

Костная ткань



лекция №9

- 1. Общая характеристика костной ткани. Клетки и межклеточное вещество.
- 2. Классификация костной ткани.
- 3. Особенности структуры грубоволокнистой кости.
- 4. Строение пластинчатой костной ткани.
- 5. Кость как орган.
- 6. Развитие, рост и регенерация кости.

Основные вопросы:

- ***Костная ткань – это разновидность соединительной ткани мезенхимного происхождения.***
- **Функции костной ткани:**
- 1. Опорно-механическая (Формирование осевого скелета, который является опорой для мягких органов).
- 2. Защитная (кости позвоночника, таза, грудной клетки, черепа защищают мягкие ткани от повреждения).
- 3. Гемопоэтическая функция (стволовые клетки эндоста участвуют в кроветворении).
- 4. Депонирующая функция (накапливает огромное количество минеральных веществ, практически вся таблица Менделеева).
- Кость – это летопись человеческой истории.

Основные функции:

Межклеточное вещество костной ткани



Межклеточное вещество в костной ткани называется остеоид. Остеоид состоит из костных волокон, погруженных в аморфное вещество, которое называется оссеомукоид.

Химический состав межклеточного вещества

Коллаген I
типа (95%)

Оссеомукоид:
протеогликаны
(сиалопротейн,
остеокальцин и
остеонектин 5%)

Фосфор
(50%)

Кальций
(35%)

Mg, K, Na
(15%)

70% неорганики (гидроксиапатиты – сложные комплексные соли: фосфаты, карбонаты и фториды кальция и магния), 20% органики (коллаген и оссеомукоид) и 10% воды.

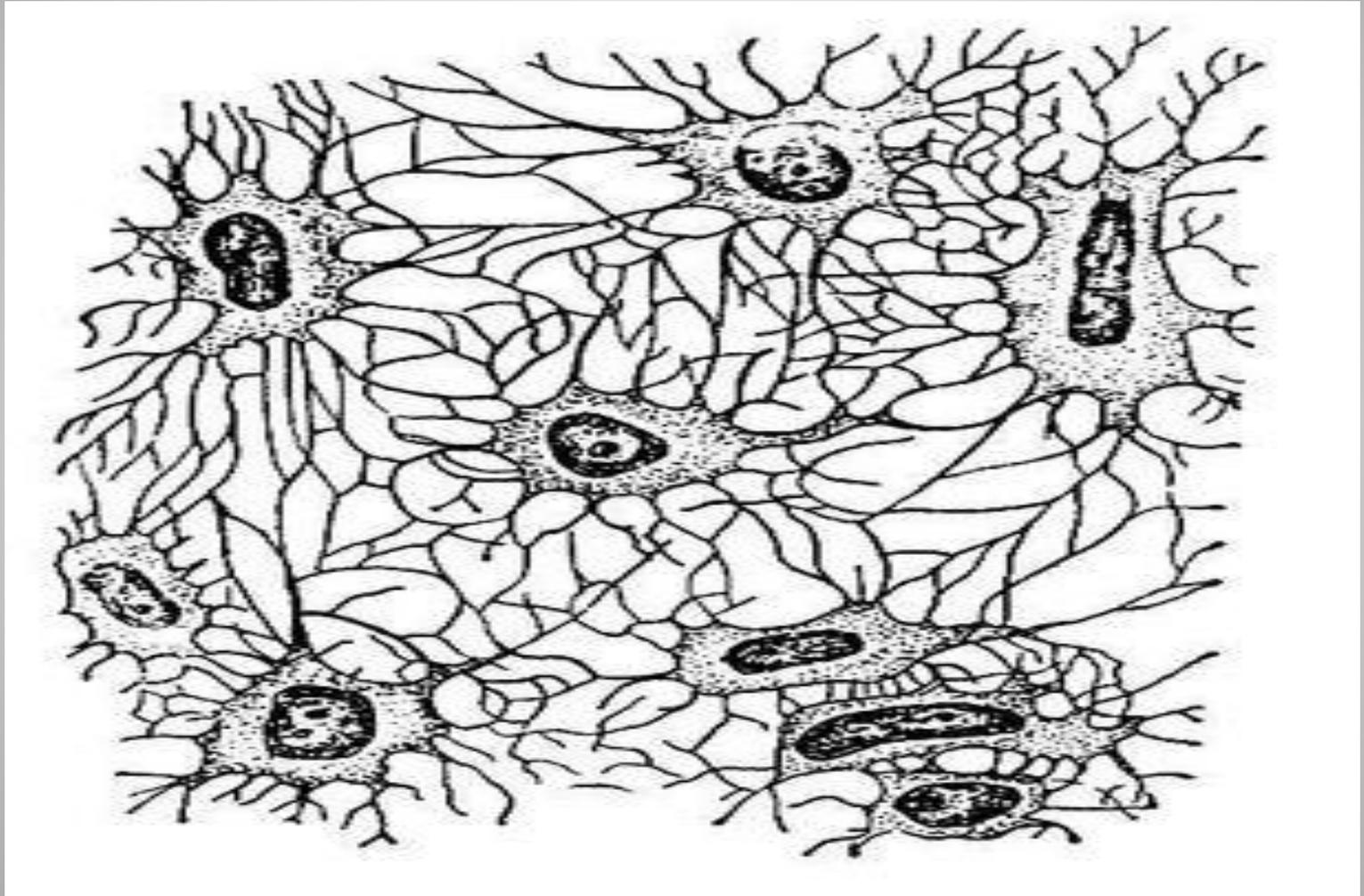
- 1. Мутация гена, кодирующего коллаген 1 типа, приводит к нарушению структуры остеоида и вызывает ломкость костей (**стеклянный мальчик**)
- 2. Недостаток витамина С вызывает хрупкость кости и **цингу**
- 3. Нехватка витамина Д (кальцитриол), который способствует всасыванию кальция и фосфора в кишечнике, приводит к **рахиту, остеомаляции.**
- 4. **Остеопароз** (нехватка эстрагенов) – менопауза.
- 5. **Лучевая болезнь** - радиоактивное облучение в результате которого кальций в кристаллах гидроксиапатитов замещается на радиоактивный стронций, плутоний и др. продукты распада урана. Они подвергают костный мозг сильному внутреннему облучению.

К каким заболеваниям приводит нарушение структуры остеоида?

- **Костные клетки формируют межклеточное вещество и поддерживают его жизнедеятельность. Они не отличаются большим разнообразием.**
- Среди клеток костной ткани выделяют **две популяции:** остеогенная и гематогенная

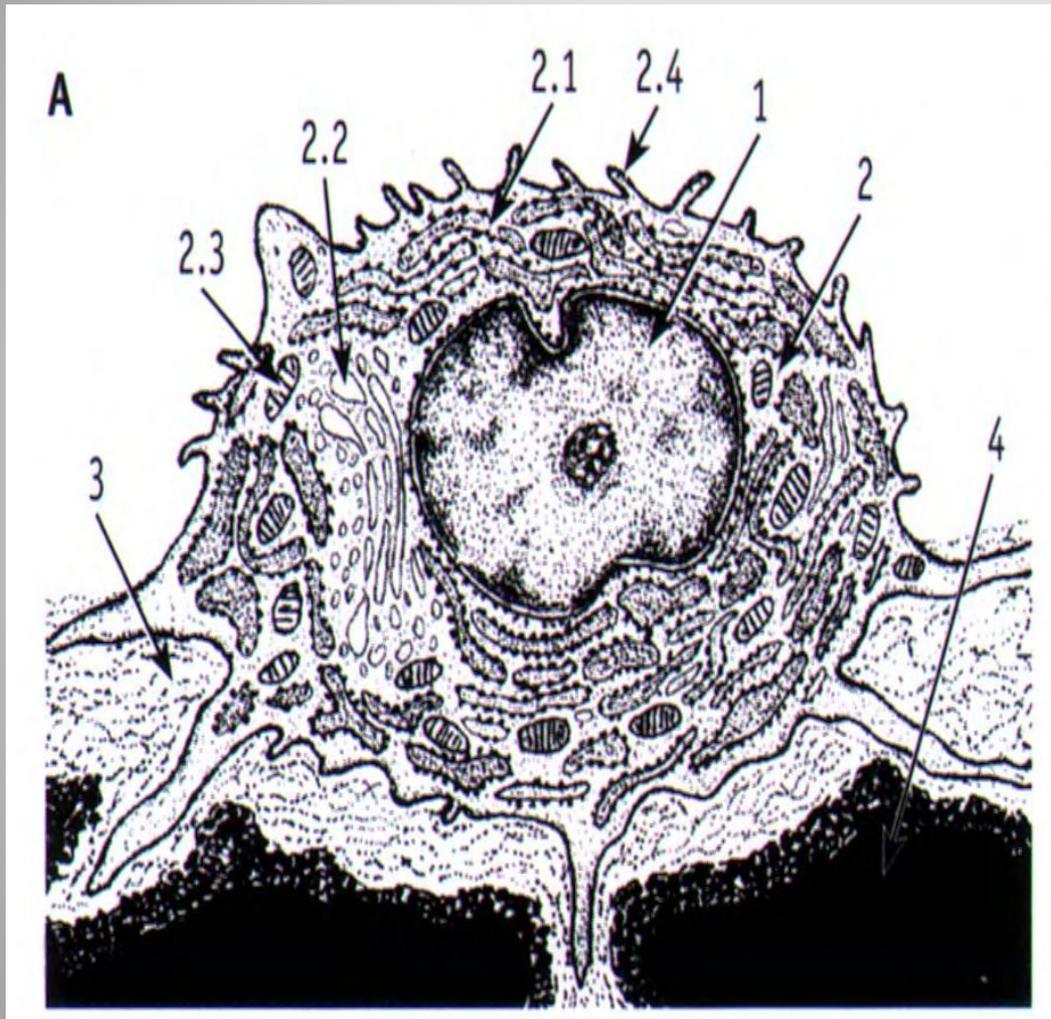
Клетки костной ткани:

