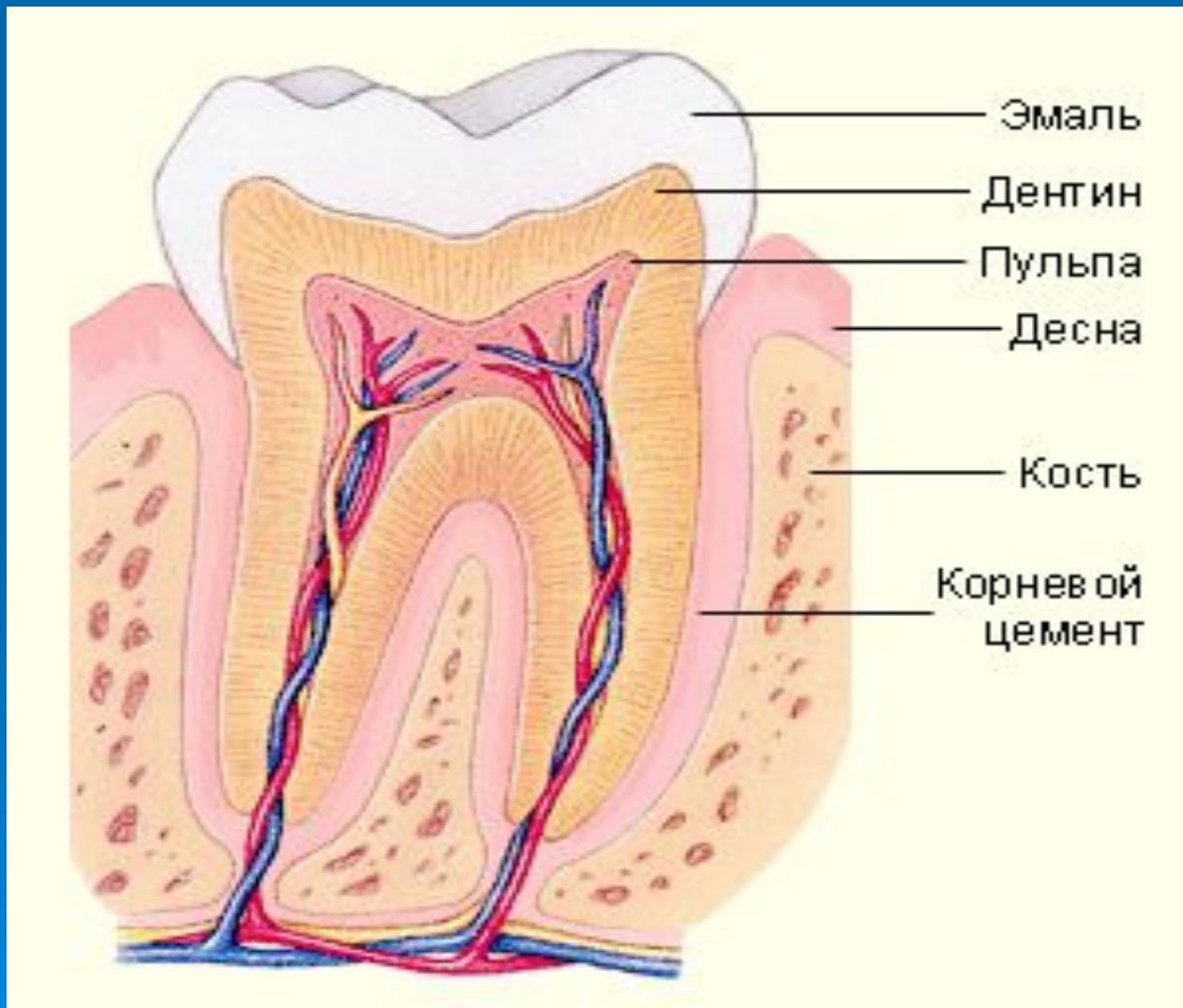


# БИОХИМИЯ ЗУБНОЙ ТКАНИ И СЛЮНЫ



# Химический состав эмали

Вода

3-4% (1% свободная вода)

Органические вещества

1,5%

Неорганические вещества 97%, из них

Кальций

37%

Фосфор

17%

Твердость эмали

398 кг/мм

# Органические вещества эмали

**Белки :**

- нерастворимые в соляной кислоте – 0,18-0,2%;
- Са-связывающий белок – 0,17%;
- Водорастворимый белок.

