

Л.О. Хоменко, Г.В. Сороченко

Експериментальна оцінка ефективності ремінералізуючого гелю із вмістом кальцію, фосфору та магнію в період вторинної мінералізації постійних зубів

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

Мета: вивчення *in vitro* змін хімічного складу та морфологічної структури поверхневого шару емалі постійних зубів, які щойно прорізались, під впливом ремінералізуючого гелю, який містить кальцій, фосфор і магній.

Матеріали та методи. За допомогою скануючої електронної мікроскопії та рентгенфотоелектронної спектроскопії вивчено *in vitro* зміни хімічного складу та морфологічної структури поверхневого шару 25-ти зразків емалі постійних зубів, які щойно прорізались, під впливом ремінералізуючого гелю, який містить кальцій, фосфор і магній.

Результати. Аналіз хімічного складу поверхневого шару незрілої емалі постійних зубів свідчить про те, що протягом усього експерименту під впливом ремінералізуючого гелю, який містить кальцій, фосфор і магній, у поверхневому шарі відбуваються достовірні зміни вмісту карбону, магнію, сіліцію та кальцію, а також співвідношення кальцій/фосфор. Підвищення рівня мінералізації емалі постійних зубів, які щойно прорізались, під впливом ремінералізуючого гелю, який містить кальцій, фосфор і магній, підтверджувалось даними скануючої електронної мікроскопії.

Висновки. Емаль зубів, які щойно прорізались, є недостатньо мінералізованою й, відповідно, має недостатній рівень карієсрезистентності. Хімічний склад поверхневого шару емалі зубів, які щойно прорізались, змінюється під впливом ремінералізуючого гелю, який містить кальцій, фосфор і магній. Досягнення оптимального рівня мінералізації під впливом ремінералізуючого гелю, який містить кальцій, фосфор і магній, відбувається в умовах експерименту через 12 місяців застосування.

Ключові слова: емаль, постійні зуби, мінералізація, ремінералізуючий гель, гліцерофосфат кальцію, хлорид магнію, профілактика карієсу.

Вступ

Профілактика основних стоматологічних захворювань сьогодні є пріоритетним завданням світової стоматології. Одним з основних напрямів залишається профілактика карієсу, що зумовлено високим рівнем поширеності та інтенсивності цього захворювання в Україні [1–3]. Найбільший приріст розповсюдженості та інтенсивності карієсу спостерігається в період від 6 до 15-ти років, що може бути пов'язано з низьким рівнем мінералізації твердих тканин зуба [4]. Властивості емалі (рівень мінералізації, ступень проникності, резистентність до кислотної атаки, мікрорельєф поверхні) змінюються за рахунок вторинної мінералізації [5, 6, 7]. Підвищення карієсрезистентності емалі зубів, особливо в період інтенсивної вторинної мінералізації, за рахунок застосування найкращих засобів екзогенної профілактики карієсу сприятиме зниженню його інтенсивності.

У стоматологічній літературі проблемі розробки, впровадження та оцінки ефективності нових засобів профілактики карієсу, які містять у своєму складі кальцій, фосфор, фтор, магній та інші хімічні елементи, приділяється значна увага [8–11].

Тому актуальним є вивчення впливу сучасних засобів екзогенної профілактики карієсу на емаль постійних зубів у період інтенсивної вторинної мінералізації за допомогою новітніх методів дослідження.

Мета дослідження – вивчення *in vitro* змін хімічного складу та морфологічної структури поверхневого шару емалі постійних зубів, які щойно прорізались, під впливом ремінералізуючого гелю, який містить гліцерофосфат кальцію, хлорид магнію та ксиліт.

Об'єкт і методи дослідження

Об'єкт дослідження. Для проведення дослідження було використано 25 зразків емалі постійних зубів, що прорізались в однаковий строк.

Зразки емалі отримували з постійних зубів, які були видалені за ортодонтичними показаннями (премолляри 12–13-річних дітей, не пізніше шести місяців після прорізування). Одразу після видалення корені зубів відрізали на рівні емалево-цементного з'єднання та видаляли залишки м'яких тканин. Коронарні сегменти очищували за допомогою ультразвуку та полірувальної пасти та щітки.

