

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

СКРИПНІКОВ ПЕТРО МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 611.314:611.013/018+612.311.1

**РОЗВИТОК
ТА СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ
ЕМАЛІ ЗУБІВ ЛЮДИНИ**

14.03.01 – нормальна анатомія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора медичних наук

Харків - 2003

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українській медичній стоматологічній академії МОЗ України (м. Полтава).

Науковий консультант: доктор медичних наук, професор **Максимук Юрій Олександрович**, Українська медична стоматологічна академія (м. Полтава), професор кафедри анатомії людини.

Офіційні опоненти:

заслужений діяч науки і техніки України, лауреат державної премії України, доктор медичних наук, професор **Ковешніков Володимир Георгійович**, Луганський державний медичний університет МОЗ України, завідувач кафедри нормальної анатомії людини;

доктор медичних наук, професор **Козлов Володимир Олексійович**, Дніпропетровська державна медична академія МОЗ України, завідувач кафедри нормальної анатомії;

доктор медичних наук, професор **Шапаренко Павло Пилипович**, Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова МОЗ України, завідувач кафедри анатомії людини.

Провідна установа:

Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця МОЗ України, м. Київ, кафедра анатомії людини.

Захист відбудеться “___” _____ 2003 року об _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.600.03 при Харківському державному медичному університеті МОЗ України (61022, м. Харків-22, проспект Правди, 12).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського державного медичного університету (61022, м. Харків-22, проспект Леніна, 4).

Автореферат розісланий “___” _____ 2003 року.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат медичних наук, доцент

Терещенко А.О

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Емаль – це особливий анатомічний утвір коронки зуба. Як тканина емаль становить собою епітеліальну позаклітинну речовину, яка своєю твердістю перевищує всі мезенхімальні утвори людини (дентин, цемент, кістка) [Фалин Л.И., 1976; Хем А., Кормак Д., 1983; Быков В.Л., 1999]. Дані вітчизняної та зарубіжної літератури, присвячені ембріогенезу емалі, свідчать, що становлення її гістоструктурних компонентів відбувається вже на початкових етапах ембріогенезу та зумовлене особливостями клітинного диференціювання енамелобластів [Mattiesen M.E., Romert P., 1980; Гемонов В.В., 1999].

Сучасними зарубіжними імуногістохімічними дослідженнями [Eastoe J.E., 1964; Deutsch D., 1989; Paine C.T., 1998] виявлені три типи енамелобластів: проамелобласт, секреторний та диференційований.

Проамелобласт синтезує вздовж емалево-дентинної межі білок емалі – тафтелін, секреторний енамелобласт створює непризматичну емаль завдяки синтезу білка емалі – енамеліну. Диференційований енамелобласт продукує в призматичній емалі білок амелогенін, що створює основу для її мінералізації.

Разом з тим, взаємовідношення клітинних елементів під час формування емалевого органа в різні періоди ембріогенезу до кінця не встановлені [Thesleff I. et al., 1987]. Проте проведений аналіз літератури свідчить, що становлення рельєфу зуба зумовлене наявністю двох полів: моляризації та інцизивації [Дальберг А.А., 1961; Зубов А.А., 1981]. З'ясування переваги того чи іншого поля може визначати як генотипні, так і фенотипні індивідуальні ознаки всіх класів зубів.

Згідно з фенотипною точкою зору, малюнок коронки різних класів зубів людини формується протягом усієї еволюції і характеризується наявністю особливих ознак – фенів, які нерівномірно успадковуються в окремих расах та етносах [Зубов А.А., Халдеева Н.И., 1989]. Разом з тим, здебільшого в зарубіжних працях [Gwinnett A. J., 1976; Hershkovitz P., 1990] зазначається перевага фено-

типного прояву одонтологічних ознак коронки різних класів зубів, які зумовлюють домінантне спадкування бугрів, стилів, ямок, борозен.

Не менш важливим є визначення тканинної структурно-функціональної одиниці емалі як у підвищених, так і в знижених ділянках коронки різних класів зубів.

У зв'язку з цим, теоретичний і практичний інтерес становить вивчення ультраструктурних особливостей розташування пучків емалевих призм на різних ділянках коронки (буграх, екваторі, шийці) з урахуванням багатокомпонентності емалі та розподілу її на призматичну, непризматичну частини і міжпризматичну речовину.

Морфологічними показниками біомінералізації емалі є ритмічні лінії Ретціуса [Фалин Л.И. 1996, Зубов А.А. 1989]. Вони відображають добову, тижневу, місячну та річну періодичність відкладення в емалі кристалів гідроксиапатиту. Однак механізм біомінералізації в цих морфологічних структурах вивчений недостатньо, тому в літературі наявні різні, часом протилежні точки зору як на сам процес біомінералізації, так і на життєдіяльність самої емалі [Боровский Е.В., 1984; Окушко В.Р., 1995].

Нарешті, істотним є з'ясування питання про особливості та механізми біомінералізації емалі. Відповідно до вирішення цього питання можна з'ясувати суто практичні аспекти стоматології, такі як формування структури, мікротвердість і електроопір емалі, а також обґрунтувати вибір методів і способів профілактики карієсу.

Вищенаведені факти стали визначальними у виборі об'єкта, мети і задач нашого дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана відповідно до плану наукових досліджень Української медичної стоматологічної академії. Є фрагментом Державної програми, що виконується співробітниками УМСА, "Механізми ушкодження зубощелепної системи, рези-

стентність організму й обґрунтування способів профілактики, терапії і реабілітації основних стоматологічних захворювань" (шифр 01970018550, код 1).

Автор є завідувачем антропоодонтологічної лабораторії, яка об'єднує співробітників як морфологічних кафедр, так і практичної стоматології. На базі цієї лабораторії автор виконав макро-, мікро- та ультраструктурні дослідження емалі зубів людини. Крім того, автором особисто на базі інституту "Монокристал" (м. Харків) проведене вивчення біомінералізації емалі та її мікротвердості.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження стало комплексне багатопланове вивчення морфогенезу емалі коронки різних класів зубів людини на різних структурно-організаційних рівнях, установа ембріо-, гістогенезу, фізико-хімічних властивостей структурних елементів емалі.

Досягнення цієї мети забезпечується розв'язанням таких задач дослідження:

1. Вивчення періодів тканинного диференціювання, що виникають у процесі ембріонального розвитку;
2. З'ясування процесів гомології та редукції, що виникають під час морфогенезу коронки зубів різних класів;
3. Визначення гістотопографічних особливостей емалі в підвищених та знижених ділянках коронки зуба;
4. Виявлення ультраструктурної організації призматичної, непризматичної та міжпризматичної речовини;
5. З'ясування процесів біомінералізації ліній Ретціуса та інших морфологічних утворів емалі коронки зуба;
6. Визначення особливостей будови добових, тижневих, місячних і річних ліній Ретціуса;
7. Виявлення мікротвердості та електроопору підвищених та знижених ділянок коронки зуба.

Об'єкт дослідження: ембріогенез, онтогенез та становлення біомінералізації емалі зубів людини в постнатальному періоді.

Предмет дослідження: матеріалом для дослідження послужили 163 зуби померлих у віці від 18 до 30 років унаслідок нещасних випадків, які потрапили до Полтавського судово - медичного бюро (отриманий дозвіл від управління охорони здоров'я Полтавської обласної держадміністрації і Полтавської обласної прокуратури). Забиралися лише ті зуби, які не мали каріозного та флюороозного ушкодження. Також використовувалися зуби, вилучені за ортодонтичними показаннями. Були виготовлені 32 товсті та 181 тонкий шліф зубів. Для вивчення ембріогенезу окремих груп зубів використовували 10 ембріонів і 4 мертвнонароджені плоди.

Методи дослідження: одонтологічні (з використанням забарвлення еріохромом-Т чорним), гістологічні (виготовлення товстих та тонких шліфів різних груп зубів), гістохімічні (забарвлення ШИК, альціановим синім, за Хартом, способом Маллорі), електронномікроскопічні, сканувальна електронна мікроскопія. Фізико-механічне дослідження та вивчення хімічного складу визначених морфологічних елементів емалі різних груп зубів проведене з використанням сканувального мікроскопа з системою енергодисперсного рентгенівського мікроаналізу. Отримані цифрові дані опрацьовані на персональному комп'ютері з використанням варіаційної статистики, кореляційного та інформаційного аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше встановлена наявність чотирьох періодів тканинного диференціювання у процесі ембріогенезу емалі: оотипний, цитотипний, дивергентний, тканинно-специфічний. В оотипному періоді спостерігається нейротрансмітерна інтеграція клітинних елементів зубної пластинки. В цитотипному періоді завдяки контакту проамелобластів з одонтобластами зубного сосочка формується сітчастий шар, а в дивергентному секреторні енамелобласти продукують непризматичну емаль. Нарешті, в тканинноспецифічному періоді зрілі енамелобласти формують емалеві призми.

