

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПРИЖИЗНЕННЫХ И ПОСМЕРТНЫХ ПЕРЕЛОМОВ КОРНЕЙ ЗУБОВ ПРИ СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ

Камальян А. В. ORCID ID 0009-0004-6139-0898

Автономная некоммерческая организация «Научно-исследовательский центр судебной экспертизы и исследований», Москва, Российская Федерация, e-mail: ashothirurg@mail.ru

Разграничение прижизненных и посмертных переломов корней зубов остается одной из сложных задач судебно-медицинской стоматологической экспертизы, поскольку сходная макроскопическая картина может формироваться при травме, посмертной имбиции, термическом воздействии, а также при изменениях депульпированных и эндодонтически леченых зубов. Цель исследования состояла в критическом анализе потенциальных морфологических, гистологических, лучевых и клинико-диагностических признаков, которые могут учитываться при разграничении прижизненных и посмертных переломов корней зубов, а также в выявлении ограничений их доказательной применимости. Выполнен обзорно-аналитический анализ публикаций по судебной стоматологии, судебной медицине, травматическим повреждениям зубов, оценке витальности повреждений, посмертным изменениям зубных тканей, периодонтальным тканям и лучевой диагностике переломов корней зубов. Библиографический поиск выполнен 09 июля 2026 г. в PubMed, eLIBRARY, CyberLeninka, Google Scholar, Directory of Open Access Journals и электронных архивах профильных журналов. Из 86 выявленных записей после исключения дублей, нерелевантных публикаций и источников без проверяемых выходных данных в обзор включено 25 источников. Показано, что экспертное значение имеют не изолированные признаки перелома, а совокупная оценка пульпы, периодонтальной связки, цемента, дентина, периапикальных тканей, линии перелома и данных лучевой визуализации. Доказательная база разграничена на четыре категории: данные, непосредственно полученные на зубных тканях; данные общей судебной гистологии; клинические стоматологические данные; авторские гипотезы и экспертные экстраполяции, требующие дальнейшей валидации. Обоснованная экспертная оценка временной принадлежности перелома корня зуба должна основываться на комплексном сопоставлении морфологических, гистологических, лучевых и контекстуальных данных; ни один из рассмотренных признаков не может рассматриваться как самостоятельно валидированный критерий прижизненности.

Ключевые слова: судебная медицина, судебная стоматология, перелом корня зуба, прижизненное повреждение, посмертное повреждение, пульпа зуба, периодонтальная связка, дентин, цемент, имбиция, кровоизлияние, депульпированный зуб, конусно-лучевая компьютерная томография.

DIFFERENTIATION OF ANTEMORTEM AND POSTMORTEM TOOTH ROOT FRACTURES IN FORENSIC MEDICAL EXAMINATION

Kamalyan A. V. ORCID ID 0009-0004-6139-0898

Autonomous Non-Profit Organization Research Center for Forensic Expertise and Research, Moscow, Russian Federation, e-mail: ashothirurg@mail.ru

Differentiation of antemortem and postmortem tooth root fractures remains a complex task in forensic dental examination because similar macroscopic patterns may result from trauma, postmortem imbibition, thermal exposure, and changes in endodontically treated teeth. The aim of the study was to critically analyze potential morphological, histological, radiological, and clinical diagnostic signs that may be considered when differentiating antemortem and postmortem tooth root fractures and to identify limitations in their evidentiary applicability. A review and analytical assessment of publications on forensic dentistry, forensic medicine, traumatic dental injuries, wound vitality evaluation, postmortem changes in dental tissues, periodontal tissues, and radiological diagnosis of root fractures was performed. The bibliographic search was conducted on 9 July 2026 in PubMed, eLIBRARY, CyberLeninka, Google Scholar, Directory of Open Access Journals, and electronic archives of specialized journals. Of 86 identified records, 25 sources were included after exclusion of duplicates, irrelevant publications, and records without verifiable bibliographic data. Expert interpretation depends not on isolated fracture signs but on the combined assessment of the dental pulp, periodontal ligament, cementum, dentin, periapical tissues, fracture line, and

radiological findings. The evidence base was separated into four categories: data obtained directly from dental tissues; data from general forensic histology; clinical dental data; and author hypotheses or expert extrapolations requiring further validation. A substantiated assessment of the temporal origin of a tooth root fracture should rely on integrated correlation of morphological, histological, radiological, and contextual data; none of the reviewed signs can be regarded as an independently validated criterion of antemortem injury.

Keywords: forensic medicine, forensic odontology, tooth root fracture, antemortem injury, postmortem injury, dental pulp, periodontal ligament, dentin, cementum, imbibition, hemorrhage, endodontically treated tooth, cone-beam computed tomography.

