

МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ РАННЕЙ СТАДИИ ПОВЫШЕННОЙ СТИРАЕМОСТИ ЗУБОВ

Мандра Ю.В.¹, Ронь Г.И.¹, Вотяков С.Л.², Киселева Д.В.²

¹ – Институт геологии и геохимии УрО РАН.

² – ГБОУ ВПО Уральская государственная медицинская академия Минздрава России.
г. Екатеринбург

РЕЗЮМЕ

Методами физико-химического анализа – атомной силовой, сканирующей электронной, инфракрасной, оптической микроскопией, электронным микрозондированием, масс-спектрометрией, термодериватографией, инфракрасной спектроскопией – при ранних проявлениях повышенной стираемости зубов установлено увеличение адсорбционной воды эмали в 2,5 раза, уменьшение органической составляющей дентина на 15,8%, снижение фторидов (на 52,9%), искажение симметрии тетраэдра PO_4^{3-} , изменение кристалличности структуры с изоморфными и изоионными замещениями решетки гидроксиапатитов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: повышенная стираемость зубов, эмаль, дентин

ABSTRACT

By means of methods of the physical and chemical analysis – atom force, scanning, optical microscopy, electronic microprobe, mass-spectrometry, thermoderivatography, infrared spectroscopy – in early stage of tooth wear enamel adsorbed water increasing in 2,5 time, organic reduction by 15,8%, decrease in fluorides (on 52,9 %), distortion of symmetry of a tetrahedron PO_4^{3-} , change of crystallinity of structure with isomorphous and isoionic replacements of hydroxyapatites – were revealed.

THE KEY WORDS: tooth wear, enamel, dentine

На сегодняшний день повышенная стираемость зубов (ПСЗ) становится одним из самых распространенных стоматологических заболеваний [Каламкаров Х.А., 2004, Трезубов В.Н., 2007, Bartlett D., 2007]. Наиболее частыми причинами развития ПСЗ являются функциональная недостаточность твердых тканей зубов, морфологическая их неполноценность, перегрузка зубов, химическое воздействие, профессиональные вредности [Рогожников Г.И., 2002, Lussi A., 2006].

ПСЗ характеризуется прогрессирующей убылью твердых тканей зуба, сопровождается целым комплексом морфологических, эстетических и функциональных нарушений – это образование фасеток стирания, изменение анатомической формы зубов, гиперэстезия дентина, нарушение эстетических норм, функции жевания, изменение прикуса, снижение межальвеолярной высоты, дисфункция височно-нижнечелюстных суставов, поражение тканей пародонта за счет функциональной перегрузки [Майер Г., Хватова В.А., 2001, Wilson T.G., 2002]. При тяжелой патологии наблюдается симптомокомплекс функциональных нарушений: хруст, щелканье, боли в височно-нижнечелюстных суставах, лицевые, головные боли (в затылочной и шейной областях), глоссалгия, нарушения слуха, секреторные изменения в полости рта [Безруков В.М., Пузин М.Н., Семкин В.А., Григорьянц Л.А., 2002, Pickles M.J., 2006].

Клиническая картина развившихся стадий ПСЗ подробно освещена в современной литературе, в то время как проявления и морфоструктурные изменения твердых тканей зубов на начальных стадиях патологического процесса остаются пока недостаточно изученными, несмотря на обилие новых сверхчувствительных физико-химических методов исследования [Отто М., 2003, Нолтинг Б., Пантелеев В., 2005, Kawasaki K., 2000].

В этом аспекте нам представляется актуальной интегральная оценка морфологических особенностей строения и микроэлементного состава твердых тканей зубов при ПСЗ с применением современных экспериментальных физико-химических методов исследования с целью разработки

новых методов диагностики и лечения заболевания, обоснования выбора пломбировочных материалов.

Цель исследования – выявить морфоструктурные особенности строения и химического состава твердых тканей зубов при ранней стадии ПСЗ с применением сверхчувствительных методов физико-химического анализа.

Материал и методы исследования

Экспериментальное исследование проведено на базе центра коллективного пользования «Геоаналитик» Уральского отделения Российской академии наук (ИГГ УрО РАН) города Екатеринбурга (Аттестат аккредитации Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии на техническую компетентность при анализе № 001544) под руководством члена-корреспондента РАН, доктора геолого-минералогических наук Вотякова Сергея Леонидовича.

