

Морфологическая и функциональная взаимосвязь пульпы зубов и пародонта в аспекте эндо-пародонтальных поражений: систематический обзор

Д.А. Моисеев, С.И. Волков, А.А. Конов, М.А. Кулюкина
Тверской государственной медицинской университет, Тверь, Российская Федерация

Резюме

Актуальность. Распространенность сочетанных эндо-пародонтальных поражений (ЭПП) продолжает увеличиваться, что обуславливает интерес к ним исследователей. Недостаточно освещенные в научной литературе вопросы анатомо-функционального взаимоотношения между тканями пародонта и пульпой зуба, отсутствие алгоритма диагностики и лечения больных с ЭПП определяют необходимость их исследования. Целью исследования является систематизация имеющихся данных о морфофункциональных аспектах взаимосвязи пульпы зуба и тканей пародонта и их особенностях, обуславливающих патогенез ЭПП.

Материалы и методы. Найдено 2875 публикаций, представленных в международных электронных научных базах PubMed, Google Search, Embase, Web of Science, ScienceDirect, SciELO и eLibrary. В соответствии с критериями включения и невключения было отобрано 52 публикации, которые включали результаты изучения строения и функции тканей пародонта, корней и пульпы зубов в аспекте развития ЭПП. Методология данного исследования соответствует требованиям для систематических обзоров и метаанализов (PRISMA).

Результаты. При ЭПП – сочетанных поражениях тканей пародонта и пульпы зуба – воспаление поддерживается инфекцией, персистирующей в дополнительных каналах корня и дентинных каналах, а также в пародонтальном кармане. Предупреждение формирования и ликвидация очагов инфекции в системе корневых каналов зуба, периапикальных тканях, а также в пародонтальных карманах лежит в основе профилактики и лечения ЭПП. При этом отсутствуют диагностические и терапевтические алгоритмы, позволяющие своевременно выявить ЭПП и провести адекватное лечение в зависимости от первичности поражения тканей пульпо-пародонтального комплекса и индивидуальных особенностей больного. Описаны особенности строения корней и пульпы зубов, цемента, периодонта, альвеолярной кости. Приведены характерные особенности кровоснабжения и иннервации пульпо-пародонтального комплекса.

Заключение. Пульпа зуба и ткани пародонта тесно связаны морфологически и функционально. Основная взаимосвязь между ними осуществляется через апикальные отверстия и дополнительные каналы. Установлено, что бактериальная инфекция также может проникать через дентинные каналы корня зуба в пульпу и в ткани пародонта из инфицированной системы корневых каналов зуба.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-315-90031\20.

Ключевые слова: пульпа, пародонт, морфология, хронический пародонтит, эндо-пародонтальные поражения

Для цитирования: Моисеев ДА, Волков СИ, Конов АА, Кулюкина МА. Морфологическая и функциональная взаимосвязь пульпы зуба и пародонта в аспекте эндо-пародонтальных поражений. *Пародонтология*. 2021;26(4):289-299. <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2021-26-4-289-299>.

The morphological and functional relationship between dental pulp and periodontal tissue in the aspect of endo-perio lesions

D.A. Moiseev, S.I. Volkov, A.A. Konov, M.A. Kulyukina
Tver State Medical University, Tver, Russian Federation

Abstract

Relevance. The growing prevalence of combined endo-perio lesions (EPL) attracts the interest of researchers. Insufficiently covered in the scientific literature, issues of the anatomical and functional relationship between periodontal tissues and dental pulp, the lack of an algorithm for diagnosis and treatment of EPL determine the need for their research. The study aimed to arrange the available data on the morpho-functional aspects of the relationship between dental pulp and periodontal tissues and their features that determine the pathogenesis of EPL.

Materials and methods. The study found 2875 publications, presented in the international electronic scientific databases PubMed, Google Search, Embase, Web of Science, ScienceDirect, SciELO and eLibrary. Following the inclusion and non-inclusion criteria, we selected 52 publications, which included the results on studying the structure and function of periodontal tissues, roots and pulp of teeth in the aspect of EPL development. The methodology of this study meets the criteria for systematic reviews and meta-analyses (PRISMA).

Results. In EPL lesions, inflammation is maintained by an infection, which persists in the additional root canals and dentinal tubules and the periodontal pocket. Prevention of the formation and elimination of infection foci in the root canal system of the tooth, periapical tissues and periodontal pockets is the basis for EPL prevention and treatment. At the same time, there are no diagnostic and therapeutic algorithms, which allow timely detection of EPL and adequate treatment, depending on the primary lesion of pulpal and periodontal tissues and individual characteristics of the patient. The structure specifics of roots, pulp, cementum, periodontium and alveolar bone are described. The characteristic features of blood supply and innervation of the pulpal and periodontal tissues are presented. Promising areas of scientific research in EPL prevention and treatment are identified.

Conclusion. Tooth pulp and periodontal tissues are closely related morphologically and functionally. They are principally connected through the apical foramina and additional canals. Bacterial infection can also penetrate the pulp and periodontal tissues from the infected root canal system of the tooth through the dentinal tubules of the tooth root.

Funding. The reported study was funded by RFBR according to the research project # 20-315-90031\20.

Key words: pulp, periodontium, morphology, chronic periodontitis, endo-perio lesions

For citation: Moiseev DA, Volkov SI, Konov AA, Kulyukina MA. The morphological and functional relationship between dental pulp and periodontium in the aspect of endo-perio lesions. *Parodontologiya*. 2021;26(4):289-299. (in Russ.) <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2021-26-4-289-299>.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы все более актуальной становится проблема сочетанных поражений тканей пародонта и пульпы зубов. Взаимовлияние процессов, происходящих в этих тканях, давно привлекает внимание исследователей. А в клинической практике перед врачом-стоматологом, столкнувшимся с эндо-пародонтальным поражением (ЭПП), стоит непростая задача, заключающаяся в прогнозировании состояния больного и планировании адекватного комплексного лечения [1–3]. Его успех зависит не только от грамотного определения этиологии заболевания, точной диагностики, но в значительной степени и от знания строения зубо-пародонтального комплекса и понимания пульпо-пародонтальных взаимосвязей.

Согласно классификации Р.Н.А. Guldener (1982), основывающейся на первичности развития поражения, выделяют эндодонто-пародонтальные поражения и пародонто-эндодонтические поражения. А когда поражение пульпы и пародонта происходит одновременно, его определяют как комбинированное [4; 5]. Одна из последних классификаций ЭПП Н.М. Ahmed (2012) – более широкая и делит сочетанные заболевания пульпы и пародонта на 7 классов: класс 1 – одновременные (истинно сочетанные); класс 2 – поражения пульпы с вовлечением пародонта; класс 3 – поражения пародонта с вовлечением пульпы; класс 4 – независимые; класс 5 – ятрогенные; класс 6 – прогрессирующие; класс 7 – неопределенные ЭПП. Классификация ЭПП, пользующаяся наибольшей популярностью, была предложена Н.С. Simon et al. (1972). Согласно этой классификации, эндо-перико-поражения могут быть классифицированы на: первичное эндодонтическое повреждение, первичное эндодонтическое поражение с вторичным поражением пародонта, первичное поражение пародонта, первичное поражение пародонта с вторичным эндодонтическим поражением, истинное комбинированное поражение [3]. Доказано, что комбинированные поражения пульпы и пародонта существенно усугубляют прогноз [6]. При сочетанных ЭПП микроорганизмы, присутствующие в пульпе зуба и системе корневых каналов (СКК), могут инфицировать ткани пародонта, и наоборот [7].

