

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Институт биологии и биомедицины
Кафедра физиологии и анатомии

А.Е. Хомутов
Е.В. Крылова
С.В. Копылова

АНАТОМИЯ ЧЕЛОВЕКА
МИОЛОГИЯ
С ОСНОВАМИ БИОМЕХАНИКИ

Учебное пособие

Часть II

Рекомендовано методической комиссией Института биологии и биомедицины для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 31.05.01 «Лечебное дело», 31.05.03 «Стоматология»

Нижний Новгород
2019

УДК 611.7.
ББК 28.86
Х 76

Рецензент: доктор биологических наук, профессор В.В. Ягин

Хомутов А.Е., Крылова Е.В., Копылова С.В. Анатомия человека. Миология с основами биомеханики. Учебное пособие. Часть II. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ. 2019. 204 стр. 18 илл.

В учебном пособии изложен один из разделов анатомии человека - миология. Это пособие является второй частью издания под общим названием «Анатомия человека» и продолжает первую часть под рубрикой «Остеология». В пособии представлены общие сведения о строении мышц, их классификация, функции. Кроме того, приводятся сведения об основах биомеханики, тесно связанной с функционированием мышечной системы.

Пособие предназначено для студентов. Рекомендовано методической комиссией Института биологии и биомедицины для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 31.05.01 «Лечебное дело», 31.05.03 «Стоматология»

Ответственный за выпуск:

Председатель методической комиссии Института биологии и биомедицины ННГУ к.б.н., доц. Воденеева Е.Л.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩАЯ МИОЛОГИЯ	4
1.1. Филогенез мышечной системы	4
1.2. Строение мышц	19
1.3. Онтогенез мышц	28
1.4. Морфология мышц	30
2. ЧАСТНАЯ МИОЛОГИЯ	39
2.1. Мышцы груди	39
2.2. Мышцы живота	45
2.3. Мышцы спины	51
2.4. Мышцы шеи	58
2.5. Мышцы головы	65
2.6. Мышцы верхней конечности	73
2.7. Мышцы нижней конечности	90
3. БИОМЕХАНИКА	111
3.1. Влияние физических нагрузок на опорно-двигательный аппарат ...	116
3.2. Взаимоотношения мышц и костных рычагов	155
3.3. Статическая биомеханика	168
3.4. Динамическая биомеханика	175
4. АТЛАС	184
5. ЛИТЕРАТУРА	204

1. ОБЩАЯ МИОЛОГИЯ

1.1. Филогенез мышечной системы

1.1.1. Беспозвоночные животные

Способ перемещения и локомоторные образования изменяются в животном мире в известной степени закономерно. Наиболее примитивными они являются в случае передвижения, или перемещения, значительной массы тела, например, плазмы простейшего, как у некоторых амёб; более оформлены ложноножки амёбы – протей. Ещё определеннее усложнены жгутики и реснички, распространенные у простейших, что характеризуют целые классы. Эти наиболее простые, плазматические способы передвижения встречаются и у многоклеточных, все более сокращаясь в своем распространении в теле животных. Однако они сохраняются вплоть до млекопитающих, в том числе и человека. У человека имеются и ресничные структуры (в дыхательных путях), и жгутиковые (спермии), и ложноножки (у лимфоцитов).

Перемещение тела относительно среды или среды относительно тела с помощью непостоянных, лабильных органелл, как ложноножки, и относительно стойких, стабильных как реснички и жгутики, у простейших и метазоа дополняется и сменяется в их эволюции передвижением с помощью или мионем или миофибрилл, - внутриклеточных дифференцировок. Вначале – это эпителиально-мышечные клетки, затем, начиная с гребневиков, собственно мышечная ткань. Внутриклеточное развитие сократительных органелл и передвижение с помощью мышц прочно вошло в историю развития животного мира.

Органы передвижения возникали постепенно и длительно, путем дифференциации, усложнения, развития. Так, из пароподиев кольцецов, - которые представляют выпячивания или выросты с группами щетинок, расположенные по всей длине тела, и способствуют передвижению червя посредством всего тела, - у первичнотрахейных сохраняются и прогрессивно развиваются только их вентральные ряды, более энергично работа-

ющие при ползании животного; они становятся в известной мере членистыми и приобретают коготки. У многоножек происходит еще более значительное усложнение уже членистых конечностей и в некоторой мере гетерономная дифференциация, а у насекомых процесс пошел еще дальше и получил относительное завершение в соответствии с функциональной спецификой различных метамеров тела.

Простейшие имеют наряду с ложноножками, жгутиками и ресничками также мышечные образования – **мионемы**, которые найдены у грегарин, акантарий, ночесветки, у многих инфузорий. Среди инфузорий особенно сильно развиты мионемы у *Entodiniomorpha*, комменсалистов (нахлебников) из толстого кишечника непарнокопытных. Встречаются поперечноисчерченные мионемы: у акантарий, в щупальце ночесветки, у трубача.

Для **кишечнополостных** характерно наличие эпителиально-мышечных клеток, которые дают два слоя: продольный – эктодермального происхождения и кольцевой – энтодермального. У гидроидных полипов лучше развит наружный, продольный слой; у коралловых полипов сильнее внутренний, кольцевой слой мышц, образующий у актиний локомоторную мышцу подошвы. У медуз мышцы располагаются по краю зонтика, в парусе – у гидроидных, у сцифоидных – на субумбрелле; эластическую, локомоторно-опорную роль выполняет мезоглея, и передвижение медуз имеет реактивный характер. Поперечная исчерченность найдена в кольцевом мускуле зонтика сцифомедуз и в плавательном колоколе сифонофор. Гребневика обладают локомоторным аппаратом двоякого рода: равномерного передвижения с помощью гребных пластинок, соответствующих ресничкам, и разнообразных движений, связанных главным образом с дифференцировкой мезенхимогенной мускулатуры; эпителиально-мышечные клетки отсутствуют.

У **плоских червей**, в частности у турбеллярий, локомоторная система замечательна тем, что включает три способа передвижения: 1) посредством

ресничек – у более мелких форм; 2) с помощью внутриэпителиальных эктодермальных мышц, образующих 2 – 3 слоя с наружным кольцевым и внутренним продольным направлением волокон (кожные мышцы; 3) посредством мезенхимных мышц (как у гребневиков), или идущих беспорядочно во всех направлениях, или ориентированных продольно, поперечно и дорсовентрально. Передвижение по субстрату совершается или скольжением с помощью ресничек, или с образованием перистальтических волн на брюшной стороне, или пяденицеобразное «шагание» при помощи присосок на переднем и заднем концах тела. У сосальщиков имеются кожные мышцы, но превалируют прикрепительные органы.

Немертины имеют кожную мускулатуру и ресничный аппарат (мелкие формы), как и ресничные черви, но их мышцы значительно мощнее (до 50% объема тела), с наружным кольцевым и внутренним продольным слоями.

У **круглых червей** локомоторная система более проста, чем у плоских. Ближе к последним по способу передвижения стоят очень мелкие гастротрихи и коловратки, более или менее сохранившие ресничный покров. У тех и других наряду с этим имеются мышцы, у гастротрих только продольные, у коловраток также кольцевые и поперечные. Нематоды (струнцы) и волосатиковые (нематоморфа) характеризуются сильным развитием кутикулы, играющей локомоторно-опорную роль, и полной редукцией ресничного покрова; мышцы – только продольные в виде 4-х лент, передвижение свободно живущих форм осуществляется простыми изгибаниями тела, без перистальтики, обычной при наличии круговых мышц.

У **плеченогих**, прикрепленных форм, передвижение отсутствует, но некоторые органы движения имеются. Производными кожно-мускульного мешка, сильно редуцированного, являются мышцы, открывающие и закрывающие створки раковины, а также мышцы «ножки», с помощью которых последняя может втягиваться и выдвигаться (педальная мышца).

Локомоторная система **моллюсков** испытывает сильное влияние развития раковины. Так, у голых заднежаберных имеется типичный кожно-мускульный мешок, с наружным кольцевым и внутренним продольным слоями мышц, у покрытых раковиной происходит его дифференциация. У хитонов (из боконервных) соответственно сегментарному строению раковины продольные мышцы также приобрели расчлененное строение. Нога имеет четыре системы мышечных волокон: продольные, поперечные, косые и вертикальные (дорсо-вентральные); мышцами пронизаны и края мантии, с помощью которых моллюск присасывается к субстрату.

У **двустворчатых моллюсков** мантия содержит три слоя мышц с взаимно перпендикулярным направлением волокон, образующих в сифонах настоящий кожно-мускульный мешок. Основной локомоторный орган, нога, образована 4-мя парами мышц, две из которых втягивают ногу и одна пара высовывает. Для передвижения могут служить и замыкательные мышцы, например, у гребешка, который, ритмично сокращая свою единственную замыкательную мышцу, как бы порхает в воде. Любопытно, что эта мышца гребешка имеет двоякого рода, резко разграниченные мышечные волокна: гладкие и поперечно-исчерченные. Несомненно, что и функция мышцы двоякая: «тоническая» - гладкие мышечные волокна, «тетаническая» - поперечно-исчерченные волокна, за счет которых производятся «порхающие» движения.

Мышцы **брюхоногих моллюсков** дифференцированы на три больших группы: 1) мышцы кожи (на непокрытых раковиной местах) и мантии; 2) мышцы ноги, преимущественно дорсо-вентральные и продольные; 3) колумеллярный мускул (колумелла – столбик), втягивающий тело животного в раковину.

Головоногие моллюски, хищные и наиболее подвижные, имеют самую развитую локомоторную систему. Из рядовых производных их кожно-мускульного мешка следует отметить поперечные мышцы мантии, получающие сильное развитие в связи с содействием их выталкиванию воды

через воронку, и мышцы плавников, прикрепляющиеся к плавниковым хрящам. Особенно мощными являются мышцы, идущие от раковины или от затылочного хряща и заканчивающиеся в воронке и в ретракторах головы; они, вероятно, соответствуют колумеллярному мускулу брюхоногих. Сильное развитие мышц у головоногих моллюсков сопровождается сильным развитием внутреннего скелета.

Локомоторная система **кольцецов** явилась исходной для развития способов и органов передвижения самого крупного из беспозвоночных типа - членистоногих. В основе ее лежит кожно-мускульный мешок с одним или несколькими слоями кольцевых мышц и значительно сильнее развитым слоем продольных мышц: двух дорсальных и двух вентральных. Особенностью кожно-мускульного мешка кольцецов является его расчлененность, в связи с метамерией тела, на значительное число сегментов, сокращающихся в известной последовательности (перистальтическое движение). Опорными образованиями здесь служат сегментированные участки полости тела, заполненные жидкостью.

Очень важным в эволюционном аспекте моментом следует считать развитие в этом типе параподиев, сегментарных выпячиваний поверхностных слоев стенок тела (продольные мышцы в этом участия не принимают) в виде «нотоподиев» (дорсальных «ножек») и «невроподиев» (вентральных «ножек»), несущих пучки щетинок. Параподии малоподвижны, невелики и имеют значение при энергичном передвижении червя с помощью всего тела, но без перистальтики, поэтому они лучше развиты у бродячих полихет и в известной мере редуцированы у сидячих и малощетинковых.

Переходными от кольцецов к типичным членистоногим являются **первичнотрахеальные** с их переходного типа органами передвижения. Они имеют сплошной кожно-мускульный мешок со слабо развитым наружным кольцевым слоем, двумя перекрещивающимися диагональными и очень сильным продольным слоями мышц, а также короткие ножки с мускулами, образованными диагональными и поперечными пучками, без участия про-

дольных мышц. Передвигаются первичнотрахеальные только с помощью ножек, без изгибания тела. Опорную роль, как и у кольцецов играет жидкость полости тела.

У **членистоногих** локомоторная система развивается в направлении дифференцировки сплошного кожно-мышечного мешка на большое количество мелких мышечных пучков, в соответствии с сегментацией и утолщением хитинового покрова, как на туловище, так и на прогрессивно утолщающихся конечностях. Конечности эволюционируют в двух основных направлениях: водного и наземного типов. Водный тип конечностей объединяет две функции, локомоторную и респираторную. Наземный тип выполняет только одну, локомоторную роль, так как дыхательная функция переходит к туловищу. В соответствии с этим дифференцируются и мышцы кожно-мышечного мешка: метамерные мышцы туловища у насекомых, сближая при своем сокращении или склериты, или части их (тергиты и стерниты) вентилируют воздух в трахеях, некоторые из них приводят в движение крылья. Сегментарные мышцы конечностей, сокращаясь, приводят в движение рычажные конечности.

О сложности мускулатуры **насекомых** говорит ее расчлененность. У гусеницы *Cossus* (из чешуекрылых) описано около 4000 мышц, а в груди и передней половине брюшка сверчка имеется 150 мышц, каждая из которых получила свое название. Локомоторные мышцы членистоногих поперечно исчерчены, в грудных сегментах насекомых и хелицерных берут начало на внутреннем скелете, у насекомых – на хитиновых выростах грудных и спинных склеритов, у хелицерных – из волокнисто-хрящевой ткани. Значительное развитие внутреннего скелета свидетельствует о силе и энергичной работе мышц. Так, например, насекомые перетаскивают предметы почти в 100 раз превышающие вес их собственного тела.

1.1.2. Хордовые животные

В каждом из трех подтипов типа хордовых локомоторная система имеет свои особенности. Наиболее своеобразна она у **оболочников**, кото-

рые называются также хвостохордовые. В этой группе локомоторная система имеет двойной характер: и типа кожно-мускульного мешка, свойственного беспозвоночным, и типа хордомышечного аппарата, характеризующего типичных хордовых. Первый находится в туловищном отделе оболочников, второй – в хвостовом отделе, если таковой имеется.

Кожно-мускульный мешок **асцидий** содержит, как правило, два слоя мышц, кольцевой и продольный, с поверхностным расположением то первого, то второго. У некоторых представителей асцидий мышцы теряют правильное расположение и образуют сеть, у других один из слоев полностью исчезает. В области дыхательного отдела глотки имеются продольные и поперечные пучки.

У **сальп** под туникой и эпителием находится около десятка колец или замкнутых, или открытых вентрально, последовательное сокращение которых (при замкнутом сфинктере рта) с вытаскиванием воды назад приводит к реактивному движению особи. У аппендикулярий кольцевой слой мышц почти полностью редуцируется и хорошо развита только продольная мускулатура хвоста, располагающаяся по бокам хорды, сегментированная и поперечно-исчерченная. Аналогичное строение имеет локомоторная система свободных личинок асцидий и развивающихся в теле матери личинок сальп. Этот вводно-локомоторный орган аппендикулярий становится прототипом строения туловищного отдела тела всех выше стоящих первичноводных хордовых.

В подтипе **головохордовых** из мышц кожно-мускульного мешка остается только сильная поперечная мышца на брюшной стороне тела, между метаплевральными складками. Собственно локомоторными мускулами служат сегментированные продольные боковые мышцы, развивающиеся из миотомов. Это наиболее глубокие части мезодермы, располагающиеся в непосредственной близости внутреннего, осевого скелета, или спинной струны, хорды. Хорда у головохордовых не ограничивается хвостом, как у оболочников, но продолжается вперед вплоть до рострума. Та-

ким образом, хорда развита исключительно сильно, - как ни у одного другого хордового. – в очевидной связи с реактивностью переднего конца тела животного при зарывании в песок. Мышечные сегменты сопровождают хорду по всей ее длине.

1.1.3. Позвоночные животные

У позвоночных дифференциация мышц, как активного локомоторного компонента, в соответствии с прогрессивным развитием этой группы животных, усложняется. В связи с формированием «осевого комплекса органов», - в частности, хорды с позвоночником и глубокой продольной мускулатуры, - кожно-мускульный мешок редуцируется. От него остаются собственно кожные мышцы и, возможно, мышцы плавниковых лучей у рыб. **Дерматомы**, таким образом, теряют свойственную **мезодерме** двигательную роль и становятся соединительнотканными, трофическими компонентами, а в дальнейшей эволюции – еще более пассивными, опорными.

Именно, дифференциация **сомитов**, от переднего к заднему концу тела, на **эписомиты** и **гипосомиты** совершается неодинаково. В передних, головных сегментах преимущественное развитие получают гипосомиты, давая всю висцеральную мускулатуру головы: мышцы челюстной, подъязычной и жаберной дужек, глотки, гортани и некоторых других структур. Эписомиты этих сегментов в значительной степени редуцированы, исключая двух первых, преобразующихся в мышцы глазного яблока. В более многочисленных задних, туловищных сегментах наблюдаются обратные отношения: здесь преимущественное развитие получают производные миотомов эписомитов, дающие собственно соматическую мускулатуру. Что же касается гипосомитов, слившихся в боковые пластинки, то они испытывают ослабление и утончение своих стенок и превращаются в серозные мешки, заключающие в себе вторичную полость тела; последняя отделяет в туловищной области стенки тела от внутренних органов.

Мускулатура позвоночных подразделяется на мускулатуру тела, или соматическую, и мускулатуру внутренних органов и кожи, или висцераль-

ную. **Соматическая мускулатура** всегда состоит из поперечнополосатых мышечных волокон. У низших позвоночных она представлена рядом широких мышечных лент – **миотомов**, или миомеров, разделенных узкими соединительнотканными прослойками – **миосептами**. У высших позвоночных **метамерия** нечетко выражена в связи с развитием сложной мускулатуры туловища и парных конечностей. Висцеральная мускулатура образована главным образом мускулатурой пищеварительной трубки и представлена челюстными, жаберными, или глоточными, мышцами и мускулатурой кишечника. Последняя состоит из гладких мышечных волокон, тогда как мускулатура передней части пищеварительной трубки – поперечнополосатая.

Мышечная система туловища и хвоста **круглоротых** имеет очень примитивное строение и состоит из правильного ряда мышечных сегментов – **миомеров**, разделенных соединительнотканными миосептами. В жаберной области на уровне жаберных отверстий мускулатура миотомов расходится на спинные и брюшные мышечные ленты. В голове, кроме того, имеется сложная мускулатура сосательного аппарата, состоящая из большого числа отдельных мышц. Язык также имеет сложную собственную мускулатуру.

У **рыб** продвижение вперед происходит благодаря миотомам - сегментарным блокам мышц-антагонистов, расположенным по обе стороны позвоночника. С наружной стороны каждый миотом имеет зигзагообразную форму, а внутри прикреплен к двум смежным позвонкам. Позвоночник в целом представляет собой длинный гибкий тяж, который легко изгибается при сокращении миотомов, лежащих по одну сторону от него. Миотомы с обеих сторон позвоночника сокращаются и расслабляются поочередно, их сокращения начинаются от головы рыбы и распространяются к хвосту. Благодаря этим сокращениям создаются волнообразные изгибы, число которых тем больше, чем тоньше и длиннее тело.

У рыб с очень компактным телом такое волнообразное движение всего тела практически невозможно и продвижение вперед приблизительно на 80% осуществляется за счет боковых изгибов хвоста и хвостового плавника. Этот способ локомоции называется **кузовковым**. Для более удлинённых форм, например акул и большинства костистых рыб, характерна **скумброидная** локомоция. У них волнообразные движения совершает задняя половина тела. **Угревидная** локомоция характерна для угрей, у которых тело очень длинное и по нему пробегает несколько волн сокращения, так что разные участки тела изгибаются вправо и влево одновременно.

На туловище и хвостовом отделе костистых рыб сохраняется правильная сегментация мышечной системы, которая, как у миноги и акулы, состоит из миомеров, разделённых зигзагообразными соединительнотканными миосептами. Отдельные миомеры имеют типичную форму воронок, направленных вершинами вперед и вставленных друг в друга, так что на поперечном разрезе через тело перерезанные миомеры имеют вид концентрических колец. Мускулатура плавников дифференцирована на отдельные мышцы. Особенно расчленена мускулатура грудных плавников, благодаря которой рыба совершает сложные повороты, и мускулатура челюстного аппарата и жаберной крышки.

Мышечная система **земноводных** отличается от рыб главным образом большим развитием мускулатуры конечностей и большей дифференцировкой туловищной мускулатуры, состоящей из сложной системы отдельных мышц. В результате первичная сегментация нарушается, хотя в некоторых брюшных и спинных мышцах она еще остается вполне отчетливой.

Парные конечности лягушки в отличие от плавников рыб не служат стабилизаторами или рулями; они приспособлены для работы в качестве удлинённых рычагов, приподнимающих тело над землей, и обеспечивают передвижение животного по суше. Передние конечности относительно короткие со сросшимися локтевой и лучевой костями. Задние конечности очень длинные; когда животное неподвижно, они согнуты в коленном и

голеностопном суставе и поджаты под туловище. Малоберцовая кость срослась с большеберцовой, а кости предплюсны сильно удлинены.

При медленном передвижении по субстрату у лягушки одновременно выдвигаются вперед конечности, расположенные по диагонали друг от друга. При отрыве от земли во время прыжка благодаря быстрому сокращению сильных мышц-разгибателей все суставы задней конечности распрямляются. Сила отталкивания от земли при этом передается от конечностей через тазовый пояс на позвоночник. Она, по меньшей мере, в три раза превосходит вес животного и оказывается достаточной для того, чтобы бросить тело вперед и вверх. Во время приземления короткие передние лапы, подвижно соединенные с плечевым поясом, амортизируют удар.

Мышечная система **пресмыкающихся** дифференцирована значительно сильнее, чем у земноводных, и существует уже полное расчленение сегментарной мускулатуры на самостоятельные мышцы, так что от первичного метамерного строения в туловищном отделе почти ничего не сохраняется, в хвостовом же хотя и сохраняется, но в сильно нарушенном виде. Кроме того, появляются характерные межреберные мышцы, играющие важную роль при акте дыхания. Наконец, у пресмыкающихся имеется подкожная мускулатура, прикрепляющаяся к кожным чешуям, но развиты слабо.

Мышечная система **птиц** характеризуется тем, что все крупные мышцы, приводящие в движение парные конечности, располагаются на туловище. Особого внимания заслуживают грудные мышцы, масса которых у голубя достигает 1/5 общего веса птицы – они прикрепляются к килю грудины и служат для опускания крыльев, и подключичные мышцы, лежащие тоже на груди, но под грудной мышцей и служащие для поднимания крыла. Противоположное действие этих мышц объясняется тем, что в то время как грудные мышцы прикрепляются к нижней поверхности проксимальной части плеча, подключичные продолжают в сухожилия, которые

перекидываются через каракоид и прикрепляются к верхней поверхности основания плеча.

Из мышц задней конечности особого внимания заслуживает глубокий сгибатель пальцев. Его сухожилия, идущие к концам пальцев, имеют шероховатую нижнюю поверхность и двигаются в особых хрящевых влагалищах, внутренняя поверхность которых снабжена поперечными ребрышками. Когда птица садится на ветку и сжимает пальцы, шероховатая поверхность сухожилий под тяжестью тела прижимается к влагалищу, и сухожилия закрепляются на его ребрышках. Таким образом, птица может автоматически крепко держаться на ветке без напряжения мускулов, что имеет большое биологическое значение, позволяя птице крепко держаться на ветке даже во время сна. Подкожная мускулатура, поднимающая перья, когда птица «нахохливается» развита довольно хорошо.

Локомоция птиц осуществляется во многом за счет того, что крыло действует как несущая плоскость. Поток воздуха над крылом встречает меньшее сопротивление и развивает большую скорость, чем под крылом. В результате давление воздуха над крылом уменьшается, а под крылом - увеличивается. Так возникает подъемная сила. Ее величина зависит от размеров и формы крыла, угла его наклона по отношению к длинной оси тела (угол атаки) и скорости полета. В воздухе на тело птицы действует еще одна сила, которая стремится отвести крыло назад в направлении воздушного потока; она называется лобовым, или аэродинамическим, сопротивлением. Механическая эффективность крыла зависит от его способности развивать большую подъемную силу при небольшом относительном росте лобового сопротивления.

Различают три основных типа полета: машущий, парящий (планирующий) и зависание.

Машущий полет у таких птиц как голубь, у которых крылья делают около двух махов в секунду, основная мощность развивается при опускании крыльев. Это происходит благодаря сокращению сильно развитых

больших грудных мышц. При отрыве от земли крыло в начале маха опускается почти вертикально и его передняя кромка располагается ниже задней. Маховые перья 1-го порядка отклоняются вверх под давлением воздуха. Они плотно сомкнуты, чтобы обеспечить максимальное сопротивление воздуху, а значит, и максимальную подъемную силу. Затем по мере опускания крыло движется вперед и поворачивается таким образом, что его передняя кромка отклоняется вверх. В этом положении крыло создает силу, поднимающую корпус.

Подъем крыла начинается тогда, когда крыло еще полностью не опущено. Внутренняя часть предплечья резко поднимается вверх и назад, при этом передняя кромка крыла находится в наклонном положении над задней. Это делают малые грудные мышцы, прикрепленные к дорсальной поверхности плечевой кости и к груди. При движении крыла вверх оно сгибается в запястье и кисть поворачивается таким образом, что маховые перья 1-го порядка резко отводятся назад и вверх до того момента, пока все крыло в какой-то мере не выпрямится над телом птицы. Во время этого движения маховые перья 1-го порядка разъединяются, так что воздух проходит между ними и его сопротивление уменьшается. Движением этих перьев назад в основном создается мощный толчок, который птица использует для поступательного движения вперед.

При длительном машущем полете, работа крыльев заметно видоизменяется и требует гораздо меньше энергии, чем при отрыве от земли. Взмахи при этом не такие сильные, крылья не соприкасаются за спиной, и нет движения вперед на заключительном этапе опускания крыльев. Крылья обычно выпрямлены, махи вверх и вниз происходят в запястье (в сочленении костей предплечья и запястья). Активного отведения кисти вверх и назад не происходит – крыло поднимается пассивно в результате давления воздуха на его нижнюю поверхность.

По окончании полета птица приземляется, опуская и распластывая хвост, который одновременно служит тормозом и источником подъемной

силы. После создания этой силы ноги опускаются, и птица прекращает движение. Хвост в полете служит также рулем, и устойчивость птицы обеспечивается нервным контролем при участии полукружных каналов. В них возникают импульсы, которые стимулируют вспомогательные мышцы, изменяющие форму и положение крыльев, и соотношение между их взмахами.

При **планирующем полете** крылья неподвижно распластаны под углом 90° относительно тела, и птица постепенно теряет высоту. Когда птица, планируя, опускается, на нее действует сила тяжести, которую можно разложить на две составляющие, одна из которых (тяга) направлена вперед по линии полета, а другая – вниз под прямым углом к первой. С увеличением скорости планирования эту вторую силу уравнивает возрастающая подъемная сила, а тягу уравнивает лобовое сопротивление, и с этого момента птица планирует с постоянной скоростью. Скорость и угол скольжения зависят от размеров, формы и угла атаки крыльев и отвеса птицы.

Птицы, обитающие на суше, используют при планировании восходящие термальные потоки воздуха, которые возникают, когда горизонтальный поток, встретив преграду (например, гору), отклоняется вверх или когда теплый воздух вытесняется холодным и поднимается вверх. Птицы, имеющие легкое тело и широкие крылья, такие как канюки и орлы, искусно используют термальные потоки и могут постепенно набирать высоту, делая небольшие круги. Планирование без потери высоты и даже с подъемом называется парением.

У морских птиц, например альбатросов, форма тела и крыльев иная, и они парят по-другому. У альбатроса большое тело и очень длинные узкие крылья, и он использует порывы ветра над волнами. За время скольжения против ветра вверх он поднимается на 7 – 10 метров. Затем он разворачивается по ветру и с большой скоростью на отогнутых назад крыльях спускается вниз. В конце скольжения вниз альбатрос описывает дугу, возвра-

щаяся во встречный поток воздуха с крыльями, вынесенными несколько вперед. Такое положение крыльев и быстрое движение вперед относительно воздуха обеспечивают подъемную силу, необходимую для набора высоты перед очередным спуском. Альбатрос способен также парить, покрывая большие расстояния параллельно гребням волн; при этом он использует небольшие восходящие потоки от волн, подобно тому, как сухопутные птицы используют потоки над горными склонами.

При **зависающем полете**, птица машет крыльями, но при этом остается на одном месте. Крылья совершают около 50 взмахов в секунду, и развиваемая ими тяга, направленная вверх, уравнивает вес тела. Птицы, способные зависать, имеют очень сильно развитые летательные мышцы (1/3 от веса тела). Их крылья могут наклоняться почти под любым углом.

У **млекопитающих** мышечная система достигает исключительного развития и сложности, так что всего насчитывается несколько сот отдельных поперечнополосатых мышц. Помимо общей высокой дифференцировки всей мускулатуры, необходимо указать следующие специфические особенности мышечной системы млекопитающих: наличие диафрагмы и сильное развитие подкожной мускулатуры.

Диафрагма, или грудобрюшная преграда, - куполообразная мышечная перегородка, полностью отделяющая грудную полость от брюшной. Диафрагма свойственна только млекопитающим; она принимает участие, с одной стороны, в акте дыхания, так как при ее уплощении грудная полость увеличивается, с другой стороны, диафрагма вместе с брюшными мышцами участвует в акте дефекации животного.

Подкожная мускулатура у млекопитающих достигает исключительно развития и нередко представляет собой почти сплошной подкожный слой. При ее помощи млекопитающие могут двигать даже небольшими участками кожи (это особенно хорошо заметно у короткошерстных форм, например, у лошади). Она же принимает участие в образовании щек и губ.

У обезьян (особенно у человека) подкожная мускулатура подвергается вторичной редукции на всем теле, кроме лица, где она, наоборот, получила исключительное развитие в качестве мимической мускулатуры, при помощи которой обезьяны и человек выражают свое психическое состояние.

Опорно-двигательный аппарат большинства млекопитающих (кроме человека) устроен таким образом, что локомоторная функция оптимально осуществляется при использовании двух пар конечностей. Передвижение может осуществляться в двух основных режимах: **ходьба и бег**, которые мы и рассмотрим на примере собаки. При ходьбе позвоночник собаки сохраняет жёсткость и продвижение вперед обеспечивается работой задних конечностей. Они перемещаются вперед и назад благодаря сокращению сгибателей и разгибателей соответственно.

Когда сокращаются разгибатели, задняя лапа работает как рычаг; она выпрямляется и отталкивается от земли, продвигая тело животного вперед и слегка приподнимая его. При сокращении сгибателей лапа отрывается от земли и перемещается вперед. В каждый момент времени приподнята только одна лапа, остальные три служат опорой и удерживают тело в равновесии. Если неподвижно стоящая собака начнет движение с левой передней ноги, то дальше ноги будут переступать в такой последовательности: правая задняя, правая передняя, левая задняя и т.д.

При **беге** собака перестает опираться на три ноги одновременно; она переходит на другой аллюр, когда одновременно перемещаются обе передние лапы, а за ними обе задние. Лапы опираются на землю гораздо меньше времени, чем при ходьбе, и обычно одна передняя конечность на какую-то долю секунды опережает другую. Так же обстоит дело и с задними конечностями. Поэтому лапы касаются земли в такой последовательности: левая передняя, правая передняя, правая задняя, левая задняя.

Если собака развивает максимальную скорость, движения ног ускоряются, и тогда все четыре ноги после выпрямления могут одновременно оказаться в воздухе. Сильные мышцы туловища изгибают позвоночник ду-

гой вверх, когда ноги согнуты, и прогибают вниз, когда ноги полностью выпрямлены. Благодаря этому отталкивание получается более сильным и шаг заметно увеличивается, что способствует скорости бега.

1.2. Строение мышц

Мышцы, мускулы (musculi) – органы тела животных и человека, состоящие из мышечной ткани, способной сокращаться под влиянием нервных импульсов. Осуществляют перемещение тела в пространстве, смещение одних его частей относительно других (динамическая функция), активную фиксацию их положения относительно друг друга (статическая функция), изменение объема полости тела или просвета сосуда, движение кожи и другие функции. В совокупности мышцы образуют мышечную систему. У человека мышцы составляют от 28-32% (женщины) до 35-45% (мужчины) массы тела.

В зависимости от строения мышечных клеток различают **гладкие мышцы**, образующие висцеральную мускулатуру, и **поперечнополосатые мышцы**, формирующие париетальную мускулатуру. Большинство мышц, в основном скелетные, относятся к поперечнополосатым. Многочисленные мышцы (у человека их около 600) имеют различную форму, строение, функцию и развитие.

По форме мышцы различают длинные, короткие, широкие и круглые, по внутренней организации – простые (мышечные волокна параллельны) и перистые (косые волокна присоединяются к сухожилию с одной или двух сторон), по положению – поверхностные и глубокие, наружные и внутренние, латеральные и медиальные, по числу вовлекаемых в движение суставов – одно-, дву-, многосуставные мышцы.

Работа простых мышц зависит от числа волокон и величины сокращения, которое может превышать половину первоначальной длины волокна. Перистые мышцы сильнее простых, дают выигрыш в скорости и, кроме того, в них большее количество волокон занимает меньший объем. Преоб-

разование отдельных мышц в ходе эволюции связаны с перестройками их внутренней структуры.

В типичной мышце есть активно сокращающаяся часть – тело (брюшко) и пассивная часть – сухожилия, которые находятся на обоих концах мышцы. **Сухожилие** (tendo) - соединительнотканная часть поперечнополосатых мышц, посредством которой мышцы прикрепляются к костям скелета или образуют внутренний остов сложноустроенных (перистых) мышц. Основу сухожилия составляют пучки, плотно упакованных параллельных коллагеновых волокон, которые на одном конце тесно переплетаются с мышечными волокнами, уходя в мышцу, а на другом - вплетены в надкостницу. Между пучками расположены образующие прослойку ряды фиброцитов (сухожильных клеток). Длинные мышцы часто кончаются цилиндрическими сухожилиями, широкие - сухожилиями в виде пластин (апоневрозов). В тех случаях, когда при работе мышцы сухожилия совершают скользящие движения по отношению к соседним частям, в их оболочках образуются синовиальные влагалища, выделяющие жидкость, уменьшающую трение. Сухожилия малорастяжимы, прочны на разрыв.

Каждая мышца обильно снабжена нервными волокнами и капиллярами, подходящими к ней через соединительнотканые оболочки – **перимизий** (perimysium) - рыхлая соединительная ткань, в которую закутаны пучки мышечных волокон и **эндомизий** (endomysium) – рыхлая соединительная ткань, одевающая мышечное волокно снаружи от сарколеммы.

Например, на 1 мм³ мышцы в норме у человека приходится около 2000 капилляров; одно нервное волокно может иннервировать от 3-6 мышечных волокон (в латеральной прямой мышце глаза) до 120-160 (в трехглавой мышце голени). Все мышцы, кроме мимических, окружены фасциями. Совместная работа мышц организована по принципам синергизма и антагонизма. **Мышцы-синергисты** действуют вместе в одном направлении, вызывая сходный эффект (например, сгибание). **Мышцы-антагонисты** совершают противоположно направленные движения

(например, одни – сгибание, другие – разгибание). Однако одна и та же мышца в зависимости от режима работы может быть то синергистом, то антагонистом.