**Фосфолипиды – 0,6%**

**Углеводы – гликоген, глюкоза, галактоза, фукоза**

**Цитраты – 0,1%**

# Неорганические вещества эмали

Гидроксиапатит  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  75%

Карбонатапатит 12%

Хлороапатит 4,5%

Фторапатит 0,66%

Карбонат кальция 1,3%

Карбонат магния 1,6%

Входит 20 микроэлементов: железо, свинец, цинк, натрий, алюминий и др.

# Функции эмали зуба

1. **ЗАЩИТА ДЕНТИНА и ПУЛЬПЫ** от механических, химических и температурных раздражителей.
2. **ПРОНИЦАЕМОСТЬ** - основной путь проникновения со стороны пульпы и из слюны ионов кальция, аминокислот, витаминов, токсинов.

Уровень проницаемости меняется под воздействием ряда факторов:

- электрофорез, ультразвуковые волны, фермент гиалуронидаза усиливают проницаемость эмали.
- снижают проницаемость обработка поверхности эмали раствором фторида натрия. С возрастом снижается проницаемость эмали.

# Химический состав дентина

Вода	6%
Органические вещества	30%
Неорганические вещества	70%, из них
Кальций	28%
Фосфор	16%
Твердость дентина	60 кг/мм

**ЦЕМЕНТ** - основное вещество, пропитанное солями извести.

**Состав:**

Органические вещества – 32%; неорганические вещества – 68%; вода – 12,14%

**ПУЛЬПА** коронки заполнена коллагеновыми волокнами с большим количеством клеточных элементов.

В пульпе корня коллагеновые волокна толще и идут по ходу нервно-сосудистого пучка. Она насыщена нервными волокнами и клеточными элементами: одонтобласти, звездчатые клетки, фибробласти, макрофаги.

Состав: белок – 52%; гликоген – 42%

### **ФУНКЦИИ ПУЛЬПЫ:**

Трофическая – через отростки одонтобластов питание дентина, коронки, корня.

Пластическая – связана с образованием дентина.

Защитная – клетки эндотелия образуют защитную капсулу.

В пульпе идет синтез РНК, активно протекают окислительно-восстановительные процессы, она богата ферментами гликолиза.

# Поверхностные образования на зубах

Кутикула, пелликула, зубной налёт, зубной камень, муциновая пленка

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗУБНОГО НАЛЕТА:

Вода 80%

Минеральные вещества 40%

Органические вещества 60%

Высокое содержание минеральных веществ – фтора  
(в 10-100раз выше, чем в слюне), фосфора, натрия, кальция, калия.

# Органические вещества

**Полисахариды:** декстан – глюкан (из глюкозы),  
леван (из фруктозы).

**Белки** – гликопротеины.

**Ферменты:**

сульфатазы- разрушают органический  
каркас эмали;

коллагеназы – гидролиз коллагена десны,  
кости альвеолярных отростков;

гиалуронидазы – разрушают гиалуроновую  
кислоту межклеточного вещества.

**Липиды:** фосфолипиды, холестерол.

# Факторы в развитии кариеса

Распространенность - 80-90%.

Общие факторы:

- несбалансированное питание;
- питьевая вода;
- соматические заболевания;
- наследственность.