У результаті проведеного дослідження виявлені одонтологічні показники морфогенетичних полів моляризації та інцизивації. Перше з них визначається кількістю бугрів та борозен, що їх відокремлюють, а також вираженістю ямок, в які вони впадають. Друге морфогенетичне поле – інцизивації - характеризується наявністю стилоїдних горбиків та додатковими борозенками, що їх відокремлюють. Наявність крайніх індивідуальних типів коронки різних класів зубів зумовлена фізіологічною редукцією морфогенетичних полів.

Мікроскопічним дослідженням виділена структурно-функціональна тканина одиниця емалі, яка складається з пучка емалевих призм, відокремленого від зовнішнього середовища кутикулою. Кожен пучок відділений від іншого ламелами, а від дентину - сітчастим шаром та непризматичною емаллю. Перший краще виражений у стілях, а другий - у буграх.

Ультраструктурно в непризматичній емалі визначена наявність фенестрованих, а в сітчастому шарі – нефенестрованих отворів, які впливають на процеси біомінералізації емалі. Вона має ритмічний характер і проявляється добовими, тижневими та місячними лініями Ретціуса.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблений оригінальний спосіб забарвлення коронки зубів для макроскопічного дослідження та діагностики фісурного карієсу, захищений деклараційним патентом України на винахід. Використовуючи цей спосіб, були проведені серійні макроскопічні дослідження, які стали основою для написання “Атласу одонтогліфіки людини”. Теоретичні дані одонтологічних показників крайніх індивідуальних класів зубів, викладені в “Атласі одонтогліфіки людини”, впроваджені в навчальний процес на кафедрах морфологічного профілю Української медичної стоматологічної академії, Дніпропетровської державної медичної академії в лекційний курс та практичні заняття для студентів стоматологічного факультету. Спосіб діагностики карієсу, на який отримано деклараційний патент України, впроваджений у роботу терапевтичного відділення Полтавської обласної стоматологі-

чної поліклініки, гістохімічної лабораторії Полтавського обласного патологоанатомічного бюро, обласного бюро судово-медичної експертизи м.Полтави.

Запропонований метод одержання товстих та тонких шліфів зуба може бути використаний для вивчення інших твердих тканин (дентин, цемент, кістка).

Розширені та уточнені відомості щодо особливостей розвитку фісурного карієсу залежно від будови ямок та борозен можуть бути використані в клініці дитячої та терапевтичної стоматології для розробки профілактичних заходів.

Особистий внесок здобувача. Автором самостійно проведений експертний аналіз проблеми, визначені об'єкт, мета і задачі дослідження, накопичений матеріал, підібрані адекватні методи дослідження. Анатомічне, гістологічне, електронномікроскопічне та ультраструктурне дослідження матеріалу, математична обробка цифрових даних, написання розділів дисертації, публікацій за темою дослідження автором проведені самостійно.

Апробація результатів дослідження. Матеріали дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на: науково-практичній конференції "Принципи пропорції, симетрії, структурної гармонії і математичного моделювання в морфології", Вінниця, 1997 рік; I з'їзді Асоціації стоматологів, Київ, 1998 рік; науковій конференції Міжнародної академії інтегративної антропології, Полтава, 1999 рік; науково-практичній конференції "Функціональна морфологія і клінічна медицина", Ростов-на-Дону, 2000 рік; IV міжнародному конгресі з інтегративної антропології, Санкт-Петербург, 23-25 травня, 2002 рік; ювілейній науково-практичній конференції "Розвиток і становлення стоматології в Україні", Полтава, 11-12 жовтня, 2002 рік; III Національному конгресі анатомів, гістологів, ембріологів і топографоанатомів, Київ, 2002 рік.

Публікації. За темою дисертації опубліковані 27 робіт, із них у професійних наукових виданнях, ліцензованих ВАК України, - 21 стаття, 15 з яких самостійні; видано 2 атласи; отриманий деклараційний патент на винахід №.35937 А.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація викладена державною мовою на 326 сторінках, із яких 261 сторінка залікового принтерного тексту, і складається із вступу, аналітичного огляду літератури, матеріалів та методів дослідження, п'яти розділів власних досліджень, обговорення результатів дослідження, висновків, практичних рекомендацій та списку літературних джерел. Робота ілюстрована 130 рисунками та 7 таблицями, 13 діаграмами. Літературні джерела містять 340 робіт, із яких 165 викладені кирилицею, 175 – латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Матеріал і методи дослідження. Матеріалом для дослідження стали 163 зуби померлих, загиблих від нещасних випадків унаслідок автотравми або гострого алкогольного отруєння, які надійшли до Полтавського судово – медичного бюро. У кожному конкретному випадку виключали можливу соматичну патологію, яка могла б відбитися на мінералізації емалі. Окрім того, брали тільки ті зуби, які не мали каріозного або флюорозного ураження. Для виключення патологічного чи фізіологічного стирання зуби забирали у загиблих віком від 18 до 30 років, коли постійні зуби вже прорізались, а фізіологічне стирання ще слабо виражене. Розподіл матеріалу за окремими групами зубів верхньої і нижньої щелеп представлений у таблиці 1. У частині випадків (для проведення електрофізичних досліджень із подальшим хімічним аналізом умісту мікроелементів і сканувальної електронної мікроскопії) брали окремі групи зубів (5 різців, 2 ікла, 18 премолярів, 6 молярів верхньої і нижньої щелеп), видалених за ортопедичними показаннями.

Нарешті, матеріалом для вивчення ембріогенезу окремих груп зубів служили ембріони та мертвонароджені плоди. Визначення віку ембріонів та плодів здійснювали шляхом підрахунку сомітів, а також стандартними методами вимірювання, згідно з Л.И. Фалиным (1976). Установлено, що чотири ембріони мають вік 3-4 тижні внутрішньоутробного розвитку, що відповідало стадії за-

кладення зубної пластинки. У шести ембріонів та двох плодів 10-24 тижнів внутрішньоутробного розвитку виявлене формування емалевого органа на стадії дзвона. Нарешті, пізній фетальний період представлений двома плодами 24 – 36 тижнів внутрішньоутробного розвитку, коли окремі зуби перебувають на стадії утворення фолікула.

Таблиця 1

Розподіл матеріалу залежно від класу зубів

Класи зубів	Щелепа	
	Верхня	Нижня
Різці		
Центральні	10	11
Латеральні	12	11
Ікла	10	12
Премоляри		
Перші	10	11
Другі	12	11
Моляри		
Перші	10	11
Другі	12	11
Треті	4	5

Сукупність матеріалу дозволила нам провести поглиблене одонтологічне, гістологічне та гістохімічне, електронномікроскопічне, фізико - хімічне дослідження, а також вивчити хімічний склад визначених морфологічних елементів емалі різних класів зубів.

Одонтологічні дослідження різних груп зубів (молярів, премолярів, іклів та різців) верхньої і нижньої щелеп проводилися згідно з рекомендаціями А.А.Зубова (1974), Q.Gwinnetta (1981) та P.Hershkovitz (1980), які ввійшли до світової класифікації анатомічних утворів коронки зубів різних класів. Однак,

для більш глибокої ідентифікації підвищених (бугри, стилі, гребені) та знижених (ямки, борозни) анатомічних утворів коронки зуба нами вперше запропонований метод забарвлювання еріохромом-Т чорним, на який одержаний патент № 35937 А.

Суть розробленого методу забарвлювання така: як барвник використали еріохром-Т чорний у вигляді порошку, який втирали в жувальну поверхню зуба протягом 3 – 5 хв.

Після вищеприписаного гістохімічного забарвлювання проводилося фотографування рельєфу поверхні різних груп зубів за допомогою спеціального цифрового фотоапарата “Minolta DIMAGE 7”. Результати фотографування вносилися до комп’ютера Pentium III. Далі на екрані комп’ютера робили замальовки контурів підвищених та знижених ділянок коронки зуба і одержували схеми різних груп зубів, за якими проводилась ідентифікація окремих одонтологічних ознак за певним алгоритмом.

На першому етапі одонтологічного дослідження в молярах і премолярах, іклах верхньої й нижньої щелеп визначалася кількість бугрів, відокремлених борозенками, а також кількість ямок, у які вони впадають.

