



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 47266

(13) A

(51) 6 A61C7/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ КАРІЄСРЕЗИСТЕНТНОСТІ ЕМАЛІ ЗУБА В ЕКСПЕРИМЕНТІ

1

2

(21) 2001096656

(22) 28 09 2001

(24) 17 06 2002

(46) 17 06 2002, Бюл. № 6, 2002 р.

(72) Хоменко Лариса Олександрівна, Антонішин
Богдан Васильович(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМ О О БОГОМОЛЬЦЯ(57) Спосіб визначення стану карієсрезистентності
емалі зуба в експерименті, що включає
визначення в ній кількості кальцію і фосфору, який
відрізняється тим, що додатково досліджують
вміст хімічних елементів Zn, Fe, Mg, Pb, Na, K, F і

їх кількісне співвідношення, мас %, у
поверхневому шарі пришийкової його ділянки і при
вмісті кальцію в межах від $34,43 \pm 0,21$ до
 $35,27 \pm 0,16$, фосфору від $17,83 \pm 0,05$ до
 $18,06 \pm 0,04$, цинку від $0,033 \pm 0,002$ до
 $0,035 \pm 0,002$, заліза від $0,044 \pm 0,001$ до
 $0,048 \pm 0,002$, магнію - $0,008 \pm 0,001$, свинцю -
 $0,072 \pm 0,002$, натрію від $0,456 \pm 0,004$ до
 $0,440 \pm 0,002$, калію - $0,128 \pm 0,001$, фтору від
 $5,163 \pm 0,014$ до $3,302 \pm 0,012$ діагностують стан її
карієсрезистентності

Винахід, що заявляється, стосується
медицини, а саме стоматології і може бути
використаний для визначення стійкості емалі до
демінералізації.

Стійкість зуба до карієсогенних чинників
формується в процесі закладки і первинної та
вторинної його мінералізації. Тому в різні періоди
формування і функціонування зуба хімічний склад
його тканин постійно змінюється [1, 2].

Відомо, що мінеральну основу емалі зуба
складають ізоморфні кристали апатитів, в процесі
мінералізації яких бере участь більш, ніж 40
хімічних елементів [3, 4]. Ймовірно, що наявність в
кристалах апатитів одних хімічних елементів
впливає на розподіл в їх структурі інших
елементів, а кількісне їх співвідношення визначає
основну властивість емалі зуба - її
карієсрезистентність. В процесі формування емалі
та її властивостей важливу роль відіграють іони
кальцію, фосфору, а також тих елементів, які їх
заміщують або каталізують процеси мінералізації
[1, 5, 6].

Доведено, що в різні періоди формування
зубів, а також в залежності від умов їхньої
мінералізації, число іонів кальцію і фосфору
змінне [1, 7]. Причому чим більше число зв'язаних
іонів кальцію в кристалі, тим вища хімічна стійкість
апатитів [1, 5]. Багаточисленні дані свідчать про
те, що поверхневий, або зовнішній, шар емалі зуба

після його прорізування має особливі фізичні і
хімічні властивості, які відрізняють його від
глибоких шарів. Це пояснюється особливостями
хімічного складу поверхневого шару, в першу
чергу більш високим вмістом кальцію, фосфору і
фтору [8, 9].

Відомо, що склад апатитів мінералізованих
тканин організму як в нормі, так і при наявності
патології може змінюватись в досить значних
межах [10]. Однією із причин такого коливання є
заміщення кальцію, фосфору або ОН-групи
молекули гідроксиапатиту іншим елементом, який
має близькі до них властивості (ізоморфне
заміщення).

Іншим моментом, який обумовлює
інтенсивність обміну в середині кристалу апатиту,
є наявність в кристалічній решітці вакантних місць
[1]. Вони, по-перше, забезпечують більш легке
проникнення до них іонів через збільшення
міжіонних проміжків та заповнення вакансій
шляхом ізоіонного або ізоморфного заміщення, а
по-друге - сприяють більш інтенсивному перебігу
поверхневих реакцій на кристалах, що сприяє
більшому потоку до них іонів із зубного ліквора.

Таким чином хімічний склад емалі залежить
від сформованості кристалів апатитів, а також
умов в яких це формування відбувалося.
Зрозуміло, що чим більш сформовані кристали
апатитів, тобто більш мінералізована емаль, то її

(13) A

(11) 47266

(19) UA

стійкість до демінералізуючих (карієсогенних) чинників вища

Найближчим аналогом способу, що заявляється, є спосіб визначення карієсрезистентності емалі за кількістю в ній кальцію, фосфору та їх молярним співвідношенням - показником Ca / P [2]. Однак, такий підхід до вирішення даної проблеми є не точним, оскільки він не вказує на повноту заповнення місць у вузлах кристалічної решітки. Тобто залишається незрозумілим чи при малій кількості даних елементів, або низькому показнику Ca / P є вакантні місця у кристалічній решітці апатиту, чи вони заповнені іншими елементами внаслідок гетероіонного ізоморфного заміщення.