Остеогенные клетки



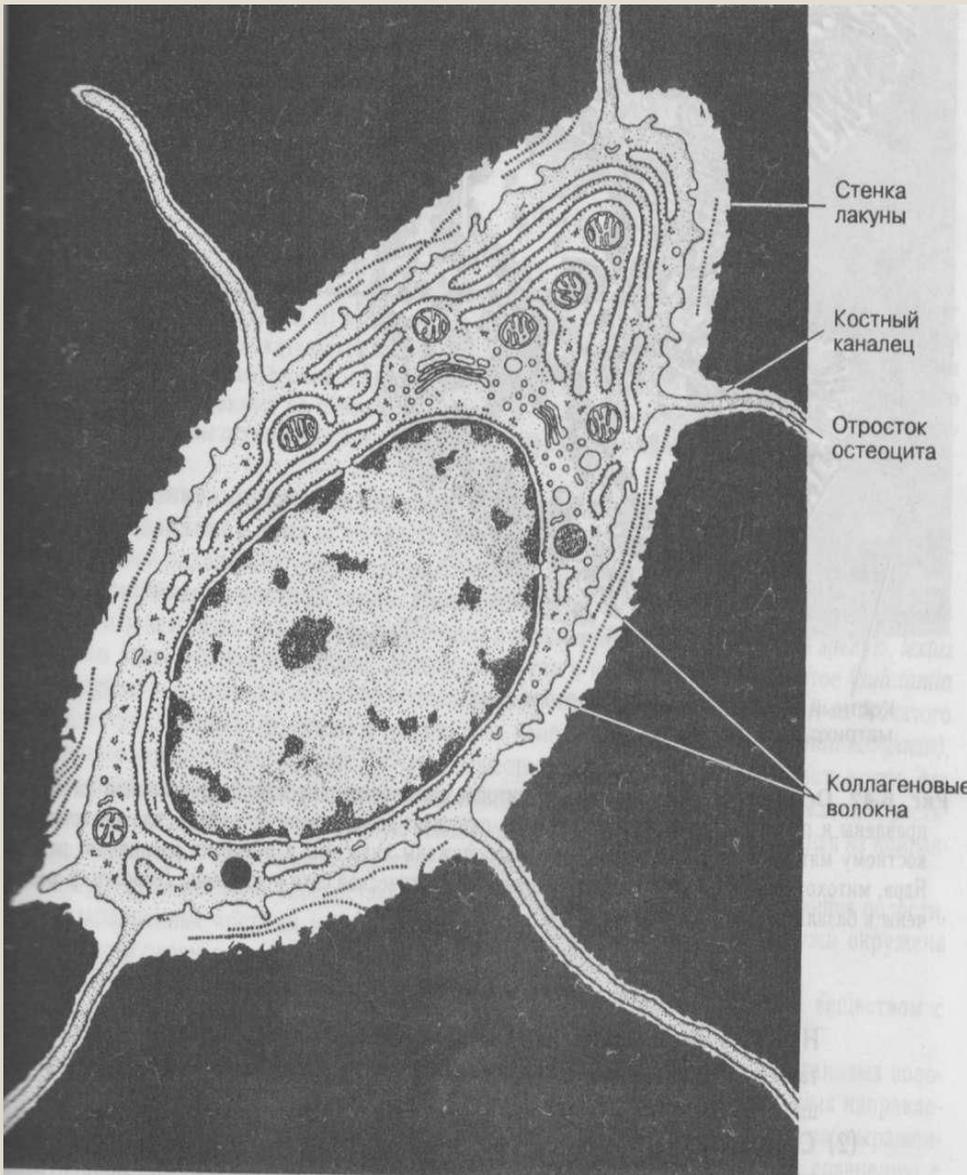
Остеогенный дифферон: остеогенная клетка – остеобласт – преостеоцит – остеоцит.

Остеобласт, его структура и функции

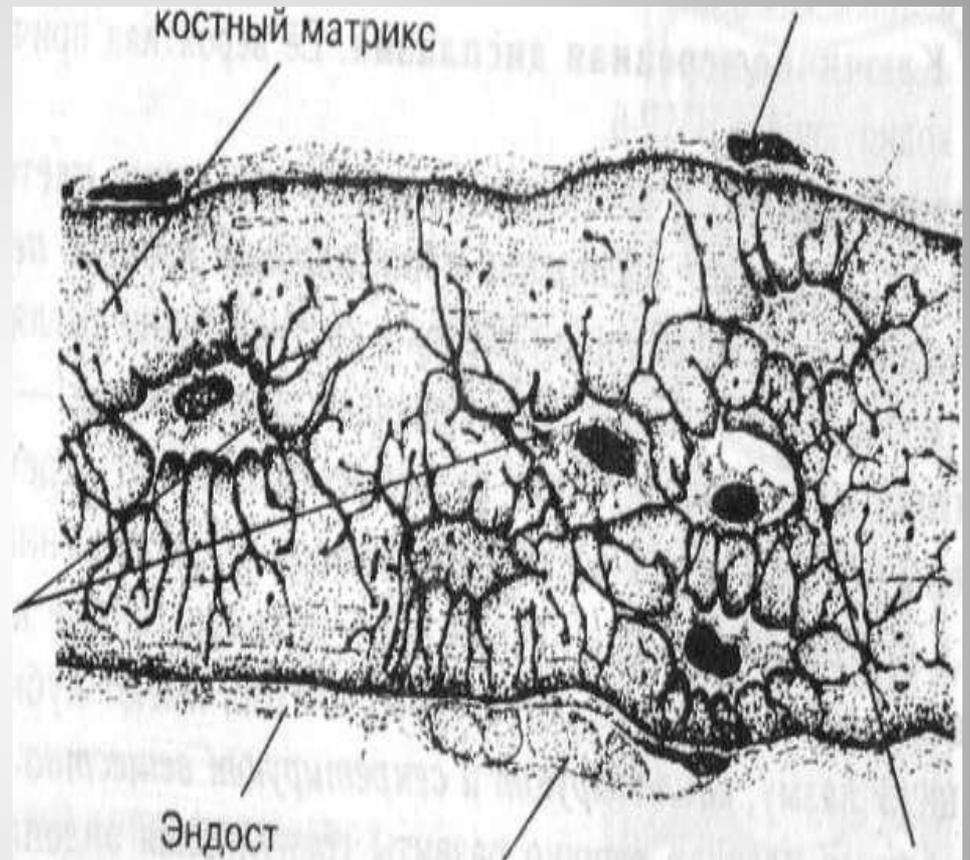
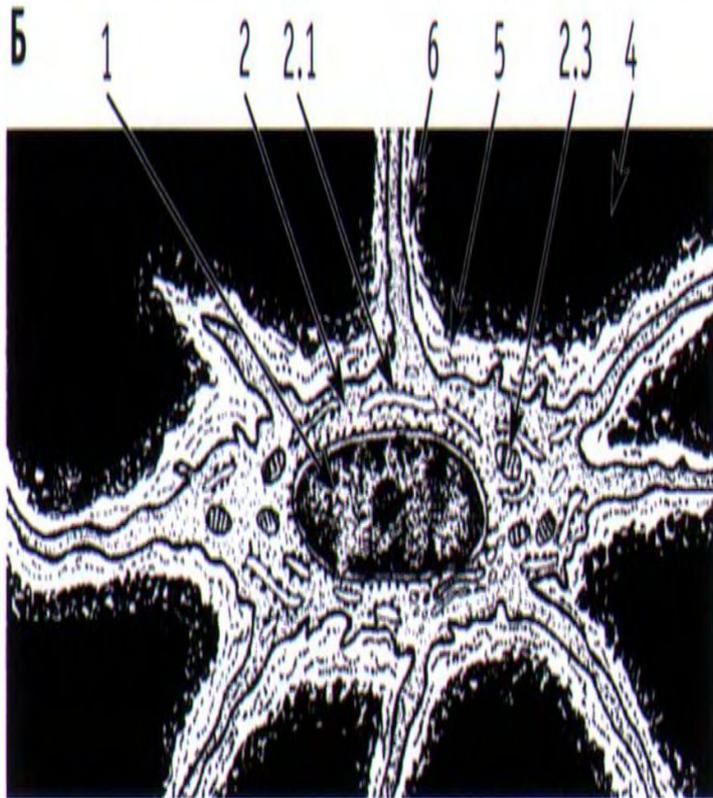


Дифференцируется из остеогенной клетки. Встречается там, где есть р. с.т. (эндост, периост, гаверсовы и фолькмановы каналы). Размер 20-25 мкм. Форма овальная, угловатая, призматическая. Цитоплазма резко-базофильная с хорошо развитым шероховатым ретикулумом и комплексом Гольджи. Содержат светлые пузырьки с ионами кальция и лизосомы с гидролазами. Синтезирует межклеточное вещество и при этом сохраняет способность к размножению. Участвует в синтезе коллагена и минерализации кости: при помощи щелочной фосфатазы отщепляет от глицерофосфатов крови фосфаты, которые, соединяясь с кальцием образуют соли. Остеобласты отвечают за физиологическую и репаративную регенерацию кости. Остеобласты служат источником развития **двух типов опухолей**: **остеома** (доброкачественная опухоль (клетки сохраняют способность к выработке и минерализации матрикса) и **остеосаркома** (в основном размножаются остеогенные клетки не способные к синтезу матрикса).

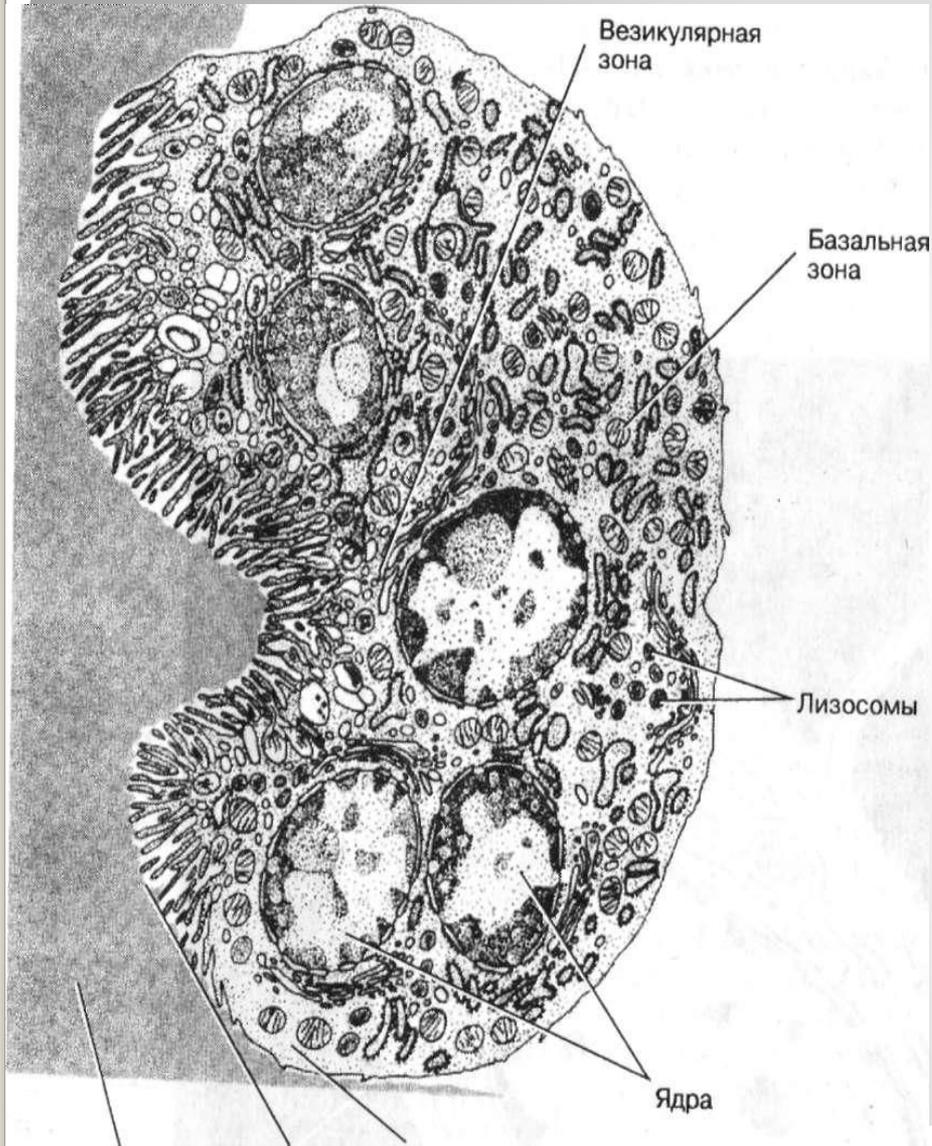
Остеоцит



Это высокоспециализированные костные клетки, которые потеряли способность к размножению. Размер 25-30 мкм. Форма отростчатая. Органеллы слабо выражены. Остеоциты имеют хорошо развитый сократительный аппарат в виде актиновых фибрилл, которые сокращаясь способствуют циркуляции межклеточной жидкости. В некоторых лакунах сохраняются преостеоциты, которые могут делиться в случае повреждения кости. Остеоциты незначительно вырабатывают компоненты матрикса и растворяют его (остеоцитарный остеолиз).



