

Тема 4.1 «Кости и их соединения»

ВВЕДЕНИЕ. УЧЕНИЕ О СКЕЛЕТЕ И ЕГО СОЕДИНЕНИЯХ

Скелетная система человека представляет собой функционально интегрированный костно-хрящевой остов, объединяющий твердые структуры мезенхимального генеза, которые в совокупности с суставами, связками и фасциями образуют пассивную часть опорно-двигательного аппарата (*apparatus locomotorius*).

Раздел анатомии, посвященный морфологии, развитию и архитектонике костей, именуется **остеологией** (*osteologia*; от греч. *osteon* — кость, *logos* — учение). Раздел, исследующий закономерности непрерывных и прерывных сочленений костей, обозначается как **артросиндесмология** (*arthrosyndesmologia*; от греч. *arthron* — сустав, *syndesmos* — связка) или **артрология** (*arthrologia*).

В филогенезе скелет человека прошел путь от первичного соединительнотканного и хрящевого эндоскелета хордовых до высокоспециализированного минерализованного костного скелета. Структурно-функциональная организация скелета подчинена принципу оптимизации: при минимальной массе (около 15–18% от общей массы тела взрослого индивида) костный аппарат обеспечивает максимальную механическую жесткость, динамическую упругость, а также служит незаменимым депо минеральных солей и центральным органом гемопоэза.

1. ОБЩИЙ ОБЗОР СКЕЛЕТА ЧЕЛОВЕКА И ЕГО ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ

Скелет взрослого человека состоит более чем из 200 анатомически дифференцированных костей (в среднем 206–208, без учета вариабельных сесамовидных костей и костей швов). Все кости посредством соединений объединяются в целостную биомеханическую систему.

Анатомически скелет подразделяется на два фундаментальных отдела:

1. **Осевой скелет (*skeleton axiale*):** включает скелет головы (череп, *cranium*), позвоночный столб (*columna vertebralis*) и грудную клетку (*thorax*).
2. **Добавочный скелет (*skeleton appendiculare*):** включает кости верхних конечностей (*ossa membri superioris*) и нижних конечностей (*ossa membri inferioris*), дифференцируемые на кости поясов (*cingulum*) и свободных отделов (*pars libera*).

СКЕЛЕТ ЧЕЛОВЕКА

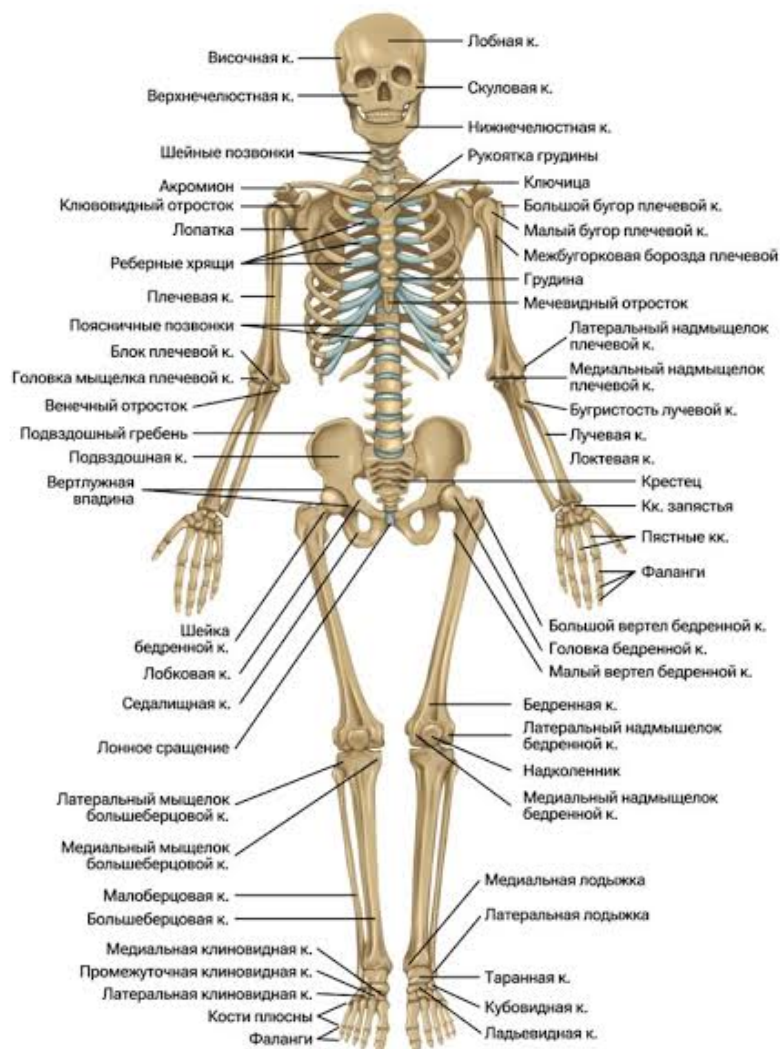


Рис. 1. Анатомическая топография скелета человека (*Skeleton humanum*): вентральная проекция.

1.1. Физиологические и биомеханические функции скелета

Функции скелетной системы подразделяются на механические и биологические.

Механические функции:

- **Опорная функция:** формирует жесткий биомеханический каркас тела, обеспечивающий фиксацию мягких тканей, фасциальных узлов и внутренних органов, а также противодействие силам гравитации.
- **Локомоторная (двигательная) функция:** кости выступают в качестве рычагов первого и второго рода (рычаги равновесия и силы), приводимых в движение сокращением скелетных мышц через места их инсерции (сухожильного прикрепления).

- **Защитная функция:** образование полостей с ригидными стенками для витальных органов:
 - Полость черепа (*cavitas cranii*) — защита головного мозга;
 - Позвоночный канал (*canalis vertebralis*) — защита спинного мозга;
 - Грудная клетка (*cavea thoracis*) — защита сердца, магистральных сосудов и легких;
 - Полость таза (*cavitas pelvis*) — защита органов репродуктивной и мочевыделительной систем.
- **Рессорная (амортизационная) функция:** обеспечивается наличием физиологических изгибов позвоночника, суставных хрящей, менисков и сводчатого строения стопы, нивелирующих динамические перегрузки при ходьбе, беге и прыжках.

Биологические функции:

- **Минеральный гомеостаз:** скелет депонирует 99% кальция (около 1000–1200 г), 85% фосфора, до 50% магния и значительное количество натрия. При гипокальциемии паратгормон паращитовидных желез индуцирует остеокластическую резорбцию кости с высвобождением ионов Ca^{2+} в кровоток; при гиперкальциемии кальцитонин щитовидной железы стимулирует остеобластическое костеобразование.
- **Гемопоетическая (кроветворная) функция:** красный костный мозг (*medulla ossium rubra*), локализованный в ячейках губчатого вещества плоских, губчатых костей и эпифизов длинных трубчатых костей, является первичным органом кроветворения, содержащим плюрипотентные гемопоетические стволовые клетки.
- **Иммунопоетическая функция:** в красном костном мозге происходит антигеннезависимая дифференцировка В-лимфоцитов и естественных киллеров (NK-клеток).
- **Эндокринная функция костной ткани:** доказано, что остециты и остеобласты секретируют пептидные гормоны:
 - *Остеокальцин:* модулирует секрецию инсулина β -клетками поджелудочной железы, чувствительность периферических тканей к глюкозе и синтез тестостерона клетками Лейдига;
 - *Фактор роста фибробластов-23 (FGF-23):* регулирует экскрецию фосфатов эпителием почечных канальцев и метаболизм активной формы витамина D ($1,25(OH)_2 D_3$).

