

Тема 4.2 «Мышечная система»

ВВЕДЕНИЕ. МИОЛОГИЯ КАК РАЗДЕЛ МОРФОЛОГИИ И ФИЗИОЛОГИИ

Миология (*myologia*; от греч. *mys*, *myos* — мышца, *logos* — учение) представляет собой фундаментальный раздел анатомии и физиологии, изучающий архитектуру, развитие, топографию и биомеханические свойства мышечной системы человека.

Мышечная система формирует активную часть опорно-двигательного аппарата (*pars activa apparatus locomotorii*). Если кости и их соединения выступают в роли пассивных опорных рычагов и осей вращения, то скелетная мускулатура преобразует химическую энергию макроэргических фосфатов (аденозинтрифосфата, АТФ) в механическую работу сокращения и перемещения тела в трехмерном пространстве.

В организме взрослого человека насчитывается около 600–640 анатомически обособленных скелетных мышц (в зависимости от методики дифференциации отдельных мышечных пучков и рудиментарных структур). Общая масса скелетной мускулатуры составляет приблизительно:

- 35–42% от общей массы тела у взрослого мужчины нормостенического телосложения;
- 28–35% у женщины;
- до 50–55% у профессиональных спортсменов-атлетов;
- около 20–22% у новорожденных детей.

Мышечная система не только обеспечивает локомоцию и поддержание ортостатической позы, но и выступает мощнейшим генератором тепла (сократительный термогенез), обеспечивает дыхательные экскурсии грудной клетки, артикуляцию речи, акт глотания, мимику лица, а также способствует венозному и лимфатическому возврату («мышечный насос» периферической гемодинамики).

1. МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЫШЕЧНЫХ ТКАНЕЙ

В организме человека представлено три генетически, морфологически и функционально гетерогенных типа мышечной ткани (*textus muscularis*), объединенных единым фундаментальным физиологическим свойством — **сократимостью** (*contractilitas*), то есть способностью изменять свою продольную длину или развивать механическое напряжение при возбуждении.

Мышечные ткани



Рис. 1. Гистологическое строение мышечных тканей: скелетная поперечнополосатая, сердечная и гладкая мышечная ткань.

1.1. Гладкая (неисчерченная) мышечная ткань (*Textus muscularis nonstriatus*)

- **Генез:** развивается преимущественно из эмбриональной мезенхимы.
- **Микроструктура:** образована веретеновидными одноядерными клетками — **гладкими миоцитами** (*leiomyocyti*) длиной от 20 до 500 мкм и толщиной 5–10 мкм. Ядро расположено в центре клетки. В цитоплазме (саркоплазме) сократительные миофиламенты (актин и миозин) не формируют саркомерного упорядочивания, поэтому ткань лишена поперечной исчерченности. Актиновые филаменты фиксируются к плотным тельцам (*corpuscula densa*), являющимся функциональными аналогами Z-дисков.
- **Локализация:** формирует среднюю (мышечную) оболочку полых внутренних органов желудочно-кишечного тракта, мочевыделительных и репродуктивных путей, стенки кровеносных и лимфатических сосудов, капсулу селезенки, а также представлена в радужке и цилиарном теле глаза (*m. sphincter pupillae*, *m. dilatator pupillae*, *m. ciliaris*).
- **Физиологические особенности:** не подчиняется волевому контролю (иннервируется вегетативной нервной системой). Характеризуется автоматией, длительным тоническим напряжением при минимальных энергетических затратах, медленной скоростью сокращения и выраженной пластичностью (способностью сохранять заданную длину при изменении внутреннего давления в органе).

1.2. Поперечнополосатая сердечная мышечная ткань (*Textus muscularis striatus cardiacus*)

- **Генез:** дифференцируется из миоэпикардальной пластинки висцерального листка спланхнотома мезодермы.
- **Микроструктура:** состоит из отдельных клеток — **кардиомиоцитов** (*cardiomyocyti*), имеющих отростчатую форму и содержащих одно или два центрально расположенных ядра. Кардиомиоциты соединяются друг с другом в области контактных поверхностей

— **вставочных дисков** (*disci intercalares*). Вставочные диски содержат механические контакты (десмосомы и зоны слипания) и высокопроницаемые щелевые контакты (**нексусы**), обеспечивающие сверхбыструю передачу электрического потенциала от клетки к клетке. За счет нексусов миокард функционирует как **функциональный синцитий**.

- **Разновидности клеток:** сократительные (типичные) кардиомиоциты и проводящие (атипичные) кардиомиоциты (клетки синусно-предсердного и предсердно-желудочкового узлов, пучка Гиса и волокон Пуркинье), обладающие спонтанной диастолической деполяризацией (автоматией).
- **Физиологические особенности:** подчиняется закону «все или ничего», обладает абсолютным рефрактерным периодом, сопоставимым по длительности со всей фазой систолы (что исключает тетаническое сокращение миокарда). Не контролируется сознанием.

1.3. Поперечнополосатая скелетная мышечная ткань (*Textus muscularis striatus skeletalis*)

- **Генез:** развивается из миотомов дорсальной сомитной мезодермы.
- **Микроструктура:** представлена высокоспециализированными многоядерными надклеточными образованиями — **мышечными волокнами (миосимпластами)** (*myofibra*), длина которых варьирует от нескольких миллиметров до 12–15 см при диаметре от 10 до 100 мкм. Каждое волокно содержит тысячи ядер, оттесненных на периферию под сарколемму параллельно ориентированными органеллами специального назначения — **миофибриллами** (*myofibrillae*). Под базальной мембраной волокна располагаются недифференцированные клетки-сателлиты (камбиальный резерв регенерации).
- **Локализация:** соматическая мускулатура головы, туловища, верхних и нижних конечностей, диафрагма, экстраокулярные мышцы глаза, мышцы языка, мягкого нёба, глотки, гортани и наружных сфинктеров тазового дна.
- **Физиологические особенности:** подчиняется прямому волевому контролю со стороны пирамидной системы коры больших полушарий; сокращается с высокой скоростью; способна к градуальному развитию силы в ответ на изменение частоты нервной импульсации.

