

К.И. Павленко

Клинико-диагностические подходы при образовании трещин на поверхности эмали зуба

Институт Стоматологии НМАПО им. П.Л. Шупика, г. Киев, Украина

Цель: разработка лечебно-профилактической программы используя гипотезу моделирования дискретно-волновых деформаций в неоднородных структурах зуба.

Материалы и методы. Метод системного подхода использовался для проведения количественного и качественного анализа, выявления существующих проблем в организации стоматологической помощи населению; клинические методы обследования для постановки диагноза; дополнительно проводилось рентгенологическое обследование; статистический метод применялся для определения уровня заболеваемости и показателей деятельности стоматологической помощи населению.

Обработка данных проводилась методами вариационной статистики с использованием стандартного офисного пакета MS Excel.

Результаты. На основании проведенных исследований с целью предупреждения лавинообразного роста дискретно-волновых деформаций была разработана методика лечения зубов с данной патологией.

С целью оценки эффективности предложенной методики были проведены клинические исследования. С этой целью пациенты в подгруппе 45–54 года, у которых были диагностированы дискретно-волновые деформации (трещины) длиной 3 мм, были разбиты на две группы по шесть человек. В основной группе пациентам проводили предложенную методику, а в контрольной реминерализующую терапию. Оценка эффективности проводилась посредством интраоральных исследований.

Выводы. Лечение трещин по разработанной методике фотокомпозитными материалами предотвращает образования макротрещин.

Ключевые слова: трещины в эмали, деформирование

Введение

Практика показывает, что если зубы реагируют на механические, температурные или химические воздействия после санации полости рта, то, возможно, первопричина кроется в невидимых микротрещинах на поверхности эмали зуба. Однозначного ответа о природе и механизмах их появления медицинская наука пока дать не может, и, соответственно, разрабатываются различные методы диагностики и лечения, что вызывает большой интерес как у исследователей, так и у клиницистов.

Моделирование дискретно-волновых деформаций в неоднородных структурах зуба выявление закономерности развития микротрещин и трещин эмали зуба и разработка лечебной программы при данной патологии.

Цель исследования – разработка лечебно-профилактической программы используя гипотезу моделирования дискретно-волновых деформаций в неоднородных структурах зуба.

Материалы и методы

Метод системного подхода использовался для проведения количественного и качественного анализа, выявления существующих проблем в организации стоматологической помощи населению;

- клинические методы обследования для постановки диагноза;
- дополнительно проводилось рентгенологическое обследование;
- статистический метод применялся для определения уровня заболеваемости и показателей деятельности стоматологической помощи населению.

Обработка данных проводилась методами вариационной статистики с использованием стандартного офисного пакета MS Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования зубов с дискретно-волновыми деформациями оценивали по результатам клинического осмотра 112-ти пациентов, у которых достоверно были выявлены макро- и микротрещины, при помощи средств макро- и интраоральных исследований в различных вариантах преломления цвета.

Оценивали распространенность и интенсивность дискретно-волновых деформаций, определяли природу макро- и микротрещин по данным повторных осмотров через полгода и год с фиксацией цифровых изображений и их компьютерного анализа с архивацией полученных данных (рис. 1).

С точки зрения физики твердого тела, зуб человека представляет собой сложную неоднородную структуру с различными физико-механическими характеристиками. Твердость зубной эмали определяется содержанием в ней кристаллов гидроксиапатита (до 75,04 %) и карбонатапатита (12,06 %) и т. д., твердость достигает 391,6 кг/мм².



Рис. 1. Макродефекты зубной эмали.

Гидроксипатиты очень восприимчивы к кислотам и начинают заметно разрушаться при снижении pH < 4,5 и более. (рН = слюны 5,6–7,6). При снижении биохимических показателей рН слюны в группах наблюдений выявлена закономерность увеличения длины дефекта. Из приведенной таблицы видно, что при показателях рН слюны в одних и тех же группах максимальные значения отличаются с достоверной разницей 1,6 раза (табл. 1).

Между стенками призм существует напряжение, которое и удерживает целостность зубной эмали при механической нагрузке. Межпризменное вещество эмали также состоит из кристаллов, как и призма, но они отличаются своей ориентацией. Однако даже в пределах одной из этих составляющих можно говорить о структурной неоднородности, а значит, следует ожидать и изменения физико-механических характеристик эмали зуба при нагрузке.