5 зразків емалі склали групу контролю на початку дослідження. Інші 20 зразків були довільно розподілені порівню на дві групи. Вони були розміщені у двох окремих герметичних боксах (по десять зразків у боксі), які були заповнені штучною слиною (T. Fusayama, 1975). У подальшому зразки емалі першої групи обробляли зубним гелем «R.O.C.S.® Medical minerals» (CaPMgX) (склад: Aqua, Glycerin (Sorbitol), Xylitol, Hydroxyethylcellulose, Calcium Glycerophosphate, Polysorbate-20, Flavor, Methylparaben, Magnesium Chloride, Hydroxypropyl Guar; активні компоненти – Calcium Glycerophosphate, Magnesium Chloride, Xylitol; формулу запатентовано EA011254) (WDS, Росія-Швейцарія). Зразки другої групи слугували контролем, їх нічим не обробляли. Обробку зразків проводили на початку дослідження, через 3, 6 і 9 місяців курсами по десять днів, двічі на день по тридцять хвилин згідно з рекомендацією виробника.

Зразки емалі для подальших досліджень зрізали з вестибулярної та оральної поверхонь коронкової частини зубів за допомогою алмазного диска товщиною

0,2 мм під струменем води, очищували за допомогою ультразвуку, знежирували та вакуумували. Поверхні зразків не напилували для максимальної достовірності результату. Дослідження поверхневого шару емалі проводили на початку експерименту, через 6 і 12 місяців у два етапи.

Методи дослідження

Поверхню зразків спочатку аналізували за допомогою вторинного електронного методу у скануючому електронному мікроскопі (SEM, INCA PENTA FETЧЗ, Oxford Instruments, Co., UK) зі збільшенням від 200 до 5000. На другому етапі визначали кількісний хімічний склад поверхневого шару емалі методом рентгенфотоелектронної спектроскопії (X-ray, EDS) за допомогою Оже-мікросонду JAMP-9500F (Field Emission Auger Microprobe) апарата «JEOL JSM 5310LV» (Японія). Для кожного зразка проводили аналіз у 5–7-и точках поверхні. Результати обчислювали у вагових відсотках. Дослідження виконані у відділі фізико-хімічних досліджень матеріалів (завідувач відділу – академік НАН України Г.М. Григоренко) Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона НАН України. Особлива подяка висловлюється відповідальному науковому співробітнику відділу Л.М. Капітанчуку.

Статистичну обробку результатів лабораторних у клінічних досліджень проводили з використанням програм МЕДСТАТ. Ураховували середню арифметичну (M) і стандартну похибку середньої арифметичної (m). Достовірність відмінностей середніх величин оцінювали з використанням t-критерію Стьюдента.

Результати та їх обговорення

Результати дослідження хімічного складу поверхневого шару незрілої емалі постійних зубів методом рентгенфотоелектронної спектроскопії представлені в табл.

Результати дослідження свідчать про те, що найбільш представленими хімічними елементами емалі є кисень (O), кальцій (Ca), фосфор (P) та карбон (C). Також було виявлено шість елементів, кількість яких перевищувала 0,01 % вагових: нітроген (N), натрій (Na), магній (Mg), фтор (F), хлор (Cl) і сіліцій (Si) (табл.).

Аналіз хімічного складу поверхневого шару незрілої емалі постійних зубів свідчить про те, що протягом усього експерименту під впливом досліджуваного гелю

в поверхневому шарі відбуваються достовірні зміни вмісту карбону, магнію, сіліцію та кальцію, а також співвідношення кальцій/фосфор.

Вміст кальцію в поверхневому шарі емалі на початку дослідження дорівнював 20,47±1,07. Достовірні зміни кількості кальцію у зразках емалі постійних зубів були отримані у групі 1 (CaPMgX) після 6 та 12-ти місяців експерименту. Рівень кальцію у досліджуваніх зразках групи 1 (CaPMgX) зріс відповідно до 25,01±0,98 (22,18 %) та 27,25±0,83 (33,12 %) (p < 0,05). Вміст кальцію в поверхневому шарі емалі у групі 2 (контроль) достовірно не змінився і дорівнював 21,12±0,84 після 6-ти місяців та 21,62±0,71 через 12 місяців (p > 0,05).

Установлено достовірне зниження вмісту карбону у зразках емалі групи 1 (CaPMgX). Кількість карбону в емалі зразків на початку експерименту дорівнювала 8,22±0,73. Після шести місяців експерименту у зразках емалі групи 1 (CaPMgX) вміст карбону достовірно зменшився до 5,59±0,5 (32 %), після 12-ти місяців – до 5,25±0,43 (36,13 %). У групі контролю рівень карбону в аналогічні періоди поступово зменшувався – 8,06±0,57 (1,9 %) та 7,23±0,51 (12,04 %), проте результати були статистично недостовірними (p > 0,05).

