

Т.В. Костякова,  
ассистент кафедры стоматологии детского  
возраста

А.В. Лосев,  
к.м.н., доцент кафедры стоматологии  
детского возраста

К.В. Лосев,  
к.м.н., доцент, зав. кафедрой стоматологии  
детского возраста

Чувашский государственный университет  
им. И.Н. Ульянова

## Клиническое изучение и обоснование условий развития трещин твердых тканей зубов (обзор литературы): часть II

**Резюме.** Описано развитие трещин твердых тканей зуба с патоморфологическим механизмом образования. Следует подчеркнуть, что образование микротрещин в эмали и дентине является необратимым процессом. Рассмотрены диагностические методы выявления и изучены условия развития трещин зубов. Методы диагностики можно подразделить на основные и дополнительные. Среди них визуальный метод, высушивание образца, бинокулярная лупа, окрашивание растворами красителей, трансиллюминация, электронная микроскопия и др. Ряд исследователей использовали сканирующий электронный микроскоп.

**Ключевые слова:** трещины твердых тканей зубов, микротвердость, электронная микроскопия, дискретно-волновые деформации

**Summary.** This article describes the development of cracks in hard tooth tissues with a pathomorphological mechanism of formation. It should be emphasized that the formation of microcracks in the enamel and dentin is an irreversible process. Considered diagnostic methods for identifying and studied the conditions for the development of dental cracks. Diagnostic methods can be divided into the main and additional. Among them: visual method, sample drying, binocular loupe, staining with dye solutions, transillumination, electron microscopy, etc. A number of researchers used a scanning electron microscope.

**Key words:** crack of hard tissues of teeth, microhardness, electron microscopy, discrete-wave deformations

Трещины эмали (дилацерация по МКБ-10) являются распространенным явлением даже у лиц молодого возраста (см. фото). Так, по данным ряда авторов, трещины эмали обнаруживаются у 68% обследуемых и чаще локализуются на вестибулярной поверхности зубов [1].

На современном этапе развития стоматологии наиболее важным аспектом изучения трещин эмали является разработка методов профилактики образования, методик лечения и снижение их осложнений [2]. Механизм образования трещин твердых тканей зубов, их распространение и дальнейшее влияние на сохранность зуба и поныне волнуют многих ученых. Изучение данной тематики захватывает многие области стоматологии и к нему должно подходить всесторонне. Однако мнения исследователей по вопросу механизмов развития трещин твердых тканей зубов, их классификации, клинической картины, лечения и предупреждения расходятся, о чем свидетельствует наш обзор.



Вертикальные  
трещины

### ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИН ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБОВ

Трещины берут начало в тех точках, в которых развивается максимальное напряжение, и растут в направлении наименее прочных зон зуба. Жидкость, продуцируемая пульпой, способствует восстановлению (реституции) эмали в участках образования трещин [3, 4].

По морфологическим признакам трещины можно разделить на возникающие в результате квазихрупкого разрыва (такой вид излома характерен для поверхностных слоев эмали) и в результате сдвиговых деформаций. Первые имеют прямолинейную либо крупноволнистую форму. Появление новых ответвлений от трещины или увеличение их протяженности указывает на двухфазность (и более) их образования, т.е. является признаком повторной травматизации эмали. Кроме того, в области разрывных трещин определяются участки их смещения по ширине в виде свободно лежащего фрагмента эмали. Вторые имеют дугообразную траекторию, мелковолнистый либо зубчатый характер. Края трещины несут элементы поверхностных мелких сколов, от них отходит много пасынковых трещин, которые указывают на направление распространения трещины.

В работе Ж.П. Калининой (2003) отмечено, что образование микротрещин связано с этапом пластичной деформации, когда энергия внешнего воздействия переходит в упругую энергию, которая на определенном этапе реализуется в микро- и макроразрушениях. Вместе с тем в деформируемом участке можно выделить поверхности, где ткань подвергается преимущественно растяжению (выпуклая сторона) и преимущественно сжатию (вогнутая сторона). Но при этом трещина, начавшая формироваться в результате сдвига, раскрывается от действия растягивающихся сил. И наоборот, трещина, первоначально возникшая от разрыва, может подрастать вследствие сдвига в соседних участках. То есть действие растягивающих сил и касательных напряжений приводит к образованию дефектов. Подтверждено, что самым распространенным повреждением вестибулярной поверхности эмали зубов является трещина разрывного характера. Наибольшая частота отмечена в пришеечной зоне. Выявлены особенности направленности, ширины открытия трещин эмали в различных топографических зонах. Глубокие дефекты при наличии предрасполагающих факторов следует рассматривать как состояние, предшествующее появлению клиновидных форм. Выявленные особенности перспективно использовать для разработки принципов лечения клиновидных дефектов зубов [5].