На другому етапі в премолярах, іклах і різцях верхньої й нижньої щелеп установлювалася наявність стилоїдних бугрів, відокремлених додатковими борозенками.

На третьому етапі одонтологічного дослідження виявили наявність стилоїдних горбиків у вигляді екзостилія та горбика Карабеллі в молярах верхньої щелепи і горбика Карабеллі–де-Йонга - в молярах нижньої щелепи.

Нарешті, на четвертому етапі залежно від ступеня виразності в різцях верхньої та нижньої щелеп стилоїдних горбиків (дисто-, мезіо- й екзостилів) виявляється їхня анатомічна форма: прямокутна, трикутна, овоїдна або штифтоподібна.

Проведене алгоритмізоване одонтологічне дослідження дозволяє встановити не тільки подібність (гомологію) малюнка рельєфу поверхні різних груп зубів, але й визначити ступінь редукції окремих утворів коронки зуба.

Після визначення одонтологічного статусу різних груп зубів відбирали найбільш типові моляри, премоляри, ікла, різці верхньої та нижньої щелеп для вивчення гістоструктурних особливостей їхньої емалі. Це проводилося шляхом напрямленого розпилювання шліфів як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках щодо коронки зуба. Шліфи зубів одержували на спеціально сконструйованому верстаті, особливістю конструкції якого є наявність алмазних дисків. Сконструйована трансмісія на цьому апараті дозволяє розрізати зуби в заданому напрямку при малих обертах. Це вкрай важливо для збереження мінерального складу й органічного матриксу емалі, які при великих обертах алмазного диска внаслідок тертя і високої температури звичайно згорають. На вказане обладнання одержана рац.пропозиція 675432876 та подана заявка на винахід.

Вертикальні розтини різних груп зубів були орієнтовані на підвишені анатомічні утвори (бугри, стилі, гребені), а також на знижені ділянки коронки: ямки, борозни і борозенки.

Поперечні розтини різних груп зубів проводилися на рівні шийки, екватора, ріжучої або жувальної поверхні їхніх коронок. При цьому на жувальній поверхні молярів і премолярів нижньої та верхньої щелеп зішліфовувалася частина підвищених над поверхнею визначеного бугра, гребеня або стиля. Це дало нам можливість вивчити гістотопографію вказаних морфологічних утворів.

З одержаних поздовжніх та поперечних розпилів коронки різних груп зубів під контролем лупи проводилося шліфування з використанням алмазної пасти, видаляючи залишки в проточній воді з періодичним зануренням в абсорбуючий розчин трилону Б. Одержані таким чином товсті шліфи гістохімічно забарвлювали ШИК + альціановим синім, крім того, в окремих випадках для визначення ступеня проникності емалі шліфи дозабарвлювались 1% водним

розчином метиленового синього. Забарвлені товсті шліфи фотографувалися у відбитих променях (епімікроскопія) на спеціально створеному верстаті, а також у люмінесцентному мікроскопі.

Тонкі шліфи виготовлені після одержання товстих та їх поздовжнього розтину. При цьому спочатку поздовжні та поперечні розтини зубів проводилися з одержанням пластинки завтовшки 1 – 2 мм, а потім одну з поверхонь наклеювали на предметне скло. Шляхом ручного шліфування в алмазній пасті товщина шліфа доводилася до 30 – 50 мкм. Потім проводилося забарвлювання шліфів кількома гістохімічними методами. Забарвлювання ШИК + альціановим синім дозволяє віддиференціювати емаль блакитного кольору від дентину, забарвленого в червоний колір.

Комбіноване забарвлювання ШИК + альціановим синім + способом Харта давало можливість визначити в емалі волокнисті структури (ламели, емалеві куштики) міжпризматичної речовини. Гістохімічне забарвлювання на фібрин способом Маллорі внаслідок, очевидно, фізико-хімічної спорідненості з білком емалі амелогеніном сприяло виявленню його залишку в емалевих призмах. Нативні та забарвлені тонкі шліфи вивчали в прохідному та поляризаційному світлі при різних збільшеннях мікроскопа. Використання поляризаційної мікроскопії дало можливість міркувати про ступінь мінералізації емалевих призм та їхні вигини на лініях Ретціуса.

Застосований комплекс гістохімічних методів забарвлювання та різноманітних видів мікроскопії дозволяє отримати нові дані щодо стану основних тканинних елементів емалі: призматичної та міжпризматичної частин.

Більш глибоке вивчення цих тканинних частин емалі проведене за допомогою сканувальної та трансмісійної електронної мікроскопії. Екстраговані зуби фіксували в 4% розчині глютаральдегіду на какодилатному буфері. Після фіксації механічно відокремлювали коронку від кореня, розколювали в різних напрямках. Дослідний зразок наклеювали електропровідним срібним клеєм на спеціальний тримач, поміщали у вакуумну установку та напиляли золотом. На-

пилену поверхню зразка вивчали за допомогою сканувального електронного мікроскопа “Novoscan 30”. З поверхні тих же зубів готували вугільні репліки і вивчали в трансмісійному електронному мікроскопі “Tesla-B S-613”.

Особливе місце серед методів дослідження займає вивчення матеріалу щодо ембріогенезу емалі, яке проводилося двома напрямками.

Перший напрямок вивчення ембріогенезу емалі стосувався питання з'ясування особливостей тканинного диференціювання окремих стадій емалевого органа. Для досягнення цієї мети забирали шматочки верхньої та нижньої щелепи і після фіксації в 10% розчині нейтрального формаліну та парафінової проводки зрізи забарвлювали гематоксилін – еозин, пікрофуксином за Ван – Гізон, ШИК + альціановим синім та способом Харта.

Другий напрямок передбачав вивчення особливостей цитодиференціювання окремих типів проамелобластів із використанням трансмісійної електронної мікроскопії. З цією метою шматочки верхньої і нижньої щелеп ембріонів мертвнонароджених спочатку фіксували в 4% розчині глютарового альдегіду на фосфатному буфері при рН – 7,4. Потім проводилося зневоднення шматочків у спиртах висхідної концентрації та заливка в ЕПОН – 812. Ультратонкі зрізи з блоків готували на ультратомі УМТП – 1 за допомогою скляних ножів. Спочатку одержували напівтонкі зрізи та після забарвлювання толуїдиновим синім вивчали гістоструктуру емалевого органа. Потім проводилося прицільне загострення пірамід, орієнтоване на шар енамелобластів. Контрастування зрізів спочатку проводилося в 2-5% розчині уранплацетату, а потім - цитратом свинцю за Рейнольдсом.

Вивчення та фотографування об'єктів здійснювали в електронному мікроскопі ЕВМ – 100Б, установленому в УМСА, при транспортній нарузі 75 кВт та при первинному збільшенні на екрані мікроскопа в 3000 – 30000 разів.

Методом електроннозондового мікроаналізу на сканувальному мікроскопі JSM-820 із системою енергодисперсного рентгенівського мікроаналізу Link AN 10/85s досліджувалась однорідність хімічного складу зразків. Комплекс за-

безпечений детекторами вторинних та відбитих електронів, що дозволяє одержати зображення поверхні в топографічному та композиційному контрасті. Режим вторинних електронів використовується для вивчення морфологічної поверхні з дозвільною здатністю 10 нм. Режим відбитих електронів дає контраст за середнім атомним номером і використовується для виявлення мікророзбіжностей складу. В цьому режимі мікроділянки з великим атомним номером виглядають більш яскравими, що дозволяє виявити розбіжності складу зразка зі здатністю близько 100 нм (глибина виходу відбитих електронів). Різні фази зубної тканини подібного складу не дають гарного контрасту в режимі відбитих електронів, але мають морфологічні відмінності, що дозволяє виявити їх у режимі вторинних електронів. Режим відбитих електронів використовується для відбору аналізованих ділянок, вільних від забруднення та сторонніх включень. Склад визначається за допомогою Si (Li) детектора рентгенівського випромінювання з енергетичною можливістю 148 eV та кутом виходу 40 градусів. Аналізуються елементи, починаючи з бору. Але кількісний аналіз елементів з атомним числом менше 11 неможливий через більшу статичну помилку аналізу за легкими елементами. Для досягнення теоретичної точності аналізу (1-5 відп.%) аналізована поверхня має відповідати таким вимогам: відсутність шорсткості (0,2 – 0,5 мкм), відсутність бруду і висока електропровідність для усунення ефекту підзарядки. З цією метою на поліровану поверхню сколу зразків методом термічного напilenня у вакуумній установці ВУП – 5 наносилася тоненька (близько 50 нм) плівка вуглецю. Така товщина плівки достатня для усунення ефектів підзарядки і мало позначається на поглиненні рентгенівського випромінювання.

