# БОЛЕЗНИ СУСТАВОВ

Санкт-Петербург
СпецЛит

Руководство для врачей (СпецЛит)

Коллектив авторов

# Болезни суставов

«СпецЛит»

2008

УДК 616.7

**Коллектив авторов**

Болезни суставов / Коллектив авторов — «СпецЛит», 2008 — (Руководство для врачей (СпецЛит))

ISBN 978-5-299-00352-9

В книге изложены морфофункциональные данные о суставах, методы обследования пациентов с заболеваниями опорнодвигательного аппарата, этиология, патогенез, клиника, диагностика и дифференциальная диагностика, а также современные принципы лечения болезней суставов и позвоночника. Приведены инновационные технологии, использующиеся при обследовании пациентов с заболеваниями суставов, а также основные положения по диспансеризации и профилактике данной группы заболеваний. Руководство предназначено для ревматологов, терапевтов, врачей общей практики (семейных врачей) и студентов медицинских вузов.

УДК 616.7

ISBN 978-5-299-00352-9

© Коллектив авторов, 2008
© СпецЛит, 2008

# Содержание

УСЛОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ 5
ПРЕДИСЛОВИЕ 8
РАЗДЕЛ I 10
Глава 1. АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ О КОСТЯХ И ИХ СОЕДИНЕНИЯХ 10
1.1. ВИДЫ КОСТНОЙ ТКАНИ И ЕЕ СТРОЕНИЕ 10
1.2. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ И РЕПАРАТИВНАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ КОСТНОЙ ТКАНИ 12
1.3. РЕГУЛЯЦИЯ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КОСТНОЙ ТКАНИ 13
1.4. КОСТЬ КАК ОРГАН 14
1.5. КЛАССИФИКАЦИЯ КОСТЕЙ 19
1.6. ВНЕШНЕЕ СТРОЕНИЕ КОСТЕЙ 21
1.7. ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ КОСТЕЙ 21
1.8. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОСТИ И ЕЕ СВОЙСТВА 22
1.9. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОСТИ 23
1.10. РАЗВИТИЕ КОСТЕЙ 24
1.11. ВИДЫ ХРЯЩЕВОЙ ТКАНИ И ЕЕ СТРОЕНИЕ 26
1.12. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ И РЕПАРАТИВНАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ ХРЯЩЕВОЙ ТКАНИ 28
1.13. РЕГУЛЯЦИЯ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ХРЯЩЕВОЙ ТКАНИ 30
1.14. ВИДЫ СОЕДИНЕНИЙ КОСТЕЙ 30
1.15. СОЕДИНЕНИЯ КОСТЕЙ ТУЛОВИЩА 40
Конец ознакомительного фрагмента. 44

# Болезни суставов

## УСЛОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АВ – атриовентрикулярный
АКЛ – антитела к кардиолипину
АКТГ – адренокортикотропный гормон
АНА – антинуклеарные антитела
АНЦА – антинейтрофильные цитоплазматические антитела
АРА – Американская ревматологическая ассоциация
АС – анкилозирующий спондилоартрит
АСЛ – антистрептолизин
АТ – антитела
АФЛ – антитела к фосфолипидам
АХВ – анемия хронического воспаления
ББ – болезнь Бехтерева
БКПД – болезнь отложения кристаллов кальция пирофосфата дигидрата
ВА – волчаночный антикоагулянт
в/в – внутривенно
в/м – внутримышечно
ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения
ВУТ – временная утрата трудоспособности
ВЧС – височно-челюстной сустав
ВЭБ – вирус Эпстайна – Барр
ГВ – геморрагический васкулит
ГГФТ – гипоксантингуанинфосфорибозилтрансфераза
ГКС – глюкокортикостероиды
ГКТ – глюкокортикостероидная терапия
ДБСТ – диффузные болезни соединительной ткани
ДДТ – диадинамические токи
ДМ – дерматомиозит
ДМВ-терапия – дециметрово-волновая терапия
ДМФС – дистальные межфаланговые суставы
ЗГТ – заместительная гормональная терапия
ИКК – иммунокомпетентные клетки
ИЛ – интерлейкин
ИФН – интерферон
КК – креатинкиназа
Кон-А – конканавалин
КСФ-ГМ – колониестимулирующий фактор грануломоноцитарный
КТ – компьютерная томография
ЛПС – липополисахариды
ЛФК – лечебная физкультура
МДС – миелодиспластический синдром
МКАТ – моноклональные антитела
МПКТ – минеральная плотность костной ткани
МТ – метатрексат
МФС – межфаланговый сустав

НЛ – неходжкинская лимфома
НПВП – нестероидные противовоспалительные препараты
НЯК – неспецифический язвенный колит
ОА – остеоартроз
ОРЛ – острая ревматическая лихорадка
ПГ – простагландин
ПГн – протеогликаны
ПМ – полимиозит
ПТГ – паратиреоидный гормон
ПУВА – пувален-ультрафиолетовое облучение А-спектра
ПЦР – полимеразная цепная реакция
РА – ревматоидный артрит
РБТЛ – реакция бласттрансформации лимфоцитов
РеА – реактивный артрит
РНГА – реакция непрямой гемагглютинации
РСК – реакция связывания комплемента
РТМЛ – реакция торможения миграции лейкоцитов
РФ – ревматоидный фактор
СВ – системный васкулит
СЖ – синовиальная жидкость
СЗСТ – системное заболевание соединительной ткани
СИ – суставной индекс
СКВ – системная красная волчанка
СМТ – синусоидальные модулированные токи
СОЭ – скорость оседания эритроцитов
СР – синдром Рейно
СРБ – С-реактивный белок
ССД – системная склеродермия
СТГ – соматотропный гормон
$Т_3$ – трийодтиронин
ТФР – трансформирующий фактор роста
УП – узелковый периартериит
УФО – ультрафиолетовое облучение
ФГА – фитогемагглютинин
ФК – функциональный класс
ФНО – фактор некроза опухоли
ФНС – функциональная недостаточность суставов
ФР – фактор роста
ФТ – физиотерапия
ХПН – хроническая почечная недостаточность
ЦИК – циркулирующие иммунные комплексы
ЦНС – центральная нервная система
ЦОГ – циклооксигеназа
ЦФ – циклофосфан
ЦЦП – циклический цитруллинсодержащий пептид
ЭКГ – электрокардиография (электрокардиограмма)
ЭКМОК – экстракорпоральные методы очистки крови
ЭМП УВЧ – электромагнитное поле ультравысокой частоты
ЮРА – ювенильный ревматоидный артрит

ЯМРТ – ядерно-магнитно-резонансная томография
Ig – иммуноглобулин
TGF – см. ТФР

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Подготовленный авторским коллективом очередной том многотомного руководства для врачей посвящен большой группе первичных и вторичных артропатий, часто встречающихся в практической работе ревматологов, ортопедов, терапевтов и врачей общей практики.

Поводом для подготовки данного тома явились определенные изменения представлений о патогенезе целого ряда заболеваний суставов и околосуставных мягких тканей, трудности их диагностики, особенно на начальной стадии формирования патологического процесса, недостаточная информированность широкого круга терапевтов о новых рабочих классификациях отдельных нозологических форм, а также отсутствие систематизации в выборе тактики лечения больных с учетом нарастающего потока современных лекарственных средств, имеющих свои особенности, которые следует учитывать при назначении совместно с препаратами других фармакологических групп.

В представленном томе первый раздел содержит достаточно обширный материал о морфологических и физиологических свойствах костной и хрящевой тканей, а также связочном и мышечном аппарате суставов. Подробно рассмотрены классификация костей, этапы их развития, химический состав, механические свойства, а также виды их соединения. Нашли свое отражение сведения о химических и механических свойствах, а также метаболизме хрящевой ткани.

Книга содержит подробное описание методов физикального, лабораторного и инструментального обследования ревматологических больных. Особое внимание уделено диагностическим возможностям инновационных технологий, включая магнитно-резонансную томографию с контрастированием, рентгеновскую компьютерную томографию и сонографическое исследование суставов, а также целый ряд иммунологических тестов.

Второй и третий разделы настоящего руководства содержат главы, в которых приводятся современные классификации, а также данные об эпидемиологии, этиопатогенезе, диагностике и принципах лечения наиболее часто встречающихся воспалительных и обменно-дистрофических заболеваний суставов. На основании собственного опыта авторы представляют алгоритмы лечения больных, обосновывают возможности применения противовоспалительных и базисных средств в комплексной терапии болезней суставов, освещают показания и противопоказания к их назначению, а также осложнения и побочные эффекты рассматриваемых групп фармакологических препаратов.

Четвертый раздел тома содержит главы, характеризующие особенности поражения суставов при остеопорозе, инфекционных и эндокринных заболеваниях, а также при патологии почек и злокачественных новообразованиях. Следует отметить, что данные вопросы в учебно-методической литературе последних лет были представлены явно недостаточно.

В приложении к руководству содержатся материалы, во многом объективизирующие клинические проявления заболеваний суставов и оказывающие помощь читателю в более глубоком понимании клинических проявлений данных форм патологии (различные показатели и индексы, характеризующие суставной синдром, функциональные возможности суставов и определяющие качество жизни больных с артропатиями).

Понятно, что ревматические заболевания не ограничиваются только артропатиями и включают большое число других нозологических форм, к которым относятся диффузные болезни соединительной ткани, ревматическая лихорадка, системные васкулиты и васкулопатии. В связи со значительным объемом материала по данной проблеме он представлен в отдельном томе руководства по внутренним болезням – «Диффузные заболевания соединительной ткани».

Авторы надеются, что настоящее руководство будет полезным врачам при прохождении курсов усовершенствования по терапии и другим терапевтическим специальностям, а также ординаторам, интернам и студентам старших курсов медицинских вузов.

*Член-корреспондент РАМН, заслуженный деятель науки РФ, профессор В. И. Мазуров*

# РАЗДЕЛ I
# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОСТЯХ И ИХ СОЕДИНЕНИЯХ. МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СУСТАВОВ

## Глава 1. АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ О КОСТЯХ И ИХ СОЕДИНЕНИЯХ

### 1.1. ВИДЫ КОСТНОЙ ТКАНИ И ЕЕ СТРОЕНИЕ

Костная ткань представляет собой весьма совершенную специализированную разновидность тканей внутренней среды. В этой системе гармонично сочетаются такие противоположные свойства, как механическая прочность и функциональная пластичность, процессы новообразования и разрушения.

Костная ткань состоит из клеток и межклеточного вещества, которые характеризуются определенной гистоархитектоникой. Основные клетки костной ткани – это остеобласты, остеоциты и остеокласты.

*Остеобласты* имеют овальную или кубическую форму. Крупное светлое ядро располагается не в центре, оно несколько смещено к периферии цитоплазмы. Часто в ядре обнаруживается несколько ядрышек, что свидетельствует о высокой синтетической активности клетки. Электронно-микроскопические исследования показали, что значительная часть цитоплазмы остеобласта заполнена многочисленными рибосомами и полисомами, канальцами гранулярной эндоплазматической сети, комплексом Гольджи, митохондриями, а также особыми матриксными пузырьками. Остеобласты обладают пролиферативной активностью, являются продуцентами межклеточного вещества и играют основную роль в минерализации костного матрикса. Они синтезируют и секретируют такие химические соединения, как щелочная фосфатаза, коллагены, остеонектин, остеопонтин, остеокальцин, костные морфогенетические белки и др. В матриксных пузырьках остеобластов содержатся многочисленные ферменты, которые, выделяясь за пределы клетки, инициируют процессы минерализации кости.

Синтезируемый остеобластами органический матрикс костной ткани состоит преимущественно (90–95 %) из коллагена I типа, коллагенов III–V и других типов, а также из неколлагеновых белков (остеокальцин, остеопонтин, остеонектин, фосфопротеины, костные морфогенетические белки) и гликозаминогликановых субстанций. Белки неколлагеновой природы обладают свойствами регуляторов минерализации, остеоиндуктивных веществ, митогенных факторов, регуляторов скорости образования коллагеновых фибрилл. Тромбоспондин способствует адгезии остеобластов к поднадкостничному остеоиду кости человека.

Остеокальцин считается потенциальным индикатором функции этих клеток.

Ультраструктура остеобластов свидетельствует о том, что их функциональная активность различна. Наряду с функционально активными остеобластами, обладающими высокой синтетической активностью, имеются неактивные клетки. Чаще всего они локализуются на периферии кости со стороны костномозгового канала и входят в состав надкостницы. Строение таких клеток отличается малым содержанием органелл в цитоплазме.

*Остеоциты* являются более дифференцированными клетками, чем остеобласты. Они имеют отростчатую форму. Отростки остеоцитов располагаются в канальцах, пронизывающих

минерализованный костный матрикс в различных направлениях. Уплощенные тела остеоцитов находятся в специальных полостях – лакунах – и со всех сторон окружены минерализованным костным матриксом. Значительную часть цитоплазмы остеоцита занимает овоидное ядро. Органеллы синтеза в цитоплазме развиты слабо: имеются немногочисленные полисомы, короткие канальцы эндоплазматической сети, единичные митохондрии. В связи с тем что канальцы соседних лакун анастомозируют друг с другом, отростки остеоцитов связаны между собой при помощи специализированных щелевых контактов. В небольшом пространстве вокруг тел и отростков остеоцитов циркулирует тканевая жидкость, содержащая определенную концентрацию $Ca^{2+}$ и $PO_4^{3-}$, могут содержаться неминерализованные или частично минерализованные коллагеновые фибриллы. Функция остеоцитов заключается в сохранении целостности костного матрикса за счет участия в регуляции минерализации костной ткани и обеспечения ответа на механические стимулы. В настоящее время накапливается все больше данных о том, что эти клетки принимают активное участие в метаболических процессах, протекающих в межклеточном веществе кости, в поддержании постоянства ионного баланса в организме. Функциональная активность остеоцитов в значительной мере зависит от стадии их жизненного цикла и действия гормональных и цитокиновых факторов.

*Остеокласты* – это крупные многоядерные клетки с резко оксифильной цитоплазмой. Они являются частью фагоцитарно-макрофагальной системы организма, производными моноцитов крови. На периферии клетки определяется гофрированная щеточная каемка. В цитоплазме обнаруживается много рибосом и полисом, митохондрий, канальцев эндоплазматической сети, хорошо развит комплекс Гольджи. Отличительной особенностью ультраструктуры остеокластов является наличие большого количества лизосом, фагосом, вакуолей и везикул. Остеокласты обладают способностью создавать локально у своей поверхности кислую среду в результате интенсивно идущих в этих клетках процессов гликолиза. Кислая среда в области непосредственного контакта цитоплазмы остеокластов и межклеточного вещества способствует растворению минеральных солей и создает оптимальные условия для действия протеолитических и ряда других ферментов лизосом. Цитохимическим маркером остеокластов служит активность изофермента кислой фосфатазы, который называется кислой нитрофенилфосфатазой. Функции остеокластов заключаются в резорбции (разрушении) костной ткани и участии в процессе ремодуляции костных структур в ходе эмбрионального и постнатального развития.

Межклеточное вещество костных тканей состоит из органического и неорганического компонентов. Органические соединения представлены коллагенами I, III, IV, V, IX, XIII типов (около 95 %), неколлагеновыми белками (костные морфогенетические белки, остеокальцин, остеопонтин, тромбоспондин, костный сиалопротеин и др.), гликозаминогликанами и протеогликанами. Неорганическая часть костного матрикса представлена кристаллами гидроксиапатита, содержащими в большом количестве ионы кальция и фосфора; в значительно меньшем количестве в его состав входят соли магния, калия, фториды, бикарбонаты.

