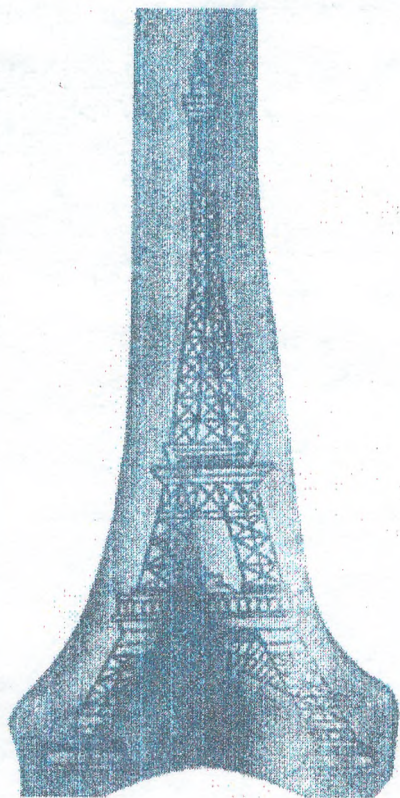


Костиленко Ю. П.



Общая остеология

ЖИВАЯ КОСТЬ

Костиленко Ю.П.

Кафедра анатомии человека

Украинской медицинской стоматологической академии

ЖИВАЯ КОСТЬ

Общая остеология

**Учебное пособие для студентов
медицинских ВУЗов**

Полтава - 2000

Оглавление

Глава 1	
Общая анатомическая характеристика костей (Вместо предисловия)	3
Глава 2	
Общие физико-химические свойства костей	5
Глава 3	
Строение отдельной кости как органа	7
Глава 4	
Современные представления о биогенетической сущности костных тканей	12
Глава 5	
Микроскопическая структура компактного вещества зрелой кости	16
Глава 6	
Эмбриональные источники закладки и развития костей	23
Глава 7	
Факторы, отрицательно влияющие на развитие, рост и состояние костей	31
Глава 8	
Репаративные свойства костей (Вместо заключения)	33

ГЛАВА 1

ОБЩАЯ АНАТОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОСТЕЙ (ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ)

Переступив порог кафедры анатомии, Вы, как нигде более, ощутите свою причастность к избранной Вами профессии врача, ибо Ваше будущее во многом зависит от того, насколько глубоко Вы познали то, что собой представляет организм человека.

Это познание начинается с изучения его остова - скелета (skeleton, греч. - высушенный), который состоит из множества опорно-рычажных и защитных образований, именуемых костями. Одно только перечисление их занимает немало времени, так как общее число костей 200 и каждая из них имеет свое название, которое следует знать не только на своем родном языке, но и согласно международной анатомической номенклатуры. Правда, задача облегчается тем, что большинство из них парные. Но и здесь свои трудности, ибо Вам предстоит научиться отличать правые кости от левых и наоборот.

Перебирая их своими руками на практических занятиях и отыскивая те или иные образования, Вы невольно отметите многообразие их формы, размеров, строения, а также их половые, возрастные и индивидуальные особенности. В науке любое многообразие подобных между собою объектов исследования поддается обобщению путем систематизации по ряду общих признаков и распределения их в отдельные классы.

Самой удачной следует считать классификацию костей по М.Г.Привесу (1974), в основе которой автором положены такие признаки как форма, размеры и строение, что позволило распределить все кости по четырем классам:

1. Трубчатые кости (длинные и короткие).
2. Губчатые кости (длинные, короткие, сесамовидные).
3. Плоские кости (кости свода черепа, кости поясов конечностей).

4. Смешанные кости.

Если же принять во внимание, что любая кость состоит из компактного и губчатого вещества, то по преобладанию какого-либо из них, все кости можно разделить на два больших класса: трубчатые (с преобладанием компактного вещества) и губчатые, к которым относятся все остальные кости.

К смешанным автор относит в основном кости основания черепа, но в его классификации не нашлось места для костей лицевого и, частично, мозгового черепа, содержащих воздухоносные полости. Их следовало бы отнести в отдельную группу под названием пневматических костей, выполняющих особую функцию в организме человека. Решение задачи о принадлежности той или иной кости к соответствующему классу не представляет особой сложности. Подумайте над этим сами, ибо мы не преследуем цели рассматривать конкретные вопросы, которые изложены в полном объеме в учебных руководствах по анатомии человека для медицинских ВУЗов.

Содержанием данного учебного пособия является рассмотрение тех биологических аспектов костей, которые не только полезны, но и необходимы для практического врача. Объектом в этом случае может служить любая, отдельно взятая, кость. Все же, для более полного раскрытия биологической сущности костей, самыми универсальными объектами следует считать длинные трубчатые кости, так как они сочетают в себе свойства губчатого и компактного вещества. Кроме того, они чаще всего становятся объектами хирургических вмешательств, например, при переломах, когда ортопед-травматолог прилагает меры, направленные к достижению консолидации и сращения между собой отломков, в процессе чего проявляются все биологические свойства костной ткани.

Прежде всего необходимо знать общий план строения длинной трубчатой кости, примером которой послужит нам бедренная кость. Самой

длинной является ее средняя трубчатая часть, которая в анатомии известна под названием тела или диафиза (гр. diaphysis), венчающаяся двумя (верхним и нижним концами - эпифизами (epiphysis, гр. - придаток, приросток), несущими на себе ряд костных образований - апофизов (apophysis, гр. - отросток, нарост). В бедренной кости ими являются головка, большой и малый вертелы, медиальный и латеральный мыщелки, а также соответствующие надмыщелки. У взрослого человека между диафизом и соответствующим эпифизом условно выделяется промежуточная зона под названием метафиза (meta, гр. - позади, после). В этом месте в детском возрасте заключена хрящевая ткань, обладающая остеогенными свойствами, обеспечивающими рост длинных трубчатых костей в длину.

ГЛАВА 2

ОБЩИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОСТЕЙ

По данным химического анализа живая кость человека состоит из трех основных компонентов - органические вещества, неорганические вещества и вода. При этом на долю воды приходится около 50%. Органические вещества составляют белки вместе с гликозаминогликанами (примерно 12%) и липиды - около 15%. Остальные 23% - это неорганические вещества, представленные в основном фосфатом кальция в форме кристаллов гидроксиапатита. Придавая жесткость костной ткани, эти соединения содержатся в костях в некотором избытке, позволяющем использовать их в целях других функций организма (например, участие ионов кальция в сократительном механизме мышечных тканей). Освобождение кальция из костей и поступление его в кровь осуществляется посредством особых клеток - остеокластов под влиянием гормона паращитовидных желез.

Характеристика минерального состава костной ткани будет неполной, если не учитывать микроэлементы. В настоящее время обнаружено свыше 30 остеотропных микроэлементов: медь, стронций, цинк, барий, алюминий, бериллий, кремний, фтор и др. Характерная особенность микроэлементов - их способность функционировать в организме в ничтожно малых количествах в качестве катализаторов или активаторов гормонов, витаминов и ферментов. В качестве заключения отметим, что в скелете человека сосредоточено 99% тканевого кальция, 87% фосфора и 58% магния. Являясь неотъемлемым компонентом самих костей, они используются по мере необходимости для покрытия потребностей, как было отмечено выше, других функций организма. Стало быть, кости можно рассматривать в качестве органов, резервирующих эти вещества.

