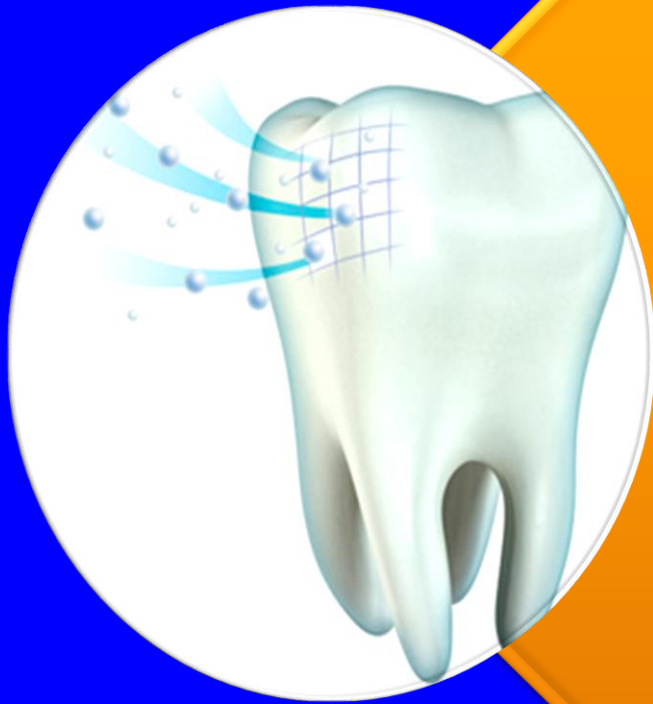




Профілактика  
стоматологічних захворювань  
Лекція 4

**Гомеостаз зуба після прорізування.  
Резистентність емалі зуба до  
каріозного ушкодження.  
Вплив на процеси формування,  
мініралізації та дозрівання емалі з  
метою профілактики карієсу**

д. мед. н. Лахтін Ю.В.

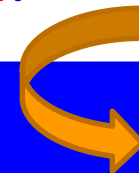


# Гомеостаз зуба після прорізування

# Гомеостаз

Гомеостаз (від грец. *homoios*- подібний, однаковий + грец. *stasis* - стояння, нерухомість) — здатність організму підтримувати функціонально значущі зміни в межах, що забезпечують його оптимальну життєдіяльність.

Регуляторні механізми, що підтримують фізіологічний стан або властивості клітин, органів і систем цілісного організму на рівні, відповідному його поточним потребам, називаються **гомеостатичними**.



# Гомеостаз зубів

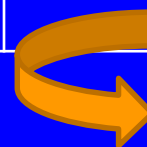
Для розуміння процесів, що відбуваються в зубах при карієсі, необхідно знати склад, структуру та фізіологію зубів.

За хімічним складом зуби відрізняються від інших твердих структур організму.



# Хімічний склад зуба

| Емаль   | Дентин  | Цемент  |
|---|---|---|
| Вода- 2-3,8%<br>Органічні речовини - 1,2-2%<br>Неорганічні речовини -<br>інше | Вода –6-10%,<br>Органічні речовини - 17,1-20%<br>Неорганічні речовини -<br>інше | Вода – 30 -32%.<br>Органічні речовини - 20-22%.<br>Неорганічні речовини -<br>інше |



# Емаль зуба

## Неорганічні речовини

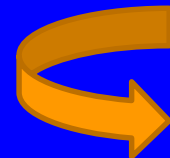
Кальцій - 37,8%

Фосфор -17,7%,

Магній -0,45%,

Фтор - від слідів до 1%.

- *Мінеральні речовини* представлені у вигляді з'єднань - апатитів з перевагою гідроксиapatитів (до 75%).
- Найбільше мінералізованим є **поверхневий шар емалі**. Вміст в ньому кальцію та фосфору значно вище.

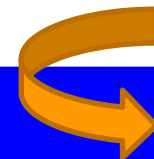


# Гідроксиапатит

Апатити є найпоширенішою формою мінеральної фази твердих тканин тварин і людини. Склад апатитів "мінералізованих" тканин, як у нормі, так і при наявності патології може коливатися в досить значних межах.

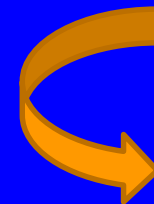
Головний апатит зуба - **гідроксиапатит**. Склад "ідеального" гідроксиапатита зуба відповідає формулі  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , тобто ГАП містить 10 молекул кальцію з молярним співвідношенням Ca/P, рівним 1,67.

