

**Заболотна Ірина Іванівна,**  
кандидат медичних наук, доцент,  
доцент кафедри інтернатури лікарів-стоматологів,  
Донецький національний медичний університет  
[myhelp200@gmail.com](mailto:myhelp200@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-3284-0392>  
м. Кропивницький, Україна

## Порівняльний аналіз хімічного складу емалі зубів з різним станом пришийкової ділянки

**Вступ.** Пришийкові ураження зубів є частою причиною звернення пацієнта до стоматолога, тому дослідження їх етіопатогенетичних факторів являється актуальним.

**Мета дослідження.** Визначення вмісту хімічних елементів в емалі інтактних зубів, з клиновидним дефектом (КД) і пришийковим карієсом (ПК), підрахунок молярних коефіцієнтів та проведення порівняльного аналізу.

**Матеріали та методи.** За допомогою скануючого електронного мікроскопа JSM-6490 LV з системою енергодисперсійного рентгенівського мікроаналізу INCA Penta FETx3 був визначений хімічний склад поверхневої емалі 29 зубів в області ріжучого краю (РК) / горбка, екватора, пришийкової ділянки (ПД) у вигляді відсоткового співвідношення масових кількостей кисню, вуглецю, кальцію, фосфору, натрію, магнію, сірки, хлору, цинку, калію, алюмінію.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Були виявлені достовірні відмінності у вмісті вуглецю, кисню та кальцію в усіх областях зубів в залежності від стану ПД ( $p \leq 0,05$ ). Вуглецю було більше в емалі зразків з ПК: у ділянці РК/горбка – на 67% і 15%, екватора – на 67% і 40%, ПД – на 33% і 60% порівняно із зразками з КД та інтактними, відповідно ( $p \leq 0,05$ ). Вміст кисню був більшим в зубах з КД у ділянках РК/горбка (на 25% і 48%) та екватора (на 13% і 7%), ніж в зубах з ПК та інтактних, відповідно. У ПД в емалі інтактних зразків його було на 34% і 13% більше, ніж у зразках з ПК і КД, відповідно. У ділянці РК/горбка вміст кальцію був більшим на 25% і 33% в інтактних зубах у порівнянні з зубами з КД і ПК, відповідно. Кількість кальцію в області екватора була однаковою у зразках з КД та інтактних і на 14% і 13% більшою, ніж у зразках з ПК, відповідно. У ПД його було на 16% і 14% більше у зубах з КД порівняно з зубами з ПК та інтактними, відповідно. Досліджені ділянки зубів також достовірно відрізнялися за показниками Mg/Ca-молярного коефіцієнта ( $p \leq 0,05$ ). Його значення в області РК/горбка були на 56% більшими у зразках з ПК, ніж в інтактних. В емалі екватора показники Mg/Ca зубів з ПК були у 3,7 і 1,5 рази більшими порівняно з інтактними зубами і з КД, відповідно. У ПД Mg/Ca-молярний коефіцієнт був у 4,7 і 5,5 рази більшим в емалі інтактних зразків, ніж з КД і ПК, відповідно.

**Висновки.** Визначені відмінності у хімічному складі емалі в залежності від стану ПД зубів дозволяють глибше зрозуміти етіопатогенез КД і ПК зубів та обґрунтувати принципи їх лікування і профілактики.

**Ключові слова:** клиновидний дефект, пришийковий карієс, скануючий електронний мікроскоп.

**Zabolotna Iryna Ivanivna,** Candidate of Medical Sciences, Assistant Professor, Assistant Professor at the Department of Internship of Doctors-Dent, Donetsk National Medical University, [myhelp200@gmail.com](mailto:myhelp200@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-3284-0392>, Kropyvnytskyi, Ukraine

## Comparative analysis of the chemical composition of tooth enamel with a different state of the cervical area

**Introduction.** Cervical lesions of the teeth are a frequent reason for patients to see a dentist, therefore, it is important to study their etiopathogenetic factors.

**Objectives.** Determination of the content of chemical elements in the enamel of intact teeth, with a wedge-shaped defect (WSD) and cervical caries (CC), calculation of molar coefficients and comparative analysis.

**Materials and methods.** Using a JSM-6490 LV focused beam scanning electron microscope with system of energy-dispersive X-ray microanalysis INCA Penta FETx3 there were identified the chemical composition of the surface enamel of 29 teeth in the area of the incisal ridge (IR) / (tubercule), equator, and cervical area (CA) as a percentage ratio of the weight amounts of oxygen, carbon, calcium, phosphorus, sodium, magnesium, sulfur, chlorine, zinc, potassium, and aluminum.