По характеру выполняемых основных движений и по действию на суставы различают мышцы: сгибатели, или **флексоры**, и разгибатели, или **экстензоры**; приводящие – **аддукторы** и отводящие – **абдукторы**; вращающие – **ротаторы** (**супинаторы** вращают наружу, **пронаторы** – внутрь); поднимающие – **леваторы**, опускающие – **депрессоры**; сжимающие – **сфинктеры**, или **констрикторы**, расширяющие – **дилататоры**; напрягающие – **тензоры** и выпрямляющие – **эректоры**. Выделяют также мимические, жевательные и дыхательные мышцы. Все мышцы многофункциональны, и их действие нельзя сводить к одной функции.

Основную массу мышц составляет **мышечная ткань** (*testus muscularis*), которая и осуществляет их сократительную функцию. Выделяют поперечнополосатую ткань – скелетная и сердечная мышцы (иногда сердечную мышцу выделяют особо) и гладкую. У позвоночных почти вся скелетная мышечная ткань развивается из парных метамерных зачатков мускулатуры тела – миотомов. **Миотом** (*myos* – мышца + *tome* – отрезок) – зачаток скелетной мускулатуры, часть сомита у зародышей хордовых. Из клеток миотома образуется вся поперечнополосатая мускулатура тела, кроме мышцы сердца.

Миобласт (*myos* – мышца + *blastos* – зародыш) – молодая одноядерная, большей частью веретеновидная мышечная клетка. Из миобластов в процессе зародышевого развития образуются **симпласты** (строение ткани, характеризующееся отсутствием границ между клетками и расположением ядер в сплошной массе цитоплазмы) – многоядерные поперечнополосатые мышечные волокна.

Цитоплазма мышечных волокон и клеток называется **саркоплазмой**. Саркоплазма заполняет пространство между миофибриллами и миофиламентами; в ней находятся рибосомы, митохондрии (саркосомы), комплекс

Гольджи и сложная система ограниченных мембранами пузырьков, трубочек и цистерн, называемых саркоплазматической сетью или ретикулумом. Последняя делится на две части: одна ориентирована вдоль миофибрилл и равноценна эндоплазматической сети в других клетках; другая ориентирована поперек мышечного волокна и образует Т-систему - структуру, приспособленную для быстрого проведения импульсов с поверхности вглубь мышечного волокна, и переходит в некоторых местах в сарколемму.

Сарколемма - тонкая оболочка, покрывающая поперечнополосатые мышечные волокна. Сарколемма включает трехслойную плазматическую мембрану толщиной около 7,5 нм, подобную таковой у других клеток животных, и расположенную снаружи базальной мембраны, в которой имеются коллагеновые фибриллы.

В саркоплазме поперечнополосатых мышечных волокон и сердечной мышце содержатся сократимые нити - **миофибриллы**, обеспечивающие мышечное сокращение. Диаметр миофибрилл от 0,5 до нескольких мкм. Повторяющийся участок миофибриллы мышечного волокна, основная структурная единица миофибрилл носит название **саркомера**, который имеет длину 2-3 мкм. В каждом саркомере различают плотную полосу с двойным лучепреломлением – А-полосу и менее плотную И-полосу, которая разделена Г-полосой.

Основную массу миофибрилл составляют белковые нити – **миофиламенты**, или протофибриллы, двух типов – **толстые миозиновые** (длина 1500 нм, диаметр 10-15 нм) и **тонкие актиновые** (длина 1000 нм, диаметр 5-8 нм). В миофибриллах допускается существование третьего типа протофибрилл – сверхтонких нитей. В миофибриллах имеются и другие белки: тропомиозин Б (в тонких протофибриллах мышц всех типов) и тропомиозин А, или парамиозин, а также α и β актинины, тропонин.

Миозиновые миофиламенты состоят из миозина. **Миозин** – белок сократительных волокон мышц. Молекула миозина состоит из 2 полипептидных цепей, скрученных в спираль. Молекулярная масса 47000. Состав-

ляет 40-60% всех мышечных белков. При соединении с актином образует актомиозин – основной белок сократительной системы мышц. Обладает АТФ-азной активностью, преобразует химическую энергию АТФ в механическую энергию мышечного сокращения. В 1 см³ мышцы примерно 0,1 г миозина. Помимо мышечных клеток миозин входит в состав сократительных белков многих других клеток.

Актиновые миофиламенты состоят из актина. **Актин** - белок мышечных волокон, молекулярная масса 42000. Существует в двух формах: глобулярная (Г - А) и фибриллярная (Ф - А), которая образуется при полимеризации Г - А, в присутствии АТФ и ионов магния. На каждой молекуле актина имеются участки, комплементарные определенным участкам на головках молекул миозина и способные взаимодействовать с ними с образованием актомиозина - основного сократительного белка мышц. В 1 см³ мышцы содержится около 0,04 г актина.

Сердечная мышца развивается из прекардиальной мезодермы и состоит из прямоугольных сократительных клеток. Гладкая мышечная ткань кожи, стенок внутренних органов развивается из мезенхимы, а слюнных, потовых и молочных желез – из эктодермы и состоит из одноядерных веретенновидных клеток.

1.2.1. Поперечнополосатые мышцы

Поперечнополосатые мышцы (*musculi transversostriati*) - сократимая ткань, состоящая из **симпластов** - многоядерных мышечных волокон, покрытых возбудимой плазматической мембраной - **сарколеммой**, сходной по электрическим свойствам с мембранами нервных клеток. Группы волокон образуют мышечные пучки, которые, объединяясь, образуют мышцу. В соединительной ткани, окружающей мышечные волокна, мышечные пучки и всю мышцу в целом, проходят кровеносные сосуды и нервы. Поперечнополосатые мышцы имеют видимую в световой микроскоп поперечную исчерченность, обусловленную чередованием в **миофибриллах** участков с разными физико-химическими и оптическими свойствами.

Поперечнополосатые мышцы составляют у позвоночных скелетную (туловищную, соматическую) мускулатуру. В зависимости от соотношения в волокнах количества саркоплазмы и миофибрилл различают **белые мышцы**, содержащие относительно мало **саркоплазмы** и много миофибрилл, способные сильно сокращаться, но быстро утомляющиеся, и **красные мышцы**, богатые саркоплазмой и относительно бедные миофибриллами, сокращающиеся с меньшей силой, но способные к длительной работе. По сравнению с белыми мышцами саркоплазма красных содержит гораздо больше митохондрий и миоглобина.

В целом поперечнополосатые мышцы сокращаются быстрее, чем гладкие. Нервное окончание в поперечнополосатых мышцах сигнализируют в ЦНС о состоянии мышечной ткани, а из ЦНС в мышечные волокна поступают нервные импульсы, вызывающие их возбуждение и сокращение. К поперечнополосатым мышцам относят и сердечную (миокард), основу которой составляют отдельные клетки - **кардиомиоциты**.

1.2.2. Гладкие мышцы

Гладкие мышцы (*musculi glaberi*) - сократимая ткань, состоящая из отдельных клеток и не имеющая поперечной исчерченности. У позвоночных животных входят в состав оболочек внутренних органов и многих желез, преимущественно веретеновидной формы, сильно вытянутые с палочковидным ядром, длина 50-250 мкм, в матке беременных млекопитающих до 500 мкм; имеют оболочку - сарколемму и окружены волокнами соединительной ткани, образующими плотный футляр. **Протофибриллы** обычно располагаются в саркоплазме изолированно. В гладких мышцах обнаружены все три типа сократительных белков - **актин, миозин и тропомиозин**. В отличие от поперечнополосатых мышц для гладких характерно медленное сокращение, способность долго находится в состоянии сокращения, затрачивая сравнительно мало энергии и не подвергаясь утомлению. Двигательная иннервация осуществляется отростками клеток вегетативной

нервной системы, чувствительная - отростками клеток спинальных ганглиев.

1.2.3. Вспомогательный аппарат мышц

Вспомогательный аппарат мышц - система вспомогательных приспособлений, способствующая точному исполнению функций мышц. К вспомогательному аппарату относятся фасции, межмышечные перегородки, синовиальные влагалища, синовиальные сумки, фиброзные каналы, сесамовидные кости и блоки.

Блоки мышцы (*trochlea musculi*) возникают в тех случаях, когда сухожилие меняет направление, опираясь на кость или фиброзную ткань. Трущаяся поверхность костного блока покрыта тонким слоем хряща. Между сухожилием и костью имеется синовиальная сумка, смягчающая трение (блок двубрюшной мышцы).

Фасция (*fascia* - повязка) - соединительнотканная оболочка, покрывающая внутренние органы и мышцы. Фасция выполняет опорную и трофическую функции, по ним к органам подходят сосуды и нервы. Отростки фасций, покрывающих отдельные мышцы, образуют межмышечные перегородки, которые могут служить местом начала или прикрепления мышечных волокон.

Межмышечные перегородки (*septa intermuscularia*) образованы за счет соединительнотканых пластинок, находящихся между мышечными группами. Эти перегородки прикрепляются к надкостнице. Межмышечные перегородки также служат началом для мышечных пучков, что обеспечивает более экономную работу мышц.

Синовиальные влагалища (*vaginae synovialis*) связаны с сухожилием мышцы. Особенно хорошо развиты синовиальные влагалища в тех сухожилиях, которые соприкасаются с костями, с соединительноткаными утолщениями, где возникает трение. В каждом синовиальном влагалище различают висцеральный и париетальный листки, выстланные синовиальным слоем. В просвете между листками имеется синовиальная жидкость.

Висцеральный листок сращен с сухожилием, а париетальный - с костью или связками. На месте перехода висцерального листка в париетальный формируется брыжейка сухожилия (mesotenon), по которой кровеносные сосуды и нервы проникают в сухожилие.

Синовиальные сумки (bursae synoviales) встречаются между мышцами и сухожилиями. При физической нагрузке увеличивается не только число этих сумок, но и их объем. Многие сумки сообщаются с полостью суставов.

Фиброзные каналы (canales fibrosi) ограничены связками и утолщенными фасциями, названными удерживателями (retinaculum). Удерживатели встречаются в местах наибольшего давления сухожилия на окружающие ткани, которые хорошо выражены в области суставов кисти и стопы. Вместе с окружающими связками, костями они формируют широкий канал, вмещающий все сухожилия групп сгибателей и разгибателей.

1.2.4. Мышечное сокращение

Мышечное сокращение – укорочение или напряжение мышц в ответ на раздражение, вызываемое разрядом двигательных нейронов. Принята модель мышечного сокращения, согласно которой при возбуждении поверхности мембраны мышечного волокна потенциал действия распространяется сначала по системе поперечных впячиваний поверхностной мембраны, а затем по системе продольных трубочек саркоплазматического ретикулума. Вслед за этим из его трубочек и цистерн освобождаются ионы кальция, которые переводят саркомер в активное состояние: молекулы актина и миозина, ориентированные параллельно оси мышц, сдвигаются относительно друг друга благодаря системе поперечных мостиков – элементов миозина. Таким образом, длина миофибрилл в саркомере изменяется в результате скольжения актиновых нитей вдоль миозиновых, а сами нити при этом не укорачиваются. Каждый саркомер может укорачиваться примерно на 20% длины.

По окончании состояния возбуждения происходит обратный поток кальция внутрь саркоплазматического ретикула, поперечные мостики разрываются, мышечное волокно расслабляется. Мышечное сокращение сопровождается потреблением энергии, образующейся при гидролизе АТФ миозином. Быстрый ресинтез АТФ в мышцах происходит благодаря креатинфосфату. Постоянное возмещение затрат богатых энергией связей этих соединений осуществляется в ходе процессов дыхания и гликолиза.

Различают сокращение **изометрическое**, когда мышца развивает усилие без изменения длины (при этом в ней растет напряжение и расходуется энергия), и **изотоническое**, когда мышца укорачивается и утолщается, а напряжение ее не изменяется. Например, при совершении работы по перемещению груза мышца, как правило, сокращается сначала изометрически, а затем изотонически. Время одиночного сокращения для разных типов мышц колеблется от 5 до 200 мс.

1.3. Онтогенез мышц

На третьей неделе эмбрионального развития в дорсальной части мезодермы возникает первичная сегментация с обособлением **сомитов**, включающим **миотомы** и **склеротомы**, которые служат источником образования скелетных мышц, волокнистой соединительной ткани, хряща и кости. К концу 6-й недели эмбрионального развития формируется 39 пар сомитов.

В составе каждого сомита обособляется группа клеток для образования мышечной ткани – миотома. Миотомы из дорсальной части эмбриона разрастаются в вентральном направлении, проникая между кожей и соматоплеврой, ограничивающей общую полость тела (celom). Из дорсальной части миотомов формируются мышцы спины, из вентральной – боковые и передние мышцы туловища.

В этот период каждый миотом устанавливает контакт со спинномозговым нервом соответствующего **нейротомы**. В процессе дальнейшего развития некоторые миотомы перемещаются из мест первоначальной за-

кладки или срастаются друг с другом, но первоначальные нервные связи каждого миотома сохраняются. Мышцы головы и часть мышц шеи развивается из мезодермы жаберных дуг.

Мезенхимальные клетки миотома в ранних стадиях эмбрионального развития удлиняются. Первоначально эти клетки имеют крупное единственное ядро, но по мере развития волокон возникает много ядер. У взрослого человека их может быть до 120 в одном волокне. Одновременно с ростом волокна оформляются миофибриллы, которые возникают по его периферии. Только на 6 – 7-ом месяце внутриутробного развития мышечные волокна заполняются миофибриллами и ядра из центра волокна вытесняются на его периферию. В это же время более четко выявляется исчерченность, т.е. чередование светлых и темных полос.

Мышцы новорожденного при микроскопическом исследовании оказываются еще не вполне законченными в своем развитии. Пространство, которое занимают первичные мышечные пучки, относительно меньше, чем то, которое занимает соединительная ткань. Вопрос о том, увеличивается ли количество первичных мышечных пучков у человека после рождения, еще не решен. Несомненно, что во внутриутробном периоде число их заметно увеличивается, а после рождения изменение их числа мало заметно. Удастся лишь проследить слияние отдельных мышечных пучков и увеличение их объема.

Это, по-видимому, зависит от увеличения диаметра первичных мышечных волокон. Так, например, у новорожденного их толщина равна 5 - 10 мкм, у годовалого ребенка – 28 мкм, а у взрослого человека – 36 мкм. Но даже в очень раннем возрасте наблюдаются индивидуальные различия в толщине мышечных волокон. Толщина их различна у разных мышц.

При гистологическом исследовании поперечнополосатых мышц новорожденных бросается в глаза богатство саркоплазмы как внутри, так и на периферии мышечных волокон. На поперечном срезе видно много миофибрилл, окруженных большим количеством плазмы. В ядрах хорошо за-

метны ядрышки, особенно у плодов. Количество фибрилл с возрастом заметно увеличивается. Скопление жира на мышечных волокнах у детей до 6 месяцев почти не наблюдается, но, начиная с 1-го года жизни, оно, как правило, обнаруживается. Мышечные волокна на поперечных срезах у новорожденных представляются **круглыми**, и до 3-х месяцев круглые волокна преобладают над **полигональными**, а у 3-летнего ребенка преобладают волокна полигональной формы.

Заметное развитие мышечной системы начинается с конца 1-го года жизни, причем сила мышц особенно нарастает к периоду половой зрелости. В дальнейшем нарастание мышечной силы становится менее выраженным, но продолжается приблизительно до 30-летнего возраста, а затем удерживается до 45-50 лет. Начиная с этого возраста, мышечная сила у людей начинает ослабевать, причем особенно сильное падение отмечается с 70 лет. Указанные возрастные изменения мышечной силы подвержены значительным индивидуальным колебаниям в связи с тем, что условия жизни у разных людей различны (питание, тренировка мышц, перенесенные болезни и др.).

Обращает на себя внимание изменение соотношения между мышечным брюшком и сухожильной частью, наблюдаемое в процессе развития: у новорожденных и детей раннего возраста сухожильная часть относительно большая, а мышечное брюшко развито еще слабо. По мере развития мышечной силы начинает развиваться и мышечное брюшко, в то время как сухожильная часть мышцы изменяется сравнительно мало. В пожилом возрасте обратному развитию подвергается главным образом мышечное брюшко: в его мышечных элементах появляются признаки атрофии и большое количество соединительнотканых волокон.

1.4. Морфология мышц

Основные виды вариаций мышц следующие: отсутствие обычно имеющих мышц, наличие добавочных мышц, вариации формы, числа частей, размера, способа прикрепления, расположения сухожилий. Наиболь-

шая вариабельность свойственна рудиментарным мышцам (например, пирамидальной, хвостовым, ушным, подкожной мышце шеи, длинной ладонной, подошвенной) и «прогрессивным» мышцам (мимическим, длинному сгибателю большого пальца кисти, большой ягодичной, третьей малоберцовой).

Можно назвать несколько атавистических мышц, которые у человека (и антропоморфных обезьян) появляются в редких случаях, но хорошо развиты у низших обезьян. Остатком подкожной мышцы у человека является рудиментарная подкожная мышца шеи. «Следами» этой мышцы у человека являются также грудинная мышца – продольный поверхностный пучок волокон в средней части грудины, встречающийся в 3 - 5% случаев; подмышечная дуга – сухожильный или мышечный пучок в области подмышечной впадины, часто соединяющий большую грудную мышцу и широчайшую мышцу спины, встречается в 4 – 9% случаев; мышечные пучки в других частях тела.

К атавистическим мышцам относится также спино-надблоковая мышца. У человека она встречается в 5% случаев, обычно же на ее месте имеется связка, вплетающаяся в фасцию плеча. Эта мышца недоразвита у антропоморфных обезьян и хорошо развита у остальных приматов. Она начинается у них от нижнего края сухожилия широчайшей мышцы спины и прикрепляется обычно к медиальному надмыщелку плеча или к локтевому отростку локтевой кости, являясь дополнительным разгибателем локтя.

В области головы наибольшие изменения претерпели мимические мышцы. Как и жевательные мышцы, они возникли в эволюции позвоночных из мускулатуры жаберного аппарата. У низших млекопитающих в области головы имеются два мышечных пласта: глубокий (сжиматель), состоящий из поперечных волокон, и поверхностный (подкожная мышца) – из продольных волокон. Из глубокого в дальнейшем развиваются затылоч-

ные, ушные мышцы и мышцы, окружающие глазницу, из поверхностного – остальные мимические мышцы.

Единый, слабо дифференцированный пласт подкожной мышцы, имеющийся на голове полуобезьян, дифференцировался у человека на множество мимических мышц, способных отразить сложнейшие эмоции. Особенно тонко дифференцируются мышцы вокруг ротовой щели, что связано с членораздельной речью и ослаблением жевательного аппарата. По строению мимических мышц ближе всего к человеку стоят горилла и особенно шимпанзе.

В эволюции мимических мышц от низших приматов к человеку наблюдаются следующие основные изменения. Единая надчерепная мышца низших приматов разделяется у обезьян на лобную и затылочную мышцы, соединенные сухожильным шлемом. У высших обезьян и человека они постепенно уменьшаются. Редуцируются ушные мышцы, уменьшается подкожная мышца шеи.

У низших обезьян имеется мощный скулоглазничный мышечный пласт, состоящий из слившихся скуловой мышцы и глазничной части круговой мышцы глаза. У человека части этого пласта обособляются и уменьшаются, а скуловая часть разделяется на скуловую мышцу и скуловую головку мышцы, поднимающей верхнюю губу. У низших обезьян имеется носогубная мышца, которая покрывает весь нос и распространяется на верхнюю губу. У человека этот пласт резко уменьшается и из него развиваются специфические для человека мышца гордецов, угловая головка мышцы, поднимающей верхнюю губу, и мышца кожи носа. Мышца, поднимающая верхнюю губу, у низших обезьян соответствует подглазничной головке этой мышцы у человека. У человека полностью обособляется от круговой мышцы глаза мышца, сморщивающая бровь.

У человека и антропоморфных обезьян отдифференцировывается от нижнегубной части подкожной мышцы шеи мышца, опускающая нижнюю губу. Мышца, опускающая угол рта, появляется у обезьян, но только у че-

ловека она достигает нижней челюсти. У человека развиваются мышцы смеха и резцовая мышца. Поперечная мышца подбородка формируется у антропоморфных обезьян, но встречается у них редко (у шимпанзе в 18% случаев), а у человека имеется всегда. Среди многочисленных вариаций мимических мышц у человека прогрессивными являются их обособленность и тонкая дифференцировка, регрессивными – грубое развитие и слияние между собой.

В туловищной мускулатуре человека и антропоморфных обезьян по сравнению с низшими обезьянами происходит ряд существенных изменений, связанных с редукцией хвоста, укорочением и расширением туловища, распространением на ребра большой грудной мышцы. Часть хвостовых мышц у них редуцировалась вплоть до полного отсутствия. Другие бывшие хвостовые мышцы (лобково-хвостовые и подвздошно-хвостовые) получают новое прикрепление к внутренностям малого таза (особенно к прямой кишке). Эти мышцы образуют специфическую мышцу, поднимающую задний проход, которая служит диафрагмой таза и поддерживает органы малого таза.

У человека и антропоморфных обезьян мощная большая грудная мышца вытесняет с ребер другие мышцы и обуславливает редукцию некоторых из них: поперечной мышцы груди, грудино-реберной. В ряду приматов наблюдается каудальное перемещение реберного начала прямой мышцы живота и наружной косой. Прогрессивной вариацией у человека является начало этой мышцы от V – VIII ребер (в 31% случаев). В связи с ограничением реберного начала уменьшается число сухожильных перемычек в прямой мышце живота: у лемурув 6, у антропоидов 4 – 5, у человека 3 – 4 (в 2% случаев у человека имеется 2 перемычки, в 3% - 5).

В области живота имеется типичная рудиментарная мышца - пирамидальная. Она рудиментарна у большинства плацентарных млекопитающих и хорошо развита у сумчатых (поддерживает сумку). У человека пирами-

дальняя мышца изменчива по форме и величине, в 22% случаев она отсутствует полностью.

В эволюции мускулатуры верхней конечности человека происходит ряд существенных изменений, которые отражают увеличение свободы и размаха движений руки, особенно боковых и вращательных. Верхняя конечность утратила опорную функцию. Это обусловило радиализацию кисти, увеличилась независимость движений пальцев, возросла роль движений большого пальца.

В строении мышц плечевой области у человека много кардинально общего с антропоморфными обезьянами. Особенности связаны главным образом с увеличением свободы движений плеча. У них развивается ключичная порция большой грудной мышцы, усиливается трапецевидная мышца, особенно ее ключичная порция. Ромбовидная мышца теряет начало на затылочной кости. Передняя зубчатая мышца теряет начало на шейных позвонках, имеющееся у низших обезьян; нижняя часть ее шейной порции атрофируется, а верхняя сливается с атлантолопаточными мышцами низших обезьян. Они вместе образуют мышцу, поднимающую лопатку и свойственную только антропоидам и человеку; оставшаяся часть передней зубчатой мышцы усиливается. Увеличиваются размеры дельтовидной мышцы, отводящей плечо в сторону.

Плечевое прикрепление большой грудной мышцы смещается проксимально, благодаря чему происходит более полное отделение плеча от туловища, увеличивающее свободу движений плеча. С расширением грудной клетки связано распространение начала большой грудной мышцы на реберные хрящи; брюшная порция этой мышцы сливается с остальной мышцей и редуцируется (у человека отсутствует в 30 -35% случаев). Малая грудная мышца, которая у всех остальных приматов мощно развита, у человека и антропоидов уменьшается, смещается своим началом латерально, прикрепление ее перемещается с плечевой кости на клювовидный отросток лопатки. Широкая мышца спины, помимо позвоночного начала,

приобретает начало от подвздошного гребня, ребер и нижнего угла лопатки. Из двух частей клювоплечевой мышцы низших обезьян у человека и антропоморфных обезьян сохраняется только одна нижняя часть.

Велико сходство между человеком и человекообразными обезьянами также в строении мышц локтевого сустава и предплечья. У них по сравнению с низшими обезьянами резко изменяется соотношение между сгибателями и разгибателями в пользу сгибателей. Двуглавая мышца плеча приобретает дополнительное прикрепление на предплечье с помощью апоневроза. Редуцируется спино-надблоковая мышца.

Начало некоторых мышц предплечья (лучевого сгибателя кисти, круглого пронатора, поверхностного сгибателя пальцев), ограниченное у низших обезьян только плечом, у человека и понгид распространяется и на предплечье. Радиализация кисти выражается в увеличении массы лучевых сгибателей и разгибателей кисти по отношению к локтевым. Увеличивается масса вращателей предплечья: пронаторов и супинаторов.

Возрастание роли независимых движений пальцев проявляется в редукции длинной ладонной мышцы, которая хорошо развита у тех животных, у которых важную роль играет сгибание кисти и пальцев в целом (у человека эта мышца отсутствует в 15% случаев и очень изменчива по величине, по соотношению мышечной и сухожильной частей); в полном обособлении друг от друга поверхностного и глубокого сгибателей пальцев; в увеличении независимости отдельных сухожилий каждой из этих мышц; в обособлении от глубокого сгибателя пальцев длинного сгибателя большого пальца и иногда собственного сгибателя указательного пальца; в ослаблении перемычек между отдельными сухожилиями общего разгибателя пальцев. Из полного набора глубоких разгибателей пальцев, который имеется у низших обезьян, у человека и африканских антропоидов сохраняются только собственные разгибатели I, II пальцев, хорошо обособленные друг от друга. Редуцируются мышцы-сжиматели пальцев, из которых сохраняется только приводящая мышца большого пальца.

Человека от антропоморфных обезьян отличает главным образом лучшее развитие мышц большого пальца, который у понгид в той или иной степени недоразвит в связи с брахиаторной локомоцией. У человека сильно развиты и хорошо дифференцированы собственные мышцы большого пальца, которые у антропоидов частично ослаблены и слиты между собой. Всегда хорошо развит длинный сгибатель большого пальца, обычно недоразвитый у человекообразных обезьян. От длинной отводящей мышцы большого пальца у человека обособляется короткий разгибатель большого пальца.

Значительные изменения в мускулатуре нижней конечности человека связаны с переходом к двуногому передвижению (бипедии) и увеличением опорной роли ноги. В строении мышц нижней конечности также много общего с антропоморфными обезьянами.

Мощного развития у человека достигает большая ягодичная мышца, причем только у него появляется та ее часть, которая начинается от подвздошного гребня. Место прикрепления этой мышцы у человека сокращается и перемещается вверх. Она становится разгибателем бедра, играющим важнейшую роль в поддержании выпрямленного положения тела. У человека лучше, чем у обезьян, развита мышца, напрягающая широкую фасцию бедра. У низших обезьян эта мышца обычно слита с большой ягодичной, у человека и понгид она обособлена.

В связи с увеличением роли разгибательных движений колена у человека увеличивается масса четырехглавой мышцы бедра, а задние мышцы бедра (полусухожильная, полуперепончатая и двуглавая) уменьшаются, прикрепление их перемещается к проксимальному концу голени и происходит при помощи длинных сухожилий, отсутствующих у обезьян. У человека и антропоморфных обезьян имеется короткая головка двуглавой мышцы бедра, отсутствующая у низших обезьян.

Она, видимо, связана в своем происхождении с ягодичной мускулатурой. Полуперепончатая мышца состоит у приматов из двух частей, из ко-

торых одна у человека и некоторых антропоидов сливается с большой приводящей мышцей. Для человека и понгид характерно появление добавочного начала прямой мышцы бедра от передней нижней подвздошной ости.

Возрастание роли подошвенного сгибания стопы при ходьбе отражается в увеличении у человека и антропоморфных обезьян массы камбаловидной мышцы. Эта мышца у низших обезьян начинается только на головке малоберцовой кости, у антропоморфных обезьян и человека ее начало распространяется на межкостную перепонку и большеберцовую кость. У человека сильно удлиняется ахиллово сухожилие.

У четвероногих животных наибольшего развития достигают задние мышцы бедра и икроножная мышца. Задняя конечность у них действует как толкающий рычаг, для чего необходимы сильные разгибатели тазобедренного сустава (задние мышцы бедра), а также сильные сгибатели колена и голеностопного сустава (икроножная мышца), предотвращающие пассивное разгибание колена и стопы. У человека наибольшего развития достигают большая ягодичная мышца, четырехглавая мышца бедра и камбаловидная мышца. Нога действует как толкающая опора, для чего важны сильные сгибатели голеностопного сустава (камбаловидная мышца), дающие толчок движению. Большая ягодичная и четырехглавая мышца бедра препятствуют сгибанию ноги в тазобедренном и коленном суставах и падению человека вперед.

В связи с образованием пяточного бугра у человека и человекообразных обезьян подошвенная мышца теряет связь с подошвенным апоневрозом, прикрепляясь к пяточному бугру, и редуцируется. У человека она отсутствует в 15% случаев и сильно варьирует по величине. Редукция ее у понгид зашла дальше, чем у человека. Подошвенный апоневроз у человека начинается от пяточного бугра и играет важную роль в поддержании свода стопы. Короткий сгибатель пальцев у них теряет связь с длинным сгибателем пальцев, начинаясь от пяточной кости.

Важная роль сгибания большого пальца при отталкивании от земли у человека и понгид проявляется в увеличении и полном обособлении длинного сгибателя большого пальца от длинного сгибателя пальцев. У человека сливаются два брюшка передней большеберцовой мышцы. Появляется третья малоберцовая мышца, обособляющаяся от длинного разгибателя пальцев (у человека встречается в 93% случаев, иногда имеется у гориллы и шимпанзе), что связано с важной ролью пронации стопы при ходьбе на двух ногах. У человека и антропоморфных обезьян редуцируется малоберцовая мышца V пальца, имеющаяся у низших обезьян. Атрофируются, как и на кисти, мышцы-сжиматели пальцев, из которых сохраняется только приводящая мышца большого пальца. Морфологическая ось стопы, вокруг которой группируются межкостные мышцы, перемещается с III пальца на II. Укрепляются фасции ноги, удлиняются сухожилия многих мышц.

2.ЧАСТНАЯ МИОЛОГИЯ

Мышечная система, или мускульная система – совокупность сократительных элементов мышечной ткани, объединенных обычно в мышцы и связанных между собой соединительной тканью.

2.1. Мышцы груди

Мышцы груди – группа мышц, располагающихся в области передней поверхности грудной клетки. Мышцы груди разделяются на две группы. Первая – собственные мышцы: наружные и внутренние межреберные мышцы (*mm. intercostales externi et interni*), подреберные мышцы (*mm. subcostales*), поперечная мышца грудной клетки (*m. transversus thoracis*). Эти мышцы развились из зачатков первичной метамерии туловища. Мышцы второй группы начинаются на костях грудной клетки и прикрепляются к костям плечевого пояса, к верхней конечности, располагаясь поверхностно. К ним относятся: большая грудная мышца (*m. pectoralis major*), малая грудная мышца (*m. pectoralis minor*), подключичная мышца (*m. subclavius*), передняя зубчатая мышца (*m. serratus anterior*). К мышцам груди относят и диафрагму (*diaphragma*), которая хотя и закладывается на шее, но опускается в грудную клетку и является дыхательной мышцей.

У человека и антропоморфных обезьян мощная большая грудная мышца вытесняет с ребер другие мышцы и обуславливает редукцию некоторых из них: поперечной мышцы груди, грудино-реберной. В ряду приматов наблюдается каудальное перемещение реберного начала прямой мышцы живота и наружной косой. Прямая мышца живота у низших обезьян начинается от I ребра, у гиббона – от III-IV, у других антропоидов – от IV-VII, у человека – от V-VII. Прогрессивной вариацией у человека является начало этой мышцы от V-VII ребра (31% случаев). Начало наружной косой мышцы живота у низших приматов простирается до I ребра, у человека в 66% случаев до V, в 33% до VI-VII ребра. В связи с ограничением реберного начала уменьшается число сухожильных перемычек в прямой мышце живота: у лемурув 6, у макаков 6, у антропоидов 4-5, у человека 3-4.

2.1.1. Межреберные мышцы

Межреберные мышцы - группа мышц, относящихся к собственным мышцам груди. Подразделяются на наружные и внутренние межреберные мышцы.

Наружные межреберные мышцы (*mm. intercostales externi*) развиваются из наружной мышечной пластинки, которая занимает площадь от головок ребер до реберных хрящей, а внутренние мышцы закладываются из внутренней мышечной пластинки, лежащей между реберным углом и краем грудины. Участки межреберных промежутков, имеющих один слой мышц, заполнены межреберными связками. Наружные межреберные мышцы начинаются от нижнего края вышележащего ребра, волокна идут вниз и вперед и прикрепляются к верхнему краю нижележащего ребра. Внутренние межреберные мышцы имеют направление волокон, противоположное предыдущим мышцам. Они берут начало от верхнего края нижележащего ребра и прикрепляются к нижнему краю вышележащего ребра. Между наружными и внутренними межреберными мышцами располагаются межреберные сосуды и нервы.

Наружные и внутренние межреберные мышцы иннервируются межреберными нервами – *nn. intercostales* (Th_{I-XII}). Межреберные мышцы принимают участие в акте вдоха и выдоха. Наружные мышцы при вдохе более активны и имеют преимущество перед внутренними, так как угол подхода сухожилия к ребру у них больше, что увеличивает силу мышц. На высоте вдоха эти отношения изменяются и уже внутренние межреберные мышцы образуют больший угол, чем перед вдохом, и на фазе выдоха опускают ребра. Так как ребра спиралеобразно изогнуты, то при вдохе передние концы ребер смещаются вверх и в стороны, а задние концы вращаются на месте. Чтобы поднять ребра, необходима точка опоры и ею является I и II ребра, которые удерживаются лестничными мышцами шеи. Во время выдоха лестничные мышцы расслабляются и ребра в силу своей тяжести и эластичности благодаря сокращению внутренних межреберных

мышц опускаются. Этому способствует также сокращение боковых мышц и прямой мышцы живота, которые тянут ребра вниз во время выдоха.

2.1.2. Поперечная мышца грудной клетки

Поперечная мышца грудной клетки (*m. transversus thoracis*) – парная, относится к собственным мышцам груди. Начинается широким сухожилием от внутренней поверхности мечевидного отростка и нижней части грудины, прикрепляется 4 - 6 зубцами к хрящевым частям внутренней поверхности ребер. Иннервируется межреберными нервами - nn. intercostales (Th_{I-XII}). Опускает II - V ребра, участвует в акте выдоха.

2.1.3. Большая грудная мышца

Большая грудная мышца (*m. pectoralis major*) - парная, относящаяся к мышцам груди. Представляет собой широкую неправильной формы квадратную пластинку, располагается на передней поверхности грудной клетки. Берет начало от ключицы, грудины и апоневроза наружной косой мышцы живота. Все три части мышцы соединяются между собой у плечевой кости в сухожилие, которое прикрепляется к гребню большого бугорка плечевой кости (*crista tuberculi majoris*). Верхний край ключичной части грудной мышцы и передний край дельтовидной мышцы ограничивают борозду (*sulcus deltoideopectoralis*), в которой проходит конечная часть подкожной вены (*v. cephalica*) с верхней конечности. Иннервируется большая грудная мышца передними грудными нервами - nn. thoracici anteriores (C_{VII} - Th_I). Поднятую руку опускает с незначительным вращением внутрь. При сокращении ключичной части наступает сгибание в плечевом суставе. Большая грудная мышца может поднимать ребра и участвовать в акте вдоха, при условии, если рука зафиксирована.

