

Лекция № 3

Опорно-двигательный аппарат. Скелет: определение, функции и его фило- и онтогенез. Деление скелета на отделы и звенья. Строение кости как органа. Химический состав кости. Классификация костей.

Опорно-двигательный аппарат обеспечивает передвижение и сохранение положения тела животного в пространстве, образует внешнюю форму тела и участвует в обменных процессах. На его долю приходится около 60% от массы тела взрослого животного.

Условно опорно-двигательный аппарат разделяют на пассивную и активную части. К *пассивной части* относят кости и их соединения, от которых зависит характер подвижности костных рычагов и звеньев тела животного (15%). *Активную часть* составляют скелетные мышцы и их вспомогательные приспособления, благодаря сокращениям которых, приводятся в движение кости скелета (45%). Как активная, так и пассивная части имеют общее происхождение (мезодерма) и находятся в тесной анатомической и функциональной взаимосвязи.

Функции аппарата движения:

1. Двигательная активность является проявлением жизнедеятельности организма, именно она отличает животные организмы от растительных и обуславливает возникновение самых разнообразных способов передвижения (ходьба, бег, лазанье, плавание, полёт).

2. Опорно-двигательный аппарат образует форму тела – экстерьер животного, так как его формирование происходило под влиянием гравитационного поля Земли, то его величина и форма у позвоночных животных отличаются значительным разнообразием, что объясняется разными условиями их обитания (наземное, наземно-древесное, воздушное, водное).

3. Кроме этого, аппарат движения обеспечивает ряд жизненно-важных функций организма: поиск и захват пищи; нападение и активную защиту; осуществляет дыхательную функцию легких (респираторную моторику); помогает сердцу при продвижении крови и лимфы в сосудах («*периферическое сердце*»).

4. У теплокровных животных (птиц и млекопитающих) аппарат движения обеспечивает сохранение постоянной температуры тела;

Функции аппарата движения обеспечиваются нервной и сердечно-сосудистой системами, органами дыхания, пищеварения и мочеотделения, кожным покровом, железами внутренней секреции. Так как развитие аппарата движения неразрывно связано с развитием нервной системы, то при нарушении этих связей происходит сначала *парез*, а затем и *паралич* аппарата движения (животное не может двигаться). При снижении физических нагрузок происходит нарушение обменных процессов и атрофия мышечной и костной тканей.

Органы опорно-двигательного аппарата обладают *свойствами упругих деформаций*, при движении в них возникает механическая энергия в виде упругих деформаций, без которой не могут осуществляться нормальное кровообращение и импульсация головного и спинного мозга. Энергия упругих деформаций в костях преобразуется в пьезоэлектрическую, а в мышцах – в тепловую энергию. Высвобождаемая энергия во время движения, вытесняет кровь из сосудов и вызывает раздражение рецепторного аппарата, от которого нервные импульсы поступают в центральную нервную систему. Таким образом, работа аппарата движения тесно связана и не может осуществляться без нервной системы, а сосудистая система, в свою очередь, не может нормально функционировать без аппарата движения.

3.1. Скелет: определение, функции

Основу пассивной части аппарата движения составляет скелет. **Скелет** (греч. Sceletos - высохший, высушенный; лат. Skeleton) – это соединённые в определённом порядке кости, которые образуют твёрдый каркас (остов) тела животного. Так как по-гречески кость «os», то наука о скелете называется *остеологией*.

В состав скелета входит около **200-300** костей (лошадь, круп.рог.скот – 207-214; свинья, собака и кошка – 271-288 костей), которые соединены между собой при помощи соединительной, хрящевой или костной ткани. Масса скелета составляет у взрослого животного от 6% (свинья) до 15% (лошадь, круп.рог.скот).

Рассматривая костную систему важно проследить её функциональное значение для животного организма. При этом следует помнить, что вместе со связочным аппаратом костей и скелетной мускулатурой кости скелета животного выполняют опорно-двигательную функцию, где кости выступают в качестве органов опоры (статика) и рычагов передвижения, а мышцы — органами движения (динамика). Скелет животных построен из отдельных костей различной величины и формы, соединённых между собой связочным аппаратом и скелетной мускулатурой, а их локомоторная функция довольно разнообразна.

Все **функции скелета** можно разделить на две большие группы: *механические* и *биологические*.

К *механическим функциям* относятся: защитная, опорная, локомоторная, рессорная, антигравитационная, а к *биологическим* — обмен веществ и кроветворение (*гемоцитопоз*).

1. Защитная функция состоит в том, что скелет образует стенки полостей тела, в которых расположены жизненно важные органы. Так, например, в полости черепа находится головной мозг, в грудной клетке — сердце и лёгкие, в полости таза — мочеполовые органы.

2. Опорная функция заключается в том, что скелет представляет собой опору для мышц и внутренних органов, которые прикрепляясь к костям, удерживаются в своем положении.

3. Локомоторная функция скелета проявляется в том, что кости — это рычаги, которые приводятся в движение мышцами и обеспечивают передвижение животного.

4. Рессорная функция обусловлена наличием в скелете образований, смягчающих толчки и сотрясения (хрящевые прокладки и т.п.).

5. Антигравитационная функция проявляется в том, что скелет создает опору для устойчивости тела, приподнимающегося над землей.

6. Участие в обмене веществ, особенно в минеральном, так как кости — это депо минеральных солей фосфора, кальция, магния, натрия, бария, железа, меди и других элементов.

7. Буферная функция. Скелет выполняет роль — буфера, который стабилизирует и поддерживает постоянный ионный состав внутренней среды организма (гомеостаз).

8. Участие в гемоцитопоезе. Расположенный в костномозговых полостях красный костный мозг вырабатывает клетки крови. Масса костного мозга по отношению к массе костей у взрослых животных составляет примерно 40-45%.

3.2. Деление скелета на отделы и звенья

Скелет (skeleton) — это упорядоченная система костей и хрящей, подчиняющаяся основным биологическим законам построения организма (биполярность, билатеральность, сегментарность, тетраподия и наличие нервной трубки).

Скелет – это каркас тела животного. Его принято делить на **осевой** (основной) и **периферический** (см. рис.1).

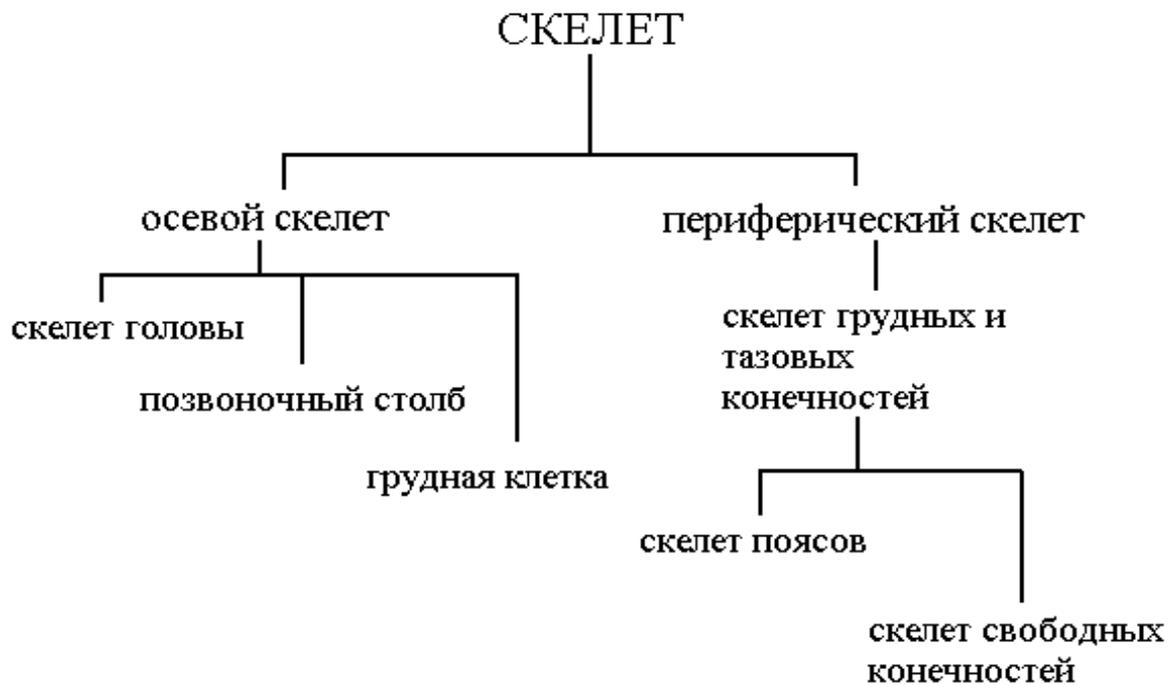


Рис. 1 Схема деления скелета

К осевому скелету относят скелет головы (череп – cranium), скелет шеи, туловища и хвоста. Самое сложное строение имеет череп, так как в нём располагаются головной мозг, органы зрения, обоняния, равновесия и слуха, ротовая и носовая полости. Основной частью скелета шеи, туловища и хвоста является позвоночный столб (columna vertebralis) (Рис. 2).