2. МЫШЦА КАК ОРГАН (*MUSCULUS UT ORGANUM*)

Скелетная мышца (*musculus*) — это анатомически обособленный, морфологически дифференцированный орган, имеющий строго определенную форму, внутреннюю архитектуру, топографическое положение, систему автономного кровоснабжения, лимфооттока и иннервации.

Строение мышцы

Мышца — орган мышечной системы, состоящий из множества тканей.

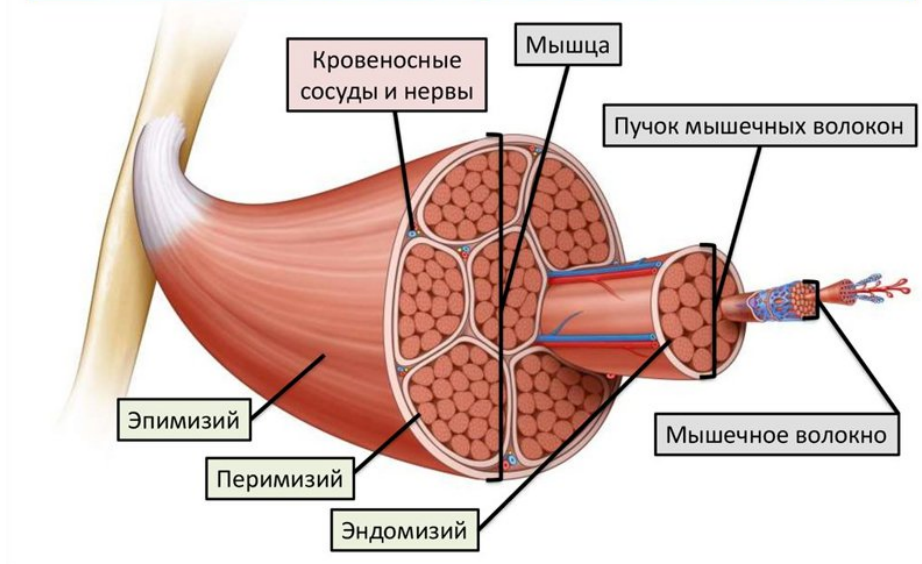


Рис. 2. Макро- и микроанатомия мышцы: брюшко, эндомизий, перимизий, эпимизий, сухожилие.

2.1. Анатомические части скелетной мышцы

В типичной мышце выделяют:

1. **Брюшко (тело) мышцы (*venter musculi*):** центральная, наиболее массивная сократительная часть, состоящая из пучков поперечнополосатых мышечных волокон.
2. **Головка мышцы (*caput musculi*):** проксимальный конец мышцы, переходящий в начальное сухожилие, посредством которого мышца прикрепляется к костной точке опоры — **началу мышцы (*origo / punctum fixum*)**.
3. **Хвост мышцы (*cauda musculi*):** дистальный конец мышцы, переходящий в концевое сухожилие, прикрепляющееся к подвижному костному рычагу — **месту прикрепления (*insertio / punctum mobile*)**. При изменении вектора движения фиксированная и подвижная точки могут меняться ролями.

2.2. Соединительнотканый каркас мышцы (Строма)

Механическое усилие, развиваемое отдельными сокращающимися саркомерами, суммируется и передается на кость через трехмерный соединительнотканый остов:

- **Эндомизий (*endomysium*):** тончайшие прослойки рыхлой волокнистой соединительной ткани, окружающие каждое индивидуальное мышечное волокно. В эндомизии проходят капилляры микроциркуляторного русла и нервные терминали.
- **Перимизий (*perimysium*):** более плотные прослойки соединительной ткани, объединяющие группы мышечных волокон в первичные, вторичные и третичные мышечные пучки (*fasciculi musculares*).

- **Эпимизий (*epimysium*):** плотный чехол из волокнистой ткани, покрывающий снаружи все мышечное брюшко целиком и непосредственно срастающийся с собственной фасцией.

На концах мышечного брюшка коллагеновые волокна эндомизия, перимизия и эпимизия продолжают в плотные пучки **сухожилия (*tendo*)**, которое фиксируется к кости посредством глубоко проникающих прободающих шарпеевских волокон. Если сухожилие широкое и уплощенное (характерно для широких мышц живота и спины), оно именуется **апоневрозом (*aponeurosis*)**. Сухожилия построены из параллельных пучков коллагена I типа, практически нерастяжимы и выдерживают колоссальную нагрузку на разрыв (до сотен килограммов на квадратный сантиметр).

2.3. Вспомогательный аппарат мышц (*Apparatus accessorius musculorum*)

Вспомогательные структуры оптимизируют биомеханику, снижают силу трения и направляют мышечную тягу:

- **Фасции (*fasciae*):** плотные соединительнотканые футляры, покрывающие отдельные мышцы или целые мышечные группы. Различают поверхностные (подкожные), глубокие (собственные) и висцеральные фасции. Фасции формируют межмышечные перегородки (*septa intermuscularia*), служат дополнительными местами фиксации мышечных волокон, изолируют мышечные ложа, препятствуя распространению гнойных затеков и гематом, а также обеспечивают опору для мышечных сокращений («мягкий скелет»).
- **Синовиальные влагалища сухожилий (*vaginae synoviales tendinum*):** замкнутые двухлистковые соединительнотканые цилиндры, окружающие сухожилия в зонах их прохождения под удерживателями (ретикулумами) на запястье, пальцах кисти и стопы. Наружный париетальный листок сращен с костно-фиброзным каналом, внутренний висцеральный листок покрывает сухожилие. Место перехода листков образует брыжейку сухожилия — **мезотендиний (*mesotendineum*)**, несущий сосуды и нервы. Пространство между листками заполнено синовиальной жидкостью, сводящей трение к минимуму.
- **Синовиальные сумки (Бурсы, *bursae synoviales*):** щелевидные полости с синовиальной жидкостью, локализующиеся в участках наибольшего механического трения сухожилий о костные выступы.
- **Блоки мышц (*trochleae musculares*):** костные выступы или хрящевые петли, через которые перекидывается сухожилие (например, блок верхней косой мышцы глаза, *trochlea m. obliqui superioris*). Изменяют направление вектора мышечной тяги и увеличивают плечо рычага силы.
- **Сесамовидные кости (*ossa sesamoidea*):** добавочные кости, заложенные в толще сухожилий вблизи суставов (наиболее крупная — надколенник, *patella*). Увеличивают угол подхода сухожилия к кости, максимизируя вращательный момент.

3. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ И БИОФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ

Сокращение скелетной мышцы — сложный многостадийный электромеханический процесс, базирующийся на взаимодействии структурных белков саркомера.

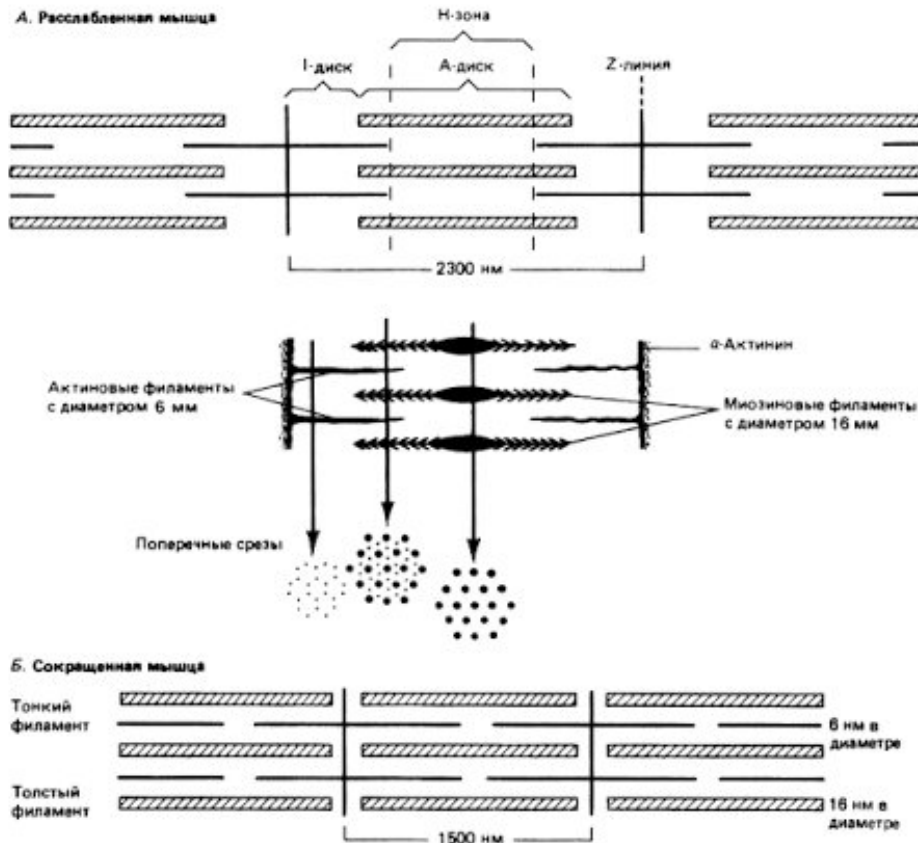


Рис. 3. Ультраструктура саркомера: границы Z-дисков, перекрывание актиновых (тонких) и миозиновых (толстых) нитей, зоны H и линии M.

3.1. Ультраструктура саркомера

Саркомер (sarcomerum) — фундаментальная структурно-функциональная единица миофибриллы, ограниченная двумя последовательными телофрагмами (**Z-дисками** или **Z-линиями**). Длина саркомера в состоянии покоя составляет 2,0–2,5 мкм.

В структуре саркомера в поляризационном микроскопе дифференцируют следующие зоны:

- **А-диск (анизотропный диск):** оптически темная центральная полоса постоянной длины ($\approx 1,6$ мкм), образованная толстыми миозиновыми нитями и перекрывающимися с ними концами тонких актиновых нитей.
- **I-диск (изотропный диск):** оптически светлая полоса, разделенная пополам Z-диск. Содержит только тонкие актиновые филаменты. При сокращении I-диск укорачивается.
- **H-зона:** светлая центральная область А-диска, свободная от актиновых нитей (содержит только миозин). При сокращении исчезает.
- **M-линия (мезофрагма):** темная полоса в центре H-зоны, состоящая из белков цитоскелета (миомезина), фиксирующих толстые филаменты.

Белковый состав сократительного аппарата:

1. **Толстые филаменты:** образованы белком **миозином II типа**. Молекула миозина состоит из двух тяжелых полипептидных цепей, формирующих хвост, и четырех легких цепей, образующих две глобулярные головки. Головка обладает АТФазной активностью и участком связывания с актином.
2. **Тонкие филаменты:** состоят из трех компонентов:
 - *F-актин (фибриллярный актин)*: двойная спираль из мономеров глобулярного G-актина;
 - *Тропомиозин*: вытянутая нитевидная молекула, уложенная в желобке спирали актина и в покое стерически блокирующая активные центры связывания с миозином;
 - *Тропоминовый комплекс*: глобулярный тример, состоящий из субъединиц:
 - *Тн-Т (тропонин Т)*: связывается с тропомиозином;
 - *Тн-І (тропонин І)*: ингибирует актин-миозиновое взаимодействие;
 - *Тн-С (тропонин С)*: содержит четыре высокоаффинных центра связывания для ионов кальция (Ca^{2+}).
3. **Белки цитоскелета:** гигантский упругий белок **титин (коннектин)** (молекулярная масса более 3 000 кДа), соединяющий концы миозина с Z-диском и обеспечивающий пассивную упругость волокна; **небулин**, стабилизирующий длину актиновых нитей; **дистрофин**, связывающий актиновый каркас с трансмембранным дистрогликановым комплексом сарколеммы (мутация гена дистрофина ведет к миодистрофии Дюшенна).