Задача, що вирішується, полягає у кількісному визначенні комплексу хімічних елементів в структурі емалі, тобто поряд із визначенням основних хімічних елементів апатиту (кальцію і фосфору) також визначення тих елементів, які в наслідок гетероіонного обміну здатні замінити іони кальцію, фосфору і ОН-групу в структурі апатитів із врахуванням анатомічної ділянки зуба та шару емалі. Такий підхід до вирішення даної задачі є комплексним і може характеризувати ступінь сформованості емалі, а отже і її карієсрезистентність.

Технічний результат способу полягає у зниженні інтенсивності карієсу за рахунок можливості своєчасного визначення схильності емалі до його виникнення, а відтак корекції її хімічного складу.

Поставлена задача, згідно винаходу, досягається тим, що додатково досліджують вміст хімічних елементів (Zn, Fe, Mg, Pb, K, Na, F) і їх кількісне співвідношення (мас %) у поверхневому шарі пришийкової ділянки зуба і при вмісті кальцію в межах від $34,43 \pm 0,21$ до $35,27 \pm 0,16$, фосфору від $17,83 \pm 0,05$ до $18,06 \pm 0,04$, цинку від $0,033 \pm 0,002$ до $0,035 \pm 0,002$, заліза від $0,044 \pm 0,001$ до $0,048 \pm 0,002$, магнію - $0,008 \pm 0,001$, свинцю - $0,072 \pm 0,002$, натрію від $0,456 \pm 0,004$ до $0,440 \pm 0,002$, калію - $0,128 \pm 0,001$, фтору від $5,163 \pm 0,014$ до $3,302 \pm 0,012$ визначають стан її карієсрезистентності.

Спосіб здійснюють наступним чином із зуба виготовляють шліф, розрізаючи його повздож по центральній лінії. Відтак, пополюнку зуба шліфують алмазним диском і полірують із використанням алмазних паст. Шліф фіксують у муфті легкоплавким металом „Мілот“ і покривають вуглецем товщиною 200 - 300Å, напілюючи його у вакуумному пристрої методом термічного розпилення. Визначення відсоткового співвідношення вагових кількостей (мас %) даних хімічних елементів проводять методом

рентгеноспектрального мікроаналізу із використанням електронного мікросонда.

Для обґрунтування запропонованого способу визначення карієсрезистентності емалі (стійкості до демінералізуючих чинників), в експерименті на білих щурах лінії вістар вивчено наявність основних хімічних елементів в її структурі моляра щурів різного віку в процесі вторинної мінералізації. Досліджено шліфи емалі зубів 7 вікових груп білих щурів (по 5 тварин в кожній) віком від 20 днів до 6 місяців, яких утримували в однакових умовах на дієті віварин. Тварин забивали під ефірним наркозом, виділяли блоки щелеп із 3 молярами. З них виготовляли шліфи за вищенаведеною методикою. Досліджували емаль контактної і жувальної поверхонь першого моляра.

Визначено мінеральний склад 423 ділянок емалі у вигляді відсоткового співвідношення вагових кількостей (мас %) 14 основних хімічних елементів кристалу апатитів зуба (Ca, P, Zn, Fe, Pb, Mg, Mn, Sr, V, S, Na, K, F, Cl). Вивчено мінеральний склад поверхневого (глибина 2 - 3мкм), підповерхневого (7 - 8мкм) і глибокого (30 - 35мкм) шарів емалі контактної і жувальної поверхонь в ділянці шийки, екватора, горбика та фісури зуба.

Для вивчення хімічного складу емалі обрано метод рентгеноспектрального мікроаналізу (PCMA). Він базується на використанні рентгенівського збудження хімічних елементів, які знаходяться в досліджувальній пробі емалі, при бомбардуванні її сфокусованими до 2мкм потоком швидких електронів. Вибір даного методу обумовлений високою локальністю даних - абсолютна об'ємна покаяльність 0,3 - 0,1мкм, відносна чутливість визначення складає 10^{-4} мас %. Дослідження проведено за допомогою приладу Jexa-733 (Computer - Controlled Electron Probe X-ray Microanalyse) фірми Jeol (Японія) та програми "Quantitative Analysis Program (Bense Albee)". Кількісний аналіз хімічних елементів в емалі відтворювався за допомогою прискорюючого напруження 15кV та мікросонду діаметром 2 мікрони.

