# ЛЕКЦИЯ 20

# КОСТНАЯ ТКАНЬ

*Кость как орган. Функции костей. Компактное и губчатое вещество кости. Клеточная организация костной ткани. Классификация костной ткани. Эмбриональный остеогенез. Ткани зуба.*

Кости образуют скелет, (от лат. *skeleton –* высушенный), который в высушен­ном виде на 1/3 состоят из органического вещества, белка оссеина, придающего костям гибкость и эластичность, и на 2/3 кость из неорганического вещества – гидроксилапатит кальция Са10[(РО4)6(ОН)2], определяющего ее твердость кости. Кости скелета выполняют разнообразные функции, в том числе:

* защитную,
* являются рычагами скорости, силы и равновесия,
* опорную (для мягких тканей и органов),
* депо ми­неральных веществ,
* участвует в кроветворении и иммунных процессах.

Каждая кость, (лат. *os*), яв­ляется живым, активно функционирующим и непрерывно обновляю­щимся органом. Проникающие в нее кровеносные сосуды и нервы обес­печивают ее взаимодействие со всем организмом. Кость чутко реагирует на изменения физической нагрузки, интенсивности кровоснабжения, минерального, гормонального и витаминного обеспечения.

Особеннос­ти внутреннего строения кости обусловлены ее компактным и губчатым веществом. Компактное вещество плотным слоем распола­гается на периферии кости. Основу его составляют костные пластинки. Часть из них формирует видимую при небольшом увеличении структур­ную единицу кости – остеон. Вокруг его центрального канала, содержа­щего кровеносные сосуды и нервы, коаксиально (одна снаружи другой) в несколько слоев располагаются цилиндрические костные пластинки. В целом остеон имеет вид цилиндрического тела, ориентированного со­ответственно действующим на кость нагрузкам. Пространства между остеонами заняты вставочными пластинками. С поверхности кости остеоны, и вставочные пластинки покрыты наруж­ными окружающими пластинками, а изнутри — внутренними. При посто­янной физической нагрузке число остеонов на единицу площади попе­речного сечения кости возрастает, выраженным становятся вставочные пластинки, утолщаются окружающие пластинки.

Губчатое вещество находится внутри кости под компактным веществом, имеет пористую структуру, образовано от­дельными костными перекладинами или трабекулами, основу микро­скопического строения которых также составляют костные пластинки. Направление их хода строго соответствует ориентации и выраженности действующих на них сил. Размеры межтрабекулярных ячеек увеличива­ются по направлению к центру кости.



Рисунок 17 – Строение кости

1 - наружные пластинки, 2 – вставочные косные пластинки, 3 – волокна Шарпея, 4 – кровеносные сосуды, 5 – волокнистый слой надкостницы, 6 – остеогенные слой надкостницы, 7 – канал Фолькмана, 8 – канал остеона, 9 – эндост, 10 – остеоцит в лакуне, 11 – сосуды в канале остеона, 12 – костные трабекулы, 13 – внутренние пластинки, 14 – концентрические костные пластинки, 15 – остеон

Тонкая двухслойная пластинка из соединительной ткан­и, надкостница, покрывает кость снаружи (за исключением суставных поверхностей), связывает ее с окружающими тканями и играющая активную роль в ее трофике. Средняя толщина надкостницы 0,3-0,6 мм. Во внутреннем ее слое находятся костеобразующие клетки – остеоблас­ты. Они участвуют в росте кости в толщину и восстанов­лении ее целостности после переломов. Наружный слой надкостницы представлен плотными фиброзными волокнами. Расположенные в над­костнице кровеносные сосуды и нервы по тонким каналам проникают внутрь кости, кровоснабжая и иннервируя ее. Функции надкостницы: трофическая, регенерационная, механическая, опорная (к ней крепятся сухожилия и связки).

Костную ткань образуют три клеточные популяции:

- остеобласты,

- остеоциты,

- остеокласты.

Остеобласты секретируют органическую часть межклеточного веществ (остеоид) и участвуют в его обызествлении. Они расположены на костной поверхности. Различают активные и неактивные остеобласты. Активные остеобласты – кубические клетки с развитым синтетическим аппаратом. Остеоид, который они секретируют, состоит на 90% из коллагена I типа и гликопротеинов, которые участвуют в минерализацию. Минерализация происходит двумя механизмами:

* отложением кристаллов гидроксиапатита вдоль коллагеновых волокон.
* посредством секреции матричных пузырьков, которые содержат фосфат кальция и способствуют отложению кристаллов гидроксиапатита.