Кількісний аналіз проводився на полірованій поверхні зразків при прискореній напрузі 20 кВ за такими лініями характеристичного рентгенівського випромінювання: CaK α , SiK α , MgK α , AlK α , KK α , NaK α , FeK α , PK α , SK α , ClK α . Локальність мікроаналізу в цих умовах складала 1 – 3 мкм. Розрахунок кількісного вмісту елементів проводився за стандартним методом ZAF – поправок (по-

правки на атомний номер поглинання та флуоресценцію) з використанням як еталонів таких сполук: CaSiO_3 , MgO , Al_2O_3 , Si , KAlSi_3O_8 , $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$, Fe , CaP , FeS_2 , KCl . Уміст кисню визначали за стехіометрією. Результати нормувалися до 100% для того, щоб уникнути статистичної помилки, пов'язаної з нестабільністю приладу. Вимірювання проводилося методом аналізу від точки до точки з вибором найбільш сприятливих для аналізу ділянок (відсутність шорсткості, бруду та крупних включень, які зустрічаються через неякісну підготовку шліфа). Склад емалі визначали на поверхні шліфа (примежова ділянка), оскільки на поверхні зуба важко знайти ділянку, вільну від сольових відкладень.

Об'єктами електрофізичного дослідження слугували інтактні зуби, як вітальні, так і екстраговані за медичними показаннями. Повний цикл дослідження проводився за такою схемою.

Вимірювання омичного опору емалі вітальних зубів на різних ділянках (бугри, фісури, зона шийки). Зуби екстрагувалися за медичними показаннями.

Вимірювання омичного опору екстрагованих зубів на тих же ділянках.

Одержання товстих поздовжніх та поперечних шліфів. Дослідження мікротвердості емалі на відповідних шліфах.

Вивчення омичного опору проводили на всіх групах зубів у таких характерних точках: різці – зона шийки, ріжучий край; ікла – зона шийки і рвучий бугор; премоляри – зона шийки, бугри, стилі, фісури; моляри – зона шийки, бугри, стилі, фісури.

Для вимірювання опору зуб поміщали в спеціальну кювету з фізичним розчином (рівень розчину відповідав рівню шийки зуба). Пасивний електрод поміщали у фізіологічний розчин.

Мікротвердість за Векслером вимірювали за допомогою приладу ПМТ-3 при навантаженні на індептор 0,5Н. Величину мікротвердості визначали за формулою:

$$H_v = \frac{1,854P}{d^2}$$

де P – навантаження на індептор, d – діагональ відбитка.

Дослідження мікротвердості проводили на поздовжніх та товстих поперечних шліфах. З цією метою зуби розрізували таким чином, що площина розтину проходила через структури емалі, які нас цікавили: бугри, стилі та фісури. Таким чином, використаний матеріал та проведений комплекс запропонованих методів дозволили нам вивчити структурно-функціональні особливості емалі на організмовому, органному, тканинному, клітинному, субклітинному та молекулярному й анатомічному рівнях.

Результати досліджень та їх аналіз. Вивчення клітинного, тканинного диференціювання емалевого органа нами проведене на таких стадіях: 1) зубної пластинки; 2) утворення купола; 3) формування дзвона; 4) розвиток фолікула зуба.

На стадії зубної пластинки в клітинах епітелію базального шару визначається значна кількість глікогену, в той час як у поверхневих придермальних клітинах ультраструктурно виявлені особливі нейросекреторні гранули, що свідчать про нейротрансмітерну її функцію. Це означає наявність оотипного періоду тканинного диференціювання, характерного для формування ембріональних зачатків різних органів.

На стадії купола виникає внутрішній шар епітелію емалевого органа, клітини якого за допомогою відростків контактують із відростками одонтобластів зубного сосочка. Уздовж усього емалево-дентинного кордону формуються проамелобласти з багатьма фігурами мітозу. В інтерфазних проамелобластах ядерно-цитоплазматичне співвідношення високе, ультраструктурно виявлені ознаки синтезу у фібрилах сітчастого шару, що свідчить про наявність цитотипного періоду диференціювання.

На стадії дзвона в епітеліальних клітинах емалевого органа збільшуються розміри цитоплазми за збереження об'єму ядра, що характерно для дивергентного періоду тканинного диференціювання. Ультраструктурно визначаються секреторні енамелобласти, які мають у відростках Томса велику кількість про-

та секреторних гранул. Уздовж усього сітчастого шару утворюється непризматична емаль, представлена більш тонкими фібрилярними структурами.

Нарешті, на стадії фолікула зуба спостерігається тканинноспецифічний період із формуванням диференційованими емалобластами призматичної емалі. При цьому починається органогенез коронки різних молярів та різців. У молярах нижньої щелепи виявлені дві складові коронки – тригон і талон, тоді як у різцях помітний лише один – дещо редукований тригон. Тригон у молярах представлений трьома буграми, які відділені від талона однією ямкою, а талон має три, два або один горбик, відповідно дві ямки.

На стадії фолікула коронка різців має тільки один бугор і не має ямок, хоча на вестибулярній або латеральних поверхнях іноді виявляються відмінні від бугрів емалеві утвори (стилі), товщина непризматичної емалі яких дещо більша в порівнянні з основними буграми тригона і талона.

На основі одержаних даних про періоди тканинного та клітинного диференціювання зроблений висновок про наявність у процесі морфогенезу двох полів: моляризації та інцизивації, які по-різному проявляються в різних класах зубів верхньої та нижньої щелеп. У процесі дослідження жувальної поверхні молярів та премолярів вивчена гомологічність малюнку як підвищених, так і знижених ділянок коронки зубів.

Таким чином, результати проведених досліджень переконливо свідчать, що між усіма видами зубів верхньої і нижньої щелеп є гомологія. Так, у великих кутніх зубах і нижніх малих кутніх зубах, незважаючи на кількість горбиків (6, 5, 4 чи 3), кожний із них відмежовується певною борозною. Хоча залежно від ігрек (Υ) або плюс (+) узорів, обумовлених наявністю дистального чи основного гребенів, конфігурація борозен дещо змінюється. Це спостерігається також за наявності кількості ямок у цих видах зубів. Щодо стилів і борозен, які їх відокремлюють, то тут виявлена певна закономірність: за наявності екзостилія їх відмежовує додаткова борозна.

За наявності мезіостилів і дистостилів є відповідно IIa і IVa додаткові борозни. Такий принцип гомології відмежування стилів зберігається у малих кутніх зубах, іклах і різцях верхньої щелепи. Проте в нижніх різцях, унаслідок їхньої редукції, відсутні не лише горбики, але й стилі, а також основні та додаткові борозни, які їх відокремлюють. Отже, для кожного бугра і стилю характерна своя борозна чи борозенка, яка їх відокремлює, що підтверджує закон гомологічних рядів, відкритий М.І. Вавиловим. Останній підтверджує детермінізм спадковості. Разом з тим, у різних групах зубів існує різна кількість горбиків і стилів, яка, згідно з А.А. Дальбергом, визначається наявністю певних морфологічних полів: моляризації та інцизивації.

Морфологічне поле моляризації характеризується наявністю числа горбиків і відокремлювальних борозен із добре вираженими ямками у великих, малих кутніх зубах та іклах. Морфогенетичне поле інцизивації проявляється наявністю добре виражених екзостилів, мезіостилів, дистостилів і відокремлювальних додаткових борозенок (Ia, IIa, IVa) не лише у верхніх різцях і малих кутніх зубах, але й у верхніх великих кутніх зубах із появою екзостилія й ендостилія (горбика Карабеллі), а також у нижніх великих кутніх зубах із наявністю ендостилія. Частота наявності цих ознак, згідно А.А.Зубова, різна у певних рас і підвладна законам популяційної генетики.

Безсумнівний інтерес становлять виявлені нами у різних класах зубів ігрек (Y) або плюс (+) узор. У першому випадку добре розвинутий дистальний, а у другому – центральний стержневий гребені. Безумовно, ці одонтологічні ознаки проявляються в ранньому ембріогенезі. Проте, як показують наші дослідження, наявність ігрек (Y) або плюс (+) узорів не завжди пов'язана з полями моляризації та інцизивації, і їхня біологічна суть не з'ясована.

Паралельно з гомологією рисунка в окремих зубах людини відмічається редукція певних його частин. Редукція визначається атрофією або агенезією горбиків, відокремлювальних борозен, а також ямок. Так, у п'ятигорбикових нижніх великих кутніх зубах з ігрек (Y) і плюс (+) узором, у порівнянні з таки-

ми ж шестигорбиковими зубами, зникає як горбик, так і відокремлювальна борозна.