Материалом для экспериментального исследования служили образцы 30 зубов (128 образцов) пациентов различных возрастных групп, проживающих в Уральском регионе и имеющих проявления ПСЗ первой-третьей степени, удаленных по пародонтологическим показаниям: контрольную группу составили образцы интактных зубов, удаленных по ортодонтическим показаниям.

Для наиболее полной оценки патологических изменений твердых тканей зубов нами предложена схема комплексного биоматериаловедческого исследования с применением современных экспериментальных методов, которая отработана и использована для диагностики ПСЗ (Патент РФ № 2366380 от 10.09.2009 г. «Метод диагностики патологической стираемости»):

1. Методы исследования структуры и топологии поверхности твердых тканей зубов:

- 1.1. Оптическая микроскопия;
- 1.2. Электронная микроскопия;
- 1.3. Атомная силовая микроскопия;
- 1.4. Инфракрасная (ИК) микроскопия.

2. Методы исследования количественного состава твердых тканей зубов:

- 2.1. Электронное микронзондирование (содержание основного элементного состава твердых тканей зуба);
- 2.2. Термодериватография (содержание воды и органических составляющих);
- 2.3. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (микро- и наноприемный состав);
- 2.4. Инфракрасная (ИК) спектроскопия (кристалличность структуры, наличие дефектов).

В настоящей работе для контроля правильности полученных результатов использованы государственные стандартные образцы апатита А-2463 и апатитового концентрата АК-2462, по составу наиболее близкие к биоминеральной компоненте зубной эмали. Результаты, полученные при анализе стандартных образцов, удовлетворительно согласуются с их паспортными данными.

Весь материал был подвергнут обработке методами вариационной статистики с анализом множественной корреляции признаков, с использованием общепринятых критериев математической статистики абсолютных и относительных величин. Средние величины, их ошибки, среднеквадратичное отклонение и коэффициент вариации рассчитаны на основании вариационных рядов. Достоверность различий (p) в группах оценивали согласно t -критерию Стьюдента для независимых выборок, внутри групп – с помощью t -критерия Стьюдента для парных данных. При сравнении более двух групп применяли критерий Стьюдента с поправкой Бонферрони. Статистическая обработка материала, построение графиков и таблиц производились на персональном компьютере, с использованием программных пакетов статистической обработки данных StatSoft Statistics 6.0 for Windows.

Результаты проведенного исследования

Результаты собственных исследований микроструктуры показывают, что топология и рельеф поверхности интактных и пораженных ПС зубов существенно различаются. При ранних проявлениях ПСЗ наблюдается нечеткость кристаллической структуры, размытость контуров эмалевых призм, сглаженность рельефа поверхности, увеличение микропространств. В дентине зубов с проявлениями ПСЗ диаметр трубочек и их количество существенно уменьшается; рельеф становится уплощенным, сглаженным. Просветы канальцев облитерируются. Расширяются зоны гиперминерализации вокруг дентинных трубочек, в связи с плотным расположением минеральных кристаллов и глобул, возрастает микротвердость поверхностного слоя (рис. 1).

Главным отличием ИК-спектров эмали и дентина зубов с ПСЗ является их низкое качество по сравнению со стандартной записью спектров поглощения в интактных зубах. Увеличение числа полос свидетельствует о полном или частичном искажении симметрии тетраэдра PO_4^{3-} в поверхностных слоях вследствие изоморфных замещений анионной и катионной части гидроксипатита (рис. 2).

Данные термогравиметрического анализа отражают процессы окислительной деструкции компонентов органической матрицы эмали и дентина, значимо отличающиеся от интактных зубов. Усредненные значения соответствуют потере адсорбционной воды гидратной оболочки кристаллов и разложению органических веществ. При ПСЗ в эмали происходит достоверное увеличение содержания адсорбционной воды (примерно в 2,5 раза) и органической компоненты (примерно в 3 раза); в дентине же эти содержания уменьшаются, что свидетельствует о снижении биомеханической устойчивости зуба к механической нагрузке (рис. 3, табл. 1).

