

ORIGINAL ARTICLE

УДК 616.314.13-053.2

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФОЛОГІЇ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ЕМАЛІ ПОСТІЙНИХ ЗУБІВ НА РІЗНИХ ЕТАПАХ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ

Сороченко Г.В.

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

За допомогою скануючої електронної мікроскопії вивчені *in vitro* зміни морфологічної структури поверхневого шару 30 зразків емалі постійних зубів (премоляри 11-18-річних дітей). На поверхні емалі відразу після прорізування чітко простежуються численні тріщини розміром більше 100 мкм, перікімати, на межі яких відзначається вихід емалевих призм аркадоподібної форми. Поверхня тьмяна, шорстка за рахунок значної кількості кратерів виходу емалевих призм малу глибину діаметром 2-5 мкм. В період інтенсивної вторинної мінералізації, перікімати згладжуються, ступінь матовості і шорсткості візуально зменшується, чітко спостерігаються тріщини розміром більше 100 мкм, значна кількість подряпин і кратерів емалевих призм. Після закінчення вторинної мінералізації поверхню емалі виглядає найбільш однорідною, рівномірно блискучою, спостерігаються поодинокі тріщини розміром менше 100 мкм. Контури перікіматов чітко візуалізуються лише при збільшенні в 1000 разів. Спостерігаються поодинокі кратери з ознаками часткового або повного згладжування з рівнем поверхні. Встановлено, що рівень мінералізації поверхні емалі постійних зубів поступово зростає після прорізування. Емаль зубів, які щойно прорізалися, і в період інтенсивної вторинної мінералізації, за візуальними ознаками є недостатньо мінералізованою і, відповідно, має недостатній рівень карієсрезистентності.

Ключові слова. Емаль, постійні зуби, мінералізація, карієсрезистентність.

Вступ. Емаль зубів людини є унікальною високомінералізованою біологічною тканиною, яка не здатна до відновлення. Однак в ній постійно відбуваються процеси обміну речовин (переважно іонів). Ця тканина виконує ряд функцій, основною серед яких є захист підлеглих тканин – дентину та пульпи – від пошкоджуючих зовнішніх факторів [1-6].

Захворювання твердих тканин зуба різного генезу, зокрема карієс, на сьогодні вважається проблемою не лише медичною, але й соціальною через високі розповсюдженість та інтенсивність цього захворювання вже в дитячому віці [1,3,7,8].

Високий ризик ураження карієсом твердих тканин зубів у дітей одразу після прорізування зумовлено рядом особливостей будови та хімічного складу емалі (низький ступінь мінералізації, збільшений вміст води та органічної складової, висока проникність, виражений мікрорельєф поверхні тощо) та впливом ряду зовнішніх та внутрішніх карієсогенних факторів [1-3,9]. Тому стан поверхневого шару емалі постійних зубів є однією з провідних ознак структурно-функціональної карієсрезистентності [2-4,6,8].

Вивчення основних властивостей поверхневого шару інтактної емалі постійних зубів (морфології, хімічного складу, міцності тощо) в різні періоди мінералізації за допомогою сучасних методів дослідження (вторинна іонна маспектрометрія, растрова електронна мікроскопія,

Оже-спектроскопія, наноіндентування та ін.) дозволить вдосконалити існуючі схеми первинної профілактики карієсу [10,11].

Мета дослідження - вивчення *in vitro* особливостей морфологічної структури поверхневого шару інтактної емалі постійних зубів на різних етапах вторинної мінералізації.

Матеріали і методи дослідження.

Для проведення дослідження було використано 30 зразків інтактної емалі постійних зубів: 10 зразків (група 1, емаль після прорізування) було отримано з постійними зубів, які були видалені за ортодонтними показаннями (премоляри 11-13-річних дітей, не пізніше 6 місяців після прорізування); 10 зразків (група 2, емаль в період інтенсивної мінералізації) було отримано з постійних зубів, які були видалені за ортодонтними показаннями (премоляри 13-14-річних дітей, але не раніше 12 місяців після прорізування); 10 зразків (група 3, емаль після закінчення етапу вторинної мінералізації) було отримано з постійних зубів, які були видалені за ортодонтними показаннями (премоляри 15-18-річних дітей). 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 і щітки.