И.И. Заболотная в своих работах определяла микротвердость твердых тканей зубов с клиновидным дефектом с диагностированием трех типов трещин (С.Б. Иванова, 1984) и минеральный состав поверхностной эмали в виде соотношения весовых количеств 9 основных химических элементов кристаллов апатитов зуба: кальция, фосфора, натрия, магния, серы, хлора, цинка, калия и алюминия. Микротвердость эмали образцов с дефектами I типа в зоне режущего края (бугра) была достоверно ниже, чем у зубов с микротрещинами II типа, и достоверно выше по сравнению с зубами с III типом микротрещин в области режущего края (бугра) и экватора. Прочность дентина отличалась в зависимости от глубины микротрещин эмали. В области коронковой поверхности клиновидного дефекта она была достоверно выше у зубов с дефектами I типа по сравнению с зубами, имеющими микротрещины II и III типа. При этом в обеих зонах исследования наибольшая концентрация кальция определялась в зубах с микротрещинами эмали III типа, а наименьшая — II типа. Концентрация натрия, магния и фосфора была достоверно выше в эмали образцов с микротрещинами II типа по сравнению с образцами, имеющими микротрещины I и III типа. Наибольшее количество калия определялось в образцах эмали с дефектами I типа, кальций же в наибольшей концентрации выявлялся в эмали зубов с III типом микротрещин. Выявленное большее количество макроэлементов в эмали зубов с дефектами III типа косвенно подтверждает мнение В.Р. Окушко (2008) о том, что в эмали живого зуба процессы направлены на противодействие разрушению ее целостности за счет контролируемого тока жидкости к месту повреждения, в которой находятся соли кальция

и фосфора, выпадающие в осадок лишь там, где циркуляторная система нарушена [6, 7].

Д.В. Зайцев изучал физические механизмы необратимой деформации в дентине и эмали и показал, что в дентине она реализуется за счет вклада органической матрицы и пористости межтубочкового дентина, а в эмали — при изгибе эмалевых стержней за счет сцепления между собой палочковидных кристаллов. Релаксация напряжения в этих твердых тканях происходит также за счет роста трещин. При этом дентин и эмаль способны эффективно подавлять их рост: дентин благодаря способности к высокой деформации межтубочкового дентина; в эмали основным механизмом остановки роста трещины является образование мостов на переплетениях эмалевых стержней. Установлено, что рост магистральной трещины в дентине и эмали происходит за счет слияния с порообразными трещинами, зарождающимися в пластической зоне перед вершиной, в которой наблюдается интенсивная пластическая деформация [8].

Результаты количественного рентгеноспектрального микроанализа зубов с микротрещинами эмали показали, что химический состав пустых и заполненных осколками дефектов статистически значимо отличается по содержанию кальция, фосфора, серы. Если трещины невелики, зуб залечивает их, благодаря способности оперативно, направленно изменять свойства тканей, примыкающих к дефекту, заполнять его и обызвествлять. Механизм цементирования микротрещин срабатывает и в тех случаях, когда повреждения глубоки и обширны. Дефект заполняется склеивающим органическим полимерным раствором до полного восстановления путем последующей минерализации [9].

Согласно молекулярно-кинетической теории, когда один из параметров, определяющих напряжение (состояние деформируемого тела), достигает предельного значения, тогда на поверхности эмали зарождается процесс трещинообразования, который в свою очередь вызывает гиперестезию, и, соответственно, запускается механизм выработки заместительного дентина. Данный механизм приводит к нарушению сбалансированной системы и увеличению длины или площади дискретно-волновых деформаций [10].

#### МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ТРЕЩИН ЗУБОВ

Независимо от метода диагностики количество выявляемых трещин закономерно увеличивается с возрастом. Все кариозные и запломбированные зубы имеют трещины, отличаясь от интактных большей частотой и многообразием направлений [11].

Многие авторы для выявления трещин используют визуальный метод, высушивание образца, бинокулярную лупу, окрашивание растворами красителей, трансиллюминацию [3, 12].

Рентгенологическое исследование используется для выявления скрытых трещин коронки зуба и диагностики вертикальных трещин корня. Так как возможно совпадение направления рентгеновских лучей и плоскости

трещины, необходимо делать несколько снимков в различных проекциях. Использование фотополимеризующей лампы позволяет визуализировать линию трещины, которая выглядит более темной по сравнению с нормальной эмалью. Лампу необходимо располагать с противоположной стороны так, чтобы свет проходил сквозь все ткани зуба. Периодонтальное зондирование позволяет определить глубину поражения корня зуба трещиной либо выявить наличие скрытой трещины корня — если трещина достигла периодонтальной связки, может формироваться изолированный карман. Глубокое зондирование в одном участке при наличии в остальных нормального зубодесневого прикрепления говорит о вертикальной трещине корня. Когда трещина сквозная, карманы могут определяться с двух сторон. Ценным диагностическим признаком может быть перкуссия бугров коронки зуба в различных направлениях [13].