Введение

Установление временной принадлежности повреждений зубочелюстной системы имеет существенное значение для судебно-медицинской экспертизы, поскольку зубы и окружающие костные структуры нередко сохраняют диагностическую информацию даже при выраженном разрушении мягких тканей, скелетировании, термическом воздействии или длительном посмертном интервале. Корень зуба представляет собой сложную анатомо-гистологическую структуру, в которой дентин, цемент, пульпа, периодонтальная связка и альвеолярная кость по-разному реагируют на механическую травму и посмертные изменения. Поэтому перелом корня не может оцениваться только как механический дефект твердой ткани: судебно-медицинская интерпретация должна учитывать характер повреждения и состояние исследуемых тканей [1], а признаки жизненной реакции - оцениваться с учетом положений общей судебной гистологии и ограничений их переноса на зубные ткани.

Экспертная сложность переломов корней зубов обусловлена тем, что сходная макроскопическая картина может формироваться при принципиально разных обстоятельствах. Прижизненный перелом может возникать при прямом ударе в челюстно-лицевую область, дорожно-транспортной травме, падении, криминальном воздействии, компрессии или комбинированной травме. Посмертный перелом может появляться при транспортировке тела, извлечении останков, воздействии грунта, воды, высокой температуры, инструментальных манипуляциях или разрушении уже дегидратированных тканей. В обоих случаях эксперт видит линию перелома, однако диагностическое значение имеет не сама трещина, а комплекс признаков, указывающих на ее формирование в условиях сохраненного или отсутствующего кровообращения [2].

Особую проблему создает воздействие внешних факторов после смерти. При высокой температуре, влажной среде, захоронении, иммерсии в воде или длительном посмертном интервале зубные ткани могут изменять цвет, микрорельеф, хрупкость и выраженность трещин. Эти изменения способны имитировать признаки травматического повреждения или, напротив,

маскировать его морфологические проявления, поэтому экспертная оценка должна учитывать не только сам перелом, но и условия посмертной трансформации тканей [3].

В судебно-медицинской практике принципиально важно не смешивать истинное кровоизлияние с посмертным пропитыванием тканей кровяными пигментами. Красноватое или буроватое окрашивание пульпарной камеры, дентина либо тканей периодонта не может автоматически рассматриваться как доказательство прижизненности травмы. Посмертное розовое окрашивание зубов и имбибиция связаны преимущественно с гемолизом, диффузией гемоглобина и накоплением пигментов в дентинных структурах, а не с активной сосудистой реакцией, поэтому такие признаки имеют только вспомогательное и контекстуальное значение [4].

Современная судебно-медицинская оценка витальности повреждений исходит из того, что наиболее доказательными являются не макроскопические признаки сами по себе, а морфологически верифицируемые проявления жизненной реакции: повреждение сосудистой стенки, внесосудистое расположение эритроцитов, фибрин, клеточная реакция, а также иммуногистохимически подтверждаемые компоненты кровоизлияния. Вместе с тем даже эти признаки зависят от интервала переживания, степени аутолиза, условий разложения и сохранности исследуемого материала [5].

Для повреждений зубочелюстной системы это означает необходимость отдельной оценки пульпы, периодонтальной связки, цементно-дентинного соединения, периапикальных тканей и альвеолярной кости. В условиях разложения или выраженного посмертного изменения материала обнаружение кровяного компонента требует особенно осторожной интерпретации, поскольку иммуногистохимические маркеры помогают подтвердить наличие эритроцитарного материала, но не всегда позволяют однозначно установить механизм и время образования повреждения [6].

Дополнительное значение приобретает периодонтальная связка. Она сохраняет анатомическую связь корня с альвеолярной костью и непосредственно повреждается при вывихах, авульсии и иных вариантах механической травмы зуба. Исследования травматических повреждений и реплантации рассматривают состояние периодонта и его заживление как самостоятельный исход повреждения. Для судебно-медицинской оценки потенциально значимы разрывы волокон, сосудистые изменения, кровяной компонент, компрессия и последующая тканевая реакция, однако специальная гистологическая интерпретация периодонтальных тканей для установления времени травмы пока недостаточно стандартизирована [7]. На результат влияют аутолиз, контаминация, посмертное разрушение и вариабельность морфологической оценки.

Цель исследования состоит в критическом анализе потенциальных судебно-медицинских, морфологических, гистологических, лучевых и одонтологических признаков, обсуждаемых при разграничении прижизненных и посмертных переломов корней зубов, оценке прямоты их доказательного обоснования и выявлении пробелов существующей доказательной базы. Работа не ставит целью установление или валидацию самостоятельных диагностических критериев прижизненности перелома.

Для достижения указанной цели необходимо уточнить возможное экспертное значение состояния пульпы, периодонтальной связки, цемента, дентина, периапикальных тканей и линии перелома; разграничить истинное прижизненное кровоизлияние и посмертную имбибицию; определить особенности экспертной оценки депульпированных зубов; показать возможности и ограничения конусно-лучевой компьютерной томографии; разделить прямые данные на зубных тканях, сведения общей судебной гистологии, клинические стоматологические данные и авторские гипотезы; сформулировать ориентировочную последовательность комплексной экспертной оценки.