Кожна група з 10 зразків була розміщена в окремому герметичному боксі, які були заповнені "штучною сли-

ною” (Т. Fusayama, 1975). Усі зразки під час дослідження не оброблялися ніякими лікувально-профілактичними засобами.

Зразки емалі для досліджень зрізали з вестибулярної та оральної поверхонь коронкової частини зубів за допомогою алмазного диску товщиною 0,2 мм під струменем води, очищували за допомогою ультразвуку, знежирювали та вакуумували. Поверхні зразків не напилювали для максимальної достовірності результату.

Структуру поверхні зразків вивчали на рівні екватора в скануючому електронному мікроскопі (SEM, INCA PENTA FET43, Oxford Instruments, Co., UK) із збільшенням від 200 до 5000. При проведенні дослідження поверхні зразків не напилювали для максимальної достовірності результату.

Дослідження виконані у відділі фізико-хімічних досліджень матеріалів (завідувач відділу – академік НАН України Г. М. Григоренко) Інституту електрозварювання імені Є. О. Пагона НАН України. Особлива подяка висловлюється відповідальному науковому співробітнику відділу Л. М. Капітанчуку.

Результати дослідження та їх обговорення.

Впродовж дослідження за даними скануючої електронної мікроскопії було встановлено зміни, які відбуваються на поверхні інтактної незрілої емалі постійних зубів в період вторинної мінералізації. (рис. 1-3)

На поверхні емалі зразків одразу після прорізування (група 1) чітко простежуються чисельні тріщини розміром більше 100 мкм, перикимати (лінії Ретціуса), на кордоні яких відмічається вихід емалевих призм аркадоподібної форми, поверхня емалі тьмяна, шерехата. (рис. 1а, 2а) Це може свідчити 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 одразу після прорізування.

В період інтенсивної вторинної мінералізації (група 2) перикимати згладжуються, ступінь маговості та шерехатості візуально зменшується, чітко спостерігаються тріщини розміром більше 100 мкм та значна кількість заглибин, які вказують на місце виходу емалевих призм. (рис. 1в, 2в) При збільшенні в 1000 разів (рис. 2в) візуалізуються чисельні подряпини. Зазначені зміни можуть вказувати на те, що на поверхні незрілої емалі відбувається відкладення шару мінеральних речовин, однак він тонкий та слабкомінералізований.

Поверхня емалі постійних зубів після закінчення етапу вторинної мінералізації (група 3) виглядає найбільш однорідною, рівномірно блискучою, спостерігаються поодинокі тріщини, розміри яких менше 100 мкм, та значна кількість кратерів. (рис. 1с) Контури перикиматів чітко візуалізуються лише при збільшенні в 1000 разів. (рис. 2с) Такі зміни поверхні емалі можуть бути зумовлені поступовим відкладанням на поверхні емалі захисного шару мінеральних речовин, що свідчить про зростання ступеня мінералізації, та веде до зменшення кількості ретенційних пунктів і зниження проникності емалі.

При збільшенні у 5000 разів встановлено більш детальну різницю в місці виходу на поверхню емалевих призм. (рис. 3) На поверхні незрілої емалі одразу після прорізування (група 1) відмічається значна кількість кратерів малої глибини діаметром 2-5 мкм. Дно кратерів шерехате. (рис. 3а)