**Results.** Significant differences in the content of carbon, oxygen and calcium were revealed in all areas of the teeth depending on the state of CA ( $p \leq 0,05$ ). Carbon was higher in the enamel of the samples with CC: in the area of IR/tubercule – by 67% and 15%, the equator – by 67% and 40%, CA – by 33% and 60% compared to the samples with WSD and intact ones, respectively ( $p \leq 0,05$ ). The oxygen content was higher in the teeth with WSD in the areas of IR/tubercule (by 25% and 48%) and the equator (by 13% and 7%) than in the teeth with CC and intact ones, respectively. It was 34% and 13% higher in CA in the enamel of intact samples than in the samples with CC and WSD, respectively. The calcium content was 25% and 33% higher in intact teeth in the area of IR/tubercule compared to the teeth with WSD and CC, respectively. The amount of calcium in the equator area was the same in WSD and intact samples and it was 14% and 13% higher than in the samples with CC, respectively. In CA, it was 16% and 14% higher in the teeth with WSD compared to the teeth with CC and intact ones, respectively. The studied areas of the teeth also significantly differed in terms of the values of Mg/Ca-molar coefficient ( $p \leq 0,05$ ). Its values in the area of IR / tubercule were 56% higher in the samples with CC than in intact ones. Mg/Ca values in the enamel of the equator were 3.7 and 1.5 times higher in the teeth with CC compared to intact teeth and teeth with WSD, respectively. In IR Mg/Ca-molar coefficient was 4.7 and 5.5 times higher in the enamel of intact samples than in the samples with WSD and CC, respectively.

**Conclusions.** The identified differences in the chemical composition of enamel depending on the state of CA of the teeth allow us to understand better the etiopathogenesis of WSD and CC of the teeth and to justify the principles of their treatment and prevention.

**Key words:** wedge-shaped defect, cervical caries, scanning electron microscope.

**Вступ.** Збільшення розповсюдженості пришийкової патології зубів та підвищення її інтенсивності за відсутності своєчасного лікування призводить до значних естетичних і функціональних порушень [1, с. 282]. Щоб змінити ситуацію, що склалася, необхідним є призначення профілактичних заходів. Але для цього першочерговою задачею являється з'ясування етіопатогенетичних чинників виникнення і прогресування пришийкових уражень зубів [2, с. 106]. В якості одного з них розглядаються особливості хімічного складу емалі та дентину [3, с. 50]. Вміст хімічних елементів не є постійною величиною, він динамічно змінюється під дією різних причин, наприклад, при розвитку пришийкової патології зубів [4, с. 1]. Відомо, що каріозний процес супроводжується значним зниженням мінералізації емалі та дентину, а в зубах з клиновидним дефектом (КД) ділянки демінералізації сприяють формуванню некаріозного ураження на ранній стадії [5, с. 81]. Тому для запобігання процесам демінералізації необхідне ретельне дослідження хімічного складу тканин зуба. Імовірно, мінералізація / демінералізація впливає тільки на зовнішній шар емалі, тоді як більш глибокі шари не схильні до цих процесів [6, с. 285; 7, с. 369]. Цим пояснюється вивчення хімічного складу поверхневої емалі зубів. Але враховуючи широку поширеність координованих впливів хімічних елементів, необхідно звертати увагу не тільки на їх кількість, а й на співвідношення, які мають синергічний або антагоністичний впливи на різні фізіологічні показники [8, с. 2]. Було припущено, що хімічний склад поверхневої емалі та молярні коефіцієнти можуть мати відмінності залежно від стану ПД зубів. Якщо це так, то отримані результати можливо буде використати для попередження виникнення і / або прогресування пришийкової патології зубів за рахунок обґрунтування вибору методів і засобів профілактики.

**Мета роботи** – визначення вмісту хімічних елементів у поверхневій емалі інтактних зубів, з КД і пришийковим карієсом (ПК), підрахунок молярних коефіцієнтів з подальшим порівняльним аналізом.

