

І. М. Ткаченко, М. Скорик*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ СТРУКТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ ЕМАЛІ ПРИ ПІДВИЩЕНІЙ І ФІЗІОЛОГІЧНІЙ СТЕРТОСТІ ЗУБІВ

ВДНЗУ «Українська медична стоматологічна академія»

*Тов «НаноМедТех», м. Київ

Найбільш стандартизована характеристика різноманітних процесів і явищ природи складається на основі системного розгляду процесів, що вивчаються. Уніфікованість і узагальненість підходів роблять цю теорію найбільш ефективною при розв'язанні різноманітних наукових проблем.

Основним поняттям при цьому є система, під якою розуміють сукупність елементів, пов'язаних між собою, які реагують на зміни навколишнього середовища як єдине ціле. Характеристики системи, що вивчається, купіруються, оскільки вони виникають у рамках сформованих взаємин, взаємовпливів і взаємозв'язків. У сукупності системі притаманні зазначені властивості та характеристики.

Базуючись на цих поглядах, ми намагалися дослідити емаль із позиції її будови і внаслідок цього – безпосередньо емалеві призми з позиції мікроелементного складу.

Мікроструктура твердих тканин зубів відображає складні процеси, які пов'язані з віковими і патологічними станами. Виявлення закономірностей цих процесів дозволить глибше зрозуміти механізми їх розвитку і розробити тактику профілактики та лікування захворювань, які пов'язані зі змінами безпосередньо в емалі [1].

Останніми роками вдосконалення методик і технічних можливостей дозволило розширити перспективи вивчення твердих

тканин зубів із точки зору морфологічної та кристалохімічної структури.

Елементи структури емалі представлені кристалами, які щільно упаковані в емалеві призми, які в свою чергу складають пучки, що згинаються вздовж довгої осі, надаючи особливу механічну стійкість емалі. Дентин служить своєрідним амортизатором. Більше того, фізіологічне стирання емалі в процесі життєдіяльності компенсується ущільненням дентину [2].

Основний структурний утвір емалі – це емалеві призми діаметром 4 – 6 мкм. Довжина призми відповідає товщині шару емалі та навіть перевищує її, оскільки вона має звивистий напрямок. Емалеві призми, концентруючись у пучки, утворюють S-подібні вигини. Унаслідок цього на шліфах емалі виявляється оптична неоднорідність (темні або світлі смуги): в одній ділянці призми зрізані в поздовжньому напрямку, в іншому – в торцевому (смуги Гунтера-Шрегера). Крім того, на шліфах емалі, особливо після обробки кислотою, видно лінії, що йдуть у косому напрямку і досягають поверхні емалі, – так звані лінії Ретціуса. Їх неоднорідність пов'язують із циклічністю мінералізації емалі в процесі її розвитку. За сучасними уявленнями, в зазначених ділянках мінералізація менш виражена, і в процесі локального впливу дуг у лініях Ретціуса настають найбільш ранні та виражені зміни. Емалева призма

має поперечну смугастість, яка відображає добовий ритм відкладення мінеральних солей. Сама призма в поперечному перерізі здебільшого має аркадоподібну форму або форму луски, але може бути полігональної, округлої або гексагональної форми [3].

Органічна речовина емалі має вигляд найтонших фібрилярних структур. Відома думка, що органічні волокна визначають орієнтацію кристалів призми емалі. В емалі зуба, крім зазначених утворів, зустрічаються ламели, пучки і веретена. Основною структурною одиницею призми вважають кристали апатитоподібного походження, які щільно прилягають один до одного, але розташовуються під кутом. Вважають, що розмір кристалів із віком змінюється, вони збільшуються. Структура кристала зумовлена розміром елементарної комірки. За її розмірами визначається природа кристала. Це означає, що кристали гідроксоapatиту і фторапатиту мають свої параметри.