Распространенность ЭПП достаточно высока [8]. Частота их встречаемости у людей различных возрастных групп составляет в среднем 24,1% с тенденцией увеличения с возрастом [9].

Пульпа и ткани пародонта связаны эмбриологически, морфологически и функционально [5, 10, 11, 12]. Ткань пульпы зуба, происходящая из эктодермальных клеток, является эктомезенхимом. Эти клетки во время эмбрионального развития растут на периферии нервной трубки и мигрируют в ротовую область, превращаясь в мезенхимальный фенотип [13]. Изученные недавно профили экспрессии генов по новому представляют развитие тканей пульпы и пародонта, а также способствуют пониманию молекулярных механизмов минерализации и регенерации тканей зубов [12, 14]. В понятие «эндодонт» входит комплекс тканей, вовлекаемый в местный патологический процесс при заболеваниях пульпы и апикального пародонта. Анатомически – это только пульпа и прилежащий к ней дентин, но по утверждению А.Ж. Петрикаса с соавт. (2006), в это понятие входит еще и пульпо-периапикальный комплекс, включающий в себя апикальный периодонт с цементом, кортикальную пластинку и губчатую кость, прилежащие к верхушке корня зуба [15].

Целью настоящего систематического обзора является систематизация имеющихся данных о морфофункциональных аспектах взаимосвязи пульпы зуба и тканей пародонта и их особенностях, обуславливающих патогенез ЭПП.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методология данного исследования соответствует требованиям для систематических обзоров и метаанализов (PRISMA).

Источники информации

Поиск публикаций проводился в семи электронных базах данных: PubMed, Google Search, Embase, Web of Science, ScienceDirect, SciELO и eLibrary с 2011 по 2021 год. Кроме этого в обзоре содержатся данные из фундаментальных трудов Brannstrom M., Вольфа Г.Ф., Петрикаса А.Ж., Боровского Е.В. и Быкова В.Л.

Стратегия электронного поиска

При поиске использовались следующие ключевые слова (на русском и английском языках): pulp, periodontal disease, endo-periodontal lesions, chronic periodontitis, dentin, tooth root cement, periodontal, alveolar bone, dental alveolus, root canals, dentine tubules, enamel-cement compound, pulp innervation, periodontal innervation, pulp

blood supply, periodontal blood supply, classification of endo-periodontal lesions, prevalence of endo-periodontal lesions, пульпа, пародонт, эндо-пародонтальные поражения, хронический пародонтит, дентин, цемент корня зуба, периодонт, альвеолярная кость, зубная альвеола, корневые каналы, дентинные каналы, дентинные трубочки, эмалево-цементное соединение, иннервация пульпы, иннервация пародонта, кровоснабжение пульпы, кровоснабжение пародонта, хронический пародонтит, классификация эндо-пародонтальных поражений, распространенность эндо-пародонтальных поражений.

Кроме этого были изучены библиографические источники найденных публикаций и из них дополнительно вручную отобраны подходящие исследования.

Процесс сбора данных

Поиск выполнялся тремя независимыми исследователями и последний раз обновлялся 10 октября 2021 года. Ограничения по языку публикаций отсутствовали.

Критерии отбора исследований

Первоначально публикации были отобраны по дате, названию и аннотации (3923 публикации), дубликаты исследований удалялись (1048 дубликатов), после чего все публикации в подборке находились в одном экземпляре (2875 публикаций).

Критерии включения публикации в обзор

В публикациях приведены результаты исследований *in vitro*, *in vivo* (в том числе рандомизированные контролируемые исследования) и обзоров литературы. Исследования включали результаты изучения строения и функции тканей пародонта, корней и пульпы зубов, а также этиопатогенез развития ЭПП.

Критерии исключения публикаций из обзора

Публикации исключались из обзора в случае, если: возраст обследуемых до 18 лет; исследования, проведенные на животных; описательные работы, без четко структурированных результатов и выводов.

Спорные моменты в вопросе включения или исключения исследования в обзор решались путем обсуждения. На основании критериев отбора было выбрано 52 публикации, которые были включены в систематический обзор (рис. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Организация пульпы

Рыхлая волокнистая соединительная ткань, составляющая основу пульпы, образована клетками и межклеточным веществом [16]. Клетки пульпы – это одонтобласты и фибробласты, в меньшем количестве – макрофаги, дендритные клетки, лимфоциты, плазматические и тучные клетки, эозинофильные



Рис. 1. Критерии отбора публикаций
Fig. 1. Criteria for publication selection

гранулоциты [17]. В пульпе развитая сосудистая сеть и она хорошо иннервирована. Сосуды и нервы пульпы проникают в нее через апикальное отверстие и дополнительные каналы корня зуба, образуя в корневом канале сосудисто-нервный пучок, повторяющий сложное строение СКК. Через апикальное отверстие проникают толстые пучки нервных волокон, содержащие от нескольких сотен до нескольких тысяч миелиновых и безмиелиновых волокон. Последние, по разным оценкам, составляют до 60-80% от общего числа волокон. Часть волокон может проникать в пульпу зуба через дополнительные каналы [17]. Однако существует мнение, что кровоснабжение пульпы ограничено из-за малых размеров апикального отверстия. Это не позволяет адекватно реваacularизировать пульпу и замедляет ее регенерацию. Пока не удалось регенерировать подобную пульпе ткань, способную формировать дентин после проведения реваacularизации [18]. Также существует предположение о том, что однократная смена зубов у млекопитающих и, как следствие этого, увеличение срока службы зубных рядов, потребовало увеличения и усложнения структуры пульпы. При этом одонтобласты, чувствительные нервные окончания и клетки Шванна в сочетании с сосудистыми и иммунными компонентами создают многоклеточный интерфейс, который участвует в защите и восстановлении твердых тканей зуба. Происходит постоянное взаимодействие нервных, глиальных и иммунных компонентов пульпы, позволяющее ей оперативно реагировать на изменения по ее периферии и внешние раздражители [19]. Стадийно на протяжении всей жизни происходит синтез и аппозиция дентина вдоль стенок пульпарной камеры зуба [20].

2. Дентинные каналы

Дентинные каналы (ДК) формируются в результате одонтобластных процессов, сопровождающихся секрецией минерализованного гидроксиапатита. Они являются результатом дифференцировки одонтобластов в процессе дентиногенеза. На 1 мм² поверхности дентина приходится до 60 000 ДК со средним диаметром каждого 800-1000 нанометров [21, 22]. Они направляются от пульпы к эмали или цементу корня зуба, в зависимости от того, где находятся: в коронковом или корневом дентине. Выявлено, что плотность ДК больше в средней трети корня зуба, чем в апикальной и пришеечной [24]. Содержимое ДК или дентинная жидкость состоит из трансудата пульпарной жидкости [23]. В аспекте гидродинамики ДК являются трубочками с очень малым диаметром – меньше 0,1 мкм [23]. Известна гипотеза, что ДК, будучи микроструктурными образованиями, регулируют прикрепление, выравнивание и дифференцировку рекуртированных стволовых клеток [22]. В норме наружные отверстия ДК в области корня зуба закрыты тонким слоем цемента. А дентинная жидкость является определенным препятствием для проникновения бактериальной микрофлоры в пульпу. Но при обнажении дентина корня или шейки зуба ДК могут контактировать микрофлорой. Такое может происходить при рецессии десны, формировании патологического пародонтального кармана, кариесе корня или после чрезмерного скейлинга. Ротовая жидкость способна растворять смазанный слой в ДК, увеличивая площадь поверхности для прикрепления бактериальных токсинов и создавая условия для их диффузии в пульпу, даже против тока дентинной жидкости [23, 25]. Это подтверждено экспериментом М. Brannstrom (1962), показав-

