

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СТОМАТОЛОГИИ И ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ХИРУРГИИ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

Харькова Лилия Юрьевна

**ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ И ЛЕЧЕНИЕ
НАРУЖНОЙ ВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ РЕЗОРБЦИИ КОРНЯ
У ДЕТЕЙ ПОСЛЕ ТРАВМЫ ПОСТОЯННЫХ ЗУБОВ**

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

3.1.7 Стоматология

Научный руководитель:
доктор медицинских наук
Короленкова Мария Владимировна

Москва – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
Резорбция корня, как осложнение травмы постоянных зубов.....	11
Наружная заместительная резорбция корня зуба.....	12
Наружная воспалительная резорбция корня зуба.....	14
Методы предотвращения наружной воспалительной резорбции.....	20
Способы лечения наружной воспалительной резорбции.....	24
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	34
ГЛАВА 3. РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ НАРУЖНОЙ ВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ РЕЗОРБЦИИ КОРНЯ ПОСЛЕ ТРАВМЫ ЗУБОВ У ДЕТЕЙ.....	44
ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ НАРУЖНОЙ ВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ РЕЗОРБЦИИ КОРНЕЙ ПОСЛЕ ТРАВМЫ ЗУБОВ У ДЕТЕЙ.....	66
4.1 Лечение с применением препарата на основе гидроксида кальция....	67
4.2 Лечение с применением методики регенерации пульпоподобной ткани.....	73
4.3 Лечение с применением материала на основе МТА.....	79
4.4 Алгоритм профилактики и лечения пациентов с наружной воспалительной резорбцией корня постоянного зуба.....	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	92
ВЫВОДЫ.....	105
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	107
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	109
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	110

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования

Наружная воспалительной резорбция встречается от 5,7 % до 35% случаев при травме постоянных зубов у детей [73,9]. Её появление связывают с травмой периодонта, инфекцией и воспалением, чрезмерным давлением при ортодонтическом перемещении зубов, опухолями, ретенированными зубами, окклюзионной травмой [96,86]. Наиболее высока вероятность наружной воспалительной резорбции при полных и вколоченных вывихах, что объясняется большой площадью травмы прецементы [9]. При сочетании травмы и длительного воспаления в корневом канале резорбция быстро прогрессирует и может привести к потере зуба за короткий период времени.

Тактика предотвращения и лечения наружной воспалительной резорбции корня зуба зависит от комплекса факторов, которые связаны со способом обработки корневого канала зуба, потенциально подавляющей активностью макрофагов [52]. Традиционно методом выбора лечения наружной воспалительной резорбции корня считается длительная терапия препаратом на основе гидроксида кальция. Рекомендации по продолжительности внутриканального применения гидроксида кальция варьируются от 4 недель до нескольких месяцев, в среднем для постоянных несформированных зубов она составляет 24 месяца, для постоянных сформированных зубов – 11 месяцев [73]. При длительном применении гидроксид кальция значительно ослабляет корневой дентин, что нередко приводит к патологическому перелому зуба [57].

Ряд зарубежных работ посвящен анализу внутриканального применения пасты на основе антибиотика демеклоциклина и кортикостероида триамцинолона ацетонида с последующей obturацией корневого канала с целью профилактики и лечения наружной воспалительной резорбции корня зуба [35,121]. Продолжительность лечения составляет несколько месяцев и требует дисциплинированности как со стороны врача, так и пациента. Кроме того, на

данный момент в России готовых аналоговых форм с тем же составом не существует.

Из менее распространенных способов лечения наружной воспалительной резорбции корня зуба обсуждается применение тройной пасты антибиотиков, которая вносится в корневой канал на 30 дней и состоит из равных частей метронидазола, цефуроксима аксетила и ципрофлоксацина [121]. Однако данные публикации представляли собой либо отчеты о случаях, либо серии случаев.

Метод регенерации пульпоподобной ткани продемонстрировал эффективность в заживлении очагов воспаления в постоянных несформированных зубах с некрозом пульпы [104, 120]. Однако метод регенерации пульпоподобной ткани в зубах с несформированным корнем как способ остановки резорбции корня зуба все еще не изучен, но предварительные данные свидетельствуют о его эффективности для остановки наружной воспалительной резорбции.

В связи с недостатками существующих в клинической практике методов в ряде экспериментальных работ были предложены подходы предотвращения резорбции корня зуба, в частности обработка корневых каналов препаратом «Ledermix», 1% кремом триамцинолона, 3% гелем демеклоциклина, гидроксидом кальция и индометацином, а также лазерное облучение поверхности корня и лунки отсутствующего зуба [67,77].

Проблема наружной воспалительной резорбции корня зуба травматического генеза остается актуальной в настоящее время. Прогноз для постоянных зубов после травмы с наружной воспалительной резорбцией всегда непредсказуем несмотря на лечение. На сегодняшний день методов восстановления утраченных тканей в результате резорбции не существует. Поэтому единственным способом сохранения постоянных зубов после травмы является профилактика резорбции и ее раннее выявление. Единственным доступным способом профилактики остается немедленная экстирпация пульпы при травме постоянных зубов, важность которой отмечается большинством авторов [56]. Однако ни отечественные, ни зарубежные исследования не дают рекомендаций в каких случаях удаление пульпы неизбежно

из-за высокого риска развития осложнений, а в каких случаях требуется рентгенологическое наблюдение пациента в индивидуально установленные сроки.

Степень разработанности темы исследования

Вопросы выбора и оценки эффективности применения разных препаратов для лечения наружной воспалительной резорбции корня при травме постоянного зуба активно дискутируются. При этом авторы уделяют внимание сравнению физико-химических свойств, биосовместимости и герметичности материалов, а также изучению их влияния на процесс заживления очагов воспаления.

Наибольшей эффективностью обладает комбинация гидроксида кальция и пасты на основе антибиотика демеклоциклина и кортикостероида триамцинолона ацетонида [33]. Однако, лечение занимает длительный период времени и может изменять цвет зуба, а также уменьшает модуль упругости корневого дентина [57]. Обсуждается применение минерал триоксид агрегата (МТА) при выполнении регенерации пульпоподобной ткани или апексификации в постоянных несформированных зубах с наружной воспалительной резорбцией корня [121,90, 129]. Остеокондуктивные свойства МТА способствуют образованию в области очага воспаления новой ткани, подобную кости, таким образом наружная воспалительная резорбция часто переходит в наружную заместительную [38]. Недостаточно изучено лечение наружной воспалительной резорбцией с инвазией в корневой канал постоянного зуба после травмы.

Было проанализировано несколько лабораторных методик лечения наружной резорбции корня зуба, которые еще не внедрены в практику [67,77]. Проводилось исследование воздействия лазерного облучения поверхности корня и лунки отсутствующего зуба у крыс, в результате которого отмечалась меньшая площадь резорбции корней, чем в контрольной группе во все экспериментальные периоды.

В руководствах Международной Ассоциации Стоматологов Травматологов (IADT) описаны рекомендованные сроки рентгенологического наблюдения и неотложная помощь пациентам с разными видами травм [62]. Однако руководства IADT не позволяют рассчитать индивидуальный риск развития осложнений для каждого пациента, обратившегося с травмой зуба и не содержат рекомендаций по

ведению пациентов с наружной воспалительной резорбцией корня зуба после травмы.

Таким образом, четких протоколов профилактики и лечения наружной воспалительной резорбции в настоящее время не существует. Сравнительная оценка эффективности разных методов лечения наружной воспалительной резорбции остается актуальной задачей, требующей дальнейшего изучения.

Цель исследования – повышение эффективности лечения пациентов детского возраста с наружной воспалительной резорбцией корня постоянного зуба.

Задачи исследования:

1. Провести анализ архивного материала по амбулаторным картам пациентов детского возраста, обратившихся в ФГБУ НМИЦ «ЦНИИС и ЧЛХ» по поводу травмы постоянных зубов для определения частоты наружной воспалительной резорбции при разных травмах зубов и факторов, способствующих ее развитию.

2. Разработать балльную систему оценки рисков наружной воспалительной резорбции корня зубов после травмы с учетом выявленных факторов риска.

3. На клиническом материале провести оценку эффективности методов лечения детей с наружной воспалительной резорбцией корня при травмах постоянных зубов.

4. Разработать алгоритм лечения пациентов с наружной воспалительной резорбцией корня постоянного зуба.

Научная новизна исследования

Впервые проведена совокупная оценка наиболее значимых факторов риска некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции при травме постоянных зубов у детей.

Впервые разработана балльная система оценки рисков, позволяющая отнести каждого пациента к группе низкого, среднего или высокого риска развития некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции корня зуба, в соответствии с чем определяется тактика ведения.

Впервые разработаны рекомендации по ведению пациентов с травмой постоянного зуба в зависимости от принадлежности к той или иной группе риска.

Впервые оценена эффективность различных методов лечения наружной воспалительной резорбции корня постоянного зуба у детей.

Впервые разработан алгоритм лечения пациентов с наружной воспалительной резорбцией постоянного зуба после травмы в зависимости от стадии формирования корня и инвазии резорбции в просвет корневого канала.

Теоретическая и практическая значимость исследования

На основании данных ретроспективного анализа выявлена частота наружной воспалительной резорбции корней при травме постоянных зубов, что позволило выявить группы пациентов с повышенным риском наружной воспалительной резорбции.

Методом бинарной логистической регрессии выявлены наиболее значимые факторы риска некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции при травме постоянных зубов у детей. Проведенный многофакторный анализ позволил разработать балльную систему оценки рисков наружной воспалительной резорбции корня у детей после травмы, определяющую тактику ведения пациента и сокращающую риски отдаленных осложнений.

В результате оценки эффективности разных способов лечения наружной воспалительной резорбции корней при травме постоянных зубов у детей был разработан алгоритм лечения данного осложнения в зависимости от степени формирования корня зуба и инвазии резорбции в корневой канал.

Описаны возможные исходы и осложнения для пациентов с травмой зуба и наружной воспалительной резорбцией несмотря на проведенное лечение.

Методология и методы исследования

В исследовании принимали участие 94 пациента детского возраста от 6 до 16 лет (средний возраст $10,2 \pm 2,5$ года) с травмой 202 постоянных зубов. Чаще всего пациенты обращались с изолированными переломами коронок зубов (28,4%) и подвывихами зубов (25,8%). У 30,4% пациентов была диагностирована комбинированная травма. Из 94 пациентов 26 человек с травмой 47 постоянных зубов не обратились повторно после оказания неотложной помощи и были исключены из исследования.

Работа включала два этапа исследования.

Первый этап – оценка рисков наружной воспалительной резорбции корней 155 постоянных зубов после травмы у 68 детей и разработка балльной системы. Для этого были проведены однофакторный и многофакторный анализы рисков наружной воспалительной резорбции с применением методов статистики.

Из 68 человек наружная воспалительная резорбция была выявлена у 21 ребенка с травмой 24 постоянных зубов. Второй этап – оценка эффективности методов лечения наружной воспалительной резорбции у 21 пациента с травмой 24 постоянных зубов. Данный этап представлял собой проспективное когортное исследование. Проведено клиническое и рентгенологическое обследование пациентов, и в зависимости от клинической ситуации все пациенты были разделены на 3 группы, получающие лечение по разным протоколам. В первую группу были включены 13 пациентов с наружной воспалительной резорбцией корней 15 постоянных сформированных зубов. Пациентам проводилось лечение корневых каналов с применением пасты на основе гидроксида кальция и смеси антибиотика и кортикостероида. Во вторую группу были включены 6 пациентов с наружной воспалительной резорбцией корней 7 постоянных несформированных зубов. Пациентам была выполнена методика регенерации пульпоподобной ткани. В третью группу были включены 5 пациентов с инвазивной наружной воспалительной резорбцией корней 5 постоянных зубов. Пациентам проводилось закрытие зоны резорбции материалом МТА через хирургический доступ.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Наружная воспалительная резорбция корня постоянного зуба после травмы — нередкое осложнение, вероятность развития которого варьируется в зависимости от вида травмы, наличия множественной травмы, оказанной неотложной помощи и сформированности корня.

2. Разработанная балльная система оценки рисков позволяет выбрать врачу персонализированный путь профилактики наружной воспалительной

резорбции корня при травме постоянного зуба у пациента детского возраста, а значит повысить вероятность выживаемости зубов после травмы.

3. Применение препаратов на основе гидроксида кальция, регенерация пульпоподобной ткани, закрытие зоны резорбции МТА эффективны для остановки наружной воспалительной резорбции корня, однако, независимо от использованного метода лечения, остановка наружной воспалительной резорбции или ее переход в наружную заместительную резорбцию — самые благоприятные исходы, на которые можно рассчитывать.

4. Разработанный алгоритм лечения наружной воспалительной резорбции позволяет добиться остановки воспалительного процесса и замедления процесса резорбции и продлить функционирование зуба (по нашему исследованию до 9 лет), используя его как объект для направленной регенерации кости до окончательного формирования зубо-челюстной системы.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов исследования обеспечивается адекватным объемом клинического материала (94 пациента с травмой 202 зубов), репрезентативностью проведенного комплексного обследования пациентов с наружной воспалительной резорбцией корней постоянных зубов после травмы, соответствием полученных результатов поставленной цели и задачам исследования, использованием современных методов исследования и статистической обработки полученных данных.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Научные положения диссертации соответствуют паспорту научной специальности 3.1.7. Стоматология. Представленные результаты соответствуют направлениям исследований п.1 «Изучение этиологии, патогенеза, эпидемиологии, методов профилактики, диагностики и лечения поражений твердых тканей зубов (кариес и др.), их осложнений», п.9 «Разработка и совершенствование стоматологических материалов, инструментов и оборудования».

Внедрение результатов исследования

Результаты диссертационной работы внедрены в работу отделения госпитальной детской стоматологии ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России. Подана заявка на патент «Метод расчета рисков некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции у детей с травмой постоянных зубов».

Личное участие автора в получении научных результатов

Личное участие автора заключается в участии на всех этапах работы: поиске и анализе литературы по теме диссертационного исследования, формулировке цели и задачи исследования, определении объема и выборе методов исследований. Автором лично проведены планирование и организация клинического исследования, выполнен ретроспективный анализ данных пациентов с наружной воспалительной резорбцией корней постоянных зубов после травмы, проведено обследование, терапевтическое лечение и дальнейшее наблюдение пациентов в рамках проспективного этапа работы. Автором самостоятельно проведена интерпретация и обобщение полученных результатов, сформулированы выводы и практические рекомендации.

Публикации по теме диссертации

По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки для публикации основных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, глав с описанием материала и методов исследования, собственных результатов, обсуждения полученных данных, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы. Общий объем диссертации изложен на 132 страницах, включает 56 рисунков и 11 таблиц. Список литературы включает 177 источников, в том числе 31 отечественных и 146 иностранных публикаций.

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Травма зуба — одна из наиболее распространенных причин потери зубов. Согласно последним данным ВОЗ с проблемой травмы зубов сталкивались 1 млрд человек из ныне живущих, а ее распространенность среди детей в возрасте до 12 лет составляет 20% [6]. Данных по общей распространенности травмы зубов в России не существует. По данным исследования И.М. Макеевой (2011) распространенность травмы зубов среди пациентов детского возраста составила 9,75% [13]. Травматические повреждения зубов более распространены в постоянном (58,6%), чем во временном прикусе, где они составляют 36,8% [176]. Наиболее частым видом травмы в постоянных зубах является перелом эмали (63,7–80%), следующим по частоте - перелом эмали и дентина (15,9–17,2%) [162, 112, 15]. Пик травмы постоянных зубов приходится на возраст 7—10 лет, наиболее часто поражаются верхние центральные резцы (75,6%), которые к этому возрасту, как правило, имеют несформированные корни. Вторыми по частоте повреждаются латеральные резцы (25,4%) [152, 91, 79, 18, 8]. Исследования показали, что мальчики сталкиваются с травматическими повреждениями зубов как минимум в два раза чаще, чем девочки того же возраста, и это соотношение варьируется от 1,5:1,0 до 2,5:1,0 [135, 113, 80, 92, 19]. Травма зуба может быть изолированной (в одном зубе диагностирован один вид травмы) или множественной (в одном зубе отмечается несколько видов травм).

Наиболее благоприятным исходом травматических повреждений зубов является витальность пульпы и заживление окружающих тканей. Однако травматические повреждения зубов часто сопровождаются осложнениями различного типа и степени тяжести: некрозом пульпы, апикальным периодонтитом, облитерацией корневого канала, резорбцией корня зуба. Резорбция корня постоянного зуба — патологический процесс, инициируемый прогрессирующей потерей цемента и дентина из-за действия активированных остеокластов [140, 89]. Впервые резорбция зуба была описана в 1806 г [85]. Ее появление связывают с травмой периодонта, инфекцией и воспалением, чрезмерным давлением при ортодонтическом перемещении зубов, опухолью,

ретенированными зубами, окклюзионной травмой [97, 88, 31]. Сообщалось о случаях резорбции корня при различных системных заболеваниях, патологии эндокринной системы и лучевой терапии [123].

Было предложено несколько классификаций резорбции корня зуба [168, 169, 170]. Одна из классификаций основана на анатомических, физиологических и патологических процессах, участвующих в резорбции, а некоторые из них также включают этиологический подход. С помощью этих подходов можно идентифицировать одиннадцать различных типов резорбции: три типа внутренней резорбции зубов (поверхностная, воспалительная и заместительная) и восемь типов наружной резорбции зубов (поверхностная, воспалительная, заместительная, инвазивная, давящая, ортодонтическая, физиологическая и идиопатическая) [33]. Наружная воспалительная резорбция начинается с цемента или дентина корня зуба и распространяется к пульпе. По отношению к пульпе зуба наружная воспалительная резорбция может быть инвазивной (проникающей в корневой канал) и неинвазивной (непроникающей в корневой канал) [86]. При травме постоянных зубов чаще всего встречаются два вида резорбции корня зуба: наружная заместительная и наружная воспалительная резорбции. Вид развивающейся резорбции зависит от типа и интенсивности первоначального повреждения, стадии развития корня и состояния пульпы зуба [44].

Наружная заместительная резорбция — патологический процесс, характеризующийся резорбцией цемента и дентина корня зуба с последующим замещением альвеолярной костью. Факторами, влияющими на возникновение наружной заместительной резорбции после травмы постоянного зуба, являются: возраст пациента, вид травмы, экстраальвеолярный период хранения вывихнутого зуба, среда для хранения вывихнутого зуба, тип и сроки шинирования зуба [26, 3, 17].

При неполных вывихах вероятность наружной заместительной резорбции в несформированных зубах составляет от 2,1 до 3,2%, а в сформированных зубах — 29,5%. Вколоченные сформированные зубы подвергаются наружной заместительной резорбции с вероятностью от 20% до 94%. Встречаемость

наружной заместительной резорбции при полном вывихе сформированных зубов составляет от 21,2% до 50%, а несформированных зубов – 18% [9]. Высокая встречаемость наружной заместительной резорбции корня зуба при вколоченном вывихе объясняется сильным повреждением внешней поверхности корня в результате внедрения корня большего диаметра в лунку меньшего диаметра. При полном вывихе зуба и его нахождении вне полости рта перед реплантацией более 15 минут, вероятность развития наружной заместительной резорбции также очень высока, так как клетки периодонтальной связки зуба подвергаются некрозу [45,46, 114]. Исследование показало, что сухое экстраальвеолярное хранение зуба более 60 минут сопровождается анкилозом [70]. Хранение вывихнутого зуба в молоке, физиологическом растворе или слюне замедляет гибель клеток периодонтальной связки корня. А водопроводная вода может оказать неблагоприятное воздействие на периодонтальную связку корня зуба из-за ее низкой осмоляльности [45,46]. Скорость развития наружной заместительной резорбции у детей и подростков в пред- и постпубертате значительно отличается, варьируя от 2 лет среди 7—9 летних до 10 лет среди 16—17 летних [37].

Встречаются данные о взаимосвязи возникновения наружной заместительной резорбции корня зуба и длительности шинирования. Эксперименты на моделях животных демонстрируют полное заживление пародонта после шинирования вывихнутых зубов в течение 1 недели. Зубы, шинированные в течение 30 дней, демонстрировали увеличенную площадь наружной заместительной резорбции корня по сравнению с зубами, шинированными в течение 7 дней [48]. Согласно рекомендациям IADT время шинирования составляет 2 недели для немедленно реплантированных вывихнутых зубов и 4 недели, если экстраальвеолярное сухое время вывихнутого зуба более 60 минут [104].

Периодонтальная связка зуба — хорошо васкуляризированная соединительная ткань, расположенная между зубом и альвеолярной костью и обеспечивающая барьерную, опорную и амортизирующую функции. В норме фибробласты периодонтальной связки блокируют остеогенез в пародонте,

высвобождая локально действующие регуляторы, такие как цитокины и гормоны роста. Некроз клеточных элементов периодонтальной связки вследствие высыхания или сильного механического повреждения нарушает этот нормальный гомеостатический механизм. Механизм заместительной резорбции зуба – ремоделирование костной ткани. Это вызвано феноменом сопряжения, при котором резорбция корня зуба остеокластами и образование кости остеобластами в зоне резорбции происходят одновременно [94]. Если повреждение затрагивало небольшую область периодонтальной связки корня зуба, она восстанавливается за счет действия фибробластов периодонтальной связки соседнего корня зуба. Без длительного воздействия травматического фактора резорбтивный процесс является самоограничивающимся и прекращается в течение 2–3 недель [50]. Тяжелое повреждение цемента, затрагивающее более 20% поверхности корня, приводит к обширному некрозу клеток периодонтальной связки и к прогрессирующей заместительной резорбции. В перспективе – полное замещение корня зуба костной тканью и утрата зуба (50% зубов с наружной резорбцией удаляют в течение 5 лет после травмы) [47, 49]. Таким образом, наружную заместительную резорбцию можно классифицировать как: наружную транзиторную заместительную резорбцию и наружную прогрессирующую заместительную резорбцию [33].

Наружная воспалительная резорбция — патологический процесс, характеризующийся прогрессирующей потерей цемента и дентина с замещением грануляционной тканью. Возникает при повреждении преддентина, прецемента и цемента корня зуба в сочетании с некрозом пульпы и инфицированием корневых каналов. Факторами, влияющими на возникновение наружной воспалительной резорбции после травмы постоянного зуба, являются: возраст пациента, вид травмы, наличие сопутствующей травмы зуба, стадия формирования корня, экстраальвеолярный период хранения вывихнутого зуба, сроки эндодонтического лечения и рентгенологического наблюдения.

Высокая встречаемость наружной воспалительной резорбции корня зуба обнаружена у пациентов младше 11 лет. Зубы детей такого возраста имеют широкие дентинные каналы, что позволяет микроорганизмам быстро

перемещаться из пространства корневого канала к внешней поверхности корня [47].

Вероятность некроза пульпы после травмы зубов минимальная при переломах коронки без вскрытия полости зуба (от 3,5 % до 34,8%) и максимальна при полных (от 52 % до 100%) и вколоченных вывихах зубов (от 38,6% до 82,7%). Вероятность некроза в 5 раз выше при наличии сопутствующих травм зубов.

Вероятность развития наружной воспалительной резорбции корня постоянного зуба после травмы варьирует в значительной степени. При переломе коронки несформированного зуба наружная воспалительная резорбция встречается в 1,2% случаев. При неполных вывихах вероятность наружной воспалительной резорбции в несформированных зубах составляет от 2,4% до 5,7%, а в сформированных от 5,1% до 11,6%. Вколоченные вывихи несформированных зубов приводят к наружной воспалительной резорбции в 33,6% случаев, а сформированных зубов – в 20,5—40% случаев. При полных вывихах несформированных и сформированных зубов встречаемость наружной воспалительной резорбции составляет 26,5% и 26,2—77% соответственно [9].

Согласно рекомендациям IADT при сколах коронки зуба без повреждения пульпы первый рентгенологический контроль проводится через 6–8 недель, а следующий через 1 год. При сколах коронки зуба с повреждением пульпы первый рентгенологический контроль проводится через 6–8 недель и затем каждые 3 месяца в течение одного года. При коронково-корневом переломе зуба рентгенологическое наблюдение осуществляется через 1 неделю, 6 – 8 недель, 3 месяца, 6 месяцев, один год и ежегодно в течение пяти лет. При подвывихе зуба первый рентгенологический контроль проводится через 2 недели, затем через 12 недель, 6 месяцев и один год. При неполном вывихе и вколоченном вывихе зуба рентгенограмму выполняют через 2 недели, 4 недели, 8 недель, 12 недель, затем через 6 месяцев, через один год и ежегодно в течение пяти лет. Реплантированные зубы должны подвергаться рентгенологическому контролю через 2 недели после снятия шины, 4 недели, 3 месяца, 6 месяцев, 1 год и далее ежегодно в течение пяти лет [84, 62]. Изложенные рекомендации были разработаны в соответствии с

исследованиями, изучающие травму зубов [45,41,36, 132]. Множественная травма зубов нередко приводит к быстро прогрессирующим осложнениям, поэтому такие зубы нуждаются в более частом рентгенологическом наблюдении [148]. Однако в рекомендациях IADT сроки рентгенологического контроля зубов при множественных травмах не обозначены.

Минерализованные ткани постоянных зубов в норме не резорбируются. В корневом канале они защищены неминерализованным органическим слоем из одонтобластов и предентина, а на поверхности корня – цементом [173]. Пришеечная область корня покрыта бесклеточным цементом, а апикальная треть – клеточным цементом с цементами в лакунах и покровным слоем цементобластов, образующих неминерализованный цементонд [96]. Периодонтальная связка зуба, расположенная между альвеолярной костью и поверхностью корня, также образует защитный барьер. Ее клетки продуцируют ингибиторы протеазы, которые предотвращают адгезию остеокластов и тем самым саму резорбцию [128, 122]. Еще одним защитным барьером является гиалиновый слой Хоупвелла - Смита – гиперкальцинированное покрытие, которое помогает цементу связываться с дентином. Этот слой находится между цементом и дентином и предотвращает проникновение микроорганизмов из корневого канала в периодонтальную связку зуба и наоборот [144]. Другие внутренние факторы цемента и дентина могут ингибировать дифференцировку и активацию остеокластов. Цементобласты, а также цементациты, по сравнению со структурно сходными остеобластами и остеоцитами, продуцируют заметно более высокие уровни OPG (остеопротегерина). А повышенное соотношение OPG к RANKL (Лиганд Рецептора Активатора Ядерного фактора каппа - В) представляет собой еще один механизм предотвращения резорбции цемента корня зуба [101]. OPG – растворимый гомодимерный гликопротеин, продуцируемый и высвобождаемый остеобластами, член семейства рецепторов TNF. OPG функционирует в качестве ложного рецептора для RANKL и конкурирует с RANK (Рецептор Активатора Ядерного фактора каппа -В) за связывание с RANKL. Таким образом, OPG является очень эффективным ингибитором образования остеокластов [63].

Остеокласты не способны связываться с неминерализованными поверхностями. В результате травмы происходит повреждение неминерализованных тканей и «оголенные» минерализованные ткани колонизируются остеокластами клеточно-адгезивными пептидными последовательностями (аргинин-глицин-аспарагиновая кислота) белков матрикса через свои интегриновые рецепторы [134, 154]. Остеокласты представляют собой многоядерные клетки диаметром 30–100 мкм, способные к резорбции костной ткани [55] и играющие центральную роль как в физиологических, так и в патологических процессах [172]. Кластические клетки происходят из моноцитарных гемопоэтических предшественников костного мозга [53]. Образование остеокластов может быть инициировано рядом местных факторов, высвобождаемых из близлежащих клеток. Типы клеток включают клетки линии остеобластов (преостеобласты, зрелые остеобласты, выстилающие клетки и остециты), а цитокины, которые стимулируют образование остеокластов, могут также происходить из других клеток, включая иммунные клетки. Остеобласты – клетки, образующие кость, происходят из мультипотентных мезенхимальных стволовых клеток, находящихся в костном мозге. Остеобласты являются одним из основных источников RANKL и, таким образом, контролируют резорбцию кости. Они также влияют на иммунные клетки. Остеобласты являются важными регуляторами гемопоэтических стволовых клеток, расположенных в специализированной структуре костного мозга, нише, из которой происходят иммунные и другие клетки крови. Первичные клетки линии остеобластов продуцируют M-CSF (макрофагальный колониестимулирующий фактор – 1), G-CSF (гранулоцитарный колониестимулирующий фактор), IL-1, IL-6, лимфотоксин, TGF- β , TNF- α , фактор ингибирования лейкемии (LIF) и фактор стволовых клеток (SCF), которые играют роль в гемопоэзе, и многие из них также участвуют в развитии остеокластов. Иммунные клетки, такие как макрофаги, В-лимфоциты, тучные клетки, естественные клетки-киллеры (NK) также продемонстрировали способность дифференцироваться в остеокласты [155]. Моноциты — это лейкоциты, которые циркулируют в крови, но могут мигрировать в соседние ткани

и превращаться в макрофаги. Привлекаемые хемотаксическими сигналами, моноциты и макрофаги захватывают и удаляют инородные вещества и патогены с помощью цитоплазматических кислотосодержащих гранул [107]. Макрофаги структурно сходны с остеокластами и удаляют остатки тканей, образовавшиеся в ходе резорбтивного процесса [147]. Дендритные клетки до сих пор рассматривались как клетки с исключительно иммунологической функцией, но незрелые дендритные клетки также могут дифференцироваться в кластические клетки [158]. Их присутствие в пульпе зуба позволяет предположить, что они являются предшественниками одонтокластов [142].