Дослідженнями встановлено, що у різні терміни після прорізування зуба спостерігається нерівномірний розподіл хімічних елементів у різних шарах емалі його основних анатомічних ділянок. Приводимо результати розподілу найбільш динамічних хімічних елементів (таблиця 1). У зв'язку з тим, що як показали результати наших досліджень, найбільш показовим є хімічний склад емалі зуба тварин 20-денного та 3 і 6-місячного віку, тому в таблиці подано вміст хімічних елементів в емалі тварин даних вікових груп.

Вміст хімічних елементів в емалі моляра дослідних тварин (мас%).

Таблиця

Елемент	Вік тварин	Пришийкова ділянка			Горбик зуба		
		поверх. шар	підповерх. шар	глибок. шар	поверх. шар	підповерх. шар	глибок. шар
Ca	20 днів.	27,09±0,19	31,71±0,19	33,37±0,13	33,94±0,17	33,91±0,15	34,10±0,15
	3 міс.	34,43±0,21	34,72±0,17	35,98±0,11	36,46±0,14	36,21±0,15	36,29±0,14
	6 міс.	35,27±0,16	35,69±0,15	35,87±0,11	36,65±0,12	36,46±0,12	36,18±0,1
P	20 днів.	15,75±0,08	17,71±0,04	17,56±0,05	18,24±0,04	18,13±0,03	18,24±0,03
	3 міс.	17,83±0,05	18,08±0,03	18,35±0,02	18,69±0,03	18,66±0,02	18,71±0,02
	6 міс.	18,06±0,04	18,49±0,03	18,20±0,02	18,69±0,02	18,70±0,02	18,65±0,01
Zn	20 днів.	0,020±0,001	0,013±0,001	0,010±0,001	0,044±0,001	0,034±0,001	0,019±0,001
	3 міс.	0,033±0,002	0,021±0,001	0,010±0,001	0,055±0,002	0,046±0,001	0,016±0,001
	6 міс.	0,035±0,002	0,022±0,001	0,012±0,001	0,054±0,001	0,046±0,001	0,017±0,001
Fe	20 днів.	0,021±0,002	0,021±0,002	0,014±0,001	0,028±0,001	0,019±0,001	0,019±0,001
	2 міс.	0,044±0,001	0,032±0,001	0,020±0,001	0,029±0,001	0,026±0,001	0,027±0,002
	6 міс.	0,048±0,002	0,044±0,001	0,023±0,001	0,035±0,001	0,028±0,001	0,026±0,001
Mg	20 днів.	0,006±0,001	0,008±0,001	0,008±0,001	0,008±0,001	0,008±0,001	0,009±0,001
	2 міс.	0,008±0,001	0,008±0,001	0,009±0,001	0,008±0,001	0,009±0,001	0,010±0,001
	6 міс.	0,008±0,001	0,009±0,001	0,010±0,001	0,009±0,001	0,010±0,001	0,011±0,001
Pb	20 днів.	0,221±0,003	0,202±0,003	0,113±0,001	0,101±0,001	0,064±0,001	0,062±0,001
	2 міс.	0,072±0,002	0,070±0,002	0,062±0,001	0,061±0,001	0,060±0,001	0,055±0,001
	6 міс.	0,073±0,001	0,069±0,001	0,060±0,001	0,058±0,001	0,058±0,001	0,052±0,001
Na	20 днів.	0,814±0,006	0,706±0,004	0,652±0,003	0,739±0,004	0,617±0,005	0,537±0,003
	3 міс.	0,456±0,004	0,473±0,003	0,459±0,002	0,417±0,003	0,433±0,002	0,371±0,002
	6 міс.	0,440±0,002	0,458±0,003	0,429±0,002	0,409±0,002	0,418±0,002	0,368±0,002
K	20 днів.	0,352±0,005	0,291±0,002	0,255±0,001	0,181±0,001	0,178±0,001	0,171±0,001
	2 міс.	0,128±0,001	0,130±0,001	0,126±0,001	0,126±0,001	0,129±0,001	0,117±0,001
	6 міс.	0,128±0,001	0,130±0,001	0,127±0,001	0,120±0,001	0,124±0,001	0,121±0,001
F	20 днів.	4,259±0,013	3,007±0,012	2,218±0,011	3,763±0,011	3,545±0,011	2,292±0,010
	2 міс.	5,163±0,014	3,824±0,012	2,947±0,012	3,754±0,011	2,879±0,010	2,111±0,010
	6 міс.	3,302±0,012	2,926±0,010	1,865±0,010	3,155±0,010	2,563±0,010	2,098±0,012

Так, виявлена чітка залежність кількісного розподілу кальцію і фосфору від віку тканин, анатомічної ділянки зуба і шару емалі. Найнижчі показники їх вмісту є у щурів 20-денного віку особливо в ділянках шийки і фісур. Значно вищим виявився вміст кальцію і фосфору в ділянці екватора і горбика зуба.