Однак у природі зустрічаються гідроксиапатити з відношенням Ca/P від 1,33 до 2,0.



# Різновиди апатитів емалі

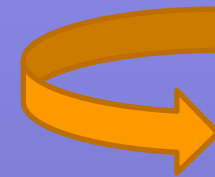
- гідроксиапатит —  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  - 75%;
- карбонатапатит —  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{CO}_3$  — 12 %;
- хлорапатит —  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2$  — 4 %;
- фторапатит  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$  — 1 %
- інші





## Причин появи різних апатитів:

- Одна із причин - заміщення в молекулі гідроксиапатита Са на **Cr, Ba, Mg, фтор** або інший елемент із близькими властивостями (ізоморфне заміщення).
- Перші 3 елементи - **знижують** резистентність кристалів емалі; включення фтору- **підвищує**
- Зазвичай катіони ( $Mg^{+}$ ,  $K^{+}$ ,  $Na^{+}$ ) витісняють кальцій, багатовалентні іони (карбонат, цитрат) - фосфат, а фтор - гідроксил.



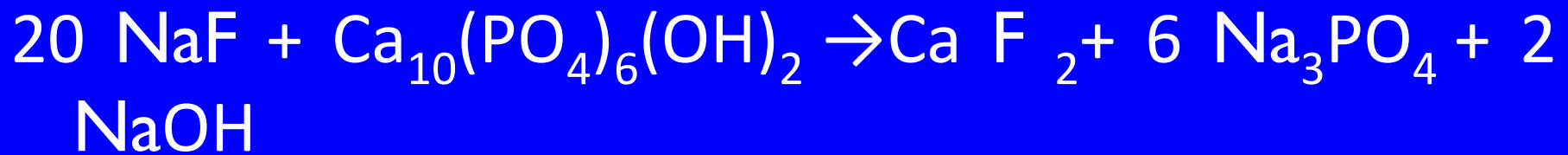
# Заміщення гідроксилу фтором

Важливе практичне значення має реакція **ізоморфного** заміщення гідроксилу фтором, що часто відбувається в гідроксиапатитах  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2 + \text{F}$   
 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}(\text{OH}) + (\text{OH})$ .

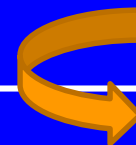
- У результаті цієї реакції з гідроксиапатита утвориться **гідроксифторапатит**.
- Це з'єднання має значно більшу резистентність до розчинення ніж гідроксиапатит.
- Фторапатит існує в зубах у природному виді, однак частіше утворюється за рахунок ізоморфного заміщення (гідроксилу), а також шляхом заповнення вакансій у кристалах.



- Фтор ніколи не витісняє кальцій з ГАП!
- Однак при великій концентрації фторидів процес йде аналогічно розкладанню подвійної солі з утворенням токсичного з'єднання  $\text{CaF}_2$  і вивільненням іонів фосфату.



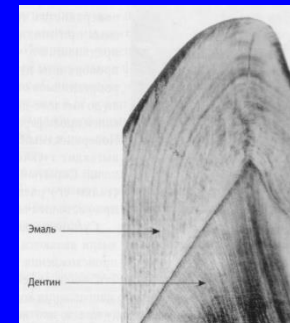
(флюороз)



- Іншою причиною зміни складу гідроксиапатиту є наявність вакантних місць у кристалічних ґратах гідроксиапатитів
- Суть цього явища полягає в наявності вільного місця у вузлі кристалічних ґрат, що повинен займати один з іонів.
- Сталість співвідношення Ca/P у емалі в усі строки після прорізування зуба свідчить про високу кореляційну залежність між процесами накопичування цієї тканиною кальцію і фосфору.

# Емаль зуба

- У різні вікові періоди після прорізування зуба спостерігається нерівномірний розподіл хімічних елементів в різних шарах емалі.
- В 12-13 років найбільша кількість мінералів у поверхневому шарі емалі, найменша – в ділянці емалево-дентинної межі.



# Морфологічна структура і мінеральний склад емалі не постійні і можуть змінюватися під дією різних чинників:

- віку
- особливостей мінерального обміну в організмі
- складу і властивостей слини
- характеру харчування і т.п.



# Особливості структури і фізіології емалі

Високий ступінь мінералізації.