Материалы и методы исследования

Работа выполнена как обзорно-аналитическое исследование. Материалом послужили публикации по судебной стоматологии, судебной медицине, травматологии зубочелюстной системы, оценке витальности повреждений, гистологической и иммуногистохимической верификации кровоизлияний, посмертным изменениям зубных тканей, периодонтальным тканям, эндодонтически леченым зубам и лучевой диагностике переломов корней. Источники, посвященные искусственному интеллекту, цифровой идентификации и 3D-моделированию, рассматривались только как контекстные и не использовались как доказательство прижизненности перелома [8].

Публикации по компьютерным технологиям и биомеханическим моделям в судебной медицине учитывались лишь в той части, в которой они позволяют обсуждать документирование повреждений, воспроизводимость экспертного анализа и перспективы цифровой фиксации стоматологического статуса. Они не приравнивались к валидированным методам определения временной принадлежности перелома корня зуба [9].

Библиографический поиск и верификация источников выполнены 09 июля 2026 г. Поиск проводился в PubMed, eLIBRARY, CyberLeninka, Google Scholar, Directory of Open Access Journals, а также в электронных архивах журналов «Судебно-медицинская экспертиза», «Судебная медицина», «Стоматология», «Актуальные проблемы медицины», Journal of Forensic

and Legal Medicine, Forensic Science International, International Endodontic Journal, BMC Medical Imaging, Clinical Oral Investigations, Diagnostics, Healthcare и смежных профильных изданий.

Использовались следующие поисковые строки: «судебная стоматология» AND «перелом корня зуба»; «судебно-медицинская экспертиза» AND «прижизненное повреждение» AND «зуб»; «посмертная имбибиция» AND «зуб»; «периодонтальная связка» AND «травма» AND «судебная медицина»; «депульпированный зуб» AND «вертикальная трещина корня»; “forensic odontology” AND “tooth root fracture”; “antemortem” AND “postmortem” AND “tooth fracture”; “postmortem pink teeth” AND “hemoglobin diffusion”; “wound vitality” AND “forensic” AND “immunohistochemistry”; “periodontal ligament” AND “forensic trauma”; “vertical root fracture” AND “endodontically treated teeth”; “cone-beam computed tomography” AND “vertical root fracture”.

Критериями включения являлись: публикация не старше 2021 г. для вновь добавляемых источников; соответствие теме судебной или клинико-диагностической оценки повреждений зубочелюстной системы; наличие данных о витальности повреждений, посмертной имбибиции, периодонтальных тканях, переломах корня, депульпированных зубах или КЛКТ-диагностике; наличие проверяемых библиографических данных. Более ранние источники оставлены только в тех случаях, когда они уже входили в авторский список и имели значение для общего контекста судебной стоматологии, термического воздействия или цифрового документирования.

Исключались публикации, не относящиеся к судебной стоматологии, травматическим повреждениям зубов или экспертной оценке витальности; работы, посвященные только имплантологической идентификации без связи с переломами корней; материалы без проверяемых выходных данных; дублирующие записи; публикации, в которых цифровые методы или искусственный интеллект рассматривались вне связи с морфологической оценкой повреждений.

Краткий аналог PRISMA был построен следующим образом: на этапе поиска выявлено 86 записей; после удаления 14 дублей осталось 72 записи; по названию и аннотации исключена 31 публикация как не относящаяся к переломам корней, витальности повреждений, посмертной имбибиции или периодонтальным тканям; для полнотекстовой оценки оставлена 41 публикация; после анализа полного текста исключено 16 публикаций, преимущественно из-за ориентации только на имплантологию, общую цифровую идентификацию, отсутствия судебно-медицинского аспекта или из-за неполных библиографических данных. В итоговый обзор включено 25 источников.

Качество и применимость источников оценивались по четырем признакам: тип публикации, прямота связи с темой статьи, наличие воспроизводимой методики и степень применимости к судебно-медицинской оценке временной принадлежности повреждения. Для

предотвращения смещения сведений разной доказательной природы все положения дополнительно распределялись по четырем категориям: I - данные, непосредственно полученные на зубных тканях в экспериментальных, морфологических, гистологических или лучевых исследованиях; II - данные общей судебной гистологии о витальности повреждений, кровоизлиянии и иммуногистохимических маркерах, переносимые на зубные ткани только с оговорками; III - клинические стоматологические данные о травме, эндодонтическом статусе и лучевой диагностике; IV - авторские гипотезы и экспертные экстраполяции, требующие специальной судебно-медицинской валидации. Категории II-IV не рассматривались как прямое самостоятельное доказательство прижизненности перелома корня зуба.

Результаты исследования и их обсуждение

Прижизненный перелом корня зуба формируется в условиях сохраненного или частично сохраненного функционирования пульпо-дентинно-периодонтального комплекса. Прямые экспериментальные данные на зубных тканях показывают, что сублюксационная травма и травматическая окклюзия могут сопровождаться увеличением площади сосудистого русла, изменениями основного вещества пульпы, нарушением одонтобластического слоя и формированием реакционного дентина [10]. Эти данные подтверждают биологическую реакцию пульпо-дентинного комплекса на механическую травму, но не устанавливают валидированный судебно-медицинский порог, позволяющий самостоятельно датировать перелом. Внесосудистые эритроциты, фибрин и ранняя клеточная реакция относятся к общим морфологическим признакам витальности повреждений, описанным в судебной гистологии, и их перенос на конкретную зону перелома корня требует морфологической связи с повреждением и учета сохранности материала.

