, например, с помощью пульсоксиметра.

трии, которую используют для оценки васкуляризации путем определения уровня насыщения кислородом в циркулирующей артериальной крови [54]. Но методика еще не усовершенствована для рутинного клинического использования, она является обнадеживающей и расширяющейся областью исследований [55]. Другой подход — измерение движения кровяных клеток в пульпе при помощи метода лазерной доплеровской флоуметрии (LDF). LDF и подобные оптические техники (импульсная плетизмография, мультиспектральный анализ) безболезненны и объективны, однако внедрение таких подходов на клинический уровень связано с техническими трудностями и нуждается в дополнительной проверке [56].

Заключение

Несмотря на достигнутые успехи в понимании этой темы, исследования остаются ограниченными, что подчеркивает необходимость проведения дополнительных контролируемых исследований. Обратимый пульпит — это потенциально излечимое состояние, при котором точная диагностика и биологически обоснованное лечение обеспечивают восстановление ткани. Консервативное лечение обратимых форм пульпита способствует поддержанию физиологической функции зуба (иннервация, питание дентина), снижает риск переломов корней в долгосрочной перспективе по сравнению

с депульпированными зубами. Минимально инвазивный подход соответствует принципам биологической стоматологии. Условием для успешного применения являются щадящее препарирование полости в условиях асептики и антисептики, минимальное травмирование тканей зуба и герметичность реставрации на всех этапах лечения. Не все клиники пока имеют доступ к современным материалам, и не все врачи обучены их правильно применять, однако с развитием технологий биологический метод всё шире внедряется в практику. Результаты исследований подтверждают, что сохранение пульпы даёт положительные результаты, особенно при лечении на ранних стадиях воспаления. Понимание гистопатологических процессов, клинических признаков и биомаркеров воспаления позволяет выстроить чёткую клинко-биологическую стратегию ведения пациента. Таким образом, усиливается роль консервативной терапии, соответствующей принципам современной биологической стоматологии. Располагая современными знаниями о структуре и функциях пульпы и богатым арсеналом эффективных материалов, каждый стоматолог в своей ежедневной практике может сохранить жизнеспособность уникальной составляющей человеческого организма — пульпы зуба. Метод консервативного лечения пульпита предполагает возможность широкого его распространения с учетом квалификации и подготовленности врача-стоматолога.

ЛИТЕРАТУРА

- Hargreaves K.M., Cohen S. Pathways of the Pulp. — 11th ed. — St. Louis: Mosby, 2020. — 1096 p.
- Zanini M., Meyer E., Simon S. Pulp inflammation diagnosis from clinical to molecular perspectives: a narrative review // Journal of Endodontics. — 2017. — T. 43, № 11. — С. 1599–1611. — doi: 10.1016/j.joen.2017.06.002.
- Лимберг А.К. Руководство к изучению зубо врачебного дела. — СПб., 1887. — 134 с.
- Боровский Е.В., Леонтьев В.К. Клиническая эндодонтия. — М.: МЕДпресс-информ, 2004. — 384 с.
- Иванов В.С., Снитко Е.В., Пархова Р.Л. Основы эндодонтии. — М.: Медицина, 1984. — 288 с.
- Окушко В.Р. Морфология и регенерация пульпы зубов при воспалении. — Минск: Наука и техника, 1981. — 240 с.
- Виноградова Т.Р. Морфология и патология пульпы зуба. — М.: Медицина, 1974. — 212 с.
- Царинский М.М. Роль пульпы зуба в регенерации дентина. — Харьков: Вища школа, 1981. — 132 с.
- Farges J-C. Dental pulp innate immunity mechanisms. Mediators Inflamm. 2015; 2015:230251
- Варшавский А.И., Дмитриева Л.А. Кровоснабжение и трофика пульпы зуба. — М.: Медицина, 1976. — 144 с.
- Пархова Р.Л. Роль биологически активных веществ в воспалении пульпы. // Стоматология. — 1978. — № 3. — С. 12–16.
- Next-generation biomaterials for pulp immunomodulation. PMC. 2023
- Cooper P.R., Takahashi Y., Graham L. et al. Inflammation–regeneration interplay in the dentine–pulp complex. // J Dent. — 2010. — Vol. 38. — P. 687–697.
- NETosis in pulpal infections: neutrophil extracellular traps. J Endod. 2017
- Arora S. Immunotherapy to modulate pulp inflammation. Int Endod J. 2021
- Златева М.И., Королева Л.Н. Защитные реакции пульпы. // Стоматология. — 1970. — № 5. — С. 34–37.
- Cooper P.R., Holder M.J., Smith A.J. Inflammation and regeneration in the dentine–pulp complex: A double-edged sword. // J Endod. — 2007. — Vol. 33. — P. 1059–1063.
- Урбанович Л.И. Репаративная функция пульпы. // Вопросы стоматологии. — 1982. — № 1. — С. 48–52.
- Мороз Б.Т., Гольдберг И.М. Нейроэндокринные механизмы воспаления пульпы зубов. // Архив патологии. — 1993. — № 6. — С. 51–55.
- Мороз Б.Т., Петров В.В. CGRP как медиатор воспаления пульпы. // Стоматология. — 1995. — № 4. — С. 27–30.
- Yu et al., Liu et al. Immunity cell response in pulpitis, macrophage polarization and stem cell modulation. Int Endod J., 2024.
- Ahmed H.M., Abbott P.V. Age-related changes in dental pulp: A review. Int Endod J. 2020;53(4):529–542. DOI:10.1111/iej.13254.
- Виноградова Т.В., Полякова А.В. Морфологические изменения зубной пульпы в разные возрастные периоды. Вестник новых медицинских технологий. 2017;24(2):135–139. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29953917>