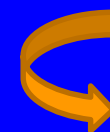
Проникність емалі для неорганічних і органічних речовин

Здатність до мінералізації, демінералізації і ремінералізації

Ці моменти важливі для розуміння механізмів виникнення карієсу і забезпечення заходів щодо профілактики патології твердих тканин зуба.

# Мінералізація емалі

**Мінералізація** - проникнення в емаль мінеральних компонентів в процесі онтогенеза зубів





# В мінералізації емалі виділяють дві фази:

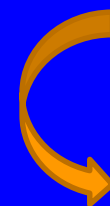
первинна  
мінералізація, яка  
проходить у  
внутрішньощелепний  
період розвитку зуба



вторинна  
мінералізація,  
або  
«дозрівання»  
емалі,  
продовжується  
на протязі 3—5  
років після  
прорізування  
зубів

До прорізування - це заміщення органічних структур кристалами гідроксиапатитів у процесі дозрівання матриці емалі зубів

Після прорізування - це заповнення вакансій у кристалічних ґратах гідроксиапатита кальцієм і фосфатами



# Склад емалі до прорізування зуба

Емаль, що формується, до прорізування зуба перебуває в тісному контакті з сироваткою крові і тканинною рідиною і мінералізується речовинами, що містяться в них

Емалева матриця зуба по своїй структурі схожа із зрілою. Проте вона відрізняється від зрілої великим вмістом органічних речовин і води і меншою кількістю мінеральних компонентів — близько 25—30 %.



# Особливості морфологічної структури незрілої емалі

- Емаль незрілих зубів відрізняється високою варіабельністю морфологічної структури.
- При мікроскопічному дослідженні в ній виявляються ніші, поглиблення, мікропори і ділянки зниженої щільності упаковки призматичних і кристалічних структур. Міжпризматичні простори розширені, межі емалевих призм нечіткі, розмиті.
- Сукупність названих утворень формує мікропористість емалі. Загальний об'єм пор в незрілій емалі складає від 3 до 6 %.



Апатити незрілої емалі представлені переважно гідроксиапатитами, які менш стійкі до дії кислот зубного нальоту.

Особливості хімічного складу і морфологічної будови незрілої емалі у поєднанні з мікропористістю визначають її низьку карієсрезистентність, високу розчинність і проникність.



Повна мінералізація емалі після прорізування зуба відбувається за рахунок надходження мінеральних речовин **із слини.**

Мінеральні компоненти можуть вводитися в емаль **цілеспрямовано** у вигляді:

- ремінералізуючих розчинів
- фторвмісних гелів
- лаків
- інших засобів екзогенної профілактики.



Мінералізація зубів починається ще до прорізування їх і потім триває все життя, і означає заміщення води і органічних сполук кристалами гідроксиапатитів.

Молочні та постійні зуби, що прорізуються, мінералізовані тільки на половину - **порожні осередки ГАП**- мінералізація ще триває довго за рахунок мінеральних компонентів з зовні.

**Інтенсивна** мінералізація тканин зуба **триває перші три роки** після прорізування, потім темпи мінералізації можуть змінюватися залежно від різних ендо- і екзогенних факторів.

Вміст мінеральних компонентів в емалі в міру дорослішання збільшується й **до 18 років емаль зуба вважається зрілою**, тобто в гідроксиапатиті всі осередки заповнені мінералами.



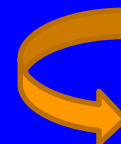
Основна частина мінеральних компонентів попадає в емаль зубів, що прорізуються, **зі слини**.

Основними мінеральними компонентами, що беруть участь у мінералізації є **кальцій і фосфор**.

Головною умовою, при якій здійснюється процес мінералізації, є **перенасичення слини іонами кальцію та фосфатами**

В середньому кількість **кальцію** в слині становить 0.04-0,08 г/л, у карієсрезистентних осіб вміст його в середньому 0,0459г/л

Кількість неорганічного **фосфору** в слині коливається від 0,06 до 0,24 г/л. У карієсрезистентних людей - у середньому складає 0,19 г/л





Висока варіабельність вмісту кальцію і фосфору в слині відбивається на процесах мінералізації.

**Позитивний баланс** здійснюється при постійному надлишковому вмісту кальцію та фосфору в слині протягом доби. Останнє дуже важливо для підтримки гомеостазу зубних тканин і здійснення фізико-хімічного обміну в емалі.

**Порушення** мінерального обміну в порожнині рота дітей **сприяє розвитку карієсу** і обумовлено різними причинами.

Спостереження показують, що у дітей з активним каріозним процесом відзначається зниження швидкості слиновиділення, зниження рН і буферних властивостей слини.