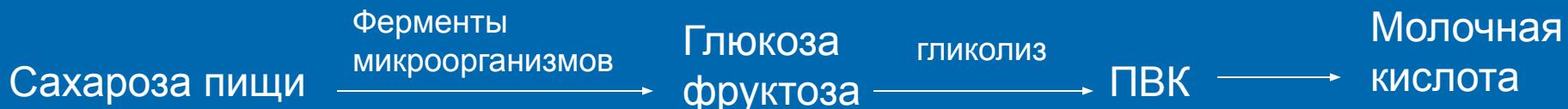
Местные факторы:

- углеводы пищи (сахароза);
- зубной налет;
- микроорганизмы;
- нарушение состава, свойств слюны;
- состояние пульпы зуба.

# Кислотная теория кариеса

КЛИНИЧЕСКИ РАЗЛИЧАЮТ 3 СТАДИИ:

- **Белое кариозное пятно**



Молочная кислота снижает рН до 4,5-5, что приводит к деминерализации эмали и поражению дентина.

- Пигментированное- коричневое пятно (накопление тирозина, с последующим превращением его в меланин)
- Образование кариозной полости с поражением дентина, дегенерацией и растворением органической матрицы

# Функции смешанной слюны

1. Пищеварительная
2. Защитная (муцин, мукоиды)
3. Очищающая
4. Бактерицидная (лизоцим, лактопероксидаза, нуклеазы, эластаза, сиалин)
5. Иммунная ( $\beta$ - и  $\gamma$ - глобулины)
6. Гормональная (саливапаротин)
7. Плазмосвертывающая, фибринолитическая
8. Минерализующая (пересыщена гидроксиапатитами)

## ИЗМЕНЕНИЕ рН слюны

pH меньше 6,7 – преобладает  $H_2PO_4$  - дигидрофосфат, не участвует в минерализации

pH=7- преобладают  $HPO_4$  (гидрофосфаты) участвуют с Ca в минерализации

pH выше 7,5 – ионы  $PO_4$  (фосфаты) - камнеобразование

# Органические вещества слюны

**Белки:** 1,5-6,3 г/л – альбумины, иммуноглобулины, церулоплазмин

**Ферменты** - до 50 различ. (кислая и щелочная фосфатаза – минерализация зубов, каталаза, пероксидаза, гиалуронидаза, протеиназы, фермент супероксиддисмутаза различается у людей различных национальностей)

