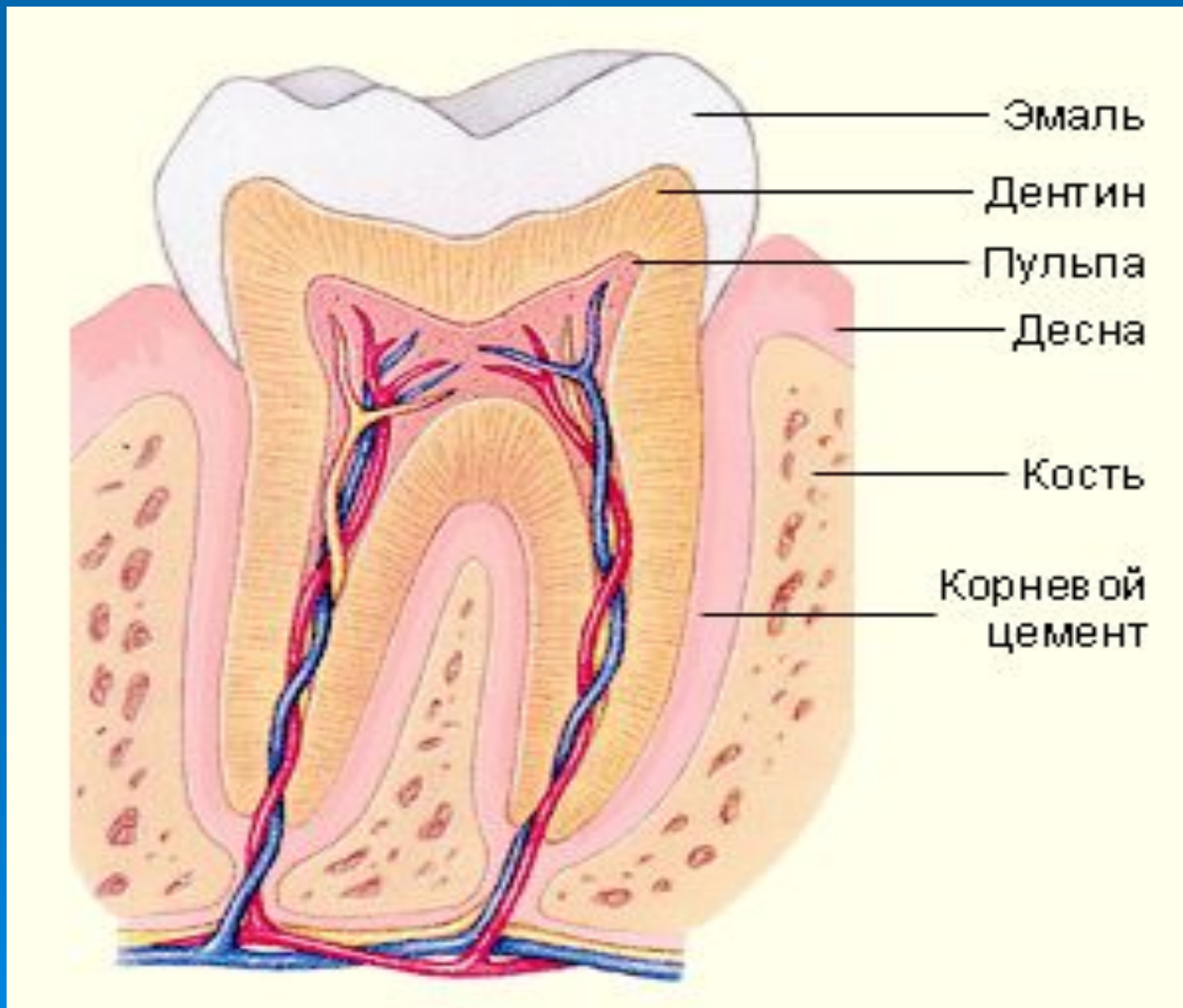


БИОХИМИЯ ЗУБНОЙ ТКАНИ И СЛЮНЫ



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 веществ – 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: одонтобласты, звездчатые клетки, фибробласты, 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 налет, 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 гиалурооновую кислоту межклеточного вещества.

Липиды: фосфолипиды, холестерол.

Факторы в развитии кариеса

Распространенность - 80-90%.