2. СТРОЕНИЕ КОСТИ КАК ОРГАНА (OS UT ORGANUM)

Каждая кость скелета представляет собой самостоятельный, живой, непрерывно перестраивающийся орган, обладающий специфической формой, макро- и микроскопической архитектоникой, автономным кровоснабжением, лимфооттоком и иннервацией. Кость образована комплексом тканей: костной (специализированная минерализованная соединительная ткань), хрящевой, плотной и рыхлой соединительной, кроветворной, эндотелиальной и нервной.



Рис. 2. Архитектоника компактного и губчатого костного вещества: остеоны, заверсовы и фолькмановские каналы.

2.1. Макроскопическая анатомия кости

В длинной трубчатой кости (*os longum*) топографически дифференцируют:

- **Диафиз (*diaphysis*):** тело кости цилиндрической или трехгранной формы. Стенка диафиза представлена толстым слоем компактного вещества, ограничивающим центральную костномозговую полость (*cavitas medullaris*), заполненную у взрослых желтым костным мозгом (*medulla ossium flava*), состоящим преимущественно из адипоцитов.
- **Эпифизы (*epiphyses*):** утолщенные проксимальный и дистальный концы кости (*epiphysis proximalis et distalis*). Сформированы губчатым веществом, покрытым тонкой пластинкой компактного слоя. Суставные поверхности эпифизов (*facies articulares*) покрыты гиалиновым суставным хрящом (*cartilago articularis*). В ячейках губчатого вещества эпифизов на протяжении всей жизни сохраняется функционирующий красный костный мозг.
- **Метафиз (*metaphysis*):** расширенный переходный участок между диафизом и эпифизом. В период постнатального роста содержит хрящевую пластинку роста — **эпифизарный хрящ (*cartilago epiphysialis*)**, за счет пролиферации клеток которого осуществляется рост кости в длину. После завершения остеогенеза хрящ замещается костной тканью с формированием эпифизарной линии (*linea epiphysialis*).
- **Апофизы (*apophyses*):** костные выступы, бугры, отростки и гребни (*tubercula, tuberositates, processus*), формирующиеся под механической тягой прикрепляющихся мышц и связок.

2.2. Надкостница и эндост: морфофункциональная характеристика

- **Надкостница (периост, *periosteum*):** прочная соединительнотканная оболочка, покрывающая кость снаружи на всем протяжении, за исключением суставных поверхностей. Состоит из двух слоев:

1. *Наружный (фиброзный) слой*: сложен пучками плотной соединительной ткани с высоким содержанием коллагеновых волокон, сосудистых сплетений и соматических чувствительных нервных окончаний (ноцицепторов), что обуславливает выраженную болевую чувствительность периоста при травме.
 2. *Внутренний (остеогенный, или камбиальный) слой*: прилежит непосредственно к кости, содержит малодифференцированные преостеобласты и остеобласты. Обеспечивает аппозиционный рост кости в толщину и репаративную регенерацию при переломах (формирование костной мозоли). Периост фиксирован к кости проникающими **коллагеновыми волокнами Шарпея** (*fibrae perforantes*).
- **Эндост (*endosteum*)**: тонкая моноцеллюлярная остеогенная выстилка внутренней поверхности компактной кости и костномозговой полости, разделяющая минерализованный матрикс и костный мозг. Участвует в remodelировании кости со стороны костномозгового канала.

2.3. Микроскопическая архитектура: компактное и губчатое вещество

Костная ткань представлена двумя структурными формами:

1. *Компактное вещество (*substantia compacta*)*

Располагается по периферии кости, образуя сплошной плотный слой. Структурно-функциональной единицей компактного вещества является **остеон (гаверсова система, *osteonum*)**.

- Остеон представляет собой цилиндрическую структуру диаметром 100–400 мкм и длиной несколько миллиметров, ориентированную вдоль длинной оси кости в соответствии с линиями главных механических напряжений.
- В центре остеона проходит **центральный канал (канал Гаверса, *canalis centralis*)**, содержащий кровеносные капилляры, немиелинизированные нервные волокна и рыхлую соединительную ткань.
- Вокруг канала концентрически расположено от 4 до 20 цилиндрических костных пластинок (*lamellae ossea*). В смежных пластинках фибриллы коллагена I типа ориентированы под углом 90° друг к другу, что обеспечивает колоссальное сопротивление кости деформациям кручения, изгиба и сжатия.
- Соседние каналы остеонов сообщаются между собой и с надкостницей посредством поперечных или косых **прободающих каналов Фолькмана (*canales perforantes*)**.
- Пространства между остеонами заполнены вставочными (промежуточными) пластинками (*lamellae interstitiales*), представляющими собой остатки подвергшихся остеокластической резорбции предшествующих поколений остеонов.

2. *Губчатое (трабекулярное) вещество (*substantia spongiosa / trabecularis*)*

Расположено внутри кости и сформировано сетью тонких костных перекладин (трабекул), образующих ячеистую структуру. Трабекулы не располагаются хаотично: согласно **закону трансформации Вольфа (Юлиус Вольф, 1892)**, трабекулы губчатого вещества ориентируются строго вдоль траекторий линий сжатия и растяжения, возникающих при физиологической нагрузке на кость. В ячейках губчатого вещества располагается красный костный мозг.

2.4. Цитологический состав и биохимический матрикс костной ткани

Костная ткань содержит 4 типа клеток, погруженных во внеклеточный матрикс:

1. **Остеогенные (стволовые) клетки:** полипотентные клетки мезенхимального происхождения, локализованные в камбиальном слое периоста и эндосте, способные к пролиферации и дифференцировке в остеобласты.
2. **Остеобласты (*osteoblasti*):** моноклеарные клетки кубической или полигональной формы с развитым гранулярным эндоплазматическим ретикулумом и комплексом Гольджи. Синтезируют компоненты органического матрикса — **остеоида** (коллаген I типа, остеокальцин, остеонектин, протеогликаны), а также фермент щелочную фосфатазу, инициирующий процесс минерализации путем отложения кристаллов гидроксиапатита.
3. **Остеоциты (*osteocyt*):** зрелые высокодифференцированные отростчатые клетки, утратившие способность к делению и полностью замурованные в костных лакунах (*lacunae osseae*). Их тонкие цитоплазматические отростки проходят в костных канальцах (*canaliculi osseos*) и контактируют через щелевые контакты (нексусы). Остеоциты служат механосенсорными рецепторами: гидродинамическое смещение интерстициальной жидкости в канальцах при деформации кости деполяризует остеоцит, индуцируя продукцию регуляторных молекул (склеростина, остеопонтина, RANKL), координирующих работу остеобластов и остеокластов.
4. **Остеокласты (*osteoclasti*):** гигантские многоядерные клетки (диаметром до 100 мкм, содержащие от 5 до 50 ядер) моноцитарно-макрофагального гемопозитического происхождения. Прилегая к костному матриксу, остеокласт формирует гофрированную мембрану и зону плотного прилегания, образуя изолированную лауну резорбции (лауну Хаушипа). Остеокласт секретирует протоны (H^+ посредством H^+ -АТФазы), создавая кислую среду ($pH \approx 4,5$), растворяющую минеральный гидроксиапатит, и лизосомальные ферменты (катепсин К, тартрат-резистентную кислую фосфатазу), расщепляющие коллагеновый остов.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОСТНОЙ ТКАНИ:

1. Вода (H ₂ O): ~10–20%	
2. Органический матрикс (Остеоид): ~30%	
└─ Коллаген I типа: ~90–95% органического вещества	
└─ Неколлагеновые белки: остеокальцин, остеопонтин, протеогликаны (хондроитинсульфат)	
Функциональное свойство: упругость, эластичность	
3. Неорганический минеральный компонент: ~50–60%	
└─ Кристаллы гидроксиапатита: Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ (OH) ₂	
└─ Примеси карбонатов, цитратов, фторидов, солей Mg и Na	
Функциональное свойство: твердость, жесткость	

3. ОСТЕОГЕНЕЗ, РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ И ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОСТЕЙ

3.1. Эмбриональный и постнатальный остеогенез

Развитие кости (*osteogenesis*) в онтогенезе протекает двумя принципиальными путями:

1. **Прямой (перепончатый, десмальный) остеогенез:** кость развивается непосредственно из скоплений эмбриональной мезенхимы без предварительной хрящевой модели. Этим путем формируются покровные кости свода черепа, кости лицевого черепа и часть ключицы. Клетки мезенхимы дифференцируются в остеобласты, формирующие первичные островки окостенения (*centra ossificationis*), продуцирующие остеоид, с последующим его обызвествлением и формированием ретикулофиброзной (грубоволокнистой) кости, замещающейся пластинчатой костью.
2. **Непрямой (хрящевой, хондральный) остеогенез:** кость формируется на месте ранее заложенной гиалиновой хрящевой модели (характерен для костей основания черепа, туловища и конечностей). Включает:
 - *Перихондральное окостенение:* остеобласты внутреннего слоя надхрящницы формируют костную манжетку вокруг диафиза, нарушая питание глубже лежащего хряща.
 - *Энхондральное окостенение:* сосуды врастают внутрь дистрофичного обызвествленного хряща, принося остеогенные клетки, разрушающие хондроциты и формирующие точки окостенения в диафизе, а затем и в эпифизах.

3.2. Биология ремоделирования костной ткани

Костная ткань находится в состоянии перманентного физиологического динамического обновления — **ремоделирования**, контролируемого молекулярной осью **RANKL / RANK / Остеопротегерин (OPG)**:

- Остеобласты экспрессируют лиганд **RANKL**, который связывается с рецептором **RANK** на мембране преостеокластов, стимулируя их слияние и активацию остеокластической резорбции.
- Остеобласты также секретируют растворимый белок-ловушку **остеопротегерин (OPG)**, связывающий RANKL и предотвращающий его взаимодействие с RANK, что тормозит резорбцию кости.

3.3. Возрастная динамика морфологии костей

- **Детский и юношеский возраст:** преобладание органического матрикса над минеральным (соотношение близко к 1:1). Кости обладают высокой пластичностью, менее ломки, но легко деформируются при нефизиологических статических нагрузках. Активно функционируют эпифизарные хрящевые зоны роста. Рост костей в длину прекращается к 18–25 годам при закрытии зон роста (синостозировании эпифизов с диафизом) под действием половых стероидов.
- **Зрелый возраст (25–45 лет):** баланс между процессами остеосинтеза и резорбции (пик костной массы достигается к 30 годам). Соотношение органических и минеральных веществ составляет 1:2.
- **Пожилой и старческий возраст:** прогрессирующее смещение баланса ремоделирования в сторону резорбции. Снижение синтеза коллагена остеобластами,

вымывание солей кальция, истончение компактного слоя (*substantia compacta*), расширение костномозговой полости и редукция трабекул губчатого вещества ведут к развитию **остеопении** и **остеопороза**. Кости становятся хрупкими, резко возрастает риск переломов при минимальной травме (типичные зоны: шейка бедренной кости, тела позвонков, дистальный метаэпифиз лучевой кости — перелом Коллеса).

4. ВИДЫ СОЕДИНЕНИЙ КОСТЕЙ (ARTHROSYNDESMOLOGIA)

Все соединения костей скелета человека классифицируются по степени подвижности и характеру промежуточной ткани на три фундаментальные группы:

1. **Непрерывные соединения (Синартрозы, *synarthroses*).**
2. **Полупрерывные соединения (Симфизы, или полусуставы, *symphyses / amphiarthroses*).**
3. **Прерывные соединения (Диартрозы, или синовиальные суставы, *diarthroses / articulationes*).**



Рис. 3. Типы соединений: А — синартрозы (швы, синдесмозы); Б — симфизы; В — истинные диартрозы (синовиальные суставы).

4.1. Непрерывные соединения (Synarthroses)

Характеризуются отсутствием щелевидного перерыва (полости) между сочленяющимися костями; движения крайне ограничены или отсутствуют. Подразделяются в зависимости от вида связующей ткани:

1. Фиброзные соединения (*juncturae fibrosae*)

- **Синдесмозы (*syndesmoses*):** кости соединены плотной волокнистой соединительной тканью:

- *Связки (ligamenta)*: пучки коллагеновых или эластических волокон (например, желтые связки позвоночника, *ligg. flava*);
- *Межкостные перепонки (membranae interosseaе)*: фиброзные пластины между диафизами костей предплечья и голени.
- **Швы (suturae)**: соединения костей черепа тонкими прослойками соединительной ткани:
 - *Зубчатый шов (sutura serrata)*: венечный, сагиттальный, ламбдовидный швы;
 - *Чешуйчатый шов (sutura squamosa)*: край височной чешуи накладывается на теменную кость;
 - *Плоский (гармоничный) шов (sutura plana)*: между костями лицевого черепа.
- **Вколачивание (зубоальвеолярное соединение, gomphosis / syndesmosis dentoalveolaris)**: фиксация корня зуба в альвеоле челюсти посредством периодонта.

2. Хрящевые соединения (juncturae cartilagineae / synchondroses)

Кости соединяются посредством хряща (гиалинового или волокнистого):

- *Временные синхондрозы*: существуют до определенного возраста, затем замещаются костной тканью (эпифизарные хрящи, синхондрозы между частями тазовой кости, сфеноокципитальный синхондроз черепа).
- *Постоянные синхондрозы*: сохраняются на протяжении всей жизни (межпозвоночные диски, хрящи I ребра с рукояткой грудины).

3. Костные соединения (Синостозы, synostoses)

Вторичные соединения, возникающие при полном замещении фиброзной ткани или синхондроза костной тканью (например, сращение лобных костей по метопическому шву, сращение тазовых костей, синостозы крестцовых позвонков).

4.2. Симфизы (Полусуставы, Symphyses / Amphiarthroses)

Переходная форма соединений, представляющая собой хрящевое соединение (преимущественно волокнистый хрящ), внутри которого имеется узкая щелевидная полость, лишенная синовиальной оболочки и синовиальной жидкости (например, лобковый симфиз — *symphysis pubica*, крестцово-копчиковый симфиз).

4.3. Прерывные соединения — Суставы (Articulationes / Diarthroses)

Сустав — прерывное полостное подвижное соединение костей, характеризующееся наличием суставных поверхностей, суставной капсулы, суставной полости и синовиальной жидкости.