Одним из важных диагностических симптомов является выявление микротрещин эмали с помощью микроскопа [14]. Ряд исследователей для изучения микроструктуры образца с трещинами после определения типа трещин применяли 30-кратный оптический микроскоп [3, 4, 15] и сканирующий электронный микроскоп JSM-6490 LV (Япония) с системой энергодисперсионного рентгеновского микроанализа INCA Penta FETx3 (Oxford Instruments, Англия), что дало возможность представить общую морфологию зуба, определить наличие и протяженность дефектов (трещин, царапин) [3, 5, 9].

Ж.П. Калининой разработана одонтофрактограмма эмали зубов для регистрации повреждений эмали, изучены морфология и топография поверхностных травматических повреждений эмали зубов человека (истирание, трещины и сколы) в зависимости от возраста, групповой принадлежности, поверхности и зоны зуба [16].

С.П. Ярова и И.И. Заболотная в своей работе представили результаты определения микротвердости эмали зубов с клиновидным дефектом и пришеечным кариесом, их сравнение с показателями интактных зубов. Анализ проводили в зависимости от состояния твердых тканей и глубины микротрещин эмали. Микротвердость определяли в наружных, срединных, внутренних слоях эмали в трех топографических зонах: в области вершины бугра (режущего края), экватора и шейки зуба. Использовали метод вдавливания в испытываемый материал алмазного индентора прибора ПМТ-3 в виде правильной четырехгранной пирамидки с углом при вершине 136° под нагрузкой 50 г в течение 5 с (по ранее описанной методике С.М. Ремизова, 1965) [15].

R. Katterbach и соавт. в электронно-микроскопических исследованиях вдоль линии трещины выявляли изменения, напоминающие зону деминерализации при кариесе [16].

Известно, что препарирование вращающимся инструментом повреждает микроструктуру эмали и дентина. Б.Р. Шумилович и соавт. изучали микроструктуру адгезионной поверхности эмали после обработки с различными режимами подачи водно-воздушного спрея и с различными типами привода бора (пневматическим

и механическим). Результаты электронной микроскопии показали, что при оптимизации режима подачи водно-воздушной взвеси и типа привода ротационного инструмента при препарировании твердых тканей зуба удается решить проблемы перегрева тканей зуба, появления сколов и трещин эмали, а также улучшить качество адгезионной поверхности [17].

Для диагностики трещин, которые усложнились, используют рентгенологическое исследование, электроодонтометрию в нескольких точках, накусывание деревянной палочки или ватного тампона. Для выявления трещин эмали и дентина у пациентов В.К. Шевченко и соавт. использовали аппарат транслюминационной диагностики ЛюксДент серии UFL-112. Трещины эмали определялись в виде темных полосок разной толщины и длины [18].

Исследовательская работа И.В. Бугоркова и соавт. посвящена разработке гипотезы моделирования дискретно-волновых деформационных процессов в неоднородных, многослойных объектах, каковыми являются зубы, позволяющей выявить закономерности развития микротрещин и трещин эмали зуба. Для математического моделирования дискретно-волновых процессов в деформируемом твердом теле использовали стандартную систему динамических уравнений. Для моделирования процессов разрушения материала эмали и целостности зуба использовали модели линейно-упругой среды и упругопластической с условиями пластичности сред. Процесс деформирования твердого тела со сложной геометрией и неоднородным строением, каковыми, несомненно, являются зубы, представляет практический интерес для различных областей стоматологии и предполагает не только исследование деформационных процессов, инициированных импульсными нагрузками, но и моделирование циклических деформационных процессов, приводящих в конечном итоге и к частичному разрушению эмали. Важным аспектом моделирования является описание контактных границ, так как процессы деформирования многослойной среды формируют дискретно-волновую картину во всей области интегрирования [19].

К.И. Павленко изучал зубы с дискретно-волновыми деформациями с выявленными макро- и микротрещинами при помощи средств макросъемки и интраоральных исследований в различных вариантах преломления цвета. Оценивалась распространенность и интенсивность дискретно-волновых деформаций, определялся прирост макро- и микротрещин по данным повторных осмотров через полгода и год с фиксацией цифровых изображений и их компьютерного анализа. Дискретно-волновые деформации, приводящие к образованию трещин, протекали в направлении от истонченной части эмали к режущему краю и жевательной поверхности зуба, где толщина эмали достигает максимальных значений [10].