3.2. Механизм электромеханического сопряжения (Каскад сокращения)

Процесс трансформации потенциала действия сарколеммы в механическое смещение нитей протекает по строго детерминированному физиологическому алгоритму:

1. Генерация потенциала действия (ПД) мотонейроном спинного мозга
- ↓
2. Экзоцитоз ацетилхолина (АХ) в синаптическую щель нервно-мышечного синапса
- ↓
3. Активация никотиновых холинорецепторов (Н-ХР) концевой пластинки
- ↓
4. Вход ионов Na^+ → Деполяризация концевой пластинки (ПКП) → Генерация ПД сарколеммы
- ↓
5. Распространение ПД вглубь волокна по поперечным Т-трубочкам (T-tubules)
- ↓
6. Конформационная активация дигидропиридиновых рецепторов (DHPR, L-тип Ca^{2+} -каналов)
- ↓
7. Механическое открытие сопряженных рианодиновых рецепторов (RyR1) саркоплазматического ретикулула (СПР)
- ↓
8. Массивный выброс ионов Ca^{2+} из цистерн СПР в саркоплазму (рост $[Ca^{2+}]$ с 10^{-7} до 10^{-5} М)
- ↓
9. Связывание Ca^{2+} с тропонином С (Тн-С)
- ↓
10. Конформационный сдвиг тропомиозина в желобке актина → Открытие центров связывания на актине
- ↓
11. Взаимодействие головок миозина с актином (формирование поперечных мостиков)
- ↓
12. Гребковое движение головок (угол меняется с 90° на 45°) → Смещение тонких нитей к центру

саркомера



13. Гидролиз новой молекулы АТФ → Размыкание мостика и реверсия головки в исходное положение

Релаксация (расслабление): Снижение внутриклеточного кальция осуществляется постоянно работающим энергозависимым кальциевым насосом — Ca^{2+} -АТФазой саркоплазматического ретикулума (SERCA), откачивающей ионы Ca^{2+} обратно в цистерны СПР против градиента концентрации. В ретикулуме кальций депонируется белком кальсеквестрином. При снижении $[Ca^{2+}]$ ниже 10^{-7} М Тн-С теряет кальций, тропомиозин возвращается в блокирующее положение, и нити пассивно возвращаются в исходное положение. При дефиците АТФ мостики миозина не могут разомкнуться от актина, что лежит в основе **трупного окоченения** (*rigor mortis*).

3.3. Физиология двигательных единиц и режимы мышечного сокращения

- **Двигательная (моторная) единица (ДЕ):** функциональный комплекс, включающий один альфа-мотонейрон переднего рога спинного мозга, его аксон и группу иннервируемых им мышечных волокон.
 - *Мелкие ДЕ (10–30 волокон на нейрон):* обеспечивают тончайшую дискретную регуляцию движений (экстраокулярные мышцы глаза, мышцы гортани, мелкие мышцы кисти).
 - *Крупные ДЕ (до 1000–2000 волокон на нейрон):* локализуются в массивных постуральных мышцах спины, ягодиц и бедра (развивают колоссальную суммарную силу при невысокой точности).

Типы мышечных волокон:

1. **Медленные оксидативные волокна (Тип I, «красные»):** содержат много миоглобина и митохондрий, богатую капиллярную сеть. Устойчивы к утомлению, работают в аэробном режиме (постуральные антигравитационные мышцы).
2. **Быстрые гликолитические волокна (Тип IIb, «белые»):** богаты гликогеном, обладают высокой скоростью гидролиза АТФ, быстро утомляются. Обеспечивают спринтерские мощные рывковые движения.
3. **Быстрые оксидативно-гликолитические волокна (Тип IIa, промежуточные).**

Режимы сокращения:

- **Изотоническое сокращение:** длина мышцы укорачивается при постоянном внутреннем напряжении (перемещение внешнего груза).
- **Изометрическое сокращение:** длина мышцы остается неизменной, а внутреннее напряжение возрастает (попытка поднять непосильный груз, удержание статической позы).
- **Ауксотоническое (смешанное) сокращение:** одновременное изменение и длины, и напряжения (реализуется в большинстве естественных двигательных актов).
- **Одиночное сокращение vs Тетанус:** При редких нервных импульсах возникает одиночное сокращение (фазы: латентный период, фаза укорочения, фаза расслабления). Если следующий импульс приходит в фазу расслабления предшествующего цикла, возникает **зубчатый тетанус**; если импульсы поступают с высокой частотой в фазу укорочения — наблюдается слитный **гладкий тетанус** (основной физиологический режим сокращения скелетных мышц человека).

4. КЛАССИФИКАЦИЯ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

Мышцы классифицируются по комплексу признаков:

1. По форме и геометрической конфигурации:

- *Длинные мышцы (musculi longi)*: преобладают на конечностях, имеют форму веретена;
- *Широкие мышцы (musculi lati)*: располагаются на туловище (живот, спина), имеют пластинчатое брюшко и переходят в апоневрозы;
- *Короткие мышцы (musculi breves)*: локализованы между смежными сегментами скелета (межпозвоночные мышцы);
- *Круговые мышцы (Сфинктеры, musculi orbiculares / sphincteres)*: окружают естественные отверстия тела (круговая мышца глаза, рта).

2. По числу головок или брюшек:

- Двуглавые (*m. biceps*), трехглавые (*m. triceps*), четырехглавые (*m. quadriceps*);
- Двубрюшные мышцы (*m. digastricus*), мышцы с промежуточными сухожильными перемышками (прямая мышца живота).

3. По направлению мышечных волокон:

- *Прямые (параллельные)*: волокна ориентированы вдоль длинной оси мышцы;
- *Косые и поперечные*;
- *Перистые мышцы*: волокна подходят к сухожилию под острым углом, что резко увеличивает **физиологический поперечник** мышцы и развиваемую ею силу:
 - Одноперистые (*m. unipennatus*);
 - Двуперистые (*m. bipennatus*);
 - Многоперистые (*m. multipennatus*, например, дельтовидная мышца).