При различных патологических состояниях некротические клетки и локальное высвобождение цитокинов и хемокинов привлекают Т-клетки, которые, в свою очередь, активируют макрофаги и гранулоциты. Макрофаги фагоцитируют тканевые остатки и микроорганизмы и продуцируют различные провоспалительные цитокины: IL-1, IL-6, IL-8, IL-11, IL-17, простагландин E2, TNF- α и т. д., которые стимулируют экспрессию RANKL в фибробластах периодонтальной связки зуба и Т-клетках [108]. После созревания кластических клеток на процесс последующего слияния в многоядерные остеокласты влияют многочисленные цитокины и факторы роста, в частности M-CSF и RANKL [163]. M-CSF секретируется остеобластами, активирует внутриклеточную тирокиназу, увеличивает пролиферацию и дифференцировку предшественников остеокластов, а также способствует экспрессии RANK этими предшественниками [104]. В дифференцированных остеокластах M-CSF увеличивает подвижность клеток и защищает их от апоптоза. RANKL – гликопротеин, цитокин семейства факторов некроза опухоли, секретируется остеобластами. Рецепторы к RANKL обнаружены на поверхности моноцитов. Предполагают, что они участвуют в стимуляции макрофагов и мононуклеарных клеток к дифференцировке в остеокласты. мРНК RANKL экспрессируется на самых высоких уровнях в костях и костном мозге, а также в лимфоидных тканях (лимфатических узлах, тимусе, селезенке). Его основная роль в костной ткани заключается в стимуляции дифференцировки остеокластов и ингибировании апоптоза остеокластов. RANK представляет собой

пептид, который экспрессируется преимущественно на клетках макрофагального/моноцитарного происхождения, включая преостеокластические клетки. Взаимодействие RANKL и RANK стимулирует предшественников остеокластов к экспрессии ряда белков, включая Atp6v0d2 [115], DAP12, FcR и DC-STAMP, все из которых необходимы для слияния предшественников остеокластов. На разных стадиях своего развития остеокласты экспрессируют специфические молекулы, такие как RANK, рецептор кальцитонина, интегрин $\beta 3$, OSCAR, катепсин К и тартрат-резистентная кислая фосфатаза (TRAP), которые участвуют в дифференцировке, функционировании и выживании остеокластов. Остеокласты выравниваются вдоль углублений, называемых лакунами Хаушипа, образуют зону уплотнения, ограничивающую резорбтивную область. Ионы гидроксидов и хлора закачиваются в лакуну Хаушипа с образованием соляной кислоты, pH падает до 4,5 и кристаллы гидроксиапатита распадаются [60]. Впоследствии для разрушения органического матрикса секретируются ферменты, такие как TRAP или катепсин К, проколлагеназы и матриксные металлопротеиназы [161]. В сочетании кислоты и протеазы последовательно разрушают минерализованную ткань, а ионы кальция и фосфата, а также фрагменты коллагена удаляются остеокластами посредством транцитоза. Остеокласты резорбируют до 100 мкм² кости в сутки, что соответствует активности 100 остеобластов и отражает высокую эффективность этих клеток. Кластические клетки лучше связываются с дентином, чем с костью, зона уплотнения имеет более длительный период полураспада, а лакуны резорбции развиваются быстрее.

Одонтокласты обладают одинаковыми ультраструктурными и гистохимическими свойствами [151], резорбируют свой субстрат одинаковым образом, используют одни и те же ключевые ферменты [138], образуют лакуны Хаушипа и экспрессируют RANK. Они меньше по размеру, имеют меньше ядер, образуют меньшие зоны уплотнения и в этих клетках не идентифицирован рецептор кальцитонина. Однако одонтокласты могут одновременно резорбировать дентин и кость, а остеокласты, способны к резорбции дентина. Следовательно, можно сделать вывод, что остеокласты и одонтокласты очень похожи.

К стимуляторам резорбции кости относятся системные факторы, такие как паратиреоидный гормон и кальцитриол. Паратиреоидный гормон стимулирует экспрессию RANKL в остеобластах и напрямую влияет на слияние остеокластов. Кальцитриол повышает резорбтивную активность зрелых остеокластов, не увеличивая их количества. Помимо системных факторов, резорбтивные процессы стимулируются локально выраженными факторами. IL-1 участвует в резорбции периапикальных и пародонтальных тканей, поскольку он активирует остеокласты и стимулирует выработку медиаторов воспаления, таких как PGE2. IL-6 усиливает этот эффект, индуцируя экспрессию RANKL в стромальных клетках и усиливая дифференцировку остеокластов. Сам PGE2 усиливает активность цементокластов, контролируя экспрессию RANKL/OPG в цементобластах [137]. Микроорганизмы сами по себе являются стимуляторами резорбции, так как вырабатывают кислоты и протеазы, разрушающие компоненты матрикса и тканей. Было показано, что такие бактерии, как *Treponema denticola*, *Porphyromonas gingivalis* и *Treponema socranskii*, индуцируют образование остеокластов за счет увеличения RANKL и PGE2 и снижения OPG [68].

К факторам, подавляющим кластические клетки и, следовательно, резорбтивные процессы, относится гормон кальцитонин, интерферон, кортикостероиды и эстроген. Они увеличивают экспрессию OPG остеобластическими и стромальными клетками костного мозга. Помимо их также местные цитокины ингибируют кластические клетки, среди них IL-4, IL-8, IL-10 и IL-18 [141].

Основным методом предотвращения наружной воспалительной резорбции является: профилактика некроза пульпы и своевременная экстирпация некротизированной пульпы. В исследовании, проведенном на реплантированных постоянных сформированных зубах, отсроченная пульпэктомия повышала риск развития наружной воспалительной резорбции на 0,5% за каждый день отсрочки [56]. В другом исследовании сообщалось, что немедленное применение системных антибиотиков после травмы постоянного зуба предотвращает наружную воспалительную резорбцию. Введение антибиотиков внутриканально после

экстирпации также предотвращает развитие наружной воспалительной резорбции корня зуба после травмы [35]. Данное исследование описывает методику превентивного лечения постоянного сформированного зуба после полного вывиха, при котором некроз пульпы происходит в 100% случаев. Согласно протоколу после проведения реплантации и шинирования постоянного зуба после травмы рекомендовано провести немедленную экстирпацию пульпы, механически и медикаментозно очистить корневой канал и поместить внутриканально пасту на основе антибиотика демеклоциклина и кортикостероида триамцинолона ацетонида (Ledermix) на 6 недель. Через 1,5 месяца повязка меняется на новую порцию еще на 6 недель и затем проводится контрольная рентгенография. При выявлении отсутствия признаков наружной воспалительной резорбции вводится внутриканально новая порция смеси гидроксида кальция и пасты на основе антибиотика и кортикостероида в соотношении 50:50 на 2–3 месяца. Снова проводится контрольная рентгенография: если признаков наружной воспалительной резорбции не выявлено, можно провести пломбирование корневого канала с использованием силера и гуттаперчи, а если признаки резорбции есть, рекомендуется заменить повязку новой порцией еще на 3 месяца. Преимущество использования на последних этапах смеси гидроксида кальция и пасты на основе антибиотика и кортикостероида заключается в том, что гидроксид кальция замедляет высвобождение активных компонентов пасты, в результате чего они остаются в системе корневых каналов в течение более длительного периода времени. В исследование вошли 52 пациента, которым проводилось вышеописанное превентивное лечение постоянных зубов после травмы. Из 60 пролеченных зубов ни у одного не развилась наружная воспалительная резорбция, что является 100% результатом [2,35].

Гидроксид кальция на сегодняшний день является наиболее широко используемым внутриканальным препаратом, поскольку он обладает многочисленными полезными свойствами. Он оказывает бактерицидное действие за счет диссоциирования на ионы кальция и гидроксила в водной среде. Гидроксильные ионы – свободные радикалы с высокой степенью окислителя,

разрушают бактериальные клетки за счет повреждения цитоплазматической мембраны, денатурации белка, повреждения ДНК клетки бактерий. Ряд исследований отмечают, что введение гидроксида кальция в течение как минимум 1 недели освобождает 92,5% каналов от бактерий. Другим свойством гидроксида кальция является образование кальцинированного барьера за счет высокощелочного pH, который нейтрализует молочную кислоту из остеокластов, предотвращая растворение минеральных компонентов дентина, а также активирует щелочные фосфатазы, которые играют важную роль в формировании твердых тканей. Однако гидроксид кальция может нейтрализовать и денатурировать компоненты органического матрикса дентина, которые действуют как связующие агенты между кристаллами гидроксиапатита и коллагеновыми волокнами, что приводит к разрушению его структуры. Таким образом, при длительном нахождении в корневом канале гидроксид кальция значительно увеличивает средний модуль упругости дентина, тем самым делая корень зуба более склонным к переломам [177].

В исследовании о влиянии глюкокортикоидов на активность и жизнеспособность остеокластов новорожденных крыс *in vitro* выявлено, что на остеокластах имеются глюкокортикоидные рецепторы RU486 [78]. С помощью ряда методов, включая покадровую видеомикроскопию, окрашивание акридиновым оранжевым, обнаружение фрагментов ДНК и просвечивающую электронную микроскопию доказано, что глюкокортикоиды уменьшают зону воспалительной резорбции кости за счет уменьшения количества остеокластов. Гибель остеокластов происходила в процессе рецептор-опосредованного апоптоза. Помимо влияния на активность резорбтивного процесса внутриканальное введение глюкокортикоида приводит к значительному снижению частоты послеоперационной боли [83]. Часто глюкокортикоиды применяются в комбинации с антибиотиком. Антибиотики оказывают антибактериальное действие, глубоко проникают в дентин (500 мкм), ингибируют активность остеокластов. Было обнаружено, что антибиотики в качестве внутриканальных лекарственных средств эффективны для дезинфекции корневых каналов и

дентинных канальцев. Отсутствие антибиотика может привести к прямой колонизации пасты микроорганизмами. Недостатком антибактериального компонента является окрашивание зуба [35].

Для профилактики некроза пульпы очень важно соблюдать протоколы лечения и наблюдения пациентов с травмой зубов. В России утвержденных клинических рекомендаций нет. Согласно рекомендациям IADT и Американской академии детской стоматологии (American Academy of Pediatric Dentistry, AAPD) при переломах коронки постоянного зуба без вскрытия пульпы важно герметизировать дентинную рану при оказании неотложной помощи, приклеивая фрагмент зуба или перекрывая поверхность дентина повязкой из стеклоиномерного цемента или композитной реставрацией. При сколах коронок со вскрытием пульпы показаны манипуляции, направленные на сохранение жизнеспособности пульпы.

Вариантами органосохраняющих операций при переломе коронки со вскрытием пульпы являются прямое покрытие, частичная ампутация коронковой пульпы по Цвеку и полная ампутация коронковой пульпы [71]. Преимущества частичной пульпотомии перед полной пульпотомией заключаются в сохранении богатой клетками ткани коронковой части пульпы, что обеспечивает лучший потенциал заживления и продолжительное отложение дентина в пришеечной части коронки зуба. Манипуляции, сохраняющие жизнеспособность пульпы при переломе коронки с повреждением пульпы, выполняются в постоянных зубах с несформированным корнем или зубах со сформированным корнем при отсутствии сопутствующего вывиха этого же зуба. Если планируется частичная или полная пульпотомия, в настоящее время не существует четкой временной связи между процедурой лечения и заживлением пульпы. Автор исследования в клиническом отчете о частичной пульпотомии 60 детских зубов с задержкой лечения от 1 часа до 90 дней пришел к выводу, что время не имеет решающего значения для заживления изначально здоровой пульпы, основываясь на показателе успеха лечения 96,7 % [72]. Что касается полной пульпотомии исследование показало значительную связь между некрозом пульпы и задержкой лечения более чем на 24 часа. А некоторые исследования показали более высокую частоту некроза пульпы

у зубов, обработанных методом прямого покрытия пульпы, по сравнению с частичной или полной пульпотомией [87]. После проведения пульпотомии в несформированных постоянных зубах после травмы необходимо проводить тщательный мониторинг жизнеспособности пульпы в соответствии с рекомендациями IADT [116].

В настоящее время существуют разные способы лечения наружной воспалительной резорбции корня постоянного зуба. При травме постоянного несформированного зуба и развившейся наружной воспалительной резорбции применяются: метод экстирпации некротизированной пульпы и временное пломбирование корневого канала препаратом на основе гидроксида кальция до достижения апексификации корневого канала, апексификация материалом минерал триоксид агрегата (МТА) и метод регенерации пульпоподобной ткани. Выбор метода лечения зависит от степени формирования корня зуба. Наиболее универсальной классификацией стадий формирования корня является классификация Цвека: I стадия соответствует формированию корня менее $1/2$, при II стадии корень сформирован на $1/2$, III стадия соответствует формированию корня на $2/3$ с открытой верхушкой, при IV стадии наблюдается завершенное формирование корня с открытой верхушкой [73]. При травме постоянного сформированного зуба и развившейся наружной воспалительной резорбции применяется: метод экстирпации некротизированной пульпы и временное пломбирование корневого канала смесью гидроксида кальция и препарата на основе антибиотика и кортикостероида, метод экстирпации некротизированной пульпы и временное пломбирование препаратом на основе гидроксида кальция, а также закрытие зоны резорбции корня зуба материалом МТА.

Метод экстирпации некротизированной пульпы и временное пломбирование корневого канала смесью гидроксида кальция и препарата на основе антибиотика и кортикостероида при развившейся наружной воспалительной резорбции описана ранее. Общие принципы аналогичны превентивному лечению, однако есть свои особенности. Во-первых, не назначаются системные антибиотики, так как доказана их неэффективность в заживлении установленной наружной воспалительной

резорбции. Во-вторых, на последних этапах лечения после 2–3 месячного нахождения внутриканальной повязки из смеси гидроксида кальция и пасты на основе антибиотика и кортикостероида проводится контрольная рентгенография: при отсутствии прогрессирования наружной воспалительной резорбции гидроксид кальция помещается в корневой канал на 3 месяца. Повязка меняется каждые 3 месяца до тех пор, пока на рентгенограмме не будет выявлено восстановление твердых тканей резорбтивного поражения. Только при достижении такого результата, проводится пломбирование корневого канала с использованием силера и гуттаперчи. Сообщалось о 118 зубах с наружной воспалительной резорбцией, леченных с помощью данного подхода у 108 пациентов, 97,5% зубов были сохранены, но не излечены полностью. Наружная воспалительная резорбция зубов сохранялась, но была контролируемой. Лечение зуба с наружной воспалительной резорбцией по вышеописанным протоколам занимает от 6–8 до 12–15 месяцев, что является достаточно длительным периодом времени [35, 2].

Широко распространенным эндодонтическим подходом при лечении несформированных зубов с некрозом пульпы и установленной наружной воспалительной резорбцией является техника апексификации. Апексификация — это нехирургический метод создания кальцинированного барьера на открытой верхушке несформированного корня зуба с некротизированной пульпой [120]. Метод апексификации состоит из многократного и длительного применения препарата на основе гидроксида кальция с заменой первой корневой повязки через 4–6 недель, а затем каждые 2–3 месяца. Основными преимуществами этого метода являются превосходный дезинфицирующий эффект оставленного в корневом канале гидроксида кальция и продолжающееся формирование апикальной части корня зуба за счет отложения твердых тканей. Однако, этот метод часто требует лечения в течение 9–24 месяцев. В качестве альтернативы апексификации с помощью гидроксида кальция был предложен другой метод, названный «апикальная пробка МТА». Материал МТА был предложен в 1995 году для пломбирования корней зубов из-за его способности затвердевать в присутствии влаги. Преимущество метода «апикальной пробки МТА» заключается в более

коротком времени лечения и более предсказуемом времени до апикального закрытия. Большинство молекул МТА представляют собой ионы кальция и фосфата, эти ионы также присутствуют в тканях зубов, что придает этому материалу прекрасную биосовместимость [16,4]. Результаты исследования показали, что МТА не замедляет рост клеток, увеличивает концентрацию IL-8, который является фактором роста, стимулирующим ангиогенез, не увеличивает прямую продукцию и высвобождение простагландина E2 и не вызывает гибель клеток [146]. МТА и гидроксид кальция имеют схожие механизмы действия: ионы кальция, выделяющиеся из обоих материалов, реагируют с углекислым газом, присутствующим в соединительной ткани, образуя карбонат кальция. Это соединение осаждается в виде кристаллов кальцита, которые действуют как ядра кальцификации, способствуя отложению минерализованной ткани, а также проявляя противомикробную активность. Помимо антимикробной активности, МТА также может вызывать регенерацию кости и ускорять заживление костных дефектов за счет стимуляции дифференцировки остеобластов. Также известно, что клетки пульпы, культивированные косвенно с МТА, экспрессируют рекомбинантный костный морфогенетический белок-2 человека (rhBMP-2). RhBMP-2 является индуктором созревания остеобластов и способствует остеобластической и цементабластической дифференцировке клеток периодонтальной связки зуба. Клинические процедуры для техники апикальной пробки МТА включают: в первое посещение проводится экстирпация некротизированной пульпы из корневого канала, канал промывается 3% раствором гипохлорита натрия и вносится препарат на основе гидроксида кальция на одну неделю. В следующее посещение гидроксид кальция удаляется из корневого канала и канал просушивается бумажными штифтами. После материал МТА вносится в апикальную часть канала и слегка уплотняется до образования пробки размером 3–4 мм. Затем в канал помещается влажный ватный тампон, чтобы способствовать отверждению МТА, и зуб закрывают временным реставрационным материалом. Через 72 часа оставшаяся часть канала может быть obturирована гуттаперчей и силером [160]. Несмотря на свои полезные свойства, у препаратов МТА

существуют ряд недостатков: невозможность извлечения из корневого канала, изменение цвета коронки зуба, отсутствие антибактериальной активности в отношении анаэробных микроорганизмов [126]. Мало что известно о том, как этот материал влияет на устойчивость к переломам несформированных зубов после травмы. Кроме того, апексификация гидроксидом кальция и создание апикального барьера из биокерамических материалов (МТА, биодентин, триоксидент и т.д.) не позволяют значительно увеличить длину и толщину корневого дентина и не приводят к укреплению несформированного зуба после травмы и лучшей долгосрочной выживаемости. Следовательно, высокоприоритетной задачей является замена традиционных эндодонтических подходов новым биологическим подходом, который будет стимулировать регенерацию периапикальной ткани и дальнейшее формирование корней постоянных зубов после травмы.

Впервые методика регенерации пульпоподобной ткани, именуемая в мировой литературе «реваскуляризация» пульпы, была описана еще в 1961 году [136]. Позднее в исследовании сообщили о первом применении метода реваскуляризации некротического зуба, позже названного регенерацией пульпоподобной ткани [102]. Протокол регенерации пульпоподобной ткани был принят в 2013 году Американской ассоциацией эндодонтистов (AAE) в качестве руководства лечения постоянных несформированных зубов с некротизированной пульпой. Регенерация пульпоподобной ткани — комплекс мероприятий, направленных на замещение пульпарно-дентинного комплекса тканью, имеющей сходное происхождение [39]. Гистологическое строение образующейся при этом ткани до конца не изучено, но некоторые исследования характеризуют ее, как ткань подобную кости, цементу и периодонтальной связке зуба [38]. Регенеративная эндодонтическая терапия включает дезинфекцию системы корневых каналов, стимуляцию апикального кровотока с целью привлечения стволовых клеток, или использование обогащенной тромбоцитами плазмы (PRP), или богатого тромбоцитами фибрина (PRF) с последующей герметизацией кровяного сгустка пробкой из МТА [75]. Матрикс дентина рассматривается как резервуар факторов роста, которые могут высвободиться в результате деминерализации матрикса

дентина ирригацией гипохлорита натрия и этилендиаминтетрауксусной кислотой (ЭДТА). Согласно протоколу ААЭ в первое посещение корневой канал необходимо промыть 20 мл 1,5% раствором гипохлорита натрия, высушить бумажными штифтами, наполнить препаратом на основе гидроксида кальция, или тройной пастой антибиотика низкой концентрации, или двойной пастой антибиотика на 3 недели [40]. Тройная паста антибиотика включает в себя смесь равных частей метронидазола, цефуроксима аксетила и ципрофлоксацина, растворенных до консистенции сметанообразной пасты. Двойная паста антибиотика включает в себя смесь равных частей метронидазола и ципрофлоксацина, растворенных до консистенции сметанообразной пасты. Тройная и двойная пасты антибиотиков имеют ряд недостатков, в том числе отсутствие стандартизированных протоколов смешивания. Различные количества препаратов измельчают в порошки, смешивают со стерильной водой или макроголом *ex tempore* и вносят в корневой канал. Такое применение вызывает неравномерное распределение и чрезмерную концентрацию отдельных действующих веществ, что приводит к высокой цитотоксичности [150]. Поэтому текущие рекомендации включают гидроксид кальция в качестве дезинфицирующего средства при регенеративном эндодонтическом лечении. Важным вопросом является дискуссия об оптимальной концентрации гипохлорита натрия в регенеративных процедурах. Было высказано предположение, что чем выше используемая концентрация, тем выше риск токсического воздействия на стволовые клетки апикального сосочка. Также было обнаружено, что ирригация ЭДТА в качестве последнего этапа ирригации корневого канала перед стимуляцией апикального кровотечения способствует образованию новой минерализованной ткани [90]. Таким образом, ирригация ЭДТА рекомендуется как необходимая часть протокола регенерации пульпоподобной ткани. Ультразвуковая активация ирригационных растворов также усиливает высвобождение факторов роста из дентина зуба. Если во время повторного визита нет признаков инфекции, необходимо высушить корневой канал после удаления дезинфицирующего средства и вывести стерильный К-файл за апикальное отверстие на 2 мм, чтобы вызвать апикальное кровотечение и

заполнить корневой канал кровью. Вместо этого шага можно использовать PRP или PRF. После того как в корневом канале образовался сгусток крови, необходимо перекрыть его слоем МТА. Затем дефект можно заполнить стеклоиономерным цементом. Пациенты нуждаются в наблюдении в течение длительного времени после лечения. Исследования доказали повышенную экспрессию маркеров стволовых клеток костного мозга (МСК) во внутриканальной крови, вызванную чрезмерным инструментарием в периапикальных тканях, как в незрелых, так и в зрелых зубах [124]. Регенерация пульпоподобной ткани в несформированных постоянных зубах с апикальным периодонтитом показала лучший результат, чем апексификация гидроксидом кальция. Увеличение толщины корня в группе регенерации пульпоподобной ткани произошло в 81,6% случаев, в группе апексификации – 26,5%. Увеличение длины корня в группе регенерации пульпоподобной ткани наблюдалось в 82,6% случаев, в группе апексификации – 0% [119]. Клинические исследования выявили, что лучшие результаты лечения методом регенерации пульпоподобной ткани были достигнуты более молодой группой пациентов (от 9 до 13 лет) по сравнению с группой от 14 до 18 лет, о чем свидетельствуют исследования, показывающие что пролиферативный и дифференцировочный потенциал МСК снижается с возрастом. Другим важным фактором, связанным с возрастом, является стадия развития корня. Большой диаметр открытой верхушки позволяет прорасти ткань в пространство корневого канала с богатым источником МСК из апикального сосочка. Недавние исследования показали, что большее увеличение толщины и длины корня было обнаружено в зубах с более широким апикальным диаметром (≥ 1 мм). Примечательно, что минимальный апикальный диаметр, необходимый для регенерации пульпоподобной ткани, до сих пор остается спорным. Несмотря на доказанную эффективность регенерации пульпоподобной ткани, многие ученые предполагают, что данный метод не может обеспечить реальную регенерацию пульпы с ее васкуляризацией и иннервацией. Поэтому были предложены две новые стратегии, основанные на тканевой инженерии: трансплантация стволовых клеток и хоминг клеток. Трансплантация стволовых клеток предполагает трансплантацию

стволовых клеток в сочетании с факторами роста (GF) и каркасами в корневой канал. Дальнейшее формирование нового комплекса пульпа-дентин осуществляется за счет стимуляции дифференцировки стволовых клеток в сторону одонтобластов. Стволовые клетки зубов, такие как стволовые клетки пульпы зуба (DPSC), стволовые клетки апикального сосочка (SCAP), отслоившихся молочных зубов человека (SHED), стволовые клетки периодонтальной связки (PDLSC) и стволовые клетки костного мозга (BMSC), широко применяются для трансплантации стволовых клеток благодаря их способности к множественной дифференциации [100]. А факторами роста, применяемыми для трансплантации, являются тромбоцитарный фактор роста (PDGF)-BB, NGF, BDNF, гранулоцитарный колониестимулирующий фактор (G-CSF), стромальноклеточный фактор-1 (SDF-1), основной фактор роста фибробластов (bFGF) или костный морфогенетический белок 7 (BMP7) [174]. Целью хоминга клеток является имплантация GF с каркасом в корневой канал для создания среды, способствующей регенерации тканей. Затем аутологичные стволовые клетки рекрутируются из периапикальной области в корневой канал для реализации регенерации пульпоподобной ткани. Наиболее широко используемыми материалами для каркасов, будь то трансплантация клеток или хоминг клеток, являются природные материалы, такие как коллаген [95]. Трансплантация стволовых клеток и хоминг клеток также требуют подготовки корневых каналов и адекватной дезинфекции.

Критериями успеха регенерации пульпоподобной ткани являются: отсутствие воспаления, заживление ранее существовавших патологических изменений в периапикальной ткани, увеличение длины корня и толщины стенки, отсутствие наружной воспалительной резорбции, положительный ответ на тестирование чувствительности пульпы и отсутствие изменения цвета зубов. ААЕ классифицирует критерии успеха метода регенерации пульпоподобной ткани на первичные, вторичные и третичные. Основная цель – устранение симптомов и заживление периапикального очага в кости. Второстепенной целью является увеличение толщины стенки и длины корня. Третьей целью является положительный ответ на тестирование жизнеспособности, который может

указывать на более организованную жизнеспособность ткани пульпы. В продольное когортное исследование были включены 28 некротизированных постоянных несформированных зубов от 22 пациентов. Все зубы лечились по стандартизированному протоколу регенерации пульпоподобной ткани. Результат исследования показал заживление патологических изменений в апикальной области корней зубов (100%), значительное увеличение средней длины корня (8,1%) и площади толщины корня (11,6%) через 30 месяцев наблюдения. Также было отмечено значительное уменьшение апикального диаметра: в 30,8% случаев отмечено полное закрытие верхушки корня зуба [67]. Метод регенерации пульпоподобной ткани нашел применение для лечения некроза пульпы в несформированных зубах, однако применение регенерации пульпоподобной ткани для остановки резорбции все еще не изучено, но предварительные данные свидетельствуют о его эффективности для остановки наружной воспалительной резорбции [121].

Проанализировано несколько лабораторных методов лечения наружной воспалительной резорбции корня зуба, которые еще не внедрены в практику. В экспериментальном исследовании на собаках породы бигль свою эффективность доказал кортикостероид в отношении наружной воспалительной резорбции корня зуба. Группы зубов, обработанные препаратом Ledermix, 1% кремом триамцинолона и 3% гелем демеклоциклина имели в результате более благоприятное заживление (75,8%; 69,8%; 52,4%), чем корни, запломбированные силером и гуттаперчей, пересаженные через 60 минут [2, 166]. Сообщалось о влиянии лазерной фототерапии на реплантированные зубы крыс. В группе зубов с лазерным облучением поверхности корня и лунки отсутствующего зуба низкоинтенсивным лазером InGaAl, 685 нм, 50 Дж/см² отмечалась меньшая площадь резорбции корней, чем в контрольной группе во все экспериментальные периоды. По результатам исследования через 15, 30 и 60 суток наружная воспалительная резорбция не выявлялась в 100%, 80% и 100% соответственно [2, 77]. В экспериментальной модели на собаках было проведено исследование для оценки эффективности нанесения 1% раствора фторида олова, 1% раствора

доксциклина или их комбинации на поверхность корней удаленных зубов перед реплантацией в отношении развития резорбции корня. По результатам наблюдения в течение 4 недель зубы, обработанные фторидом олова и комбинацией фторида олова и доксициклина, показали резорбцию менее 1%.

Воспалительная реакция в периодонтальной связке встречалась с частотой 38,3% и 11,1% соответственно [59]. Экспериментальное исследование резцов верхней челюсти у крыс было проведено с целью оценки влияния дексаметазона на скорость развития наружной воспалительной резорбции зуба или анкилоз после отсроченной реплантации зубов. Результат наблюдения показал, что степень наружной воспалительной прогрессирующей резорбции корней была значительно меньше в группе зубов, обработанных раствором дексаметазона, чем в контрольной группе. Однако в зубах, обработанных дексаметазоном, чаще наблюдался анкилоз, чем в контрольной группе [111]. В экспериментальной модели на крысах был исследован препарат «Деносумаб». Это человеческое моноклональное антитело (IgG2), которое с высокой аффинностью и специфичностью связывается с RANKL и предотвращает активацию рецептора RANK на остеокластах и их предшественников. «Деносумаб» применяется при лечении ревматоидного артрита, остеопорозе, болезни Педжета, раковых заболеваний костей. Зубы крыс были удалены и разделены на: контрольную группу - отсроченная реплантация без обработки поверхности корня и экспериментальные группы - отсроченная реплантация с обработкой поверхности корня деносумабом в дозе 60 мг/мл и 30 мг/мл соответственно в течение 10 минут. «Деносумаб» в дозе 60 мг/мл уменьшал анкилоз ($p < 0,0001$), заместительную резорбцию ($p < 0,0001$) и наружную воспалительную резорбцию корней зубов через 60 дней после реплантации по сравнению с необработанными реплантированными зубами ($p < 0,005$). Было обнаружено более низкое бактериальное загрязнение поверхности корня в группах лечения «Деносумабом», независимо от используемой концентрации ($p < 0,001$) [74].

