

# Хрящевые ткани

# Расположение хряща в организме

---

- Хрящевые ткани выполняют формообразующую функцию у плода и опорную во взрослом организме.

Хрящевую ткань можно встретить:

- в области суставов (покрывая суставную поверхность относительно узким слоем),
- в метафизах (т.е. между эпифизом и диафизом) трубчатых костей,
- в межпозвонковых дисках, в передних отделах рёбер, в стенке дыхательных органов (гортани, трахеи, бронхов) и т. д.

# Развитие

---

- Как и все прочие ткани внутренней среды организма, скелетные ткани развиваются
- из мезенхимы (клетки которой, в свою очередь, выселяются из сомитов и спланхнотомов)

# Особенности

---

- особая природа межклеточного вещества придаёт два важнейших свойства:
  - упругость и
  - прочность.
- межклеточного вещества данных тканей.
  
- Во многих случаях хрящ покрыт надхрящницей - волокнистой соединительной тканью, которая участвует в **росте и питании** хряща.

---

Важная особенность хрящевых тканей -  
- **отсутствие кровеносных сосудов.**

Поэтому питательные вещества поступают в хрящ  
- **путём диффузии** из сосудов надхрящницы

В ряде случаев надхрящницы нет -  
например, у суставных хрящей, поскольку их  
поверхность должна быть гладкой.

Здесь питание осуществляется  
со стороны синовиальной жидкости и  
со стороны подлежащей кости.

# Клеточный состав

---

- **Хондробласты** – молодые клетки, располагаются в глубоких слоях надхрящницы по одиночке и расположены ближе к поверхности хряща
- -небольшие уплощённые клетки, способные к **-пролиферации** и -синтезу компонентов межклеточного вещества хряща.
- в них хорошо выражены ЭПС гранулярный, комплекс Гольджи, митохондрии
- Хондробласты, выделяя компоненты межклеточного вещества, -"замуровывают" себя в нём и превращаются в хондроциты.

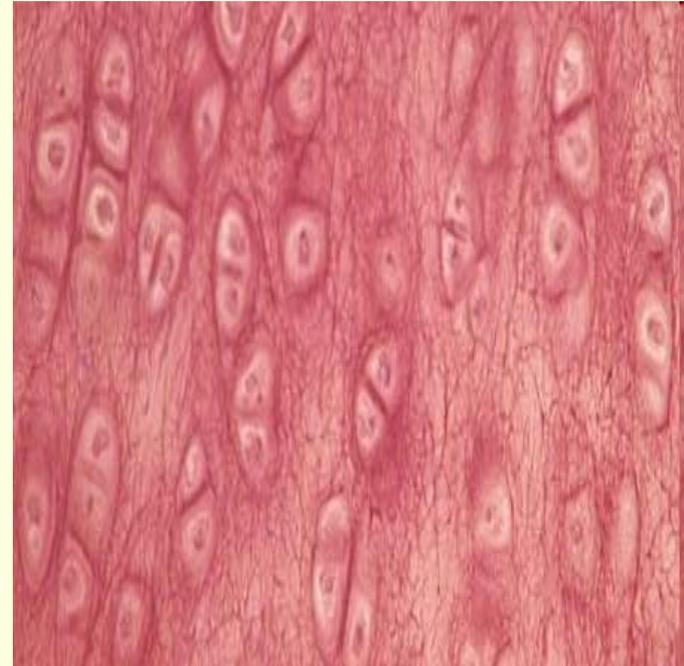
# Функции

---

- основная функция хондробластов - выработка органической части межклеточного вещества: белки коллаген и эластин, гликозаминогликаны (ГАГ) и протеогликаны (ПГ).
- хондробласты обеспечивают аппозиционный (поверхностный) рост хряща со стороны надхрящницы.

# Хондроциты

- а) Хондроциты - главный тип клеток хряща.
- -лежат в особых полостях межклеточного вещества (**лакунах**) и
- - могут делиться митозом, при этом дочерние клетки не расходятся, остаются вместе - образуются изогенные группы (из 2-6 клеток), происходящие из одной клетки.
- б) Они имеют
- -большой (по сравнению с хондробластами) размер и овальную форму.
- Хорошо развиты гранулярная ЭПС и комплекс Гольджи



# Функции

---

- Хондроциты, прекратившие деление, активно синтезируют компоненты межклеточного вещества.
- За счёт деятельности хондроцитов происходит **увеличение массы хряща изнутри - интерстициальный рост.**

# Хондрокласты

---

- В хрящевой ткани кроме клеток образующих межклеточное вещество есть и их антогонисты - разрушители межклеточного вещества - это хондрокласты (можно отнести к макрофагической системе): довольно крупные клетки, в цитоплазме много лизосом и митохондрий. Функция - разрушение поврежденных или изношенных участков хряща.

# Межклеточное вещество

---

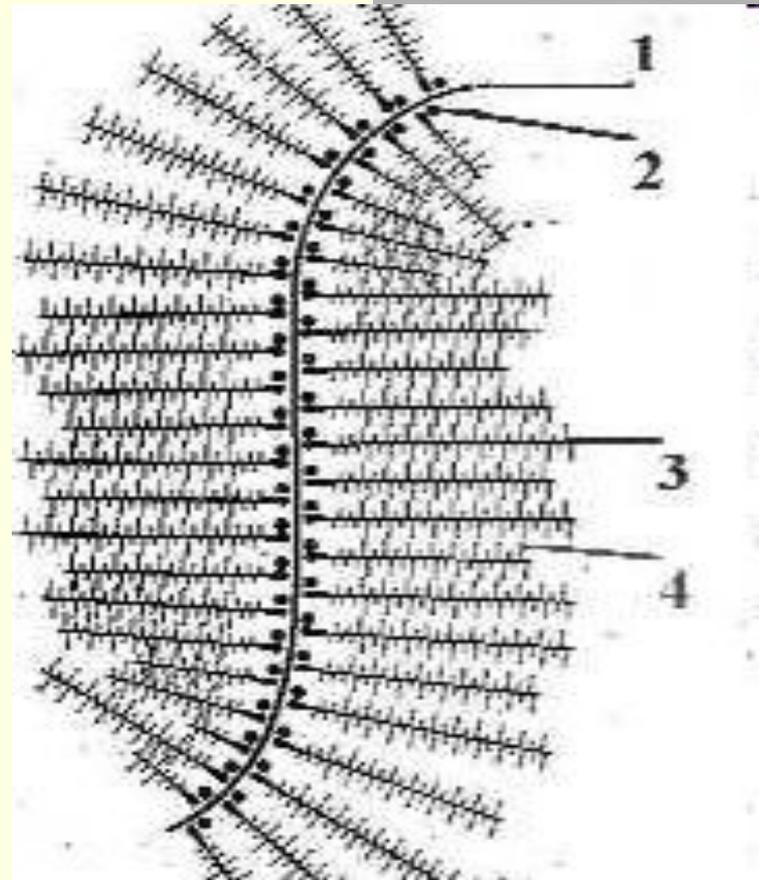
- Межклеточное вещество хрящевой ткани содержит волокна и основное вещество.
- много волокнистых структур:
- **-коллагеновых** волокон,
- а в эластическом хряще - **эластических** волокон.