4. По отношению к суставам: односуставные, двусуставные и многосуставные мышцы.

5. По биомеханической функции:

- Сгибатели (*flexores*) и разгибатели (*extensores*);
- Отводящие (*abductores*) и приводящие (*adductores*);
- Вращатели (*rotatores*): вращающие кнутри (пронаторы, *pronators*) и кнаружи (супинаторы, *supinatores*);
- Подниматели (*levatores*) и опускающие (*depressores*).

6. СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЫШЦ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

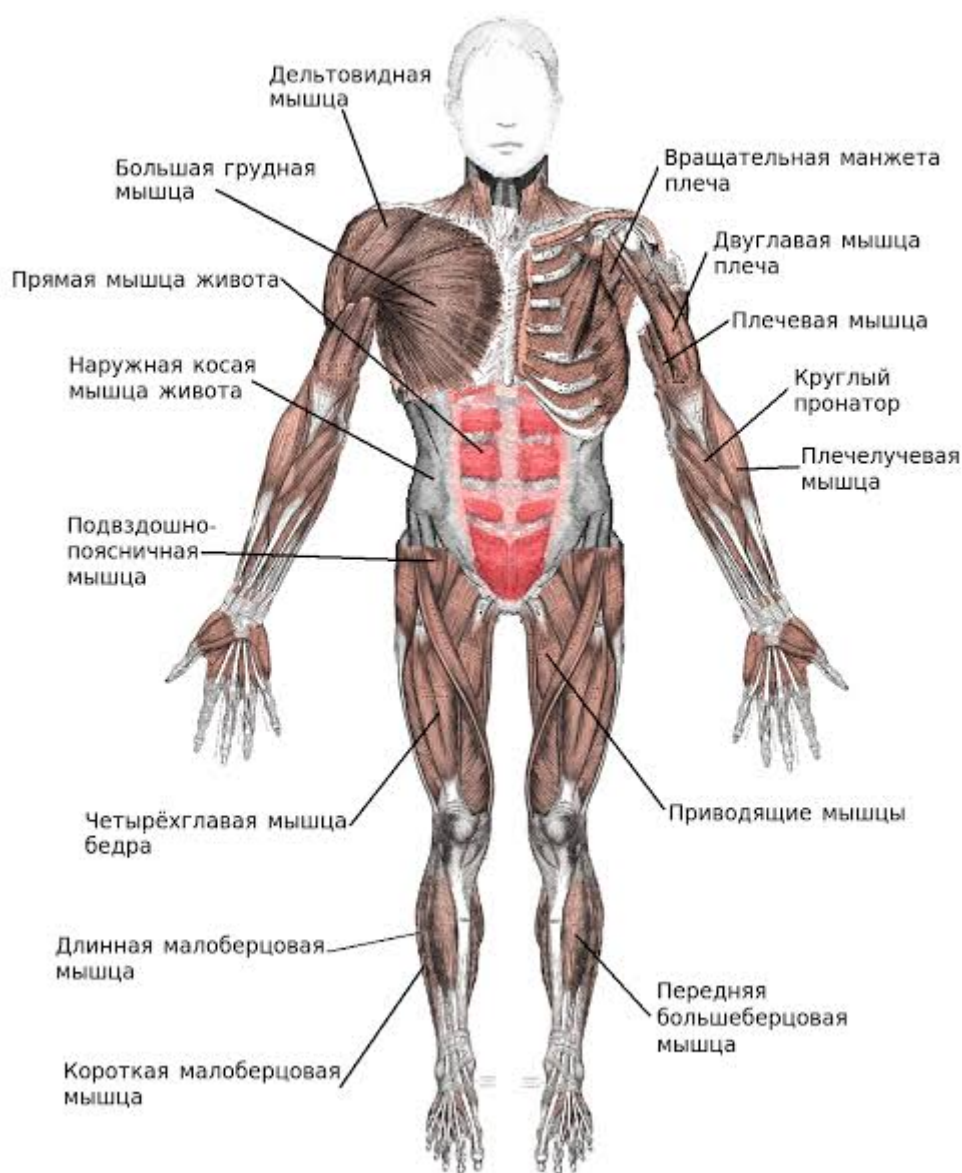


Рис. 4. Топографическая проекция основных групп соматических мышц тела человека.

5.1. Мышцы головы (Musculi capitis)

Мышцы головы анатомически и функционально подразделяются на две принципиальные группы: **мимические** и **жевательные**.

5.1.1. Мимические мышцы (Мышцы лица)

- **Особенности:** развиваются из мезенхимы II висцеральной (жаберной) дуги; иннервируются **VII парой черепных нервов — лицевым нервом (*nervus facialis*)**; начинаются от костей черепа и вплетаются непосредственно в кожу или слизистые оболочки; лишены собственных фасций; группируются вокруг естественных отверстий (глазная щель, ротовое отверстие, носовые ходы).

- **Ключевые представители:**

- **Надчерепная мышца (*m. epicranius*):** включает затылочно-лобную мышцу (*m. occipitofrontalis*) с лобным и затылочным брюшками, соединенными широким сухожильным шлемом (апоневрозом, *galea aponeurotica*). Смещает кожу волосистой части головы, собирает лоб в поперечные складки (выражение внимания, удивления).
- **Круговая мышца глаза (*m. orbicularis oculi*):** мощный сфинктер глазной щели. Включает вековую часть (*pars palpebralis* — смыкание век при мигании), глазничную часть (*pars orbitalis* — плотное зажмуривание глаза) и слезную часть (*pars lacrimalis* — расширяет слезный мешок, способствуя оттоку слезы).
- **Круговая мышца рта (*m. orbicularis oris*):** формирует основу толщи губ, суживает ротовую щель, вытягивает губы вперед при сосании и речи.
- **Щечная мышца («мышца трубачей», *m. buccinator*):** образует боковую стенку полости рта. Прижимает щеку к зубам, препятствуя прикусыванию слизистой оболочки при жевании, выдувает воздух из ротовой полости. Сквозь нее проходит выводной проток околоушной слюнной железы (стенонов проток).
- **Мышца, опускающая угол рта (*m. depressor anguli oris*) и большая скуловая мышца (*m. zygomaticus major*)** (смещает угол рта вверх и латерально при улыбке).