**Методологія та методи дослідження.** Був визначений хімічний склад поверхневої емалі 29 зубів (12 – клінічно інтактних, 10 – з КД, 7 – з ПК), видалених за клінічними показами, у трьох топографічних ділянках: на ріжучому краї (РК)/горбку, екваторі, у ПД. Для цього був використаний растровий (скануючий) електронний мікроскоп JSM-6490 LV з системою енергодисперсійного рентгеновського мікроаналізу INCA Penta FETx3 (OXFORD Instruments, Англія). Зразки були розподілені на групи в залежності від стану ПД зубів: контрольну (з КД), порівняння (з ПК), контрольну (клінічно інтактна) і підготовлені до дослідження за описаною раніше методикою [6, с. 284; 9, с. 38].

Був визначений хімічний склад 290 ділянок поверхневої емалі у вигляді відсоткового співвідношення масових кількостей кисню, вуглецю, кальцію, фосфору, натрію, магнію, сірки, хлору, цинку, калію, алюмінію. Розрахунок локальних масових часток хімічних елементів здійснювали методом відношення пікфон з урахуванням матричних поправок на атомний номер, флуоресценцію та поглинання і вимірювали у нормальних масових відсотках (норм.мас.%). Молярні коефіцієнти були підраховані у вигляді співвідношення кількості відповідних хімічних елементів. Дослідження було проведено у Донецькому фізико-технічному інституті ім. О.О. Гал-

кіна НАН України та повністю виключало обмеження інтересів пацієнта і нанесення шкоди його здоров'ю (висновок Комісії з біоетики Донецького національного медичного університету № 43 від 21.01.2021 р.).

Статистичний аналіз здійснювали за допомогою комп'ютерної програми Statistica 12.0 (3BA94C4ED07A). Перед його проведенням реплікаційні виміри в одному зразку були усереднені. Відмінності між групами оцінювали на підставі дисперсійного аналізу за t-критерієм Стьюдента. Статистично значимими вважали відмінності при  $p \leq 0,05$ .

**Виклад основного матеріалу дослідження.** На першому етапі було визначено хімічний склад емалі у трьох топографічних ділянках зразків (рис. 1–3).