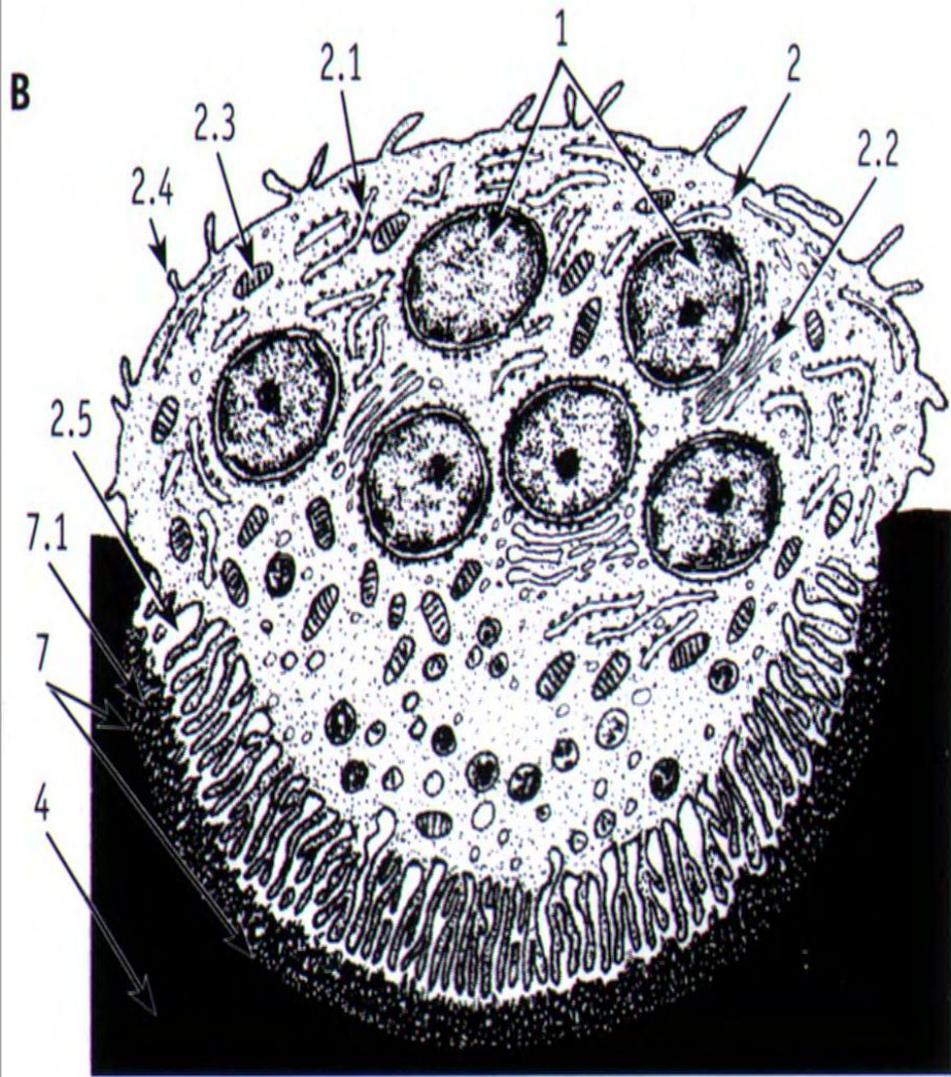
Остеоциты в костном матриксе. Тела остеоцитов располагаются в лакунах, а отростки - в канальцах. Формируется лакунарно-канальцевая система в минерализованном остеоиде. Стенки лакун и канальцев выстланы протеогликанами.



Остеокласт, его развитие и функции

Гематогенный дифферон: КОЕ-М – моноцитобласт – промоноцит – моноцит – остеокласт.

Остеокласты. Макрофаги костной ткани. Размер до 100 мкм. Многоядерные клетки-монстры. Образуются в результате слияния большого количества моноцитов или путем их abortивного деления. Расположены в особых ячейках костной ткани, которые называются Гаушиповы лакуны (Гаушип – анатом-хирург 18в.). Функция – резорбция старой кости.



Остеокласт, его строение

Остеокласты по форме напоминают полушария или гребешок. Цитоплазма слабобазофильна или оксифильна. ГЭР развит лучше, чем ШЭР. Много митохондрий и лизосом.

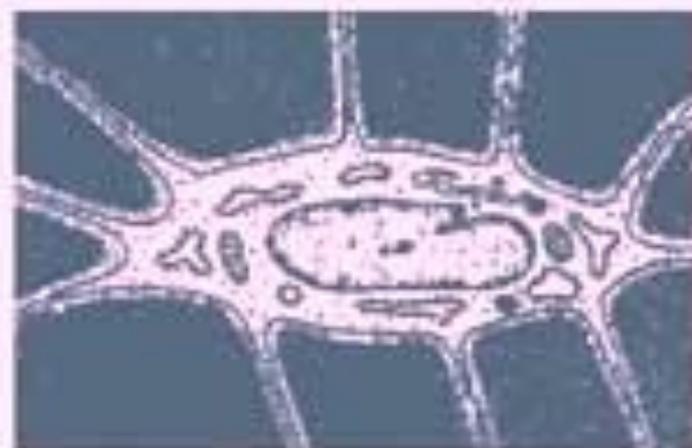
Цитоплазма делится на четыре зоны:

Гофрированная зона. Состоит из микроворсинок, обращенных в сторону костной пластинки. Микроворсинки секретируют протоны водорода и гидролазы в гаушипово пространство .

Светлая зона. Место фиксации остеокласта к месту резорбции. В результате - зона резорбции изолируется (герметизирует). В светлой зоне содержится много актиновых филаментов, белков адгезивного воздействия – остеопонтин, витронектин.

Везикулярная зона. Содержит пузырьки с углекислым газом, который выделяется в гаушипову лауну, где уже есть водород. В результате образуется слабая угольная кислота, которая растворяет неорганический компонент межклеточного вещества.

Базофильная зона. В ней находятся основные органеллы клетки: лизосомы, гидролазы которых расщепляют органический компонент стареющей или поврежденной кости; эндоплазматический ретикулум и ядра.



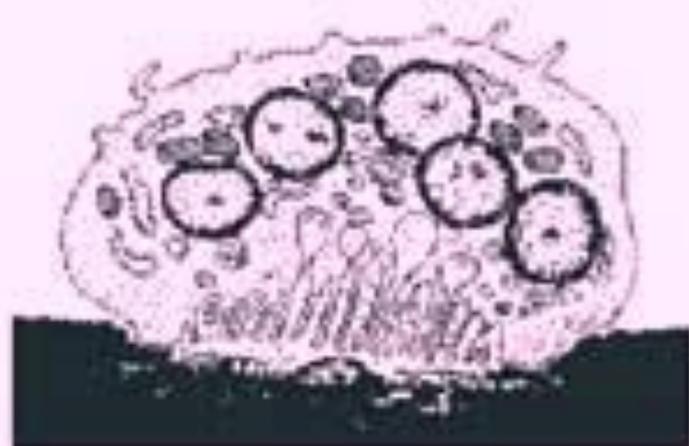
ОСТЕОЦИТ



ОСТЕОБЛАСТ

Клеточный состав костной ткани

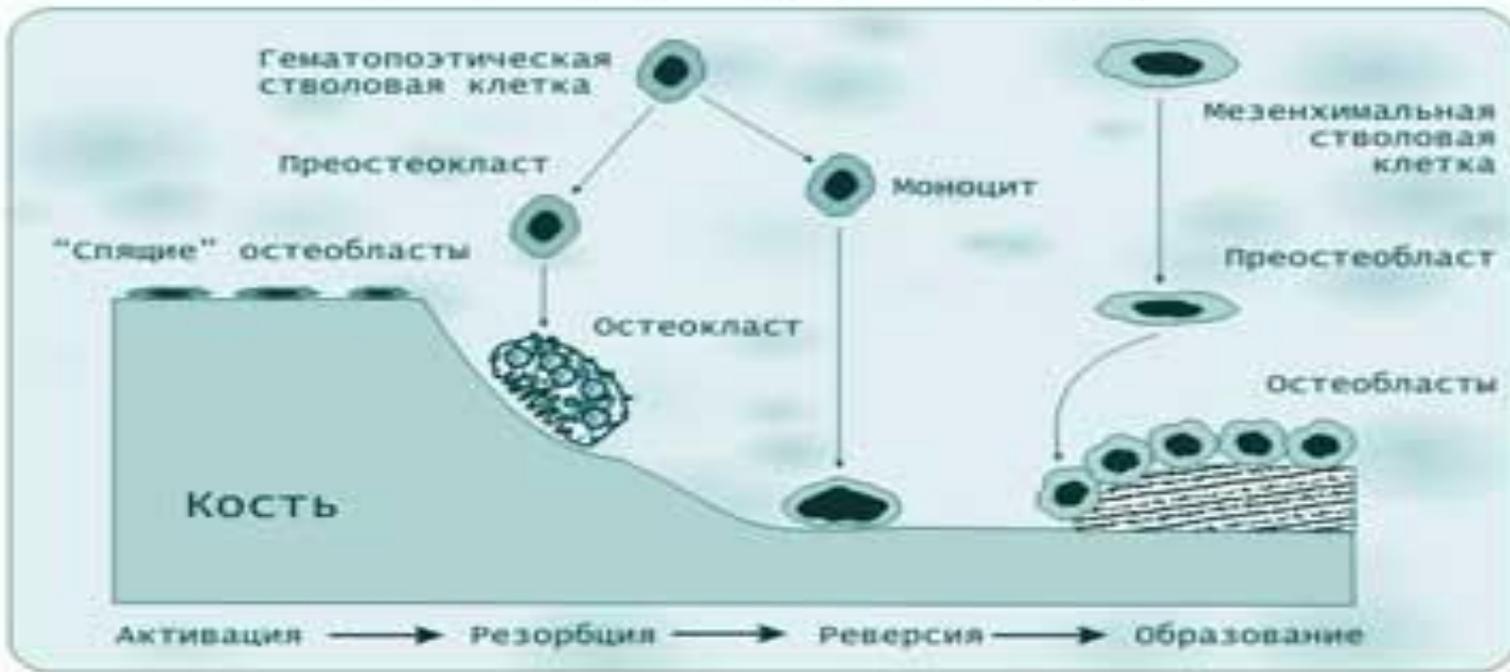
Непосредственно костная ткань представлена тремя основными типами клеток: остеоциты, остеобласты и остеокласты.



ОСТЕОКЛАСТ

Цикл ремоделирования кости

- Цикл ремоделирования кости начинается с активации, опосредованной клетками остеобластной линии.
- Затем следуют фазы резорбции, реверсии и формирования кости.