2.1.4. Малая грудная мышца

Малая грудная мышца (*m. pectoralis minor*) – парная, относится к мышцам груди, имеет форму треугольника, прикрыта большой грудной мышцей. Берет начало от II-V ребер, затем, направляясь вверх и кнаружи, прикрепляется к клювовидному отростку лопатки. Между верхним краем

малой грудной мышцы и нижним краем ключицы образуется ключично-грудной треугольник (*trigonum clavipectorale*), прикрытый спереди уплотненным листком глубокой фасции, продолжающейся на подключичную часть плечевого нервного сплетения, подмышечную вену и артерию. В этом треугольнике от плечевого сплетения и сосудов отходят ветви к большой грудной мышце, проникающие через глубокий листок фасции. Малая грудная мышца иннервируется передними грудными нервами – nn. *thoracici anteriores* (C_{VII}-Th_I). При сокращении мышцы пояс верхней конечности смещается вперед и к срединной линии туловища.

2.1.5. Подключичная мышца

Подключичная мышца (*m. subclavius*) - парная, относится к мышцам груди; слабо развитая, залегает между нижней поверхностью ключицы и I ребром, иннервируется подключичным нервом - n. *subclavius* (C_V). Приближает ключицу к I ребру.

2.1.6. Передняя зубчатая мышца

Передняя зубчатая мышца (*m. serratus anterior*) - парная, относится к мышцам груди, находится на боковой стороне грудной клетки. У хорошо физически развитых людей зубцы мышцы отчетливо контурируют под кожей. Мышца начинается зубцами от I - IX ребер, чередуясь с зубцами наружной косой мышцы живота, и прикрепляется к медиальному краю лопатки. Располагается на грудной клетке и сзади прикрыта лопаткой. Нижние пучки наиболее сильные. Иннервируется длинным грудным нервом - n. *thoracicus longus* (C_{V-VII}).

Сокращение мышцы вызывает смещение лопатки вперед. При сокращении нижних зубцов, прикрепляющихся к нижнему углу лопатки, возникает вращение лопатки вокруг сагиттальной оси. Это движение совершается при подъеме руки выше 76°. Мышца развивает большую силу, так как прикрепляется перпендикулярно к лопатке и имеет высокий момент вращения. Вместе с ромбовидными мышцами, которые прикрепляются там

же, передняя зубчатая мышца удерживает лопатку у туловища и устанавливает ее неподвижно.

2.1.7. Диафрагма

Диафрагма (*diaphragma*) - непарная мышечно-апоневротическая пластинка, разделяющая грудную и брюшную полости. Со стороны этих полостей диафрагма покрыта тонкими фасциями и серозными оболочками. Диафрагма имеет форму свода, выпуклостью обращенного в грудную полость, что обусловлено более высоким давлением в брюшной полости и низким - в плевральной. Мышечные пучки диафрагмы радиально ориентированы к ее центру и по месту начала разделяются на поясничную, реберную и грудинную части.

Поясничная часть (*pars lumbalis*) состоит из трех ножек: медиальной (*crus mediale*), промежуточной (*crus intermedium*) и латеральной (*crus laterale*). Медиальная ножка, парная, правая начинается от передней поверхности передней продольной связки позвоночника (*lig. longitudinale anterior*) на уровне III-IV поясничных позвонков, левая - короче и формируется на уровне II поясничного позвонка. Мышечные пучки правой и левой ножек поднимаются и на уровне I поясничного позвонка частично взаимно перекрещиваются, образуя аортальное отверстие (*hiatus aorticus*) диафрагмы для прохождения аорты и начала грудного лимфатического протока. Край аортального отверстия имеет сухожильное строение, что предохраняет аорту от сдавливания при сокращении диафрагмы. Мышечные пучки на 4-5 см выше и левее аортального отверстия вновь перекрещиваются, образуя отверстие для прохождения пищевода (*hiatus esophageus*), переднего и заднего стволов блуждающих нервов. Мышечные пучки ограничивают это отверстие и выполняют функцию пищеводного жома. Промежуточная ножка, парная, начинается там же, где и предыдущая, поднимается по боковой поверхности позвонков несколько латеральнее от медиальной ножки. Выше аортального отверстия пучки расходятся радиально. Латеральная ножка, парная, наиболее крупная из всех трех но-

жек, берет начало от двух дуг (*arcus medialis et lateralis*), представляющих утолщенную фасцию. Медиальная ножка натянута между телом I или II поясничного позвонка и поперечным отростком I позвонка. Латеральная ножка более длинная, начинается от верхушки поперечного отростка I поясничного позвонка и прикрепляется к XII ребру. Латеральная ножка, начавшись от 2 дуг, первоначально сращена с задней частью грудной клетки, а затем отклоняется вперед и веерообразно рассыпается в куполе. Между латеральной и промежуточной ножками формируется узкая щель для прохождения симпатического ствола.

Реберная часть парная - наиболее обширный отдел диафрагмы. Начинается зубцами от внутренней поверхности хрящей VII-XI ребер. Мышечные пучки переходят в сухожильный центр диафрагмы. На стыке латеральной ножки, поясничной и реберной частей имеются треугольные пространства (*trigonum lumbocostale*), лишенные мышечных пучков и покрытые плеврой, а также брюшиной и тонкими фасциями.

Грудинная часть диафрагмы начинается от внутренней поверхности мечевидного отростка грудины и, поднимаясь, включается в сухожильный центр диафрагмы. Около края грудины, между грудиной и реберной частями мышцы, также имеется щель (*trigonum sternocostale*) для прохождения грудной внутренней артерии и вены. Сухожильный центр (*centrum tendineum*) занимает купол диафрагмы и формируется сухожилием мышечных частей. Справа от средней линии и несколько кзади у купола есть отверстие для прохождения нижней полой вены (*foramen vena cavae inferioris*). Между краем отверстия и стенкой нижней полой вены имеются коллагеновые пучки. На диафрагме располагаются легкие и сердце. От соприкосновения сердца на диафрагме есть сердечное вдавление (*impressio cardiaca*). Правый купол диафрагмы более высокий, чем левый, так как со стороны брюшной полости прилежат: справа более массивная печень, а слева селезенка и желудок. Иннервируется диафрагма диафрагмальным нервом - *n. phrenicus* (C_{III-V}).

При сокращении диафрагмы сухожильный центр опускается на 2-4 см. Так как париетальный листок плевры сращен с диафрагмой, то при опускании купола увеличивается плевральная полость, что создает разность воздушного давления между полостью плевры и просветом альвеол легких. При опускании диафрагмы легкое расширяется и наступает фаза вдоха. При расслаблении диафрагмы под влиянием внутрибрюшного давления купол вновь поднимается и занимает первоначальное положение. Это соответствует фазе выдоха.

Эмбриогенез происходит следующим образом: на 4 неделе на уровне 4-5 шейных сомитов возникают складки мезенхимы. Вентральная складка превращается в поперечную складку, которая проникает между зачатками сердца и желудка. В конце 6 недели внутриутробного развития от боковых и задних стенок шеи выступают складки, образуя соединительнотканную пластинку, в которую врастает мышца, происходящая из шейных миотомов. К 12 неделе развития диафрагма под давлением сердца и легких опускается с шеи и занимает постоянное положение.

2.2. Мышцы живота

Мышцы живота – группа мышц, расположенных между грудью и тазом. Верхней границей живота является край реберно-хрящевой дуги и мечевидный отросток грудины, задняя граница соответствует задней подмышечной линии, а сзади находятся гребни и передние ости подвздошных костей, паховые связки и лобковая часть кости между бугорками. Передняя стенка живота условно разделяется на три отдела путем проведения горизонтальных линий. Мышцы живота образуют переднюю, боковые и заднюю стенки. В области живота имеется типичная рудиментарная мышца – пирамидная. Она рудиментарна у большинства плацентарных млекопитающих и хорошо развита у сумчатых (поддерживает сумку).

У человека пирамидальная мышца изменчива по форме и величине, в 22% случаев она отсутствует полностью. К мышцам живота относятся следующие мышцы: прямая мышца живота, пирамидальная мышца, наруж-

ная косая мышца живота, внутренняя косая мышца живота, поперечная мышца живота, квадратная мышца поясницы, большая поясничная мышца, малая поясничная мышца.

2.2.1. Прямая мышца живота

Прямая мышца живота (*m. rectus abdominis*) - парная, относится к мышцам передней стенки живота. Начинается от наружной поверхности V - VII ребер и мечевидного отростка в виде ленты шириной 6 - 7 см, спускается в направлении лобковых костей и прикрепляется от лонного бугорка до центра симфиза. Эта мышца имеет 3 - 4 сухожильные перемиčky (*interseptiones tendineae*), которые сращены с передней стенкой влагалища прямой мышцы живота, представляющего сухожилие боковых мышц живота.

Влагалище прямой мышцы живота (*vagina m. recti abdominis*) - образование, сформированное сращением сухожилий трех широких мышц живота в виде футляра, где залегает прямая мышца живота. Сухожильные перемиčky прямой мышцы сращены с внутренней поверхностью передней стенки влагалища. Строение стенок влагалища на различных уровнях имеет некоторые особенности. В образовании передней стенки влагалища прямой мышцы живота принимает участие апоневроз наружной косой мышцы, а также частично апоневроз внутренней косой мышцы живота. Сухожилие внутренней косой мышцы на площади между линиями, соединяющими передние концы XI ребер, на 2 см ниже мечевидного отростка разделяется на передний и задний листки, которые окружают прямую мышцу живота. С задним листком влагалища прямой мышцы живота на этой же площади сращен апоневроз поперечной мышцы живота. Прямые мышцы живота не имеют влагалища только на площади шириной около 2 см ниже мечевидного отростка и покрыты фасцией.

Фасции живота относятся к поверхностным фасциям, покрывающим мышцу живота:

1) поверхностный листок (*f. superficialis abdominis*) хорошо развит и покрывает не только наружную косую мышцу, но и переднюю стенку влагалища прямой мышцы живота. Ниже пупка эта фасция посылает несколько плотных тяжей, получающих название пращевидных связок (*ligg. fundiformia*), охватывающих с боков половой член, и связок, подвешивающих половой член или клитор (*ligg. suspensoria penis s. clitoridis*);

2) собственная фасция живота (*f. propria abdominis*) покрывает с обеих сторон внутреннюю косую мышцу живота. Около поверхностного кольца пахового канала фасция внутренней косой мышцы продолжается в мошонку по семенному канатику и по мышце, поднимающей яичко (*m. cremaster*);

3) поперечная фасция (*f. transversalis*) покрывает поперечную мышцу живота со стороны брюшной полости. Поперечная фасция продолжается с диафрагмы на боковые и переднюю брюшную стенку. Внизу (в подвздошной области) срастается с подвздошной фасцией, а также с задним краем паховой связки. Это сращение способствует замыканию желоба, который составляет нижнюю стенку пахового канала. Поперечная фасция живота покрывает также квадратную мышцу поясницы, образуя поясничную фасцию. Поперечная фасция в области прямой мышцы живота получила название фасции прямой мышцы. Она содержит фиброзные горизонтальные волокна в виде крупнопетливой сети, образуя заднюю стенку влагалища прямой мышцы.

Подобное строение стенок влагалища является важным для функции мочевого пузыря. В связи с вертикальным положением человека передняя стенка наполненного мочевого пузыря прилегает к нижнему брюшку прямой мышцы живота. Резкое сокращение этой мышцы оказывает давление на мочевой пузырь и способствует мочеиспусканию.

Прямая мышца иннервируется межреберными нервами (*nn. intercostales*) и поясничным нервом - *n. lumbalis* (Th_{V-XII} , L_1). При сокращении прямых мышц живота происходит опускание ребер, при фиксирован-

ных ребрах - сгибание туловища. Мышца поднимает таз в том случае, если нижние конечности свободны. При одностороннем сокращении участвуют в наклоне туловища.

2.2.2. Пирамидальная мышца

Пирамидальная мышца (*m. pyramidalis*) - парная, имеет треугольную форму, относится к мышцам передней стенки живота. Начинается от верхней ветви лобковой кости и прикрепляется к нижней части белой линии живота.

Белая линия живота (*linea alba*) - место сращения и взаимного перехода сухожильных пучков трех парных боковых мышц живота. Эта линия проходит по срединной линии передней брюшной стенки, где в ее составе заключено пупочное кольцо (*anulus umbilicalis*). В верхней части линия имеет ширину 1,5-2 см, около пупочного кольца - 4-5 см, ниже кольца - 0,5-1,0 см. Особенностью строения белой линии является то, что в некоторых местах коллагеновые волокна образуют пространства, заполненные жировой клетчаткой. Эти отверстия за счет повышения внутрибрюшного давления при беременности и родовом акте, скоплении жидкости в брюшной полости увеличиваются, что иногда приводит к образованию грыж. Белая линия живота имеет мало кровеносных сосудов и нервных рецепторов.

Длина мышцы 5-8 см. Иннервируется XII парой межреберных нервов. При сокращении натягивает белую линию живота и апоневроз наружной косой мышцы живота.

2.2.3. Наружная косая мышца живота

Наружная косая мышца живота (*m. obliquus abdominis externus*) – парная, широкая, относится к боковым мышцам живота. Начинается зубцами от 8 нижних ребер на боковой поверхности груди. Зубцы наружной косой мышцы живота чередуются с зубцами передней зубчатой мышцы. Волокна мышцы направлены вперед и вниз. Начинаются от 4-12 ребер. Зубцы мышцы переходят у края прямой мышцы в апоневроз, а мышечные зубцы,

начинающиеся от VII-XII ребер, чередуются с зубцами широкой мышцы спины и прикрепляются к наружной линии гребня подвздошной кости. Нижний край апоневроза наружной косой мышцы живота участвует в формировании паховой связки (*lig. inguinale*).

Иннервируется межреберными нервами – nn. *intercostales* (Th_{V-XII}) и поясничным нервом – n. *lumbalis* (L_V). Мышца при двустороннем сокращении сгибает позвоночник, при одностороннем – поворачивает туловище в противоположную сторону. В тех случаях, когда нижние конечности не имеют упора, поднимает таз.

2.2.4. Внутренняя косая мышца живота

Внутренняя косая мышца живота (*m. obliquus abdominis internus*) - парная, относится к боковым мышцам живота, находится глубже наружной косой мышцы и лежит вторым слоем на боковой стенке живота. Ее площадь несколько меньше, чем у наружной косой мышцы живота. Начинается от линии гребня подвздошной кости (*linea intermedia crista iliaca*), от латеральных 2/3 паховой связки, а также от поверхностного листка пояснично-дорсальной фасции (*fas. lumbodorsalis*). Мышечные пучки ориентированы вверх и вперед, т. е. перпендикулярно перекрещивают пучки наружной косой мышцы.

Задние пучки внутренней косой мышцы прикрепляются к XII-IX ребрам, а средние и нижние - направляются к средней линии живота. У наружного края прямой мышцы живота сухожилие разделяется на два листка. Передний листок полностью покрывает переднюю поверхность прямой мышцы живота, где срастается с сухожилием наружной косой мышцы живота. Задний листок находится позади прямой мышцы выше линии, соединяющей передние концы IX ребер. Ниже этой линии все сухожилия внутренней косой мышцы располагаются впереди прямой мышцы.

При двустороннем сокращении задних пучков сгибает позвоночник, опускает нижние ребра. При одностороннем сокращении совершает пово-

рот туловища в свою сторону. При свободных нижних конечностях поднимает таз. Средние и нижние мышечные пучки натягивают сухожилия передней стенки влагалища прямой мышцы. Иннервация за счет подвздошно-подчревного нерва (n. iliohypogastricus) и подвздошно-пахового нерва (n. ilioinguinalis).

2.2.5. Поперечная мышца живота

Поперечная мышца живота (m. transversus abdominis) - парная, относится к боковым мышцам живота и представляет третий слой боковых мышц. Верхние пучки начинаются от внутренней поверхности VII - XII ребер. Ее верхние мышечные зубцы чередуются с пучками реберной части диафрагмы, средние идут от пояснично-реберной связки, поперечных отростков поясничных позвонков и глубокого листка пояснично-грудной фасции, нижние - от внутренней губы подвздошного гребня (labium internum cristae iliacaе) и от латеральной трети паховой связки. Ее нижний край совпадает с краем внутренней косой мышцы живота. Все мышечные пучки расположены поперечно в горизонтальной плоскости. У края прямой мышцы живота мышца переходит в сухожилие, которое перекидывается на переднюю стенку влагалища прямой мышцы и срастается с сухожилиями наружной и внутренней косых мышц живота.

Двустороннее сокращение всех пучков обеих мышц оказывает давление на внутренние органы, - в результате повышается внутрибрюшное давление, что способствует удержанию органов на месте. Повышение внутрибрюшного давления также важно при рвоте, дефекации, родах и мочеиспускании. Поперечная мышца живота иннервируется следующими нервами: межреберными (Th_{VII-XII}), подвздошно-подчревым (L_{I-III}) и подвздошно-паховым (L_{I-III}).

2.2.6. Квадратная мышца поясницы

Квадратная мышца поясницы (m. quadratus lumborum) – парная, сильная, относится к группе мышц задней брюшной стенки. Начинается от подвздошно-поясничной связки (lig. iliolumbale) и внутренней губы под-

вздошного гребня. Прикрепляется к поперечным отросткам IV - I поясничных позвонков, а также к XII ребру, иннервируется межреберным нервом (Th_{XII}) и поясничными нервами (L_{I-III}). При двустороннем сокращении удерживает позвоночник в вертикальном положении. При одностороннем – опускает XII ребро и наклоняет позвоночник в свою сторону.

2.2.7. Большая поясничная мышца

Большая поясничная мышца (*m. psoas major*) - одна из мышц задней брюшной стенки, залегает в углублении по боковой стороне поясничного отдела позвоночника в виде хорошо развитых мышечных тяжей. Берет начало от поперечных отростков, межпозвоночных дисков и боковой части тел (I - IV) поясничных позвонков, затем опускается в подвздошную ямку таза, располагаясь по сторонам входа в малый таз. Мышца, пройдя под паховой связкой, выходит на переднюю поверхность капсулы тазобедренного сустава и прикрепляется к малому вертелу бедренной кости. Иннервируется мышечными ветвями (*rr. musculares*) из поясничного сплетения - *plexus lumbaris* (L_{I-II}). При свободной нижней конечности сгибает бедро в тазобедренном суставе. При стоянии наклоняет туловище вперед.

2.2.8. Малая поясничная мышца

Малая поясничная мышца (*m. psoas minor*) – мышца задней брюшной стенки, по сравнению с большой поясничной мышцей представляет по объему небольшую мышцу. Располагается впереди большой поясничной мышцы. Начинается от боковой части и межпозвоночного диска XII грудного и I поясничного позвонков. Образует на уровне IV поясничного позвонка тонкое сухожилие, которое спиралеобразно огибает латеральный край большой поясничной мышцы, и вплетается в подвздошную фасцию. Иннервируется мышечными ветвями (*rr. musculares*) из поясничного сплетения – *plexus lumbalis* (L_{I-II}). Напрягает фасцию таза, способствует наклону туловища вперед.

2.3. Мышцы спины

Мышцы спины – группа мышц, представляющая заднюю часть туловища. Мышцы спины подразделяются на поверхностные и глубокие. Поверхностные мышцы представляют широкие пластинки, лежащие одна над другой в три слоя. Эти мышцы появились на спине позднее, чем развилась пояснично-грудная фасция. Путем перемещения миотомов с области головы на пояс верхней конечности образовались трапециевидная мышца и мышца, поднимающая лопатку; с зачатка верхней конечности перемещается на туловище широчайшая мышца спины, с туловища на пояс верхней конечности – большая и малая ромбовидные мышцы; мышцы, переместившиеся с вентральной стороны туловища соединились с ребрами – верхняя и нижняя зубчатые задние мышцы. Глубокие мышцы спины развиваются из первичных дорсальных миотомов, находящихся около спинной стороны и нервной трубки. Они являются источником образования всех глубоких мышц. Одновременно с мышцами спины развивалась и пояснично-грудная фасция, которая покрывает глубокие мышцы, располагаясь между остистыми отростками позвонков и углами ребер. К атавистическим мышцам относится спино-надблоковая мышца. У человека она встречается в 5% случаев, обычно на ее месте имеется связка, вплетающаяся в фасцию плеча. Эта мышца недоразвита у антропоморфных обезьян и хорошо развита у остальных приматов. Она начинается у них от нижнего края сухожилия широчайшей мышцы спины и прикрепляется к медиальному надмыщелку плеча или к локтевому отростку локтевой кости, являясь дополнительным разгибателем локтевого сустава. К мышцам спины относятся следующие мышцы: трапециевидная мышца, широчайшая мышца спины, мышца, поднимающая лопатку, большая и малая ромбовидные мышцы, задняя верхняя зубчатая мышца, задняя нижняя зубчатая мышца, ременная мышца головы, ременная мышца шеи, мышца-разгибатель туловища, поперечно-остистая мышца, межкостистые мышцы, межпоперечные мышцы

2.3.1. Трапециевидная мышца

Трапециевидная мышца (*m. trapezius*) - парная, треугольной формы, широкая, относится к самому наружному слою поверхностных мышц. Начинается на черепе от верхней выйной линии (*linea nuchae superior*) и наружного затылочного выступа (*protuberantia occipitalis externa*), на шее - от выйной связки, на груди - от надостной связки на протяжении всех грудных позвонков. Мышца прикрепляется к акромиальному концу ключицы, лопаточной ости и акромиону. Иннервируется добавочным нервом - *n. accessorius* (C_{II-IV}). Верхние пучки трапециевидной мышцы поднимают латеральный угол лопатки с некоторым ее вращением, нижние - опускают лопатку.

При одновременном сокращении всех пучков лопатка приводится к средней линии. В тот момент, когда лопатка укреплена на туловище путем фиксации верхних конечностей, двустороннее сокращение трапециевидной мышцы вызывает откидывание головы назад, при одностороннем сокращении - поворот лица в противоположную сторону.

2.3.2. Широчайшая мышца спины

Широчайшая мышца спины (*m. latissimus dorsi*) – парная, относится к самому наружному слою поверхностных мышц, покрывает нижнюю половину спины и боковой отдел груди, частично верхняя часть покрыта трапециевидной мышцей. Начинается широким сухожилием от гребня подвздошной кости, гребней задней поверхности крестца, всех поясничных и шести нижних грудных позвонков, 3-4- мышечными пучками от трех нижних ребер. На своем пути мышечные пучки достигают плечевой кости, прикрепляясь к гребню малого бугорка. На месте прикрепления сухожилия мышца соприкасается с сухожилием большой круглой мышцы (*m. teres major*), где и формируется слизистая сумка. Благодаря значительной длине мышечных пучков и их обширной площади, а также большому моменту вращения мышца способна развивать большую силу.

Мышца поворачивает руку внутрь и тянет назад (разгибание в плечевом суставе), поднятую руку опускает, если рука закреплена, мышца

подтягивает туловище. Иннервация за счет грудоспинного нерва – *n. thoracodorsalis* (C_{VI}-C_{VIII}).

2.3.3. Мышца, поднимающая лопатку

Мышца, поднимающая лопатку (*m. levator scapulae*) – мышца, относящаяся ко второму слою поверхностных мышц спины, находится в боковой части шеи, позади лестничных мышц, сзади покрыта трапециевидной и грудино-ключично-сосцевидной мышцами. Начинается от задних бугорков поперечных отростков I-IV шейных позвонков и направляется к медиальному углу лопатки. Поднимает лопатку. При закрепленной лопатке наклоняет шейный отдел позвоночника в сторону сокращения, а при двустороннем сокращении удерживает шею в вертикальном положении. Иннервируется дорсальным нервом лопатки – *n. dorsalis scapulae* (C_{IV-V}).

2.3.4. Большая и малая ромбовидные мышцы

Большая и малая ромбовидные мышцы (*mm. rhomboidei major et minor*) - группа мышц, относящихся к второму слою поверхностных мышц спины, располагаются между позвоночником и лопаткой. Начинаются от VI и VII остистых отростков шейных и четырех грудных позвонков, прикрепляются к медиальному краю лопатки. Поднимают и приводят лопатку к срединной линии туловища. Ромбовидные мышцы иннервируются дорсальным нервом лопатки - *n. dorsalis scapulae* (C_{IV-V}).

2.3.5. Задняя верхняя зубчатая мышца

Задняя верхняя зубчатая мышца (*m. serratus posterior superior*) – мышца, относящаяся к третьему слою поверхностных мышц спины, тонкая, находится кнутри от ромбовидных мышц. Начинается тонким сухожилием от VI – VII шейных остистых отростков I–II грудных позвонков и направляется вниз и латерально. Причленяется латеральнее углов II - V ребер. Поднимает соответствующие ребра и участвует в акте вдоха. Иннервируется межреберными нервами – *nn. intercostales* (Th I – IV).

2.3.6. Задняя нижняя зубчатая мышца

Задняя нижняя зубчатая мышца (*m. serratus posterior inferior*) – мышца, относящаяся к третьему слою поверхностных мышц спины, тонкая, располагается под широчайшей мышцей спины. Начинается широким сухожилием от остистых отростков XI – XII и I -- II поясничных позвонков. Пучки ее ориентированы вверх и латерально. Прикрепляется к XII – IX ребрам. Опускает соответствующие ребра при акте выдоха. Иннервация осуществляется за счет межреберных нервов – nn. intercostales (Th IX – XII).

2.3.7. Ременная мышца головы

Ременная мышца головы (*m. splenius capitis*) - мышца, относящаяся к длинным глубоким мышцам спины, находится под трапециевидной мышцей в затылочной и выйной областях. Начинается от выйной связки на уровне III - VI шейных позвонков. Прикрепляется к выйной области (*planum nuchae*) затылочной кости. Сокращение мышцы с одной стороны поворачивает голову в ту же сторону, при двустороннем сокращении голова запрокидывается назад. Мышца иннервируется шейными нервами - nn. cervicales (C_{V-VI}), большим затылочным нервом - n. occipitalis major (C_{II-IV}).

2.3.8. Ременная мышца шеи

Ременная мышца шеи (*m. splenius cervicis*) - мышца, относящаяся к длинным глубоким мышцам спины, прикрыта трапециевидной мышцей. Начинается от остистых отростков III - IV грудных позвонков. Обогнув начальную часть ременной мышцы головы, прикрепляется к задним бугоркам поперечных отростков I - III шейных позвонков. Наклоняет шейный отдел позвоночника в ту же сторону. При двустороннем сокращении разгибает шею. Иннервируется шейными нервами - nn. cervicales (C_{V-VI}), большим затылочным нервом - n. occipitalis major (C_{II-IV}).

2.3.9. Мышца-разгибатель туловища

Мышца-разгибатель туловища (*m. erector trunci*) - мышца, относящаяся к длинным глубоким мышцам спины, парная, состоит из нескольких мышц: подвздошно-реберной, длиннейшей и остистой, имеющих общее начало от дорсальной поверхности крестца, задней части гребня под-

вздошной кости, остистых отростков всех поясничных позвонков и пояснично-грудной фасции.

Подвздошно-реберная мышца (*m. iliocostalis*) занимает латеральное положение, легко отделяется от длиннейшей мышцы. Ее условно делят на три части: а) поясничная (*m. iliocostalis lumborum*) прикрепляется сухожильными пучками к углам шести нижних ребер. Эти сухожилия хорошо видны во время препаровки, хотя и покрыты спино-грудной фасцией; б) грудная (*m. iliocostalis thoracis*) начинается отдельными зубцами от шести нижних ребер, поднимаясь, прикрепляется к углам шести верхних ребер; в) шейная (*m. iliocostalis cervicis*) начинается от углов шести верхних ребер и, достигнув шеи, прикрепляется к задним бугоркам поперечных отростков IV-VI шейных позвонков. При одностороннем сокращении наклоняет позвоночник вперед, при двустороннем - разгибает все его отделы.

Длиннейшая мышца (*m. longissimus*) лежит медиальнее подвздошно-реберной мышцы. Проходя через отделы туловища, разделяется на соответствующие части: а) грудная (*m. longissimus thoracis*) прикрепляется к верхушкам поперечных отростков всех грудных позвонков, а также к углам XII - X ребер; б) шейная (*m. longissimus cervicis*) начинается от поперечных отростков 5 верхних грудных позвонков. Поднимается на шею медиальнее шейной части подвздошно-реберной мышцы. Прикрепляется к задним бугоркам поперечных отростков V - II шейных позвонков; в) головная (*m. longissimus capitis*) начинается от поперечных отростков 3 верхних грудных и 3 нижних шейных позвонков, располагаясь кнутри от ременной мышцы головы, прикрепляется с внутренней стороны к сосцевидному отростку височной кости. При одностороннем сокращении наклоняет позвоночник вперед, при двустороннем - разгибает все его отделы.

Остистая мышца (*m. spinalis*) залегает под пояснично-дорсальной фасцией (*f. lumbodorsalis*), занимает медиальное положение, т.е. около остистого гребня позвоночника. Разделена на части: а) грудная (*m. spinalis thoracis*) начинается от остистых отростков двух верхних поясничных и

двух нижних грудных позвонков, прикрепляется к остистым отросткам II-VII грудных позвонков; б) шейная (*m. spinalis cervicis*) – слабо развитая мышца, начинается от остистых отростков двух верхних грудных и двух нижних шейных позвонков, прикрепляется к остистым отросткам от IV до II шейных позвонков; в) головная (*m. spinalis capitis*) начинается от остистых отростков IV-II шейных позвонков и прикрепляется к верхней выйной линии затылочной кости. При двустороннем сокращении разгибает позвоночник, при одностороннем – участвует в наклоне туловища.

2.3.10. Поперечно-остистая мышца

Поперечно-остистая мышца (*m. transversospinalis*) - мышца, относящаяся к коротким глубоким мышцам спины, располагается от крестца до затылочной кости кнутри от остистой и длиннейшей мышц. К поперечно-остистой мышце относятся:

а) **полуостистая мышца** (*m. semispinalis*) условно разделяется на грудную, шейную и головную части. Пучки этой мышцы начинаются в соответствующих отделах позвоночника от поперечных отростков, перекидываются через 3 - 4 вышележащих позвонка и прикрепляются к остистым отросткам;

б) **многогроздельная мышца** (*m. multifidus*) занимает площадь от крестца до II шейного позвонка, располагается непосредственно на позвонках. Начинается от дорсальной поверхности крестца, поперечных отростков поясничных и грудных позвонков, суставных отростков четырех нижних шейных позвонков, ее пучки перекидываются через 2 позвонка и прикрепляются к остистым отросткам всех позвонков за исключением атланта;

в) **мышцы-вращатели** (*mm. rotatores*) располагаются кнутри от многогроздельной мышцы на всем протяжении позвоночника в виде трех частей: шейной, грудной и поясничной, начинается от основания поперечных отростков позвонков и прикрепляется к основанию остистых отростков вышележащих позвонков.

Все части поперечно-остистой мышцы разгибают позвоночник, при одностороннем сокращении поворачивают его в противоположную сторону. Иннервация за счет остистого нерва - n. spinalis (C_{III-VII}, L_{I-V}).

2.3.11. Межостистые мышцы

Межостистые мышцы (mm. interspinales) – мышцы, относящиеся к коротким глубоким мышцам спины, слабо развитые пучки, находящиеся между остистыми отростками шейного, грудного и поясничного отделов позвоночника. Участвуют в разгибании туловища. Иннервируются остистыми нервами – nn. spinales (C_{III-VII}, L_{I-V}).

2.3.12. Межпоперечные мышцы

Межпоперечные мышцы (mm. intertransversarii) – мышцы, относящиеся к коротким глубоким мышцам спины, слабые пучки, соединяющие верхушки соседних поперечных отростков. Способствуют наклонам позвоночника. Иннервируются межпоперечные мышцы остистыми нервами – nn. spinales (C_{III-VII}, L_{I-V}).

2.4. Мышцы шеи

Мышцы шеи – группа мышц, расположенных между головой и туловищем. Мышцы шеи по своему происхождению представляют сложную группу, которая включает: а) поверхностные мышцы; б) группа срединных мышц, разобщающихся подъязычной костью на мышцы, лежащие выше и ниже подъязычной кости; в) глубокие мышцы. На шее выделяют следующие мышцы: подкожная мышца, грудино-ключично-сосцевидная мышца, двубрюшная мышца, шилоподъязычная мышца, подбородочно-подъязычная мышца, челюстно-подъязычная мышца лопаточно-подъязычная мышца, грудино-подъязычная мышца, грудино-щитовидная мышца, щитоподъязычная мышца, передняя лестничная мышца, средняя лестничная мышца, задняя лестничная мышца, длинная мышца головы, длинная мышца шеи, собственные мышцы затылка.

2.4.1. Подкожная мышца

Подкожная мышца (*m. platysma*) - мышца, относящаяся к поверхностным мышцам шеи, представляет широкую, часто разрыхленную тонкую мышечную пластинку, находящуюся на передне-боковой части шеи. Начинается в подкожной клетчатке от грудной и дельтовидной фасций на уровне II - III ребра и прикрепляется к основанию тела нижней челюсти. Часть пучков вплетается в круговую мышцу рта. Подкожная мышца является производным второй жаберной дуги и иннервируется лицевым нервом (*n. facialis*). При сокращении оттягивает кожу шеи, опускает угол рта.

2.4.2. Грудино-ключично-сосцевидная мышца

Грудино-ключично-сосцевидная мышца (*m. sternocleidomastoideus*) - мышца, относящаяся к поверхностным мышцам шеи, прикрыта подкожной мышцей и плотным листком поверхностной фасции шеи. Мышца хорошо развита и поэтому при сокращении контурирует под кожей в боковых частях шеи. Начинается двумя головками - от рукоятки грудины и грудного конца ключицы. Обе головки соединяются друг с другом, образуя единое брюшко, мышцы которого прикрепляются к сосцевидному отростку височной кости и латеральной части верхней выйной линии затылочной кости. Мышца в эмбриогенезе развивается из мезенхимы жаберных дуг и иннервируется XI черепно-мозговым нервом, а также *n. spinalis* (C_{II-IV}). При двухстороннем сокращении мышцы голова запрокидывается, т. к. фронтальная ось атланта-затылочного сочленения проходит впереди сосцевидного отростка. Одностороннее сокращение поворачивает лицо в противоположную сторону и вверх.

2.4.3. Двубрюшная мышца

Двубрюшная мышца (*m. digastricus*) - мышца, относящаяся к срединным мышцам шеи, лежащим выше подъязычной кости. Имеет в средней части промежуточное сухожилие и два брюшка. Заднее брюшко двубрюшной мышцы начинается от сосцевидной вырезки височной кости и направляется вперед и вниз, достигая подъязычной кости. Переднее ее брюшко начинается от одноименной ямки нижней челюсти и направлено назад и

вниз. У подъязычной кости оба брюшка соединены сухожилием, которое посредством петли прикрепляется к большому рогу подъязычной кости. Переднее брюшко мышцы происходит из первой жаберной дуги и иннервируется V черепномозговым нервом, заднее брюшко - из второй жаберной дуги и иннервируется VII черепномозговым нервом. При одновременном сокращении двубрюшных мышц и мышц, лежащих ниже подъязычной кости, опускается нижняя челюсть. Если мышцы ниже подъязычной кости расслаблены, а жевательные мышцы сокращены, происходит поднятие подъязычной кости. Такие движения совершаются при акте жевания и глотания.

