*На правах рукописи*

**Олесова Эмилия Артёмовна**

# Биомеханические факторы риска перегрузки зуба (экспериментально-клиническое исследование)

3.1.7. Стоматология

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата медицинских наук

Москва – 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна»

**Научный руководитель:**
доктор медицинских наук, профессор **Арутюнов Сергей Дарчоевич**

**Официальные оппоненты**:

**Разумова Светлана Николаевна –** доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», Медицинский институт, кафедра пропедевтики стоматологических заболеваний, заведующая кафедрой

**Хафизов Раис Габбасович** – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Институт фундаментальной медицины и биологии, кафедра стоматологии и имплантологии, заведующий кафедрой

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Смоленский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита диссертации состоится «19» ноября 2026 г. в 13.00 часов на заседании диссертационного совета ДСУ 208.001.36 при ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д.8, стр. 2

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной учебной библиотеке ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (119034, г. Москва, Зубовский бульвар, д.37/1) и на сайте организации https://www.sechenov.ru

Автореферат разослан «____» _____2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат медицинских наук, доцент **Дикопова Наталья Жоржевна**

# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

## Актуальность темы исследования

В практике врача-стоматолога нередко встречаются трещины и переломы зубов [Гажва С. И. с соавт., 2025; Кастеллучи А., 2024; Семенников В. И. с соавт., 2022; Haupt F. et al., 2023; Jeong, J. et al., 2025; Pryles R. L. et al., 2025]. Если нарушение целостности реставраций зубов и протетических конструкций устраняется их заменой, то зубы с трещинами, как правило, удаляются. Исключение составляют переломы в пределах верхней трети корня, при которых возможно восстановление зуба на штифтовых опорах [Степанов А. Г., 2018; Нестеров А. М. с соавт., 2022; Романов М. М., 2023; Трунин Д. А., 2024; Эртувханов М. З., 2023; Damle S. et al., 2026; Karni P.A. et al., 2026].

Причины трещин и переломов зубов изучены фрагментарно. Известно негативное влияние на прочность зубов их девитализации, анатомического строения, окклюзионных супраконтактов, функциональной перегрузки [Некрасова Е. А., 2025; Венедиктова В. А., 2023; Воробьева Ю. Б., 2023; Ле Т. Ч., 2022; Пустохина И. Г., 2021; Абдулаев Б. А., 2023; Шарипов Х. С., 2023; Шашмурина А. Б. с соавт, 2023; Ярошенко Н. Н., 2023; Bastug B. et al., 2026; Karni P. A. et al., 2026; Lopes-Olhê F. C et al., 2025; Pauletto G. et al., 2025]. Так, Макеева И.М. с соавторами отмечает: «В диагностике вертикальной трещины корня определенное место имеют факторы перегрузки и протезирования» [Макеева И. М. с соавт, 2016]. Однако, комплексного экспериментально-клинического сравнения влияния разных биомеханических факторов на снижение устойчивости зубов к трещинам и переломам ранее не проводилось: топографии зуба, девитализации, величины полости в зубе, наличия штифтовых конструкций, резорбции пришеечной или периапикальной костной ткани, использования зуба под опору мостовидного или съемного протеза.

Ряд исследований отражают значения физико-механических параметров дентина и эмали зубов разных функциональных групп, приводятся значения пределов их прочности [Легких А. В., 2018; Муслов С. А. с соавт., 2020, 2023].

Относительно механизма разрушения зуба (переломов, трещин) недостаточно использованы возможности анализа напряжений с помощью математического моделирования, который показал высокую информативность при изучении периимплантатной костной ткани [Гришин П. О. с соавт., 2023; Иванов А. С., 2021;, Долгалев А. А. с соавт., 2024; Харах Я. Н., 2021; Щербаков Л. Н. с соавт., 2022; Kırmalı Ö. et al., 2026; Machiwal M. et al., 2025; Sagsoz, O. et al., 2026; Zheng Z. et al., 2025].

Не подвергались анализу экономические аспекты биомеханических факторов риска переломов и трещин зубов [Горбунов В. Н., 2024; Золотарев Н. Н., 2022; Киракосян, Л. Г., 2023; Шаймиева Н. И., 2021; Янушевич О. О., 2022].

**Степень разработанности темы исследования**

Новейшие исследования в области математического моделирования напряжений в твердых тканях зуба касались биомеханического сравнения композитных реставраций и керамических коронковых вкладок, штифтовых конструкций при полном разрушении коронковой части зуба [de Carvalho A. B. G. et al., 2026; Sagsoz O., 2026; Wan B. et al., 2025]. В костных тканях близкие по методике математические исследования проводились в имплантологии [Берсанова М. Р., 2025; Дибиров Т. М., 2025].

Статистические данные по частоте выявления переломов и трещин ограничены.

Экономические исследования Заславского Р.С. выявили значимость биомеханических факторов для экономии затрат на примере имплантологии [Заславский Р. С. с соавт., 2024, 2025].

Перечисленные аспекты трещин и переломов зубов – статистические, экспериментальные, экономические – с учетом комплекса биомеханических клинических факторов ранее не изучались.

**Цель и задачи исследования**

Цель: прогнозирование переломов и трещин зубов с учетом математического моделирования функциональных напряжений эмали и дентина в разных биомеханических условиях.

Задачи:

1. Проанализировать в клинике терапевтической стоматологии частоту выявления переломов и трещин зубов.
2. Сопоставить методом трехмерного математического моделирования показатели напряженно-деформированного состояния твердых тканей зубов и альвеолярной лунки в адекватных и негативных биомеханических условиях нагрузки.
3. Изучить особенности напряжений при нагрузке реставраций и штифтовых конструкций при замещении дефектов твердых тканей зубов.
4. Сопоставить в клинике и путем анкетирования выявляемость переломов и трещин зубов с биомеханическими факторами их нагрузки.
5. Рассчитать экономические затраты при устранении дефектов зуба с учетом факторов биомеханического риска и прогноза появления трещин и фрактур.

**Научная новизна**

Впервые проведен анализ частоты выявления и биомеханических факторов риска трещин и переломов зубов по результатам анкетирования врачей-стоматологов и по структуре обращаемости за стоматологической помощью. Выявлены основные биомеханические причины и степень их влияния на частоту развития трещин и переломов зубов.

Впервые по данным сравнительного математического моделирования показано негативное влияние девитализации зуба на величину и картину распределения напряжений в его твердых тканях и окружающей костной лунке. Рассчитана степень увеличения функциональных напряжений в эмали, дентине, кортикальной и губчатой костной ткани в неадекватных биомеханических условиях.

Установлены факторы биомеханического риска развития предельных напряжений в тканях зуба.

Рассчитана степень увеличения затрат при замещении дефектов твердых тканей зубов в зависимости от глубины их разрушения, а также с учетом пятилетнего прогноза трещин и переломов на фоне биомеханических факторов риска.

**Теоретическая и практическая значимость работы**

По данным клиники и опроса врачей-стоматологов установлена этиологическая значимость для трещин и переломов зубов основных биомеханических факторов: девитализации зубов, повышенной и боковой функциональной нагрузки зубов вследствие дефектов зубного ряда, реставрации более 50% окклюзионной поверхности, истончения стенок корневого канала вследствие эндодонтического лечения. Представлена структура локализаций трещин и переломов зубов, сроки выявления и значение лучевых методов диагностики.