4.3.1. Обязательные (постоянные) элементы сустава:

1. **Суставные поверхности (facies articulares)**: сочленяющиеся поверхности костей, покрытые суставным хрящом толщиной от 0,2 до 6 мм. В большинстве случаев представлены **гиалиновым хрящом** (в височно-нижнечелюстном и грудино-ключичном суставах — волокнистым хрящом). Хрящ лишен кровеносных сосудов и перихондрия; его питание осуществляется диффузно из синовиальной жидкости и подлежащей субхондральной кости. Хрящ уменьшает силу трения, амортизирует толчки и обеспечивает конгруэнтность (геометрическое соответствие) сочленяющихся поверхностей.

2. **Суставная капсула (*capsula articularis*):** герметично окружает суставную полость, прикрепляясь по краям суставных поверхностей. Состоит из двух слоев:
 - *Наружный фиброзный слой (stratum fibrosum):* плотная соединительная ткань, переходящая в надкостницу. Обеспечивает механическую прочность капсулы.
 - *Внутренний синовиальный слой (stratum synoviale):* специализированная васкуляризированная мембрана, содержащая синовиоциты типов А (макрофагоподобные) и В (фибробластоподобные). Синовиоциты секретируют компоненты синовиальной жидкости. Синовиальная оболочка образует складки (*plicae synoviales*) и ворсинки (*villi synoviales*).
3. **Суставная полость (*cavitas articularis*):** герметически замкнутое щелевидное пространство между суставными поверхностями, содержащее синовиальную жидкость. Давление в суставной полости в покое ниже атмосферного (отрицательное давление), что препятствует расхождению суставных поверхностей.
4. **Синовиальная жидкость (синовия, *synovia*):** прозрачный вязкий транссудат плазмы крови, обогащенный гиалуроновой кислотой и белком лубрицином. Функции:
 - Локомоторная смазка (снижение коэффициента трения хряща по хрящу до уникальных величин: $\mu \approx 0,001-0,003$);
 - Метаболическая и трофическая подпитка бессосудистого суставного хряща;
 - Амортизация механических динамических импульсов.

4.3.2. Вспомогательные (непостоянные) элементы сустава:

- **Суставные связки (*ligamenta*):** внутрикапсульные, капсульные и внекапсульные пучки плотной волокнистой соединительной ткани. Направляют и лимитируют движения, предотвращая вывихи.
- **Суставные диски и мениски (*disci et menisci articulares*):** внутрисуставные пластинки из волокнистого хряща (мениски коленного сустава, диск височно-нижнечелюстного сустава). Увеличивают конгруэнтность поверхностей и амортизируют нагрузки.
- **Суставная губа (*labrum articulare*):** волокнисто-хрящевой ободок по краю суставной впадины (в плечевом и тазобедренном суставах), углубляющий ямку и повышающий стабильность сустава.
- **Синовиальные сумки (*bursae synoviales*) и влагалища (*vaginae synoviales*):** выпячивания синовиальной мембраны, уменьшающие трение сухожилий о костные выступы.

4.4. Классификация суставов

Суставы классифицируются по анатомическому составу, форме суставных поверхностей и числу осей вращения.

По анатомическому строению (числу сочленяющихся костей):

1. **Простой сустав (*articulatio simplex*):** образован сочленением только двух костей (плечевой сустав, тазобедренный сустав).
2. **Сложный сустав (*articulatio composita*):** образован сочленением трех и более костей, заключенных в общую капсулу (локтевой сустав).
3. **Комплексный сустав (*articulatio complexa*):** суставная полость разделена на два изолированных этажа внутрисуставным диском или мениском (височно-нижнечелюстной сустав, коленный сустав).

4. **Комбинированный сустав (*articulatio combinata*):** анатомически разобщенные суставы (изолированные капсулы), но функционирующие строго синхронно (правый и левый височно-нижнечелюстные суставы, проксимальный и дистальный лучелоктевые суставы).

Таблица 1. Биомеханическая классификация суставов по форме поверхностей и осям движения

Число осей движения	Форма суставных поверхностей	Примеры суставов в теле человека	Возможные виды движений (кинематика)
Одноосные суставы (1 степень свободы)	Блоковидный (<i>ginglymus</i>)	Межфаланговые суставы кисти и стопы (<i>artt. interphalangeae</i>)	Сгибание (<i>flexio</i>) и разгибание (<i>extensio</i>) вокруг фронтальной оси
	Цилиндрический (вращательный) (<i>articulatio trochoidea</i>)	Срединный атлантоосевой (<i>art. atlantoaxialis mediana</i>), проксимальный лучелоктевой	Вращение (<i>rotatio</i> : пронация / супинация) вокруг вертикальной оси
	Винтообразный (<i>articulatio cochlearis</i>)	Плечелоктевой сустав (<i>art. humeroulnaris</i>)	Сгибание и разгибание с сопутствующим винтовым смещением
Двухосные суставы (2 степени свободы)	Эллипсоидный (<i>articulatio ellipsoidea</i>)	Лучезапястный сустав (<i>art. radiocarpalis</i>), атлантозатылочный (<i>art. atlantooccipitalis</i>)	Сгибание/разгибание (фронтальная ось); приведение (<i>adductio</i>)/отведение (<i>abductio</i>)
	Мыщелковый (<i>articulatio bicondylaris</i>)	Коленный сустав (<i>art. genus</i>)	Сгибание/разгибание; вращение кнутри/кнаружи при согнутом положении
	Седловидный (<i>articulatio sellaris</i>)	Запястно-пястный сустав I пальца кисти (<i>art. carpometacarpalis pollicis</i>)	Приведение/отведение, противопоставление (<i>oppositio</i>)/сопоставление (<i>repositio</i>)
Многоосные суставы (3 степени свободы)	Шаровидный (<i>articulatio spherioidea</i>)	Плечевой сустав (<i>art. humeri</i>)	Сгибание/разгибание, приведение/отведение, ротация, круговое движение (<i>circumductio</i>)
	Чашеобразный (ореховидный) (<i>articulatio cotylica</i>)	Тазобедренный сустав (<i>art. coxae</i>)	Все виды движений (размах ограничен глубокой вертлужной впадиной)
	Плоский (<i>articulatio plana</i>)	Дугоотростчатые суставы позвонков (<i>artt. zygapophysiales</i>), крестцово-подвздошный	Малоподвижное скольжение суставных поверхностей

5. ОТДЕЛЫ СКЕЛЕТА ЧЕЛОВЕКА

5.1. Скелет туловища (Skeleton trunci)

Скелет туловища образован позвоночным столбом и костями грудной клетки.

5.1.1. Позвоночный столб (Columna vertebralis)

Позвоночный столб состоит из 32–34 позвонков (*vertebrae*), расположенных метамерно:

- Шейные позвонки (*vertebrae cervicales*): 7 (C_I – C_{VII});
- Грудные позвонки (*vertebrae thoracicae*): 12 (Th_I – Th_{XII});
- Поясничные позвонки (*vertebrae lumbales*): 5 (L_I – L_V);
- Крестцовые позвонки (*vertebrae sacrales*): 5, сросшихся в крестец (*os sacrum*, S_I – S_V);
- Копчиковые позвонки (*vertebrae coccygeae*): 3–5, редуцированных в копчик (*os coccygis*, Co_I – Co_V).



Рис. 4. Позвоночный столб: физиологические изгибы (лордозы и кифозы) в сагиттальной плоскости.