Современные методы диагностики состояния твердых тканей зуба с использованием передовых технологий позволяют повысить объективность исследования и применять для выявления трещин зубов [20].

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Полякова Р.В., Мацкиева О.В., Самохина В.И., Феев А.С. Нестандартный подход к проблеме эстетического лечения диларецерации эмали. — *Стоматология детского возраста и профилактика*. — 2011; 4: 21—3.
2. Верендеева М.А., Костякова Т.В., Лосев А.В. Практическое применение метода девитальной ампутации при лечении пульпита временных зубов. — В сб. матер. Всерос. научно-практ. конф. «Стоматология XXI века». — Чебоксары, 2015. — С. 9—12.
3. Заболотная И.И. Многоуровневое изучение морфологического субстрата трещин эмали зубов. — *Актуальні проблеми сучасної медицини*. — 2011; 11—4 (36): 78—81.
4. Ярова С.П., Заболотная И.И. Особенности распространенности и направленности трещин эмали различных групп зубов. — *Вестник стоматологии*. — 2012; 3 (80): 60—4.
5. Заболотная И.И. Морфология трещин эмали вестибулярной поверхности зубов. — *Научные труды SWorld*. — 2014; 36 (1): 51—5.
6. Заболотная И.И. Микротвердость твердых тканей зубов с клиновидным дефектом в зависимости от глубины микротрещин эмали. — *Young Scientist*. — 2014; 1 (4): 155—8.
7. Заболотная И.И. Химический состав пришеечной эмали зубов с клиновидным дефектом в зависимости от глубины микротрещин. — *Молодий вчений*. — 2015; 2 (17): 602—4.
8. Зайцев Д.В. Физические механизмы релаксации напряжений в природных материалах с иерархической структурой: дис. ... к.ф.-м.н. — Екатеринбург, 2011. — 108 с.
9. Ярова С.П., Заболотная И.И. Результаты рентгено-спектрального анализа микротрещин эмали зубов. — *Институт стоматологии*. — 2013; 2 (83): 29—32.
10. Павленко К.И. Клинико-диагностические подходы при образовании трещин на поверхности эмали зуба. — *Современная стоматология*. — 2015; 4 (78): 20—3.
11. Луцкая И.К., Ничипорович Г.С. Частота трещин эмали и дентина в постоянных зубах. — *Стоматологический журнал*. — 2006; 2: 87—91.
12. Clark D.J., Sheets C.G., Paquette J.M. Definitive diagnosis of early enamel and dentin cracks based on microscopic evaluation. — *J Esthet Restor Dent*. — 2003; 15 (7): 391—401.
13. Черченко Н.Н., Самсонов С.В. Вывихи и переломы зубов. Переломы альвеолярного отростка: учеб. метод. пособие. — Минск: БГМУ, 2013. — С. 19.
14. Максимова О.П., Рыбникова Е.П. Микроскопический и микробиологический аспекты в реставрации зубов. — *Клиническая стоматология*. — 2009; 2 (50): 12—5.
15. Ярова С.П., Заболотная И.И. Сравнительный анализ микротвердости пришеечной области зубов в зависимости от состояния твердых тканей. — *Український стоматологічний альманах*. — 2014; 1: 5—7.
16. Калинина Ж.П. Характеристика основных поверхностных травматических повреждений эмали зубов человека: дис. ... к.м.н. — Омск, 2003. — 153 с.
17. Шуმიлович Б.Р., Сущенко А.В., Ростовцев В.В., Саниев А.В., Мазанов К.Н. Характеристика микроструктуры твердых тканей зуба при различных режимах иссечения. — *Вестник ДГМА*. — 2016; 2 (19): 82—7.
18. Шевченко В.К., Мастеро Ю.П. Контроль трещин эмали и дентина зубов в молодом возрасте. — *Современная стоматология*. — 2001; 1: 20—2.
19. Бугорков И.В., Шамаев В.В., Бугоркова И.А., Павленко Е.И. Моделирование дискретно-волновых деформационных процессов в неоднородных объектах типа зуба. — В сб. тр. конф. — Лондон, 2015. — С. 41—44. [elibrary.ru/item.asp?id=23791752](http://elibrary.ru/item.asp?id=23791752).
20. Костякова Т.В., Пыркина О.В., Верендеева М.А., Лосев К.В. Преимущества лазерной флюорометрии при диагностике аппроксимального кариеса зубов. — В сб. научных трудов по итогам межрегиональной научно-практ. конф. «Вопросы медицинской реабилитации». — Чебоксары, 2018. — С. 134—138. [elibrary.ru/item.asp?id=36326458](http://elibrary.ru/item.asp?id=36326458).