шим, что обычная человеческая слюна за неделю воздействия на обнаженные отверстия ДК может вызвать локализованное воспаление пульпы [26]. В то же время известно, что разные участки пульпы и в разных зубах по-разному могут реагировать на бактериальную инвазию, особенно это различие заметно между коронковой и корневой пульпой [23]. По-видимому, на проникновение бактериальных агентов в ДК и через них в пульпу зуба также влияют индивидуальные особенности пациента, такие как, например, микробная обсемененность полости рта, состояние местного и общего иммунитета, число, диаметр и длина ДК. Многими авторами показан и другой путь передвижения инфекции – из инфицированной СКК в ткани пародонта, когда не леченный или некачественно эндодонтически вылеченный зуб является причиной развития пародонтита. При длительном инфицировании корня зуба изменяется микроструктура дентина, под влиянием бактериальных кислот в нем образуются участки деминерализации и лакуны, заполненные патогенной микробиотой [22, 27].

3. Цемент корня зуба

Цемент корня зуба – барьерная структура на границе «зуб-пародонт». С анатомической точки зрения он является частью зуба, но в то же время относится к тканям пародонта [28]. Цемент является наименее изученной тканью из числа минерализованных структур скелета. Он богат факторами роста, которые могут влиять на активность разных клеток пародонта [29]. При этом мало известно о сигнальных путях, участвующих в цементогенезе. До сих пор продолжаются споры о происхождении цементобластов. Некоторые авторы предположили, что эти клетки являются позиционными остеобластами, хотя цемент отличается от кости в силу того, что он является аваскулярным, неиннервированным и не подвержен ремоделированию [30]. Цемент на поверхностях корня зуба присутствует в двух разновидностях: ацеллюлярный (бесклеточный): наружный волокнистый и афибриллярный цемент; клеточный цемент: внутренний волокнистый и со смешанными волокнами. Ацеллюлярный цемент, покрывающий пришеечную часть корня, участвует в прикреплении зуба к периодонтальной связке, в то время как клеточный цемент, покрывающий корень апикально, предположительно играет роль в постэруптивном движении зуба и адаптации к окклюзии. Смешанный слоистый цемент включает в себя слои как ацеллюлярного, так и клеточного типов и присутствует в апикальных участках корней или в области фуркаций [28, 30]. Ацеллюлярный цемент корня характеризуется концентрированным отложением белков экстрацеллюлярного (внеклеточного) матрикса, включая костный сиалопротейн и остеопонтин, многофункциональные фосфопротеины, которые, как считают, регулируют биоминерализацию и способствуют сигнализированию клеток [31]. Расположение и минерализация ацеллюлярного цемента регулируется местным минеральным обменом, особенно уровнем пирофосфата, мощного ингибитора роста кристаллов гидроксиапатита, тогда как клеточный цемент в меньшей степени зависит от минерального обмена веществ [31]. На протяжении всей жизни цемент растет в толщину – в двух противоположных направлениях: по окружности (клеточные внутренние волокна, ориентированные более или менее параллельно поверхности) и радиально в одном направлении (бесклеточные волокна ориентированы более или менее перпендикулярно поверхности корня) [35, 36]. Увеличение с воз-

растом толщины цемента указывает на непрерывный аппозиционный процесс в течение всей жизни. Минерализация цемента не прекращается с момента образования и продолжается с возрастом, что приводит к значительному увеличению твердости цемента у людей старшего возраста [32, 33].

4. Эмалево-цементное соединение

В области эмалево-цементного соединения присутствуют три типа минерализованных тканей: эмаль, дентин и цемент. Это не однородная линия с мягким и регулярным контуром, она имеет извилистую форму [34]. Хотя регуляторы минерализации цемента и альвеолярной кости были частично определены, остается неясным, какие факторы являются существенными для формирования границ «цемент-периодонт» и «кость-периодонт», а также для сохранения периодонтальной связки в ее неминерализованном состоянии. Этот вопрос относится к эволюции пародонта, поскольку способность регулировать минерализацию в специфических участках тканей зуба и пародонта имеет немалое значение для развития и сохранения этих структур [31].

5. Альвеолярная кость

Альвеолярная кость является одним из важных элементов пародонта. Различают три структурных части альвеолярного отростка. Это собственно альвеолярная кость, трабекулярная и компактная кость. Последняя выстилает поверхность альвеолярного отростка. У входа в альвеолу, на уровне альвеолярного гребня, она переходит в решетчатую пластинку, или собственно альвеолярную кость. Эта ткань выстилает стенку альвеолы и имеет толщину 0,1-0,4 мм. Она пронизана многочисленными мелкими отверстиями (каналами Фолькмана), через которые в периодонтальную щель входят сосуды и нервы. Между компактной костью и собственно альвеолярной костью расположена трабекулярная костная ткань [28]. H.J. Cho с соавт. (2019) провели антрометрические измерения альвеолярного отростка. При этом оказалось, что его средняя ширина на верхней челюсти составила: в зоне центрального резца – 7,43 мм; клыка – 8,91 мм; второго премоляра – 9,57 мм; первого моляра – 12,38 мм. Средняя ширина альвеолярной части нижней челюсти: в области центрального резца – 6,21 мм; клыка – 8,55 мм; второго премоляра – 8,45 мм; первого моляра – 10,02 мм. Ширина альвеолярной кости в области апикальной трети была меньше, чем на уровне средней трети корня [37]. В альвеолярной кости находятся чувствительные и вегетативные нервные волокна, распространяющиеся по тканям вместе с кровеносными сосудами. Иммуногистохимический анализ показал наличие в костной ткани нейропептидов и нейромедиаторов, таких как ген-родственный пептид кальцитонина, стимулирующий пролиферацию остеобластов. Эти нейропептиды синтезируются в чувствительных ганглиях и распределяются как по центру, так и в периферических тканях, оказывая влияние на метаболизм костной ткани через рецепторы. Некоторые исследования подтверждают гипотезу о том, что ген-родственный пептид кальцитонина ингибирует резорбцию костной ткани *in vitro* [38]. Взаимодействие цемента, периодонтальной связки и кости обеспечивает микроэкскурсию зуба в лунке, равномерное распределение сил при жевании. Оно позволяет механореактивным клеткам управлять ремоделированием, а также поддерживает крово- и лимфоснабжение [31, 39].

6. Периодонтальная связка

Периодонтальная связка содержит эластичные компоненты, главным образом коллагеновые волокна, а также кровеносные и лимфатические сосуды и интерстициальную жидкость. Проведено несколько исследований с использованием микротомографии нижней челюсти, в результате которых выявлено, что толщина периодонтальной связки изменяется по протяжению корня зуба, но обычно она составляет 0,25 мм. При этом от 50 до 75% объема ткани составляют волокна. Коллагеновые волокна сгруппированы в основные пучки волокон и образуют сетку, похожую на вытянутую рыболовную сеть, расположенную между цементом и альвеолярной костью. Сложное расположение волокон гарантирует, что независимо от направления приложенной силы, пучки волокон находятся в напряжении [40]. Микроскопически изучены патоморфологические изменения в периодонте. Они проявляются на клеточном, тканевом и микроциркуляторном уровнях следующими признаками: хроническое продуктивное воспаление преимущественно умеренной степени выраженности, полиморфно-клеточная инфильтрация, разрастание созревающей и зрелой грануляционной ткани, фиброплазия с образованием грубоволокнистой соединительной ткани, плексиформная гиперплазия плоского эпителия, умеренно выраженный ангиоматоз, склероз и гиалиноз стенок сосудов [41].