Общий план строения позвонка: Типичный позвонок состоит из массивного опорного тела (*corpus vertebrae*), расположенного спереди, и дуги позвонка (*arcus vertebrae*), прикрепляющейся к телу ножками (*pediculi arcus vertebrae*). Тело и дуга ограничивают **позвоночное отверстие** (*foramen vertebrale*). Совокупность всех отверстий формирует **позвоночный канал** (*canalis vertebralis*), вмещающий спинной мозг. От дуги отходят 7 отростков:

- 1 непарный **остистый отросток** (*processus spinosus*) — направлен дорсально;
- 2 парных **поперечных отростка** (*processus transversi*) — ориентированы латерально;
- 4 суставных отростка: 2 верхних и 2 нижних (*processus articulares superiores et inferiores*), несущих суставные фасетки для образования дугоотростчатых суставов (*artt. zygapophysiales*).

Регионарные особенности позвонков:

- **Шейные позвонки:** характеризуются наличием отверстия в поперечных отростках (*foramen processus transversi*), через которые проходят позвоночные артерия и вена (*a. et v. vertebralis*). Остистые отростки расщеплены на конце (кроме VII).
Атипичные шейные позвонки:
 - C_I — **Атлант (atlas)**: лишен тела и остистого отростка; состоит из передней и задней дуг (*arcus anterior et posterior*) и боковых масс (*massae laterales*).
 - C_{II} — **Осевой позвонок (Аксис, axis)**: имеет направленный краниально отросток — **зуб (dens axis)**, являющийся редуцированным телом атланта, вокруг которого вращается атлант вместе с черепом.
 - C_{VII} — **Выступающий позвонок (vertebra prominens)**: длинный утолщенный нераздвоенный остистый отросток служит ключевым пальпаторным ориентиром в вертебрологии.
- **Грудные позвонки:** сочленяются с ребрами, поэтому на телах имеют верхние и нижние реберные ямки (*foveae costales superiores et inferiores*), а на поперечных отростках — реберные ямки поперечного отростка (*fovea costalis processus transversi*). Остистые отростки длинные, черепицеобразно наклонены книзу.
- **Поясничные позвонки:** отличаются массивными бобовидными телами (несут максимальную статическую нагрузку), короткими пластинчатыми остистыми отростками, ориентированными строго горизонтально.
- **Крестец (os sacrum)**: монолитная кость треугольной формы, образовавшаяся в результате слияния 5 крестцовых позвонков. Различают основание (*basis ossis sacri*), обращенное вверх, и верхушку (*apex*), направленную вниз. На латеральных частях располагаются ушковидные поверхности (*facies auriculares*) для сочленения с подвздошными костями. Место соединения основания S_I с телом L_V формирует направленный вперед выступ — **мыс (promontorium)**.

Физиологические изгибы позвоночника: Позвоночный столб взрослого человека имеет 4 физиологических изгиба в сагиттальной плоскости:

- **Лордозы** (изгибы, обращенные выпуклостью кпереди): шейный и поясничный. Шейный формируется в 2–3 месяца при удержании ребенком головы; поясничный — в 10–12 месяцев при переходе к прямохождению.
- **Кифозы** (изгибы, обращенные выпуклостью кзади): грудной и крестцовый. Формируются внутриутробно и закрепляются при сидении ребенка.
Функциональное значение: Изгибы превращают позвоночник в упругую биомеханическую рессору, гасящую до 70% энергии осевых толчков и сотрясений при движении, предохраняя головной мозг от динамических травм.

Соединения позвонков: Тела позвонков соединены посредством **межпозвоночных дисков (disci intervertebrales)**. Диск состоит из наружного **фиброзного кольца (anulus fibrosus)**, образованного концентрическими пластинками волокнистого хряща, и центрального высокогидратированного студенистого гелеобразного **пульпозного ядра (nucleus pulposus)**, действующего как гидравлический амортизатор. Дополнительно тела позвонков фиксируются передней и задней продольными связками (*ligg. longitudinalia anterius et posterius*). Дуги соединены эластическими желтыми связками (*ligg. flava*), остистые отростки — межостистыми и надостистой связками.

5.1.2. Грудная клетка (Thorax)

Грудная клетка (*cavea thoracis*) образована грудиной, 12 парами ребер и 12 грудными позвонками.

- **Грудина (*sternum*):** плоская губчатая кость, включающая 3 части:
 1. *Рукоятка (manubrium sterni)*: содержит яремную вырезку (*incisura jugularis*), ключичные вырезки (*incisurae claviculares*) и вырезки для I ребра.
 2. *Тело (corpus sterni)*: содержит реберные вырезки для II–VII ребер. Соединение рукоятки и тела образует направленный кпереди **угол грудины (угол Луи, *angulus sterni*)**, соответствующий уровню сочленения II ребра.
 3. *Мечевидный отросток (processus xiphoideus)*.
- **Ребра (*costae*):** 12 пар узких длинных изогнутых костных пластинок, переходящих спереди в реберные хрящи (*cartilagines costales*). Каждое ребро имеет головку (*caput costae*), шейку (*collum costae*) и тело (*corpus costae*). По нижнему краю внутренней поверхности тела проходит борозда ребра (*sulcus costae*), в которой залегает межреберный сосудисто-нервный пучок (вена, артерия, нерв).

Анатомическая классификация ребер:

- **Истинные ребра (*costae verae*, I–VII пары):** прикрепляются непосредственно к грудины собственными хрящами;
- **Ложные ребра (*costae spuriae*, VIII–X пары):** соединяются своими хрящами с хрящом вышележащего ребра, формируя **реберную дугу (*arcus costalis*)**;
- **Колеблющиеся (плавающие) ребра (*costae fluctuantes*, XI–XII пары):** оканчиваются свободно в мягких тканях передней брюшной стенки.

5.2. Скелет верхней конечности (Skeleton membri superioris)

Подразделяется на пояс верхней конечности и свободную верхнюю конечность.

Рис. 5. Кости верхней конечности: пояс (лопатка, ключица), плечо, кости предплечья и кисть.



5.2.1. Пояс верхней конечности (*Cingulum membri superioris*)

- **Лопатка (*scapula*):** плоская треугольная кость, прилежащая к задней поверхности грудной клетки на уровне II–VII ребер. Различают реберную и дорсальную поверхности, три края (медиальный, латеральный, верхний) и три угла (верхний, нижний, латеральный). Дорсальная поверхность разделена **остью лопатки (*spina scapulae*)** на надостную и подостную ямки (*fossae supraspinata et infraspinata*). Ость латерально продолжается в **плечевой отросток (акромийон, *acromion*)**. На латеральном углу располагается суставная впадина (*cavitas glenoidalis*) для сочленения с головкой плечевой кости, а над ней — клювовидный отросток (*processus coracoideus*).
- **Ключица (*clavicula*):** S-образно изогнутая трубчатая кость, связывающая верхнюю конечность со скелетом туловища. Имеет тело, грудинный конец (*extremitas sternalis*) и акромиальный конец (*extremitas acromialis*).

5.2.2. Свободная верхняя конечность (*Pars libera membri superioris*)

- **Плечевая кость (*humerus*):** длинная трубчатая кость. Проксимальный эпифиз несет шаровидную **головку (*caput humeri*)**, отделенную от тела **анатомической шейкой (*collum anatomicum*)**. Латеральнее расположены большой и малый бугорки (*tuberculum majus et minus*). Сужение кости дистальнее бугорков — **хирургическая шейка (*collum chirurgicum*)** — наиболее частая локализация патологических переломов. Дистальный эпифиз заканчивается **мыщелком (*condylus humeri*)**, состоящим из головки мыщелка (*capitulum*) для сочленения с лучевой костью и блока (*trochlea*) для сочленения с локтевой костью. По бокам расположены медиальный и латеральный надмыщелки (*epicondylus medialis et lateralis*).
- **Кости предплечья (*ossa antebrachii*):**
 - **Локтевая кость (*ulna*):** расположена медиально. Проксимальный конец массивный, несет блоковидную вырезку (*incisura trochlearis*), ограниченную

сзади локтевым отростком (*olecranon*), а спереди — венечным отростком (*processus coronoideus*). Дистальный конец представлен головкой (*caput ulnae*) и шиловидным отростком (*processus styloideus*).