Наружная воспалительная резорбция имеет при отсутствии лечения неблагоприятный прогноз. При сочетании длительного существования воспаления

в корневом канале зуба и его травмы наружная воспалительная резорбция быстро прогрессирует и может привести к потере зуба за короткий период времени. Потеря зуба сопровождается образованием дефекта кости, выполненного грануляционной тканью. Проблема наружной воспалительной резорбции зуба травматического генеза недостаточно освещена в русскоязычной литературе, готовых клинических рекомендаций протоколов ее профилактики и лечения нет, готовых форм препаратов с доказанной эффективностью в России также не существует. Следовательно мы должны разработать и внедрить рекомендации по профилактике и лечению наружной воспалительной резорбции постоянных зубов после травмы. Важным направлением исследования также является определение оптимальных сроков рентгеноконтроля у детей разного возраста, чтобы диагностировать начинающуюся резорбцию, а не запущенную.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на базе ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Характеристика пациентов

В исследовании принимали участие 94 пациента детского возраста от 6 до 16 лет (средний возраст $10,2 \pm 2,5$ года) с травмой 202 постоянных зубов. Из 94 пациентов 36 человек были девочки и 58 — мальчики. Распределение пациентов по видам травмы представлено в Таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Распределение зубов у пациентов детского возраста по видам травм

Вид травмы	Мальчики	Девочки	Всего
Перелом коронки	24 (12%)	33 (16,4%)	57 (28,4%)
Перелом корня	3 (1,5%)	1 (0,5%)	4 (2%)
Перелом корня в сочетании с переломом коронки зуба	1 (0,5%)	0	1 (0,5%)
Перелом корня в сочетании с подвывихом	0	2 (1%)	2 (1%)
Подвывих	30 (15%)	22 (11%)	52 (25,8%)
Вколоченный вывих	2 (1%)	1 (0,5%)	3 (1,5%)
Полный вывих	15 (7,5%)	10 (5%)	25 (12,4%)
Подвывих в сочетании с переломом коронки зуба	24 (11,9%)	12 (6%)	36 (18%)
Вколоченный вывих в сочетании с переломом коронки зуба	13 (6,5%)	8 (4%)	21 (10,4%)
Полный вывих в сочетании с переломом коронки зуба	1 (0,5%)	0	1 (0,5%)

Самыми частыми изолированными травмами постоянных зубов были переломы коронок (28,4%), следующими по частоте — подвывихи зубов (25,8%). У 30,4% пациентов была диагностирована комбинированная травма.

Использовали следующий **критерий включения** пациентов в исследование:

- дети с травмой постоянных зубов;

Критерии не включения пациентов в исследование:

- сопутствующая хроническая общесоматическая патология эндокринной системы;
- отказ родителей от участия в исследовании;
- резорбция корней зубов в активной фазе ортодонтического лечения с помощью несъемной аппаратуры (брекет-система);

Критерии исключения пациентов из исследования:

- неявка на контрольные осмотры после лечения.

Осмотр пациентов и сбор анамнеза осуществляли по стандартному протоколу. При первичном осмотре выявлялись жалобы, проводился сбор анамнеза жизни пациентов и анамнеза травмы зубов. Оценивалось общее состояние детей после травмы: наличие головокружения, амнезии, головной боли и тошноты. При внешнем осмотре обращали внимание на цвет и целостность кожных покровов, наличие или отсутствие отека, ран, ссадин и гематом. При внутриротовом осмотре определяли состояние слизистой оболочки полости рта, цвет и ее целостность в области травмированных зубов, подвижность травмированных зубов, наличие кровоточивости по зубо-десневой борозде. Также оценивали наличие смещения зубов после травмы в зубном ряду, изменение цвета зубов, уровень отлома коронковой части зубов, наличие перелома альвеолярного отростка, нарушение окклюзии зубов. Всем пациентам проводили перкуссию зубов после травмы, а также пальпацию в области десны и переходной складки. Анализировались возраст пациента на момент травмы, срок обращения, степень сформированности корня зуба, вид травмы и сочетание нескольких травм в одном зубе. При полных вывихах оценивалось внеротовое «сухое время» зуба и среда для транспортировки.

Всем пациентам проводилась термодиагностика зубов после травмы с помощью охлаждающего спрея «Endo Ice», производства «Maquira», Бразилия

(ЕАЭС N RU Д-BR.РА03.В.89605/21). Для первичной диагностики пациентов с острой травмой постоянных зубов проводились внутриротовые прицельные рентгенографии (аппарат CS 2200 компании CARESTREAM (KODAK) с использованием позиционного датчика), за исключением пациентов, обратившихся с уже выполненным КЛКТ. Для первичной диагностики пациентов с постоянными зубами после травмы, которые обратились в отсроченный период, проводилось КЛКТ исследование. После оказания неотложной помощи пациенты наблюдались клинически и рентгенологические в соответствии с рекомендациями IADT (Таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Сроки рентгенологического наблюдения при разных видах травмы согласно рекомендациям IADT

Вид травмы	1 неделя	2 недели	4 недели	6—8 недель	3 мес	6 мес	1 год	Каждый год в течение 5 лет
Скол коронки				+			+	
Коронково- корневой перелом	+			+	+	+	+	+
Подвывих		+			+	+	+	
Латеральный вывих		+	+	+	+	+	+	+
Вколоченный вывих		+	+	+	+	+	+	+
Полный вывих		+	+		+	+	+	+

Эффективность лечения оценивали на основании жалоб пациентов, динамики клинической картины и по результатами рентгенологического

исследования. Из 94 пациентов 26 человек с травмой 47 постоянных зубов не обратились повторно после оказания неотложной помощи и были исключены из исследования.

Дизайн исследования

Исследование состояло из двух этапов.

Первый этап – оценка рисков наружной воспалительной резорбции корней при травме 155 постоянных зубов у 68 детей и разработка балльной системы. Для этого методом бинарной логистической регрессии проведен однофакторный анализ наиболее значимых рисков резорбции. Затем проведен многофакторный анализ рисков наружной воспалительной резорбции. Статистический анализ проводился с использованием программы IBM SPSS 26. Для определения минимального объема выборки использовали критерий Колмогорова–Смирнова. Объектом для статистических расчетов служили зубы. В качестве анализируемых факторов риска рассматривались: вид травмы, сочетание различных видов травмы в одном зубе, качество оказания неотложной помощи (перекрытие пульпарно-дентинного комплекса и шинирование зуба по показаниям в первые сутки после травмы), степень формирования корня. Для каждого из данных факторов рассчитывалось соотношение шансов для наступления исхода в виде наружной воспалительной резорбции. Отношение шансов (ОШ или OR) — это статистический показатель, который показывает, во сколько раз шанс наступления события в одной группе отличается от шанса наступления события в другой группе. В результате расчета соотношения шансов пациенты были разделены на группы риска в зависимости от вероятности наступления неблагоприятного исхода при отсутствии вмешательства: менее 50% в группе низкого риска, 50-90% в группе среднего риска и более 90% в группе высокого риска. Для проверки гипотезы о различии частот качественных признаков в исследуемых группах использовался критерий χ^2 (если частота признака составляла ≤ 5 , использовался точный критерий Фишера). Различия считались статистически достоверными при $p \leq 0,05$, где p показывает уровень статистической значимости или вероятность ошибки отклонения от нулевой гипотезы.

Из 68 человек наружная воспалительная резорбция была выявлена у 21 ребенка с травмой 24 постоянных зубов.

Второй этап – оценка эффективности методов лечения наружной воспалительной резорбции у 21 пациента с травмой 24 постоянных зубов. Данный этап представляет собой проспективное когортное исследование.

Число пациентов и зубов на каждом этапе исследования представлено в блок-схеме на Рисунке 2.1.

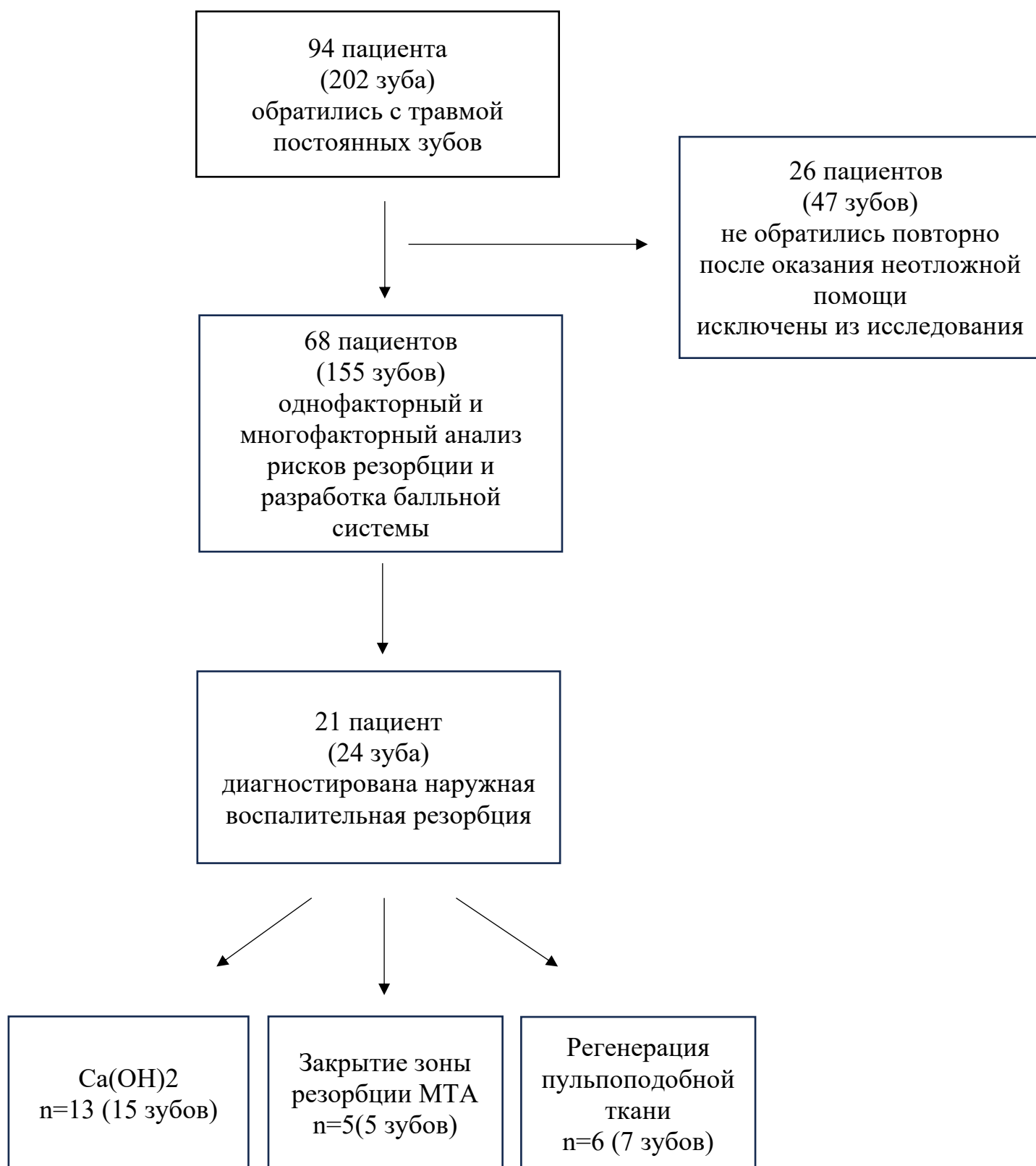


Рисунок 2.1 – Блок- схема, представляющая число пациентов и количество зубов на каждом этапе исследования

Клинический протокол

В зависимости от клинической ситуации все пациенты были разделены на группы, получающие лечение по разным протоколам:

В первую группу были включены 13 пациентов с наружной воспалительной резорбцией корней 15 постоянных сформированных зубов. Эндодонтическое лечение проводилось по стандартному протоколу. Под инфильтрационной анестезией Sol. Articaini 4% с концентрацией эpineфрина 1:200000 (Ультракин Д-С, Санофи – Авентис Дойчланд ГмбХ, Германия) проведена изоляция рабочего поля, сформирован эндодонтический доступ и удалена некротизированная пульпа. Корневые каналы механически и медикаментозно обработаны 3% раствором гипохлорита натрия (Гипохлоран – 3, Нкф Омега-Дент, Россия) и 17% раствором ЭДТА (MD-cleanser, Мета Биомед Ко., Лтд, Республика Корея), затем высушены бумажными абсорберами (Дисподент, Перл Дент Ко., Лтд, Вьетнам). Корневые каналы были плотно заполнены пастой на основе гидроксида кальция (Кальцевит, ВладМива, Россия). Внутриканальная повязка регулярно менялась каждые 2 недели в течение трех месяцев, после чего на внутриротовом прицельном снимке оценивалось заживление очага воспаления и остановка резорбции. В случае остановки наружной воспалительной резорбции и наличии апикального упора проводилась окончательная obturation корневых каналов с применением биокерамического силера (MTA-Fillapex, Анжелюс Индустрия де Продуктос Одонтолоджикос С/А, Бразилия) и гуттаперчи (Штифты эндоканальные гуттаперчевые, Мета Биомед Ко., Лтд, Республика Корея). При отсутствии апикального упора в корневых каналах была сформирована «апикальная пробка» из кальций-алюмосиликатного цемента (Триоксидент, Владмива, Россия), а оставшаяся часть корневого канала была заполнена альфа-гуттаперчей (Alpha Guttapercha, VDV, Германия) из инжектора. В дальнейшем проводилось КЛКТ обследование состояния твердых тканей зуба через 6, 12 и 24 месяца.

В двух случаях в корневые каналы с наружной воспалительной резорбцией дополнительно помещали препарат на основе антибиотика и кортикостероида (Пульпосептин, Омега - Дент, Россия) из-за выраженных гиперэргических реакций

у пациента. Под инфильтрационной анестезией Sol. Articaini 4% с концентрацией эpineфрина 1:200000 (Ультракин Д-С, Санофи – Авентис Дойчланд ГмбХ, Германия) проведена изоляция рабочего поля, сформирован эндодонтический доступ и удалена некротизированная пульпа. Корневые каналы механически и медикаментозно обработаны 3% раствором гипохлорита натрия (Гипохлоран – 3, Нкф Омега-Дент, Россия) и 17% раствором ЭДТА (MD-cleanser, Мета Биомед Ко., Лтд, Республика Корея), затем высушены бумажными абсорберами (Dispodent, Перл Дент Ко., Лтд, Вьетнам). В корневые каналы помещался препарат на основе антибиотика неомицин сульфата и хлорамфеникола и кортикостероида дексаметазона (Пульпосептин, Омега - Дент, Россия) на 7 дней. После удаления временной повязки корневые каналы были плотно заполнены пастой на основе гидроксида кальция (Кальцевит, ВладМива, Россия). Внутриканальная повязка регулярно менялась каждые 2 недели в течение трех месяцев, после чего на внутриротовом прицельном снимке оценивалось заживление очага воспаления и остановка резорбции. В случае остановки наружной воспалительной резорбции и наличии апикального упора проводилась окончательная obturation корневых каналов с применением биокерамического силера (MTA-Fillapex, Анжелюс Индустрия де Продутос Одонтолоджикос С/А, Бразилия) и гуттаперчи (Штифты эндоканальная гуттаперчевые, Мета Биомед Ко., Лтд, Республика Корея). При отсутствии апикального упора в корневых каналах была сформирована «апикальная пробка» из кальций-алюмосиликатного цемента (Триоксидент, Владмива, Россия), а оставшаяся часть корневого канала была заполнена альфа-гуттаперчей (Alpha Guttapercha, VDV, Германия) из инжектора. В дальнейшем проводилось КЛКТ обследование состояния твердых тканей зуба через 6, 12 и 24 месяца.

Во вторую группу были включены 6 пациентов с наружной воспалительной резорбцией корней 7 постоянных несформированных зубов. Пациентам была выполнена методика регенерации пульпоподобной ткани. В первое посещение под инфильтрационной анестезией Sol. Articaini 4% с концентрацией эpineфрина 1:200000 (Ультракин Д-С, Санофи – Авентис Дойчланд ГмбХ, Германия) была

проведена изоляция рабочего поля, сформирован эндодонтический доступ и удалена некротизированная пульпа. В корневых каналах проведена обильная ирригация 1,5% гипохлоритом натрия (Гипохлоран – 3, Нкф Омега-Дент, Россия) в течение 5 минут, при этом эндодонтическая игла вводилась на 2 мм меньше рабочей длины каналов. Далее корневые каналы были промыты 5 мл стерильного физраствора и 17% ЭДТА (MD-cleanser, Мета Биомед Ко., Лтд, Республика Корея), затем высушены бумажными абсорберами (Dispodent, Перл Дент Ко., Лтд, Вьетнам). Корневые каналы были плотно заполнены пастой на основе гидроксида кальция (Кальцевит, ВладМива, Россия) на 2 недели и наложена герметичная временная пломба. Во второе посещение под инфильтрационной анестезией Sol. Merivacaini 3% (Скандонест, Септодонт, Франция) без вазоконстриктора была проведена изоляция рабочего поля, удалена временная пломба и корневые каналы обильно промыты 17% раствором ЭДТА (MD-cleanser, Мета Биомед Ко., Лтд, Республика Корея) в течение 5 минут. Далее корневые каналы были промыты 5 мл стерильного физраствора, после чего путем выведения инструмента через апикальное отверстие было стимулировано кровотечение и в течение 15 минут сформирован сгусток в корневом канале. Последний был перекрыт кальций-алюмосиликатным цементом (Триоксидент, Владмива, Россия). Корневые каналы перекрывались прокладкой из стеклоиономерного цемента (Fuji II LC, GC Corporation, Япония) и проводилась реставрация зубов по адгезивному протоколу. В дальнейшем проводилось КЛКТ обследование состояния твердых тканей зуба через 3, 6, 12 и 24 месяца.

В третью группу были включены 5 пациентов с инвазивной наружной воспалительной резорбцией корней 5 постоянных зубов. Под инфильтрационной анестезией Sol. Articaini 4% с концентрацией эpineфрина 1:200000 (Ультракин Д-С, Санофи – Авентис Дойчланд ГмбХ, Германия) располагая лезвие №15С перпендикулярно слизистой, производили парамаргинальный разрез. Далее тонким распатором выполняли отслаивание слизисто-надкостничного лоскута для обеспечения визуализации корней постоянных зубов после травмы с инвазивной резорбцией. С помощью мини - кюреты Грейси (LM 205-206 XSI, ЛМ Инструментс

Ой, Финляндия) выполняли вылушивание грануляций в области резорбции, гемостаз осуществлялся при использовании стерильных салфеток. Далее производили перекрытие зон резорбции кальций-алюмосиликатным цементом (Триоксидент, Владмива, Россия). Материал тщательно утрамбовывали с помощью апикального плаггера (Heat Carrier Plugger, Medenta Insreuments Co., Пакистан). Хирургическое поле очищали от излишков пломбировочного материала, производили антисептическую обработку раствором Хлогексидина биглюконата 0,05% (Хлоргексидина биглюконат раствор 0,05%, ООО «Красный лист», Россия) укладывали лоскут на место, и ушивали рану без натяжения шовным материалом Prolene 6-0 (Prolene, Этикон, Эл-Эл-Си, США). Минимум через 24 часа проводилось пломбирование корневого канала с применением биокерамического силера (MTA-Fillapex, Анжелюс Индустрия де Продутос Одонтолоджикос С/А, Бразилия) и гуттаперчи (Штифты эндоканальная гуттаперчевые, Мета Биомед Ко., Лтд, Республика Корея) или материалом МТА в случае резорбции корня более чем на ½. Контрольные осмотры проводили на следующий день, через 10 дней, 3,6,12 и 24 месяца.

ГЛАВА 3. РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ НАРУЖНОЙ ВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ РЕЗОРБЦИИ ПРИ ТРАВМАХ ПОСТОЯННЫХ ЗУБОВ У ДЕТЕЙ

Факторы риска некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции корня при травме постоянных зубов изучались и до нашего исследования. Наиболее общепринятыми факторами являются: вид травмы, возраст пациента [64], срок обращения после травмы, изолированная или множественная травма зуба [62], интенсивность травмирующей силы, адекватно оказанная неотложная помощь [51, 106], повреждение пульпы, стадия развития корня [81] и предыдущий стоматологический анамнез зуба после травмы. Отмечено, что из всех видов травм сочетание вколоченного или полного вывиха с перелом коронки зуба, а также коронково-корневой перелом с наибольшей вероятностью приводят к некрозу пульпы постоянных несформированных зубов. В сформированных зубах часто некроз пульпы возникает при латеральном или экстррузивном вывихе в сочетании с переломом коронки зуба, изолированным вколоченным, полным вывихом и коронково-корневой переломе [34]. Однако исследования не позволяют количественно оценить увеличение риска возникновения некроза пульпы зуба после травмы при действии конкретных факторов, в результате чего врач-стоматолог не может рассчитать индивидуальный риск для пациента и выбрать оптимальную тактику ведения. В руководствах IADT описаны рекомендованные сроки рентгенологического наблюдения (см главу «Материалы и методы») и неотложное лечение пациентов с разными видами травм, а также благоприятные исходы и возможные осложнения каждой изолированной травмы зуба [62]. Однако, руководства IADT не предоставляют рекомендации по лечению и рентгенологическому наблюдению пациентов с множественной травмой зубов. Еще одним недостатком рекомендаций IADT является невозможность прогнозирования риска некроза пульпы и развития наружной резорбции у определенного пациента с травмой постоянного зуба.

В последние годы с большим интересом изучаются биомаркеры, присутствующие в разных биологических жидкостях организма, таких как кровь,

слюна и десневая жидкость. У пациентов с диагностированной наружной воспалительной резорбцией постоянных зубов после травмы были обнаружены высокие уровни следующих биологических маркеров: кислый фосфопротеин 1 (DMP-1), дентинный сиалофосфопротеин (DSPP), интерлейкин-1бета (IL-1b), интерлейкин-1альфа (IL-1a), интерлейкин-6 (IL-6), система остеопротегерина и рецептора активатора ядерного фактора каппа-B (OPG/RANKL/RANK), микроРНК (miRNA), фактор некроза опухоли (TNF-а) [103,133,93,109]. Таким образом, повышение секреции биомаркеров, инициирующих наружную воспалительную резорбцию корня зуба, является фактором риска данного осложнения. Такой фактор невозможно контролировать, так как биомаркеры связаны с иммунологическим профилем каждого пациента.

Большинством авторов признается, что обязательным условием наружной воспалительной резорбции корня зуба является некроз пульпы [21]. По данным большинства авторов, наружная воспалительная резорбция становится очевидной в течение первых 3-4 месяцев с момента травмы зуба [34]. Как при любом патологическом процессе, предпочтительнее профилактика, чем вмешательство, когда заболевание уже присутствует. Основными целями профилактики наружной воспалительной резорбции являются предотвращение инфицирования системы корневых каналов или уничтожение присутствующих микроорганизмов, если инфицирование уже произошло. С этой целью проводится эндодонтическое лечение, используя внутриканальные лекарственные средства, влияющие на микроорганизмы и реакцию тканей в периодонтальной связке зуба [5]. Однако задача удаления пульпы противоречит задаче сохранения ее жизнеспособности, обеспечивающей продолженный рост корня в постоянных несформированных зубах [58]. В связи с этим нами предпринята попытка создания балльной системы, которая позволяла бы оценить риски некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции и выделить случаи, где некроз пульпы неизбежен и потому ее сохранение не имеет смысла ввиду высоких рисков наружной воспалительной резорбции корня зуба.

Первым этапом был проведен однофакторный анализ разных факторов риска некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции корней при травме 155 постоянных зубов у 68 детей. Виды травм в постоянных зубах представлены в Таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Виды и частота выявления травм постоянных зубов у пациентов детского возраста

Виды травм	Частота выявления			
	Зубы с сформированной верхушкой (n=101)		Зубы с несформированной верхушкой (n=54)	
	Абсолютное значение	Относительное значение %	Абсолютное значение	Относительное значение %
Перелом коронки	20	19,8	11	20,4
Перелом корня	2	2	1	1,9
Подвывих	25	24,8	12	22,2
Вколоченный вывих	0	0	3	5,5
Полный вывих	13	12,9	5	9,3
Множественная травма	26	25,7	38	70,4
Изолированная травма	62	61,4	32	59,3
Сочетанная травма	80	79,2	23	42,6
Одиночная травма зуба	10	10	18	33,3

Методом бинарной логистической регрессии мы выявили факторы, которые лежат в основе патогенеза наружной воспалительной резорбции корня зуба и

повышают вероятность ее развития, при каких травмах некроз пульпы и резорбция корня неизбежны. Расчет риска развития осложнений после травм постоянных зубов в зависимости от ряда факторов представлен в Таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Факторы риска некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции

Исход	Факторы риска						Соотношение рисков (RR)	
	Формирование корней		Травмы					
	Несформированные корни (количество зубов, n=54)	Сформированные корни (количество зубов, n=101)	Множественная (количество зубов, n=64)	Изолированная (количество зубов, n=94)	Травма одного зуба (количество зубов, n=28)	Сочетанная (количество зубов, n=103)		
Некроз пульпы (абсолютный показатель, относительный показатель %)	26 (47,3)	43 (44,3)					1,1	
			29 (67,4)	40 (36,7)			1,8	
					13 (48)	60 (48)	1	
Наружная воспалительная резорбция (абсолютный показатель, относительный показатель %)	13 (23,6)	10 (10,3)					2,3	
			7 (16,2)	16 (14,7)			1,1	
							5 (18,5)	18 (14,4)

Фактор стадии формирования корня значимо повлиял на вероятность наружной воспалительной резорбции — при некрозе пульпы в постоянных зубах с несформированными корнями резорбция случалась в 2,3 раза чаще, чем в сформированных ($p=0,019$). У пациентов с несформированными корнями постоянных зубов чаще встречалась множественная травма (70,4%), а у пациентов со сформированными корнями — сочетанная (79,2%). Анализ фактора множественности травмы показал, что вероятность некроза пульпы при множественной травме постоянного зуба выше (67,4%), чем при изолированной (36,7%). Таким образом, множественная травма, которая более характерна для постоянных зубов с несформированными корнями, является фактором риска некроза пульпы и, следовательно, наружной воспалительной резорбции корня зуба ($p=0,003$). В исследованиях также отмечался высокий риск некроза пульпы в течение первого года после множественной травмы зуба [43]. При сочетанной травме расчет риска развития некроза пульпы в нашем исследовании не показал значительного влияния. Наружная воспалительная резорбция корня развивалась на 30% чаще при одиночной травме зуба, чем при сочетанной. Это связано с тем, что травма одного зуба преобладает у пациентов с несформированными зубами (33,3% по сравнению с 10% при сформированных корнях), в которых чаще происходит и наружная воспалительная резорбция.

Риск развития осложнений после изолированной травмы постоянных зубов у детей в зависимости от вида травмы представлен в Таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Частота осложнений в зависимости от вида травмы

Осложнение	Скол коронки	Неполный вывих	Вколоченный вывих	Полный вывих	Перелом корня
Некроз пульпы (абсолютный показатель, относительный показатель %)	8 (25,8)	15 (40,5)	1 (33,3)	9 (50)	1 (33,3)
Наружная воспалительная резорбция (абсолютный показатель, относительный показатель %)	1 (3,2)	5 (15,6)	2 (66,6)	8 (44,4)	0 (0)

Из всех видов травм полные и неполные вывихи постоянных зубов наиболее часто приводили к некрозу пульпы, что согласуется с другими исследованиями [58, 43, 149,156]. В дополнение механическое повреждение корня зуба при вколоченном вывихе или высыхание клеток периодонтальной связки при полном вывихе приводят к развитию наружной воспалительной резорбции в постоянных зубах после травмы [33]. Максимальная вероятность неблагоприятного исхода наблюдалась нами при сочетании вывиха с переломом коронки зуба. Так, вколоченный вывих с переломом коронки зуба повышал шанс некроза пульпы и резорбции в 11,2 раза по сравнению с изолированным переломом коронки, подвывих с переломом коронки зуба — в 7,8, а изолированный подвывих — только в 2,8 раз ($p < 0,001$).

Качество неотложной помощи после травмы зуба также являлся одним из главных факторов развития осложнений ($p = 0,001$) [43]. В нашем исследовании из 155 зубов в стабилизации шиной нуждались 99 зубов в связи с подвывихом,

вколоченным или полным вывихом в анамнезе. Всего 34 зуба были шинированы в первые сутки после травмы, а остальным пациентам с 65 вывихнутыми зубами первая помощь не была оказана. При этом в шинированных зубах некроз пульпы был диагностирован в 50 % случаев, а в нешинированных — в 71% (RR=1,42). Перекрытие пульпарно-дентинного комплекса в первые сутки после травмы также играло роль в профилактике осложнений при таких травмах, как перелом коронки зуба с вовлечением или без вовлечения пульпы зуба ($p=0,021$). В нашем исследовании из 155 зубов в перекрытии дентинной раны или вскрытой пульпы нуждались 108 зубов. Первая помощь была оказана пациентам с травмой 25 зубов, из них в 9(36%) зубах случился некроз пульпы. В 83 зубах выявлены открытые ткани пульпарно-дентинного комплекса, из них в 37 (44,5%) зубах был диагностирован некроз пульпы (RR=1,27). Неадекватно оказанная помощь увеличила шанс осложнений в 7,4 раза в сравнении с группой зубов, где помощь была оказана [27].