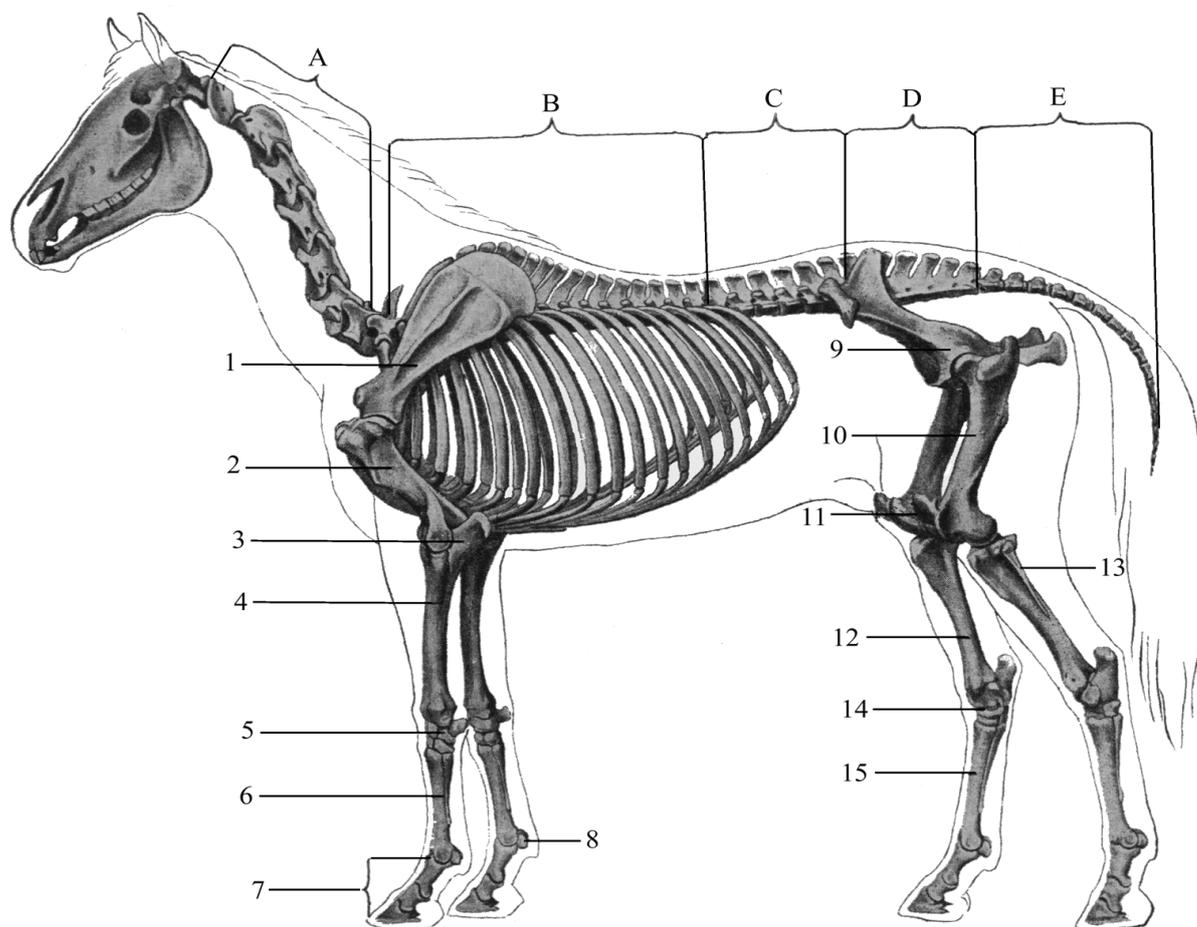


Рис. 2 Скелет лошади

А – шейный отдел позвоночного столба; В – грудной отдел позвоночного столба; С – поясничный отдел позвоночного столба; D – крестцовый отдел позвоночного столба; E – хвостовой отдел позвоночного столба.

1 – лопатка; 2 – плечевая кость; 3 – локтевая кость; 4 – лучевая кость;
 5 – кости запястья; 6 – кости пястья; 7 – кости пальцев; 8 – сесамовидные кости; 9- кости таза; 10 – бедренная кость; 11 – коленная чашечка;
 12 - большеберцовая кость; 13- малоберцовая кость; 14- кости заплюсны;
 15 – кости плюсны.

Позвоночный столб разделяют на 5 отделов: шейный, грудной, поясничный, крестцовый и хвостовой. Шейный отдел состоит из шейных позвонков (*v.cervicales*); грудной отдел - из грудных позвонков (*v.thoracicae*), рёбер (*costae*) и грудной кости (*sternum*); поясничный – из поясничных позвонков (*v.lumbales*); крестцовый – из крестцовой кости (*os. sacrum*); хвостовой – из хвостовых позвонков (*v.caudales*). Наиболее полное строение имеет грудной отдел туловища, где имеются грудные позвонки, рёбра, грудная кость, которые в совокупности формируют грудную клетку (*thorax*), в которой располагаются сердце, лёгкие, органы

средостения. Наименьшее развитие, у наземных животных имеет хвостовой отдел, что связано с потерей локомоторной функции хвоста при переходе животных к наземному образу жизни.

Осевой скелет подчинён следующим закономерностям строения тела, которые обеспечивают подвижность животного:

1. Биполярность (одноосность) выражается в том, что все отделы осевого скелета расположены на одной оси тела, причём, на краниальном полюсе находится череп, а на противоположном - хвост. Признак одноосности позволяет установить в теле животного два направления: краниальное – в сторону головы и каудальное в сторону хвоста.

2. Билатеральность (двусторонняя симметрия) характеризуется тем, что скелет также как и туловище может быть разделён сагиттальной (медиальной) плоскостью на две симметричные половины (правую и левую), в соответствии с этим позвонки будут делиться на две симметричные половины. Билатеральность (антимерия) даёт возможность различать на теле животного латеральное (боковое, наружное) и медиальное (внутреннее) направления.

3. Сегментарность (метамерия) заключается в том, что тело может быть разделено сегментными плоскостями на определённое число сравнительно одинаковых метамеров – сегментов. Метамеры следуют вдоль оси спереди назад. На скелете такими метамерами являются позвонки с рёбрами.

4. Тетраподия – это наличие 4 конечностей (2 грудных и 2 тазовых).

5. И последней закономерностью является, обусловленное силой тяжести, расположение в позвоночном канале нервной трубки, а под ней кишечной трубки со всеми её производными. В связи с этим на теле намечают дорсальное направление – в сторону спины и вентральное направление – в сторону живота.

Периферический скелет представлен двумя парами конечностей: грудными и тазовыми. В скелете конечностей присутствует только одна закономерность – билатеральность (антимерия). Конечности парные, имеются левые и правые конечности. Остальные элементы ассиметричны. На конечностях различают пояса: грудной (лопатка) и тазовый (тазовые кости) и скелет свободных конечностей.

При помощи пояса свободная конечность присоединяется к осевому скелету (позвоночному столбу). Первоначально пояса конечностей имели по три пары костей: лопатку, ключицу и коракоидную кость (у птиц все кости сохранились), у животных осталась, только одна – лопатка, от коракоидной кости сохранился лишь отросток на бугорке лопатки с медиальной стороны, рудименты ключицы имеются у хищников (собака и кошка). В тазовом поясе хорошо развиты все три кости (подвздошная, лонная и седалищная), которые срастаются между собой, формируя таз.

Скелет свободных конечностей имеет три звена. Первое звено – *стилоподий* (stilopodium) имеет один луч (греч. stilos - столбик, podos - нога): на грудной конечности - это плечевая кость, на тазовой - бедренная. Вторые звенья – *зейгоподий* (zeugopodium) представлены двумя лучами (zeugos - пара): на грудной конечности - это лучевая и локтевая кости (кости предплечья), на тазовой - большеберцовая и малоберцовая кости (кости голени). Третьи звенья – *автоподий* (autopodium) образуют: на грудной конечности – кисть, на тазовой – стопу. Автоподий обеих конечностей включает: *базиподий* (верхний участок - кости запястья и соответственно плюсны), *метоподий* (средний - кости пясти и плюсны) и *акроподий* (самый крайний участок - фаланги пальцев).

Автоподий (кисть и стопа) животных осуществляет непосредственный контакт с предметами окружающей среды, служит опорой о землю. В зависимости от типа опоры и передвижения автоподий животных устроен по разному, более того его специфическая функция оказывает влияние на строение костей зейгоподия (кости предплечья и голени). Эти кости могут быть недоразвитыми, сращёнными или, наоборот, обособленными и полностью развитыми.

Кроме указанных выше костей скелета, в организме животных существуют кости, которые морфофункционально не относятся к скелету. К таким костям относят: хоботковая кость (у свиньи), кость полового члена (у собаки), сердечные кости (у рогатого скота). В отдельных случаях в организме животного могут возникать кости, развитие которых произошло в результате окостенения участков сухожилий, например, сесамовидные кости проксимальных и дистальных фаланг пальцев, коленная чашка.

3.3. Фило- и онтогенез скелета

ФИЛОГЕНЕЗ СКЕЛЕТА. В филогенезе позвоночных скелет развивается в двух направлениях: наружный (экзоскелет) и внутренний (эндоскелет).

Экзоскелет выполняет защитную функцию (панцирь тела), свойственен низшим позвоночным и располагается на теле в виде чешуи или панциря (черепаха, броненосец).



У высших позвоночных наружный скелет исчезает, но отдельные его элементы остаются, изменяя своё назначение и месторасположение, становятся *покровными костями черепа* и, располагаясь уже под кожей, связаны с внутренним скелетом.



Искусственный экзоскелет человека

*В онтогенезе такие кости проходят только две стадии развития (соединительно-тканную и костную) и называются **первичными**. Они не способны регенерировать – при травме костей черепа их вынуждены заменять искусственными пластинами.*

Эндоскелет выполняет, в основном, опорную функцию. В ходе развития под воздействием биомеханической нагрузки он постоянно изменяется. Если рассматривать беспозвоночных животных, то у них внутренний скелет имеет вид перегородок, к которым прикрепляются мышцы.

У примитивных *хордовых* животных (ланцетника), наряду с перегородками, появляется ось - хорда (клеточный тяж), одетый соединительнотканными оболочками.

У *хрящевых рыб* (акулы, скаты) уже вокруг хорды сегментально формируются хрящевые дужки, которые в дальнейшем образуют позвонки. Хрящевые позвонки, соединяясь друг с другом, формируют позвоночный столб, вентрально к нему присоединяются рёбра. Таким образом, хорда остаётся в виде пульпозных ядер между телами позвонками. На краниальном конце тела формируется череп и вместе с позвоночным столбом участвует в образовании осевого скелета. В дальнейшем, хрящевой скелет заменяется костным, менее гибким, но более прочным.

У *костистых рыб* осевой скелет построен из более прочной - грубо-волокнистой костной ткани, которая характеризуется наличием минеральных солей и беспорядочным расположением коллагеновых (оссеиновых) волокон в аморфном компоненте.

С переходом животных к наземному образу жизни, у *амфибий* формируется новая часть скелета - скелет конечностей. В результате этого, у наземных животных формируется, кроме осевого скелета, ещё и периферический (скелет конечностей). У амфибий, так же как у костистых рыб, скелет построен из грубо-волокнистой костной ткани, но у более высокоорганизованных наземных животных (*рептилии, птиц и млекопитающих*) скелет уже построен из пластинчатой костной ткани, состоящей из костных пластинок, содержащих коллагеновые (оссеиновые) волокна, расположенные упорядоченно.

Таким образом, *внутренний скелет позвоночных животных проходит в онтогенезе три стадии развития: соединительно-тканную (перепончатую), хрящевую и костную. Кости внутреннего скелета, проходящие все эти три стадии, называются **вторичными** (замещающими, примордиальными).*

ОНТОГЕНЕЗ СКЕЛЕТА. В соответствии с основным биогенетическим законом Бэра и Э.Геккеля в онтогенезе скелет проходит так же три стадии развития: перепончатую (соединительно-тканную), хрящевую и костную.

Независимо от стадийности костеобразования любая кость развивается за счёт молодых соединительнотканых клеток мезенхимного происхождения — остеобластов, которые вырабатывают межклеточное костное вещество. Часть остеобластов в активной фазе делится, формируя вокруг себя костный матрикс, другая часть клеток сохраняет стволовой характер. Первичным продуктом секреции остеобластов является неминерализованный продукт — *остеоид*, состоящий из коллагеновых фибрилл, аморфных компонентов и ферментов. Именно в результате минерализации остеоида образуется костный матрикс, где молодые костные клетки становятся уже зрелыми остеоцитами, т.е. идёт окостенение или оссификация (лат. os-кость, facio-делаю).