- **Лучевая кость (*radius*)**: расположена латерально. Проксимальный конец представлен головкой (*caput radii*) с суставной ямкой. Дистальный конец расширен, несет запястную суставную поверхность (*facies articularis carpalis*) и латеральный шиловидный отросток.
- **Кости кисти (*ossa manus*)**: включают три отдела:
 - **Кости запястья (*ossa carpi*)**: 8 коротких губчатых костей, расположенных в два ряда:
 - Проксимальный ряд (от лучевого края к локтевому): ладьевидная (*os scaphoideum*), полулунная (*os lunatum*), трехгранная (*os triquetrum*), гороховидная (*os pisiforme* — сесамовидная кость);
 - Дистальный ряд: трапеция (*os trapezium*), трапециевидная (*os trapezoideum*), головчатая (*os capitatum*), крючковидная (*os hamatum*).
 - **Пястные кости (*ossa metacarpi*)**: 5 коротких трубчатых костей (I–V).
 - **Кости пальцев (фаланги, *ossa digitorum / phalanges*)**: каждый палец (II–V) имеет три фаланги: проксимальную, среднюю и дистальную (*phalanx proximalis, media, distalis*). I палец (большой, *pollex*) содержит только две фаланги: проксимальную и дистальную.

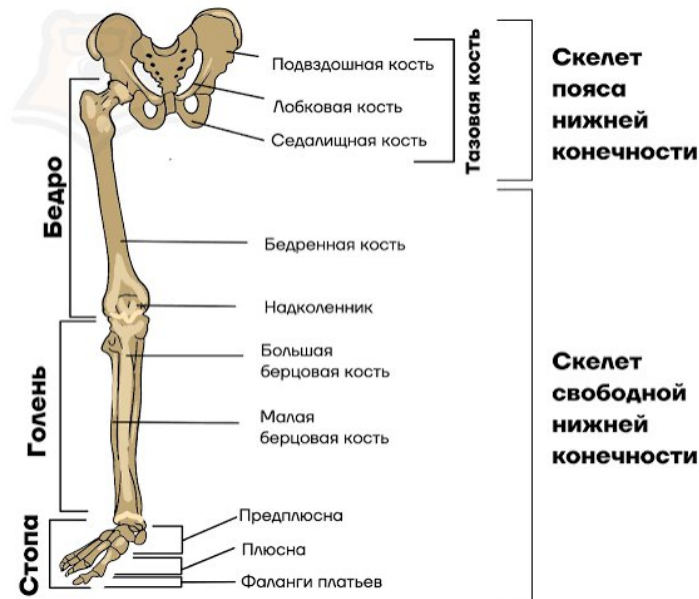
5.2.3. Суставы верхней конечности

- **Грудино-ключичный сустав (*art. sternoclavicularis*)**: седловидный, комплексный (содержит диск), трехосный (элевация/депрессия, протракция/ретракция, ротация ключицы).
- **Плечевой сустав (*art. humeri*)**: типичный шаровидный многоосный сустав. Образован суставной впадиной лопатки и головкой плечевой кости. Площадь головки втрое превышает площадь впадины. Конгруэнтность увеличивается за счет **суставной губы** (*labrum glenoidale*). Капсула сустава тонкая, просторная. Связочный аппарат выражен слабо (ключовидно-плечевая связка, *lig. coracohumerale*). Это самый подвижный сустав человеческого тела, что делает его подверженным частым травматическим вывихам.
- **Локтевой сустав (*art. cubiti*)**: сложный сустав, объединяющий в единой капсуле три сочленения:
 1. **Плечелоктевой (*art. humeroulnaris*)**: блоковидный/винтообразный (сгибание/разгибание);
 2. **Плечелучевой (*art. humeroradialis*)**: шаровидный;
 3. **Проксимальный лучелоктевой (*art. radioulnaris proximalis*)**: цилиндрический (пронация/супинация).
- **Лучезапястный сустав (*art. radiocarpalis*)**: сложный, эллипсовидный, двухосный. Образован запястной поверхностью лучевой кости, хрящевым диском локтевой кости и тремя костями проксимального ряда запястья (ладьевидной, полулунной, трехгранной).

5.3. Скелет нижней конечности (Skeleton membri inferioris)

Скелет нижней конечности адаптирован к выполнению опорной функции, локомоции и удержанию тела в вертикальном положении, поэтому его кости значительно массивнее, а суставы менее подвижны, но существенно прочнее сочленений верхней конечности.

Рис. 6. Скелет нижней конечности: таз, бедренная кость, надколенник, кости голени и стопа.



5.3.1. Тазовый пояс (Cingulum membri inferioris)

Тазовая кость (*os coxae*) — крупная плоская кость. До 14–16 лет состоит из трех самостоятельных костей, соединенных Y-образным хрящом, который впоследствии синостозирует:

- **Подвздошная кость (*os ilium*):** состоит из тела и широкого **крыла** (*ala ossis ilii*), верхний край которого формирует подвздошный гребень (*crista iliaca*). Гребень заканчивается спереди и сзади остями (*spina iliaca anterior superior / inferior*).
- **Седалищная кость (*os ischii*):** состоит из тела и ветви, формирующих седалищный бугор (*tuber ischiadicum*) и седалищную ость.
- **Лобковая кость (*os pubis*):** состоит из тела, верхней и нижней ветвей.

Тела всех трех костей соединяются в зоне наибольшей нагрузки, формируя глубокую **вертлужную впадину** (*acetabulum*) — полусферическую ямку для сочленения с головкой бедренной кости. Ветви лобковой и седалищной костей ограничивают **запирательное отверстие** (*foramen obturatum*).

Таз как целое (*pelvis*): Две тазовые кости, соединяясь спереди посредством лобкового симфиза (*symphysis pubica*), а сзади — с крестцом через крестцово-подвздошные суставы (*artt. sacroiliacae*), образуют замкнутое костное кольцо — **таз**.

- **Пограничная линия (*linea terminalis*)** разделяет таз на:

- *Большой таз (pelvis major)*: ограничен крыльями подвздошных костей, вмещает органы нижнего этажа брюшной полости;
- *Малый таз (pelvis minor)*: костный канал, имеющий вход, полость и выход. Вмещает прямую кишку, мочевой пузырь и репродуктивные органы.
- *Половой диморфизм таза*: женский таз шире, ниже и более емкий, чем мужской; крылья подвздошных костей развернуты латерально; угол схождения лобковых ветвей тупой (лобковая дуга, 90–100°), тогда как у мужчин — острый (подлобковый угол, 70–75°); крестец у женщин шире и менее изогнут; вход в малый таз имеет поперечно-овальную форму (у мужчин — форму «карточного сердца»).