Таким образом, наиболее значимыми факторами риска наружной воспалительной резорбции корня зуба после травмы являются наличие вывиха зуба, особенно в сочетании с переломом коронки, неоказанная или некачественно оказанная неотложная помощь и неполное формирование корня (Таблица 3.4). Для оценки риска развития наружной воспалительной резорбции в зависимости от ведущих факторов выявлены соотношения шансов (Таблица 3.5).

Таблица 3.4 – Пять ведущих факторов риска некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции

Фактор	P
Вид травмы	<0,001
Неадекватная первая помощь	0,001
Множественная травма	0,003
Сформированность корней	0,019
Перекрытие пульпарно-дентинного комплекса	0,021

Таблица 3.5 – Увеличение шансов некроза пульпы при действии факторов риска

Фактор	Отношение шансов	Примечание
Вколоченный вывих + перелом коронки	11,2	В сравнении с переломом коронки зуба
Подвывих + перелом коронки	7,8	
Неадекватная помощь	7,4	Шинирование и перекрытие пульпарно-дентинного комплекса
Подвывих	2,8	В сравнении с переломом коронки зуба
Несформированные корни	2,3	В сравнении со сформированными корнями

Вторым этапом был проведен многофакторный регрессионный анализ с целью совокупной оценки наиболее значимых факторов риска некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции при травме постоянных зубов у детей. В ходе проведения многофакторного анализа изучалось сочетание ведущих факторов риска, выявленных в результате однофакторного анализа. На основании проведенного анализа создана балльная система оценки рисков, позволяющая отнести каждого пациента к группе низкого, среднего или высокого риска развития осложнений, в соответствии с чем определяется тактика ведения (Таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Балльная система оценки рисков некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции на основании многофакторного анализа

Фактор	Баллы
Полный вывих	20 баллов
Вколоченный вывих	15 баллов
Неполный вывих (без смещения)	5 баллов
Перелом корня	
В апикальной трети	5 баллов
В средней трети	5 баллов
В корональной трети	20 баллов
Перелом коронки	5 баллов
Отсутствие шинирования в первые сутки после травмы (при вывихах)	10 баллов
Отсутствие перекрытия пульпарно-дентинного комплекса в первые сутки после травмы (при сколах коронки)	10 баллов

Менее 10 баллов — низкий риск

10 - 19 баллов — средний риск

20 и более баллов — высокий риск

На основании опроса, осмотра пациента и рентгенологического исследования заполняется Таблица 3.6, где каждому фактору присвоено определенное количество баллов. При полном вывихе присваивается 20 баллов, при вколоченном вывихе — 15 баллов, при неполном вывихе (без смещения) — 5 баллов, при переломе коронки — 5 баллов. Перелом корня в апикальной трети соответствует 5 баллам, в средней трети — 5 баллам, в корональной трети — 20 баллам. Отсутствие шинирования зуба (при вывихах) и перекрытие пульпарно-дентинного комплекса (при переломах коронки) в первые сутки после травмы оценивается в 10 баллов. После суммирования баллов каждому зубу выставляется балльная оценка, в соответствии с которой пациенту присваивается группа риска. При значении 10 баллов и меньше пациент будет отнесен к группе низкого риска,

при значении 10-19 баллов — к среднему риску, при значении 20 баллов и более — к высокому риску развития осложнений. В соответствии с группой риска врач-стоматолог определяет тактику лечения или наблюдения пациента.

К группе низкого риска некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции корня зуба относятся пациенты с такими травмами как:

1. Изолированный перелом коронки с проведенным перекрытием пульпарно-дентинного комплекса в первые сутки после травмы
2. Подвывих (без смещения) с проведенным шинированием зуба в первые сутки после травмы
3. Изолированный перелом корня в средней или апикальной трети с проведенным шинированием зуба в первые сутки после травмы

Тактикой ведения пациентов данной группы будет стандартное рентгенологическое наблюдение по рекомендациям IADT [62]. К данной группе относятся пациенты с изолированной травмой зуба и оказанной неотложной помощью в первые сутки, что значительно снижает риск развития осложнений после травмы зуба. Постоянные зубы с изолированным поперечным переломом в апикальной или средней трети корня имеют благоприятный долгосрочный прогноз при соблюдении установленных протоколов лечения и наблюдения [127].

К группе среднего риска некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции корня зуба относятся пациенты с такими травмами как:

1. Подвывих без смещения с отсутствием шинирования зуба в первые сутки после травмы
2. Изолированный вколоченный вывих зуба
3. Перелом корня в средней или апикальной трети в сочетании с переломом коронки зуба
4. Подвывих (без смещения) в сочетании с переломом коронки зуба
5. Перелом коронки зуба без проведенного перекрытия пульпарно-дентинного комплекса

Пациенты группы среднего риска требуют более тщательного клинического и рентгенологического наблюдения. В соответствии с исследованиями способность

КЛКТ обследования выявлять периапикальные изменения, не обнаруженные на внутриротовых рентгенограммах, статистически значимая для резцов и клыков верхней челюсти ($p < 0,0001$). КЛКТ обеспечивает более детальную информацию о локализации и степени поражения, что отражает ее трехмерную природу [171]. Однако частые КЛКТ обследования связаны с высокой лучевой нагрузкой для пациентов детского возраста, что делает невозможным проведения КЛКТ во все сроки наблюдения, рекомендуемые руководствами IADT. К данной группе относятся пациенты с изолированной травмой зуба в сочетании с неоказанной неотложной помощью, что повышает риск развития осложнений и требует более частого рентгенологического наблюдения. К группе среднего риска также относятся дети с вколоченным вывихом зуба, при котором поверхность корня находится в тесном контакте с альвеолярной костью, что приводит к разрушению большинства волокон периодонтальной связки и цемента поверхности корня. Такое состояние также приводит к ишемии сосудисто-нервного пучка, в результате чего риск некроза пульпы и соответственно наружной воспалительной резорбции повышается [69].

Исход для постоянного зуба после травмы во многом зависит от своевременного выявления наружной воспалительной резорбции корня, лечения и соблюдения сроков рентгенологического наблюдения как врачом, так и пациентом.

В нашем исследовании только 5 пациентов с травмой зубов и наружной воспалительной резорбцией соблюдали срок наблюдения, установленные IADT, у 4 из них наружная воспалительная резорбция корня была выявлена в начальной стадии и после лечения корневых каналов в зависимости от стадии формирования корня во всех зубах отмечалась остановка наружной воспалительной резорбции или ее переход в наружную заместительную резорбцию, при которой цемент и дентин корня зуба замещается альвеолярной костью. У одного пациента после реплантации зуба была диагностирована полная резорбция корня, в связи с чем зуб удален.

12 пациентов обратились с жалобами спустя год и более после травмы зубов. Среди жалоб пациенты отмечали боль в зубе, его подвижность, изменение цвета

зуба или наличие свищевого хода. Было проведено КЛКТ обследование с последующим планированием лечения. Из 16 зубов с травмой только в 2 (12,5%) зубах была отмечена остановка наружной воспалительной резорбции корня после проведенного лечения. В 4 (25%) зубах была выявлена полная наружная воспалительная резорбция корней, в связи с чем зубы были удалены. В 3 (18,7%) зубах была диагностирована проникающая наружная воспалительная резорбция корней, однако пациент не обращался повторно с целью проведения эндодонтического лечения. В 7 (43,8%) зубах отмечен переход наружной воспалительной резорбции в наружную заместительную, однако потеря твердых тканей корня зуба значительна. Таким образом, позднее выявление наружной воспалительной резорбции корня постоянного зуба после травмы ограничивает выбор методов лечения и нередко приводит к потере зуба в детском возрасте. По этой причине пациенты группы среднего риска помимо стандартного рентгенологического наблюдения по протоколу IADT будут проходить дополнительное КЛКТ обследование через 2 (первые признаки) и 10 (манифестация большинства случаев наружной воспалительной резорбции) недель после травмы [130].

К группе высокого риска некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции корня зуба относятся пациенты с такими травмами как:

1. Полный вывих
2. Вколоченный вывих в сочетании с переломом коронки зуба
3. Перелом корня в корональной трети

Пациентам высокой группы риска некроза пульпы постоянного зуба после травмы рекомендовано провести экстирпацию пульпы в первое посещение или в течение 7-10 дней после травмы [42,143]. Задержка эндодонтического лечения приведет к быстро прогрессирующей наружной воспалительной резорбции корня в данной группе пациентов [56]. Полный и вколоченный вывихи зубов с наибольшей вероятностью приводят к некрозу пульпы и как следствие к наружной воспалительной резорбции корней. [9]. Перелом корня в корональной трети также нередко приводит к инфицированию корневых каналов из-за низкой вероятности

сращения фрагментов зуба между собой [139]. Исключением в данной группе будут дети с вывихами зубов на ранних стадиях формирования корня (при полном вывихе дополнительным условием является «сухое время» менее 15 минут [99], а при вколоченном вывихе с переломом коронки зуба – перекрытие пульпарно-дентинного комплекса в первые сутки после травмы). Способность пульпы противостоять бактериальной инвазии после травматических повреждений зависит от стадии созревания корня зуба и диаметра апикального отверстия. Диаметр 1,2 мм имеет больший потенциал для восстановления по сравнению с апикальным отверстием 0,7 мм [30]. Пациентов с вышеописанными травмами зубов рекомендовано наблюдать, как в средней группе риска.

Для демонстрации эффективности данного подхода приводим показательные клинические случаи.

Клинический случай 1

Пациентка А., 8 лет обратилась с жалобой на перелом передних зубов после падения с высоты собственного роста. Травма произошла 4 дня назад, пациентка в медицинскую организацию не обращалась. Диагноз: перелом коронок без повреждения пульпы 11 и 21 (S02.51). При первичном осмотре обнаружены открытые дентинные ткани в 11, 21, зубы неподвижны, холодовая проба положительная, перкуссия зубов безболезненная. На периапикальной рентгенограмме в 11 — корень сформирован на 2/3 с открытой верхушкой (III стадия по Цвеку), в 21 — завершённое формирование корня с открытой верхушкой (IV стадия по Цвеку) [73]. Соответственно Таблице 3.7 зубам 11 и 21 было присвоено 10 баллов, пациентка была отнесена к группе низкого риска развития осложнений. В первое посещение была проведена реставрация зубов 11 и 21 композиционным материалом (Рисунок 3.1), пациенту даны рекомендации по срокам рентгенологического наблюдения в соответствии с протоколами IADT. Через 1,5 года зубы клинически бессимптомны, на внутриротовых рентгенограммах отмечено полное формирование корней, что свидетельствует о витальности зубов (Рисунок 3.2).



Рисунок 3.1

Рисунок 3.2

Рисунок 3.1 — Внутриротовая рентгенограмма зубов 11, 21 немедленно после реставрации.

Рисунок 3.2 — Внутриротовая рентгенограмма зубов 11, 21 через 1,5 года после травмы.

Клинический случай 2

Пациент А., 9 лет обратился через 10 недель после травмы зуба 21 с жалобами на боли при накусывании на зуб. Объективно отмечается перелом коронки зуба в пределах дентина (Рисунок 3.3) и небольшая подвижность коронковой части 21, перкуссия зуба болезненна. С медиальной и вестибулярной стороны определяется пародонтальный карман глубиной 7 мм.



Рисунок 3.3 — Внутриротовое фото пациента в день травмы

Исходно пациент наблюдался в сторонней медицинской организации с диагнозом «перелом коронки зуба без вскрытия пульпы» (S02.51). Из двух ранее

выполненных внутриротовых рентгенограмм (Рисунки 3.4, 3.5) только на второй визуализируется линия перелома в 21, очевидная на КЛКТ, выполненном в день обращения (Рисунок 3.6).



Рисунок 3.4

Рисунок 3.5

Рисунок 3.6

Рисунок 3.4 — Внутриротовой снимок пациента через 9 недель после травмы зуба.

Рисунок 3.5 — Внутриротовой снимок того же пациента через 10 недель после травмы зуба.

Рисунок 3.6 — КЛКТ пациента через 10 недель после травмы зуба.

Также на второй рентгенограмме, выполненной через 10 недель после травмы видны первые признаки наружной воспалительной резорбции в 21. Наличие пульпопародонтального сообщения делало невозможным ортоградное эндодонтическое лечение. При этом очаг в периапикальной области говорил о некрозе пульпы не только в корональном, но и в апикальном фрагменте. Было принято решение изолировать линию перелома материалом МТА через хирургический доступ — это также дало возможность открытого кюретажа грануляционной ткани в области пародонтального кармана (Рисунки 3.7,3.8).



Рисунок 3.7 — Внутриротовое фото пациента в момент хирургического вмешательства.



Рисунок 3.8 — Внутриротовое фото пациента сразу после ушивания слизисто- надкостничного лоскута.

Через 10 дней было выполнено ортоградное эндодонтическое лечение с пломбированием корневого канала препаратом МТА, а также восстановление коронки 21 композитным пломбировочным материалом. На КЛКТ через 6 месяцев (Рисунок 3.9) отмечается полное заживление очагов просветления и образование в линии перелома прослойки из твердых тканей. При осмотре отмечено восстановление эпителиального прикрепления в месте, где ранее имелся пародонтальный карман.

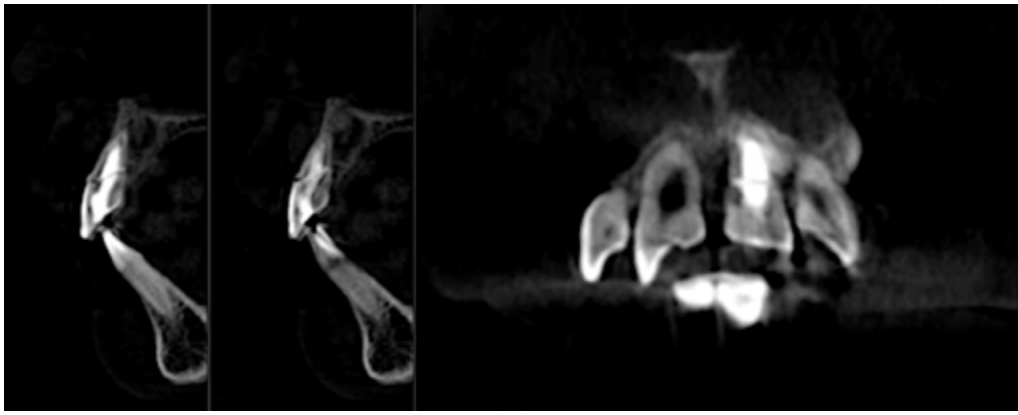


Рисунок 3.9 — КЛКТ пациента через 6 месяцев после лечения.

Данный случай демонстрирует возможность применения балльной системы для пациентов, обращающихся по поводу травмы зуба повторно. При исходном обращении случай соответствовал среднему уровню риска некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции (10 баллов из-за перелома корня в средней трети в сочетании с переломом коронки). Однако, отсутствие перекрытия пульпарно-дентинного комплекса в день обращения перевело его в категорию высокого риска (дополнительные 10 баллов из-за отсутствия адекватного лечения). При обращении с клиникой некроза пульпы и рентгенологическими признаками начальной стадии наружной воспалительной резорбции только КЛКТ дало возможность окончательной постановки диагноза. Своевременно оказанная помощь привела к остановке наружной воспалительной резорбции и улучшению прогноза для зуба.

Клинический случай 3

Пациент К., 10 лет обратился с жалобой отсутствия зуба в лунке. Диагноз: полный вывих в сочетании с перелом коронки 11 (S03.22), подвывих в сочетании с перелом коронки 21 (S03.20) (Рисунок 3.10).



Рисунок 3.10 — Внутриротовое фото (слева) и внутриротовой снимок (справа) пациента в день травмы.

В анамнезе падение с самоката и обращение пациента в медицинскую организацию, где помощь не была оказана, так как с момента травмы прошло более 2 часов. На следующий день зуб был погружен в молоко, таким образом на момент обращения пациента «сухое время» для зуба составило более 12 часов. Помимо клинического осмотра, опроса пациента и рентгенологического обследования было присвоено 30 баллов 11 (высокий риск) и 15 баллов 21 (средний риск) в соответствии с Таблицей 3.6. В первое посещение было проведено эндодонтическое лечение и реплантация 11, перекрытие линий переломов коронок 11 и 21 повязкой из стеклоиномерного цемента, шинирование зубов проволочно-композитной шиной. Проведен рентгенологический контроль пломбирования корневого канала 11 (Рисунок 3.11).



Рисунок 3.11 — Внутриротовое фото (слева) и внутриротовой снимок (справа) пациента сразу после эндодонтического лечения.

Через 2 недели после снятия шины было проведено рентгенологическое обследование и реставрация зубов 11 и 21 композиционным материалом. Через 25 дней с момента травмы зубов на периапикальной рентгенограмме в 21 была выявлена наружная воспалительная резорбция корня, проведено эндодонтическое лечение с пломбированием корневого канала материалом на основе гидроксида кальция на 2 недели (Рисунок 3.12)



Рисунок 3.12 — Внутриротовые снимки пациента: слева – через 25 дней после травмы, справа – сразу после временного пломбирования 21.

В следующий визит было выполнено окончательное пломбирование корневого канала методом вертикальной конденсации с применением силера на основе МТА (Рисунок 3.13).



Рисунок 3.13 — Внутриротовой снимок пациента после окончательного пломбирования 21.

Через 2,5 года наблюдения в 21 отмечена остановка наружной воспалительной резорбции корня, в 11 — признаки анкилоза, что является следствием длительного «сухого времени» (Рисунок 3.14).



Рисунок 3.14 — Внутриротовой снимок пациента через 2,5 года с момента травмы.

Зубы клинически бессимптомны, что является благоприятным прогнозом, учитывая тип травм. В настоящем случае наблюдение зуба со средним риском некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции позволило вовремя диагностировать оба состояния и провести лечение до того, как наружная воспалительная резорбция привела к критической утрате тканей. Немедленное удаление пульпы в зубе с высоким риском позволило предотвратить наружную воспалительную резорбцию.

Всего в нашем исследовании из 68 всего 17 пациентов с травмой 36 постоянных зубов обратились в течение первых 7 дней после травмы и могли быть проведены в соответствии с разработанной системой оценки рисков. При этом 17 (47,2%) зубов попали в группу высокого риска, 11 (30,6%) – среднего, 8 (22,2%) – низкого. Среди детей, наблюдавшихся в соответствии с распределением на группы риска по балльной системе признаков инвазивной наружной воспалительной резорбции нет ни у одного. В 17,8% зубов были выявлены ранние признаки наружной воспалительной резорбции, которая в дальнейшем перешла в заместительную.

Риск-ориентированный подход может стать эффективным инструментом для врача-стоматолога в выборе тактики ведения детей с травмой постоянных зубов. Оценка факторов риска некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции в конкретном постоянном зубе у ребенка позволит врачу предоставить персонализированный путь профилактики данных осложнений, а значит повысить вероятность выживаемости зубов после травмы. Метод расчета рисков некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции постоянных зубов после травмы прост и удобен, не требует больших материальных затрат и может быть использован врачом-стоматологом в повседневной практике.

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ НАРУЖНОЙ ВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ РЕЗОРБЦИИ КОРНЕЙ ПОСЛЕ ТРАВМЫ ЗУБОВ У ДЕТЕЙ

Из 68 пациентов с травмой 155 зубов наружная воспалительная резорбция была обнаружена в 24 (15,8%) постоянных зубах у 21 (30,9%) ребенка. Пациенты отмечали боль при накусывании, подвижность зубов, изменение положения и цвета зубов и появление свищевого хода (Таблица 4.1). Однако чаще всего (в 42,9%) наружная воспалительная резорбция имела бессимптомное течение и являлась рентгенологической находкой. Это подчеркивает важность соблюдения сроков рентгенологического контроля состояния зубов после травмы.

Таблица 4.1 – Клинические проявления наружной воспалительной резорбции у пациентов

Симптом	Частота встречаемости
Подвижность зуба	3/21 (14,3%)
Изменение цвета зуба	3/21 (14,3%)
Изменение положения зуба	2/21 (9,5%)
Свищевой ход	6/21(28,6%)
Боль при накусывании	4/21(19%)
Симптомы отсутствуют	9/21(42,9%)

Из всех травм к такому грозному осложнению привели разные виды вывихов и множественная травма зубов. Так в 7 зубах (29,2%) случились вколоченные вывихи в сочетании с переломом коронок зубов, в 4 зубах (16,6%) — полные вывихи, в 9 зубах (37,5%) — неполные вывихи, а в 2 зубах (8,3%) — неполные вывихи в сочетании с переломом коронок зубов. Только в 1 зубе (4,2%) в анамнезе — перелом корня в средней трети в сочетании с перелом коронки, еще в 1 зубе (4,2%) наружная воспалительная резорбция случилась при изолированном переломе коронки. По срокам обращения пациенты распределились следующим образом: 11 пациентов обратились в течение 2–9 месяцев после травмы зубов, а 10 человек — только спустя год и более после травмы, то есть наружную

воспалительную резорбцию диагностировали при позднем обращении, когда программа профилактики, предложенная в главе 3, уже неактуальна. В результате опроса пациентов было выявлено, что в день травмы адекватно оказанную неотложную помощь получили 5 человек. В 2 случаях помощь была оказана неадекватно, в частности отказ от реплантации зуба после полного вывиха, 14 пациентов в день травмы в медицинскую организацию не обращались.

Согласно риск-ориентированному подходу пациенты распределились на следующие категории: в группу низкого риска попали 3 человека с травмой 3 зубов (12,5%), в группу среднего риска — 6 детей с травмой 7 зубов (29,2%), в группу высокого риска — 12 детей с травмой 14 зубов (58,3%) (см. главу 3). Риск-ориентированный подход в данном случае позволяет достоверно прогнозировать вероятность наружной воспалительной резорбции корней при травме постоянных зубов.

При выявлении наружной воспалительной резорбции корня постоянного зуба после травмы общепринятого метода лечения не существует. Традиционно лечение корневых каналов при данном осложнении направлено на устранение источника инфицирования (некротизированной пульпы), что приводит к десенсибилизации остеокластов и приостановке резорбции. Для достижения этих целей используют материалы на основе гидроксида кальция, комбинации антибиотиков и кортикостероидов, а также препараты на основе МТА.

4.1 Лечение с применением препарата на основе гидроксида кальция

В первой группе проводилось лечение 13 пациентам с травмой 15 постоянных зубов, используя препарат на основе гидроксида кальция. В двух случаях в корневые каналы дополнительно помещали препарат на основе антибиотика и кортикостероида из-за выраженных гиперэргических реакций у пациента. Из 15 зубов в 9 (60%) отмечали остановку наружной воспалительной резорбции, в 3 (20%) зубах был отмечен переход наружной воспалительной резорбции в наружную заместительную и в 3 (20%) зубах была выявлена прогрессия наружной воспалительной резорбции на фоне лечения.

Клинический случай 4.1.1

Пациент К, 8 лет обратился через 2 месяца после травмы с жалобами на подвижность передних зубов. В день травмы пациент обратился в медицинское учреждение по месту жительства, где неотложная помощь не была оказана. При первичном осмотре были выявлены неполные вывихи 11 и 21 (S03.20) (Рисунок 4.1.1), а также сверхкомплектные зубы, расположенные небно по отношению к 11 и 21.



Рисунок 4.1.1 – Внутриротовое фото пациента в день обращения.

На КЛКТ определялись очаги неинвазивной наружной воспалительной резорбции, локализованные на дистальных поверхностях корней 11 и 21. Также в 11 и 21 отмечено завершенное формирование корней с открытой верхушкой (IV стадия по Цвеку) [73]. Сверхкомплектные зубы имеют примитивную шиловидную форму (Рисунок 4.1.2).

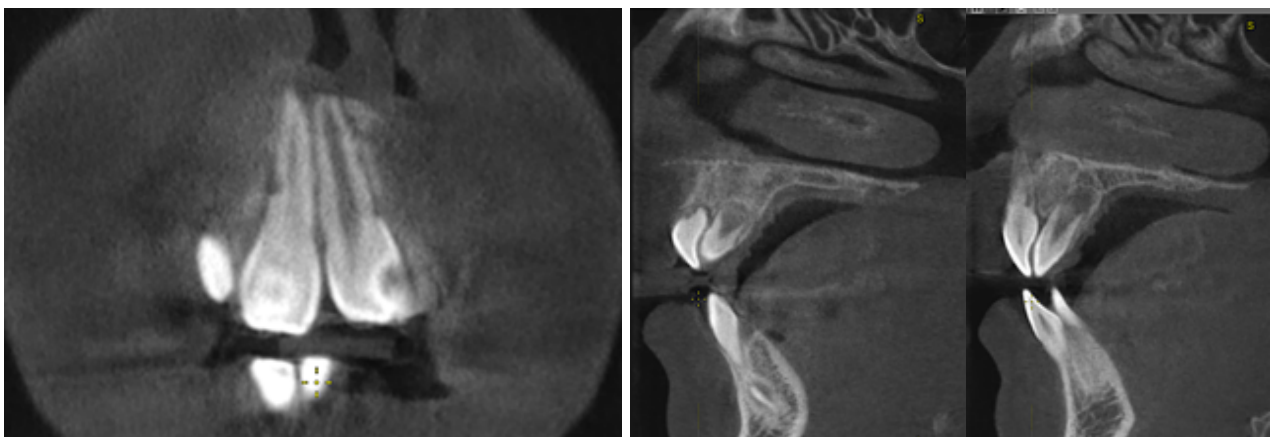


Рисунок 4.1.2 – КЛКТ пациента через 2 месяца после травмы.

В данном случае пациенту было предложено эндодонтическое лечение с применением препарата на основе гидроксида кальция для временного

пломбирование корневых каналов и дальнейшая апексификация материалом МТА. После подписания информированного согласия данная методика и была проведена в два этапа: снятие явлений воспаления с применением препарата на основе гидроксида кальция для временного пломбирования и окончательное пломбирование корневых каналов с созданием барьера с применением МТА. Клинический протокол был реализован, как описано в главе «Материалы и методы». Также выполнено удаление сверхкомплектных зубов (Рисунки 4.1.3 – 4.1.5).



Рисунок 4.1.3 – Внутриротовое фото пациента после удаления сверхкомплектных зубов.

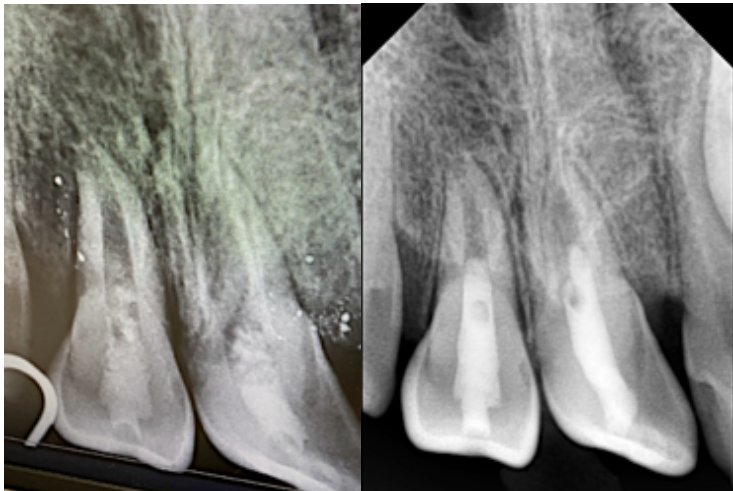


Рисунок 4.1.4

Рисунок 4.1.5

Рисунок 4.1.4 – Внутриротовой снимок пациента после временного пломбирования 11 и 21.

Рисунок 4.1.5 – Внутриротовой снимок того же пациента после окончательного пломбирования 11 и 21.

Пациент наблюдался в соответствии с рекомендациями IADT и балльной системы [62]. Во время каждого повторного визита выполнялась периапикальная рентгенограмма для оценки заживления костной ткани и остановки наружной воспалительной резорбции корней. Через 1,5 года наблюдения в 11 отмечена остановка наружной воспалительной резорбции корня, в 21 — переход наружной воспалительной резорбции в наружную заместительную (Рисунок 4.1.6). В данном случае, благодаря правильно выбранной тактике лечения нам удалось избежать быстропрогрессирующей воспалительной резорбции корней постоянных зубов после травмы и сохранить основной массив твердых тканей корней зубов.



Рисунок 4.1.6 – Внутриротовая рентгенограмма через 1,5 года после лечения.

Клинический случай 4.1.2

Пациент Д, 10 лет обратился с жалобами на боли при накусывании в области верхних резцов слева. В анамнезе травма 4 года назад, а именно неполные вывихи 21 и 22 (S03.20), при обращении по месту жительства зубы были шинированы, эндодонтическое лечение не проводилось. При первичном осмотре была обнаружена инфраокклюзия зубов 21 и 22, на КЛКТ в 21 определялся очаг наружной воспалительной резорбции корня, локализованный в пришеечной области, в 22 — наружная воспалительная резорбция в апикальной части корня (Рисунки 4.1.7, 4.1.8).