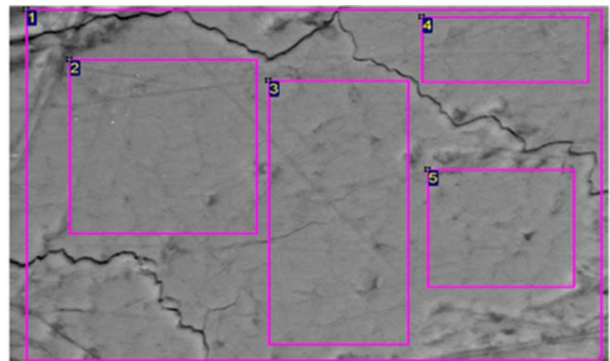


Рис. 1. Визначення хімічного складу емалі у ділянці горбка зразка

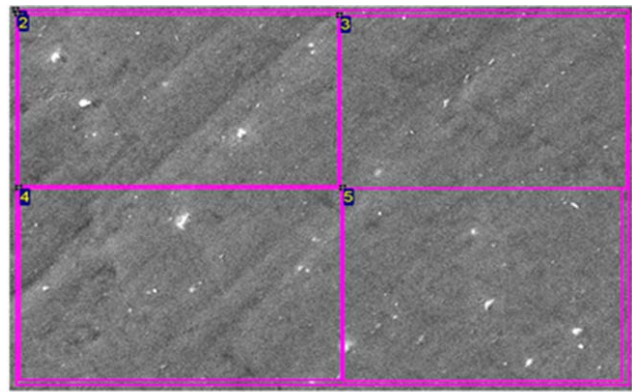


Рис. 2. Визначення хімічного складу емалі у ділянці екватору зразка

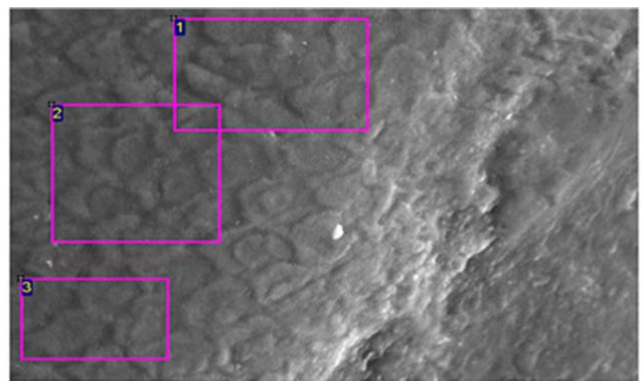


Рис. 3. Визначення хімічного складу емалі у ПД зразка

У табл. 1 наведені виявлені достовірні відмінності між групами за кількістю хімічних елементів ( $p \leq 0,05$ ). Усі топографічні ділянки зразків достовірно відрізнялися за вмістом вуглецю, кисню та кальцію ( $p \leq 0,05$ ). Вуглецю було достовірно більше в емалі зразків з ПК: в області РК/горбка – на 67% і 15%, екватора – на 67% і 40%, ПД – на 33% і 60% порівняно із зразками з КД і клінічно інтактними, відповідно ( $p \leq 0,05$ ). Кисню було більше в основній групі у ділянках РК/горбка (на 25% і 48%) та екватора (на 13% і 7%), ніж у групі порівняння і контрольній групі, відповідно. У ПД зразків його було на 34% і 13% більше у контрольній групі, ніж у групах порівняння та основній, відповідно.

Більший вміст кальцію було визначено в емалі інтактних зубів у ділянці РК/горбка: на 25% і 33% у порівнянні з зубами з КД і ПК, відповідно. Кількість кальцію в емалі екватора була майже однаковою у зразках основної і контрольної груп та достовірно більшою, ніж у зразках групи порівняння на 14% і 13%, відповідно. У ПД його було на 16% і 14% більше у зубах з КД порівняно з зубами з ПК та інтактними, відповідно.

Емаль РК/горбка і ПД також достовірно відрізнялася в залежності від групи дослідження за вмістом натрію, сірки, хлору та цинку. Кількість натрію в ділянці РК/горбка у зразках з ПК була у 2,0 і 2,5 рази більшою порівняно із зразками з КД та інтактними, відповідно. У ПД його вміст також був більшим в емалі зубів групи

порівняння: в 1,5 і 1,7 рази, ніж в основній і контрольній групах, відповідно. Кількість сірки в області РК/горбка була однаковою у зразках з пришийковою патологією і в 4 рази меншою, ніж в інтактних зразках. Інша ситуація була визначена у ПД: вміст сірки в емалі зубів основної групи був у 2 рази більшим, ніж в інших групах дослідження. Хлору в інтактних зразках було достовірно більше: на 44% у порівнянні із зразками з ПК в області РК/горбка і на 23% у порівнянні із зразками з КД у ПД,  $p \leq 0,05$ . Емаль зубів РК/горбка групи порівняння містила у 4 і 2 рази більше цинку порівняно із зубами основної і контрольної груп, відповідно. У ПД цинку також було на 69% і 93% більше у зразках з ПК, ніж у зразках з КД та інтактних, відповідно.

Емаль в області екватора і ПД достовірно відрізнялася за вмістом магнію і фосфору в залежності від групи дослідження. Кількість магнію у ділянці екватора зразків з ПК була на 36% і в 3 рази більшою порівняно із зразками з КД та інтактними, відповідно. Емаль зубів контрольної групи у ПД містила на 55% і 33% менше магнію, ніж емаль зубів основної групи і групи порівняння, відповідно. Фосфору на екваторі зубів з ПК було на 14% і 13% менше порівняно з зубами з КД та інтактними, відповідно. Його вміст у ПД був більшим на 7% у зразках контрольної групи, ніж з пришийковою патологією. Емаль ПД достовірно відрізнялась залежно від групи дослідження за кількістю алюмінію.

Таблиця 1

Достовірні відмінності між групами за кількістю хімічних елементів в емалі зубів (норм.мас.% $\pm$ m)