Межклеточное вещество кости постоянно обновляется. Разрушение старого межклеточного вещества представляет собой достаточно сложный и еще не ясный во многих деталях процесс, в котором принимают участие все типы клеток костной ткани и ряд гуморальных факторов, но особенно заметную и важную роль играют остеокласты.

**Типы костной ткани.** В зависимости от микроскопического строения различают две основные разновидности костной ткани – ретикулофиброзную (грубоволокнистую)и пластинчатую.

*Ретикулофиброзная костная ткань* широко представлена в эмбриогенезе и раннем постнатальном гистогенезе костей скелета, а у взрослых встречается в местах прикрепления сухожилий к костям, по линии зарастания черепных швов, а также в области переломов. Как в эмбриогенезе, так и при регенерации ретикулофиброзная костная ткань с течением вре-

мени всегда замещается пластинчатой. Характерным в строении ретикулофиброзной костной ткани является неупорядоченное, диффузное расположение костных клеток в межклеточном веществе. Мощные пучки коллагеновых волокон слабо минерализованы и идут в различных направлениях. Плотность расположения остеоцитов в ретикулофиброзной костной ткани более высокая, чем в пластинчатой, и они не имеют определенной ориентации по отношению к коллагеновым (оссеиновым) волокнам.

*Пластинчатая костная ткань* является основной тканью в составе практически всех костей человека. В этой разновидности костной ткани минерализованное межклеточное вещество образует особые костные пластинки толщиной 5–7 мкм. Каждая костная пластинка представляет собой совокупность близко расположенных друг к другу параллельных коллагеновых волокон, пропитанных кристаллами гидроксиапатита. В соседних пластинках волокна располагаются под разными углами, что придает кости дополнительную прочность. Между костными пластинками в лакунах упорядоченно лежат костные клетки – остеоциты. Отростки остеоцитов по костным канальцам проникают в окружающие их пластинки, вступая в межклеточные контакты с другими костными клетками. Различают три системы костных пластинок: окружающие (генеральные, бывают наружными и внутренними), концентрические (входят в структуру остеона), вставочные (представляют собой остатки разрушающихся остеонов).

В составе кости различают компактное и губчатое вещество. Оба они образованы пластинчатой костной тканью. Особенности гистоархитектоники пластинчатой кости будут представлены далее при описании кости как органа.

## 1.2. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ И РЕПАРАТИВНАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ КОСТНОЙ ТКАНИ

Одним из проявлений физиологической регенерации является рост трубчатых костей в длину. Он обычно заканчивается к 22–25 годам жизни. До этого времени функционирует так называемая метаэпифизарная пластинка роста, расположенная между эпифизом и диафизом. В этой пластинке различают несколько зон. Пограничная зона расположена ближе всего к костной ткани эпифиза, ее называют еще зоной покоящегося хряща. Далее расположена зона пролиферирующего молодого хряща (зона столбчатых клеток). Здесь образуются новые хондробласты для замены тех хрящевых клеток, которые отмирают у диафизарной поверхности пластинки. Следующая зона метаэпифизарной пластинки называется зоной созревающего хряща, или пузырчатых клеток. Она характеризуется разрушением хондроцитов с последующим эндохондральным окостенением. Выделяют еще зону обызвествления хряща, которая непосредственно граничит с костной тканью диафиза. В нее проникают капилляры и остеогенные клетки. Последние превращаются в остеобласты, образующие на диафизарной стороне метаэпифизарной пластинки костные перекладины. Таким образом, интерстициальный рост хряща на эпифизарной стороне метаэпифизарной пластинки отодвигает эпифиз от диафиза, но метаэпифизарная пластинка не увеличивается в толщине, так как со стороны диафиза она постоянно подвергается резорбции и замещается костной тканью.

У взрослого человека сохраняются камбиальные остеогенные клетки, которые при необходимости могут служить источником регенерации костной ткани. Клетка-родоначальница – это стволовая стромальная клетка. Она находится в костном мозге. Остеогенный путь дифференцировки стволовой стромальной клетки сопровождается пролиферацией, миграцией и последовательным образованием камбиальных клеток (полипотентных периваскулоцитов, преостеобластов, остеобластов). Периваскулярные клетки (периваскулоциты) лежат по ходу кровеносных сосудов периоста (надкостницы), эндоста и в каналах остеонов. Преостеобласты локализуются, главным образом, в периосте и эндосте и обладают высокой пролиферативной

активностью. Остеобласты способны к делению, активному синтезу межклеточного вещества и дальнейшей дифференцировке в зрелые клетки костной ткани – остеоциты.

В случае перелома репарация происходит путем образования новой костной ткани между отломками. Вначале возникает костная мозоль, состоящая из ретикулофиброзной костной ткани. Источником развития костной мозоли служат камбиальные остеогенные клетки. В наружных частях костной мозоли наряду с остеогенными клетками пролиферируют и эндотелиоциты кровеносных капилляров. По мере перестройки костной мозоли происходят ремоделирование кости и формирование новых остеонов. Постепенно ретикулофиброзная костная ткань сменяется пластинчатой.

Процессы внутренней перестройки костной мозоли в области перелома кости с превращением ретикулофиброзной костной ткани в пластинчатую продолжаются иногда несколько месяцев. Наконец, в месте перелома обычно происходит полное восстановление конфигурации и архитектоники кости. Тесное соприкосновение и жесткая фиксация отломков кости ускоряют процесс регенерации. Механизмы физиологической и репаративной регенерации качественно схожи и осуществляются за счет одних и тех же клеточных источников. Подробное описание последовательности процессов, происходящих при заживлении костных переломов и ремоделировании костей, можно найти в ряде руководств и монографий по травматологии (Брюсов П. Г. [и др.], 1996; Гололобов В. Г., 2001; Гололобов В. Г. [и др.], 2003; Ревелл П., 1993).

## 1.3. РЕГУЛЯЦИЯ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КОСТНОЙ ТКАНИ

Характерной особенностью костной ткани является постоянное сосуществование в ней процессов новообразования и разрушения, гармоничное сочетание которых является необходимым условием формирования кости. Уже с момента возникновения в ней выделяются участки, где идет интенсивный аппозиционный рост костных перекладин, и зоны, где происходит разрушение ранее образовавшейся костной ткани.

В молодом возрасте уменьшение объема костной ткани незначительно и достигает 0,4 % в год. У женщин с возрастом наблюдается более высокая потеря костной ткани, чем у мужчин. В периосте с увеличением возраста снижается или не определяется пролиферативная активность клеток остеогенного слоя надкостницы. После полового созревания снижается пролиферация клеток в метаэпифизарной хрящевой пластинке при продолжающемся эндохондральном остеогенезе. В результате хрящевая пластинка истончается, в дальнейшем происходит полное ее замещение костной тканью. Уменьшается плотность расположения остеобластов на поверхности кости и количество зрелых остеоцитов. Последние местами разрушаются, и в составе костной ткани отмечаются лакуны, лишенные остеоцитов. В связи со снижением биосинтетических процессов в клетках кости нарушается процесс периостального костеобразования, минерализации пластинок остеонов, а также происходит активизация резорбционных процессов, что приводит к возрастному остеопорозу и снижению механической прочности кости.

Метаболические процессы, происходящие в костных тканях, находятся под влиянием множества факторов. Среди них половые гормоны, гормоны щитовидной железы, паратиреоидный гормон (ПТГ), витамин D, простагландины и др.

Дифференцировка остеогенных клеток ингибируется трийодтиронином ($T_3$). Имеются данные о том, что этот же гормон активирует синтетическую активность остеобластов по выработке межклеточного вещества. ПТГ ускоряет резорбцию костной ткани. Фактор стволовых клеток, интерлейкины (ИЛ-1, ИЛ-3, ИЛ-6, ИЛ-11), простагландины, кальцитриол стимулируют деятельность остеобластов. На пролиферацию и дифференцировку клеток костной ткани оказывают влияние различные цитокины и факторы роста. Например, колониестимулирующие факторы (КСФ) и фактор некроза опухоли (ФНО) повышают функциональную актив-

ность остеокластов. Кальцитонин, эстрогены, ИЛ-4, ИЛ-13, трансформирующий фактор роста (ТФР) ингибируют активность остеокластов. Большинство цитокинов вырабатываются моноцитами, лимфоцитами, тканевыми базофилами, то есть клетками гематогенного генеза. И сами клетки костной ткани могут осуществлять аутокринную регуляцию метаболических процессов, происходящих в кости. Имеются указания на то, что остеобласты, остеоциты и остеокласты являются продуцентами ряда факторов роста, которые индуцируют дифференцировку периваскулоцитов и преостеобластов и стимулируют функциональную активность остеобластов и остеоцитов.

Помимо химических факторов, воздействие на метаболизм костной ткани оказывают и физические факторы. Так, например, повышенное парциальное давление кислорода, высокая степень оксигенации благотворно влияют на скорость физиологических процессов в костной ткани.

## 1.4. КОСТЬ КАК ОРГАН

*Кость* (*os*) – это орган, являющийся компонентом системы органов опоры и движения, имеющий типичную форму и строение, характерную архитектонику сосудов и нервов, построенный преимущественно из костной ткани, покрытый снаружи надкостницей (*periosteum*) и содержащий внутри костный мозг (*medulla osseum*).

Каждая кость имеет определенную форму, величину и положение в теле человека. На формообразование костей существенное влияние оказывают условия, в которых кости развиваются, и функциональные нагрузки, которые кости испытывают в процессе жизнедеятельности организма. Каждой кости свойственно определенное число источников кровоснабжения (артерий), наличие определенных мест их локализации и характерная внутриорганная архитектоника сосудов. Указанные особенности распространяются и на нервы, иннервирующие данную кость.

В состав каждой кости входят несколько тканей, находящихся в определенных соотношениях, но, безусловно, основной является пластинчатая костная ткань. Рассмотрим ее строение на примере диафиза длинной трубчатой кости.

Основную часть диафиза трубчатой кости, расположенную между наружными и внутренними окружающими пластинками, составляют остеоны и вставочные пластинки (остаточные остеоны). Остеон, или гаверсова система, является структурно-функциональной единицей кости. Остеоны можно рассмотреть на шлифах или гистологических препаратах (рис. 1.1).

Остеон представлен концентрически расположенными костными пластинками (гаверсовыми), которые в виде цилиндров разного диаметра, вложенных друг в друга, окружают гаверсов канал. В последнем проходят кровеносные сосуды и нервы. Остеоны большей частью располагаются параллельно длиннику кости, многократно анастомозируя между собой. Количество остеонов индивидуально для каждой кости, у бедренной кости оно составляет 1,8 на 1 мм$^2$. При этом на долю гаверсова канала приходится 0,2 – 0,3 мм$^2$. Между остеонами располагаются вставочные, или промежуточные, пластинки, которые идут во всех направлениях. Вставочные пластинки представляют собой оставшиеся части подвергшихся разрушению старых остеонов. В костях постоянно происходят процессы новообразования и разрушения остеонов.

Снаружи кость окружают несколько слоев генеральных, или общих, пластинок, которые располагаются непосредственно под надкостницей (периостом). Через них проходят прободающие каналы (фолькмановские), которые содержат кровеносные сосуды того же названия. На границе с костномозговой полостью в трубчатых костях находится слой внутренних окружающих пластинок. Они пронизаны многочисленными каналами, расширяющимися в ячейки. Костномозговая полость выстлана эндостом, который представляет собой тонкий соединительнотканный слой, включающий уплощенные неактивные остеогенные клетки.

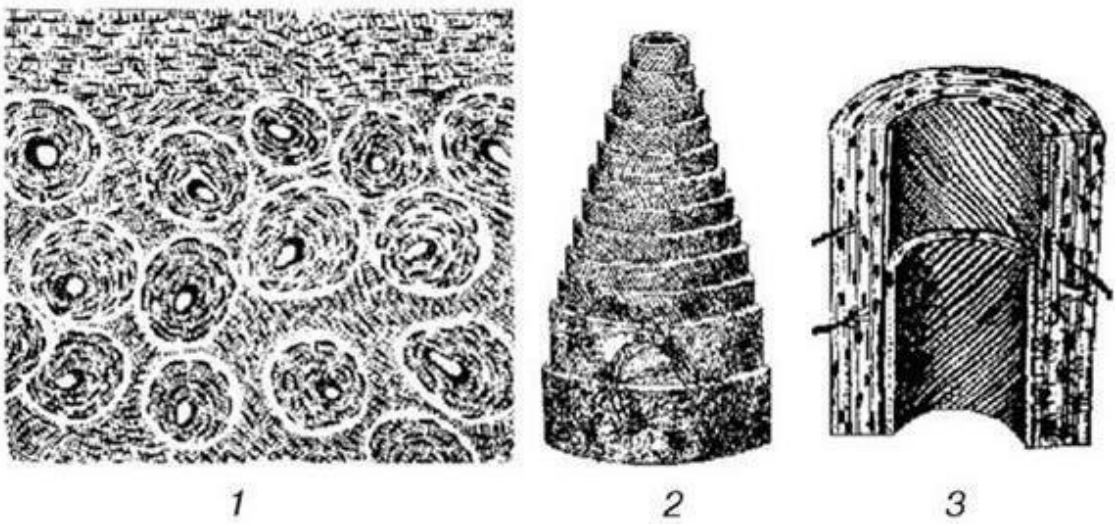


Рис. 1.1. Внутреннее строение кости:
*1* – костная ткань; *2* – остеон (реконструкция); *3* – продольный срез остеона

В костных пластинках, имеющих форму цилиндров, оссеиновые фибриллы плотно и параллельно прилежат друг к другу. Между концентрически лежащими костными пластинками остеонов находятся остеоциты. Отростки костных клеток, распространяясь по канальцам, проходят в направлении к отросткам соседних остеоцитов, вступают в межклеточные соединения, формируя пространственно ориентированную лакунарно-канальцевую систему, участвующую в метаболических процессах.

В составе остеона насчитывается до 20 и более концентрических костных пластинок. В канале остеона проходят 1–2 сосуда микроциркуляторного русла, безмиелиновые нервные волокна, лимфатические капилляры, сопровождаемые прослойками рыхлой соединительной ткани, содержащей остеогенные элементы, в том числе периваскулярные клетки и остеобласты. Каналы остеонов соединены между собой, с периостом и костномозговой полостью за счет прободающих каналов, что способствует анастомозированию сосудов кости в целом.

Снаружи кость покрыта надкостницей, образованной волокнистой соединительной тканью. В ней различают наружный (волокнистый) слой и внутренний (клеточный). В последнем локализуются камбиальные клетки-предшественники (преостеобласты). Основные функции периоста – защитная, трофическая (за счет проходящих здесь кровеносных сосудов) и участие в регенерации (благодаря наличию камбиальных клеток).

Надкостница покрывает кость снаружи (рис. 1.2), за исключением тех мест, где располагается суставной хрящ и прикрепляются сухожилия мышц или связки (на суставных поверхностях, буграх и бугристостях). Надкостница отграничивает кость от окружающих тканей. Она представляет собой тонкую прочную пленку, состоящую из плотной соединительной ткани, в которой располагаются кровеносные и лимфатические сосуды и нервы. Последние из надкостницы проникают в вещество кости.

Надкостница играет большую роль в развитии (росте в толщину) и питании кости. Ее внутренний остеогенный слой является местом образования костной ткани. Надкостница богато иннервирована, поэтому отличается высокой чувствительностью. Кость, лишенная надкостницы, становится нежизнеспособной, омертвевает. При оперативных вмешательствах на костях по поводу переломов надкостницу необходимо сохранять.