24. Федорова Н.В., Кузнецова Е.И. Возрастные изменения пульпы и их значение для эндодонтического лечения. *Стоматология*. 2019;98(1):34–38. DOI:10.17116/stomat20199801134
25. Григорьев А.Ф., Иванова С.В. Клеточный состав пульпы зуба в различные возрастные периоды. *Вестник стоматологии*. 2020;99(2):21–25. DOI:10.17116/stomat20209902121
26. Chen Y., Wang Z., Wang Y. Changes in human dental pulp with aging and their clinical significance. *J Dent Res*. 2022;101(7):789–797. DOI:10.1177/00220345221076751
27. Hirschman J.V. Pulp calcifications and age. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 2016;121(5): e121
28. About I. Odontoblast response to dental injury. *Arch Oral Biol*. 2011;56(12):1615–1622
29. Goldberg M., Smith A.J. Cells and extracellular matrices of dentin and pulp: a biological basis for repair and tissue engineering. *Crit Rev Oral Biol Med*. 2021;33(1):36–52.
30. Ricucci D., Siqueira J.F. Biofilm-related pulpal and periradicular diseases. *J Endod*. 2010;36(8):1278–1287
31. Kim S.G., et al. Biological basis for pulp regeneration: complexity of cellular and molecular events. *J Endod*. 2018;44(4): S19–S27.
32. Couve E. Aging of the dental pulp: a narrative review. *J Endod*. 2014; 40(6):730–736.
33. Murray P.E., About I., Lumley P.J. Recombinant human osteogenic protein-1 induces dentinogenesis in vivo. *J Dent Res*. 2000;79(4):1032–1038
34. Garlet G.P., et al. Neuroimmune interactions in the dental pulp: implications for regeneration. *Front Immunol*. 2022; 13:856304.
35. Tziafas D., Smith A.J., Lesot H. Designing new treatment strategies in vital pulp therapy. *J Dent*. 2000; 28(2):77–92.
36. Parinyaprom N., Kohno A., Suda H. Response of human dental pulp to direct pulp capping with MTA and calcium hydroxide. *J Endod*. 2022; 48(1):65–72.
37. Kawashima N. Characterisation of dental pulp stem cells: a new horizon for regenerative endodontics. *Int Endod J*. 2020; 53(5):556–562.
38. American Association of Endodontists. AAE Consensus Conference Recommended Diagnostic Terminology. *J Endod*. 2021; 47(9):1352–1360.
39. Bakhtiar H., Nekoofar M.H., Aminishakib P. Human pulp responses to direct pulp capping with TheraCal LC: A clinical trial. *J Endod*. 2021; 47(8):1260–1266.
40. Михайлова Л.А., Андреев В.В. Сравнительная оценка отечественных кальцийсодержащих прокладок при лечении глубокого кариеса. // *Российский стоматологический журнал*. — 2023. — Т. 27, № 1. — С. 42–47.
41. Islam R., Islam MRR, Tanaka T., Alam MK, Ahmed HMA, Sano H. Direct pulp capping procedures— Evidence and practice. *Jpn Dent Sci Rev*. 2023 Dec;59:48–61. DOI: 10.1016/j.jdsr.2023.02.002/Epub2023 Feb 26. PMID:36880059 Free PMC article. Review.
42. Sharma S., Shrivastava N. Regenerative potential of PRF in direct pulp capping — A case report. *J Oral Biol Craniofac Res*. 2022.