При порівнянні розподілу даних елементів в залежності від глибини емалевого шару виявлено що вміст кальцію переважає в глибокому. При цьому максимальна різниця між його вмістом в досліджуваних шарах є в ділянці шийки (в поверхневому $27,09 \pm 0,19$ мас %, в глибокому - $33,37 \pm 0,13$ мас %) і фісур (в поверхневому $30,16 \pm 0,20$ мас %, в глибокому - $31,46 \pm 0,14$ мас %). В ділянці екватора і горбика ця різниця є незначною. Вміст фосфору виявився вищим в ділянці горбика зуба (при майже рівномірному розподілі по товщі емалі) і є в межах $18,24 \pm 0,04$ мас %. В ділянках екватора і шийки зуба вміст його є приблизно однаковим, при зростанні його градієнту в напрямку поверхневого шару. На екваторі в глибокому шарі його виявлено $17,66 \pm 0,03$ мас %, а у поверхневому $17,92 \pm 0,07$ мас %. Виняток становить поверхневий шар пришийкової ділянки, де його кількість різко зменшується і становить $15,75 \pm 0,08$ мас % (при $17,56 \pm 0,05$ мас % у глибокому шарі). В ділянці фісур в усіх шарах фосфору виявлено менше, однак із перевагою у поверхневому шарі (у поверхневому $18,85 \pm$

$0,06$ мас %, а в глибокому $16,47 \pm 0,05$ мас %).

Такий розподіл кальцію і фосфору в емалі зубів тварин 20-денного віку (тобто в зубах які щойно прорізалися) свідчить, що найбільш мінералізованими є глибокі шари. Найнижчий ступінь мінералізації визначено в поверхневих шарах пришийкової ділянки і фісур. В ділянці горбика ступінь мінералізації досліджуваних шарів емалі майже не відрізняється між собою.

Із збільшенням віку тварин відбувається підвищення вмісту кальцію і фосфору в усіх анатомічних ділянках зуба. Однак, найбільш виразне їх зростання спостерігається у поверхневих шарах пришийкової ділянки та фісур і триває до 3-місячного віку. Надалі до 6-місячного віку, тут переважає накопичення лише кальцію.

В ділянці екватора і горбика зуба спостерігається збільшення кількості кальцію і фосфору в усіх шарах лише до місячного віку тварин. Подальше збільшення віку (до 3-місяців) призводить до зростання кількості кальцію при незначному збільшенні вмісту фосфору лише у поверхневих шарах даних ділянок.

Отже, збільшення кількості кальцію паралельно із зростанням вмісту фосфору в обстежуваних зонах емалі свідчить про активну їх мінералізацію. Відбувається активне фосфорилування органічного матриксу емалі за рахунок зв'язування λ -ортофосфату АТФ гідроксильною групою серину водночас із

приєднуванням іонів Са до λ -карбоксилглутамілу [10], що завершується утворенням кристалів апатитів. Тобто, цей процес здійснюється переважно у глибоких шарах емалі до місячного віку тварин, а в поверхневих - до 3-місячного.

В наступних вікових групах тварин (від 3 до 6 місяців) виявлено невиразні зміни вмісту кальцію і фосфору лише в окремих зонах емалі. Зокрема, в поверхневих шарах пришийкової ділянки спостерігається незначне зростання їх кількості. У поверхневих шарах емалі ділянки фісур тварин різних вікових груп виявлено незначне зниження відсоткового вмісту фосфору при стабільній кількості кальцію.

Зниження відсоткового співвідношення фосфору при порівняно стабільній кількості кальцію свідчить про припинення утворення нових кристалів апатитів, а також про заповнення іонами кальцію вакантних місць в існуючих кристалах, або про утворення не фосфатних сполук кальцію. Ці процеси забезпечують високий ступінь мінералізації емалі та зниження проникливості її поверхневих шарів (що спостерігається в ділянці фісур).

В ділянці екватора і горбика відзначається вирівнювання вмісту кальцію і фосфору в досліджуваних шарах емалі. Однак, у поверхневих шарах кількість кальцію є дещо вищою.