Результати дослідження доводять достовірне підвищення вмісту магнію у зразках емалі постійних зубів у групі 1 (CaPMgX) упродовж 12-и місяців дослідження. Кількість магнію в емалі зразків цієї групи після 6-и місяців експерименту дорівнювала 0,49±0,06, через 12 місяців – 0,54±0,05, що було достовірно вище, ніж початковий рівень (0,21±0,04), та показники групи контролю – 0,25±0,02 та 0,22±0,01 – в аналогічні періоди (p < 0,05).

Вміст сіліцію у зразках емалі групи 1 (CaPMgX) після 6-и (0,12±0,01) та 12-и місяців експерименту (0,15±0,02) був достовірно вище, ніж початковий рівень (0,02±0,009) та відповідні показники групи 2 (контроль) – 0,02±0,009 та 0,03±0,007 (p < 0,05).

Значення коефіцієнту кальцій/фосфор на початку експерименту у групі 2 (контроль) становило 1,38±0,08, що підтверджує існуючі дані про недостатній рівень мінералізації емалі постійних зубів, які щойно прорізалися. Під впливом досліджуваного ремінералізуючого гелю рівень мінералізації зразків емалі у групі 1 зріс через 6 місяців до 1,6±0,05 та через 12 місяців до 1,67±0,05 (p < 0,05). У групі контролю відповідні

Таблиця

Зміни хімічного складу поверхневого шару незрілої емалі постійних зубів під впливом ремінералізуючого гелю з вмістом кальцію, фосфору та магнію

Група та час дослідження	Вміст хімічних елементів (% вагові)										
	C	O	F	Na	Mg	P	Cl	Ca	Si	N	Ca/P
Початок дослідження	8,22 ±0,73*	54,09 ±6,08	0,1 ±0,03	0,58 ±0,07	0,21 ±0,04	14,83 ±0,41	0,46 ±0,08	20,47 ±1,07	0,02 ±0,009	1,02 ±0,25	1,38 ±0,08
Група 1 (CaPMgX) 6 місяців	5,59 ±0,5*	51,06 ±5,26	0,16 ±0,04	0,53 ±0,07	0,49 ±0,06*	15,63 ±0,76	0,4 ±0,05	25,01 ±0,98*	0,12 ±0,01*	1,01 ±0,17	1,6 ±0,05*
Група 1 (CaPMgX) 12 місяців	5,25 ±0,43*	48,15 ±5,07	0,15 ±0,03	0,63 ±0,07	0,54 ±0,05*	16,32 ±0,62	0,45 ±0,04	27,25 ±0,83*	0,15 ±0,02*	1,11 ±0,12	1,67 ±0,05*
Група 2 (контроль) 6 місяців	8,06 ±0,57	53,37 ±4,97	0,11 ±0,01	0,56 ±0,05	0,25 ±0,02	14,98 ±0,41	0,43 ±0,05	21,12 ±0,84	0,02 ±0,009	1,1 ±0,15	1,41 ±0,04
Група 2 (контроль) 12 місяців	7,23 ±0,51	53,59 ±5,12	0,13 ±0,01	0,54 ±0,06	0,22 ±0,01	15,12 ±0,53	0,45 ±0,06	21,62 ±0,71	0,03 ±0,007	1,07 ±0,17	1,43 ±0,05

Примітка: * – достовірність відмінностей (p < 0,05) порівняно з початковим рівнем і показниками контрольної групи в аналогічні строки експерименту.

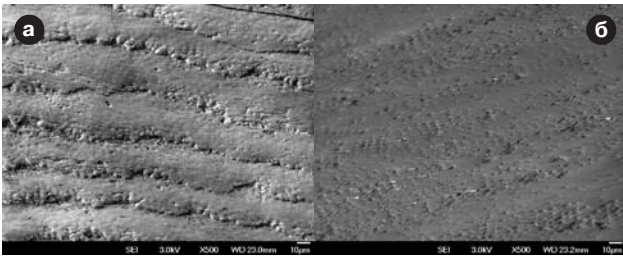


Рис. 1. Поверхня незрілої емалі постійних зубів через 6 місяців у групі контролю (а) та під впливом ремінералізуючого гелю із вмістом кальцію, фосфору та магнію (б) (SEM, $\times 500$).