Среди живых структур кости относятся к самым надежным опорным образованиям за счет своей высокой прочности, сочетающей твердость гранита и упругость меди. Поэтому механические и физические свойства костей поддаются изучению с помощью математического аппарата, используемого в науке о сопротивлении материалов. Принято считать, что упругость кости зависит от органических веществ, а твердость - от минеральных. На первый взгляд это кажется бесспорным, что можно продемонстрировать в простых опытах на мацерированных (обезвоженных и лишенных мягких тканей) костях, которыми являются анатомические препараты, используемые Вами на практических занятиях в качестве наглядных пособий. Такие кости на одну треть состоят из органических веществ и на две трети - из минеральных. Любую кость можно избавить от того или другого компонента. Например, если сжечь кость в каком-нибудь сосуде, исключающем доступ воздуха, то остаток ее будет состоять только из минеральных веществ. Сохраняя свою форму и размеры, но не массу, такая кость станет ломкой. При этом она много потеряет в своих физических свойствах, ибо ее твердость уже нельзя будет сравнить с гранитом.

В целях избавления кости от минеральных веществ ее обычно помещают на некоторое время в раствор соляной или серной кислоты. Для получения более эффектного результата используют обычно какую-либо из длинных и тонких костей (например, ребро или малую берцовую кость). После извлечения такой кости из раствора и промывки в воде, ее можно легко завязать в узел, ибо она становится эластичной и податливой к деформации, но не сохраняет упругие свойства меди. Из этого следует тот вывод, что прочность костей далеко не полностью зависит только от ее химических компонентов. Далее Вы сможете убедиться в том, что прочность костей во многом обязана особой структуре той биологической субстанции, которая называется костной тканью. Вначале рассмотрим, в каких макроскопических формах представлена эта ткань в костях.

ГЛАВА 3

СТРОЕНИЕ ОТДЕЛЬНОЙ КОСТИ КАК ОРГАНА

П.Ф.Лесгафт писал, что «кости построены таким образом, чтобы с наибольшей крепостью соединить наибольшую легкость и наименьшую затрату материала, устраняя при этом, по возможности, также влияние всякого сотрясения от толчка, получаемого при движении. Это основной закон архитектуры всей костной системы». Нетрудно убедиться в справедливости этого положения.

Любые ориентированные или произвольные распилы костей обнаруживают в них костную ткань в виде плотной, компактной и ячеистой или губчатой субстанций. В длинных трубчатых костях стенка диафизарной трубки всецело представлена компактным веществом, тогда как в эпифизах преобладает губчатое вещество, покрытое снаружи тонким слоем компактного. В любой кости соотношение между компактным и губчатым веществом предельно рационально, что определено местом положения

данной кости в скелете и соответствует закону Лесгафта об архитектуре костной системы. И все же, в целом, губчатое вещество в скелете человека в объемном отношении преобладает. Это объясняется не только законом Лесгафта, но и непосредственным участием костной ткани в создании надлежащих условий для осуществления чрезвычайно важного процесса, коим является кроветворение. Поэтому губчатое вещество представляет для практической медицины двойкий интерес - как архитектурный компонент костей, так и вспомогательный элемент кроветворения.

Губчатое вещество костей состоит из системы костных пластинок или перекладин (трабекул) различной толщины, но не превышающей 0,6 мм, которые пересекаются между собой по траекториям, соответствующим направлениям сил сжатия и натяжения. Тем самым, они образуют архитектуру, тождественную различным искусственным ажурным конструкциям, иллюстрацией которым обычно служит Эйфелева башня. Внимательное рассмотрение ее выявляет точное повторение строения верхней эпифизарной части большой берцовой кости в перевернутом виде. Примеры математического анализа архитектуры губчатого вещества в графическом выражении приводятся в работах П.Ф.Лесгафта, к которым мы отсылаем тех, кто интересуется этими вопросами.

Костные пластинки или перекладины, пересекаясь между собой под определенным углом, ограничивают большое множество ячеек, размеры и форма которых широко варьирует, находясь в зависимости от места расположения таким образом, что самые мелкие и примерно одинаковые по форме находятся в зоне, прилежащей к компактному веществу. Изнутри ячеек костные трабекулы покрыты тонким слоем остеобластов (элементы внутренней накости - эндоста), которые не только выполняют остеогенную функцию, но и, по имеющимся данным, соучаствуют в создании необходимого микроокружения для гемопозитических элементов. Остальной объем ячеек губчатого вещества заполнен ретикулярной тканью, в

петлистой сети которой находятся свободные клетки крови на разных стадиях дифференцировки. В общей своей совокупности они составляют ту субстанцию, которая называется красным костным мозгом. Из этого следует правило, согласно которому красный костный мозг содержится во всех костях, где имеется губчатое вещество. С практической точки зрения представляют интерес те губчатые кости, которые находятся поверхностно, под кожей (грудина или гребень подвздошной кости), что облегчает проведение манипуляций в целях взятия красного костного мозга по тем или иным показаниям. Диафизы трубчатых костей заполнены соединительнотканной массой, с большим преобладанием жировой ткани, именуемой желтым костным мозгом, который кроветворно недейтелен, однако, по имеющимся данным, сохраняет к этому потенцию. Например, вскрытая возможность кроветворения в нем частично проявляется при гипертермии.

Однако, описание строения кости как органа этим далеко не исчерпывается, ибо мы не назвали еще те структуры, благодаря которым становится возможным не только само существование костей, но и их перестройка, длящаяся всю жизнь, а также скрытая способность к регенерации. В дальнейшем Вы убедитесь в том, что костная ткань, составляющая основу костей, является разновидностью соединительных тканей, из которых она происходит и имеет с ними тесную функциональную связь. К таким соединительнотканным структурам, в первую очередь, следует отнести костную оболочку, которая не только покрывает кость снаружи, тесно прилегая к компактному веществу, но и выстилает все ее полости. В связи с этим следует выделять наружную накость (периост) или собственно надкостницу и внутреннюю накость (эндост). Основным морфологическим различием между ними является то, что надкостница или периост несколько толще внутренней накости или эндоста.

Рассмотрим вкратце особенности их гистологического строения на примере надкостницы, которой покрыты снаружи все кости за исключением их суставных поверхностей. В ней принято выделять два слоя - наружный и внутренний. Первый из них, составляющий основную толщу надкостницы, образован плотной волокнистой соединительной тканью, основная масса которой представлена коллагеновыми волокнами с небольшой примесью эластических. Этот слой предназначен в основном обеспечивать защиту подлежащего (очень тонкого и органически тесно связанного с ним и компактным веществом кости), так называемого остеогенного слоя. Это название, которое переводится как слой, порождающий кость, обязано тому, что он состоит из особых костных клеток, специализированных на синтез и выделение в окружающую среду органических компонентов костной ткани. В этом можно удостовериться в результате следующего опыта. Если надкостницу очень осторожно отделить от кости вместе с остеогенным слоем и пересадить ее в мягкие ткани (например, в мышцу), то на этом месте она образует кость. Клетки, обладающие этой способностью, называются остеобластами. Подробное знакомство с ними нам еще предстоит.

