

DOI: 10.21802/artm.2024.3.31.109
УДК 616.314.13+613.95**ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ПОВЕРХНЕВОЇ ЗОНИ ЕМАЛІ ПОСТІЙНИХ ЗУБІВ У ДІТЕЙ РІЗНИХ ВІКОВИХ ГРУП**

Р.П. Олійник, В.С. Хабчук, М.М. Рожко, І.Р. Костюк, О.В. Атаманчук

Івано-Франківський національний медичний університет, кафедра стоматології післядипломної освіти, кафедра дитячої стоматології, кафедра гістології, цитології та ембріології, м. Івано-Франківськ, Україна

ORCID ID:0000-0002-7586-6664, e-mail: roliinyk@ifnmu.edu.ua

ORCID ID:0009-0005-5195-7501, e-mail: vhabchuk@ifnmu.edu.ua

ORCID ID:0000-0002-6876-2533, e-mail: stomatfpo@ifnmu.edu.ua

ORCID ID:0009-0004-6043-9514, e-mail: ikostiuk@ifnmu.edu.ua

ORCID ID:0000-0002-9209-4731, e-mail: oatamanchuk@ifnmu.edu.ua

Резюме. На сучасному етапі розвитку людства значне антропогенне навантаження на навколишнє середовище сприяє виникненню безлічі несприятливих чинників, які призводять до появи імунодефіцитних станів, погіршення адаптаційних резервів організму, які, у свою чергу, зумовлюють збільшення захворювань. Усе це може позначитися на резистентності емалі до карієсогенних чинників, особливо у дітей і підлітків. Деструктивні зміни кристалічної структури гідроксиапатитів емалі, збільшення загального об'єму мікропросторів, зниження процентного вмісту мінеральних речовин центральної зони плями та виражена демінералізація в підповерхневій ділянці є ключовими аспектами патогенетичного механізму прогресування початкового карієсу. Доведено, що одним із визначальних чинників для формування в дитини адекватних параметрів карієсрезистентності є забезпечення умов для повноцінної реалізації процесу вторинної мінералізації, у протилежному випадку – відзначається зростання параметра карієсприйнятливості, що в подальшому призводить до зростання з віком показників інтенсивності карієсу. Лабораторне дослідження структури поверхневого шару емалі за допомогою сучасних діагностичних методів та порівняння отриманих результатів в умовах індукції процесу вторинної мінералізації за допомогою різних ремінералізуючих препаратів та дії супутніх чинників сприятиме оптимізації програм профілактики карієсу в дітей різних вікових груп. Ми провели визначення ступеня мінералізації поверхневої зони емалі постійних зубів на основі мікроскопічних відмінностей її поверхні в різних вікових періодах та за умов проведення ремінералізуючої терапії. Мета дослідження – вивчити ступінь мінералізації поверхневої зони емалі постійних зубів у дітей різних вікових груп. Отримані результати можуть бути підґрунтям доцільності реалізації схем профілактики каріозної патології на ранніх стадіях вторинної мінералізації (відразу після прорізування) та протягом усього періоду її інтенсивної фази, що в подальшому сприятиме стабілізації карієсрезистентної структури емалі зубів.

Ключові слова: мінералізація емалі, демінералізація емалі, поверхнева зона емалі, емаль, карієс емалі, карієсрезистентність, постійний зуб, дитина.

Вступ. На сучасному етапі розвитку людства значне антропогенне навантаження на навколишнє середовище сприяє виникненню безлічі несприятливих чинників, які призводять до появи імунодефіцитних станів, погіршення адаптаційних резервів організму, які своєю чергою обумовлюють збільшення захворювань. Усе це може позначитися на резистентності емалі до карієсогенних чинників, особливо у дітей і підлітків [1].