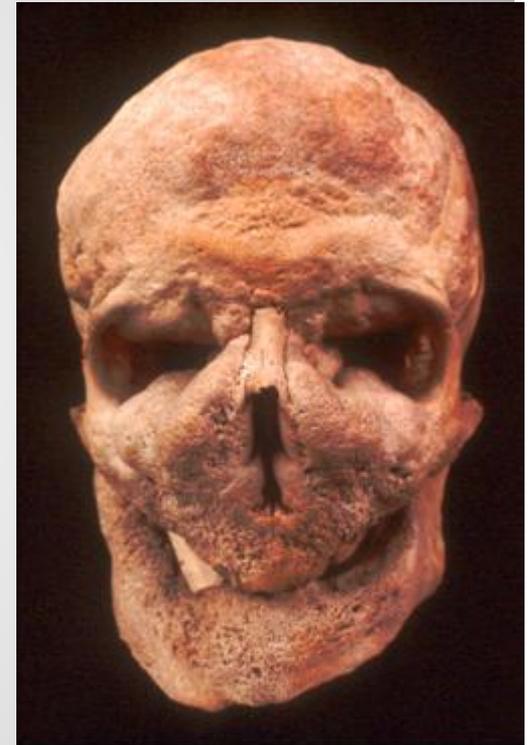


**Физиологическая регенерация
КОСТИ: 1 остеокласт : 100 остеобластов**

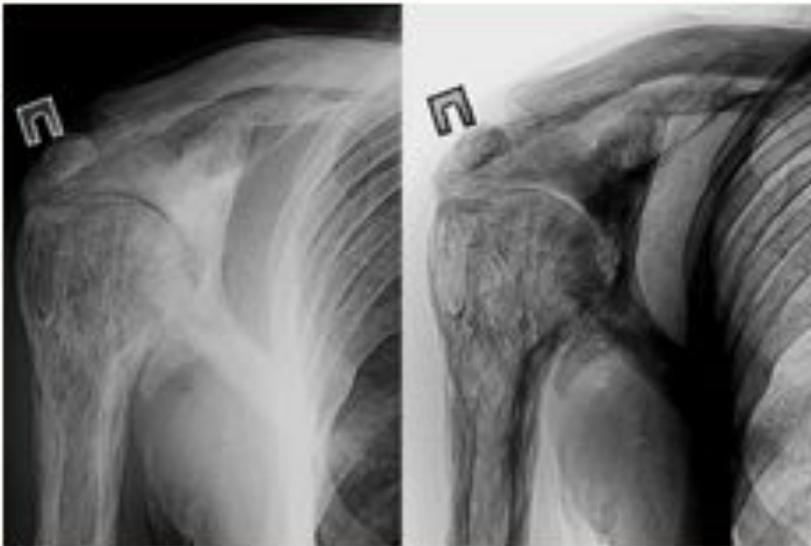
- **1. Гиперпаратиреоз** – повышенная продукция парат-гормона приводит к быстрому разрушению костной ткани и патологическим переломам.
- **2. Болезнь Педжета** (деформирующий остоз) – локальное повышение активности остеокластов в различных участках скелета. Причины не известны. В дальнейшем компенсаторно происходит избыточное образование низкоорганизованной и непрочной кости.
- **3. Остеопетроз** – нарушение резорбции кости в результате дефекта активности остеокластов. В результате возникает ненормально высокая плотность кости, уменьшение костно-мозговых полостей и как следствие тяжелая анемия.

Заболевания связанные с нарушением деятельности остеокластов:

- **Болезнь Педжета** (деформирующая остеодистрофия) характеризуется локальным ускорением процессов **костеразрушения** и **костеобразования**, приводящим к деформированию **костей**. Как правило, поражаются в основном **кости черепа, таза, позвоночник** и **длинные трубчатые кости конечностей**. В редких случаях на фоне болезни Педжета развивается остеогенная саркома.

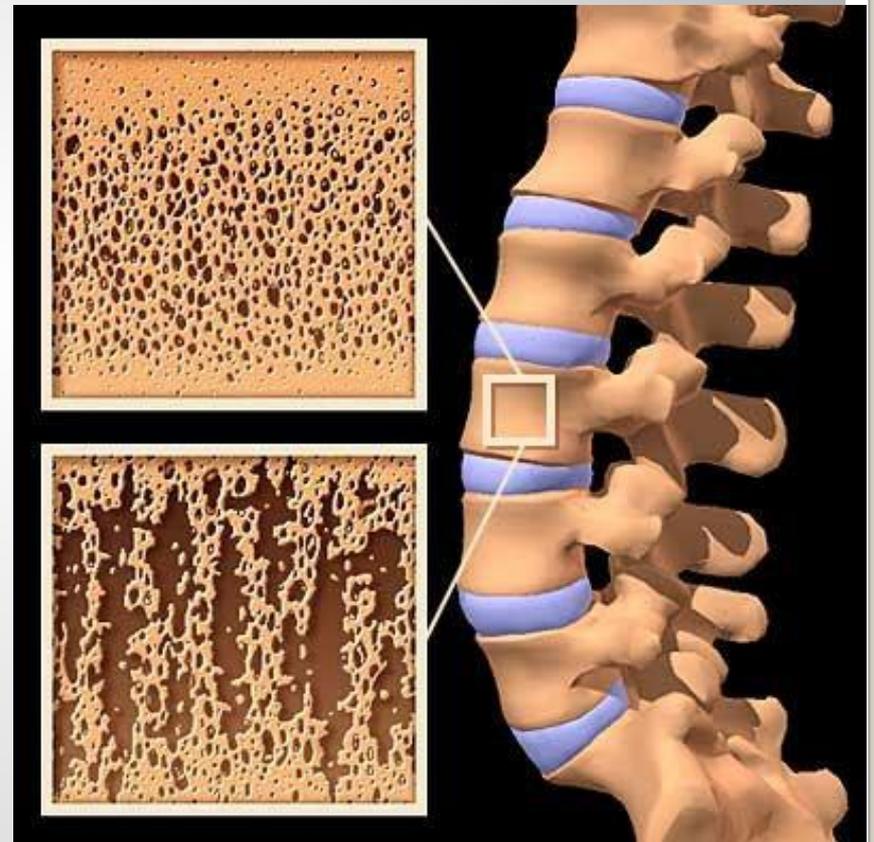


FACIAL BONE that is grossly thickened and symmetrically deformed may result from Paget's disease, a condition in which bone grows drastically out of control. The skull of the warrior Egil, a hero of the Icelandic sagas, may have looked similar to this one of a man who suffered from the disease several centuries ago.



ета

- **Остеопороз** - заболевание, поражающее в основном пожилых людей, в особенности женщин, и характеризующееся снижением прочности **костей** и возрастанием риска их переломов (ювенильный остеопороз). Причины заболевания различны и включают нарушение формирования **костной ткани**, ускорение разрушения **костной ткани**, недостаточность **кальция** и снижение уровня **эстрогена** в крови у женщин, достигших постменопаузального периода (стероидный остеопороз).



- *Около 75% всех переломов у женщин после 45 лет обусловлены **стероидным остеопорозом**; с увеличением в последнее время доли пожилого населения актуальность проблемы возрастает. Специфического лечения не существует, дефицит **кальция** и гормонов восполняют заместительной терапией. Снижение физической активности, характерное для пожилого возраста, приводит к истончению **костной ткани**, поэтому пожилым пациентам рекомендуют специальные комплексы физических упражнений.*

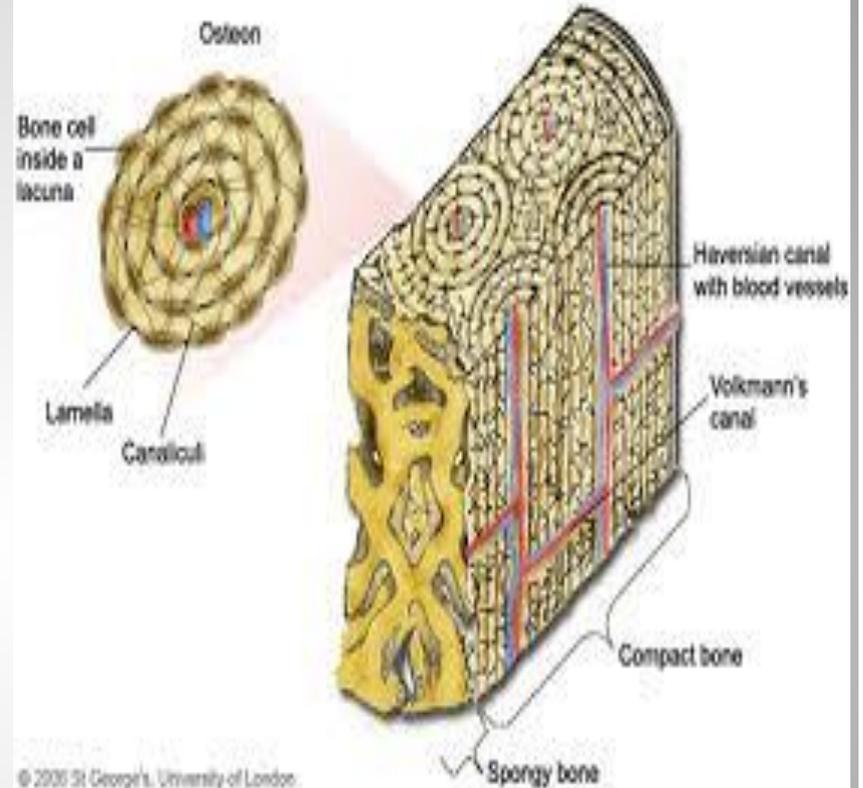
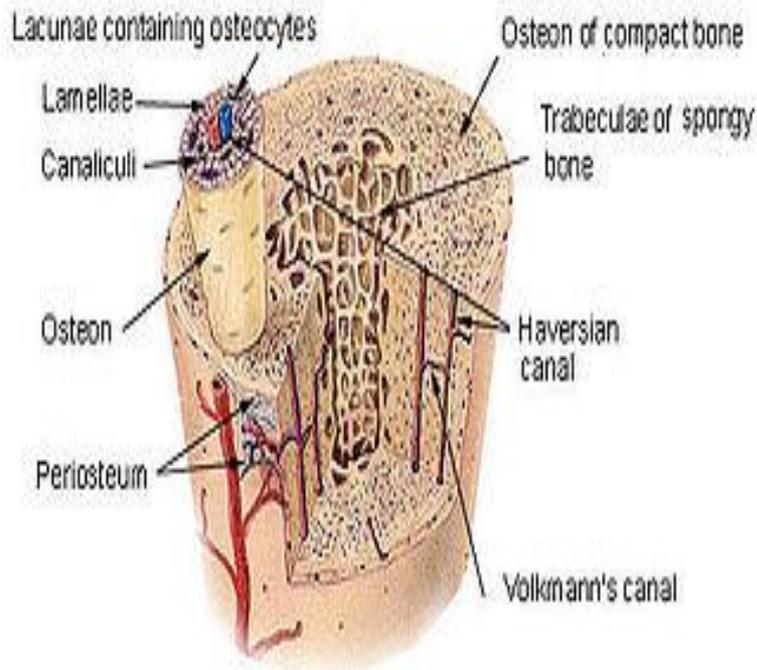