Точно такие же клетки образуют пограничный слой с костью во внутренней надкостнице, эндосте. Как было уже отмечено выше, они покрывают костное вещество не только со стороны диафизарного канала, но и все поверхности костных перекладин губчатого вещества. Располагаясь таким образом (по обе стороны костной ткани), они способны наращивать толщину компактного вещества и трабекул губчатого. Этот процесс мог бы быть безудержным, если бы не существовало генетически запрограммированного ограничения, которое воплощено в деятельности других костных клеток, предназначенных для разрушения костной ткани. Их противоположно содружественное действие - залог сохранения постоянства структуры костей, их перестройки и обновления. Уместно заметить, что за

счет этого скелет человека обновляется каждые 10 лет. Живая кость - постоянно самообновляющаяся система. Однако это самообновление следует понимать в относительном смысле. Оно было бы невозможным без обеспечения кости необходимыми питательными веществами и двухсторонней связи с центральной нервной системой, что осуществляется посредством кровеносных сосудов и нервных проводников.

Васкуляризация костей осуществляется сосудами, являющимися ветвями артерий и вен ближайших мышц и сухожилий, поэтому они проникают в кость через надкостницу обычно в местах прикрепления к ней сухожилий. В связи с этим на поверхности самой кости имеется множество так называемых питательных отверстий, которые непосредственно продолжают в сосудистые каналы (каналы Фолькмана) компактного вещества, а далее в гаверсовы каналы остеонов (см. ниже). Эти сосуды являются так же источником доставки крови к красному костному мозгу. Интересно отметить тот факт, что венозные сосуды в компактном веществе не повторяют ход артерий.

Вступив в толщу компактного вещества, кровеносные сосуды отдают ветви, которые по фолькмановым каналам направляются по продольной оси трубчатой кости к верхнему или нижнему (в зависимости от локализации питательного отверстия) эпифизу. При этом ветви различного калибра, анастомозируя между собой посредством коротких связующих ветвей, образуют в компактном веществе сосудистую сеть, состоящую из продольно удлиненных петель. Следует помнить, что кровеносные сосуды, располагающиеся в фолькмановых каналах, осуществляют только доставку и отток крови, не имея прямого отношения к обменным процессам между кровью и костной тканью, ибо эта функция обеспечивается системой кровеносных микрососудов. Последняя также имеет сетевидную форму, в которой выделяются отдельные продольные вытянутые петли обменных микрососудов, располагающихся в микроскопических костных канальцах.

При этом, каждый продольно ориентированный каналец находится в центре отдельной структурной единицы компактного вещества, называемой остеоном, который состоит из концентрически наложенных одна на другую пластинок костной ткани. Подробное описание этих структур приводится ниже. Здесь же мы ограничимся только указанием на то, что вся система остеонов имеет разветвленную форму, строго соответствующую характеру ветвления кровеносных микрососудов.

Местами проникновения в кость нервных проводников также служат питательные отверстия, а характер распределения их в компактном веществе соответствует приведенной выше схеме ветвления кровеносных сосудов. Они состоят из совокупности нервных волокон двух типов. Одни из них, являясь чувствительными, начинаются рецепторами в периосте и эндосте, тогда как другие относятся к вегетативным проводникам, иннервирующим кровеносные сосуды, участвующими тем самым в регуляции активности метаболических процессов в кости.

Основная же масса костей представлена тем субстратом, который известен под названием костной ткани. Что она собой представляет? Однородна ли она в скелете человека? Оказывается, что по своему происхождению, особенностям развития и функциональному предназначению в скелете имеется несколько ее разновидностей.

ГЛАВА 4

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О БИОГЕНЕТИЧЕСКОЙ СУЩНОСТИ КОСТНЫХ ТКАНЕЙ

Костные ткани в форме тех или иных костей являются результатом клеточной дифференцировки (приобретения различий) и специализации эмбриональных соединительнотканых элементов, которые вычлняются из мезодермы на стадии развития сомитов. Поэтому их, с полным основанием, относят к классу соединительных тканей, к которым относятся:

1. Рыхлая соединительная ткань.
2. Плотная волокнистая соединительная ткань.
3. Соединительные ткани со специальными свойствами.
4. Опорные или скелетные ткани.

Нетрудно догадаться, что последняя группа представлена хрящевыми (гиалиновая, волокнистая и эластическая) и костными тканями.

Эти разные по общему виду и функциональному предназначению в организме тканевые структуры имеют, тем не менее, много общего в своем строении, отличающего их от других биологических тканей (эпителиальных, мышечных и нервной). Это отличие заключается в том, что все виды соединительной ткани состоят не только из клеток, являющихся основным компонентом любой ткани, но и большой доли межклеточного вещества, как продукта деятельности соединительнотканых клеток (фибробластов, ретикулярных клеток, хондробластов и остеобластов). Здесь уместно заметить, что кровь, которую в учебниках по гистологии относят к соединительным тканям, ни в коей мере нельзя причислять к таковым, хотя бы потому, что плазма крови не есть продукт деятельности форменных элементов ее.

Стало быть, все соединительные ткани состоят из клеток и межклеточного вещества, долевого объем которого может намного преобладать над клетками. Наглядным примером тому послужит Вам анатомический препарат бедренной кости, который всецело представлен межклеточным веществом костной ткани, ибо он лишен всех мягких тканевых структур. Иными словами, в руках у Вас продукт созидательной деятельности при жизни особых костных клеток, называемых остеобластами, которые уже погибли.

Что же собой представляет само межклеточное вещество костной ткани? Для Вас, изучающих не только анатомию, но и гистологию, данный

вопрос должен являться хрестоматийным. Вы должны знать, что оно состоит из двух компонентов - волокнистых (фибрилярных) структур и основного или аморфного вещества. В костных тканях фибриллярные структуры представлены только коллагеновыми (клеящими) волокнами. В зрелой костной ткани они, будучи собранными в пучки, ориентированы в определенном порядке таким образом, что между ними остаются свободные промежуточные пространства, заполненные основным, аморфным веществом, которое до обызвествления (кальцификация), то есть, на ранних стадиях развития кости, представляют собой жидкость, связанную с гликопротеидами и протеогликанами. В зрелой костной ткани эти вещества в большей мере замещены кристаллами гидроксиапатита.

Следовательно, межклеточное вещество зрелой костной ткани представляет собой твердый кальцифицированный матрикс, пронизанный в определенном порядке ориентации, коллагеновыми волокнами. Кроме того, следует знать, что в этом матриксе имеется бесчисленное множество микроскопических ячеек (связанных между собой тонкими канальцами), в которых располагаются зрелые детерминированные костные клетки, то есть, такие клетки, которые утратили способность к митотической активности и остеогенные свойства. При гибели их замещают новые клетки, являющиеся результатом детерминации остеобластов. Эти клетки известны под названием остеоцитов.

Изложенное выше далеко не исчерпывает вопрос об особенностях структурной организации зрелой костной ткани, а только намечает путь к его раскрытию, что нам предстоит сделать в следующем разделе. Этот же раздел мы должны довести до логического завершения, познакомив Вас вкратце с известными в скелете человека разновидностями костной ткани. Отметим при этом, что для каждой из них вполне применимо все то, о чем говорилось выше.

С научных позиций вполне обосновано существование следующих трех типов костной ткани, которые отличаются между собой и структурой, и своим предназначением в скелете человека.

