

Тема: УЧЕНИЕ О КОСТЯХ — ОСТЕОЛОГИЯ (OSTEOLOGIA)

План лекции: (слайд № 1)

1. Определение и понятие «скелета»
2. Функции костной системы (скелета)
3. Классификация костей.
4. Анатомические образования кости (возвышения, углубления, отверстия и др.)
5. Строение кости
6. Рентгенологическая анатомия костей
7. Развитие костей
8. Возрастные особенности строения костей у детей

Одна из функций человеческого организма — изменение положения частей тела, передвижение в пространстве. Движения происходят при участии костей, выполняющих функции рычагов, и скелетных мышц, которые вместе с костями и их соединениями образуют опорно-двигательный аппарат. Кости и соединения костей составляют пассивную часть опорно-двигательного аппарата, а мышцы, выполняющие функции сокращаться и изменять положение костей, — активную часть.

Скелет, *skeleton* (от греч. *skeletos* — высохший, высушенный), представляет собой совокупность костей, образующих в теле человека твердый остов, обеспечивающий выполнение ряда важнейших функций.

В учебных целях специально обработанные, обезжиренные, высушенные (мацерированные) кости соединены друг с другом искусственно и являются учебным пособием. Такой «сухой» скелет имеет массу 5—6 кг, что составляет 8—10 % от массы всего тела. Кости живого человека значительно тяжелее; их общая масса равна $1/5$ — $1/7$ массы тела человека. Скелет и образующие его кости, имеющие сложное строение и химический состав, обладают большой прочностью. Они выполняют в организме функции опоры, передвижения, защиты, являются депо солей кальция, фосфора и др.

Опорная функция скелета состоит в том, что кости поддерживают прикрепляющиеся к ним мягкие ткани (мышцы, фасции и другие органы), участвуют в образовании стенок полостей, в которых помещаются внутренние органы. Без скелета тело человека, на которое действуют силы притяжения (силы тяжести), не могло бы занимать определенное положение в пространстве. К костям прикрепляются фасции, связки и т. п., являющиеся элементами мягкого остова, или мягкого скелета, который также принимает участие в удержании органов возле костей, образующих твердый скелет (остов).

Кости скелета выполняют *функции длинных и коротких рычагов*,

приводимых в движение мышцами. В результате части тела обладают способностью к передвижению.

Скелет образует вместилища для жизненно важных органов, защищает их от внешних воздействий. Так, в полости черепа находится головной мозг, в позвоночном канале — спинной мозг; грудная клетка защищает сердце, легкие, крупные сосуды; костный таз — органы половой и мочевой систем и т. д.

Кости содержат значительное количество солей кальция, фосфора, магния и других элементов, которые участвуют в минеральном обмене. В состав скелета входит более 200 костей, из них 33—34 непарные, остальные парные; 29 костей образуют череп, 26 — позвоночный столб, 25 костей составляют ребра и грудину, 64 кости образуют скелет верхних конечностей и 62 — скелет нижних конечностей.

Позвоночный столб, череп и грудную клетку относят к осевому скелету, *skeleton axiale*, кости верхних и нижних конечностей называют добавочным скелетом, *skeleton appendiculare*.

КЛАССИФИКАЦИЯ КОСТЕЙ

Каждая **кость**, *os*, является самостоятельным органом и состоит из костной ткани. Снаружи кость покрыта *надкостницей*, *periosteum*, внутри нее в *костномозговых полостях*, *cavitas medullares*, находится костный мозг (рис. 14). Кости разнообразны по ветчине и форме, занимают определенное положение в теле. Для удобства изучения различают следующие группы костей: длинные (трубчатые), короткие (губчатые), плоские (широкие), ненормальные (смешанные), воздухоносные (рис. 15).