Практически у всех костей (за исключением большинства костей черепа) имеются суставные поверхности для сочленения с другими костями. Суставные поверхности покрыты не над-

костницей, а суставным хрящом (*cartilago articularis*). Суставной хрящ по своему строению чаще является гиалиновым и реже – фиброзным.

Внутри большинства костей в ячейках между пластинками губчатого вещества или в костномозговой полости (*cavitas medullaris*) находится костный мозг. Он бывает красный и желтый. У плодов и новорожденных в костях содержится только красный (кроветворный) костный мозг. Он представляет собой однородную массу красного цвета, богатую кровеносными сосудами, форменными элементами крови и ретикулярной тканью. В красном костном мозге содержатся также костные клетки, остеоциты. Общее количество красного костного мозга составляет около 1500 $см^3$. У взрослого человека костный мозг частично заменяется желтым, который в основном представлен жировыми клетками. Замене подлежит только костный мозг, расположенный в пределах костномозговой полости. Следует отметить, что изнутри костномозговая полость выстлана специальной оболочкой, получившей название эндоста (*endosteum*).

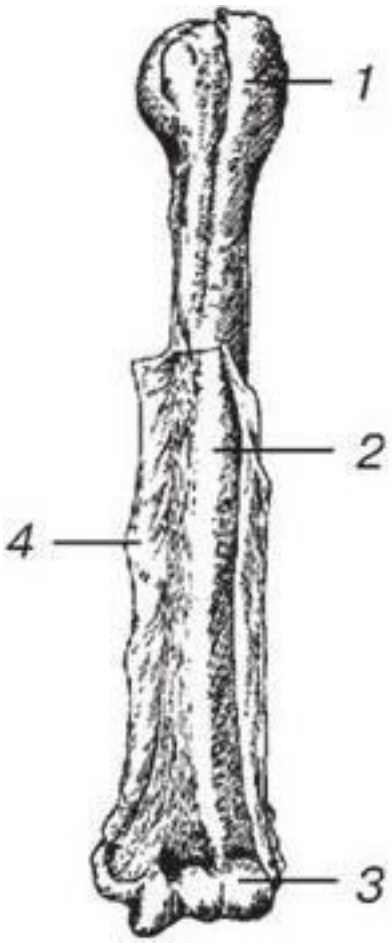


Рис. 1.2. Внешнее строение плечевой кости:

*1* – проксимальный (верхний) эпифиз; *2* – диафиз (тело); *3* – дистальный (нижний) эпифиз; *4* – надкостница

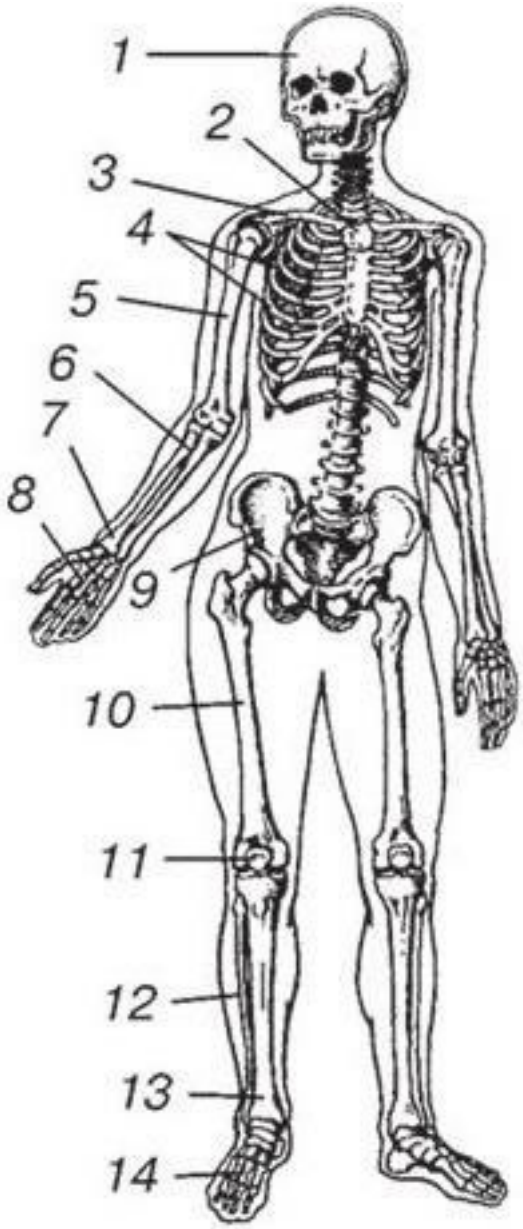


Рис. 1.3. Скелет человека (вид спереди):

*1* – череп; *2* – грудина; *3* – ключица; *4* – ребра; *5* – плечевая кость; *6* – локтевая кость; *7* – лучевая кость; *8* – кости кисти; *9* – тазовая кость; *10* – бедренная кость; *11* – надколенник; *12* – малоберцовая кость; *13* – большеберцовая кость; *14* – кости стопы

Учение о костях носит название *остеология*. Точное число костей указать нельзя, так как их количество изменяется с возрастом. В течение жизни образуется более 800 отдельных костных элементов, из них 270 появляются во внутриутробном периоде, остальные – после рождения. При этом большая часть отдельных костных элементов в детском и юношеском возрастах срастается между собой. Скелет у взрослого человека содержит только 206 костей (рис. 1.3, 1.4). Кроме постоянных костей, в зрелом возрасте могут быть непостоянные (сесамовидные) кости, появление которых обусловлено индивидуальными особенностями строения и функций организма.

Кости вместе с их соединениями в организме человека составляют скелет. Под скелетом понимается комплекс плотных анатомических образований, выполняющих в жизнедеятельности организма преимущественно механические функции. Можно выделить твердый скелет,

представленный костями, и мягкий скелет, представленный связками, мембранами и хрящевыми соединениями.

Отдельные кости и скелет человека в целом выполняют в организме различные функции. Кости туловища и нижних конечностей выполняют опорную функцию для мягких тканей (мышц, связок, фасций, внутренних органов). Большинство костей являются рычагами. К ним прикрепляются мышцы, которые обеспечивают локомоторную функцию (перемещение тела в пространстве). Обе названные функции позволяют назвать скелет пассивной частью опорно-двигательного аппарата.

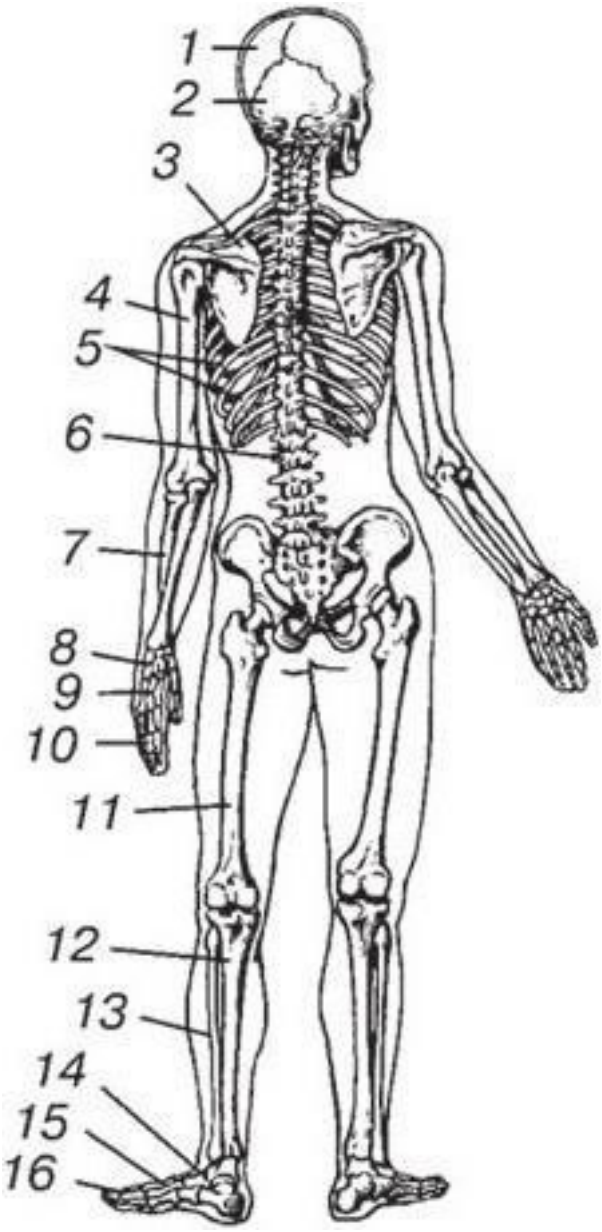


Рис. 1.4. Скелет человека (вид сзади):

*1* – теменная кость; *2* – затылочная кость; *3* – лопатка; *4* – плечевая кость; *5* – ребра; *6* – позвонки; *7* – кости предплечья; *8* – кости запястья; *9* – кости пясти; *10* – фаланги пальцев; *11* – бедренная кость; *12* – большеберцовая кость; *13* – малоберцовая кость; *14* – кости предплюсны; *15* – кости плюсны; *16* – фаланги пальцев

Скелет человека является антигравитационной конструкцией, которая противодействует силе земного притяжения. Под воздействием последней тело человека прижимается к земле, скелет при этом препятствует изменению формы тела.

Кости черепа, туловища и тазовые кости выполняют функцию защиты от возможных повреждений для жизненно важных органов, крупных сосудов и нервных стволов. Так, череп является вместилищем для головного мозга, органа зрения, органа слуха и равновесия. В позвоночном канале располагается спинной мозг. Грудная клетка защищает сердце, легкие, крупные сосуды и нервные стволы. Тазовые кости предохраняют от повреждений прямую кишку, мочевой пузырь и внутренние половые органы.

Большинство костей содержит внутри красный костный мозг, который является органом кроветворения, а также органом иммунной системы организма. Кости при этом защищают красный костный мозг от повреждения, создают благоприятные условия для его трофики и созревания форменных элементов крови. Кости принимают участие в минеральном обмене. В них депонируются многочисленные химические элементы, преимущественно соли кальция, фосфора. Так, при введении в организм радиоактивного кальция уже через сутки более половины этого вещества накапливается в костях.

## 1.5. КЛАССИФИКАЦИЯ КОСТЕЙ

Кости имеют самую разнообразную форму. По своему функциональному назначению целесообразно различать две группы костей (Гайворонский И. В., 2005): 1) кости туловища и конечностей; 2) кости черепа. По форме и строению различают четыре вида костей туловища и конечностей: трубчатые, плоские, объемные и смешанные.

Трубчатые кости на распиле имеют в диафизе полость. По величине они могут быть разделены на длинные (плечевая, кости предплечья, бедренная, кости голени) и короткие (кости пясти, плюсны, пальцев, ключица). У трубчатых костей выделяют два конца (эпифизы) и среднюю часть (диафиз) (рис. 1.5). Эпифизы построены из губчатого вещества и снаружи покрыты тонкой пластинкой компактного вещества. Диафиз (тело) представляет собой трубку, образованную толстой пластинкой компактного вещества и содержащую внутри костномозговую полость. На границе между эпифизом и диафизом находится метафиз. Это преобразовавшийся в кость метаэпифизарный хрящ.

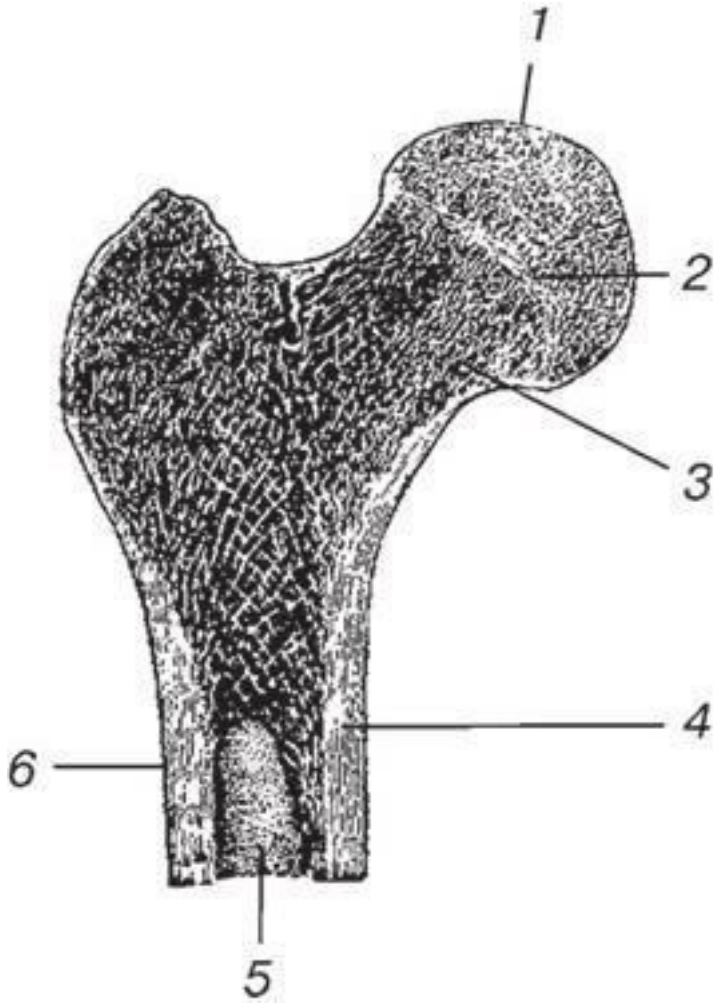


Рис. 1.5. Строение длинной трубчатой кости на примере бедренной кости:
*1* – проксимальный (верхний) эпифиз; *2* – метафиз; *3* – губчатое вещество; *4* – компактное вещество; *5* – костномозговая полость; *6* – диафиз (тело)

Плоские кости на распиле представлены преимущественно однородной массой губчатого вещества. Они обширны по площади, но толщина их незначительна (тазовые кости, грудина, лопатки, ребра).

В большинстве случаев объемные кости, как и плоские, на распиле содержат однородную массу губчатого вещества (кости запястья, предплюсны).

Смешанные кости отличаются специфичностью и сложностью своей формы: встречаются элементы строения объемных и плоских костей (позвонки, крестец, копчик).

Кости черепа различаются по расположению, развитию и строению (Гайворонский И. В., Ничипорук Г. И., 2005). По расположению их делят на кости мозгового и лицевого черепа. По развитию – на первичные (эндесмальные) и вторичные (энхондральные). Кости черепа имеют очень сложную внешнюю форму, поэтому целесообразно принимать во внимание их внутреннее строение. В связи с этим можно выделить три вида костей черепа:

1) кости, имеющие в своем составе диплоическое вещество, — *диплоические* (теменная, затылочная, лобная кости, нижняя челюсть);

2) кости, содержащие воздушные полости, — *пневматизированные* (височная, клиновидная, решетчатая, лобная кости и верхняя челюсть);

3) кости, построенные преимущественно из компактного вещества, — *компактные* (слезная, скуловая, небная, носовая кость, нижняя носовая раковина, сошник, подъязычная кость).

## 1.6. ВНЕШНЕЕ СТРОЕНИЕ КОСТЕЙ

При описании наружной формы кости обращают внимание на ее поверхности (*facies*); они могут быть плоские, вогнутые или выпуклые, гладкие или шероховатые. Наибольшей гладкостью отличаются суставные поверхности (*facies articulares*), которые участвуют в образовании суставов между костями. Конец одной кости нередко закругляется, образуя головку (*caput*); на другой соответственно образуется вогнутость, суставная ямка (*fossa articularis*). Головка может быть отделена от тела кости перехватом – шейкой (*collum*). Если суставной конец представляет собой обширную, но слабо изогнутую поверхность, то он называется мыщелковым отростком (*condylus*). Отростки, расположенные в ближайшем соседстве над ним, носят название *epicondyli* и служат для прикрепления сухожилий мышц и связок (они еще называются апофизами).