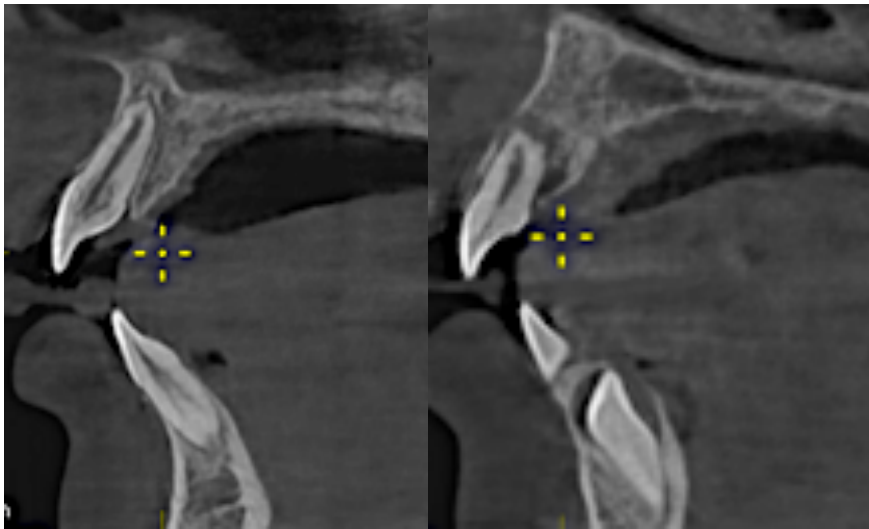


Рисунок 4.1.7

Рисунок 4.1.8

Рисунок 4.1.7 – КЛКТ пациента через 4 года после травмы, наружная воспалительная резорбция в 21.

Рисунок 4.1.8 – КЛКТ пациента через 4 года после травмы, наружная воспалительная резорбция в 22.

Пациенту было предложено эндодонтическое лечение с пломбированием корневых каналов 21 и 22 пастой на основе гидроксида кальция с целью снятия явлений воспаления. Временная повязка менялась на новую трижды каждый месяц. Далее в 22 проводилось окончательное пломбирование корневого канала с применением силера и гуттаперчи, в корневом канале 21 оставлен препарат гидроксида кальция на месяц. Через 10 месяцев с момента лечения на периапикальной рентгенограмме выявлена прогрессирующая наружная воспалительная резорбция корней 21 и 22 (Рисунок 4.1.9).



Рисунок 4.1.9 – Внутриротовая рентенограмма пациента через 10 месяцев с момента лечения.

В данном случае метод лечения не продемонстрировал эффективность в остановке наружной воспалительной резорбции, а в 21 она стала инвазивной. Прогноз для данного зуба плохой, закрытие зоны резорбции материалом МТА здесь малоперспективно из-за коронального расположения очага резорбции, почти наверняка это будет сопровождаться образованием пародонтального кармана. Ввиду непредсказуемости течения возможными вариантами лечения в данном случае будут: удаление зуба и ретенционная каппа с целью удержания места, либо декоронация зуба с ушиванием слизисто-надкостничного лоскута для отсрочки удаления зуба до достижения 18-20 лет [76].

Продолжительность внутриканального лечения с применением материала на основе гидроксида кальция варьируется от 4 недель до 11 месяцев в постоянных сформированных зубах и от 4 недель до 24 месяцев в несформированных зубах, что предполагает регулярное наблюдение пациента [105]. Методика способствует остановке наружной воспалительной резорбции корня [35], однако предполагается, что гидроксид кальция имеет высокий щелочной pH, который может нейтрализовать, растворять или денатурировать компоненты органического матрикса дентина корня зуба, что приводит к разрушению его структуры и повышению склонности зубов к переломам [82]. Было отмечено, что частота переломов корней зависела от стадии развития корня зуба, поскольку она была

выше в несформированных зубах и варьировалась от 77% при стадии развития корня I по Цвеку до 28% при стадии развития корня IV по Цвеку. Среди постоянных сформированных зубов переломы корня наблюдались только в 2% случаев. Еще одним значимым фактором патологического перелома является воспалительная резорбция в пришеечной области корня [73]. Отмечалось, что препарат на основе гидроксида кальция способствует некрозу эпителиального корневого влагалища Гертвига, тем самым препятствуя дальнейшему формированию корня [98]. Таким образом, метод лечения корневого канала с помощью препаратов на основе гидроксида кальция применим в постоянных сформированных зубах (V стадия по Цвеку) и в сформированных зубах с открытой верхушкой (IV стадия по Цвеку) при неинвазивной наружной воспалительной резорбции корня. Если некроз пульпы и наружная воспалительная резорбция случились в постоянных зубах на ранних стадиях формирования корней (I – III стадии по Цвеку) мало остановить резорбцию, необходимо получить продолженный рост корня. Клиническим решением является методика регенерации пульпоподобной ткани, однако риск перелома корня в пришеечной трети по-прежнему сохраняется [153].

4.2 Лечение с применением методики регенерации пульпоподобной ткани

Во второй группе проводилось лечение 6 пациентам с травмой 7 постоянных несформированных зубов, в которых была диагностирована наружная воспалительная резорбция корней. Из 7 зубов в 4 (57%) произошла остановка наружной воспалительной резорбции, в 2 (28,6%) зубах был отмечен переход наружной воспалительной резорбции в наружную заместительную и в 1 (14,4%) зубе была выявлена прогрессирующая наружная воспалительная резорбция на фоне лечения.

Клинический случай 4.2.1

Пациентка Р, 10 лет обратилась с жалобами на наличие свищевого хода в области верхних резцов. В анамнезе 3 года назад — неполный вывих (S03.20) 21 в сочетании с переломом коронки зуба (S02.51), при обращении по месту жительства в день травмы помощь оказана не была. Через 3 года пациентка обратилась в ту же

медицинскую организацию с явлениями периодонтита, где было проведено удаление некротизированной пульпы и зуб оставлен открытым. При первичном осмотре в проекции вершины корня 21 обнаружен свищевой ход со скудным гнойным отделяемым, перкуссия зуба резко болезненная, зуб неподвижен. На периапикальной рентгенограмме 21 определялся очаг просветления с четкими контурами диаметром до 1 см и очаги наружной воспалительной резорбции, локализованные в пришеечной области корня (Рисунок 4.2.1).



Рисунок 4.2.1 – Внутриротовая рентгенограмма пациента через 3 года, наружная воспалительная резорбция в 21.

Пациентке было предложено лечение методом регенерации пульпоподобной ткани. После подписания информированного согласия данная методика была проведена, как описано в главе «Материалы и методы» (Рисунок 4.2.2).



Рисунок 4.2.2 – Внутриротовой снимок того же пациента после лечения.

Пациентка регулярно наблюдалась клинически и рентгенологически на протяжении 7 лет. В ходе наблюдения было отмечено полное заживление очага просветления в периапикальных тканях и очагов резорбции с заполнением их и просвета корневого канала тканью, рентгенологически соответствующей плотности кости (Рисунки 4.2.3 – 4.2.5). Клинически зуб был бессимптомен на протяжении всего наблюдения.



Рисунок 4.2.3

Рисунок 4.2.4

Рисунок 4.2.5

Рисунок 4.2.3 – Внутриротовой снимок через 6 месяцев с момента лечения.

Рисунок 4.2.4 – Внутриротовой снимок через 12 месяцев с момента лечения.

Рисунок 4.2.5 – Внутриротовой снимок через 2 года с момента лечения.

Клинический случай 4.2.2

Пациентка М, 8 лет обратилась через 2 месяца после травмы передних зубов. В анамнезе неполные вывихи 11 и 21 (S03.20), зубы шинированы брекет-системой. В день травмы пациентка за помощью в медицинскую организацию не обращалась. На КЛКТ в день обращения обнаружена наружная воспалительная резорбция в апикальной части несформированного корня 21 (Рисунок 4.2.7).

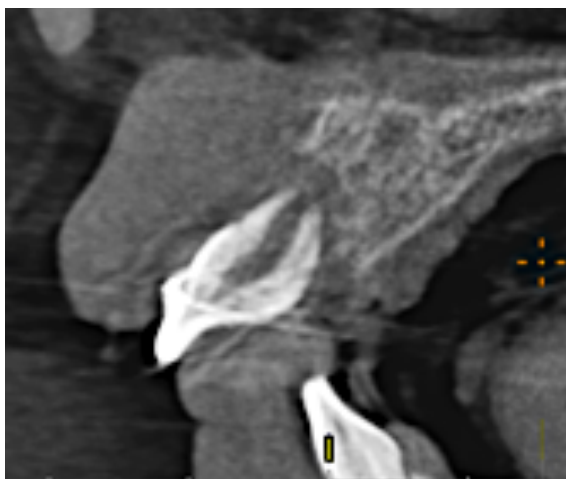


Рисунок 4.2.7 – КЛКТ пациентки в день обращения.

В данном случае пациентке была предложена методика регенерации пульпоподобной ткани с целью заживления очагов просветления и продолженного роста корня. После подписания информированного согласия данная методика была проведена (см. главу «Материалы и методы»), (Рисунок 4.2.8).

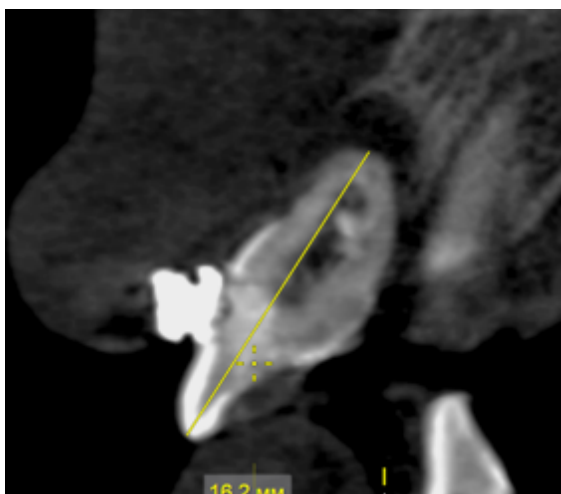


Рисунок 4.2.8 – КЛКТ пациентки после лечения.

Через 3 месяца зуб 21 был удален из-за прогрессии наружной воспалительной резорбции и нарастающей подвижности.

Методика регенерации пульпоподобной ткани преследует несколько целей: устранение симптомов воспаления, заживление очагов рентгенологического просветления в периодонте, рост корня зуба в длину и толщину, а также восстановление чувствительности пульпы зуба [10, 175]. Процедура выполняется за одно или два посещения, что повышает комплаентность пациента. Регенерация пульпоподобной ткани лишена такого недостатка, как ослабление структуры дентина, вызываемой длительной экспозицией гидроксида кальция. Регенерация пульпоподобной ткани позволяет успешно остановить наружную воспалительную резорбцию корня [121] и получить прирост твердых тканей зуба, однако утраченные в результате резорбции твердые ткани не восстанавливаются. При позднем обнаружении выраженная утрата твердых тканей также увеличивает риск патологического перелома корня.

В нашем исследовании один зуб был удален в связи с патологическим переломом корня спустя 9 лет после проведения регенерации пульпоподобной ткани в 21 (см. клинический случай 4.2.1). Во время планового ежегодного осмотра пациентка пожаловалась на подвижность зуба, рентгенологически был диагностирован перелом корня в пришеечной области, ослабленной очагами резорбции (Рисунок 4.2.9).



Рисунок 4.2.9 – Внутриротовой снимок через 7 лет наблюдения.

Удаленный зуб был подвергнут гистологическому исследованию, на гистологическом препарате отмечено врастание костной ткани в просвет канала (зеленый) до уровня МТА (розовый) (Рисунок 4.2.10).

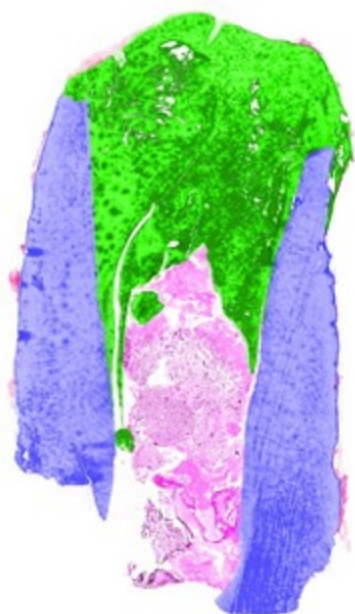


Рисунок 4.2.10 – Гистологический препарат удаленного 21.

На момент удаления зуба пациентка достигла совершеннолетнего возраста и сохранился достаточный объем костной ткани для имплантации и последующего протезирования.

Также нами было отмечено редкое осложнение методики регенерации пульпоподобной ткани — образование «фантомного» корня. Фантомный корень — дополнительный фрагмент корня, образующийся в зубах, перенесших травму или вмешательство на этапе формирования из-за отрыва апикального сосочка. При этом корональный фрагмент может иметь коническую форму или происходит образование внутренней периодонтальной связки с вращением костной ткани в широкое апикальное отверстие зуба. Продолженный рост корня в длину и толщину практически исключен [11].

Клинический случай 4.2.3

Пациентка Р, 7 лет обратилась через 1 год после травмы с жалобой на боли при накусывании в области 21 и 11. На апикальной рентгенограмме корни обоих зубов в стадии параллельных стенок, отмечены очаги просветления с нечеткими контурами диаметром примерно 3 мм. Пациентке была проведена регенерация пульпоподобной ткани в обоих зубах по стандартному протоколу. Через 1 год после лечения продолженный рост корней обоих зубов отсутствовал, однако в некотором отдалении от корональной части обнаружились рентгеноконтрастные

образования, соответствующие дентину, с небольшими очагами просветления в центре. Было констатировано образование фантомных корней в 11 и 21, в течение 5 лет зубы клинически бессимптомны (Рисунок 4.2.11) [11].

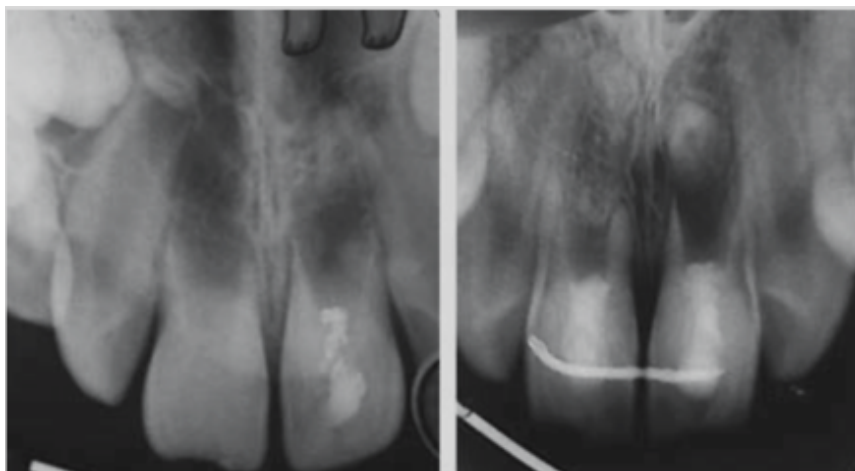


Рисунок 4.2.11 – Внутриротовой снимок пациентки при обращении через 1 год после травмы (слева) и через 5 лет после лечения (справа).

4.3 Лечение с применением материала на основе МТА

В третьей группе проводилось лечение 5 пациентам, у которых была диагностирована наружная воспалительная резорбция в 5 постоянных зубах после травмы. Из 5 зубов в 2 (40%) была отмечена остановка наружной воспалительной резорбции и в 3 (60%) зубах был диагностирован переход наружной воспалительной резорбции в наружную заместительную.

Клинический случай 4.3.1

Пациентка К, 10 лет обратилась для снятия проволочно-лигатурной шины после полного вывиха 11, 12 (S03.22) в результате автоаварии (Рисунок 4.3.1).



Рисунок 4.3.1 – Внутриротовое фото пациентки в день обращения.

Травма произошла год назад, по месту жительства было проведено шинирование зубов, после чего ребенок наблюдался в поликлинике, эндодонтическое лечение зубов не проводилось. На КЛКТ в день обращения обнаружена полная наружная воспалительная резорбция корня 12 и инвазивная наружная воспалительная резорбция корня 11 (Рисунок 4.3.2).



Рисунок 4.3.2 – Внутриворотная рентгенограмма и КЛКТ пациентки в день обращения.

После снятия шины была отмечена подвижность III степени 12 и II степени 11. Пациентке было предложено удаление 12 и лечение 11 с перекрытием зоны резорбции материалом на основе МТА через хирургический доступ (Рисунки 4.3.3, 4.3.4).



Рисунок 4.3.3

Рисунок 4.3.4

Рисунок 4.3.3 – Внутриворотной снимок пациентки сразу после лечения.

Рисунок 4.3.4 – Внутриворотной снимок пациентки через 6 мес с момента лечения.

Через 2 года наблюдения отмечен переход наружной воспалительной резорбции в заместительную с заполнением просвета корневого канала 11 тканью, рентгенологические свойства которой напоминают кость (Рисунок 4.3.5).

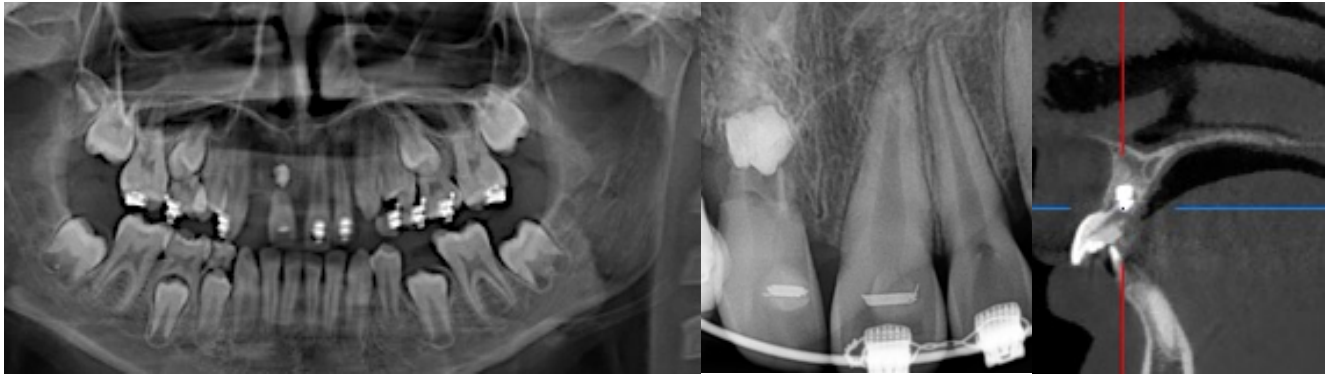


Рисунок 4.3.6 – Внутриворотной снимок пациентки через 2 года наблюдения.

В данном случае переход воспалительной резорбции в заместительную является самым благоприятным прогнозом, на который мы можем рассчитывать, так как позволяет избежать удаления зуба с образованием большого костного дефекта.

Клинический случай 4.3.2

Пациентка К, 13 лет обратилась с жалобой на боль при накусывании через 5 лет после травмы постоянных зубов. В анамнезе вколоченные вывихи 11 и 21 (S03.21), в день травмы пациентка в медицинскую организацию не обращалась. На внутриворотной рентгенограмме в день обращения выявлена наружная воспалительная резорбция в апикальной части корня 11 (Рисунок 4.3.7).



Рисунок 4.3.7 – Внутриворотной снимок пациентки в день обращения.

Пациентке было предложено лечение 11 методом регенерации пульпоподобной ткани (Рисунок 4.3.8), однако через 3 года из-за обострения воспаления была проведена резекция верхушки корня и ретроградное пломбирование корневого канала материалом МТА (Рисунок 4.3.9).



Рисунок 4.3.8

Рисунок 4.3.9

Рисунок 4.3.8 – Внутриворотной снимок пациентки через 6 месяцев после лечения.

Рисунок 4.3.9 – Внутриворотной снимок пациентки через 3 года с момента лечения перед проведением резекции верху.

После проведения процедуры резекции верхушки корня 11 через хирургический доступ пациентка наблюдалась клинически и рентгенологически в течение 2 лет. Зуб был клинически бессимптомный в течение всего времени наблюдения, на внутриворотном снимке отмечен переход наружной воспалительной резорбции в наружную заместительную, что является самым благоприятным прогнозом, на который мы можем рассчитывать, так как позволяет избежать удаления зуба с образованием большого костного дефекта (Рисунок 4.3.10).



Рисунок 4.3.10 – Внутриротовой снимок пациентки через 2 года после ретроградного пломбирования корневого канала 11 материалом МТА.

Кратко результаты лечения 3 групп детей с наружной воспалительной резорбцией корней постоянных зубов после травмы представлены в Таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты лечения пациентов с наружной воспалительной резорбцией корней постоянных зубов

Группы	Групповая принадлежность зубов	Результаты лечения через 2 года наблюдений
1-я (13 человек, 15 зубов)	21	Остановка НВР
	21	НВР переведена в НЗР
	11	Остановка НВР
	11	Остановка НВР
	11	Остановка НВР
	12	НВР переведена в НЗР
	11	Остановка НВР
	21	НВР переведена в НЗР
	25	Остановка НВР
	21	Прогрессия НВР, зуб удален
	22	Остановка НВР
	11	Остановка НВР

	21	Прогрессия НВР, зуб удален
	22	Прогрессия НВР, зуб удален
	21	Остановка НВР
2-я (6 человек, 7 зубов)	11	Остановка НВР
	21	Остановка НВР
	11	НВР переведена в НЗР
	21	НВР переведена в НЗР
	11	Остановка НВР
	11	Остановка НВР
	21	Прогрессия НВР, зуб удален
3-я (5 человек, 5 зубов)	11	НВР переведена в НЗР
	21	НВР переведена в НЗР
	21	НВР переведена в НЗР
	21	Остановка НВР
	11	Остановка НВР

При позднем обнаружении нередко диагностируется инвазивная наружная воспалительная резорбция, при которой все традиционные методики эндодонтического лечения мало результативны без перекрытия зоны резорбции, так как невозможно создать герметизм. В данном случае применяются хирургические методы. Препарат МТА был выбран в качестве материала для перекрытия области резорбции благодаря своей биосовместимости, остеокондуктивности, а также способности затвердевать во влажной среде и создавать герметичность при контакте с периапикальными тканями [165,16]. При закрытии зоны патологической резорбции корня или перелома корня материалом МТА вероятность образования в этой области ткани, подобной кости, высока.

Такое лечение является паллиативным, так как прогноз для постоянного зуба после травмы плохой, но остановка воспалительного процесса и замедление процесса резорбции может продлить функционирование зуба на несколько лет.

Таким образом, выбор стратегии для остановки резорбционного процесса зависит от инвазивности наружной воспалительной резорбции и

сформированности корня постоянного зуба после травмы. Длительная задержка между травмой и первым обращением пациента за помощью влияет на степень прогрессирования наружной воспалительной резорбции корня зуба [118]. Позднее выявление данного осложнения требует сложного и длительного лечения с непредсказуемым прогнозом. Чаще всего методом выбора будет хирургическое лечение с перекрытием зоны резорбции материалом МТА. В постоянных сформированных зубах с признаками неинвазивной наружной воспалительной резорбции успешным методом является эндодонтическое лечение с использованием препаратов на основе гидроксида кальция и комбинации антибиотика и кортикостероида с дальнейшей obturацией корневого канала силером и гуттаперчей. Метод регенерации пульпоподобной ткани эффективен для остановки неинвазивной наружной воспалительной резорбции в постоянных несформированных зубах и прироста твердых тканей корня зуба в длину и толщину, однако прогноз для зубов с большой убылью твердых тканей корня остается плохим. Только в 57% случаев удалось добиться остановки резорбции, но утрата твердых тканей значительно повышала риски отдаленных осложнений, в первую очередь — перелома корня.

В ходе исследования у всех 94 пациентов был проанализирован прогноз наружной воспалительной резорбции в зависимости от сроков ее обнаружения. Результаты представлены в Таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Сроки рентгенологического выявления наружной воспалительной резорбции корня постоянного зуба после травмы и исход заболевания

Пациент	Тип травмы	Степень формирования корня	Срок обнаружения наружной воспалительной резорбции	Исход травмы
1	11 – полный вывих	Несформирован	6 мес	Инвазивная НВР переведена в НЗР
	12 – полный вывих	Несформирован	6 мес	Зуб удален
2	11 – полный вывих и перелом коронки без повреждения пульпы	Сформирован	24 дня	НВР переведена в НЗР
	21 – подвывих и перелом коронки без повреждения пульпы	Сформирован	24 дня	НВР переведена в НЗР
3	11 – полный вывих	Несформирован	35 дней	Зуб удален
4	11 – полный вывих	Сформированы	>года	Инвазивная НВР корня
	12 – полный вывих	Сформирован	>года	Инвазивная НВР корня

	2.1 – полный вывих	Сформи рован	>года	Инвазивная НВР корня
5	11 – вколоченный вывих и перелом коронки без повреждения пульпы	Несфор мирован	2 года	Формирование внутренней периодонталь ной связки и фантомного корня
	21 – вколоченный вывих и перелом коронки без повреждения пульпы	Несфор мирован	2 года	Формирование внутренней периодонталь ной связки и фантомного корня
6	11 – вколоченный вывих	Несфор мирован	5 лет	Зуб удален
7	21 – неполный вывих	Несфор мирован	> года	Инвазивная НВР переведена в НЗР
8	21 – неполный вывих и перелом коронки без вскрытия пульпы	Сформи рован	1 год	НВР переведена в НЗР
9	11 – вколоченный вывих	Несфор мирован	1 год	Зуб удален

10	21 – полный вывих	Несфор мирован	2 года	Инвазивная НВР переведена в НЗР
11	12 – вколоченный вывих	Несфор мирован	год	НЗР
	11 – неполный вывих и перелом коронки без вскрытия пульпы	Сформи рован	год	Остановка НВР
12	11 – подвывих	Несфор мирован	2 мес	Остановка НВР
	21 – подвывих	Несфор мирован	2 мес	Остановка НВР
13	11 – перелом коронки и неполный вывих	Несфор мирован	6 недель	Остановка НВР
14	22 – неполный вывих	Сформи рован	6 недель	Остановка НВР
15	21 – вколоченный вывих и перелом коронки без повреждения пульпы	Несфор мирован	>года	Зуб удален
16	11 – неполный вывих	Сформи рован	4 мес	НВР переведена в НЗР

17	21 – вколоченный вывих и перелом коронки зуба без повреждения пульпы	Несфор мирован	3 года	НВР переведена в НЗР Удален через 9 лет в связи с патологичес ким переломом корня
18	11 – неполный вывих	Сформи рован	4 мес	Остановка НВР
19	11 – вколоченный вывих и перелом коронки зуба без повреждения пульпы	Несфор мирован	9 мес	Остановка НВР
20	11 – перелом коронки без повреждения пульпы	Несфор мирован	8 мес	Остановка НВР
21	21 – перелом корня и коронки без повреждения пульпы	Несфор мирован	6 мес	Остановка НВР
22	21 – неполный вывих	Несфор мирован	2 мес	Зуб удален
23	11 – вколоченный вывих и перелом коронки без повреждения пульпы	Сформи рован	2 года	Остановка НВР

24	21 – неполный вывих 22 – неполный вывих	Несфор мирован	4 года	Зуб удален
25	21 – неполный вывих и перелом коронки без повреждения пульпы	Сформи рован	9 мес	Остановка НВР

Исход наружной воспалительной резорбции зависит не только от метода лечения, но и от сроков ее обнаружения. Исходя из данных в Таблице 4.3 средний срок обращения пациентов с неблагоприятным исходом (зуб удален) составил 20 месяцев, в течение которых пациенты не наблюдались. Соблюдение сроков рентгенологического наблюдения пациента имеет большое значение не только для профилактики, но и для прогноза в случае лечения наружной воспалительной резорбции корня зуба после травмы. Каждый случай инвазивной резорбции – результат ее позднего обнаружения в результате несоблюдения тактики ведения. Прогноз для таких зубов непредсказуем. Правильная тактика наблюдения позволяет выявить наружную воспалительную резорбцию на ранних сроках, когда вероятность благополучного или относительно благополучного исхода высока.

4.4 Алгоритм профилактики и лечения пациентов с наружной воспалительной резорбцией корня постоянного зуба

Способы лечения наружной воспалительной резорбции постоянных зубов у детей после травмы были суммированы в алгоритме, представленном на Рисунке 4.4.1.