Длинная (трубчатая) **кость**, *os longum*, имеет удлиненную, цилиндрической или трехгранной формы среднюю часть — тело кости, диафиз, *diaphysis* (от греч. *dia* — между, *phyo* — расту). Утолщенные концы ее называют **эпифизами**, *epiphysls* (от греч. *epi* — над). Каждый эпифиз имеет суставную поверхность, *fades articularis*, покрытую суставным хрящом, которая служит для соединения с соседними костями. Участок кости, где диафиз переходит в эпифиз, выделяют как **метафиз**, *metaphysls*. Этот участок соответствует окостеневшему в пост-натальном онтогенезе эпифизарному хрящу. Трубчатые кости составляют скелет конечностей, выполняют функции рычагов. Выделяют кости длинные (плечевая, бедренная, кости предплечья и голени) и короткие (пястные, плюсневые, фаланги пальцев).

Короткая (губчатая) **кость**, *os breve*, имеет форму неправильного куба или многогранника. Такие кости расположены в участках скелета, где прочность костей сочетается с подвижностью, — в соединениях между костями (кости запястья, предплюсны).

Плоские (широкие) **кости**, *ossa plana*, участвуют в образовании полостей тела и выполняют также функцию защиты (кости крыши

черепа, тазовые кости, грудина, ребра). Одновременно они представляют обширные поверхности для прикрепления мышц.

Ненормальные (смешанные) **кости**, *ossa irregularia*, построены сложно, форма их разнообразна. Например, тело позвонка по форме (и по строению) относится к губчатым костям, дуга, отростки — к плоским.

Воздухоносные кости, *ossa pneumatica*, имеют в теле полость, выстланную слизистой оболочкой и заполненную воздухом. К ним относятся некоторые кости черепа: лобная, клиновидная, решетчатая, верхняя челюсть.

На поверхностях каждой кости имеются неровности: здесь начинаются или прикрепляются мышцы и их сухожилия, фасции, связки. Эти возвышения, выступающие над поверхностью кости, называют **а п о ф и з а м и** (от греч. *apophysis* — отросток, вырост). К ним относятся: *бугор, tuber, бугорок, tuberculum, гребень, crista, отросток, processus*. На участке, где мышца прикрепляется своей мясистой частью, определяются углубления: *яма, fossa* или *fdvea, ямка, ямочка, fossula*. Поверхности кости ограничены **к р а я м и** (*margo* — край). На некоторых костях, к которым прилежит нерв или кровеносный сосуд, имеется **бороздка**, *sulcus*. В местах прохождения через кость сосуда или нерва образуются **канал**, *canalis, каналец, canaliculus, щель, fissura, вырезка, incisura*. На поверхности каждой кости, особенно с внутренней ее стороны, видны точечные отверстия, уходящие в глубь кости, — **питательные отверстия**, *foramina nutricia*.

Закругленный эпифиз, отграниченный от тела кости сужением — **шейкой**, *collum*, называют **головкой** (*caput* — голова, *capitulum* — головка). Головка обычно гладкая, представляет собой покрытую суставным хрящом суставную поверхность и служит для образования сустава с другой костью. **Суставная поверхность**, *fades articularis*, может быть выпуклая или вогнутая либо имеет форму возвышения (**мыщелок** — *condylus*).

СТРОЕНИЕ КОСТИ

Кость имеет сложное строение и химический состав. В живом организме кость содержит 50% воды, 28,15% органических веществ, в том числе 15,75% жира, и 21,85% неорганических веществ, представленных соединениями кальция, фосфора, магния и других элементов. Обезжиренная, отбеленная и высушенная кость (мацерированная) на $\frac{1}{3}$ состоит из органических веществ, получивших название «оссеин», и на $\frac{2}{3}$ из неорганических веществ.

Прочность кости (механические свойства) обеспечивается физико-химическим единством органических и неорганических веществ, а также конструкцией костной ткани. По прочности кость сравнивают с некоторыми металлами (медь, железо). Преобладание в кости органических веществ (у детей) обеспечивает ей большую упругость, эластичность. При изменении соотношения в сторону преобладания неорганических веществ кость становится ломкой, хрупкой (у стариков).

