УДК 616.314-001.4 -084-08

І.М. Ткаченко, Д.М.Король

ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ ТА СТРУКТУРНОЇ ОСОБЛИВОСТІ ЕМАЛІ ПРИ ПІДВИЩЕНІЙ І ФІЗІОЛОГІЧНІЙ СТЕРТОСТІ ЗУБІВ

Вищий державний навчальний заклад України «Українська медична стоматологічна академія»

Фізіологічне стирання зубів під дією акту жування відбувається як у тимчасовому, так і в постійному прикусі. Цей пристосувальний механізм має місце не тільки на жувальних поверхнях зубів, а й на контактних, як наслідок фізіологічної рухомості зубів. У деяких випадках процес стирання твердих тканин зубів досить швидко прогресує і з фізіологічного перетворюється в патологічний [1-4].

Досі немає остаточної концепції щодо етіології і патогенезу підвищеної стертості зубів. Треба зазначити, що на роль як загальної патології, так і впливу місцевих факторів дослідники звертали достатньо уваги [1,3,5-7]. Але можливий і інший підхід до оцінки причин виникнення підвищеної стертості зубів, за яким ці причини криються в порушенні закладки емалі в процесі ембріогенезу і зміні її фізичних характеристик.

Мета дослідження – вивчити морфологічні утвори емалі зубів із фізіологічною і підвищеною стертістю, встановити щільність емалі за допомогою дослідження різних її станів і мікроелементного складу на різних ділянках.

Відомо, що емаль - найтвердіша тканина організму людини. Це дозволяє їй протидіяти досить потужним механічним навантаженням. Разом із тим вона досить крихка, тому під дією надмірного механічного навантаження в ній могли б виникати тріщини, хоча цього не відбувається за рахунок того, що під емаллю знаходиться більш пружний дентин. Обмінні процеси у твердих тканинах зубів привертають пильну увагу багатьох дослідників, які займаються патологією твердих тканин зубів [8,9]. При цьому переважна більшість праць присвячена вивченню емалі, особливо її різних шарів, які по-різному організовані на мікроскопічному і молекулярному рівнях. Розміри емалі досить незначні: її товщина в шийці - 0,01 мм, у ділянці фісур - 0,5-0,62 мм, на жувальній поверхні - 1,62-1,70 мм. Твердість емалі зумовлена високим умістом у ній неорганічних речовин - до 95% її маси. До складу емалі входить ряд мікроелементів, уміст яких коливається в незначних межах (від 0006 до 0025%) [10]. Кількість води у твердих тканинах зубів зменшується з віком [11]. За даними Ю.В. Бархатова і співавт. [12], крім гідроксоапатиту в емалі наявні карбонатапатит, хлорапатит, фторапатит, а менше 2% маси зрілої емалі складають неапатитні форми, які є слідами мінералів, наявних під час розвитку зубів, а також результатом порушення мінералізації після їх прорізування.

Стабільними в кристалі апатиту є не окремі іони, а кристалічна решітка в цілому, тому пропорції іонів у кальцифікованих тканинах не фіксовані, а варіюють залежно від умов їх формування. Органічна речовина емалі складає близько 1,2% її маси. У емалі містяться близько 40 хімічних елементів, головними з яких є фтор, цинк, свинець, сурма, залізо, натрій, магній, карбонати, стронцій, мідь, алюміній і калій [13].

Дані про пошаровий розподіл кальцію і фосфору досить суперечливі. Л.М. Максимовська [14] наводить високі значення як середнього значення кальцію (40,85%) і фосфору (21,48%), так і пошарового їх розподілу при дослідженні хімічного складу емалі за допомогою електронного мікрозондування. Багато авторів [15] указують на особливості будови поверхневого шару емалі, який відрізняється від глибших шарів емалі вищими показниками мінералізації, щільності, фізичного опору, мікротвердості, резистентності. Поверхня емалі має вище значення фізичного опору, ніж підповерхневий шар, а її мікротвердість зменшується від поверхні до емалево-дентинного з'єднання.

Органічний матрикс, який зв'язаний з емаллю, після прорізування зубів майже повністю втрачається. Він зберігається у вигляді тримірної білкової сітки, розташованої між призмами, і виступає в ролі стабілізатора буферної системи, яка забезпечує наявність вільних іонів кальцію [16]. Саме зв'язаний кальцій і лужно-нерозчинні білки визначають орієнтацію кристалів у призмах емалі при її закладці, а надалі - її структуру.

Поява новітніх технологій дозволяє отримати нові дані про структуру емалі, зокрема про діаметр емалевих призм і розміри між ними.