Слід відзначити, що із збільшенням віку тварин, тобто в процесі дозрівання емалі, у її поверхневих шарах досліджуваних ділянок зуба простежується більш виразне зростання вмісту кальцію у порівнянні із глибокими. У поверхневих шарах пришийкової ділянки визначено підвищення його кількості від $27,09 \pm 0,19\text{мас \%}$ у тварин 20-денного віку до $35,27 \pm 0,16\text{мас \%}$ у 6-місячних щурів. Вікова динаміка вмісту кальцію в глибоких шарах є менш виразною (від $33,37 \pm 0,13\text{мас \%}$ до $35,87 \pm 0,11\text{мас \%}$). На екваторі кількість кальцію у цей віковий період змінюється у поверхневих шарах від $32,97 \pm 0,20\text{мас \%}$ до $36,31 \pm 0,17\text{мас \%}$, тимчасом як у глибоких - від $33,38 \pm 0,14\text{мас \%}$ до $36,17 \pm 0,13\text{мас \%}$ відповідно. В ділянці горбика ці показники дорівнюють в поверхневих шарах $33,94 \pm 0,17\text{мас \%}$ і $36,65 \pm 0,12\text{мас \%}$, а у глибоких $34,10 \pm 0,12\text{мас \%}$ і $36,18 \pm 0,10\text{мас \%}$, тоді як в ділянці фісур вони становлять $30,16 \pm 0,20\text{мас \%}$ і $35,32 \pm 0,17\text{мас \%}$ у поверхневих та $31,46 \pm 0,14\text{мас \%}$ і $35,98 \pm 0,12\text{мас \%}$ у глибоких відповідно у дані вікові періоди.

Однак, у поверхневих шарах емалі тварин усіх вікових груп кальцію виявлено менше, ніж у глибоких. Лише в ділянці екватора і горбика зуба після 3 місяців кальцію визначено в поверхневих шарах більше, ніж в глибоких, що має велике значення у формуванні стійкості цих ділянок емалі як до фізичного навантаження, так і до карієсогенних чинників.

Така динаміка накопичення основних макроелементів структури емалі у віковому аспекті, тобто в процесі її формування, призводить до підвищення ступеня її мінералізації. Про це свідчать також показники співвідношення Са / Р в досліджуваних ділянках і шарах емалі.

У тварин 20-денного віку ступінь мінералізації емалі в різних ділянках коронкової частини зуба є

неоднаковим. Найнижчі показники співвідношення Са / Р виявлено в ділянці шийки і фісур, зокрема у поверхневому та підповерхневому шарах (на шийці - $1,72 \pm 0,003$ і $1,79 \pm 0,002$, у фісурі - $1,78 \pm 0,002$ і $1,80 \pm 0,001$ відповідно). Набагато вищими вони є у поверхневих шарах екватора і горбика (на екваторі - $1,84 \pm 0,002$ і $1,86 \pm 0,002$, на горбику - $1,86 \pm 0,001$ і $1,87 \pm 0,001$ відповідно). Водночас в глибоких шарах цих ділянок показник співвідношення Са / Р є нижчим, ніж на шийці чи фісурі. Це, ймовірно, пояснюється тим, що через різну товщину емалі досліджуваний нами глибокий шар в ділянці шийки і фісур знаходиться ближче до емалево-дентинного з'єднання, ніж на екваторі чи горбику і на етапі первинної мінералізації його формування відбулося повніше.

Активна мінералізація емалі, особливо поверхневих шарів шийки і фісур зуба, відбувається до 3-місячного віку і співвідношення Са / Р становить на шийці та екваторі - $1,93 \pm 0,001$, на горбику - $1,95 \pm 0,001$, у фісурі - $1,91 \pm 0,001$. При подальшому зростанні віку тварин у поверхневих шарах зберігається лише тенденція до незначного підвищення ступеня мінералізації емалі. При цьому у сформованій емалі показник Са / Р є нижчим у підповерхневому шарі відносно поверхневого і становить на шийці - $1,93 \pm 0,001$, на екваторі $1,94 \pm 0,001$, на горбику - $1,95 \pm 0,001$ та у фігурі - $1,92 \pm 0,001$.

Кількісний розподіл хімічних елементів групи кальцію, а саме - заліза, цинку, свинцю, магнію, стронцію, калію і натрію в емалі зубів тварин різних вікових груп має певні закономірності. Встановлена чітка залежність відсоткового співвідношення кожного елементу в досліджувальній емалі від віку тварин, анатомічної ділянки зуба та її шару. Дослідженнями вікової динаміки їх розподілу, тобто на різних етапах вторинної мінералізації емалі встановлено, що кількість натрію, калію і свинцю в обстежуваних зонах зменшується, а цинку і заліза - збільшується. Вміст марганцю, магнію і стронцію практично не змінюється.