- 
- Межклеточное вещество обладает высокой гидрофильностью, содержание воды достигает до 75% массы хряща, это обуславливает высокую плотность и тургор хряща. Хрящевые ткани в глубоких слоях не имеют кровеносных сосудов,

- **Основное аморфное вещество** содержит:
- -воду (70-80 %),  
-минеральные вещества (4-7 %),  
-органический компонент (10-15 %),  
представленный
- **-протеогликанами и  
-гликопротеинами.**

# Протеогликаны

- Протеогликановый агрегат содержит 4 компонента.
- В основе агрегата - длинная нить гиалуроновой кислоты (1).
- С помощью глобулярных связующих белков (2) с этой нитью связаны
  - линейные (фибриллярные) пептидные цепи т.н. корового (сердцевинного) белка (3).
  - В свою очередь, от последних отходят олигосахаридные ветви (4).



## Эти комплексы

- обладают высокой гидрофильностью; поэтому связывают большое количество воды и
- обеспечивают высокую упругость хряща.
- При этом они сохраняют проницаемость для низкомолекулярных метаболитов.

- 
- Надхрящница - это слой соединительной ткани, покрывающий поверхность хряща. В надхрящнице выделяют наружный фиброзный (из плотной неоформленной СТ с большим количеством кровеносных сосудов) и внутренний клеточный слой, содержащее большое количество стволовых, полустволовых клеток.

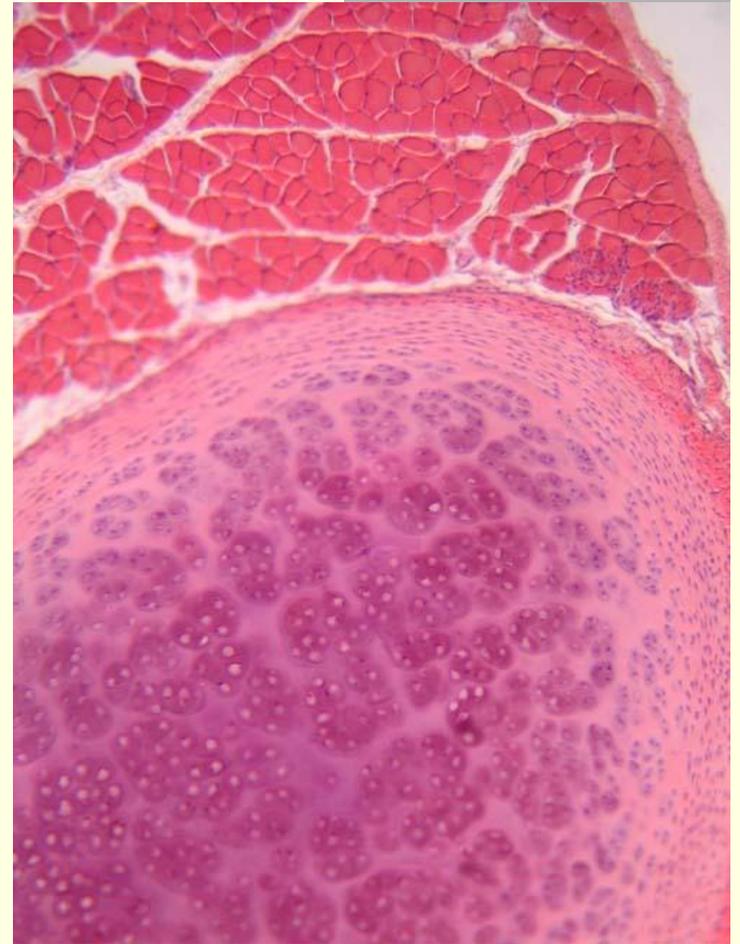
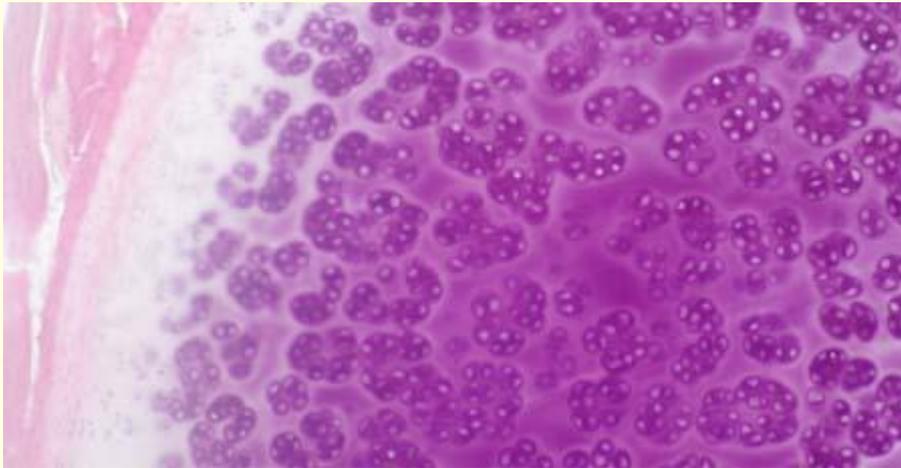
# Классификация хряща

---

- Гиалиновый
- Эластический
- Волокнистый

# Гиалиновый хрящ

- Внешне эта ткань имеет голубовато-белый цвет и похожа на стекло (греч. *hyalos* - стекло). Гиалиновый хрящ - покрывает все суставные поверхности костей, содержится в грудинных концах ребер, в воздухоносных путях.



# Отличительные признаки

---

- 1. межклеточное вещество гиалинового хряща в препаратах окрашенных гематоксилин-эозином кажется гомогенным, не содержащим волокон.
- 2. вокруг изогенных групп имеется четко выраженная базофильная зона - так называемый территориальный матрикс. Это связано с тем, что хондроциты выделяют в большом количестве ГАГ с кислой реакцией, поэтому этот участок окрашивается основными красками, т.е. базофильна. Слабооксифильные участки между территориальными матриксами называются интертерриториальным матриксом.

- Большое количество протеогликановых агрегатов.
- Гликозаминогликаны. Высокая упругость зависит от содержания ГАГ
- Хондроитинсульфаты (хондроитин-6-сульфат, хондроитин-4-сульфат)
- Кератансульфаты
- содержится коллаген II типа, который является более гидрофильным (за счёт более высокого содержания гидроксигрупп) и
- образует лишь фибриллы (не объединяющиеся в волокна).
- Коллаген IX, VI и X
- Белок хондронектин

# Клеточный состав

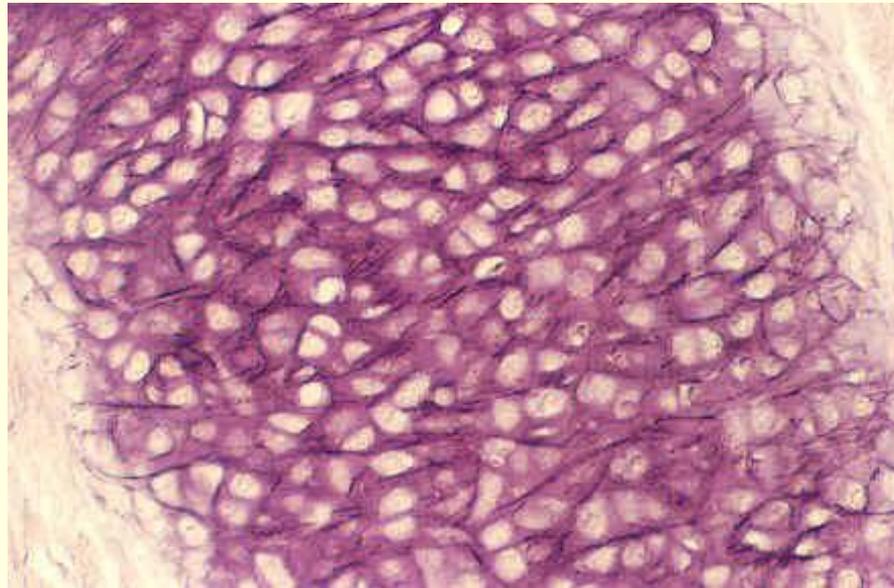
---

- а) Сразу под надхрящницей располагаются
  - молодые хондроциты -
  - по несколько крупнее по размерам и более овальные по форме.
- б) Глубже находятся
  - зрелые хондроциты -
  - крупные овальные клетки со светлой цитоплазмой,
  - образующие изогенные группы по 2-6 клеток.