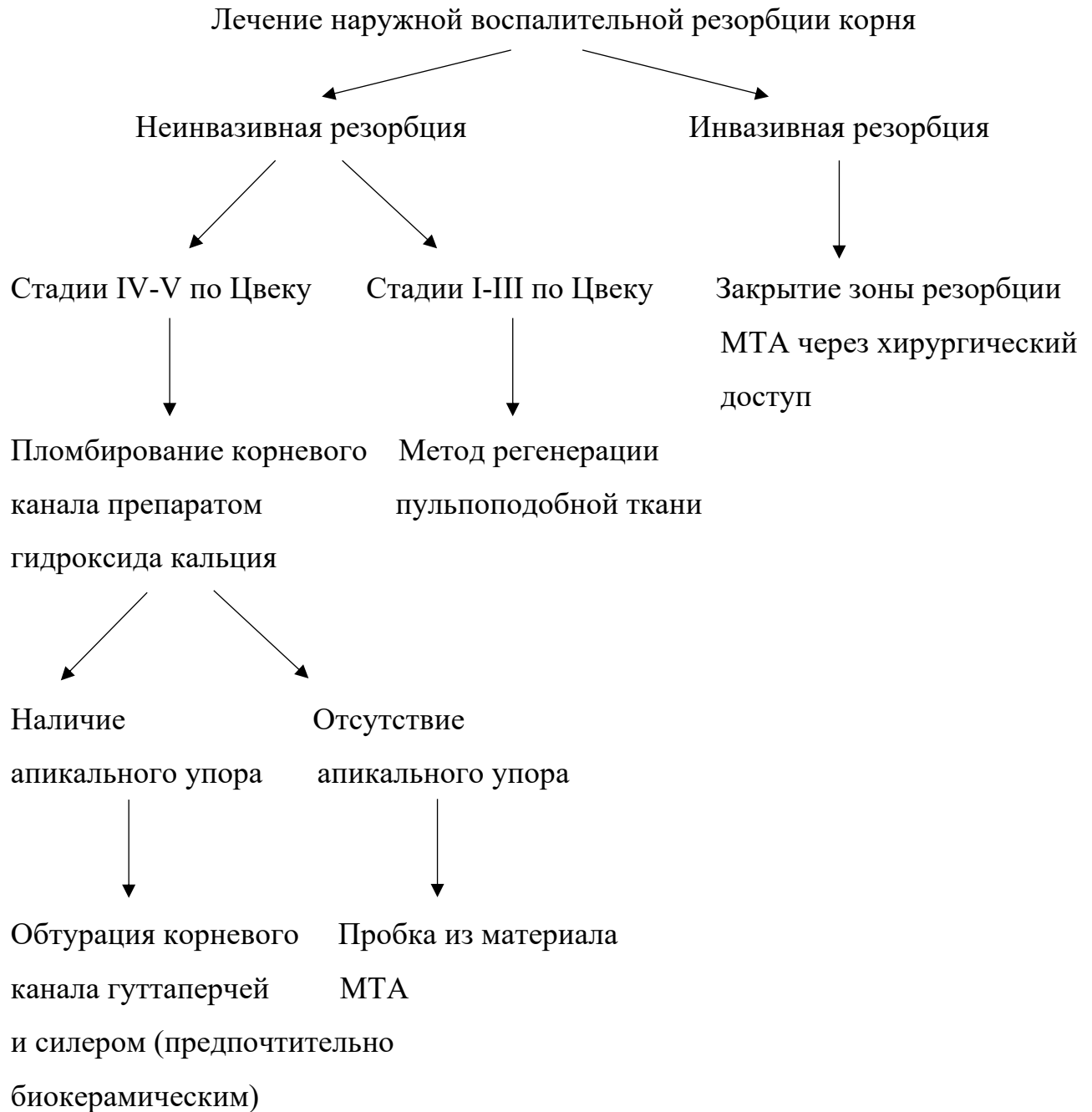


Рисунок 4.4.1 – алгоритм лечения наружной воспалительной резорбции корня постоянного зуба после травмы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По оценкам, почти миллиард человек в мире хотя бы раз в жизни получали травму зубов [6]. Приблизительно 900 миллионов таких травм произошло у людей в возрасте от 7 до 65 лет и около 180 миллионов — у детей в возрасте от 1 до 6 лет. По распространенности травмы зубов являются пятым заболеванием у людей и вторым заболеванием челюстно-лицевой области [34]. Наиболее благоприятным исходом травмы зубов является витальность пульпы и заживление окружающих тканей. Однако травматические повреждения зубов часто сопровождаются осложнениями. Одним из самых грозных осложнений травмы зуба является развитие наружной воспалительной резорбции корня.

Наружная воспалительная резорбция — патологический процесс, характеризующийся прогрессирующей потерей цемента и дентина с замещением грануляционной тканью. Возникает при повреждении преддентина, прецемента и цемента корня зуба в сочетании с некрозом пульпы и инфицированием корневых каналов. Наружная воспалительная резорбция корня при несвоевременном лечении может быстро привести к потере постоянного зуба в детском возрасте.

В нашем исследовании из 68 пациентов с травмой 155 зубов наружная воспалительная резорбция была обнаружена в 24 (15,8%) постоянных зубах у 21 (30,9%) ребенка. Распространенность наружной воспалительной резорбции при неполных вывихах составила 37,5%, при вколоченных вывихах в сочетании с переломом коронок зубов — 29,2%, при полных вывихах — 16,6%, при неполных вывихах в сочетании с переломом коронок зубов — 8,3%, а при изолированном переломе коронки зуба — всего 4,2%. При переломе корня в средней трети в сочетании с переломом коронки зуба наружная воспалительная резорбция была диагностирована также в 4,2% случаев. Согласно литературным данным, распространенность наружной воспалительной резорбции корней при травме постоянных зубов составляет в среднем около 18 %, т.е. результаты нашего исследования в целом совпадают с мировыми данными [110,45,46]. Однако, при рассмотрении частоты встречаемости при различных видах травмы обращает на

себя внимание крайне высокая частота данного осложнения при неполных вывихах по сравнению с данными масштабных зарубежных исследований: 37,5% против 5-8% случаев. Чтобы объяснить это, необходимо учесть выявленные как нами, так и другими авторами факторы риска наружной воспалительной резорбции, к которым, помимо вида травмы, относится вовремя и адекватно оказанная первая помощь. В случае неполных вывихов основным мероприятием является быстрое шинирование вывихнутого зуба (в первые сутки после травмы) [62, 43]. В нашем исследовании из 155 зубов в стабилизации шиной нуждались 99 зубов. Однако, всего 34 зуба были шинированы в первые сутки после травмы, а остальным пациентам с 65 вывихнутыми зубами первая помощь не была оказана. При этом в нешинированных зубах некроз пульпы, как главный предрасполагающий фактор наружной воспалительной резорбции, был диагностирован в 71% случаев ($RR=1,42$).

При анализе русскоязычной литературы нами было обнаружено, что подавляющее большинство публикаций сосредоточены на низком уровне знаний об оказании первой помощи детям с травмами постоянных зубов как врачами, так и людьми, первыми сталкивающимися с травмой у ребенка (учителя, воспитатели в организованных детских коллективах, родители) [14,15,18,20,25,26,27], что совпадает с результатами и нашего исследования.

Важным фактором успеха лечения является стандартизация подходов к ведению пациентов детского возраста с травмой постоянных зубов. До недавнего времени единственным документом, регламентирующим оказание помощи и наблюдение детей с травмой постоянных зубов были международные клинические рекомендации IADT, пока в 2024 году в России не были приняты собственные клинические рекомендации [7]. К сожалению, пока проблемой остается низкая осведомленность врачей о наличии как международных, так и Федеральных клинических рекомендаций.

Частота наружной воспалительной резорбции при вколоченных (29,2%) и полных (16,6%) вывихах в нашем исследовании совпадает с мировыми данными [157,110,45]. Исследование сообщает о встречаемости наружной воспалительной

резорбции корня зуба после полного вывиха в 23,2% случаев [157]. Еще одно долгосрочное исследование, проведенное на 400 реплантированных постоянных зубах, выявило наружную воспалительную резорбцию в 30% случаев [45,46].

При данных видах травмы основное влияние на прогноз в отношении наружной воспалительной резорбции оказывает факт образования обширных раневых поверхностей в слое цемента и крайне высокая вероятность некроза пульпы, в результате чего зависимость от правильно оказанной первой помощи ослабевает. В данном контексте важен не столько факт возникновения наружной воспалительной резорбции (вероятность ее крайне высока, особенно при вколоченных вывихах), сколько «запущенность» резорбции. По нашим данным, прогноз для зуба с наружной воспалительной резорбцией зависит не столько от способа лечения, сколько от сроков ее обнаружения, так как наиболее распространенным исходом являлась остановка патологического процесса, а при позднем обнаружении выраженная утрата твердых тканей зуба увеличивает риск патологического перелома корня, несмотря на лечение.

Высокая распространенность наружной воспалительной резорбции корней после разных видов вывихов и множественной травмы зубов обуславливает необходимость разработки протоколов профилактики данного осложнения и определения сроков рентгенологического наблюдения пациентов для раннего выявления данной патологии.

Обязательным условием наружной воспалительной резорбции является некроз пульпы. Вероятность некроза пульпы в постоянных зубах у детей после травмы зависит от нескольких факторов, описанных в литературе. Среди них: вид травмы, возраст пациента, срок обращения после травмы, степень формирования корней, изолированная или множественная травма, интенсивность травмирующей силы, адекватно оказанная неотложная помощь и повреждение пульпы [62, 34]. Отмечена более высокая вероятность развития наружной воспалительной резорбции у детей младшего возраста, так как широкие дентинные каналы в молодых зубах позволяют бактериальным токсинам быстро перемещаться из пространства корневого канала за пределы поврежденной поверхности корня и

привлекать в эту область большое количество клеток остеокластического ряда [2,24]. Авторами описаны рекомендованные сроки рентгенологического наблюдения и неотложное лечение пациентов с разными видами травм, а также благоприятные исходы и возможные осложнения каждой изолированной травмы зуба [62]. Отмечено, что из всех видов травм сочетание вколоченного или полного вывиха с перелом коронки зуба, а также коронково-корневой перелом с наибольшей вероятностью приводят к некрозу пульпы постоянных несформированных зубов. В сформированных зубах часто некроз пульпы возникает при латеральном или экструзивном вывихе в сочетании с переломом коронки зуба, изолированным вколоченном, полном вывихах и коронково-корневой переломе [34]. Однако исследования не позволяют количественно оценить увеличение риска возникновения некроза пульпы постоянного зуба после травмы при действии конкретных факторов или их совокупности, не предоставляют рекомендации по лечению и рентгенологическому наблюдению пациентов с множественной травмой зубов не дают возможность врачу-стоматологу определить тактику ведения определенного пациента с травмой постоянного зуба.

В связи с этим нами предпринята попытка проанализировать и выделить наиболее значимые факторы риска некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции корней при травме постоянных зубов у детей. Первым этапом был проведен однофакторный анализ, в ходе которого методом бинарной логистической регрессии выявлены факторы, которые лежат в основе патогенеза наружной воспалительной резорбции корня зуба и резко повышают вероятность ее развития. Среди факторов наиболее значимыми являются: вид травмы, неоказанная или неадекватно оказанная неотложная помощь и множественная травма. Чаще всего наружная воспалительная резорбция происходит при разных видах вывихов зубов, так как при этом больше всего поражаются структуры периодонта. При этом сочетание вывихов со сколами коронок многократно увеличивает риски осложнений – изолированный неполный вывих увеличивает риск в 2,8 раза, а тот же вывих в сочетании с переломом коронки – уже в 7,8 раза. Наименее

благоприятно сочетание вколоченного вывиха и перелома коронки, увеличивающее риски в 11,2 раза. Вторым этапом был проведен многофакторный регрессионный анализ с целью совокупной оценки наиболее значимых факторов риска некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции при травме постоянных зубов у детей. В ходе многофакторного анализа изучалось сочетание ведущих факторов риска, выявленных в результате однофакторного анализа. Каждому фактору присваивается определенное количество баллов. Самый высокий риск развития наружной воспалительной резорбции после некроза пульпы при полном вывихе и переломе корня в корональной трети, поэтому они получили 20 баллов. Вколоченный вывих – второй по частоте вероятности развития некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции, он получил 15 баллов. Наименьший риск некроза пульпы и развития наружной воспалительной резорбции при переломе коронки зуба и переломе корня в апикальной и средней трети. Также в ходе нашего исследования выяснилось, что неадекватно оказанная помощь в первые сутки вносит значимый вклад в вероятность некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции. Соответственно, отсутствие шинирования при вывихах или перекрытия пульпарно-дентинного комплекса при переломах коронки зуба получили по 10 баллов.

На основании проведенного анализа создана балльная система оценки рисков, позволяющая путем суммирования всех баллов отнести каждого пациента к группе низкого, среднего или высокого риска развития осложнений, в соответствии с чем определяется тактика ведения. Согласно нашим расчетам, если случай набирает менее 10 баллов, пациент относится к низкому риску развития осложнений, если 10-19 баллов – к среднему риску, если 20 и более баллов – к высокому риску.

Наиболее типичными представителями группы низкого риска являются пациенты с изолированным переломом коронки зуба, которым вовремя оказана неотложная помощь, потому что нет цементной раны. Согласно литературным данным при переломе коронки несформированного зуба наружная воспалительная резорбция встречается в 1,2% случаев [9]. В нашем исследовании изолированные

сколы коронок осложнялись резорбцией корня в 4,2% случаев, что более, чем в три раза чаще. В качестве неотложной помощи таким пациентам проводят перекрытие пульпарно-дентинного комплекса в первые сутки после травмы. Если перелом коронки зуба произошел в пределах эмали или на поверхности скола обнаружены участки обнаженного дентина, то лечение сводится к восстановлению эстетически приемлемого вида зуба. Этого можно добиться фиксацией сколотого фрагмента с помощью адгезивного протокола, восстановления утраченного фрагмента композитным пломбировочным материалом. При переломе коронки со вскрытием пульпы показаны манипуляции, направленные на сохранение жизнеспособности пульпы. Вариантами органосохраняющих операций при переломе коронки со вскрытием пульпы являются прямое покрытие, частичная ампутация коронковой пульпы по Цвеку и полная ампутация коронковой пульпы [28, 58].

Однако, и в этом отношении уровень оказания первой помощи оставлял желать лучшего: из 155 зубов в перекрытии дентинной раны или вскрытой пульпы нуждались 108 зубов. Первая помощь была оказана пациентам с 25 зубами, из них в 9(36%) произошел некроз пульпы. В 80 зубах выявлены открытые ткани пульпарно-дентинного комплекса, из них в 37 (46%) зубах был диагностирован некроз пульпы ($RR=1,27$). Неадекватно оказанная помощь увеличила шанс осложнений в 7,4 раза в сравнении с группой зубов, где помощь была оказана [30].

В группу низкого риска также попадают пациенты с подвывихом зуба и переломом корня в средней или апикальной трети с проведенным шинированием в первые сутки после травмы. Дети группы низкого риска будут наблюдаться клинически и рентгенологически соответственно рекомендациям IADT.

В группу среднего риска развития осложнений попадают пациенты с изолированным вколоченным вывихом зуба. Вколоченные вывихи, составляют 3% всех травматических повреждений постоянных зубов и определяются как осевое смещение зуба в его альвеолярную лунку вследствие силы, направленной вдоль оси [159]. Вколоченные вывихи неизменно приводят к повреждению цемента корня зуба, альвеолярной кости, периодонтальной связки зуба и ишемии сосудисто-нервного пучка [32]. Согласно литературным данным несформированные

постоянные зубы получают некроз пульпы в 63% – 68% случаев, а сформированные — в 100% случаев, в связи с чем риск развития наружной воспалительной резорбции высок (20,5–40%) [145,9]. В группу среднего риска также попадают пациенты с множественными травмами и неоказанной неотложной помощью в первые сутки после травмы. Пациенты группы среднего риска требуют более частого клинического и рентгенологического наблюдения. Помимо стандартного рентгенологического наблюдения по протоколу IADT пациенты должны проходить дополнительное КЛКТ обследование через 2 недели (когда, согласно нашим наблюдениям и литературных данным, появляются первые признаки наружной воспалительной резорбции) и 10 недель (когда происходит манифестация большинства случаев наружной воспалительной резорбции) после травмы [130]. КЛКТ генерирует изображения в аксиальном, корональном и сагиттальном направлениях, позволяя трехмерную визуализацию зубных структур. КЛКТ обследование демонстрирует самую высокую чувствительность, специфичность и точность в диагностике эндодонтических заболеваний, позволяя врачу наблюдать наружную воспалительную резорбцию на самых ранних стадиях [116], а также обеспечивает лучшую визуализацию переломов корней, коронково-корневых переломов, боковых вывихов, позволяя определить их местоположение, протяженность и направление [29]. Однако частые КЛКТ обследования связаны с высокой лучевой нагрузкой для пациентов детского возраста, что делает невозможным проведения КЛКТ во все сроки наблюдения, рекомендуемые руководствами IADT.

К группе высокого риска относятся пациенты с полным вывихом, переломом корня в корональной трети и вколоченным вывихом в сочетании с переломом коронки зуба. По данным литературы встречаемость наружной воспалительной резорбции при полных вывихах составила 26,2—77%, а частота некроза пульпы для зубов, проведенных в «сухом виде» более 30 мин —100% [9]. Другое исследование продемонстрировало выживаемость реплантированных вывихнутых зубов всего в 20% случаев, что было объяснено отсутствием последующего наблюдения пациента и лечения [37]. Единственным доступным способом профилактики

наружной воспалительной резорбции корня является немедленная экстирпация пульпы постоянных зубов после травмы, важность которой отмечается большинством авторов [2]. А в случаях, когда резорбтивный процесс уже развился, лечение корневых каналов может остановить резорбцию [35]. Пациентам высокой группы риска некроза пульпы постоянного зуба после травмы рекомендовано провести экстирпацию пульпы в первое посещение или в течение 7-10 дней после травмы. Перелом корня в корональной трети также нередко приводит к инфицированию корневых каналов из-за низкой вероятности сращения фрагментов зуба между собой [139]. Исключением в данной группе будут дети с вывихами зубов на ранних стадиях формирования корня (при полном вывихе дополнительным условием является «сухое время» менее 15 минут [99], а при вколоченном вывихе с переломом коронки зуба – перекрытие пульпарно-дентинного комплекса в первые сутки после травмы). Пациентов с вышеописанными травмами зубов рекомендовано наблюдать, как в средней группе риска.

В случае травмирования нескольких зубов одновременно пациент может попасть в несколько групп риска развития осложнений. Тактика лечения и наблюдения будет определена по каждому травмированному зубу в соответствии с группой риска.

Из пациентов, проведенных в соответствии с разработанной системой оценки рисков, не было ни одного с признаками инвазивной наружной воспалительной резорбции. В 17,8% зубов были выявлены ранние признаки наружной воспалительной резорбции. В результате своевременно оказанной помощи удалось остановить воспалительную резорбцию или перевести ее в заместительную, при которой цемент и дентин корня зуба замещается альвеолярной костью.

Однако, таких пациентов было меньшинство (всего 17 пациентов с травмой 36 зубов) из 68 обратились в течение первых 7 дней после травмы и могли быть проведены в соответствии с разработанной системой оценки рисков), остальные пациенты обратились позже, многие уже по поводу возникших осложнений воспалительного характера, в том числе наружной воспалительной резорбцией.

Согласно Таблице 4.3 из 25 пациентов с наружной воспалительной резорбцией 12 человек обратились с жалобами спустя год и более после травмы зубов, когда разделение на группы риска уже неактуально. У этих пациентов отмечен самый худший прогноз в отношении долгосрочного сохранения зуба: из 16 зубов после травмы только в 2 (12,5%) зубах была отмечена остановка наружной воспалительной резорбции корня после проведенного лечения. В 4 (25%) зубах была выявлена полная наружная воспалительная резорбция корней, в связи с чем зубы были удалены. В 3 (18,8%) зубах была диагностирована проникающая наружная воспалительная резорбция корней, однако пациент не обращался повторно с целью проведения эндодонтического лечения. В 7 (43,7%) зубах отмечен переход наружной воспалительной резорбции в наружную заместительную, однако потеря твердых тканей корня зуба значительна и долгосрочный прогноз для этих зубов плохой в связи с высоким риском патологического перелома корня.

Таким образом, исход для зуба после травмы во многом зависит от своевременного выявления наружной воспалительной резорбции корня, лечения и соблюдения сроков рентгенологического наблюдения как врачом, так и пациентом. Нередко наружная воспалительная резорбция имеет бессимптомное течение и является рентгенологической находкой, в нашем исследовании в 42,9% случаев. Инвазивная наружная воспалительная резорбция — результат ее позднего обнаружения, попытка остановить такую резорбцию всегда требует сложного и длительного лечения с непредсказуемым прогнозом [1]. Предложенная нами балльная система оценки рисков позволяет выявить наружную воспалительную резорбцию корня на ранней стадии или предотвратить ее развитие своевременным удалением пульпы. Метод расчета рисков некроза пульпы и наружной воспалительной резорбции постоянных зубов после травмы прост и удобен, не требует больших материальных затрат и может быть использован врачом-стоматологом в повседневной практике. Оценка факторов риска наружной воспалительной резорбции в конкретном постоянном зубе у ребенка позволит врачу предоставить персонализированный путь профилактики данного

осложнения, предотвратить инвазивную резорбцию, а значит повысить вероятность выживаемости зубов после травмы.

При диагностировании наружной воспалительной резорбции постоянного зуба после травмы необходимо провести эндодонтическое лечение. Выбор стратегии для остановки резорбционного процесса зависит от инвазивности наружной воспалительной резорбции и стадии формирования корня постоянного зуба после травмы. В постоянных сформированных зубах (V стадия по Цвеку) и сформированных зубах с открытой верхушкой (IV стадия по Цвеку) при диагностированной неинвазивной наружной воспалительной резорбции традиционно в качестве внутриканального лекарственного средства применяются препараты на основе гидроксида кальция. Его помещают в корневой канал на 2 недели, затем повязка меняется до тех пор, пока на периапикальной рентгенограмме не будет выявлена остановка резорбции корня. При достижении такого результата и наличии апикального упора, можно завершить пломбирование корневого канала с использованием силера и гуттаперчи [61]. В нашем исследовании остановка наружной воспалительной резорбции была отмечена в 60% случаев, переход наружной воспалительной резорбции в наружную заместительную — в 20% случаев, прогрессия наружной воспалительной резорбции на фоне лечения наблюдалась также в 20% случаев.

В постоянных сформированных зубах с открытой верхушкой (IV стадия по Цвеку) и диагностированной неинвазивной наружной воспалительной резорбции методом выбора является апексификации материалом МТА. МТА обладает высокой прочностью, герметизмом и биосовместимостью, оказывает антибактериальное и остеоиндуктивное действие. Данные свойства позволяют применять его в методах регенерации пульпоподобной ткани и формировании апикального барьера [75, 23]. Преимущество применения материала МТА перед препаратом на основе гидроксида кальция для апексификации корневого канала заключается в более коротком времени лечения и более предсказуемом времени до апикального закрытия. Кроме того, гидроксид кальция при длительном нахождении в корневом канале значительно снижает модуль упругости дентина,

тем самым делая корень более склонным к переломам [177]. Технически апексификация материалом МТА выполняется следующим образом: в первое посещение проводится экстирпация некротизированной пульпы из корневого канала, канал промывается 3% раствором гипохлорита натрия и вносится препарат на основе гидроксида кальция на одну неделю. В следующее посещение гидроксид кальция удаляется из корневого канала и канал просушивается бумажными штифтами. После материал МТА вносится в апикальную часть канала и уплотняется до образования пробки размером 3–4 мм. Затем в канал помещается влажный ватный тампон, чтобы способствовать отверждению МТА, и зуб закрывают временным реставрационным материалом. Через 72 часа оставшаяся часть канала может быть obturирована гуттаперчей и силером [160]. При апексификации материалом МТА заживление очагов воспаления и апексогенез корня наблюдался в 90% случаев [129].

В постоянных зубах на ранних стадиях формирования корня (I–III стадии по Цвеку) и диагностированной неинвазивной наружной воспалительной резорбции нашла применение методика регенерации пульпоподобной ткани. Регенерация пульпоподобной ткани — комплекс мероприятий, направленных на замещение пульпарно-дентинного комплекса тканью, имеющей сходное происхождение [39,40]. Регенеративная эндодонтическая терапия включает дезинфекцию системы корневых каналов, стимуляцию апикального кровотока с целью привлечения стволовых клеток с последующей герметизацией кровяного сгустка пробкой из МТА [75]. При диагностированной наружной воспалительной резорбции в постоянном несформированном зубе мало остановить резорбцию, но и обеспечить продолженный рост корня в длину и толщину. Регенерация пульпоподобной ткани в несформированных постоянных зубах с апикальным периодонтитом показала лучший результат, чем апексификация гидроксидом кальция. Увеличение толщины корня в группе регенерации пульпоподобной ткани произошло в 81,6% случаев, в группе апексификации — 26,5%. Увеличение длины корня в группе регенерации пульпоподобной ткани наблюдалось в 82,6% случаев, в группе апексификации — 0% [119]. Согласно исследованиям, гистологическое строение тканей, образующихся

в корневом канале после регенерации пульпоподобной ткани, напоминает соединительную ткань со структурами, подобными кости и цементу зуба [38]. По данным литературы применение метода регенерации пульпоподобной ткани с целью остановки наружной воспалительной резорбции корней привело к выживаемости зубов после травмы в 89% случаев [125, 121]. В нашем исследовании метод регенерации пульпоподобной ткани в 57% случаев способствовал остановке наружной воспалительной резорбции, в 28,6% случаев отмечался переход наружной воспалительной резорбции в наружную заместительную и в 14,4% случаев была выявлена прогрессия наружной воспалительной резорбции на фоне лечения.

Инвазивная наружная воспалительная резорбция или перелом корня постоянного зуба после травмы делают невозможным лечение корневых каналов по стандартному протоколу. МТА является материалом выбора в клинически сложных ситуациях. МТА нередко применяют для закрытия зоны резорбции и перелома корня через хирургический доступ, и пломбирования корневого канала [167]. При закрытии зоны патологической резорбции корня или перелома корня материалом МТА вероятность образования в этой области ткани, подобной кости, высока. Такое лечение является паллиативным, так как прогноз для зуба плохой, но остановка воспалительного процесса и замедление процесса резорбции может продлить функционирование зуба на несколько лет. Успешное применение МТА для остановки наружной воспалительной резорбции показано несколькими авторами [61, 65]. В ходе нашего наблюдения за пациентами после лечения наружная воспалительная резорбция была остановлена в 40% случаев, переход наружной воспалительной резорбции в наружную заместительную отмечался в 60% случаев, что является самым благоприятным прогнозом, на который мы можем рассчитывать, так как позволяет избежать удаления зуба. В клинически сложных ситуациях нередко возникает необходимость в паллиативных мерах, при которых используются такие свойства МТА как биосовместимость и высокий остеогенный потенциал. Во многих случаях, когда долгосрочное сохранение зуба

невозможно, лечение с применением МТА позволяет сохранить объем окружающей зуб кости [28].

Самым благоприятным исходом наружной воспалительной резорбции является ее остановка, а неблагоприятным — полная резорбция корня и удаление постоянного зуба после травмы. Переход наружной воспалительной резорбции в наружную заместительную — относительно благоприятный исход, так как заместительная резорбция в конечном итоге приведет к потере зуба, но сохранится достаточный объем костной ткани. При быстро прогрессирующей наружной воспалительной резорбции лунка удаленного зуба заполнена грануляционной тканью с образованием костного дефекта после удаления [29, 54].

Лечение детей с травмой зубов и диагностированной наружной воспалительной резорбцией корней чаще всего сложное и длительное, а прогноз всегда непредсказуем. Таким образом, для долгосрочного сохранения зуба после травмы первично — предотвращение развития наружной воспалительной резорбции корня постоянного зуба после травмы, а при ее возникновении — немедленное вмешательство, так как даже небольшая отсрочка чревата утратой твердых тканей корня и возникновением инвазивной резорбции, имеющей значительно худший прогноз. Для этого прежде всего необходимо соблюдение установленных сроков наблюдения — как врачом, так и пациентом. При выборе сроков наблюдения и оценке необходимости эндодонтического лечения постоянного зуба после травмы мы рекомендуем придерживаться индивидуализированного подхода с оценками рисков наружной воспалительной резорбции по разработанной нами балльной системе, что позволит минимизировать вероятность наружной воспалительной резорбции, особенно ее инвазивной формы.

ВЫВОДЫ

1. Наружная воспалительная резорбция корней постоянных зубов у детей после травмы встречается в 15,8% случаев среди пациентов ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России. Обязательным предрасполагающим фактором наружной воспалительной резорбции корня зуба является некроз пульпы. Частота развития наружной воспалительной резорбции в зубах с некрозом пульпы составляет 34,3%.

2. Наружная воспалительная резорбция в 4,2% случаев встречается при изолированном переломе коронки зуба, при вывихах зубов – в 16,6 - 37,5%. Множественная травма является фактором риска некроза пульпы и, следовательно, наружной воспалительной резорбции корня зуба ($p=0,003$). Вколоченный вывих с переломом коронки зуба повышал шанс некроза пульпы и резорбции в 11,2 раза по сравнению с изолированным переломом коронки, подвывих с переломом коронки зуба — в 7,8, а изолированный подвывих — только в 2,8 раз ($p<0,001$).

3. В зубах после травмы при своевременном шинировании некроз пульпы был диагностирован в 50 % случаев, а в нешинированных зубах — в 71% ($RR=1,42$). Профилактикой осложнений при таких травмах, как перелом коронки зуба с вовлечением или без вовлечения пульпы зуба является перекрытие пульпарно-дентинного комплекса в первые сутки после травмы ($p=0,021$; $RR=1,27$). Некачественная оказанная помощь увеличила шанс осложнений в 7,4 раза.

4. Алгоритм ведения пациентов детского возраста при травме постоянных зубов выстроенный на основании разработанной балльной системы оценки рисков позволяет минимизировать вероятность инвазивной наружной воспалительной резорбции.

5. Пломбирование корневого канала препаратом гидроксида кальция, регенерация пульпоподобной ткани, апексификация материалом МТА и закрытие зоны резорбции и перелома корня МТА, позволяют остановить наружную воспалительную резорбцию (в 62,5% случаев), либо перевести ее в наружную заместительную (в 33,3% случаев). Прогноз при травме зуба зависит не только от способа лечения, но и от сроков обнаружения наружной воспалительной

резорбции. Утраченные ткани в результате резорбции не восстанавливаются. При позднем обнаружении выраженная утрата твердых тканей зуба увеличивает риск патологического перелома корня, несмотря на лечение.