Забезпечується  
мініралізація високим  
ступенем **проникності**  
емалі незрілих зубів, що  
має в цей період важливе  
фізіологічне значення.

A large yellow arrow pointing to the right, with a white outline, is positioned horizontally across the middle of the slide. The text is centered within the arrow's shaft.

# Проникність емалі

Одним з найважливіших моментів фізіології зуба є *проникність тканин зуба* - здатність пропускати речовини через емалевий кордон у двох напрямках: *у зуб і з зуба*.

Якщо в емаль зуба ззовні надходять мінеральні компоненти з наступним розподілом їх між клітиною і середовищем, то це *позитивна сторона проникності* за рахунок якої здійснюється 2 головних процеса - *мінералізація і ремінералізація*.



**У розвитку карієсу порушення проникності є одним із провідних механізмів**

**В емаль зуба постійно надходять речовини. Визначені 2 шляхи: зі слини і з пульпи.**

**На рівень проникності емалі впливають різні фактори: вік, кислотність ротової рідини, почавшийся каріозний процес.**

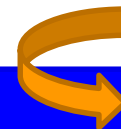


На проникність емалі активно впливає слина (*ротова рідина*) і залежить це від її складу і властивостей (насиченість мінералами, рН і ін.).

В емаль зуба здатні проникати багато речовин органічного і неорганічного походження, як у вигляді іонів, так і молекул.

*Емаль зуба може бути проникна і для високомолекулярних з'єднань.*

*Це вказує на можливість проникнення мікроорганізмів через емаль із наступним впливом на розвиток каріозного процесу.*



# Механізм надходження в емаль кальцію, фосфатів і фтору

Одним з головних механізмів надходження мінеральних компонентів у зуб є різниця в осмотичному тиску, що **на поверхні вище**, ніж в емалевій рідині.

Іони, що проникли, здатні включатися в кристалічні ґрати емалі, тим самим зміцнюючи її і підвищуючи резистентність до несприятливих зовнішніх впливів.

Для кальцію і фосфатів характерно дифузійне проникнення та розподіл по всій глибині емалі.

Фтор локалізується в поверхневих шарах емалі.

Найбільш проникними в емалі є такі структури, як емалеві пластинки, пучки, мікротріщини, мікропори, міжпризматична речовина, оболонки емалевих призм, тобто найменше мінералізовані ділянки емалі.

В процесі дозрівання в емаль поступають іони кальцію і фосфору, що накопичуються у всіх шарах, особливо в поверхневому.

Утворюється високомінералізований безпризменний поверхневий шар емалі завтовшки до 3 мкм, який характеризується високою кислотостійкістю.



# Дозрівання емалі

# Під “дозріванням” розуміємо:

збільшення вмісту кальцію, фтору, фосфору і інших мінеральних компонентів і вдосконалення структури емалі.

особливо інтенсивно процеси «дозрівання» емалі проходять в перші 12 місяців після прорізування зуба в порожнині рота



У міру дозрівання емалі підвищується однорідність її структури, відбувається згладжування рельєфу поверхні, зникають перикіматри, утворюються безпризменні зони, що маскують головки призм.

У належних шарах відбувається звуження меж призм, зниження контрастності ліній Ретциуса, зменшується об'єм мікропросторів до 0,1—0,2 %, що приводить до збільшення щільності емалі.

Зменшується кількість води в емалі.



У дозріванні емалі важлива роль належить фтору, кількість якого після прорізування зуба поступово збільшується.

Доведено його включення із слини в емаль. Фтор регулює процес поглинання кальцію твердими тканинами зуба. Швидкість мінералізації значно зростає у присутності фтору. Навіть при такій низькій концентрації фтору як 1:1000 швидкість мінералізації зростає в 3—5 разів.

Завдяки надходженню іона фтору в емаль в ній збільшується вміст фторапатитів, що підвищує її карієсрезистентність.

Найбільш виражену протикаріозну дію фтор має під час вступу його в період мінералізації і дозрівання емалі (В. К. Леонтьєв, 1977). Додаткове введення фтору знижує розчинність емалі і підвищує її мікротвердість.



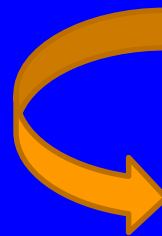
Сукупність вікових процесів,  
що відбуваються в емалі,  
знижує її мікропористість, а  
відповідно, і проникність, і  
підвищує карієсрезистентність.