Интерес представляют данные о влиянии ортодонтических сил на кровоснабжение зубов. Ряд авторов считает, что эти силы влияют на кровоток и клеточный метаболизм и приводят к дегенеративным и/или воспалительным реакциям в пульпе зубов. J. Spector с соавт. (1974) сообщили о двух наблюдениях, когда пульпа в зубах погибла во время ортодонтического лечения [48].

7. Особенности кровоснабжения пульпо-пародонтального комплекса

Изучая особенности кровоснабжения любого органа или ткани, выделяют структурно-функциональные единицы микроциркуляции. Микроциркуляторное русло в пространстве пор альвеолярной кости описано исследователями как состоящее из относительно автономных в гемодинамическом отношении «сосудистых модулей», каждый из которых отвечает за свой участок органа, работая по принципу «всё или ничего», то есть либо обеспечивает перфузию тканевой области, либо нет (если он находится в резерве или поврежден). Взаимодействующие «сосудистый модуль» и «тканевая область» составляют «пародонтальный комплекс» [42]. Ткани пародонта и пульпа зубов кровоснабжаются из бассейна наружной сонной артерии ее ветвью – челюстной артерией (a. maxilaria). Зубы и окружающие их структуры верхней челюсти получают кровь из ветвей верхней передней луночковой артерии, нижней челюсти – снабжаются кровью главным образом из нижней луночковой артерии. От альвеолярных артерий к каждой межальвеолярной перегородке отходит одна или несколько ветвей – межальвеолярные артерии, которые дают веточки к периодонту и цементу корней зубов. Вертикальные ветви проникают через надкостницу в десну. От зубных артерий отходят веточки к периодонту и альвеоле. Между ветвями зубных, межальвеолярных артерий, идущих к надкостнице и сосудам экстраоссальной сети, имеются анастомозы [43]. Это является одной из причин тесной взаимосвязи пародонта, периодонта и пульпы зуба. Артериальные сосуды в периодонте расположены параллельно оси

зуба. У верхушечного отверстия и у края альвеолы находятся сосудистые пучки диаметром 0,1-0,2 мм, напоминающие гломерулярные клубочки в почках. Более крупные сосуды лежат в нишах альвеолы и тем самым предохраняют ткани периодонта от сдавления [44]. А.А. Копытовым с соавт. (2014) было проведено исследование, направленное на определение количества и площади поверхности устьев пор, обеспечивающих трофику альвеолярной кости, открывающихся на одну из поверхностей альвеолы вторых нижних моляров. В ходе исследования было выяснено, что наибольшая суммарная площадь устьев пор – в средней трети кортикальной пластинки альвеолы лунки. Однако устья пор расположены более плотно в апикальной трети, что способствует поддержанию стабильного давления в просвете периодонтальной щели и препятствует радиальному перемещению апекса, повреждению апикального периодонта [42]. В ходе ряда исследований выяснено, что по сравнению с больными пародонтизом, у больных с ЭПП, наблюдается снижение интенсивности кровотока в периапикальных тканях. Такое уменьшение кровоснабжения пульпы зуба является следствием резкого снижения плотности капиллярной сети и перфузионного баланса [44].

8. Особенности иннервации пульпо-пародонтального комплекса

Иннервация зубочелюстного сегмента также имеет свои особенности. Пульпа иннервируется ветвями тройничного нерва, состоящими в основном из специализированных полимодальных ноцицепторов, морфологически характеризующихся как миелинизированные и немиелинизированные волокна (С-волокна) [19]. Интересна роль в жизнедеятельности пульпы так называемого фактора роста нервной ткани – белка-регулятора развития и дифференцирования нейрональных и ненейрональных клеток. Помимо регуляторной, он несет в себе еще и сигнальную функцию. Результаты проведенных исследований показывают, что выделение этого белка-регулятора тесно связано с патологическими и регенеративными процессами в зубах человека. На основе этого предполагается потенциальная роль этой нейротрофической молекулы в регенерации пульпы [45]. Значительную роль в жизнедеятельности пульпы играют нервные окончания, клетки Шванна (клетки, окружающие нервные волокна) и иммунные клетки. Они создают многоклеточный барьер на границе «дентин-пульпа», реагируя на изменения окружающей среды. Кроме того, при развитии периферических нервов клетки Шванна связываются с кровеносными сосудами и влияют на дифференцировку артерий. Это осуществляется путем местной экспрессии фактора роста эндотелия сосудов, что позволяет сосудам расти вслед за разрастанием нервных волокон. Количество нервных окончаний и рецепторов уменьшается во время физиологической резорбции корней [19]. Иннервация пародонта осуществляется за счет ветвей зубных сплетений второй и третьей ветвей тройничного нерва. В глубине альвеолы пучки зубного нерва делятся на две части: одна идет к пульпе, другая – по поверхности периодонта параллельно главному нервному стволу пульпы. Наряду с миелиновыми волокнами наблюдаются и немиелиновые нервные волокна. На разных уровнях пародонта миелиновые волокна разветвляются или утончаются. В периодонте и десне имеются свободные нервные окончания, располагающиеся между клетками. Основные нервные волокна пародонта в межкорневом пространстве идут

параллельно цементу и в верхней части искривляются параллельно межкорневой перегородке [28]. Иммуногистохимический анализ кости показал наличие нейрпептидов и нейромедиаторов, которые действуют на костные клетки через рецепторы. Помимо переноса сенсорной информации, сенсорные нейроны продуцируют различные нейрпептиды, играющие важную роль в поддержании гомеостаза костной ткани и пульпы зуба, а также формировании дентина. Иннервация влияет на гомеостаз и на минерализацию твердых тканей [38]. Наличие большого числа нервных рецепторов позволяет считать пародонт обширной рефлексогенной зоной; возможна передача рефлекса с пародонта на сердце, органы желудочно-кишечного тракта и другие системы организма [28].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основными каналами взаимосвязи тканей пульпы и пародонта в норме являются апикальные отверстия корней зубов, дополнительные каналы корня и фуркации, нёбно-десневые канавки. При травматических повреждениях обменные процессы могут осуществляться через перфорации корня, линию его вертикального перелома [5, 7, 46, 47]. Однако не до конца выяснена роль ДК в возможном инфицировании пульпы извне, а также инфицировании тканей пародонта со стороны СКК зуба. Влияние заболеваний пародонта на пульпу зуба рассматривается с разных точек зрения. Невозможно проследить, ограничены ли наблюдаемые изменения в пульпе зубами с нездоровым пародонтом, или они также наблюдались бы и в других зубах того же больного [49]. Есть данные, что при среднетяжелом и тяжелом хроническом пародонтите имеются различной степени дегенеративные изменения в пульпе, такие как воспаление, фиброз, отек, кальцификация и некроз [50]. Существует необходимость в проведении дополнительных исследований в этой области и в уточнении классификации ЭПП с учетом таких факторов, как соотношение корня и коронки зуба, размеров поражения, положения корня в кости, и степени подвижности зуба [51].