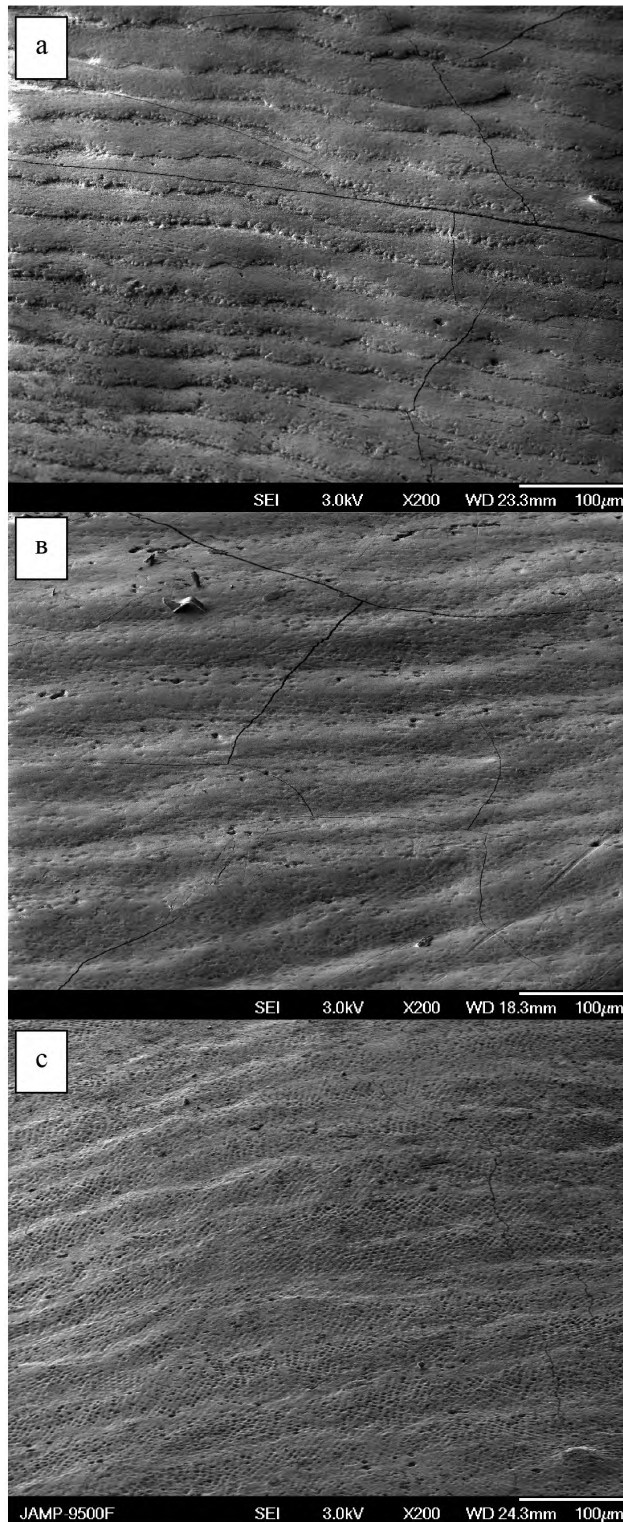


Рис. 1. Поверхня емалі постійних зубів: а – після прорізування (група 1), б – в період мінералізації (група 2), с – після закінчення етапу вторинної мінералізації (група 3) (SEM, $\times 200$).

В період інтенсивної вторинної мінералізації (група 2) кількість незакритих кратерів значно зменшується, кратери стають візуально глибшими, однак їх дно залишається шерехатим. (рис. 3в)

В період після закінчення етапу мінералізації (група 3) поверхня емалі виглядає більш однорідною. Спостеріга-

ються подиникі ознаки кратерів з ознаками часткового чи повного згладжування із рівнем поверхні. (рис. 3с) Це ймовірно свідчить про найвищий серед досліджуваних груп зразків рівень мінералізації поверхні емалі постійних зубів, що може бути зумовлено тривалим відкладанням та збереженням на поверхні емалі шару мінеральних спо-