В трехмерной математической модели описаны картины и величины функциональных напряжений в твердых тканях интактного и девитализированного зуба и в альвеолярной лунке в таких биомеханических условиях как полость в зубе, композитная или керамическая реставрация стирание эмали, окклюзионный супраконтакт; резорбция межзубных перегородок, периапикальная деструкция или резекция апикальной части корня; штифтовые конструкции при отсутствии коронковой части зуба.

Зарегистрированы локальные напряжения до предела прочности в эмали зуба с интактной пульпой: при повышенном стирании, окклюзионном супраконтакте, наличии пришеечной полости, а также в обширной полости и реставрации на окклюзионной поверхности при наклонной нагрузке. Выявлены предельные напряжения в корне девитализированного зуба при наклонной нагрузке, в том числе при наличии штифтовых конструкций.

Показана экономическая целесообразность раннего лечения зуба при появлении дефектов твердых тканей и степень увеличения расходов на восстановление твердых тканей зуба в зависимости от развития негативных биомеханических факторов.

**Методология и методы исследования**

В работе проведен анализ обращаемости к врачам-стоматологам терапевтам и хирургам с целью изучения статистических данных и мнения врачей по поводу частоты определения переломов и трещин зубов и их причин.

С помощью математического моделирования зубоальвеолярного сегмента проведен трехмерный анализ функциональных напряжений в эмали, дентине и костной ткани при приложении осевой и смещенной нагрузке. Моделирование расширено за счет изменения биомеханических условий нагрузки, в частности, при появлении полости на окклюзионной или пришеечной поверхностях, при их устранении композитом или керамикой, при девитализировании зуба, при появлении периапикальной костной деструкции, при необходимости использования штифтовых конструкций.

Обоснованна вероятность в интервале 5 лет появления трещин и переломов зубов на фоне неблагоприятных биомеханических условий нагрузки. Рассчитаны соответствующие финансовые затраты при восстановлении зуба в сравнении с своевременным лечением среднего кариеса.

Статистический анализ включал критерий Стьюдента и уровень достоверности различий $p < 0,05$.

**Положения, выносимые на защиту**

1. Трещины и переломы выявляются у 10% зубов с показаниями к лечению или удалению, чаще у премоляров на верхней челюсти, продольной топографии; 16% трещин диагностируется только с применением компьютерной томографии. Основными биомеханическими факторами, обуславливающими трещины и переломы зубов, являются: девитализация зубов, перегрузка из-за незамещенных дефектов зубных рядов, наличие полости или композитной реставрации более 50% окклюзионной поверхности, срок с момента девитализации и реставрации более 5 лет. Вероятность появления трещин и переломов зубов в зависимости от разных биомеханических условий функционирования зуба колеблется от 7,8% до 52,9%.

2. По результатам трехмерного математического моделирования неблагоприятные биомеханические условия нагрузки увеличивают в 1,5 – 4,0 раз функциональные напряжения в тканях зуба и альвеолярной лунке в зависимости от направления нагрузки и механических свойств тканей. Превышение предела прочности возможно в эмали при повышенном стирании,

окклюзионном супраконтакте, наличии обширной полости и реставрации; в дентине корня – при девитализации зуба и наличии штифтовых опор искусственных коронок.

3. Биомеханические факторы риска трещин и переломов зубов по данным пятилетнего прогноза увеличивают затраты на замещение дефекта твердых тканей или удаленного зуба от двух до тринадцати раз в сравнении со своевременным лечением среднего кариеса.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 3.1.7. Стоматология, пункту 1 – «Изучение этиологии, патогенеза, эпидемиологии, методов профилактики, диагностики и лечения поражений твердых тканей зубов (кариес и др.), их осложнений» и пункту 8 – «Экспериментальные исследования по изучению этиологии, патогенеза, лечения и профилактики основных стоматологических заболеваний» направлений исследований.

**Степень достоверности и апробация результатов**

На основании принципов доказательной медицины в диссертации представлены результаты анкетирования достаточного числа врачей-стоматологов, статистический анализ причин обращаемости за стоматологической помощью в ведомственном специализированном центре. Достоверность проведенного исследования базируется на высоком уровне математического моделирования функциональных напряжений в биологических объектах. Экономические расчеты соответствуют специализированным рекомендациям при определении затрат на оказание медицинской помощи. Использованы адекватные методы статистической обработки.

Материалы исследования доложены на VI Международной конференции молодых ученых-стоматологов ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского «Ученики-учителям» (Москва, 2025), Международном научно-практическом форуме молодых учёных и специалистов «Ильинские чтения 2025» (Москва, 2025), VI Научно-практической конференции и межвузовской студенческой олимпиаде МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России «Научный авангард» (Москва, 2024), VII Научно-практической конференции и межвузовской студенческой олимпиаде МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России «Научный авангард» (Москва, 2025), Научно-практической конференции стоматологов ФМБА России «Актуальные вопросы профилактики и лечения заболеваний полости рта» (Москва, 2024, 2025), Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Здоровое долголетие и персонализированная медицина» (Казань, 2025).

Апробация диссертационной работы проведена на расширенном заседании кафедры стоматологии МБУ ИНО ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России (28.03.2026, протокол № 3).

**Внедрение результатов в исследования и практику**

Результаты исследования внедрены в практику работы ФГБУЗ «Клинический центр стоматологии» ФМБА России (Москва), ФБУЗ «Приволжский окружной медицинский центр» ФМБА России (Нижний Новгород), в учебный процесс на кафедре стоматологии Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, кафедре клинической стоматологии и имплантологии Академии постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России.

**Личный вклад автора**

Автор лично проанализировала литературные источники по теме диссертации, а также статистический годовой отчет ведомственного специализированного центра; разработала анкету и провела целевой опрос 52 врачей-стоматологов.

При участии автора разработаны 18 трехмерных математических моделей зубоальвеолярного сегмента в разных условиях функционирования с последующим анализом распределения и величин максимальных напряжений, а также дан пятилетний прогноз появления трещин и переломов зубов на фоне осложненных биомеханических условий с последующим расчетом затрат на восстановление зуба в сравнении с своевременным лечением среднего кариеса.

Материалы исследования подвергнуты автором статистической обработке.

**Публикации по теме диссертации**

Опубликовано 17 печатных работ, в том числе 7 научных статей в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета / Перечень ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук; 7 публикаций в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций; 1 свидетельство о государственной регистрации базы данных; 2 учебных пособия.