В зависимости от положения различают следующие поверхности костей: внутреннюю, наружную, медиальную, латеральную и т. д. Поверхности ограничиваются более или менее резко выраженными краями (*margo*), которые, в свою очередь, определяются как верхний или нижний, передний или задний, медиальный или латеральный. Они могут быть ровными или зазубренными, тупыми или острыми, иногда имеют вырезки (*incisurae*) различной величины.

На поверхности костей наблюдаются отростки, возвышения, углубления и отверстия. Перечень основных образований на костях следующий: отросток (*processus*); возвышение (*eminentia*); бугристость (*tuberositas*); бугор (*tuber*, *protuberantia*); бугорок (*tuberculum*); ость – острый отросток в виде шипа (*spina*); гребень (*crista*); ямка (*fovea, fossa*); ямочка (*foveola*); борозда (*sulcus*); отверстие (*foramen*); канал (*canalis*); каналец (*canaliculus*); щель (*fissura*); полость (*cavitas*).

## 1.7. ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ КОСТЕЙ

Внутреннее строение костей у плода и у ребенка после рождения существенно отличается. В связи с этим различают два вида костной ткани – ретикулофиброзную и пластинчатую. Ретикулофиброзная костная ткань составляет основу эмбрионального скелета человека. Костный матрикс у нее структурно не упорядочен, пучки коллагеновых волокон идут в разных направлениях и непосредственно связаны с соединительной тканью, окружающей кость.

После рождения ретикулофиброзная ткань ребенка заменяется пластинчатой, которая построена из костных пластинок толщиной 4,5–11 мкм. Между костными пластинками в мельчайших полостях (лакунах) находятся костные клетки-остеоциты. Коллагеновые волокна в костных пластинках ориентированы в строго определенном направлении и располагаются параллельно поверхности пластинок. Они теряют связь с окружающей кость соединительной тканью. Соединение их с надкостницей осуществляется только за счет прободающих (шарпеевских) волокон, направляющихся из надкостницы в поверхностные слои кости. Пластинчатая кость гораздо прочнее, чем ретикулофиброзная. Замена костной ткани одного вида другим обусловлена влиянием функциональных нагрузок на скелет.

На распиле мацерированной кости, т. е. кости, лишенной мягких тканей, можно видеть два вида костного вещества: компактное и губчатое. Компактное вещество (*substantia compacta*) располагается снаружи и представлено сплошной костной массой, костные пластинки в нем располагаются очень близко друг к другу. Компактное вещество в виде тонкой

пластинки покрывает эпифизы трубчатых и плоских костей. Полностью из компактного вещества построены диафизы трубчатых костей.

Губчатое вещество (*substantia spongiosa*) представлено редко расположенными костными пластинками, в ячейках между которыми содержится красный костный мозг. Из губчатого вещества построены расширенные концы трубчатых костей, тела позвонков, ребра, грудина, тазовые кости и ряд костей кисти и стопы. Компактное вещество у этих костей образует лишь поверхностный кортикальный слой.

В диафизах трубчатых костей имеются три вида костных пластинок: гаверсовы, вставочные и генеральные. Пластинки тесно прилежат друг к другу, располагаются параллельно длиннику кости и составляют хорошо выраженный слой компактного вещества. Его толщина составляет 1,5–5 мм. Таким образом, диафиз трубчатой кости представляет собой полый цилиндр, стенками которого является компактное вещество. Полость цилиндра называется костномозговым каналом, который сообщается с ячейками губчатого вещества в эпифизах кости.

Эпифизы трубчатой кости построены из губчатого вещества, в котором выделяют гаверсовы и вставочные пластинки. Компактное вещество покрывает эпифизы только снаружи сравнительно тонким слоем. Аналогичное строение имеют широкие и короткие кости. Пластинки губчатого вещества в каждой кости располагаются строго упорядоченно. Они совпадают с направлением сил наибольшего сжатия и растяжения. Каждая кость имеет строение, соответствующее тем условиям, в которых она находится. При этом архитектоника перекладин такова, что они в нескольких смежных костях составляют одну общую систему. Такое строение костей обусловливает наибольшую прочность. В позвонках силы растяжения и сжатия направлены перпендикулярно верхней и нижней поверхности тела позвонка. Этому отвечает преимущественно вертикальное направление перекладин в губчатом веществе. В проксимальном эпифизе бедренной кости выражены дугообразные системы перекладин, которые передают давление с поверхности головки кости на стенки диафиза. Имеются также трабекулы, передающие силу тяги мышц, прикрепляющихся к большому вертелу. Для пяточной кости характерны радиально идущие перекладины, распределяющие нагрузки по поверхности пяточного бугра, на который опирается стопа. В местах наибольшей концентрации силовых траекторий образуется компактное вещество. Это хорошо видно на распиле бедренной и пяточной костей, где компактное вещество утолщено в участках пересечения силовых линий с поверхностью кости. Исходя из этого, можно рассматривать компактное вещество как результат сжатия губчатого и, наоборот, губчатое вещество рассматривать как разреженное компактное. Следует отметить, что при изменении условий статики и динамики (усилении и ослаблении функциональных нагрузок) архитектоника губчатого вещества изменяется, часть перекладин рассасывается или развиваются новые системы костных балок. Особенно заметно меняется структура губчатой кости при переломах.

## 1.8. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОСТИ И ЕЕ СВОЙСТВА

Химический состав кости зависит от состояния исследуемой кости, возрастных и индивидуальных особенностей. Свежая кость взрослого человека содержит 50 % воды; 15,75 % жира; 12,25 % органических веществ и 22 % неорганических веществ. Высушенная и обезвоженная кость содержит примерно $^{2}/_{3}$ неорганического вещества и $^{1}/_{3}$ – органического.

Неорганическое вещество представлено преимущественно солями кальция в виде субмикроскопических кристаллов гидроксиапатита. С помощью электронного микроскопа установлено, что оси кристаллов идут параллельно костным волокнам. Из кристаллов гидроксиапатита формируются минеральные волокна. Органическое вещество кости носит название *оссеина*. Это белок, представляющий собой разновидность коллагена и образующий основное

вещество кости. Содержится оссеин в составе костных клеток – остеоцитов. В межклеточном веществе кости или костном матриксе располагаются костные волокна, построенные из белка коллагена. При вываривании костей белки (коллаген и оссеин) образуют клейкую массу. Следует отметить, что костный матрикс, кроме коллагеновых волокон, содержит минеральные волокна. Переплетение волокон органического и неорганического веществ придает костной ткани особые свойства: прочность и упругость.

прочность и упругость.

Если обработать кость кислотой, т. е. произвести декальцинацию, то минеральные соли удаляются. Такая кость, состоящая только из одного органического вещества, сохраняет все детали формы, но отличается чрезвычайной гибкостью и эластичностью.

При удалении органического вещества путем сжигания кости эластичность теряется, оставшееся вещество делает кость весьма хрупкой.

Количественное отношение органического и неорганического веществ в костях зависит прежде всего от возраста и может меняться под влиянием различных причин (климатические условия, фактор питания, заболевания организма).

Так, у детей кости гораздо беднее минеральными веществами (неорганическими), поэтому отличаются большей гибкостью и меньшей твердостью. У пожилых людей, наоборот, уменьшается количество органических веществ, кости становятся более хрупкими, при травмах в них часто возникают переломы.

## 1.9. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОСТИ

Кость является твердым телом, для которого основными свойствами являются прочность и упругость.

Прочность – это способность противостоять внешней разрушающей силе. Количественно прочность определяется пределом прочности и зависит от макро- и микроскопической конструкции и состава костной ткани. Что касается макроскопической конструкции, то каждая кость имеет специфическую форму, позволяющую выдерживать наибольшую нагрузку в определенной части скелета. Внутренняя конструкция кости, как уже было показано ранее, также сложная. Остеон, или гаверсова система, – это полая цилиндрическая трубка, стенки которой построены из множества пластин. Известно, что в архитектурных сооружениях полые колонны (трубчатые) имеют бйльшую прочность на единицу массы, чем цельные. Следовательно, уже только остеонная конструкция кости предусматривает высокую степень прочности кости. Группы остеонов, располагаясь по линиям наибольших нагрузок, формируют костные перекладины губчатого вещества и костные пластинки компактного вещества. Необходимо учитывать, что в местах наибольших нагрузок костные перекладины располагаются дугообразно (арочно). Арочные системы, наряду с трубчатыми, относятся к числу наиболее прочных. Арочный принцип строения перекладин губчатого вещества характерен для проксимального эпифиза бедренной кости, для губчатого вещества пяточной кости и т. д.

На прочность существенно влияет и состав кости. При декальцинации кость легко изгибается, сжимается и скручивается, при повышении содержания кальция она становится хрупкой.

Прочность кости у здорового взрослого человека больше, чем прочность некоторых строительных материалов, она такая же, как у чугуна. Исследования по изучению прочности проводились еще в прошлом веке. Так, по данным П. Ф. Лесгафта, бедренная кость человека при растяжении выдерживала нагрузку 5500 Н/см$^2$, при сжатии – 7787 Н/см$^2$. Большеберцовая кость выдерживала нагрузку при сжатии 1650 Н/см$^2$, что может сравниться с грузом, равным массе тел более чем 20 человек. Указанные цифры свидетельствуют о высокой степени резервных возможностей костей по отношению к различным нагрузкам.

Изменение трубчатой структуры кости (как макро-, так и микроскопической) снижает ее механическую прочность. Например, после срастания переломов трубчатое строение нарушается, прочность костей существенно уменьшается.

Упругость – это свойство приобретать исходную форму после прекращения воздействия факторов внешней среды. Упругость кости равна упругости твердых пород дерева. Она так же, как и прочность, зависит от макро- и микроскопической конструкции и химического состава кости.

Таким образом, механические свойства кости – прочность и упругость – обусловлены оптимальной комбинацией содержащихся в ней органических и неорганических веществ.

## 1.10. РАЗВИТИЕ КОСТЕЙ

Костная ткань появляется у человеческого зародыша в середине 2-го месяца внутриутробной жизни, когда уже сформировались все остальные ткани. Развитие костей может осуществляться двумя способами: на основе соединительной ткани и на основе хряща.

Кости, формирующиеся на основе соединительной ткани, называются первичными. К ним относятся кости крыши черепа, лицевого черепа. Процесс окостенения первичных костей имеет название *эндесмальный*. Он осуществляется следующим образом. В центре соединительнотканной закладки появляется точка окостенения (*punctum ossificationis*), которая затем разрастается в глубину и по поверхности. От точки окостенения по радиусам образуются костные перекладины, которые между собой соединяются костными балками. В ячейках между балками находится костный мозг и кровеносные сосуды. У большинства покровных костей закладывается не одна, а несколько точек окостенения, которые, постепенно разрастаясь, сливаются друг с другом. В конечном счете от первоначального соединительнотканного пласта неизменным остается лишь самый поверхностный слой. Он затем превращается в надкостницу.

Кости, развивающиеся на основе хряща, называют вторичными, так как они проходят соединительнотканную, хрящевую и, в последнюю очередь, костную стадии. Ко вторичным относят кости основания черепа, туловища и конечностей. Рассмотрим развитие вторичной кости на примере длинной трубчатой кости. К концу 2-го месяца внутриутробного периода на месте будущей кости определяется хрящевая закладка, которая по форме напоминает конкретную кость. Хрящевая закладка покрыта надхрящницей. В области будущего диафиза кости надхрящница превращается в надкостницу. Хрящевая ткань под ней обызвествляется, и хрящевые клетки начинают погибать. На их месте из надкостницы появляются костные клетки – остеобласты. Последние начинают производить органический матрикс костной ткани, который подвергается кальцификации. Остеобласты, замурованные в межклеточном веществе, превращаются в остеоциты. Таким образом, в области диафиза образуется костный цилиндрик – периостальная или перихондральная кость. Этот этап окостенения вторичных костей называют перихондральным. В дальнейшем отмечается постепенное нарастание новых слоев кости со стороны надкостницы. Вокруг прорастающих из надкостницы сосудов формируются костные пластинки, т. е. развиваются гаверсовы системы. Прорастающие из надкостницы сосуды направляются в середину хрящевой болванки. Хрящ в центре диафиза обызвествляется, рассасывается, и на его месте образуется губчатая костная ткань. Данный процесс носит название энхондральное окостенение диафиза. Костномозгового канала вначале нет. Он формируется по мере преобразования губчатого вещества энхондральной кости внутри диафиза и развития в нем красного костного мозга.

В эпифизах окостенение начинается позже, у некоторых костей даже после рождения. Окостенение начинается из костной точки, появляющейся внутри хрящевой закладки эпифиза. Данный процесс окостенения называют энхондральным. Он проходит следующим образом. Вначале из надкостницы вглубь хряща по радиусам прорастают кровеносные сосуды. В

самой середине эпифиза хрящ обызвествляется и рассасывается, а на его месте развивается костная ткань. Позже за счет надкостницы по краю хрящевой закладки эпифиза развивается периостальная кость (перихондральная), которая представлена тонкой пластинкой компактного вещества. Перихондральная пластинка отсутствует лишь в области будущих суставных поверхностей костей, там остается хорошо выраженный слой хряща. Хрящевая прослойка остается также между эпифизом и диафизом, это метаэпифизарный хрящ. Он является зоной роста кости в длину и исчезает лишь после прекращения роста кости.

У длинных трубчатых костей (бедро, кости голени, плечевая кость, кости предплечья) обычно формируются отдельные точки окостенения в каждом эпифизе. Прирастание эпифизов к диафизу обычно происходит после рождения. Так, у большеберцовой кости нижний эпифиз прирастает к 22 годам, а верхний – к24годам. У коротких трубчатых костей (кости пясти, плюсны, фаланги), как правило, имеется точка окостенения только в одном эпифизе, а другой эпифиз окостеневает за счет диафиза. У некоторых трубчатых костей в эпифизе появляется одновременно несколько точек окостенения, например, в верхнем эпифизе плеча – три точки, в нижнем – четыре.

Кости с объемной формой (кости запястья, предплюсны) окостеневают так же, как и эпифизы длинных трубчатых костей, т. е. энхондральное окостенение предшествует периостальному. В плоских костях процесс идет противоположно, т. е. периостальное окостенение предшествует энхондральному.

Следует обратить внимание на то, что кроме главных точек окостенения могут быть добавочные. Они появляются значительно позже главных. С наступлением полового созревания метаэпифизарные хрящи истончаются и замещаются костной тканью. В скелете образуются синостозы. Первыми прирастают дистальный эпифиз плечевой кости и эпифизы пястных костей. Завершается образование синостозов к 24–25 годам. Рост кости заканчивается в тот момент, когда все главные и добавочные точки сливаются в одну массу, т. е. после исчезновения хрящевых прослоек, отделяющих части кости друг от друга.