На образование микротрещин влияют термодинамические изменения, и дискретно-волновые деформации начинаются тогда, когда площадь дефекта начинает расти и со временем под влиянием различных факторов прогрессирует и достигают максимальных значений. 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.

Проведенные клинические обследования засвидетельствовали, что более 21 % пациентов из числа осматриваемых имели дискретно-волновые деформации (трещины эмали) различных размеров. Установлено, что порядка 17,3 % из числа лиц, у которых выявлены дискретно-волновые деформации, отметили, что трещины зубной эмали они получили при травмах (в настоящей работе не уточнялась природа травматического воздействия). Полученные данные приведены в табл. 2.

Из представленной таблицы следует, что с увеличением возрастного ценза в исследуемых подгруппах у пациентов с дискретно-волновыми деформациями происходит увеличение длины дефектов. Так, в подгруппе 55–65 лет и старше при длине дефекта 3–4 мм отмечен максимальный показатель 15,4 % по сравнению с подгруппой 35–44 лет, где этот показатель составил 1,9 %. Такие данные можно объяснить гидродинамическими процессами.

Для изучения механизма образования трещин была разработана и проведена экспериментальная часть работы, заключающаяся в исследовании особенностей деформирования свежееудаленных зубов. В экспериментальной части работы важным аспектом медицинской механики являлось описание контактных границ для моделирования процессов разрушения эмали и целостности зуба. Использовали модели линейно-упругой среды и упруго-пластической с условиями пластичности сред (математические расчеты были представлены авторами в предыдущих работах).

В процессе функционирования зуб испытывает как внешние, так и внутренние нагрузки. Моделировались механические нагрузки на ось зуба в диапазоне от 50 до

Таблица 1

Часть обследованных с дискретно-волновыми деформациями при снижении рН

Возрастная группа	Из числа обследованных с ДВД				
	Число наблюдений	рН слюны 4,5	рН слюны 4,0	рН слюны 3,5	рН < 3,0
35–44 лет	37				
от 1 до 2 мм	14	6	4	3	1
от 2 до 3 мм	13	5	5	2	2
от 3 до 4 мм и более	10	2	2	2	4
45–54 лет	36				
от 1 до 2 мм	11	4	3	2	2
от 2 до 3 мм	12	2	2	4	4
от 3 до 4 мм и более	13	2	3	3	5
55–65 и старше	39				
от 1 до 2 мм	11	2	3	3	3
от 2 до 3 мм	13	3	2	4	4
от 3 до 4 мм и более	15	3	3	4	5

Таблица 2

Часть обследованных с дискретно-волновыми деформациями, %

Возрастная группа	Из числа обследованных с ДВД				
	не имели	имели до 1 мм	имели от 1 до 2 мм	имели от 2 до 3 мм	имели от 3 до 4 мм и более
35–44 лет	86,3	5,4	3,8	2,6	1,9
45–54 лет	79,8	4,8	3,7	5,8	5,9
55-65 и старше	68,5	2,6	6,3	7,2	15,4
Всего	78,2	4,2	4,6	5,2	7,7

450 кг/мм². На рис. 2 приведен фрагмент исследования зуба при одноосном сжатии в циклическом режиме.

Испытание на одноосное сжатие было проведено на 53 образцах (размеры ~2×2×0,65 мм³, отношение d/h = 4,3). Испытания прекращали, когда на кривой наблюдался перелом. Изгибаясь по длине образца, они были во всех случаях ориентированы примерно под углом 45° к плоскости сжатия. Аттестация образцов эмали до и после сжатия показала, что после испытания они содержали большое количество трещин, но, несмотря на это, распада образцов на части, как правило, не происходило, хотя в некоторых случаях от них отделялись довольно крупные фрагменты. Изгиб на деформационной кривой соответствовал зарождению в образце – линии перелома.

Типичная деформационная кривая сжатия для образцов из эмали приведена на рис. 3. Поэтому для эмали можно рассчитать только предел прочности, соответствующий максимальному напряжению в процессе испытания, $\sigma_b = 538 \pm 87$ МПа и полную деформацию $\epsilon = 11,2 \pm 1,0$ %. По наклону касательной к верхней части кривой был рассчитан тангенс (6,80±1,38 ГПа). Следовательно, можно сделать вывод, что образцы из эмали могут деформироваться как упруго, так и в режиме пластической деформации. По величине упругой деформации был рассчитан предел упругости $\sigma_{упр} = 362 \pm 63$ МПа. Поэтому деформации и разрушения характеризуются не предельными напряжениями, а скоростью деформации, скоростью разрушения и временем до разрушения. При этом показатели надежности можно представить функциями физических характеристик, а также функциями скорости их изменения в зависимости от различных факторов.