**Углеводы:** глюкоза, глюкозамингликаны, дисахариды

**Липиды:** холестерин, фосфолипиды, жирные кислоты

**Биологически активные вещества:** витамины, простагландины, биогенные амины, АДФ, АМФ и др.

**Органические кислоты:** пировиноградная, молочная, лимонная, уксусная и др.

**Минеральные вещества:**

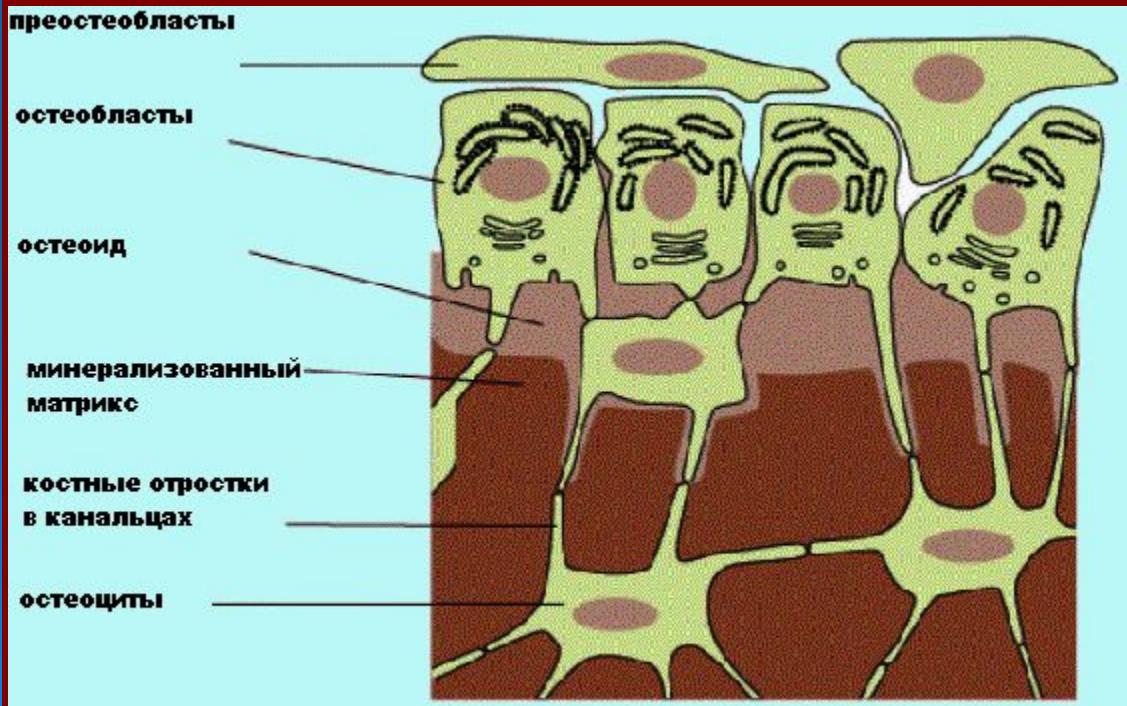
**Катионы -** К, Na, Ca, Р, Ag

**Анионы:** хлориды, бикарбонаты, сульфаты, фосфаты, роданиды и др.



# Биохимия костной ткани

**Костная ткань** - особый вид соединительной ткани, включающий компоненты неорганической (Са (25%) и Р (50%), образующие кристаллы гидроксиапатита, а также другие компоненты: бикарбонаты, цитраты, соли  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  и др.) и органической природы (образована коллагеном, неколлагеновыми белками, гликозаминогликанами (хондроитинсульфат, кератансульфат), **выполняющий функцию депо Са (99%).**



**костный матрикс**  
(межклеточное вещество) -  
состоит из неорганической  
(50%) и органической(25%)  
частей и  $H_2O$  (25%)

Мышьяк As	50,942 3 9216	СЕЛЕН Se	75 34 78,98
Ниобий Nb	92 93 92,906	Молибден Mo	41 92 97,98 100
Сурьма Sb	121, 123 125 126	Теллур Te	52 127,60 128
Тантал Ta	180 181 180,945	Вольфрам W	73 182-184 186 188
Висмут Bi	209 8,980	Родий Rh	84 208,982 <sup>a</sup>
Экакантал E-Ta	271, 273 105 4121,03	Экакадийон E-V	270 272-276 186
Экакисмут E-Ri	299 106 30	Экакадион E-Po	

**Минеральная часть** в значительном количестве содержит Са (25%) и Р (50%), образующие кристаллы гидроксиапатита, а также другие компоненты: бикарбонаты, цитраты, соли Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> и др. Ежедневно кости скелета теряют и вновь восстанавливают примерно 700–800 мг кальция.



**Органическая часть** образована коллагеном (до 95%)- фактор, определяющий механические свойства кости. В коллагене костной ткани несколько больше оксипролина, чем в коллагене сухожилий и кожи. Для костного коллагена характерно большое содержание свободных амино-групп лизиновых и оксилизиновых остатков. Еще одна особенность костного коллагена – повышенное по сравнению с коллагеном других тканей содержание фосфата. Большая часть этого фосфата связана с остатками серина.

**НЕКОЛЛАГЕНОВЫХ БЕЛКОВ** в костной ткани около 200. Они участвуют в процессах обеспечения гистогенеза, самоподдержания, иммунологические свойства на протяжении всей жизни и репарации костной ткани.

## **КАЛЬЦИЙ-СВЯЗУЮЩИЕ БЕЛКИ КОСТНОЙ ТКАНИ:**

**Остеонектин** - имеет кальций-связывающие участки, образованные сиаловыми кислотами и ортофосфатом, придающие возможность взаимодействия с коллагеном и избирательно с гидроксиапатитом. Он поддерживает в присутствии коллагена осаждение  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{PO}_4^{3-}$ .