Хімічний елемент	Групи дослідження			P
	Основна	Порівняння	Контрольна	
РК/горбок				
C	14,93 $\pm$ 4,78 <sup>1,2</sup>	24,86 $\pm$ 2,57	21,68 $\pm$ 9,11	<0,001*
O	40,47 $\pm$ 7,34 <sup>1,2</sup>	32,50 $\pm$ 3,91	27,42 $\pm$ 15,14	<0,001*
Na	0,41 $\pm$ 0,28 <sup>2</sup>	0,84 $\pm$ 0,40 <sup>1</sup>	0,34 $\pm$ 0,18 <sup>2</sup>	<0,001*
S	0,02 $\pm$ 0,03 <sup>1</sup>	0,02 $\pm$ 0,03 <sup>1</sup>	0,08 $\pm$ 0,08 <sup>2</sup>	<0,001*
Cl	0,50 $\pm$ 0,17	0,41 $\pm$ 0,15 <sup>1</sup>	0,59 $\pm$ 0,15 <sup>2</sup>	0,006*
Ca	28,77 $\pm$ 4,51 <sup>1</sup>	27,02 $\pm$ 2,27 <sup>1</sup>	35,86 $\pm$ 10,50 <sup>2</sup>	<0,001*
Zn	0,13 $\pm$ 0,13 <sup>2</sup>	0,54 $\pm$ 0,52	0,28 $\pm$ 0,41	0,002*
Екватор				
C	17,19 $\pm$ 6,26 <sup>2</sup>	28,74 $\pm$ 5,83 <sup>1</sup>	20,60 $\pm$ 7,37 <sup>2</sup>	<0,001*
O	35,47 $\pm$ 7,04 <sup>2</sup>	30,88 $\pm$ 4,87	33,25 $\pm$ 6,34	0,025*
Mg	0,11 $\pm$ 0,06 <sup>1,2</sup>	0,15 $\pm$ 0,06 <sup>1</sup>	0,05 $\pm$ 0,03 <sup>2</sup>	<0,001*
P	15,31 $\pm$ 1,23 <sup>2</sup>	13,13 $\pm$ 1,22 <sup>1</sup>	15,05 $\pm$ 1,21 <sup>2</sup>	<0,001*
Ca	30,38 $\pm$ 4,08 <sup>2</sup>	26,12 $\pm$ 2,06 <sup>1</sup>	30,06 $\pm$ 2,92 <sup>2</sup>	<0,001*
ПД				
C	19,55 $\pm$ 7,98 <sup>2</sup>	26,07 $\pm$ 8,88 <sup>1</sup>	16,40 $\pm$ 5,34 <sup>2</sup>	<0,001*
O	35,51 $\pm$ 14,97 <sup>1</sup>	30,05 $\pm$ 7,75 <sup>1</sup>	40,20 $\pm$ 4,93 <sup>2</sup>	<0,001*
Na	0,50 $\pm$ 0,24 <sup>2</sup>	0,75 $\pm$ 0,28 <sup>1</sup>	0,43 $\pm$ 0,18 <sup>2</sup>	<0,001*
Mg	0,14 $\pm$ 0,11 <sup>1</sup>	0,12 $\pm$ 0,05 <sup>1</sup>	0,09 $\pm$ 0,04 <sup>2</sup>	0,017*
Al	0,04 $\pm$ 0,04 <sup>1,2</sup>	0,11 $\pm$ 0,13 <sup>1</sup>	0,01 $\pm$ 0,02 <sup>2</sup>	<0,001*
P	13,70 $\pm$ 1,94 <sup>1</sup>	13,62 $\pm$ 1,96	14,59 $\pm$ 0,87	0,040*
S	0,04 $\pm$ 0,05 <sup>1</sup>	0,02 $\pm$ 0,04	0,02 $\pm$ 0,02	0,038*
Cl	0,31 $\pm$ 0,15 <sup>1</sup>	0,35 $\pm$ 0,12	0,38 $\pm$ 0,08	0,044*
Ca	33,12 $\pm$ 10,59 <sup>1,2</sup>	28,67 $\pm$ 5,72	27,76 $\pm$ 3,68	0,002*
Zn	0,16 $\pm$ 0,27 <sup>2</sup>	0,27 $\pm$ 0,23 <sup>1</sup>	0,14 $\pm$ 0,14 <sup>2</sup>	0,032*

Примітки: p – рівень значущості та відмінності, <sup>1</sup> – відмінність від зразків контрольної групи достовірна; <sup>2</sup> – відмінність від зразків групи порівняння достовірна; \* – відмінність між групами достовірна,  $p \leq 0,05$ .



У зразках з ПК його було у 2,5 і 11 рази більше порівняно із зразками з КД та інтактними, відповідно. Емаль зубів з КД містила у 4 рази більше алюмінію порівняно з інтактними зубами.

На другому етапі були підраховані молярні коефіцієнти. У табл. 2 наведені визначені достовірні відмінності за їх середніми значеннями між групами дослідження ( $p \leq 0,05$ ). Емаль в усіх досліджених областях зразків достовірно відрізнялася за показниками Mg/Ca ( $p \leq 0,05$ ). В області РК / горбка були визначені більші його середні значення у зразках з ПК, які на 56% відрізнялись від інтактних зразків. В емалі екватора більші показники Mg/Ca також спостерігались у групі порівняння: у 3,7 і 1,5 рази порівняно з контрольною та основною групами, відповідно. Його середні значення були у 2,5 рази більшими в зубах з КД, ніж інтактних. Інша ситуація спостерігалась у ПД: показники Mg/Ca у 4,7 і 5,5 рази були більшими в емалі інтактних зубів, ніж з КД і ПК, відповідно.