На сьогоднішній день встановлено, що карієс та його ускладнення є найбільш розповсюдженою групою захворювань ротової порожнини. Основну роль у виникненні карієсу відіграє мікрофлора зубних відкладень. Окрім дії зубної бляшки, важливу роль у виникненні карієсу відіграє сприйнятливості зубів до карієсу, яка обумовлена станом і якістю емалі зуба, слини, станом місцевої специфічної та неспецифічної резистентності. На певному етапі при сприятливих умовах каріозний процес може призупинитися, а уражені структури емалі можуть відновитися за рахунок неорганічних іонів слини. Тому є актуальним рання

діагностика цього захворювання та пошук нових оптимальних лікувальних заходів, особливо у дітей та підлітків.

Сукупність провокуючих чинників та вплив сприятливих умов для виникнення початкового карієсу визначаються станом і якістю емалі зуба, параметрами слини, рівнем місцевої специфічної та неспецифічної резистентності [2]. Деструктивні зміни кристалічної структури гідроксиапатитів емалі, збільшення загального об'єму мікропросторів, зниження процентного вмісту мінеральних речовин центральної зони плями та виражена демінералізація в підповерхневій ділянці є ключовими аспектами патогенетичного механізму прогресування початкового карієсу з наступним утворенням дефекту в межах тканин емалі [3]. Незважаючи на те, що за інформацією Удовиченко Н.Н. (2013) [4] інтенсивність каріозного процесу зменшується з віком, результати суміжних епідеміологічних досліджень [5] свідчать, що поширеність гострого початкового карієсу складає 39,15% із урахуванням того, що загальна поширеність карієсу сягає 93,69 % у віковій групі 12-18 років. За іншими

джерелами, розповсюдженість гострого початкового карієсу у дітей вікової категорії 6-18 років становить 15,7%, а інтенсивність патології – $0,31 \pm 0,06$ [6]. Парпалей Є.А. та Савичук Н.О. наводять схожі дані щодо поширення гострого початкового каріозного процесу в межах 30-35%, а пік розповсюдженості патології спостерігається у віковій категорії 9-11 років [7].

Обґрунтування дослідження. Доведено, що одним із визначальних чинників для формування у дитини адекватних параметрів карієсрезистентності є забезпечення умов для повноцінної реалізації процесу вторинної мінералізації, у протилежному випадку – відзначається зростання параметру карієсприйнятливості, що в подальшому призводить до зростання з віком показників інтенсивності карієсу. Лабораторне дослідження структури поверхневого шару емалі за допомогою сучасних діагностичних методів та порівняння отриманих результатів в умовах індукції процесу вторинної мінералізації за допомогою різних ремінералізуючих препаратів та дії супутніх чинників сприятиме оптимізації програм профілактики карієсу у дітей різних вікових груп [6].

Тому ми провели визначення ступеня мінералізації поверхневої зони емалі постійних зубів на основі мікроскопічних відмінностей її поверхні у різних вікових періодах та за умов проведення ремінералізуючої терапії.

Мета дослідження. Вивчити ступінь мінералізації поверхневої зони емалі постійних зубів у дітей різних вікових груп.

Матеріали та методи. Для реалізації мети нами були досліджені зразки зрізів 50 зубів із одиниць зубного ряду (премолярів), що були видалені за ортодонтичними показами у пацієнтів різних вікових груп. Ми провели дослідження 16 зубів дітей віком 11-13 років та 13-15 років (по 8 зубів у кожній групі), та 9 зубів у 15-16 річних пацієнтів. Усім дітям проводилася ремінералізуюча терапія у період перших шести місяців після прорізування та з подальшим курсом ремінтерапії кожні півроку («Tooth Mousse», аплікації 1 раз на день протягом 2 тижнів [8]) та відповідним моніторингом.

До групи порівняння ми включили зуби, видалені у дітей, котрим не проводилося жодних профілактичних ремінералізуючих заходів. Розподіл за віком та кількістю дослідженого матеріалу був ідентичний основній групі.