**Структура и объем диссертации**

Диссертация изложена на 199 листах; состоит из введения, обзора литературы, результатов собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы. Диссертация иллюстрирована 66 рисунками и 9 таблицами. Список литературы включает 230 источников, из которых 152 отечественных и 78 зарубежных.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Материал и методы исследования

Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния (НДС) тканей зуба и альвеолярной лунки в разных биомеханических условиях функционирования проведено в 19 вариантах трехмерной модели однокорневого зуба нижней челюсти. В математические расчеты вводились общеизвестные механические параметры костной ткани лунки (губчатой и картикальной), дентина и эмали, конструкционных материалов, а также их пределы прочности, в частности, эмаль – 42,1 МПа, дентин – 104 МПа (дентин девитализированного зуба – 30 МПа), композит – 170 МПа, керамика – 300 МПа, титан – 880 МПа, стекловолокно – 1051 МПа, хром-кобальт – 650 МПа, кортикальная и губчатая кость (150 МПа и 15 МПа соответственно). Распределенная нагрузка 150 Н направлялась к моделям с окклюзионной поверхности вертикально и наклонно под углом 45°. Цветное картирование распределения интегральных напряжений в изучаемых тканях и материалах сопровождалось шкалой напряжений (Рисунок 1).

Моделировались нагрузки зуба при разной степени и локализации его разрушения: стирание эмали; снижение плотности костной ткани; резорбция костной ткани на 30% или 50% длины корня; окклюзионный супраконтакт; полость в зубе (на окклюзионной поверхности или в пришеечной области – с щечной или апроксимальной поверхности); девитализированный зуб.

Кроме того, моделировались возможные варианты замещения дефекта в зубе в зависимости от степени разрушения: композитная реставрация (на окклюзионной поверхности или в пришеечной области – с щечной или апроксимальной поверхности); керамическая вкладка; зуб с периапикальной резорбцией, с резекцией верхушки корня, со штифтовой вкладкой, со стекловолоконным штифтом, с титановым штифтом.

Анализ клинических обстоятельств разрушения зубов – трещин и переломов – проводился с использованием разработанной для этих целей анкеты. Анкета содержала 32 пункта, входящих в 10 вопросов, включая раздел для фиксации дополнительных сведений от врачей по проблемам трещин и переломов. Вопросы анкеты предполагали 50 возможных ответов, отображающих частоту, сроки, локализацию биомеханические обстоятельства и последствия трещин и переломов зубов.

В анкетировании приняли участие 52 врача-стоматолога из регионов России, обучающихся на курсах повышения квалификации в МБУ ИНО ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. Среди опрошенных было примерно равное число врачей по специализации: 19 терапевтов, 18 хирургов, 15 ортопедов; стаж работы по специальности варьировал от 8 до 29 лет и в среднем составлял 12,3 $\pm$ 4,4 лет.

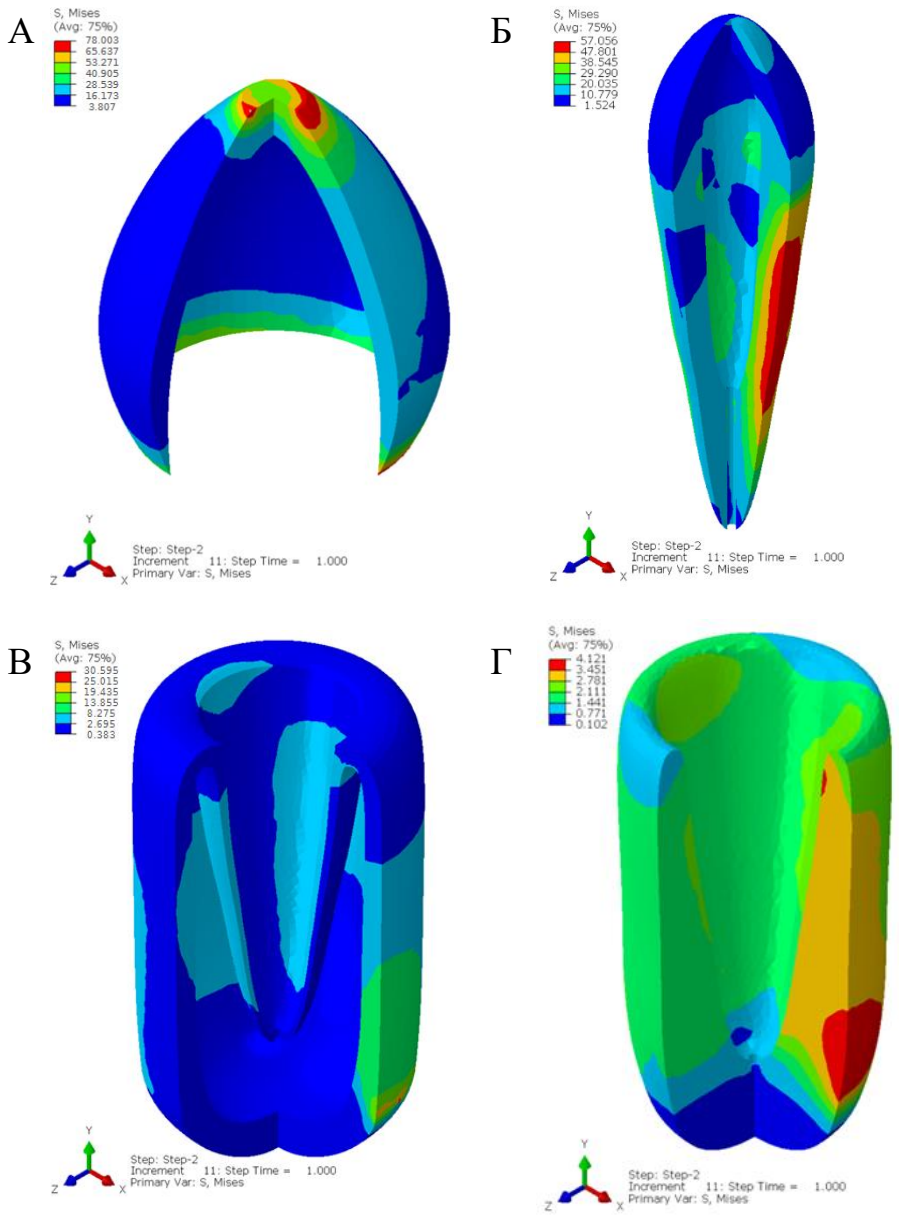



Рисунок 1 – Напряжённо-деформированное состояние в эмали (А), дентине (Б), кортикальной (В) и губчатой (Г) костной ткани при наклонной нагрузке (вариант повышенного стирания эмали

Для объективности анализа причин и обстоятельств трещин и переломов зубов проведен анализ статистических данных ФГБУЗ «Клинический центр стоматологии» ФМБА России. В течение года 10 врачей терапевтического отделения при выявлении трещин и переломов зубов заполняли на каждый случай вкладыш в медицинскую карту с подробным описанием обстоятельств трещины и перелома в соответствии с анкетой для врачей-стоматологов. Учитывались данные медицинских карт стоматологического больного (форма №043/у), рентген и КТ-обследования.