Наблюдаются значительные индивидуальные различия в темпах окостенения. Процесс окостенения скелета у ребенка может ускоряться или замедляться, что обусловлено генетическими, гормональными и средовыми факторами. Для оценки процесса развития скелета у ребенка введено понятие «костный возраст», о котором судят по числу имеющихся в костях точек окостенения и срокам их слияния. Для определения окостенения обычно производят рентгеновские снимки кисти, так как в этой части тела особенно четко выявляется возрастная динамика появления точек окостенения и развития синостозов. Так, для костей запястья характерны следующие сроки появления точек окостенения: у новорожденного все запястье хрящевое; на 1-м году образуются точки окостенения в головчатой и крючковидной кости; на 3-м – в трехгранной; на 4-м – вполулунной; на 5-м – в ладьевидной; на 6–7-м – в кости трапеции и в трапециевидной кости; на 10–14-м – в гороховидной кости.

В. С. Сперанский (1998) выделяет следующие закономерности процесса окостенения:

1) в перепончатой основе (соединительнотканной) окостенение начинается раньше, чем в хряще;

2) окостенение скелета происходит в краниокаудальном направлении;

3) в черепе окостенение распространяется от лицевого черепа к мозговому;

4) в свободных конечностях окостенение идет от проксимальных отделов к дистальным.

Костный возраст не всегда совпадает с паспортным. Так, у одних детей процесс окостенения завершается на 1–2 года раньше положенного срока, у других – на 1–2 года отстает.

Начиная с 9 лет, отчетливо выявляются половые различия окостенения: у девочек этот процесс происходит быстрее. Рост тела в длину у девушек завершается в 16–17 лет, у юношей – в 17–18 лет. После этого возраста прирост длины тела составляет не более 2 %.

При старении в различных частях скелета происходит разрежение кости – остеопороз. В трубчатых костях отмечается рассасывание кости на внутренней поверхности диафиза, в результате чего расширяется костномозговая полость.

Вместе с этим наблюдается обызвествление и развитие костной ткани на внешней поверхности костей, под надкостницей. Нередко в местах прикрепления связок и сухожилий, а также по краям суставных поверхностей формируются костные выросты – остеофиты. Прочность костей у пожилых людей значительно уменьшается и сравнительно небольшие травмы могут приводить к переломам.

Старение скелета характеризуется индивидуальной изменчивостью. У одних людей признаки старения появляются уже в 35–40-летнем возрасте, у других – только после 70 лет. В целом, признаки старения скелета у женщин выражены больше, чем у мужчин. Однако этот процесс существенно зависит от комплекса факторов: генетического, климатического, гормонального, алиментарного (фактор питания), функционального, экологического и т. д.

Как указывает В. С. Сперанский (1998), скелет человека – это совершенная динамическая конструкция, адаптированная к двигательной функции и образу жизни человека, чутко реагирующая на различные изменения, происходящие как в самом организме, так и в окружающей среде.

## 1.11. ВИДЫ ХРЯЩЕВОЙ ТКАНИ И ЕЕ СТРОЕНИЕ

Хрящевая ткань, как и костная, относится к скелетным тканям с опорно-механической функцией. По классификации выделяют три разновидности хрящевой ткани – гиалиновую, эластическую и волокнистую (рис. 1.6). Особенности строения различных видов хрящевой ткани зависят от места расположения ее в организме, механических условий, возраста индивидуума.

Наиболее широкое распространение у человека получила гиалиновая хрящевая ткань. Она входит в состав трахеи, некоторых хрящей гортани, крупных бронхов, темафизов костей, встречается в местах соединения ребер с грудиной и в некоторых других областях тела. Эластическая хрящевая ткань входит в состав ушной раковины, бронхов среднего калибра, некоторых хрящей гортани. Волокнистый хрящ обычно встречается в местах перехода сухожилий и связок в гиалиновый хрящ, например в составе межпозвоночных дисков.

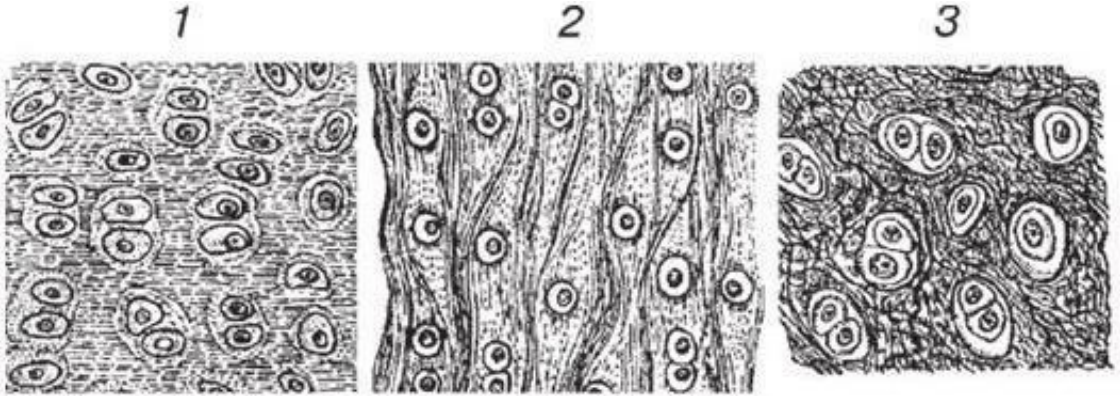


Рис. 1.6. Виды хрящевой ткани:
*1* – гиалиновый хрящ; *2* – эластический хрящ; *3* – волокнистый хрящ

Строение всех видов хрящевой ткани в общих чертах сходно: они имеют в своем составе клетки и межклеточное вещество (матрикс). Одной из особенностей межклеточного вещества хрящевой ткани является его высокая обводненность: содержание воды в норме колеблется от

60 до 80 %. Площадь, занимаемая межклеточным веществом, значительно больше площади, занятой клетками. Межклеточное вещество хрящевой ткани вырабатывается клетками (хондробластами и молодыми хондроцитами) и имеет сложный химический состав. Оно подразделяется на основное аморфное вещество и фибриллярный компонент, который составляет примерно 40 % сухой массы межклеточного вещества и представлен в гиалиновой хрящевой ткани коллагеновыми фибриллами, образованными коллагеном II типа, идущими диффузно в различных направлениях. На гистологических препаратах фибриллы незаметны, так как имеют одинаковый с аморфным веществом показатель преломления. В эластической хрящевой ткани наряду с коллагеновыми фибриллами имеются многочисленные эластические волокна, состоящие из белка эластина, который тоже продуцируется хрящевыми клетками. Волокнистая хрящевая ткань содержит большое количество пучков коллагеновых волокон, состоящих из коллагенаIиIIтипа.

Ведущими химическими соединениями, образующими основное аморфное вещество хрящевых тканей (хондромукоид), являются сульфатированные гликозаминогликаны (кератосульфаты и хондроитинсульфаты А и С) и нейтральные мукополисахариды, большинство из которых представлено сложными надмолекулярными комплексами. В хрящах получили широкое распространение соединения молекул гиалуроновой кислоты с протеогликанами и со специфическими сульфатированными гликозаминогликанами. Этим обеспечиваются особые свойства хрящевых тканей – механическая прочность и в то же время проницаемость для органических соединений, воды и других веществ, необходимых для обеспечения жизнедеятельности клеточных элементов. Маркерными, наиболее специфичными для межклеточного вещества хряща соединениями являются кератосульфаты и определенные разновидности хондроитинсульфатов. Они составляют около 30 % сухой массы хряща.

Основные клетки хрящевой ткани – хондробласты и хондроциты. *Хондробласты* представляют собой молодые, малодифференцированные клетки. Они располагаются вблизи надхрящницы, лежат поодиночке и характеризуются округлой или овальной формой с неровными краями. Крупное ядро занимает значительную часть цитоплазмы. Среди клеточных органелл преобладают органеллы синтеза – рибосомы и полисомы, гранулярная эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, митохондрии; характерны включения гликогена. При общегистологической окраске препаратов гематоксилином и эозином хондробласты слабобазофильны. Структура хондробластов указывает на то, что эти клетки обнаруживают высокую метаболическую активность, в частности, связанную с синтезом межклеточного вещества. Показано, что в хондробластах синтез коллагеновых и неколлагеновых белков пространственно разделен. Весь цикл синтеза и выведения высокомолекулярных компонентов межклеточного вещества в функционально активных хондробластах у человека занимает менее суток. Новообразованные белки, протеогликаны и гликозаминогликаны не располагаются непосредственно вблизи поверхности клетки, а распространяются диффузно на значительном расстоянии от клетки в образовавшемся ранее межклеточном веществе. Среди хондробластов встречаются и функционально неактивные клетки, строение которых характеризуется слабым развитием синтетического аппарата. Кроме того, часть хондробластов, находящаяся сразу под надхрящницей, не утратила способность к делению.

*Хондроциты* — зрелые клетки хрящевой ткани – занимают, главным образом, центральные участки хряща. Синтетические способности этих клеток значительно ниже, чем у хондробластов. Дифференцированные хондроциты чаще всего лежат в хрящевых тканях не поодиночке, а группами, включающими по 2, 4, 8 клеток. Это так называемые изогенные группы клеток, которые образовались в результате деления одной хрящевой клетки. Структура зрелых хондроцитов указывает на то, что они не способны к делению и заметному синтезу межклеточного вещества. Но некоторые исследователи считают, что при определенных условиях митоти-

ческая активность в этих клетках все же возможна. Функция хондроцитов заключается в поддержании на определенном уровне обменных метаболических процессов в хрящевых тканях.

Изогенные группы клеток находятся в хрящевых полостях, окруженных матриксом. Форма хрящевых клеток в изогенных группах может быть различной – округлой, овальной, веретеновидной, треугольной – в зависимости от положения на том или ином участке хряща. Хрящевые полости окружены узкой, более светлой, чем основное вещество, полоской, образующей как бы оболочку хрящевой полости. Эта оболочка, отличающаяся оксифильностью, называется клеточной территорией, или территориальным матриксом. Более удаленные участки межклеточного вещества называются интерстициальным матриксом. Территориальный и интерстициальный матриксы – участки межклеточного вещества с различными структурно-функциональными свойствами. В пределах территориального матрикса коллагеновые фибриллы ориентированы вокруг поверхности изогенных клеточных групп. Переплетения коллагеновых фибрилл образуют стенку лакун. Пространства между клетками внутри лакун заполнены протеогликанами. Интерстициальный матрикс характеризуется слабобазофильной или оксифильной окраской и соответствует наиболее старым участкам межклеточного вещества.

Таким образом, дефинитивная хрящевая ткань характеризуется строго поляризованным распределением клеток в зависимости от степени их дифференцировки. Вблизи надхрящницы находятся наименее дифференцированные клетки – хондробласты, имеющие вид вытянутых параллельно надхрящнице клеток. Они активно синтезируют межклеточное вещество и сохраняют митотическую способность. Чем ближе к центру хряща, тем клетки более дифференцированы, они располагаются изогенными группами и характеризуются резким снижением синтеза компонентов межклеточного вещества и отсутствием митотической активности.

В современной научной литературе описан еще один тип клеток хрящевой ткани — *хондрокласты*. Они встречаются только при разрушении хрящевой ткани, а в условиях ее нормальной жизнедеятельности не обнаруживаются. По своим размерам хондрокласты значительно крупнее, чем хондроциты и хондробласты, так как содержат в цитоплазме несколько ядер. Функция хондрокластов связана с активацией процессов дегенерации хряща и участием в фагоцитозе и лизисе фрагментов разрушенных хрящевых клеток и компонентов хрящевого матрикса. Иными словами, хондрокласты – это макрофаги хрящевой ткани, входящие в единую макрофагально-фагоцитарную систему организма.

## 1.12. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ И РЕПАРАТИВНАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ ХРЯЩЕВОЙ ТКАНИ

Ведущую роль в восстановительном процессе хрящевой ткани, как и любой другой ткани, играют закономерности ее эмбрионального развития (гистогенеза). Основные черты эмбрионального хондрогенеза обнаруживаются в ходе физиологической и репаративной регенерации. Следует особо подчеркнуть, что клеточные источники как физиологической, так и репаративной регенерации хрящевой ткани одни и те же.

В настоящее время не вызывает сомнения тот факт, что источником эмбрионального развития хрящевых тканей является мезенхима, в составе которой ведущую роль играют полипотентные мезенхимные стволовые клетки. Мезенхимным стволовым клеткам посвящен ряд исследований, из которых следует, что потомками этой клеточной популяции во взрослом организме человека являются стволовые стромальные клетки костного мозга. Они отличаются от стволовых кроветворных клеток, так как не экспрессируют антигены гемопоэтических клеток – CD34, CD14, CD45. Часть стволовых стромальных клеток при определенных условиях (соответствующее микроокружение, цитокиновое влияние, действие факторов роста и пр.) способна дифференцироваться по хондробластическому пути в хондрогенные клетки – пре-

хондробласты, хондробласты, хондроциты. Предшественниками прехондробластов, по-видимому, являются малодифференцированные клетки, располагающиеся по ходу мелких кровеносных сосудов. Это так называемые периваскулярные клетки, которые иногда ошибочно называют перицитами. Термин «перицит» закреплен за зрелой, высокодифференцированной клеткой, лежащей в расщеплениях базальной мембраны кровеносных капилляров и осуществляющей связь между эндотелием и нервными элементами, вследствие чего может регулироваться просвет капилляра, вплоть до полного его закупоривания. Периваскулярные клетки часто еще именуют адвентициальными. В зависимости от условий они могут дифференцироваться в фибробласты, остеобласты, хондробласты и некоторые другие цитотипы. Важную роль в этом процессе играют факторы роста, представляющие собой малые полипептиды. Часть этих веществ является стимуляторами пролиферации прехондробластов и хондробластов. Например, АВ- и ВВ-изоформы тромбоцитарного фактора роста, ТФР-â усиливают митотическую активность периваскулярных клеток и прехондробластов. Кислый и основной факторы роста фибробластов стимулируют пролиферацию, но подавляют дифференцировку хондробластов. Инсулиноподобные факторы роста1и2стимулируют и пролиферацию, и дифференцировку, причем последнюю – в гораздо большей степени. Действие факторов роста в различных сочетаниях является потенциальным механизмом для регуляции активности камбиальных клеток хрящевых тканей.

Если основным местом локализации стволовых клеток, необходимых для обеспечения физиологической и репаративной регенерации хрящевых тканей, является костный мозг, то главным источником камбиальных (активно делящихся) клеток служит соединительнотканная надхрящница. В ней (в отличие от хрящевой ткани) имеются кровеносные сосуды, и, следовательно, периваскулярные клетки. Последние, подвергаясь митотическому делению и дифференцировке, образуют популяцию прехондробластов, располагающихся во внутреннем слое надхрящницы и при благоприятных условиях микроокружения мигрирующих под надхрящницу и в самой хрящевой ткани превращающихся в хондробласты. Хондробласты активно пролиферируют и продуцируют межклеточное вещество. Через определенный промежуток времени эти клетки дифференцируются в хондроциты, формируя изогенные группы клеток.

Различают так называемый аппозиционный и интерстициальный рост хряща. Первый осуществляется за счет периваскулярных клеток и прехондробластов надхрящницы. Второй – за счет малодифференцированных хондробластов, лежащих в самой хрящевой ткани и находящихся непосредственно под надхрящницей.

Нужно иметь в виду, что полноценная репаративная регенерация хряща возможна лишь при небольших по площади повреждениях. При обширных повреждениях хрящевой ткани, сопровождающихся разрушением надхрящницы на большом протяжении, регенерацию хрящевой ткани опережает развитие грануляционной ткани на месте дефекта. С течением времени грануляционная ткань трансформируется в рубцовую соединительную ткань.