В результате этих процессов органический остеоид превращается в зрелый костный матрикс. При этом 95% солей кальция включается в состав коллагеновых волокон. Кальций может замещаться другими элементами, в частности радиактивными изотопами, которые могут попадать в организм из внешней среды и приводить к внутреннему облучению, в первую очередь, костного мозга. Активные остеобласты занимают лишь 2-8% поверхности. Остальное покрыто неактивными остеобластами. Это плоские клетки с редуцированными органеллами. В результате своей синтетической активности и процессов минерализации остеобласты оказываются, замурованы в твердом межклеточном веществе. Они уменьшаются в размерах, уплощаются, перестают делиться, синтетическая активность падает и они превращаются в остеоциты.

Остеоциты – основные клетки зрелой костной ткани. Они лежат в узких полостях – лакунах и имеют многочисленные отростки, которые тянутся по костным канальцам и соединяют клетки друг с другом. Их функция – поддержание нормального состояния костного матрикса. Воспринимая изменения в механическом напряжении, они запускают процессы перестройки костной ткани.

Остеокласты (от греч. *osteon* – кость и *clastos* – раздробленный) – многоядерные гигантские клетки, разрушающие костный матрикс. Это макрофаги костной ткани, образующиеся при слиянии моноцитов. Они имеют цитоплазму с многочисленными *лизосомами*. Остеокласты способные разрушить обызвествленный хрящ и кость, они содержат от 3 до нескольких десятков ядер. Остеокласты располага­ются обычно на поверхности костных перекладин. Та сторона остеокласта, которая прилежит к разрушаемой поверхности, богата цитоплазматическими выростами (гофрированная каемка); она является областью синтеза и секреции гидролитических ферментов. По периферии остеокласта находит­ся зона плотного прилегания клетки к костной поверхности, которая как бы герметизирует область действия ферментов. Периферический слой цитоплазмы над гофрированным краем содержит многочисленные мелкие *пузырьки* и более крупные – *вакуоли.* Полагают, что остеокласты выделяют С02 в окружающую среду, а фермент карбоангидраза, обнаруживаемый здесь, способствует образованию кислоты (Н2С03) и растворению кальциевых соединений. Остеокласт богат митохондриями и лизосомами, ферменты которых (коллагеназа и другие протеазы) расщеп­ляют коллаген и протеогликаны матрикса костной ткани. В том месте, где остеокласт соприкасается с костным веществом, в последнем образуется ла­куна. Один остеокласт может разрушить столько кости, сколько создают 100 остеобластов за это же время.

Благодаря деятельности остеокластов и остеобластов у человека в течение всей жизни происходит физиологическая регенерация костной ткани. За 10-20 лет у нас обновляется примерно половина скелета. Согласно теории сопряжения функций остеокластов и остеобластов процессы разрушения и образования кости взаимно скоординированы. Это обеспечено прямым воздействием остеокластов и остеобластов друг на друга, а также опосредованно через гормоны и ростовые факторы. Перестройка кости начинается с активации покоящихся остеобластов. Они меняют форму, смещаются и оголяют участок костной поверхности, а также привлекают сюда моноциты, которые сливаются и формируют остеокласты. Далее около 6 недель длится фаза резорбции, и затем сюда мигрируют остеобласты и заполняют резорбционную лакуну новой костной тканью.

Постоянная перестройка кости обеспечивает:

- постоянное обновление

- адаптацию к изменениям в механических нагрузках.

- поддержание гомеостаза минеральных веществ

С возрастом процессы резорбции начинают преобладать, что может привести к остеопорозу – избыточной потери костной ткани. После 70 лет им поражается до 80% людей, особенно женщин. Кости становятся ломкими и легко деформируются.

Классификация костных тканей основана на различиях в строении межклеточного вещества, выделяют:

- грубоволокнистую (ретикулофиброзную),

- пластинчатую,

- цемент и дентин зуба.

В грубоволокнистой ткани нет упорядоченности в расположении коллагеновых волокон и лакун с клетками. Она характерна для плода, в последствие эта ткань замещается пластинчатой, сохраняясь лишь в швах черепа. Также она образуется в местах костных переломов.

Пластинчатая костная ткань основная ткань скелета. Она состоит из костных пластинок толщиной 3-10 мкм. В каждой пластинке коллагеновые волокна лежат параллельно. Но в соседних пластинках они расположены под разными углами. Между пластинками находятся лакуны с остеоцитами.

Остеогенезу эмбриона идет двумя путями:

* непостредственно из мезенхимы (прямой остеогенез)
* на месте хрящевой модели кости (непрямой остеогенез).