- 
- 1) Суставные поверхности костей.
  - 2) Воздухоносные пути.
  - 3) Места соединения рёбер с грудиной.

# Эластический хрящ

- В ушной раковине, надгортаннике, хрящах гортани. В межклеточном веществе кроме коллагеновых волокон имеется большое количество беспорядочно расположенных эластических волокон. В эластическом хряще меньше содержание липидов, хондроитинсульфатов и гликогена.



- б) в толще хрящевой пластинки - изогенные группы хондроцитов,
- крупные, овальные и
- имеют светлую цитоплазму.
- Группы хондроцитов обычно имеют
- вид цепочек (из 2-х, реже большего числа клеток), ориентированы перпендикулярно к поверхности.

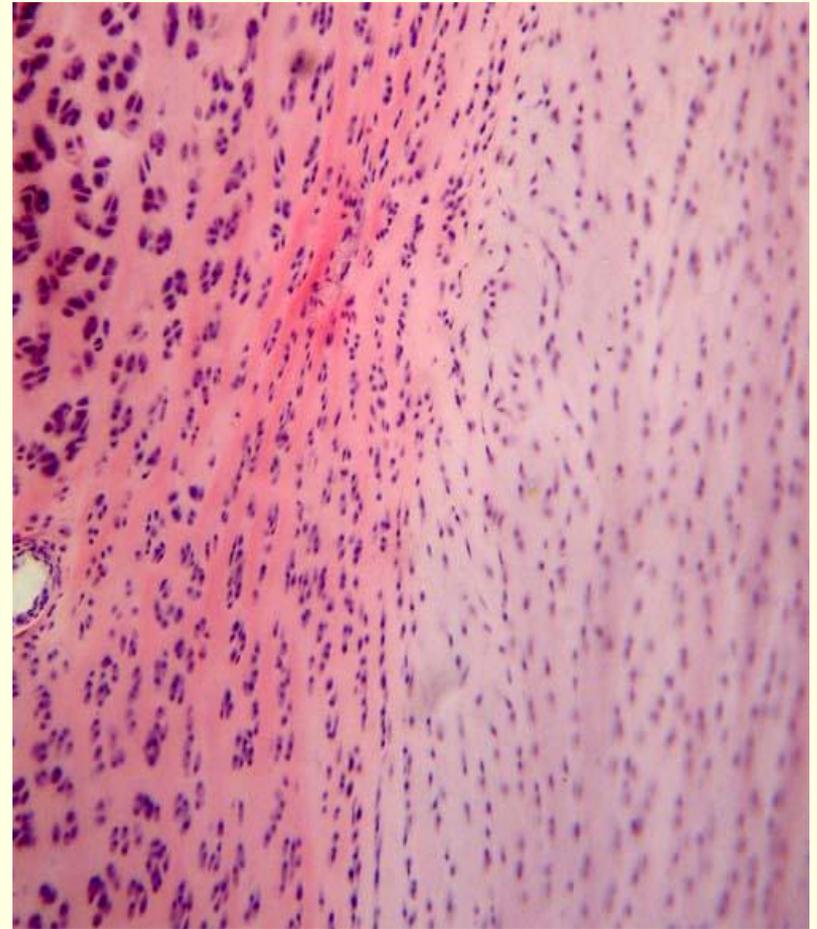
# Возрастные изменения

---

- Из-за относительно низкого содержания коллагеновых фибрилл и отсутствия коллагена X, в эластическом хряще
- не происходит отложение солей кальция (обызвествление) при нарушении питания.

# Волокнистый хрящ

Волокнистый хрящ расположен в местах прикрепления сухожилий к костям и хрящам, межпозвоночных дисках. По строению занимает промежуточное положение между плотной оформленной соединительной и хрящевой тканью.



- В межклеточном веществе гораздо больше коллагеновых волокон, расположенных ориентированно - образуют толстые пучки, хорошо видимые под микроскопом. Хондроциты чаще лежат по одиночке вдоль волокон, не образуя изогенные группы. Имеют вытянутую форму, палочковидное ядро и узкий ободок цитоплазмы.

- На периферии волокнистый хрящ постепенно переходит
- в плотную оформленную соединительную ткань, коллагеновые волокна которой приобретают косую ориентацию и идут от одного позвонка к другому.
- б) В центральной части диска волокнистый хрящ переходит в пульпозное ядро, которое содержит гиалиновый хрящ, коллаген II типа ( в виде фибрилл)

# Рост хрящей

---

- Аппозиционный – рост с поверхности за счет надхрящницы
  - Митотические деления хондрогенных клеток
  - Дифференцировка хондробластов
  - Синтез и секреция межклеточного вещества
  - Дифференцировка хондроцитов
- Интерстициальный (внутренний) – рост за счет деления клеток в зоне зрелого хряща
  - Митотические деления хондроцитов в зоне зрелого хряща
  - Образование изогенных групп

# Регенерация хрящей

---

- Гиалиновый – незначительна. В основном участвует надхрящница
- Эластический - меньше подвержен дегенерации и не обызвествляется
- Волокнистый – слабая регенерация, способен обызвествляться

# Костные ткани

# Состав

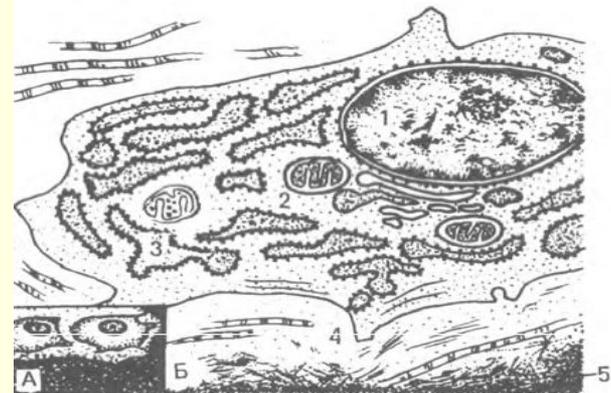
---

- Костные ткани (textus ossei) — это специализированный тип соединительной ткани с высокой минерализацией межклеточного органического вещества, содержащего около 70 % неорганических соединений, главным образом фосфатов кальция.
- Костные ткани состоят из клеток и межклеточного вещества. Более 30 микроэлементов (медь, стронций, цинк, барий, магний и др.)