Апатити емалі характеризуються змінним хімічним складом, який залежить від низки факторів (біогеохімічні умови проживання, екологічні та професійні фактори, вік пацієнтів, супутні захворювання, дієта і т. ін.). Те, наскільки сильно відрізняється емаль з ідеальною формулою $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$, оцінюють за співвідношенням атомарних кількостей Ca/P. Чим вищий дефіцит Ca, тим більше зменшення співвідношення до

значення 1,67, яке є характерним до ідеального складу. У деяких випадках формула гідроксоапатиту в зубній емалі записується інакше – $Ca_{10}(PO_4)_6OH_2$, з можливістю заміни іонів кальцію на іони магнію або натрію чи обміну в ділянці PO_4^{3-} на CO_3^{2-} та HPO_4^{2-} . Іноді відбувається заміщення в ділянці гідроксогрупи на з'єднання вуглецю з киснем, фтор, хлор або молекулу води [4]. Більше того, можливі суттєві відмінності співвідношення Ca/P у межах одного зуба, що стало приводом для твердження про неоднорідності в структурі емалі зуба. За сучасними уявленнями, коефіцієнт Ca/P можна використовувати для оцінки стану емалі зуба, зокрема її резистентності [5].

За результатами численних досліджень, проведених як у нашій країні, так і за кордоном, встановлено, що мікроелементи в емалі розташовуються нерівномірно. Виявлено високу концентрацію в зовнішньому шарі фтору, свинцю, цинку, заліза за нижчого вмісту в цьому шарі натрію, магнію, карбонатів. Рівномірно по шарах розподіляються стронцій, мідь, алюміній, калій. Кожен кристал емалі має шар гідратопов'язаних іонів (ОН), що знаходяться на поверхні розділу кристал – розчин. У деяких випадках наявний взаємозв'язок мікроелементного складу і структури емалевих призм.

У своїй роботі ми вирішили дослідити це питання і встановити кореляційні зв'язки між морфологією та мікроелементним складом емалі в різних ділянках, включаючи поверхневу ділянку емалі та підповерхневу зону в місцях оклюзійного й апроксимального контактів зубів.

Матеріали і методи

Детальному вивченню підлягали зуби, які було видалено за показаннями. Вік пацієнтів, зуби яких підлягали дослідженню, складав від 40 до 65 років. Спо-

стереженню підлягали 24 зуби: з фізіологічною (9 зубів), із підвищеною стертістю II і III ступенів (14 зубів).

Аналізу підлягали ділянки безпосередньо на поверхні та в підповерхневій ділянці, насамперед для того, щоб дослідити різницю в мікроелементному складі емалі на поверхні та в підповерхневій ділянці.

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 (С. Au, Pt) на відміну від останніх досліджень [6].

Видалені для дослідження зуби промивали в проточній воді, очищували від зубного нальоту, висушували за допомогою фільтрувального паперу і подрібнювали за допомогою лещат, після чого

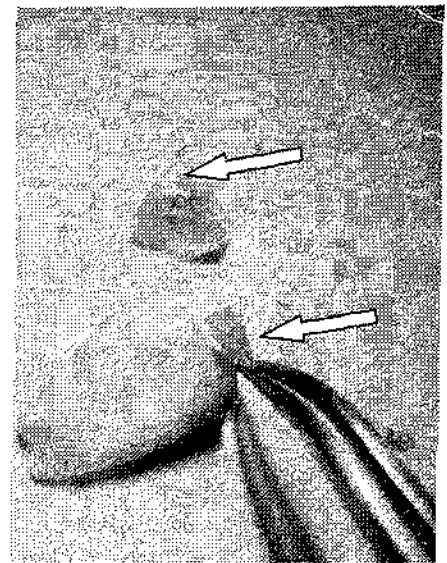


Рис. 1. Вибір досліджуваних ділянок при сколі зуба в ділянці горбик та екватор

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 (рис. 1).

Для аналізу і порівняння структури, складу та 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.

Дані за кількістю призм, проміжків між ними і товщиною емалі наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Морфологічне дослідження емалі зубів при фізіологічній та підвищеній стертості зубів (M±m)

Групи порівняння	Кількість призм на 100мкм	Товщина проміжків між призмами	Товщина емалі
Група зубів з фізіологічною стертістю (9 шт.)	27,33±1,08	0,83±0,06	1493,92±109,45
Група зубів з підвищеною стертістю (14шт.)	18,57±0,31	1,35±0,10	787,52±68,22