**Остеопонтин** - богат дикарбоновыми аминокислотами и фосфосерином, 30 остатков моносахаридов, 10 остатков сиаловых кислот. Он способен фиксировать остеобlastы в участках физиологического и репаративного костеобразования. Его синтез резко возрастает во время трансформации вирусов.

**Остеокальцин** - это гла-содержащий протеин. Его молекула состоит из 49 аминокислотных остатков (в 17-ом, 21-ом, 24-м положениях -остатки  $\gamma$ -карбоксилглутаминовой кислоты). Роль их - связывать кристаллы гидроксиапатита и тем самым способствовать их накоплению в ткани. Синтез остеокальцина зависит не только от витамина K, но и D, что подчеркивает его связь с процессом минерализации.

**gla-протеин-матрикса** сохраняется в матриксе кости после деминерализации, в отличие от остеокальцина, который легко экстрагируется в этот период. Остатков  $\gamma$ -карбоксилглутаминовой кислоты до шести. Он связывает минеральные кристаллы и легко растворимый в воде костный морфогенетический белок, доставляя его к клеткам-мишеням.

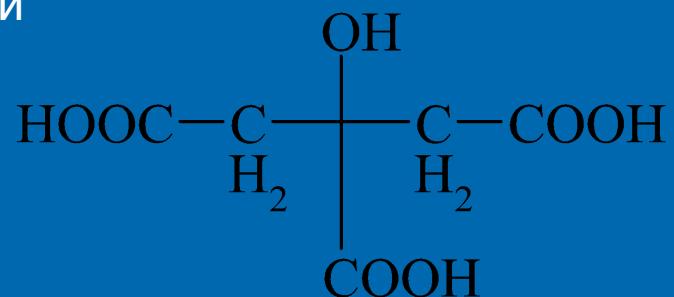
**протеин-S** - синтезируется в печени, участие в метаболизме костной ткани доказывается фактом изменения скелета у пациентов с дефицитом этого белка.

**протеогликаны** - класс сложных соединений, состоящих из различных белков, содержащих олигосахариды, связанные с гликозаминогликанами (хондроитинсульфат, дерматансульфат, кератансульфат, гепарин). Среди них различают: большой хондроитинсульфат содержащий протеогликан «захватывает пространство», которое должно стать костью, благодаря большому содержанию сульфата. В гидратированном состоянии способен занимать значительный объем пространства.

**декорин и бигликан** очень сходны по строению, соответственно имеют один или два гликозаминогликана, белковая часть - 24 аминокислотных остатка, богатых лейцином.

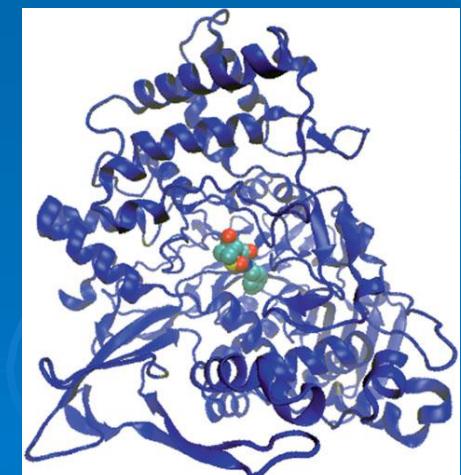
На долю **альбумина** приходится большая часть неколлагеновых белков.

Особенностью костного матрикса является высокая концентрация цитрата (90%), который необходим для минерализации костной ткани, так как образует комплексные соединения с солями кальция и фосфора, обеспечивая повышение концентрации до такого уровня, при котором могут начаться кристаллизация и минерализация.



Кроме цитрата, в костной ткани обнаружены сукцинат, фумарат, малат, лактат и другие органические кислоты.

Структура и функции костной ткани поддерживаются специфическими **ферментами**: щелочной фосфатазой, дегидрогеназами, кислой фосфатазой, аминопептидазой, аденилатциклазой, пируваткиназой, фосфотрансферазой, цитохромоксидазой, каталазой.