На самой ранней стадии развития зародыша опорной частью его тела является плотная соединительная ткань, которая формирует перепончатый скелет. При обоих видах оссификации вначале возникает примитивная грубоволокнистая костная ткань *A* (см. рис.), затем у зародыша появляется хорда, и вокруг неё начинают формироваться вначале хрящевой, а позднее костный позвоночный столб и череп, а затем конечности.

В предплодном периоде весь скелет, за исключением первичных покровных костей черепа, хрящевой остеогенез и составляет около 50% от массы тела. Каждый хрящ имеет форму будущей кости и покрыт молодой надхрящницей (плотной соединительно-тканной оболочкой). В этот период начинается окостенение скелета, при этом на месте хряща образуется грубоволокнистая костная ткань. В результате этого, у плодов скелет построен из грубо-волокнутой костной ткани.

Позднее происходит замещение опорной хрящевой ткани пластинчатой костной тканью, которая обладает более высокими физическими свойствами. Завершающий этап в развитии скелета начинается с образования очагов окостенения и постепенного замещения хрящевой (или соединительной) ткани костной. Причём рост кости в толщину, и её окончательное формирование происходит за счёт надкостницы, путём наслаивания (аппозиции) остеобластов (остеогенных клеток) в виде костных пластинок. Рост

костей в длину, в свою очередь, обеспечивается ростковой зоной метафизарного хряща.

Все кости скелета образуется двумя путями: либо непосредственно из мезенхимы (рыхлой соединительной ткани) — **перепончатый остеогенез**, либо опосредованно на основе хрящевой модели кости (т. е. из мезенхимы сначала образуется хрящевая ткань, а затем и костная) — **хрящевой остеогенез**.

При *перепончатом остеогенезе*, когда развитие кости происходит, минуя хрящевую стадию, происходит *эндодесмальный* тип окостенения. Так развиваются первичные покровные и накладные кости, некоторые кости черепа (лобные, затылочная, теменные и височные кости), челюсти и сесамовидные кости.

Перепончатый (прямой остеогистогенез) 3 фазы:

- 1. образование скелетогенного островка** – размножение мезенхимных клеток и разрастание сосудов на месте будущей кости (эндодесмальный путь развития);
- 2. дифференцировка мезенхимных клеток** в остеобласты и продукция ими органической матрицы костной ткани (остеоида). Остеобласты постепенно «замуровываются» в межклеточном веществе и превращаются в остециты
- 3. кальцификация межклеточного вещества.** Под действием ферментов остеобластов (щелочная фосфатаза и др.) образуются кристаллы гидроксиапатита

Хрящевой остеогенез (*хондральный* тип окостенения) идёт путём закладки в хрящевой модели кости очагов окостенения. Последний более длительный и подразделяется на два вида: *эндохондральный* и *перихондральный* (рис. 3). Эндохондральный тип окостенения характеризуется заменой хрящевой ткани костной изнутри хрящевой модели будущей кости, перихондральный тип — когда замена хрящевой ткани идёт с поверхности этой модели.

Хрящевой (непрямой остеогистогенез) включает 4 фазы:

- 1. образование хрящевой модели кости** из мезенхимы (на 2-м мес. эмбриогенеза). Она состоит из эмбрионального гиалинового хряща покрытого надхрящницей;

2. **перихондральное окостенение:** в надхрящнице разрастаются кровеносные сосуды и появляются остеобласты, окружающие манжеткой среднюю часть диафиза (*первичный центр окостенения*). Надхрящница перестраивается в надкостницу - периост;

3. **эндохондральное окостенение:** костная манжетка нарушает питание хряща, он подвергается дистрофии и разрушается остеокластами. На этом месте разрастаются сосуды, появляются остеобласты и образуется костная ткань (*вторичный центр окостенения - эндоост*);

4. **появление центров окостенения в эпифизах** (по тому же сценарию).

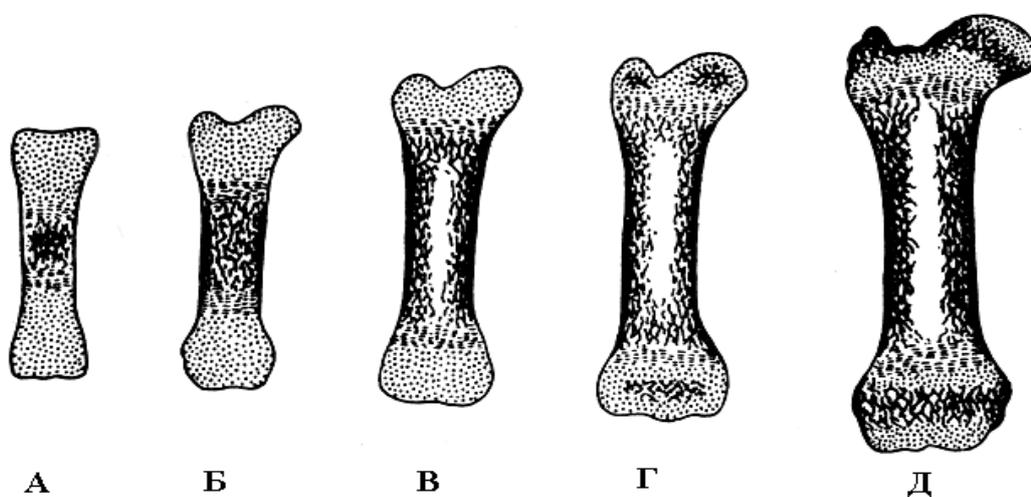


Рис. 3 Схема развития кости:

- А — закладка первичных очагов в хрящевой кости;
- Б — начало перихондрального окостенения;
- В, Г — закладка вторичных очагов и появление костной полости;
- Д — развитие суставного хряща

Процесс костеобразования по Русакову включает 4 фазы:

1. пролиферация (размножение) остеобластических клеток;
2. образование коллагеновых волокон;
3. образование межклеточного аморфного склеивающего белково-углеводного вещества;
4. пропитывание межклеточного вещества минеральными солями.

Большинство костей скелета — это вторичные кости, которые развиваются хондральным путём на основе хрящевых зачатков, т. е. проходят все три стадии развития (соединительнотканную, хрящевую и костную). Причём развитие длинных, плоских, коротких и трубчатых костей начинается с закладки первичных очагов окостенения на диафизе (теле) кости *A* и *B* (рис. выше) в виде костной манжетки, костная ткань отсюда разрастается вглубь и вширь. Далее периостальная и энхондральная костная ткань развиваются одновременно и параллельно, при этом перисот растёт в длину к эпифизам хряща и аппозиционно в толщину, а зоны роста диафиза называются метафизами.

Позже появляются вторичные очаги окостенения в области эпифизов (концов) *Г* и апофизов, при этом идёт наслаивание остеобластов на мельчайшие колоннообразные частицы хрящевого матрикса и формирование губчатого вещества. Многие костные отростки, необходимые для закрепления связок и мышц, развиваются из самостоятельных эндохондральных очагов окостенения (апофизы).

Только в неонатальный период грубо-волокнистая костная ткань замещается на более совершенную пластинчатую костную ткань. В этот период вторичные очаги окостенения отделены друг от друга хрящевыми прослойками, которые достаточно долго (на протяжении жизни) могут сохраняться в метафизах (пограничной зоне между диафизом и эпифизом), что, в свою очередь, указывает на уязвимость этих участков костей при травмировании. Именно здесь чаще кости ломаются и трескаются (пример, перелом шейки бедренной кости). В этот же период требуется особое внимание к новорожденным, так как их скелет ещё не отличается прочностью. Что же касается хорды, то её остатки располагаются в центре межпозвоночных дисков в виде пульпозных ядер.

Особое внимание в этот период надо обратить на покровные кости черепа (затылочную, теменные и височные), так как они минуют хрящевую стадию. Между ними в онтогенезе образуются значительные соединительно-тканые пространства, называемые *родничками (fonticulus)*, только к старости они полностью подвергаются окостенению (эндесмальная оссификация).

Процесс оссификации скелета у разных видов животных сильно различается. Так, у травоядных животных, в отличие от плотоядных, процесс формирования костей конечностей

начинается ещё в натальном (внутриутробном) периоде. Этим объясняется то, что новорожденный телёнок (жеребёнок) уже в первые часы жизни может встать и передвигаться на дальние расстояния. В дикой природе, когда для хищников самой лёгкой добычей является старое, больное или слабое животное, такое свойство может обеспечить сохранность жизни новорожденному.

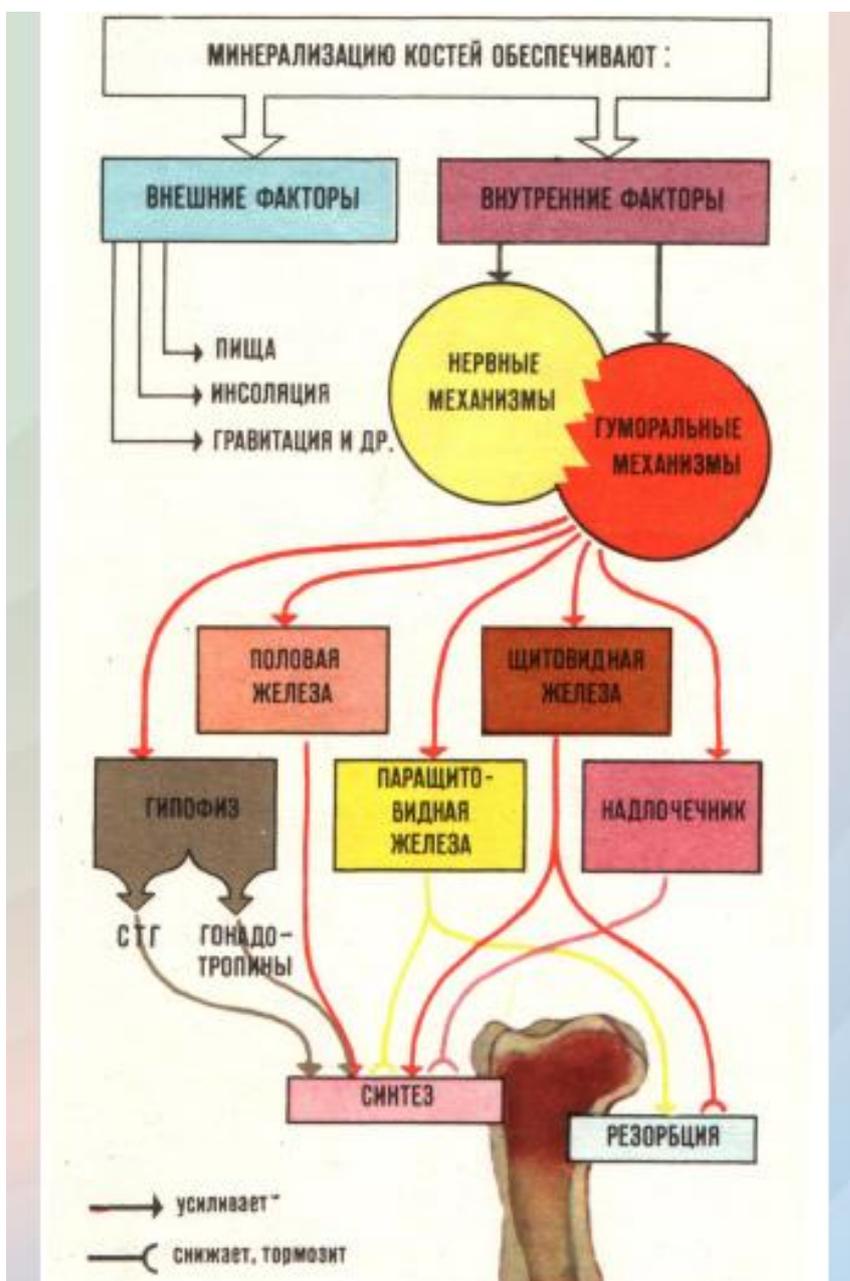


Рис. 4 Факторы, влияющие на костеобразование

На сроки и характер процесса оссификации оказывают влияние внешние и внутренние факторы. К внешним факторам относят условия окружающей среды, включая рацион, внутренним – состояние нейрогуморальной системы организма.