2.4.4. Шилоподъязычная мышца

Шилоподъязычная мышца (*m. stylohyoideus*) – мышца, относящаяся к срединным мышцам шеи, лежащим выше подъязычной кости, имеет веретенообразную форму, располагается выше заднего брюшка двубрюшной мышцы. Начинается от шиловидного отростка височной кости, идет вниз и в направлении подъязычной кости, где прикрепляется в месте сращения тела подъязычной кости с большим рогом. У подъязычной кости через сухожилие шилоподъязычной мышцы проходит заднее брюшко двубрюшной мышцы. Шилоподъязычная мышца развивается из второй жаберной дуги и иннервируется VII черепно-мозговым нервом. При сокращении смещает подъязычную кость вверх и назад. Это движение совершается при акте глотания.

2.4.5. Подбородочно-подъязычная мышца

Подбородочно-подъязычная мышца (*m. geniohyoideus*) - мышца, относящаяся к срединным мышцам шеи, лежащим выше подъязычной кости; находится поверхностнее шилоподъязычной мышцы. Начинается от подбородочной ости (*spina mentalis*) и прикрепляется к телу подъязычной кости. Мышца имеет форму вытянутого треугольника, вершиной обращенного вперед. Мышца произошла из межчелюстной мышцы и иннервируется

XII черепномозговым нервом. При фиксированной подъязычной кости опускает нижнюю челюсть.

2.4.6. Челюстно-подъязычная мышца

Челюстно-подъязычная мышца (*m. mylohyoideus*) – мышца, относящаяся к срединным мышцам шеи, лежащая выше подъязычной кости, имеет вид пластинки, заполняющей все пространство между подъязычной костью и нижней челюстью. Называется также диафрагмой ротовой полости, так как образует дно ротовой полости и отделяет ее от шейной. Над челюстно-подъязычной мышцей располагается язык и подъязычная слюнная железа. Мышца начинается от челюстно-подъязычной линии нижней челюсти, ее пучки ориентированы к средней линии и назад. По средней линии правая и левая мышцы образуют фиброзный шов (*raphe*). К телу подъязычной кости прикрепляются только задние мышечные пучки. Челюстно-подъязычная мышца является производным нервно-жаберной дуги и иннервируется V парой черепно-мозговых нервов. Приподнимает и смещает вперед подъязычную кость. При одновременном сокращении мышц ниже подъязычной кости и челюстно-подъязычной мышцы опускается нижняя челюсть.

2.4.7. Лопаточно-подъязычная мышца

Лопаточно-подъязычная мышца (*m. omohyoideus*) – мышца, относящаяся к срединным мышцам шеи, лежащим ниже подъязычной кости, длинная и тонкая, имеет два брюшка. Нижнее брюшко начинается от верхнего края лопатки, затем направляется вверх и медиально. Отступя на 4-5 см от начала грудино-ключично-сосцевидной мышцы, лопаточно-подъязычная мышца проходит мимо нее, прерываясь здесь сухожильной перемычкой. От нее начинается верхнее брюшко мышцы, прикрепляющееся к нижней поверхности тела подъязычной кости. Лопаточно-подъязычная мышца по происхождению относится к аутохтонным мышцам и иннервируется шейными нервами – *n. n. cervicales* (C_{I-III}). Опускает

подъязычную кость. При двустороннем сокращении напрягает претрахеальную фасцию.

2.4.8. Грудино-подъязычная мышца

Грудино-подъязычная мышца (*m. sternohyoideus*) - мышца, относящаяся к срединным мышцам шеи, лежащим ниже подъязычной кости. Начинается от внутренней поверхности рукоятки грудины, частично - грудинного конца ключицы и капсулы грудино-ключичного сустава, затем поднимается, находясь сбоку от трахеи, покрывая щитовидную железу и прикрепляется к нижнему краю тела подъязычной кости. По происхождению относится к аутохтонным мышцам и иннервируется шейными нервами - nn. cervicales (C_{I-III}). Опускает подъязычную кость.

2.4.9. Грудино-щитовидная мышца

Грудино-щитовидная мышца (*m. sternothyroideus*) - мышца, относящаяся к срединным мышцам шеи, лежащим ниже подъязычной кости, располагается кнутри от грудино-подъязычной мышцы. Начинается от внутренней поверхности грудины и I ребра. Прикрепляется к кривой линии щитовидного хряща гортани. Опускает подъязычную кость. Иннервируется шейными нервами - nn. cervicales (C_{I-III}).

2.4.10 Щитоподъязычная мышца

Щитоподъязычная мышца (*m. thyrohyoideus*) – мышца, относящаяся к срединным мышцам, лежащим ниже подъязычной кости, короткая и широкая. Начинается от кривой линии щитовидного хряща и прикрепляется к большим рогам подъязычной кости. Иннервируется шейными нервами – nn. cervicales (C_{I-C_{II}}). Опускает подъязычную кость, а при фиксированной подъязычной кости поднимает гортань.

2.4.11. Передняя лестничная мышца

Передняя лестничная мышца (*m. scalenus anterior*) - мышца, относящаяся к боковой группе глубоких мышц шеи, располагается в боковой части шеи, кнутри от грудино-ключично-сосцевидной и лопаточно-подъязычной мышц. Начинается от поперечных отростков III - V шейных позвонков, за-

тем направляется вниз и латерально, прикрепляясь к I ребру. По происхождению лестничные мышцы относятся к аутохтонным мышцам шеи. В результате редукции 6 шейных ребер, межреберные мышцы преобразуются в шейные, которые иннервируются $C_V - C_{VII}$. Мышца участвует в образовании трех пространств, через которые проходят крупные кровеносные сосуды и нервы.

2.4.12. Средняя лестничная мышца

Средняя лестничная мышца (*m. scalenus medius*) - мышца, относящаяся к боковой группе глубоких мышц шеи, находится позади передней лестничной мышцы. Начинается от поперечных отростков I - VI шейных позвонков, прикрепляется к I ребру, отступя на 1 см от места прикрепления передней лестничной мышцы, между которыми формируется межлестничное пространство (*spatium interscalenum*). Через него проходят подключичная артерия и ветви плечевого сплетения. Иннервация - за счет шейных нервов - *nn. cervicales* (C_{V-VII}).

2.4.13. Задняя лестничная мышца

Задняя лестничная мышца (*m. scalenus posterior*) – мышца, относящаяся к боковой группе глубоких мышц, начинается от поперечных отростков V – VII шейных позвонков и прикрепляется на середине II ребра. Иннервируется шейными нервами – *nn. cervicales* ($C_{VII} - V_{III}$). Задняя лестничная мышца также как и другие лестничные мышцы поднимает I и II ребра. Таким образом, во время вдоха к I и II ребрам подтягиваются другие ребра за счет последовательного сокращения межреберных мышц.

2.4.14. Длинная мышца головы

Длинная мышца головы (*m. longus capitis*) - мышца, относящаяся к глубоким предпозвоночным мышцам шеи, располагается непосредственно на боковой поверхности позвонков. Начинается от передних бугорков поперечных отростков III-IV шейных позвонков, прикрепляясь к базилярной части затылочной кости. При сокращении наклоняет вперед шейный отдел позвоночника. Иннервируется шейными нервами (C_{I-V}).

2.4.15. Длинная мышца шеи

Длинная мышца шеи (*m. longus colli*) - мышца, относящаяся к глубоким предпозвоночным мышцам шеи, располагается непосредственно на боковой поверхности позвонков. Начинается от тел и межпозвоночных дисков III - I грудного и VII - V шейных позвонков. Прикрепляется одна часть пучков к IV - II шейным позвонкам, другая - к передней дуге атланта и телу II позвонка, а третья - к передним бугоркам реберно-поперечных отростков V - VII шейных позвонков. Иннервируется шейными нервами - nn. cervicales (C_{II-VIII}). При двустороннем сокращении сгибает шейный отдел позвоночника.

2.4.16. Собственные мышцы затылка

Собственные мышцы затылка - глубокие мышцы шеи, короткие, располагаются кнутри от полуостистой мышцы. Разделяются на 2 прямые и 2 косые мышцы:

а) **большая задняя прямая мышца головы** (*m. rectus capitis posterior major*) начинается от верхушки остистого отростка II шейного позвонка и прикрепляется к латеральной части нижней выйной линии затылочной кости;

б) **малая задняя прямая мышца головы** (*m. rectus capitis posterior minor*) начинается от заднего бугорка I шейного позвонка и прикрепляется ниже и медиальнее предыдущей мышцы;

в) **верхняя косая мышца головы** (*m. obliquus capitis superior*) начинается от поперечного отростка I шейного позвонка и прикрепляется к латеральной части нижней выйной линии. Функция всех трех мышц заключается в разгибании атланта-затылочного сустава;

г) **нижняя косая мышца головы** (*m. obliquus capitis inferior*) начинается от остистого отростка II шейного позвонка, идет латерально и прикрепляется к поперечному отростку I шейного позвонка, вместе с черепом вращает атлант; все 4 мышцы иннервируются подзатылочным нервом - n. suboccipitalis (C_{I-II});

д) **передняя прямая мышца головы** (*m. rectus capitis anterior*) короткая, начинается от передней поверхности поперечного отростка атланта и прикрепляется к переднему краю затылочного отверстия, иннервируется шейными нервами - nn. cervicales (C_{I-II}), при сокращении сгибает в атланто-затылочном суставе;

е) **боковая прямая мышца головы** (*m. rectus capitis lateralis*) начинается от реберно-поперечного отростка атланта и прикрепляется к яремному отростку затылочной кости, иннервируется шейным нервом, наклоняет голову в ту же сторону.

2.5. Мышцы головы

Мышцы головы – группа мышц, расположенных в области головы. В зависимости от развития, иннервации и положения выделяют две группы мышц: 1) мимические мышцы, возникающие из мезенхимы второй жаберной дуги, иннервируются VII черепно-мозговым нервом; 2) жевательные мышцы, производные первой жаберной дуги, иннервируются V черепно-мозговым нервом. В области головы наибольшие изменения претерпели мимические мышцы. Как и жевательные мышцы, они возникли в эволюции позвоночных из мускулатуры жаберного аппарата.

У низших млекопитающих в области головы имеются два мышечных пласта: глубокий (сжиматель), состоящий из поперечных волокон, и поверхностный (подкожная мышца) – из продольных волокон; из глубокого в дальнейшем развиваются затылочные, ушные мышцы и мышцы, окружающие глазницу, из поверхностного – остальные мимические мышцы. Единый, слабо дифференцированный пласт подкожной мышцы, имеющийся на голове полуобезьян, дифференцировался у человека на множество мимических мышц, способных отразить сложнейшие эмоции. Особенно тонко дифференцируются мышцы вокруг ротовой щели, что связано с членораздельной речью и ослаблением жевательного аппарата.

По строению мимических мышц ближе всего к человеку стоят горилла и особенно шимпанзе. В эволюции мимических мышц от низших

приматов к человеку наблюдаются следующие основные изменения. Единая надчерепная мышца низших приматов разделяется у обезьян на лобную и затылочную мышцы, соединенные сухожильным шлемом. Редуцируются ушные мышцы, уменьшается подкожная мышца шеи. У низших обезьян имеется мощный скуло-глазничный мышечный пласт, состоящий из слившихся скуловой мышцы и глазничной части круговой мышцы глаза. У человека части этого пласта обособляются и уменьшаются, а скуловая часть разделяется на скуловую мышцу и скуловую головку мышцы, поднимающей верхнюю губу. У низших обезьян имеется носогубная мышца, которая покрывает весь нос и распространяется на верхнюю губу. У человека этот пласт резко уменьшается, и из него развиваются специфические для человека мышца гордецов, угловая головка мышцы, поднимающей верхнюю губу, и мышцы кожи носа.

Мышца, поднимающая верхнюю губу, у низших обезьян соответствует подглазничной головке этой мышцы у человека. У человека полностью обособляется от круговой мышцы глаза мышца, сморщивающая бровь. У человека и антропоморфных обезьян отдифференцируется от нижнегубной части подкожной мышцы шеи мышца, опускающая нижнюю губу. Мышца, опускающая угол рта, появляется у обезьян, но только у человека она достигает нижней челюсти. У человека развиваются мышцы смеха и резцовая мышца.

Поперечная мышца подбородка формируется у антропоморфных обезьян, но встречается у них редко (у шимпанзе в 18% случаев), у человека имеется всегда. Среди многочисленных вариаций мимических мышц у человека прогрессивными являются их обособленность и тонкая дифференцировка, регрессивными – глубокое развитие и слияние между собой; жевательные мышцы у человека так же, как и жевательный аппарат в целом, ослаблены по сравнению с другими приматами.

2.5.1. Мимические мышцы

Мимические мышцы – группа мышц головы, имеющих следующие особенности: они лишены фасций, вплетаются в кожу, при своем сокращении изменяют положение и глубину кожных складок. Мышцы находятся под контролем нервной системы и, сокращаясь, создают определенное выражение лица, отражающее психическое состояние человека. Мимические мышцы сконцентрированы около ротового, носовых, глазничных и ушных отверстий и анатомически независимы друг от друга, но в формировании мимики возможны функциональные сочетания многих мышц, изменяющих положение кожных складок и величину указанных отверстий. Все мимические мышцы иннервируются за счет VII пары черепно-мозговых нервов.

К мимическим мышцам относятся: круговая мышца рта, мышца, поднимающая верхнюю губу и крыло носа, большая и малая скуловые мышцы, мышца, поднимающая угол рта, мышца смеха, мышца, опускающая нижнюю губу, мышца, опускающая угол рта, подбородочная мышца, щечная мышца, мышца носа, круговая мышца глаза, мышца, сморщивающая бровь, мышцы наружного уха, надчерепная мышца.

2.5.1.1. Круговая мышца рта

Круговая мышца рта (*m. orbicularis oris*) – мышца, относящаяся к группе мышц, окружающих ротовую полость, представляет широкую круговую ленту, начинающуюся от края красной каймы губ и вверху достигающую перегородки носа, а внизу – подбородочно-губной борозды. Эта мышца сверху, сбоку и снизу радиально пронизывается многочисленными мышцами, которые, сокращаясь, все вместе растягивают ротовую щель. При избирательном сокращении отдельных пучков изменяется форма и положение губ или угла ротовой щели, что совершается при артикуляции, приеме пищи и жевании. При сокращении замыкает ротовую щель.

2.5.1.2. Мышца, поднимающая угол рта

Мышца, поднимающая угол рта (*m. levator anguli oris*) – мышца, относящаяся к группе мимических мышц, окружающих ротовую щель, являет-

ся самой глубокой мышцей. Начинается в области клыковой ямки верхней челюсти. Прикрепляет угол рта и верхнюю губу в области резцов.

2.5.1.3. Мышца, поднимающая верхнюю губу и крыло носа

Мышца, поднимающая верхнюю губу и крыло носа (*m. levator labii superioris alaeque nasi*) – мышца, относящаяся к группе мимических мышц, окружающих ротовую щель, представлена тремя пучками, которые начинаются от крыла носа, лобного отростка верхней челюсти и подглазничного края скуловой кости. Все три головки соединяются около носогубной складки, вплетаясь в кожу. При сокращении всех частей поднимается носогубная складка и частично верхняя губа, что бывает при смехе и улыбке. В том случае, когда круговая мышца сокращена, возможно расширение носовых отверстий.

2.5.1.4. Большая и малая скуловые мышцы

Большая и малая скуловые мышцы (*mm. zygomatici major et minor*) – мышцы, относящиеся к группе мимических мышц, окружающих ротовую щель, начинаются от лицевой поверхности скуловой кости, идут вниз и медиально. Мышца вплетается в середину носогубной складки верхней губы и верхней части угла ротовой щели. Оттягивает угол рта и поднимает носогубную складку. Участвует в акте смеха.

2.5.1.5. Мышца смеха

Мышца смеха (*m. risorius*) – мышца, относящаяся к группе мимических мышц, окружающих ротовую щель, представлена тонким и нежным пучком, который начинается от околоушной фасции (*f. parotidis*) и вплетается в кожу угла рта. При сокращении оттягивает угол рта.

2.5.1.6. Мышца, опускающая нижнюю губу

Мышца, опускающая нижнюю губу (*m. depressa labii inferioris*) – мышца, относящаяся к группе мимических мышц, окружающих ротовую щель, является глубокой мышцей. Начинается от основания нижней челюсти и вплетается в нижнюю губу. Опускает нижнюю губу.

2.5.1.7. Мышца, опускающая угол рта

Мышца, опускающая угол рта (*m. depressa anguli oris*) – мышца, относящаяся к группе мимических мышц, окружающих ротовую щель, начинается от основания нижней челюсти и в виде треугольной пластинки прикрепляется к углу рта. Опускает угол рта, выравнивая носогубную складку и, изгибая подбородочно-губную складку, что придает лицу выражение грусти и огорчения или пренебрежения и отчужденности.

2.5.1.8. Подбородочная мышца

Подбородочная мышца (*m. mentalis*) - мышца, относящаяся к группе мимических мышц, окружающих ротовую щель; начинается от альвеолярного отростка в области нижних резцов и вплетается в кожу подбородка. При двустороннем сокращении поднимает кожу подбородка и увеличивает кривизну подбородочно-губной складки. Нижняя губа, упираясь в этом случае в неподвижную кожу подбородка, выворачивается.

2.5.1.9. Щечная мышца

Щечная мышца (*m. buccinator*) – мышца, относящаяся к группе мимических мышц, окружающих ротовую щель, ограничивает преддверие ротовой полости. Мышечные пучки ее расположены в горизонтальной плоскости. Начинается снаружи от альвеолярного отростка верхней челюсти соответственно 1-3 большим коренным зубам, от крыловидно-нижнечелюстного шва, от нижнечелюстного щечного гребня и заканчивается в круговой мышце рта. Мышца покрыта фасцией, представляющей продолжение поверхностной фасции шеи. На уровне 2 большого коренного зуба верхней челюсти мышцу прободает проток слюнной околоушной железы. Снаружи между щечной мышцей, кожей, углом рта и венечным отростком нижней челюсти имеется жировое тело щеки (*corpus adiposum buccae*), хорошо развитое у детей. Оттягивает угол рта, уплощает обе губы, прижимая их к передним зубам.

2.5.1.10. Мышцы носа

Мышцы носа (*m. nasalis*) – мимические мышцы, у человека в отличие от многих млекопитающих развиты слабо. Начинается от альвеолярного

отростка верхней челюсти на уровне II резца и разделяется на три пучка: 1) прикрепляется к спинке носа, при сокращении сжимает хрящевую часть носа; 2) прикрепляется к крылу носа и опускает его; 3) прикрепляется к хрящевой части перегородки носа, при сокращении опускает ее.

2.5.1.11. Круговая мышца глаза

Круговая мышца глаза (*m. orbicularis oculi*) – мышца, относящаяся к группе мимических мышц, окружающих глазничную щель. Представляет собой тонкую круговую пластинку, имеющую три части: глазничную, вековую и слезную.

Глазничная часть (*pars orbitalis*) начинается от медиальной связки век, лобного отростка верхней челюсти и носовой части лобной кости, затем широкой концентрической лентой располагается вокруг входа в глазницу. Верхний край мышцы перекрывает начало лобной мышцы, нижний – начало скуловой мышцы, спускаясь ниже подглазничного отверстия. При сокращении этой части мышцы бровь опускается, щека поднимается и таким образом уменьшается вход в глазницу.

Вековая часть (*pars palpebralis*) находится под кожей верхнего и нижнего век. Начинается от медиальной связки глаза и направляется к латеральному углу, где пучки взаимно перекрещиваются. При сокращении вековой части верхнее веко опускается на 8-10 мм, а нижнее поднимается на 2-3 мм. При этом происходит не только замыкание глазной щели, но и смачивание слезами роговицы глаза. Механизм работы заключается в следующем: при раскрытой глазной щели кривизна мышцы, огибающей глазное яблоко, больше, чем при сомкнутых веках. Так как начало и прикрепление мышцы находятся на неподвижных точках, то при ее сокращении наступает укорочение и уменьшение кривизны, которая соответствует кривизне глазного яблока. В результате при сокращении мышцы края век стремятся занять такое положение, при котором кривизна мышцы будет наименьшей. Скольжение век по глазному яблоку облегчается тем, что конъюнктивальные листки глаза увлажнены слезой.

Слезная часть (*pars lacrimalis*) является слаборазвитой мышцей. Она располагается между верхним веком и стенкой глазницы. Сокращение оказывает давление на заднюю стенку слезного мешка. В результате слеза выдавливается из мешка в сторону носослезного протока. Более эффективно действие этой мышцы при замыкании глазной щели.

2.5.1.12. Мышца, сморщивающая бровь

Мышца, сморщивающая бровь (*m. corrugator supercilii*) - мышца, относящаяся к группе мышц, окружающих глазничную щель, располагается под круговой мышцей глаза и конечной ветвью лобной мышцы. Начинается от носовой части лобной кости и лобного отростка верхней челюсти, направляется к медиальной части кожи брови. При сокращении мышца не только опускает медиальную часть кожи брови, но и приближает ее к средней линии. При этом над переносьем образуются косо идущая или вертикальная кожная складки.

2.5.1.13. Мышцы наружного уха

Мышцы наружного уха – группа мимических мышц, расположенных в области ушной раковины, у человека развиты незначительно, т.к. функция движения ушной раковины в сторону источника звука исчезла. Различают переднюю, верхнюю и заднюю мышцы уха (*mm. auriculares anterior, superior et posterior*). Начавшись от фасции, они прикрепляются к ушной раковине. При сокращении вызывают незначительное смещение ушной раковины и ее напряжение.

2.5.1.14. Надчерепная мышца

Надчерепная мышца (*m. epicranius*) – мимическая мышца свода черепа, имеет два брюшка: лобное (*venter frontalis*) и затылочное (*venter occipitalis*). Оба брюшка переходят в широкий тонкий апоневроз. Лобное брюшко заканчивается в коже бровей и при сокращении поднимает бровь. Затылочное брюшко начинается от верхней выйной линии затылочной кости и при сокращении натягивает апоневроз. Апоневроз надчерепной мышцы рыхло связан с костями черепа и прочно срастается с кожей.

2.5.2. Жевательные мышцы

Жевательные мышцы - группа мышц, расположенных на передней части головы, развиваются из мезенхимы I жаберной дуги и иннервируются III ветвью тройничного нерва. К группе жевательных мышц относятся: жевательная мышца, височная мышца, латеральная крыловидная мышца, медиальная крыловидная мышца.

2.5.2.1. Жевательная мышца

Жевательная мышца (*m. masseter*) - мышца, относящаяся к группе жевательных мышц. Имеет поверхностную часть, начинающуюся от скулового отростка верхней челюсти и скуловой дуги, которая ориентирована вниз и назад и прикрепляется к углу нижней челюсти, к ее одноименной бугристости. Глубокая часть начинается от скуловой дуги и глубокого листка височной фасции и прикрепляется вместе с поверхностной частью. Жевательная мышца развивает большую силу, т. к. имеет значительный момент вращения. Поднимает нижнюю челюсть и является главной мышцей при акте жевания, прилагая усилие к коренным зубам.

2.5.2.2. Височная мышца

Височная мышца (*m. temporalis*) - мышца, относящаяся к группе жевательных мышц, имеет широкое начало по всей височной линии чешии височной кости и глубокого листка височной фасции. Прикрепляется к венечному отростку нижней челюсти. Передние пучки мышцы имеют вертикальное положение, а задние - располагаются под углом 30° к горизонтальной линии. Передние пучки поднимают нижнюю челюсть и прилагают усилие к резцам и клыкам. Этими особенностями функции можно объяснить хорошо развитые височные мышцы у хищников. Задние пучки смещают назад выдвинутую нижнюю челюсть.

2.5.2.3. Латеральная крыловидная мышца

Латеральная крыловидная мышца (*m. pterygoideus lateralis*) – мышца, относящаяся к группе жевательных мышц, имеет треугольную форму и располагается горизонтально. Начинается от подвисочного гребня большо-

го крыла клиновидной кости, от корня и наружной поверхности латеральной пластинки крыловидного отростка. Пучки мышцы направляются назад и прикрепляются к крыловидной ямке и шейке мышцелкового отростка. Верхние пучки вплетаются в капсулу сустава, покрывающую суставной диск. При двустороннем сокращении выдвигает нижнюю челюсть вперед. При сокращении одной мышцы нижняя челюсть смещается в противоположную сторону.

2.5.2.4. Медиальная крыловидная мышца

Медиальная крыловидная мышца (*m. pterygoideus medialis*) – мышца, относящаяся к группе жевательных мышц. Начинается в ямке, ограниченной латеральной и медиальной пластинками крыловидного отростка. Прикрепляется к внутренней поверхности угла нижней челюсти. Поднимает нижнюю челюсть, действуя преимущественно на коренные зубы.

2.6. Мышцы верхней конечности

Мышцы верхней конечности – группа мышц, расположенных в области пояса верхней конечности и свободной верхней конечности. В эволюции мускулатуры верхней конечности человека происходит ряд существенных изменений, которые отражают увеличение объема движений руки, особенно боковых и вращательных. Верхняя конечность утратила опорную функцию. Это обусловило радиализацию кисти, увеличилась независимость движений пальцев, возросла роль движений большого пальца.

В строении мышц плечевой области у человека много общего с антропоморфными обезьянами. Особенности связаны главным образом с увеличением свободы движений плеча. У них развивается конечная порция большой грудной мышцы, усиливается трапецевидная мышца, особенно ее ключичная порция. Ромбовидная мышца теряет начало на затылочной кости. Передняя зубчатая мышца теряет начало на шейных позвонках, имеющееся у низших обезьян; нижняя часть ее шейной порции атрофируется, а верхняя сливается с атлантолопаточными мышцами низших обезьян, и они вместе образуют мышцу, поднимающую лопатку и свойственную

только антропоидам и человеку; оставшаяся часть передней зубчатой мышцы усиливается.

Увеличиваются размеры дельтовидной мышцы, отводящей плечо в сторону. Смещается проксимально плечевое прикрепление большой грудной мышцы, благодаря чему происходит более полное отделение плеча от туловища, увеличивающее свободу движений плеча. С расширением грудной клетки связано распространение начала большой грудной мышцы на реберные хрящи; брюшная порция этой мышцы сливается с остальной мышцей и редуцируется (у человека отсутствует в 30-35% случаев). Малая грудная мышца, которая у всех остальных приматов мощно развита, у человека и антропоидов уменьшается, смещается своим началом латерально, прикрепление ее перемещается с плечевой кости на клювовидный отросток лопатки. Широчайшая мышца спины, помимо позвоночного начала, приобретает начало от подвздошного гребня, ребер, нижнего угла лопатки. Из двух частей клювовидно-плечевой мышцы низших обезьян у человека и антропоидных обезьян сохраняется только одна нижняя часть.

Велико сходство между человеком и человекообразными обезьянами в строении мышц локтевого сустава и предплечья. У них по сравнению с низшими обезьянами резко изменяется соотношение между сгибателями и разгибателями локтя в пользу сгибателей. Усиление сгибателей локтя у человекообразных обезьян связано с брахиаторным способом передвижения. Человек мог унаследовать эту особенность от них, но мог развить ее независимо, как следствие утраты передней конечностью опорной функции.

Двуглавая мышца плеча приобретает дополнительное прикрепление на предплечье с помощью своего апоневроза. Редуцируется спинонадблоковая мышца. Начало некоторых мышц предплечья (лучевого сгибателя кисти, круглого пронатора, поверхностного сгибателя пальцев), ограниченное у низших обезьян только плечом, у человека и гоминид распространяется и на предплечье. Радиализация кисти выражается в увеличении массы лучевых сгибателей и разгибателей кисти по отношению к

локтевым. Увеличивается масса вращателей предплечья: пронаторов и супинаторов.

Возрастание роли независимых движений пальцев проявляется в редукции длинной ладонной мышцы, которая хорошо развита у тех животных, у которых важную роль играет сгибание кисти и пальцев в целом (у человека эта мышца отсутствует в 15% случаев и очень изменчива по величине); в полном обособлении друг от друга поверхностного и глубоко сгибателей пальцев; в увеличении независимости отдельных сухожилий каждой из этих мышц; в обособлении от глубокого сгибателя пальцев длинного сгибателя большого пальца; в ослаблении перемычек между отдельными сухожилиями общего разгибателя пальцев. Из полного набора глубоких разгибателей пальцев, который имеется у низших обезьян, у человека и африканских антропоидов сохраняются только собственные разгибатели I и II пальцев, хорошо обособленные друг от друга.

Редуцируются мышцы-сжиматели пальцев, из которых сохраняется только приводящая мышца большого пальца. Человека от антропоморфных обезьян отличает лучшее развитие большого пальца, который у понгид в той или иной степени недоразвит в связи с брахиаторной локомоцией. У человека сильно развиты и хорошо дифференцированы собственные мышцы большого пальца, которые у антропоидов частично ослаблены и слиты между собой. Всегда хорошо развит длинный сгибатель большого пальца, обычно недоразвитый у человекообразных обезьян. От длинной отводящей мышцы большого пальца у человека обособляется короткий разгибатель большого пальца (в виде варианта это встречается также у гориллы и гиббона). Мышцы верхней конечности подразделяются на мышцы пояса верхней конечности и мышцы свободной верхней конечности.

2.6.1. Мышцы пояса верхней конечности

Мышцы пояса верхней конечности – группа мышц, соединяющих лопатку и ключицу с костями туловища и с плечевой костью. Они расположены в два слоя: поверхностный и глубокий. К мышцам пояса верхней

крючечности относятся: дельтовидная мышца, надостная мышца, подостная мышца, малая круглая мышца, большая круглая мышца, подлопаточная мышца.

2.6.1.1. Дельтовидная мышца

Дельтовидная мышца (*m. deltoideus*) - мышца, относящаяся к поверхностным мышцам пояса верхней конечности, располагается сверху плечевого сустава, имеет форму треугольника с вершиной, обращенной к плечевой кости. Передний край дельтовидной мышцы вместе с большой грудной мышцей, образует борозду. Дельтовидная мышца начинается от латеральной трети ключицы, акромиального гребня лопатки. Прикрепляется к дельтовидной бугристости, находящейся на латеральной верхней трети плечевой кости. Мышца состоит из крупных пучков, разделенных соединительнотканными прослойками дельтовидной фасции. Между глубоким листком дельтовидной фасции и большим бугром плечевой кости имеется слизистая сумка (*bursa subdeltoidea*). Иннервируется дельтовидная мышца подкрыльцовым нервом - *n. axillaris* (C_{IV-VI}).

Передние пучки мышцы участвуют в сгибании плечевого сустава, задние - в разгибании, средние - в отведении верхней конечности до 70°. Дальнейшее движение невозможно из-за упора большого бугра в клювовидно-акромиальную связку (*lig. coracoacromiale*). Поднятие руки выше 70° совершается в грудино-ключичном суставе при одновременном вращении лопатки с прижатой к ней плечевой костью, сокращением верхних пучков трапециевидной и передней зубчатой мышц.

2.6.1.2. Надостная мышца

Надостная мышца (*m. supraspinatus*) – мышца, относящаяся к глубоким мышцам пояса верхней конечности, начинается от надостной ямки лопатки и надостной фасции, затем проходит под акромионом и прикрепляется к передней части большого бугорка плечевой кости и суставной капсуле. Сверху мышца прикрыта трапециевидной мышцей. Надостная мыш-

ца иннервируется надлопаточным нервом – *n. suprascapularis* (C_{V-VI}). Вместе с дельтовидной мышцей участвует в отведении плеча.

2.6.1.3. Подостная мышца

Подостная мышца (*m. infraspinatus*) - мышца, относящаяся к глубоким мышцам плечевого пояса, берет начало от значительной части подостной ямки лопатки и подостной фасции. Прикрепляется к средней части большого бугорка плечевой кости и суставной капсуле. Вращает плечо кнаружи. Иннервация - за счет надлопаточного нерва - *n. scapularis* (C_{V-VI}).

2.6.1.4. Малая круглая мышца

Малая круглая мышца (*m. teres minor*) – мышца, относящаяся к глубоким мышцам пояса верхней конечности, начинается от латерального края лопатки и подостной фасции, прикрепляется к задней части большого бугорка плечевой кости. Иннервируется малая круглая мышца подкрыльцовым нервом – *n. axillaris* (C_{V-VI}). Вместе с подостной мышцей участвует в повороте плеча кнаружи.

2.6.1.5. Большая круглая мышца

Большая круглая мышца (*m. teres major*) - мышца, относящаяся к глубоким мышцам пояса верхней конечности, начинается от задней поверхности нижнего угла лопатки и прикрепляется к гребню малого бугорка плечевой кости. Располагается ниже малой круглой мышцы и впереди длинной головки трехглавой мышцы плеча. Иннервируется подлопаточным нервом - *n. subscapularis* (C_{V-VII}). Участвует во вращении плеча кнутри, оттягивая его назад и приближая к туловищу.

2.6.1.6. Подлопаточная мышца

Подлопаточная мышца (*m. subscapularis*) - мышца, относящаяся к глубоким мышцам пояса верхней конечности, начинается от реберной части лопатки и подлопаточной фасции, прикрепляется к малому бугру плечевой кости и суставной капсуле. На месте соприкосновения сухожилия с этой капсулой имеется слизистая сумка. Иннервируется мышца подлопа-

точным нервом - n. subscapularis (C_{V-VII}). Вращает плечо внутрь и приводит к туловищу.

2.6.2. Мышцы свободной верхней конечности

Мышцы свободной верхней конечности – группа мышц, подразделяющаяся на мышцы плеча, предплечья и кисти.

2.6.2.1. Мышцы плеча

Мышцы плеча – группа мышц, расположенных в области плечевой кости. К мышцам плеча относятся: клювовидно-плечевая мышца, двуглавая мышца плеча, плечевая мышца, трехглавая мышца плеча.

2.6.2.1.1. Клювовидно-плечевая мышца

Клювовидно-плечевая мышца (*m. coracobrachialis*) – мышца, относящаяся к сгибателям плеча, располагается на переднемедиальной поверхности плеча. Начинается от клювовидного отростка лопатки между началом короткой головки двуглавой мышцы плеча (латерально), медиально – малой грудной мышцей. Прикрепляется к нижней части гребня малого бугорка. На месте соприкосновения мышцы и капсулы сустава образуется слизистая сумка. Иннервация за счет n. musculocutaneus (C_{VI - VII}). Мышца при сокращении сгибает в плечевом суставе, приводит и вращает плечо кнаружи.