Депульпированные и эндодонтически леченые зубы требуют самостоятельной оценки, поскольку отсутствие жизнеспособной пульпы делает пульпарное кровоизлияние неприменимым как основной критерий прижизненности. В таких зубах вертикальные и косые переломы корня чаще связаны с измененной биомеханикой, остаточной толщиной дентина, особенностями инструментальной обработки, реставрационными конструкциями и внутриканальными материалами. Следовательно, применительно к судебно-медицинской задаче акцент должен смещаться на периодонтальную связку, цемент, периапикальные ткани, альвеолярную кость и морфологическую связь повреждения с окружающими структурами [11].

Лучевая визуализация важна для фиксации пространственных характеристик перелома: направления линии, протяженности трещины, связи с корневым каналом, состояния периапикальной области и альвеолярной кости. Однако даже при использовании

стандартизированного описания стоматологических признаков КЛКТ и панорамная рентгенография решают преимущественно задачу выявления и документирования объекта, а не самостоятельного установления прижизненности повреждения [12].

Конусно-лучевая компьютерная томография в судебной стоматологии повышает возможности визуализации зубов, корней, корневых каналов, периапикальных структур и челюстных костей. Ее значение особенно велико при скрытых переломах и сложной анатомии корней, но результаты КЛКТ должны интерпретироваться совместно с морфологическими и гистологическими данными, поскольку томографическое изображение не отражает сосудисто-клеточную реакцию ткани [13].

Систематические данные по эндодонтически леченым зубам показывают, что КЛКТ обладает диагностической ценностью при выявлении вертикальных переломов корня, но ее чувствительность и специфичность варьируют, а наличие корневой пломбировки и внутриканальных штифтов снижает однозначность интерпретации. Поэтому обнаружение линии перелома на КЛКТ не доказывает прижизненность, а отсутствие видимой линии не исключает повреждение, особенно при малой ширине трещины и выраженных артефактах [14].

Артефакты, возникающие при наличии металлических и высокоплотных стоматологических материалов, могут изменять видимость корня, корневого канала, периапикальной области и окружающей кости. Интегративные обзоры по КЛКТ показывают, что на выраженность артефактов влияют материал конструкции, положение объекта, параметры сканирования и реконструкции, что требует осторожности при экспертном описании трещин и переломов [15].

Параметры экспозиции КЛКТ, включая напряжение, силу тока, размер вокселя и поле обзора, способны влиять на выраженность артефактов и качество изображения. Поэтому при судебно-медицинском анализе важно фиксировать технические параметры исследования и не рассматривать томографический признак как автономный критерий временной принадлежности перелома [16].

Экспериментальные данные о влиянии различных режимов КЛКТ на образование артефактов вокруг титановых и циркониевых конструкций подтверждают, что материал и настройки сканирования могут менять визуальную картину твердых тканей. Этот вывод применим к переломам корней как ограничение метода: визуальная линейная тень или дефект требуют морфологической проверки, особенно при наличии штифта, пломбировочного материала или плотной реставрации [17].

Артефакты могут сохраняться не только в непосредственной близости от металлического объекта, но и на определенном расстоянии от него; кроме того, эффективность инструментов подавления артефактов неодинакова для разных материалов и режимов сканирования. В судебной стоматологии это означает необходимость сопоставлять КЛКТ-картину с макроскопией и гистологией, а не переносить клиническую диагностическую уверенность напрямую в вопрос прижизненности [18].

Сравнение различных протоколов мультиспиральной КТ и КЛКТ также показывает, что количественная выраженность артефактов зависит от протокола сканирования. Для экспертной практики это важно потому, что различия в протоколе могут создавать впечатление различий в состоянии ткани, хотя фактически речь идет о технических особенностях изображения [19].

Инструменты подавления металлических артефактов способны улучшать визуализацию, но не устраняют проблему полностью; их эффект зависит от материала, расстояния до объекта и параметров сканирования [20]. Поэтому результаты постобработки должны указываться в описании, а вывод о прижизненности перелома не должен строиться только на обработанном томографическом изображении.

Специальные систематические данные по влиянию технических параметров КЛКТ на диагностику вертикальных переломов корня подтверждают, что размер вокселя, поле обзора, напряжение и сила тока могут существенно влиять на точность выявления трещины. Следовательно, лучевые данные имеют высокий уровень доказательности для обнаружения перелома, но низкую применимость для установления его временной принадлежности без морфологической верификации [21].

Клинические обзоры травматических повреждений зубов подчеркивают необходимость комплексной диагностики, включающей оценку перелома, состояния пульпы, периодонтальной щели, периапикальных тканей и лучевых признаков. Для судебно-медицинской статьи этот материал имеет вспомогательное значение: он подтверждает необходимость комплексного анализа зуба и окружающих структур, но не заменяет специальной судебной оценки витальности повреждения [22].