5.1.2. Жевательные мышцы

- **Особенности:** развиваются из мезенхимы I висцеральной (челюстной) дуги; иннервируются двигательными ветвями V пары ЧН — **тройничного нерва (нижнечелюстным нервом, *n. mandibularis*)**; обязательно начинаются от неподвижных костей черепа и прикрепляются к нижней челюсти (*mandibula*), приводя в движение височно-нижнечелюстной сустав.
- **4 классические жевательные мышцы:**
 1. **Жевательная мышца (*m. masseter*):** начинается от скуловой дуги, прикрепляется к жевательной бугристости нижней челюсти. С колоссальной силой поднимает опущенную нижнюю челюсть (раздавливание пищи).
 2. **Височная мышца (*m. temporalis*):** веерообразная мышца, заполняющая всю височную ямку черепа; прикрепляется к венечному отростку нижней челюсти. Поднимает челюсть, а ее задние пучки тянут выдвинутую вперед челюсть назад.
 3. **Медиальная крыловидная мышца (*m. pterygoideus medialis*):** начинается от крыловидного отростка клиновидной кости, прикрепляется к крыловидной бугристости на внутренней поверхности угла нижней челюсти. Синергист жевательной мышцы в поднятии челюсти.
 4. **Латеральная крыловидная мышца (*m. pterygoideus lateralis*):** имеет две головки, идущие от клиновидной кости к шейке мышечкового отростка нижней челюсти и суставному диску височно-нижнечелюстного сустава. При двустороннем сокращении выдвигает нижнюю челюсть вперед; при одностороннем сокращении — смещает челюсть в противоположную сторону (боковые жерновые движения).

5.2. Мышцы шеи (Musculi colli / cervicis)

Топографически разделяются на поверхностные мышцы, мышцы подъязычной кости и глубокие мышцы.

- **Поверхностная группа:**

- **Подкожная мышца шеи (Платизма, *platysma*):** рудиментарная тонкая мышечная пластинка, залегающая непосредственно под кожей. Натягивает кожу шеи, предохраняя подкожные вены от спадения.
- **Грудино-ключично-сосцевидная мышца (*m. sternocleidomastoideus*):** массивный мышечный тяж, косо пересекающий шею. Начинается двумя ножками от рукоятки грудины и грудинного конца ключицы, прикрепляется к сосцевидному отростку височной кости. Иннервируется **XI парой ЧН — добавочным нервом (*n. accessorius*)**. При одностороннем сокращении наклоняет голову в свою сторону с одновременным поворотом лица в противоположную сторону; при двустороннем сокращении запрокидывает голову назад либо сгибает шейный отдел позвоночника. Служит главным анатомическим ориентиром шеи, разделяющим передний и латеральный шейные треугольники.

- **Мышцы подъязычной кости:**

- **Надподъязычные мышцы (*mm. suprahyoidei*):** двубрюшная (*m. digastricus*), челюстно-подъязычная (*m. mylohyoideus*), подбородочно-подъязычная (*m. geniohyoideus*), шилоподъязычная (*m. stylohyoideus*). Образуют диафрагму рта, поднимают подъязычную кость и гортань при глотании, а при ее фиксации опускают нижнюю челюсть.
- **Подподъязычные мышцы (*mm. infrahyoidei*):** грудино-подъязычная, грудино-щитовидная, щитоподъязычная, лопаточно-подъязычная (*m. omohyoideus*). Опускают подъязычную кость и щитовидный хрящ.

- **Глубокие мышцы шеи:**

- **Латеральная группа (Лестничные мышцы):** передняя, средняя и задняя лестничные мышцы (*mm. scaleni anterior, medius et posterior*). Начинаются от поперечных отростков шейных позвонков, прикрепляются к I и II ребрам. Поднимают ребра (вспомогательные мышцы вдоха). Между передней и средней лестничными мышцами находится **межлестничное пространство (*spatium interscalenum*)**, через которое проходят плечевое сплетение (*plexus brachialis*) и подключичная артерия (*a. subclavia*).
- **Медиальная (предпозвоночная) группа:** длинная мышца головы и длинная мышца шеи (сгибают шейный отдел).

5.3. Мышцы туловища (Musculi trunci)

5.3.1. Мышцы спины (Musculi dorsi)

- **Поверхностные мышцы:**

- **Трапецевидная мышца (*m. trapezius*):** крупная плоская треугольная мышца верхнего отдела спины. Начинается от затылочной кости, выйной связки и остистых отростков всех грудных позвонков; прикрепляется к акромиальному концу ключицы, акромиону и ости лопатки. Иннервация: XI пара ЧН. Приближает лопатку к позвоночному столбу, поднимает плечевой пояс (верхние пучки) или опускает его (нижние пучки).

- **Широчайшая мышца спины (*m. latissimus dorsi*):** занимает весь нижний отдел спины. Начинается от остистых отростков нижних 6 грудных и всех поясничных позвонков, гребня подвздошной кости и пояснично-грудной фасции; прикрепляется к гребню малого бугорка плечевой кости. Приводит, разгибает и пронирует плечо («мышца гребца»).
- Большая и малая ромбовидные мышцы (*mm. rhomboidei major et minor*); мышца, поднимающая лопатку (*m. levator scapulae*); верхняя и нижняя задние зубчатые мышцы.
- **Глубокие мышцы спины:**
 - **Мышца, выпрямляющая позвоночник (*m. erector spinae*):** мощнейший мышечный комплекс вдоль всего позвоночного столба. Делится на три тракта: подвздошно-реберную, длиннейшую и остистую мышцы. Разгибает позвоночник, удерживает тело в вертикальном положении при ходьбе и беге.
 - Поперечно-остистая мышца (*m. transversospinalis*): полуостистая, многочисленные мышцы и мышцы-вращатели.