Ряд авторов указывает на то, что для профилактики ЭПП необходимо уменьшать проницаемость дентина для бактериальной микрофлоры как снаружи, так и изнутри зуба. В этом могут помочь, с одной стороны – своевременная профилактика и лечение пародонтита, а с другой стороны – повышение качества эндодонтического лечения зубов, сопровождающееся полноценной obturацией дополнительных каналов и ДК. Также требуется дополнительная оценка роли скейлинга в возможном развитии ЭПП [23, 52]. Дальнейшие исследования в этом направлении дают надежду на эффективную профилактику и лечение ЭПП.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-315-90031\20.

Вклад авторов:

Концепция и дизайн исследования: Моисеев Д.А., Волков С.И.

Сбор и обработка материала: Моисеев Д.А., Конов А.А., Кулюкина М.А.

Написание текста: Моисеев Д.А.

Редактирование: Моисеев Д.А., Волков С.И.

Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов по материалу, содержанию и оформлению статьи. Статья подготовлена в соответствии с планом диссертационного исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макеева ИМ, Туркина АЮ. Комплексное лечение эндодонто-пародонтальных поражений: клинические примеры. *Dental Tribune Russia*. 2016;3-4:7. Режим доступа: <https://www.dental-tribune.com/epaper/dt-russia/dt-russia-no-34-2016-0416-%5B07-07%5D.pdf>
2. Lim JH, Lee JH, Shin SJ. Diagnosis and treatment of teeth with primary endodontic lesions mimicking periodontal disease: three cases with long-term follow ups. *Restorative dentistry & endodontics*. 2014;1(39):56-62. doi: 10.5395/rde.2014.39.1.56
3. Bonaccorso A, Tripi T. Endo-perio lesion: diagnosis, prognosis and decision-making. *ENDO*. 2014;8(2):105-127. Режим доступа: http://www.quintpub.com/userhome/endo/endo-ept_2014_02_s0105.pdf
4. Aksel H, Serper A. A case series associated with different kinds of endo-perio lesions. *Journal of clinical and experimental dentistry*. 2014;1(6):91-95. doi: 10.4317/jced.51219
5. Мороз ПВ. Эндодонто-пародонтальный синдром: анатомические предпосылки развития, этиология, классификация и тактика лечения. *Институт стоматологии*. 2014;2(63):91-94. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22133961>
6. Song M, Kang M, Kang DR, Jung I, Kim E. Comparison of the effect of endodontic-periodontal combined lesion on the outcome of endodontic microsurgery with that of isolated endodontic lesion: survival analysis using propensity score analysis. *Clinical oral investigations*. 2018;4(22):1717-1724. doi: 10.1007/s00784-017-2265-1
7. Галиева ДТ, Атрушкевич ВГ, Царев ВН, Митронин АВ. Эндодонто-пародонтальные поражения: актуальные вопросы. *Лечение и профилактика*. 2015;4(16):85-91. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25372177>
8. Крикун ЕВ, Блашкова СЛ. Распространенность эндодонто-пародонтальных поражений среди взрослого населения г. Казани. *Современная стоматология*. 2017;250-253. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30020446>
9. Иорданишвили АК, Мороз ПВ, Перемышленко АС, Биркина ЮА, Чистякова СВ. Пульпа зуба и патология пародонта: клинико-морфологические параллели. *Уральский медицинский журнал*. 2017;8(152):51-56. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30458596>
10. Singh P. Endo-perio dilemma: a brief review. *Dental research journal*. 2011;1(8):39-47. Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3177380>
11. Мороз ПВ, Иорданишвили АК. Факторы риска возникновения и причины низкой эффективности лечения эндодонто-пародонтальных поражений. *Эндодонтия today*. 2018;1:35-41. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35001913>
12. Gong A-X, Zhang J-H, Li J, Wu J, Wang L, Miao D-S. Comparison of gene expression profiles between dental pulp and periodontal ligament tissues in humans. *International journal of molecular medicine*. 2017;3(40):647-660. doi: 10.3892/ijmm.2017.3065
13. Chang CC, Chang KC, Tsai SJ, Chang HH, Lin CP. Neurogenic differentiation of dental pulp stem cells to neuron-like cells in dopaminergic and motor neuronal inductive media. *Journal of the Formosan medical association*. 2014;12(113):956-965. doi: 10.1016/j.jfma.2014.09.003
14. Lee SW, Jeon M, Lee HS, Song JS, Son HK, Choi HJ, Jung HS, et al. Comparative gene-expression analysis of periodontal ligament and dental pulp in the human permanent teeth. *J Korean acad. pediatr. dent*. 2016. 2016;43(2):166-175. doi: 10.5933/JKAPD.2016.43.2.166
15. Петрикас АЖ. Пульпэктомия. Учебное пособие для стоматологов и студентов. М.: АльфаПресс; 2006:7-43.
16. Петрикас АЖ, Румянцев ВА. Практическая одонтология, или что надо знать стоматологу о строении и функции зубов. М.: МИА; 2009:5-11.
17. Быков ВЛ. Гистология и эмбриология органов полости рта человека. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2014:27-98.
18. Chisini LA, Conde MM, Grazioli G, Martin AS, Carvalho RV, Sartori LM, Demarco FF. Bone, periodontal and dental pulp regeneration in dentistry: a systematic scoping review. *Brazilian dental journal*. 2019;2(30):77-95. doi: 10.1590/0103-6440201902053
19. Couve E, Schmachtenberg O. Schwann cell responses and plasticity in different dental pulp scenarios. *Frontiers in cellular neuroscience*. 2018;12 (299):1-8. doi: 10.3389/fncel.2018.00299
20. Bastos JV, Côrtes MI. Pulp canal obliteration after traumatic injuries in permanent teeth – scientific fact or fiction? *Brazilian oral research*. 2018;(32):159-168. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0075>
21. Румянцев ВА, Полунина ОС, Опешко ВВ, Моисеев ДА. Наноимпрегнация дентина зубов при экспериментальном лечении кариеса: оценка с помощью электронной микроскопии. *Пародонтология*. 2016;21(3):68-71. Режим доступа: <https://www.parodont.ru/jour/article/view/198>
22. Kim SG. Infection and pulp regeneration. *Dentistry journal*. 2016;1(4):1-13. doi: 10.3390/dj4010004
23. Pashley DH. How can sensitive dentine become hypersensitive and can it be reversed? *Journal of dentistry*. 2013;41(04):49-55. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(13\)70006-X](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(13)70006-X)
24. Галеева ЗР, Мухамеджанова ЛР, Грубер НМ. Тубулярный путь микробной инвазии у пациентов с эндодонто-пародонтальными очагами инфекции. *Практическая медицина*. 2012;8(64)(2):31-33. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tubulyarnyy-put-mikrobnoy-invazii-u-patsientov-s-endoparodontalnymi-ochagami-infektsii/viewer>
25. Дмитриева ЛА, Яшкова ВВ. Особенности современного алгоритма обследования и лечения пациентов с эндодонто-пародонтальными поражениями. *Эндодонтия today*. 2015;4:34-37. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25411154>
26. Brannstrom M. The elicitation of pain in human dentine and pulp by chemical stimuli. *Archives of oral biology*. 1962;(7):59-62. doi: 10.1016/0003-9969(62)90048-1
27. Фаустов ЛА, Леонтьев ВК, Попков ВЛ, Гречишников ВВ, Сычева НЛ. Ультроструктурная характеристика твердых тканей корня зуба при пульпитах. Феномен формирования в дентине инфицированных очагов деструкции. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: медицина, фармация*. 2011;6(111):93-99. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ultrastrukturnaya-harakteristika-tverdyh-tkaney-kornya-zuba-pri-pulpitah-fenomen-formirovaniya-v-dentine-infitsirovannyh-ochagov>
28. Вольф ГФ, Ратейцхак ЭМ, Ратейцхак К. *Пародонтология*. М.: МЕДпресс-информ; 2014:21-52.