Резистентність  
емалі зуба  
до каріозного  
ушкодження

*Резистентність емалі зубів - здатність чинити опір каріозному ураженню і залежить від кислотостійкості емалі*

*По індивідуальними показниками захворюваності карієсом дітей можна розділити на карієсрезистентних і карієсприйнятливих.*



# **Карієсрезистентність залежить від ступеня мінералізації емалі і обумовлена:**

*- генетичною стійкістю*

*- структурою тканин зуба*

*- функцією тканин зуба*

*- мінералізуючою функцією ротової рідини*

*- гігієнічним станом порожнини рота*

*- загальною резистентністю організму*





- **Генетична стійкість**

- *передана від батьків "повноцінність" гідроксиапатитів емалі*

- **Структура тканин зуба**

- *щільний поверхневий шар, безпризмона емаль, наявність цистерн, пор, дентинні канальці і ін.*

- **Функція тканин зуба**

- *проникність емалі, транспорт рідини, процеси де- і ремінералізації*

- **Мінералізуюча функція ротової рідини**

- *перенасиченість слини іонами кальцію і фосфатами*

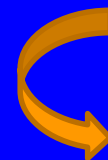
- **Гігієнічний стан порожнини рота**

- *постійне видалення зубного нальоту виключає кислоторозчинюючу дія мікроорганізмів на емаль*

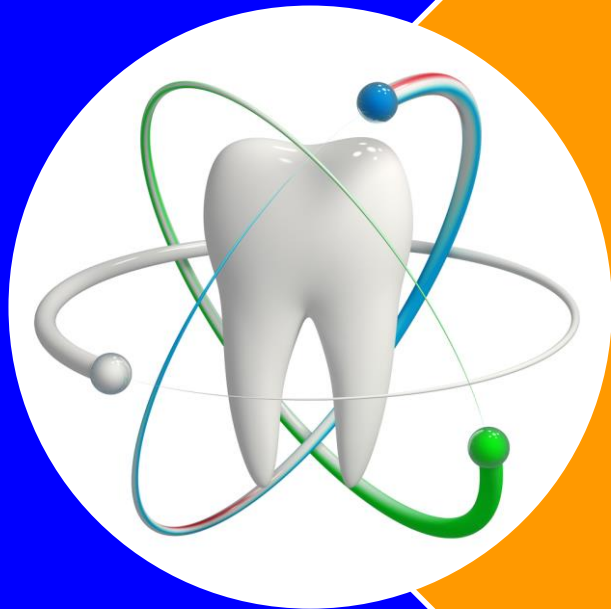
- **Загальна і місцева резистентність (імунітет)**

- *забезпечує збереження оптимального мікробіоценозу ротової порожнини з перевагою сапрофітної мікрофлори*

- Початкові етапи каріозного процесу в емалі пов'язані з її **демінералізацією**
- Демінералізація є результатом впливу на поверхню зуба органічних кислот, які продукують мікроби зубної бляшки, з наступним розчиненням емалі і підвищенням її проникності
- Однак демінералізуюча дія кислот на зубні тканини є вже заключним етапом результативного впливу цілого ряду карієсогенних факторів і захисних механізмів порожнини рота.



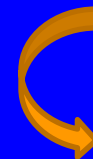
Таким чином, відомості про морфологічну структуру і фізіологічні властивості емалі незрілих зубів дозволяють сформулювати завдання **екзогенної профілактики карієсу** зубів — це забезпечення фізіологічного процесу дозрівання твердих тканин зуба і стимуляція його при необхідності в цілях формування карієсрезистентної емалі.



Вплив на процеси  
формування,  
мініралізації  
та дозрівання емалі  
з метою  
профілактики карієсу

# Методи впливу на процеси мінералізації

- Ендогенні
- Екзогенні



# Засоби, що впливають на мінералізацію емалі зуба

1. Речовини, що поповнюють дефіцит живлення кристалу гідроксиапатиту, що росте ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ).
2. Речовини, що містять іони, здатні ізоморфно включатися до складу апатиту, утворюючи міцніші його аналоги.
3. Хімічні елементи, що змінюють кінетику мінералізації.
4. Мінералізатори, що закріплюють грані кристала, що росте, і що захищають їх від розчинення.

# Способи використання засобів для ремінералізації

Ополіскування

Аплікації

Покриття

Втирання

Електро- фонофорез



Дякую  
за увагу!