Із метою мікроскопічного вивчення змін у структурі емалі при демінералізації та формуванні вогнищ початкового карієсу проводили дослідження на

зразках зубів, видалених за ортодонтичними показами. Після видалення проводили сегментацію зубів із відділенням структури коронки та подальшу поліровку коронки з використанням полірувальних щіточок без використання паст. Зрізи формували товщиною 0,3-0,5 мм за допомогою алмазного диска. Процедура обробки сформованих зразків емалі передбачала їх очистку та знежирення з подальшим дослідженням у поляризаційному мікроскопі (Optika B-150POL-B 40x-640x Vino) при збільшенні у 500 разів. Опис мікроскопічної картини поверхні емалі проводили за такими параметрами, як неоднорідність поверхні, матовість/блискучість поверхні, шорхуватість/згладженість поверхні. Оцінку відносного рівня однорідності поверхні проводили шляхом розрахунку співвідношення ідентифікованих ділянок поверхні, що візуально відрізнялися своєю текстурою, до загальної текстури поверхні емалі, що була характерна для переважаючої площі поверхні досліджуваної емалі. Такий алгоритм оцінки сформованих зразків проводився незалежно у кожній віковій групі обстежених дітей. Критеріями оцінки параметрів неоднорідності поверхні емалі за даними дослідження у поляризаційному мікроскопі виступали такі: наявність та кількість чітко виражених тріщин, візуалізація та кількість ділянок виходу емалевих призм, наявність та кількість нерівностей поверхні емалі, підтверджених зміною напрямку пучка світла, відсотковий показник однорідності поверхні, що вираховувався як співвідношення площі візуально однорідної поверхні емалі до площі будь-яких мікроскопічно виявлених змін. Для оцінки матовості поверхні емалі за даними мікроскопічного поляризаційного дослідження використовували критерії візуальної оцінки блискучих та матових ділянок інтересу. Додатково проводили ідентифікацію виражено шорхуватих і згладжених ділянок та дослідження зони інтерфейсу їх суміжності й чергування.

Результати дослідження обговорення.

Оцінку стану поверхневої зони емалі зубів дітей обох груп проводили за наступними параметрами: відносний середній рівень однорідності поверхні, колір та текстура поверхні (табл. 1, табл. 2, табл. 3).

У структурі зразків, що були сформовані із зубів дітей 11-13 років, яким відразу після прорізування та протягом періоду моніторингу проводилася ремінералізуюча терапія, спостерігалася значна кількість тріщин та нерівностей емалі, проте була відносно нижчою від показника у групі порівняння.

Таблиця 1

Характеристика стану поверхневої зони емалі постійних зубів у дітей 11-13 років

Показники	Основна група (n=8)	Група порівняння (n=8)
Колір поверхні	Матовий	Тьмянний
Текстура поверхні	Не виражена шорхуватість	Значна шорхуватість
Параметри неоднорідності поверхні	Невелика кількість чітко виражених тріщин, ділянок виходу емалевих призм	Значна кількість чітко виражених тріщин та нерівностей емалі, ділянок виходу емалевих призм
Відносний середній рівень однорідності поверхні	40,14 %	32,18 %

Згідно з даними табл. 1, показник відносного середнього рівня однорідності поверхні премолярів у дітей 11-13 років, яким не проводилася ремінералізуюча терапія, склав 32,18 %. При мікроскопічному дослідженні були виявлені значна кількість тріщин на поверхні емалі, візуалізація розширених ділянок виходу емалевих призм, колір поверхні був тьмяним із вираженою шорохуватістю поверхні.

Привертало увагу те, що у цій же віковій групі у структурі зразків, що були сформовані із зубів дітей, яким відразу після прорізування та протягом періоду моніторингу проводилася ремінералізуюча терапія, аналогічно спостерігалася значна кількість тріщин та нерівностей емалі, проте була відносно нижчою, порівняно із групою порівняння. Окрім того, у структурі загальної площі шорохуватості емалі відзначалися ділянки із вищим рівнем згладженості, що оптично були менш матовими. Вищенаведені ознаки

сприяли досягненню відносного середнього рівня однорідності поверхні на межі показника 40,14 %.