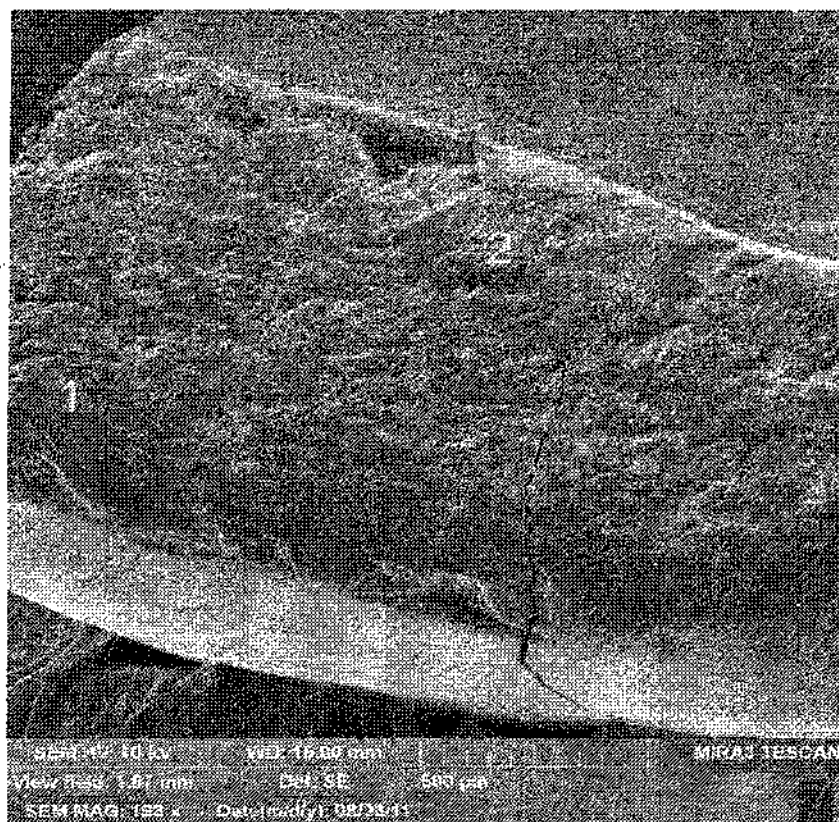


Рис. 2. Електронне зображення досліджуваної зони емалі в ділянці (скол-екватор) (зуб із явищами підвищеної стертості, зразок № 9).
Загальний вигляд емалі на сколі, збільшення 193x,
масштабна мітка-500 мкм

Порівнюючи щільність розташування емалевих призм досліджуваних зубів виявили, що кількості призм на одиницю площі при фізіологічній стертості та підвищеній досить суттєво відрізняються, що може наводити на думку про різні значення резистентності емалі при фізіологічній та підвищеній стертості. Кількість емалевих призм на одиницю площі при підвищеній стертості в середньому становить 18,57 на 100 мкм, а при фізіологічній – 27,33 на 100 мкм.

Оцінюючи дані всередині кожної групи статистичними методами, можемо зазначити, що кількість призм у емалі зубів, які належать до першої групи, має пряму кореляцію з проміжками між ними ($p=0,00049$).

Порівнюючи дані, отримані для першої та другої дослідної груп, можна зазначити, що різниця між кількістю призм на 100 мкм становить 9,331 при ($p=0,0002$). Різниця в міжпризмових проміжках становить 19,410 при ($p=0,00035$). Найявна зворотна кореляція при ($p=0,0003$) між кількістю призм у емалі та проміжками між ними. Прямий тип кореляції при ($p=0,005$) у дослідних групах установлено між: товщиною емалевого шару та кількістю призм на 100 мкм.

Вивчаючи мікроструктуру емалі, ми звернули увагу на збільшення товщини проміжку ділянок із безпризматичною структурою на поверхні досліджуваних зразків. У більшості випадків ця зона розташовувалася на ділянках повер-

хонь, що контактують між собою, зокрема контактній і жувальній. Цю особливість можемо пов'язати зі зниженням щільності емалі, яка пов'язана зі зменшенням кількості призм при підвищеній стертості зубів, особливо в ділянці контактних поверхонь. Підтвердження наших припущень щодо зміни морфології емалі при різних типах стирання знаходимо в працях А.В. Цимбалістова (2004,2005).