В последнее время активно развивается новое направление медицинской науки – регенеративная медицина, которая базируется на использовании новейших клеточных технологий, в частности тканевой инженерии. В передовых научных центрах разработаны методики выращивания в специальных условиях на особых питательных средах клеточных культур стволовых стромальных клеток и их производных, среди которых и предшественники хрящевых клеток. При необходимости эти клетки-предшественники могут быть пересажены (трансплантированы) в область дефекта хряща и служить источником его регенерации. К сожалению, пока работы в этом направлении носят преимущественно экспериментальный характер, но уже имеются сведения об использовании данной клеточной технологии в клинической практике.

## 1.13. РЕГУЛЯЦИЯ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ХРЯЩЕВОЙ ТКАНИ

Метаболические процессы в хрящевой ткани регулируются многими механизмами. Один из ведущих регуляторных путей – эндокринный. Известно, что эстрогены и кортикостероидные гормоны тормозят или угнетают рост хрящей. Андрогены, гормоны щитовидной железы, соматотропный гормон (СТГ), наоборот, стимулируют рост и развитие хрящевой ткани, влияя на метаболизм и дифференцировку хрящевых клеток, способствуя оптимальному химическому составу межклеточного вещества.

Особая роль в регуляции гистофизиологии хрящевых тканей принадлежит цитокинам и факторам роста. Цитокины представляют собой полипептиды, которые продуцируются самыми различными клетками, в том числе и хрящевыми. Наибольший спектр биологически активных веществ, влияющих на метаболизм хрящевых тканей, выделяют макрофаги и тканевые базофилы (тучные клетки). Например, выделяемые ими фактор роста фибробластов, инсулиноподобный фактор роста, эпидермальный фактор роста оптимизируют соотношение процессов пролиферации и дифференцировки хрящевых клеток.

Активированные макрофаги выделяют ряд факторов, которые индуцируют процессы ангиогенеза при росте и регенерации хрящей. Различные монокины регулируют процессы пролиферации эндотелиальных клеток, их миграцию и новообразование капилляров надхрящницы независимо друг от друга. Тучные клетки выделяют также вазоактивные амины, способствующие повышению проницаемости сосудистой стенки, и фактор, стимулирующий рост капилляров. Выделяющиеся при дегрануляции тканевых базофилов вещества оказывают митогенное действие не только на эндотелиоциты, но и на другие клетки, в том числе находящиеся внутри хрящевой ткани.

Фактор роста эндотелия кровеносных сосудов, продуцируемый макрофагами и эндотелиоцитами, стимулирует развитие кровеносных сосудов микроциркуляторного русла надхрящницы, опосредованно оказывая благоприятное воздействие по трофику хряща.

Все факторы роста подразделяют на три группы. В первую входят стимуляторы пролиферативной активности клеток (митогены). Вторую группу составляют факторы, вызывающие пролиферацию и миграцию клеток хрящевой ткани. К третьей группе относятся модификаторы фенотипического состояния тканевых элементов.

Процесс старения сопровождается атрофией хрящевой ткани, изменением строения и количества клеток, изменением физико-химических свойств межклеточного вещества. Многие хрящевые клетки здесь гибнут, местами появляются довольно грубые волокнистые структуры, делающие основное вещество непрозрачным. В результате разжижения основного вещества появляются полости, в которые иногда проникают сосуды, и тут могут возникать островки окостенения. На участках стареющего гиалинового хряща могут отлагаться известковые соли, что приводит к обызвествлению хряща.

## 1.14. ВИДЫ СОЕДИНЕНИЙ КОСТЕЙ

Имеющиеся в теле человека многочисленные соединения костей целесообразно представить в виде классификации (табл. 1.1). В соответствии с данной классификацией существуют два основных вида соединений костей – непрерывное и прерывное, каждое из которых в свою очередь подразделяется на несколько групп (Гайворонский И. В., Ничипорук Г. И., 2005).

Следует отметить, что рельеф костей нередко отражает конкретный вид соединения. Для непрерывных соединений на костях характерны бугристости, гребни, линии, ямки и шероховатости, а для прерывных – гладкие суставные поверхности различной формы.

## Непрерывные соединения

Различают три группы непрерывных соединений костей – фиброзные, хрящевые и костные.

I. **Фиброзные соединения**, или соединения с помощью соединительной ткани, — **синдесмозы**. К ним относятся связки, мембраны, роднички, швы и вколачивания.

**Связки** – это соединения с помощью соединительной ткани, имеющие вид пучков коллагеновых и эластических волокон. По своему строению связки с преобладанием коллагеновых волокон называются фиброзными, а связки, содержащие преимущественно эластические волокна, – эластическими. В отличие от фиброзных, эластические связки способны укорачиваться и возвращаться к исходной форме после прекращения нагрузки.

*Таблица 1.1*

**Виды соединений костей**

<table>
<tr><th>Непрерывные соединения (синартрозы, synarthrosis)</th><th colspan="3">Прерывные соединения (диартрозы, diarthrosis; синовиальные соединения или суставы, articulationes synoviales)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">I. Фиброзные соединения (articulationes fibrosae):<br>связки (ligamenta);<br>мембраны (membranae);<br>роднички (fonticuli);<br>швы (suturae)<br>вколачивания (gomphosis)<br>II. Хрящевые соединения (articulationes cartilagineae):<br>соединения с помощью гиалинового хряща (временные);<br>соединения с помощью фиброзного хряща (постоянные)<br>III. Соединения с помощью костной ткани (synostosis)</td><td colspan="3">По осям вращения и форме суставных поверхностей:</td></tr>
<tr><td>одноосные:<br>а) цилиндрический, или вращательный (art. trochoidea);<br>б) блоковидный (art. ginglymus), разновидность — улитковый (art. cochlearis)</td><td>двуосные:<br>а) эллипсоидный (art. ellipsoidea);<br>б) седловидный (art. sellaris);<br>в) мыщелковый (art. bicondylaris)</td><td>многоосные:<br>а) шаровидный (art. spheroidea), разновидность — чашеобразный (art. cotylica) или ореховидный (art. enarthrosis);<br>б) плоский, (art. plana)</td></tr>
<tr><td colspan="3">По количеству суставных поверхностей:<br>простой (art. simplex);<br>сложный (art. composite)<br>По одномоментной совместной функции:<br>комбинированный (art. combinatoria)</td></tr>
</table>

По длине волокон связки могут быть длинными (задняя и передняя продольные связки позвоночного столба, надостистая связка), соединяющими несколько костей на большом протяжении, и короткими, соединяющими соседние кости (межостистые, межпоперечные связки и большинство связок костей конечностей).

По отношению к капсуле сустава различают внутрисуставные и внесуставные связки. Последние рассматривают как внекапсулярные и капсулярные. Связки как самостоятельный вид соединения костей могут выполнять различные функции:

– удерживающую или фиксирующую (крестцово-бугорная связка, крестцово-остистая, межостистые, межпоперечные связки и т. д.);

– роль мягкого скелета, так как являются местом начала и прикрепления мышц (большинство связок конечностей, связок позвоночного столба и т. д.);

– формообразующую, когда они вместе с костями формируют своды или отверстия для прохождения сосудов и нервов (верхняя поперечная связка лопатки, связки таза и т. д.).

**Мембраны** – это соединения с помощью соединительной ткани, имеющие вид межкостной перепонки, заполняющей в отличие от связок обширные промежутки между костями. Соединительнотканные волокна в составе мембран, преимущественно коллагеновые, распола-

гаются в таком направлении, которое не препятствует движению. Роль их во многом сходна со связками. Они также удерживают кости относительно друг друга (межреберные мембраны, межкостные мембраны предплечья и голени), служат местом начала мышц (эти же мембраны) и формируют отверстия для прохождения сосудов и нервов (запирательная мембрана).

**Роднички** – это соединительнотканные образования с большим количеством промежуточного вещества и редко расположенными коллагеновыми волокнами. Роднички создают условия для смещения костей черепа в процессе родов и способствуют интенсивному росту костей после рождения. Наибольших размеров достигает передний родничок (30 × 25 мм). Он закрывается на втором году жизни. Задний родничок имеет размер 10 × 10 мм и полностью исчезает к концу второго месяца после рождения. Еще меньшие размеры имеют парные клиновидные и сосцевидные роднички. Они зарастают до рождения или в первые две недели после рождения. Роднички ликвидируются за счет разрастания костей черепа и формирования между ними шовной соединительной ткани.

**Швы** – это тонкие прослойки соединительной ткани, располагающиеся между костями черепа, с содержанием большого количества коллагеновых волокон. По форме швы бывают зубчатые, чешуйчатые и плоские, они служат зоной роста костей черепа и оказывают амортизирующее действие при движениях, предохраняя головной мозг, органы зрения, слуха и равновесия от повреждений.

**Вколачивания** – соединения зубов с ячейками альвеолярных отростков челюстей с помощью плотной соединительной ткани, имеющей специальное название – периодонт. Хотя это очень прочное соединение, оно обладает еще и выраженными амортизационными свойствами при нагрузке на зуб. Толщина периодонта составляет 0,14 – 0,28 мм. Состоит он из коллагеновых и эластических волокон, ориентированных на всем протяжении перпендикулярно от стенок альвеолы к корню зуба. Между волокнами залегает рыхлая соединительная ткань, содержащая большое количество сосудов и нервных волокон. При сильном сжимании челюстей за счет давления зуба-антагониста периодонт сильно сдавливается, и зуб погружается в ячейку до 0,2 мм.

С возрастом количество эластических волокон уменьшается, и при нагрузке периодонт повреждается, нарушается его кровоснабжение и иннервация, зубы расшатываются и выпадают.

II. **Хрящевые соединения – синхондрозы**. Эти соединения представлены гиалиновым или фиброзным хрящом. Сравнивая названные хрящи друг с другом, можно отметить, что гиалиновый хрящ отличается большей упругостью, но меньшей прочностью. С помощью гиалинового хряща соединяются метафизы и эпифизы трубчатых костей и отдельные части тазовой кости. Фиброзный хрящ в основном состоит из коллагеновых волокон, поэтому отличается большей прочностью и меньшей упругостью. Таким хрящом соединяются тела позвонков. Прочность хрящевых соединений повышается также за счет того, что надкостница с одной кости переходит на другую, не прерываясь. В области хряща она превращается в надхрящницу, которая в свою очередь прочно срастается с хрящом и подкрепляется связками.

По длительности существования синхондрозы могут быть постоянными и временными, т. е. существующими до определенного возраста, а затем заменяющимися костной тканью. В нормальных физиологических условиях временными являются метаэпифизарные хрящи, хрящи между отдельными частями плоских костей, хрящ между основной частью затылочной и телом клиновидной костей. Эти соединения в основном представлены гиалиновым хрящом. Постоянными называются хрящи, образующие межпозвоночные диски; хрящи, расположенные между костями основания черепа (клиновидно-каменистый и клиновидно-затылочный), и хрящ между I ребром и грудиной. Указанные соединения представлены в основном фиброзным хрящом.

Главное назначение синхондрозов – смягчение толчков и напряжений при сильных нагрузках на кость (амортизация) и обеспечение прочного соединения костей. Хрящевые соединения в то же время обладают большой подвижностью. Объем движений зависит от толщины хрящевой прослойки: чем она больше, тем больше и объем движений. В качестве примера можно привести разнообразные движения в позвоночном столбе: наклоны вперед, назад, в стороны, скручивание, пружинящие движения, которые особенно развиты у гимнастов, акробатов и пловцов.

III. **Соединения с помощью костной ткани — синостозы.** Это самые прочные соединения из группы непрерывных, но полностью утратившие упругость и амортизационные свойства. В нормальных условиях синостозированию подвергаются временные синхондрозы. При некоторых заболеваниях (болезнь Бехтерева, остеохондроз и т. д.) окостенение может происходить не только во всех синхондрозах, но и во всех синдесмозах.

## Прерывные соединения

Прерывными соединениями являются суставы или синовиальные соединения. **Сустав** – это прерывное полостное соединение, образованное сочленяющимися суставными поверхностями, покрытыми хрящом, заключенными в суставную сумку (капсулу), внутри которой содержится синовиальная жидкость.

Сустав должен обязательно включать три основных элемента: суставную поверхность, покрытую хрящом; суставную капсулу; полость сустава.

1. **Суставные поверхности —** это участки кости, покрытые суставным хрящом. У длинных трубчатых костей они находятся на эпифизах, у коротких – на головках и основаниях, у плоских – на отростках и теле. Формы суставных поверхностей строго детерминированы: чаще на одной кости имеется головка, на другой – ямка, реже они плоские. Суставные поверхности на сочленяющихся костях по форме должны соответствовать друг другу, т. е. быть конгруэнтными. Чаще суставные поверхности выстланы гиалиновым (стекловидным) хрящом. Фиброзным хрящом покрыты, например, суставные поверхности височно-нижнечелюстного сустава. Толщина хряща на суставных поверхностях составляет 0,2 – 0,5 см, причем в суставной ямке он толще по краю, а на суставной головке – в центре.

В глубоких слоях хрящ обызвествлен, прочно связан с костью. Этот слой называют омелотворенным, или пропитанным карбонатом кальция. Хондроциты (хрящевые клетки) в этом слое окружены соединительнотканными волокнами, расположенными перпендикулярно к поверхности, т. е. рядами или столбцами. Они приспособлены к сопротивлению силам давления на суставную поверхность. В поверхностных слоях преобладают соединительнотканные волокна в виде дуг, начинающихся и заканчивающихся в глубоких слоях хряща. Эти волокна ориентированы параллельно поверхности хряща. Кроме того, в этом слое имеется большое количество промежуточного вещества, поэтому поверхность хряща гладкая, будто отполированная. Поверхностный слой хряща приспособлен к сопротивлению силам трения (тангенциальным силам). С возрастом хрящ подвергается омелотворению, толщина его уменьшается, он становится менее гладким.

Роль суставного хряща сводится к тому, что он сглаживает неровности и шероховатости суставной поверхности кости, придавая ей большую конгруэнтность. В силу своей эластичности он смягчает толчки и сотрясения, поэтому в суставах, несущих большую нагрузку, суставной хрящ толще.

2. **Суставная сумка —** это герметическая капсула, окружающая суставную полость, прирастающая по краю суставных поверхностей или на незначительном удалении от них. Она состоит из наружной (фиброзной) мембраны и внутренней (синовиальной). Фиброзная мембрана в свою очередь состоит из двух слоев плотной соединительной ткани (наружного про-

дольного и внутреннего кругового), в которых располагаются кровеносные сосуды. Она укреплена внесуставными связками, которые образуют локальные утолщения и располагаются в местах наибольшей нагрузки. Связки обычно тесно связаны с капсулой, и отделить их можно только искусственно. Редко встречаются обособленные от капсулы сустава связки, например боковые большеберцовая и малоберцовая. В малоподвижных суставах фиброзная мембрана утолщена. В подвижных суставах она тонкая, слабо натянутая, а в некоторых местах настолько сильно истончена, что наружу даже выпячивается синовиальная мембрана. Так образуются синовиальные выворотки (синовиальные сумки), обычно располагающиеся под сухожилиями.

Синовиальная мембрана обращена в полость сустава, обильно снабжается кровью, изнутри выстлана синовиоцитами, способными выделять синовиальную жидкость. Синовиальная мембрана покрывает изнутри всю полость сустава, переходит на кости и внутрисуставные связки. Свободными от нее остаются только поверхности, представленные хрящом. Синовиальная мембрана гладкая, блестящая, может образовывать многочисленные отростки – ворсинки. Иногда эти ворсинки отрываются и как инородные тела попадают на межсуставные поверхности, вызывая кратковременную боль и препятствуя движению. Данное состояние называют «суставной мышью». Синовиальная мембрана может лежать непосредственно на фиброзной мембране или отделяться от нее подсиновиальным слоем или жировой прослойкой, поэтому различают фиброзную, ареолярную и жировую синовиальные мембраны.