- 
- К дифферону костной ткани относятся
  - *1. стволовые и полустволовые (остеогенные) клетки,*
  - *osteобласты,*
  - *osteоциты*
  - *2. остеокласты.*

# Остеобласты

- Остеобласты являются наиболее функционально активными клеточными элементами дифферона при остеогистогенезе. Во взрослом организме источником клеток, поддерживающих популяцию остеобластов, являются клетки рассредоточенного камбия в остеогенном слое надкостницы.
- Остеобласты имеют кубическую или призматическую форму. 15-20мкм. Ядро расположено эксцентрично. Остеобласты - типичные активно синтезирующие и секретирующие клетки, секреция осуществляется всей поверхностью клетки. В клетке имеется хорошо развитая гранулярная эндоплазматическая сеть, заполняющая практически всю цитоплазму, множество свободных рибосом и полисом,



# Функции -

---

- секретируют коллаген I типа, щелочную фосфатазу, остеокальцин, остеопонтин, трансформирующие факторы роста, остеоонектин, коллагеназу и др.
- Высоко дифференцированные остеобласты характеризуются постепенным снижением активности щелочной фосфатазы, остеокальцина, остеопонтина и отсутствием пролиферативной активности.

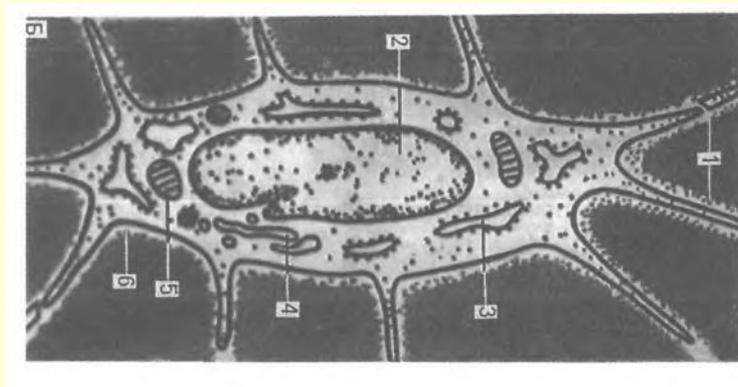
# Роль в минерализации органической основы костного матрикса.

- Процесс минерализации костного матрикса начинается с отложения аморфного фосфата кальция. Во внеклеточный матрикс катионы кальция попадают из кровотока, где находятся в связанном с белками состоянии.
- В присутствии щелочной фосфатазы, синтезированной остеобластами, находящиеся в межклеточном веществе глицерофосфаты расщепляются с образованием фосфат-аниона. Избыток последнего приводит к локальному увеличению Са и Р до уровня, при котором фосфат кальция выпадает в осадок. Подавляющая фракция минерала кости находится в виде кристаллов гидроксиапатитов. Кристаллы образуются на коллагеновых волокнах костного матрикса. Последние имеют структурные особенности, способствующие этому процессу. Молекулы предшественника коллагена - тропоколлагена таким образом упакованы в волокно, что между окончанием одной и началом другой остается зазор, называемый зоной отверстий. Именно в этой зоне первоначально и откладывается костный минерал. В дальнейшем кристаллы начинают расти в обе стороны, и процесс охватывает все волокно

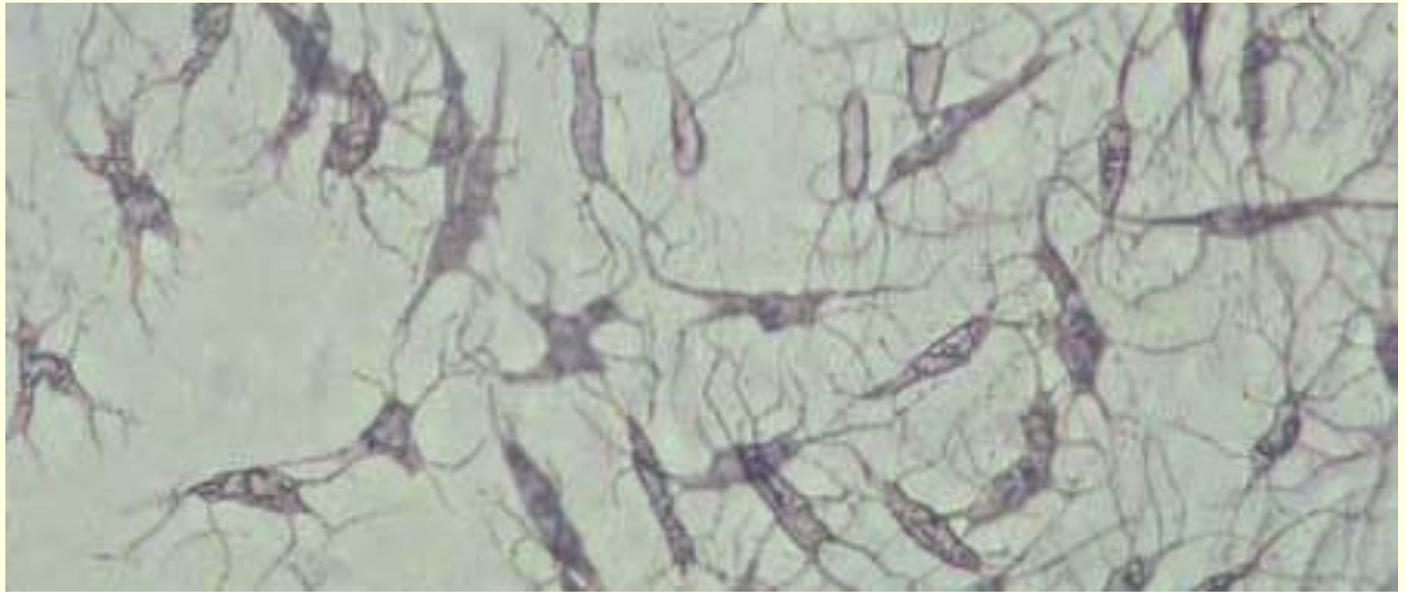
- Существенная роль в минерализации синтезированного органического матрикса кости принадлежит матричным пузырькам. Такие пузырьки являются производными комплекса Гольджи остеобластов, имеют мембранное строение и содержат различные ферменты, необходимые для реакций минерализации или их ингибирования, а также аморфные фосфаты кальция. Матричные пузырьки выходят из клеток во внеклеточное пространство и высвобождают заключенные в них продукты. Последние инициируют процессы минерализации.

# Остеоциты

- По количественному составу самые многочисленные клетки костной ткани. Это отростчатые клетки, лежат в костных полостях - лакунах. Диаметр клеток достигает до 50 мкм. Цитоплазма слабобазофильна. Органоиды развиты слабо (гранулярный ЭПС, ПК и митохондрии). Не делятся.