5.3.2. Мышцы груди (*Musculi thoracis*)

- **Поверхностные мышцы (действующие на плечевой пояс):**
 - **Большая грудная мышца (*m. pectoralis major*):** массивная веерообразная мышца. Имеет ключичную, грудино-реберную и брюшную части; прикрепляется к гребню большого бугорка плечевой кости. Приводит и пронирует плечо, опускает поднятую руку; при фиксированной руке поднимает ребра (вспомогательная дыхательная мышца).
 - Малая грудная мышца (*m. pectoralis minor*), подключичная мышца (*m. subclavius*), передняя зубчатая мышца (*m. serratus anterior* — отводит лопатку вперед и латерально).
- **Глубокие (аутохтонные) мышцы груди:**
 - **Наружные межреберные мышцы (*mm. intercostales externi*):** волокна идут косо сверху вниз и сзади наперед. Поднимают ребра, обеспечивая акт **спокойного вдоха (инспирации)**.
 - **Внутренние межреберные мышцы (*mm. intercostales interni*):** волокна ориентированы противоположно — снизу вверх и сзади наперед. Опускают ребра при **активном выдохе (экспирации)**.
- **Диафрагма (Грудобрюшная преграда, *diaphragma*):**
 - Главная дыхательная мышца, разделяющая грудную и брюшную полости. Представляет собой куполообразную мышечно-сухожильную пластинку.
 - Имеет периферическую мышечную часть (поясничная, реберная и грудинная части) и центральный **сухожильный центр (*centrum tendineum*)**.
 - **Отверстия диафрагмы:**
 1. Отверстие нижней полой вены (*foramen venae cavae*) — в сухожильном центре;
 2. Пищеводное отверстие (*hiatus oesophageus*) — окружено мышечными ножками; пропускает пищевод и стволы блуждающих нервов;
 3. Аортальное отверстие (*hiatus aorticus*) — образовано фиброзной срединной дугообразной связкой; пропускает аорту и грудной лимфатический проток.

- Иннервируется парным диафрагмальным нервом (*n. phrenicus*, шейное сплетение, C₃–C₅). При сокращении купол диафрагмы уплощается и опускается на 2–4 см, увеличивая вертикальный размер грудной полости и создавая отрицательное внутригрудное давление (обеспечивает 70–80% объема легочной вентиляции).

5.3.3. Мышцы живота (*Musculi abdominis*)

Образуют мышечную основу передней, боковых и задней стенок брюшной полости.

- **Боковая группа (Широкие мышцы):**
 - **Наружная косая мышца живота (*m. obliquus externus abdominis*):** волокна идут сверху вниз и медиально. Переходит в широкий апоневроз, нижний край которого подворачивается, формируя паховую связку (пупартову связку, *lig. inguinale*).
 - **Внутренняя косая мышца живота (*m. obliquus internus abdominis*):** волокна идут снизу вверх и медиально (перпендикулярно наружной косой).
 - **Поперечная мышца живота (*m. transversus abdominis*):** глубокий слой; волокна ориентированы строго горизонтально.
- **Передняя группа:**
 - **Прямая мышца живота (*m. rectus abdominis*):** мощная лентовидная мышца, заключенная в апоневротическое влагалище прямой мышцы живота (*vagina m. recti abdominis*). Разделена 3–4 поперечными сухожильными перемычками (*intersectiones tendineae*).
- По срединной линии при перекресте апоневрозов широких мышц формируется бессосудистая плотная белая линия живота (*linea alba*), простирающаяся от мечевидного отростка до лобкового симфиза.
- **Функции мышц живота:** формируют брюшной пресс (*prelum abdominale*), удерживают внутрибрюшное давление, фиксируют органы, участвуют в актах дефекации, мочеиспускания, родов, форсированного выдоха, сгибают и ротируют туловище.
- **Паховый канал (*canalis inguinalis*):** косая щель длиной 4–5 см над паховой связкой. Имеет 4 стенки и 2 кольца (глубокое и поверхностное). У мужчин содержит семенной канатик (*funiculus spermaticus*), у женщин — круглую связку матки (*lig. teres uteri*). Зона формирования паховых грыж.

5.4. Мышцы верхней конечности (*Musculi membri superioris*)

5.4.1. Мышцы пояса верхней конечности

- **Дельтовидная мышца (*m. deltoideus*):** покрывает плечевой сустав со всех сторон. Многоперистая. Отводит плечо до горизонтального уровня (90°).
- **Мышцы вращательной манжеты плеча (Ротаторная манжета):**
 1. Надостная мышца (*m. supraspinatus*) — инициирует отведение;
 2. Подостная мышца (*m. infraspinatus*) — вращает плечо кнаружи (супинация);
 3. Малая круглая мышца (*m. teres minor*) — наружная ротация;
 4. Подлопаточная мышца (*m. subscapularis*) — внутренняя ротация (пронация).

Клиническое значение: сухожилия манжеты стабилизируют головку плечевой кости в суставной впадине лопатки.

5.4.2. Мышцы плеча (*Musculi brachii*)

- **Передняя группа (Сгибатели):**
 - **Двуглавая мышца плеча (*m. biceps brachii*):** длинная головка начинается от надсуставного бугорка лопатки (сухожилие проходит сквозь полость плечевого сустава), короткая — от клювовидного отростка. Прикрепляется к бугристости лучевой кости. Сгибает руку в плечевом и локтевом суставах и служит мощным супинатором предплечья.
 - Плечевая мышца (*m. brachialis*) — чистый мощный сгибатель локтевого сустава; клювовидно-плечевая мышца.
- **Задняя группа (Разгибатели):**
 - **Трехглавая мышца плеча (*m. triceps brachii*):** имеет длинную, латеральную и медиальную головки; прикрепляется к локтевому отростку локтевой кости (*olecranon*). Мощный разгибатель предплечья в локтевом суставе.