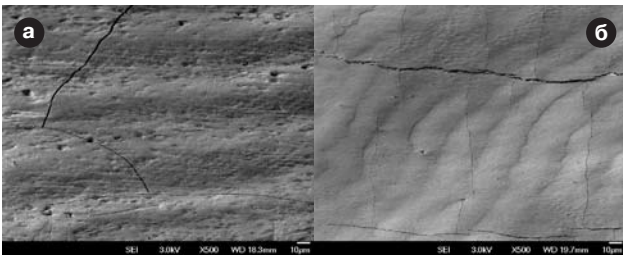


Рис. 2. Поверхня незрілої емалі постійних зубів через 12 місяців у групі контролю (а) та під впливом ремінералізуючого гелю із вмістом кальцію, фосфору та магнію (б) (SEM, $\times 500$).

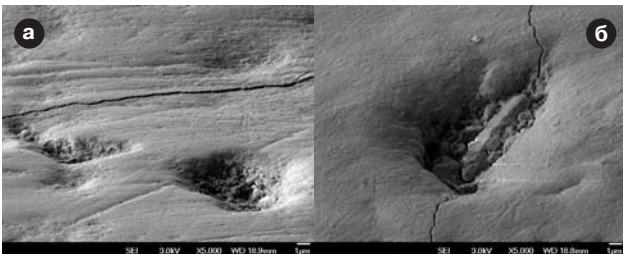


Рис. 3. Поверхня незрілої емалі постійних зубів (місце виходу емалевих призм) через 12 місяців у групі контролю (а) та під впливом ремінералізуючого гелю з вмістом кальцію, фосфору та магнію (б) (SEM, $\times 5000$).

результати були достовірно менше – $1,41 \pm 0,04$ (13,48%) через 6 місяців та $1,43 \pm 0,05$ (16,78 %) через 12 місяців дослідження ($p < 0,05$).

Отже, дослідження поверхневого шару незрілої емалі методом рентгенфотоелектронної спектроскопії встановило достовірні зміни хімічного складу під впливом ремінералізуючого гелю, який містить гліцерофосфат кальцію, хлорид магнію та ксиліт. Отримані дані можуть свідчити про те, що під впливом досліджуваного гелю емаль постійних зубів, які щойно прорізувались, може досягти оптимального рівня мінералізації ($> 1,67$) через 12 місяців застосування. Низький рівень мінералізації поверхневого шару емалі у групі контролю може свідчити про недостатній рівень карієсрезистентності навіть після 12–18-ти місяців після прорізування.

Підвищення рівня мінералізації емалі постійних зубів, які щойно прорізувались, під впливом досліджува-

ного ремінералізуючого гелю підтверджувалось даними скануючої електронної мікроскопії (рис. 1–3). На електронних мікрофотографіях під різним збільшенням спостерігались зміни ультраструктури поверхні емалі в групі 1 (СаРМgX) вже після 6-и місяців експерименту порівняно із групою 2 (контроль). На поверхні емалі зразків контрольної групи після 6-и місяців експерименту чітко простежуються перикимати (лінії Ретціуса), на кордоні яких відмічається вихід емалевих призм аркадоподібної форми, поверхня емалі тьмяна, шерехата (рис. 1-а, 2-а). Це свідчить про низький рівень мінералізації поверхневого шару емалі, відсутність захисного шару на поверхні, високу проникність незрілої емалі, наявність умов для додаткової ретенції мікроорганізмів. Наведені фактори зумовлюють низьку карієсрезистентність незрілої емалі та високий ризик вразливості емалі в період вторинної мінералізації.

Через 6 та 12 місяців після обробки зразків незрілої емалі ремінералізуючим гелем, який містить гліцерофосфат кальцію, хлорид магнію та ксиліт, перикимати згладжуються, емаль стає блискучою (рис. 1б, 2б). Це підтверджує гіпотезу про те, що зуби після обробки препаратами кальцію, фосфору та магнію стають клінічно світлішими (ефект відбілювання) [11]. Через шість місяців на місці виходу емалевих призм на поверхню відмічаються заглиблення, що свідчить про відкладання на поверхні емалі захисного шару фториду кальцію, зменшення кількості ретенційних пунктів, зниження проникності емалі. Після 12-ти місяців експерименту кількість незакритих заглибин, які вказують на місце виходу емалевих призм, значно зменшується як у порівнянні з групою контролю, так і з результатом у групі 1 за попередній період (6 місяців) (рис. 1-б, 2-а, 2-б).