У чотиригорбикових великих кутніх зубах нижньої і верхньої щелеп зникає дистальний горбик і відокремлювальна борозна, а також α -ямка. За плюс (+) чотири узору верхнього великого кутнього зуба редукується і β -ямка, яка залежно від ступеня редукції діаконуса може бути близькою або віддаленою від α -ямки. Три горбики мають як великі кутні зуби, так і верхні малі кутні зуби. При цьому зберігаються основні елементи тригона: еоконус, епіконус та діаконус. Останній значно зменшується і має вигляд розривного горбика. Нарешті, у верхніх різцях за овоїдної форми коронки іноді простежуються контури еоконуса і валикоподібне підвищення замість епіконуса.

Таким чином, в усіх групах зубів нижньої і верхньої щелеп виявлена фізіологічна редукція горбиків і розмежувальних борозен.

Схоже явище – редукція – виявлене також і в додаткових горбиках – стиліях. Так, у великих кутніх зубах екзостилі й ендостилі частіше зустрічаються на верхній, ніж на нижній щелепах. Таку ж тенденцію мають і малі кутні зуби. Так, у малих кутніх зубах верхньої щелепи виявлені екзостилі, мезіостилі та дистостилі, тоді як у малих кутніх зубах нижньої щелепи виявляється лише екзостиль. У різцях верхньої щелепи за їхньої трикутної форми визначаються всі три стилі (екзостилі, мезіостилі та дистостилі), тоді як за прямокутної форми екзостиль відсутній. Нарешті, в різцях нижньої щелепи частіше зустрічаються штифтоподібні форми, де цілком відсутні як горбики, так і стилі, що є крайньою формою редукції коронки. На думку А.А. Зубова і В.И. Халдеевой, редукція коронки зуба зумовлена способом життя, особливостями харчування людини, але більшого мірою це залежить від морфогенетичних полів і проявів у них контрастності та екскурсивності дії генів.

Очевидно, при пенетрантності генів, які регулюють поля моляризації та інцизивації, в коронці зубів різних класів одонтологічні ознаки добре виражені. Разом із загальним морфогенетичним полем, імовірно, існують більш вузькі морфологічні поля, які визначають ступінь розвитку окремих морфологічних

формувань коронки зубів, таких як бугри, стилі, ямки та борозни. Якщо це положення правильне, то вказані як підвишені, так і знижені ділянки коронки повинні мати подібні гістоструктурні особливості. Для вирішення цих питань ми провели подальше вивчення гістоструктури бугрів, стилів, горбиків, а також ямок та борозен у різних класах зубів на товстих та тонких шліфах з урахуванням їхнього одонтологічного статусу.

Таким чином, результати гістотопографічних досліджень товстих та тонких шліфів дозволяють виділити структурно-функціональну одиницю емалі. На нашу думку, всякий морфологічний утвір, наявний на коронці зуба, представлений окремими шарами емалі. Так, зовні емаль покрита шаром кутикули, в ньому слід розрізняти волокнисту та гомогенну частину. Кутикула добре виражена в шийковій та частково в екваторіальній ділянці, а в зоні бугрів та гребенів унаслідок фізіологічного стирання вона зникає. Перпендикулярно або тангенціально до кутикули розташовується шар призматичної емалі, який унаслідок анізоморфності утворює пара- і діазони ліній Гунтера-Шрегера. До шару призматичної емалі прилягає шар непризматичної емалі, який має різну товщину в анатомічних утворах та різних ділянках коронки зуба. Нарешті, безпосередньо біля емалево-дентинної межі розташовується сітчастий шар. Його волокнисті структури з одного боку переплітаються з волокнами Корфа дентину, а з другого – або обплітають пучки емалевих призм, або їх повністю пронизують, що сприяє щільному прикріпленню емалі по всій довжині до дентину коронки зуба. Поряд із підвишеними морфологічними утворами коронки зуба на тонких (до 30 мкм) шліфах нами встановлена більш детальніша будова борозен та ямок. У поляризаційному світлі борозна становить собою заглиблення коронки, яке не досягає емалево-дентинної межі.

Краї борозни відокремлені пучками поздовжніх емалевих призм двох сусідніх бугрів, які, наближаючись до неї, знижують ступінь мінералізації. Безпосередньо сама борозна в центрі містить ШИК-позитивну речовину та відокремлюється від призматичної емалі тонкими альціан-позитивними структурами.

Останні знаходяться біля дна ямки у вигляді вузької трикутної смужки, розміщуються в горизонтальних пара- та діазонах призматичної емалі. Подібна гістологічна будова борозни виявлена поляризаційною мікроскопією заглиблень коронки зуба у вигляді ямок. Однак дно ямки розташовується безпосередньо біля емалево-дентинної межі та сітчастого шару емалі. Останній налічує велику кількість емалевих кушків, а проміжок між ними містить значно більше альціан-позитивної речовини.

Необхідно зазначити, що в деяких випадках зовнішній альціан-позитивний фібрилярний шар ямки зливається з ділянками призматичної емалі, які демінералізуються, що, очевидно, свідчить про розвиток початкового ямкового карієсу. На відміну від борозен у шарі прилеглої до ямки призматичної емалі виявляються світлі зони, які, очевидно, свідчать про те, що в них розміщуються горизонтальні пара- та діазони емалі.

Зважаючи на одержані результати гістотопографічних досліджень, безперечний інтерес становлять структурні особливості організації призматичної, непризматичної емалі, а також міжпризматичної речовини. Призматична частина емалі характеризується подовженими та поперечними лініями Гунтера-Шрегера. Результати електронномікроскопічних досліджень вказують, що подовжні лінії Гунтера-Шрегера в ділянці бугрів обумовлені спіралеподібним ходом пучків емалевих призм, тоді як у ділянці екватора вони мають вигляд перехресних мостоподібних конструкцій, а в ділянці шийки - вертикальний перпендикулярний до емалево-дентинної межі. У поперечних лініях Гунтера-Шрегера ультраструктурно виявлена нерівномірна деформація та потовщення діаметра окремих емалевих призм, за рахунок цього призми займають більшу площу, а в ділянці хвостів та міжпризматичної речовини зменшуються. Безперечний теоретичний інтерес становлять уперше одержані нами дані щодо ультраструктурної організації початкової, проміжної і кінцевої непризматичної емалі. Виявлено, що непризматична емаль містить пластинчасті фенестровані фібрили, які, очевидно, становлять собою один із мажорних білків емалі – емалін.

Останній бере участь у формуванні кристалів гідроксиапатиту як нуклеатор біомінералізації.

Міжпризматична речовина емалі гістохімічно складається з ШИК- і Харт-позитивних волокнистих структур, які утворюють шар, розміщений уздовж емалево-дентинної межі, а також ламели й емалеві куштики, які розділяють пучки емалевих призм. Нами вперше електронномікроскопічно встановлений уміст у міжпризматичній речовині особливих фібрил, павукоподібне переплетення яких утворюють особливі нефенестровані отвори. На нашу думку, фібрилярні структури міжпризматичної речовини відповідають білкові – тафтелінові. Згідно з даними літератури, структурно-функціональна роль тафтеліну полягає в адсорбції іонів із емалевої рідини, при цьому концентрація кальцію може збільшуватися в 60-80 разів що, очевидно, сприяє біомінералізації безпосередньо самих емалевих призм і витісненню з них такого білка емалі як амелогенін.

Тому в дозріваючій емалі амелогенін наявний, а по мірі його мінералізації в зрілій емалі він майже повністю зникає.

Зважаючи на результати дослідження і дані літератури, ми пропонуємо нову концепцію просторово-тимчасової організації емалі.

Згідно з цією концепцією, процес біомінералізації емалі умовно можна розділити на такі часові ритми: добові, тижневі, місячні та річні.

Добовий ритм характеризується появою поперечної посмугованості річних емалевих призм. Він обумовлений нерівномірним витісненням білка емалі амелогеніну кристалами гідроксиапатиту, який надходить із боку оболонки призми. Саме тому вона менше мінералізована, ніж центральна голівка призми.

Тижнева ритмічна мінералізація характеризується нуклеацією мажорного білка енамеліну різними іонами, які знаходяться в слині й емалевій рідині. При цьому відмічається нерівномірний їх розподіл у хвостах емалевих призм. Тому на відміну від голівок кристали гідроксиапатиту в хвості мають веретеноподібне розміщення.