Так, статистично значної відмінності у використанні ремінералізуючої терапії при порівнянні ступеня мінералізації поверхневої зони емалі постійних зубів у обстежених дітей 11-13 років не виявлено.

При дослідженні зразків, сформованих із зубів дітей віком 13-15 років, яким не проводилася ремінералізуюча терапія, вдалось виявити, що якщо співставити з групою порівняння, то кількість візуально видимих тріщин у структурі емалі та загальної кількості нерівностей її поверхні прогресивно зменшується, натомість відзначалась наявність лише окремих великих за площею ділянок нерівностей поверхні. Ділянки вираженої шорохуватості чергувалися із ділянками візуалізованої згладженості, що у свою чергу сприяло візуальній почерговості матових та блискучих ділянок емалевої поверхні. Відносний рівень однорідності поверхні підвищився до 55,19 % (табл.2).

Таблиця 2

Характеристика стану поверхневої зони емалі постійних зубів у дітей 13-15 років

Показники	Основна група (n=8)	Група порівняння (n=8)
Колір поверхні	Чергування матових ділянок із блискучими	Чергування матових ділянок із блискучими
Текстура поверхні	Чергування шорохуватих ділянок із поодинокими згладженими	Чергування шорохуватих ділянок із поодинокими згладженими
Параметри неоднорідності поверхні	Невелика кількість тріщин, ділянки виходу емалевих призм майже не візуалізуються	Невелика кількість тріщин та нерівностей емалі, візуалізуються окремі великі ділянки нерівності поверхні
Відносний середній рівень однорідності поверхні	64,56* %	55,19 %

Примітка: * – різниця є статистично достовірною ($p < 0,01$).

Як відображено у табл. 2, відносний середній рівень однорідності поверхні у групі досліджених зразків, сформованих із видалених зубів дітей 13-15 років, яким проводилася ремінералізуюча терапія, сягав 64,55 % і був статистично значно ($p < 0,01$) вищим за показник групи порівняння. Окремих великих ділянок нерівностей поверхні емалі в основній групі, на відміну від даних групи порівняння, виявити не вдалось. Візуально за оцінкою параметрів матовості та шорохуватості обстежені та порівняльні зразки у цій віковій групі не відрізнялися.

Так, нами встановлена статистично значна відмінність ($p < 0,01$) у використанні ремінералізуючої терапії при порівнянні ступеня мінералізації поверхневої зони емалі постійних зубів у обстежених дітей 13-15 років.

Зразки сформованих із зубів дітей віком 15-16 років, котрим проводилася ремінералізуюча терапія, характеризувалися меншою кількістю тріщин у полі зору (до 4-5), більш вираженими показниками блискучості емалі та згладженості її поверхні, ділянки підвищеної шорохуватості ідентифікувалися слабо (за площею менше 5 %, тому наявністю таких можна знівелювати), або ж були взагалі відсутніми (табл. 3).

Представлені дані у табл. 3 свідчать, що при дослідженні зразків зубів дітей 15-16 років, котрим не проводилася ремінералізуюча терапія, вдалось виявити, що загальна кількість тріщин зменшилася до поодиноких (до 6-8 в полі зору), на поверхні емалі відзначалися також лише поодинокі тьмяні плями, уся інша поверхня була рівномірно блискучою та гладкою, за виключенням окремих ділянок шорохуватості незначної площі.

Привертає увагу те, що показники відносного рівня однорідності поверхні емалі в основній групі та групі порівняння дітей 15-16 років були найвищими у нашій когорті обстежених та становили 88,13 % та 80,25 % ($p < 0,01$) відповідно.

Надалі був проведений порівняльний аналіз показника відносного середнього рівня неоднорідності поверхні емалі постійних зубів між зразками пацієнтів 15-16 років та обстежених молодшого віку. Результати аналізу представлені на рис. 1.