Для определения экономической целесообразности использования методов лечения пациентов с диагнозами, сопутствующими (предшествующими) перелому или трещине зуба,

использовалась сравнительная оценка результатов медицинских вмешательств и затрат на их выполнение. Последовательность анализа заключалась в определении затрат при проведении видов лечения в разных условиях разрушения зуба (в УЕтах; 1УЕ соответствует стоимости лечения среднего кариеса), а затем в расчете приведенной (за 5-летний период) стоимости с учетом вероятности переломов и трещин, вероятности удаления зуба и альтернативного плана лечения, а также дисконтированного абсолютного риска. При соответствии первичных затрат и приведенной стоимости рассчитывался коэффициент потребительской эффективности (КПЭ). Клинико-экономический анализ проводился по типу «затраты-выгода» (Отраслевой стандарт «Клинико-экономические исследования. Общие положения», ОСТ 91500.14.0001-2002, Приказ МЗ РФ от 27.05.02 № 163). Формальный расчет КПЭ проводился по формулам:

$$\text{КПЭ}_i = \frac{\text{В}_i}{\text{С}_{\text{ран}}} \ ,$$

где $В_i$ – выгода (экономия по сравнению со стоимостью i-го плана лечения), а $С_{ран}$ – затраты (стоимость лечения на ранней стадии) в условных единицах.

Выгода (В) в свою очередь: $В_i = С_i – С_{ран} + R_i – R_{ран}$,

где $С_i$ – затраты на реализацию i-го плана лечения, $R_i$ – приведенная дисконтированная стоимость риска по устранению неблагоприятных исходов i-го плана лечения, $R_{ран}$ – приведенная дисконтированная стоимость риска по устранению неблагоприятных исходов базового плана лечения на ранней стадии.

Дисконтированный абсолютный риск ($R_i$):

$$R_i = \text{Рф}_i * (\text{Ру}_i * \text{Су}_i + (100 - \text{Ру}_i) * \text{Сау}_i)) * 0{,}823,$$

где $Рф_i$ – вероятность фрактуры зуба после i-го плана лечения, $Ру_i$ – вероятность удаления зуба в результате фрактуры после i-го плана лечения, $Су_i$ – затраты на дальнейшую реабилитацию, включая удаление зуба в результате фрактуры после i-го плана лечения (в большинстве случаев равны 25,05 УЕ, соответствующим плану лечения с использованием имплантата), $Сау_i$ – затраты на дальнейшую реабилитацию альтернативную удалению зуба в результате фрактуры после i-го плана лечения, а 0,823 – коэффициент дисконтирования на четырехлетний период.

Итого:

$$\text{КПЭ}_i = \frac{(\text{С}_i - \text{С}_{\text{ран}} + \text{R}_i - \text{R}_{\text{ран}})}{\text{С}_{\text{ран}}} \ .$$

Для статистической обработки результатов исследования применялась программа StatTech v. 3.1.10 («Статтех», Россия). При формировании выборки опрошенных врачей и периода статистических отчетов медицинской организации проводилось сопоставление количества респондентов с требованиями нормального распределения по критерий Колмогорова-Смирнова. Применялись стандартные статистические критерии –среднее арифметическое значение (M) со стандартной ошибкой среднего (m). При сравнении результатов исследования в разделах статистического анализа обращаемости к стоматологам-терапевтам и анкетирования

врачей, а также при сравнении результатов математического моделирования использован критерий Стьюдента с достоверностью различий на уровне значимости $p < 0,05$.

**Результаты собственных исследований**

Целенаправленное анкетирование среди врачей-стоматологов установило частоту выявления переломов и трещин зубов, равную 12,1% от количества леченых зубов и 10,2% – от числа удаленных зубов (в среднем 11,1 %). Большую часть среди разрушения зубов составляли трещины: 60,4% против 39,6% переломов зубов. Среди зубов с переломом или трещиной резцы, клыки, премоляры и моляры составляли соответственно 10,5%, 5,0%, 52,7%, 31,8%; в большей степени переломам и трещинам подвержены премоляры. Переломы и трещины зубов чаще касались верхних зубов: 62,5% против 37,5% на нижней челюсти; в корнях зубов по сравнению с коронками: 59,1% и 40,9%. Продольные трещины и переломы встречались в 68,2% наблюдений против 31,8% поперечных. 5,9% трещин и переломов диагностировались только по данным рентгенографии, а еще 9,7% – только по данным компьютерной томографии. Подавляющее большинство зубов с переломами и трещинами были ранее девитализированы (87,7%) (Рисунок 2). Только 5,3% были подвижными среди зубов с переломом или трещиной. Значительное число зубов с переломами и трещинами выявлялось у пациентов с неполностью замещенными дефектами зубных рядов, то есть в условиях функциональной перегрузки оставшихся зубов (79,2%), в частности, в сочетании с бруксизмом и гипертонусом мышц челюстно-лицевой области (29,2%) и при выявлении окклюзионных супраконтактов (12,7%).Значительное влияние в провокации переломов и трещиной оказывала резорбция пришеечной костной ткани, поскольку указанное осложнение в 30,1% случаев сопровождалось резорбцией на глубину более 1/3 корня. Многие зубы с трещинами или переломами имели обширную полость коронковой части зуба – более 50% окклюзионной поверхности (36,4%) или обширную композитную реставрацию (49,3%); в 21,3% случаев отмечалась пришеечная полость зуба. Зубы с культевой штифтовой вкладкой, металлическим или стекловолоконным эндоканальными штифтами подвергались трещинам и переломам с частотой соответственно 21,9%, 21,1%, 10,3%. Значительная часть переломов и трещин (30,6%) происходили при явном истончении дентина корня в ходе эндодонтического лечения. При анализе роли конструкции протеза, опирающейся на зубы, лучше проявляют себя искусственные коронки, поскольку под ними переломы были у 8,1%. Использование зуба в качестве опоры мостовидного протеза приводило к увеличению частоты переломов до 23,6%, а в качестве опоры съемного протеза – до 15,1%. Время функционирования зуба до перелома и трещины распределялись следующим образом: с момента девитализации – до 3 лет 30,8%; до 5 лет 52,0%; до 10 лет 15,6%; свыше 10 лет 1,6%; после наложения композитной

пломбы – соответственно 19,2%; 46,4%; 22,9%; 11,5%; под искусственными коронками – 29,2%; 49,2%; 8,1%; 13,5%. 39,0% и 49,5% переломов).

Анкетирование врачей показало довольно высокую распространенность трещин и переломов зубов на амбулаторном приеме среди зубов с показаниями к лечению или удалению. Наиболее негативные биомеханические факторы, сопровождающие трещины и переломы зубов: девитализация зубов, перегрузка из-за незамещенных дефектов зубных рядов, наличие композитной реставрации более 50% окклюзионной поверхности, срок с момента девитализации и реставрации более 5 лет.