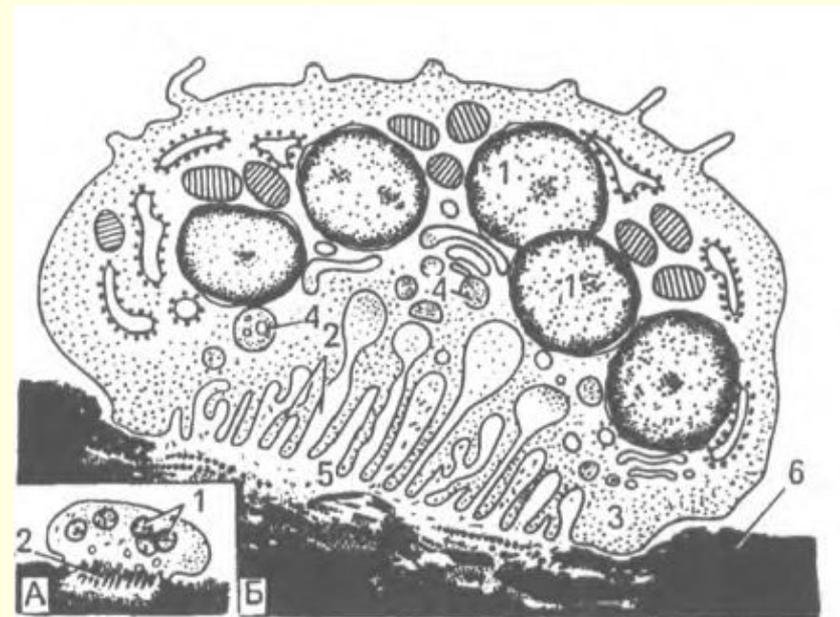


- Функция: принимают участие в физиологической регенерации костной ткани, вырабатывают органическую часть межклеточного вещества.
- На остеобласты и остеоциты стимулирующее влияние оказывает гормон щитовидной железы кальцитонин - усиливается синтез органической части межклеточного вещества и усиливается отложение кальция, при этом концентрация кальция в крови снижается.



# Остеокласты

- Имеют много ядер и большой объем цитоплазмы; зона цитоплазмы, прилегающая к костной поверхности называется гофрированной каемкой, здесь много цитоплазматических выростов и лизосом функции - разрушение волокон и аморфного вещества кости



# Остеокласты -

- Специализированные макрофаги.
- Их диаметр достигает до 100 мкм. Различные компартменты остеокластов специализированы для выполнения определенных функций.
- **базальная зона**, в ней в составе многочисленных (5 - 20) ядер сосредоточен генетический аппарат клетки.
- **светлая зона**, непосредственно контактирующая с костным матриксом. Благодаря ей, остеокласт по всему периметру плотно адгезируется к кости, создавая изолированное пространство между собой и поверхностью минерализованного матрикса. Адгезия остеокласта обеспечивается за счет ряда рецепторов к компонентам матрикса, основными из которых являются рецепторы к витронектину. Избирательная проницаемость этого барьера позволяет создавать специфическую микросреду в зоне адгезии клетки.
- **везикулярная зона** содержит лизосомы.
- Через мембрану **гофрированной каемки** транспортируются ферменты, кислые субстанции, образуется угольная кислота  $H_2CO_3$ ; угольная кислота растворяет соли кальция, растворенный кальций<sup>2+</sup> вымывается в кровь. осуществляющие деминерализацию и дезорганизацию костного матрикса, что приводит к формированию резорбционной (эрозионной) лакуны Хаушипа.

- Толстые коллагеновые волокна, лишенные цементирующего вещества, создают вид "щеточной каемки" Лизосомальные ферменты осуществляют протеолиз коллагена и других белков матрикса. Продукты протеолиза удаляются из остеокластических лакун трансцеллюлярным транспортом. В целом процесс снижения pH в лакуне осуществляется двумя механизмами: путем экзоцитоза кислого содержимого вакуолей в лакуну и благодаря действию протонных насосов - H<sup>+</sup>-АТФаз, локализованных в мембране гофрированной каемки. Источником для ионов водорода служит вода и диоксид углерода, являющиеся результатом митохондриальных реакций окисления.

# Межклеточное вещество

- 1. Неорганическая часть матрикса
- кальций (35%)
- фосфор (50%) (фосфорнокислые и углекислые соли кальция) главным образом, в виде кристаллов гидроксиапатита ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2 \cdot ([\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]_3 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2)$ ),
- и немного - в аморфном состоянии, небольшое количество фосфата магния - составляют 70% межклеточного вещества. В плазме неорганический фосфор содержится в виде анионов  $\text{HPO}_4^{-2}$  и  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-2}$ .
- 
- Соотношение органической и неорганической части межклеточного вещества зависит от возраста: у детей органической части несколько больше 30%, а неорганической части меньше 70%, поэтому у них кости менее прочные, но зато более гибкие (не ломкие); в пожилом возрасте, наоборот, доля неорганической части увеличивается, а органической части уменьшается, поэтому кости становятся более твердыми, но более ломкими.  
- присутствуют кровеносные сосуды:

# Органическая часть костного матрикса

---

Органическая часть межклеточного вещества представлена

- коллагеновыми (коллаген I, X, V типов) очень мало гликозаминогликанов и протеогликанов.
- - гликопротеины (щелочная фосфатаза, остеонектин);
- - протеогликаны (кислые полисахариды и гликозаминогликаны - хондроитин-4- и хондроитин-6-сульфаты, дерматансульфат и кератансульфат. );
- - факторы роста (фактор роста фибробластов, трансформирующие факторы роста, костные морфогенетические белки) - цитокины, выделяемые клетками костной ткани и крови, осуществляющие местную регуляцию остеогенеза.

## белки, осуществляющие адгезию клеток

---

- Остеонектин - гликопротеин кости и дентина, имеет высокое сродство к коллагену I типа и к гидроксипатиту, содержит Са-связывающие домены. Поддерживает в присутствии коллагена концентрацию Са и Р. Предполагается, что белок участвует во взаимодействии клетки и матрикса.
- Остеопонтин является главным компонентом белкового состава матрикса, в частности поверхностей раздела, где он и аккумулируется в виде плотного покрова, названного линиями цементации (*lamina limitans*). Благодаря своим физико-химическим свойствам регулирует кальцификацию матрикса, специфично участвует в адгезии клеток к матриксу или матрикса к матриксу. Продукция остеопонтина - одно из наиболее ранних проявлений активности остеобластов.
- Остеокальцин (ОК) - небольшой белок (5800 Да, 49 аминокислот) в минерализованном матриксе кости, участвует в процессе кальцификации,