Слід відзначити, що показник відносного середнього рівня неоднорідності поверхні емалі постійних зубів був найвищим у саме у зразках обстежених дітей 15-16 років.

Таблиця 3

Характеристика стану поверхневої зони емалі постійних зубів у дітей 15-16 років

Показники		Основна група (n=9)	Група порівняння (n=9)
Колір поверхні		Рівномірна блискучість емалі	Рівномірна блискучість емалі (поодинокі тьмяні ділянки)
Текстура поверхні		Виражена згладженість поверхні	Виражена згладженість поверхні із поодиноким вираженими шорохуватостями
Параметри неоднорідності поверхні		Поодинокі тріщини (в середньому до 4-5)	Поодинокі тріщини (в середньому до 6-8)
Відносний середній рівень однорідності поверхні		88,13* %	80,25 %

Примітка: * – різниця є статистично достовірною ($p < 0,01$).

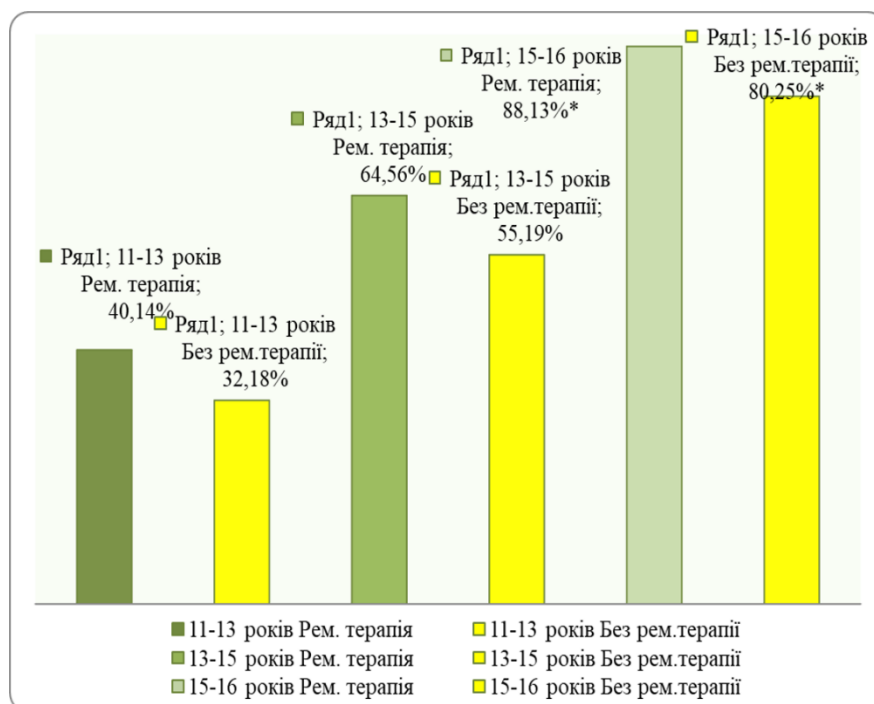


Рис. 1. Розподіл результатів аналізу показників відносного середнього рівня неоднорідності поверхні емалі в обстежених різних вікових групах.

Примітка: * – відмінність статистично достовірна відносно показників обстежених 11-13 років та 13-15 років ($p < 0,01$).

Як відображено на рис. 1, найвищий показник відносного середнього рівня неоднорідності поверхні емалі серед обстежених, що використовували препарат ремінералізуючої терапії, констатований у зразках постійних зубів пацієнтів 15-16 років, який складав 88,13 % та був статистично вищим, ніж у дітей 11-13 років (40,14 %, $p < 0,01$) та в обстежених 13-15 років (64,56 %, $p < 0,01$).

Привертає увагу те, що серед зразків постійних зубів пацієнтів, яким не проводилось лікування, найвищий показник відносного середнього рівня неоднорідності поверхні емалі також констатований у дітей вікової групи 15-16 років і був на рівні 80,25 %, що статистично більше, ніж у обстежених 11-13 років (32,18 % $p < 0,01$) та в обстежених 13-15 років (55,19 %, $p < 0,01$).