Наружный слой кости представлен толстой (в диафизах трубчатых костей) или тонкой (в эпифизах трубчатых костей, в губчатых и плоских костях) пластинкой **компактного вещества**, *substantia compacta*. Под компактным веществом располагается **губчатое** (трабекулярное) **вещество**, *substantia spongiosa* (trabecularis), пористое, построенное из костных балок с ячейками между ними, по виду напоминающие губку. Рисунок строения кости хорошо виден на срезах (шлифах) костей (рис. 16). Внутри диафиза трубчатых костей находится **костномозговая полость**, *cavitas medullaris*, содержащая костный мозг. Компактное вещество построено из пластинчатой костной ткани и пронизано системой тонких питательных канальцев, одни из которых ориентированы параллельно поверхности кости, а в трубчатых костях — вдоль длин-3 ного их размера (центральный, или гаверсов, канал), другие, прободающие (каналы Фолькмана), — перпендикулярно поверхности. Эти костные канальцы служат продолжением более крупных **питательных каналов**, *canales nutriticii* (nutrientsii), открывающихся на поверхности кости в виде отверстий, один — два из которых бывают довольно крупными. Через питательные отверстия в кость, в систему ее костных канальцев проникают артерия, нерв и выходит вена.

Стенками центральных каналов служат концентрически расположенные костные пластинки в виде тонких трубочек, вставленных одна в другую. Центральный канал с системой концентрических пластинок является структурной единицей кости и получил название **остеона**, или гаверсовой системы. Пространства между остеонами выполнены **вставочными** (промежуточными, интерстициальными) **пластинками**. Наружный слой компактного вещества кости образован **наружными окружающими пластинками**. Внутренний слой кости, ограничивающий костномозговую полость и покрытый эндостом, представлен **внутренними окружающими пластинками**. Остеоны и вставочные пластинки образуют компактное корковое вещество кости.

Кроме суставных поверхностей, покрытых хрящом, снаружи кость покрыта **надкостницей**, *periosteum*. Надкостница — тонкая прочная соединительнотканная пластинка, которая богата кровеносными и лимфатическими сосудами, нервами. В ней можно выделить два слоя. Наружный слой надкостницы волокнистый, внутренний — ростковый, камбиальный (остеогенный, костеобразующий), прилежит непосредственно к костной ткани. За счет внутреннего слоя надкостницы образуются молодые костные клетки (остеобласты), откладывающиеся на поверхности кости.

Таким образом, вследствие костеобразующих свойств надкостницы кость растет в толщину.

С костью надкостница прочно сращена при помощи прободающих волокон, уходящих в глубь кости.

Внутри кости, в костномозговой полости и ячейках губчатого вещества, находится костный мозг. Во внутриутробном периоде и у новорожденных

во всех костях содержится **красный костный мозг**, *medulla ossium rubra*, выполняющий кроветворную и защитную функции. Он представлен сетью ретикулярных волокон и клеток. В петлях этой сети находятся молодые и зрелые клетки крови и лимфоидные элементы. В костном мозге разветвляются нервные волокна и сосуды. У взрослого человека красный костный мозг содержится только в ячейках губчатого вещества плоских костей (кости черепа, грудина, крылья подвздошных костей), в губчатых (коротких) костях, эпифизах трубчатых костей. В костномозговой полости диафизов трубчатых костей находится **желтый костный мозг**, *medulla ossium flava*, представляющий собой перерожденную ретикулярную строму с жировыми включениями. Масса костного мозга составляет 4—5% от массы тела, причем половина — это красный костный мозг, другая — желтый.

Компактное костное вещество, состоящее из концентрически расположенных костных пластинок, хорошо развито в костях, выполняющих функцию опоры и роль рычагов (трубчатые кости). Кости, имеющие значительный объем и испытывающие нагрузку по многим направлениям, состоят преимущественно из губчатого вещества. Снаружи они имеют лишь тонкую пластинку компактного костного вещества [эпифизы трубчатых костей, короткие (губчатые) кости].