3.4. Строение кости как органа

3.4.1. СТРОЕНИЕ КОСТИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ БИОХИМИКА

Кости скелета имеют сложный химический состав. Каждая кость состоит из органических и неорганических соединений. К **неорганическим соединениям** относятся *вода и минеральные соли* (соли кальция, фосфора, магния, натрия, калия и других элементов). **Органические соединения** в основном представлены *белком (оссеином) и липидами* (жёлтый костный мозг).

Оссеин (или костный хрящ) – органическая основа любой кости, которая состоит из волокнистой ткани комплекса белковоподобных (оссеоальбумоид) и слизеподобных (оссеомукоид) органических соединений, и вступившая в тесную и сложную связь с минеральными солями.

Свежая кость, извлечённая из организма взрослого животного, содержит примерно 50% воды, 22% минеральных солей, 12% оссеина и 16% липидов. Эластичность кости зависит от оссеина, а твёрдость – от минеральных солей. Специфическое соединение органических и неорганических веществ придаёт кости упругость, эластичность, прочность и твёрдость. По твёрдости и упругости кость можно сравнить с медью, бронзой, железобетоном.

Однако, соотношение составных компонентов кости может изменяться под воздействием многих факторов и зависит от возраста (у молодых животных соотношение оссеина к минеральным элементам 1:1, у взрослых 1:2, а у старых 1:7, т.е. с возрастом теряется эластичность и упругость кости, но возрастает её твёрдость и хрупкость), питания (может быть несбалансированность рациона по кальцию и фосфору) и времени года (в конце пастбищного сезона всегда максимальное содержание минеральных веществ).

У молодых животных кости мягкие и упругие, за счёт большого количества органических веществ, а у старых – кости хрупкие (за счёт их сильной минерализации) и пористые (развитие остеопороза).

3.4.2 СТРОЕНИЕ КОСТИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ГИСТОЛОГА

Кость состоит из нескольких тканей, но основной является:

1. Костная ткань. Она чрезвычайно лабильна (постоянно и быстро изменяется), это единственная ткань в организме, кроме крови, которая может полностью восстанавливаться после повреждения. В ней происходят постоянно два диаметрально противоположных процесса - разрушение (резорбция) и восстановление (регенерация), так называемый пьезоэлектрический эффект кости.

Пьезоэлектрический эффект кости:

- **растяжение кости** вызывает в костных пластинках положительный электрический заряд – активизируются остеокласты, они резорбируют костную ткань и через определённое время активизируют остеобласты;
- **сжатие кости** вызывает отрицательный заряд – активизируются остеобласты, образующие костную ткань;
- **отсутствие физической нагрузки (нулевой потенциал)** стимулирует остеокласты и выведение солей из кости.

Эти процессы происходят под влиянием механических сил, возникающих в период статики и динамики животного, и обеспечивают обновление скелета. Согласно экспериментальным медико-биологическим исследованиям, скелет человека полностью обновляется в течение 6 месяцев.

Костная ткань состоит из *клеток* и *межклеточного вещества*. Межклеточная субстанция, в свою очередь, представлена основным бесструктурным (аморфным) веществом и оформленной частью в виде клейдающими (коллагеновыми) волокнами. При этом волокнистая часть в костной ткани расположена тонкими пучками в определённом и закономерном порядке.

Существует три типа костных клеток (см. рис. 5):

1. Остеобласты – это молодые остеобразующие клетки, которые синтезируют межклеточное вещество - матрикс. По мере накопления межклеточного вещества остеобласты замуровываются в нём и становятся остеоцитами. Вспомогательной функцией остеобластов является участие в процессе отложения солей кальция в межклеточном веществе (кальцификации матрикса).

2. Остеоциты – это зрелые костные клетки. Они обеспечивают структурную и метаболическую интеграцию (объединение) кости. Существует мнение, что эти клетки участвуют в образовании оссеина (белкового компонента кости) и лизировании (растворении) межклеточного неминерализованного матрикса.

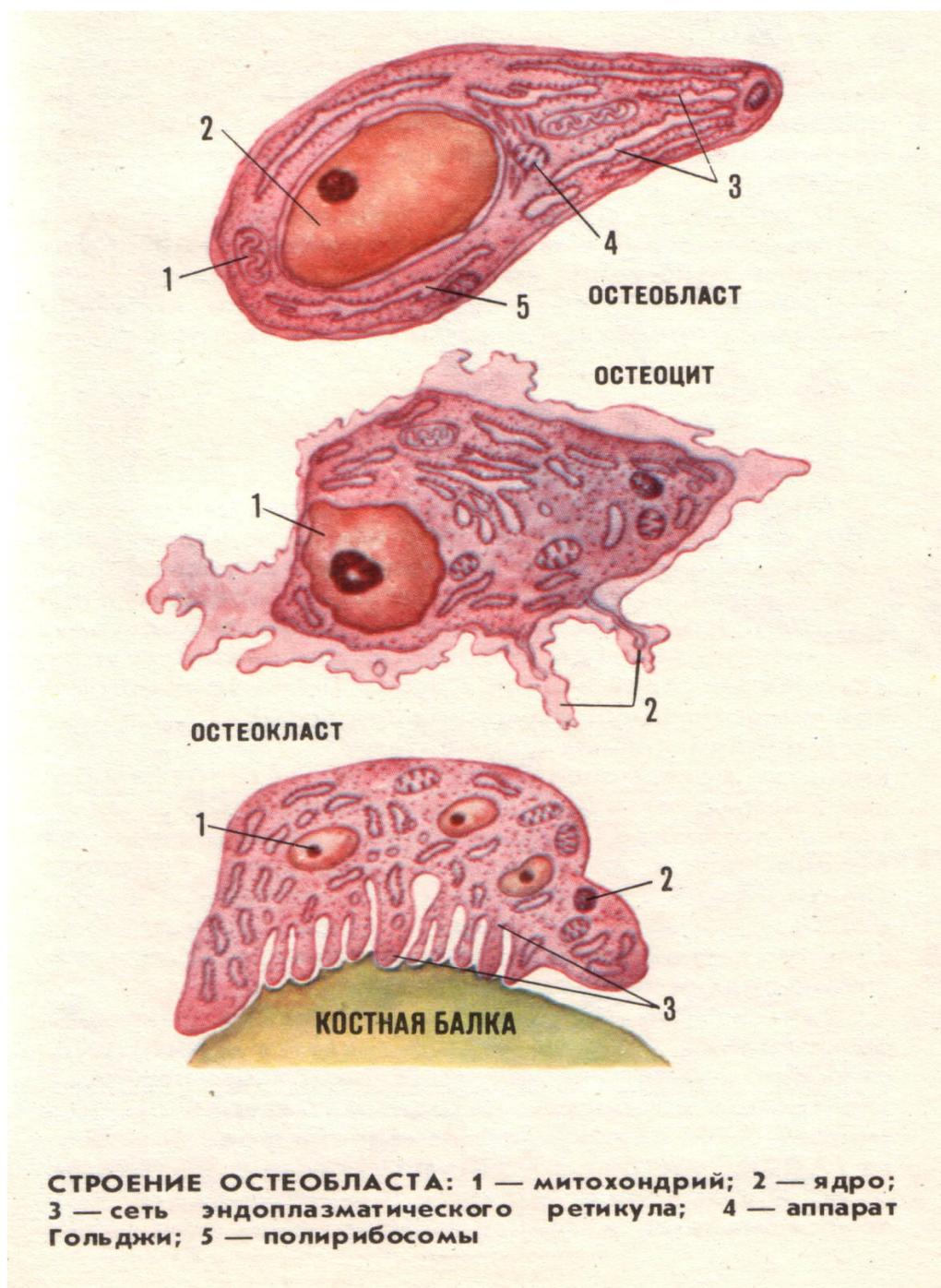


Рис. 5 Костные клетки

3. Остеокласты – это гигантские многоядерные клетки, появляющиеся в местах рассасывания костных структур. Функция их заключается в удалении продуктов распада кости и лизисе минерализованных структур.

Межклеточное вещество (костный матрикс) в основном представлено коллагеновыми волокнами и аморфным компонентом, который заполняет промежутки между волокнами и клетками. На основе коллагеновых волокон откладывается минеральная часть костной ткани в виде двухфазной системы минералов: кристаллического *гидроксиапатита* и аморфного *фосфата кальция* (более лабильного). Благодаря наличию кристаллической фазы минералов в костях при упругих деформациях возникает пьезоэлектричество. Таким образом, образуется энергия, необходимая для происходящих в костях преобразований. Кость поляризуется: вогнутые части кости заряжаются отрицательно (обычно достраиваются костной тканью), выпуклые положительно (в них происходит резорбция - разрушение костной ткани).

Различают два вида костной ткани:

- *Грубоволокнистую*, для которой характерно беспорядочное расположение коллагеновых волокон в межклеточном веществе; из этой ткани построен скелет плода и новорожденного, а у взрослого организма она встречается в зонах прикрепления сухожилий к костям и в швах черепах после их зарастания (синостозирования);

- *Пластинчатую*, особенностью этой ткани является то, что коллагеновые (оссеиновые) волокна располагаются упорядоченно и формируют цилиндрические пластины, вставленные одна в другую вокруг сосудов и нервов. Эти образования получили названия «остеон». Итак, структурной единицей пластинчатой костной ткани являются остеоны.