2.6.2.1.2. Двуглавая мышца плеча

Двуглавая мышца плеча (*m. biceps brachii*) - мышца, относящаяся к сгибателям плеча, имеет короткую и длинную головки. Короткая головка начинается от клювовидного отростка лопатки, длинная - от надсуставной бугристости лопатки (*tuberositas supraglenoidalis scapulae*). Длинная головка имеет тонкое и длинное сухожилие, проходящее через полость сустава, капсула которого образует влагалище (*vagina synovialis intertubercularis*), и в межбугорковой борозде окружено синовиальной оболочкой. В верхней трети плеча мышцы сливаются в мышечное брюшко. Мышца проходит впереди локтевого сустава и прикрепляется к бугристости лучевой кости и к фасции медиальной поверхности предплечья в виде апоневроза двугла-

вой мышцы плеча или фиброзного растяжения (*lacertus fibrosus*). Иннервация осуществляется за счет *n. musculocutaneus* (C_{V-VI}). Двуглавая мышца оказывает действие на плечевой и локтевой суставы. При разогнутом локтевом суставе производит сгибание в плечевом суставе. За счет короткой головки возможно приведение плеча. Осуществляет сгибание в локтевом суставе. Благодаря фиброному растяжению осуществляется супинация предплечья.

2.6.2.1.3. Плечевая мышца

Плечевая мышца (*m. brachialis*) - мышца, относящаяся к сгибателям плеча, спереди прикрыта двуглавой мышцей плеча. Начинается от латеральной межмышечной перегородки, передней поверхности плечевой кости, достигает уровня прикрепления дельтовидной мышцы и прикрепляется к локтевой бугристости и передней поверхности капсулы сустава. Плечевая мышца сгибает предплечье, иннервируется *n. musculocutaneus* (C_V - C_{VI}).

2.6.2.1.4. Трехглавая мышца плеча

Трехглавая мышца плеча (*m. triceps brachii*) - мышца, относящаяся к разгибателям плеча, располагается на задней поверхности плеча, являясь основным разгибателем предплечья. Имеет 3 головки: длинная - начинается от подсуставной бугристости лопатки, латеральная - от задней поверхности плеча, выше спиральной борозды, медиальная - от медиальной межмышечной перегородки и задней поверхности плечевой кости, ниже спиральной борозды. Все головки, слившись, образуют мощное сухожилие, которое прикрепляется к локтевому отростку локтевой кости. Иннервация осуществляется за счет лучевого нерва - *n. radialis* (C_{VI-VIII}). Трехглавая мышца, пересекая 2 сустава, является разгибателем плечевого и локтевого суставов, а также приводит плечо.

2.6.2.2. Мышцы предплечья

Мышцы предплечья – группа мышц, расположенных в области локтевой и лучевой костей. Среди мышц предплечья имеются не только сги-

батели и разгибатели, но и в связи с вращением лучевой кости около локтевой – пронаторы и супинаторы. К мышцам предплечья относятся: круглый пронатор, лучевой сгибатель запястья, длинная ладонная мышца, локтевой сгибатель запястья, поверхностный сгибатель пальцев, глубокий сгибатель пальцев, длинный сгибатель первого пальца, квадратный пронатор, плечелучевая мышца, длинный лучевой разгибатель запястья, короткий лучевой разгибатель запястья, разгибатель пальцев, разгибатель мизинца, локтевой разгибатель запястья, локтевая мышца, супинатор, длинная мышца, отводящая первый палец, короткий разгибатель первого пальца, длинный разгибатель первого пальца, разгибатель второго пальца.

2.6.2.2.1. Круглый пронатор

Круглый пронатор (*m. pronator teres*) – мышца, относящаяся к передней группе мышц предплечья, начинается двумя головками: *caput humerale* – от медиального надмыщелка и межмышечной перегородки плеча; *caput ulnare* – от локтевой бугристости. Между головками имеется межмышечная щель для прохождения срединного нерва (*n. medianus*). Мышца пересекает предплечье по диагонали с медиальной стороны и прикрепляется к латеральному краю средней части лучевой кости. Круглый пронатор медиальным краем ограничивает локтевую ямку. Спереди брюшко мышцы прикрыто фиброзным растяжением двуглавой мышцы плеча. Иннервация пронатора осуществляется за счет срединного нерва - *n. medianus* (C_{VI-VII}). Пронирует предплечье, участвует в сгибании локтевого сустава.

2.6.2.2.2. Лучевой сгибатель запястья

Лучевой сгибатель запястья (*m. flexor carpi radialis*) – мышца, относящаяся к передней группе мышц предплечья, начинается от медиального надмыщелка и медиальной межмышечной перегородки плеча. Пересекает по диагонали все предплечье в направлении возвышения I пальца. Мышца имеет длинное тонкое сухожилие, начинающееся от уровня середины предплечья. Сухожилие перекидывается через суставы запястья, прикрепляется к ладонной поверхности основания пястной кости. Иннервируется

срединным нервом - *n. medianus* (C_{VI-VIII}). Участвует в сгибании локтевого и лучезапястного суставов, а при разогнутом лучезапястном суставе может пронировать предплечье. При одновременном сокращении длинного и короткого лучевых разгибателей запястья возможно отведение кисти в лучевую сторону.

2.6.2.2.3. Длинная ладонная мышца

Длинная ладонная мышца (*m. palmaris longus*) - мышца, относящаяся к передней группе мышц предплечья, располагается медиальнее лучевого сгибателя запястья. Начинается от медиального надмыщелка плечевой кости. Тонкое мышечное брюшко на уровне середины предплечья переходит в тонкое длинное сухожилие, которое проходит на ладонь по поверхности флексорного удерживателя (*retinaculum flexorum*) между мышцами I и V пальцев. На ладонной поверхности сухожилие расширяется, образуя тонкую фиброзную пластинку по всей поверхности ладони (*aponeurosis palmaris*). Мышца иннервируется срединным нервом - *n. medianus* (C_{VII-VIII} - Th_I). Сгибает в локтевом и лучезапястном суставах. Натягивает ладонный апоневроз при сгибании пальцев в кулак.

2.6.2.2.4. Локтевой сгибатель запястья

Локтевой сгибатель запястья (*m. flexor carpi ulnaris*) – мышца, относящаяся к передней группе мышц предплечья, является самой крайней мышцей на медиальном крае предплечья. Имеет две головки: *caput humerale* начинается от медиального надмыщелка, *caput ulnare* – от локтевого отростка и задней поверхности локтевой кости. Прикрепляется к гороховидной кости, от которой сухожилие продолжается к крючковидной кости и V пястной кости. Прикрепление сухожилия к сесамовидной гороховидной кости увеличивает момент вращения мышцы. Сгибает в лучезапястном суставе, с другими мышцами приводит кисть. На локтевой сустав действует как сгибатель только после того, как сустав согнут до 30-40°, ибо в этом случае место начала мышцы располагается впереди фронтальной оси. Иннервируется локтевым нервом – *n. ulnaris* (C_{VIII}-Th).

2.6.2.2.5. Поверхностный сгибатель пальцев

Поверхностный сгибатель пальцев (*m. flexor digitorum superficialis*) - мышца, относящаяся к передней группе мышц предплечья, начинается двумя головками: *caput humeroulnare* - от медиального надмыщелка плеча и венечного отростка локтевой кости, *caput radiale* - от передней поверхности лучевой кости ниже прикрепления двуглавой мышцы плеча. На уровне средней трети предплечья от мышечного брюшка начинаются четыре сухожилия, которые проходят на кисть и заканчиваются на средней фаланге от II до V пальцев. На уровне дистальной фаланги сухожилие поверхностного сгибателя расщепляется на 2 ножки и охватывает сухожилие глубокого сгибателя. Таким образом, увеличивается момент вращения поверхностного сгибателя пальцев. Иннервация за счет срединного нерва - *n. medianus* (C_{VIII} - Th_I). Действует на среднюю фалангу пальцев, сгибая их в межфаланговых суставах. При разогнутых пальцах может действовать как сгибатель в лучезапястном суставе, а также способствует сгибанию в локтевом суставе.

2.6.2.2.6. Глубокий сгибатель пальцев

Глубокий сгибатель пальцев (*m. flexor digitorum profundus*) - мышца, относящаяся к передней группе мышц предплечья, начинается от локтевой кости и межкостной перепонки, прикрыта поверхностным сгибателем пальцев. Четыре тонких сухожилия, пройдя на кисть через запястный канал (*canalis carpalis*), прикрепляются к основанию дистальных фаланг II - V пальцев. Глубокий сгибатель пальцев иннервируется срединным нервом - *n. medianus* и локтевым нервом - *n. ulnaris* (C_{VI} - Th_I). Сгибает в межфаланговых суставах дистальную и среднюю фаланги II - V пальцев. При разогнутых пальцах способствует сгибанию в лучезапястном суставе.

2.6.2.2.7. Длинный сгибатель первого пальца

Длинный сгибатель первого пальца (*m. flexor pollicis longus*) - мышца, относящаяся к передней группе мышц предплечья, начинается от лучевой кости ниже ее бугристости, длинное сухожилие проходит к I пальцу

через запястный канал (*canalis carpalis*). Прикрепляется к основанию второй фаланги I пальца. Иннервируется срединным нервом - *n. medianus* (C_{VI-VII}). Сгибает межфаланговые суставы I пальца. Способствует сгибанию в межзапястном суставе.

2.6.2.2.8. Квадратный пронатор

Квадратный пронатор (*m. pronator quadratus*) – мышца, относящаяся к передней группе мышц предплечья, плоская, тонкая четырехугольная мышечная пластинка, находящаяся на дистальной части межкостной мембраны костей предплечья. Поворачивает лучевую кость внутрь. Иннервируется срединным нервом - *n. medianus* (C_{VI-Th_I}).

2.6.2.2.9. Плечелучевая мышца

Плечелучевая мышца (*m. brachioradialis*) - мышца, относящаяся к задней группе мышц предплечья, расположенных на лучевой стороне, находится на латеральной стороне предплечья. Начинается от нижней латеральной трети плечевой кости, межмышечной латеральной перегородки. Затем направляется вниз по передней поверхности лучевой кости и прикрепляется у основания ее шиловидного отростка. Иннервируется мышца лучевым нервом - *n. radialis* (C_{V-VI}). Сгибает предплечье в локтевом суставе.

2.6.2.2.10. Длинный лучевой разгибатель запястья

Длинный лучевой разгибатель запястья (*m. extensor carpi radialis longus*) - мышца, относящаяся к задней группе мышц предплечья, расположенных на лучевой стороне. Начинается от латерального надмыщелка плечевой кости и межмышечной перегородки на уровне средней трети предплечья, переходит в сухожилие, которое прикрепляется с тыльной стороны основания II пястной кости. Иннервируется лучевым нервом - *n. radialis* (C_{V-VII}). Вместе с другими мышцами способствует сгибанию предплечья, разгибает кисть в лучезапястном суставе, а вместе с лучевым сгибателем запястья отводит кисть в лучевую сторону.

2.6.2.2.11. Короткий лучевой разгибатель запястья

Короткий лучевой разгибатель запястья (*m. extensor carpi radialis brevis*) – мышца, относящаяся к задней группе мышц предплечья, расположенных на лучевой стороне, находится глубже длинного лучевого разгибателя запястья. Начинается от латерального надмыщелка плеча, боковой и кольцевой связок локтевого сустава, фасции предплечья. На середине предплечья мышечное брюшко переходит в сухожилие, которое прикрепляется к основанию тыльной поверхности III пястной кости. Мышца иннервируется лучевым нервом – *n. radialis* (C_{VI-VII}). Вместе с другими мышцами способствует сгибанию предплечья, разгибает кисть в лучезапястном суставе, а вместе с лучевым сгибателем запястья отводит кисть в лучевую сторону.

2.6.2.2.12. Разгибатель пальцев

Разгибатель пальцев (*m. extensor digitorum*) - мышца, относящаяся к задней группе мышц предплечья, расположенных на лучевой стороне. Начинается от латерального надмыщелка плеча, латеральной и кольцевой связок локтевого сустава, фасции предплечья. На середине предплечья мышца образует 4 тонких сухожилия, которые прикрепляются к срединным и дистальным фалангам II - V пальцев. Мышца иннервируется лучевым нервом - *n. radialis* (C_{VI-VII}). Разгибает фаланги в межфаланговых суставах, разгибает кисть в лучезапястном суставе.

2.6.2.2.13. Разгибатель второго пальца

Разгибатель второго пальца (*m. extensor indicis*) - мышца, относящаяся к задней группе глубоких мышц предплечья, располагается ниже длинного разгибателя первого пальца под общим разгибателем пальцев. Начинается от межкостной мембраны и тыльной поверхности лучевой кости вблизи от ее головки, прикрепляется к тыльному сухожильному растяжению II пальца. Иннервируется лучевым нервом - *n. radialis* (C_{VII-VIII}). Разгибает второй палец.

2.6.2.2.14. Разгибатель мизинца

Разгибатель мизинца (*m. extensor digiti minimi*) - мышца, относящаяся к задней группе мышц предплечья, входит в состав общего разгибателя пальцев, располагается рядом с локтевой костью, иннервируется лучевым нервом - *n. radialis* (C_{VI-VII}). Разгибает V палец.

2.6.2.2.15. Локтевой разгибатель запястья

Локтевой разгибатель запястья (*m. extensor carpi ulnaris*) – мышца, относящаяся к задней группе мышц предплечья. Начинается от латерального надмыщелка плеча, латеральной и кольцевой связок локтевого сустава, фасции предплечья. Находится на локтевой стороне между разгибателем мизинца и локтевой костью. Проходит на кисть с медиальной стороны от головки локтевой кости, прикрепляется к основанию V пястной кости, иннервируется лучевым нервом – *n. radialis* (C_{VII-VIII}), разгибает лучезапястный сустав. Одновременно с локтевым сгибанием запястья, участвует в приведении кисти.

2.6.2.2.16. Локтевая мышца

Локтевая мышца (*m. anconeus*) – мышца, относящаяся к задней группе мышц предплечья, начинается от латерального надмыщелка плеча и латеральной связки локтевого сустава, прикрепляется к верхней части локтевой кости ниже локтевого отростка. Иннервируется лучевым нервом – *n. radialis* (C_{VII-VIII}). Разгибает предплечье в локтевом суставе.

2.6.2.2.17. Супинатор

Супинатор (*m. supinator*) - мышца, относящаяся к задней группе глубоких мышц предплечья, прикрыта задними мышцами предплечья. Начинается от латерального надмыщелка плечевой кости, латеральной и кольцевой связок локтевого сустава, прикрепляется к латеральному краю лучевой кости. Супинатор иннервируется лучевым нервом - *n. radialis* (C_{VI-VIII}). Вращает предплечье кнаружи.

2.6.2.2.18. Длинная мышца, отводящая I палец

Длинная мышца, отводящая I палец (*m. abductor pollicis longus*) - мышца, относящаяся к задней группе глубоких мышц предплечья, распо-

лагается ниже супинатора, под разгибателями пальцев. Начинается от задней поверхности верхней трети локтевой и лучевой костей, а также от межкостной мембраны. Затем выходит на латеральную сторону предплечья между разгибателем пальцев и коротким лучевым разгибателем запястья на 5 см выше лучезапястного сустава. Прикрепляется к основанию тыльной поверхности I пястной кости. Иннервируется лучевым нервом - n. radialis (C_{VII-VIII}). Отводит I пястную кость и кисть.

2.6.2.2.19. Короткий разгибатель первого пальца

Короткий разгибатель первого пальца (m. extensor pollicis brevis) – мышца, относящаяся к задней группе глубоких мышц предплечья, начинается от межкостной мембраны и тыльной поверхности лучевой кости, прикрепляется к основанию I фаланги первого пальца. Иннервируется лучевым нервом – n. radialis (C_{VI-VIII}). Разгибает первый палец в пястно-фаланговом суставе.

2.6.2.2.20. Длинный разгибатель первого пальца

Длинный разгибатель первого пальца (m. extensor pollicis longus) – мышца, относящаяся к задней группе глубоких мышц предплечья, располагается ниже короткого разгибателя I пальца. Начинается от локтевой кости и межкостной перепонки предплечья. Сухожилие прикрепляется к дистальной фаланге I пальца. Иннервируется лучевым нервом - n. radialis (C_{VI-VIII}). Разгибает ногтевую фалангу и отводит I палец.

2.6.2.3. Мышцы кисти

Мышцы кисти – группа мышц, сконцентрированных у I и V пястных костей, образуя соответствующие возвышения ладонной поверхности. В углублении между ними с ладонной стороны проходят сухожилия сгибателей пальцев, мелкие короткие червеобразные и межкостные мышцы для II-V пальцев. Благодаря присутствию седловидного сустава возможно перемещение I пястной кости по двум осям, чем достигается противопоставление I пальца другим пальцам. При этом создается возможность не только собирать пальцы в кулак, но и удерживать предметы. К мышцам кисти от-

носятся: короткая мышца, отводящая I палец, короткий сгибатель первого пальца, мышца, противопоставляющая первый палец, мышца, приводящая первый палец, короткая ладонная мышца, мышца, отводящая пятый палец, короткий сгибатель пятого пальца, мышца, противопоставляющая пятый палец, червеобразные мышцы, ладонные межкостные мышцы, тыльные межкостные мышцы.

2.6.2.3.1. Короткая мышца, отводящая первый палец

Короткая мышца, отводящая первый палец (*m. abductor pollicis brevis*) – мышца, относящаяся к группе мышц возвышения I пальца, расположена под кожей с латеральной стороны I пястной кости. Начинается от бугристости ладьевидной кости, фасции предплечья. Прикрепляется к основанию латеральной поверхности проксимальной фаланги пальцев. Иннервируется срединным нервом – *n. medianus* (C_{VI} - VII). Отводит I палец одновременно с I пястной костью в запястно-пястном суставе.

2.6.2.3.2. Короткий сгибатель первого пальца

Короткий сгибатель первого пальца (*m. flexor pollicis brevis*) – мышца, относящаяся к группе мышц возвышения I пальца, имеет две головки: поверхностная начинается от удерживателя сгибателей (*retinaculum flexorum*) глубокая – от трапециевидной кости, многоугольной и головчатой костей. Соединяясь в одно сухожилие, мышца прикрепляется к сесамовидной кости и проксимальной фаланге I пальца. Между головками мышцы имеется желобок, где размещается сухожилие длинного сгибателя пальцев. Поверхностная головка иннервируется срединным нервом – *n. medianus* (C_{VI-VII}), глубокая – локтевым нервом – *n. ulnaris* (C_{VIII} – Th_I). Сгибает I палец в пястно-фаланговом суставе.

2.6.2.3.3. Мышца, противопоставляющая первый палец

Мышца, противопоставляющая первый палец (*m. opponens pollicis*) – мышца, относящаяся к группе мышц возвышения I пальца, прикрыта короткой отводящей мышцей и коротким сгибателем I пальца. Начинается от удерживателя сгибателей (*retinaculum flexorum*) и от бугорка многоуголь-

ной кости на всем ее протяжении. Иннервируется срединным нервом – *n. medianus* (C_{VI-VII}). Противопоставляет I пястную кость с I пальцем другим пальцам.

2.6.2.3.4. Мышца, приводящая первый палец

Мышца, приводящая первый палец (*m. adductor pollicis*) - мышца, относящаяся к группе мышц возвышения I пальца, имеет неправильную треугольную форму. Начинается от ладонной поверхности I пястной кости, прикрепляется к сесамовидной кости, основанию проксимальной фаланги I пальца. Иннервируется локтевым нервом – *n. ulnaris* (C_{VIII}-Th_I). Приводит I пястную кость вместе с I пальцем.

2.6.2.3.5. Короткая ладонная мышца

Короткая ладонная мышца (*m. palmaris brevis*) – мышца, относящаяся к группе мышц возвышения V пальца, располагается в подкожной клетчатке ладони. Начинается от локтевого края ладонного апоневроза, прикрепляется к коже возвышения V пальца. Мышца имеет форму четырехугольной тонкой пластинки, иннервируется локтевым нервом – *n. ulnaris* (C_{VIII}). Напрягает кожу ладони и защищает от сдавливания сосуды и нервы локтевой стороны.

2.6.2.3.6. Мышца, отводящая пятый палец

Мышца, отводящая пятый палец (*m. abductor digiti minimi*) – мышца, относящаяся к группе мышц возвышения V пальца, располагается на латерально-передней поверхности возвышения V пальца. Начинается от сухожилия локтевого сгибателя кисти и гороховидной кости. Прикрепляется к латеральной поверхности основания проксимальной фаланги V пальца. Иннервируется мышца локтевым нервом – *n. ulnaris* (C_{VIII}). Отводит V палец и сгибает его в пястно-фаланговом суставе.

2.6.2.3.7. Короткий сгибатель пятого пальца

Короткий сгибатель пятого пальца (*m. flexor digiti minimi brevis*) – мышца, относящаяся к группе мышц возвышения V пальца, находится на

передней поверхности ладони, располагаясь ближе к ее средней линии, чем мышца, отводящая V палец. Начинается от крючка крючковидной кости, прикрепляется к передней поверхности основания проксимальной фаланги V пальца. Иннервируется локтевым нервом – n. ulnaris (CVII-VIII). Сгибает V палец в пястно-фаланговом суставе.

2.6.2.3.8. Мышца, противопоставляющая пятый палец

Мышца, противопоставляющая пятый палец (m. opponens digiti minimi) - мышца, относящаяся к группе мышц возвышения V пальца, залегает под коротким сгибателем V пальца и имеет с ним общее начало. Прикрепляется к V пястной кости. Иннервируется локтевым нервом – n. ulnaris (CVII-VIII). Приводит V пястную кость и V палец.

2.6.2.3.9. Червеобразные мышцы

Червеобразные мышцы (mm. lumbricales) – группа мышц в количестве 4, относящаяся к мышцам ладонной впадины, располагается между мышечными группами I и V пальцев, прикрыты ладонным апоневрозом и жировой клетчаткой. Начинается от сухожилия глубокого сгибателя пальцев на уровне нижнего края retinaculum flexorum (удерживатель сгибателя). Прикрепляется к тыльной части сухожильного апоневроза проксимальной фаланги II-V пальцев. Иннервация за счет срединного (n. medianus) и локтевого (n. ulnaris) нервов (C_{VIII}-Th_I). Сгибают пальцы в пястно-фаланговых суставах.

2.6.2.3.10. Ладонные межкостные мышцы

Ладонные межкостные мышцы (mm. interossei palmares) – группа мышц в количестве трех, относящихся к мышцам ладонной впадины, залегают в межкостных промежутках, образованных II-V пястными костями. Вторая мышца начинается на локтевой стороне II пястной кости, IV и V мышцы – на лучевой стороне соответствующих костей. Прикрепляются к капсуле пястно-фаланговых суставов и к сухожильному апоневрозу тыльной стороны II, IV и V пальцев. Иннервируются локтевым нервом (C_{VIII}-Th_I). Сводят пальцы к средней линии кисти. При сгибании фаланг в пяст-

но-фаланговых суставах способствуют удержанию фаланг в согнутом положении.

2.6.2.3.11. Тыльные межкостные мышцы

Тыльные межкостные мышцы (*mm. interossei dorsales*) - группа мышц в количестве 4, относящихся к мышцам ладонной впадины, располагаются в межкостных пространствах, образованных II - V пястными костями. Начинаются от рядом лежащих пястных костей, прикрепляются к основанию проксимальной фаланги II, III и IV пальцев, частично вплетаются в сухожильный апоневроз разгибателей. Иннервируются локтевым нервом (C_{VIII} - T_{Н1}). Сгибают проксимальную фалангу в пястно-фаланговом суставе. Напрягая апоневроз, разгибатели средней и дистальной фаланг, разгибают пальцы.

2.7. Мышцы нижней конечности

Мышцы нижней конечности – группа мышц, расположенных в области таза, бедра, голени и стопы. Специальных мышц тазового пояса нет, так как он укреплен неподвижно. Иннервация осуществляется от поясничного и крестцового сплетений. Значительные эволюционные изменения в мускулатуре нижней конечности человека связаны с переходом к двуногому передвижению и увеличением опорной роли ноги. В строении мышц нижней конечности у человека много общего с антропоморфными обезьянами. Мощного развития у человека достигает большая ягодичная мышца, причем только у него появляется та ее часть, которая начинается от подвздошного гребня. Место прикрепления этой мышцы у человека сокращается и перемещается вверх. Она становится разгибателем бедра, играющим важнейшую роль в поддержании выпрямленного положения тела.

У человека проще, чем у обезьян, развита мышца, напрягающая широкую фасцию. У низших обезьян эта мышца обычно слита с большой ягодичной, у человека и понгид она обособлена. В связи с увеличением роли разгибательных движений колена у человека увеличивается масса четырехглавой мышцы бедра, а задние мышцы бедра (подсухожильная, по-

луперепончатая и двуглавая) уменьшаются, прикрепление их перемещается к проксимальному концу голени (у обезьян оно доходит до середины голени) и происходит при помощи длинных сухожилий, отсутствующих у обезьян. У человека и антропоморфных обезьян имеется короткая головка двуглавой мышцы бедра, отсутствующая у низших обезьян. Она, видимо, связана в своем происхождении с ягодичной мускулатурой.

Полуперепончатая мышца состоит у приматов из двух частей, из которых одна у человека и некоторых антропоидов сливается с большой приводящей мышцей. Для человека и понгид, в отличие от низших обезьян, характерно появление добавочного начала прямой мышцы бедра от передней нижней подвздошной ости. Возрастание роли подошвенного сгибания стопы при ходьбе отражается в увеличении у человека и антропоморфных обезьян массы камбаловидной мышцы. Эта мышца у низших обезьян начинается только на головке малоберцовой кости, у антропоморфных обезьян и человека ее начало распространяется на межкостную перепонку и большеберцовую кость.

У человека сильно удлиняется ахиллово сухожилие. У четвероногих животных наибольшего размера достигают задние мышцы бедра и икроножная мышца. Задняя конечность у них действует как толкающий рычаг, для чего необходимы сильные разгибатели тазобедренного сустава (задние мышцы бедра), а также сильные сгибатели колена и голеностопного сустава (икроножная мышца), предотвращающие пассивное разгибание колена и стопы. У человека наибольшего развития достигают большая ягодичная мышца, четырехглавая мышца бедра и камбаловидная мышца. Нога действует как толкающая опора, для чего важны сильные сгибатели голеностопного сустава (камбаловидная мышца), дающие толчок движению. Большая ягодичная и четырехглавая мышца бедра препятствуют сгибанию ноги в тазобедренном и коленном суставах и падению тела вперед.

В связи с образованием пяточного бугра у человека и человекообразных обезьян подошвенная мышца теряет связь с подошвенным апонев-

розом, прикрепляясь к пяточному бугру, и редуцируется. У человека она отсутствует в 15% случаев и сильно варьирует по величине. Подошвенный апоневроз у человека и антропоидов начинается от пяточного бугра и у человека играет важную роль в поддержании свода стопы. Важная роль сгибания большого пальца при отталкивании от земли у человека и понгид проявляется в увеличении и полном обособлении длинного сгибателя пальцев. У человека сливаются два брюшка передней большеберцовой мышцы. Появляется третья малоберцовая мышца, обособляющаяся от длинного разгибателя пальцев (у человека встречается в 93% случаев), что связано с важной ролью пронации стопы при ходьбе на двух ногах.

У человека и антропоморфных обезьян редуцируется малоберцовая мышца V пальца, имеющаяся у низших обезьян. Атрофируются, как и на кисти, мышцы-сжиматели пальцев, из которых сохраняется только приводящая мышца большого пальца. Морфологическая ось стопы, вокруг которой группируются межкостные мышцы, перемещается с III пальца на II, укрепляются фасции ноги, удлиняются сухожилия многих мышц. Мышцы нижней конечности подразделяются на мышцы таза и мышцы свободной нижней конечности.

2.7.1. Мышцы таза

Мышцы таза – группа мышц, которые начинаются на тазовых костях и прикрепляются на бедренной кости, т. к. оказывают действие на тазобедренные суставы. В состав мышц таза входят: подвздошная мышца, большая ягодичная мышца, средняя ягодичная мышца, малая ягодичная мышца, грушевидная мышца, внутренняя запирающая мышца, верхняя и нижняя близнецовые мышцы, квадратная мышца бедра, напрягатель широкой фасции бедра, гребенчатая мышца, наружная запирающая мышца, длинная приводящая мышца, короткая приводящая мышца, большая приводящая мышца.

2.7.1.1. Подвздошная мышца

Подвздошная мышца (*m. iliacus*) - мышца, относящаяся к передним мышцам таза, начинается на всей поверхности подвздошной ямки подвздошной кости, затем под паховой связкой вместе с большой поясничной мышцей проходит впереди головки бедра. Прикрепляется к малому вертелу бедра. Между капсулой сустава и глубоким листком фасции мышцы имеется слизистая сумка, которая в ряде случаев сообщается с полостью сустава. Иннервация подвздошной мышцы осуществляется за счет ветвей поясничного сплетения и бедренного нерва (L_{II-IV}). При свободной нижней конечности мышца сгибает бедро в тазобедренном суставе. При стоянии производит наклон туловища вперед.

2.7.1.2. Большая ягодичная мышца

Большая ягодичная мышца (*m. gluteus maximus*) - мышца, относящаяся к задней группе мышц таза, хорошо развита, массивная, неправильной четырехугольной формы. Начинается от задних 2/3 гребня подвздошной кости, боковых частей крестца, копчика и связок таза. Крупные мышечные пучки, разделенные прослойками соединительной ткани, направляются латерально и вниз. Передние пучки мышцы образуют плоское сухожилие, покрывающее спереди большой вертел бедра, а затем переходят в сухожильный тракт бедра. Задние пучки прикрепляются к бугристости ягодичной мышцы бедренной кости. Между сухожилием и большим вертелом имеется слизистая сумка. Иннервируется нижним ягодичным нервом (L_V - S_I). При свободной нижней конечности разгибает бедро в тазобедренном суставе. При стоянии разгибает туловище.

2.7.1.3. Средняя ягодичная мышца

Средняя ягодичная мышца (*m. gluteus medius*) - мышца, относящаяся к группе задних мышц таза, задняя часть прикрыта большой ягодичной мышцей, а передняя - покрыта толстой фасцией. Начинается от подвздошной кости между передней и задней ягодичными линиями снизу, гребня подвздошной кости сзади и сверху. Ее передние пучки начинаются от широкой фасции. Прикрепляется к широким сухожилиям, к вершине и

наружной поверхности большого вертела. На месте прикрепления мышцы имеется слизистая сумка. Иннервируется верхним ягодичным нервом - *n. gluteus superior* ($L_{IV} - S_1$). При сокращении мышцы отводится свободная часть нижней конечности; при сокращении передних пучков бедро поворачивается внутрь (пронация), задних пучков - наружу (супинация). При фиксированных нижних конечностях туловище наклоняется в сторону сокращения мышц.

2.7.1.4. Малая ягодичная мышца

Малая ягодичная мышца (*m. gluteus minimus*) – мышца, относящаяся к группе задних мышц таза, прикрыта средней ягодичной мышцей. Начинается веерообразно от наружной поверхности крыла подвздошной кости между передней и нижней ягодичными линиями. Прикрепляется к передней части большого вертела, впереди прикрепления средней ягодичной мышцы, где имеется слизистая сумка. Иннервируется мышца за счет верхнего ягодичного нерва – *n. gluteus superior* ($L_{IV}-S_1$). В функциональном плане малая ягодичная мышца сходна со средней ягодичной мышцей.

2.7.1.5. Грушевидная мышца

Грушевидная мышца (*m. piriformis*) - мышца, относящаяся к группе задних мышц таза, ее начальная часть находится в полости таза. Начинается от передней поверхности II-IV крестцовых позвонков около передних крестцовых отверстий, направляясь латерально через большое седалищное отверстие, покидает полость таза и выходит на его заднюю поверхность. Прикрепляется к переднему краю большого вертела бедренной кости. Иннервируется верхним ягодичным нервом - *n. gluteus superior* (S_{I-II}). Отводит бедро при свободной ноге. При стоянии наклоняет туловище в сторону сокращения.

2.7.1.6. Внутренняя запирающая мышца

Внутренняя запирающая мышца (*m. obturatorius internus*) - мышца, относящаяся к группе задних мышц таза, начинается на внутренней поверхности малого таза в области запирающей перепонки и окружающих

ее костей. Мышца направляется назад и, огибая седалищную вырезку в области малого седалищного отверстия, выходит под прямым углом на заднюю поверхность таза, ниже грушевидной мышцы. Прикрепляется к ямке большого вертела бедра. Иннервируется мышечной ветвью крестцового сплетения - r. muscularis plexus sacralis (L_{IV} - S_{II}). Отводит бедро и супинирует его.

2.7.1.7. Верхняя и нижняя близнецовые мышцы

Верхняя и нижняя близнецовые мышцы (mm. gemelli superior et inferior) - мышцы, относящиеся к задней группе мышц плеча, начинаются соответственно от седалищной ости и седалищного бугра, прикрепляются к ямке большого вертела. Обе мышцы срастаются с внутренней запирающей мышцей. Участвуют в отведении бедра, иннервируются аналогично внутренней запирающей мышце.

2.7.1.8. Квадратная мышца бедра

Квадратная мышца бедра (m. quadratus femoris) – мышца, относящаяся к группе задних мышц таза, имеет форму квадрата. Начинается от седалищного бугра, располагается в горизонтальной плоскости. Прикрепляется к задней части большого вертела. Мышца иннервируется ветвями крестцового сплетения (L_{IV} - V - S_I). При свободной ноге супинирует бедро, при стоянии отклоняет таз назад.

2.7.1.9. Напрягатель широкой фасции бедра

Напрягатель широкой фасции бедра (m. tensor fasciae latae) - мышца, относящаяся к латеральной группе мышц таза, находится позади начала портняжной мышцы бедра. Ее тонкое мышечное брюшко заключено в плотную фасцию бедра. Начинается от гребня подвздошной кости и, спускаясь на бедро, продолжается в сухожильный апоневроз, который заканчивается на латеральной мыщелке большеберцовой кости. Мышца иннервируется верхним ягодичным нервом – n. gluteus superior (L_{IV-V}). При свободной конечности способствует сгибанию бедра в тазобедренном суставе. При стоянии натягивает фасцию бедра.

2.7.1.10. Гребенчатая мышца

Гребенчатая мышца (*m. pectineus*) - мышца, относящаяся к медиальной группе мышц таза, начинается от верхней ветви и гребня лобковой кости, прикрепляется к начальной части линии губ бедра (*linea aspera femoris*). Приводит бедро, вращает его и сгибает в тазобедренном суставе. При стоянии наклоняет таз вперед. Иннервируется запирательным (*n. obturatorius*) и бедренным нервом (*n. femoralis*).

2.7.1.11. Наружная запирательная мышца

Наружная запирательная мышца (*m. obturatorius externus*) – мышца, относящаяся к медиальной группе мышц таза, располагается под гребенчатой мышцей. Начинается от запирательной мембраны и костей, формирующих запирательное отверстие. Направляется латерально и вверх, огибая сзади шейку бедра. Прикрепляется к ямке большого вертела. Иннервируется мышца запирательным нервом – *n. obturatorius (L_{III-IV})*. Нижнюю конечность вращает кнаружи.