Рисунок 2 – Условия функционирования зубов при выявлении переломов и трещин (анкетирование)

Анализ частоты и причин появления трещин и зубов, проведенный по клинико-статистическому материалу ФГБУЗ КЦС ФМБА России за 2025 год при сравнении с изложенными результатами анкетирования врачей-стоматологов из регионов показал близость многих данных. Среди них: встречаемость трещин и переломов зубов, их распространенность на верхней челюсти; примерно одинаковая выявляемость на уровне коронки или корня зуба; превалирование переломов и трещин в девитализированных зубах. Сопоставимо влияние таких биомеханических факторов, как окклюзионный супраконтакт, периапикальная и пришеечная резорбция костной ткани, большая полость в зубе, объемная композитная реставрация,

пришеечная полость в зубе, наличие культевой штифтовой вкладки, наличие искусственной коронки. Однако, выявлены более высокие показатели в регионах: большее число зубов с переломами относительно зубов с выявленными трещинами (39,6% по анкетам и 28,6% в КЦС), доля премоляров в структуре переломов и трещин (52,7% против 28,6%) и продольных трещин зубов (68,2% против 44,1%), более частое выявление при появлении трещин и переломов незамещенных дефектов в зубных рядах (79,2% против 47,6%), значимость фактора бруксизма (29,2% против 14,3%), более частое наличие при переломах металлических и стекловолоконных штифтов (соответственно 21,1% и 10,3% против 3,9% и 6,1%), высокая выявляемость при переломах истонченности стенок корневого канала (30,6% против 19,1%), более частое выявление при переломах опор мостовидных протезов (23,6% против 6,7%) и съемных протезов (15,1% против 8,9%). В регионах отмечены более короткие сроки до переломов и трещин зубов с момента девитализации зубов (до 3 лет – 30,8% против 12,7%), фиксации коронки и мостовидного протеза (до 3 лет – 29,2% против 15,7%), наложения съемного протеза (до 3 лет – 39,0% против 7,4%).

Для математического анализа напряженно-деформированного состояния зуба в разных биомеханических условиях его функционирования проанализированы параметры НДС в базовой модели интактного премоляра нижней челюсти. Напряжения при вертикальной нагрузке зуба достигают 34,204 МПа по окклюзионной поверхности зуба. Эти напряжения в верхней части эмали снижаются до 28,265 МПа в средней части скатов эмали и до 10,448 МПа на границе эмали с дентином (вплоть до шейки зуба). Заметно увеличение напряжений в эмали при смещении вектора нагрузки с вертикального на угловое 45° – 43,705 МПа. В дентине корня напряжения при вертикальной нагрузке 9,174 МПа смещаются при наклонной нагрузке в среднюю часть корня зуба (56,469 МПа). Отмечаются напряжения 5,066 МПа в кортикальной костной ткани при вертикальной нагрузке и 27,909 МПа – при наклонной в зоне контакта вертикальной и базальной кортикальных пластин на фоне небольших напряжений в челюсти (7,685 МПа). Губчатая кость подвержена напряжениям 1,382 МПа при вертикальной и 4,375 МПа при наклонной нагрузках.

Неблагоприятные биомеханические условия нагрузки зуба приводят к увеличению напряжений не только при наклонной, но и при вертикальной нагрузке дифференцированно в разной степени в моделируемых тканях (Таблица 1).

При вертикально направленной нагрузке повышенное стирание эмали (в условиях модели на 30%) степень увеличения напряжений в сравнении с базовой моделью составляет 46,5%; в дентине – 31,6%; в костной ткани при вертикально-направленной нагрузке напряжения в условиях стирания эмали не происходит. При уменьшении плотности костной ткани снижаются напряжения в эмали на 29,0%, в других тканях изменений не происходит. При резорбции

костной ткани (в модели на 1/3 длины корня) повышаются напряжения в дентине на 20,5% и костной ткани (на 4,5% в кортикальной кости; на 19,6% в губчатой кости). В модели с резорбцией на 1/2 степень увеличения напряжений в дентине достигает 42,2%, в кортикальной кости – на 21,8%, в губчатой – на 39,9%. Увеличение нагрузки на 30% пропорционально увеличивает напряжения во всех тканях. Резкое увеличение напряжений (на 72,3%) регистрируется в точке окклюзионного супраконтакта в эмали; также увеличиваются напряжения в дентине (на 51,1%).

Появление полости в зубе вследствие кариеса повышает напряжения в эмали – на 51%, в дентине – на 25,4%, в кортикальной кости – на 23,9%, в губчатой кости – на 10,3%. При локализации полости в пришеечной области напряжения в эмали еще более увеличиваются в сравнении с окклюзионной локализацией полости – на 37,4%. В то же время отмечено некоторое снижение напряжений в дентине – на 32,4%, в кортикальной и губчатой кости – соответственно на 14,8% и 42,0%, 5,674 МПа и 1,151 МПа. Смещение полости вдоль шейки зуба, в частности в межзубное пространство не изменяет картину напряженно-деформированного состояния.

Композитная пломба благоприятна для напряженно-деформированного состояния зуба, в частности в эмали напряжения снижаются (22,192 МПа), также как в дентине (10,888 МПа), в кортикальной костной ткани – 6,220 МПа и губчатой – 1,399 МПа. Изменение материала реставрации с композита на керамику практически не влияет на величину функциональных напряжений в тканях зуба. И в этом случае напряжения уменьшаются на 39,7% в эмали и 23,1% в дентине. В самой реставрации напряжения равны 24,614МПа в композите и 31,126МПа в керамике. Пломба из композита в пришеечной области снижает напряжения на 46,5% в эмали, увеличивает на 19,6% напряжения в дентине и в кортикальной кости – на 16,2%. Идентичный характер изменения напряжений в тканях зуба характерен для пришеечной полости на апроксимальной поверхности зуба. В самой реставрации при локализации пришеечной области напряжения меньше на 48,1%.

Относительно наклонной нагрузки в сравнении с такой же нагрузкой интактного зуба проявляется более негативное влияние на напряжения во всех тканях зуба и окружающей лунке при неблагоприятных механических условиях. Особенно заметно увеличение напряжений в следующих биомеханических ситуациях: истончение эмали (на 44,0% в эмали); недостаточная

Таблица 1 – Максимальные величины напряжений при функциональной нагрузке зуба в неблагоприятных биомеханических условиях

| **Объект анализа** | **Стирание эмали** | **Снижение плотности костн. тк.** | **Резорбция костн. тк. 30%** | **Резорбция костн. тк. 50%** | **Повышенная нагрузка** | **Окклюз. супраконт.** | **Полость в зубе** | **Композитн. реставрация** | **Керамич. вкладка** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Эмаль (в)** | 63,973 | 24,277 | 28,271 | 26,474 | 51,045 | 123,636 | 34,531 | 22,192 | 23,486 |
| **Эмаль (н)** | 78,003 | 37,610 | 44,250 | 42,762 | 65,224 | 173,188 | 87,520 | 70,193 | 52,747 |
| **Дентин (в)** | 13,407 | 9,172 | 11,546 | 15,866 | 13,731 | 18,745 | 12,299 | 10,888 | 10,875 |
| **Дентин (н)** | 57,056 | 46,525 | 59,767 | 75,015 | 84,328 | 56,468 | 56,278 | 45,269 | 43,276 |
| **Кортикальная кость (в)** | 4,631 | 5,065 | 5,304 | 6,478 | 7,612 | 5,067 | 6,659 | 6,220 | 5,508 |
| **Кортикальная кость (н)** | 30,595 | 51,151 | 56,918 | 69,431 | 41,642 | 51,152 | 27,260 | 30,026 | 33,824 |
| **Губчатая кость (в)** | 1,274 | 1,390 | 1,720 | 2,298 | 2,089 | 1,382 | 1,985 | 1,399 | 1,179 |
| **Губчатая кость (н)** | 4,121 | 5,644 | 6,240 | 10,463 | 6,567 | 5,644 | 4,877 | 5,003 | 5,005 |

Примечание: в – вертикальная нагрузка,
н – наклонная нагрузка

плотность костной ткани (на 45,4% в кортикальной кости); пришеечная резорбция костной ткани до половины корня (на 59,8% в кортикальной и губчатой кости); супраконтакт (на 74,8% в эмали); полость на жевательной поверхности зуба (на 50,1% в эмали). В композитной реставрации при наклонной нагрузке напряжения увеличиваются на 15,4%; в керамической вкладке – на 19,0%.