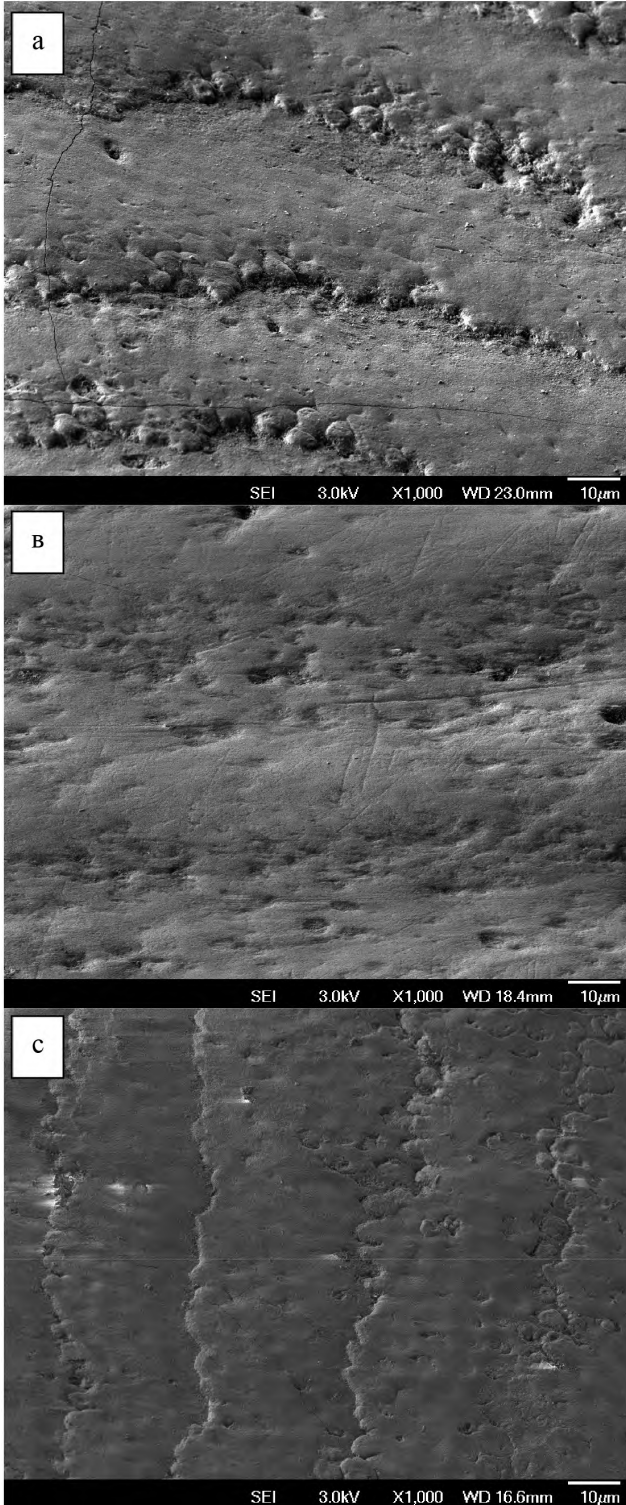


Рис. 2. Поверхня емалі постійних зубів: а – після прорізування (група 1), б – в період мінералізації (група 2), с – після закінчення етапу вторинної мінералізації (група 3) (SEM, $\times 1000$).