Губчатое вещество, расположенное между двумя пластинками компактного вещества в костях свода черепа, получило название промежуточного — **диплоэ**, *diploe*. Наружная пластинка компактного вещества у костей свода черепа довольно толстая, прочная, а внутренняя — тонкая, при ударе легко ломается, образуя острые обломки, поэтому ее называют *стеклянной пластинкой*, *lamina vitrea*. Костные перекладины (балки) губчатого вещества расположены не беспорядочно, а в определенных направлениях, по которым кость испытывает нагрузки в виде сжатия и растяжения (рис. 18). Линии, соответствующие ориентации костных балок и получившие название кривых сжатия и растяжения, могут быть общими для нескольких смежных костей. Такое расположение костных балок под углом друг к другу обеспечивает равномерную передачу на кость давления или тяги мышц. Трубчатое и арочное строение кости обуславливает максимальную прочность при наибольшей легкости и наименьшей затрате костного материала. Строение каждой кости соответствует ее месту в организме и назначению, направлению силы тяги действующих на нее мышц. Чем больше нагружена кость, чем больше деятельность окружающих ее мышц, тем кость прочнее. При уменьшении силы действующих на кость мышц кость становится тоньше, слабее.

Кость отличается очень большой пластичностью. При изменяющихся условиях действия на кость различных сил происходит перестройка кости: увеличивается или уменьшается число остеонов, изменяется их расположение. Таким образом, тренировки, спортивные упражнения, физическая нагрузка оказывают на кость формообразующее воздействие,

укрепляют кости скелета.

При постоянной физической нагрузке на кость развивается ее рабочая гипертрофия: компактное вещество утолщается, костномозговая полость суживается. Сидячий образ жизни, длительный постельный режим во время болезни, когда действие мышц на скелет заметно уменьшается, приводят к истончению кости, ослаблению ее. Перестраивается и компактное, и губчатое вещество, которое приобретает крупноячеистое строение. Отмечены особенности строения костей в соответствии с профессиональной принадлежностью. Тяга сухожилий, прикрепляющихся к костям в определенных местах, ведет к образованию выступов, бугров. Прикрепление мышцы к кости без сухожилия, когда мышечные пучки непосредственно вплетаются в надкостницу, образует на кости плоскую поверхность или даже ямку.

Влияние действия мышц обуславливает характерный для каждой кости рельеф ее поверхности и соответствующее внутреннее строение.

Перестройка костной ткани возможна благодаря одновременному протеканию двух процессов: разрушению старой, ранее образовавшейся костной ткани (резорбция) и образованию новых костных клеток и межклеточного вещества. Кость разрушают особые крупные многоядерные клетки — остеокласты (костеразрушители). На месте разрушающейся кости формируются новые остеоны, новые костные балки. В результате одновременно протекающих процессов — резорбции и костеобразования — изменяются внутреннее строение, форма, величина кости. Таким образом, не только биологическое начало (наследственность), но и условия внешней среды, социальные факторы влияют на конструкцию кости. Кость меняется в соответствии с изменением степени физической нагрузки; на строение костей влияют характер выполняемой работы и т. д.

РЕНТГЕНОАНАТОМИЯ КОСТЕЙ

Кости скелета можно изучать у живого человека методом рентгеновского исследования. Наличие в костях солей кальция делает кости менее «прозрачными» для лучей Рентгена, чем окружающие их мягкие ткани. Вследствие неодинакового строения костей, присутствия в них более или менее толстого слоя компактного коркового вещества, а внутри от него губчатого вещества можно увидеть и различить кости на рентгенограммах.