*Измененные при
остеопорозе позвонки и
компрессионный перелом
тела позвонка.*

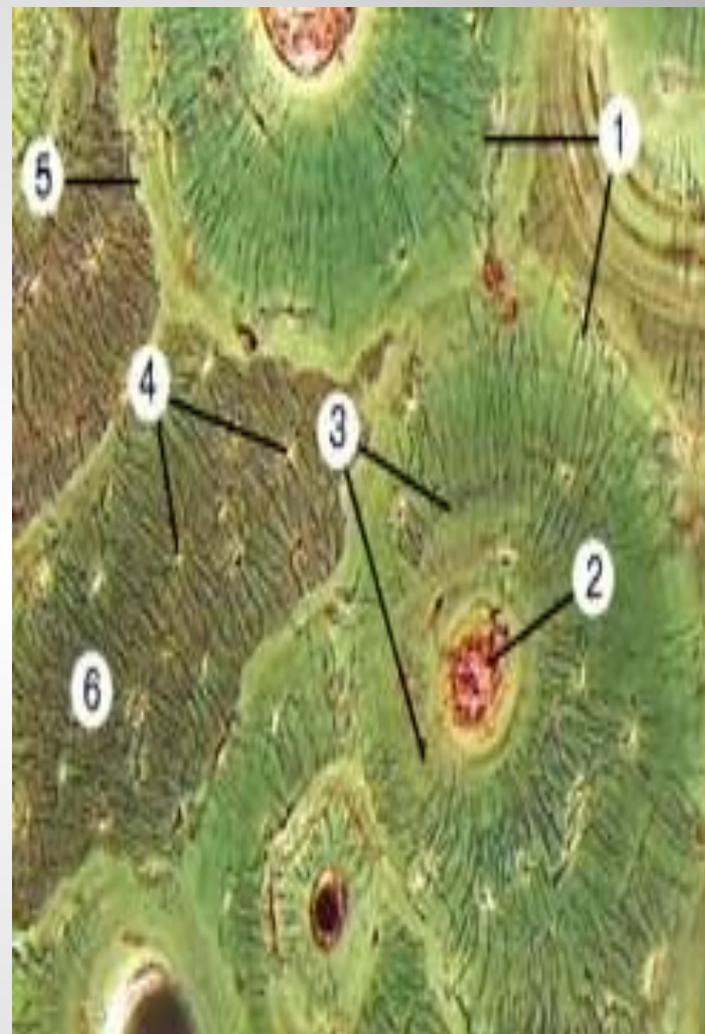
- **В зависимости от архитектоники межклеточного вещества различают два вида костной ткани:**
- **1. Первичная или грубоволокнистая кость** (состоит из пучков костных волокон, которые идут в разных направлениях, образуя сеть). Наблюдается у низших позвоночных и у человека в эмбриогенезе. В дефинитивном организме сохраняется в швах костей черепа и в местах сращения кости с сухожилием.
- **2. Вторичная или пластинчатая.** В процессе эмбриогенеза замещает грубоволокнистую. Состоит из костных пластинок, которые имеют выпуклую и вогнутую поверхности. Каждая пластинка состоит из тончайших коллагеновых фибрилл, идущих в одном направлении, но под углом к другой пластинке. Покрывают пластинки оссеомукоидом.
- **Пластинчатая кость** бывает **компактной** (плотная из остеонов – система замкнутых пластин) и **губчатой** (из незамкнутых пластин – костных перекладин). Из компактной кости состоят диафизы трубчатых костей. Губчатая кость входит в состав плоских костей и эпифизов трубчатых костей.

Классификация костной ткани

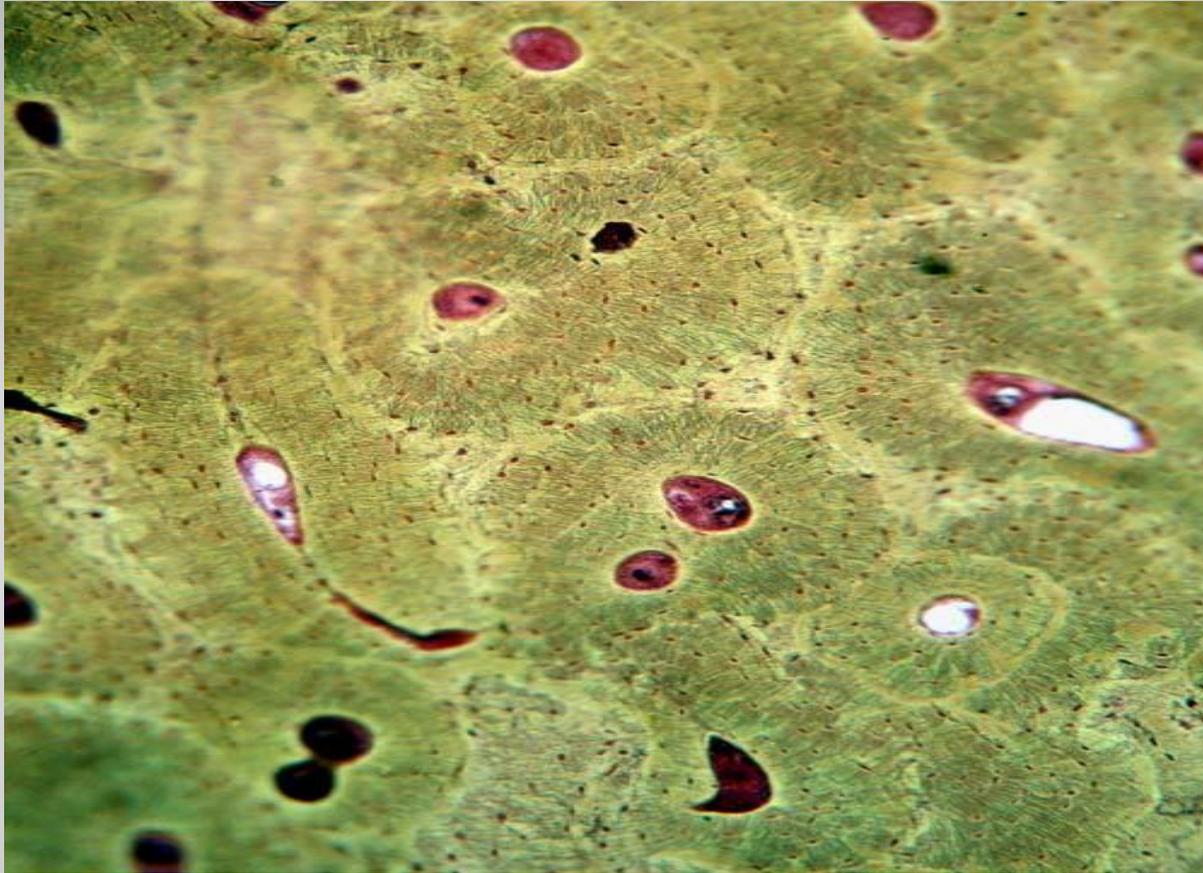
Compact Bone & Spongy (Cancellous Bone)



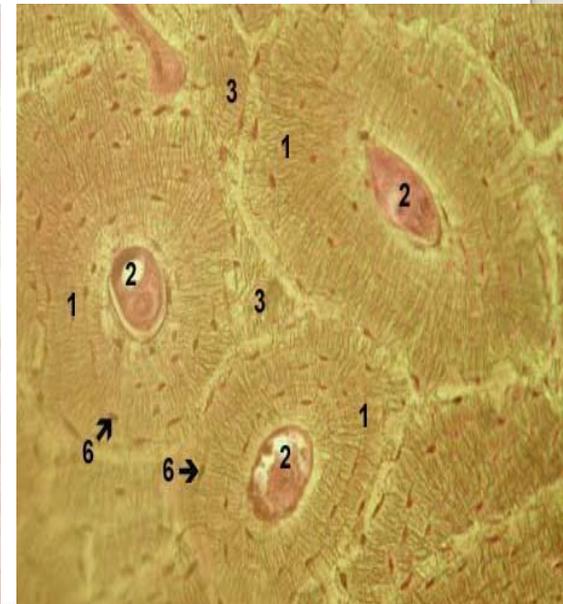
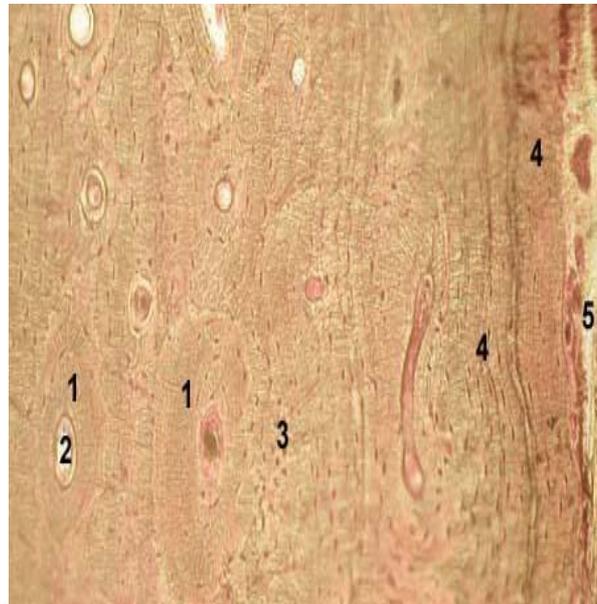
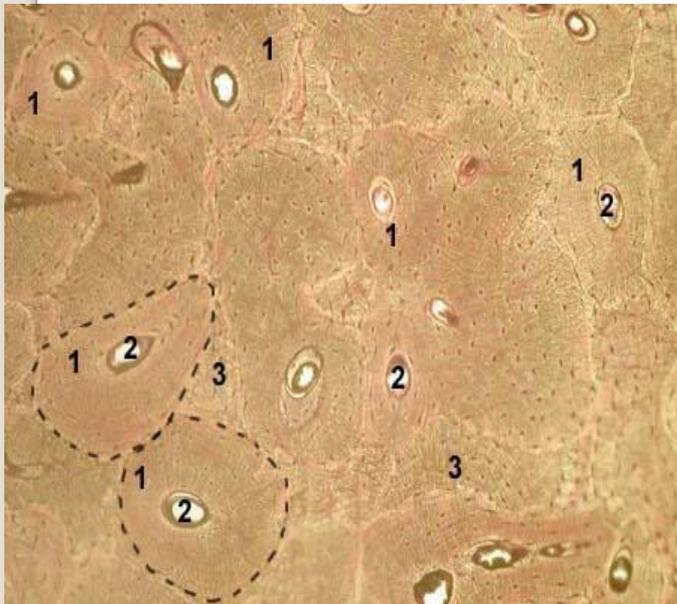
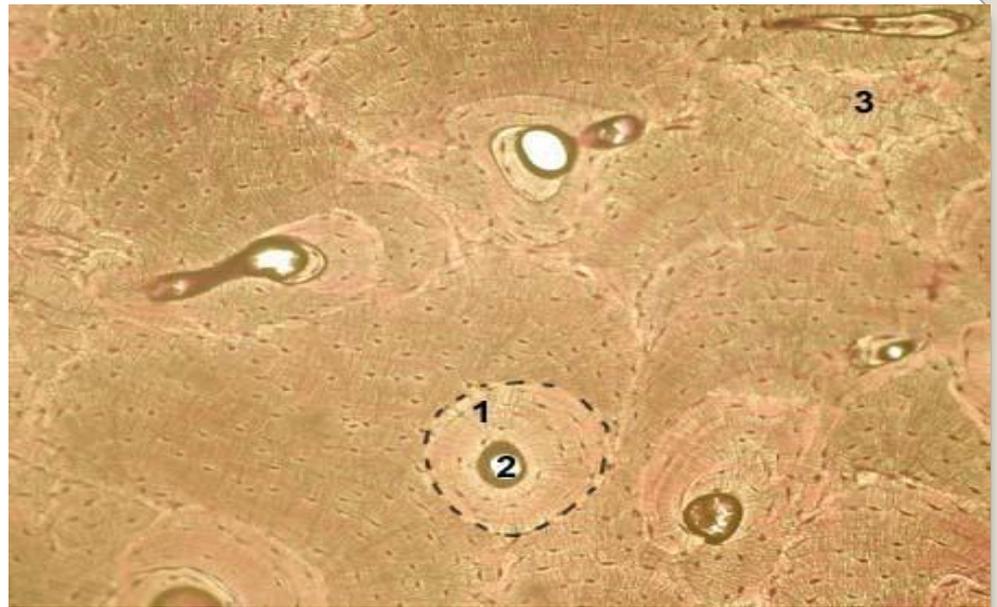
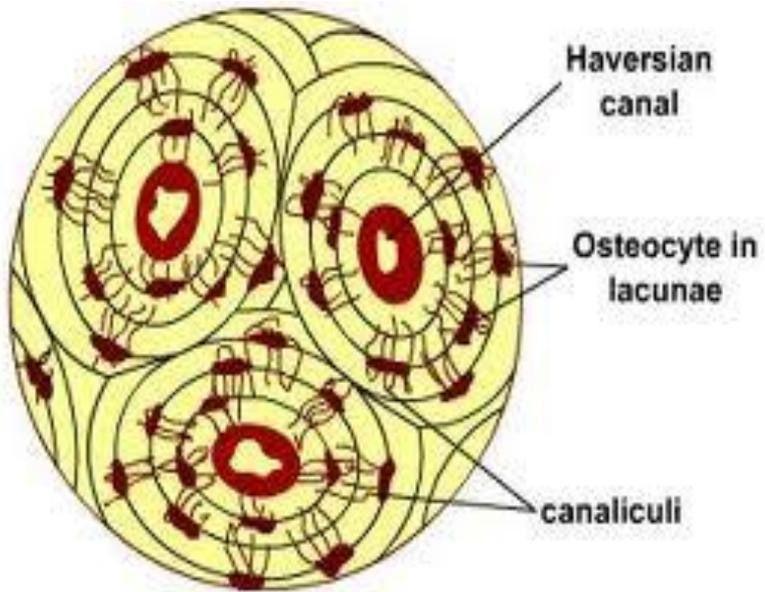
Остеон как структурно-функциональная единица компактной кости