У вітчизняній літературі немає відомостей щодо дослідження питання про те, що морфологічні особливості зубів переважно зумовлені спадковими факторами, а процес дентиногенезу регулюється багатьма генами.

Тому, на нашу думку, саме дефекти генетичної ланки при закладці епітеліального органа можуть бути головними чинниками, які зумовлюють зміни в структурній орієнтації кристалів гідроксоапатиту і надалі - змінену просторову орієнтацію [17]. Зміни білкової матриці, яка є основою орієнтації кристалів, мають змінити структури як кристалів, так і емалевих призм. Тому підвищена стертість зубів може бути проявом порушення закладки насамперед емалі, що можливо як наслідок дії генних мутацій саме на етапах первинної мінералізації.

Призми емалі становлять собою "голчасті" мікроскопічні утвори, які одним кінцем зв'язані з дентином, а другим прямують до поверхні. За даними електронної мікроскопії, емалеві призми в поперечнику мають шестикутну форму. Призми відділені одна від одної емалевою речовиною, яка відіграє провідну роль у процесах мінералізації та демінералізації. Емалеві призми групуються між собою в окремі скупчення, які мають назву пучків емалевих призм, і додатково взаємного переплетення віялоподібних пучків кристалів гідроксоапатиту. Кристали розділені між собою пластинками безпризмової емалі. На нашу думку, резистентність і твердість емалі залежать від щільності укладки кристалів гідроксоапатиту і діаметра емалевих призм. Установлення значень щільності емалі - досить цікаве питання, яке досі не висвітлене в літературних джерелах.

Матеріали і методи

Для вирішення поставлених завдань була досліджена емаль видалених за показаннями зубів, які мали фізіологічну або підвищену стертість. Спостереженню підлягали 35 зубів: із фізіологічною (11 зубів), із підвищеною стертістю II ступеня (18 зубів), із підвищеною стертістю III ступеня (6 зубів). Ураховуючи недоліки вивчення морфології зубів методом виготовлення шліфів, ми використовували методику вивчення емалі шляхом отримання сколів із робочої поверхні (горбик зуба або частки емалі на наявній жувальній поверхні) і з ділянки екватора зубів, насаперед для того, щоб довести різницю в складі емалі на поверхні та в підповерхні.

Дослідження проводили за допомогою растрового електронного мікроскопа (SEM) «Mira 3 LMU» («Tescan», Чехія) з максимальною роздільною здатністю 1 нм і максимальним збільшенням 1 000 000. Елементний склад локальної ділянки визначали за допомогою енергодисперсійного спектрометра «X-max 80mm2» («Oxford Instruments», Великобританія), що був інтегрований у растровий електронний мікроскоп. Запропонована система дослідження дозволила визначити мікроструктуру емалі без традиційної для зразків-діелектриків процедури покриття поверхні тонким шаром провідного матеріалу (C, Au, Pt). Запобігти дії заряду поверхні стало можливим завдяки значному зниженню струму зонда і високій чутливості детекторів. Відмова від запилення поверхні провідним матеріалом дозволила уникнути можливого спотворення результатів досліджень. Дослідження елементного складу за допомогою енергодисперсійного спектрометра дозволяє виявити в складі зразка хімічні елементи з атомними номерами від 4 до 92, кількісно визначити склад, установити діаметри емалевих призм і проміжки між ними. Але є одне питання, яке ми не могли обійти в своїй роботі, – сколи емалі, зроблені нами, можуть проходити в різних напрямках і під різними кутами, що призводить до зміни сприйняття як розміру діаметра емалевих призм, так і проміжків між ними. Тому для вирішення питання про твердість емалі та її хімічний склад проводили експеримент за відповідною власною методикою.

Видалені для дослідження зуби промивали в проточній воді, очищали від зубного нальоту, висушували за допомогою фільтрувального паперу і подрібнювали за допомогою лещат, після чого прибирали уламки з відповідної частини зуба з поверхнею, яка має необхідний переріз емалі, з кожного зуба отримували два зразки емалі: зразок – горбик і зразок - екватор.

Для аналізу і порівняння структури, складу і характеристик зразків був розроблений алгоритм їх оцінки, однаковий як для зразків у ділянці жувальної поверхні, так і для зразків з ділянки екватора зубів із фізіологічною стертістю та зубів із підвищеною стертістю (1.Вибір досліджуваної ділянки і вимірювання характерного розміру (діаметра) емалевої призми і розмірів міжпризмового простору. 2.Вибір досліджуваної ділянки та позначення ділянок мікроаналізу. 3.Елементний аналіз у обраних ділянках. 4.Вивчення загального вигляду досліджуваної ділянки з позначенням характерної товщини емалі та її щільності).