Так, була документована статистично значна відмінність у використанні ремінералізуючої терапії при порівнянні ступеня мінералізації поверхневої зони емалі постійних зубів у обстежених дітей 15-16 років.

Показник відносного середнього рівня неоднорідності поверхні емалі у зразках постійних зубів обстежених 15-16 років був статистично вищим від аналогічних показників, що були зареєстровані у пацієнтів 11-13 та 13-15 років ($p < 0,01$).

Висновки.

1. Дослідження процесів мінералізації поверхневої зони емалі постійних зубів у дітей виявило, що мікроскопічні зміни характеризуються зменшенням загальної кількості нерівностей поверхні емалі та підвищенням показників її блискучості та згладженості із наближенням до стадії стабілізації структурного складу у період 15-16 років.

2. У поверхневих зонах емалі постійних зубів дітей, віком 15-16 років, відзначалися виражені мікроскопічні відмінності між обстеженими (з проведенням ремінералізуючої терапії гелем «Tooth Mousse») та порівняльними (без проведення ремінералізуючої терапії) групами зразків емалі, різниця між котрими за показниками відносного середнього рівня

неоднорідності поверхні є статистично значною ($p < 0,01$), а також статистично відрізняється, від аналогічних показників, що були зареєстровані у вікових періодах 11-13 та 13-15 років ($p < 0,01$).

3. Отримані результати можуть бути підґрунтям доцільності реалізації схем профілактики каріозної патології на ранніх стадіях вторинної мінералізації (відразу після прорізування) та протягом усього періоду її інтенсивної фази, що в подальшому сприятиме стабілізації карієсрезистентної структури емалі зубів.

Перспективи подальших досліджень. Вивчити найближчі та віддалені результати застосування запропонованої ремінтерапії для лікування та профілактики початкового карієсу постійних зубів у дітей.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

References.

1. Demchyha GR. Prognozuvannya karies resystentnosti emali na osnovi odontoglifiky pershykh nuzhnykh postijnykh molyariv. 2002;5:44-8.
2. Bezvushko EV. Prophylaktyka kariesu zubiv u ditej, yaki prozhuvayut u nespryiatlyvykh umovakh dovki-ly. Visnyk problem biologii I medycyny. 2014;3:338-42.
3. Hladka OM. Vplyv kariesoprophylaktychnykh zasobiv na resystentnist email v pacientiv iz vysokym rivnem intensyvnosti kariesu zubiv. Ukrainskyy stomatolo-hichnyy almanakh. 2013;6:78-81.
4. Nazaryan RS, Udovychenko NN, Spirydonova KY, Komarov AK. Opredileniye riska vosnikoveniya ka-riiesa postoyannykh zubov u detej 6 let g. Kharkova. Ukrainskyy stomatologichnyy almanakh. 2013;5:78-80.
5. Medvedyeva MB, Fedyanovych IM. Endogenna korekciya mineralnogo skladu rotovoi ridyny v osib z gostym pochatkovym kariesom. Ukrainskyy naukovomedychnyy molodizhnyy zhurnal. 2010;3-4:65-8.
6. Khomenko LO, Ostapko OI, Duda OV. Ekologichni aspekty stomatologichnykh zakhvoryuvan u ditej. Klinichna stomatologiya. 2014;1:53-63.
7. Savychuk NO. Innovacijni pidkhody do prophylaktyky kariesu zubiv u ditej I vagitnykh zhinok. Sovremennaya stomatologiya. 2013;5:50-5.
8. Shynkevych VI. Argumenty za ta proty pryznachennya preparative calciyu z metoyu prophylaktyky kariesu. Sovremennaya stomatologiya. 2012;5:48-50.