Общие факторы:

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

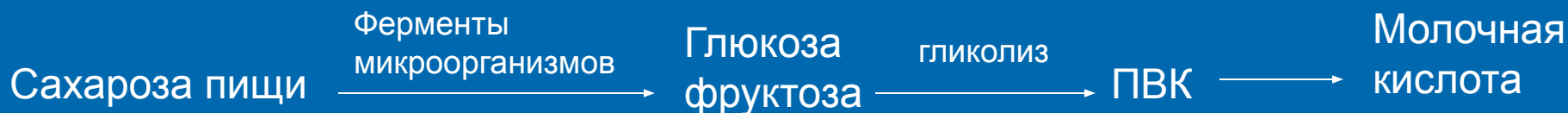
Местные факторы:

- 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 pH 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 (β - и γ - глобулины)
6. Гормональная (саливапаротин)
7. Плазмосвертывающая, фибринолитическая
8. Минерализующая (пересыщена гидроксиапатитами)

ИЗМЕНЕНИЕ pH 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:

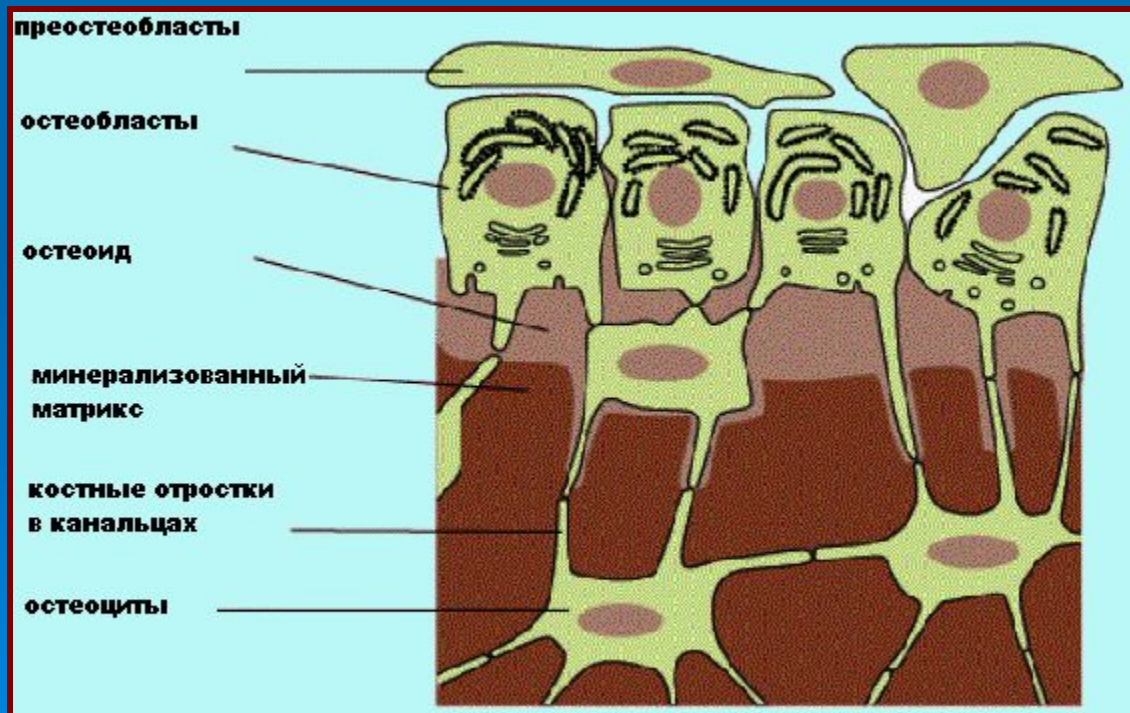
Катионы - К, Na, Са, Р, Ag

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%)

3 50,942 As	75	34 78,96 Se
93 92,906 Nb	41 92,906 Mo	92 94,96 Zr
51 121,123 Sb	52 127,60 Te	122 127,60 I
73 180,948 Ta	74 180,948 W	76 183,84 Os
83 208,980 Bi	84 208,980 Po	85 208,980 At
71 180,948 E-Ta	72 180,948 E-W	73 180,948 E-Os
85 208,980 E-Bi	86 208,980 E-Po	87 208,980 E-At

Минеральная часть в значительном количестве содержит Ca (25%) и P (50%), образующие кристаллы гидроксиапатита, а также другие компоненты: бикарбонаты, цитраты, соли Mg^{2+} , K^+ , Na^+ 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 Ca^{2+} и PO_4^{3-} .

Остеопонтин - богат дикарбоновыми аминокислотами и фосфосерином, 30 остатков моносахаридов, 10 остатков сиаловых кислот. Он способен фиксировать остеобласты 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 γ -карбоксилглутаминовой кислоты). Роль их - связывать кристаллы гидроксиапатита и тем самым способствовать их накоплению в ткани.