Отечественные клинические данные о вертикальных трещинах корня зуба также показывают, что диагностика требует комплексного подхода с учетом жалоб, клинических проявлений, рентгенологических признаков, состояния периодонта и результатов КЛКТ. В судебно-медицинском контексте эти данные могут использоваться только как клинικο-диагностическая основа, тогда как вопрос прижизненности требует дополнительной морфологической и гистологической аргументации [23].

Иммуногистохимическая оценка витальности повреждений в разложившихся телах относится к данным общей судебной гистологии, а не к прямым валидированным критериям перелома корня зуба. Glycophorin A позволяет подтвердить наличие эритроцитарного мембранного материала в исследуемой ткани и тем самым поддержать вывод о присутствии кровяного компонента. Однако положительная реакция на glycophorin A сама по себе не устанавливает точное время образования повреждения, его механизм или причинную связь кровяного материала с конкретной линией перелома; интерпретация зависит от степени разложения, посмертного интервала, условий среды и сохранности ткани [24]. Поэтому этот маркер может использоваться только как дополнительный элемент комплексной оценки.

Цифровые базы данных и 3D-технологии могут быть полезны для документирования исходного стоматологического статуса, сопоставления прижизненных и посмертных данных, фиксации направления перелома и повышения проверяемости экспертного вывода. Однако применительно к разграничению прижизненного и посмертного перелома корня они имеют вспомогательное значение и не заменяют морфологическую, гистологическую и контекстуальную оценку признаков витальности [25].

В итоговом анализе потенциальные признаки маркировались по четырем категориям доказательной базы: I - данные, непосредственно полученные на зубных тканях; II - данные общей судебной гистологии; III - клинические стоматологические данные; IV - авторские гипотезы и экспертные экстраполяции. Такое разделение принципиально важно: прямое наблюдение реакции зубной ткани, общий гистологический признак витальности, клиническая диагностическая закономерность и авторское предположение не обладают одинаковой доказательной силой. Особенно это касается депульпированных зубов, где отсутствие жизнеспособной пульпы исключает использование пульпарного кровоизлияния как универсального признака и требует осторожной оценки периодонта, цемента, периапикальных тканей и лучевых данных.

Потенциальные признаки, учитываемые при разграничении прижизненных и посмертных переломов корней зубов

Анализируемый признак	Возможное значение при прижизненном повреждении	Возможное значение при посмертном повреждении	Экспертная интерпретация	Категория данных	Ограничения и источники
Пульпа зуба	При сохраненной витальности механическая	Аутолиз и отсутствие активной тканевой	Потенциально информативна только при установленной	I - прямые данные на зубных тканях; II - общая	Не применима как универсальный критерий при

	травма может сопровождаться сосудистыми и стромальными изменениями пульпо-дентинного комплекса	реакции; возможно посмертное окрашивание	сохранности и витальности пульпы	судебная гистология для общих признаков витальности	депульпированном зубе; прямые исследования не валидируют самостоятельный порог датировки перелома. Источники: [5; 10]
Glycophorin A (иммуногистохимия)	Может подтверждать наличие эритроцитарного мембранного материала в тканевом образце, связанном с кровяным компонентом	Положительная реакция возможна и в разложившемся материале; сама по себе не доказывает прижизненное происхождение конкретного перелома	Дополнительный маркер наличия эритроцитарного материала, но не самостоятельный критерий времени и механизма повреждения	II - данные общей судебной гистологии	Не устанавливает точное время, механизм повреждения или причинную связь с линией перелома; требуется комплексная морфологическая интерпретация. Источники: [6; 24]
Посмертная имбибиция и розовое окрашивание	Само по себе окрашивание не подтверждает прижизненность и требует исключения истинного кровоизлияния	Связано с гемолизом, диффузией гемоглобина и пигментным пропитыванием дентинных структур	Используется прежде всего для разграничения посмертного окрашивания и морфологического и подтвержденного кровоизлияния	I - данные непосредственно на зубных тканях	Не позволяет датировать перелом; зависит от среды, влажности, температуры, посмертного интервала и разложения. Источник: [4]
Депульпированный зуб	Оценка переносится на периодонт, цемент, периапикальные ткани, альвеолярную кость и морфологию линии перелома	Пульпарный критерий неприменим; возможны трещины и артефакты, связанные с эндодонтическим лечением и внутриканальными материалами	Требуется обязательного учета эндодонтического статуса; вывод о витальности чаще остается вероятностным	III - клинические стоматологические данные; IV - судебно-медицинская экспертная экстраполяция	Клиническая диагностика вертикального перелома не эквивалентна установлению времени его образования. Источники: [11; 14]
Периодонтальная связка	Механическая травма может повреждать связочный аппарат; потенциально оцениваются разрывы волокон, сосудистые изменения и	Возможны механические разрывы и разрушение без доказанной жизненной реакции	Особенно важна при отсутствии жизнеспособной пульпы, но требует специальной морфологической верификации	I - данные стоматологических исследований травмы и заживления; IV - экстраполяция на судебную датировку	Подвержена аутолизу, контаминации и посмертному разрушению; критерии судебной датировки не стандартизированы. Источники: [7; 20]