В сравнении с картиной распределения напряжений в тканях интактного зуба и окружающей костной ткани биомеханические факторы риска в большинстве случаев меняют не только величину напряжений, но и характер и локализацию их распределения в тканях зуба. Неадекватные биомеханические факторы способны приблизить напряжения в эмали к ее пределам прочности, а именно, при истончении эмали вследствие стирания, при локальном резком повышении величины нагрузки по окклюзионному супраконтакту. Не исключена перегрузка эмали (при наклонной нагрузке), если значительна полость или реставрация на окклюзионной поверхности; особенно опасна ситуация при наличии пришеечной полости (где возможна перегрузка и при вертикальной нагрузке) и при наличии обширной пришеечной пломбы (при наклонной нагрузке).

Разрушение тканей зуба, обуславливающее его девитализацию и, во многих случаях, изготовление штифтовых конструкций, значительно влияет на напряженно-деформированное состояние, в первую очередь, эмали и дентина зуба. В девитализированном зубе степень увеличения максимальных напряжений в эмали в сравнении с интактным зубом составляет 33,1% и 49,3% соответственно при вертикальной и наклонной нагрузках. В связи с изменением механических свойств дентина после девитализации зуба напряжения в дентине снижаются на 6,0% и 28,1% соответственно при вертикальных и наклонных нагрузках. Увеличение напряжений кортикальной кости лунки происходит только при наклонной нагрузке на 11,0%, а губчатой кости – 29,2% и 13,1% соответственно при вертикальных и наклонных нагрузках.

Вследствие исчезновения костной ткани у апекса зуба при периодонтите или после резорбции верхушки корня степень увеличения напряжений по сравнению с девитализированным зубом составляет в эмали 10,8% и 22,0% соответственно при вертикальной и наклонной нагрузках; в дентине значимых изменений не происходит. Увеличение напряжений в кортикальной костной ткани происходит при наклонной нагрузке на 34,6% больше в сравнении с девитализированным зубом без резорбции; в губчатой кости изменения небольшие.

При необходимости микропротезирования коронки зуба распространенная опора коронки – литая (фрезерованная) штифтовая вкладка увеличивает напряжения в дентине корня на 52,1% и 25,5% соответственно при вертикальной и наклонной нагрузках в сравнении с девитализированным зубом. Степень увеличения напряжений в кортикальной кости – 24,3% при

вертикальной и 24,8% при наклонной нагрузках; соответствующее увеличение напряжений в губчатой кости – 29,18% и 18,8%. Напряжения в самой коронке 56,799 МПа при вертикальной и 63,805 МПа при наклонной нагрузке. Фиксация керамической коронки на композитную культю и титановый эндоканальный штифт обуславливает возрастание напряжений в коронке на 15,9% и 9,2% соответственно при вертикальной и наклонной нагрузках; в дентине они меньше на 22,1% (только при вертикальной нагрузке); в кортикальной кости они меньше на 18,1% и 16,3% при вертикальной и наклонной нагрузках соответственно; в губчатой кости изменений почти не наблюдается. Мало отличий в напряжениях, как в коронке, так и в зубе при использовании вместо титанового стекловолоконного штифта.

В самих штифтовых опорах напряжения при осевой нагрузке 31,491 МПа, 21,166 МПа, 21,788 МПа; при смещении под углом – 408,520 МПа, 304,026 МПа, 328,578 МПа; в опорной композитной культе под коронкой при осевой нагрузке в присутствии титанового и стекловолоконного штифтов напряжения 7,777 МПа и 7,432 МПа, при смещении нагрузки под углом – 53,968 МПа и 53,905 МПа.

При анализе распределения напряжений в анализируемом объеме девитализация отличает картину от интактного зуба лишь в дентине и при осевой нагрузке: они не регистрируются под окклюзионной эмалью. В свою очередь различия в распространении напряжений по сравнению с девитализированным зубом в моделируемых ситуациях его дальнейшего разрушения иллюстрируют смещения напряжений вглубь корня зуба и уязвимость средней части штифтовых опор. С учетом пределов прочности тканей девитализированного зуба вследствие девитализации возможна перегрузка эмали, дентина (при наклонной нагрузке в верхней трети корня). Необходимое замещение разрушенной коронковой части штифтовыми конструкциями (особенно штифтовой вкладкой) сопряжено с предельными напряжениями в дентине при наклонной.

По материалам опроса врачей-стоматологов и статистического анализа годовой деятельности ведомственного стоматологического центра рассчитана эффективность затрат на реставрационное лечение в зависимости от глубины поражения твердых тканей зуба и соответствующая вероятность переломов и трещин зубов (Таблица 2). На фоне суммарной частоты выявления переломов и трещин 8,9% это осложнение у девитализированных зубов выявляется с частотой 32,8%, а у витальных – 7,8%; при наличии незамещенной полости в зубе (более половины окклюзионной поверхности) – 44,5%, а в присутствии композитной реставрации – 14,9%; при наличии в зубе металлического штифта –52,9%, стекловолоконного штифта – 29,4%. Частота выявления трещин и переломов составляет 13,2%, 16,5%, 26,1% и 38,9%, если зуб является опорой соответственно искусственной коронки культевой штифтовой

Таблица 2 – Стоимость и потребительская эффективность лечения кариеса и его осложнений с учетом вероятности трещин и переломов зуба