Твердість емалі, яка має прямо пропорційну залежність від кількості емалевих призм на одиниці площі, вивчали таким чином. Після отримання мікрофотографій роздрукували їх. Досліджувані ділянки емалі фотографували в різній масштабній сітці. Шляхом створення спеціальної лінійки рахували кількість емалевих призм на кожній фотографії у фактичному масштабі та проводили перерахунок їх кількості на площі 100 мкм.

Для порівняння наводимо приклади досліджуваних зубів у ділянці жувальних поверхонь із підвищеною і фізіологічною стертістю.

Різні ступені збільшення дозволяють вибрати ділянку, що вивчається, а після маркірування наблизити її та вивчити детальніше. На **рис. 1-3** зображено зони емалі в різній масштабній сітці для поглибленого вивчення кількості емалевих призм.

Аналізуючи отримані дані щодо будови емалі при фізіологічній і підвищеній стертості, ми виявили різницю в розташуванні емалевих призм, зокрема їх укладки, яка при підвищеній стертості майже втрачає чітке розташування в

Рис. 1. Електронне зображення *досліджуваної зони емалі* в ділянці (скол-горбик) для підрахунку кількості емалевих призм (зуб із явищами підвищеної стертості II ступеня). Зб. 3810х, масштабна мітка - 20 мкм

Рис. 2. Електронне зображення *досліджуваної зони емалі* в ділянці (скол-горбик) із нанесеними розмірами просвіту емалевих призм і проміжків між ними (зуб із явищами підвищеної стертості II ступеня). Зб. 9010х, масштабна мітка -10 мкм

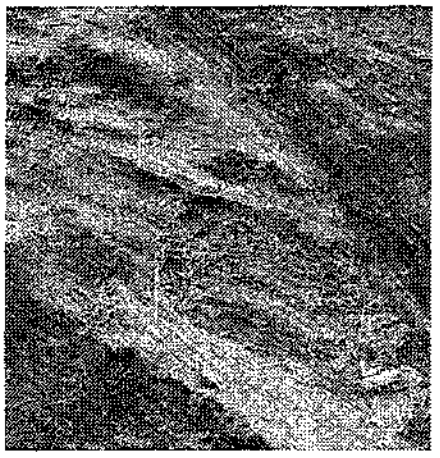

Рис. 3. Електронне зображення досліджуваної зони емалі в ділянці (скол-горбик) (зуб із явищами фізіологічної стертості). Загальний вигляд емалі на сколі. Зб. 1140х, масштабна мітка – 100 мкм

поверхневій зоні та здебільшого утворює конгломерат, у переважній більшості випадків без чіткої структури призм.

Порівнюючи щільність розташування емалевих призм досліджуваних зубів, зазначаємо, що кількість призм на одиницю площі при фізіологічній стертості та підвищеній досить суттєво відрізняється, що дає підстави припускати подальшу зміну резистентності емалі при фізіологічний і підвищеній стертості.

Змінюються також і показники проміжків між емалевими призмами, що також може бути зумовлене змінами при закладці емалі. Зазначені відхилення від норми надалі можуть бути використані для розробки ефективних профілактичних заходів для запобігання стертості емалі та підвищення її твердості.

Література

1. Біда В.І. Патологічне стирання твердих тканин зубів та основні принципи його лікування / Біда В.І. – К.:ВАТ «Видавництво «Київська правда», 2002. - 96 с.
2. Фастовець О.О. Клініко-патогенетичне обґрунтування комплексного лікування патологічного стирання зубів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора мед. наук: спец. 14.01.22 «Стоматологія» / Олена Олександрівна Фастовець. – К., 2008. – 35 с.
3. Каламкаров Х.А. Ортопедическое лечение патологической стираемости твердых тканей зубов / Х.А. Каламкаров. – М.: Медицинское информационное агентство, 2004. – 176 с.
4. Баля Г.Н. Классификация форм генерализованного патологического стирания твердых тканей зубов / Г.Н. Баля // Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. – 2008. – Т. 8, вип. 3(23). – С.121-123.
5. Зелинский А.Т. Особенности ортопедического лечения больных при патологической стираемости твердых тканей зубов, осложненных снижением высоты прикуса: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. мед. наук: спец. 14.00.21 «Стоматология» / Анатолий Терентьевич Зелинский. – Л., 1978. – 16 с.
6. Суржанский С.К. Прижизненное определение твердости тканей зубов и ее роль в патогенезе и ортопедическом лечении патологической стираемости: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. мед. наук: спец. 14.01.21 «Стоматология» / Станислав Константинович Суржанский. – К., 1988. – 23 с.