29. Arzate H, Zeichner-David M, Mercado-Celis G. Cementum proteins: role in cementogenesis, biomineralization, periodontium formation and regeneration. *Periodontology* 2000. 2015;1(67):211-233.
doi: 10.1111/prd.12062
30. Foster BL. Methods for studying tooth root cementum by light microscopy. *International journal of oral science*. 2012;(4):119-128.
doi: 10.1038/ijos.2012.57
31. Foster BL, Ao M, Salmon CR, Chavez MB, Kolli TN, Tran AB, Chu EY, et al. Osteopontin regulates dentin and alveolar bone development and mineralization. *Bone*. 2018;(107):196-207.
doi: 10.1016/j.bone.2017.12.004
32. Jang AT, Lin JD, Choi RM, Choi EM, Seto ML, Ryder MI, Gansky SA, et al. Adaptive properties of human cementum and cementum dentin junction with age. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. 2014;(39):184-196. Режим доступа:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4265544/>
33. Zweifler LE, Ao M, Yadav M, Kuss P, Narisawa S, Kolli TN, Wimer HF, et al. Role of PHOSPHO1 in periodontal development and function. *Journal of dental research*. 2016;95(7):742-751.
doi: 10.1177/0022034516640246
34. Vandana KL, Haneet RK. Cementoenamel junction: an insight. *Journal of Indian society of periodontology*. 2014;5(18):549-554.
doi: 10.4103/0972-124X.142437
35. Aboulfadl H, Hulliger J. Absolute polarity determination of teeth cementum by phase sensitive second harmonic generation microscopy. *Journal of structural biology*. 2015;1(192):67-75.
doi: 10.1016/j.jsb.2015.08.011
36. Colard T, Falgayrac G, Bertrand B, Naji S, Devos O, Balsack C, Delannoy Y, Penel G. New insights on the composition and the structure of the acellular extrinsic fiber cementum by Raman analysis. *PLoS ONE*. 2016;12(11):e0167316.
doi: 10.1371/journal.pone.0167316
37. Cho HJ, Jeon JY, Ahn SJ, Lee SW, Chung JR, Park CJ, Hwang KG. The preliminary study for three-dimensional alveolar bone morphologic characteristics for alveolar bone restoration. *Maxillofacial plastic and reconstructive surgery*. 2019;1(41):33.
doi: 10.1186/s40902-019-0216-2
38. Němec I, Smrčka V, Pokorný J. The Effect of sensory innervation on the inorganic component of bones and teeth; experimental denervation – review. *Prague medical report*. 2018;4(119):137-147.
doi: 10.14712/23362936.2019.1
39. Rakian A, Yang W, Gluhak-Heinrich J, Cui Y, A Harris M, Villarreal D, Q Feng J, et al. Bone morphogenetic protein-2 gene controls tooth root development in coordination with formation of the periodontium. *International journal of oral science*. 2013;2(5):75-84.
doi: 10.1038/ijos.2013.41
40. McCormack SW, Witzel U, Watson PJ, Fagan MJ, Gröning F. Inclusion of periodontal ligament fibres in mandibular finite element models leads to an increase in alveolar bone strains. *PLoS ONE*. 2017;11(12):e0188707.
doi: 10.1371/journal.pone.0188707
41. Денисова ЮЛ, Герасимович АИ, Росеник НИ. Клинико-патоморфологические изменения тканей пародонта у пациентов с эндопериодонтитом. *Медицинский журнал*. 2018;2(64):42-47. Режим доступа:
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35126388>
42. Копытов АА, Любушкин РА, Колесников ДА, Тверской АВ, Тыщенко НС. Морфометрические характеристики устьев пор кортикальной пластинки в области моляров нижней челюсти. *Пародонтология*. 2014;1(70)(19):13-19. Режим доступа:
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21479347>
43. Боровский ЕВ. *Терапевтическая стоматология*. М.: МИА; 2011:25-78.
44. Мороз ПВ, Атаева СВ, Биркина ЮА, Демидов ИА, Антоненко ГВ. Патогенетическая значимость изменений локального кровоснабжения верхушечного пародонта и пародонта для течения эндо-пародонтального синдрома. *Успехи современной науки*. 2016;10(6):45-49. Режим доступа:
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27433387&>
45. Mitsiadis TA, Magloire H, Pagella P. Nerve growth factor signalling in pathology and regeneration of human teeth. *Scientific reports*. 2017;7:1327. Режим доступа:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5431060/>
46. Галеева ЗР, Мухамеджанова ЛР. Значение плотности дентинных канальцев в патоморфогенезе эндо-пародонтальных поражений. *Эндодонтия today*. 2012;3:28-32. Режим доступа:
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18304968>
47. Росеник НИ, Денисова ЮЛ. Распространенность эндопериодонтита у пациентов с болезнями пародонта. *Инновации в медицине и фармации – 2016*. 2016:357-361. Режим доступа:
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27549167&>
48. Alquthami H, Almalik AM, Alzahrani FF, Badawi L. Successful management of teeth with different types of endodontic-periodontal lesions. *Case reports in dentistry*. 2018;(2018):7084245.
doi: 10.1155/2018/7084245
49. Fatemi K, Disfani R, Zare R, Moeintaghavi A, Ali SA, Boostani HR. Influence of moderate to severe chronic periodontitis on dental pulp. *Journal of Indian society of periodontology*. 2012;4(16):558-561.
doi: 10.4103/0972-124X.106911
50. Gautam S, Galgali SR, Sheethal HS, Priya NS. Pulpal changes associated with advanced periodontal disease: a histopathological study. *Journal of oral and maxillofacial pathology: JOMFP*. 2017;1(21):58-63.
doi: 10.4103/0973-029X.203795
51. Sharma R, Hegde V, Siddharth M, Hegde R, Manchanda G, Agarwal P. Endodontic-periodontal microsurgery for combined endodontic-periodontal lesions: an overview. *Journal of conservative dentistry: JCD*. 2014;6(17):510-516.
doi: 10.4103/0972-0707.144571
52. Моисеев ДА, Румянцев ВА, Волков СИ, Конов АА, Кулюкина МА. Морфологические аспекты взаимоотношения тканей пародонта и пульпы зубов. *Проблемы стоматологии*. 2021; 2(17):77-83.
doi: 10.18481/2077-7566-20-17-2-77-83

REFERENCES

1. Makeeva IM, Turkina AYU. Complex treatment of endodonto-periodontal lesions: clinical examples. *Dental Tribune Russia*. 2016;3-4:7. (In Russ.). Available from:
<https://www.dental-tribune.com/epaper/dt-russia/dt-russia-no-34-2016-0416-%5B07-07%5D.pdf>

2. Lim JH, Lee JH, Shin SJ. Diagnosis and treatment of teeth with primary endodontic lesions mimicking periodontal disease: three cases with long-term follow ups. *Restorative dentistry & endodontics*. 2014;1(39):56-62.
doi: 10.5395/rde.2014.39.1.56