После испытаний на циклическую нагрузку (с использованием лабораторного пресса ЛП-03м) образцы всех групп зубов были подвергнуты механической нагрузке в диапазоне от 200 до 1000 кг/мм², в результате чего получены макродефекты рис. 4–5.

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. Решение системы матричных уравнений в среде MathCAD позволило получить следующие параметры, где максимальное образование микротрещин зафиксировано при нагрузках порядка 397,3–397,8 кг/мм², а лавинообразный рост микротрещин и переход в макротрещины отмечается при нагрузках от 398,4–399,2 кг/мм² и выше.

Предложенная модель развития трещин в эмали зуба подобна механизму развития трещины в автомобильном лобовом стекле типа «Триплекс». Такая аналогия не представляется корректной и требует более подробного обоснования, например, прямого наблюдения пластической зоны перед вершиной магистральной трещины.

На основании проведенных исследований с целью предупреждения лавинообразного роста дискретно-волновых деформаций была разработана методика лечения зубов с данной патологией.

1. Проведение профессиональной гигиены полости рта.
2. В районе вершины трещины на пике нагрузки, цилиндрическим бором который превышает ширину трещины, препарируется полость в пределах эмали или эмалево-дентинной границы.
3. При необходимости наложить изоляционную прокладку.
4. Наложение фотокомпозитной пломбы (предварительно подобрав цвет).
5. Шлифовка и полировка.
6. Электрофорез препаратов фтора (5–6 сеансов).

С целью оценки эффективности предложенной методики были проведены клинические исследования. С этой целью пациенты в подгруппе 45–54 года, у которых были

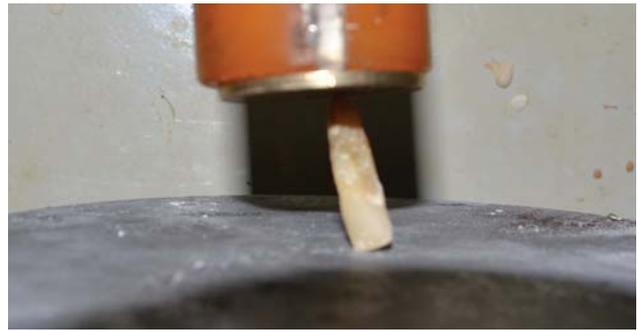


Рис. 2. Исследование зуба на одноосное сжатие в циклическом режиме.

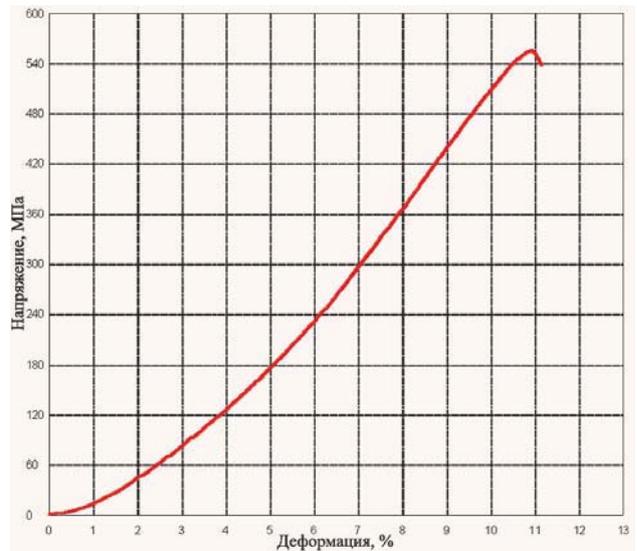


Рис. 3. Деформационная кривая при сжатии образцов.



Рис. 4. Макротрещина коронковой части зуба.



Рис. 5. Макротрещина коронковой части зуба.

Таблица 3

Результаты эффективности предложенной методики

Группа \ Период	6 месяцев	12 месяцев
Основная	3±0,05	3±0,05
Контрольная	3,1±0,05	3,15±0,05

дигностированы дискретно-волновые деформации (трещины) длиной 3 мм, были разбиты на две группы по шесть человек. В основной группе пациентам проводили предложенную методику, а в контрольной реминерализующую терапию. Оценку эффективности проводили посредством интраоральных исследований.