5.4.3. Мышцы предплечья и кисти

- **Мышцы предплечья (*mm. antebrachii*):** делятся на переднюю группу (сгибатели запястья и пальцев, пронаторы: лучевой и локтевой сгибатели запястья, круглый пронатор, поверхностный и глубокий сгибатели пальцев) и заднюю группу (разгибатели запястья и пальцев, супинатор).
- **Мышцы кисти (*mm. manus*):** дифференцируются на три группы:
 - Мышцы возвышения большого пальца (Тенар, *thenar*): короткий сгибатель, мышца, противопоставляющая большой палец (*m. opponens pollicis* — уникальная эволюционная адаптация к трудовой деятельности);
 - Мышцы возвышения мизинца (Гипотенар, *hypothenar*);
 - Средняя группа: червеобразные (*mm. lumbricales*) и межкостные мышцы (*mm. interossei*) — сгибание проксимальных фаланг при одновременном разгибании средних и дистальных.

5.5. Мышцы нижней конечности (*Musculi membri inferioris*)

5.5.1. Мышцы тазового пояса

- **Внутренняя группа: подвздошно-поясничная мышца (*m. iliopsoas*),** состоящая из большой поясничной и подвздошной мышц; прикрепляется к малому вертелу бедренной кости. Главный сгибатель бедра в тазобедренном суставе.
- **Наружная группа:**
 - **Большая ягодичная мышца (*m. gluteus maximus*):** мощнейшая мышца тела, разгибающая бедро и удерживающая туловище в вертикальном положении при прямохождении;
 - Средняя и малая ягодичные мышцы (*mm. glutei medius et minimus*) — отводят бедро, стабилизируют таз при одноопорной фазе ходьбы.

5.5.2. Мышцы бедра (*Musculi femoris*)

- **Передняя группа (Разгибатели голени):**
 - **Четырехглавая мышца бедра (*m. quadriceps femoris*):** самая массивная мышца скелета. Включает прямую мышцу бедра (двусуставная, сгибает бедро), латеральную, медиальную и промежуточную широкие мышцы бедра. Их общее сухожилие включает в себя надколенник и продолжается в **связку**

надколенника (*lig. patellae*), прикрепляющуюся к бугристости большеберцовой кости. Мощнейший разгибатель коленного сустава.

- Портняжная мышца (*m. sartorius*) — самая длинная мышца тела человека (≈ 50 см).
- **Медиальная группа (Приводящие мышцы):** длинная, короткая и большая приводящие мышцы (*mm. adductores*), гребенчатая и тонкая мышцы.
- **Задняя группа (Сгибатели голени / Седалищно-коленные мышцы):** двуглавая мышца бедра (*m. biceps femoris*), полусухожильная (*m. semitendinosus*) и полуперепончатая (*m. semimembranosus*) мышцы. Разгибают бедро и сгибают голень.

5.5.3. Мышцы голени и стопы

- **Мышцы голени (*mm. cruris*):**
 - **Передняя группа:** передняя большеберцовая мышца (*m. tibialis anterior* — тыльное сгибание стопы), длинный разгибатель пальцев.
 - **Латеральная группа:** длинная и короткая малоберцовые мышцы (опускают медиальный край стопы, пронация).
 - **Задняя группа:** трехглавая мышца голени (*m. triceps surae*), состоящая из двухголовой поверхностной икроножной мышцы (*m. gastrocnemius*) и глубокой камбаловидной мышцы (*m. soleus*). Их мощное общее сухожилие — **пяточное (ахиллово) сухожилие (*tendo calcaneus*)** — прикрепляется к пяточному бугру. Производит подошвенное сгибание стопы (подъем на носки, отталкивание при ходьбе и беге).
- **Мышцы стопы (*mm. pedis*):** тыльные (разгибатели) и подошвенные мышцы, поддерживающие динамические продольные и поперечные своды стопы.

6. БИОМЕХАНИКА И МЫШЕЧНАЯ КООРДИНАЦИЯ

В реализации двигательных локомоций мышцы никогда не функционируют изолированно. Центральная нервная система координирует работу мышечных ансамблей:

- **Агонисты (мышцы-двигатели):** мышцы, первично развивающие сократительное усилие для выполнения конкретного движения.
- **Антагонисты:** мышцы, выполняющие диаметрально противоположное действие по отношению к агонистам (например, *m. biceps brachii* и *m. triceps brachii*). Согласно **закону реципрокной иннервации Чарльза Шеррингтона**, возбуждение мотонейронов мышцы-агониста сопровождается одновременным рефлексорным торможением мотонейронов мышцы-антагониста через тормозные вставочные интернейроны (клетки Реншоу).
- **Синергисты:** мышцы, действующие однонаправленно в одном суставе (например, плечевая и двуглавая мышцы при сгибании предплечья).
- **Фиксаторы (стабилизаторы):** мышцы, фиксирующие смежные суставы или костные пояса для создания жесткой кинематической опоры движущемуся звену.

7. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ВЫВОДЫ

1. **Единство структуры и биоэнергетики:** Скелетная мышца представляет собой высокоорганизованную молекулярную машину, где упорядоченность белков саркомера (актина, миозина, тропомиозина и титина) обеспечивает трансформацию энергии АТФ в поступательное движение нитей с КПД до 25–30%.

2. **Иерархическая координация сокращения:** Электромеханическое сопряжение связывает нервный импульс с выходом внутриклеточного кальция через диადы и триады сарколеммы и саркоплазматического ретикулума. Градуальность мышечной силы достигается дискретным рекрутированием двигательных единиц разного размера и частотным кодированием импульсации.
3. **Функциональный динамизм и архитектоника:** Топография мышечных волокон (перистость, наличие блоков, длина сухожилий и апоневрозов) строго детерминирована механическими рычагами скелета, обеспечивая баланс между максимальной силой и амплитудой локомоторных актов.
4. **Клинико-прикладное значение миологии:** Знание мест начала и прикрепления мышц, фасциальных футляров, сосудисто-нервных топографических борозд и треугольников (на шее, в подмышечной ямке, паховом канале, бедренном треугольнике Скарпы) является базовой теоретической основой для хирургического доступа, регионарной анестезии, реабилитации и функциональной диагностики травм опорно-двигательного аппарата.