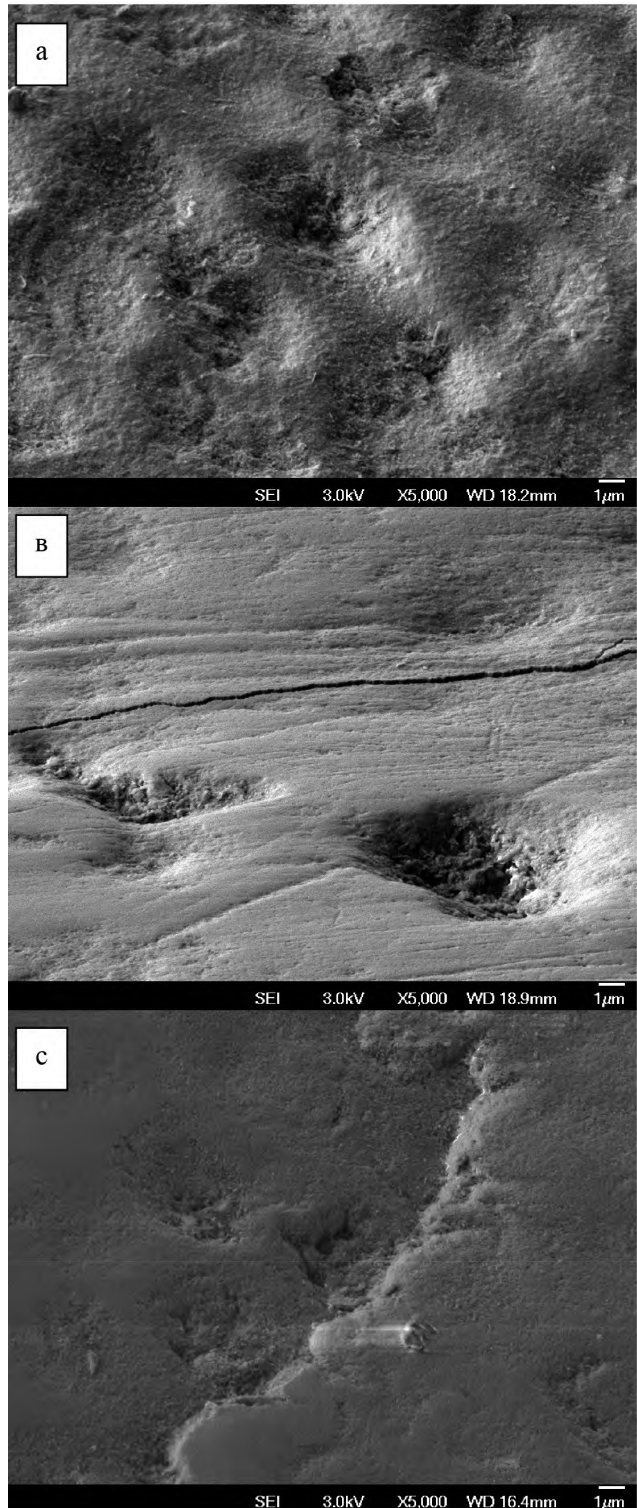


Рис. 3. Поверхня емалі постійних зубів: а – після прорізування (група 1), б – в період мінералізації (група 2), с – після закінчення етапу вторинної мінералізації (група 3) (SEM, $\times 5000$).

лук, стійкого до дії механічних чинників при підготовці зразків.

ВИСНОВКИ. Таким чином, результати проведеного дослідження свідчать про те, що рівень мінералізації поверхні емалі постійних зубів поступово зростає після прорізування. Емаль зубів, які щойно прорізувалися та в період інтенсивної вторинної мінералізації, за візуальними ознаками є недостатньо мінералізованою та, відповідно, має недостатній рівень карієсрезистентності. В цей період емаль постійних зубів особливо вразлива до дії карієсогенних чинників порожнини рота. Тому, з метою запобігання ураження твердих тканин зуба, після прорізування постійних зубів та в період інтенсивної вторинної мінералізації доцільним є призначення мінералізуючих засобів, які підвищуватимуть карієсрезистентність емалі зуба.

Конфлікт інтересів. Автор заявляє, що не має конфлікту інтересів, який може сприйматися таким, що може завдати шкоди неупередженості статті.

Джерела фінансування. Ця стаття не отримала фінансової підтримки від державної, громадської або комерційної організації.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Терапевтична стоматологія дитячого віку.* Т.І. Карієс зубів та його ускладнення. Л.О. Хоменко, Ю.Б. Чайковський, Н.І. Смоляр [та ін.]; за ред. Л.О. Хоменко – Книга-плюс, 2014. – 432с.
2. Боровський Е.В. *Биология полости рта* / Е.В. Боровский, В.К. Леонтьев. – М.: Медицина, Н. Новгород: Изд-во НГМА, 2001. – 304 с.
3. Леонтьев В. К. *Профилактика стоматологических заболеваний* / В.К.Леонтьев, Г.Н.Пахомов - М., 2007. – 430 с.
4. Булкина Н.В. *Ультрамикроскопическое исследование процессов деминерализации и реминерализации эмали зубов* / Н.В. Булкина, Е.А.Пудовкина, А.М.Захоревич, [и др.] // *Стоматология.* - №3. - 2012. – С. 11 – 14.
5. Костиленко Ю.П. *Структура эмали и её конфигурационные отношения с дентином жевательных зубов человека* / Ю.П. Костиленко, Е.Г.Саркисян, Д.С.Аветиков, [и др.] // *Вісник проблем біології та медицини.* – Вип.2., Том 1(107). - 2014. – С. 193 – 197.
6. Ипполитов Ю.А. *Функциональная морфология эмали человеческого зуба* / Ю.А.Ипполитов // *Вестник новых медицинских технологий.* - №2. – Т. XVII. - 2010. – С. 56 – 58.
7. Хоменко Л. О. *Стоматологічне здоров'я дітей України, реальність, перспектива* / Л.О.Хоменко // *Науковий вісник Національного медичного Університету імені О.О.Богомольця.* – 2007. - №4. – С. 11–14.
8. Павлова Т.В. *Сравнительная оценка минерального состава и ультрамикроструктуры тканей зуба в норме и при*

кариесе / Павлова Т.В., Бавыкина Т.Ю. // *Современные наукоёмкие технологии.* – 2009. - №12. – С. 15–18.