Компактное вещество образует на рентгенограмме плотную «тень» в виде светлых полос большей или меньшей ширины, а губчатое — сетеподобный рисунок, на котором ячейки имеют вид темных пятен различных размеров. В диафизах трубчатых костей, в средней их части, довольно толстое компактное вещество дает соответствующей ширины «тень», суживающуюся в стороны эпифизов, где корковое вещество становится тоньше. Между двумя светлыми «теньями» коркового вещества видна более темная широкая полоса, соответствующая костномозговой

полости. Компактное вещество губчатых (коротких) и эпифизов трубчатых костей на рентгенограммах представлено узкой светлой полосой. Кнутри от нее видна сеточка губчатого вещества, по направлению балок которого можно проследить линии сжатия и растяжения. Различного рода костные вместилища, содержащие прозрачные для рентгеновского излучения мягкие ткани (например, глазница) или заполненные воздухом полости (околоносовые пазухи, полость носа), на рентгенограммах имеют вид крупных темных образований («просветления»), ограниченных светлыми линиями, которые соответствуют их костным стенкам. Борозды на костях, образовавшиеся в результате прилегания кровеносных сосудов (артерий, вен) или синусов твердой мозговой оболочки, на рентгенограммах представляются большей или меньшей ширины «просветлениями» — темными линиями.

В местах соединения костей друг с другом отмечается темная полоса — рентгеновская суставная щель, ограниченная более светлыми линиями компактного костного вещества, образующего суставные поверхности. Ширина рентгеновской суставной щели зависит от толщины прозрачного для рентгеновского излучения суставного хряща. На рентгенограммах можно видеть точки окостенения и по ним определить возраст, проследить замещение эпифизарного хряща костной тканью, сращение частей кости (появление синостоза).

РАЗВИТИЕ КОСТЕЙ

В развитии скелета позвоночных можно выделить три стадии: перепончатую, хрящевую и костную. Впервые перепончатый скелет в виде спинной струны — хорды (*chorda dorsalis*) появляется и остается на всю жизнь у ланцетника. У более высокоорганизованных животных — хрящевых рыб — наряду с хордой появляются окружающие ее хрящевые позвонки, соответствующие сегментам тела (вторая, хрящевая, стадия развития скелета). В дальнейшем, в филогенезе, хрящевой скелет заменяется костным (третья стадия), менее гибким, но более прочным, способным выдерживать значительные нагрузки. Цыход животных на сушу предъявил скелету новые требования. У некоторых животных костная ткань развивается непосредственно в перепончатом скелете, минуя хрящевую стадию. Спинная струна, закладывающаяся у человека в зародышевом периоде, подвергается обратному развитию. Ее остатки сохраняются в виде студенистого ядра (*nucleus pulposus*) межпозвоночных дисков между телами позвонков. Процесс эволюции скелета, закладка перепончатого скелета, сменяемость его хрящевым, а затем костным в ряду позвоночных животных является прообразом развития скелета в онтогенезе у человека.

У человека костная ткань появляется на 6—8-й неделе внутриутробной жизни. Кости формируются или непосредственно из эмбриональной соединительной ткани — мезенхимы (**перепончатый остеогенез**), или на основе хрящевой модели кости (**хрящевой остеогенез**). Происходит

замещение одной опорной ткани, менее дифференцированной, другой, обладающей более высокими механическими свойствами. На месте опорной эмбриональной соединительной ткани (перепончатый остеогенез), минуя стадию хряща, развиваются кости свода черепа, кости лица, часть ключицы. Такие кости называют первичными, покровными костями.

При развитии кости из мезенхимы в молодой соединительной ткани (примерно в центре будущей кости) появляется одна **точка окостенения**, *punctum ossificationis*, или несколько. Точка окостенения состоит из молодых костных клеток — остеобластов, расположенных в виде балок. Постепенно она увеличивается в размерах, костные перекладины (балки) разрастаются по радиусам и в глубину, образуя своеобразную костную сеть, в петлях которой заключены кровеносные сосуды и клетки костного мозга. Остеобласты продуцируют межклеточное вещество, в котором в дальнейшем откладываются соли кальция. Сами остеобласты превращаются в костные клетки (остеоциты) и оказываются замурованными в костном веществе. В наружной и внутренней частях соединительнотканной модели будущей кости образуется компактное костное вещество, а между плотными костными пластинками расположены балки губчатого вещества. Поверхностные слои соединительной ткани превращаются в надкостницу.