Місячна ритмічна мінералізація характеризується наявністю ліній Ретціуса, які становлять собою вигини емалевих призм. Останні виникають на місці формування кристалів гідроксиапатиту, на поверхні яких розміщуються фібрилярні структури білка емалі тафтеліну. Останній сприяє підвищенню концентрації й адсорбції з емалевої рідини іонів кальцію і фосфору, розміщених у ламелах. Нарешті, річна мінералізація обумовлена фізіологічним ростом коронки зуба і нагадує ріст дентину зони Овена. Вона відображає собою етапи становлення коронки зуба, які виникають у постнатальному періоді розвитку індивіда.

Встановлено, що вміст кальцію зменшується, починаючи з ламел (11,4), потім у добових (10,7) і тижневих (10,65) та місячних (10,38) лініях Ретціуса. У такому ж напрямку збільшується вміст фосфору. Так, у ламелах його питома вага становить 5,6, у добових – 5,6, тижневих – 6,1, а в місячних лініях Ретціуса становить 1,67, що відповідає теоретичному відношенню Ca/P у десятикальцієвому гідроксиапатиті $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Отже, підсумовуючи наведені вище дані, слід зазначити, що кристалам гідроксиапатиту, які є іонами за природою, властива здатність до фізико-хімічного іонного обміну. Це положення підтверджується тим, що кристали гідроксиапатиту в добових, тижневих і місячних лініях Ретціуса не залишаються стабільними, їхній склад і властивості змінюються залежно від мінерального складу волокнистих структур, ламел і міжпризматичної рідини.

Про наявність обміну між іонами ламел і поверхнею кристала гідроксиапатиту свідчать одержані дані про вміст натрію і калію. Так, вміст натрію має тенденцію до зниження, починаючи з добових (0,45) до тижневих (0,37) і до місячних (0,017) ліній Ретціуса.

Така ж тенденція характерна і для калію: у ламелах (0,95) найвищий вміст калію в порівнянні з добовими (0,07) лініями Ретціуса, а в місячних лініях Ретціуса залишаються лише сліди калію. У такому ж напрямку зменшується відношення суми натрію і калію до хлору. Щодо вмісту магнію, то в ламелах його

трохи більше, а в різних лініях Ретціуса його вміст практично однаковий і значно менший, ніж у ламелах.

Таблиця 2

Показники біомінералізації емалі добових,
тижневих і місячних ліній мінералізації

Анатомічні утвори Елементи (моль)	Ламели	Добові лінії мінералізації	Тижневі лінії мінералізації	Місячні лінії мінералізації
Ca	11,4±0,2	10,7±0,3	10,65±0,04	10,38±0,04
P	5,6±0,2	5,94±0,1	6,01±0,02	6,17±0,1
Na	0,42±0,01	0,45±0,01	0,37±0,01	0,017±0,002
K	0,95±0,02	0,06±0,0005	0,07±0,0005	-
Mg	0,41±0,02	0,12±0,01	0,12±0,01	0,13±0,01
Cl	0,76±0,02	0,73±0,02	0,93±0,03	0,197±0,03
O	26,0±0,3	26,0±0,3	26,0±0,3	26,0±0,3
Ca/P	2,03±0,02	1,81±0,02	1,73±0,02	1,68±0,02
Na/K	0,45±0,01	8,9±0,1	5,2±0,05	-
(Na+K)/Cl	0,885±0,005	0,66±0,02	0,42±0,01	-

Таким чином, результати досліджень біомінералізації дозволяють передбачити, що хімічні елементи надходять зі слинної рідини по системі ламел і міжпризматичної емалі. Після того іони потрапляють у поверхневий шар і далі в глибину кристала. Там відбувається ізоморфний та ізоіонний обмін з утворенням добових, тижневих і місячних ліній Ретціуса.

Результати дослідження біомінералізації окремих анатомічних утворів великих кутніх зубів показують, що на зішліфованій площадці горбиків великих кутніх зубів, у порівнянні з їхньою основою, виявляється зменшення від-

ношення між кальцієм і фосфором, що свідчить, на наш погляд, про збільшення мінералізації емалі в напрямку основи поверхні горбика.

При цьому в такому ж напрямку зменшуються відношення між натрієм і калієм, а також відсотковий уміст кальцію і фосфору.

Таку різницю між умістом хімічних елементів емалі горбиків великих кутніх зубів ми схильні розглядати як прояв фізіологічної третинної мінералізації емалі. У стилоїдному горбику малого кутнього зуба (мезіостилі) співвідношення між кальцієм (10,75) і фосфором (6,0) зменшується (1,79) і дорівнює співвідношенню кальцію до фосфору жувальної поверхні горбиків (еоконуса і гіпоконуса) великого кутнього зуба. Проте співвідношення між натрієм (0,277) і калієм (0,034) займає проміжне положення між значеннями натрію й калію верхівки й основи основного горбика малого кутнього зуба. Вміст магнію приблизно в два рази зменшується у порівнянні з його вмістом в анатомічних елементах того ж малого кутнього зуба.

Нарешті, на нестертих ділянках різців виявлено, що в ділянці ріжучого краю вміст кальцію (11,06) і фосфору (5,88), а також їхнє відношення (1,88) приблизно таке ж, як і в нестертих горбиках великих кутніх зубів. Тоді як співвідношення вмісту натрію і калію, у порівнянні з великими кутніми зубами значно зменшується і має приблизно такий же порядок, як і в основі малих кутніх зубів. Звертає на себе увагу різке зниження в них магнію (0,08) у порівнянні з попередніми класами зубів.

Результати біомінералізації емалі підвищених ділянок коронки цілком збігаються з даними мікротвердості емалі в цих ділянках. Так, на поверхні нестертих ділянок горбиків різних видів зубів мікротвердість перевищує приблизно в 6 разів твердість емалі поблизу емалево-дентинної межі. Це обумовлюється її структурно-функціональним призначенням.

Дещо по-іншому здійснюється процес біомінералізації на знижених ділянках коронки зуба. Встановлено, що на знижених ділянках коронки (ямках, борознах, борозенках) у порівнянні з підвищеними показниками кальцію та фос-

фору визначається зменшення мінералізації (кальцій – фосфорне відношення збільшується). Окрім того, виявляється різке співвідношення натрію до калію, що свідчить, на наш погляд, про посилення припливу слинної рідини в ці утвори. Це показує, що знижені ділянки коронки зуба у вигляді ямок, борозен і борозенок, а також ділянки кутикули на язиковій і присінковій поверхнях зуба менш мінералізовані у порівнянні з горбиками і стилями. Вони виконують істотну роль у вигляді мембранного бар'єру між умістом натрію, що надходить зі слинної рідини, і калію, який надходить з емалевої рідини. Причому кальцій у вигляді розчинених хлористих сполук більшою мірою надходить із слинної рідини, ніж із дентинних трубочок, обумовлюючи тканинну мінералізацію й електропровідність емалі. Остання різко знижується вже через кілька годин після видалення зубів, засвідчуючи про нежиттєздатність емалі.

ВИСНОВКИ

У дисертації викладені теоретичні узагальнення і нове вирішення наукової проблеми, яке полягає у виявленні особливостей структури та функції емалі зубів людини, її біомінералізації, електричного опору і мікротвердості.

І. У процесі ембріогенезу емалі зубів відбуваються такі періоди тканинного диференціювання:

а) оотипний – спостерігається на стадії зубної пластинки та характеризується перерозподілом у цитоплазмі клітин епітелію, глікогену і нейросекреторних гранул, які мають нейротрансмітерну функцію;

б) цитотипний – проявляється збільшенням числа диференційованих мітозів у емалевому органі на стадії купола, при цьому утворюються проамелобласти різного типу, синтезуючи фібрили сітчастого шару епітелію;

в) дивергентний – на стадії дзвона емалевого органа з'являються енамеლობласти, які синтезують непризматичну емаль;

г) тканинноспецифічний – на стадії зубного фолікула диференційовані енамелобласти продукують призматичну емаль.

2. У процесі морфогенезу за рахунок фенотипної детермінації в коронці всіх видів зубів виявляється гомологія як підвищених (горбиків, стилів, гребенів), так і знижених (ямок, борозен, борозенок) анатомічних утворів, зумовлена наявністю морфологічного поля моляризації та інцизивації, з урахуванням яких пропонується нова класифікація одонтологічних ознак.

3. У процесі морфогенезу виявлена фізіологічна редукція як підвищених, так і знижених ділянок коронки зуба людини, зумовлена фенотипною дивергенцією полів моляризації та інцизивації, що лягло в основу індивідуальних крайніх типів коронок окремих видів зубів, які підвладні законам популяційної генетики.