UDC 616.314.13+613.95

ASPECTS OF SURFACE ENAMEL MINERALIZATION IN PERMANENT TEETH OF CHILDREN FROM DIFFERENT AGE GROUPS

R.P. Oliinyk, V.S. Khabchuk, M.M. Rozhko, I.R. Kostiuk, O.V. Atamanchuk

Ivano-Frankivsk National Medical University, Department of Postgraduate Dentistry, Department of Pediatric Dentistry, Department of Histology, Cytology and Embryology, Ivano-Frankivsk, Ukraine
ORCID ID:0000-0002-7586-6664,

e-mail: roliinyk@ifnmu.edu.ua
ORCID ID:0009-0005-5195-7501,
e-mail: vhabchuk@ifnmu.edu.ua
ORCID ID:0000-0002-6876-2533,
e-mail: stomatfpo@ifnmu.edu.ua
ORCID ID:0009-0004-6043-9514,
e-mail: ikostiuk@ifnmu.edu.ua
ORCID ID:0000-0002-9209-4731,
e-mail: oatamanchuk@ifnmu.edu.ua

Abstract. The purpose of our study was the examination of external surface enamel mineralization in permanent teeth of children from different age groups. We examined sections of 50 extracted for orthodontic indications premolars in patients from different age groups.

A study of 16 teeth was conducted in 11-13 years old children, 8 teeth were investigated in each group of 13-15 years old, as well as 9 teeth in 15-16-year-old patients. All patients were appointed with remineralization therapy during the first six months after tooth eruption followed by application of "Tooth Mousse" ones a day for 2 weeks every six months with appropriate monitoring.

The comparison group, on the other hand, consisted from extracted teeth taken from children who were not subjected to any preventive remineralization measures. The distribution by age and the studied material was identical to the main group.

Segmentation of the teeth was carried out after the tooth extraction with separation of the crown structure and further polishing of the crown using polishing brushes without pastes. Sections 0.3-0.5 mm thick were formed with a diamond disc.

The enamel samples were cleaned and degreased and then examined in a polarizing microscope (Optika B-150POL-B 40x-640x Bino) at a magnification in 500 times. The description of the enamel microscopic surface was carried out according to the following parameters: surface heterogeneity, surface opaqueness/shininess, surface roughness/smoothness. The surface homogeneity was assessed by calculating the ratio of identified surface areas that visually differed from the overall enamel texture, which was characteristic of the predominant investigated surface enamel.

There were criteria for evaluating the enamel surface heterogeneity according to the research data in a polarizing microscope: the presence of numerous well-defined cracks, the visualization and number of areas from which the enamel prisms extend, the presence and number of enamel surface irregularities confirmed by a change in the direction of the light beam, the percentage of surface homogeneity, which was calculated as the ratio of the area of the visually homogeneous enamel surface to the area with any microscopically detected changes.

To assess the opacity of the enamel surface by the microscopic polarization study, the criteria of visual assessment of shiny and dark areas of interest were used. The study suggested that microscopic changes are characterized by a decrease of total number in enamel surface irregularities and an increase of its glossiness and smoothness at the approach of structural compositional stabilization at 15-16 years.

The analysis also revealed that there were marked microscopic differences observed in enamel of 15-16 years

old after remineralization with the "Tooth Mousse" gel and a comparison group (without remineralization therapy). The difference between them is reliable ($p < 0.01$) according to the indicators of the relative average level of surface heterogeneity, and also statistically different from similar indicators that were registered in the age groups 11-13 and 13-15 years old ($p < 0.01$).

The gained results can be considered as the expediency grounds for implementation of dental caries

prevention at the early stages of secondary mineralization (immediately after eruption) and throughout the entire period of its intensive phase, which will further contribute to the stabilization of the caries-resistant enamel.

Keywords: enamel mineralization, enamel demineralization, surface enamel zone, enamel, enamel caries, caries resistance, permanent tooth, a child.

Стаття надійшла в редакцію 16.06.2024 р.

Стаття прийнята до друку 26.09.2024 р.