Кости туловища, конечностей, основания черепа развиваются на основе хряща, напоминающего по своей форме значительно уменьшенную кость взрослого человека. Снаружи хрящ покрыт надхрящницей. Ее внутренний слой, прилежащий к хрящевой ткани, является ростковым, а наружный содержит значительное количество кровеносных сосудов.

Формирование костей, особенно длинных (трубчатых), происходит из нескольких точек окостенения. Первая появляется в средней части хряща (в будущем диафизе) на 8-й неделе эмбриогенеза и постепенно распространяется в стороны, в направлении эпифизов до тех пор, пока не сформируется вся кость. Вначале внутренний слой надхрящницы (*perichondrium*) продуцирует молодые костные клетки (остеобласты), которые откладываются на поверхности хряща (**перихондральное окостенение**). Сама надхрящница постепенно превращается в надкостницу, а образующиеся молодые костные клетки наслаиваются на предыдущие способом наложения (аппозиция), формируя на поверхности хряща костную пластинку. Вокруг кровеносных сосудов костные клетки откладываются концентрическими рядами, образуя костные каналы. Таким образом, за счет надкостницы кость растет в толщину (**периостальный способ образования костной ткани**). Одновременно костная ткань начинает образовываться внутри хряща. В хрящ со стороны надкостницы прорастают кровеносные сосуды, хрящ начинает разрушаться. Врастающая внутрь хряща вместе с сосудами соединительная ткань образует молодые костные клетки, располагающиеся в виде тяжей возле остатков разрушающегося хряща. Разрастающиеся тяжи костных клеток формируют на месте внутренних слоев хряща типичное губчатое костное вещество. Такой способ образования кости (внутри хряща) получил название

энхондрального.

На последнем месяце внутриутробной жизни и преимущественно после рождения точки окостенения появляются в эпифизах, которые до этого оставались хрящевыми. В некоторых крупных эпифизах образуется по 2—3 точки окостенения. Они увеличиваются в размерах, хрящ постепенно разрушается изнутри, а на его месте энхондральным способом образуется костная ткань. Несколько позже эпифизы начинают окостеневать и с поверхности (периостально). В конечном итоге хрящевыми остаются тонкая пластинка в области будущей суставной поверхности (суставной хрящ) и небольшая прослойка между окостеневающим эпифизом и костным диафизом — **эпифизарный хрящ**, *cartilago epiphysialis*. Периферический край эпифизарного хряща на поверхности кости обозначается как **эпифизарная линия**, *linea epiphysialis*. Эпифизарный хрящ выполняет косте-образующую функцию в течение постнатального роста кости, пока кость не достигнет своих окончательных размеров (18—25 лет). К этому времени эпифизарный хрящ замещается костной тканью, эпифиз срастается с диафизом (образуется синостоз) и кость представляет единое целое. Вследствие костеобразующей функции эпифизарного хряща трубчатая кость растет в длину. В некоторых трубчатых костях (кости пясти и плюсны, фаланги пальцев) дополнительная точка окостенения появляется только в одном эпифизе (моноэпифизарные кости). Так же, как в эпифизах трубчатых костей, происходит окостенение губчатых костей. В них нередко закладывается несколько точек окостенения. Кроме одной—двух главных, появляются добавочные. Когда первичные (главные) и вторичные (добавочные) точки окостенения объединяются в одну кость, прослойки между ними исчезают, рост кости заканчивается.

Костномозговой канал трубчатых костей появляется в толще диафиза по мере рассасывания энхондрально образовавшейся кости и прорастания клеток эмбриональной соединительной ткани внутрь кости. Располагаясь рядом с сосудами в костномозговой полости, а также между костными балками, образованными рядами костных клеток, они дают начало красному костному мозгу.