При збільшенні у 5000 разів встановлено більш детальну різницю в місці виходу на поверхню емалевих призм після 12-ти місяців експерименту (рис. 3). Під впливом досліджуваного ремінералізуючого гелю поверхня емалі стає більш однорідною та гладкою, краєтери виходу на поверхню емалевих призм є візуально глибшими, а сама поверхня емалевої призми вкрита додатковим шаром речовини (рис. 3б). Це ймовірно свідчить про відкладання та тривале збереження на поверхні емалі шару сполук кальцію, фосфору та фтору навіть після механічного та ультразвукового очищення поверхні при підготовці зразків, підтримання умов для повноцінної мінералізації та зростання карієсрезистентності.

Висновки

Таким чином, результати проведеного дослідження свідчать про те, що емаль зубів, які щойно прорізувались, є недостатньо мінералізованою й, відповідно, має недостатній рівень карієсрезистентності. Хімічний склад поверхневого шару емалі зубів, які щойно прорізувались, змінюється під впливом ремінералізуючого гелю, який містить гліцерофосфат кальцію, магнію хлорид і ксиліт. Досягнення оптимального рівня мінералізації під впливом досліджуваного гелю відбувається в умовах експерименту через 12 місяців застосування. Без застосування додаткових засобів профілактики рівень карієсрезистентності емалі залишається недостатнім навіть через 12–18 місяців після прорізування.

Отже, засоби екзогенної профілактики карієсу зубів, що містять гліцерофосфат кальцію, магнію хлорид та ксиліт, можуть бути рекомендовані для клінічного застосування одразу після прорізування постійних зубів на період не менше дванадцяти місяців (2–4 курси на рік по десять днів, двічі на день по тридцять хвилин).

ЛИТЕРАТУРА

1. Хоменко Л.О. Контроль над карієсом зуба: еволюція концепції / Л.О. Хоменко, Н.В. Біденко, О.І. Остапко, І.М. Голубева, Г.В. Сороченко, Ю.М. Трачук // *Стоматологія: от науки к практике*. – 2013. – № 1. – С. 53–65.
2. Хоменко Л.О. Стоматологічне здоров'я дітей України, реальність, перспектива // *Науковий вісник Національного медичного університету імені О.О. Богомольця*. – 2007. – № 4. – С. 11–14.
3. Хоменко Л.А., Савичук А.В., Біденко Н.В., Остапко Е.И., Шматко В.И. и др. Профилактика стоматологических заболеваний. – К.: Книга плюс, 2007. – 126 с.
4. Сороченко Г.В. Клініко-лабораторна оцінка ефективності лікувально-профілактичних зубних паст в профілактиці карієсу: Дис. ... канд. мед. наук. – Київ, 2011. – 173 с.
5. Антонишин Б.В. Вікові особливості розподілу елементів групи кальцію в емалі зуба // *Вісник стоматології*. – 1997. – № 3. – С. 446–449.
6. Driessens F.C., Heijligers H.J., Borggrewen J.M., Woltgens J.H. Posteruptive maturation of Tooth enamel studied with the electron Microprobe // *Caries Res.* – 1985. – Т. 19. – Р. 390–395.
7. Imanishi H., Nishino M. Posteruptive maturation of immature young permanent enamel // *J. Int. Assoc. Dent. Child.* – 1983. – Т. 14. – Р. 49–54.
8. Садовский В.В. Клинические технологии блокирования кариеса. – М.: Медицинская книга, 2005. – 74 С.
9. Gjorgjevska E., Nicholson J.W. A preliminary study of enamel remineralization by dentifrices based on recaldent™ (cpp-acp) and novamin® (calcium-sodium-phosphosilicate) // *Acta Odontol. Latinoam.* – 2010. – Vol. 23. – № 3. – Р. 234–239.
10. Сапан Л.П. Эффективность реминерализующей терапии с использованием аппликационного геля «R.O.C.S. Medical Minerals» для профилактики кариеса зубов у детей 12–13 лет / Л.П. Сапан, С.К. Матело / *Материалы X ежегодного научного форума «Стоматология-2008» и научно-практической конференции «Современные технологии в стоматологии»*. – Москва. – 2008. – С. 50–54.
11. Федоров Ю.А. Клинические возможности применения современных реминерализующих составов у взрослых // Ю.А. Федоров, В.А. Дрожжина, С.К. Матело, С.А. Туманова / *Клиническая стоматология*. – № 3 (47). – 2008. – С. 32–34.