Особенности количественного состава эмали и дентина по данным электронно-зондового микроанализа позволяют выявить вариации содержания основных элементов. Дентин фасетки стирания гиперминерализован (уровень кальция повышен на 19,5%, фосфора – на 17,3%, $p < 0,05$). Ощутимые изменения происходят преимущественно в анионном составе эмали и дентина – эмаль и дентин в пораженном зубе сильно обеднены фтором и обогащены хлором. Уровень фтора снижен на 52,9% ($p < 0,05$) (рис. 4).

Динамика химического растворения при масс-спектропии свидетельствует о достоверном снижении резистентности эмали зубов с ПСЗ к кислотному воздействию, что может быть следствием нарушения кристаллической структуры, увеличения межкристаллических пространств, а также ослабления связи минерал – белковая органическая матрица. По данным масс-спектрометрии, содержание большинства микроэлементов в эмали зубов с ПСЗ понижено ($p < 0,05$). Однако внешние слои эмали зубов с ПСЗ характеризуются повышенным содержанием Zn, Sr, Pb ($p < 0,05$). По содержанию и распределению микроэлементов дентин интактных зубов не отличается от дентина зубов с ПСЗ настолько существенно, как эмаль (рис. 5).

Полученные данные позволили предположить следующий механизм развития ранней стадии ПСЗ (рис. 6). Пусковым моментом, на наш взгляд, является сочетанное химическое (кислотное) и механическое воздействие, вызывающие первичные изменения эмали и вторичные – дентина.

В эмали активизируются механизмы обмена, на что указывает увеличение свободной воды, органической составляющей. Происходят изоморфные и изоионные замещения кристаллической решетки гидроксипатитов. На поверхности наблюдается преобладание молекул карбонатапатитов, хлорапатитов над более резистентными фторапатитами. Это является неблагоприятным, так как снижает кристаллическую и резистентность ткани к неблагоприятным (кислотным и механическим воздействиям). Постепенно под действием механической нагрузки патологически измененная эмаль разрушается.

В дентине при начальной ПСЗ, наоборот, происходит «защитная» гиперминерализация (увеличение кальция и фосфора) со снижением качества минеральной составляющей. Морфология поверхностной зоны дентина также изменяется: облитерируются дентинные канальцы, расширяются зоны гиперминерализации вокруг них, кристаллы располагаются более плотно. Данные

изменения наблюдаются только в поверхностном слое (до 1-1,5 мм), что является неудовлетворительным субстратом для адгезии пломбировочных материалов. Снижение фтора более 50% позволяет предположить, что наиболее эффективным будет лечение, при котором восстановление утраченных структур зубной ткани сопровождается профилактическим, реминерализующим воздействием фторидов, содержащегося в пломбировочных материалах и адгезивных системах.

Однако процесс необратимого изменения твердых тканей зубов, их «деградации» при ПСЗ развивается в организме пациента достаточно индивидуально и зависит от возраста, экологических и профессиональных факторов, сопутствующих соматических заболеваний и др., что подтверждается данными микропримесного анализа.

Вывод

Ранние проявления повышенной стираемости зубов характеризуются увеличением адсорбционной воды эмали в 2,5 раза, уменьшением органической составляющей дентина на 15,8%, снижение фторидов (на 52,9%), искажением симметрии тетраэдра PO_4^{3-} , изменением кристалличности структуры с изоморфными и изоионными замещениями решетки гидроксиапатитов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каламкаров, Х.А. Ортопедическое лечение патологической стираемости твердых тканей зубов. Учебное пособие. / Х.А. Каламкаров. – М., Медицинское информационное агенство. – 2004. – 176 с.
2. Нолтинг, Б. Новейшие методы исследования биосистем. / Б. Нолтинг. – М., Техносфера. – 2005. – 256 с.
3. Отто, М. Современные методы аналитической химии. / М. Отто. – М., Техносфера. – 2003. – Том 1. – 416 с.
4. Рогожников, Г.И. Повышенная стираемость твердых тканей зубов. / Г.И. Рогожников, Л.Е. Леонова, А.С. Щербакова, Е.В. Суворина, Ю.Г. Ковалев, Ю.В. Аникин. – Пермь, 1995. – 163 с.
5. Bartlett, D.V. The role of erosion in tooth wear: aetiology, prevention and management. / D.V.Bartlett // International Dental Journal. – 2005. – N.55. P. 277-284.
6. Lussi, A. Dental erosion. / A. Lussi // Monogr. Oral Sciences. – 2006. – V. 20. – P. 32-43.