# Классификация

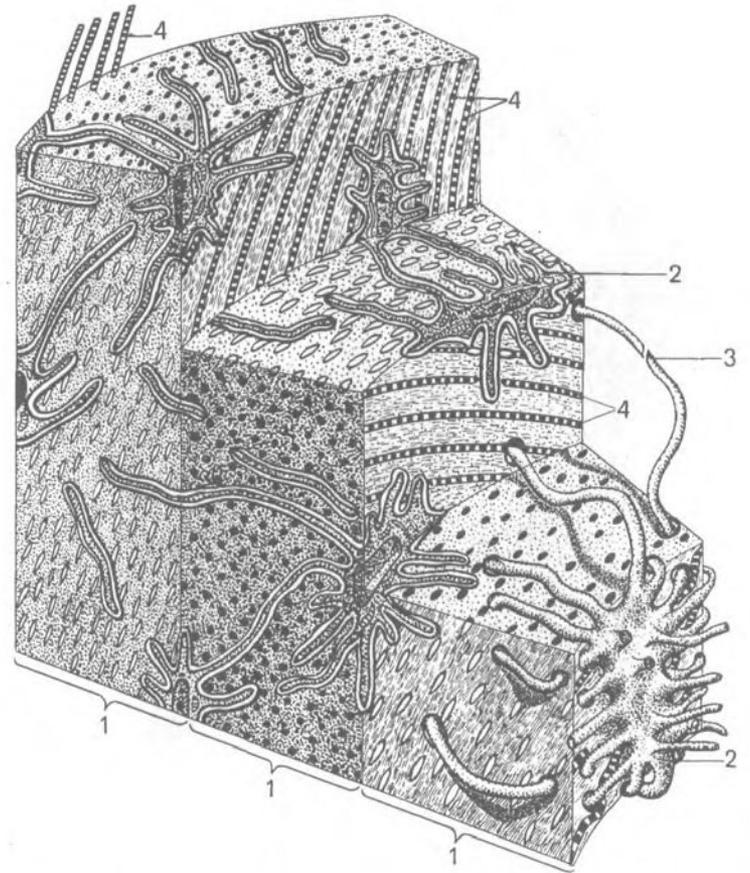
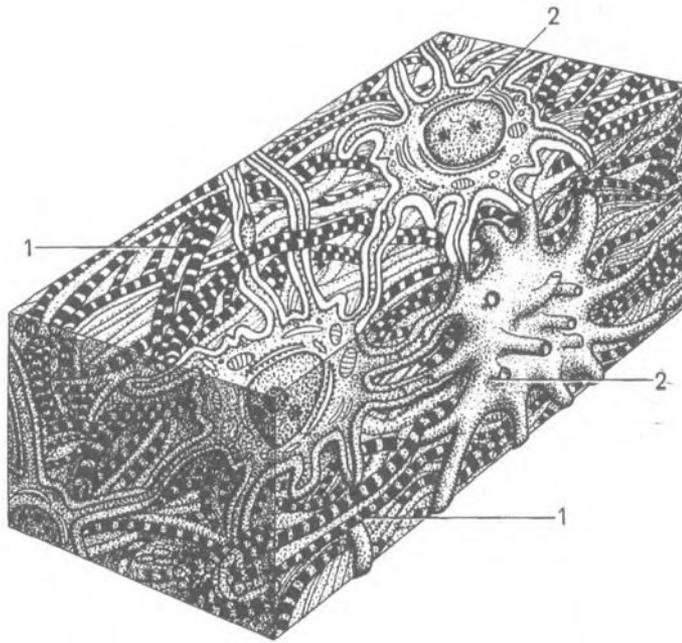
---

- Различают трубчатые, плоские и смешанные кости. Диафизы трубчатых костей и кортикальные пластинки плоских и смешанных костей построены из пластинчатой костной ткани покрытой надкостницей или периостом. В периосте принято различать два слоя: наружный - волокнистый, состоящий преимущественно из волокнистой соединительной ткани; внутренний, прилегающий к поверхности кости - остеогенный, или камбиальный.

# Виды костных тканей

	грубоволокнистая (ретикулофиброзная)	пластинчатая (тонковолокнистая)
Основная особенность	Коллагеновые волокна образуют толстые пучки, идущие в разных направлениях.	а) Костное вещество (организовано в пластинки). б) Причём, в пределах одной пластинки волокна имеют одинаковое направление, а в пределах соседних пластинок - разное.
Локализация	1. Плоские кости эмбриона.  2. Бугорки костей; места заросших черепных швов.	Почти все кости взрослого человека:  плоские (лопатка, тазовые кости, кости черепа), губчатые (рёбра, грудина, позвонки) и трубчатые.

# Грубоволокнистая Пластинчатая



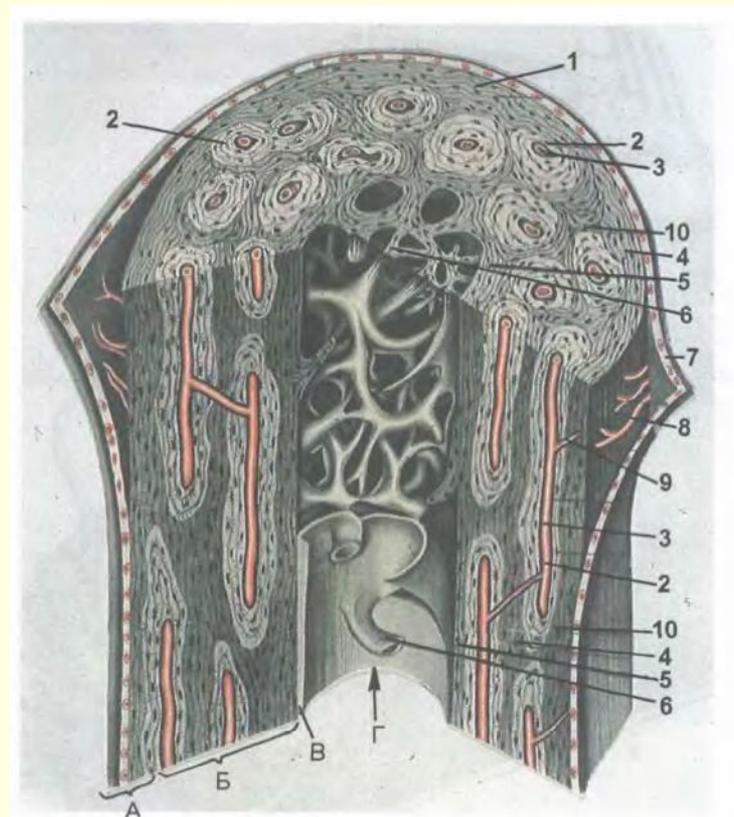
## Пластинчатая костная ткань может иметь губчатую и компактную организацию.

	Губчатое костное вещество	Компактное костное вещество
<b>Локализация</b>	Из губчатого вещества состоят: <b>эпифизы</b> трубчатых костей, внутренний слой (примыкающий к костномозговому каналу) диафизов трубчатых костей, губчатые кости, внутренняя часть плоских костей.	Компактную структуру имеют большая часть диафизов трубчатых костей и поверхностный слой плоских костей.
<b>Отличительная черта</b>	Губчатое вещество построено из бессосудистых костных перекладин (балок), между которыми находятся промежутки – костные ячейки.	В компактном костном веществе практически нет промежутков: за счёт разрастания костной ткани вглубь ячеек, остаются лишь узкие пространства для сосудов – т.н. центральные каналы остеонов
<b>Костный мозг</b>	В ячейках губчатого вещества содержатся сосуды, питающие кость, и красный костный мозг - кроветворный орган.	Костномозговая полость диафизов трубчатых костей у взрослых содержит жёлтый костный мозг - жировую ткань.

<p><b>Строение</b></p>	<p>Состоят из костных пластинок  а) При этом пластинки губчатого вещества обычно ориентированы вдоль направления костных</p>	<p>Состоят из костных пластинок  В компактном же веществе имеются пластинки 3-х типов:</p>
	<p>балок, а не вокруг сосудов, как в остеонах компактного вещества.   б) в достаточно толстых балках остеоны могут встречаться.</p>	<p>общие (генеральные) – окружают всю кость, остеонные - лежат концентрическими слоями вокруг сосуда, образуя т.н. остеоны;  вставочные - находятся между остеонами.</p>
<p><b>Единица строения</b></p>	<p>костные пластинки.</p>	<p>остеоны.</p>

# Строение трубчатой кости

- Строение трубчатой кости
- А — надкостница; Б — компактное вещество кости; В — эндост; Г — костномозговая полость;
- 1 — слой наружных общих пластинок;
- 2 — остеон;
- 3 — канал остеона;
- 4 — вставочные пластинки;
- 5 — слой внутренних общих пластинок;
- 6 — костная трабекула губчатой ткани;
- 7 — волокнистый слой надкостницы;
- 8 — кровеносные сосуды надкостницы;
- 9 — прободающий канал;
- 10 — остециты.