| № (i) | Характеристика (условия) при выявлении переломов или трещин | Номенклатура плана лечения укрупненная | Затраты ($C_i$), УЕ | Вероят-ность фрактуры ($Рф_i$), % | Вероят-ность удаления ($Ру_i$), % | Альтер-натива удалению, i | Риск ($R_i$), УЕ | Приве-денная стоимость, УЕ | Эфф-ть ранней терапии ($КПЭ_i$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Витальные зубы (условная единица стоимости, УЕ) | пломба при поверхностном или среднем кариесе | 1,00 | 7,8 | 10,0 | 6 | 0,49 | 1,49 | – |
| 2 | Девитализированные зубы | лечение двух каналов + пломба при глубоком кариесе | 4,05 | 32,8 | 90,0 | 6 | 6,24 | 10,29 | 8,80 |
| 3 | Полость в зубе более половины окклюзионной поверхности | длительное отсутствие лечения | 0,00 | 44,5 | 50,0 | 6 | 5,63 | 5,63 | 4,14 |
| 4 | Наличие в зубе композитной реставрации более половины окклюзионной поверхности | пломба при глубоком кариесе | 1,81 | 14,9 | 50,0 | 6 | 1,89 | 3,70 | 2,21 |
| 5 | Наличие в зубе металлического штифта | лечение двух каналов + штифт + реставрация | 4,88 | 52,9 | 80,0 | 6 | 9,22 | 14,10 | 12,61 |
| 6 | Наличие в зубе стекловолоконного штифта | лечение двух каналов + штифт + реставрация | 5,71 | 29,4 | 70,0 | 7 | 4,74 | 10,45 | 8,96 |
| 7 | Наличие искусственной коронки | лечение двух каналов + штифт/вкладка + коронка | 11,05 | 13,2 | 100,0 | - | 2,72 | 13,77 | 12,28 |
| 8 | Наличие в зубе культевой штифтовой вкладки | лечение двух каналов + вкладка + коронка | 11,33 | 16,5 | 100,0 | - | 3,40 | 14,73 | 13,24 |
| 9 | Зуб является опорой мостовидного протеза | 1/3 искусственного зуба | 2,29 | 26,1 | 100,0 | - | 10,76 | 13,05 | 11,56 |
| 10 | Зуб является опорой съемного протеза | зуб в бюгельном протезе | 2,79 | 38,9 | 90,0 | 8 | 1,19 | 3,98 | 2,49 |
| Затраты на реабилитацию после удаления | | | | | | | | | |
| 11 | Несъемная реабилитация | удаление + имплантация + 0,5 костной пластики + коронка | 25,05 | | | | | | |
| 12 | Дальнейшая модернизация бюгельного протеза *(только для строки 10)* | удаление + приварка зуба и кламмера | 2,88 | | | | | | |

вкладки, мостовидного и съемного протеза. При этом вероятность удаления зуба варьирует от 10% до 100%, а альтернативный удалению план лечения возможен у 7 из 10 типичных клинических условий.

Совокупная приведенная стоимость каждого рассматриваемого плана лечения (в УЕ), включающая как первоначальные затраты, так и дисконтированную стоимость возможного устранения последствий трещины или перелома в течение всего срока службы – риска, позволяют констатировать, что своевременное лечение среднего или поверхностного кариеса в связи с невысокой вероятностью трещин, переломов и удаления зуба увеличивает первоначальные затраты пациента в пятилетней перспективе в 1,5 раз, а длительное отсутствие замещения полости в зубе – в 5,6 раз. Увеличение затрат через 5 лет варьирует от 1,3 до 2,6 раз в таких исходных ситуациях, как (по возрастанию) наличие штифтовой вкладки, стекловолоконного штифта, композитной реставрации более половины окклюзионной поверхности, девитализация зуба, наличие металлического штифта.

Биомеханические факторы риска переломов и трещин зуба существенно снижают экономическую эффективность восстановления дефекта зуба. В сравнении с своевременной терапией кариеса приведенная стоимость за 5 лет на фоне биомеханического риска увеличивается в следующей последовательности: в 2,2 раз (большая композитная реставрация), в 2,5 раз (опорный зуб съемного протеза), 4,1 раз (полость более 50% поверхности), 8,8 раз (девитализация зуба), 9,0 раз (стекловолоконный штифт), 11,6 раз (опорный зуб мостовидного протеза), 12,3 раз (опорный зуб искусственной коронки), 12,6 раз (металлический штифт), 13,2 раз (штифтовая вкладка).

## ВЫВОДЫ

1. Анкетирование врачей-стоматологов выявило частоту трещин 6,7% и переломов 4,4% среди леченных и удаленных зубов. Преимущественная локализация – верхняя челюсть (62,5%), премоляры (52,7%), корни зубов (59,1%), преимущественная топография – продольная (68,2%). 15,6% трещин и переломов выявились только при рентген и КТ- обследовании. 87,7% трещин и переломов выявлялись в девитализированных зубах, 79,2% – у пациентов с незамещенными дефектами зубного ряда, с наличием реставрации более 50% окклюзионной поверхности (49,3%), у 30,6% на фоне истонченных стенок корня зуба. Не менее 65% разрушений зубов происходили в течении 5 лет после девитализации, пломбирования, протезирования. Анализ статистических показателей ведомственного стоматологического центра показал вероятность появления трещин или переломов зубов, равную 8,9% среди леченых зубов; наиболее высока вероятность указанного осложнения в девитализированных зубах – 71,4%, при наличии незамещенных

дефектов зубов (функциональная перегрузка) – 47,6%, а также наличии композитной реставрации или полости площадью более половины окклюзионной поверхности – соответственно 52,1% и 32,6%.

2. В трехмерной математической модели интактного зуба распределение и величины максимальных напряжений: в эмали – 34,204 МПа по окклюзионной поверхности, в дентине – 9,174 МПа под окклюзионным слоем эмали, в костной ткани – 5,066 МПа (кортикальной) и 1,382 МПа (губчатой) в нижней трети альвеолярной лунки; угловое смещение нагрузки увеличивает напряжения в указанных тканях на 21,7%, 83,7%, 81,8%, 68,4% с концентрацией в зоне средней трети зуба.

3. Степень увеличения функциональных напряжений в неблагоприятных условиях нагрузки составляет при стирании эмали 46,5% (эмаль) и 31,6% (дентин), при супраконтакте – 74,8% (эмаль), при резорбции межзубных перегородок – 42,2% (дентин) и 59,8% (костная ткань), при наличии полости в зубе – 50,1% (эмаль) и 25,4% (дентин). Степень снижения напряжений в эмали и дентине при замещении полости композитом составляет соответственно 39,7% и 23,1%.

4. Девитализирование зуба увеличивает напряжения на 33,1% (эмаль), деструкция периапикальной кости – еще на 22,0% (эмаль) и 34,6% (костная ткань), штифтовые конструкции – на 52,1% (дентин) и 65,5% (костная ткань).

5. Ряд неадекватных биомеханических факторов функционирования зуба вызывают превышение предела его прочности (особенно при наклонной нагрузке): девитализирование зуба (эмаль; дентин верхней трети корня и под штифтовыми опорами), окклюзионный супраконтакт и стирание эмали (эмаль), обширная полость (особенно пришеечная) (эмаль).

6. Своевременное лечение среднего или поверхностного кариеса в связи с невысокой вероятностью фрактуры и удаления зуба увеличивает первоначальные затраты пациента в 5-летней перспективе в 1,5 раза, наличие композитной реставрации более половины окклюзионной поверхности – в 2,0 раза, тогда как длительное отсутствие замещения полости в зубе – в 5,6 раз. Девитализирование зуба приводит к увеличению затрат в 2,6 раз, последующие штифтовые конструкции в 1,8; 2,9 и 1,3 раз (соответственно стекловолоконный, металлический штифт и штифтовая вкладка). Использование зуба в качестве опоры коронки, мостовидного протеза, кламмера съемного протеза характеризуется увеличением первоначальных затрат в 5-летней перспективе в 1,3; 5,7 и 1,4 раз.