	тканевая реакция				
Цемент и цементно-дентинное соединение	Повреждение цемента и прикрепляющихся структур может сопровождать травму корня и периодонта	Возможны механические дефекты, резорбция и посмертное разрушение без специфической жизненной реакции	Вспомогательный морфологический признак, который оценивается только совместно с окружающими тканями	I - данные на зубных и периодонтальных тканях; IV - авторская судебно-медицинская интерпретация	Изменяется при резорбции, хроническом воспалении, возрасте и эндодонтическом статусе; самостоятельная датировка не обоснована. Источники: [7; 20]
Линия перелома и края излома	Морфология может быть вариабельной и зависеть от механизма нагрузки и состояния тканей	Возможны признаки хрупкого разрушения, однако сходная картина формируется и при иных условиях	Оцениваются только в совокупности с тканевыми и контекстуальными признаками	III - клинические стоматологические данные; IV - экспертная интерпретация временной принадлежности	Внешний вид края излома не является самостоятельным критерием прижизненности; влияние оказывают эндодонтическое и термическое воздействие. Источники: [11; 23]
КЛКТ	Уточняет направление и протяженность перелома, связь с каналом, периапикальными структурами и альвеолярной костью	Позволяет документировать механическую картину повреждения и отдельные посмертные дефекты	Имеет высокую диагностическую ценность для выявления перелома, но не устанавливает его витальность	III - клинические и лучевые стоматологические данные	Точность зависит от вокселя, FOV, экспозиции, артефактов, штифтов и пломбировочных материалов. Источники: [13; 14; 21]
Термическое воздействие	Может разрушать или маскировать ранее возникшие тканевые признаки	Способно формировать новые трещины, дегидратацию, изменение цвета и фрагментацию зуба	Ограничивает категоричность вывода и требует учета условий нагревания	I - экспериментальные данные непосредственно на зубных тканях	Не позволяет точно датировать перелом без иных данных; результат зависит от температуры и длительности воздействия. Источник: [3]

Примечания. Категории данных: I - сведения, непосредственно полученные на зубных тканях; II - данные общей судебной гистологии; III - клинические стоматологические данные; IV - авторские гипотезы и экспертные экстраполяции. Категории не являются формальной шкалой доказательности. Для каждого анализируемого признака в таблице приведены конкретные источники, на которых основано соответствующее положение.

Представленные признаки не образуют валидированной диагностической модели и не должны использоваться по принципу поиска одного решающего критерия. Экспертная оценка может строиться только путем сопоставления независимых данных с учетом их доказательной категории. Наиболее обоснованным является совместный анализ морфологически подтверждаемого кровяного компонента, состояния периодонтальной связки и периапикальных тканей, морфологии цементно-дентинного комплекса, эндодонтического статуса и лучевой визуализации. Если часть данных отсутствует из-за депульпирования, аутолиза, термического воздействия или разрушения материала, вывод должен формулироваться вероятно с прямым указанием ограничений.

В практическом отношении целесообразна не валидированная диагностическая модель, а ориентировочная экспертная схема комплексной оценки. Сначала устанавливается исходное состояние зуба: витальная пульпа, некроз, хроническое воспаление, эндодонтическое лечение, наличие штифта или реставрации. Затем проводится макроскопическое описание перелома и окружающих тканей. После этого выполняется лучевая оценка направления трещины и ее связи с корневым каналом. Далее исследуются пульпа, периодонтальная связка, цемент, периапикальные ткани и признаки истинного кровоизлияния. Только после сопоставления этих данных формулируется вывод о прижизненном, посмертном или вероятно неопределенном характере повреждения.

Раздел о цифровых базах, 3D-технологиях и искусственном интеллекте должен оставаться кратким и вспомогательным. Эти инструменты могут улучшать документирование, поиск сопоставимых данных, хранение прижизненной стоматологической информации и проверяемость экспертного вывода, но не устанавливают витальность повреждения. Поэтому в рамках настоящей статьи они рассматриваются только как перспективное направление фиксации и сопоставления данных, а не как самостоятельный диагностический критерий.

Заключение

Дифференциация прижизненных и посмертных переломов корней зубов должна основываться на комплексной оценке морфологических, гистологических, рентгенологических и контекстуальных признаков. Сам факт наличия перелома, направление трещины, цвет тканей или характер краев излома не обладают самостоятельной доказательной силой, поскольку сходные изменения могут возникать при разных механизмах повреждения и разных условиях посмертной трансформации.

При сохранности материала наибольшую поддерживающую ценность имеют морфологически верифицируемые проявления тканевой и сосудистой реакции, однако их

доказательная природа неоднородна. Часть сведений получена непосредственно при исследованиях зубных тканей, тогда как признаки внесосудистого расположения эритроцитов, фибрина и иммуногистохимической витальности во многом опираются на общую судебную гистологию и требуют осторожного переноса на переломы корней. Glycophorin A подтверждает наличие эритроцитарного материала, но не устанавливает точное время или механизм повреждения. Посмертная имбибиция должна разграничиваться с истинным кровоизлиянием, поскольку диффузное окрашивание тканей продуктами гемолиза не подтверждает прижизненность травмы.