1. Первичная, незрелая, грубоволокнистая костная ткань.
2. Вторичная, зрелая, тонковолокнистая, пластинчатая костная ткань.
3. Дентиноидная костная ткань.

Первый тип костной ткани выполняет в основном временную, провизорную роль в остеогенезе. Появляясь на ранних стадиях его, первичная костная ткань в дальнейшем замещается зрелой тонковолокнистой пластинчатой костной тканью. Вместе с тем следует знать, что при переломах сращение отломков костей вначале осуществляется посредством первичной незрелой костной ткани, которая затем замещается зрелой костной тканью. Более подробно эти вопросы будут рассмотрены ниже. В скелете взрослого человека первичная костная ткань имеется только в некоторых, крайне ограниченных, местах. К ним относятся костный лабиринт внутреннего уха, зона ключично-реберного сочленения, область швов черепа, место прикрепления к костям сухожилий мышц и связок. Этой костной тканью представлен также цемент зуба - особое покрытие его корней, которое связывает корни зуба с периодонтом и, посредством последнего, со стенкой альвеол. В отличие от зрелой костной ткани, межклеточное вещество первичной костной ткани представлено коллагеновыми волокнами, собранными в толстые, грубые пучки без строго определенной ориентации, которые заключены в плотный кальцифицированный матрикс. Весь остальной скелет взрослого человека образован вторичной, зрелой, тонковолокнистой тканью.

И, наконец, дентиноидная ткань в организме человека существует только в форме дентина - твердой основы зуба, коронковая часть которого покрыта эмалью, а корни - цементом.

ГЛАВА 5.

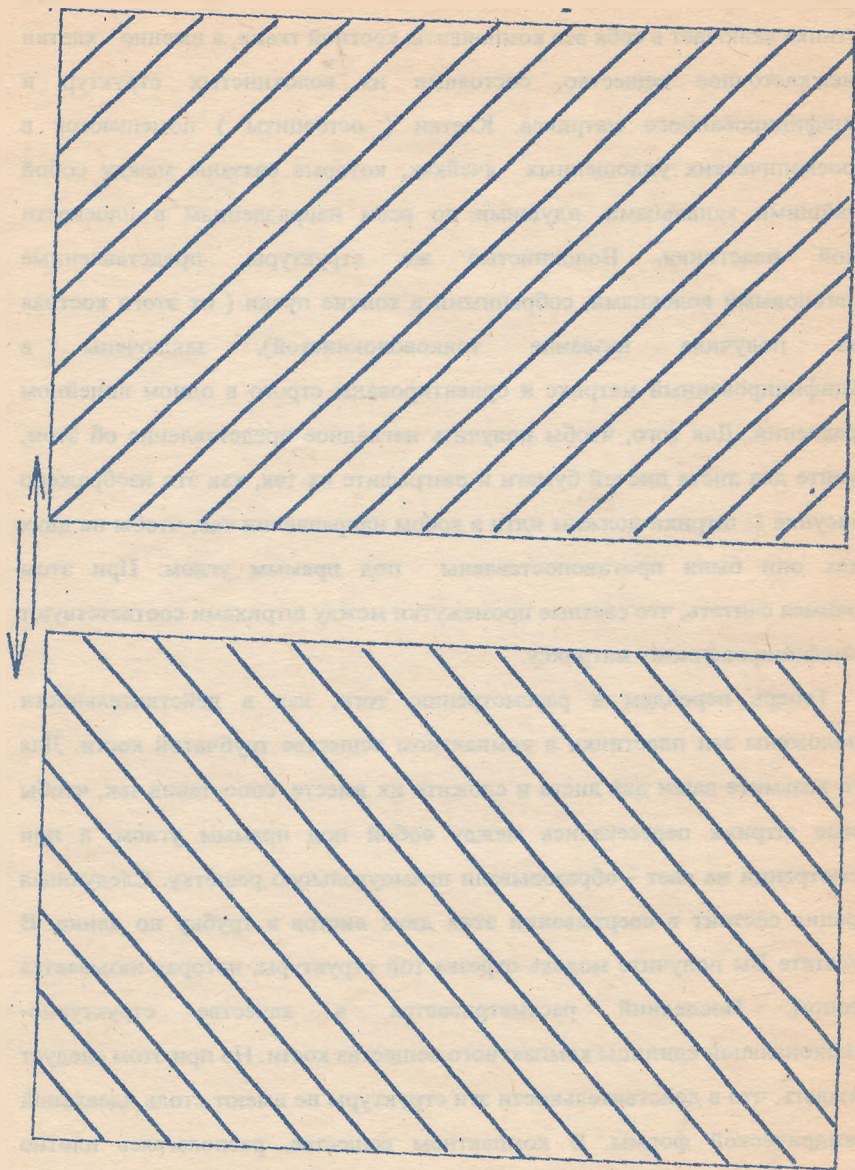
МИКРОСКОПИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КОМПАКТНОГО ВЕЩЕСТВА ЗРЕЛОЙ КОСТИ.

В начале нашего повествования мы ставили вопрос: от чего зависит механическая прочность и физические свойства костей? Разумеется, эти свойства во многом обязаны наличию в костях большого количества минеральных веществ. Однако, оказывается, что этого еще недостаточно для того, чтобы отвечая основным положениям закона Лесгафта, кости могли сочетать в себе прочность гранита и упругость меди. Для этого потребовались бы монолитные формы, во много раз утяжеляющие скелет и исключающие возможность его обновления и участия костей в других жизненно важных функциях. Стало быть, окончательный ответ на поставленный вопрос следует искать в особенностях структурной организации (архитектоники) в костях зрелой, тонковолокнистой, пластинчатой костной ткани. Так же как свойства минеральных кристаллов зависят от характера упорядоченного расположения атомов в его кристаллической решетке, так и физические свойства костей во многом обязаны степени упорядоченности костных тканевых элементов. Такими элементами зрелой костной ткани являются тончайшие костные пластинки, от чего она и получает название пластинчатой костной ткани.

В плотном веществе трубчатых костей такая пластинка циркулярно искривлена. Поэтому в целях лучшего понимания строения, мы в начале представим ее в виде прямолинейной плоскости. Толщина ее колеблется в пределах от 4 до 12 мкм, что примерно соответствует толщине уплощенных костных клеток - остеоцитов. Примечательным является то, что эта

пластинка включает в себя все компоненты костной ткани, а именно - клетки и межклеточное вещество, состоящее из волокнистых структур и кальцифицированного матрикса. Клетки (остеоциты) помещаются в микроскопических уплощенных ячейках, которые связаны между собой тончайшими канальцами, идущими по всем направлениям в плоскости данной пластинки. Волокнистые же структуры, представленные коллагеновыми волокнами, собранными в тонкие пучки (от этого костная ткань получила название тонковолокнистой), заключены в кальцифицированный матрикс и ориентированы строго в одном линейном направлении. Для того, чтобы получить наглядное представление об этом, возьмите два листа писчей бумаги и разграфите их так, как это изображено на рисунке 1: штрихи должны идти в косом направлении так, чтобы на двух листах они были противопоставлены под прямым углом. При этом условимся считать, что светлые промежутки между штрихами соответствуют кальцифицированному матриксу.