7. Ипполитов Ю.А. Морфологические образования эмали белковой природы / Ю.А. Ипполитов // Стоматология. – 2010.- Т. 89, №3. –С.4-9.
8. Боровский Е.В. Изучение процессов деминерализации и реминерализации на естественных и искусственных кариозных поражениях эмали / Е.В. Боровский, Е.А. Волков, В.Т. Дубинчик // Стоматология. - 1982. - №1. – С.51—55.
9. Крихели Н.И. Обоснование комплексной программы повышения эффективности лечения дисколоритов и профилактики осложнений, возникающих при отбеливании и микроабразии эмали измененных в цвете зубов: автореф. дис. на соискание науч. степени доктора мед. наук: спец. 14.01.21 «Стоматология» / Н.И. Крихели. – М., 2008. – 53 с.
10. Грошиков М.И. Некариозные поражения твердых тканей зуба / М.И.Грошиков.- М.: Медицина, 1985. – 171 с.
11. Луцкая И.К. Динамика теста эмалевой резистентности под влиянием зубных паст / И.К.Луцкая, Е.К.Запашник, В.А. Андреева // Современная стоматология. - 1998. - №2, - С. 22—24.
12. Бархатов Ю.В. Структура и химический состав минеральной фракции зубной эмали человека / Ю.В. Бархатов, Н.А.Хатанова, А.В.Сивцева // Стоматология. – 1981. - №1. – С. 5—7.
13. Грохольский А.П. Возрастные особенности химического состава зубов человека / А.П. Грохольский // Терапевтическая стоматология. – К., 1977. – С.111—114.
14. Максимовская Л.Н. Изменение минерального состава эмали при начальных стадиях кариеса и кариесоподобных поражениях зубов: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. мед. наук: спец. 14.00.21 «Стоматология» / Л.Н. Максимовская. - М., 1982. – 17 с.
15. Гарус Я.Н. Клиническая оценка резистентности эмали при эрозии твердых тканей зуба / Я.Н. Гарус // Актуальные вопросы клинической стоматологии: сб. науч. трудов. – Ставрополь, 1997. - С.33-36.
16. Федоров Ю.А. Сравнительный электронно-микроскопический анализ структуры твердых тканей зубов при некариозных поражениях 2-й группы до и после реминерализующей терапии / Ю.А. Федоров, В.А. Дрожжина, О.В. Рыбальченко // Новое в стоматологии. – 1996. - №4 (49). – С. 41-49.
17. Круглик О.А. Влияние морфологических особенностей зубов с повышенным стиранием на формирование гибридного слоя / О.А. Круглик //Белорусский медицинский журнал. – 2008. - №2 (24).- С.-11-12.

Стаття надійшла 9.01.2012 р.

Резюме

В работе обсуждаются этиологические факторы развития повышенной стираемости зубов. Большое значение имеет исследование плотности эмали, которая, по нашему мнению, зависит как от микроэлементного состава, так и от плотности укладки эмалевых призм на единицу площади. Все эти изменения, возможно, могут возникать на етапах эмбриогненеза: изначально – нарушение структуры белков, вторично – нарушение ориентации и укладки кристаллов.

Изучали структуры эмали зубов с применением растрового электронного микроскопа с дополнительным вовлечением в работу энергодисперсионного спектрометра для изучения элементного состава эмали и ее плотности.

Ключевые слова: повышенная стираемость твердых тканей зуба, определение твердости эмали.

Резюме

У роботі висвітлені дослідження морфології й елементного складу зубів із підвищеною та фізіологічною стертістю з метою встановлення етіологічних чинників розвитку цієї патології. Головна увага в етіології стертості зубів звертається на порушення закладки емалі в процесі ембріогенезу. Для роботи використовували новітні методики дослідження, зокрема растровий електронний мікроскоп і енергодисперсійний спектрометр. За результатами дослідження встановлено відмінності в будові та мікроелементному складі емалі зубів із підвищеною і фізіологічною стертістю. Отримані дані можуть бути корисними в профілактиці та лікуванні різних видів стоматологічної патології.

Ключові слова: підвищена стертість твердих тканин зуба, визначення твердості емалі.

Summary

The work deals with the factors developing heightened dental abrasion. The research of enamel thickness is considered to be of great interest in this aspect. In our opinion, it depends on enamel microelement contents as well as on the laying compactness of enamel units. These changes may take place at the stages of embryogenesis. In this case the disorders of protein structures are primary, while the disorders of crystal orientation and laying are secondary.

That is why the conducted study of teeth enamel structure with the use of raster electron microscope and egergodispersion spectrometer was aimed to determine its contents and thickness.

Key words: heightened abrasion of teeth hard tissues, enamel hardness determination.