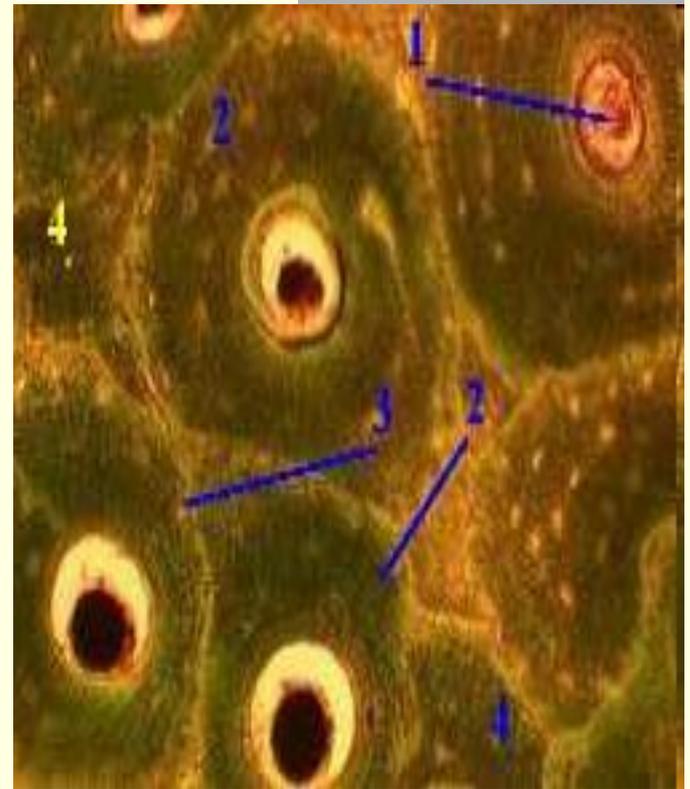
# Строение остеона-основной структурной единицы кости

Остеоны (гаверсовы системы) являются структурными единицами компактного вещества трубчатой кости. В центре каждого остеона – кровеносный сосуд (1), вокруг него – несколько concentрических слоёв костных пластинок (2), называемых остеонными.

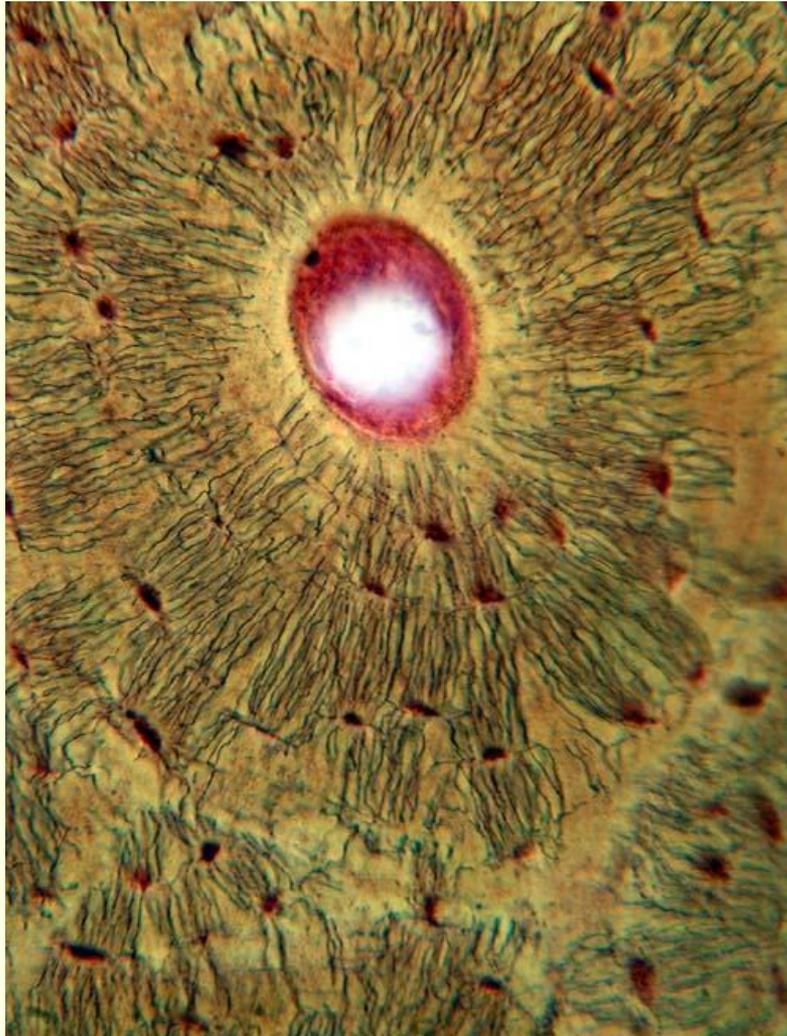
Остеоны ограничены резорбционной (спайной) линией (3).

Между остеонами вставочные костные пластинки (4), которые представляют собой остатки прежних поколений остеонов.

Костные пластинки включают **клетки** (остеоциты), **коллагеновые волокна** и **основное вещество**, богатое минеральными соединениями.



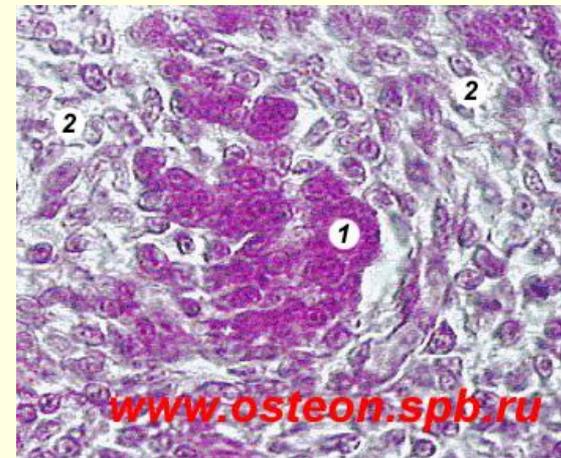
# Остеон



# Развитие КОСТИ ИЗ МЕЗЕНХИМЫ (прямой остеогистогенез).

Из мезенхимы образуется незрелая (грубоволокнистая) кость, которая впоследствии замещается пластинчатой костью

В развитии различают 4 этапа:  
1. **образование** остеогенного островка - в области образования кости клетки мезенхимы превращаются в остеобласты – связано с васкуляризацией (образованием кровеносных сосудов).



## 2. образование межклеточного вещества

- **остеобласты начинают образовывать межклеточное вещество кости, при этом часть остеобластов оказывается внутри межклеточного вещества, эти остеобласты превращаются в остеоциты; другая часть остеобластов оказывается на поверхности межклеточного вещества,**



# 3. кальцификация

- **межклеточного вещества кости - межклеточное вещество пропитывается солями кальция.**
- **а) На третьей стадии в межклеточном веществе появляются т.н. матричные пузырьки, сходные с лизосомами. Они накапливают кальций и (за счёт щелочной фосфатазы) неорганический фосфат.**
- **б) При разрыве пузырьков происходит минерализация межклеточного вещества, т. е. отложение кристаллов гидроксиапатита на волокнах и в аморфном веществе.**
- **В результате, образуются костные трабекулы (балки) - минерализованные участки ткани, содержащие все 3 типа костных клеток -**
  - **с поверхности - остеобласты и остеокласты,**
  - **а в глубине - остеоциты.**



# 4.Образование остеонов

- В последующем во внутренней части плоской кости
- первичная губчатая ткань замещается на вторичную,
- которая построена уже из костных пластинок, ориентированных по ходу балок.