Для прямого остеогенеза характерна следующая последовательность. Дифференцировка мезенхимных клеток в остеогенные клетки начинается с формирования остеогенного островка. Затем вырабатывается остеоид, из которого и раздвигаются клетки. В последствие происходит обызвествление остеоида. В результате этих процессов формируется грубоволокнистая губчатая кость из костных перекладин-трабекул. Внутри лакуны с остеоцитами. Снаружи остеобласты, обеспечивающие аппозиционный рост. В дальнейшем ткань сменяется на пластинчатую.

Непрямой остеогенез происходит следующим образом. Из мезенхимы образуется модель кости из гиалинового хряща. Затем вокруг диафиза формируется перихондральная костная манжетка. Сначала она состоит из грубоволокнистой губчатой ткани. Затем перихондральная кость начинает утолщаться за счет своей накостницы и заменяется пластинчатой тканью. Из-за нарушения трофики хрящ дистрофически изменяется, а его клетки погибают. Со стороны надкостницы сюда начинают врастать сосуды, а вместе с ними хондрокласты и остеобласты. Остеобласты начинают формировать участки костной ткани внутри разрушающегося хряща. Это называют эндохондральной костью. Позднее остеокласты разрушают энхондральную кость в центре диафиза. Так образуется костномозговая полость. Энхондральная кость остается только вдоль линии окостенения, которая вытесняет хрящ, надвигаясь в сторону хряща. Дегенерирующие хрящевые клетки в этих участках образуют вертикальные колонки, в которых можно различить четыре зоны:

- неизмененный хрящ,

- зона хрящевых колонок,

- зона пузырчатого хряща,

- обызвествленный хрящ.

Ткани зубов состоят главным обра­зом из минерализованных тканей. Они проходят сложное развитие, связанное со сменой зубов. В развитии зубов различают три этап:

- образо­вание и обособление зубных зачатков,

- дифференцировка зубных зачат­ков,

- гистогенез зубных тканей.

Первый этап развития молочных зубов начинается в конце 2-го месяца внутриутробного периода. В области закладки зубов растет эпителиальное выпячивание в виде валика, превращающегося в *зубную пластинку*. На внутренней поверхности зубной пластинки по­являются *зубные зачатки*, из которых развиваются *эмалевые органы*. Вокруг зубного зачатка уплотняются клетки мезенхимы, которые носят название *зубного мешочка*. На следующем этапе происходит дифференцировка эпителиального эмалевого органа на три вида клеток: внутренние, наружные и промежуточные. Внутренний эмалевый эпителий образует, в связи, с чем клетки этого эпителия и по­лучили название *энамелобластов.* Наружный эмалевый эпителий в процессе дальнейшего роста органа уплощается, а клетки промежуточ­ного слоя приобретают звездчатую форму вследствие накопления между ними жид­кости. Так образуется *пульпа эмалевого органа.*

На третьем этапе гистогенеза зубных тканей, на 4-м месяце эмб­рионального развития, происходит образование *дентина из дентинобластов* или *одонтобластов*. Этот процесс совпадает по времени с подрастанием нервных волокон к дентинобластам. Из периферического слоя пульпы раз­вивающегося зуба дифференцируются сначала *преодонтобласты,* а затем *одонтобласты.* Одонтобласты синтези­руют коллаген I типа, гликопротеины, фосфопротеины, протеогликаны и фосфорины, характерные только для дентина. В последствие начинается минерализация дентина путем отложения кристаллов гидроксиапатита на поверхности коллагеновых фибрилл, расположенных вблизи отростков одонтобластов.

В конце 5-го месяца эмбрионального развития в предентине зачатка зуба начинаются отложение известковых солей и формирование окончательного дентина. Параллельно развитию дентина в закладке зуба идет процесс дифференцировки *пульпы,* в которой с помощью фибробластов постепенно обра­зуется основное вещество, содержащее преколлагеновые и коллагеновые волокна. Гистохимически в периферической части пульпы, в области рас­положения дентинобластов и предентина, обнаруживаются ферменты, гидролизующие фосфатные соединения, благодаря которым фосфатные ионы доставляются дентину и эмали.

Отложение первых слоев дентина индуцирует дифференцировку внут­ренних клеток эмалевого органа, которые начинают продуцировать эмаль, покрывающую образованный слой дентина. Внутренние клетки эмалевого органа секретируют белки неколлагенового типа – амелогенины.

Ми­нерализация эмали в отличие от таковой дентина и цемента происходит очень быстро после образования органической матрицы. Этому способству­ют амелогенины. В зрелой эмали минеральных веществ содержится более 95%. Образование эмали происходит циклически, в результате чего в ее структуре отмечается исчерченность.