Так, у 20-денних щурів найбільше цинку міститься в поверхневих шарах емалі, особливо в ділянці екватора і горбика зуба. У поверхневому і підповерхневому шарі горбика його виявлено відповідно $0,044 \pm 0,001\text{мас \%}$ і $0,037 \pm 0,001\text{мас \%}$, тоді як у глибокому лише $0,019 \pm 0,001\text{мас \%}$. У досліджуваних шарах пришийкової ділянки цинку виявлено $0,020 \pm 0,001\text{мас \%}$, $0,013 \pm 0,001\text{мас \%}$ і $0,010 \pm 0,001\text{мас \%}$ відповідно. Із збільшенням віку тварин спостерігається поступове зростання його вмісту в усіх досліджуваних ділянках. Особливо виразно воно простежується у поверхневих шарах до 3-місячного віку. У тварин старшого віку відзначається лише незначне збільшення кількості цинку у поверхневих шарах пришийкової ділянки та фісур. Якщо у 3-місячних тварин його вміст у досліджуваних шарах пришийкової ділянки дорівнює $0,033 \pm 0,002\text{мас \%}$, $0,021 \pm 0,001\text{мас \%}$, $0,010 \pm 0,001\text{мас \%}$, а на горбику - $0,055 \pm 0,002\text{мас \%}$, $0,046 \pm 0,001\text{мас \%}$, $0,016 \pm 0,001\text{мас \%}$, то у 6-місячних відповідно $0,035 \pm 0,002\text{мас \%}$, $0,022 \pm 0,001\text{мас \%}$, $0,012 \pm 0,001\text{мас \%}$, і $0,054 \pm 0,001\text{мас \%}$, $0,046 \pm$

0,001мас %, $0,017 \pm 0,001$ мас % Потрібно зауважити, що у всіх вікових групах тварин найбільша кількість цинку міститься в ділянці екватора та горбика, особливо в їх поверхневих шарах

Вміст заліза в емалі залежить, переважно, від віку тварин і незначно від ділянки та шару емалі. Після прорізування зуба (у тварин 20-денного віку) максимальна його кількість виявлена у поверхневих шарах, особливо в ділянці горбика. Так, на горбику його виявлено $0,028 \pm 0,001$ мас %, $0,019 \pm 0,001$ мас %, $0,019 \pm 0,001$ мас %, а у пришийковій ділянці $-0,021 \pm 0,002$ мас %, $0,021 \pm 0,002$ мас %, $0,014 \pm 0,001$ мас % відповідно у досліджуваних шарах. Із збільшенням віку тварин кількість заліза зростає, особливо у поверхневих шарах пришийкової ділянки і фісур. Найбільш виразна динаміка спостерігається до 2-3-місячного віку, а в наступних вікових групах відзначається стабілізація його вмісту. Так, у 2-місячних тварин у поверхневому і підповерхневому шарах пришийкової ділянки кількість заліза дорівнює $0,044 \pm 0,001$ мас % і $0,032 \pm 0,001$ мас %, на горбику $-0,029 \pm 0,001$ мас % і $0,026 \pm 0,001$ мас %, а у 6-місячних $-0,048 \pm 0,002$ мас % і $0,044 \pm 0,001$ мас % та $0,035 \pm 0,001$ мас % і $0,028 \pm 0,001$ мас % відповідно. В глибоких шарах емалі збільшення вмісту заліза відбувається лише до 2-місячного віку. Надалі в усіх ділянках коронкової частини зуба, за винятком пришийкової, його кількість стабілізується. У пришийковій ділянці повільне зростання кількості заліза спостерігається в емалі тварин усіх вікових груп. Так, у глибокому шарі емалі 20-денних щурів заліза міститься в пришийковій ділянці $0,014 \pm 0,001$ мас % і на горбику $0,019 \pm 0,001$ мас % у 2-місячних відповідно $0,020 \pm 0,001$ мас % і $0,027 \pm 0,002$ мас %, а у 6-місячних $-0,023 \pm 0,001$ мас % і $0,026 \pm 0,001$ мас %.

Отже в процесі мінералізації емалі вміст заліза зростає. Виразне підвищення його кількості відбувається у поверхневих шарах (особливо пришийкової ділянки і фісур) до 2-місячного віку. Відтак, відзначено стабілізацію його кількості. В глибоких шарах незначне збільшення його вмісту відбувається до 2-місячного віку. Лише у глибокому шарі пришийкової ділянки його повільне зростання спостерігається в усіх наступних вікових групах тварин.