5.3.2. Свободная нижняя конечность (*Pars libera membri inferioris*)

- **Бедренная кость (*femur*)**: самая длинная и массивная трубчатая кость человека. Проксимальный эпифиз несет шаровидную **головку (*caput femoris*)**, на которой имеется ямка (*fovea capitis femoris*) — место фиксации связки головки. Головка переходит в длинную **шейку (*collum femoris*)**, образующую с диафизом шейчно-диафизарный угол в 120–130°. На границе шейки и тела выступают два апофиза: **большой вертел (*trochanter major*)** латерально и **малый вертел (*trochanter minor*)** медиально. Дистальный эпифиз расширен в латеральный и медиальный мыщелки (*condyli lateralis et medialis*), несущие надмыщелки.
- **Надколенник (*patella*)**: крупнейшая сесамовидная кость скелета, залегающая в толще сухожилия четырехглавой мышцы бедра. Имеет основание (*basis*), направленное вверх, и верхушку (*apex*), направленную вниз. Защищает коленный сустав и увеличивает плечо рычага четырехглавой мышцы.
- **Кости голени (*ossa cruris*)**:
 - **Большеберцовая кость (*tibia*)**: занимает медиальное положение, несет всю механическую нагрузку веса тела. Проксимальный конец расширен, формирует медиальный и латеральный мыщелки с межмыщелковым возвышением (*eminentia intercondylaris*). На передней поверхности тела расположена шероховатость (*tuberositas tibiae*) — место прикрепления связки надколенника. Дистальный эпифиз продолжается медиально в **медиальную лодыжку (*malleolus medialis*)**.
 - **Малоберцовая кость (*fibula*)**: тонкая кость, расположенная латерально. Выполняет функцию латеральной стабилизации голеностопного сочленения. Проксимально заканчивается головкой (*caput fibulae*), дистально — **латеральной лодыжкой (*malleolus lateralis*)**.
- **Кости стопы (*ossa pedis*)**: подразделяются на:
 - *Кости предплюсны (*ossa tarsi*)*: 7 губчатых костей: таранная (*talus*), пяточная (*calcaneus* — самая крупная, формирует пяточный бугор), ладьевидная (*os naviculare*), кубовидная (*os cuboideum*) и три клиновидные кости (*ossa cuneiformia mediale, intermedium, laterale*).
 - *Плюсневые кости (*ossa metatarsi*)*: 5 коротких трубчатых костей.
 - *Фаланги пальцев (*phalanges*)*: аналогичны фалангам кисти, но короче. I палец стопы (большой, *hallux*) имеет две фаланги.

5.3.3. Ключевые суставы нижней конечности

- **Тазобедренный сустав (*art. coxae*)**: чашеобразный (ореховидный, разновидность шаровидного), многоосный. Образован вертлужной впадиной тазовой кости и

головкой бедренной кости. Глубина впадины увеличена за счет волокнисто-хрящевой **вертлужной губы** (*labrum acetabulare*). Мощнейшая связка скелета — **подвздошно-бедренная связка (связка Бертина, *lig. iliofemorale*)** толщиной до 8–10 мм выдерживает нагрузку на разрыв до 300 кг, лимитируя переразгибание бедра и удерживая туловище в вертикальном положении без лишних мышечных затрат.

- **Коленный сустав (*art. genus*):** крупнейший, анатомически сложный мышечковый комплексный сустав. Образован мыщелками бедренной кости, верхней суставной поверхностью большеберцовой кости и суставной поверхностью надколенника. Внутри сустава залегают:
 - *Латеральный и медиальный мениски (*meniscus lateralis et medialis*):* полулунные волокнисто-хрящевые пластинки, корректирующие инконгруэнтность поверхностей и амортизирующие удары;
 - *Передняя и задняя крестообразные связки (*ligg. cruciata anterior et posterior*):* удерживают голень от смещения вперед и назад относительно бедра;
 - *Внекапсульные связки:* коллатеральные большеберцовая и малоберцовая связки (*ligg. collateralia tibiale et fibulare*), связка надколенника (*lig. patellae*).
- **Голеностопный сустав (*art. talocruralis*):** блоковидный, одноосный. Образован обеими лодыжками голени, формирующими «вилку», охватывающую блок таранной кости (*trochlea tali*). Движения: тыльное и подошвенное сгибание.

Биомеханика сводов стопы: Стопа человека представляет собой упругий динамический свод, образованный 5 продольными сводами и 1 поперечным. Пассивными «затяжками» сводов служат подошвенный апоневроз и длинная подошвенная связка (*lig. plantare longum*), активными — мышцы голени и стопы. Сводчатое строение исключает компрессию подошвенных сосудов и нервов при ходьбе и обеспечивает колоссальную амортизационную защиту внутренних органов и мозга при вертикальных перегрузках.

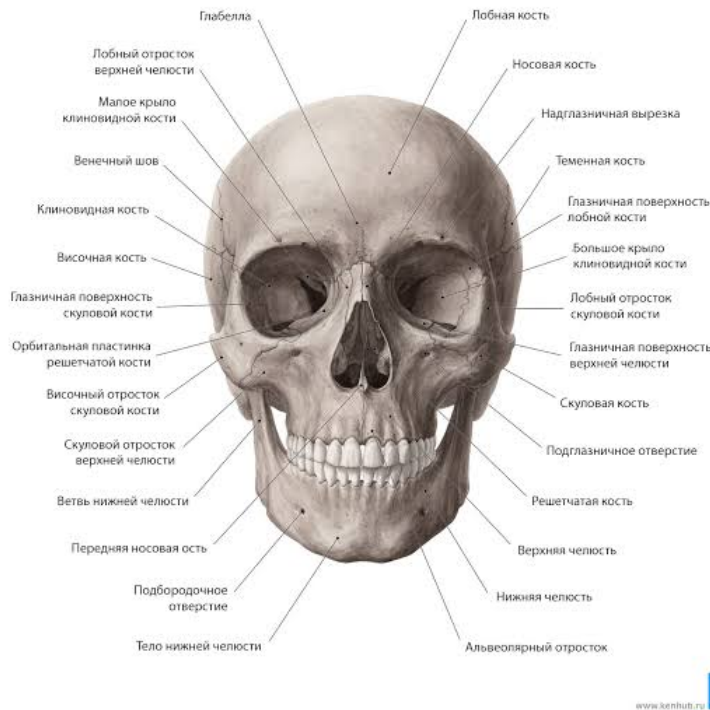
5.4. Скелет головы — Череп (*Cranium*)

Череп служитместилищем для головного мозга, органов зрения, обоняния, вкуса, слуха и равновесия, а также начальных отделов дыхательной и пищеварительной систем.

Анатомически череп подразделяется на два отдела:

1. **Мозговой череп (*cranium cerebrale / neurocranium*):**местилище мозга.
2. **Лицевой (висцеральный) череп (*cranium viscerale / viscerocranium*):** образует костную основу лица.

Рис. 7. Кости черепа в латеральной проекции: свод и основание черепа, лицевой остов.