Емаль в області РК / горбка і ПД також достовірно відрізнялася за середніми значеннями Ca/P і P/Ca залежно від групи дослідження. У ділянці РК / горбка показники молярного коефіцієнту Ca/P інтактних зразків були на 43% більшими, а молярного коефіцієнту P/Ca на 19% меншими порівняно із зразками з пришийковою патологією. Інша ситуація була визначена у ПД: в емалі зубів з КД показники Ca/P були на 24% і 22% більшими, ніж в інтактних зубах і з ПК, відповідно. Співвідношення Ca/P в емалі інтактних зразків було на 10% меншим, ніж в зразків з ПК. Середні значення P/Ca були більшими у контрольній групі на 14% і 10% у порівнянні з основною групою і групою порівняння, відповідно.

Емаль груп дослідження в області екватору і ПД достовірно відрізнялася за показниками Ca/Cl і Mg/P. На екваторі співвідношення Ca/Cl в інтактних зразках було на 24% меншим порівняно із зразками з КД та на

30% менше порівняно із зразками з ПК. У ПД середні значення Ca/Cl у контрольній групі були у 2 рази меншими, ніж в основній групі, і на 16% меншими порівняно із зразками з ПК. Ca/Cl у групі зубів з КД був на 54% більшим, ніж у групі зубів з ПК. В емалі екватора показники Mg/P зразків з ПК були у 1,5 і 3,5 рази більшими, ніж у зразків з КД та інтактних, відповідно. Його середні значення були у 2,3 рази більшими в емалі зубів основної групи, ніж контрольної. Показники співвідношення Mg/P були у 1,5–1,6 рази меншими порівняно із зразками з пришийковою патологією зубів.

Емаль РК / горбка достовірно відрізнялась за Na/K – молярним коефіцієнтом в залежності від групи дослідження. У зразках з ПК його середні значення були у 2 і 3 рази більшим порівняно із зразками з КД та інтактними, відповідно. Для емалі екватора були характерні достовірні відмінності у показниках Ca/Mg в залежності від групи дослідження ( $p = 0,006$ ). В інтактних зразках його середні значення були у 3,3 рази більшими, ніж у зразках з ПК.

Таким чином, було встановлено, що вміст хімічних елементів в емалі та їх молярні коефіцієнти відрізняються в залежності від наявності і виду пришийкових уражень та топографічної ділянки зуба. Відомо, що у підтримці фізичної та хімічної цілісності емалі провідна роль належить кальцію і фосфору, що є основними структуроутворюючими елементами гідроксиапатиту [2, с. 107; 6, с. 283]. Їх кількість впливає на мінералізацію емалі та дентину та відрізняється від виду патології [3, с. 50]. Проведене дослідження виявило існування достовірних відмінностей між групами за вмістом кальцію в усіх ділянках емалі. Зменшення його кількості в емалі зразків з ПК зубів може відігравати важливу роль в етіопатогенезі [6, с. 285]. Але є і такі публікації, які визначили однаковий вміст кальцію та фосфору у поверхневих шарах емалі топографічно різних ділянок постійних молярів [10, с. 375].

Таблиця 2

Достовірні відмінності між групами за середніми значеннями молярних коефіцієнтів (норм.мас.%±m)