Теперь перейдем к рассмотрению того, как в действительности расположены эти пластинки в компактном веществе трубчатой кости. Для этого возьмите ваши два листа и сложите их вместе, сопоставив так, чтобы темные штрихи пересекались между собой под прямым углом, а при рассмотрении на свет - образовывали прямоугольную решетку. Следующая операция состоит в свертывании этих двух листов в трубку по длине. В результате Вы получите модель отрезка той структуры, которая называется остеонем. Последний рассматривается в качестве структурно-функциональной единицы компактного вещества кости. Но при этом следует учитывать, что в действительности эти структуры не имеют столь идеальной цилиндрической формы. В компактном веществе, располагаясь плотно между собой и будучи ориентированными вдоль трубчатой кости, они не только искривлены по своему протяжению, но и переходят одна в другую в соответствии с ветвлением кровеносных микрососудов, о чем шла речь



выше. Следовательно, мы имеем только формальную модель прямолинейного отрезка остеона в промежутке перехода его в смежные с ним остеоны.

Несмотря на ее формальность, она все же достаточно удобна для того, чтобы разобраться в пространственном расположении в остеоне составляющих его структур. Эта модель демонстрирует нам микроскопических размеров трубку, толстая стенка которой ограничивает узкий каналец, являющийся частью (отрезком) разветвленной гаверсовой системы, в которой содержатся кровеносные микрососуды и другие элементы, обеспечивающие жизнедеятельность и перестройку стенки остеона, что будет описано более подробно. Как следует из нашей модели, стенка остеона состоит из концентрически наложенных одна на другую костных пластинок. Обычно количество этих пластинок не превышает пяти-шести. При толщине отдельной пластинки 14 мкм, диаметр поперечного сечения отдельного остеона не может быть более 0,5 мм. Эти размеры ограничены той предельной толщиной костных пластинок, которую в состоянии преодолеть тканевая жидкость, диффундирующая от центра остеона (зона расположения обменных микрососудов) к его периферии. Как уже было отмечено, в толще каждой пластинки, а также между ними, содержатся уплощенные микроскопические ячейки (лакуны), которые по объему несколько превышают размеры расположенных в них остеоцитов, вследствие чего между ними и стенкой лакуны содержится узкое пространство, заполненной тканевой жидкостью. Следует также принять во внимание то, что все эти бесчисленные микроскопические полости сообщаются между собой посредством тончайших каналцев, пронизывающих стенку остеона по всем направлениям и содержащих еще более тонкие отростки остеоцитов, которые контактируют между собой своими концами. Кроме того, те остеоцитарные ячейки, которые находятся в самой внутренней костной пластинке остеона, сообщаются посредством

канальцев с полостью гаверсова канала. Именно эта разветвленная, сетевидная канальцевая система обеспечивает возможность микроциркуляции тканевой жидкости в костной стенке остеона.

Сама же тканевая жидкость, с растворенными в ней питательными веществами, образуется в процессе фильтрации плазмы крови через стенку обменных кровеносных микрососудов, которые расположены в центре гаверсова канала. Чаще всего в нем находят два микрососуда, один из которых является прекапиллярной артериолой, а другой - посткапиллярной венулой. В силу того, что прекапиллярные артериолы не обладают способностью к фильтрации плазмы крови, то «донорами» тканевой жидкости, по-видимому, являются посткапиллярные венулы. Эти микрососуды в гаверсовых каналах окружены элементами рыхлой волокнистой соединительной ткани, в межклеточное пространство которой поступает фильтрат плазмы крови, а из него, достигнув внутренней поверхности стенки остеона, просачивается в его канальцевую систему.

Но этим не исчерпывается содержимое гаверсовых каналов. В них находятся еще чрезвычайно важные для жизнедеятельности кости клеточные элементы, обладающие остеогенными свойствами, которые образуют слой, тесно прилегающий к внутренней поверхности костной стенки остеона. Обычно они находятся в состоянии покоя, не проявляя своей остеогенной активности. Но по мере того, как периферические пластинки остеона периодически отмирают и разрушаются (напомним, что кости подвержены непрерывному обновлению), эти клетки начинают проявлять активность, которая выражается в появлении в них шероховатой цитоплазматической сети, свидетельствующей о готовности их к синтезу и секреции в окружающую среду проколлагена (фибриллярный белок) и гликозаминогликанов, из которых образуются коллагеновые волокна и органический матрикс межклеточного вещества. С этого момента данные клетки называются остеобластами, за счет деятельности которых

осуществляется перестройка и рост компактного вещества изнутри (интерстициальный рост кости). Структурная перестройка кости сопряжена во времени и пространстве с процессом разрушения и резорбции «старых» пластинок костного вещества под воздействием особым многоядерных костных макрофагов, называемых остеокластами. Их предшественниками являются моноциты.

Следовательно, в костной ткани имеются три типа клеток - это: остеобласты, остеодиты и остеокласты. Первые образуют органический матрикс костного вещества, вторые поддерживают структурное постоянство кости, а третьи избавляют кость от отживших структурных элементов. Их согласовано уравновешенное взаимодействие лежит в основе постоянного обновления костей. За счет этого скелет человека полностью обновляется каждые десять лет. По мере старения организма этот процесс постепенно угасает. Вот почему в преклонном возрасте возникают серьезные проблемы в случае переломов костей.

Выше мы попытались вкратце рассмотреть то, что собой представляет отдельно взятый остеон. Это только схематический обзор, который далеко не исчерпывает полноту биологической сущности костной ткани. Поэтому тех, кто захочет познать ее более глубоко, мы отсылаем к рекомендованной в конце этого пособия литературе.

На этом можно было бы закончить данную главу, если бы описанное выше не нуждалось в существенном дополнении. Внимательный читатель должен был обратить внимание на неполную увязку формы остеонов с необходимостью плотной их компановки в толще компактного вещества. Действительно, в силу того, что остеоны имеют цилиндрическую форму, то даже при абсолютно тесном их расположении между ними оставались бы пустые промежутки. На самом же деле этого нет, благодаря тому, что эти промежутки заполнены межостеонными (интерстициальными) костными пластинками, имеющими ту же структуру, что и пластинки остеонов, но не

имеющих концентрической формы. Согласно существующим представлениям, они образуются в результате выталкивания наружных костных пластинок из смежных остеонов. Особенно примечательным является то, что именно в зоне интерстициальных пластинок встречаются лакуны резорбции костной ткани с пристеночно расположенными в них остеокластами. Это находится в полном согласии с тем, что место образования новых костных пластинок являются гаверсовы каналы, а разрушение старых, отживших пластинок - межкостеонные зоны. Установлено также, что лакуны резорбции сообщаются с гаверсовыми каналами. Иными словами, они являются боковыми отрогами последних. Очевидно, что только благодаря этому в них могут оказываться остеокласты, которые образуются в результате слияния моноцитов, приносимых сюда током крови.

Но и это еще не все. Дело в том, что такую структуру имеет компактное вещество костей в срединной своей толще, тогда как наружный (кортикальный) и внутренний его слои состоят из более обширных, так называемых генеральных пластинок. В известном смысле их можно рассматривать в качестве завершающих слоев в окончательном оформлении кости в процессе аппозиционного отложения костной ткани за счет секреторной деятельности остеобластов внутреннего слоя периоста и эндоста. Данные наружные и внутренние периферические пластинки незаметно переходят в граничащие с ними интерстициальные костные пластинки, которые, по-видимому, являются результатом выталкивания стареющих периферических пластинок, подвергающихся затем резорбции.

