**Кость**

Кость, плотная соединительная ткань, свойственная только позвоночным. Кость обеспечивает структурную опору организма, благодаря ей тело сохраняет свою общую форму и размеры. Местоположение некоторых костей таково, что они служат защитой для мягких тканей и органов, например мозга, и противостоят нападению хищников, неспособных разбить твердую оболочку добычи. Кости придают прочность и жесткость конечностям, а также служат местом прикрепления мышц, позволяя конечностям выполнять роль рычагов в их важной функции передвижения и поиска пищи. Наконец, благодаря высокому содержанию минеральных отложений кости оказываются резервом неорганических веществ, которые они запасают и по мере надобности расходуют; эта функция крайне важна для поддержания баланса кальция в крови и других тканях. При внезапном увеличении потребности в кальции в каких-либо органах и тканях кости могут стать источником его пополнения; так, у некоторых птиц необходимый для формирования скорлупы яиц кальций поступает из скелета.

Древность костной системы. Кости присутствуют в скелете самых ранних из известных ископаемых позвоночных – панцирных бесчелюстных ордовикского периода (ок. 500 млн. лет назад). У этих рыбообразных существ кости служили для формирования рядов наружных пластин, защищавших тело; некоторые из них обладали, кроме того, внутренним костным скелетом головы, но иных элементов внутреннего костного скелета не имелось. Среди современных позвоночных есть группы, характеризующиеся полным или почти полным отсутствием костей. Однако для большинства из них известно наличие костного скелета в прошлом, и отсутствие костей у современных форм – следствие их редукции (утраты) в ходе эволюции. Например, у всех видов современных акул кости отсутствуют и заменены хрящом (очень небольшое количество костной ткани может быть в основании чешуй и в позвоночнике, состоящем преимущественно из хряща), но многие их предки, ныне вымершие, имели развитый костный скелет.

Первоначальная функция костей до сих пор точно не установлена. Судя по тому, что бльшая их часть у древних позвоночных располагалась на или вблизи поверхности тела, маловероятно, что эта функция была опорной. Некоторые исследователи полагают, что изначальная функция кости заключалась в защите древнейших панцирных бесчелюстных от крупных беспозвоночных хищников, например ракоскорпионов (эвриптеридов); иными словами, наружный скелет играл роль буквально брони. Не все исследователи разделяют подобную точку зрения. Другой функцией кости у древнейших позвоночных могло быть поддержание кальциевого баланса в организме, как это наблюдается и у многих современных позвоночных.



Межклеточное костное вещество. Большинство костей состоит из костных клеток (остеоцитов), рассеянных в плотном межклеточном костном веществе, вырабатываемым клетками. Клетки занимают лишь незначительную часть общего объема кости, а у некоторых взрослых позвоночных, особенно у рыб, они отмирают после того, как сделают свой вклад в создание межклеточного вещества, и потому отсутствуют в зрелой кости.

Межклеточное пространство кости заполнено веществом двух основных типов – органическим и минеральным. Органическая масса – результат деятельности клеток – состоит в основном из белков (включая коллагеновые волокна, образующие пучки), углеводов и липидов (жиров). В норме бльшая часть органической составляющей костного вещества представлена коллагеном; у некоторых животных он занимает более 90% объема костного вещества. Неорганическая составляющая представлена в первую очередь фосфатом кальция. В ходе нормального костеобразования кальций и фосфаты поступают в развивающуюся костную ткань из крови и отлагаются на поверхности и в толще кости вместе с органическими компонентами, вырабатываемыми костными клетками.



Бльшая часть наших сведений об изменениях состава кости в процессе роста и старения получена при изучении млекопитающих. У этих позвоночных абсолютное количество органической составляющей более или менее постоянно на протяжении всей жизни, тогда как минеральная (неорганическая) составляющая постепенно увеличивается с возрастом, и у взрослого организма на ее долю приходится почти 65% сухого веса всего скелета.