Дослідженням розподілу вмісту магнію встановлено порівняно рівномірний його розподіл в усіх зонах емалі. Однак, спостерігається незначна тенденція до збільшення його кількості в глибоких шарах, а також в емалі тварин старшого віку. Так, у щурів 20-денного віку дещо більше магнію міститься в ділянці горбика ($0,008 \pm 0,001$ мас %, $0,008 \pm 0,001$ мас %, $0,009 \pm 0,001$ мас %), тоді як у пришийковій ділянці відповідно $0,006 \pm 0,001$ мас %, $0,008 \pm 0,001$ мас %, $0,008 \pm 0,001$ мас %.

Із збільшенням віку тварин до 2 місяців вміст магнію в емалі дещо зростає (особливо у глибоких шарах) і становить на горбику $0,008 \pm 0,001$ мас % $0,009 \pm 0,001$ мас % $0,010 \pm 0,001$ мас % та $0,008 \pm 0,001$ мас % $0,008 \pm 0,001$ мас %, $0,009 \pm 0,001$ мас % у пришийковій ділянці. Подальше

збільшення віку не призводить до зростання вмісту магнію, однак зберігається тенденція до переваги його в глибоких шарах. В емалі 6-місячних тварин кількість магнію становить на горбику у поверхневому шарі $0,009 \pm 0,001$ мас % і в глибокому $0,010 \pm 0,001$ мас %, а у пришийковій ділянці відповідно $0,008 \pm 0,001$ мас % і $0,010 \pm 0,001$ мас %.

Отже встановлено, що магній порівняно рівномірно розподілений в емалі зуба. Однак, у глибоких шарах визначається незначна тенденція до збільшення його кількості до 2-місячного віку тварин.

Простежується чітка залежність між вмістом свинцю в емалі зуба і віком тварин. Якщо відразу після прорізування зуба (тобто у тварин 20-денного віку) виявлена кількісна залежність його вмісту від анатомічної ділянки і глибини шару емалі, то у тварин 2-місячного віку залежність від анатомічної ділянки зникає і залишається лише від глибини шару. В емалі тварин 20-денного віку найбільше свинцю міститься в ділянці шийки зуба ($0,221 \pm 0,003$ мас %, $0,202 \pm 0,003$ мас % і $0,113 \pm 0,001$ мас % відповідно від поверхневого до глибокого шарів), а найменше в ділянці горбика ($0,101 \pm 0,001$ мас %, $0,064 \pm 0,001$ мас %, $0,062 \pm 0,001$ мас % відповідно). В наступних вікових групах (до 1,5 місяців) спостерігається різке зниження його вмісту у поверхневих шарах, а надалі (до 2-місячного віку) набагато повільніше і в усіх досліджуваних ділянках вміст свинцю є майже однаковим. Подальше збільшення віку тварин практично не впливає на його розподіл в емалі. Якщо у 2-місячних тварин в пришийковій ділянці свинцю міститься $0,072 \pm 0,002$ мас %, $0,070 \pm 0,002$ мас %, $0,062 \pm 0,001$ мас %, а на горбику $-0,061 \pm 0,001$ мас %, $0,060 \pm 0,001$ мас %, $0,055 \pm 0,001$ мас %, то у 6-місячних відповідно $0,073 \pm 0,001$ мас %, $0,069 \pm 0,001$ мас %, $0,060 \pm 0,001$ мас % і $0,058 \pm 0,001$ мас %, $0,058 \pm 0,001$ мас %, $0,052 \pm 0,001$ мас %.

Максимальний вміст натрію виявлено в поверхневих шарах емалі у найменш мінералізованих ділянках зуба. У щурів 20-денного віку найбільше його міститься в ділянці шийки ($0,814 \pm 0,007$ мас %, $0,706 \pm 0,004$ мас %, $0,852 \pm 0,003$ мас %) і найменше на горбику ($0,739 \pm 0,004$ мас %, $0,617 \pm 0,005$ мас %, $0,537 \pm 0,003$ мас %). З віком вміст натрію в емалі зменшується і у 3-місячних тварин його виявлено на шийці $-0,456 \pm 0,004$ мас %, $0,473 \pm 0,003$ мас %, $0,459 \pm 0,003$ мас % та $0,417 \pm 0,003$ мас %, $0,433 \pm 0,002$ мас %, $0,371 \pm 0,002$ мас % на горбику зуба. Подальше збільшення віку тварин до 6 місяців практично не впливає на його розподіл емалі.