7. Биомеханические факторы риска фрактур зубов по сравнению с первоначальными и последующими за 5 лет затратами при своевременном лечении среднего кариеса приводят к их увеличению: в 4,1 раз – полость в зубе более 50% окллюзионной поверхности, в 2,2 раз –

композитная реставрация, в 8,8 раз – девитализирование зуба, от 9 до 13,2 раз – штифтовые конструкции и мостовидный протез.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При планировании и прогнозировании результатов лечения кариеса и его осложнений рекомендуется учитывать представленную пятилетнюю кратность трещин и переломов зубов.

2. При оценке эффективности замещения дефектов зуба рекомендуется учитывать предельные напряжения в твердых тканях зуба при повышенном стирании эмали, окклюзионный супраконтакт, в девитализированном зубе, а также при наличии незамещенного дефекта более 50% окклюзионной поверхности или в пришеечной области.

3. Для мотивации пациента к своевременному лечению кариеса рекомендуется использовать представленные расчеты по степени увеличения затрат при лечении и восстановлении зуба в условиях развития осложнений кариеса.

4. Для профилактики появления биомеханических факторов риска трещин и переломов зубов необходимы мотивационные и организационные (диспансерные) меры, способствующие своевременной диагностике и лечению кариеса.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРАТАЦИИ

1. Биомеханические основы профилактики трещин и переломов зубов: Учебное пособие для врачей-стоматологов / **Э. А. Олесова**, С. Д. Арутюнов, Е. А. Некрасова Е.В. Метелкина, М.Б. Агами – Москва : Медико-биологический университет инноваций и непрерывного образования ГНЦ РФ – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2024. – 36 с.

2. Влияние биомеханических условий на экономические затраты в динамике использования реставрационных конструкций / **Э. А. Олесова**, С. Д. Арутюнов, Р. С. Заславский, М. С. Гришков, А. Е. Олесов // **Российский вестник дентальной имплантологии**. – 2024. – № 4(66). – С. 46-53.

3. Влияние биомеханических факторов нагрузки на напряжённо-деформированное состояние зуба и подлежащей костной ткани / **Э.А. Олесова**, А.А. Ильин, А.В. Эм, М.С. Гришков, Д.В. Мартынов // **Российский стоматологический журнал**. – 2024. – Т. 28. – №5. – С. 462-468.

4. **Олесова, Э. А.** Степень вовлечённости тканей зуба и пародонта в распределение функциональных напряжений / **Олесова Э.А.**, Агами М.Б., Колонов С.С. // Научный авангард : Сборник статей VI Научно-практической конференции и межвузовской студенческой

олимпиады, Москва, 25–28 мая 2024 года. – Москва: ГНЦ РФ - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, 2024. – С. 331-335.

5. Характеристика напряженно-деформированного состояния зубочелюстного сегмента / **Э.А. Олесова**, А.А. Попов, А.Г. Зверяев, М.С. Гришков // Актуальные вопросы профилактики и лечения заболеваний полости рта : Сборник статей научно-практической конференции стоматологов ФМБА России, Москва, 18–19 апреля 2024 года. Москва: ГНЦ РФ - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, 2024. С. 122-126.

6. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024625053 Российская Федерация. Максимальные напряжения в зубе и альвеолярной лунке при неадекватных биомеханических факторах нагрузки : № 2024624848 : заявл. 30.10.2024 : опубл. 11.11.2024.

7. Факторы риска появления трещин и переломов зубов (по данным анкетирования врачей-стоматологов) / **Э.А. Олесова**, А.А. Ильин, С.Д. Арутюнов, Е.В. Глазкова, А.А. Попов, С.П. Ярилкина // **Российский стоматологический журнал**. – 2024. – Т. 28. – №6. – С. 562-568.

8. Вероятность переломов и трещин зубов в зависимости от степени их разрушения и вида реставрации / **Э.А. Олесова**, Е.А. Некрасова, Е.В. Глазкова, С.П. Ярилкина, А.Е. Олесов // **Российский стоматологический журнал**. –2025. –Т. 29, – №3. – С. 219-223.

9. Анализ предельных напряжений в эмали и дентине девитализированного зуба / **Олесова Э.А.**, Арутюнов С.Д., Некрасова Е.А., Ярилкина С.П. // Ильинские чтения 2025 : сборник материалов международного научно-практического форума молодых учёных и специалистов, Москва, 03–04 февраля 2025 года. – Москва: Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, 2025. – С. 383-385.

10. Влияние локализации кариозной полости на напряженно-деформированное состояние зуба / Э.А. Олесова, Е.А. Некрасова, Е.Е. Олесов // **Медицинский алфавит**. – 2025. – № 10. – С. 70–73.

11. Динамика затрат при восстановлении зуба в зависимости от степени его разрушения, вероятности фрактуры и показаний в дентальной имплантации / Э.А. Олесова, Я.А. Егорова, А.Е. Олесов, С.Д. Арутюнов, Е.Е. Олесов //**Российский вестник дентальной имплантологии**. – 2025. – № 2 (68). – С. 65-71.

12. **Олесова, Э. А.** Старение дентина вследствие девитализации как этиологический фактор перелома зуба (математическое моделирование) / Олесова Э.А., Некрасова Е.Н., Арутюнов С.Д. // Здоровое долголетие и персонализированная медицина : сборник материалов

Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Казань, 17 мая 2025 года. – Казань, 2025. – С. 77-78.

13. **Олесова, Э.А.** Влияние локализации полости в зубе на его напряженно-деформированное состояние / **Олесова Э.А.**, Некрасова Е.А. // VI Международная конференция молодых ученых-стоматологов «Ученики-учителям» : Сборник тезисов, Москва, 30 апреля 2025 года. – Москва : МОНИКИ им. М. Ф. Владимирского , 2025. – С. 30-31.

14. **Олесова, Э.А.** Влияние пришеечной полости на напряженно-деформированное состояние зуба / **Олесова Э.А.**, Глазкова Е.В., Гришков М.С. // Научный авангард : Сборник статей VII Научно-практической конференции и межвузовской студенческой олимпиады, Москва, 27 мая 2025 года. – Москва: ГНЦ РФ - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, 2025. – С. 518-523.

15. **Олесова, Э.А.** Негативное влияние пришеечной полости зуба на его прочностные параметры / **Олесова Э.А.**, Ярилкина С.П., Повстянко Ю.А.// Актуальные вопросы профилактики и лечения заболеваний полости рта : Сборник статей научно-практической конференции стоматологов ФМБА России, Москва, 26–27 сентября 2025 года. – Москва: ФГБУЗ «Клинический центр стоматологии» ФМБА России, 2025. – С. 139-144.

16. Оценка девитализации зуба как фактора риска функци ональной перегрузки эмали и дентина с помощью математического моделирования / **Э.А. Олесова**, С.Д. Арутюнов, Е.А. Некрасова, М.Р. Берсанова, Е.Е. Олесов // **Российский стоматологический журнал**. – 2025. – Т. 29. – №2. – С. 120-126.

17. Финансовые затраты и экономическая эффективность устранения дефектов зубов с учетом факторов риска и вероятности переломов зубов / **Э.А. Олесова**, Ю.Д. Удалов, Е.А. Некрасова, С.Д. Арутюнов – Москва : Медико-биологический университет инноваций и непрерывного образования ГНЦ РФ – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2026. – 30 с.