5.4.1. Кости мозгового черепа (8 костей)

- **Непарные кости (4):**
 - **Лобная кость (*os frontale*):** состоит из чешуи (*squama frontalis*), двух глазничных частей (*partes orbitales*) и носовой части (*pars nasalis*). Внутри тела расположена воздухоносная лобная пазуха (*sinus frontalis*).
 - **Затылочная кость (*os occipitale*):** окружает **большое затылочное отверстие (*foramen magnum*)**. Включает базилярную часть (*pars basilaris*), латеральные части (*partes laterales*) с затылочными мыщелками (*condyli occipitales*) для сочленения с атлантом, и затылочную чешую (*squama occipitalis*).
 - **Клиновидная кость (*os sphenoidale*):** «кость-бабочка», лежащая в центре основания черепа. Состоит из тела (*corpus*), в котором расположено **турецкое седло (*sella turcica*)** с гипофизарной ямкой (*fossa hypophysialis*) и воздухоносной пазухой (*sinus sphenoidalis*), а также трех пар отростков: больших крыльев (*alae majores*), малых крыльев (*alae minores*) и крыловидных отростков (*processus pterygoidei*). Между малыми и большими крыльями открывается **верхняя глазничная щель (*fissura orbitalis superior*)**.
 - **Решетчатая кость (*os ethmoidale*):** легкая воздухоносная кость. Состоит из продырявленной горизонтальной пластинки (*lamina cribrosa*), перпендикулярной пластинки (*lamina perpendicularis*), формирующей носовую перегородку, и решетчатых лабиринтов (*labyrinthi ethmoidales*), несущих верхние и средние носовые раковины.
- **Парные кости (2 пары / 4 кости):**
 - **Теменная кость (*os parietale*):** четырехугольная костная пластинка, формирующая центральный отдел свода черепа.
 - **Височная кость (*os temporale*):** сложнейшая кость черепа, вмещающая орган слуха и равновесия, канал сонной артерии и канал лицевого нерва. Состоит из:

- *Чешуйчатой части (pars squamosa)*: несет скуловой отросток;
- *Барабанной части (pars tympanica)*: ограничивает наружный слуховой проход;
- *Каменистой части (пирамиды, pars petrosa)*: трехгранная пирамида, заключающая костный лабиринт внутреннего уха. Снизу от пирамиды отходят шиловидный (*processus styloideus*) и сосцевидный (*processus mastoideus*) отростки.

5.4.2. Кости лицевого черепа (15 костей)

- **Парные кости (6 пар / 12 костей):**
 - **Верхняя челюсть (*maxilla*)**: воздухоносная кость. Имеет тело с **гайморовой пазухой (*sinus maxillaris*)** и 4 отростка: лобный, скуловой, небный (образует твердое нёбо) и альвеолярный (*processus alveolaris*), несущий ячейки для корней зубов.
 - **Скуловая кость (*os zygomaticum*)**: укрепляет лицевой скелет, соединяясь со скуловым отростком височной кости и формируя скуловую дугу (*arcus zygomaticus*).
 - **Небная кость (*os palatinum*)**: дополняет твердое нёбо и стенку полости носа.
 - **Носовая кость (*os nasale*)**: формирует костную спинку носа.
 - **Слезная кость (*os lacrimale*)**: тонкая кость медиальной стенки глазницы.
 - **Нижняя носовая раковина (*concha nasalis inferior*)**: самостоятельная костная пластинка полости носа.
- **Непарные кости (3):**
 - **Сошник (*vomer*)**: трапециевидная пластинка, участвующая в образовании костной перегородки носа.
 - **Нижняя челюсть (*mandibula*)**: единственная подвижная кость черепа (за исключением подъязычной). Имеет подковообразное тело (*corpus mandibulae*) с альвеолярной дугой и две направленные краниально ветви (*rami mandibulae*). Каждая ветвь заканчивается передним венечным отростком (*processus coronoideus*) и задним мышелковым отростком (*processus condylaris*), несущим головку для височно-нижнечелюстного сустава.
 - **Подъязычная кость (*os hyoideum*)**: U-образная кость, свободно залегающая в мышцах шеи под нижней челюстью.

5.4.3. Топографические пространства черепа и черепные ямки

Внутреннее основание черепа (*basis cranii interna*) разделено на три черепные ямки:

1. **Передняя черепная ямка (*fossa cranii anterior*)**: образована лобной, решетчатой костями и малыми крыльями клиновидной кости. Вмещает лобные доли мозга.
2. **Средняя черепная ямка (*fossa cranii media*)**: образована телом и большими крыльями клиновидной кости, чешуей и передней поверхностью пирамид височных костей. Вмещает височные доли мозга и гипофиз.

Ключевые отверстия:

- **Зрительный канал (*canalis opticus*)**: зрительный нерв (II пара ЧН), глазная артерия;
- **Верхняя глазничная щель (*fissura orbitalis superior*)**: III, IV, VI пары ЧН, V₁ (глазной нерв), верхняя глазная вена;

- *Круглое отверстие (foramen rotundum):* V_2 (верхнечелюстной нерв);
 - *Овальное отверстие (foramen ovale):* V_3 (нижнечелюстной нерв);
 - *Остистое отверстие (foramen spinosum):* средняя менингеальная артерия (*a. meningea media*).
3. **Задняя черепная ямка (*fossa cranii posterior*):** образована затылочной костью, задней поверхностью пирамид височных костей и телом клиновидной кости. Вмещает мозжечок, мост и продолговатый мозг.
- Ключевые отверстия:* большое затылочное отверстие (*foramen magnum*), яремное отверстие (*foramen jugulare* — IX, X, XI пары ЧН, внутренняя яремная вена), внутренний слуховой проход (*meatus acusticus internus* — VII, VIII пары ЧН), канал подъязычного нерва (*canalis hypoglossi* — XII пара ЧН).

Костная глазница (*orbita*): четырехсторонняя пирамида, образованная 7 костями черепа: лобной, клиновидной, решетчатой, скуловой, слезной, верхнечелюстной и небной. Содержит глазное яблоко, слезную железу, сосуды, нервы и экстраокулярную мускулатуру.

Височно-нижнечелюстной сустав (*articulatio temporomandibularis*): парный комбинированный комплексный эллипсоидный сустав. Образован головкой нижней челюсти и нижнечелюстной ямкой височной кости. Содержит двояковогнутый волокнисто-хрящевой суставной диск (*discus articularis*), делящий полость сустава на верхний и нижний этажи. Обеспечивает опускание/поднимание челюсти, смещение вперед/назад и боковые жерновые движения при акте жевания.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ВЫВОДЫ

На основе всестороннего структурно-функционального анализа костной системы и соединений человека сформулированы следующие фундаментальные научные положения:

1. **Закон диалектического единства формы и функции:** Архитектоника костной ткани строго детерминирована механическими векторами напряжений. Ориентация костных пластинок в остеонах компактного вещества и пространственное распределение трабекул губчатого вещества по закону Вольфа гарантируют максимальную механическую прочность кости при минимальной затрате биоматериала.
2. **Динамический гомеостаз костного матрикса:** Кость представляет собой метаболически высокоактивный орган, непрерывно обновляющийся в цикле ремоделирования через скоординированное взаимодействие остеобластов, остеоцитов и остеокластов посредством регуляторной молекулярной оси RANKL/RANK/OPG. Нарушение баланса в сторону резорбции с возрастом служит первопричиной инволютивного остеопороза.
3. **Функциональный континуум соединений костей:** Соединения скелета демонстрируют морфологический переход от непрерывных жестких синартрозов (обеспечивающих преимущественно барьерную защиту и фиксацию) через полуподвижные симфизы к высокодифференцированным полостным синовиальным диартрозам, конструкция которых (наличие синовиальной смазки, гиалинового хряща и связочных стабилизаторов) минимизирует трение и обеспечивает многоосевую кинематику локомоций.
4. **Клинико-прикладное значение остеартрологии:** Знание топографических ориентиров костей, зон фиксации связок, расположения сосудисто-нервных каналов и щелей черепа, а также возрастной динамики минерализации является обязательным

фундаментом для квалифицированной медицинской деятельности в травматологии, ортопедии, хирургии, оптике (краниометрия для центрирования оптических устройств) и реабилитации.