9. Хоменко Л. О. *Контроль над кариесом зуба: эволюция концепций* / Л.О.Хоменко, Н.В.Біденко, О.І. Остапко, [та ін.] // *Стоматология: от науки к практике.* – 2013. - №1. - С. 53-65.

10. И.Н. Антонова. *Опыт исследования твердых тканей зуба с помощью атомно-силовой микроскопии* / Антонова И.Н., Гончаров В.Д., Купчук А.В., [и др.] // *Стоматология.* - №4. - 2014. – С. 11 – 14.

11. Якубова И.И. *Рентгеноспектральный анализ в изучении структуры эмали на этапах ее формирования и вторичной минерализации* / Якубова И.И., Острианко В.И., Тиньков В.А. // *Бюллетень медицинских Интернет-конференций.* – 2015. - Том.5, № 11. – С.1404 – 1407.

REFERENCES

1. Khomenko, L., Chaikovskiy, Yu., Smoliar, N. (2014). *Terapevtychna stomatolohiia dytiachoho viku.* Kryha-plius, 432. [in Ukrainian].
2. Borovskiy, E., Leontev, V. (2001). *Byolohiya polosty rta.* M.: Medytsyna, N. Novhorod: Yzd-vo NHMA, 304. [in Russian].
3. Leontev, V., Pakhomov, H. (2007). *Profylaktyka stomatolohycheskykh zabolovaniy.* M., 430. [in Russian].
4. Bulkina, N., Pudovkina, E., Zakhorevych, A. (2012). *Ultramykroskopycheskoe yssledovanye protsessov demyneralizatsyy y remyneralizatsyy emaly zubov.* Stomatolohiya. №3. 11 – 14. [in Russian].
5. Kostylenko, Yu., Sarkysian, E., Avetykov, D. (2014) *Struktura emaly y eё konfyhuratsyonnye otnosheniya s dentyom zhevatelnykh zubov cheloveka.* Visnyk problem biolohii ta medytsyny. Vyp.2., Tom 1(107). 193 – 197. [in Russian].
6. Yppolytov, Yu. (2010). *Funktsyonalnaia morfolohiya emaly chelovecheskoho zuba* / Yu.A.Yppolytov // *Vesnyk novykh medytsynskykh tekhnolohiy.* - №2. – T. XVII. - 2010. – S. 56 – 58. [in Russian].
7. Khomenko, L. (2007). *Stomatolohichne zdorovgia ditei Ukrainy, realnist, perspektyva/ Naukovyi visnyk Natsionalnoho medychnoho Universytetu imeni O.O.Bohomoltsia.* №4.11–14. [in Ukrainian].
8. Pavlova, T., Bavukyna, T. (2009). *Sravnitelnaia otsenka myneralnoho sostava y ultramykrostruktury tkanei zuba v norme y pry karyese.* Sovremennue naukoemkye tekhnolohyy. №12. 15–18. [in Russian].
9. Khomenko, L., Bidenko, N., Ostapko, O. (2013). *Kontrol nad kariiesom zuba: evoliutsiia kontseptsii/ Stomatolohiya: ot nauky k praktyke.* №1. 53-65. [in Russian].
10. Antonova, Y., Honcharov, V., Kypchuk, A. (2014) *Oput yssledovaniya tverdyykh tkanei zuba s pomoshchiu atomno-sylovoi mykroskopyy.* Stomatolohiya. №4. 11 – 14. [in Russian].
11. Yakubova, Y., Ostrianko, V., Tynkov, V. (2015) *Renthenospektralniy analiz v yzuchenyy strukturu emaly na etapakh formirovaniya y vtorychnoi myneralizatsyy.* Biulleten medytsynskykh Ynternet-konferentsiy. Tom.5, № 11. 1404 – 1407. [in Russian].