Развитие *цемента* происходит позднее эмали, незадолго до прорезыва­ния зубов, из окружающей зубной зачаток мезенхимы, образующей зубной мешочек. В них различают два слоя: более плотный – наружный и рых­лый — внутренний. В процессе развития цемента во внутреннем слое зубно­го мешочка в области корня из мезенхимы дифференцируются *цементобла­сты.* Цементобласты, подобно остеобластам и дентинобластам, синтезиру­ют коллагеновые белки, которые выделяют в межклеточное вещество. По мере развития межклеточного вещества цементобласты превращаются в отростчатые цементоциты, которые погружаются в межклеточное вещество. Наружный слой зубного мешочка превращается в зубную связку –*периодонт.*

В твердой части зуба различают эмаль, дентин и цемент; мягкая часть зуба представлена так на­зываемой пульпой.Эмаль покрывает коронку зуба. Эмаль содержит незначительное количество органических веществ (около 3-4%) и неорганические соли (96-97%). Среди неорганических веществ подавляющую часть составляют фосфаты и карбонаты кальция и около 4% - фторид кальция. Эмаль пост­роена из *эмалевых призм* толщиной 3-5 мкм. Каждая при­зма состоит из тонкой фибриллярной сети, в которой находятся кристаллы гидрооксиапатитов, имеющих вид удлиненных призм. Между призма­ми находится менее обызвествленное склеивающее вещество. Снаружи эмаль покрыта *тонкой кутикулой*, которая на жевательной поверхности зуба быстро стирается и остается заметной лишь на его боковых поверхностях. Химический состав эмали меняется в зависи­мости от обмена веществ, интенсивности растворения кристаллов гидрооксиапатита и реминерализации органической матрицы. В оп­ределенных пределах эмаль проницаема для воды, ионов, витаминов, глю­козы, аминокислот и других веществ, поступающих непосредственно из полости рта.

Дентин образует большую часть коронки, шейки и корня зубов. Он состоит из органических и неорганических веществ: органическо­го вещества 28% (главным образом коллагена), неорганических веществ 72% (главным образом фосфат кальция и магния с примесью фторида кальция). Дентин построен из основного вещества, которое пронизано *трубочка­ми,* или *канальцами*. Основное вещество дентина содержит коллагеновые фибриллы и расположенные между ними мукопротеины. Основное вещество дентина пронизано дентинными *канальцами,* в ко­торых проходят отростки дентинобластов, расположенных в пульпе зуба, и тканевая жидкость. Система канальцев обеспечивает трофику дентина. Цемент покрывает корень зуба и шейку, где в виде тон­кого слоя частично может заходить на эмаль. По направлению к верхушке корня цемент утолщается.

По химическому составу цемент приближается к кости. В нем содержит­ся около 30% органических веществ и 70% неорганических веществ, сре­ди которых преобладают соли фосфата и карбоната кальция.По гистологическому строению различают бесклеточный, или первич­ный, и клеточный, или вторичный, цемент. *Бесклеточный цемент* распола­гается преимущественно в верхней части корня, а клеточный – в его ниж­ней части. *Клеточный цемент* содержит клетки – *цементоциты,* многочисленные коллагеновые волокна, которые не имеютопределенной ориентации.Поэтому клеточный цемент по строению и со­ставу сравнивают с грубоволокнистой костной тканью, но в отличие от нее он не содержит кровеносных сосудов. В бесклеточном цементенет ни клеток, ни их отростков. Он состоит из коллагеновых волокон и из лежащего между ними аморфного склеивающе­го вещества. Волокна продолжаются впериодонт и далее в виде *прободающих волокон* входят в состав альвеолярной кости. С внутренней стороны они сливаются с коллагеновыми волокнами дентина.

Питание цемента осуществляется диффузно через кровеносные сосуды периодонта. Циркуляция жидкости в твердых частях зуба происходит за счет ряда факторов: давления крови в сосудах пульпы и периодонта, которое изменяется при перепаде температуры в полости рта при дыхании, приеме пищи, жевании и др. Определенный интерес представляют данные о нали­чии анастомозов дентинных канальцев с отростками клеток цемента. Такая связь канальцев служит дополнительной питательной системой для дентина в случае нарушения кровоснабжения пульпы (воспаление, удаление пуль­пы, пломбирование канала корня, заращение полости и т.д.).

**Вопросы для самоконтроля**

1. Из чего состоит костная ткань? 2. Какие функции в организме выполняют кости? 3. Что такое компактное и губчатое вещество кости? 4. Как устроена надкостница? Какие функции она выполняет? 5. Какие функции имеют костеобразующие клетки? 6. На какие группы делятся костная ткань? 7. Что характерно для грубоволокнистой и пластнинчатой костной ткани? 8. Охарактеризуйте процессы прямого и непрямого остеогенза. 9. Как происходит гистогенез ткани зуба? 10. Что характерно для строения эмали, дентина и цемента?