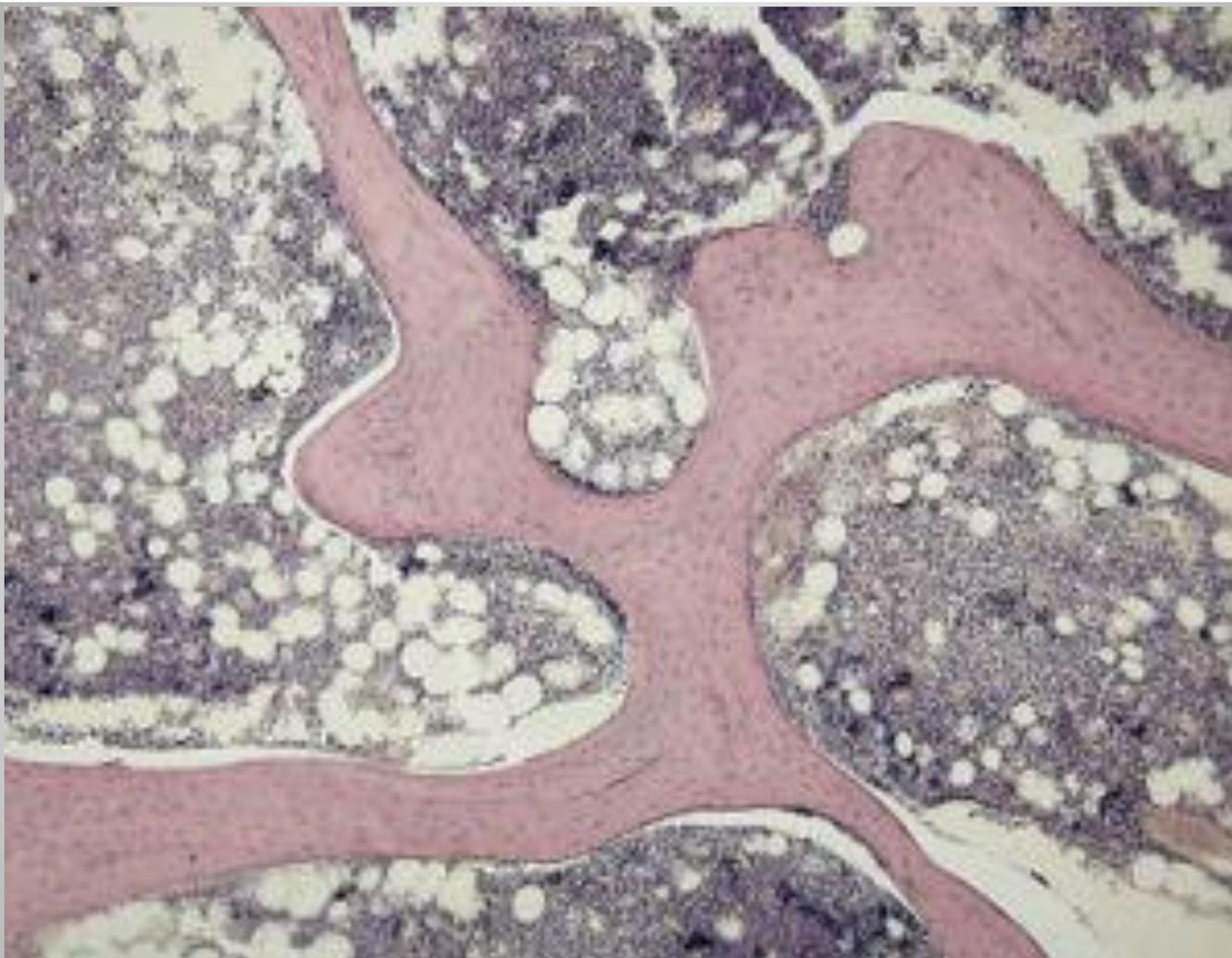


Компактная пластинчатая кость

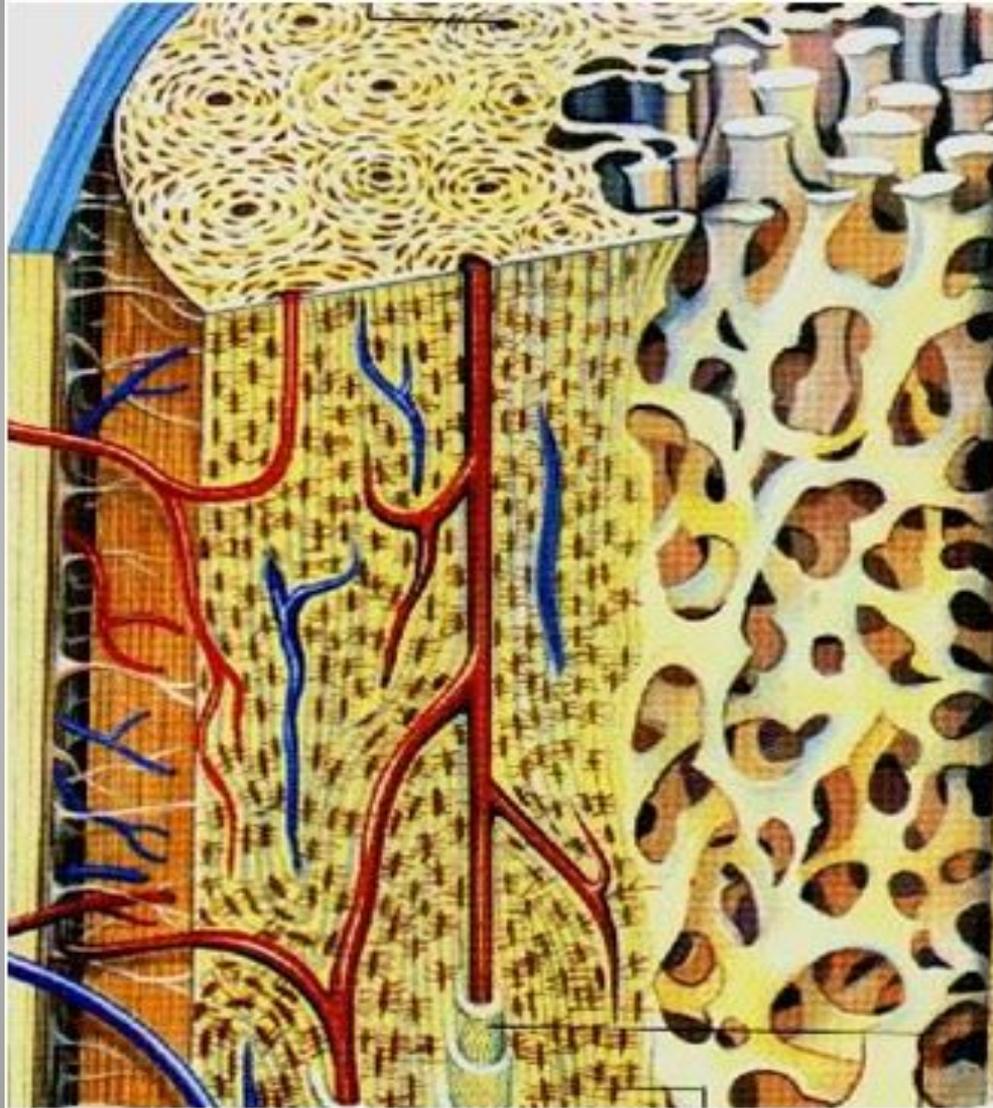


Компактная кость. Окр. По Шморлю





Губчатая кость



Кость как орган

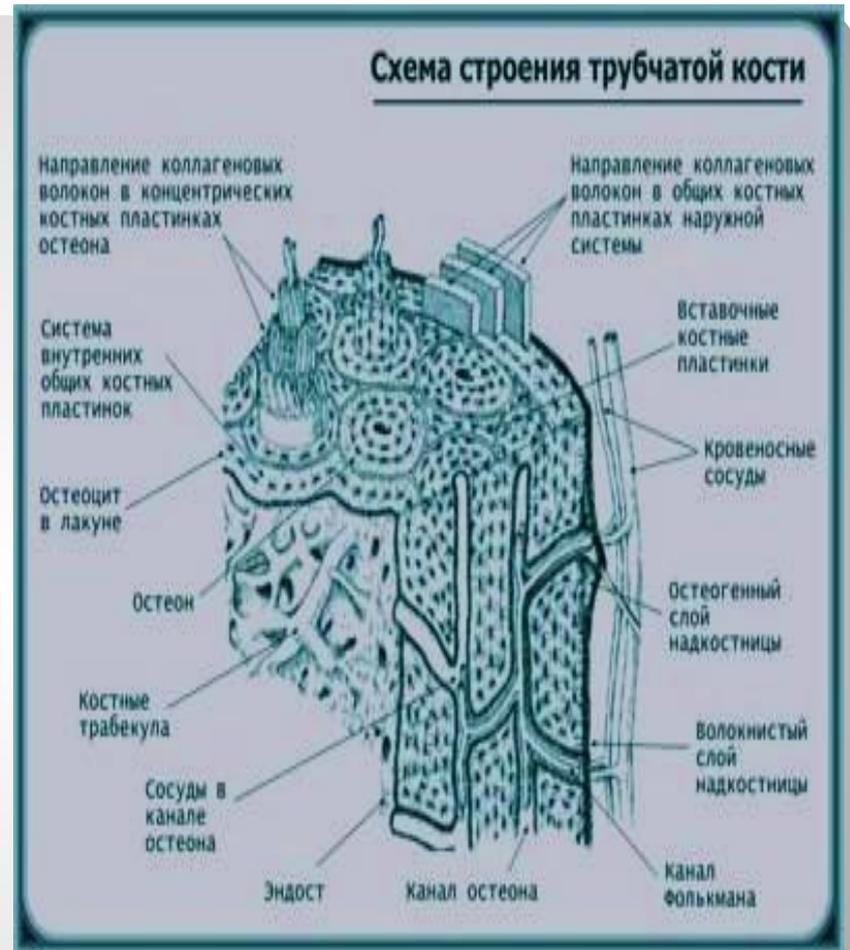
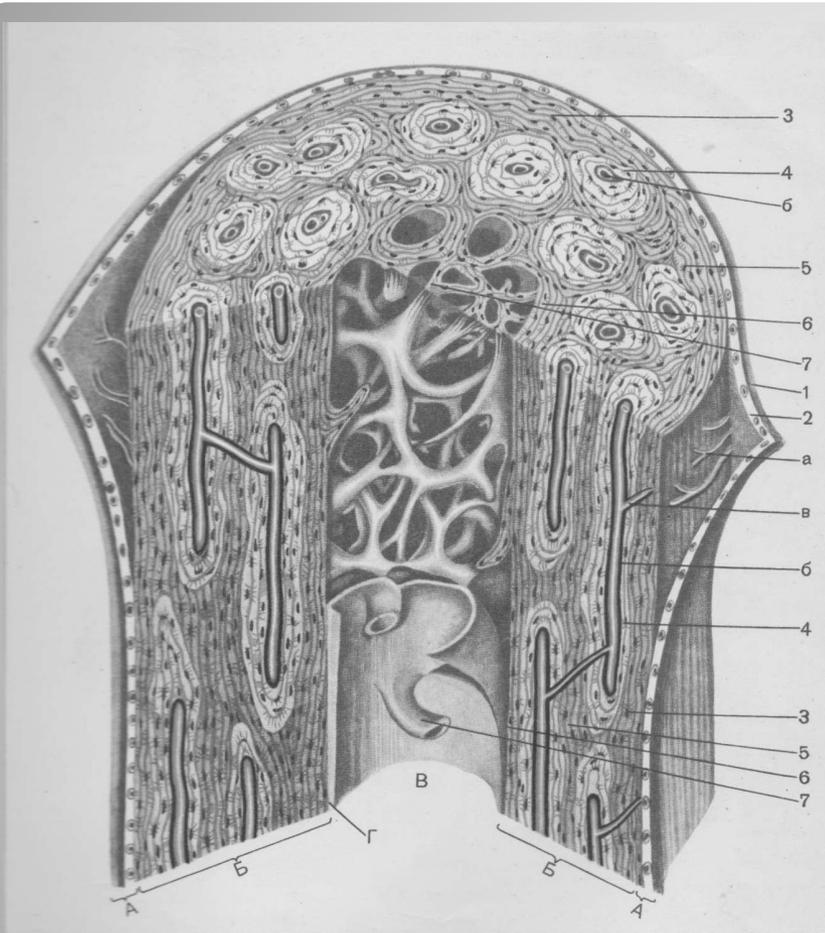
1.Периост состоит из наружного плотного соединительнотканного слоя и внутреннего остеогенного слоя. Он хорошо кровоснабжен.