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЭМАЛИ ПОСТОЯННЫХ ЗУБОВ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

Сороченко Г.В.

*Национальный медицинский университет
имени А. А. Богомольца, г.Киев, Украина*

Резюме.

Цель – изучение *in vitro* особенностей морфологической структуры поверхностного слоя интактной эмали постоянных зубов на разных этапах вторичной минерализации.

Материалы и методы. С помощью сканирующей электронной микроскопии изучены *in vitro* изменения морфологической структуры поверхностного слоя 30 образцов эмали постоянных зубов (премоляры 11-18-летних детей).

Результаты. На поверхности эмали сразу после прорезывания четко прослеживаются многочисленные трещины размером больше 100 мкм, перикиматы, на границе которых отмечается выход эмалевых призм аркадоподобной формы. Поверхность тусклая, шершавая за счет значительного количества кратеров выхода эмалевых призм малой глубины диаметром 2-5 мкм. В период интенсивной вторичной минерализации перикиматы сглаживаются, степень матовости и шероховатости визуально уменьшается, четко наблюдаются трещины размером больше 100 мкм, значительное количество царапин и кратеров эмалевых призм. После окончания вторичной минерализации поверхность эмали выглядит наиболее однородной, равномерно блестящей, наблюдаются одиночные трещины размером менее 100 мкм. Контуры перикиматов четко визуализируются лишь при увеличении в 1000 раз. Наблюдаются одиночные кратеры с признаками частичного или полного сглаживания с уровнем поверхности.

Выводы. Установлено, что уровень минерализации поверхности эмали постоянных зубов постепенно возрастает после прорезывания. Эмаль зубов, которые только что прорезались, и в период интенсивной вторичной минерализации, по визуальным признакам является недостаточно минерализованной и, соответственно, имеет недостаточный уровень кариесрезистентности. В этот период эмаль постоянных зубов особенно уязвима к действию кариесогенных факторов полости рта. По-этому, с целью предотвращения поражения твердых тканей зуба, после прорезывания постоянных зубов и в период интенсивной вторичной минерализации целесообразно назначать минерализующие средства, которые будут повышать кариесрезистентность эмали.

Ключевые слова. Эмаль, постоянные зубы, минерализация, кариесрезистентность.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF SUPERFICIAL LAYER MORPHOLOGY OF PERMANENT TEETH ENAMEL AT DIFFERENT STAGES OF MINERALIZATION

G.Sorochenko

Bogomolets national medical university, Kyiv, Ukraine

Summary.

Aim – to study *in vitro* characteristics of morphological structure of the superficial layer of permanent teeth intact enamel at various stages of secondary mineralization.

Materials and methods. Using scanning electron microscopy *in vitro* changes in the morphological structure of the superficial layer of 30 samples of permanent teeth enamel (premolars in 11-18 years old children) were studied.

Results. On the surface of enamel immediately after the eruption numerous cracks larger than 100 microns, perikymata, which mark the border of arcade-like enamel prisms outlet can be seen. Surface is matte, rough due to a large number of shallow craters of enamel prisms outlets 2-5 mm in diameter. During intensive secondary mineralization perikymata become smoothed, the degree of haze and visual roughness decreases, cracks larger than 100 microns, a significant number of craters and scratches of enamel prisms are clearly observed. After finishing of secondary mineralization the enamel surface is the most homogeneous, uniformly shining, there are isolated cracks smaller than 100 microns. Paths of perikymata are clearly seen only an magnification in 1000 times. There are single craters with signs of partial or complete smoothing of surface.

Conclusions. It was established that the level of mineralization of enamel surface of permanent teeth gradually increases after the eruption. Enamel of teeth that had just erupted and during intensive secondary mineralization according visually is not mineralized and therefore has insufficient caries-resistance. During this period the enamel of permanent teeth is particularly vulnerable to the action of cariogenic factors of mouth. Therefore, to prevent the destruction of dental hard tissues after the eruption of permanent teeth and during intensive secondary mineralization it is appropriate to use mineralizing medications that would increase caries-resistance of tooth enamel.

Keywords. Enamel, permanent teeth, mineralization, resistance to caries.