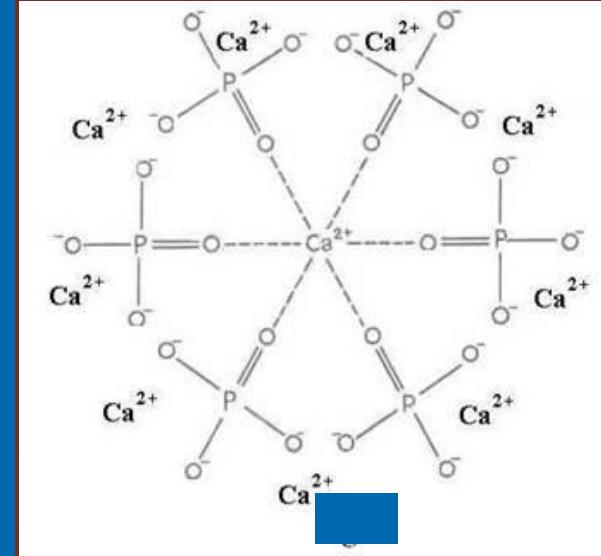
# Этапы минерализации костной ткани

**1-й ЭТАП:** остеобlastы начинают синтезировать костный коллаген (является матрицей для процесса минерализации), который содержит фосфаты и формирует хондроитинсульфаты. На этом этапе минерализации кальций и фосфор связываются с костным коллагеном. Обязательный участник процесса - сложные липиды.

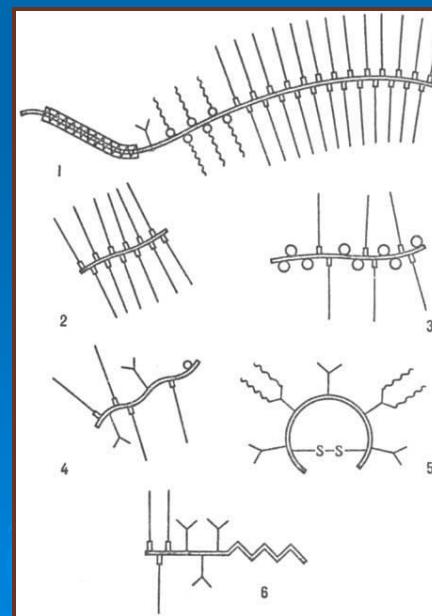
**2-й ЭТАП** - в зоне минерализации усиливаются окислительные процессы, распадается гликоген, синтезируется необходимое количество АТФ. Кроме того, в остеобластах увеличивается количество цитрата, необходимого для синтеза аморфного фосфата кальция. Одновременно из лизосом остеобластов выделяются кислые гидролазы, которые взаимодействуют с белками органического компонента и приводят к образованию ионов аммония и гидроксид-ионов, которые соединены с фосфатом. Так формируются ядра кристаллизации.



Ионы кальция и фосфора, которые были связаны с белково-углеводным комплексом, переходят в растворимое состояние и формируют кристаллы **гидроксилапатита**. По мере роста кристаллы гидроксилапатита вытесняют **протеогликаны** и даже воду до такой степени, что плотная ткань становится практически обезвоженной. Ингибитор процесса минерализации - неорганический пирофосфат. Его накопление в кости может препятствовать росту кристаллов. Чтобы этого не происходило, в остеобластах есть щелочная фосфатаза, которая расщепляет пирофосфат на два фосфатных остатка. При нарушении процессов минерализации - например, при заболевании оссифицирующим миозитом - кристаллы гидроксиапатита могут появляться в сухожилиях, связках, стенках сосудов.



Кристалл гидроксилапатита



протео-  
гликаны

Вместо кальция в костную ткань могут включаться другие элементы

- стронций,
- магний,
- железо,
- уран и т.д.

После формирования гидроксилапатита такое включение уже не происходит. На поверхности кристаллов может накапливаться много натрия в форме цитрата натрия. Кость выполняет функции лабильного (изменчивого) депо натрия, который выделяется из кости при ацидозе и, наоборот, при избытке поступления натрия с пищей, чтобы предотвратить алкалоз - натрий депонируется в кости. В ходе роста и развития организма количество аморфного фосфата кальция уменьшается, потому что кальций связывается с гидроксилапатитом.