Синтез остеокальцина зависит не только от витамина К, но и D, что подчеркивает его связь с процессом минерализации.

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

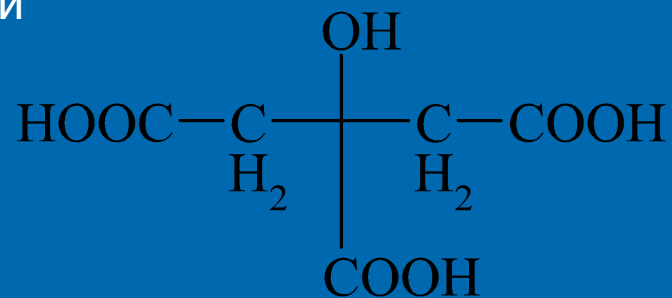
протеин-S - синтезируется в печени, участие в метаболизме костной ткани доказывается фактом изменения скелета у пациентов с дефицитом этого белка.

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

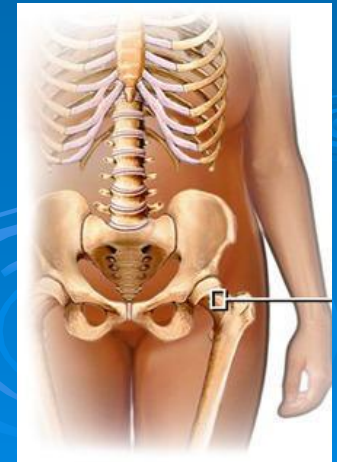
Структура и функции костной ткани поддерживаются специфическими **ферментами**: щелочной фосфатазой, дегидрогеназами, кислой фосфатазой, аминопептидазой, аденилатциклазой, пируваткиназой, фосфотрансферазой, цитохромоксидазой, каталазой.



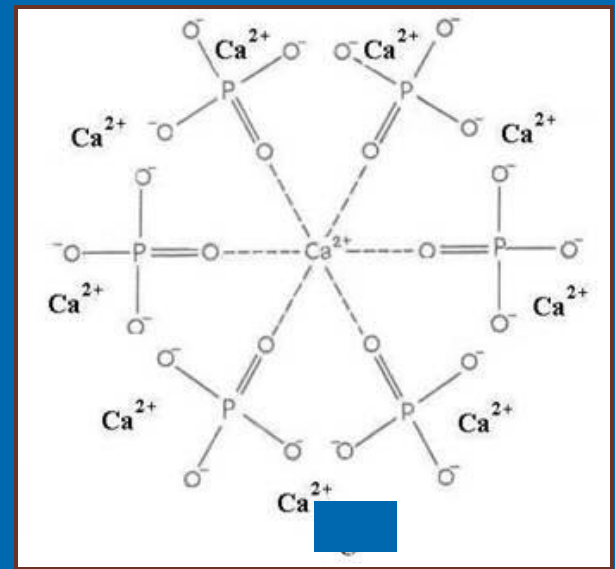
Этапы минерализации костной ткани

1-й ЭТАП: остеобласты 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.

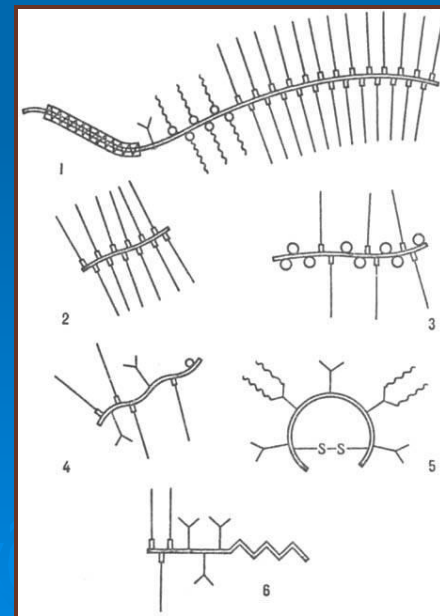
2-й ЭТАП - в зоне минерализации усиливаются окислительные процессы, распадается гликоген, синтезируется необходимое количество АТФ. Кроме того, в остеобластах увеличивается количество цитрата, необходимого для синтеза аморфного фосфата кальция. Одновременно из лизосом остеобластов выделяются кислые гидролазы, 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