Остеон (osteonum) представляет собой систему костных пластинок, концентрически расположенных вокруг канала, в котором проходят сосуды и нервы (гаверсов канал). Каждый остеон состоит из 4-20 цилиндрических пластинок и имеет диаметр 3-4 мм. Они склеены между собой аморфным веществом, пропитанным минеральными солями.

Остеоны располагаются не беспорядочно, а соответственно функциональной нагрузке на кость. Из остеонов формируются перекладины костного вещества, или балки, которые в свою очередь образуют компактное вещество (если перекладины лежат плотно) или губчатое вещество (если перекладины лежат рыхло) кости. Из пластинчатой костной ткани в основном построен скелет взрослого (зрелого) организма.

Кроме костной ткани имеются:

2. Хрящевая ткань – покрывает суставные поверхности костей (гиалиновый хрящ) и образует зоны роста кости (метафизарный хрящ). Хрящевая ткань состоит из клеток (хондробластов, хондроцитов, хондокластов) и межклеточного вещества. Особенностью последнего является его сложный химический состав. В межклеточном веществе хряща органические компоненты представлены мукополисахаридами (хондроитинсерная кислота, кератинсульфат).

Структурной единицей хрящевой ткани является **хондрон**, который представляет собой изогенную группу клеток, объединённую межклеточным веществом и окружённую капсулой.

Различают три вида хрящевой ткани:

- *гиалиновый хрящ* (из него построены в основном скелет эмбриона, у взрослого – суставные, рёберные хрящи, хрящи гортани, трахеи и бронхов);
- *волокнистый хрящ* (образует межпозвоночные диски, мениски);
- *эластический хрящ* (формирует ушную раковину и наружный слуховой проход).

3. Соединительная ткань состоит из небольшого количества клеток (фибробластов, фиброцитов), волокон (коллагеновых, эластических, ретикулярных) и аморфного вещества. Основу аморфного компонента составляют гелеобразные мукополисахариды (нейтральные и кислые гликозамингликаны).

Различают несколько видов соединительной ткани:

- *Рыхлая соединительная ткань* всегда сопровождает сосуды (кровеносные и лимфатические) и нервы. Её особенностью является преобладание клеток и аморфного компонента над

волокнами. Рыхлая соединительная ткань образует внутренний слой надкостницы, выстилает изнутри костномозговую полость (эндоост) и формирует трабекулы, по которым внутрь кости проникают нервы, кровеносные и лимфатические сосуды;

- *Плотная соединительная ткань* покрывает кость снаружи и формирует фиброзный слой надкостницы. Её характерной особенностью является преобладание волокнистых структур в межклеточном веществе.

4. Миелоидная ткань образует паренхиму красного костного мозга и в ней происходит развитие клеток крови (эритроцитов, лейкоцитов, см. рис. 6).

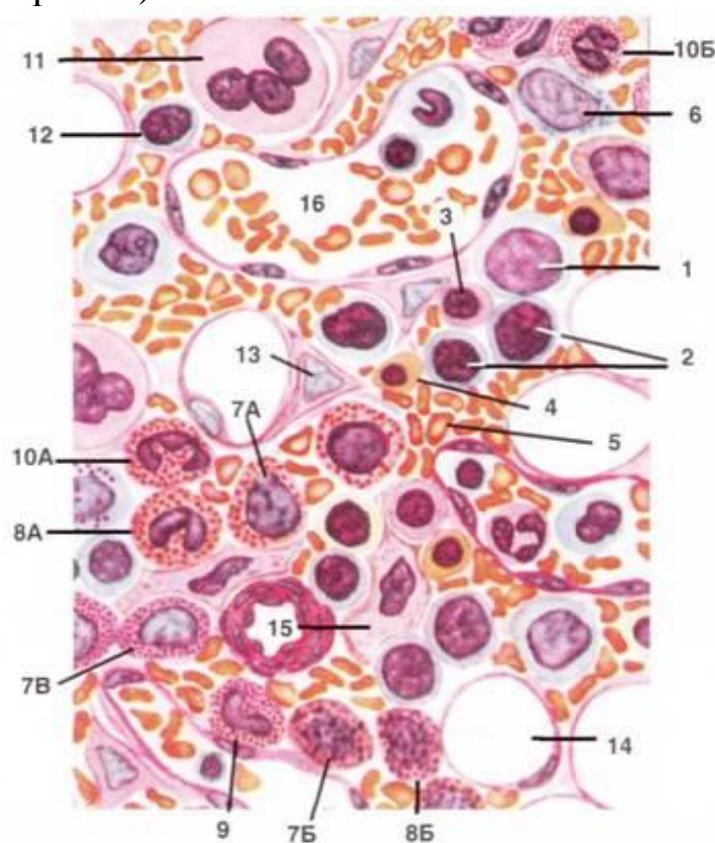


Рис. 6 Клетки миелоидной ткани

5. Кровь, лимфа - жидкие ткани внутренней среды, которые участвуют в транспорте питательных веществ, кислорода, углекислого газа и конечных продуктов обмена. Они выполняют трофическую, транспортную и защитную функции. В костях содержится до 50% всей венозной крови.

6. Эпителиальная ткань формирует *эндотелий* – это внутренняя оболочка стенки сосудов.

7. Нервная ткань - в виде нервов и нервных окончаний.

3.4.3. СТРОЕНИЕ КОСТИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ АНАТОМА (анатомия кости как органа)

Каждая кость (лат. Os - кость) является самостоятельным органом. Она имеет определённую форму, величину и строение. Кость как орган у взрослого животного состоит из тесно связанных друг с другом следующих компонентов:

1. **Надкостница** - periosteum — это наружная соединительнотканная оболочка кости (см. рис. 9), состоящая из двух слоёв: *наружный волокнистый* (фиброзный) и *внутренний* (камбиальный) (рис. 7).

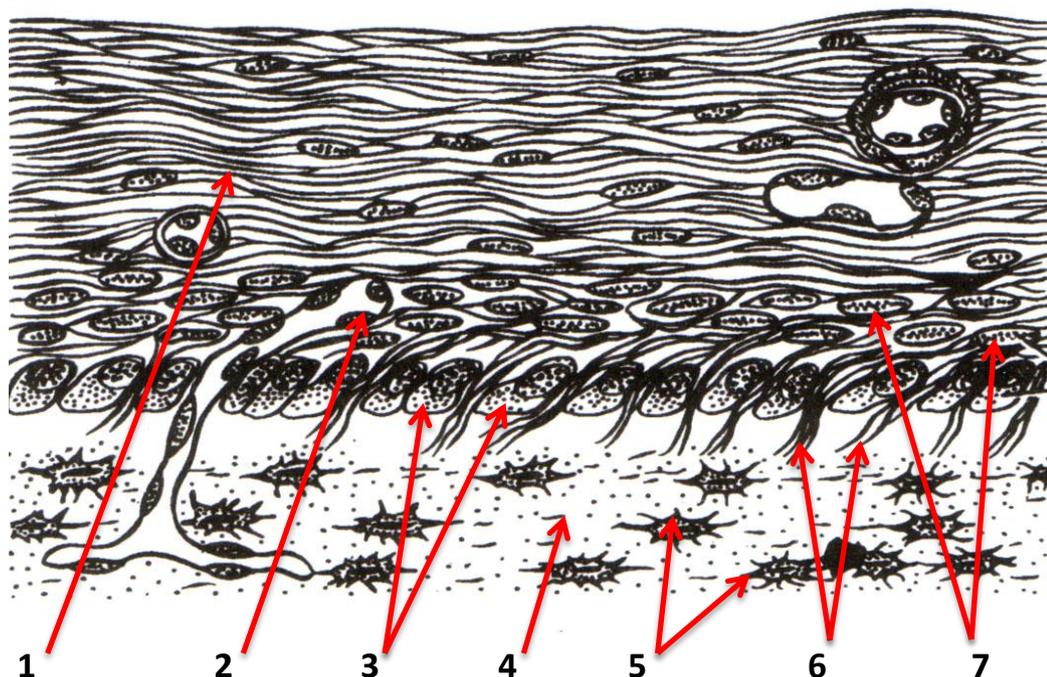


Рис. 7 Микроструктура надкостницы

1 – волокнистый слой; 2 – камбиальный слой;
3 – остеобласты; 4 – костная ткань; 5 – остеоциты;
6 – шарпеевские волокна; 7 – недифференцированные клетки

Наружный фиброзный слой – stratum fibrosum - состоит из коллагеновых волокон соединительной ткани, богат кровеносными и лимфатическими капиллярами, питающими кость и костный мозг. Наружный покровный слой обеспечивает защиту кости, её трофику (питание), укрепляет кость и увеличивает её упругие свойства. Внутренний (остеогенный) слой надкостницы – stratum cambiale - построен из рыхлой соединительной ткани, в которой имеются нервы, сосуды и значительное количество недифференцированных костных клеток, которые могут преобразовываться в костеобразующие клетки (остеобласты) и

клетки, разрушающие костные структуры (остеокласты). Именно этот слой обеспечивает остеогенную функцию надкостницы, за счёт которой происходит рост кости в толщину и регенерация костей после повреждения. При переломах костей именно камбиальный слой надкостницы продуцирует молодую костную ткань, необходимую для сращения (заживления) костных фрагментов. Следует отметить, что у молодого, растущего организма остеобласты надкостницы располагаются в виде сплошного слоя, к старости – они сохранены в виде островков.

Надкостница прочно срастается с костью при помощи соединительно-тканых прорастающих (шарпеевских) волокон, проникающих вглубь кости. Таким образом, надкостница выполняет защитную, трофическую и остеогенную функции.

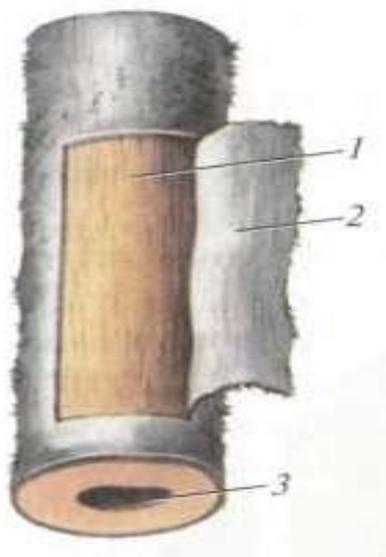


Рис. 8 Надкостница трубчатой кости

Кость без надкостницы, как дерево без коры, существовать не может. Надкостница же, с аккуратно извлечённой из неё костью, может вновь образовывать кость за счёт неповреждённых остеобластических клеток своего внутреннего слоя (Рис. 8).

2. **Компактное (плотное) вещество** кости – *substantia compacta* - располагается за надкостницей и построено из пластинчатой костной ткани, которая формирует сложную систему костных перекладин (балок, пластинок), плотно упакованных на протяжении всей длины диафиза кости и противодействующих силам надлома и перелома, которые испытывает кость при физических нагрузках. Отличительной особенностью компактного вещества является плотное расположение костных перекладин.