Состояние пульпы может иметь экспертное значение только при сохраненной витальности зуба. При депульпированных зубах, некрозе пульпы и эндодонтическом лечении экспертная оценка должна опираться на периодонтальную связку, цементно-дентинное соединение, периапикальные ткани, альвеолярную кость, линию перелома и данные лучевой визуализации. Такой подход исключает ошибочное использование пульпарного кровоизлияния как универсального признака прижизненности.

Конусно-лучевая компьютерная томография существенно повышает возможности выявления переломов корней зубов, однако не может самостоятельно установить временную принадлежность повреждения. Ее результаты должны интерпретироваться с учетом гистологической картины, эндодонтического статуса зуба, возможных артефактов и условий посмертного изменения тканей.

Практическое значение предложенного подхода состоит в структурировании экспертной оценки по происхождению доказательств и ограничениям каждого признака. Такое разделение может повысить прозрачность судебно-медицинского заключения, уменьшить риск смешения прямых тканевых данных с клиническими аналогиями и авторскими гипотезами и обеспечить более корректную формулировку вероятностных выводов при травме, депульпированных зубах, термическом воздействии и выраженных посмертных изменениях.

Список литературы

1. Андреева С. Н., Салагай О. О. Анализ особенностей судебно-медицинских экспертиз по стоматологии на основании изучения судебной практики за 2013-2022 гг. Судебно-медицинская экспертиза. 2023;66(1):5-8. DOI: 10.17116/sudmed2023660115. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/sudebno-meditsinskaya-ekspertiza/2023/1/1003945212023011005>

2. Звягин В. Н., Галицкая О. И. Зубы как объект медико-криминалистического исследования. Судебно-медицинская экспертиза. 2019;62(5):26-32. DOI: 10.17116/sudmed20196205126. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/sudebno-meditsinskaya-ekspertiza/2019/5/1003945212019051026>
3. Shivananda S., Doddawad V. G., Anand A., Patil K., Vidya C. S., Suresh J. Effects on heat-exposed teeth in relation to forensic identification - a pilot study. Egyptian Journal of Forensic Sciences. 2025;15:45. DOI: 10.1186/s41935-025-00465-x.
4. Aquila I., Gualtieri S., Princi A., Sacco M. A. A Systematic Review About Postmortem Pink Teeth: Forensic Classification, Diagnostic Value, and Analysis Methods. Diagnostics. 2025;15(16):2092. DOI: 10.3390/diagnostics15162092.
5. Maiese A., Manetti A.C., Iacononi N., Mezzetti E., Turillazzi E., Di Paolo M., La Russa R., Frati P., Fineschi V. State-of-the-Art on Wound Vitality Evaluation: A Systematic Review. International Journal of Molecular Sciences. 2022;23(13):6881. DOI: 10.3390/ijms23136881.
6. Baldari B., Vittorio S., Sessa F., Cipolloni L., Bertozzi G., Neri M., Cantatore S., Fineschi V., Aromatario M. Forensic Application of Monoclonal Anti-Human Glycophorin A Antibody in Samples from Decomposed Bodies to Establish Vitality of the Injuries. A Preliminary Experimental Study. Healthcare. 2021;9(5):514. DOI: 10.3390/healthcare9050514.
7. Hadžić Z., Puhar I. Forensic Assessment of Trauma Using Periodontal Tissues Evaluation: Possibilities and Future Perspectives. Bulletin of the International Association for Paleodontology. 2024;18(1):63-69. URL: <https://ojs.srce.hr/index.php/paleodontology/article/view/30159>
8. Верховский А. Е., Апресян С. В., Степанов А. Г. Обзор современных цифровых методов идентификации личности с применением технологии искусственного интеллекта в судебной стоматологии. Стоматология. 2024;103(6):79-82. DOI: 10.17116/stomat202410306179. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/stomatologiya/2024/6/1003917352024061079>.
9. Макаров И. Ю., Светлаков А. В., Сотин А. В., Шигеев С. В., Гусаров А. А., Смиренин С. А., Емелин В. В., Страгис В. Б., Фетисов В. А. Эффективность использования современных компьютерных технологий в клинической практике и перспективы дальнейшего применения биомеханических 3D-моделей в судебной медицине. Судебно-медицинская экспертиза. 2018;61(2):58-64. DOI: 10.17116/sudmed201861258-64. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/sudebno-meditsinskaya-ekspertiza/2018/2/1003945212018021058>
10. Amaral M. F., Casatti C. A., Naqvi A. R., Debortoli C. V. L., Brandini D. A. Histological changes in pulp-dentin complex in tooth subjected to traumatic occlusion and subluxation. The Saudi Dental Journal. 2024;36(2):321-327. DOI: 10.1016/j.sdentj.2023.11.012. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38420008/>