Молярний коефіцієнт	Групи дослідження			P
	Основна	Порівняння	Контрольна	
РК / горбок				
Na/K	0,020±0,011 <sup>2</sup>	0,032±0,018 <sup>1</sup>	0,011±0,007 <sup>2</sup>	<0,001*
Ca/P	1,960±0,120 <sup>1</sup>	1,980±0,070 <sup>1</sup>	2,830±1,410 <sup>2</sup>	<0,001*
P/Ca	0,510±0,030 <sup>1</sup>	0,500±0,020 <sup>1</sup>	0,410±0,140 <sup>2</sup>	<0,001*
Mg/Ca	0,004±0,002	0,005±0,002 <sup>1</sup>	0,003±0,002 <sup>2</sup>	0,033*
Екватор				
Ca/Mg	404,473±493,962	216,375±129,141 <sup>1</sup>	704,428±732,648 <sup>2</sup>	0,006*
Ca/Cl	67,252±31,830 <sup>1</sup>	74,849±18,242 <sup>1</sup>	52,249±9,644 <sup>2</sup>	0,008*
Mg/Ca	0,004±0,002 <sup>1,2</sup>	0,006±0,002 <sup>1</sup>	0,002±0,001 <sup>2</sup>	<0,001*
Mg/P	0,007±0,004 <sup>1,2</sup>	0,011±0,004 <sup>1</sup>	0,003±0,002 <sup>2</sup>	<0,001*
ПД				
Ca/P	2,558±1,279 <sup>1,2</sup>	2,098±0,196 <sup>1</sup>	1,898±0,186 <sup>2</sup>	0,001*
P/Ca	0,457±0,141 <sup>1</sup>	0,480±0,040 <sup>1</sup>	0,531±0,047 <sup>2</sup>	0,004*
Ca/Cl	141,733±183,982	92,027±33,782 <sup>1</sup>	76,898±22,712 <sup>2</sup>	0,032*
Mg/Ca	0,005±0,004 <sup>1</sup>	0,004±0,002 <sup>1</sup>	0,023±0,002 <sup>2</sup>	0,042*
Mg/P	0,010±0,010 <sup>1</sup>	0,009±0,004 <sup>1</sup>	0,006±0,003 <sup>2</sup>	0,012*

Примітки: p – рівень значущості та відмінності, <sup>1</sup> – відмінність від зразків контрольної групи достовірна; <sup>2</sup> – відмінність від зразків групи порівняння достовірна; \* – відмінність між групами достовірна,  $p \leq 0,05$ .

Відомо, що кількість кальцію корелює з кількістю магнію, оскільки магній є його фізіологічним антагоністом і відіграє значну роль у фосфорно-кальцієвому обміні [7, с. 72; 9, с. 40]. Під час вторинної мінералізації емалі іони магнію здатні заміщувати іони кальцію, що дестабілізує кристалічну решітку та, як наслідок, зменшує міцність кристала гідроксиапатиту [10, с. 372]. Збільшення вмісту кальцію та магнію, яке ми спостерігали у ПД зразків з КД, вірогідно, є захисною реакцією, яка спрямована на активізацію процесу мінералізації (ремінералізації) емалі [9, с. 40].

Також було визначено, що групи достовірно відрізнялися за вмістом кисню та вуглецю в усіх розглянутих ділянках. Для емалі зразків з ПК була характерна більша кількість вуглецю, що відповідає літературним джерелам [11, с. 37]. Відомо, що в інтактних твердих тканинах зуба вуглецю та кисню менше, ніж в уражених карієсом [11, с. 37]. Достовірно більший вміст цинку в області РК /горбка і ПД зразків з ПК пояснюється його здатністю знижувати проникність емалі і, отже, перехід хімічних елементів із слини у тверді тканини зубів [8, с. 4].

Проведене дослідження визначило існування достовірних відмінностей між групами у показниках Mg/Ca-молярного коефіцієнту. Відомо, що баланс Mg/Ca у сироватці запобігає прогресуванню рівня прикріплення та втраті зуба, особливо при запальних станах [12, с. 266]. Також спостерігалися достовірні відмінності у значеннях молярного коефіцієнта Ca/P

в залежності від групи у ділянці РК /горбка і ПД. Привертає увагу те, що його показники у зразках з КД в області РК /горбка були меншими, а у ПД більшими, ніж в інтактних зразках і з ПК. Визначений високий рівень прямого зв'язку між Ca/Mg і Ca/P у поверхневій емалі ПД і ротовій рідині дозволяє розглядати Ca/Mg-молярний коефіцієнт в якості альтернативного варіанту показника мінералізації емалі [9, с. 40]. Відомо, що достовірно більш високий вміст магнію і низький показник співвідношення Ca/Mg були виявлені у зношених зубах [13, с. 13]. Збільшення Mg/P-молярного коефіцієнта в емалі зразків з пришийковою патологією зубів є підтвердженням часткової заміни магнієм кальцію у структурі гідроксиапатиту [6, с. 285].