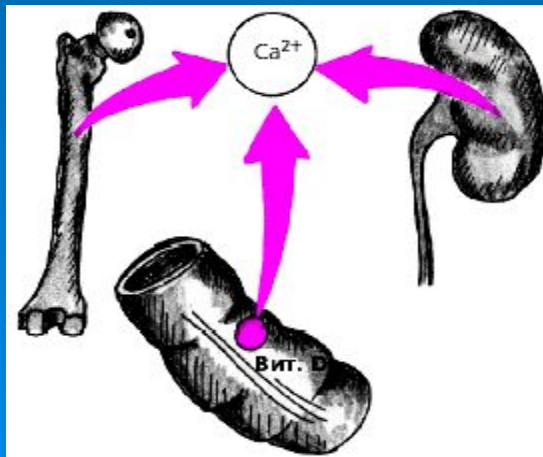
Паратгормон - повышает содержание сывороточного Ca^{2+} , вызывает резкое усиление процессов резорбции, выражающееся в разрушении минеральной и органической основы костной ткани.

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

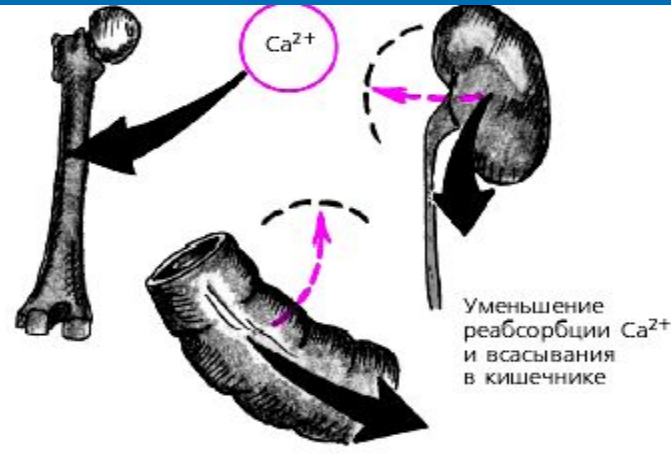
Тиреокальцитонин, напротив, ингибирует резорбцию кости остеокластами, поэтому его применяют в клинике при заболеваниях, связанных с усиленной резорбцией кости (остеопорозы различного происхождения, замедленное заживление переломов, несовершенный остеогенез). Наиболее сильный эффект резорбции имеют тироксин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



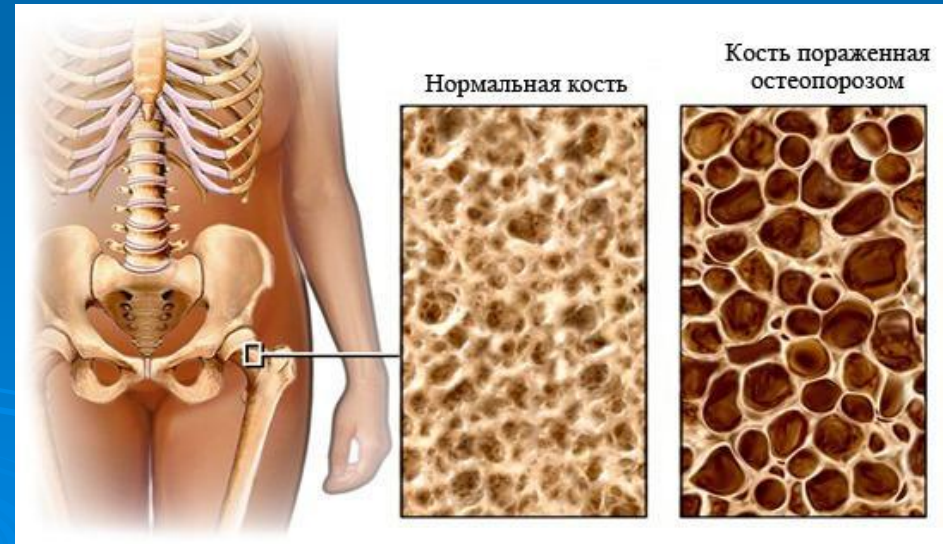
Возрастные изменения костной ткани и основная патология.



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).

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

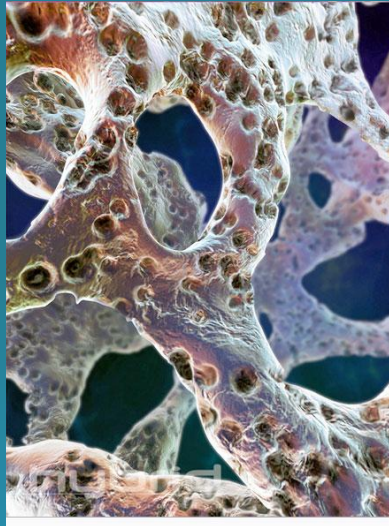


Классификация.

Постменопаузальный остеопороз (требуется 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.