3. Bonaccorso A, Tripi T. Endo-perio lesion: diagnosis, prognosis and decision-making. *ENDO*. 2014;8(2):105-127. Available from:
http://www.quintpub.com/userhome/endo/endo-endo-endo_2014_02_s0105.pdf
4. Aksel H, Serper A. A case series associated with different kinds of endo-perio lesions. *Journal of clinical and experimental dentistry*. 2014;1(6):91-95.
doi: 10.4317/jced.51219
5. Moroz PV. Endo-periodontal syndrome: anatomical background of development, etiology, classification and treatment tactics. *Institute of Dentistry*. 2014;2(63):91-94. (In Russ.). Available from:
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22133961>
6. Song M, Kang M, Kang DR, Jung I, Kim E. Comparison of the effect of endodontic-periodontal combined lesion on the outcome of endodontic microsurgery with that of isolated endodontic lesion: survival analysis using propensity score analysis. *Clinical oral investigations*. 2018;4(22):1717-1724.
doi: 10.1007/s00784-017-2265-1
7. Galieva DT, Atrushkevich VG, Carev VN, Mitronin AV. Endodontic-periodontal lesions: current issues. *Treatment and prevention*. 2015;4(16):85-91. (In Russ.). Available from:
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25372177>
8. Krikun EV, Blashkova SL. Prevalence of endo-periodontal lesions among the adult population of Kazan. *Sovremennaya stomatologiya*. 2017;250-253. (In Russ.). Available from:
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30020446>
9. Iordanishvili AK, Moroz PV, Peremyshlenko AS, Birkina YuA, Chistyakova SV. Tooth pulp and periodontal pathology: clinical and morphological parallels. *Ural Medical Journal*. 2017;8(152):51-56. (In Russ.). Available from:
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30458596>
10. Singh P. Endo-perio dilemma: a brief review. *Dental research journal*. 2011;1(8):39-47. Available from:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3177380>
11. Moroz PV, Iordanishvili AK. Risk factors for the occurrence and causes of low efficiency of treatment of endodontic-periodontal lesions. *Endodontics today*. 2018;1:35-41. (In Russ.). Available from:
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35001913>
12. Gong A-X, Zhang J-H, Li J, Wu J, Wang L, Miao D-S. Comparison of gene expression profiles between dental pulp and periodontal ligament tissues in humans. *International journal of molecular medicine*. 2017;3(40):647-660.
doi: 10.3892/ijmm.2017.3065
13. Chang CC, Chang KC, Tsai SJ, Chang HH, Lin CP. Neurogenic differentiation of dental pulp stem cells to neuron-like cells in dopaminergic and motor neuronal inductive media. *Journal of the Formosan medical association*. 2014;12(113):956-965.
doi: 10.1016/j.jfma.2014.09.003
14. Lee SW, Jeon M, Lee HS, Song JS, Son HK, Choi HJ, Jung HS, et al. Comparative gene-expression analysis of periodontal ligament and dental pulp in the human permanent teeth. *J Korean acad. pediatr. dent*. 2016. 2016;43(2):166-175.
doi: 10.5933/JKAPD.2016.43.2.166
15. Petrikas AZh. Pulpectomy. Training manual for dentists and students. M.: Alfapress; 2006:7-43. (In Russ.).
16. Petrikas AZh, Romyantsev VA. Practical odontology, or what a dentist needs to know about the structure and function of teeth. M.: MIA; 2009:5-11. (In Russ.).
17. Bykov VL. Histology and embryology of human oral organs. M.: GEOTAR-Media; 2014:27-99. (In Russ.).
18. Chisini LA, Conde MM, Grazioli G, Martin AS, Carvalho RV, Sartori LM, Demarco FF. Bone, periodontal and dental pulp regeneration in dentistry: a systematic scoping review. *Brazilian dental journal*. 2019;2(30):77-95.
doi: 10.1590/0103-6440201902053
19. Couve E, Schmachtenberg O. Schwann cell responses and plasticity in different dental pulp scenarios. *Frontiers in cellular neuroscience*. 2018;12 (299):1-8.
doi: 10.3389/fncel.2018.00299
20. Bastos JV, Côrtes MI. Pulp canal obliteration after traumatic injuries in permanent teeth – scientific fact or fiction? *Brazilian oral research*. 2018;(32):159-168.
doi: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0075
21. Rumjancev VA, Polunina OS, Opeshko VV, Moiseev DA. Nanoimpregnation of dental dentin in the experimental treatment of caries: evaluation by electron microscopy. *Parodontologiya*. 2016;21(3):68-71. (In Russ.). Available from:
<https://www.parodont.ru/jour/article/view/198>
22. Kim SG. Infection and pulp regeneration. *Dentistry journal*. 2016;1(4):1-13.
doi: 10.3390/dj4010004
23. Pashley DH. How can sensitive dentine become hypersensitive and can it be reversed? *Journal of dentistry*. 2013;41(04):49-55.
doi: 10.1016/S0300-5712(13)70006-X
24. Galeeva ZR, Muhamedzhanova LR, Gruber NM. The tubular pathway of microbial invasion in patients with endodontic foci of infection. *Practical medicine*. 2012;8(64) (2):31-33. (In Russ.). Available from:
<https://cyberleninka.ru/article/n/tubulyarnyy-put-mikrobnoy-invazii-u-patsientov-s-endoparodontalnymi-ochagami-infektsii/viewer>
25. Dmitrieva LA, Jashkova VV. Features of the modern algorithm of examination and treatment of patients with endodontic-periodontal lesions. *Endodontics today*. 2015;4:34-37. (In Russ.). Available from:
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25411154>
26. Brannstrom M. The elicitation of pain in human dentine and pulp by chemical stimuli. *Archives of oral biology*. 1962;(7):59-62.
doi: 10.1016/0003-9969(62)90048-1
27. Faustov LA, Leontiev VK, Popkov VL, Grechishnikov VV, Sycheva NL. Ultrastructural characteristics of hard tissue of tooth root tissues in pulpitis. The phenomenon of formation of infected foci of destruction in dentin. *Scientific bulletin of Belgorod State University. Series: medicine, pharmacy*. 2011;6(111):93-99. (In Russ.). Available from:
<https://cyberleninka.ru/article/n/ultrastrukturnaya-harakteristika-tverdyh-tkaney-kornya-zuba-pri-pulpitah-fenomen-formirovaniya-v-dentine-infitsirovannyh-ochagov>
28. Vol'f GF, Ratejchak JeM, Ratejchak K. Periodontology. MEDpress-inform; 2014:21-52. (In Russ.).
29. Arzate H, Zeichner-David M, Mercado-Celis G. Cementum proteins: role in cementogenesis, biomineralization, periodontium formation and regeneration. *Periodontology 2000*. 2015;1(67):211-233.
doi: 10.1111/prd.12062
30. Foster BL. Methods for studying tooth root cementum by light microscopy. *International journal of oral science*. 2012;(4):119-128.
doi: 10.1038/ijos.2012.57
31. Foster BL, Ao M, Salmon CR, Chavez MB, Kolli TN, Tran AB, Chu EY, et al. Osteopontin regulates dentin and alveolar bone development and mineralization. *Bone*. 2018;(107):196-207.
doi: 10.1016/j.bone.2017.12.004