2.7.1.12. Длинная приводящая мышца

Длинная приводящая мышца (*m. adductor longus*) - мышца, относящаяся к медиальной группе мышц таза, находится ниже гребенчатой мышцы, отделена межмышечной прослойкой соединительной ткани. Начинается от лобковой кости между симфизом и лобковым бугорком. Прикрепляется к медиальной губе середины линии губ бедра. Иннервируется запирательным нервом (*L_{II-III}*). Приводит бедро в тазобедренном суставе.

2.7.1.13. Короткая приводящая мышца

Короткая приводящая мышца (*m. adductor brevis*) – мышца, относящаяся к медиальной группе мышц таза, начинается от нижней ветви лобковой кости, затем расходится вниз и латерально, прикрепляясь к верхней трети медиальной губы линии губ бедра. Между гребенчатой и короткой приводящей мышцей на бедре открывается запирательный канал. Иннервируется запирательным нервом – *n. obturatorius (L_{II-III})*. Приводит бедро в тазобедренном суставе.

2.7.1.14. Большая приводящая мышца

Большая приводящая мышца (*m. adductor magnus*) - мышца, относящаяся к медиальной группе мышц таза. Начинается от седалищного бугра, ветви седалищной кости, затем прикрепляется на всем протяжении медиальной губы бедра и к медиальному надмыщелку. Часть сухожилия, прикрепляющегося к медиальному надмыщелку, утолщена и легко прощупывается на бедре. Латеральнее этого сухожилия, т. е. ближе к средней линии бедра, на уровне нижней его трети имеется отверстие приводящего канала (*hiatus tendineus*), края которого содержат сухожильные волокна, мешающие изменению формы отверстия при сокращении мышцы. Через отверстие проходят в подколенную ямку бедренные артерия и вена. Иннервируется запирательным нервом и ветвями седалищного нерва (L_{II-V}). Приводит бедро.

2.7.2. Мышцы свободной нижней конечности

Мышцы свободной нижней конечности представляют собой группы мышц, расположенных в области бедра, голени и стопы.

2.7.2.1. Мышцы бедра

Мышцы бедра – группа мышц, которые начинаются на тазовой кости или бедре и перебрасываются через коленный сустав. Мышцы бедра участвуют в прямохождении и поддержании тела в вертикальном положении, приводя в движение длинные костные рычаги. В связи с этим они становятся длиннее и срастаются в мощные массы с одним общим сухожилием, образуя многочисленные мышцы (двуглавая, четырехглавая). Мышцы бедра разделяются на три группы: переднюю (разгибатели), заднюю (сгибатели) и медиальную (приводящие). Последняя группа действует на тазобедренный сустав, а первые две и на коленный. С латеральной стороны передняя и задняя группы отделены друг от друга межмышечной перегородкой (*septum intermusculare laterale*) бедренной фасции, а с медиальной стороны между ними вклинивается пласт приводящих мышц. К мышцам бедра относятся: портняжная мышца, четырехглавая мышца бед-

ра, двуглавая мышца бедра, полусухожильная мышца, полуперепончатая мышца, подколенная мышца, стройная мышца.

2.7.2.1.1. Портняжная мышца

Портняжная мышца (*m. sartorius*) - мышца, относящаяся к группе передних мышц бедра, находится на переднемедиальной части бедра, располагаясь непосредственно под фасцией. Начинается от передней верхней подвздошной ости спиралеобразно, в виде ленты переходит с передней стороны на медиальную, где, обогнув медиальный надмыщелок бедра, достигает голени. Прикрепляется к фасции голени и бугристости большеберцовой кости. На месте прикрепления мышцы имеется слизистая сумка гусиной лапки голени (*bursa anserina cruris*). Иннервируется бедренным нервом - *n. femoralis* (L_{II-III}). При свободной конечности помогает сгибать бедро в тазобедренном суставе. Сгибает голень в коленном суставе. При согнутой в коленном суставе вращает голень кнутри.

2.7.2.1.2. Четырехглавая мышца бедра

Четырехглавая мышца бедра (*m. quadriceps femoris*) – мышца, относящаяся к передней группе мышц бедра, самая массивная, имеет четыре части:

а) прямая мышца бедра (*m. rectus femoris*) начинается от передней верхней подвздошной ости и верхнего края вертлужной впадины. Спускаясь по середине передней поверхности бедра, заканчивается в общем сухожилии на 6-8 см выше надколенника;

б) латеральная широкая мышца бедра (*m. vastus lateralis*) начинается от боковой части бедра на участке от основания большого вертела, верхних двух третей латеральной губы, прикрепляется к надколенному сухожилию;

в) промежуточная широкая мышца бедра (*m. vastus intermedius*) лежит непосредственно посредине бедра, прикрыта прямой мышцей бедра, начинается на участке межвертельной линии и опускается до нижней четверти бедра. Прикрепляется вместе с другими мышцами к надколеннику;

г) медиальная широкая мышца (*m. vastus medialis*) занимает передне-медиальную область бедра, начинается на всем протяжении медиальной губы, прикрепляется к общему сухожилию надколенника.

Сухожилие, образованное слиянием 4 мышц, прикрепляется к надколеннику. Четырехглавая мышца иннервируется бедренным нервом – *n. femoralis* (LII-IV). Прямая мышца (двусуставная) сгибает бедро в тазобедренном суставе и разгибает в коленном. Медиальная, промежуточная, латеральная мышцы разгибают голень в коленном суставе.

2.7.2.1.3. Двуглавая мышца бедра

Двуглавая мышца бедра (*m. biceps femoris*) - мышца, относящаяся к задней группе мышц бедра, располагается латерально на задней поверхности бедра. Длинная головка начинается от седалищного бугра, короткая - на нижней части латеральной губы. Соединяясь, головки образуют общее сухожилие, которое прикрепляется к головке малоберцовой кости. Мышца иннервируется седалищным нервом - *n. ischiadicus* (L_{IV} - S_I). Сгибает голень в коленном суставе. При разогнутом коленном суставе разгибает в тазобедренном.

2.7.2.1.4. Полусухожильная мышца

Полусухожильная мышца (*m. semitendinosus*) - мышца, относящаяся к задней группе мышц бедра, начинается от седалищного бугра и располагается с медиальной стороны задней части бедра. Прикрепляется к медиальной стороне большеберцовой бугристости ниже прикрепления портняжной и стройной мышц. Отличительной особенностью мышцы является наличие нижнего круглого сухожилия, которое составляет треть ее длины. Иннервация за счет седалищного нерва - *n. ischiadicus* (L_V - S_{I-II}). Сухожилие полусухожильной мышцы у места своего прикрепления вместе с сухожилиями стройной и портняжной мышц образует треугольное сухожильное растяжение, так называемую “гусиную лапку” (*pes anserinus superficialis*), под которой залегает синовиальная сумка (*bursa anserina*). Сгибает голень в коленном суставе, разгибает бедро в тазобедренном.

2.7.2.1.5. Полуперепончатая мышца

Полуперепончатая мышца (*m. semimembranosus*) - мышца, относящаяся к задней группе мышц бедра, располагается между большой приводящей мышцей и полусухожильной. Начинается тонким, широким и длинным сухожилием от передней части седалищного бугра. Прикрепляется тремя сухожильными пучками к кривой связке коленного сустава, к краю медиального мыщелка большеберцовой кости и к фасции подколенной мышцы. Иннервируется седалищным нервом - *n. ischiadicus* (L_{IV} - S_I). Сгибает в коленном суставе и поворачивает голень внутрь. При разогнутом коленном суставе разгибает бедро в тазобедренном.

2.7.2.1.6. Подколенная мышца

Подколенная мышца (*m. popliteus*) - мышца, относящаяся к задней группе мышц бедра, располагается на задней поверхности капсулы коленного сустава. Начинается от латерального надмыщелка бедра и капсулы сустава, прирастает к верхней части задней поверхности большеберцовой кости. Мышца иннервируется большеберцовым нервом - *n. tibialis* (L_{IV} - S_I). Оттягивает суставную капсулу во время сгибания голени в коленном суставе.

2.7.2.1.7. Стройная мышца

Стройная мышца (*m. gracilis*) - самая медиальная мышца бедра, прилежит к большой, длинной и короткой приводящим мышцам. Мышца тонкая и длинная. Начинается от передней поверхности начала нижней ветви лобковой кости около симфиза. Тонким сухожилием прикрепляется к большеберцовой бугристости. Внизу сухожилие мышцы располагается позади сухожилия портняжной мышцы. Иннервируется запирательным нервом - *n. obturatorius* (L_{II-IV}). Сгибает голень в коленном суставе. При разогнутом коленном суставе способствует приведению бедра.

2.7.2.2. Мышцы голени

Мышцы голени – группа мышц, расположенных в области голени, приводящих в движение дистальную часть конечности (стопу) и приспособ-

соблены, как и мышцы бедра, для поддержания тела в вертикальном положении и перемещения его по земле. Поэтому здесь нет тонкой специализации отдельных мышц, как это наблюдается на предплечье, а, наоборот, большие мышечные массы срастаются вместе и получают общее сухожилие, объединяя свои усилия для производства сильных и больших движений, необходимых для поддержания вертикального положения при прямохождении. Соответственно движениям вокруг фронтальной оси голеностопного сустава и суставов пальцев большая часть мышц располагается на передней и задней поверхностях голени, между обеими берцовыми костями спереди (передние мышцы) и сзади (задние). Соответственно движениям стопы вокруг сагиттальной оси мышцы лежат сбоку, вдоль малоберцовой кости (латеральные мышцы).

По своему происхождению первая и третья группы мышц относятся к дорсальным мышцам нижней конечности, а вторая – к вентральным. Задняя группа развита сильнее других и состоит из двух слоев: поверхностного и глубокого. Все мышцы голени идут в продольном направлении и прикрепляются на стопе, причем одни из них имеют точки прикрепления на костях предплюсны и плюсны, а другие – на фалангах пальцев. Так как мясистые части мышц помещаются в проксимальной части голени, дистально же по направлению к стопе мышцы переходят в сухожилия, то благодаря этому голень имеет коническую форму.

Передние мышцы производят тыльное сгибание стопы, а мышцы, идущие к пальцам, разгибают их. Подошвенное сгибание стопы совершают задние и латеральные мышцы. Некоторые из задних мышц сгибают пальцы. Пронация и супинация стопы производятся главным образом теми мышцами голени, которые имеют прикрепления на медиальном или латеральном крае стопы. К мышцам голени относятся: передняя большеберцовая мышца, длинный разгибатель первого пальца, длинный разгибатель пальцев, третья малоберцовая мышца, длинная малоберцовая мышца, короткая малоберцовая мышца, трехглавая мышца голени, подошвенная

мышца, длинный сгибатель пальцев, задняя большеберцовая мышца, длинный сгибатель первого пальца.

2.7.2.2.1. Передняя большеберцовая мышца

Передняя большеберцовая мышца (*m. tibialis anterior*) - мышца, относящаяся к передней группе мышц голени. Имеет широкое начало от латеральной верхней трети большеберцовой кости, фасции голени и межкостной перепонки. Проходит рядом с передним краем большеберцовой кости и выходит на медиальном крае стопы, где сухожилие прикрепляется к подошвенной поверхности I клиновидной и плюсневой костей. Мышца иннервируется глубоким малоберцовым нервом - *n. peroneus profundus* (L_{IV} - S_I). Разгибает в голеностопном суставе и супинирует стопу.

2.7.2.2.2. Длинный разгибатель первого пальца

Длинный разгибатель первого пальца (*m. extensor hallucis longus*) - мышца, относящаяся к передней группе мышц голени. Начинается от малоберцовой кости и межкостной перепонки. Выходит между передней большеберцовой мышцей и длинным разгибателем пальцев. Сухожилие проходит через фиброзный канал и заканчивается на основании дистальной фаланги I пальца. Иннервируется глубоким малоберцовым нервом - *n. peroneus profundus* (L_{IV} - S_I). Разгибает I палец, участвует в разгибании стопы в голеностопном суставе.

2.7.2.2.3. Длинный разгибатель пальцев

Длинный разгибатель пальцев (*m. extensor digitorum longus*) - мышца, относящаяся к передней группе мышц голени, находится латеральнее передней большеберцовой мышцы, прикрывает длинный разгибатель I пальца. Начинается от верхней трети большеберцовой, малоберцовой костей, межкостной мембраны и фасции голени. Мышца отграничена от передней большеберцовой мышцы межмышечной перегородкой. Образует сухожилие, которое проходит в фиброзном влагалище. По выходе на стопу сухожилие разделяется на 4 сухожилия, которые прикрепляются к апоневротической пластинке тыла II - V пальцев. Мышца иннервируется глубоким

малоберцовым нервом - n. peroneus profundus (L_{IV} - S_I). Разгибает II - IV пальцы, пронирует наружный край стопы совместно с третьей малоберцовой мышцей.

2.7.2.2.4. Третья малоберцовая мышца

Третья малоберцовая мышца (m. peroneus tertius) - мышца, относящаяся к передней группе мышц голени, представляет пятую часть длинного разгибателя пальцев. Эта мышца непостоянна (8,2%). Прикрепляется к фасции латеральной части тыла стопы и к V плюсневой кости. Мышца представляет производное существующей у обезьян постоянной мышцы - малой малоберцовой мышцы (m. peroneus parvus). Иннервируется глубоким малоберцовым нервом - n. peroneus profundus (L_{IV} - S_I). Разгибает стопу в голеностопном суставе, поднимает латеральный край стопы.

2.7.2.2.5. Длинная малоберцовая мышца

Длинная малоберцовая мышца (m. peroneus longus) - мышца, относящаяся к латеральной группе мышц голени, отделена межмышечной перегородкой от длинного разгибателя пальцев. Начинается двумя пучками от головки и тела верхней части малоберцовой кости, латерального большеберцового мыщелка и фасции голени. Между головками проходит поверхностный малоберцовый нерв. Сухожилие возникает выше латеральной лодыжки и проходит в фиброзном канале вместе с сухожилием короткой малоберцовой мышцы, огибая латеральную лодыжку. Выйдя на тыл стопы, сухожилие проникает на подошву, где достигает медиального края стопы, прикрепляясь к I плюсневой и I клиновидной костям. На подошве сухожилие проходит в костно-фиброзном канале. Мышца иннервируется поверхностным малоберцовым нервом - n. peroneus superficialis (L_V - S_I). Сгибает стопу в голеностопном суставе, поднимает латеральный край стопы.

2.7.2.2.6. Короткая малоберцовая мышца

Короткая малоберцовая мышца (m. peroneus brevis) – мышца, относящаяся к латеральной группе мышц голени, лежит под длинной малоберцовой мышцей. Начинается от малоберцовой кости и межмышечных пере-

городок. Сухожилие лежит сначала впереди длинной малоберцовой мышцы, а затем позади нее, проходит в общем фиброзном канале, прикрепляется к бугристости V плюсневой кости. Иннервируется поверхностным малоберцовым нервом – n. peroneus superficialis (L_V - S_I). Сгибает и пронирует стопу.

2.7.2.2.7. Трехглавая мышца голени

Трехглавая мышца голени (m. triceps surae) - мышца, относящаяся к задней группе мышц голени, имеет 3 головки.

Икроножная мышца (m. gastrocnemius) начинается от участков выше латерального и медиального мышечков бедра двумя головками, образуя нижнюю границу подколенной ямки, а также вместе с задней стенкой суставной капсулы ограничивает вход в голено-подколенный канал.

Камбаловидная мышца (m. soleus) прикрыта икроножной мышцей. Начавшись от подколенно-большеберцовой линии, головки малоберцовой кости и сухожильной дуги, натянутой между костями голени, она внизу соединяется в единое мощное пяточное сухожилие трехглавой мышцы голени (tendo calcaneus Achillis) - ахиллово сухожилие, прикрепляющееся к бугру пяточной кости. Между сухожилием и пяточным бугром имеется слизистая сумка. Мышца иннервируется большеберцовым нервом - n. tibialis (L_{IV} - S_{II}). Сгибает стопу в голеностопном суставе. При ходьбе и беге отталкивает ногу от земли.

2.7.2.2.8. Подошвенная мышца

Подошвенная мышца (m. plantaris) - мышца, относящаяся к задней группе мышц голени, начинается от участка над мышечком бедра и капсулы коленного сустава. Затем тонкое сухожилие проникает между икроножной и камбаловидной мышцами и вплетается в сухожилие трехглавой мышцы голени. Иннервируется большеберцовым нервом - n. tibialis (L_{IV} - S_{II}). Сгибает стопу в голеностопном суставе, при ходьбе и беге отталкивает ногу от земли.

2.7.2.2.9. Длинный сгибатель пальцев

Длинный сгибатель пальцев (*m. flexor digitorum longus*) - мышца, относящаяся к задней группе мышц голени, располагается на медиальной поверхности голени. Начинается от средней трети задней поверхности большеберцовой кости и глубокой фасции голени. Сухожилие достигает медиальной лодыжки, затем разделяется на 4 сухожилия, которые, пробо-дая в области фаланг сухожилие короткого сгибателя пальцев, прикрепля-ются к основанию дистальных фаланг II - V пальцев. Иннервируется большеберцовым нервом - *n. tibialis (L_V - S_I)*. Сгибает пальцы, на которые стопа делает упор при ходьбе, и стопу в голеностопном суставе.

2.7.2.2.10. Задняя большеберцовая мышца

Задняя большеберцовая мышца (*m. tibialis posterior*) – мышца, отно-сящаяся к задней группе мышц голени, начинается от межкостной мем-браны и костей голени всей задней поверхности. В нижней части прикрыта сгибателями пальцев. Плоское сухожилие проходит позади медиальной лодыжки и прикрепляется к бугристости ладьевидной кости и всем клино-видным костям. Иннервируется большеберцовым нервом – *n. tibialis (L_V – S_{II})*. Сгибает в голеностопном суставе и супинирует стопу, участвует в поддержании ее сводов.

2.7.2.2.11. Длинный сгибатель первого пальца

Длинный сгибатель первого пальца (*m. flexor hallucis longus*) - мыш-ца, относящаяся к задней группе мышц голени, находится латеральнее зад-ней большеберцовой мышцы, граничит с длинной и короткой малоберцо-выми мышцами. Начинается от малоберцовой кости и межмышечной пере-городки. Проходит позади медиальной лодыжки, в фиброзном канале окружена синовиальным влагалищем. Прикрепляется к дистальной фалан-ге I пальца. В сухожилии часто встречаются сесамовидные кости. Ин-нервируется большеберцовым нервом - *n. tibialis (L_V - S_{II})*. Сгибает I палец, поддерживает внутренний свод стопы. За счет фиброзного пучка вступив-шего в длинный сгибатель пальцев, помогает сгибанию других пальцев.

2.7.2.3. Мышцы стопы

Мышцы стопы – группа мышц, расположенных в дистальном отделе свободной нижней конечности. Стопа, так же как и кисть, кроме сухожилий, принадлежащих спускающимся от нее с голени длинным мышцам, имеет свои собственные короткие мышцы, которые разделяются на тыльные и подошвенные. К мышцам стопы относятся: короткий разгибатель первого пальца, общий короткий разгибатель пальцев стопы, отводящая мышца первого пальца, короткий сгибатель первого пальца, мышца, приводящая первый палец стопы, мышца, отводящая V палец стопы, короткий сгибатель пятого пальца стопы, мышца, противопоставляющая пятый палец, короткий сгибатель пальцев, квадратная мышца подошвы, червеобразные мышцы, тыльные межкостные мышцы, подошвенные межкостные мышцы.

2.7.2.3.1. Короткий разгибатель первого пальца

Короткий разгибатель первого пальца (*m. extensor hallucis brevis*) – мышца, относящаяся к группе тыльных мышц стопы, имеет плоское мышечное брюшко, лежащее под сухожилием длинного разгибателя пальцев. Начинается от верхней поверхности пяточной кости на латеральном крае стопы и по диагонали переходит к I плюсневой кости, по которой следует тонкое сухожилие к апоневрозу I пальца. Иннервируется глубоким малоберцовым нервом – *n. peroneus profundus* (L_{IV-V} – S_I). Разгибает I палец.

2.7.2.3.2. Общий короткий разгибатель пальцев стопы

Общий короткий разгибатель пальцев стопы (*m. extensor digitorum brevis*) – мышца, относящаяся к группе тыльных мышц стопы, имеет три брюшка для II-IV пальцев. Начинается на латеральной поверхности пяточной кости и заканчивается в апоневрозе пальцев. Иннервируется глубоким малоберцовым нервом (L_{IV-V} – S_I). Разгибает II-IV пальцы.

2.7.2.3.3. Отводящая мышца первого пальца

Отводящая мышца первого пальца (*m. abductor hallucis*) – мышца, относящаяся к подошвенной группе мышц стопы, располагается на медиальном крае стопы. Начинается от пяточного бугра и ладьевидной кости,

прикрепляется к основанию проксимальной фаланги I пальца. В сухожилии имеется сесамовидная кость. Иннервируется мышца медиальным подошвенным нервом – *n. plantaris medialis* (L_{V-S_1}). Сгибает и отводит I палец в плюснефаланговом суставе, укрепляет медиальный продольный свод стопы.

2.7.2.3.4. Короткий сгибатель первого пальца

Короткий сгибатель первого пальца (*m. flexor hallucis brevis*) – мышца, относящаяся к подошвенной группе мышц стопы, находится латеральнее отводящей мышцы I пальца стопы. Начинается от I клиновидной кости, ладьевидной кости и сухожилия задней большеберцовой мышцы. На месте прикрепления мышца разделяется на две головки, между которыми проходит сухожилие длинного сгибателя I пальца. Заканчивается у основания проксимальной фаланги пальца стопы. Иннервируется латеральным и медиальным подошвенными нервами, причем латеральная головка – *n. plantaris lateralis* (S_{I-II}), медиальная головка – *n. plantaris medialis* ($L_{V-S_{II}}$). Сгибает I палец, поддерживает своды стопы.

2.7.2.3.5. Мышца, приводящая первый палец

Мышца, приводящая первый палец стопы (*m. adductor hallucis*) – мышца, относящаяся к подошвенной группе мышц стопы, располагается между общим сгибателем пальцев и межкостными мышцами. Представлена двумя частями: а) косая – начинается от длинной подошвенной связки на уровне пяточно-кубовидного сустава, сухожилия большеберцовой мышцы и от основания II-III плюсневых костей; б) поперечная часть начинается от капсулы III, IV, V плюснефаланговых суставов и лежит поперечно длиннику стопы. У I пальца обе части соединяются в одно сухожилие, которое прикрепляется к основанию проксимальной фаланги I пальца, включая сесамовидную кость. Иннервируется латеральным подошвенным нервом (S_{I-II}). Приводит I плюсневую кость и I палец.

2.7.2.3.6. Мышца, отводящая пятый палец стопы

Мышца, отводящая пятый палец стопы (*m. abductor digiti minimi*) – мышца, относящаяся к подошвенной группе мышц, является самой крайней и поверхностной. Начинается от подошвенного апоневроза и пяточной кости, прикрепляется к бугристости V плюсневой кости проксимальной фаланги. Иннервируется латеральным подошвенным нервом – *n. plantaris lateralis* (S_{I-II}). Отводит и сгибает V палец.

2.7.2.3.7. Короткий сгибатель пятого пальца стопы

Короткий сгибатель пятого пальца стопы (*m. flexor digiti minimi brevis*) – мышца, относящаяся к подошвенной группе мышц стопы, слабая и малоразвитая мышца, расположенная под мышцей, отводящей V палец. Начинается от длинной подошвенной связки и V плюсневой кости, прикрепляется к основанию проксимальной фаланги V пальца. Иннервируется латеральным подошвенным нервом – *n. plantaris lateralis* (S_{I-II}). Сгибает мизинец.

2.7.2.3.8. Мышца, противопоставляющая пятый палец

Мышца, противопоставляющая пятый палец (*m. opponens digiti minimi*) – мышца, относящаяся к подошвенной группе мышц стопы, развита плохо и представляет рудиментарное образование. Хорошо развита у обезьян. Расположена медиальнее короткого сгибателя V пальца. Начинается от длинной подошвенной связки, прикрепляется к V плюсневой кости. Иннервируется латеральным подошвенным нервом – *n. plantaris lateralis* (S_{I-II}). Приводит и противопоставляет V плюсневую кость.

2.7.2.3.9. Короткий сгибатель пальцев

Короткий сгибатель пальцев (*m. flexor digitorum brevis*) – мышца, относящаяся к подошвенной группе мышц стопы, самая поверхностная мышца, лежащая под подошвенным апоневрозом между мышцами I и V пальцев. Начинается от медиального возвышения пяточного бугра и подошвенного апоневроза. Затем на середине стопы мясистое брюшко разделяется на 4 головки, прикрепляющиеся к средней фаланге II-V пальцев. Иннервируется мышца медиальным подошвенным нервом – *n. plantaris*

medialis ($L_V - S_I$). Сгибает пальцы в межфаланговых суставах, поддерживает своды стопы.

2.7.2.3.10. Квадратная мышца подошвы

Квадратная мышца подошвы (*m. quadratus plantae*) – мышца, относящаяся к подошвенной группе мышц стопы, лежит глубже короткого сгибателя пальцев. Начинается от края суставной площадки пяточной кости и прикрепляется к сухожилию длинного сгибателя пальцев. Иннервируется латеральным подошвенным нервом – *n. plantaris lateralis* (S_{I-II}). Натягивает сухожилие длинного сгибателя стопы.

2.7.2.3.11. Червеобразные мышцы

Червеобразные мышцы (*mm. lumbricales*) – мышцы, относящиеся к подошвенной группе мышц стопы, тонкие, слабые, не имеющие особого функционального значения. Начинаются от всех сухожилий длинного сгибателя пальцев и прикрепляются к медиальному краю тыльного апоневроза проксимальной фаланги II-V пальцев. Иннервируются латеральным и медиальным подошвенным нервом – *nn. plantares lateralis et medialis* ($L_V - S_{II}$). Сгибают пальцы в плюсне-фаланговых суставах.

2.7.2.3.12. Тыльные межкостные мышцы

Тыльные межкостные мышцы (*mm. interossei dorsales*) - группа мышц стопы, представленная слаборазвитыми 4 пучками. Располагаются в межкостных промежутках плюсневых костей. Прикрепляются к тыльным апоневрозам фаланг II - IV пальцев.

2.7.2.3.13. Подошвенные межкостные мышцы

Подошвенные межкостные мышцы (*mm. interossei plantares*) - группа мышц стопы, представленная 3 пучками, которые начинаются на медиальной стороне II - V плюсневых костей. Прикрепляются к основанию проксимальных фаланг и к тыльному апоневрозу III - V пальцев. Иннервируются латеральным подошвенным нервом - *n. plantaris lateralis* (S_{I-II}). Длинная ось стопы по своему положению соответствует II плюсневой кости, поэтому I тыльная межкостная мышца отводит медиально II палец. Вторая, тре-

тья и четвертая тыльные мышцы отводят соответствующие пальцы латерально. Подошвенные межкостные мышцы приводят III, IV и V пальцы ко второму пальцу (продольная ось стопы).

3. БИОМЕХАНИКА

Биомеханика – раздел биофизики, изучающий механические свойства живых тканей, органов и организма в целом, а также происходящие в них механические явления. Обычно термин «биомеханика» применяют к учению о движениях человека. Однако к середине 20в. границы исследований

по биомеханике расширились: биомеханика дыхательного аппарата изучает его эластическое и неэластическое сопротивление, кинематику (геометрическую характеристику движения) и динамику дыхательных движений; биомеханика кровообращения изучает упругие свойства сосудов и сердца, гидравлическое сопротивление сосудов току крови, распространение упругих колебаний по сосудистой стенке и т.д.; биомеханика движений, основываясь на данных анатомии, физиологии и теоретической механики, исследует структуру органов движения, характер приложения мышечных сил, вызывающих движения в суставах, кинематику сочленений, распределение массы тела по его звеньям, закономерности движения этих звеньев и тела в целом, определяет характер, направление и значение действующих сил.

Биомеханическая характеристика движения составляется на основе данных структурного, кинематического и динамического анализа. При структурном анализе определяют количество степеней свободы кинематических цепей тела, их характер (открытые, закрытые). Кинематический анализ дает характеристику движения (траектории, скорости и ускорения). Динамический анализ выявляет картину взаимодействия внутренних и внешних сил. Чаще всего задача биомеханического исследования сводится к определению картины действующих сил по кинематическим характеристикам движения. Это позволяет оценить экономичность движения, степень использования как внешних, так и мышечных сил, судить о механизмах регуляции и координации движений. В этой части биомеханика тесно соприкасается с физиологией движений.

Другая задача биомеханического исследования – изучение отдельных положений тела (стояние, сидение и др.). При этом определяют значение статических моментов, положение общего центра тяжести по отношению к опоре, степень устойчивости тела в данном положении, т.е. по существу устанавливает характер взаимодействия внутренних и внешних сил. Реше-

ние таких задач также связано с физиологией, с учением о положении и равновесии тела в пространстве.

Таким образом, движение – результат взаимодействия внешних по отношению к организму сил (сила тяжести, сопротивление среды) и внутренних сил (напряжение мышц, сокращение миофибрилл и т.д.). Целенаправленные движения возможны лишь при согласованной работе суставов и мышц, координация которых осуществляется нервной системой.

Движения человека – наиболее важный способ его взаимодействия с окружающей средой и активного воздействия на нее – отличаются большим разнообразием: движения, связанные с вегетативными функциями, с локомоцией, движения трудовые, бытовые, спортивные, связанные с речью и письмом. Выделяют два направления в изучении движений человека. Первое – выявление биомеханических характеристик опорно-двигательного аппарата, кинематическое и динамическое описание натуральных движений. Второе – нейрофизиологическое – выясняет закономерности управления движениями со стороны нервной системы.

Установлено, что мышцы, осуществляющие движения, рефлекторно управляются импульсами из ЦНС. Основные локомоторные движения, будучи унаследованными (безусловнорефлекторными), развиваются в ходе индивидуального развития – онтогенеза, а также вследствие постоянных упражнений. Овладение новыми движениями – сложный процесс формирования новых условнорефлекторных связей и их упрочения. При многократных повторениях произвольные движения выполняются согласованнее, экономичнее и постепенно автоматизируются. Важнейшая роль в регуляции движений принадлежит сигналам, поступающим в нервную систему от расположенных в мышцах, сухожилиях и суставах проприорецепторов, сообщающих о направлении, величине и скорости совершающегося движения, активирующих рефлекторные дуги в разных участках нервной системы, взаимодействие которых и обеспечивает координацию движений.

Исследования в области биомеханики представляют существенный интерес для разных областей знаний: физиологии труда и спорта, военной и клинической медицины, в том числе неврологии, ортопедии, травматологии и протезирования. Так, изучение биомеханики физических упражнений и спортивных движений способствуют раскрытию основ мастерства и разработке научно обоснованной системы тренировки. Изучение рабочих движений человека дает возможность оценить экономичность того или иного варианта движений и совершенствовать их структуру. Изучение прочности костей, суставов, связок, упруговязких свойств мышц и других тканей важно для травматологии и ортопедии, для понимания механизмов действия повреждающих факторов и предупреждения травм.

Многие характеристики опорно-двигательного аппарата используются при проектировании технических систем. Так, данные о структуре и механизмах управления «живыми кинематическими цепями» со многими степенями свободы (например, рука, начиная от ключично-лопаточного сочленения, имеет 33 степени свободы, что обеспечивает возможность чрезвычайно разнообразных движений и поворотов) применяется при создании автоматов-манипуляторов.

Начало исследованиям по биомеханике было положено итальянским ученым Леонардо да Винчи, изучавшим движения человека с позиций анатомии и механики. Значительное влияние на развитие биомеханики оказал итальянский врач, математик и физик Дж. Борелли, который рассматривал организм как машину и стремился объяснить дыхание, движение крови и работу мышц с позиций механики. В книге «О движении животных» (1681) он дает механический анализ движений звеньев тела человека и животных при ходьбе, беге, плавании.

Из биологических наук в биомеханике более других использовались данные анатомии и выделившейся из нее в XVI – XVII в.в. физиологии. Так складывались основные направления в развитии биомеханики – меха-

ническое, функционально-анатомическое и физиологическое, сосуществующие и поныне.

Механическое направление, начатое работами Дж. Борелли, развитое В. Брауне и О. Фишером, представлено в работах многих зарубежных школ. Механический подход к изучению движений человека позволяет определить количественную меру двигательных процессов. Это одна из основ биомеханики (измерение показателей двигательной функции). На этой основе совершенно необходимо объяснение физической сущности механических явлений. С точки зрения физики раскрывается строение опорно-двигательного аппарата и движений человека.

Однако чисто механический подход создает почву для неоправданных упрощений, что часто приводит к неправильным выводам. Кроме того, появляется опасность недооценки качественной специфики физики живого. Возникают механические тенденции объяснения качественно более высоких явлений простейшими механическими факторами.

Не случайно механическое направление не породило ни одной глубокой теории, объясняющей двигательную деятельность человека. Неправильная трактовка биомеханики как «прикладной к живому» механики исключает возможность познать действительную сложность движений человека и целенаправленно совершенствовать ее. Применение законов механики материальной точки и абсолютно твердого тела к изучению движений человека, конечно, необходимо, но недостаточно.

Так же как тело человека отличается от абстрактных тел, так и законы его движений требуют учета этих отличий. Для биомеханического анализа особый интерес представляют внутренние (в том числе мышечные) силы, в то время как в задачах классической механики их стараются исключать. В двигательном аппарате существенно важно определить источники, роль и эффективность каждой силы, в то время как в механике один из основных методов – замена системы сил эквивалентными векторами сил и моментов сил.

Функционально-анатомическое направление, созданное в нашей стране трудами П.Ф. Лесгафта и М.Ф. Иваницкого, характеризуется преимущественно описательным анализом движений в суставах, определением участия мышц при сохранении положений тела в его движениях. В анатомических исследованиях движений использовались качественные характеристики при относительно малом применении количественной меры. Однако сейчас все шире применяется регистрация электрической активности мышц (электромиография), дающая ценный вклад в определение времени и степени участия мышц в движениях, в согласование активности отдельных мышц и их групп.

Физиологическое направление в отечественной школе биомеханики складывалось под влиянием нейрофизиологии и в результате развития учения о высшей нервной деятельности. Признание рефлекторной природы двигательных действий и механизмов нервной регуляции при взаимодействии организма и среды в работах И.М. Сеченова, И.П. Павлова, А.А. Ухтомского, П.К. Анохина, Н.А. Бернштейна и других ученых составляет физиологическую основу изучения движений человека.

Обширные исследования регуляторных механизмов ЦНС и нервно-мышечного аппарата дают представление об исключительной сложности и совершенстве процессов управления движениями. Однако, несмотря на разностороннее изучение этой проблемы, единая, относительно завершенная физиологическая теория управления движениями еще не сформирована.

Исследования Н.А. Бернштейна дали возможность установить чрезвычайно важный принцип управления движениями, общепризнанный в настоящее время. Управление движениями осуществляется посредством приспособления импульсов (команд) нервной системы по ходу движения к конкретным условиям его выполнения и устранения отклонений от задачи движений (коррекция).