# Регуляторы обмена костной ткани

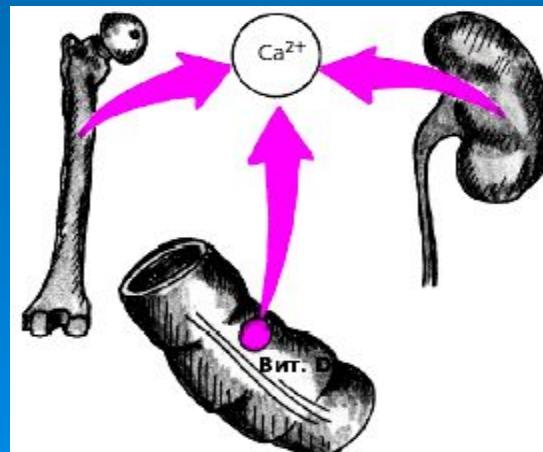
**Паратгормон** - повышает содержание сывороточного  $\text{Ca}^{2+}$ , вызывает резкое усиление процессов резорбции, выражающееся в разрушении минеральной и органической основы костной ткани.

Под действием данного гормона увеличивается число остеокластов и их метаболическая активность, что доказывается повышением  $\text{Ca}^{2+}$  в крови выделением с мочой оксипролина.

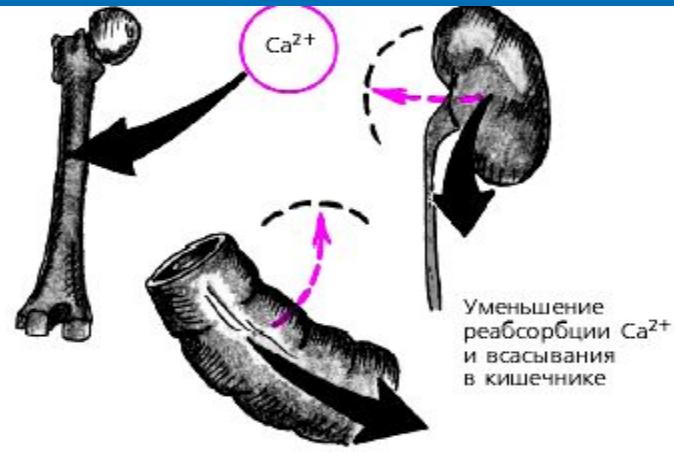
**Тиреокальцитонин**, напротив, ингибирует резорбцию кости остеокластами, поэтому его применяют в клинике при заболеваниях, связанных с усиленной резорбцией кости (остеопорозы различного происхождения, замедленное заживление переломов, несовершенный остеогенез). Наиболее сильный эффект резорбции имеют тироксин и паратгормон.

При недостатке эстрогенов, которые угнетают резорбцию, возникает остеопороз.

паратгормон



тиреокальцитонин



В регуляции обмена костной ткани участвует также большая группа витаминов.

При дефиците **витамина А** происходит утолщение костей, изменение их формы, существенные изменения наблюдаются в костях черепа. Т. к. его действие определяется специфическим влиянием на активность остеобластов и остеокластов, тормозится синтез гликозаминогликанов, нарушается остеогенез и рост костей. Избыток вызывает зарастание эпифизарных хрящевых пластинок и замедление роста кости в длину.



При дефиците **витамина С** снижается скорость синтеза РНК, коллагена и нарушается общий механизм, от которого зависят синтез белков, ферментов, гликозаминогликанов, влияющих на биохимическую, морфологическую и функциональную специализацию элементов костной ткани, что проявляется в замедлении роста костей и заживлении переломов.