32. Jang AT, Lin JD, Choi RM, Choi EM, Seto ML, Ryder MI, Gansky SA, et al. Adaptive properties of human cementum and cementum dentin junction with age. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. 2014;(39):184-196. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4265544/>
33. Zweifler LE, Ao M, Yadav M, Kuss P, Narisawa S, Kolli TN, Wimer HF, et al. Role of PHOSPHO1 in periodontal development and function. *Journal of dental research*. 2016;95(7):742-751. doi: 10.1177/0022034516640246
34. Vandana KL, Haneet RK. Cementoenamel junction: an insight. *Journal of Indian society of periodontology*. 2014;5(18):549-554. doi: 10.4103/0972-124X.142437
35. Aboufadi H, Hulliger J. Absolute polarity determination of teeth cementum by phase sensitive second harmonic generation microscopy. *Journal of structural biology*. 2015;1(192):67-75. doi: 10.1016/j.jsb.2015.08.011
36. Colard T, Falgayrac G, Bertrand B, Naji S, Devos O, Balsack C, Delannoy Y, Penel G. New insights on the composition and the structure of the acellular extrinsic fiber cementum by Raman analysis. *PLoS ONE*. 2016;12(11):e0167316. doi: 10.1371/journal.pone.0167316
37. Cho HJ, Jeon JY, Ahn SJ, Lee SW, Chung JR, Park CJ, Hwang KG. The preliminary study for three-dimensional alveolar bone morphologic characteristics for alveolar bone restoration. *Maxillofacial plastic and reconstructive surgery*. 2019;1(41):33. doi: 10.1186/s40902-019-0216-2
38. Němec I, Smrčka V, Pokorný J. The Effect of sensory innervation on the inorganic component of bones and teeth; experimental denervation – review. *Prague medical report*. 2018;4(119):137-147. doi: 10.14712/23362936.2019.1
39. Rakian A, Yang W, Gluhak-Heinrich J, Cui Y, A Harris M, Villarreal D, Q Feng J, et al. Bone morphogenetic protein-2 gene controls tooth root development in coordination with formation of the periodontium. *International journal of oral science*. 2013;2(5):75-84. doi: 10.1038/ijos.2013.41
40. McCormack SW, Witzel U, Watson PJ, Fagan MJ, Gröning F. Inclusion of periodontal ligament fibres in mandibular finite element models leads to an increase in alveolar bone strains. *PLoS ONE*. 2017;11(12):e0188707. doi: 10.1371/journal.pone.0188707
41. Denisova JuL, Gerasimovich AI, Rosenik NI. Clinical and pathomorphological changes in periodontal tissues in patients with endoperiodontitis. *Medical Journal*. 2018;2(64):42-47. (In Russ.). Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35126388>
42. Kopytov AA, Ljubushkin RA, Kolesnikov DA, Tverskoj AV, Tyshhenko NS. Morphometric characteristics of the pore mouths of the cortical plate in the area of lower jaw molars. *Parodontologiya*. 2014;1(70)(19):13-19. (In Russ.). Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21479347>
43. Borovsky EV. Therapeutic dentistry. M.: MIA; 2011:25-78. (In Russ.).
44. Moroz PV, Ataeva SV, Birkina JuA, Demidov IA, Antonenko GV. Pathogenetic significance of changes in local blood supply to the apical periodontium and periodontium for the course of endo-periodontal syndrome. *Advances in modern science*. 2016;10(6):45-49. (In Russ.). Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27433387&>
45. Mitsiadis TA, Magloire H, Pagella P. Nerve growth factor signalling in pathology and regeneration of human teeth. *Scientific reports*. 2017;7:1327. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5431060/>
46. Galeeva ZR, Muhamedzhanova LR. Significance of dentinal tubule density in pathomorphogenesis of endo-periodontal lesions. *Endodontics today*. 2012;3:28-32. (In Russ.). Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18304968>
47. Rosenik NI, Denisova JuL. Prevalence of endoperiodontitis in patients with periodontal diseases. *Innovations in medicine and pharmacy – 2016*. 2016:357-361. (In Russ.). Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27549167&>
48. Alquthami H, Almalik AM, Alzahrani FF, Badawi L. Successful management of teeth with different types of endodontic-periodontal lesions. *Case reports in dentistry*. 2018;(2018):7084245. doi: 10.1155/2018/7084245
49. Fatemi K, Disfani R, Zare R, Moeintaghavi A, Ali SA, Boostani HR. Influence of moderate to severe chronic periodontitis on dental pulp. *Journal of Indian society of periodontology*. 2012;4(16):558-561. doi: 10.4103/0972-124X.106911
50. Gautam S, Galgali SR, Sheethal HS, Priya NS. Pulpal changes associated with advanced periodontal disease: a histopathological study. *Journal of oral and maxillofacial pathology: JOMFP*. 2017;1(21):58-63. doi: 10.4103/0973-029X.203795
51. Sharma R, Hegde V, Siddharth M, Hegde R, Manchanda G, Agarwal P. Endodontic-periodontal microsurgery for combined endodontic-periodontal lesions: an overview. *Journal of conservative dentistry: JCD*. 2014;6(17):510-516. doi: 10.4103/0972-0707.144571
52. Moiseev DA, Rummyantsev VA, Volkov SI, Konov AA, Kulyukina MA. Morphological aspects of the relationship between periodontal tissues and dental pulp. *Problems of dentistry*. 2021;2(17):77-83. doi: 10.18481/2077-7566-20-17-2-77-83

Конфликт интересов:

Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов/

Conflict of interests:

The authors declare no conflict of interests

Поступила / Article received 15.03.2021

Поступила после рецензирования / Revised 21.09.2021

Принята к публикации / Accepted 11.10.2021

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**Автор, ответственный за связь с редакцией:**

Моисеев Денис Александрович, аспирант, ассистент кафедры пародонтологии Тверского государственного медицинского университета, Тверь, Российская Федерация

Для переписки: moiseeff.den@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7811-7741>

Волков Сергей Иванович, доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой топографической анатомии и оперативной хирургии Тверского государственного медицинского университета, Тверь, Российская Федерация

Для переписки: volkov_si@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6713-9216>

Конов Антон Александрович, ординатор, кафедра пародонтологии Тверского государственного медицинского университета, Тверь, Российская Федерация
 Для переписки: kfgf1971@yandex.ru
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4309-189X>

Кулюкина Мария Андреевна, ординатор, кафедра пародонтологии Тверского государственного медицинского университета, Тверь, Российская Федерация
 Для переписки: ya.mahk2014@yandex.ru
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8266-1950>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Corresponding author:

Denis A. Moiseev, DMD, PhD student, Department of Periodontology, Tver State Medical University, Tver, Russian Federation
 For correspondence: moiseeff.den@yandex.ru
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7811-7741>

Sergey I. Volkov, DMD, PhD, DSc, Associate Professor, Department of Regional Anatomy and Operative Surgery, Tver State Medical University, Tver, Russian Federation

For correspondence: volkov_si@mail.ru
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6713-9216>

Anton A. Konov, DMD, resident, Department of Periodontology, Tver State Medical University, Tver, Russian Federation

For correspondence: volkov_si@mail.ru
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6713-9216>

Mariya A. Kulyukina, DMD, resident, Department of Periodontology, Tver State Medical University, Tver, Russian Federation

For correspondence: ya.mahk2014@yandex.ru
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8266-1950>



EFP | EuroPerio 10
 ИЮНЬ 15-18 | 2022
 КОПЕНГАГЕН

www.efp.org

АМБАССАДОР ЕВРОПЕРИО 10 – к.м.н., доцент Лобода Екатерина Сергеевна
ekaterina.loboda@gmail.com