Идеи И.М. Сеченова о рефлекторной природе управления движениями путем использования чувствительных сигналов получили развитие в положении Н.А. Бернштейна о кольцевом характере процессов управления. Нейрофизиологические концепции Н.А. Бернштейна стали основой современной теории биомеханики.

В настоящее время при изучении биомеханических процессов используется **системно-структурный подход**, объединяющий механическое, функционально-анатомическое и физиологическое направления в развитии теории биомеханики. Биомеханика является живой, развивающейся наукой, так как в связи с ускоренным развитием прогресса, освоением космического пространства и подводного мира, увеличиваются требования к параметрам движения. Кроме того, в последнее время возникло большое количество новых видов спорта, еще не изученных с точки зрения законов биомеханики, в связи с чем процесс тренировок весьма затруднен.

3.1. Влияние физических нагрузок на опорно-двигательный аппарат

Современной наукой накоплены достаточно обширные знания о сложной перестройке в различных органах и системах организма человека под влиянием занятий спортом, которая протекает как на микроскопическом, так и на макроскопическом уровнях. В основе перестройки всех систем (и костной, и мышечной, и сердечно-сосудистой) лежат некоторые общие биологические принципы.

Спорт является мощным фактором, влияющим на биологическую и социальную природу человека. Неумелое использование этого полезного фактора, призванного улучшить физическое развитие человека и способствовать формированию у него таких качеств, как смелость, ловкость, сила, выносливость, может превратить его в фактор, приносящий вред. В связи с этим представляется важным установить закономерности возникновения в организме изменений под влиянием занятий спортом.

Для объяснения морфологических изменений в организме под влиянием спортивной деятельности есть, казалось бы, простая причинно-

следственная связь: физическая нагрузка \Rightarrow рабочая гипертрофия \Rightarrow увеличение мышечной массы. Внимание тренеров и специалистов порой направлено лишь на достижение (причём любой ценой) конечного результата: наращивания мышечной массы у спортсмена, а вместе с ней и силовых качеств. При этом не учитывается тот факт, что в перестройку вовлекается не только мышечная система, но и все другие органы и системы в организме человека. Между причиной (физическая нагрузка) и следствием (наращивание мышечной массы) стоит сложная цепь последовательных взаимных приспособлений различных систем организма к меняющимся функциональным отношениям. Не учитывать этого обстоятельства – значит не понимать основных процессов, протекающих в организме, не уметь управлять ими.

Организм человека устроен чрезвычайно сложно и включает в себя множество структурных подразделений. Современное **структурно-системное понимание** сущности жизни базируется на том, что структура организма на всех уровнях, начиная от клетки и кончая организмом, - это **интегральное единство пространственного строения и временной динамической организации.**

Идея о том, что живой организм представляет собой **функциональную систему**, была сформулирована в 30-х годах П.К. Анохиным и сейчас является одним из фундаментальных понятий в биологии. Феномен функциональной системы состоит в динамическом объединении различных элементов организма, которое направлено на получение полезного результата действия.

С этой точки зрения каждое движение человека, в том числе и движение спортсмена, можно рассматривать как результат функционального объединения большого количества различных морфологических элементов – костей, связочно-суставного аппарата, мышц, элементов кровеносной и нервной систем – направленного на достижение определенного двигательного эффекта. Каждая из перечисленных морфологических структур вы-

полняет в двигательном акте свои определенные функции, однако, это не мешает «функциональному ансамблю» структурных элементов работать согласованно. Функциональную систему можно выделить на любом уровне: и на клеточном, и на органном, и на организменном. Отсюда становится понятным многостороннее влияние физических упражнений и спорта на организм человека.

Выполнение любого движения неизбежно отражается на состоянии костей, их соединений, мышц, внутренних органов, сердца, сосудов, т.е., и на системах исполнения, и на системах обеспечения. В функциональной системе результат действия и полезность достигнутого результата для последующего поведения системы является главным управляющим фактором.

В процессе приспособления в животном мире создавались доминирующие линии нервных и гуморальных реакций, не только отвечающих настоящему моменту, но и опережающих события внешнего мира. **Принцип опережающего отражения** обеспечивает приспособление к будущим, ещё не наступившим событиям. Этот принцип играет важную роль в подготовке спортсменов к соревнованиям, в предстартовом периоде, особенно в плане обеспечения максимальной подготовленности систем организма к физическим нагрузкам.

Как уже говорилось, под влиянием занятий спортом и в мышечной, и в костной, и в сердечно-сосудистой системах происходят прогрессивные морфологические изменения, которые обеспечивают приспособленность организма спортсмена к высоким тренировочным и соревновательным нагрузкам.

Для обеспечения стабильного постоянства внутренней среды организма эволюция избрала **принцип избыточной организации**. Это, в частности, выражается в характерном дублировании органов и процессов. Парность органов заслуживает особого внимания, т.к. в нормальных условиях для обслуживания организма достаточно одного из них. Человек мо-

жет обходиться одной почкой, одним лёгким, может жить, потеряв треть крови. Избыточность организации страхует организм от случайностей. Из этого следует и другой вывод: прочность организма намного больше, чем ему действительно требуется. Значит, предел физических возможностей организма не исчерпывается в обычных ситуациях, он рассчитан и на предельные нагрузки.

Приспособительные изменения в организме, которые отражают расширение его функциональных возможностей, увеличение работоспособности, повышение сопротивляемости внешним воздействиям, понимаются как **адаптации**. При рассмотрении адаптации необходимо отметить два важных фактора:

1. Всякая адаптация возникает под влиянием раздражения в течение некоторого периода времени: от нескольких минут до многих поколений. Это, соответственно, адаптации органов чувств и генетические сдвиги в организме.

2. Адаптация характеризуется адекватностью сдвигов в организме (включая и морфологические) изменениям внешней среды. Об этом свидетельствуют основополагающие работы школ А. Н. Северцова, И. И. Шмальгаузена, И. П. Павлова, П. К. Анохина и открытие многих механизмов приспособительных реакций. П. К. Анохин (1962) отмечает, что адаптивные реакции играют роль своеобразного буфера, призванного смягчить эффект воздействия внешней среды и предотвратить сдвиги в течение жизненно важных процессов.

Каждому органу, каждой функциональной системе присущи собственные ритмы и диапазоны приспособляемости. Морфофункциональные изменения, происходящие в организме в процессе мышечной деятельности, существенны и выражаются в основном в гипертрофии поперечно-полосатых мышц при силовых нагрузках, в преобразовании конструкции мышцы как органа, в морфологической перестройке костей. Адаптационные изменения в двигательном аппарате спортсмена не-

одинаковы. В зависимости от особенностей вида спорта, в котором спортсмен специализируется, длительности занятий или уровня спортивного мастерства, способов решения двигательных задач эти изменения носят тотальный (общий) или локальный (местный) характер. Правильнее рассматривать локальную перестройку в единстве с общими изменениями в организме спортсмена. Обычно локальные изменения имеют место там, где в наибольшей мере действует нагрузка и где она проявляется специфически.

Принято различать две стадии адаптации: первая стадия – **функциональная адаптация** – характеризуется развитием таких адаптационных реакций в системах организма, когда приспособление идёт на функциональном уровне, а морфологические изменения незначительны и носят полиморфный характер; вторая стадия – **морфо-функциональная адаптация** – соответствует такому состоянию систем, когда наряду с гиперфункцией имеет место выраженная морфологическая перестройка органов.

Считается, что компенсаторно-приспособительные процессы, с морфологической точки зрения, могут быть двух видов: **гипертрофией и атрофией**.

Гипертрофией называется увеличение массы функциональных единиц органа, сопровождающееся интенсификацией его функций. Гипертрофия характеризуется увеличением объёма и веса органа, объёма клеточных элементов, а в некоторых случаях и количества клеток в органе, так называемой гиперплазией.

В отличие от гипертрофии, **атрофия** представляет собой процесс, характеризующийся уменьшением объёма и размеров органа, а также качественными изменениями клеточных элементов, приводящими к их гибели. Атрофия обычно сопровождает патологические процессы в организме человека.

Истинную гипертрофию, которая затрагивает перестройку паренхиматозных клеток, выполняющих специфическую для данного органа

функцию (для мышц это будут мышечные волокна, для костей – остециты и т.д.), необходимо отличать от ложной, при которой происходит увеличение межклеточной ткани (жировой или соединительной). **Ложная гипертрофия** часто протекает по типу замещения паренхиматозных клеток соединительной тканью и обычно сопутствует атрофии.

Усиление функциональной активности органов двигательного аппарата и систем обеспечения, наблюдаемое при повышенной мышечной работе, связано с возрастанием энергетических затрат организма. При этом усиливается расщепление сложных белково-липидных комплексов клеточной протоплазмы на большое количество мелких, легко окисляемых молекул.

Эти процессы приводят к **ацидозу** и набуханию клеточной протоплазмы. Это можно наблюдать на мышечных волокнах при их длительном сокращении. Ацидотические сдвиги, вызывая **гиперемию** (т.е., повышенный приток крови) тканей, способствуют развитию гипертрофии.

Следует отметить, что биохимические процессы предшествуют морфологическим проявлениям гипертрофии. Если объём и поверхность гипертрофированной клетки не удовлетворяют нарастающим потребностям в газообмене и метаболизме, то клетка иногда делится. Это восстанавливает нормальные отношения между объёмом и поверхностью. Если клетка не способна к делению, то она может наращивать свой внутриклеточный аппарат, увеличивая, скажем, количество миофибрилл, митохондрий, как это имеет место в мышечных волокнах.

Чем активнее мышечная деятельность, тем сильнее процессы распада, тем больше продуктов метаболизма накапливается в мышцах, что повышает уровень пластических процессов в них. При физических нагрузках увеличивается и количество митохондрий в работающих органах (мышцы, сердце). Гипертрофию вызывает не просто усиленная работа, а такая работа, которая контролируется организмом и которая имеет определенную биологическую направленность и целесообразность.

Мышечная деятельность при выполнении физических упражнений целенаправленно влияет на цикл самообновления клеток, поэтому, дозируя физическую нагрузку, можно поддерживать этот процесс самообновления на определённом уровне, создавая тем самым оптимальные условия для синтеза внутриклеточных структур. Изучение морфологических особенностей спортсменов различных специализаций является насущной проблемой сегодняшнего дня, так как в зависимости от индивидуальных характеристик организма и вида специализации тренировки по-разному сказываются на структурных свойствах организма.

3.1.1. Костная система

Изучение адаптационных изменений, происходящих в костной системе под влиянием занятий спортом, имеет не только теоретическое, но и практическое значение. Разнообразие функций скелета, механических и биологических, удивительная его лёгкость, прочность и надёжность давно привлекали внимание исследователей.

Многочисленные и тщательно проведенные наблюдения показали его большую пластичность и способность к перестройке при изменяющихся условиях как внутренней, так и внешней среды организма.

Методом меченых атомов (по P^{32} , Ca^{45}) установлено, что ежедневно в организме обменивается от 10 до 20% минеральных веществ костной ткани. В течение 50 дней обменивается 29% фосфора эпифизов бедренной и большеберцовой костей, почти половина минеральных веществ лопатки и осуществляется полное обновление фосфатидов костного мозга. Не вызывают уже сомнений факты качественной и количественной перестройки структур костной ткани у спортсменов, систематически переносящих высокие физические нагрузки.

Понимание процессов, происходящих в костной системе у спортсменов на тканевом и органном уровнях, позволит тренерам и педагогам по физическому воспитанию и спорту не только судить о вопросах и способах формообразования скелета, но и подойти к вопросам управления этими

процессами с целью гармоничного развития организма человека. Для практики спорта и, в частности, для спортивного отбора значительный интерес представляет и изучение пропорций тела, его тотальных и парциальных размеров, обусловленных степенью развития костной системы. Далекое не безразлично, например, значение роста для баскетболистов, длины руки для копьеметателей, длины предплечья для волейболистов или длины кисти для гимнастов.

Под влиянием занятий спортом в скелете помимо прогрессивных изменений, увеличивающих его прочность и надёжность, могут появляться **предпатологические и патологические изменения** в виде костных выступов – **остеофитов**, участков разрежения костной ткани и др., характеризующие состояние **перетренированности организма**. Зная о подобных изменениях скелета, тренеры могут избежать их, корректируя соответствующим образом тренировочный процесс.

При изучении изменений, происходящих в костной системе под влиянием физических нагрузок, применяются различные методы.

Антропометрический метод позволяет количественно определить тотальные и парциальные размеры костей, а также их изменения в процессе занятий спортом.

Преимущество **рентгенографического метода** заключается в возможности прижизненного изучения изменений формы, величины и внутреннего строения кости в процессе тренировок. Этот метод был впервые применен в анатомии при исследовании скелета в 1896 г. В. Н. Тонковым, а в 1897 г. – П. Ф. Лесгафтом.

Экспериментальным методом можно выяснить на животных изменения костной ткани и отдельных костей под влиянием нагрузок разной величины и интенсивности на микро- и макроскопическом уровнях. Одним из первых этот метод ввёл в анатомию П. Ф. Лесгафт. В настоящее время известно, что бедренная кость в вертикальном положении выдерживает давление в 1,5 т, а большеберцовая кость – до 1,8 т. Данные были получе-

ны в 60-е годы А. С. Обысовым, В. П. Валуевым и др. при изучении физико-механических свойств тканей двигательного аппарата.

Для определения степени воздействия нагрузки на кости скелета М. Г. Привес впервые применил **метод меченых атомов**. При этом было установлено, что кости скелета, расположенные ближе к площади опоры, испытывают большую нагрузку, а следовательно, подвергаются большей перестройке.

Гистологический и гистохимический методы необходимы для познания тонкого строения клеток и тканей. Использование светового и электронного микроскопов дает возможность изучать структурную перестройку тканей на клеточном уровне.

Адаптационные изменения в костной системе у спортсменов происходят на разных уровнях организации: **молекулярном, субклеточном, клеточном, тканевом, органном и системном**.

На органном уровне во всех костях скелета наблюдаются следующие адаптационные изменения:

- изменения химического состава;
- изменения формы;
- изменения внутреннего строения;
- изменения роста и сроков окостенения.

Химический состав костей несколько сдвигается в сторону увеличения содержания неорганических веществ (кальция, фосфора). Это сопровождается увеличением плотности костной ткани до $1,55 \text{ г/см}^3$. Форма костей значительно меняется в связи с повышенной мышечной деятельностью. В местах прикрепления сухожилий мышц образуются гребни, бугры, шероховатости. Они тем больше, чем сильнее развиты мышцы.

Так, например, у штангистов сильно меняется форма лопатки и ключицы. Ключица утолщается, подмышечный край лопатки становится неровным. У пловцов, в связи с гипертрофией дельтовидной мышцы, увеличивается диафиз плечевой кости, хирургическая шейка сглаживается. У

гребцов на байдарке становится слабо выраженной шейка лучевой кости в результате увеличения бугристости, где прикрепляется двуглавая мышца плеча. У боксеров и штангистов может изменяться даже изгиб диафиза лучевой кости. У гимнастов кости запястья характеризуются угловатой формой, особенно отличаются размерами и своеобразными очертаниями трапециевидная, головчатая и ладьевидная кости. У занимающихся художественной гимнастикой, фехтованием и метанием молота ладьевидная и полулунная кости приобретают округлую форму.

У легкоатлетов, спортигровиков, гимнастов, прыгунов в воду и лыжников в области таза отмечаются значительные изменения формы вертлужной впадины. У метателей диска утолщается дистальный конец диафиза бедра. У бегунов наблюдается сильное утолщение большеберцовой кости в области ее бугристости и малоберцовой – в области ее головки. У хоккеистов и борцов увеличивается ширина проксимальных эпифизов костей голени.

Значительные изменения претерпевают позвонки, форма которых становится четырёхугольной или клиновидной. Четырёхугольная форма наблюдается преимущественно у пловцов. Клиновидная форма с клином, суживающимся кпереди, - у штангистов, гребцов и велосипедистов, а с клином, суживающимся кзади, - у борцов, применяющих сложные приёмы в партере с мостом.

Морфологические изменения в строении костной системы спортсменов касаются: а) **надкостницы**, б) **компактного и губчатого вещества** и в) **костномозговой полости**. **Надкостница** костей в процессе занятий физическими упражнениями сильно утолщается вследствие повышенной функции ее внутреннего, камбиального или костеобразующего слоя. На рентгенограммах юных спортсменов наблюдали, как обычно невидимая надкостница в определённой фазе становится видимой в виде узкой полосы, прилегающей к компактному слою кости. В дальнейшем окостенева-

ющая часть надкостницы сливается с компактным слоем диафиза, обуславливая его утолщение.

Компактное вещество кости, как правило, у спортсменов утолщается. Симметричное утолщение компактного слоя на костях конечностей наблюдается у пловцов, бегунов, штангистов, конькобежцев и футболистов. В таких же видах спорта, как теннис и метания, в которых верхние конечности человека подвергаются неодинаковым нагрузкам, наблюдаются асимметричные изменения толщины компактного слоя костей. И у теннисистов, и у метателей преимущественные изменения происходят на правой конечности, но в разных её сегментах.

У фехтовальщиков рабочая гипертрофия, как и у метателей, наблюдается преимущественно в верхней правой конечности в плечевой кости и в области 1-й пястной кости, а на нижней конечности в области бугра пяточной кости (в связи с выпадами и ударами пяткой об опорную поверхность).

Асимметричные изменения компактного слоя костей отмечаются также у боксёров. Наибольшему воздействию подвергается кисть, особенно головки пястных костей – I, III, V. Компактный слой их утолщен, что характеризует очень интенсивную перестройку кости.

У легкоатлетов-прыгунов происходит перестройка компактного вещества в костях преимущественно толчковой ноги. Поперечный размер диафиза бедренной кости толчковой ноги превышает соответствующий размер бедренной кости другой ноги на 1-5 мм.

У велосипедистов наблюдается равномерное увеличение компактного слоя по всей длине диафиза бедренной кости. На костях голени компактный слой развит не однотипно и на различных уровнях имеет неодинаковую толщину. Для велосипедистов, выступающих на треке, характерно увеличение компактного слоя на наружной и внутренней поверхностях большеберцовой кости, особенно в средней её трети (15-16 мм). На мало-

берцовой кости компактный слой увеличен в основном на задней её поверхности и достигает наибольшей толщины в нижней трети (17-18 мм).

Изучение рентгенограмм костей верхней конечности у стрелков показало неравнозначные изменения костей у стрелков из винтовки и стрелков из пистолета. У стрелков из винтовки не обнаружено каких-либо существенных изменений в плечевой кости и в костях кисти, изменения локализуются преимущественно в костях предплечья.

В лучевой кости за счет утолщения компактного слоя увеличены размеры диафиза, шейки и дистального эпифиза. В локтевой кости – диафиза и проксимального эпифиза. Причина столь избирательной реакции заключается в особенностях биомеханической работы, при которой кости предплечья у стрелков из винтовки постоянно подвергаются длительному сжатию. Момент вращения силы тяжести предплечья уравнивается моментом вращения силы мышц-сгибателей и супинаторов предплечья. Постоянное и длительное напряжение этих мышц и вызывает соответствующую перестройку костей.

У стрелков из пистолета основную нагрузку несет верхняя правая конечность, удерживающая оружие. У них, в отличие от стрелков из винтовки, наблюдаются изменения во всех звеньях рабочей конечности. На плечевой кости имеется утолщение проксимального эпифиза, анатомической шейки и диафиза (особенно в области дельтовидной бугристости), на локтевой – утолщение диафиза и проксимального эпифиза, в скелете кисти – увеличение толщины компактного слоя в диафизах III, IV, V пястных костей. Пистолет, удерживаемый в вытянутой руке, увеличивает плечо силы тяжести верхней конечности и момент ее вращения по отношению к центру плечевого сустава. Это приводит к увеличению моментов вращения дельтовидной и надостной мышц, что вызывает соответствующие изменения проксимального эпифиза плечевой кости. Изменения в локтевой кости можно объяснить тем, что она противостоит действию увеличивающегося

момента силы тяжести в отношении локтевого сустава. Рукоятка пистолета оказывает давление в основном на III, IV, V пястные кости.

В настоящее время установлены три вида строения губчатого вещества кости: **мелкоячеистое, среднеячеистое и крупноячеистое**. У людей, не занимающихся спортом, губчатое вещество эпифизов костей обычно имеет периферическую зону с относительно мелкими ячейками и центральную – с более крупными ячейками.

Высокие спортивные нагрузки, как правило, приводят к увеличению размеров ячеек губчатого вещества.

Эпифизарные отделы трубчатых костей приобретают более однородную крупноячеистую структуру уже без деления губчатого вещества на периферическую и центральную зону.

У штангистов ячейки губчатого вещества эпифизов костей кисти становятся почти квадратными или округлыми, на стопе же мощные костные пластинки располагаются по длиннику костей и имеют едва заметные перпендикулярно идущие перекладины. Крупноячеистая структура губчатого вещества отмечена в костях гимнастов, борцов, тяжелоатлетов и велосипедистов.

Костномозговая полость в костях спортсменов в связи с утолщением компактного слоя уменьшается. На рентгенограммах она иногда имеет вид узкой щели между двумя тенями сильно развитого компактного вещества.

Рост костей непосредственно связан с процессом **синоστοзирования**, или окостенения, и продолжается до тех пор, пока не образуются синостозы в области **эпифизарных хрящей**. В условиях эксперимента констатировали стимулирующее влияние физической нагрузки на рост костей. При повышенной физической нагрузке динамического характера (скоростной бег в тредбане) наблюдали у собак некоторую стимуляцию продольного роста трубчатых костей и наряду с этим увеличение их веса и изменение формы.

Обычно нагрузки статического характера вызывают некоторое укорочение костей, но не вследствие снижения интенсивности продольного роста, а вследствие задержки окостенения. Ростовая зона, как правило, не реагирует ни на увеличение, ни на уменьшение статической нагрузки, а при определенной дозировке динамической нагрузки размеры сегментов конечностей увеличиваются.

При наблюдениях юных спортсменов, занимающихся легкой атлетикой (бег, прыжки, метания), тяжелой атлетикой, боксом, футболом, теннисом, фехтованием, конькобежным спортом не отмечали изменений в процессах созревания скелета и в росте костей в длину. Между тем было установлено, что физические нагрузки у воспитанников ремесленных училищ приводят к замедлению процессов синостозирования, в результате чего трубчатые кости их растут дольше, чем у учащихся средних школ.

Замедление процессов синостозирования в дистальном отделе костей предплечья наблюдали у акробатов, пловцов, гребцов, метателей диска, а также отмечали у них увеличение сроков роста костей в длину. В самовидных костях кисти, увеличивающих плечо силы мышц, у теннисистов и тяжелоатлетов наблюдали более ранний переход хрящевой ткани в костную.

Рассматривая костную систему на уровне целого организма, можно констатировать, что все адаптационные изменения в ней протекают как благоприятные, прогрессивные и носят характер рабочей гипертрофии. Рентгенологически рабочая гипертрофия костей у юных спортсменов отмечается через 6-7 месяцев после начала тренировок, а у спортсменов старшего и среднего возраста через 1-1,5 года.

Общие адаптационные изменения происходят во всех костях скелета, а локальные – в наиболее нагруженных его отделах. При снятии физической нагрузки наблюдалось обратное развитие рабочей гипертрофии костей.

Таким образом, наблюдаемые изменения в костной системе у спортсменов отражают ту морфо-функциональную перестройку, которая обусловлена прогрессивными сдвигами в организации опорно-двигательного аппарата под влиянием специфической спортивной деятельности.

Механические нагрузки определяют интенсивность роста, особенности размеров и рельефа костей. Влияние механических факторов на рост и формирование костей можно проследить в экспериментах на животных, удаляя отдельные мышцы, части скелета, а также дозируя пониженные или повышенные двигательные режимы. Немало подтверждений тому дает и спортивная морфология. Скелет спортсменов различной специализации несет отдельные черты приспособления к специфическим повышенным механическим нагрузкам. При высоких механических нагрузках кости приобретают, как правило, большую массивность. На их поверхности образуются бугорки в месте сухожильного прикрепления мышц и углубления – там, где мышцы давят на кость своей массой.

Еще более ста лет назад создатель экспериментальной и спортивной морфологии в нашей стране П.Ф. Лесгафт сформулировал правило, соответствующее которому рост костей определяется деятельностью окружающих мышц. Учитывая современные данные экспериментальных наблюдений и спортивной морфологии, можно уточнить функциональные законы роста кости:

1. механические факторы, стимулирующие рост костей, должны иметь ритмический характер воздействия;
2. активизация роста костей происходит при оптимальном уровне нагрузок, недостаточные или избыточные нагрузки могут задерживать его;
3. реакция растущей кости на механические нагрузки определяется в числе прочих факторов индивидуально своеобразными особенностями нормы реакции кости на нагрузку.

Общая гипертрофия мускулатуры тела спортсмена повышает напряжение в костях, не подвергаемых внешним воздействиям, и вызывает гене-

рализованые изменения костей черепа. Поэтому, например, у дзюдоистов увеличивается обхват головы, продольный и поперечный ее диаметры, как и размеры лица, по сравнению с людьми, не занимавшихся спортом. Это вызвано изменениями самого черепа в основном за счет губчатого слоя, тогда как наружная и внутренняя пластинки не подвергаются перестройке.

Плечевая кость подвергается значительным изменениям у представителей силовых видов спорта – штангистов и борцов. У штангистов форма ее диафиза приближается к цилиндрической за счет расширения дистальной части диафиза. Различие в ширине средней и нижней трети кости составляет у людей, не занимающихся спортом, 3,8 мм, у штангистов лишь 0,6 мм. Расширение диафиза связано с утолщением компактного вещества, которое приобретает слоистый характер. По латеральному краю кости расхождение компактного вещества начинается проксимальнее, чем по медиальному. Видимо, это связано с большим разнообразием движений в плечелоктевом суставе (две оси вращения), чем в плечелоктевом (одна ось).

Поперечные размеры костей предплечья у спортсменов изменены в большей степени, чем продольные. При занятиях гимнастикой и борьбой поперечные размеры сильно увеличиваются у локтевой кости, а спортивными играми и боксом – у лучевой. Головка лучевой кости у боксеров и гимнастов достигает наибольших размеров. В первом случае сокращения мышц предплечья продолжительны, статичны, и локтевая кость как место начала мышц укрепляется. Во втором случае в костях кисти возникают напряжения, имеющие переменный характер и передающиеся в основном на лучевую кость (локтевая имеет меньшую зону соприкосновения с кистью).

При сравнении кисти акробатов, пловцов, штангистов и стрелков из лука установлено, что ее длина наибольшая у пловцов, наименьшая – у штангистов. Удлинение у первых и укорочение у остальных происходит в основном за счет пясти. При преимущественно динамических воздействиях на кисть (волейбол, бокс, плавание) главным образом изменяются про-

дольные размеры костей, их головка и основание. Так, у боксеров подвергаются нагрузкам II и III пястные кости. Головка их расширяется, а при чрезмерной по нагрузке тренировке начинает суживаться. Преимущественно статические воздействия (гимнастика, тяжелая атлетика, борьба) изменяют в основном диафиз: он расширяется, компактное вещество утолщается иногда за счет костномозговой полости, которая может суживаться. Отмечено удлинение костей пясти, причем даже тогда, когда эпифизарные зоны у дистального конца зарастают костной тканью. Рост этих костей в длину происходит за счет не только эпифизарного, но и суставного хряща. При этом надо учитывать, что проксимальные концы пястных костей при выполнении упражнений работают на растяжение и на сжатие, тогда как дистальные – в основном на растяжение. Следовательно, проксимальные концы подвергаются большим нагрузкам, чем дистальные.

Различия в изменении отдельных размеров костей кисти выясняются при анализе распределения механических нагрузок на них у боксеров и гимнастов. У гимнастов нагрузкам подвергается диафиз пястной кости при упоре, проксимальной фаланги – при висе на перекладине, у боксеров – головка пястной кости и основание проксимальной фаланги. Поэтому у боксеров большим изменениям подвержены эпифизы, а у гимнастов – диафизы костей.

Удлинение пястных костей у гимнастов имеет большой функциональный смысл. Дело в том, что между пястными костями, как известно, располагаются межкостные мышцы. На их долю приходится половина силы мышц, сгибающих II – V пальцы. Суммарное удлинение пястных костей на 1 см приводит к увеличению физиологического поперечника мышцы на 2 см² и приросту силы на 20 кг. При выполнении гимнастических упражнений сила мышц-сгибателей имеет первостепенное значение, так как при выполнении большого оборота развивается центробежная сила, превышающая массу спортсмена в 3 – 4 раза.

У спортсменов изменяются структурные элементы скелета нижних конечностей. У гимнасток поперечные и переднезадние размеры таза меньше, чем у женщин, не занимающихся гимнастикой. При этом с увеличением стажа занятий гимнастикой размеры таза уменьшаются. Последнее можно объяснить влиянием спортивного отбора, хотя нельзя исключить и сдавливающее таз действие мышц живота (особенно поперечных) у начавших заниматься гимнастикой относительно рано.

Как правило, размеры женского таза больше, чем мужского. Однако оказалось, что у женщин, специализирующихся в плавании и спортивных играх, расстояние между гребнями подвздошных костей и большими вертелами бедренных меньше, чем у мужчин той же специализации.

Рост костей таза зависит от содержания в крови половых гормонов. При интенсивной мышечной деятельности повышается выработка мужских половых гормонов, что может повлиять на размеры таза.

Характерны различия вертлужной впадины тазовой кости и головки бедренной при занятиях разными видами спорта. Диаметр впадины и головки бедра у футболистов больше и с повышением спортивной квалификации увеличивается. У гимнастов поперечники меньше и с ростом квалификации уменьшаются. Для футболистов характерны и сравнительно большие переднезадние и поперечные размеры диафиза бедренной кости. Однако наибольших значений эти размеры достигают у штангистов и метателей молота. Ширина дистального эпифиза бедра между надмыщелками самая большая у футболистов и велосипедистов. Поперечник диафиза бедра и компактного вещества достигает большой выраженности у прыгунов в длину. При этом нормально существующие отличия между правой и левой сторонами усиливаются. На толчковой ноге эти размеры оказываются больше, чем на другой конечности.

Большую массивность имеют кости бедра и голени у велосипедистов. По краям бедренной кости компактное вещество гипертрофировано относительно равномерно, на костях голени – неравномерно, причем распреде-

ление компактного слоя зависит от «амплуа» велосипедиста. У выступающих на треке компактный слой утолщается на передней поверхности большеберцовой (средняя треть) и задней стороне малоберцовой (нижняя треть) костей. Для велосипедистов-шоссейников характерно утолщение компактного вещества в средней трети костей голени по соприкасающимся краям. В этом случае сокращения мышц передней группы голени длительны и для них требуется большая опора. Из костей плюсны в наибольшей степени утолщается компактный слой у I плюсневой кости, тогда как II – IV изменены меньше.

При занятиях спортом представляет интерес перестройка костей предплюсны, и в первую очередь пяточной кости. Как и другие короткие кости, пяточная кость построена из губчатого вещества, перекладины которого ориентированы в направлении тяги мышц и статических нагрузок. Согласно современным представлениям в этой кости выделяют 8 систем балок. Системы VI, VII и V определяются соответственно задним, промежуточным и передним компонентами опорной нагрузки; система II – тягой трехглавой мышцы голени, система III – тягой подошвенных мышц; система I – действием проходящего здесь в костно-фиброзном канале сухожилия длинного сгибателя большого пальца стопы; система VIII образуется благодаря сокращениям передних мышц голени, вызывающих натяжение латеральной ножки крестообразной связки. При прыжках в высоту усиленно развиваются I, II, III системы, при прыжках в длину – I, III, VIII, при беге – V и VII, при ходьбе – II, III, VI.

3.1.2. Соединения костей.

Изучение приспособительных изменений, происходящих в соединениях костей под влиянием занятий физическими упражнениями, имеет большое теоретическое и практическое значение. Для многих видов спорта первостепенное значение имеет развитие одного из физических качеств – гибкости.

В спортивной практике под гибкостью понимают способность выполнять движения с большой амплитудой. **Гибкость тела** обусловлена суммарной подвижностью в сочленениях отдельных костей. Поэтому можно говорить о гибкости тела и его крупных частей, состоящих из сравнительно большого количества отдельных костей, а также **кинематических звеньев**, подвижно соединяющихся между собой. К отдельным же суставам термин «гибкость» не применим; правильнее говорить о подвижности в суставах.

В таких видах спорта, как спортивная и художественная гимнастика, акробатика, фигурное катание на коньках, некоторые спортивные игры, для овладения рациональной спортивной техникой, для достижения высоких спортивных результатов необходима максимальная подвижность почти всех звеньев тела. В других же видах спорта на фоне общей хорошей или даже средней подвижности в суставах максимальная подвижность нужна только в отдельных суставах.

Так, для бегунов необходима высокая подвижность только в суставах ног, обеспечивающая большую амплитуду сгибательных и разгибательных движений, а, следовательно, и длину шага.

Для пловцов – подвижность в суставах стопы, обеспечивающая значительное сгибание при сохранении средней величины разгибательных движений. Для лыжников и штангистов характерна противоположная закономерность. По данным исследований, имеется «врожденная специализация суставов», выражающаяся в том, что у одних детей, не занимающихся спортом, большая амплитуда сгибания стопы, а у других – разгибания. Эти особенности рекомендуется учитывать и при отборе в спорте.

Особенности строения соединений костей у спортсменов преимущественно исследуются рентгенографическим методом, а также экспериментально на животных. Имеется также большое количество гониометров – электрических и механических устройств для измерения величин углов движения в суставах.

По данным классической анатомии, **предельная, анатомически допустимая амплитуда** движений в суставах определяется разностью дуг кривизны сочленяющихся поверхностей костей. Наряду с предельной подвижностью различают **активную подвижность**, которая характеризует объём движений, активно выполняемых человеком, а также пассивную подвижность, которая характеризует объём движений, допустимый при приложении сил извне.

Рентгенографические исследования функций суставов показали, что объём движений в них не ограничивается строго суставными поверхностями, движения могут выходить за их пределы, и что высокая пассивная подвижность возможна за счет расхождения краев суставных поверхностей сочленяющихся костей.

Главными факторами, определяющими амплитуду движений в суставах, являются **костные ограничители** и **функциональные тормозные механизмы**. Примерами костных ограничителей могут быть остистые отростки позвонков при разгибании позвоночника, локтевой отросток – при разгибании предплечья, большой вертел – при отведении бедра и т.д. К тормозным механизмам относятся мягкие ткани: мышцы-антагонисты, связки, окружающие сустав. Например, клювовидно-акромиальная связка, образующая свод плечевого сустава, тормозит отведение плеча; подвздошно-бедренная связка – разгибание бедра при выполнении упражнения «шпагат» и т.д. Но, как правило, тормозами движению бывают мышцы, расположенные на стороне, противоположной движению.