Процессы перестройки, обновления и регенерации костей, понимание которых имеет большое медико-биологическое значение, имеют ту же природу, что и процессы образования и развития костей (остеогенез) вообще. Вот почему нельзя обойтись без знания этих вопросов; к рассмотрению которых мы приступаем.

ГЛАВА 6

ЭМБРИОНАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАКЛАДКИ И РАЗВИТИЯ КОСТЕЙ.

Началом этого процесса (остеогенеза) в эмбриогенезе (6-7 неделя) становится стадия дифференцировки сомитов мезодермы на миотом (источник развития скелетной мускулатуры), дерматом (дающий начало развитию собственно кожи) и склеротом. Последний представлен стволовыми плюрипотентными клетками, погруженными в межклеточное вещество. Стволовыми они называются потому, что обладают способностью к самообновлению. Сущность этого процесса заключается в том, что при делении такой клетки одна из двух образующихся (дочерние клетки) замещает материнскую клетку, сохраняя плюрипотентные свойства. Другая же дочерняя клетка в процессе дифференцировки может стать предшественницей тех или иных соединительнотканых клеток. Иными словами, она располагает возможностью пойти по пути развития клеток фибробластического, хондробластического или остеобластического рядов. В данном случае тот или иной путь развития предопределен появлением в соответствующем месте специфического индуктивного фактора, предусмотренного генетической программой. Нас интересует два альтернативных пути дифференцировки - хондробластический и остеобластический.

При нормальном развертывании генетической программы, в том месте, где должна развиваться кость, в зародышевой соединительной ткани появляется зона повышенной васкуляризации, ибо ведущим индуктивным фактором развития кости является повышенное парциальное давление кислорода. При отсутствии ононого в склеротоме формируется хрящевая ткань.

Вначале необходимо уяснить следующее положение. Если костная ткань образуется из остеогенных клеточных элементов волокнистой

соединительной ткани в очаге повышенной васкуляризации, то этот процесс получает название прямого остеогенеза. Но большинство костей скелета человека имеют иной путь развития, предусматривающий предварительное образование из соединительной ткани хрящевой модели с дальнейшим преобразованием в зрелую кость. Такой путь развития костей называется непрямым остеогенезом. Рассмотрим каждую из этих двух форм развития костей в отдельности.

1. Прямой остеогенез.

В процессе развития костей непосредственно из зародышевой соединительной ткани условно можно выделить три стадии.

- Очаговое развитие в соединительнотканной основе сети кровеносных микрососудов, рассматриваемое как центр окостенения.
- Развитие из остеогенных клеток данного очага разветвленной системы костных балок, состоящих из первичной, незрелой, грубоволокнистой костной ткани.
- Перестройка первичной костной ткани, которая заключается в замене ее вторичной, зрелой, тонковолокнистой, пластинчатой костной тканью и заканчивается формированием зрелой кости.

В начале отметим то, что подобный путь развития проходит небольшое число костей, к которым относятся кости свода черепа, кости лицевого черепа и, частично, ключицы. Поэтому иногда их называют первичными костями, что вносит терминологическую путаницу, так как это название предполагает думать, что эти кости в зрелом виде чем-то отличаются по строению от других костей. На самом деле прямой остеогенез - это только условие, которое определяет лишь начальные стадии развития костей, но ни в коем случае не приводит к развитию иных по структуре костей.

Наиболее удобно этот процесс изучать на примере теменной кости. Так как в том месте где формируется теменная кость, зародышевая рыхлая

соединительная ткань (мезенхима) существует в виде слоя между кожей и развивающимся мозгом, то ее называют мембраной.

На первой стадии в этом слое или мембране, в одном или двух местах, вначале появляются кровеносные капилляры, повышающие парциальное давление кислорода в окружающей их зоне, что приводит к активации небольшой группы мезенхимных клеток, которые, сближаясь, соединяются между собой посредством своих отростков. С этого момента они приобретают остеогенные свойства, получая название остеобластов, которые вскоре начнут синтезировать и выделять в окружающую их среду органический матрикс (белковые вещества и гликозаминогликаны). В результате этого они самопроизвольно окажутся замурованными в плотное межклеточное вещество (органический костный матрикс). Но разобщение между клетками не произойдет, ибо между ними сохраняются связи за счет их цитоплазматических отростков, ориентированных по всем направлениям в толще этого центра окостенения. Оказываясь расположенными в микроскопических полостях, лакунах, связанных между собой тончайшими канальцами, эти клетки постепенно теряют свои остеогенные свойства, превращаясь в остециты.

Здесь уместно будет отметить одно положение, которое является весьма существенным в понимании остеогенеза вообще, как прямого, так и непрямого развития костей. Это станет очень важной предпосылкой в понимании некоторых патологических состояний костной ткани и процесса сращения костей при переломах. Для этого следует знать, что остеогенез состоит из двух слагаемых и взаимосвязанных процессов. Один из них заключается в образовании остеобластами органического костного матрикса, как основы будущей кости, получая название **оссификации**. Второй процесс, который в норме сразу следует за первым, называется **кальцификацией** или обывательским термином **обызвествлением** органического матрикса. При патологическом состоянии в организме обменных процессов один из них может быть нарушен или

преобладать над другим, что приводит к формированию неполноценной костной ткани или же к, несвойственному для нормы окостенению каких-либо мягких тканей.

Это небольшое отступление требовалось также для того, чтобы легче понять дальнейший ход событий (который мы прервали) в процессе прямого остеогенеза. Итак, на первой стадии его возникает один или два центра окостенения будущей теменной кости. Вначале они представлены только небольшими островками органического матрикса, которым окружают себя остеобласты, превращаясь при этом в остециты. Появление последних знаменует собой начало кальцификации (обызвествления) этого матрикса, то есть, осаждения в нем в виде кристаллов фосфата кальция. Дальше, развитие костной ткани будущей теменной кости будет заключаться в лучеобразном распространении чередующихся процессов оссификации и кальцификации от центров окостенения к периферии. В результате этого образуется разветвленная сетевидная система костных балок, напоминающая по общему виду губчатое вещество. Разумеется, что эти костные балки представлены первичной, незрелой костной тканью. При этом, в ограничиваемых ими полостях или лакунах, которые сообщаются между собой, находится рыхлая волокнистая соединительная ткань с кровеносными микрососудами и остеогенными клетками, которые прилежат к внутренней поверхности костных балок и связаны своими отростками с остеоцитами. Пределы распространения этого губчатого вещества ограничиваются швами и родничками свода черепа, которые представляют собой не что иное, как не подвергшиеся окостенению части соединительнотканной мембраны свода черепа. В дальнейшем они, сохраняя остеогенные свойства, становятся зонами роста черепа по мере развития головного мозга.