4. Гістотопографічно підвищені морфологічні утвори коронки побудовані стереотипно з таких шарів: а) кутикули, б) пучків призматичної емалі, в) непризматичної емалі, г) сітчастого шару, який відмежовує емалеві призми одну від одної емалевими пластинками, формує тканинну структурно-функціональну одиницю емалі, названу нами “емалон”.

5. Гістотопографічно знижені морфологічні утвори коронки зуба мають стереотипну будову.

Вони містять у центрі ШИК-позитивні волокнисті структури сітчастого шару емалі, зовні – альціан-позитивну речовину, схожу з міжпризматичним шаром емалі, яка в ямці торкається дентину, а в борозні через шар призматичної емалі за допомогою ламел контактує з емалевими пластинками і кушиками.

6. Ультраструктура призматичної емалі епі- й електронномікроскопічно характеризується:

- у ділянці горбиків – спіралеподібним,
- у ділянці екватора – мостоподібним,
- у шийковій ділянці коронки зуба – вертикальним розміщенням емалевих пучків, за рахунок чого утворюються поздовжні пара- і дізони ліній Гун-

гера-Шрегера. Горизонтальні пара- і діазони виникають шляхом деформації конфігурації окремих емалевих призм.

7. Непризматична початкова, проміжна й остаточна емаль містить альціан-позитивні структури, в яких ультраструктурно визначаються пластинчасті фенестровані фібрили, що беруть участь у формуванні кристалів гідроксиапатиту.

8. Міжпризматична речовина емалі представлена ШИК- і Харт – позитивними волокнистими структурами, які утворюють сітчастий шар, ламели, емалеві куштики. Ультраструктурно вони характеризуються наявністю фібрил, між ними наявні нефенестровані отвори, завдяки яким здійснюється біомінералізація емалі.

9. Ритмічні лінії Ретціуса відображають тимчасову (добову, тижневу, місячну і річну) біомінералізацію, при якій обвапнюються відповідно головки, хвости емалевих призм, потім - міжпризматична речовина і неприєматична емаль.

10. Хімічні елементи надходять із слинної рідини системою ламел, де відбувається ізоіонний та ізоморфний обмін з утворенням добових, тижневих і місячних ліній Ретціуса. При цьому вміст кальцію зменшується, починаючи з ламел (11,4), потім - у добових (10,7), тижневих (10,15) і місячних (10,38) лініях Ретціуса. У такій же послідовності змінюється вміст фосфору, при цьому співвідношення кальцію до фосфору в місячних лініях Ретціуса (1,67) відповідає десятивалентному гідроксиапатитові. Вміст натрію має тенденцію до зниження, починаючи з добових і закінчуючи місячними лініями Ретціуса, хоча магнію більше в ламелах за приблизно однакової концентрації в різних лініях Ретціуса.

11. Мікротвердість і електроопір інтактної емалі повністю визначаються її структурою і складом. Підвищені морфологічні утвори мають значно вищі (до 10 разів і більше) значення електроопору, ніж знижені утвори. Екстрагування зубів приводить до значного зростання електроопору за рахунок порушення

водного балансу. Мікротвердість емалі знижується з глибиною за рахунок зменшення мінералізації і в кутикулі - через її меншу щільність.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Отримані дані що до періодів тканинної диференціації мають важливе значення для розуміння механізмів розвитку емалі та її патології, можуть бути використані на кафедрах гістології та ембріології, патологічної анатомії, стоматології.

2. Одержані дані що до підвищених та знижених утворів емалі можливо застосувати у судово-медичній практиці для ідентифікації особи та інших аспектів.

3. Результати досліджень відносно ліній мінералізації Ретціуса можуть бути використанні для інтерпретації патології твердих тканин різних класів зубів.

4. Запропонований спосіб забарвлення емалі зубів може бути використаний для оцінки стану фісур, ямок та визначення їх локалізації, диференціювання різних видів захворювань твердих тканин зубів, що дозволить проводити раціональну герметизацію та профілактичне пломбування, зокрема постійних молярів, так як це є одними з найефективніших методів профілактики карієсу.

5. Проведені дослідження стосовно електроопору емалі можуть знайти застосування як цінна інформація щодо життєздатності зуба, яку можливо використати в стоматології.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Гасюк А. П., Скрипніков П.М. Атлас одонтогліфіки людини. - Полтава, 2001. - 88 с.

Здобувачем проведений патентний пошук за темою, набір макроскопічного матеріалу, виготовлені шліфи для мікроскопічного дослідження, проведено аналіз результатів дослідження.

2. Король М.Д., Коробейніков Л.С., Кіндій Д.Д., Ярковий В.В., Скрипніков П.М. Атлас анатомії з біомеханікою жуваального апарату. - Полтава, 2002. – 223 с.

Здобувачем проведений пошук та аналіз літератури за темою, макромікроскопічне дослідження твердих тканин зуба та написання розділу атласу “Зуби”.

3. Скрипніков П.Н. Структурная организация коронки моляров человека по данным толстых шлифов //Вісник проблем біології і медицини. – 1997. - №28. – С. 117-120.
4. Скрипніков П.Н. Морфометрические особенности идентификации гомологичных образований моляров человека //Вісник морфології. - 1998. – Вип.1 – С. 136 – 137.
5. Скрипніков П.Н. Морфогенез ямок и борозд моляров человека //Український медичний альманах. - 1998. - №3. – С.105-107.
6. Скрипніков П.Н. Признаки одонтоглифики как один из критериев конституции человека: введение в проблему //Российские морфологические ведомости. - 1998. - №3-4. - С.148-150.
7. Скрипніков П.М. Морфогенез стилоїдних горбиків різців людини //Український медичний альманах. - 2000. - Т.3. - №3. - С.143-144.
8. Скрипніков П.Н., Гасюк А.П., Непорада К.С. Метаболизм, структура и функции белков эмали (Часть 1: белки эмали: тафтелин и энамелин) //Український стоматологічний альманах. - №2(3). - 2001. – С. 11-17.
- Здобувачем особисто проведений патентний пошук вітчизняної та зарубіжної літератури за темою, підготовлена стаття до друку.
9. Скрипніков П.Н., Гасюк А.П., Непорада К. С. Метаболизм, структура и функции белков эмали (Часть 2, белки эмали: амелогенин и амелобластин) //Український стоматологічний альманах. - №3(4). - 2001. – С. 6-12.
- Здобувачем особисто проведений патентний пошук вітчизняної та зарубіжної літератури за темою, підготовлена стаття до друку.

- 10.Скрипников П.Н., Сиренко Е.А.Связь одонтоглифических типов рисунка моляров и премоляров верхней и нижней челюсти с кариозным поражением жевательной поверхности //Вісник проблем біології і медицини. - 2001. – Вип.4. – С.91-94.
- Проведено набір матеріалу шляхом зняття відбитків із жувальної поверхні молярів та премолярів, аналіз результатів дослідження за складністю узору жувальної поверхні та виникнення патології, написана та підготовлена до друку стаття.
- 11.Скрипников П.Н. Морфогенез рисунка коронки различных классов зубов //Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – 2002. - Том 1, №2. - С. 34-36.
- 12.Скрипников П.Н. Линии Ретциуса эмали зуба как показатель биоритмологии //Проблеми екології та медицини. - 2002. - Том 6, №6 . - С. 33-34.
- 13.Скрипников П.Н. Стоматологический статус близнецов, его особенности //Вісник проблем біології та медицини. - 2002. – Вип. 4. – С. 101-106.
- 14.Скрипников П.М. Морфология беспризменной эмали //Вісник проблем біології та медицини. – 2002. – Вип. 9-10. – С. 91-94.
- 15.Скрипников П.Н. Особенности биоминерализации некоторых морфологических структур эмали зуба //Вісник морфології. - 2002. - № 2. - С. 191-193.
- 16.Скрипников П.Н. Электрофизические характеристики анатомических составляющих интактной эмали //Український медичний альманах. – 2002. - Том 5, №3. – С. 129-130.
- 17.Скрипников П.Н. Физико-механические характеристики анатомических составляющих интактной эмали //Український медичний альманах. - 2002. - Том 5, №4, - С. 123-125.
- 18.Скрипников П.Н. Влияние генетических факторов на формирование особенностей морфогенеза коронки зуба (по данным близнецовых исследований) //Актуальні проблеми сучасної медицини. 2002. – Т.2, Вип.2 - С.73-76.