Синовиальная жидкость по составу и характеру образования представляет собой трансудат – выпот плазмы крови и лимфы из капилляров, прилежащих к синовиальной мембране. В полости сустава эта жидкость смешивается с детритом отторгающихся клеток синовиоцитов и стирающегося хряща. Кроме того, в состав синовиальной жидкости входит муцин, мукополисахариды и гиалуроновая кислота, которые придают ей вязкость. Количество жидкости зависит от величины сустава и составляет от 5 мм$^3$ до5см$^3$. Синовиальная жидкость выполняет следующие функции:

- смазывает суставные поверхности (уменьшает трение при движениях, увеличивает скольжение);
- сцепляет суставные поверхности, удерживает их относительно друг друга;
- смягчает нагрузку;
- питает суставной хрящ;
- участвует в обмене веществ.

3. **Полость сустава** – это герметически закрытое пространство, ограниченное суставными поверхностями и капсулой, заполненное синовиальной жидкостью. Выделить полость сустава на неповрежденном суставе можно только условно, так как пустоты между суставными поверхностями и капсулой нет, она заполнена синовиальной жидкостью. Форма и объем полости зависят от формы суставных поверхностей и строения капсулы. В малоподвижных суставах она небольшая, в высокоподвижных – большая и может иметь выворотки, распространяющиеся между костями, мышцами и сухожилиями. В полости сустава давление отрицательное. При повреждении капсулы в полость проникает воздух, и суставные поверхности расходятся.

Кроме основных элементов, в суставах могут встречаться вспомогательные, которые обеспечивают оптимальную функцию сустава. Это внутрисуставные связки и хрящи, суставные губы, синовиальные складки, сесамовидные кости и синовиальные сумки.

1. **Внутрисуставные связки** – это фиброзные связки, покрытые синовиальной мембраной, которые связывают суставные поверхности в коленном суставе, в суставе головки ребра и тазобедренном суставе. Они удерживают суставные поверхности относительно друг друга. Эта функция особенно четко видна на примере крестообразных связок коленного сустава. При их разрыве наблюдается симптом «выдвижного ящика», когда при сгибании в коленном суставе голень смещается по отношению к бедру кпереди и кзади на 2–3 см. Связка головки бедра служит проводником сосудов, питающих суставную головку.

2. **Внутрисуставные хрящи —** это фиброзные хрящи, располагающиеся между суставными поверхностями в виде пластинок. Пластинка, полностью разделяющая сустав на два «этажа», называется суставным диском (*discus articularis*). При этом образуются две разделенные полости, как, например, в височно-нижнечелюстном суставе. Если полость сустава разделяется пластинками хряща только частично, т. е. пластинки имеют форму полулуния и краями сращены с капсулой, – это мениски (*menisci*), которые представлены в коленном суставе. Внутрисуставные хрящи обеспечивают конгруэнтность суставных поверхностей, увеличивая тем самым объем движений и их разнообразие, способствуют смягчению толчков, уменьшению давления на подлежащие суставные поверхности.

3. **Суставная губа —** это фиброзный хрящ кольцевидной формы, дополняющий по краю суставную ямку; при этом одним краем губа сращена с капсулой сустава, а другим переходит в суставную поверхность. Суставная губа встречается в двух суставах: плечевом и тазобедренном (*labrum glenoidale, labrum acetabulare*). Она увеличивает площадь суставной поверхности, делает ее глубже, ограничивая тем самым объем движений.

4. **Синовиальные складки** (*plicae synoviales*) – это богатые сосудами соединительнотканные образования, покрытые синовиальной оболочкой. Если внутри них скапливается жировая клетчатка, то образуются жировые складки. Складки заполняют свободные пространства полости сустава, имеющей большие размеры. Способствуя уменьшению полости сустава, складки косвенно увеличивают сцепление сочленяющихся поверхностей и тем самым увеличивают объем движений.

5. **Сесамовидные кости** (*ossa sesamoidea*) – это вставочные кости, тесно связанные с капсулой сустава и окружающими сустав сухожилиями мышц. Одна из поверхностей у них покрыта гиалиновым хрящом и обращена в полость сустава. Вставочные кости способствуют уменьшению полости сустава и косвенно увеличивают объем движений в нем. Они также являются блоками для сухожилий мышц, действующих на сустав. Самая большая сесамовидная кость – это надколенник. Мелкие сесамовидные кости часто встречаются в суставах кисти, стопы (в межфаланговых, запястно-пястном суставе 1-го пальца и др.).

6. **Синовиальные сумки** (*bursae synoviales*) – это небольшие полости, выстланные синовиальной мембраной, часто сообщающиеся с полостью сустава. Величина их составляет от 0,5 до 5 $см^3$. Большое количество их встречается в суставах конечностей. Внутри них скапливается синовиальная жидкость, которая смазывает рядом расположенные сухожилия.

Движения в суставах могут осуществляться только вокруг трех осей вращения:

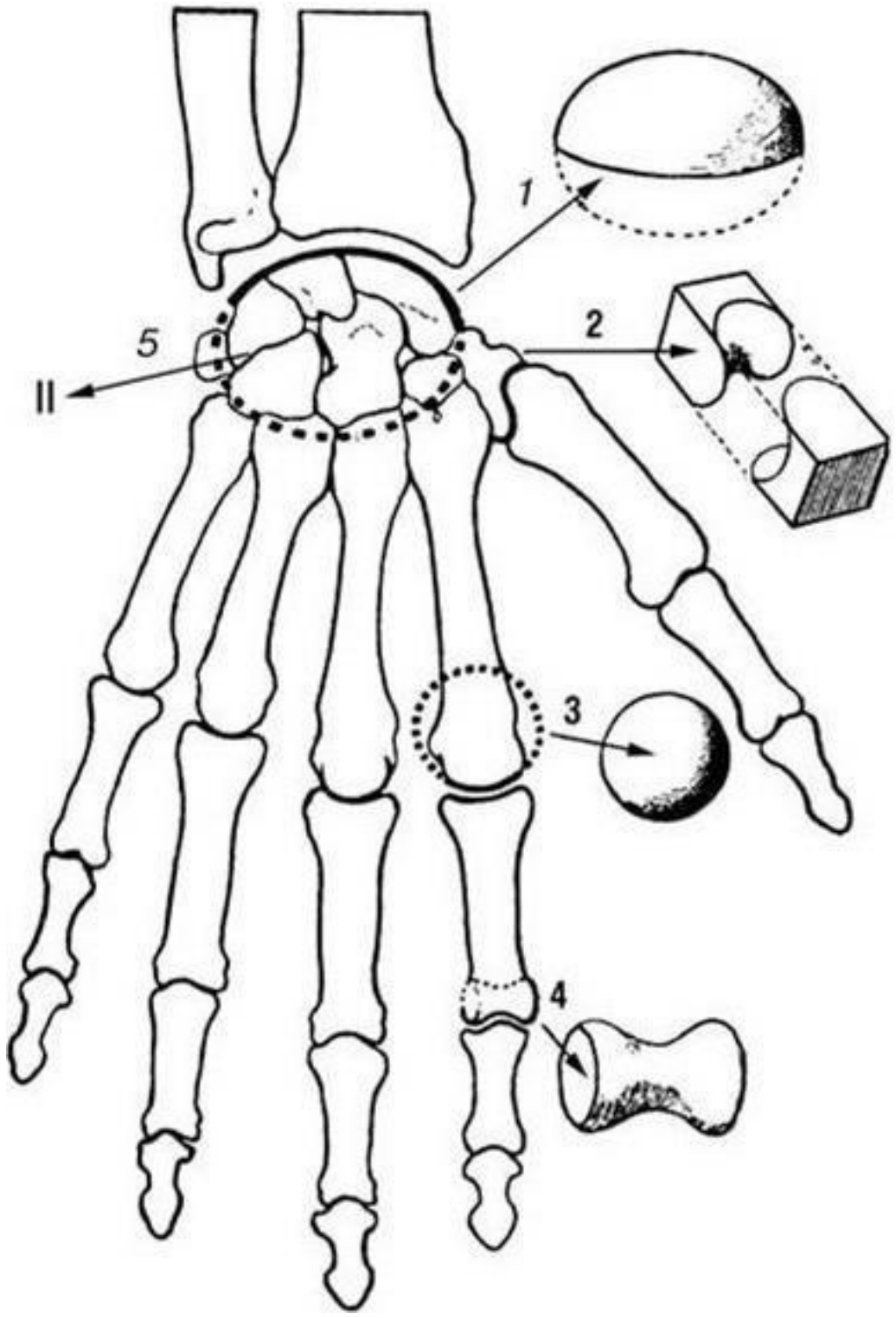


Рис. 1.7. Формы суставов (на примере суставов кисти):
*1* – эллипсоидный; *2* – седловидный; *3* – шаровидный; *4* – блоковидный; *5* – плоский

— *фронтальной* (ось, соответствующая фронтальной плоскости, разделяющей тело на переднюю и заднюю поверхности);

– *сагиттальной* (ось, соответствующая сагиттальной плоскости, разделяющей тело на правую и левую половины);

– *вертикальной*, или своей собственной оси.

Для верхней конечности вертикальная ось проходит через центр головки плечевой кости, головочку мыщелка плечевой кости, головку лучевой и локтевой костей. Для нижней конечности – по прямой линии, соединяющей переднюю верхнюю ость подвздошной кости, внутренний край надколенника и большой палец. Суставная поверхность одной из сочленяющихся костей, имеющая форму головки, может быть представлена в виде шара, эллипса, седла, цилиндра или блока (рис. 1.7). Каждой из этих поверхностей соответствует и суставная ямка. Следует отметить, что суставная поверхность может быть образована несколькими костями, придающими ей в совокупности определенную форму (например суставная поверхность, сформированная костями проксимального ряда запястья).

Движения в суставах вокруг осей вращения определяются геометрической формой суставной поверхности. Например, цилиндр и блок вращаются только вокруг одной оси; эллипс, овал, седло – вокруг двух осей; шар или плоская поверхность – вокруг трех.

Количество и возможные виды движений вокруг существующих осей вращения представлены в табл. 1.2, 1.3. Так, вокруг фронтальной оси отмечаются два вида движений (сгибание и разгибание); вокруг сагиттальной оси также два вида движений (приведение и отведение); при переходе с одной оси на другую возникает еще одно движение (круговое, или коническое); вокруг вертикальной оси – одно движение (вращение), но у него могут быть подвиды: вращение внутрь или наружу (пронация или супинация).

Таким образом, существуют всего 6 видов движений. Возможны и дополнительные движения, такие как скользящие, пружинящие (удаление и сближение суставных поверхностей при сжатии и растяжении) и скручивание. Эти движения относятся не к отдельным суставам, а к группе комбинированных, например межпозвоночных.

*Таблица 1.2*

**Оси вращения, количество и виды возможных движений**

| Оси вращения, вокруг которых совершаются движения | Количество возможных движений | Виды возможных движений |
|---|---|---|
| Фронтальная | 2 | Сгибание, разгибание |
| Сагиттальная | 2 | Приведение, отведение |
| Фронтальная и сагиттальная | 5 | Сгибание, разгибание, приведение, отведение, круговое движение (коническое) |
| Вертикальная | 1 | Вращение (подвиды вращения: внутрь и наружу; пронация, супинация) |

*Таблица 1.3*

**Максимальное количество возможных видов движений в суставах, зависящее от количества осей вращения и формы суставной поверхности**

| Осность сустава | Форма суставной поверхности | Реализуемые оси вращения | Количество движений | Виды движений |
|---|---|---|---|---|
| Одноосный | Блоковидный | Фронтальная | 2 | Сгибание, разгибание |
| | Вращательный (цилиндрический) | Вертикальная | 1 | Вращение |
| Двуосный | Эллипсовидный, седловидный | Сагиттальная и фронтальная | 5 | Сгибание, разгибание, приведение, отведение, круговое движение |
| | Мыщелковый | Фронтальная и вертикальная | 3 | Сгибание, разгибание, вращение |
| Многоосный | Шаровидный, плоский | Фронтальная, сагиттальная и вертикальная | 6 | Сгибание, разгибание, приведение, отведение, круговое движение, вращение |

Исходя из классификации суставов, необходимо дать характеристику каждой отдельной группе.

I. Классификация суставов по осям вращения и форме суставных поверхностей:

**Одноосные суставы —** это суставы, в которых совершаются движения только вокруг какой-либо одной оси. Практически такой осью является либо фронтальная, либо вертикальная. Если ось фронтальная, то в этих суставах совершаются движения в виде сгибания и разгибания. Если же ось вертикальная, то возможно только одно движение – вращение. Представителями одноосных суставов по форме суставных поверхностей являются: **цилиндрический** (*articulatio trochoidea*) **(вращательный) и блоковидный** (*ginglymus*). Цилиндрические суставы осуществляют движения вокруг вертикальной оси, т. е. совершают вращение. Примером таких суставов являются: срединный атлантоосевой сустав, проксимальный и дистальный лучелоктевые суставы.

Блоковидный сустав похож на цилиндрический, только располагается не вертикально, а горизонтально и имеет на суставной головке гребешок, а на суставной ямке – выемку. За счет гребешка и выемки невозможны смещения суставных поверхностей в стороны. Капсула у таких суставов свободна спереди и сзади и всегда укреплена боковыми связками, не препятствующими движениям. Работают блоковидные суставы всегда вокруг фронтальной оси. Примером являются межфаланговые суставы.

Разновидностью блоковидного сустава является **улитковый** (*articulatio cochlearis*), или винтообразный, сустав, у которого выемка и гребешок скошены, имеют винтовой ход. Примером улиткового сустава служит плечелоктевой сустав, работающий также вокруг фронтальной оси. Таким образом, у одноосных суставов имеется один или два вида движения.

**Двуосные суставы —** суставы, работающие вокруг двух из трех имеющихся осей вращения. Так, если движения совершаются вокруг фронтальной и сагиттальной осей, то такие суставы реализуют 5 видов движений: сгибание, разгибание, приведение, отведение и круговое движение. По форме суставных поверхностей эти суставы являются **эллипсоидными или седловидными** (*articulacio ellipsoidea, articulatio sellaris*). Примеры эллипсоидных суставов: атлантозатылочный и лучезапястный; седловидного: запястно-пястный сустав 1-го пальца.

Если движения осуществляются вокруг фронтальной и вертикальной осей, то возможно реализовать только три вида движений – сгибание, разгибание и вращение. По форме это **мыщелковые** суставы (*articulacio bicondyllaris*), например коленный и височно-нижнечелюстной суставы.

Мыщелковые суставы – это переходная форма между одноосными и двуосными суставами. Основной осью вращения в них является фронтальная. В отличие от одноосных суставов в них больше разность площадей суставных поверхностей, а в связи с этим и объем движений увеличивается.

**Многоосные суставы —** это суставы, движения в которых осуществляются вокруг всех трех осей вращения. Они совершают максимально возможное количество движений – 6 видов. По форме это **шаровидные** суставы (*articulatio spheroidea*), например плечевой. Разновидностью шаровидного сустава является **чашеобразный** (*articulatio cotylica*), или **ореховидный** (*articulatio enarthrosis*), например тазобедренный. Для него характерна глубокая суставная ямка, прочная капсула, укрепленная связками, объем движений в нем меньше. Если поверхность шара имеет очень большой радиус кривизны, то она приближается к плоской поверхности. Сустав с такой поверхностью называется **плоским** (*articulatio plana*). Для плоских суставов характерны небольшая разность площадей суставных поверхностей, крепкие связки, движения в них резко ограничены или вообще отсутствуют (например в крестцово-подвздошном суставе). В связи с этим данные суставы называют малоподвижными (амфиартрозами).