43. Bakhtiar H., Rahnama M., Ezoddini-Ardakani F., Kakoei S., Ranjesh B., Ghanbaran S., Esmaeili S., Ellini M.R. Histological assessment of human pulp response to direct pulp capping with PRF and MTA. *Clin Oral Investig*. 2020;24(11):4227–4236. DOI: 10.1007/s00784-020-03342-5.
44. Хидирбегишвили О.Э. Селективное и неселективное удаление кариозного дентина и классификация обратимых и необратимых форм пульпита. *Dental community*. раздел сайта: Актуальные статьи. *Стоматология. Организация и здравоохранение. Право*. 2024.
45. Лукьяненко В.И. Неотложная стоматологическая помощь / В.И. Лукьяненко. М.: Медицина. 1976. 232 с.
46. Nair P.N.R. Pathology of pulpal infection *Endodontic Topics*. 2004;8(1):30–51. DOI: 10.1111/j.1601–1546.2004.00099.
47. Скулкин А.М., Селезнева Е.И., Беляев А.Ю. Морфология зубной пульпы при воспалительных процессах. *Российский стоматологический журнал*. 2018;22(3):29–33.
48. AAE Position Statement on Vital Pulp Therapy. *J Endod*. 2021 Sep; 47(9):1340–1344. DOI: 10.1016/j.joen.2021.07.015. Epub2021 Fug 3. PMID:34352305.
49. Андреасен Ф.М. Транзиторный апикальный разрыв и его связь с изменениями цвета и чувствительности после вывихов зубов. *Стоматология. Травматология*. 1986; 2:9–19. DOI: 10.1111/j.1600-9657. 1986.tb00118.
50. Жаворонкова М.Д. Лечение обратимых форм пульпитов нестероидными противовоспалительными препаратами: Автореф. дисс. к.м.н., СПб., 1996. — 16 с
51. Cheng Y., Chen J., Huang Z. Biomarkers of reversible and irreversible pulpitis: A systematic review // *J Pers Biol Syst*. — 2025. — Vol. 10, Suppl. 1. — P. 112–119. DOI: 10.1097/JPB.0000000000000054
52. Zong S.Y., Wang W.F., Shi T.Y., et al. Bioinformatic identification of potential diagnostic markers for pulpitis using gene expression data // *BMC Oral Health*. — 2020. — Vol. 20. — Article No. 266. DOI: 10.1186/s12903-020-01266-5
53. Sabharwal R.J., Dhull K.S., Dutta B. Оценка жизнеспособности пульпы с помощью пульсоксиметрии: систематический обзор и метаанализ // *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. — 2025. — Т. 18, № 4. — С. 479–486.
54. Mejare I.A., Axelsson S., Davidson T., Frisk F., Hakeberg M., Kvist T., Norlund A., Petersson A., Portenier I., Sandberg H. Диагностика состояния пульпы зуба: систематический обзор // *International Endodontic Journal*. — 2012. — Т. 45. — С. 597–613. — DOI: 10.1111/j.1365-2591.2012.02016. x.
55. Igna A., Mircioagă D., Boariu M., Stratul Ș.I. A Diagnostic Insight of Dental Pulp Testing Methods in Pediatric Dentistry // *Medicina (Kaunas)*. — 2022. — Т. 58, № 5. — Ст. 665. — DOI: 10.3390/medicina58050665. — PMID: 35630082; PMCID: PMC9145630.

© Жаворонкова Марина Дмитриевна (mdzhdoc@gmail.com); Улитовский Сергей Борисович;

Ермолаева Людмила Александровна

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»