6. Разработанный алгоритм лечения наружной воспалительной резорбции учитывает степень формирования корня зуба после травмы и наличие инвазии резорбции в просвет корневого канала, обеспечивая таким образом подбор оптимальной тактики ведения пациента детского возраста с наружной воспалительной резорбцией корня постоянного зуба после травмы.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для детей с травмой зубов рекомендуется использовать разработанную балльную систему, которая позволяет минимизировать вероятность наружной воспалительной резорбции.
2. При ведении пациентов низкой группы риска развития осложнений после травмы зуба рекомендовано стандартное рентгенологическое наблюдение по рекомендациям IADT.
3. Пациентам группы среднего риска развития осложнений помимо стандартного рентгенологического наблюдения по протоколу IADT рекомендовано проходить дополнительное КЛКТ обследование через 2 и 10 недель после травмы.
4. Пациентам высокой группы риска некроза пульпы при травме постоянного зуба рекомендовано провести экстирпацию пульпы в первое посещение или в течение 7-10 дней после травмы.
5. В случае травмы нескольких зубов одновременно пациент может попасть в несколько групп риска развития осложнений. Рекомендовано определить тактику лечения и наблюдения по каждому травмированному зубу в соответствии с группой риска.
6. В постоянных сформированных зубах (V стадия по Цвеку) и в сформированных зубах с открытой верхушкой (IV стадия по Цвеку) при неинвазивной наружной воспалительной резорбции корня рекомендована внутриканальная терапия с применением пасты на основе гидроксида кальция в комбинации с антибиотиком и кортикостероидом с целью остановки резорбционного процесса.
7. В постоянных зубах на ранних стадиях формирования корней (I – III стадии по Цвеку) и неинвазивной наружной воспалительной резорбцией рекомендована методика регенерации пульпоподобной ткани. Данный метод показал эффективность для устранения очагов воспалительной резорбции и обеспечивает продолженный рост корня постоянного зуба после травмы.

8. При травме постоянных зубов с инвазивной наружной воспалительной резорбцией корня методом выбора будет хирургическое лечение с перекрытием зоны резорбции материалом МТА. Такое лечение является паллиативным, так как прогноз для травмированного зуба плохой, но остановка воспалительного процесса и замедление процесса резорбции может продлить функционирование зуба на несколько лет, что может быть критично для пациента детского возраста.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

КЛКТ – Конусно-лучевая компьютерная томография
мРНК – Матричная рибонуклеиновая кислота
МСК – Стволовые клетки костного мозга
МТА – Минерал триоксид агрегат
НВР – Наружная воспалительная резорбция
НЗР – Наружная заместительная резорбция
РПТ – Регенерация пульпоподобной ткани
СИЦ – Стеклоиномерный цемент
ЭДТА – Этилендиаминтетрауксусная кислота
AAE – Американская академия эндодонтистов
AAPD – Американская академия детской стоматологии
DAP12 – трансмембранный адаптерный белок
G-CSF – Гранулоцитарный колониестимулирующий фактор
IADT – Международная Ассоциация Стоматологов Травматологов
IL-1, IL-6 IL-8, IL-10, IL-11, IL-17, IL-18 – Интерлейкин –1, 6,8,10,11,17,18
LIF – Фактор ингибирования лейкемии
M-CSF – Макрофагальный колониестимулирующий фактор – 1
NK – естественные клетки-киллеры
OPG – Остеопротегерин
PGE2 – Простагландин E2
PRF – Богатый тромбоцитами фибрин
PRP – Обогащенная тромбоцитами плазмы
RANK – Рецептор Активатора Ядерного фактора каппа -В
RANKL – Лиганд Рецептора Активатора Ядерного фактора каппа – В
rhBMP-2 – Рекомбинантный костный морфогенетический белок-2 человека
SCF – Фактор стволовых клеток
TGF- β – Трансформирующий фактор роста бета
TNF – Фактор некроза опухоли
TRAP – тартрат-резистентная кислая фосфатаза

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ причин возникновения и структуры комплексного лечения отдаленных последствий острой травмы постоянных зубов у детей / Т. В. Закиров, Е. С. Бимбас, Н. В. Мягкова [и др.] // Стоматология детского возраста и профилактика. – 2011. – Т. 10, № 4(39). – С. 41-51. – EDN OKCLVB.
2. Андреяшкина, Л. Ю. Способы лечения наружной воспалительной резорбции корня зуба / Л. Ю. Андреяшкина, М. В. Короленкова, А. В. Васильев // Стоматология. – 2023. – Т. 102, № 4. – С. 91-95. – DOI 10.17116/stomat202310204191. – EDN LTZODB.
3. Антонова, М. А. Применение метода шинирования зубов у детей с острой травмой зубов / М. А. Антонова, К. Т. Самедова // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2022. – Т. 67, № 4. – С. 362-364. – EDN IKHJVB.
4. Бадалян, В. А. Основные характеристики материалов, используемых для ретроградного пломбирования / В. А. Бадалян, Л. А. Наджарян, Н. В. Елфимова // Стоматология. – 2025. – Т. 104, № 4. – С. 107-111. – DOI 10.17116/stomat2025104041107. – EDN ISFEQA.
5. Бахарева, В. Ю. Современные представления об этиологии, патогенезе и лечении наружной резорбции корня зуба / В. Ю. Бахарева, А. Ю. Туркина, Ю. О. Парамонов // Российский стоматологический журнал. – 2019. – Т. 23, № 1. – С. 35-39. – DOI 10.18821/1728-2802-2019-23-1-35-39. – EDN TFHJSW.
6. Детская травма зубов: причины, распространённость, структура (обзорная статья) / Н. В. Тарасова, Р. Г. Буянкина, В. Г. Галонский [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. – 2023. – Т. 30, № 4. – С. 16-21. – DOI 10.24412/1609-2163-2023-4-16-21. – EDN YDVMXG.
7. Клинические рекомендации «Лечение острой травмы зубов у пациентов детского возраста»/Ассоциация общественных объединений «Стоматологическая Ассоциация России»; утв. Минздравом РФ. – 2024. – https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/901_1 – Текст: электронный (дата обращения: 10.02.2025).

8. Консервативное лечение травм зубов / О. П. Красникова, Е. А. Алферова, Е. В. Вусатая, О. И. Олейник // Прикладные информационные аспекты медицины. – 2015. – Т. 18, № 5. – С. 79-84. – EDN VBVANN.
9. Короленкова, М. В. Исходы травмы постоянных зубов у детей / М. В. Короленкова, М. С. Рахманова // Стоматология. – 2019. – Т. 98, № 4. – С. 116-122. – DOI 10.17116/stomat201998041116. – EDN BZZZSW.
10. Короленкова, М. В. Применение методики регенерации пульпоподобной ткани для остановки наружной воспалительной резорбции корня зуба / М. В. Короленкова, Л. Ю. Харьков, М. С. Рахманова // Стоматология. – 2024. – Т. 103, № 2. – С. 80-85. – DOI 10.17116/stomat202410302180. – EDN ZKKAHI.
11. Короленкова, М. В. Фантомный корень - осложнение травмы зубов с несформированными корнями (анализ литературы и собственных клинических случаев) / М. В. Короленкова, М. С. Рахманова // Стоматология. – 2021. – Т. 100, № 5. – С. 53-57. – DOI 10.17116/stomat202110005153. – EDN PACUAF.
12. Лабораторное исследование герметичности материалов, используемых при ретроградном пломбировании / Л. А. Наджарян, А. В. Васильев, В. А. Бадалян [и др.] // Стоматология. – 2025. – Т. 104, № 6. – С. 5-10. – DOI 10.17116/stomat20251040615. – EDN PECIVU.
13. Макеева, И. М. Распространенность травматических повреждений временных зубов в структуре стоматологической заболеваемости у детей г. Екатеринбурга / И. М. Макеева, М. В. Сарапульцева // Стоматология детского возраста и профилактика. – 2011. – Т. 10, № 2(37). – С. 39-46. – EDN OCPWOH.
14. Маланова, О. А. Определение уровня знаний педагогов при оказании первой помощи при острой травме зубов / О. А. Маланова, Н. С. Морозова, А. Г. Мальцева // Медико-фармацевтический журнал Пульс. – 2021. – Т. 23, № 4. – С. 36-42. – DOI 10.26787/nydha-2686-6838-2021-23-4-36-42. – EDN HLDAND.
15. Мамедов АА, Маланова ОА, Морозова НС, Газарян АВ. Организация профилактики и первой помощи при острой травме зубов у детей в России. Вопросы практической педиатрии. 2019;14(6):94-97.

16. Наджарян, Л. А. Результаты клинического обследования пациентов после апикальной хирургии с ретроградным пломбированием материалом минерал-триоксид-агрегат и стеклоиономерным цементом / Л. А. Наджарян, В. А. Бадалян, Б. В. Шеплев // Стоматология. – 2025. – Т. 104, № 6-2. – С. 51-55. – DOI 10.17116/stomat202510406251. – EDN PYNHRA.
17. Определение состояния пульпы зуба в посттравматическом периоде / Н. В. Новак, О. Г. Зиновенко, И. Л. Бобкова, Е. Е. Ковецкая // Современная стоматология. – 2024. – № 2(93). – С. 60-66. – EDN IUPYKS.
18. Организационные подходы оказания первой помощи при острой травме зубов в детских домах и центрах содействия семейному воспитанию / О. А. Маланова, Н. С. Морозова, В. М. Гринин [и др.] // Вопросы практической педиатрии. – 2024. – Т. 19, № 3. – С. 110-115. – DOI 10.20953/1817-7646-2024-3-110-115. – EDN LHTACD.
19. Острая травма зубов у детей (ретроспективное исследование) / И. В. Фоменко, Е. Е. Маслак, А. Н. Тимошенко, А. Л. Касаткина // Волгоградский научно-медицинский журнал. – 2015. – № 1(45). – С. 55-57. – EDN TYZAFB.
20. Первая помощь при травме зубов: знания различных групп населения / Е. Е. Маслак, А. А. Шхагошева, И. В. Афолина [и др.] // Dental Forum. – 2024. – № 4(95). – С. 13-18. – EDN AVDWIL.
21. Рабинович, И. М. Резорбция корня зуба - этиология, патогенез, лечение / И. М. Рабинович, М. В. Снегирев, Ч. И. Мархеев // Стоматология. – 2019. – Т. 98, № 3. – С. 109-116. – DOI 10.17116/stomat201998031109. – EDN UXKISV.
22. Распространенность острой травмы зубов и ее особенности у детей, находящихся в детских воспитательных учреждениях / О. А. Маланова, Н. С. Морозова, В. М. Гринин [и др.] // Стоматология. – 2024. – Т. 103, № 6. – С. 55-59. – DOI 10.17116/stomat202410306155. – EDN IAWEMN.
23. Рахманова, М. С. Сравнительный анализ методик апексификации гидроксидом кальция и регенерации пульпоподобной ткани для стимулирования роста корневого дентина в резцах с несформированными корнями и некрозом пульпы

- / М. С. Рахманова, М. В. Короленкова // Стоматология. – 2020. – Т. 99, № 6. – С. 55-63. – DOI 10.17116/stomat20209906155. – EDN QVAUZP.
24. Сериков, В. С. Изучение факторов, влияющих на выживаемость реплантированных постоянных зубов у детей после авульсии / В. С. Сериков, В. С. Лосев, К. В. Бафанова // Universum: медицина и фармакология. – 2019. – № 4(59). – С. 12-14. – EDN BDHPPL.
25. Уровень знаний студентов стоматологического факультета по вопросам дентального травматизма / Е. В. Брусницына, А. С. Плотников, Т. В. Закиров [и др.] // Медицинский алфавит. – 2025. – № 1. – С. 88-91. – DOI 10.33667/2078-5631-2025-1-88-91. – EDN RTTSNY.
26. Уровень информированности населения о первой помощи при травме зубов у детей / Е. С. Иощенко, Т. В. Закиров, Р. И. Шарипова, Е. В. Брусницына // Проблемы стоматологии. – 2018. – Т. 14, № 3. – С. 79-85. – DOI 10.18481/2077-7566-2018-14-3-79-85. – EDN YOGTWX.
27. Харькова, Л. Ю. Качество оказания неотложной помощи детям с травмами постоянных зубов по данным анализа документации отделения неотложной помощи городской стоматологической поликлиники / Л. Ю. Харькова, М. В. Короленкова // Стоматология. – 2024. – Т. 103, № 1. – С. 41-47. – DOI 10.17116/stomat202410301141. – EDN NCHFPL.
28. Харькова, Л. Ю. Применение минерал триоксид агрегата для лечения детей с осложнениями травмы постоянных зубов / Л. Ю. Харькова, М. В. Короленкова // Стоматология. – 2024. – Т. 103, № 4. – С. 59-66. – DOI 10.17116/stomat202410304159. – EDN LJZTMI.
29. Харькова, Л. Ю. Прогноз наружной воспалительной резорбции корня постоянного зуба после травмы в зависимости от сроков ее обнаружения / Л. Ю. Харькова, М. В. Короленкова // Стоматология. – 2025. – Т. 104, № 3. – С. 71-76. – DOI 10.17116/stomat202510403171. – EDN BBRZHA.
30. Харькова, Л. Ю. Риск-ориентированный подход к прогнозированию наружной воспалительной резорбции при травмах постоянных зубов у детей / Л. Ю.

- Харькова, М. В. Короленкова // Стоматология. – 2024. – Т. 103, № 6-2. – С. 42-46. – DOI 10.17116/stomat202410306242. – EDN BPVUGP.
31. Цефалометрический анализ строения зубочелюстной системы после острой травмы зубов у детей с дистальной окклюзией и протрузией верхних постоянных резцов / А. С. Шишмарева, А. С. Плотников, Т. В. Закиров [и др.] // Проблемы стоматологии. – 2024. – Т. 20, № 3. – С. 158-163. – DOI 10.18481/2077-7566-2024-20-3-158-163. – EDN CXIQOQ.
 32. Abazarian N, Milani S, Hamrah MH, Shahrabi MS. Management and Follow-Up of Complicated Crown Fractures with Intrusive Luxation of Maxillary Incisors in an 8-Year-Old Boy. Case Rep Dent. 2021 May 23;2021:5540860. doi: 10.1155/2021/5540860. PMID: 34123434; PMCID: PMC8166499.
 33. Abbott PV, Lin S. Tooth resorption-Part 2: A clinical classification. Dent Traumatol. 2022 Aug;38(4):267-285. doi: 10.1111/edt.12762. Epub 2022 May 23. PMID: 35605161; PMCID: PMC9543863.
 34. Abbott PV. Indications for root canal treatment following traumatic dental injuries to permanent teeth. Aust Dent J. 2023 Jun;68 Suppl 1:S123-S140. doi: 10.1111/adj.12989. Epub 2023 Oct 31. PMID: 37908151.
 35. Abbott PV. Prevention and management of external inflammatory resorption following trauma to teeth. Aust Dent J. 2016 Mar;61 Suppl 1:82-94. doi: 10.1111/adj.12400. PMID: 26923450.
 36. Al-Sane M, Bourisly N, Almulla T, Andersson L. Laypeople's preferred sources of health information on the emergency management of tooth avulsion. Dent Traumatol. 2011 Dec;27(6):432-7. doi: 10.1111/j.1600-9657.2011.1025.x. Epub 2011 Jun 27. PMID: 21707919.
 37. Alotaibi S, Haftel A, Wagner ND. Avulsed Tooth. 2023 Mar 6. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan–. PMID: 30969698.
 38. Altaï M, Richards L, Rossi-Fedele G. Histological assessment of regenerative endodontic treatment in animal studies with different scaffolds: A systematic review. Dent Traumatol. 2017 Aug;33(4):235-244. doi: 10.1111/edt.12338. Epub 2017 Apr 20. PMID: 28342218.

39. American Association of Endodontists (AAE). Clinical Considerations for a Regenerative Procedure. Revised 2016; American Association of Endodontists: Chicago, IL, USA, 2016. Available online: <http://www.aae.org/specialty/wp-content/uploads/sites/2/2017/06/currentregenerativeendodonticconsiderations.pdf> (accessed on 10 August 2021).
40. American Association of Endodontists. (2021) AAE considerations for a regenerative endodontics procedure.
41. Andersson L, Al-Asfour A, Al-Jame Q. Knowledge of first-aid measures of avulsion and replantation of teeth: an interview of 221 Kuwaiti schoolchildren. *Dent Traumatol.* 2006 Apr;22(2):57-65. doi: 10.1111/j.1600-9657.2006.00338.x. PMID: 16499627.
42. Andersson L, Andreasen JO, Day P, Heithersay G, Trope M, DiAngelis AJ, Kenny DJ, Sigurdsson A, Bourguignon C, Flores MT, Hicks ML, Lenzi AR, Malmgren B, Moule AJ, Tsukiboshi M. Guidelines for the Management of Traumatic Dental Injuries: 2. Avulsion of Permanent Teeth. *Pediatr Dent.* 2017 Sep 15;39(6):412-419. doi: 10.1111/j.1600-9657.2012.01125.x. PMID: 29179383.
43. Andreasen FM, Kahler B. Pulpal response after acute dental injury in the permanent dentition: clinical implications-a review. *J Endod.* 2015 Mar;41(3):299-308. doi: 10.1016/j.joen.2014.11.015. Epub 2015 Jan 15. PMID: 25601716.
44. Andreasen JO, Andreasen FM. Root resorption following traumatic dental injuries. *Proc Finn Dent Soc.* 1992;88 Suppl 1:95-114. PMID: 1354871.
45. Andreasen JO, Borum MK, Andreasen FM. Replantation of 400 avulsed permanent incisors. 3. Factors related to root growth. *Endod Dent Traumatol.* 1995 Apr;11(2):69-75. doi: 10.1111/j.1600-9657.1995.tb00463.x. PMID: 7641621.
46. Andreasen JO, Borum MK, Jacobsen HL, Andreasen FM. Replantation of 400 avulsed permanent incisors. 4. Factors related to periodontal ligament healing. *Endod Dent Traumatol.* 1995 Apr;11(2):76-89. doi: 10.1111/j.1600-9657.1995.tb00464.x. PMID: 7641622.
47. Andreasen JO, Hjorting-Hansen E. Replantation of teeth. II. Histological study of 22 replanted anterior teeth in humans. *Acta Odontol Scand.* 1966 Nov;24(3):287-306. doi: 10.3109/00016356609028223. PMID: 5225450.

48. Andreasen JO. A time-related study of periodontal healing and root resorption activity after replantation of mature permanent incisors in monkeys. *Swed Dent J*. 1980;4(3):101-10. PMID: 6933704.
49. Andreasen JO. Luxation of permanent teeth due to trauma. A clinical and radiographic follow-up study of 189 injured teeth. *Scand J Dent Res*. 1970;78(3):273-86. doi: 10.1111/j.1600-0722.1970.tb02074.x. PMID: 5273695.
50. Andreasen JO. Relationship between surface and inflammatory resorption and changes in the pulp after replantation of permanent incisors in monkeys. *J Endod*. 1981 Jul;7(7):294-301. doi: 10.1016/S0099-2399(81)80095-7. PMID: 6942086.
51. Antipovienė A, Narbutaitė J, Virtanen JJ. Traumatic Dental Injuries, Treatment, and Complications in Children and Adolescents: A Register-Based Study. *Eur J Dent*. 2021 Jul;15(3):557-562. doi: 10.1055/s-0041-1723066. Epub 2021 Feb 3. PMID: 33535246; PMCID: PMC8382465.
52. Asgary S, Parhizkar A. Management of External Inflammatory Root Resorption following Tooth Autotransplantation Using a Modified Combination of Triple Antibiotics. *Case Rep Dent*. 2022 Jun 15;2022:5178339. doi: 10.1155/2022/5178339. PMID: 35754759; PMCID: PMC9217544.
53. Ash P, Loutit JF, Townsend KM. Osteoclasts derived from haematopoietic stem cells. *Nature*. 1980 Feb 14;283(5748):669-70. doi: 10.1038/283669a0. PMID: 7354855.
54. Barbato-Ferreira DA, Costa SFDS, Gomez RS, Bastos JV. DNA Methylation patterns of immune response-related genes in inflammatory external root resorption. *Braz Oral Res*. 2020;34:e087. doi: 10.1590/1807-3107bor-2020.vol34.0087. Epub 2020 Aug 7. PMID: 32785479.
55. Baron R, Neff L, Tran Van P, Nefussi JR, Vignery A. Kinetic and cytochemical identification of osteoclast precursors and their differentiation into multinucleated osteoclasts. *Am J Pathol*. 1986 Feb;122(2):363-78. PMID: 3946557; PMCID: PMC1888102.
56. Bastos JV, Ilma de Souza Côrtes M, Andrade Goulart EM, Colosimo EA, Gomez RS, Dutra WO. Age and timing of pulp extirpation as major factors associated with inflammatory root resorption in replanted permanent teeth. *J Endod*. 2014

- Mar;40(3):366-71. doi: 10.1016/j.joen.2013.10.009. Epub 2013 Nov 14. PMID: 24565654.
57. Berlin-Broner Y, Al Bawaliz L, Levin L. Implications of Post-Traumatic Treatment of Immature Maxillary Incisors. *Int Dent J*. 2023 Jun;73(3):337-345. doi: 10.1016/j.identj.2023.01.005. Epub 2023 Feb 18. PMID: 36804746; PMCID: PMC10213731.
 58. Bimstein E, Rotstein I. Cvek pulpotomy - revisited. *Dent Traumatol*. 2016 Dec;32(6):438-442. doi: 10.1111/edt.12297. Epub 2016 Jul 10. PMID: 27397639.
 59. Bjorvatn K, Selvig KA, Klinge B. Effect of tetracycline and SnF₂ on root resorption in replanted incisors in dogs. *Scand J Dent Res*. 1989 Dec;97(6):477-82. doi: 10.1111/j.1600-0722.1989.tb00919.x. PMID: 2617147.
 60. Blair HC, Teitelbaum SL, Ghiselli R, Gluck S. Osteoclastic bone resorption by a polarized vacuolar proton pump. *Science*. 1989 Aug 25;245(4920):855-7. doi: 10.1126/science.2528207. PMID: 2528207.
 61. Boukpepsi T, Cottreel L, Galler KM. External Inflammatory Root Resorption in Traumatized Immature Incisors: MTA Plug or Revitalization? A Case Series. *Children (Basel)*. 2023 Jul 18;10(7):1236. doi: 10.3390/children10071236. PMID: 37508733; PMCID: PMC10377819.
 62. Bourguignon C, Cohenca N, Lauridsen E, Flores MT, O'Connell AC, Day PF, Tsilingaridis G, Abbott PV, Fouad AF, Hicks L, Andreasen JO, Cehreli ZC, Harlamb S, Kahler B, Oginni A, Semper M, Levin L. International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. Fractures and luxations. *Dent Traumatol*. 2020 Aug;36(4):314-330. doi: 10.1111/edt.12578. Epub 2020 Jul 17. PMID: 32475015.
 63. Bucay N, Sarosi I, Dunstan CR, Morony S, Tarpley J, Capparelli C, Scully S, Tan HL, Xu W, Lacey DL, Boyle WJ, Simonet WS. osteoprotegerin-deficient mice develop early onset osteoporosis and arterial calcification. *Genes Dev*. 1998 May 1;12(9):1260-8. doi: 10.1101/gad.12.9.1260. PMID: 9573043; PMCID: PMC316769.
 64. Caeiro-Villasenín L, Serna-Muñoz C, Pérez-Silva A, Vicente-Hernández A, Poza-Pascual A, Ortiz-Ruiz AJ. Developmental Dental Defects in Permanent Teeth

- Resulting from Trauma in Primary Dentition: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Jan 10;19(2):754. doi: 10.3390/ijerph19020754. PMID: 35055575; PMCID: PMC8775964.
65. Celebi S, Sazak Ovecoglu H. Evaluating the Restoration of External Root Resorption Under Biomechanical Stress: A Finite Element Analysis. *Cureus*. 2024 Oct 11;16(10):e71238. doi: 10.7759/cureus.71238. PMID: 39525115; PMCID: PMC11550405.
 66. Chan EK, Desmeules M, Cielecki M, Dabbagh B, Ferraz Dos Santos B. Longitudinal Cohort Study of Regenerative Endodontic Treatment for Immature Necrotic Permanent Teeth. *J Endod*. 2017 Mar;43(3):395-400. doi: 10.1016/j.joen.2016.10.035. Epub 2017 Jan 19. PMID: 28110920.
 67. Chen H, Teixeira FB, Ritter AL, Levin L, Trope M. The effect of intracanal anti-inflammatory medicaments on external root resorption of replanted dog teeth after extended extra-oral dry time. *Dent Traumatol*. 2008 Feb;24(1):74-8. doi: 10.1111/j.1600-9657.2006.00483.x. PMID: 18173671.
 68. Choi BK, Moon SY, Cha JH, Kim KW, Yoo YJ. Prostaglandin E(2) is a main mediator in receptor activator of nuclear factor-kappaB ligand-dependent osteoclastogenesis induced by *Porphyromonas gingivalis*, *Treponema denticola*, and *Treponema socranskii*. *J Periodontol*. 2005 May;76(5):813-20. doi: 10.1902/jop.2005.76.5.813. PMID: 15898943.
 69. Costa LA, Ribeiro CC, Cantanhede LM, Santiago Júnior JF, de Mendonça MR, Pereira AL. Treatments for intrusive luxation in permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2017 Feb;46(2):214-229. doi: 10.1016/j.ijom.2016.08.021. Epub 2016 Sep 17. PMID: 27649968.
 70. Cvek M, Granath LE, Hollender L. Treatment of non-vital permanent incisors with calcium hydroxide. 3. Variation of occurrence of ankylosis of reimplanted teeth with duration of extra-alveolar period and storage environment. *Odontol Revy*. 1974;25(1):43-56. PMID: 4522422.

- 71.Cvek M, Lundberg M. Histological appearance of pulps after exposure by a crown fracture, partial pulpotomy, and clinical diagnosis of healing. *J Endod.* 1983 Jan;9(1):8-11. doi: 10.1016/S0099-2399(83)80005-3. PMID: 6590761.
- 72.Cvek M. A clinical report on partial pulpotomy and capping with calcium hydroxide in permanent incisors with complicated crown fracture. *J Endod.* 1978 Aug;4(8):232-7. doi: 10.1016/S0099-2399(78)80153-8. PMID: 283188.
- 73.Cvek M. Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha. A retrospective clinical study. *Endod Dent Traumatol.* 1992 Apr;8(2):45-55. doi: 10.1111/j.1600-9657.1992.tb00228.x. PMID: 1521505.
- 74.da Silva LAB, Longo DL, Stuaní MBS, de Queiroz AM, da Silva RAB, Nelson-Filho P, Vieira HAO, Pucinelli CM, Paula-Silva FWG. Effect of root surface treatment with denusomab after delayed tooth replantation. *Clin Oral Investig.* 2021 Mar;25(3):1255-1264. doi: 10.1007/s00784-020-03430-1. Epub 2020 Jul 29. PMID: 32728940.
- 75.Dadpe AM, Shah DY, Natanasabapathy V, Sureshbabu NM, Hindlekar AN, Modi K. Regenerative Endodontic Procedures in Teeth with Root Resorption: A Systematic Review. *Eur Endod J.* 2023 May;8(3):170-186. doi: 10.14744/eej.2023.77486. PMID: 37257034; PMCID: PMC10244915.
- 76.Day PF, Kindelan SA, Spencer JR, Kindelan JD, Duggal MS. Dental trauma: part 2. Managing poor prognosis anterior teeth--treatment options for the subsequent space in a growing patient. *J Orthod.* 2008 Sep;35(3):143-55. doi: 10.1179/146531207225022590. PMID: 18809778.
- 77.de Carvalho FB, Andrade AS, Barbosa AF, Aguiar MC, Cangussu MC, Pinheiro AL, Ramalho LM. Evaluation of laser phototherapy (λ 780 nm) after dental replantation in rats. *Dent Traumatol.* 2016 Dec;32(6):488-494. doi: 10.1111/edt.12289. Epub 2016 May 30. PMID: 27242245.
- 78.Dempster DW, Moonga BS, Stein LS, Horbert WR, Antakly T. Glucocorticoids inhibit bone resorption by isolated rat osteoclasts by enhancing apoptosis. *J Endocrinol.* 1997 Sep;154(3):397-406. doi: 10.1677/joe.0.1540397. PMID: 9379116.