Этим завершается вторая стадия прямого остеогенеза, за которой следует завершающая стадия, длящаяся до тех пор, пока не закончится формирование мозгового черепа. Сущность ее заключается в полной

реорганизации костных балок и замещения первичной костной ткани зрелой, тонковолокнистой, пластинчатой костной тканью. Описание того, как это происходит, вы можете найти в рекомендуемой литературе. Здесь мы ограничимся только общим замечанием о том, что результатом этой реорганизации становится образование как губчатого, так и компактного вещества. В покровных костях черепа последнее, разумеется, значительно уступает по толщине таковому диафизов трубчатых костей. Губчатое же вещество во всех костях, в принципе, имеет одинаковое строение. Но следует знать, что в отличие от компактного вещества, оно не имеет остеонной структуры, а, стало быть, и гаверсовой системы, так как его перекладины состоят из костных пластинок, расположенных послойно в соответствии с формой данных перекладин. Со стороны ячеек перекладины губчатого вещества (как было описано выше) покрыты слоем остеогенных клеток. Обеспечение их жизнедеятельности осуществляется за счет тканевой жидкости ретикулярной стромы отдельных ячеек красного костного мозга.

2. Непрямой остеогенез

Самым удобным объектом изучения этого процесса обычно служит длинная трубчатая кость. С самых общих позиций в ее развитии можно выделить два основных этапа.

1. Формирование из зародышевой соединительной ткани (мезенхимы) хрящевой модели (зачатка) будущей кости.
2. Поэтапное разрушение хрящевой модели и замещение ее костной тканью.

Первый признак начала образования кости - увеличение количества (сгущение)клеток мезенхимы, не сопровождающееся образованием среди них кровеносных капилляров. В целом, по общему контурному очертанию, это клеточное сгущение напоминает грубую форму будущей кости. Сразу же за этим, в сердцевине этого зачатка, мезенхимные клетки приобретают

хондрогенные свойства. В результате их секреторной деятельности в межклеточном пространстве начинает откладываться органический хрящевой матрикс, постепенное накопление которого приводит к разделению и равномерному отдалению клеток друг от друга, что приводит к превращению их в хондроциты и пропорциональному увеличению размеров всего хрящевого зачатка. Параллельно с этим преобразуется и периферический, наружный слой мезенхимных клеток хрящевого зачатка будущей кости. Вследствие их дифференцировки образуется два слоя: наружный фибробластический и внутренний - хондрогенный. Вместе они составляют оболочку хрящевого зачатка, которая называется надхрящницей.

Следует помнить, что процесс формирования хрящевого зачатка будущей кости и его надхрящницей не связан с образованием в них кровеносных сосудов. Трофика хрящевых тканей осуществляется только за счет диффузии жидкости с растворенными в ней питательными веществами из окружающей рыхлой волокнистой ткани. Это условие определяет дальнейшее образование хрящевого зачатка будущей кости, который растет как в толщину (за счет митотической активности и секреторной деятельности хондрогенных клеток внутреннего слоя надхрящницы), так и в длину (благодаря тем же свойствам хондроцитов глубоких слоев хрящевого зачатка). Достигнув определенной критической массы, дальнейший рост и развитие хрящевого зачатка становится невозможным, из-за того, что питательные вещества путем диффузии не в состоянии достигать его глубоких слоев. Вследствие этого в центре зачатка происходит гибель хондроцитов, ведущая к образованию лакун и полостей, знаменующих собой тот этап, с которого начинается процесс разрушения хрящевой модели и замещения ее костной тканью.

Учитывая то, что процессы, ведущие к превращению хрящевой модели в зрелую кость, описаны достаточно подробно в доступных литературных

источниках (рекомендуем особенно познакомиться с монографией А.Хэма и Д.Кормака «Гистология», Т.3), мы считаем возможным и целесообразным ограничиться тезисным изложением данных вопросов, которые предлагаются нами в качестве обобщения.

При изучении развития длинной трубчатой кости, начиная с этапа преобразования хрящевой модели, имеет смысл рассмотреть этот процесс в диафизарной и эпифизарной частях отдельно.

Основные события развития диафизарной части кости заключается в следующем:

1. Васкуляризация надхрящницы и, в результате повышения парциального давления кислорода, превращение хондрогенных клеток ее внутреннего слоя в остеогенные.
2. Образование костной манжетки и надкостницы вокруг хрящевой модели в области будущего диафиза кости. Этот процесс носит название перихондрального окостенения.
3. Образование периостальной почки, состоящей из кровеносных сосудов и остеогенных клеток, которые прорастают из новообразованной надкостницы в глубину диафиза к месту разрушающегося хряща.
4. В результате оксигенации глубокой зоны диафиза происходит образование в нем центра окостенения, из которого начинается формирование первичного костного губчатого вещества, замещающего постепенно собой хрящевую ткань. Этот процесс называется энхондральным окостенением.
5. Резорбция первичного костного губчатого вещества, приводящая к возникновению полостей, которые заполняются миелоидной тканью.

Образование ее происходит за счет поселяющихся здесь стволовых родоначальных клеток крови (КОЕ). Эта стадия знаменует собой начало развития в костях красного костного мозга, который появляется впервые на

втором месяце внутриутробной жизни в ключице. На третьем месяце он образуется в плоских и губчатых костях, а в начале 4-го месяца - в трубчатых костях конечностей. Появившись в центре диафиза, этот процесс постепенно перемещается в сторону эпифизов.

На этом этапе развития длинная трубчатая кость представляет собой диафизарную костную трубку, венчающуюся двумя хрящевами эпифизами, к которым приходит очередь соответствующего структурного переустройства, заключающегося в следующем.

1. Развитие в каждом хрящевом эпифизе центра окостенения за счет прорастания в их толщу со стороны диафиза сосудисто-остеогенных почек.
2. Замещение хрящевой ткани эпифизов костной тканью путем энхондрального окостенения. Исключением являются тонкое хрящевое покрытие будущей суставной поверхности и метафизарная пластинка, расположенная между диафизом и эпифизом.
3. Рост кости в длину за счет двух противодействующих в метафизарном отделе процессов: интерстициального утолщения метафизарной пластинки и энхондрального замещения ее костной тканью со стороны диафиза.

Непрерывный активный рост кости в длину в норме возможен только при условии равновесия между этими двумя противодействующими процессами. Этот процесс весьма чувствителен ко многим неблагоприятным факторам (например, при гормональных расстройствах), которые приводят к нарушению этого равновесия в ту или иную сторону.

С возрастом энхондральное окостенение метафизарной пластинки начинает преобладать над ее интерстициальным ростом, что ведет к постепенному истончению, а в итоге - к полному исчезновению метафизарного хряща и прекращению роста кости в длину. Процесс

формирования длинных трубчатых костей завершается на 20-25-ом году жизни.

Напомним, что рост кости в ширину (утолщение кости) достигается путем аппозиционного отложения костной ткани снаружи со стороны остеогенного слоя надкостницы.

В заключение этой главы мы обращаем внимание на то, что при любых условиях развития костей сущность остеогенеза сводится к двум последовательно связанным процессам. Один из них заключается в образовании остеобластами межклеточного органического матрикса, что носит название о с с и ф и к а ц и и. Результатом этого процесса является образование остеонной (костеподобной) ткани или предкости. Процесс, следующий за этим, состоит в отложении в органическом матриксе (в остеонной ткани или предкости) солей кальция и называется к а л ь ц и ф и к а ц и е й.

Под влиянием тех или иных неблагоприятных факторов может происходить, в большей или меньшей мере, нарушение одного из этих процессов. При некоторых же аномальных состояниях возможны кальцификация без оссификации (например, обызвествление мягких тканей) и оссификация без кальцификации. Обычно патология остеогенеза связана с нарушением гормонального баланса в организме и некоторой алиментарной недостаточностью. Поэтому имеет смысл, хотя бы вкратце, ознакомиться с этими проблемами медицины.