**Витамин D** - стимулирует минерализацию на уровне транскрипции, усиливая экспрессию остеокальцина.



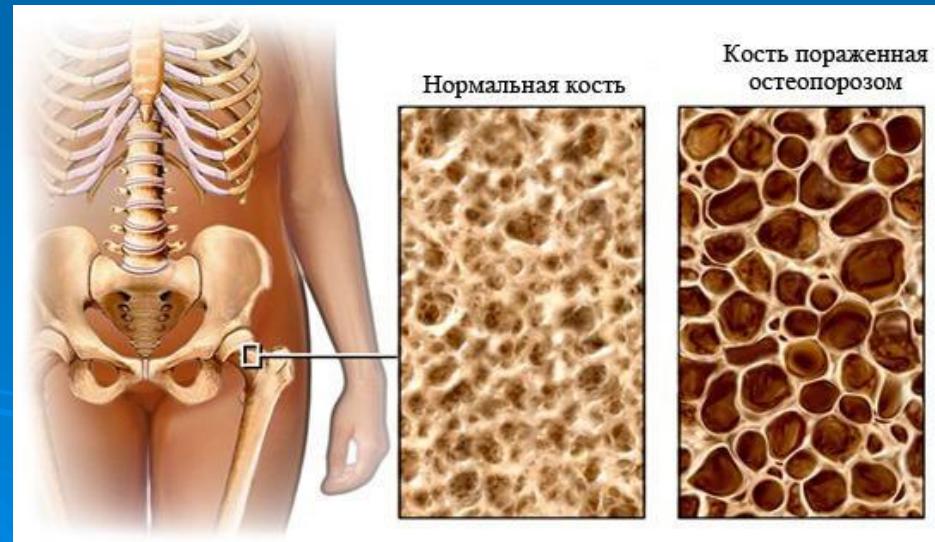
# Возрастные изменения костной ткани и основная патология.



В процессе онтогенетического развития костная ткань претерпевает выраженные изменения структурно-морфологического и биохимического характера. В ней происходит закономерное снижение содержания органических компонентов и нарастание минеральных.

Эти изменения тесно связаны с обменом микроэлементов. Происходит накопление Sr, Pb, Si, Al, а концентрация Cu уменьшается, интенсивность метаболизма фосфора и кальций уменьшается в десятки раз.

Один из ведущих возрастных изменений костной системы - развитие **остеопороза** - прогрессирующее системное заболевание скелета, характеризующееся снижением массы кости, нарушением структуры костной ткани, приводящее к увеличению хрупкости кости и риска переломов.



# Причины

## Возрастные.

После 35-40 лет костная масса и всасывание Са в кишечнике снижается.

## Гормональные.

При уменьшении уровня эстрогенов (патология яичников, менопауза) скорость резорбции кости увеличивается, повышается чувствительность костной ткани к эффектам паратгормона.

## Генетические

(конституциональные).

- семьяная предрасположенность
- хрупкое телосложение
- большая осевая длина шейки бедра.
- принадлежность к европеоидной и монголоидной расам

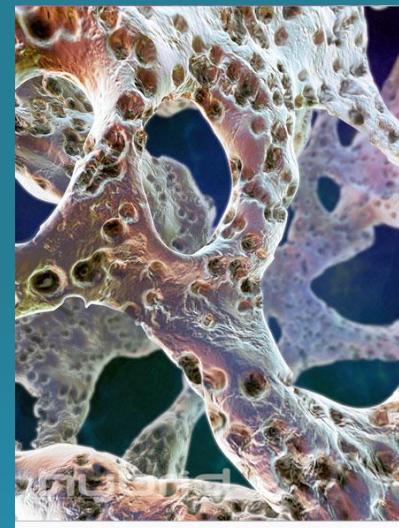


# Классификация.

**Постменопаузный остеопороз** (требует наблюдения в течение 15 лет с начала менопаузы). Происходит разрежение костных балок, увеличивается частота переломов позвонков и других костей.



**Сенильный остеопороз** — характерен для мужчин старше 70 лет.



**Вторичный остеопороз** - на фоне глюкокортикоидной терапии синдрома Кушинга, синдрома мальасорбции, нарушении питания, длительной иммобилизации.