79. Dezzen-Gomide AC, de Carvalho MA, Lazari-Carvalho PC, de Oliveira HF, Cury AADB, Yamamoto-Silva FP, Silva BSF. A three-dimensional finite element analysis of permanent maxillary central incisors in different stages of root development and trauma settings. *Comput Methods Programs Biomed.* 2021 Aug;207:106195. doi: 10.1016/j.cmpb.2021.106195. Epub 2021 May 24. PMID: 34082308.
80. Díaz JA, Bustos L, Brandt AC and Fernández BE. Dental injuries among children and adolescence aged 1-15 years attending to public hospital in Temuco, Chile. *Dent Traumatol* 2010;26:254-61.
81. Donnelly A, Foschi F, McCabe P, Duncan HF. Pulpotomy for treatment of complicated crown fractures in permanent teeth: A systematic review. *Int Endod J.* 2022 Apr;55(4):290-311. doi: 10.1111/iej.13690. Epub 2022 Feb 16. PMID: 35076954; PMCID: PMC9304243.
82. Duggal M, Tong HJ, Al-Ansary M, Twati W, Day PF, Nazzal H. Interventions for the endodontic management of non-vital traumatised immature permanent anterior teeth in children and adolescents: a systematic review of the evidence and guidelines of the European Academy of Paediatric Dentistry. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2017 Jun;18(3):139-151. doi: 10.1007/s40368-017-0289-5. Epub 2017 May 15. Erratum in: *Eur Arch Paediatr Dent.* 2017 Jun;18(3):153. doi: 10.1007/s40368-017-0292-x. PMID: 28508244; PMCID: PMC5488080.
83. Ehrmann EH, Messer HH, Adams GG. The relationship of intracanal medicaments to postoperative pain in endodontics. *Int Endod J.* 2003 Dec;36(12):868-75. doi: 10.1111/j.1365-2591.2003.00735.x. PMID: 14641427.
84. Fouad AF, Abbott PV, Tsilingaridis G, et al. International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 2. Avulsion of permanent teeth. *Dent Traumatol.* 2020; 36: 331–342. <https://doi.org/10.1111/edt.12573>
85. Fox J. The history and treatment of the diseases of the teeth, the gums, and the alveolar processes, with the operations which they respectively require... Observations on other diseases of the mouth... Artificial teeth. James Swan. 1806.

86. Frank AL. Extracanal invasive resorption: an update. *Compend Contin Educ Dent*. 1995 Mar;16(3):250, 252, 254 passim; quiz 266. PMID: 8934998.
87. Fuks AB, Bielak S, Chosak A. Clinical and radiographic assessment of direct pulp capping and pulpotomy in young permanent teeth. *Pediatr Dent*. 1982 Sep;4(3):240-4. PMID: 6963405.
88. Fuss Z, Tsesis I, Lin S. Root resorption--diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dent Traumatol*. 2003 Aug;19(4):175-82. doi: 10.1034/j.1600-9657.2003.00192.x. PMID: 12848710.
89. Galler KM, Grätz EM, Widbiller M, Buchalla W, Knüttel H. Pathophysiological mechanisms of root resorption after dental trauma: a systematic scoping review. *BMC Oral Health*. 2021 Mar 26;21(1):163. doi: 10.1186/s12903-021-01510-6. PMID: 33771147; PMCID: PMC7995728.
90. Galler KM, Widbiller M, Buchalla W, Eidt A, Hiller KA, Hoffer PC, Schmalz G. EDTA conditioning of dentine promotes adhesion, migration and differentiation of dental pulp stem cells. *Int Endod J*. 2016 Jun;49(6):581-90. doi: 10.1111/iej.12492. Epub 2015 Jul 22. PMID: 26114662.
91. Ghosh R, Gopalkrishnan K. Facial Fractures. *J Craniofac Surg*. 2018 Jun;29(4):e334-e340. doi: 10.1097/SCS.00000000000004269. PMID: 29381610.
92. Goswami M, Aggarwal T. Prevalence of Traumatic Dental Injuries among 1- to 14-year-old Children: A Retrospective Study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2021 Jul-Aug;14(4):467-470. doi: 10.5005/jp-journals-10005-1961. PMID: 34824497; PMCID: PMC8585904.
93. Gregorczyk-Maga I, Kaszuba M, Olszewska M, Lichołai S, Iwaniec T, Kościelniak D, Krzyściak W, Jurczak A. Biomarkers of inflammatory external root resorption as a result of traumatic dental injury to permanent teeth in children. *Arch Oral Biol*. 2019 Mar;99:82-91. doi: 10.1016/j.archoralbio.2019.01.003. Epub 2019 Jan 7. PMID: 30641295.
94. Gunraj MN. Dental root resorption. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1999 Dec;88(6):647-53. doi: 10.1016/s1079-2104(99)70002-8. PMID: 10625842.

95. Hakim LK, Yazdanian M, Alam M, Abbasi K, Tebyaniyan H, Tahmasebi E, Khayatan D, Seifalian A, Ranjbar R, Yazdanian A. Biocompatible and Biomaterials Application in Drug Delivery System in Oral Cavity. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2021 Nov 13;2021:9011226. doi: 10.1155/2021/9011226. PMID: 34812267; PMCID: PMC8605911.
96. Hammarstrom L, Lindskog S. General morphological aspects of resorption of teeth and alveolar bone. *Int Endod J*. 1985 Apr;18(2):93-108. doi: 10.1111/j.1365-2591.1985.tb00426.x. PMID: 3858243.
97. Heboyan A, Avetisyan A, Karobari MI, Marya A, Khurshid Z, Rokaya D, Zafar MS, Fernandes GVO. Tooth root resorption: A review. *Sci Prog*. 2022 Jul-Sep;105(3):368504221109217. doi: 10.1177/00368504221109217. PMID: 35759366; PMCID: PMC10358711.
98. Huang GT. Apexification: the beginning of its end. *Int Endod J*. 2009 Oct;42(10):855-66. doi: 10.1111/j.1365-2591.2009.01577.x. Epub 2009 Jun 22. PMID: 19549154.
99. Huang R, Zhou C, Zhan L, Liu Y, Liu X, Du Q, Wang J, Zhao W, Song G, Wu LA, Jiang B, Li Y, Zhang H, Zou J. Experts consensus on management of tooth luxation and avulsion. *Int J Oral Sci*. 2024 Sep 26;16(1):57. doi: 10.1038/s41368-024-00321-z. PMID: 39327418; PMCID: PMC11427573.
100. Hussain A, Tebyaniyan H, Khayatan D. The Role of Epigenetic in Dental and Oral Regenerative Medicine by Different Types of Dental Stem Cells: A Comprehensive Overview. *Stem Cells Int*. 2022 Jun 9;2022:5304860. doi: 10.1155/2022/5304860. PMID: 35721599; PMCID: PMC9203206.
101. Iglesias-Linares A, Hartsfield JK Jr. Cellular and Molecular Pathways Leading to External Root Resorption. *J Dent Res*. 2017 Feb;96(2):145-152. doi: 10.1177/0022034516677539. Epub 2016 Nov 5. PMID: 27811065; PMCID: PMC5331617.
102. Iwaya SI, Ikawa M, Kubota M. Revascularization of an immature permanent tooth with apical periodontitis and sinus tract. *Dent Traumatol*. 2001 Aug;17(4):185-7. doi: 10.1034/j.1600-9657.2001.017004185.x. PMID: 11585146.

103. Johnson RM, Tewari N, Kumar V, Rahul M, Mathur VP, Bhawal UK. Inflammatory mediators for predicting the risk of trauma-induced root resorption: A systematic review. *Dent Traumatol*. 2023 Jun;39(3):264-275. doi: 10.1111/edt.12810. Epub 2022 Dec 2. PMID: 36458683.
104. Kahler B, Hu JY, Marriot-Smith CS, Heithersay GS. Splinting of teeth following trauma: a review and a new splinting recommendation. *Aust Dent J*. 2016 Mar;61 Suppl 1:59-73. doi: 10.1111/adj.12398. PMID: 26923448.
105. Kahler B, Swain MV. The Calcium Hydroxide Controversy: Does Calcium Hydroxide Weaken Teeth? *Dent Traumatol*. 2025 Feb;41 Suppl 1:53-63. doi: 10.1111/edt.13015. Epub 2024 Dec 12. PMID: 39665223.
106. Kallel I, Douki N, Amaidi S, Ben Amor F. The Incidence of Complications of Dental Trauma and Associated Factors: A Retrospective Study. *Int J Dent*. 2020 Mar 11;2020:2968174. doi: 10.1155/2020/2968174. PMID: 32256593; PMCID: PMC7086444.
107. Kamat M, Puranik R, Vanaki S, Kamat S. An insight into the regulatory mechanisms of cells involved in resorption of dental hard tissues. *J Oral Maxillofac Pathol*. 2013 May;17(2):228-33. doi: 10.4103/0973-029X.119736. PMID: 24250084; PMCID: PMC3830232.
108. Kanzaki H, Chiba M, Shimizu Y, Mitani H. Periodontal ligament cells under mechanical stress induce osteoclastogenesis by receptor activator of nuclear factor kappaB ligand up-regulation via prostaglandin E2 synthesis. *J Bone Miner Res*. 2002 Feb;17(2):210-20. doi: 10.1359/jbmr.2002.17.2.210. PMID: 11811551.
109. Kapoor P, Chowdhry A, Bagga DK, Bhargava D. Biomarkers in External Apical Root Resorption: An Evidence-based Scoping Review in Biofluids. *Rambam Maimonides Med J*. 2022 Oct 27;13(4):e0027. doi: 10.5041/RMMJ.10482. PMID: 36112165; PMCID: PMC9622392.
110. Kaufman AY, Kahler B. Arrest and Repair of Inflammatory Root Resorption After an Endodontic Regeneration Procedure - A Hypothesis and Case Report. *J Endod*. 2024 Dec;50(12):1743-1751. doi: 10.1016/j.joen.2024.08.016. Epub 2024 Aug 29. PMID: 39216624

111. Kum KY, Kwon OT, Spångberg LS, Kim CK, Kim J, Cho MI, Lee SJ. Effect of dexamethasone on root resorption after delayed replantation of rat tooth. *J Endod.* 2003 Dec;29(12):810-3. doi: 10.1097/00004770-200312000-00006. Erratum in: *J Endod.* 2012 Mar; 38(3):356. Keum, Kee-Yeon [corrected to Kum, Kee-Yeon]. PMID: 14686811
112. Kumar A, Bansal V, Veerasha KL, Sogi GM. Prevalence of traumatic dental injuries among 12- to 15-year-old schoolchildren in Ambala district, Haryana, India. *Oral Health Prev Dent* 2011;9:301-5.
113. Lam R, Abbott P, Lloyd C, Lloyd C, Kruger E, Tennant M. Dental trauma in an Australian rural centre. *Dent Traumatol* 2008;24:663-70.
114. Lauridsen E, Blanche P, Yousaf N, Andreasen JO. The risk of healing complications in primary teeth with intrusive luxation: a retrospective cohort study. *Dent Traumatol.* 2017; 33: 329–36.
115. Lee SH, Rho J, Jeong D, Sul JY, Kim T, Kim N, Kang JS, Miyamoto T, Suda T, Lee SK, Pignolo RJ, Koczon-Jaremko B, Lorenzo J, Choi Y. v-ATPase V0 subunit d2-deficient mice exhibit impaired osteoclast fusion and increased bone formation. *Nat Med.* 2006 Dec;12(12):1403-9. doi: 10.1038/nm1514. Epub 2006 Nov 26. PMID: 17128270.
116. Levin L, Day PF, Hicks L, O'Connell A, Fouad AF, Bourguignon C, Abbott PV. International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: General introduction. *Dent Traumatol.* 2020 Aug;36(4):309-313. doi: 10.1111/edt.12574. Epub 2020 Jun 22. PMID: 32472740.
117. Lima TF, Gamba TO, Zaia AA, Soares AJ. Evaluation of cone beam computed tomography and periapical radiography in the diagnosis of root resorption. *Aust Dent J.* 2016 Dec;61(4):425-431. doi: 10.1111/adj.12407. PMID: 26780040.
118. Lima TFR, Silva EJNLD, Gomes BPFA, Almeida JFA, Zaia AA, Soares AJ. Relationship between Initial Attendance after Dental Trauma and Development of External Inflammatory Root Resorption. *Braz Dent J.* 2017 Jan-Apr;28(2):201-205. doi: 10.1590/0103-6440201701299. PMID: 28492750

119. Lin J, Zeng Q, Wei X, Zhao W, Cui M, Gu J, Lu J, Yang M, Ling J. Regenerative Endodontics Versus Apexification in Immature Permanent Teeth with Apical Periodontitis: A Prospective Randomized Controlled Study. *J Endod.* 2017 Nov;43(11):1821-1827. doi: 10.1016/j.joen.2017.06.023. Epub 2017 Aug 30. PMID: 28864219.
120. Lin JC, Lu JX, Zeng Q, Zhao W, Li WQ, Ling JQ. Comparison of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide for apexification of immature permanent teeth: A systematic review and meta-analysis. *J Formos Med Assoc.* 2016 Jul;115(7):523-30. doi: 10.1016/j.jfma.2016.01.010. Epub 2016 Feb 22. PMID: 26911724.
121. Lin S, Moreinos D, Wisblech D, Rotstein I. Regenerative endodontic therapy for external inflammatory lateral resorption following traumatic dental injuries: Evidence assessment of best practices. *Int Endod J.* 2022 Nov;55(11):1165-1176. doi: 10.1111/iej.13811. Epub 2022 Sep 27. PMID: 35947093; PMCID: PMC9828210.
122. Lindskog S, Hammarström L. Evidence in favor of an anti-invasion factor in cementum or periodontal membrane of human teeth. *Scand J Dent Res.* 1980 Apr;88(2):161-3. doi: 10.1111/j.1600-0722.1980.tb01209.x. PMID: 6246568.
123. Llavayol M, Pons M, Ballester ML, Berástegui E. Multiple Cervical Root Resorption in a Young Adult Female Previously Treated with Chemotherapy: A Case Report. *J Endod.* 2019 Mar;45(3):349-353. doi: 10.1016/j.joen.2018.12.012. PMID: 30803545.
124. Lovelace TW, Henry MA, Hargreaves KM, Diogenes A. Evaluation of the delivery of mesenchymal stem cells into the root canal space of necrotic immature teeth after clinical regenerative endodontic procedure. *J Endod.* 2011 Feb;37(2):133-8. doi: 10.1016/j.joen.2010.10.009. PMID: 21238791.
125. Lu J, Kahler B, Jiang X, Lu Z, Lu Y. Treatment outcomes of regenerative endodontic procedures in nonvital mature permanent teeth: a retrospective study. *Clin Oral Investig.* 2023 Dec;27(12):7531-7543. doi: 10.1007/s00784-023-05343-1. Epub 2023 Oct 24. PMID: 37875745.
126. Marão HF, Panzarini SR, Aranega AM, Sonoda CK, Poi WR, Esteves JC, Silva PI. Periapical tissue reactions to calcium hydroxide and MTA after external root

- resorption as a sequela of delayed tooth replantation. *Dent Traumatol.* 2012 Aug;28(4):306-13. doi: 10.1111/j.1600-9657.2011.01090.x. Epub 2011 Dec 8. PMID: 22151580.
127. Marasca B, Ndokaj A, Duś-Ilnicka I, Nisii A, Marasca R, Bossù M, Ottolenghi L, Polimeni A. Management of transverse root fractures in dental trauma. *Dent Med Probl.* 2022 Oct-Dec;59(4):637-645. doi: 10.17219/dmp/145895. PMID: 36537854.
 128. Melcher A. H., Turnbull R. S. Inhibition of osteogenesis by periodontal ligament // *Journal of Periodontal Research.* – 1972. – №. 10. – C. 16-17.
 129. Mente J, Leo M, Panagidis D, Ohle M, Schneider S, Lorenzo Bermejo J, Pfefferle T. Treatment outcome of mineral trioxide aggregate in open apex teeth. *J Endod.* 2013 Jan;39(1):20-6. doi: 10.1016/j.joen.2012.10.007. PMID: 23228252.
 130. Mickeviciene L, Ciruliene V, Greta L. Long Term Outcome of Avulsed Immature Mandibular Incisor with Progressive External Root Resorption: 9 Years Follow-Up. *J Oral Maxillofac Res.* 2023 Jun 30;14(2):e5. doi: 10.5037/jomr.2023.14205. PMID: 37521324; PMCID: PMC10382192.
 131. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med.* 2009 Jul 21;6(7):e1000097. doi: 10.1371/journal.pmed.1000097. Epub 2009 Jul 21. PMID: 19621072; PMCID: PMC2707599.
 132. Molina JR, Vann WF Jr, McIntyre JD, Trope M, Lee JY. Root fractures in children and adolescents: diagnostic considerations. *Dent Traumatol.* 2008 Oct;24(5):503-9. doi: 10.1111/j.1600-9657.2008.00652.x. PMID: 18821952.
 133. Mona M, Abbasi Z, Kobeissy F, Chahbandar A, Pileggi R. A Bioinformatics Systems Biology Analysis of the Current Oral Proteomic Biomarkers and Implications for Diagnosis and Treatment of External Root Resorption. *Int J Mol Sci.* 2021 Mar 20;22(6):3181. doi: 10.3390/ijms22063181. PMID: 33804739; PMCID: PMC8003910.
 134. Nakamura I, Takahashi N, Sasaki T, Jimi E, Kurokawa T, Suda T. Chemical and physical properties of the extracellular matrix are required for the actin ring formation

- in osteoclasts. *J Bone Miner Res.* 1996 Dec;11(12):1873-9. doi: 10.1002/jbmr.5650111207. PMID: 8970888.
135. Noori AJ, Al-Obaidi WA. Traumatic dental injuries among primary school children in Sulaimani city, Iraq. *Dent Traumatol* 2009;25:442-6.
 136. Nygaard-Ostby B. Mortal- oder Vitalbehandlung der entzündeten Pulpa? [Mortal or vital treatment of the inflamed pulp?]. *SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd.* 1966 Jun;76(6):545-51. German. PMID: 5220540.
 137. Oka H, Miyauchi M, Sakamoto K, Moriwaki S, Niida S, Noguchi K, Somerman MJ, Takata T. PGE2 activates cementoclastogenesis by cementoblasts via EP4. *J Dent Res.* 2007 Oct;86(10):974-9. doi: 10.1177/154405910708601011. PMID: 17890674.
 138. Oshiro T, Shibasaki Y, Martin TJ, Sasaki T. Immunolocalization of vacuolar-type H⁺-ATPase, cathepsin K, matrix metalloproteinase-9, and receptor activator of NFkappaB ligand in odontoclasts during physiological root resorption of human deciduous teeth. *Anat Rec.* 2001 Nov 1;264(3):305-11. doi: 10.1002/ar.1127. PMID: 11596012.
 139. Özler CÖ, Cehreli ZC. Conservative management of a cervical horizontal root fracture by long-term stabilisation: A case report. *Aust Endod J.* 2022 Aug;48(2):338-341. doi: 10.1111/aej.12551. Epub 2021 Jul 29. PMID: 34322945.
 140. Patel S, Ford TP. Is the resorption external or internal. *Dent Update.* 2007; 34:218-229.
 141. Patel S, Kanagasingam S, Pitt Ford T. External cervical resorption: a review. *J Endod.* 2009 May;35(5):616-25. doi: 10.1016/j.joen.2009.01.015. PMID: 19410071.
 142. Patel S, Ricucci D, Durak C, Tay F. Internal root resorption: a review. *J Endod.* 2010 Jul;36(7):1107-21. doi: 10.1016/j.joen.2010.03.014. Epub 2010 May 20. PMID: 20630282.
 143. Philip N, Nazzal H, Duggal MS. Critical appraisal of the 2020 IADT Guidelines: A personal commentary. *Dent Traumatol.* 2023 Oct;39(5):509-516. doi: 10.1111/edt.12858. Epub 2023 Jul 5. PMID: 37408436.

144. Rathe F, Nölken R, Deimling D, Ratka-Krüger P. Externe Wurzelresorption [External root resorption]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2006;116(3):245-53. German. PMID: 16610460.
145. Raut AW, Mantri V, Shambharkar VI, Mishra M. Management of Complicated Crown Fracture by Reattachment Using Fiber Post: Minimal Intervention Approach. *J Nat Sci Biol Med.* 2018 Jan-Jun;9(1):93-96. doi: 10.4103/jnsbm.JNSBM_98_17. PMID: 29456401; PMCID: PMC5812083.
146. Ribeiro DA, Sugui MM, Matsumoto MA, Duarte MA, Marques ME, Salvadori DM. Genotoxicity and cytotoxicity of mineral trioxide aggregate and regular and white Portland cements on Chinese hamster ovary (CHO) cells in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006 Feb;101(2):258-61. doi: 10.1016/j.tripleo.2005.02.080. Epub 2005 Oct 14. PMID: 16448930.
147. Rifkin BR, Baker RL, Somerman MJ, Pointon SE, Coleman SJ, Au WY. Osteoid resorption by mononuclear cells in vitro. *Cell Tissue Res.* 1980;210(3):493-500. doi: 10.1007/BF00220205. PMID: 7407851.
148. Robertson A, Andreasen FM, Andreasen JO, Norén JG. Long-term prognosis of crown-fractured permanent incisors. The effect of stage of root development and associated luxation injury. *Int J Paediatr Dent.* 2000 Sep;10(3):191-9. doi: 10.1046/j.1365-263x.2000.00191.x. PMID: 11310111.
149. Roskamp L, Perin CP, Castro JP, Mattos NHR, Campos MCBP, Gabardo MCL, Ignácio SA, Locks MEN, Westphalen VPD, Baratto-Filho F. Retrospective analysis of survival of avulsed and replanted permanent teeth according to 2012 or 2020 IADT Guidelines. *Braz Dent J.* 2023 Mar-Apr;34(2):122-128. doi: 10.1590/0103-6440202305255. PMID: 37194850; PMCID: PMC10208297.
150. Ruparel NB, Teixeira FB, Ferraz CC, Diogenes A. Direct effect of intracanal medicaments on survival of stem cells of the apical papilla. *J Endod.* 2012 Oct;38(10):1372-5. doi: 10.1016/j.joen.2012.06.018. Epub 2012 Aug 16. PMID: 22980180.
151. Sahara N, Toyoki A, Ashizawa Y, Deguchi T, Suzuki K. Cytodifferentiation of the odontoclast prior to the shedding of human deciduous teeth: an ultrastructural and

- cytochemical study. *Anat Rec.* 1996 Jan;244(1):33-49. doi: 10.1002/(SICI)1097-0185(199601)244:1<33::AID-AR4>3.0.CO;2-G. PMID: 8838422.
152. Saikiran KV, Gurunathan D, Nuvvula S, Jadadoddi RK, Kumar RH, Birapu UC. Prevalence of Dental Trauma and Their Relationship to Risk Factors among 8-15-Year-Old School Children. *Int J Dent.* 2022 Dec 22;2022:3343827. doi: 10.1155/2022/3343827. PMID: 36589212; PMCID: PMC9800100.
 153. Saoud TM, Mistry S, Kahler B, Sigurdsson A, Lin LM. Regenerative Endodontic Procedures for Traumatized Teeth after Horizontal Root Fracture, Avulsion, and Perforating Root Resorption. *J Endod.* 2016 Oct;42(10):1476-82. doi: 10.1016/j.joen.2016.04.028. Epub 2016 Aug 26. PMID: 27576211.
 154. Schaffner P, Dard MM. Structure and function of RGD peptides involved in bone biology. *Cell Mol Life Sci.* 2003 Jan;60(1):119-32. doi: 10.1007/s000180300008. PMID: 12613662.
 155. Sims NA, Gooi JH. Bone remodeling: Multiple cellular interactions required for coupling of bone formation and resorption. *Semin Cell Dev Biol.* 2008 Oct;19(5):444-51. doi: 10.1016/j.semcdb.2008.07.016. Epub 2008 Jul 31. PMID: 18718546.
 156. Soares AJ, Souza GA, Pereira AC, Vargas-Neto J, Zaia AA, Silva EJ. Frequency of root resorption following trauma to permanent teeth. *J Oral Sci.* 2015 Jun;57(2):73-8. doi: 10.2334/josnurd.57.73. PMID: 26062854.
 157. Souza BDM, Dutra KL, Kuntze MM, Bortoluzzi EA, Flores-Mir C, Reyes-Carmona J, Felipe WT, Porporatti AL, De Luca Canto G. Incidence of Root Resorption after the Replantation of Avulsed Teeth: A Meta-analysis. *J Endod.* 2018 Aug;44(8):1216-1227. doi: 10.1016/j.joen.2018.03.002. Epub 2018 Jun 1. PMID: 29866405.
 158. Speziani C, Rivollier A, Gallois A, Coury F, Mazzorana M, Azocar O, Flacher M, Bella C, Tebib J, Jurdic P, Rabourdin-Combe C, Delprat C. Murine dendritic cell transdifferentiation into osteoclasts is differentially regulated by innate and adaptive cytokines. *Eur J Immunol.* 2007 Mar;37(3):747-57. doi: 10.1002/eji.200636534. PMID: 17304626.

159. Spinass E, Carboni L, Cordaro S, Lopponi G, Mallus T, Zerman N. Intrusive luxation lesions in permanent teeth: a Literature review and an up to date on the possibilities of approaches with the orthodontic repositioning technique. *Eur J Paediatr Dent*. 2024 Dec 1;25(4):331-335. doi: 10.23804/ejpd.2024.25.04.03. PMID: 39623862.
160. Staffoli S, Plotino G, Nunez Torrijos BG, Grande NM, Bossù M, Gambarini G, Polimeni A. Regenerative Endodontic Procedures Using Contemporary Endodontic Materials. *Materials (Basel)*. 2019 Mar 19;12(6):908. doi: 10.3390/ma12060908. PMID: 30893790; PMCID: PMC6471897.
161. Stenbeck G, Horton MA. A new specialized cell-matrix interaction in actively resorbing osteoclasts. *J Cell Sci*. 2000 May;113 (Pt 9):1577-87. doi: 10.1242/jcs.113.9.1577. PMID: 10751149.
162. Taiwo OO, Jalo HP. Dental Injuries in 12-year old Nigerian students. *Dent Traumatol* 2011;27:230
163. Teitelbaum SL, Ross FP. Genetic regulation of osteoclast development and function. *Nat Rev Genet*. 2003 Aug;4(8):638-49. doi: 10.1038/nrg1122. PMID: 12897775.
164. Tewari N, Rajeswary A, Wikström A, Tsilingaridis G. Non-Surgical Endodontic Management of Large Periapical Lesions After Traumatic Dental Injuries. *Dent Traumatol*. 2025 Feb;41 Suppl 1:43-52. doi: 10.1111/edt.13008. Epub 2024 Nov 2. PMID: 39487669.
165. Thakur V, Verma S, Goel M, Kumar V, Singh B. Surgical reconstruction of invasive external cervical root resorption with perforation and associated periodontal defect using novel bioceramic materials and cone beam computed tomography as a diagnostic adjunct- A case report. *J Indian Soc Periodontol*. 2024 Sep-Oct;28(5):591-595. doi: 10.4103/jisp.jisp_207_24. Epub 2025 Feb 26. PMID: 40134402; PMCID: PMC11932559.
166. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Cytotoxicity of four root end filling materials. *J Endod*. 1995 Oct;21(10):489-92. doi: 10.1016/s0099-2399(06)80518-2. PMID: 8596067.

167. Torabinejad M, Parirokh M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview - part II: other clinical applications and complications. *Int Endod J*. 2018 Mar;51(3):284-317. doi: 10.1111/iej.12843. Epub 2017 Oct 11. PMID: 28846134.
168. Tronstad L. Root resorption--etiology, terminology and clinical manifestations. *Endod Dent Traumatol*. 1988 Dec;4(6):241-52. doi: 10.1111/j.1600-9657.1988.tb00642.x. PMID: 3078294.
169. Trope M. Root resorption due to dental trauma. *Endod Top*. 2002;1:79–100.
170. Trope M. Root resorption of dental and traumatic origin: classification based on etiology. *Pract Periodontics Aesthet Dent*. 1998 May;10(4):515-22. PMID: 9655059.
171. Uraba S, Ebihara A, Komatsu K, Ohbayashi N, Okiji T. Ability of Cone-beam Computed Tomography to Detect Periapical Lesions That Were Not Detected by Periapical Radiography: A Retrospective Assessment According to Tooth Group. *J Endod*. 2016 Aug;42(8):1186-90. doi: 10.1016/j.joen.2016.04.026. Epub 2016 Jun 29. PMID: 27372162.
172. Wannfors K, Hammarström L. Infectious foci in chronic osteomyelitis of the jaws. *Int J Oral Surg*. 1985 Dec;14(6):493-503. doi: 10.1016/s0300-9785(85)80055-7. PMID: 3936797.
173. Wedenberg C, Lindskog S. Evidence for a resorption inhibitor in dentin. *Scand J Dent Res*. 1987 Jun;95(3):205-11. doi: 10.1111/j.1600-0722.1987.tb01832.x. PMID: 3474762.
174. Wei X, Yang M, Yue L, Huang D, Zhou X, Wang X, Zhang Q, Qiu L, Huang Z, Wang H, Meng L, Li H, Chen W, Zou X, Ling J. Expert consensus on regenerative endodontic procedures. *Int J Oral Sci*. 2022 Dec 1;14(1):55. doi: 10.1038/s41368-022-00206-z. PMID: 36450715; PMCID: PMC9712432.
175. Yoshpe M, Einy S, Ruparel N, Lin S, Kaufman AY. Regenerative Endodontics: A Potential Solution for External Root Resorption (Case Series). *J Endod*. 2020 Feb;46(2):192-199. doi: 10.1016/j.joen.2019.10.023. Epub 2019 Dec 6. PMID: 31813579.

176. Zaleckiene V, Peciuliene V, Brukiene V, Drukteinis S. Traumatic dental injuries: etiology, prevalence and possible outcomes. *Stomatologija*. 2014;16(1):7-14. PMID: 24824054.
177. Zare Jahromi M, Kalantar Motamedi MR. Effect of calcium hydroxide on inflammatory root resorption and ankylosis in replanted teeth compared with other intracanal materials: a review. *Restor Dent Endod*. 2019 Aug 1;44(3):e32. doi: 10.5395/rde.2019.44.e32. PMID: 31485428; PMCID: PMC6713075.