11. Patel S., Bhuva B., Bose R. Present Status and Future Directions: Vertical Root Fractures in Root Filled Teeth. *International Endodontic Journal*. 2022;55(Suppl. 3):804-826. DOI: 10.1111/iej.13737.
12. Franco A., Orestes S. G. F., Coimbra E. F., Thevissen P., Fernandes Â. Comparing dental identifier charting in cone beam computed tomography scans and panoramic radiographs using INTERPOL coding for human identification. *Forensic Science International*. 2019;302:109860. DOI: 10.1016/j.forsciint.2019.06.018.
13. Issrani R., Prabhu N., Sghaireen M. G., Ganji K. K., Alqahtani A. M. A., ALJamaan T. S., Alanazi A. M., Alanazi S. H., Alam M. K., Munisekhar M. S. Cone-Beam Computed Tomography: A New Tool on the Horizon for Forensic Dentistry. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(9):5352. DOI: 10.3390/ijerph19095352.
14. Habibzadeh S., Ghoncheh Z., Kabiri P., Mosaddad S.A. Diagnostic Efficacy of Cone-Beam Computed Tomography for Detection of Vertical Root Fractures in Endodontically Treated Teeth: A Systematic Review. *BMC Medical Imaging*. 2023;23(1):68. DOI: 10.1186/s12880-023-01024-3.
15. Terrabuio B. R., Carvalho C. G., Peralta-Mamani M., Santos P. S. S., Rubira-Bullen I. R. F., Rubira C. M. F. Cone-beam computed tomography artifacts in the presence of dental implants and associated factors: an integrative review. *Imaging Science in Dentistry*. 2021;51(2):93-106. DOI: 10.5624/isd.20200320.
16. Sawicki P., Zawadzki P. J., Regulski P. The Impact of Cone-Beam Computed Tomography Exposure Parameters on Peri-Implant Artifacts: A Literature Review. *Cureus*. 2022;14(3):e23035. DOI: 10.7759/cureus.23035.
17. Kuzu T. E., Kiş H. C. The effect of different cone beam computed tomography settings on artifact production in titanium and zirconia dental implants: An in vitro study. *Dental and Medical Problems*. 2024;61(2):233-239. DOI: 10.17219/dmp/157233.
18. Mancini A. X. M., Santos M. U. C., Gaeta-Araujo H., Tirapelli C., Pauwels R., Oliveira-Santos C. Artefacts at different distances from titanium and zirconia implants in cone-beam computed tomography: effect of tube current and metal artefact reduction. *Clinical Oral Investigations*. 2021;25(8):5087-5094. DOI: 10.1007/s00784-021-03821-y.
19. Matta R. E., Knapp Giacaman S., Wiesmueller M., Lutz R., Uder M., Wichmann M., Seidel A. Quantitative analysis of zirconia and titanium implant artefacts in three-dimensional virtual models of multi-slice CT and cone beam CT: does scan protocol matter? *Dentomaxillofacial Radiology*. 2023;52(8):20230275. DOI: 10.1259/dmfr.20230275.

20. Meng M., Chen Y., Ren H., Zhang Q., Chen S., Zhou X., Zou J. Effect of tetracyclines on pulpal and periodontal healing after tooth replantation: a systematic review of human and animal studies. *BMC Oral Health*. 2021;21(1):289. DOI: 10.1186/s12903-021-01615-y.
21. de Lima K. L., Silva L. R., Prado T. B. P., Silva M. A. G., Silva B.S.F., Yamamoto-Silva F.P. Influence of the Technical Parameters of CBCT Image Acquisition on Vertical Root Fracture Diagnosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clinical Oral Investigations*. 2023;27(2):433-474. DOI: 10.1007/s00784-022-04797-z.
22. Орлова С. Е., Иванова Л. К., Арыхова В. В., Севбитов А. В., Борисов А. В., Гринин В. М. Диагностика травматических повреждений зубов у детей и подростков. *Актуальные проблемы медицины*. 2023;46(2):144-154. DOI: 10.52575/2687-0940-2023-46-2-144-154.
23. Гажва С. И., Кучер В. А., Манукян А. Г., Княщук Е. А., Баранова М. В. Комплексный подход к диагностике вертикальных трещин корня зуба: планирование лечения и оценка эффективности результата. *Прикладные информационные аспекты медицины*. 2025;28(4):4-12. DOI: 10.18499/2070-9277-2025-28-4-04-12. URL: <https://new.vestnik-surgery.com/index.php/2070-9277/article/view/11040>.
24. Salzillo C., Innamorato L., Leggio A., Marzullo A. Immunohistochemical Markers in the Determination of Lesion Viability in Decomposed Bodies: A Mini Literature Review. *Forensic Science International*. 2024;365:112289. DOI: 10.1016/j.forsciint.2024.112289.
25. Камалян А. В. Роль 3D-технологий и цифровых баз данных в современной судебной стоматологии (обзор литературы). *Стоматология*. 2026;105(2):60-64. DOI: 10.17116/stomat202610502160.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.