**Висновки з дослідження.** Було підтверджено припущення про існування достовірної різниці у хімічному складі емалі клінічно інтактних зубів і з пришийковою патологією. Виявлені відмінності у значеннях молярних коефіцієнтів демонструють актуальність визначення як абсолютних кількостей хімічних елементів в емалі, так і їхніх співвідношень, що, ймовірно, пов'язано з особливостями патогенезу КД і ПК. Отримані результати рекомендуємо використовувати при плануванні лікувально-профілактичних заходів у пацієнтів з пришийковою патологією зубів.

У перспективі розглядаємо проведення порівняльного аналізу хімічного складу дентину зубів з різним станом ПД.

**Інформація про конфлікт інтересів.** Конфлікту інтересів немає.

**Інформація про фінансування.** Автор гарантує, що не отримувал жодних винагород у будь-якій формі, здатних вплинути на результати роботи.

#### ЛІТЕРАТУРА

- Zuza A, Racic M, Ivkovic N, Kronic J, Stojanovic N, Bozovic D, et al. Prevalence of non-carious cervical lesions among the general population of the Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina. *Int Dent J.* 2019;69(4):281-8. doi: 10.1111/idj.12462.
- Klitynska OV, Bun OV. Spectral analysis of teeth enamel. *Intermedial journal.* 2024;1:106-8. [In Ukrainian] doi: 10.32782/2786-7684/2024-1-16.
- Tkachenko IM, Kovalenko VV. Research of microelement composition of enamel and dentine of teeth at caries and increased tooth erosion. *Visnyk problem biolohii i medytsyny.* 2017;2(140),4:248-52. [In Ukrainian]
- Duruk G, Acar B, Temelli Ö. Effect of different doses of radiation on morphological, mechanical and chemical properties of primary and permanent teeth-an in vitro study. *BMC Oral Health.* 2020;20(1):242. doi: 10.1186/s12903-020-01222-3.
- Nascimento M, Dilbone D, Pereira P, Duarte WR, Geraldeli S, Delgado AJ. Abfraction lesions: etiology, diagnosis, and treatment options. *Clin Cosmet Investig Dent* 2016;8:79-87. doi: 10.2147/CCIDE.S63465.
- Zabolotna Y, Yarova S, Genzytska O. Correlation of the chemical composition of enamel and oral fluid with intact teeth and cervical caries. *J Stoma.* 2020;73(6):283-8. doi: <https://doi.org/10.5114/jos.2020.101875>.
- Klimuszko E, Orywal K, Sierpinska T, Sidun J, Golebiewska M. Evaluation of calcium and magnesium contents in tooth enamel without any pathological changes: in vitro preliminary study. *Odontology.* 2018. 106(4):369-76. doi: 10.1007/s10266-018-0353-6.
- Zabolotna II, Genzytska OS, Zabolotnyi OS. The Indicators of Molar Coefficients of the Chemical Elements in Dentin and their Correlation with Enamel. *Cumhuriyet Dental Journal.* 2023;26(1):1-6. doi: 10.7126/cumudj.1105151.
- Yarova S, Zabolotna I, Genzytska O, Yarov Yu, Makhnova A. The correlation of the chemical composition of enamel and oral fluid in patients with a wedge-shaped defect and intact teeth. *Georgian medical news.* 2020;12(309):37-42. PMID: 33526727.
- Todorova AV, Ulyanov VO, Breus VE. The chemical composition of the enamel of permanent and deciduous molar teeth and its contribution to the enamel microhardness. *Вісник проблем біології і медицини/* 2018;2(144):372-6. [In Ukrainian]. doi: 10.29254/2077-4214-2018-2-144-372-376.
- Singh VK, Rai AK. Potential of laser-induced breakdown spectroscopy for the rapid identification of carious teeth. *Lasers Med Sci.* 2011;26(3):307-15. doi: 10.1007/s10103-010-0786-9.
- Meisel P, Pink C, Nauck M, Jablonowski L, Voelzke H, Kocher T. Magnesium/Calcium Ratio in Serum Predicts Periodontitis and Tooth Loss in a 5-Year Follow-up. *JDR Clin Trans Res.* 2016;1(3):266-74. doi: 10.1177/2380084416663458.
- Ey-Chmielewska H, Janiszewska-Olszowska J, Nocoń I, Stępień P, Czajkowska A, Frączak B, Opalko K. Effect of pathological tooth wear on the content of calcium, magnesium, zinc and phosphate in human dentin. *Magnes Res.* 2011;24(1):13-6. doi: 10.1684/mrh.2011.0270.

Дата першого надходження рукопису до видання: 18.08.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 17.09.2025

Дата публікації: 28.11.2025