2.Слой наружных генеральных пластин. Они не замкнутые и накладываясь друг на друга повторяют форму кости.

3.Остеонный слой (слой гаверсовых систем). Состоит из костных цилиндров, вставленных один в другой (остеон). В одном цилиндре коллагеновые фибриллы идут в направлении на 90% отличном от другого цилиндра. Каждый остеон окружен спайной линией, образованной протеогликанами, Через центр остеона проходит гаверсов канал с кровеносным сосудом и нервным волокном. Гаверсовы каналы связаны между собой Фолькмановыми каналами. Между остеонами вставочные пластинки (остатки стареющих остеонов).

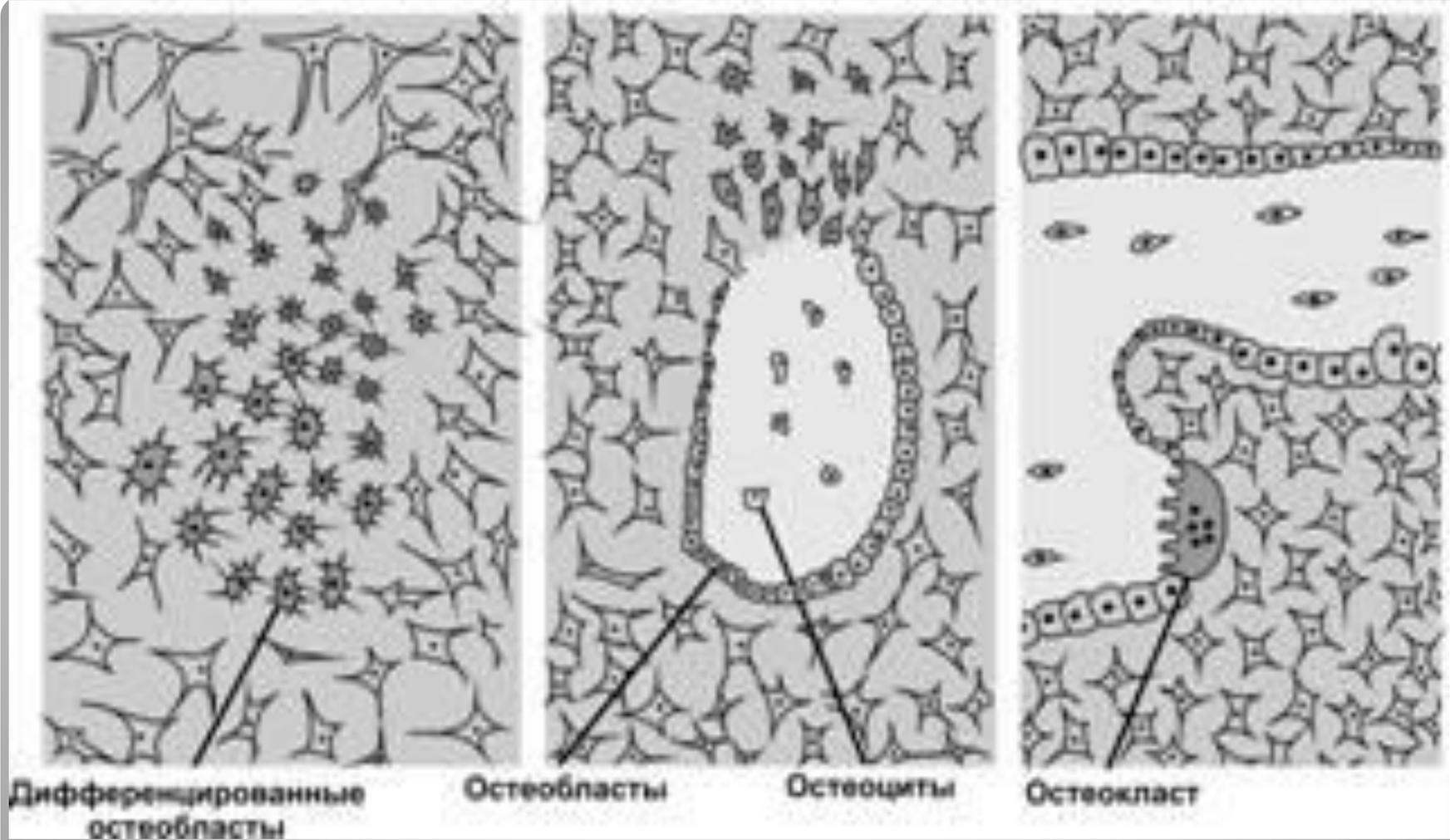
4.Слабо развитый слой внутренних генеральных пластин.

5.Эндост – р.с.т., богатая скелетогенными клетками. Они переходят в ретикулярную ткань костного мозга.



Гистология трубчатой кости

Развитие кости из мезенхимы

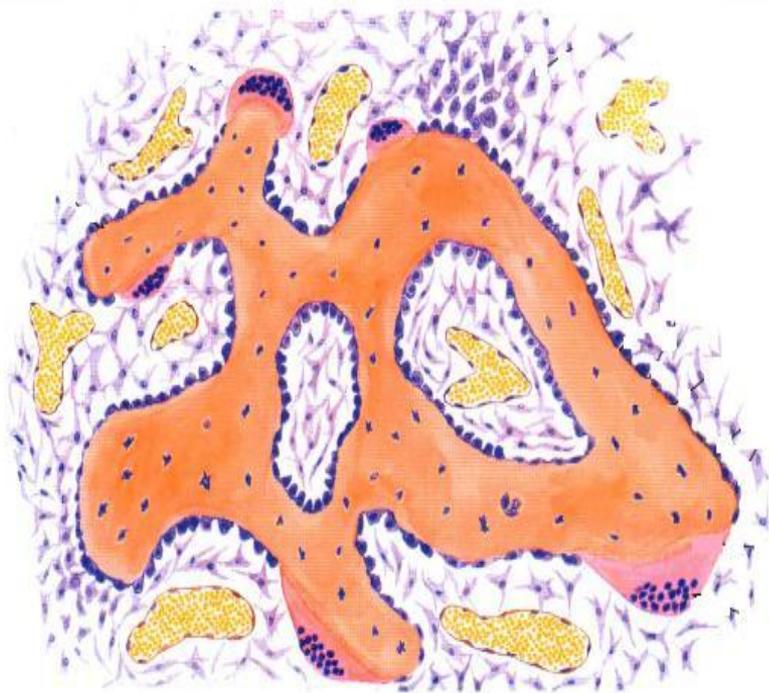


Прямой остеогенез (развиваются плоские кости и кости черепа):

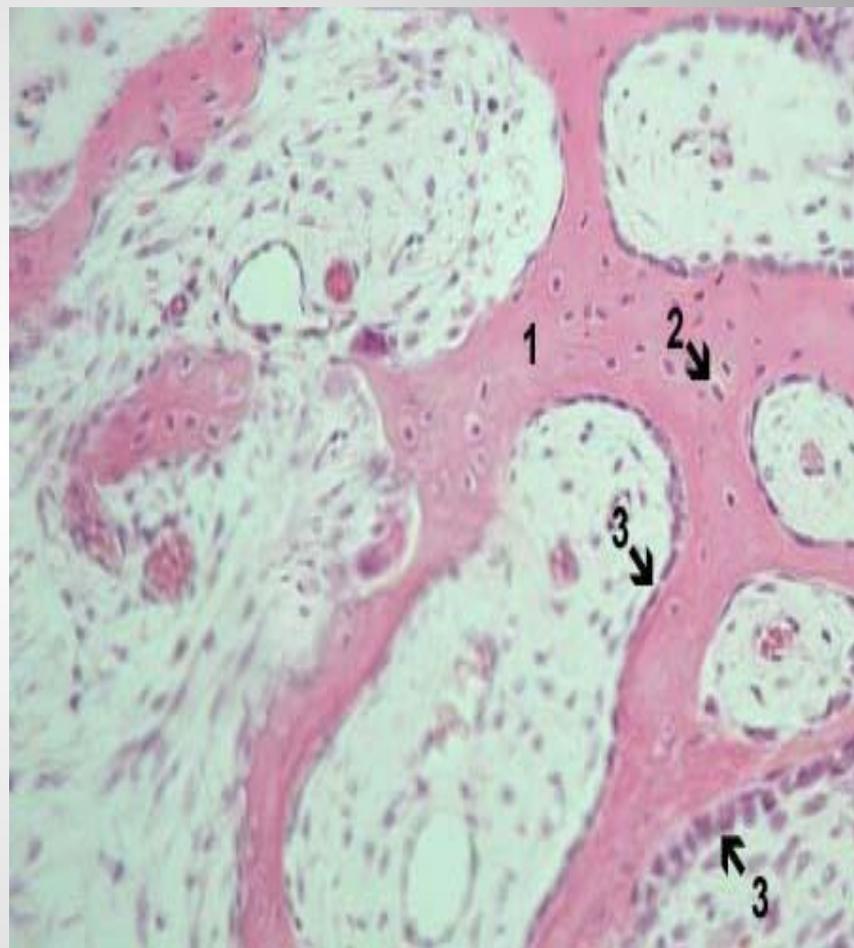
1. Образование скелетогенных островков.
2. Формирование остеоида.
3. Стадия минерализации с образованием грубоволокнистой кости.
4. Перестройка грубоволокнистой кости в пластинчатую.