Експериментальна оцінка ефективності ремінералізуючого гелю, який містить кальцій, фосфор і магній, в період вторичної мінералізації емалі постійних зубів

Л.А. Хоменко, Г.В. Сороченко

Цель: изучение *in vitro* изменений химического состава и морфологической структуры поверхностного слоя эмали постоянных зубов, которые только что прорезались, под воздействием реминерализующего геля, который содержит кальций, фосфор и магний.

Материалы и методы. С помощью сканирующей электронной микроскопии и рентгенофотоэлектронной спектроскопии изучено *in vitro* изменения химического состава и морфологической структуры поверхностного слоя 25 образцов эмали постоянных зубов, которые только что прорезались, под воздействием реминерализующего геля, который содержит кальций, фосфор и магний.

Результаты. Анализ химического состава поверхностного слоя незрелой эмали постоянных зубов свидетельствует о том, что в течение всего эксперимента под воздействием реминерализующего геля, который содержит кальций, фосфор и магний, в поверхностном слое происходят достоверные изменения содержания углерода, магния, кремния и кальция, а также соотношения кальций/фосфор. Повышение уровня минерализации эмали постоянных зубов, которые только что прорезались, под воздействием реминерализующего геля, который содержит кальций, фосфор и магний, подтверждалось данными сканирующей электронной микроскопии.

Выводы. Эмаль зубов, которые только что прорезались, является недостаточно минерализованной и, соответственно, имеет недостаточный уровень кариесрезистентности. Химический состав поверхностного слоя эмали зубов, которые только что прорезались, изменяется под воздействием реминерализующего геля, который содержит кальций, фосфор и магний. Достижение оптимального уровня минерализации под воздействием реминерализующего геля, который содержит кальций, фосфор и магний, происходит в условиях эксперимента после 12 месяцев применения.

Ключевые слова: эмаль, постоянные зубы, минерализация, реминерализующий гель, кальция глицерофосфат, магния хлорид, профилактика кариеса.

Experimental estimation remineralizing gel with content of calcium, phosphorus and magnesium efficiency in the period of secondary mineralization of permanent teeth enamel

L. Khomenko, G. Sorochenko

The aim of the research – to explore *in vitro* changes of chemical composition and morphological structure of superficial layer of enamel in just erupted permanent teeth under the influence of remineralizing gel with content of calcium, phosphorus and magnesium.

Methods. *In vitro* changes in chemical composition and morphological structure of the superficial layer of 25 samples of enamel in just erupted permanent teeth under the influence of remineralizing gel with content of calcium, phosphorus and magnesium were explored with scanning electron microscopy and X-ray- photoelectric spectroscopy.

Results. There are reliable changes in the content of carbon, magnesium, silicon and calcium, Ca/P ratio in superficial layer of immature enamel of permanent teeth under the influence of remineralizing gel with content of calcium, phosphorus and magnesium. Increased mineralization of the enamel of just erupted permanent teeth under the influence of remineralizing gel with content of calcium, phosphorus and magnesium was confirmed by scanning electron microscopy method.

Conclusions. enamel of just erupted teeth, is not mineralized and therefore has insufficient resistance to caries. The chemical composition of the superficial layer of enamel in just erupted teeth changes under the influence of remineralizing gel with content of calcium, phosphorus and magnesium. Optimal level of mineralization, achieved under the influence of remineralizing gel with content of calcium, phosphorus and magnesium occurs in the experiment after 12 months of use.

Key words: enamel, permanent teeth, mineralization, remineralizing gel, calcium glycerophosphatum, magnesium chloride, caries prevention.

Хоменко Лариса Олександрівна – д-р мед. наук, професор, завідувач кафедри дитячої терапевтичної стоматології та профілактики стоматологічних захворювань Національного медичного університету імені О.О. Богомольця.

Адреса: м. Київ, 03680, вул. Зоологічна, 1. Тел.: (044) 483-17-03. E-mail: nmu.dts@gmail.com.

Сороченко Григорій Валерійович – канд. мед. наук, асистент кафедри дитячої терапевтичної стоматології та профілактики стоматологічних захворювань Національного медичного університету імені О.О. Богомольця.

Адреса: м. Київ 03680, вул. Зоологічна, 1. Тел.: 044-483-17-03. E-mail: nmu.dts@gmail.com, sorochenkogw@mail.ru.