На поверхні емалі, яка підлягала дослідженню, спостерігалися тріщини різних розмірів і напрямків, які іноді доходили до зони емалево-дентинного сполучення (рис. 2).

Висновок. Отже, дослідження морфології емалевого шару при підвищеній і фізіологічній стертості доводять відмінність у будові емалі, зокрема в кількості призм, товщині проміжків між ними і як наслідок зменшення товщини емалі на контактних поверхнях (жувальних та апроксимальних).

Оскільки закладка зубів розпочинається на ембріональному рівні, а відкладення мінеральної компоненти проходить на білкову матрицю, то зміна перелічених параметрів може бути наслідком порушення формування емалі, а саме недостатнього або зміненого розвитку її матриці, що характеризується деструктивними змінами таких білкових утворів як фібрили емалевих призм та емалеві пластинки.

Зазначені особливості емалі зубів при підвищеній і фізіологічній стертості спричиняють різну витривалість до жувального навантаження, тому обґрунтованим, на нашу думку, стає завдання щодо визначення кількості, співвідношення і розподілу мікроелементів при фізіологічній та підвищеній стертості зубів.

Література

1. Цимбалистов А. В. Новые методические возможности исследования плотностных характеристик твердых тканей зубов / А. В. Цимбалистов, О. Л. Пихур, Ю. В. Плоткина // Российский стоматологический журнал. – 2005. – № 5. – С. 8-9.
2. Костиленко Ю. П. Структура зубной эмали и ее связь с дентином / Ю. П. Костиленко, И. В. Бойко // Стоматология. – 2005. – № 5. – С. 10-13.
3. Пахомов Г. Н. Рентгеноструктурный анализ эмали зубов человека в норме и патологии: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. мед. наук спец. 14.00.21 «Стоматология» / Г. Н. Пахомов. – Рига, 1968. – 18 с.
4. Горбунова И. Л. Исследование минерального компонента эмали зубов лиц с различным уровнем устойчивости к кариесу / И. Л. Горбунова // Стоматология. – 2005. – № 6. – С. 12-14.
5. Прогнозирование и донозологическая диагностика кариеса зубов / Коллектив авторов. – Ставрополь: Кн. изд-во, 1990. – 96 с.
6. Результаты исследования морфологического строения, химического состава и параметров кристаллической решетки апатитов твердых тканей зубов / [А. В. Цимбалистов, О. Л. Пихур, Ю. В. Плоткина, О. В. Франк-Каменецкая] // Институт стоматологии. – 2004. – № 2. – С. 60-63.

Стаття надійшла
8.05.2012 р.

Резюме

Обсуждаются вопросы взаимосвязи структурных компонентов эмали при повышенной и физиологической стираемости зубов. Повышенный интерес вызывает исследование взаимосвязи морфологических элементов в самой эмали и их взаимоотношение между собой. Все эти взаимосвязи, возможно, могут возникать на этапах эмбриогенеза: изначально – нарушение структуры белков, вторично – нарушение ориентации и укладки кристаллов.

С этой целью производилось изучение 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: стираемость, морфологические компоненты эмали, взаимосвязь структуры и функции

Резюме

Досліджували морфологію та елементний склад зубів із підвищеною та фізіологічною стертістю з метою встановлення взаємозв'язків між морфологічними елементами емалі. Для роботи використовували новітні методики дослідження, зокрема растровий електронний мікроскоп та енергодисперсійний спектрометр. За результатами дослідження встановлено відмінності в будові емалі зубів із підвищеною та фізіологічною стертістю. Отримані дані можуть бути корисними в профілактиці та лікуванні різних видів стоматологічної патології, зокрема підвищеної стертості зубів.

Ключові слова: стертість, морфологічні компоненти емалі, взаємозв'язок структури та функції

Summary

The questions of the interrelation of structural enamel components at high and physiological dental abrasion are discussed in the given article. The research of interrelations of enamel morphological components is considered to be of great interest. These interrelations may develop at different stages of embryogenesis. Protein structure violations are considered to be a primary reason, while the disorders of crystal orientation and their laying is treated to be a secondary one.

With this aim the study of teeth enamel structure with the use of raster electronic microscope involving egergodispersion spectrometer for the research of element enamel composition and its density was conducted.

Key words: teeth abrasion, morphological components, structure and function interrelation