Розподіл і вікова динаміка кальцію в емалі подібні до розподілу натрію. Найбільше його міститься в ділянці шийки зуба і найменше на горбику (у щурів 20-денного віку відповідно $0,352 \pm 0,005$ мас %, $0,291 \pm 0,002$ мас %, $0,255 \pm 0,001$ мас % і $0,181 \pm 0,001$ мас %, $0,178 \pm 0,001$ мас %, $0,171 \pm 0,001$ мас %). Збільшення віку тварин до 3-місяців призводить до значного зменшення його вмісту і практично рівномірного розподілу в досліджуваних шарах (у щурів 3-

місячного віку відповідно $0,128 \pm 0,001\text{мас \%}$, $0,130 \pm 0,001\text{мас \%}$, $0,126 \pm 0,001\text{мас \%}$ і $0,126 \pm 0,001\text{мас \%}$, $0,129 \pm 0,001\text{мас \%}$, $0,117 \pm 0,001\text{мас \%}$)

Подальше збільшення віку тварин до 6 місяців не змінює визначені закономірності і кількісний розподіл калію в емалі зуба

Відомо, що основні фізичні та хімічні властивості емалі значно залежать від кількісного вмісту фтору в її структурі. Встановлено, що після прорізування зуба (20-денні тварини) найбільше фтору знаходиться в поверхневому шарі пришийкової ділянки ($4,25 \pm 0,013\text{мас \%}$) і з глибиною його вміст зменшується і відповідно становить у глибокому $2,21 \pm 0,011\text{мас \%}$. Виявлений принцип його розподілу зберігається на горбику зуба, але при меншому кількісному співвідношенні ($3,76 \pm 0,011\text{мас \%}$ у поверхневому та $2,29 \pm 0,010\text{мас \%}$ у глибокому). З віком тварин (до 2 місяців) його вміст в емалі пришийкової ділянки зростає ($5,16 \pm 0,014\text{мас \%}$ у поверхневому, $3,82 \pm 0,012\text{мас \%}$ у підповерхневому та $2,94 \pm 0,012\text{мас \%}$ у глибокому шарі), а у підповерхневому і глибокому шарах горбика дещо зменшується (відповідно до $2,87 \pm 0,010\text{мас \%}$ та $2,11 \pm 0,010\text{мас \%}$). Подальше збільшення віку сприяє зменшенню його вмісту. Так у 6-місячних тварин його міститься у пришийковій ділянці $3,30 \pm 0,012\text{мас \%}$, $2,92 \pm 0,010\text{мас \%}$, $1,86 \pm 0,010\text{мас \%}$, та горбику $3,15 \pm 0,010\text{мас \%}$, $2,56 \pm 0,010\text{мас \%}$, $2,09 \pm 0,010\text{мас \%}$ відповідно у поверхневому, підповерхневому та глибокому шарах.

Таким чином дослідження показали, що хімічний склад емалі, тобто кількісне співвідношення хімічних елементів її структури, в процесі мінералізації (до 3-місячного віку) постійно змінюється, а відтак (до 6-місячного віку) знаходиться у сталих межах. Тому при визначенні

ступеня мінералізації емалі, чи її карієсрезистентності, у віковому аспекті потрібно враховувати не тільки вміст кальцію і фосфору та їх кількісне співвідношення, але і кількісний вміст тих хімічних елементів (цинк, залізо, магній, свинець, калій, натрій, фтор), які залучаються до її структури і є найбільш динамічними в процесі її дозрівання. При наявності відхилень у їх кількісному співвідношенні з метою попередження виникнення карієсу необхідно виявити причину та застосувати методи екзогенної та ендогенної профілактики.

Література

- 1 Ньюман У, Ньюман М. Минеральный обмен кости. Пер с англ. - М. Изд. иностран. литературы, 1961. - 268с.
- 2 Боровский Е. В., Леонтьев В. К. Биология полости рта. - М. Медицина, 1991. - 300с.
- 3 Кодола Н. А. // Терапевт. стомат. - Киев, 1972. - Вып. 7. - с. 41 - 44.
- 4 Бархатов Ю. В., Хатакова О. В., Сивцов А. В. // Стоматология. - 1981. - №1. - С. 5 - 7.
- 5 Бреус Е. В. // Стоматология. - 1981. - №6. - С. 52 - 54.
- 6 Боровский Е. В., Лукиных Л. М. // Стоматология. - 1991. - №5. - С. 26 - 29.
- 7 Stupar D., Byrne A. R. // Caries Res. - 1987. - Vol. 21, №1. - P. 37 - 39.
- 8 Боровский Е. В., Позюкова Е. В. Содержание кальция и фосфора в эмали в различные периоды после прорезывания зуба. // Стоматология. - 1985. - №5. - С. 29 - 31.
- 9 Jenkins G. N. The physiology and biochemistry of the mouth. // Caries Res. - 1988. - Vol. 22. - P. 599 - 612.
- 10 Гурин Н. А. Изучение апатитов и белков эмали человека в пре- и постнатальном онтогенезе. Автореф. дисс. канд. мед. наук. - М., 1986. - 21с.

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна

(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»

вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна

(044) 216 – 32 – 71