Прочность компакты обеспечивается послойным пластинчатым строением и каналами, внутри которых располагаются сосуды, несущие кровь. По прочности компактное вещество приравнивается к чугуну или граниту.

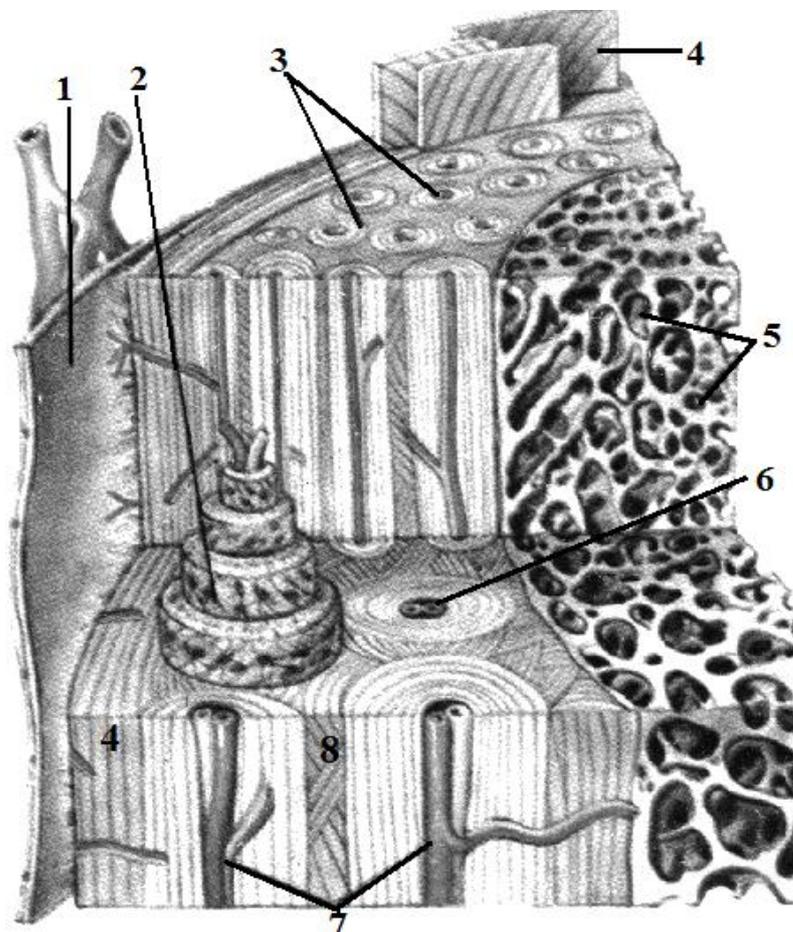


Рис. 9 Строение кости как органа:

- 1 — надкостница; 2, 3 — остеоны;
- 4 — генеральные костные пластинки; 5 — губчатое вещество;
- 6 — гаверсов канал; 7 — гаверсовы кровеносные сосуды;
- 8 — компактное вещество

Структурной единицей компактного слоя кости является *остеон (osteon)* (см. рис. 9 и 10), представляющий систему костных пластинок (от 4 до 20 костных трубочек), concentrically расположенных вокруг центрального канала (Гаверсова канала) 1, который несёт кровеносные сосуды и нервные окончания, именно поэтому остеон ещё обозначается как гаверсова система. Между костными трубочками расположены слои зрелых костных клеток 3, отростки которых проникают в структуру соседних костных пластинок.

Обратите внимание, гаверсовы каналы каждого остеона соединены между собой поперечными (фолькмановыми) каналами, по которым также разветвляются кровеносные капилляры и нервные окончания.

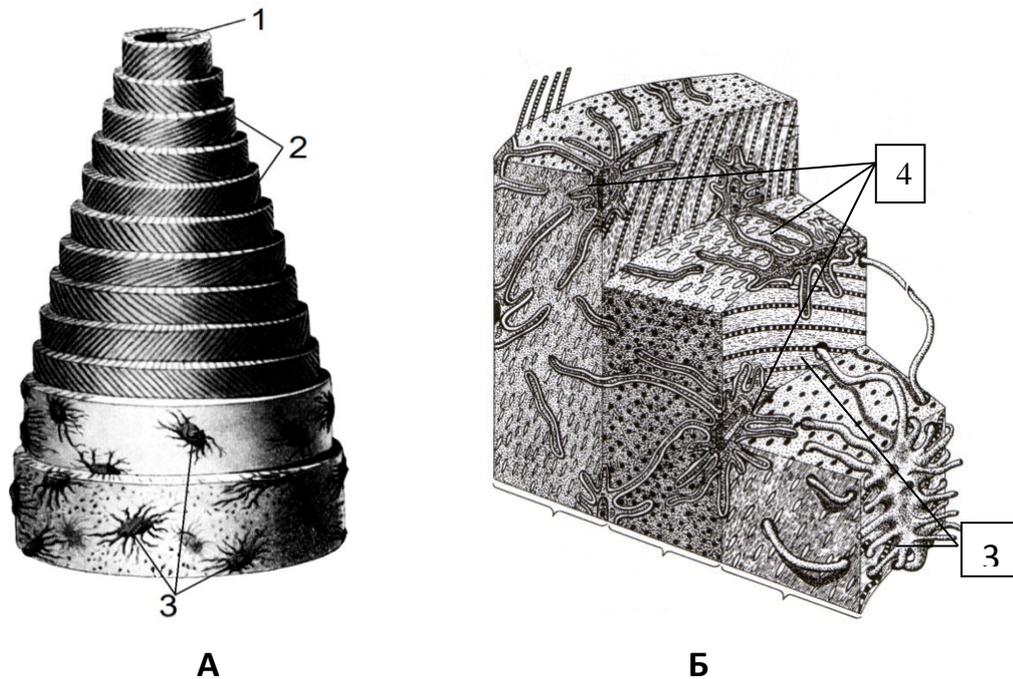


Рис. 10 Схема строения остеона:

А – остеон; Б – костные пластинки;

1 — гаверсов канал; 2 — костные пластинки (трубочки);

3 — остеоциты; 4 — коллагеновые (осеиновые) волокна

Помимо системы остеонных костных трубочек, в компактном веществе присутствуют ещё вставочные (интерстициальные) и генеральные (циркулярные, окружные) 4 костные пластинки (см. рис. 9). Первые залегают в толще компактного вещества между остеонами, вторые располагаются по его периметру, отграничивая его от надкостницы и костной полости. Важно уяснить, что все костные пластинки также срастаются отростками остеоцитов. Костномозговые полости внутри покрыты тонкой соединительнотканной оболочкой (эндостом).

3. Губчатое (рыхлое) вещество кости - *substantia spongiosa* – располагается под компактным веществом внутри кости и построено так же из пластинчатой костной ткани. Отличительной особенностью губчатого вещества является то, что костные перекладины располагаются рыхло и образуют ячейки, поэтому губчатое вещество действительно напоминает по строению пористую губку.

По сравнению с компактным веществом, оно обладает гораздо больше выраженными деформационными свойствами и формируется именно в тех местах, где на кость действуют силы сжатия и растяжения. Направление костных балок губчатого вещества соответствует основным линиям напряжения. Упругие деформации в губчатом веществе выражены значительно сильнее (4-6 раз). Распределение компактного и губчатого веществ зависит от функциональных условий конкретной кости. Компактное вещество находится в тех костях и в тех их участках, которые выполняют функции опоры и движения (например, в диафизах трубчатых костей). В местах, где при большом объёме требуется сохранить лёгкость и вместе с тем прочность, образуется губчатое вещество (например, в эпифизах трубчатых костей, рис. 11).

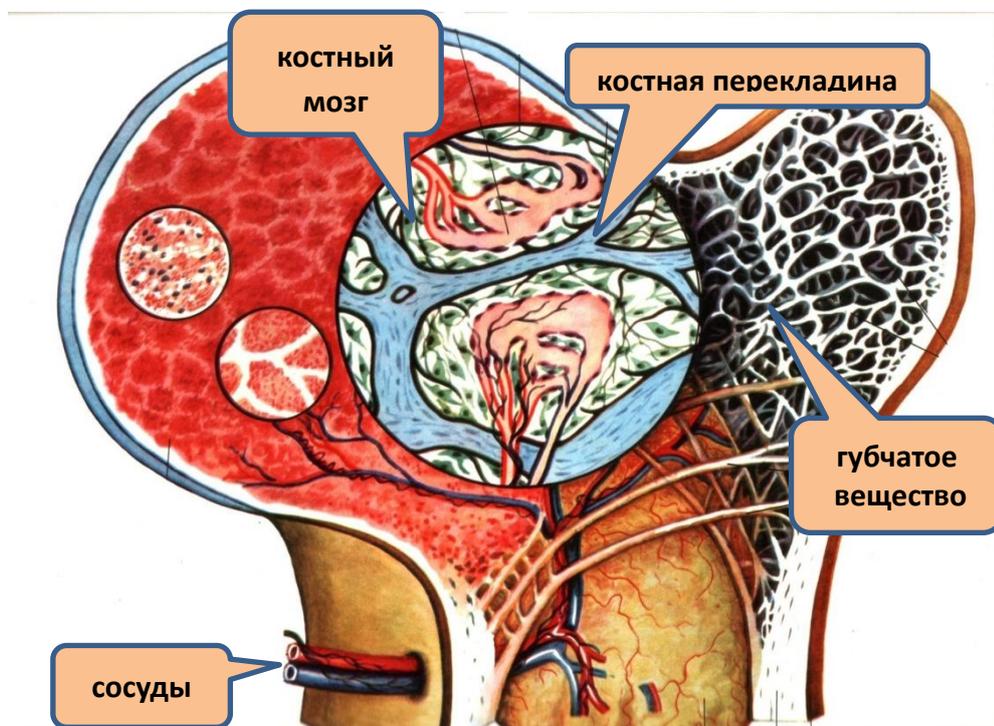


Рис. 11 Срез трубчатой кости

4. Транспортно-дренажная система образована (рис. 12):

- лакунами /лежат остеоциты/;
- канальцами /лежат отростки остеоцитов/;
- гаверсовыми каналами /лежат в центре и вдоль остеона/;
- фолькмановыми каналами /лежат поперек остеона, связывают гаверсовы каналы/ и костномозговой полостью.

Внутри кости располагается **костномозговая полость** – *cautum medullae*, стенки которой изнутри, так же как и поверхность

костных балок (надкостница) покрыта тонкой волокнистой соединительно-тканной оболочкой **эндоостом** - endosteum. Как и периост, эндоост в своём составе имеет остеобласты, за счёт которых кость растёт изнутри и восстанавливается при переломах.