Схема

Развитие костной ткани из мезенхимы



Препарат

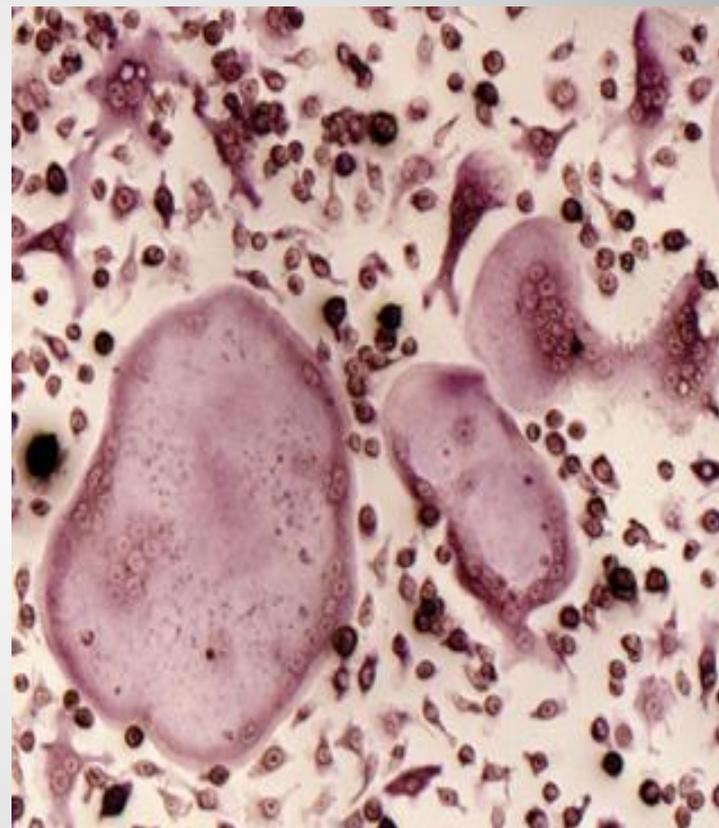


Прямой остеогенез

Остеокласты и остеобласты

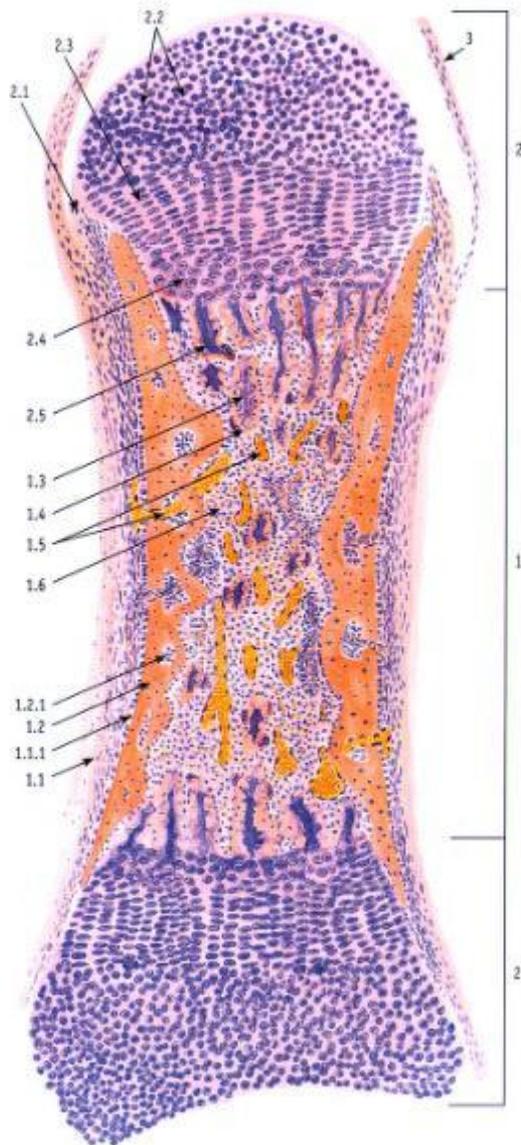


Остеокласты



Препараты развивающейся костной ткани

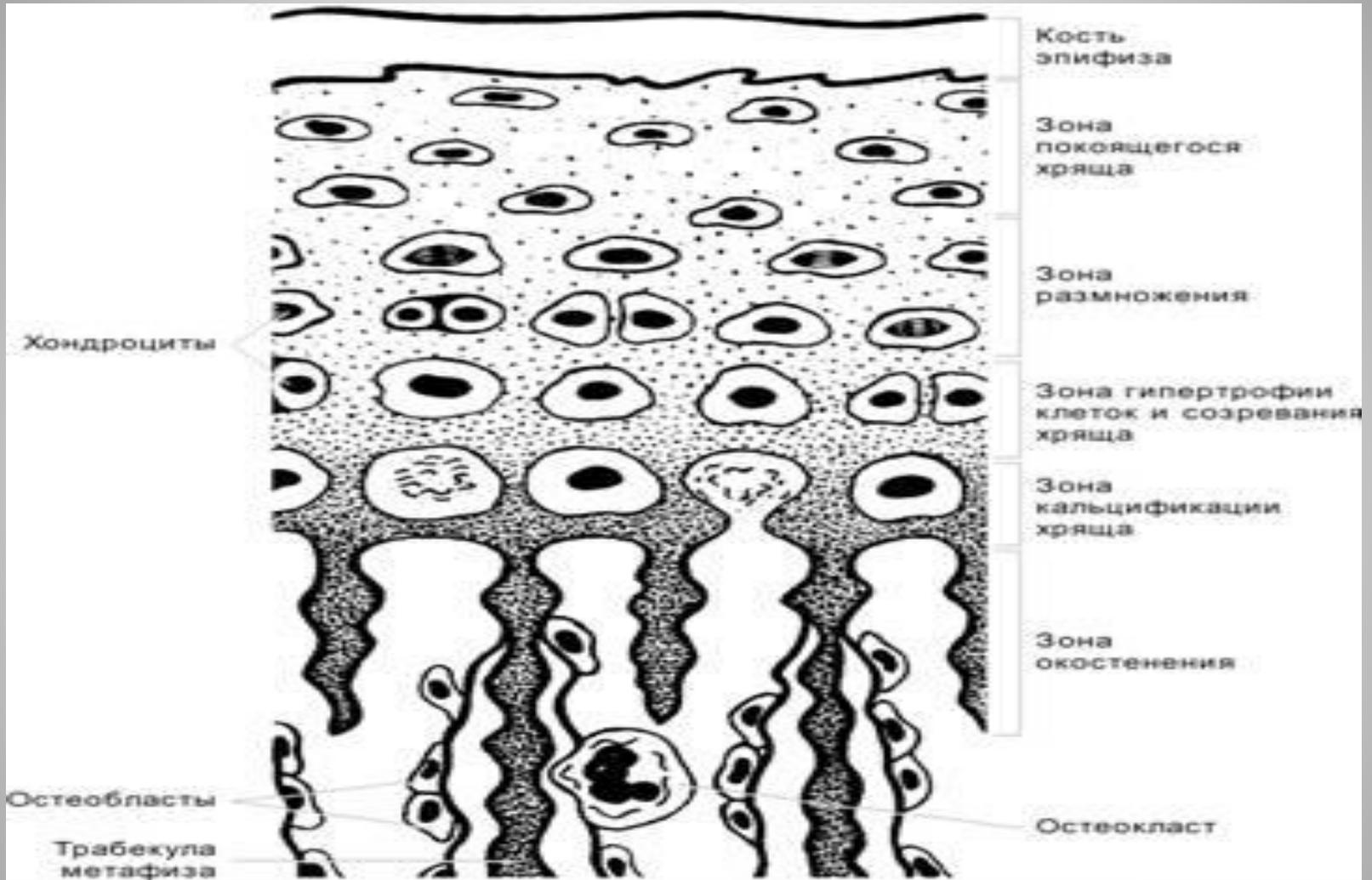
Развитие кости на месте хряща



1 – диафиз: 1.1 – надкостница, 1.1.1 – остеогенная ткань (внутренний слой надкостницы), 1.2 – перихондральная костная манжетка, 1.2.1 – отверстие, 1.3 – остатки обызвествленного хряща, 1.4 – эндохондральная кость, 1.5 – кровеносные сосуды, 1.6 – формирующийся костный мозг; 2 – эпифизы: 2.1 – надхрящница, 2.2 – зона неизменного хряща, 2.3 – зона клеточных хрящевых колонн, 2.4 – зона пузырьчатых хондроцитов, 2.5 – зона обызвествленного хряща; 3 – суставная сумка

Непрямой остеогенез (развиваются трубчатые кости):

1. Формирование хрящевой модели (2 мес.).
2. Замещение надхрящницы на надкостницу в диафизе.
3. Формирование перихондральной костной манжетки в диафизе.
4. Нарушение трофики хряща в центре диафиза и, как следствие, его фрагментация и эндохондральное окостенение.
5. Формирование эндохондральной точки окостенения в эпифизе (5 мес.)
6. Формирование метафизарной пластинки роста.
7. Окончательное созревание кости к 25-30 летнему возрасту



Метафизарная пластинка роста

- 1.Аппозиционный (в ширину) за счет остеогенных клеток надкостницы и эндоста.
- 2.В длину за счет метафизарной пластинки роста.

Рост кости

- **Регенерация костной ткани** происходит в соответствии со стадиями остеогенеза. Источниками регенерации являются:
 - - камбиальные клетки периоста и эндоста;
 - - стволовые клетки костного мозга;
 - - остеобласты;
 - - преостеоциты.
- Скорость обновления костной ткани в детском возрасте достигает 30-100% в год, у взрослого человека за 10-20 лет обновляется примерно половина скелета.
- Максимальную массу костная ткань набирает примерно к 25 летнему возрасту. Динамика перестройки костной ткани после 25 лет направлена на постепенное преобладание резорбции над образованием кости. К старости у мужчин теряется 5-15% компактной кости и 15-45% - губчатой; а у женщин – 25-30% компактной и 35-50% губчатой. Скорость потери костной ткани увеличивается при курении, злоупотреблении алкоголем, неправильном питании, сидячем образе жизни. Остеопороз – избыточная потеря костной ткани – выявляется у 30-70% людей в возрасте 70-80 лет. В мире поражено 100 млн. человек.
- Снижение физических нагрузок на кости вызывает уменьшение массы кости на 10-20% за 3-6 недель.

Физиологическая регенерация костной ткани

-
- 1. Соматотропин – гормон передней доли гипофиза; стимулирует рост кости в длину.
- 2. Кальцитонин – синтезируется клетками щитовидной железы, способствует депонированию кальция в костную ткань.
- 3. Паратирин – гормон паращитовидной железы, стимулирует деминерализацию костной ткани, повышая уровень кальция в крови.
- 4. Эстрогены – тормозят функцию остеокластов. Снижение концентрации эстрогенов в менопаузе активирует остеокласты и приводит к остеопорозу.
- 5. Витамин С – активирует остеобласты и образование коллагеновых волокон.
- 6. Витамин Д – антирахитическое действие, стимулирует минерализацию костной ткани.
- 7. Витамин А – регулирует функцию остеокластов.
- 8. Кислород – гипоксия тормозит развитие костной ткани.

Регуляция остеогенеза

- **Эктопическое развитие костной ткани** – развитие в необычных местах, вне скелета (в почках, щитовидной железе, п/п мыш.тк., сухожилиях, в стенке крупной артерии). Источником образования служат клетки-предшественницы, которые под действием позиционной информации при воспалении или повреждении могут дифференцироваться в остеогенные клетки и формировать эктопическую костную ткань. **Одним из факторов служат костные морфогенетические белки**, в частности – **остеогенин**. Некоторые ткани продуцируют вещества-индукторы остеогенеза. Этими свойствами обладает переходный эпителий мочевыводящих путей.

Эктопическое развитие кости

Спасибо за внимание!