Физические свойства костей хорошо соответствуют функции защиты и опоры организма. Кость должна быть прочной и жесткой и в то же время достаточно эластичной, чтобы не ломаться в обычных условиях жизнедеятельности. Эти свойства обеспечиваются межклеточным костным веществом; вклад самих костных клеток незначителен. Жесткость, т.е. способность сопротивляться сгибанию, растяжению или сжатию, обеспечивается органической составляющей, в первую очередь коллагеном; последний придает кости и эластичность – свойство, позволяющее восстановить исходную форму и длину в случае небольшой деформации (сгибания или скручивания). Неорганическая составляющая межклеточного вещества, фосфат кальция, тоже способствует жесткости кости, но главным образом придает ей твердость; если путем специальной обработки удалить из кости фосфат кальция, она сохранит свою форму, но потеряет значительную долю твердости. Твердость – важное качество кости, но, к сожалению, именно она делает кость подверженной переломам при избыточной нагрузке.

Классификация костей. Строение костей существенно различается как у разных организмов, так и в разных частях тела одного организма. Кости можно классифицировать по их плотности. Во многих частях скелета (в частности, в эпифизах длинных костей), и особенно в скелете эмбриона, костная ткань имеет много пустот и каналов, заполненных рыхлой соединительной тканью или кровеносными сосудами, и выглядит как сеть перекладин и распорок, напоминающих конструкцию металлического моста. Кость, образованную такой костной тканью, называют губчатой. По мере роста организма значительная часть пространства, занятого рыхлой соединительной тканью и кровеносными сосудами, заполняется дополнительным костным веществом, что приводит к увеличению плотности кости. Такого рода кость с относительно редкими узкими каналами называют компактной или плотной.

Кости взрослого организма состоят из плотного, компактного вещества, расположенного по периферии, и губчатого, находящегося в центре. Соотношение этих слоев в костях разных типов различно. Так, в губчатых костях толщина компактного слоя очень невелика, и основную массу занимает губчатое вещество.

Кости можно классифицировать также по относительному количеству и расположению костных клеток в межклеточном веществе и ориентации коллагеновых пучков, которые составляют значительную часть этого вещества. В трубчатых костях пучки коллагеновых волокон пересекаются в самых разных направлениях, а костные клетки распределены по межклеточному веществу более или менее случайно. Плоские кости имеют более упорядоченную пространственную организацию: они состоят из последовательных слоев (пластинок). В различных частях отдельно взятого слоя коллагеновые волокна, как правило, ориентированы в одном направлении, но в соседних слоях оно может быть разным. В плоских костях меньше костных клеток, чем в трубчатых, и они могут находиться как внутри слоев, так и между ними. Остеоновые кости, как и плоские, имеют слоистую структуру, но их слои представляют собой концентрические кольца вокруг узких, т.н. гаверсовых каналов, по которым проходят кровеносные сосуды. Слои формируются, начиная с наружного, и их кольца, сужаясь постепенно, уменьшают диаметр канала. Гаверсов канал и окружающие его слои называются гаверсовой системой или остеоном. Остеоновые кости обычно формируются в процессе перехода губчатого вещества кости в компактное.

Поверхностные мембраны и костный мозг. Исключая те случаи, когда близко расположенные кости соприкасаются в суставе и покрыты хрящом, наружная и внутренняя поверхности костей выстланы плотной мембраной, которая жизненно важна для функционирования и сохранности кости. Наружную мембрану называют надкостницей или периостом (от греч. peri – вокруг, osteon – кость), а внутреннюю, обращенную в костную полость, – внутренней надкостницей, или эндостом (от греч. eondon – внутри). Надкостница состоит из двух слоев: наружного волокнистого (соединительнотканного) слоя, представляющего собой не только упругую защитную оболочку, но и место прикрепления связок и сухожилий; и внутреннего слоя, обеспечивающего рост кости в толщину. Эндост имеет важное значение для восстановления кости и в известной степени сходен с внутренним слоем надкостницы; он содержит клетки, обеспечивающие как рост, так и рассасывание кости.

В глубине многих костей, особенно в костях конечностей, позвонках, ребрах и костях таза, находится костный мозг, являющийся основным источником клеток крови в организме. В эмбриональный период и сразу после рождения у многих позвоночных, в том числе у млекопитающих, костный мозг (красный) содержится практически во всех костях и очень богат кроветворными клетками. С возрастом кроветворная деятельность костного мозга снижается, и основным его компонентом становятся жировые клетки (желтый костный мозг).