Рис. 12 Срез трубчатой кости

Транспортно-дренажная система обеспечивает транспорт питательных веществ, метаболитов, газов, минеральных веществ в кости за счёт движения отростков остеоцитов связывает все слои костного вещества.

5. В костях представлен как **красный**, так и **жёлтый костный мозг**. *Красный костный мозг (medulla ossium rubra)* 4 (см. рис. 11) залегает в порах губчатого вещества развитой кости, состоит из гемопоэтической (ретикулярной) ткани и продуцирует форменные клетки крови (эритроциты, зернистые лейкоциты, лимфоциты). *Жёлтый костный мозг (medulla ossium flava)* располагается непосредственно в костной полости диафиза зрелых трубчатых костей и состоит из жировой ткани, состоящей из мегакариоцитов и жировых клеток и определённым запасом питательных веществ.

В незрелых костях скелета (в период внутриутробного развития и у новорожденных) красный костный мозг, помимо всех пор губчатого вещества, заполняет и костную полость. Это связано с интенсивным обменом веществ и защитой растущего организма. По мере взросления постепенно происходит замещение миелоидной (кроветворной) ткани на жировую, а красный костный мозг в костномозговой полости превращается в жёлтый - *medulla ossium flava*, при этом теряется кроветворная функция (у домашних животных этот процесс начинается со второго месяца после рождения). Однако, ростковые зоны кроветворной ткани сохраняются на протяжении всей жизни животного, обеспечивая возможность быстрого возобновления развития красного мозга в случае острой необходимости (при больших кровопотерях и т.д.). Соотношение между красным и жёлтым костным мозгом у месячных телят составляет 9:1, а у взрослых – 1:1. Дольше всего сохраняется красный костный мозг в губчатом веществе позвонков и грудной кости.

6. Суставной хрящ – *cartilago articularis* - покрывает суставные поверхности кости и обеспечивает её амортизацию и устойчивость к износу при физических нагрузках. Построен хрящ из гиалиновой хрящевой ткани. Толщина хряща очень сильно варьирует. Как правило, в проксимальном отделе кости он тоньше, чем в дистальном. Суставной хрящ не имеет надхрящницы и никогда не подвергается окостенению. При большой статической нагрузке он истончается. Важно знать и то, что суставные хрящи лишены собственной сети кровеносных сосудов, поэтому их питание осуществляется диффузно-компрессионным путём из окружающих тканей.

7. Сосудистая система кости образована, с одной стороны, за счёт сосудов надкостницы (внешнее кровоснабжение), с другой стороны – ответвлениями собственных сосудов костного мозга (внутренне кровоснабжение). Гаверсовы сосуды в остеонах компактного вещества через фолькмановы каналы связаны с внешним и внутренним путями кровоснабжения. Активное кровоснабжение самого костного мозга осуществляется крупными кровеносными сосудами (см. рис. 11), проникающими через питательные отверстия кости.

Таким образом, в кости взрослого животного структурировано и послойно выделяют:

1) надкостницу (периост), 2) компактное вещество, 3) губчатое вещество, 4) транспортно-дренажная система, включая костномозговую полость с эндоостом, 5) костный мозг (красный и жёлтый), 6) суставной хрящ и 7) сосуды и нервы.

У растущей кости, кроме указанных выше 6-ти компонентов имеются ещё и другие, формирующие зоны роста кости. В такой кости имеется ещё **метафизарный хрящ**, отделяющий тело кости (диафиз) от её концов (эпифизов), и три вида особо построенной костной ткани, контактирующей с данным хрящом и называемой **субхондральной костью**.

3.4.4. НАРУЖНОЕ СТРОЕНИЕ КОСТИ (внешний рельеф)

Скульптура (внешний рельеф) костей, как и внутренняя их структура, находится в прямой зависимости от силы и направленности физических воздействий, которым они подвергаются со стороны связок, скелетных мышц и факторов окружающей среды. Именно поэтому, осматривая кости скелета можно заметить, что их очертания не имеют правильных (строгих) геометрических фигур – рельеф их очень разнообразен.

Анатомические части трубчатой кости (рис. 13):

1. **диафиз** (dia - между, phyo - расту) – тело кости, содержит полость для костного мозга;
2. **эпифизы** – утолщенные концы кости (верхний и нижний);
3. **метафиз** – пограничная (ростковая) зона между диафизом и эпифизами;
4. **апофизы** - (лат. arophysis – вырост) – костные бугры, бугорки, гребни, отростки, где крепятся связки и мышцы;
 - **углубления** – желоба (проходят сосуды и нервы), ямки, впадины (для крепления связок, мышц)
 - **щели, вырезки** (для прохождения сосудов, нервов через кость)
 - **отверстия** (для входа сосудов, нервов в кость)
 - **шероховатости** (для крепления мышц)



Рис. 13 Трубчатая (бедренная) кость

Безусловно, особенности развития различных костей скелета, их внутреннего и внешнего строения, обусловило такое многообразие форм и видов костей в скелете животного, которое предопределило их сложную дифференциацию.

3.5. Классификация костей

Итак, в основу классификации положены: форма (строение), развитие (остеогенез) и функция костей.

1. По форме различают следующие типы костей:

Длинные кости (*os. longum*) бывают дугообразными (рёбра) и трубчатыми. Для них характерно преобладание длины над шириной и толщиной. Трубчатые кости выполняют в скелете функцию рычагов передвижения, здесь совершаются движения с большой амплитудой. В них различают удлинённую часть - тело, или диафиз, и утолщённые концы - эпифизы. Своё название они получили благодаря тому, что в средней части диафиза формируется полость для костного мозга. Между диафизом и эпифизом находится метафиз, который, как говорилось ранее, за счёт метафизарного хряща обеспечивается рост костей в длину. Среди трубчатых костей выделяют: длинные трубчатые (плечевая, бедренная, кости предплечья и голени) и короткие трубчатые

(кости пясти, плюсны, фаланги пальцев). При этом следует отметить, что рост отдельных костей скелета может происходить асинхронно. Например, лучевая кость растёт быстрее локтевой (возрастное отклонение, не выходящее за границы нормы).

Короткие (губчатые) кости (*os. brevis*) состоят из губчатого вещества, покрыты снаружи тонким слоем компакты или суставным хрящом. Имеют форму неправильного куба или многогранника; их длина, ширина и толщина близки по размеру. К ним относятся кости запястья и заплюсны. Они располагаются в местах, где большая подвижность сочетается с большой нагрузкой, и чаще выполняют рессорную функцию. К этому типу костей следует так же относить сесамовидные кости, развивающиеся за счёт окостенения сухожилий скелетных мышц.

Плоские кости (*os. planum*) участвуют в образовании стенок полостей и поясов конечностей, выполняя защитную функцию (кости крыши черепа, грудина, лопатка, кости таза). Эти кости представляют собой обширные поверхности для прикрепления мышц, на них различают края и углы. Состоят из двух слоёв компакты, между которыми находится небольшое количество губчатого вещества.

Смешанные кости (*os. irregulare, mixtum*). Имеют сложную форму и сочетают в себе черты устройства нескольких типов костей. Эти кости состоят из нескольких частей, имеющих различное строение, очертание и происхождение. К ним относятся, например позвонки, кости основания черепа. В некоторых костях черепа проходит большое количество вен, тогда эти кости называются «диплоэ».

Воздухоносные кости (*os. pneumaticum*) имеют в своём теле полость (синус, пазуху), выстланную слизистой оболочкой и заполненную воздухом (верхнечелюстная, лобная, клиновидная). Последние могут сообщаться с носовой полостью.

2. По происхождению различают:

Первичные кости – это кости, которые развиваются из мезенхимы и проходят только две стадии развития: соединительно-тканную и костную. К ним относятся покровные кости черепа: резцовая, верхнечелюстная, носовая, лобная, теменная, межтеменная, чешуя височной кости. Для них характерна эндесмальная (*en - v, desma* - соединительная ткань) оссификация.

У новорожденных и молодых животных покровные кости связаны между собой и с другими костями соединительно-тканными пластинками - родничками (лобно-теменной, затылочно-теменной). Роднички обеспечивают пластичность черепа, что важно в момент рождения и для последующего роста черепа. К первичным костям так же относятся: ключица, нижняя челюсть, хоботковая кость свиньи, сесамовидные кости и кость полового члена хищных животных.

Вторичные, или примордиальные кости – это кости, которые развиваются из склеротома мезодермы и проходят три стадии развития (соединительно-тканную, хрящевую и костную). К ним относятся большинство костей внутреннего скелета.

Окостенение вторичных костей происходит сложнее. Оссификация, в частности, в трубчатых костях протекает из трёх основных точек окостенения - двух эпифизарных и одной диафизарной. Сам же процесс формирования костей на базе хрящевых зачатков протекает следующим образом. Замещение хрящевой ткани костной включает перихондральное и энхондральное окостенение. Перихондральное окостенение начинается с появления с внутренней стороны надхрящницы в средней части диафиза остеобластов, образующих в виде манжетки сначала фиброзную костную ткань, а затем пластинчатую. Хрящевые клетки внутри перихондрального пояса рассасываются, основное вещество хряща обызвествляется, прочность диафиза возрастает. В этом месте надхрящница становится надкостницей, формируя костную манжетку, и перихондральное окостенение переходит в периостальное. Образование костной манжетки нарушает питание хряща, начинается необратимый процесс разрушения, который усиливается благодаря деятельности специальных клеток – хондрокластов. В образующиеся полости вырастают кровеносные сосуды, а вместе с ними проникают элементы остеобластической ткани, последняя дифференцируется на остеобласты и остеокласты. Остеокласты разрушают хрящ, а остеобласты размножаются и превращаются в костные клетки, возникает энхондральная кость. В дальнейшем периостальная и энхондральная кости растут параллельно. Периостальная костная манжетка растёт в длину к эпифизам хряща и в толщину. Эпифизы некоторое время остаются хрящевыми, поэтому они растут быстрее диафизов и в длину, и в ширину. Энхондральные центры

окостенения появляются в эпифизах длинных костей в разное время. В этих центрах происходит обызвествление хряща, его резорбция, формируется сначала энхондральная, а затем перихондральная кость. К концу плодного периода в костях могут появляться и дополнительные точки окостенения – апофизы, появляются там, где кости имеют значительные выступы, бугры. Окостеневший диафиз и эпифизы соединяются в трубчатых костях хрящевыми пластинками – метафизарными хрящами – зонами роста. За счёт метафизарного хряща происходит рост кости в длину, с их окостенением прекращается рост кости.

Рост кости заканчивается тогда, когда все основные и добавочные точки окостенения сливаются в одну общую костную массу, т.е. происходит полное синостозирование.

3. По внутреннему строению: кости подразделяются на компактные, губчатые и смешанные кости.

4. По топографии различают: кости головы, осевого и периферического скелетов.