- 19.Скрипников П.Н., Марченко А.В., Сиренко Е.А. Алгоритм изучения минерализации эмали //Вісник проблем біології і медицини. - 2003. – Вип.2. – С. 51-53.
- Безпосередньо здобувачем запропонований новий методичний алгоритм вивчення процесів мінералізації емалі, що дозволяє вивчити стереометричну модель емалі як у нормі, так і при патології.
- 20.Скрипников П.Н. Эмбриогенез эмали //Науковий вісник Ужгородського університету. - 2003. -Вип. 19. - С. 204-207.
- 21.Скрипников П.Н. Структурно-функциональная тканевая единица эмали //Український стоматологічний альманах. – 2003. - № 2. - С. 8-9.
- 22.Скрипников П.Н. Морфогенез зубних ямок //Медицина сегодня и завтра. – 2003. - № 1. - С. 17-20.
- 23.Скрипніков П.М., Гасюк П.А., Сіренко О.А. Деклараційний патент України № 1771–III на винахід “Спосіб діагностики карієсу”. Заявлено 1.06.2000; Опубл. 16.04.2001, Бюл.№3.
- Здобувачем апробовано розроблений спосіб діагностики карієсу на 112 зубах людини, які стали часткою всього досліджуваного матеріалу.
- 24.Скрипніков П.М. Одонтогліфічні особливості молярів в аспекті їх антропометричних показників //Зб.: Принципи пропорції, симетрії, структурної гармонії та математичного моделювання в морфології. - Вінниця, 1997. – С. 173.
- 25.Горбенко С.О., Скрипніков П.М. Випадки невідповідності фізіологічного стану зубів календарному вікові людини за матеріалами палеонтологічних досліджень //Зб.: Принципи пропорції, симетрії, структурної гармонії та математичного моделювання в морфології. - Вінниця, 1997. – С. 50-51.
- Здобувачем особисто на підставі аналізу стародавніх черепів проведений аналіз відповідності стану зубів календарному вікові.
- 26.Скрипников П.Н. Морфологические особенности линий Ретциуса эмали моляров //Вісник проблем біології і медицини. - 1999. - №13. – С. 63-64.

27. Скрипников П.Н. Морфометрические особенности строения линий Ретциуса с позиции интегративной антропологии// Сб.: Функциональная морфология и клиническая медицина. - Ростов-на-Дону, 2000. – С. 81-82.

АНОТАЦІЯ

Скрипніков П.М. Розвиток та структурно-функціональні особливості емалі зубів людини. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора медичних наук за спеціальністю 14.03.01 - нормальна анатомія. – Харківський державний медичний університет МОЗ України, Харків, 2003.

У дисертації викладені теоретичні узагальнення і нові вирішення наукової проблеми, що полягають у виявленні особливостей структури і функції емалі зуба людини, її біомінералізації, електроопору та мікротвердості.

У процесі виконання дисертаційної роботи був запропонований і впроваджений у практику вітальний метод забарвлювання зубів. Уперше встановлена в процесі ембріогенезу емалі наявність чотирьох періодів тканинного диференціювання: оотипного, цитотипного, дивергентного, тканинно-специфічного.

У результаті проведеного дослідження виявлені одонтологічні показники морфогенетичних полів молярізації та інцизивації. Мікроскопічним дослідженням виділена структурно-функціональна тканинна одиниця емалі, яка складається з пучка емалевих призм, відокремленого від зовнішнього середовища кутикулою. Кожен пучок відділений від іншого ламелами, а від дентину - сітчастим шаром та непризматичною емаллю. Перший краще виражений у стілях, а другий - у буграх.

Ультраструктурно в непризматичній емалі визначена наявність фенестрованих, а в сітчастому шарі – нефенестрованих отворів, які впливають на процеси біомінералізації емалі. Остання має ритмічний характер і проявляється добовими, тижневими та місячними лініями Ретциуса, в яких у вказаний послідов-

ності спостерігається збільшення вмісту кальцію та натрію і зменшення фосфору та калію. Це супроводжується посиленням мікротвердості емалі та зниженням електроопору.

Ключові слова: емаль, біомінералізація, мікротвердість, одонтологія, зуби.

АННОТАЦІЯ

Скрипников П.Н. Развитие и структурно-функциональные особенности эмали зубов человека. - Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени доктора медицинских наук по специальности 14.03.01 – нормальная анатомия. – Харьковский государственный медицинский университет МЗО Украины, Харьков, 2003.

Диссертация посвящена вопросам морфологического строения эмали различных классов зубов человека и особенностям ее биоминерализации.

Материалом для исследования послужили зубы умерших, в возрасте от 18 до 30 лет, вследствие несчастных случаев без видимой физиологической стираемости и патологии со стороны эмали. Для изучения эмбриогенеза отдельных классов зубов использовали 10 эмбрионов и 4 мертворожденных плода.

После одонтологического анализа рельефа коронки зубов проводили исследования продольных и поперечных, толстых и тонких шлифов с использованием гистохимических методов окраски с применением поляризационной и сканирующей микроскопии. Кроме того, электронно-зондовым анализом изучен химический состав определенных морфологических образований эмали и физико-механические свойства.

В ходе эмбриогенеза определены периоды тканевой дифференцировки, в которые развивается межпризменное вещество, беспризменная и призменная эмаль, а так же формируются анатомические образования коронки зуба (бугры, стили, гребни, ямки, борозды). Последние определяются наличием в процессе морфогенеза двух полей: моляризации и инцизивации с разной степенью выраженности в отдельных классах зубов верхней и нижней челюсти. При этом воз-

вышающие и понижающие участки коронки сохраняют гомологию рельефа и подвергаются физиологической редукции. Гистотопографическими исследованиями выявлена тканевая структурно-функциональная единица эмали, состоящая из следующих слоёв: кутикулы, пучков призмной эмали, беспризмной и сетчатого слоёв. Пучки призмной эмали в области бугров имеют спирале-подобный; в области экватора мостоподобный, а в шеечной части коронки зуба образуют вертикальное расположение. Ультраструктурно выявлено, что беспризмная эмаль содержит пластинчатые фибриллы с фенестрированными отверстиями, в то время как сетчатый слой характеризуется наличием волокнистых структур, между которыми имеются нефенестрированные отверстия. Наличие фенестрированного типа отверстий и ламелл способствует иононому и изоморфному обмену минералов с образованием суточных, недельных и месячных линий Ретциуса. Об этом свидетельствует снижение в указанной поверхности содержания калия и натрия и снижением фосфора и калия при примерно одинаковой концентрации магния. В прямой зависимости от минерализации эмали находится микротвердость, которая снижается к эмалево-дентинной границе. Возвышающие образования коронки, по сравнению с понижающими, примерно в 10 раз имеет большее значение электросопротивления, которое возрастает после экстрагирования зубов.

Ключевые слова: эмаль, биоминерализация, микротвердость, одонтология, зубы.

SUMMARY

Skrypnikov P.N. The development and structural functional peculiarities, of human tooth enamel. - Manuscript.

The thesis for the scientific degree of the Doctor of Medical Sciences to the speciality 14.03.01 – Normal Anatomy. – Kharkov State Medical University, Ukraine MHS, Kharkov, 2003.

In the thesis theoretical development and new settlements of the scientific problem have been introduced, they showing the peculiarities of the structure and the peculiarities of the structure and function of the human tooth enamel, its biomineralization, electroresistance and microhardness.

While making the practical part of the thesis a new method put into practice was proposed, it concerning the technology of vital tooth coloration. For the first time in the process of enamel embriogenesis the four period tissue differentiation was established: ootypical, cytotypical, divergenical, tissue-specifical.

The carried out research resulted in odontological findings of morphogenetic fields of molarization and incisivation. Microscopic research found out and defined the structural, functional tissue unit of the enamel, it being composed of enamel prism fascicles, separated from the outer surrounding by a cuticle. Each fascicle is separated from others by lamellae, and from the dentine by the reticular ball and non-prismatic enamel. The first is more vividly expressed in tubercles.

The presence of the fenestratory and in a reticular ball of non-fenestrator holes was found out in the non-prismatic enamel ultrastructurally, they influencing upon the processes of enamel biomineralization. The latter has a rhythmic character and is expressed by day, week and month lines of Retzius, they being shown in the consequence witch is characterised by the increase of calcium and sodium content and the decrease of phosphorus and potassium one. This phenomenon is accompanied by the enamel microhardness and the decrease of electroresistance.

Key words: enamel, biomineralization, microhardness, odontology, teeth.

Підписано до друку 12.05.2003 р. Формат 60×90^{1/16}.
Папір офсетний. Друк плоский. Умовн. друкар. арк. 1,9.
Тираж 100 прим. Замовлення № 169.
Редакційно-видавничий відділ.
Українська медична стоматологічна академія,
36024 м. Полтава, вул. Шевченка, 23.