Клеточные элементы и развитие кости. В течение всей жизни животных кость постоянно обновляется. Многие кости, особенно те, что формируются на ранних этапах развития, образуются из неспециализированных мезенхимных клеток – источника всех видов соединительной ткани. В местах будущей локализации кости группы мезенхимных клеток постепенно дифференцируются, начиная активно продуцировать и выделять органическую составляющую межклеточного костного вещества; эти клетки называются остеобластами. После того как образована органическая составляющая, начинается кальцификация – отложение фосфата кальция. На более поздней стадии остеобласты превращаются в зрелые костные клетки – остеоциты. Главная функция остеоцитов – поддержание нужного уровня кальцификации ткани. Описанным образом происходит развитие т.н. первичных костей, например теменных и лобных. Формирование трубчатых и других (вторичных) костей, происходящее на более поздних этапах внутриутробного развития, протекает иначе: сначала образуется растущая хрящевая модель будущей кости, а затем по мере развития плода, равно как и после рождения ребенка, хрящ постепенно замещается костной тканью. Рассасывание костной ткани обеспечивают остеокласты – специального типа костные макрофаги, развивающиеся из моноцитов крови. Остеокласты вырабатывают ферменты, эффективно растворяющие и разрушающие костное вещество.

Перестройка кости. Почти все кости в процессе роста животного изменяют свою форму, что достигается наращиванием кости в одном месте и разрушением в другом. Например, кости конечностей растут не только в длину, но и в ширину. Надкостница является источником остеобластов, обеспечивающих отложение костной ткани на наружной поверхности, в то время как остеокласты эндоста разрушают и рассасывают кость, тем самым расширяя костномозговую полость. Даже при отсутствии общего роста происходит постоянная перестройка костной ткани: старая костная ткань рассасывается и заменяется новой. У собак, например, каждый год заменяется до 10% костной ткани.

Перестройка кости регулярно происходит в ответ на функциональные изменения, например при нарастании кости в тех участках, где увеличивается давление за счет веса; она также играет ведущую роль при восстановлении кости после травм, в частности при переломах, когда за первичным заживлением раны следует перестройка, которая постепенно восстанавливает исходную форму кости.

Кровоснабжение имеет решающее значение в формировании кости. Дифференцировка мезенхимных клеток в остеобласты протекает только при наличии капиллярного кровотока; лишенная капилляров мезенхима превращается в клетки, продуцирующие хрящевую ткань. В силу того что кость (в частности, остеоновая) часто откладывается вокруг кровеносных сосудов, они определяют формирование трехмерной тканевой структуры многих костей скелета.

Заболевания. Костные заболевания могут нарушать все три основных процесса, сопровождающих рост и перестройку кости: выработку остеобластами органической основы кости; кальцификацию костной основы; рассасывание кости остеокластами. Цинга затрагивает самые разные соединительные ткани, в том числе она влияет на рост кости, нарушая выработку коллагена – органической составляющей костной ткани. Поскольку кальцификация при этом непосредственно не затрагивается, происходит избыточное известкование небольшого количества продуцируемого органического вещества. Рост кости практически полностью прекращается, она становится очень ломкой. Наоборот, при рахите (которым болеют дети) и остеомаляции (болезни взрослых) существенно нарушается кальцификация. Остеобласты продуцируют коллаген, но он не кальцифицируется из-за низкого содержания в крови растворенного фосфата кальция. Симптомы обоих заболеваний включают деформацию костей и общее размягчение костной ткани. Еще одно распространенное поражение костной ткани – остеопороз, часто возникающий у пожилых людей. При этом заболевании соотношение органической и минеральной составляющих костного вещества не меняется, но повышенная активность остеокластов приводит к тому, что рассасывание кости идет интенсивнее, чем ее формирование. Пораженная остеопорозом кость постепенно истончается и становится слабой и подверженной переломам. Эти последствия особенно часто отмечаются при остеопорозе позвоночника.