ГЛАВА 7.

ФАКТОРЫ, ОТРИЦАТЕЛЬНО ВЛИЯЮЩИЕ НА РАЗВИТИЕ, РОСТ И СОСТОЯНИЕ КОСТЕЙ.

Наиболее отрицательно сказывается на остеогенезе нарушение функции некоторых эндокринных желез (передней доли гипофиза,

паращитовидных желез и коры надпочечников) и недостаток в организме витаминов С и Д.

Существенное влияние на остеогенез оказывает гормон роста или соматотропный гормон (СТГ) передней доли гипофиза. Особенно это сказывается на остеогенных свойствах метафизарного хряща трубчатых костей. В норме секреция СТГ прекращается в подростковом периоде. Однако при некоторых, редко встречающихся опухолях, которые возникают из соматотропных клеток, последние продолжают секретировать этот гормон. Поэтому человек с таким заболеванием продолжает расти за счет удлинения трубчатых костей. Это состояние называется г и г а н т и з м о м. Если же опухоли, образующие гормон роста, развиваются после окостенения метафизарных хрящей, то дальнейшего удлинения трубчатых костей не происходит. Тем не менее рост костей в некоторой степени стимулируется, что приводит в основном к утолщению стоп и кистей, а также к сильному увеличению нижней челюсти и некоторых других костей лицевого черепа. Такое состояние называют а к р о м е г а л и е й (от греч. акрос - конечность, мегас - большой).

Паращитовидные железы совместно с парафолликулярными клетками щитовидной железы, как известно, вырабатывают гормоны, регулирующие содержание кальция в крови путем повышения и подавления (соответственно) активности остеокластов, которые (при повышении своей активности) за счет резорбции костной ткани освобождают кальций, поступающий в кровь. Поэтому при некоторых доброкачественных опухолях паращитовидных желез происходит избыточное образование паратгормона, приводящее к развитию г е н е р а л и з о в а н н о г о ф и б р о з н о г о о с т е и т а. Это состояние характеризуется распространенной резорбцией костной ткани, сопровождающейся образованием большой массы межклеточного органического матрикса и фиброзной ткани, а также

повышением уровня кальция в крови. Кости, пораженные таким процессом, отличаются хрупкостью.

Гомоны коры надпочечников (глюкокортикоиды и минералкортикоиды) регулируют практически все метаболические процессы в организме. Наиболее важная роль среди глюкокортикоидов принадлежит кортизолу (гидрокортизону). Избыточное количество кортизола подавляет митотическую активность соединительнотканых клеток, в том числе, остеобластов и хондроцитов, что отрицательно сказывается на процессе оссификации при развитии, росте и репаративных свойствах костей.

Не вдаваясь в физиологическую и биохимическую сущность, отметим, что недостаток витамина С в организме детей сильно сказывается на зоне роста длинных трубчатых костей, выражаясь в потере способности остеобластов к синтезу и секретированию органических веществ (нарушается процесс оссификации). В результате этого кости становятся тонкими и хрупкими. Дефицит витамина С в организме взрослого человека приводит к прогрессирующему уменьшению костной ткани - о с т е о п о р о з у.

Недостаток витамина D в организме детей (рахит) приводит к нарушению процесса кальцификации развивающихся костей. Причиной является потеря способности организма усваивать кальций и фосфор. В результате этого кости становятся мягкими и деформированными. Дефицит этого витамина у взрослых связан с недостаточным обызвествлением костей, что приводит к размягчению костной ткани (о с т е о м а л а ц и я).

РЕПАРАТИВНЫЕ СВОЙСТВА КОСТЕЙ (ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ).

В предыдущих двух главах мы рассмотрели основополагающие вопросы о развитии костей и отметили главные факторы, отрицательно влияющие на этот процесс. Было показано, что носителями генетической программы остеогенеза являются компетентные (предопределенные)

остеогенные клетки, в том понимании, что они обладают способностью дифференцироваться в хондроциты или остеобласты в зависимости от величины парциально давления кислорода в окружающих тканях. В зрелых костях они находятся в покоем состоянии в составе периоста, эндоста и гаверсовых каналов остеонов, сохраняя на протяжении всей жизни свои потенциальные свойства, за счет которых осуществляется постоянная перестройка костей. Но наиболее отчетливо эти свойства проявляются при некоторых экстраординарных условиях. Они лежат в основе репаративных (восстановительных) процессов костной ткани.

Глубокое знание этого процесса является залогом успешного лечебного восстановления целостности костей при травмах и переломах, что обязывает нас, уже на первых курсах обучения, познакомиться с основным содержанием этой медико-биологической проблемы.

При переломе кости образуются отломки, что приводит к разрыву надкостницы и кровеносных сосудов как самой кости (в гаверсовой системе), так и окружающих мягких тканей. В области разрыва излившаяся кровь свертывается, образуя сгусток. При этом прекращающаяся циркуляция крови, на некотором расстоянии от линии перелома, приводит к гибели остеоцитов гаверсовых систем, отмиранию части надкостницы и частичной гибели костного мозга. Это состояние усугубляется тем, что под действием мышц и других сопутствующих факторов, отломки костей смещаются. Поэтому первейшее действие хирурга направлено на их сопоставление (репозицию отломков) и иммобилизацию.

Дальнейшее сращение отломков происходит за счет репаративных свойств остеогенных клеток неповрежденных пограничных участков надкостницы, эндоста и гаверсовых каналов. Благодаря их митотической активности и секреторной деятельности в промежутке между отломками происходит образование так называемой костной мозоли, в которой

выделяют наружную утолщенную зону (наружная костная мозоль) и внутреннюю (внутренняя костная мозоль). Первая из них является продуктом деятельности остеогенных клеток надкостницы. Так как эти клетки находятся в зоне пониженной васкуляризации, то они имеют тенденцию превращаться в хондроциты, в результате чего в наружной мозоли развивается хрящ, который существует лишь временно, как и в эмбриональных зачатках костей. При нормальном течении репарации этот хрящ в конце концов замещается костной тканью, которая в начале процесса представлена трабекулами незрелой, грубоволокнистой ткани. На этой стадии наружная костная мозоль представляет собой веретеновидную массу губчатой кости, расположенную вокруг двух отломков.

К этому времени развивается также и внутренняя костная мозоль, представленная трабекулами незрелой костной ткани, которые связывают концы отломков в глубоких зонах перелома. Источниками ее образования являются остеогенные клетки эндоста и гаверсовых каналов.

Заключительной стадией сращения переломов костей является перестройка костной мозоли, заключающаяся в замене трабекул незрелой костной ткани вторичной, зрелой, пластинчатой костной тканью. В конце концов при благоприятных условиях в результате этого процесса может полностью восстановиться первоначальная конфигурация кости.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Иванов Г.Ф. Основы нормальной анатомии человека.-М.:Медгиз, 1949.Т.1
2. Касавкина Б.С., Горбенко В.П. Жизнь костной ткани. - М.:Наука, 1979.
3. Лесгафт П.Ф. Избранные труды по анатомии.-М.:Медицина, 1968
4. Хем А., Кормак Д. Гистология.-М.:Мир, 1983.-Т.3.