Результаты эффективности в основной группе зафиксировали стабилизацию процесса трещинообразования в контрольные сроки наблюдений. В контрольной группе динамический рост продолжался, несмотря на реминерализующую терапию.

Выводы

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 формируют дискретно-волновую картину во всей области интегрирования. Лечение трещин по разработанной методике фотокомпозитными материалами предотвращает образования макротрещин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Окушко В.Р. Основы физиологии зуба. – М.: Newdent, 2008. – 344 с.
 2. Беляев А.Ю., Гилева О.С., Ерофеева Е.С., М. А. Муравьева М.А. Модель изменения упругих свойств зубной эмали под действием различных факторов // Вестник Пермского университета, серия «Математика, механика, информатика». – 2011. – Вып. 5 (9). – С. 25–28.
 3. Морозов И.А., Беляев А.Ю., Изюмов Р.И., Ерофеева Е.С., Гилева О.С. Экспериментальное исследование микроструктуры поверхности эмали зубов // Материаловедение. – 2012. – Вып. 184, № 7. – С. 50–55.
 4. Магомедов К.М., Холодов А.С. Сеточно-характеристические численные методы. –

М.: Наука, 1988.
 5. Новацкий В.К. Теория упругости. – М.: Мир, 1975.
 6. Guidoni G.M., Swain M.V., Jdger I. Wear behavior of dental enamel at the nanoscale with a sharp and blunt indenter tip // Wear. – 2009. – Vol. 266, № 1–2. – P. 60–68.
 7. Biot M.A. Mechanics of deformation and acoustic propagation in porous media // J. Apple Physics. – 1962y., vol. 33, № 4, pp. 1482–1498.
 8. Hsu C.J., Schoenberg M. Elastic waves through a simulated fractured medium // Geophysics – 1993 – V. 58. – N.7. – PP. 964–977.

Клініко-Діагностичні підходи у випадка виникнення тріщин емалі зубів

К.І. Павленко

Мета: розробка лікувально-профілактичної програми, використовуючи гіпотезу моделювання дискретно-хвильових деформацій у неоднорідних структурах зуба.

Матеріали та методи. Метод системного підходу використовувався для проведення кількісного та якісного аналізу, виявлення існуючих проблем в організації стоматологічної допомоги населенню; клінічні методи обстеження для встановлення діагнозу; додатково проводили рентгенологічне обстеження; статистичний метод використовувався для визначення рівня захворюваності та показників діяльності стоматологічної допомоги населенню. Обробка даних проводили методами варіаційної статистики з використанням стандартного офісного пакета MS Excel.

Результати. Праця присвячена розробці гіпотези моделювання дискретно-хвильових деформацій у неоднорідних структурах зуба, що дозволяє виявити закономірність розвитку мікротріщин та тріщин емалі зубу з метою розробки лікувально-профілактичної програми.

Висновки. Лікування тріщин за розробленої методики фотокомпозитними матеріалами запобігає виникненню макротріщин.

Ключові слова: тріщина емалі, деформація.

Clinical and diagnostic approaches in cases cracks tooth enamel

K. Pavlenko

Objective: the development of therapeutic and preventive programs using discrete simulation hypothesis-wave deformation in heterogeneous structures of the tooth.

Materials and methods. The method is a systematic approach was used for quantitative and qualitative analysis, identifying existing problems of dental care; clinical examination methods for diagnosis; additional X-ray examination was performed; a statistical method used to determine the incidence and performance of dental care.

Data processing was performed by methods of variation statistics using standard office suite MS Excel.

Results. The work is dedicated to the development of hypothesis modeling discrete-wave deformation in inhomogeneous structures of the tooth, which allows to identify patterns of micro-cracks and fissures of the tooth enamel to develop prevention and treatment programs.

Conclusions. Treatment for cracks developed technique fotopolimer materials prevents macrocracks.

Key words: cracked enamel deformation.

Павленко Катерина Ігорівна – магістр кафедри стоматології Інституту стоматології НМАПО ім. П.Л. Шупника. Адреса: м. Київ, вул. Н. Пимоненка, 10-а, каб. 410. Телефон: (044) 482-08-52. E-mail: institute_stomat@ukr.net.