**Развитие пластинчатой костной ткани тесно связано с**

**1. процессом разрушения отдельных участков кости и вращанием кровеносных сосудов в толщу ретикулофиброзной кости.**

**В этом процессе как в период эмбрионального остеогенеза, так и после рождения принимают участие остеокласты.**

**2. сосудами, подрастающие к трабекулам.**

**В частности, вокруг сосудов костное вещество формируется в виде концентрических костных пластинок, составляющих первичные остеоны.**



# РАЗВИТИЕ КОСТИ НА МЕСТЕ ХРЯЦА (непрямой остеогенез)

---

- на месте хряща сразу образуется зрелая (пластинчатая) кость
- в развитии различают 4 этапа:
- 1. образование хряща - на месте будущей кости образуется гиалиновый хрящ

## 2. перихондральное окостенение

- проходит только в области диафиза
  - надхрящница превращается в надкостницу, в которой появляются остеогенные клетки, затем остеобласты
  - за счет остеогенных клеток надкостницы на поверхности хряща начинается образование кости в виде общих пластинок, имеющих циркулярный ход, наподобие годовых колец дерева



# 3.эндохондральное окостенение

- - Происходит как в области диафиза, так и в области эпифиза;
  - внутри хряща вырастают кровеносные сосуды, где имеются остеогенные клетки - остеобласты, за счет которых вокруг сосудов происходит образование кости в виде остеонов, и остеокласты.
- •одновременно с образованием кости происходит разрушение хряща

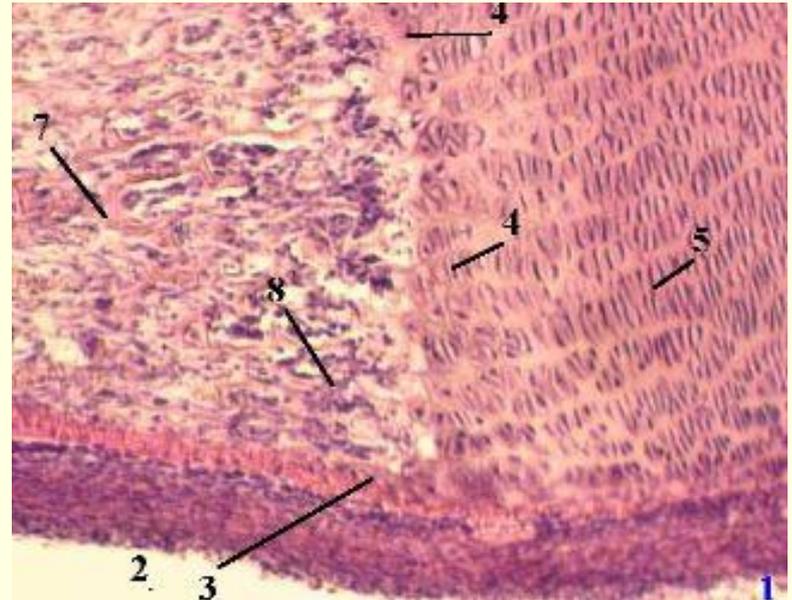


зона пузырьчатого хряща (4).

На границе ещё сохранившегося хряща хрящевые клетки находятся в набухшем, вакуолизированном состоянии, т.е. имеют пузырьчатую форму

зона столбчатого хряща (5).

В соседней области эпифиза продолжается рост хряща и, размножающиеся клетки выстраиваются в колонки вдоль длинной оси кости.



- 
- а) В последующем произойдёт окостенение и самого эпифиза (за исключением суставной поверхности) - энхондральным путём.
  - б) Т.е. здесь тоже произойдёт минерализация,
  - сюда прорастут сосуды, разрушится вещество хряща и образуется вначале грубоволокнистая,
  - а потом пластинчатая костная ткань.

# 4. перестройка и рост кости

---

- - старые участки кости постепенно разрушаются и на их месте образуются новые; за счет надкостницы образуются общие костные пластинки, за счет остеогенных клеток, находящихся в адвентиции сосудов кости, образуются остеоны. Между диафизом и эпифизом сохраняется прослойка хрящевой ткани, за счет которой рост кости в длину продолжается до конца периода роста организма в длину, т.е. до 20-25 лет.

# Рост кости

<b>Источники роста</b>	<p>До 20-летнего возраста происходит рост трубчатых костей:</p> <p>в ширину - путём аппозиционного роста со стороны надхрящницы,</p> <p>в длину - за счёт активности метаэпифизарной хрящевой пластинки.</p>
<b>Метаэпифизарный хрящ</b>	<p>а) Метаэпифизарная пластинка - часть эпифиза, примыкающая к диафизу и сохраняющая (в отличие от остальной части эпифиза) хрящевую структуру.</p> <p>б) В ней имеются 3 зоны (по направлению от эпифиза к диафизу):</p> <ul style="list-style-type: none"><li>пограничная - содержит овальные хондроциты,</li><li>зона столбчатых клеток - она-то и обеспечивает рост хряща в длину за счёт размножения хондроцитов,</li><li>зона пузырьчатого хряща - граничит с диафизом и подвергается окостенению.</li></ul> <p>в) Таким образом, одновременно происходят 2 процесса - рост хряща (в столбчатой зоне) и его замещение костью (в пузырьчатой зоне).</p>

# Регенерация

---

- Регенерация и рост кости в толщину осуществляется за счет периоста и эндоста. Все трубчатые кости, а также большинство плоских костей гистологически являются тонковолокнистой костью.

# Регенерация.

---

- Физиологическая регенерация костных тканей происходит медленно за счет остеогенных клеток надкостницы, эндоста и остеогенных клеток в канале остеона. Посттравматическая регенерация костной ткани протекает лучше в тех случаях, когда концы сломанной кости не смещены относительно друг друга. Процессу остеогенеза предшествует формирование соединительнотканной мозоли, в толще которой могут образовываться хрящевые отростки. Оссификация в этом случае идет по типу вторичного (непрямого) остеогенеза. В условиях оптимальной репозиции и фиксации концов сломанной кости регенерация происходит без образования мозоли. Но прежде чем начнут строить кость остеобласты, остеокласты образуют небольшую щель между репонированными концами кости.

- В костной ткани постоянно происходят два противоположно направленных процесса - резорбция и новообразование. Соотношение этих процессов зависит от нескольких факторов, в том числе возраста. Перестройка костной ткани осуществляется в соответствии с действующими на кость нагрузками.
- Процесс ремоделирования костной ткани происходит в несколько фаз, в каждую из которых ведущую роль выполняют те или иные клетки. Первоначально участок костной ткани, подлежащий резорбции, "помечается" остеоцитами при помощи специфических цитокинов (активация). Разрушается протективный слой на костном матриксе. К оголенной поверхности кости мигрируют предшественники остеокластов, сливаются в многоядерную структуру - симпласт - зрелый остеокласт. На следующем этапе остеокласт деминерализует костный матрикс (резорбция), уступает место макрофагам, которые завершают разрушение органической матрицы межклеточного вещества кости и подготавливают поверхность к адгезии остеобластов (реверсия). На последнем этапе в зону разрушения прибывают предшественники, дифференцирующиеся в остеобласты, они синтезируют и минерализуют матрикс в соответствии с новыми условиями статической и динамической нагрузки на кость (формирование).