II. Классификация суставов по количеству суставных поверхностей.

**Простой сустав** (*articulatio simplex*) – это сустав, имеющий только две суставные поверхности, каждая из которых может быть образована одной или несколькими костями. Например, суставные поверхности межфаланговых суставов образованы только двумя костями, а одна из суставных поверхностей в лучезапястном суставе образована тремя костями проксимального ряда запястья.

**Сложный сустав** (*articulatio composita*) – это сустав, в одной капсуле которого находится несколько суставных поверхностей, следовательно, несколько простых суставов, способных функционировать как вместе, так и отдельно. Примером сложного сустава является локтевой сустав, имеющий 6 отдельных суставных поверхностей, образующих 3 простых сустава: плечелучевой, плечелоктевой, проксимальный лучелоктевой. Некоторые авторы к сложным суставам относят и коленный сустав. Учитывая суставные поверхности на менисках и надколеннике, они выделяют такие простые суставы, как бедренно-менисковый, мениско-большеберцовый и бедренно-надколенниковый. Мы считаем коленный сустав простым, так как мениски и надколенник являются вспомогательными элементами.

III. Классификация суставов по одномоментной совместной функции.

**Комбинированные суставы** (*articulatio combinatoria*) – это суставы, анатомически разобщенные, т. е. находящиеся в различных суставных капсулах, но функционирующие только вместе. Например, височно-нижнечелюстной сустав, проксимальный и дистальный лучелоктевые суставы. Следует подчеркнуть, что в истинных комбинированных суставах нельзя совершить движение только в одном из них, например только в одном височно-нижнечелюстном суставе. При комбинации суставов с различными формами суставных поверхностей движения реализуются по суставу, имеющему меньшее число осей вращения.

**Факторы, определяющие объем движений в суставах**.

1. *Главный фактор* – разность площадей сочленяющихся суставных поверхностей. Из всех суставов наибольшая разность площадей суставных поверхностей в плечевом суставе (площадь головки плечевой кости в 6 раз больше площади суставной впадины на лопатке), поэтому в плечевом суставе самый большой объем движений. В крестцово-подвздошном сочленении суставные поверхности по площади равны, поэтому движения в нем практически отсутствуют.

2. Наличие вспомогательных элементов. Например, мениски и диски, увеличивая конгруэнтность суставных поверхностей, увеличивают объем движений. Суставные губы, увеличивая площадь суставной поверхности, способствуют ограничению движений. Внутрисуставные связки ограничивают движения только в определенном направлении (крестообразные связки коленного сустава не препятствуют сгибанию, но противодействуют чрезмерному разгибанию).

3. Комбинация суставов. У комбинированных суставов движения определяются по суставу, имеющему меньшее число осей вращения. Хотя многие суставы, исходя из формы суставных поверхностей, способны выполнять больший объем движений, он у них ограничен

из-за комбинации. Например, по форме суставных поверхностей латеральные атлантоосевые суставы – плоские, но в результате комбинации со срединным атлантоосевым суставом они работают как вращательные. Это же относится и к суставам ребер, кисти, стопы и др.

4. Состояние капсулы сустава. При тонкой, эластичной капсуле движения совершаются в большем объеме. Даже неравномерная толщина капсулы в одном и том же суставе сказывается на его работе. Например, в височно-нижнечелюстном суставе капсула тоньше спереди, чем сзади и сбоку, поэтому наибольшая подвижность в нем именно кпереди.

5. Укрепление капсулы сустава связками. Связки оказывают тормозящее и направляющее действие, так как коллагеновые волокна обладают не только большой прочностью, но и малой растяжимостью. В тазобедренном суставе подвздошно-бедренная связка препятствует разгибанию и повороту конечности кнутри, лобково-бедренная связка – отведению и вращению наружу. Самые мощные связки находятся в крестцово-подвздошном суставе, поэтому движений в нем практически нет.

6. Мышцы, окружающие сустав. Обладая постоянным тонусом, они скрепляют, сближают и фиксируют сочленяющиеся кости. Сила мышечной тяги составляет до 10 кг на 1 $см^2$ поперечника мышцы. Если удалить мышцы, оставить связки и капсулу, то объем движений резко возрастает. Кроме непосредственного тормозящего действия на движения в суставах, мышцы оказывают и косвенное – через связки, от которых они начинаются. Мышцы при своем сокращении делают связки неподатливыми, упругими.

7. Синовиальная жидкость. Она оказывает сцепляющее воздействие и смазывает суставные поверхности. При артрозо-артритах, когда нарушается выделение синовиальной жидкости, в суставах появляются боль, хруст, объем движений уменьшается.

8. Винтовое отклонение. Имеется оно только в плечелоктевом суставе и оказывает тормозящее воздействие при движениях.

9. Атмосферное давление. Оно способствует соприкосновению суставных поверхностей с силой 1 кг на 1 $см^2$, оказывает равномерное стягивающее воздействие, следовательно, умеренно ограничивает движения.

10. Состояние кожи и подкожной жировой клетчатки. У тучных людей объем движений всегда меньше из-за обильной подкожной жировой клетчатки. У стройных, подтянутых, у спортсменов движения совершаются в большем объеме. При заболеваниях кожи, когда теряется эластичность, движения резко уменьшаются, а нередко после тяжелых ожогов, ранений образуются контрактуры, также значительно препятствующие движениям.

Для определения объема движений в суставах существует несколько методик. Травматологи определяют его с помощью угломера. Для каждого сустава определены свои исходные положения. Исходным положением для плечевого сустава является положение руки, свободно свисающей вдоль туловища. Для локтевого сустава – полное разгибание (180°). Пронацию и супинацию определяют при согнутом под прямым углом локтевом суставе и при установке кисти в сагиттальной плоскости.

В анатомических исследованиях величину угла подвижности можно рассчитать по разности дуг вращения на каждой из сочленяющихся суставных поверхностей. Величина угла подвижности зависит от ряда факторов: пола, возраста, степени тренировки, индивидуальных особенностей.

## 1.15. СОЕДИНЕНИЯ КОСТЕЙ ТУЛОВИЩА

К соединениям костей туловища относятся соединения позвонков, ребер и грудины.

## Соединения позвонков

У типичных позвонков различают соединения тел, дуг и отростков (рис. 1.8). Тела двух соседних позвонков соединяются при помощи межпозвоночных дисков (*disci intervertebrales*). Общее их число – 23. Такой диск отсутствует только междуIиIIшейными позвонками. Суммарная высота всех межпозвоночных дисков составляет приблизительно четверть длины позвоночного столба.

Диск построен преимущественно из волокнистого хряща и состоит из двух частей, переходящих постепенно друг в друга. По периферии располагается фиброзное кольцо, состоящее из концентрических пластинок. Пучки волокон в пластинках идут косо, при этом в соседних слоях они ориентированы в противоположных направлениях. Центральную часть диска составляет студенистое ядро. Оно состоит из аморфного вещества хряща. Студенистое ядро диска смещено несколько кзади, сдавлено телами двух соседних позвонков и является амортизатором, т. е. играет роль эластической подушки.

Площадь диска больше, чем площади тел соседних позвонков, поэтому в норме межпозвоночные диски выступают в виде валиков за пределы краев тел позвонков. Толщина дисков (высота) существенно различается на протяжении позвоночного столба. Наибольшая высота отдельных дисков в шейном отделе составляет 5–6 мм, в грудном – 3–4 мм, в поясничном – 10–12 мм. Толщина диска меняется в переднезаднем направлении: между грудными позвонками диск тоньше спереди, между шейными и поясничными позвонками, наоборот, – тоньше сзади.

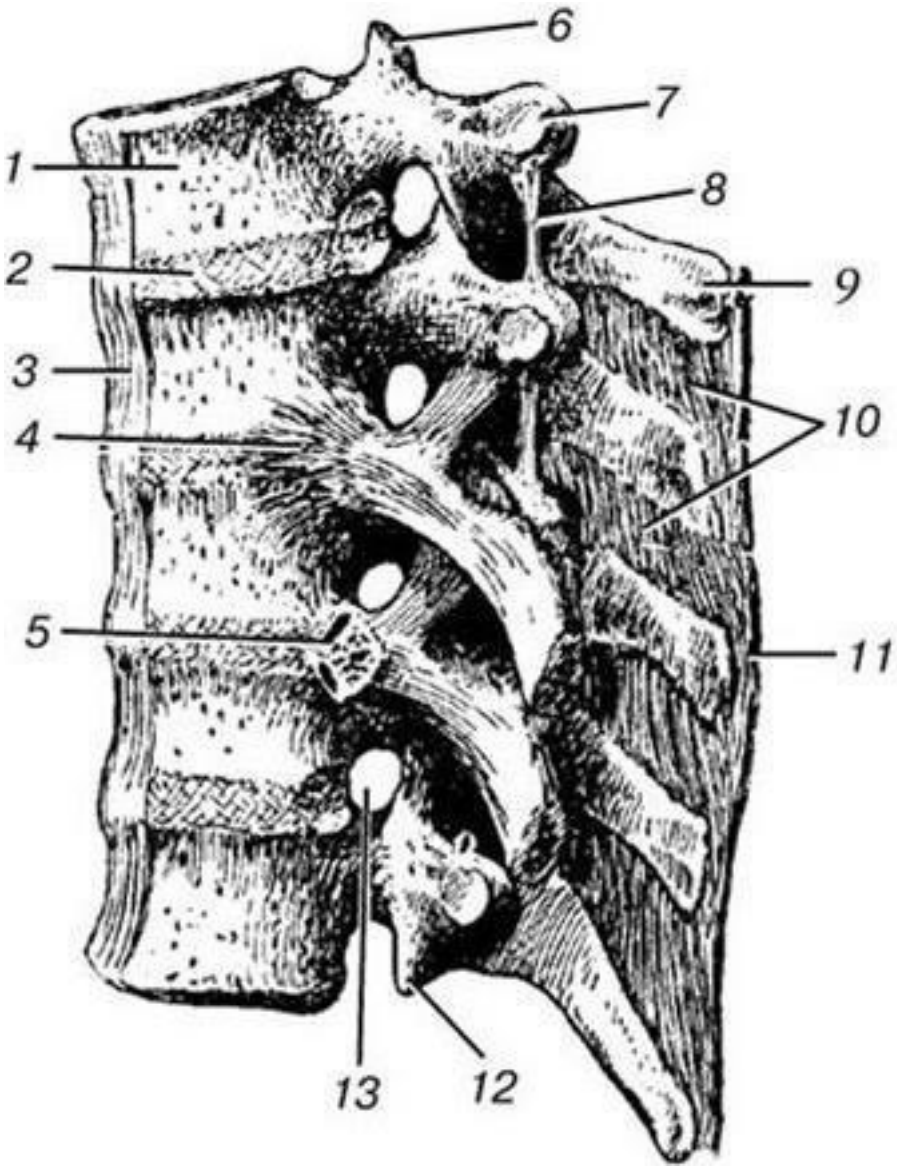


Рис. 1.8 Соединения позвонков:

1 – тело позвонка; 2 – межпозвоночный диск; 3 – передняя продольная связка; 4 – лучистая связка головки ребра; 5 – сустав головки ребра; 6 – верхний суставной отросток; 8 – межпоперечная связка; 9 – остистый отросток; 10 – межостистые связки; 11 – надостистая связка; 12 – нижний суставной отросток; 13 – межпозвоночное отверстие.

Спереди и сзади тела позвонков соединены двумя продольными связками. Передняя продольная связка идет по передней поверхности тел позвонков и межпозвоночных дисков от затылочной кости до первого крестцового позвонка. Связка прочно соединена с дисками и надкостницей позвонков, препятствует чрезмерному разгибанию позвоночного столба.

Задняя продольная связка идет по задней поверхности тел позвонков от ската затылочной кости и заканчивается в крестцовом канале. По сравнению с передней продольной связкой она более узкая и расширяется в области межпозвоночных дисков. С телами позвонков соединяется рыхло и прочно срастается с межпозвоночными является антагонистом передней, препятствует чрезмерному сгибанию позвоночного столба. Задняя продольная связка является антагонистом передней, препятствует чрезмерному сгибанию позвоночного столба.

Дуги позвонков соединяются при помощи желтых связок. Их цвет обусловлен преобладанием эластических волокон. Они заполняют промежутки между дугами, оставляя свобод-

ными межпозвоночные отверстия, ограниченные верхними и нижними позвоночными вырезками. Направление эластических волокон в связках строго закономерно: от нижнего края и внутренней поверхности дуги вышележащего позвонка (начиная со II шейного) – к верхнему краю и наружной поверхности дуги нижележащего позвонка. Желтые связки, как и межпозвоночные диски, обладают упругостью, способствующей укреплению позвоночного столба. Вместе с телами, дугами позвонков и дисками они формируют позвоночный канал, в котором находятся спинной мозг с оболочками и сосуды.

Между двумя соседними остистыми отростками находятся короткие межостистые связки, которые сильнее развиты в поясничной области. Кзади они непосредственно переходят в непарную надостистую связку, восходящую по вершинам всех остистых отростков в виде непрерывного тяжа.

В шейном отделе эта связка продолжается в выйную связку, которая тянется от остистого отростка VII шейного позвонка до наружного затылочного выступа. Она имеет вид треугольной пластинки, расположенной в сагиттальной плоскости.

Между поперечными отростками находятся межпоперечные связки. В шейном отделе они отсутствуют. При сокращении мышц эти связки ограничивают наклоны туловища в стороны.

Единственным прерывным соединением между позвонками являются многочисленные межпозвоночные суставы (*articulationes intervertebrales*). Нижние суставные отростки каждого типичного вышележащего позвонка сочленяются с верхними суставными отростками нижележащего позвонка. Суставные поверхности на суставных отростках позвонков плоские, покрыты гиалиновым хрящом, суставная капсула прикреплена по краю суставных поверхностей. По функции *articulationes intervertebrales* являются многоосными комбинированными суставами. Благодаря им возможны наклоны туловища вперед и назад (сгибание и разгибание), в стороны (приведение и отведение), круговое движение (коническое), торзионное (скручивание) и пружинящее движение.

V поясничный позвонок с крестцом соединяется при помощи таких же видов соединений, как и свободные типичные позвонки.

## Соединение крестца с копчиком

Между телами V крестцового и I копчикового позвонков находится также *discus intervertebralis*, внутри которого в большинстве случаев имеется маленькая полость. Это соединение называют симфизом. Крестцовые и копчиковые рога соединены при помощи соединительной ткани – синдесмоза.

Латеральная крестцово-копчиковая связка парная, она идет от нижнего края латерального крестцового гребня к рудименту поперечного отростка I копчикового позвонка. Она является аналогом межпоперечных связок.

Вентральная крестцово-копчиковая связка расположена на передней поверхности крестцово-копчикового соединения и представляет собой продолжение передней продольной связки позвоночного столба.

Глубокая дорсальная крестцово-копчиковая связка расположена на задней поверхности тела V крестцового позвонка и I копчикового позвонка, т. е. является продолжением задней продольной связки позвоночного столба.

Поверхностная дорсальная крестцово-копчиковая связка начинается от краев щели крестцового канала и заканчивается на задней поверхности копчика. Она почти полностью закрывает отверстие крестцовой щели и соответствует надостистой и желтой связкам.

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, купив полную легальную версию на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.