3.6. Общие закономерности формирования костей

Основоположник функциональной анатомии **П.Ф. Лесгафт** сформулировал ряд общих закономерностей формирования костей. Среди них, целесообразно выделить следующие:

- **костная губчатая ткань образуется** в местах наибольшего сжатия или натяжения;

- **степень развития костей** пропорциональна интенсивности деятельности связанных с ним мышц. Внешняя форма костей меняется под влиянием растяжения и давления, а кости развиваются тем лучше, чем интенсивнее деятельность связанных с ними мышц. Форма и рельеф костей зависит от характера прикрепления скелетных мышц. Так, если мышца крепится к кости с помощью сухожилий, то в этой области формируется бугор, отросток, а если мышца вплетается в надкостницу широким пластом, то формируется углубление или шероховатость;

- **трубчатое и арочное строение костей** обеспечивает наибольшую их прочность и лёгкость при минимальной затрате костного материала;

- **внешняя форма костей** зависит от давления на них окружающих тканей и органов и меняется при уменьшении или

увеличении давления. На форму и положение костей влияют органы, для которых они образуют костные вместилища, ямки и т.п. В местах прохождения сосудов на костях обязательно имеются соответствующие борозды;

- **перестройка формы кости происходит под влиянием внешних (для кости) сил.** Рельеф костей резко выражен у старых рабочих животных и сглажен у молодняка.

3.7. Влияние различных факторов на развитие кости

На сроки и характер процесса оссификации оказывают влияние *внешние* и *внутренние* факторы. К внешним факторам относят условия окружающей среды, включая рацион, внутренним – состояние нейрогуморальной системы организма.

Внешние факторы костеобразования:

1. Кормление

- недостаток **вит. С** – уменьшается образование коллагеновых волокон, угнетение остеобластов - останавливается рост кости из-за торможения образования органической матрицы.
- недостаток **вит. А** – тормозится синтез мукополисахаридов; кости утолщаются, нарушается минерализация; избыток – усиливается разрушение остеокластами метафизарных хрящей, замедляется удлинение костей, уменьшается прочность;
- недостаток **вит. Д** – нарушается всасывание и использование кальция и фосфора, недостаточная минерализация костей ведёт к рахиту и остеомалации (размягчению);
- **Стронций** – способствуют обызвествлению. Стронций вытесняет из кости кальций, но сам его не замещает, что увеличивает пористость кости (остеопороз);
- **Цинк** – регулирует процессы декальцинации
- **Марганец, кобальт** – повышают минерализацию кости;
- **Медь** – входит в состав ферментов, активизирующих обменные процессы в кости;
- **Кальций и фосфор** - при недостатке замедляется или прекращается минерализация кости.

2. Физическая нагрузка (активный моцион)

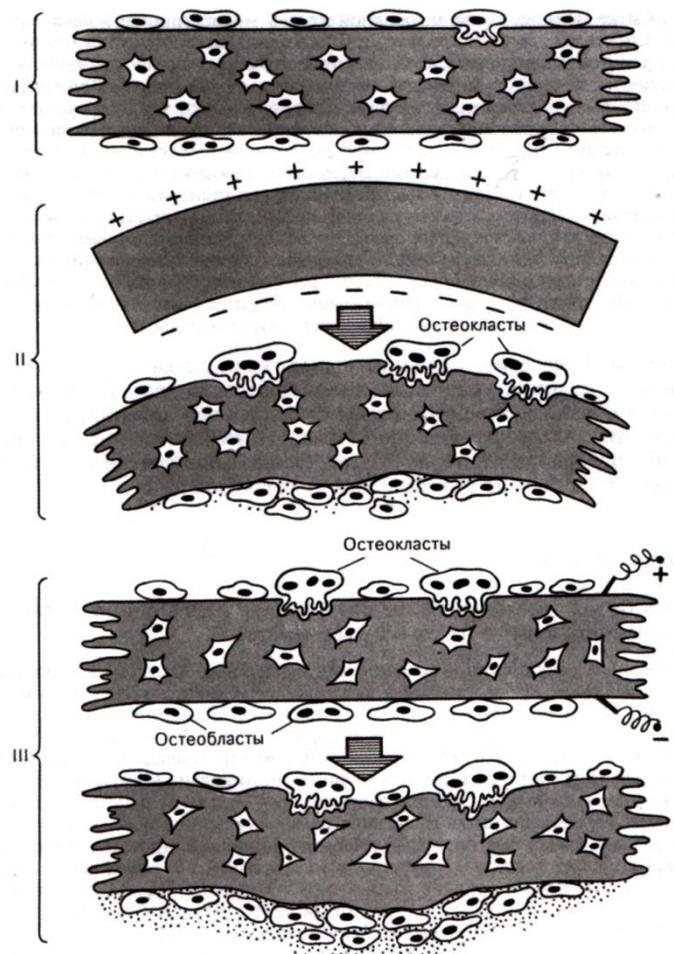
- систематическое увеличение физической нагрузки ведёт к увеличению массы скелета от 10 до 50% вследствие высокой минерализации;
- физические нагрузки в молодом возрасте вызывают интенсивный аппозиционный рост кости (в толщину);
- отсутствие физических нагрузок ведёт к резорбции (рассасыванию) костной ткани и увеличению пористости кости.

Пьезоэлектрический эффект кости при нагрузках:

строение костной
перекладкины

активация
остеокластов и
остеобластов при
растяжении и сжатии
перекладкины

искусственное
создание разности
потенциалов



Пьезоэлектрический эффект кости:

- растяжение кости вызывает в костных пластинках положительный электрический заряд – активизируются остеокласты, они резорбируют костную ткань и через определённое время активизируют остеобласты;
- сжатие кости вызывает отрицательный заряд – активизируются остеобласты, образующие костную ткань;

- отсутствие физической нагрузки (нулевой потенциал) стимулирует остеокласты и выведение солей из кости.

Эти процессы происходят под влиянием механических сил, возникающих в период статики и динамики животного, и обеспечивают обновление скелета.

Таким образом, в течение жизни животного и человека каждая кость, благодаря деятельности упомянутых выше костеобразователей и костеразрушителей, обладает возможностью перестраиваться по законам биомеханики, отвечая на постоянно меняющиеся условия сжатия и растяжения.

Внутренние факторы костеобразования

Гуморальная система. Большое значение на развитие кости оказывает эндокринная система. Все основные точки окостенения в костях скелета появляются до начала полового созревания. С окончанием процесса синостозирования заканчивается рост костей в длину.

Гормоны:

- **паращитовидных желез - паратгормон** – стимулирует остеокласты – резорбция кости – повышение уровня кальция в крови, подавляет остеобласты
- **щитовидной железы - тиреокальцитонин** – тормозит остеокласты, стимулирует остеобласты, усиливает остеогенез
- **щитовидной железы - тироксин** – у молодых ускоряет образование и созревание костной ткани, у старых – резорбция кости
- **гипофиза - гормон роста = соматотропин** – стимулирует рост кости, подавляя ее минерализацию
- **половые** - стимулируют остеобласты, подавляют остеокласты, способствуют росту кости в длину. Резкое повышение их содержания ведет к минерализации метафизов и низкорослости (раннее половое созревание). При гипогонадизме – гигантизм
- **коры надпочечников – кортизол** – снижает синтез коллагена, способствует развитию остеопороза

Выявлена зависимость строения кости от состояния *нервной системы*, которая осуществляет трофику кости. При усилении трофики в ней откладывается больше костной ткани, и она становится более плотной, компактной (*остеосклероз*). Наоборот, при ослаблении трофики наблюдается разрежение костной структуры - *остеопороз*.

Развитие кости находится в тесной взаимосвязи с *кровеносной системой*. Весь процесс окостенения от момента появления первой точки окостенения до окончания синостозирования происходит при непосредственном участии сосудов, которые, проникая в хрящ, способствуют его разрушению и замещению костной тканью. Окостенение и рост кости после рождения также протекает в тесной зависимости от кровоснабжения: костные пластинки остеонов всегда формируются вокруг кровеносных сосудов.

Изменения в кости происходят под влиянием физических нагрузок, которые вызывают внутреннюю перестройку компактного вещества (увеличение количества и размеров остеонов). Правильно дозированная физическая нагрузка замедляет процессы старения кости.

В старческом возрасте изменения в скелете связаны с возросшей скоростью резорбции кости и сниженными процессами образования костного матрикса.

Исходя из вышеизложенного, безусловно кости скелета подвержены многим патологическим состояниям. Все заболевания костей подразделяются на периоститы (воспаление надкостницы), патологии основного костного вещества (оститы, некроз, кариес), болезни костного мозга (остеомиелит) и травмы (переломы).

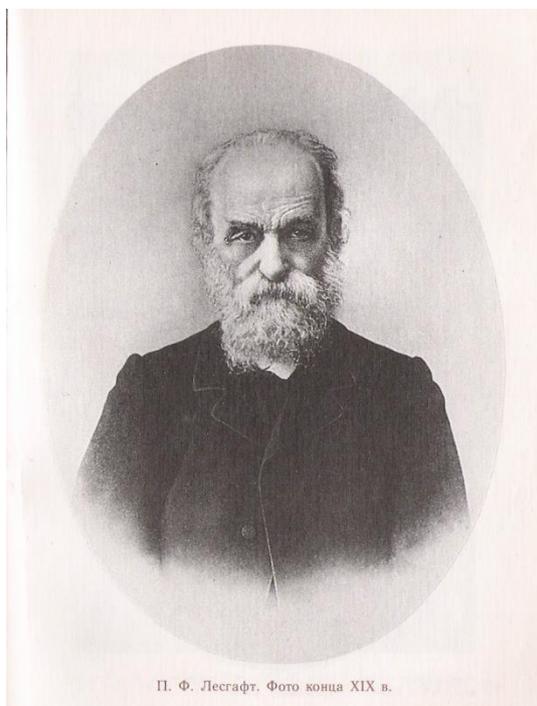
Рентгеновские свойства костей

При клиническом исследовании скелета делаются рентгеновские снимки.

Зрелая (содержащая соли кальция) костная ткань, а также обызвествлённые суставы на рентгеновском снимке дают *плотную тень*.

Необызвествлённые кости, хрящи (хрящевые ростковые зоны костей), а также надкостница и костный мозг дают изображение, как и мягкие ткани, прозрачные для рентгеновских лучей, т.е. *«участки просветления»*.

Кость живого организма – это динамическая структура, которая приспособливается к изменяющимся условиям жизни, под влиянием которых происходит постоянная её перестройка на макро- и микроскопическом уровне.



Лесгафт Пётр Францевич (1837-1909гг)

«Всё, что упражняется, развивается и совершенствуется, что не упражняется — распадается...»

«Необходимо, чтобы умственное и физическое воспитание шли параллельно, иначе мы нарушим правильный ход развития в тех органах, которые останутся без упражнения».