К факторам, оказывающим влияние на подвижность суставов, относятся: температура окружающей среды, время суток, взаиморасположение сочленяющихся костей в данном суставе, положение костей в соседних суставах, степень тренированности. Подвижность в суставах зависит также от пола и возраста индивидуума. При эмоциональном подъёме амплитуда движений больше, чем при состоянии депрессии.

Понижение температуры окружающей среды уменьшает подвижность в суставах, при повышении температуры, наоборот, подвижность увеличивается. Это объясняется рефлекторным воздействием холода или тепла на тонус мышц. При понижении температуры воздуха тонус мышц повышается, а, следовательно, увеличивается тормозящее влияние мышц-антагонистов. В связи с этим, нужно увеличить время разминки как общей, так и специальной (особенно) – у конькобежцев, например, в области голеностопного сустава. Во время разминки усиливается работа сердца, повышается давление крови, открываются резервные капилляры в мышцах и увеличивается периферическое кровообращение. Это приводит к понижению вязкости мышц, они становятся более растяжимыми, в связи с чем увеличивается подвижность в суставах.

Работоспособность всех систем человеческого организма в течение суток неодинакова. В ночные часы функции большинства органов снижаются. Эта закономерность, которую называют биоритмами, касается и работы двигательного аппарата. Наименьшая подвижность в суставах наблюдается утром, затем она возрастает, достигая максимальных показателей в 12-14 час., а к вечеру снова понижается. Суточные колебания в подвижности суставов у детей выражены больше, чем у взрослых; у спортсменов меньше, чем у не занимающихся спортом.

Как уже упоминалось, на величину амплитуды движений в суставах может влиять взаиморасположение костных звеньев в данном суставе.

Например, отведение бедра происходит с большей амплитудой, если оно предварительно было супинировано. При таком движении исключается участие большого вертела в качестве механического ограничителя движений в тазобедренном суставе. Супинация и пронация голени в большей мере достигается при сгибании ноги в коленном суставе в связи с тем, что расслабляются коллатеральные (боковые) связки, являющиеся ограничителями движений голени вокруг вертикальной оси при выпрямленной ноге. На величину амплитуды движений в суставе также влияет взаиморасполо-

жение костей в соседних суставах в связи с натяжением дву- или многосуставных мышц-антагонистов. Например, разгибание кисти возможно с большей амплитудой при согнутых пальцах, чем при разогнутых, так как в последнем случае натягиваются мышцы-сгибатели пальцев и тормозят движение. Амплитуда сгибания бедра при согнутой ноге в коленном суставе будет больше, чем при разогнутой, так как во втором случае натягиваются двусуставные мышцы задней поверхности бедра, тормозящие данное движение.

Под влиянием спортивной тренировки происходит морфо-функциональная перестройка соединений костей, степень которой в основном зависит от объема выполняемых движений. Перестройка идет не только в направлении увеличения амплитуды движений, необходимой для овладения рациональной техникой и достижения высоких спортивных результатов. В **неупражняемых суставах** или в тех суставах, в которых из-за специфических особенностей вида спорта костные звенья должны быть жестко закреплены, амплитуда движений уменьшается. В этих случаях морфо-функциональная перестройка направлена на преодоление избыточных степеней свободы. Морфологически адаптация в суставах проявляется в структурных изменениях суставных хрящей, связок и мягких тканей, окружающих суставы. Эта перестройка больше выражена при длительных целенаправленных тренировках в детском и юношеском возрасте, когда происходит моделирование суставных поверхностей в нужном направлении, а мягкие ткани становятся более эластичными и прочными.

По наблюдениям, у фехтовальщиков, баскетболистов и спортсменов, занимающихся художественной гимнастикой, и ручным мячом, т.е., у всех тех, у кого спортивная специализация требует большой подвижности кисти, лучезапястный сустав по форме приближается к шаровидному. У лиц, занимающихся спортивной гимнастикой, он имеет форму вытянутого эллипса и характеризуется большей конгруэнтностью суставных поверхностей. Кости запястья располагаются плотно. Такое устройство лучезапяст-

ного сустава и среднезапястного суставов обеспечивает необходимую прочность, и они лучше приспособлены к постоянному действию больших нагрузок при работе спортсмена на снарядах.

Однако у гимнастов на фоне высокой подвижности почти во всех суставах тела амплитуда движений в лучезапястном суставе средняя. Также у гимнастов имеется некоторое уплощение вертлужной впадины, что уменьшает конгруэнтность суставных поверхностей тазобедренного сустава. Уменьшение конгруэнтности способствует увеличению подвижности.

У футболистов высоких разрядов часто наблюдается обызвествление суставной губы и краевые костные разрастания вертлужной впадины. Это явление, по-видимому, надо рассматривать как компенсаторно-приспособительную реакцию скелета к выполнению соответствующих движений. Благодаря этим изменениям увеличивается опорная поверхность для головки бедра, а также прочность тазобедренного сустава. Для футболистов характерно значительное развитие амортизирующего аппарата тазобедренного сустава, к которому относят связку головки бедра. Нагрузки в футболе предъявляют значительные требования к прочности скелета таза, так как при ударе по мячу опорой для свободной нижней конечности является таз. Наиболее важную роль в обеспечении прочности таза как целостного образования играют крестцово-подвздошные суставы и лобковый симфиз. Прочность крестцово-подвздошных суставов достигается благодаря особенностям строения сочленяющихся костей. Щель крестцово-подвздошного сустава у взрослого человека располагается не в сагиттальной плоскости, а косо, в среднем положении между сагиттальной и фронтальной плоскостями. Крестцово-тазовые поверхности крыльев подвздошных костей накладываются на боковые части крестца, между ними находятся мощные крестцово-подвздошные межкостные связки. Чем больше укладываются друг на друга указанные кости, тем больше прочность тазового кольца и в связи с этим лучше его опорная функция. В процессе занятий футболом происходит рабочая гипертрофия боковых частей

крестца и крестцово-тазовых поверхностей подвздошных костей. У квалифицированных футболистов с большим спортивным стажем (более 10 лет) чаще, чем у спортсменов других специализаций, наблюдаются изменения в лобковом симфизе, которые выражаются в увеличении площади поверхностей соединяющихся костей, в неровности их краев, в сужении полости и направлены на повышение прочности тазового кольца.

Опыты на животных показали, что упражнения на растягивание мягких тканей способствуют увеличению подвижности в суставах и повышают прочность мышечно-связочного аппарата. Применение только силовых упражнений приводит к уменьшению подвижности в суставах, к укреплению мышечно-связочного аппарата.

Адаптационные изменения в кинематических цепях конечностей могут выражаться в перераспределении подвижности в смежных суставах. При изучении подвижности в суставах верхней конечности у спортсменов силовых видов спорта амплитуда движения в наиболее подвижных суставах (плечевом и лучезапястном) уменьшалась, а в менее подвижных (акромиально-ключичном, грудино-ключичном, среднезапястном и запястно-пястных) - увеличивалась. В результате в кинематической цепи одновременно происходило увеличение и прочности, и подвижности. У штангистов и борцов отмечается подобное явление – уменьшение подвижности в голеностопном суставе при компенсаторном увеличении подвижности в таранно-пяточно-ладьевидном.

При чрезмерных нагрузках, технически неправильных тренировках или недостаточном уровне приспособительных реакций организма в двигательном аппарате спортсмена могут появиться предпатологические и патологические изменения. Обычно они встречаются в суставах, испытывающих большую нагрузку. Так, у гимнастов эти изменения чаще наблюдаются в суставах верхней конечности, преимущественно в локтевом; у боксеров - в локтевом, лучезапястном и суставах кисти; у легкоатлетов и футболистов – в коленном, голеностопном и суставах стопы. При рентгено-

графических исследованиях позвоночного столба у некоторых штангистов обнаруживаются в грудном и поясничном отделах уменьшение высоты и деформации межпозвоночных дисков, сужение межпозвоночных отверстий. Эти изменения сопровождаются болью и плохо поддаются лечению.

Считается, что у спортсменов имеется дисгармония, вернее специфическая гармония морфологического профиля и вегетативных функций. Это относится и к функциям суставов. Как уже упоминалось, морфофункциональная адаптация суставов у спортсменов происходит в направлении увеличения подвижности в одних суставах и ограничения подвижности – в других в зависимости от специфики вида спорта. Поэтому знание этой топографии подвижности суставов имеет большое практическое значение. Подвижность в соединениях костей у спортсменов высокого класса может служить эталоном для начинающих спортсменов.

Специфику подвижности в суставах можно обнаружить не только у спортсменов разных специализаций, но и внутри каждой специализации, в связи с особенностями двигательной деятельности. Так, среди пловцов наибольшая подвижность в суставах нижней конечности отмечена у специализирующихся в плавании стилем брасс. Если суммарная подвижность в суставах нижней конечности у них составляет 605° , то у спортсменов, плавающих способом дельфин – 587° , на спине – 575° , стилем кроль – 557° . При этом наблюдается увеличение подвижности с повышением квалификации спортсмена.

При специальной тренировке подвижность в суставах может существенно изменяться. Так, эллипсоидность лучезапястного сустава при занятиях художественной гимнастикой сменяется некоторой шаровидностью, что обеспечивает больший объем движений. Если у баскетболистов и гандболистов (мужчин и женщин) суммарная подвижность по четырем движениям в лучезапястном суставе больше 200° , то у специалистов по спортивной гимнастике и гребле она меньше 200° . У первых сустав более конгруэнтен и его головка имеет форму вытянутого эллипсоида, у вторых

степень соответствия суставных поверхностей меньше и головка более выпуклая.

Можно значительно развить гибкость позвоночника, достигающую особой выраженности у исполнительниц циркового номера «женщина-змея». При ряде специализаций подвижность в суставах уменьшена. Так, у футболистов (по сравнению с гимнастами) тазобедренный сустав адаптируется к повышенной статической надежности в ущерб подвижности. Это необходимо для обеспечения стабильности тазового кольца в одноопорном положении футболиста при ударе по мячу противоположной ногой. У футболистов оказался наименьшим объем пассивного движения в коленном суставе.

У гимнастов возникает уплощение вертлужной впадины, обеспечивающее разницу в кривизне суставных поверхностей и увеличение подвижности в тазобедренном суставе. У представителей силовых видов спорта (тяжелая атлетика, борьба) уменьшение подвижности в голеностопном суставе и повышение его статической надежности обеспечивается за счет уплощения суставной головки таранной кости. Наблюдения за легкоатлетами, тяжелоатлетами, гимнастами, пловцами, футболистами и гандболистами показали, что наименьшая гибкость позвоночника и наибольшая способность его к растяжению характерны для пловцов и тяжелоатлетов.

3.1.3. Мышечная система

Скелетная мускулатура составляет около 40% от массы тела человека. В теле человека насчитывается около 400 скелетных мышц. Они различаются по размерам, форме, направлению волокон, положению, отношению к суставам, функции. Размеры, форма и структура мышцы влияют на величину работы, которую она может совершить, так как от них зависит сила и амплитуда сокращения.

Одиночное мышечное волокно способно развивать напряжение 0,1-0,2г, а абсолютная сила мышцы (приходящаяся на 1см² поперечного разре-

за через мышечные волокна) равна в среднем 10кг и варьирует от 6,24 до 16,8кг у разных мышц.

Сила мышцы прямо пропорциональна числу содержащихся в ней мышечных волокон. Сумма поперечных сечений всех мышечных волокон, составляющих мышцу, называется ее **физиологическим поперечником**, в отличие от **анатомического поперечника**, равного площади поперечного сечения мышечных волокон на разрезе, перпендикулярном к длине мышцы. Существует несколько способов расчета физиологического поперечника. Наиболее употребительно определение его по формуле v/l , где v - объем мышцы, l – средняя длина мышечных волокон. Чем больше физиологический поперечник, тем больше сила, развиваемая мышцей.

Величина **физиологического поперечника мышцы** зависит от ее структуры. Он тем больше, чем больше волокон приходится на единицу поперечного сечения мышцы. У одноперистых и двуперистых мышц, состоящих из большого количества коротких волокон, прикрепляющихся с одной или двух сторон к сухожилию, заходящему внутрь мышцы, физиологический поперечник, а следовательно, и сила сокращения больше, чем у мышц, состоящих из длинных волокон, которые идут параллельно продольной оси мышцы (лентовидные и веретенообразные мышцы).

Амплитуда сокращения прямо пропорциональна длине мышечных волокон. В среднем мышцы сокращаются на треть своей длины, иногда на 50%. Амплитуда сокращений у веретенообразных и лентовидных мышц больше, чем у перистых.

Сила, с которой мышца действует на кость, зависит от расположения места прикрепления мышцы и от угла подхода ее к кости. Сила действия мышцы тем больше, чем дальше расположено место ее прикрепления от оси сустава, на который она действует, т.е. чем длиннее плечо рычага.

При приближении места прикрепления мышцы к оси сустава сила, развиваемая ею, уменьшается, но увеличивается скорость движения, ловкость мышцы. Сила действия мышцы тем больше, чем ближе к 90° угол ее

подхода к кости, так как при приближении этого угла к прямому увеличивается полезная составляющая силы мышцы. Углы подхода сухожилий к костям увеличиваются костными выростами и сесамовидными костями.

Работа, производимая мышцей, зависит также от величины поверхностей ее прикрепления на костях. Чем они больше, т.е. чем больше влияние внешней сопротивляющейся силы, тем большую работу может производить мышца. При маленьких поверхностях опоры работа мышцы (при прочих равных условиях) меньше, но движения ее более тонкие и быстрые.

В зависимости от структуры мышц и способа их прикрепления к костям, определяющих характер их действия, мышцы делят на «сильные» и «ловкие». Сильные мышцы имеют большой физиологический поперечник, большие поверхности начала и прикрепления (в удалении от осей суставов), сильно развитую внутримышечную соединительную ткань. Эти мышцы сокращаются медленно, с большой силой, мало утомляются. Примерами таких мышц являются большая ягодичная мышца и камбаловидная.

Ловкие мышцы имеют небольшие поверхности начала и прикрепления (близко от осей суставов), слабо выраженную внутримышечную соединительную ткань, физиологический поперечник их обычно меньше, а длина волокон больше, чем у сильных мышц. Ловкие мышцы сокращаются с большей скоростью и амплитудой, но с меньшей силой, чем сильные мышцы; они быстрее утомляются и совершают более разнообразные движения. Типичными ловкими мышцами у человека являются, например, двуглавая мышца плеча и портняжная мышца.

Однако четкое разграничение сильных и ловких мышц обычно невозможно. Большинство мышц принадлежит к переходному типу и в разные моменты деятельности совершает статическую или динамическую работу.

Многочисленные исследования показали большие адаптивные возможности скелетной мускулатуры. Под влиянием тренировки в мышцах

происходят глубокие изменения, в которых ведущую роль играет ЦНС, оказывающая трофические влияния на мышцы.

Спортивная практика показывает, что целенаправленные тренировки увеличивают силу и другие функциональные свойства мышц. Но наблюдаются и такие явления, когда при максимальных нагрузках и недостаточном времени отдыха, сила мышц начинает снижаться, и спортсмен не может повторить показанные им раньше высокие результаты. Важно знать, какие изменения при этом происходят в мышцах и каким должен быть дальнейший двигательный режим спортсмена: полный покой (адинамия) или постепенное снижение объёма нагрузки. Изучение изменений в мышечной системе осуществляется различными методами..

К числу наиболее распространённых методов исследования мышечной системы можно отнести:

А) **антропометрические**, позволяющие оценить степень развития мышц и их динамику, а также изменения мышечного компонента в весе тела спортсмена на основании измерения периметров (обхватов) плеча, предплечья, бедра и голени;

Б) **функциональные** (динамометрический и тонометрический), позволяющие сопоставить морфологическую перестройку мышц с показателями их силовых качеств.

В) **микроскопические**, с помощью которых анализируется внутренняя перестройка мышечной ткани под влиянием физических нагрузок, в основе которой лежит её рабочая гипертрофия.

В связи с тем, что плотность скелетных мышц меньше, чем плотность костной ткани, на рентгенограмме можно получить лишь контуры мышц. Тень мышц позволяет определить их форму и размер. Например, **рентгенографическим методом** можно определить величину экскурсии диафрагмы спортсмена. На одну и ту же пленку делается два рентгеновских снимка спортсмена – в фазах вдоха и выдоха. Как известно, во время вдоха диафрагма сокращается и смещается книзу, во время выдоха – расслабля-

ется и смещается кверху. Поэтому на рентгенограмме видны два контура диафрагмы. Расстояние между ними указывает на величину подвижности диафрагмы. У спортсменов, как правило, подвижность диафрагмы большая, чем у не спортсменов. Среди спортсменов наибольшая подвижность диафрагмы наблюдается у пловцов и гребцов.

Для изучения изменений в мышечной ткани также применяется метод **биопсии**, т.е., взятие с помощью специального прибора небольших кусочков мышц и исследования их под микроскопом.

Широкое распространение получило **экспериментальное моделирование** влияния физических нагрузок на перестройку мышечной ткани. Хотя результаты исследований на животных нельзя полностью переносить на человека, тем не менее, экспериментальные методы дают чрезвычайно важную информацию о тех структурных преобразованиях в мышцах, которые происходят под влиянием физических нагрузок.

Гиперфункция мышечной системы является неотъемлемым компонентом большинства приспособительных реакций здорового организма и отчетливо проявляется у человека при всех видах физической работы.

Систематические физические нагрузки в процессе занятий спортом приводят к тому, что гиперфункция мышц закрепляется соответствующей структурной перестройкой. Этот процесс получил название рабочей гипертрофии.

Среди морфологических признаков, характеризующих гипертрофию мышц, следует отметить увеличение объема и веса органа, объема (длины и толщины) клеточных элементов органа. Увеличение количества мышечных волокон не является обязательной характеристикой гипертрофии мышц, хотя нередко сопровождает её.

Изменения в мышцах под влиянием нагрузок преимущественно статического характера отличаются от изменений под влиянием динамических нагрузок.

При **статических нагрузках** наряду с возрастанием объёма мышц увеличивается поверхность их прикрепления к костям, удлиняется сухожильная часть, увеличиваются внутримышечные соединительно-тканые прослойки **эндомизия**. При микроскопическом исследовании наблюдается увеличение трофического аппарата мышечного волокна (саркоплазмы, ядер, митохондрий). В связи с увеличением саркоплазмы каждое мышечное волокно утолщается. Длительное сокращение мышечных волокон и интенсификация в них метаболических процессов способствуют увеличению количества кровеносных капилляров.

При нагрузках преимущественно **динамического характера** вес и объём мышц также увеличиваются, но в меньшей степени, чем при статических нагрузках. В мышцах происходит удлинение мышечной части и укорочение сухожильной. Мышечные волокна чаще располагаются почти параллельно продольной оси мышцы. Микроскопическое исследование показывает, что количество миофибрилл в поперечнополосатых мышечных волокнах растёт. Ядра вытягиваются, их становится несколько больше. Количество нервных волокон в мышцах, выполняющих преимущественно динамическую функцию, в 4-5 раз больше, чем в мышцах, работа которых связана преимущественно с выполнением статических функций. С увеличением количества нервных элементов возрастает количество нервных импульсов, поступающих в работающую мышцу.

При систематических умеренных физических нагрузках мышцы увеличиваются в размерах, на ощупь они становятся плотными, упругими. Различные виды спортивной деятельности предъявляют к определённым группам мышц, которые в большей мере выполняют характерную для данного вида спорта работу, особые требования. Поэтому у спортсменов различных специализаций наблюдается неодинаковое развитие скелетных мышц, а соответственно и их силовых качеств.

Нарушение двигательного режима, связанное с **перетренированностью** спортсмена, сопровождается **предпатологическими и патологическими** изменениями в мышечной ткани.

Перестройка мышц и обеспечивающих их работу нервов и сосудов под влиянием повышенных физических нагрузок изучена детально в экспериментах на животных. Повышение нагрузки вызывает утолщение мышечных волокон, увеличение их количества путем продольного расщепления волокон. В итоге масса мышечной ткани увеличивается.

Значительной перестройке подвергаются микроскопические структуры мышцы. При этом не отмечалось изменений гликолитических ферментов, хотя содержание гликогена по завершении тренировочных нагрузок повышалось. Наблюдения за спортсменами показывают, что при длительных соревнованиях запасы гликогена в мышцах истощаются и полное восстановление запаса гликогена в мышцах происходит лишь через двое суток, причем в волокнах II типа быстрее, чем в волокнах I типа.

Характер нагрузки отражается на количестве и форме ядер, на расположении их и миофибрилл в мышечном волокне. При статических нагрузках увеличивается количество ядер, они располагаются центрально и имеют округлую форму. Динамическая нагрузка приводит к появлению ядер овальной формы. Миофибриллы располагаются в этом случае довольно равномерно в толще саркоплазмы, а при статической нагрузке – более сгущенно.

Тренировочные нагрузки оказывают влияние на микроскопические компоненты мышц. Так, пятимесячные занятия на велоэргометре по часу в день 4 раза в неделю с нагрузкой 75 – 90% от максимального поглощения кислорода увеличивают содержание волокон I типа (медленных).

При динамических нагрузках (бег, плавание) волокна I типа подвергаются большему утолщению, чем волокна II типа.

Противоположный характер носят сдвиги кровоснабжения. Кровеносные капилляры больше увеличиваются вокруг волокон II типа. Последнее

объясняется худшей обеспеченностью этих волокон кровеносными капиллярами. При умеренных нагрузках раскрываются резервные капилляры, при высоких нагрузках образуются новые. Мышечная деятельность активизирует кровоток в виде рабочей гиперемии мышц. Выделяют два этапа рабочей гиперемии. На первом этапе происходит раскрытие резервных путей кровотока, на втором в условиях повышенного внутримышечного давления сосуды сдавливаются. Тонус сосудистой стенки понижается, что ведет к сохранению рабочей гиперемии. Для мышц предплечья человека переход от первого этапа гиперемии ко второму происходит при выполнении 20 – 25% от максимального произвольного усилия.

Описаны изменения нервного аппарата мышц при дозированных физических нагрузках. При умеренных нагрузках наблюдается неравномерность диаметра нервных волокон – чередование утолщений и истончений. При интенсивных нагрузках разрастаются концевые окончания по ходу нервного волокна, увеличивается размер двигательных бляшек. Продолжительные интенсивные нагрузки приводят к увеличению количества нервных окончаний до 3 – 4 на одно мышечное волокно. Предельные нагрузки вызывают состояние охранительного торможения. Часть нервных веточек, идущих к мышечному волокну, разрушается, размеры двигательных бляшек уменьшаются. Это характерно для состояния перетренированности.

У спортсменов сила сгибания стопы относительно больше, чем у неспортсменов. Особенно высок этот показатель у велосипедистов. У них, а также у лыжников сила сгибания голени выше, чем сила разгибания предплечья. У гандболистов и неспортсменов имеет место обратное соотношение. Однако один важный признак объединяет всех рассмотренных лиц: сила мышц-разгибателей выше, чем сгибателей. Так, у борцов суммарная сила мышц-разгибателей конечностей и туловища в 2,5 раза превосходит силу сгибателей.

О развитии мускулатуры можно косвенно судить по обхватам (периметрам) конечностей. Однако у борцов уровень корреляций между силой мышц, действующих на локтевой и коленный суставы, и периметрами плеча и бедра соответственно не превысил 0,5 – 0,6. Объяснение этому надо искать в том, что периметр конечности определяется не только развитием мускулатуры, но и подкожным жиротложением.

Мышечная деятельность в процессе занятий спортом вызывает изменения не только в двигательной сфере – **системах исполнения**, но и в вегетативной сфере – **системах обеспечения**. Одним из важных компонентов систем обеспечения является **дыхательный аппарат**. К основным анатомическим образованиям механизма внешнего дыхания можно отнести грудную клетку и диафрагму, морфофункциональные особенности которых определяют так называемые грудной и брюшной типы дыхания.

На **грудную клетку** действуют две противоположно направленные мышечные силы, неодинаковые по характеру, по направлению тяги и по уровню их дифференциации. Одна из этих сил, образованная мышцами верхней конечности, фиксирующимися на грудной клетке, направлена вверх, способствует движению вверх и в стороны верхнего и особенно среднего отделов грудной клетки; вторая, образованная мышцами живота, оказывает, подобно эластическому корсету, стягивающее влияние на нижний отдел грудной клетки. Разное участие указанных мышц в трудовых и особенно спортивных движениях обуславливает неоднозначные адаптационные изменения её.

Согласованность двигательной деятельности и дыхания важна и с гигиенической точки зрения и с точки зрения рациональной техники выполнения движений. Хорошо тренированное дыхание – одно из условий достижения спортивного мастерства и высокой работоспособности, одно из средств активного отдыха в период восстановления и при утомлении. Дыхательные упражнения являются также лечебным фактором при ряде заболеваний. Импульсы, идущие с дыхательных мышц и лёгких во время вы-

полнения физических упражнений, оказывают стимулирующее влияние на высшую нервную деятельность.

У людей, занимающихся спортом, наблюдаются как **тотальные**, так и **локальные** изменения грудной клетки. В размерах верхнего отдела грудной клетки (как в абсолютных, так и в относительных показателях) существенных различий у спортсменов различных специализаций не обнаружено. Лишь у тяжелоатлетов, гребцов и борцов, по сравнению с людьми, не занимающимися спортом, иные размеры этого отдела. У тяжелоатлетов большие размеры верхнего отдела грудной клетки обеспечивают необходимую прочность её для опоры снаряда, а у гребцов и борцов – опору для специфической работы мышц верхних конечностей.

Размеры среднего и нижнего отделов грудной клетки в значительно большей степени зависят от спортивной специализации. В видах спорта, где в работе двигательного аппарата значительное место занимает статический компонент (у тяжелоатлетов, гимнастов), увеличиваются размеры грудной клетки во всех направлениях и на всех уровнях, так как она не только выполняет дыхательные движения, но и создает опору для мышц при удержании снаряда (тяжелоатлеты) или веса собственного тела (гимнасты). При этом подвижность её может быть даже меньше, чем у лиц, не занимающихся спортом.

Динамический характер работы мышц, фиксированных в области грудной клетки, и необходимость в движениях большого размаха обуславливают у легкоатлетов и специализирующихся в спортивных играх увеличение подвижности грудной клетки без существенного изменения её размеров.

При сочетании статических и динамических факторов в двигательной деятельности спортсмена (например, у пловцов и гребцов) наблюдается одновременное увеличение подвижности и размеров грудной клетки во всех отделах. У боксёров, борцов и лыжников изменения касаются преимущественно среднего отдела, причём если у борцов увеличиваются его

размеры, а подвижность невелика, то у лыжников и боксёров, наоборот, увеличивается преимущественно подвижность.

В связи с особенностями положения тела спортсмена велосипедный и конькобежный виды спорта не способствуют развитию реберного компонента механизма внешнего дыхания. Подвижность как среднего, так и нижнего отделов грудной клетки при дыхании у велосипедистов и конькобежцев мало отличается от аналогичных показателей у лиц, не занимающихся спортом.

Значительный интерес представляет не только общая экскурсия грудной клетки (разница между размерами при максимальном вдохе и максимальном выдохе), но и парциальная. Такие виды спорта, как лёгкая атлетика, гребля, велосипедный, конькобежный, способствуют преимущественно выдыхательной способности грудной клетки, а лыжный спорт, гимнастика, акробатика, бокс – выдыхательной. У пловцов увеличивается экскурсия грудной клетки как при вдохе, так и при выдохе.

Считается, что у слабых субъектов экскурсия грудной клетки при выдохе от фазы спокойного состояния небольшая, а у физически крепких людей и при вдохе, и при выдохе почти одинакова; что дыхание с акцентом на выдохе способствует лучшему оттоку крови от лёгких к сердцу и лучшему кровообращению в брюшной полости.

По мере повышения квалификации спортсмена подвижность грудной клетки при выдохе увеличивается.

Почти во всех видах спорта имеют место асимметричные движения: в гимнастике при выполнении упражнений на кольцах, брусьях; в акробатике – при сальто боком; в лёгкой атлетике – при метании, толкании, барьерном беге и др. В таких видах спорта, как баскетбол, волейбол, водное поло, бокс, борьба, используется чаще правая рука, движения которой сопровождаются соответствующими изменениями положения тела, в том числе грудной клетки, на которой фиксируются мышцы наиболее нагруженной конечности, что может привести к асимметрии в строении и функции

грудной клетки. Различают морфологическую асимметрию, связанную с неодинаковыми размерами правой и левой половин грудной клетки, и функциональную асимметрию, проявляющуюся в неодинаковой их подвижности.

Морфологическая асимметрия у спортсменов наблюдается чаще (от 4 до 20%), чем у лиц, не занимающихся спортом (7,8%). Исключение составляют только волейболисты, баскетболисты и гимнасты (3,7 – 6,2%), т.к. эти виды спорта обуславливают гармоничное развитие грудной клетки. Функциональная асимметрия у спортсменов встречается чаще (30 - 40%), чем морфологическая (4 – 20%). Среди спортсменов **функциональная асимметрия** реже встречается у гимнастов, лыжников и легкоатлетов (соответственно, 30, 31,3, 31,5%), чаще – у борцов, боксеров и пловцов (37,9, 39,3, 38,6%). Если морфологическая асимметрия у юных спортсменов наблюдается не чаще, чем у взрослых (5 – 20%), то функциональная – значительно чаще (у взрослых до 40%, у юных – до 55%).

Асимметрия грудной клетки особенно характерна для юных теннисистов. При повторных исследованиях (через год) число случаев асимметрии грудной клетки (как морфологической, так и функциональной) у теннисистов увеличилось. У подростков-теннисистов с большим спортивным стажем асимметрия выражена более ярко, чем у начинающих, что, по-видимому, связано с увеличением односторонней нагрузки.

У всех спортсменов подвижность **диафрагмы** больше, чем у лиц, не занимающихся спортом. Наибольшая подвижность диафрагмы при дыхании отмечена у гребцов, пловцов, борцов, боксеров, а также у велосипедистов и конькобежцев. Значительно меньшая – у тяжелоатлетов и лыжников. Значительная подвижность диафрагмы обусловлена как активным её смещением вниз при вдохе, так и пассивным смещением вверх при выдохе.

У музыкантов, играющих на духовых инструментах, певцов и артистов балета диафрагма при вдохе опускается ниже, чем у спортсменов, т.е.,

оказывается более тренированной. Это говорит о целесообразности уделять особое внимание развитию диафрагмы в процессе тренировки.

Таким образом, специализация в том или другом виде спорта обуславливает преимущественное развитие реберного или диафрагмального компонента механизма внешнего дыхания.

Такие виды спорта, как лёгкая атлетика, спортивные игры, акробатика, лыжный спорт, способствуют развитию преимущественно реберного компонента механизма внешнего дыхания; борьба, бокс, гимнастика, велосипедный спорт и конькобежный спорт – диафрагмального; плавание, гребля – и реберного и диафрагмального. Если при работе двигательного аппарата функция одного из компонентов механизма внешнего дыхания нарушается, то компенсаторно функция другого повышается. Например, снижение функции нижнего отдела грудной клетки у велосипедистов компенсируется высокой подвижностью диафрагмы, а у конькобежцев – подвижностью среднего отдела грудной клетки.

Зная закономерности изменений отдельных компонентов механизма внешнего дыхания у спортсменов определенных специализаций, можно тренировать эти компоненты, причём диафрагма – одна из основных дыхательных мышц – лучше поддается тренировке, чем межребёрные мышцы, почти не подвергается изменениям возрастного характера, а патологические изменения её наблюдаются крайне редко.

Данные, полученные посредством специальных датчиков, показали, что при движении тела человека возникает эффект действия **инерционной силы внутренних органов**. Так, например, при движении тела вниз органы брюшной полости под действием сил инерции сначала отстают от стенок полости, в которой они находятся, и в результате временно оказываются расположенными выше своего исходного уровня. В момент приземления, напротив, внутренние органы подвергаются ударным перегрузкам, поскольку при остановке тела на них продолжают действовать инерционные силы.

Таким образом, при движении тела вниз (начало движения, падение, приземление) дважды изменяется давление органов брюшной полости на её стенки: вначале оно уменьшается, а затем увеличивается по отношению к исходной величине. Причем увеличение давления превалирует над его уменьшением. Эффект действия инерционной силы на внутренние органы в большей степени выражен в нижних отделах брюшной полости.

Учитывая наличие слабо защищённых мест на передней стенке брюшной полости, а также относительно меньшую массу и меньший физиологический поперечник мышц нижней половины живота, необходимо обращать особое внимание на развитие силы этих мышц в таких спортивных специализациях, как прыжки с шестом, прыжки в длину, прыжки в высоту, бег и т.д. Постоянные динамические и статические перегрузки органов брюшной полости со слабыми мышцами живота могут стать одной из причин появления признаков спланхноптоза (опущения внутренних органов).

Степень проявления инерционной силы внутренних органов зависит не столько от массы тела, сколько от массы самих внутренних органов. Имеют значение и структурно-функциональные особенности таза. Одно и то же давление органов брюшной полости при разной силе мышц брюшного пресса и разных размерах малого таза ставит организм женщины в сравнительно невыгодное положение. Это обстоятельство обязывает тренеров особенно внимательно относиться к подбору и дозировке физических упражнений для женщин.

3.2. Взаимоотношения мышц и костных рычагов

Работу двигательного аппарата человека обычно излагают с позиций общих законов механики, вполне применимых для оценки системы опорно-двигательного аппарата как системы рычагов. **Рычагом** называется всякое твердое тело, способное совершать вращательные движения около оси, на плечи которого действуют две противоположные силы: **движущая сила** (мышечное сокращение) и **сила сопротивления**. В зависимости от

величины движущей силы и силы сопротивления возможно равновесие или движение рычага. Для понимания равновесия или движения рычага необходимо иметь определенное представление о плече рычага и о моменте вращения силы.

Плечом рычага называют расстояние оси вращения до точки приложения силы. **Плечом силы** называют кратчайшее расстояние – перпендикуляр от оси вращения до вектора силы или его продолжения.

Участие каждой мышцы в выполнении движений зависит не только от величины подъемной силы, но также и от величины плеча рычага, что определяется моментом силы. **Моментом силы** называется произведение силы на его плечо.

Таким образом, условие для равновесия рычага достигается тогда, когда сумма моментов сил, действующих на него, относительно оси вращения равна нулю. Если равенство моментов сил нарушается, то рычаг начинает вращаться в направлении той силы, момент которой больше. Момент силы является непостоянной величиной, обусловленной положением одних костей по отношению к другим, образующим данное сочленение. Поэтому при сгибании в суставе будет нарастать плечо рычага сгибателей и соответственно момент силы, т.е. увеличивается угол подхода сухожилия к мышце, что способствует повышению подъемной силы мышцы. В большей части случаев мышцы прикрепляются вблизи суставов и подходят к костям под острым углом. При этом плечо силы меньше плеча сопротивления; при подобном прикреплении мышцы проигрывают в силе.

В опорно-двигательной системе имеются образования, способствующие увеличению плеча силы мышц, благодаря чему значительно повышается момент силы. К этим образованиям относятся сесамовидные кости, блоки, костные отростки и бугры, разнообразные выступы и шероховатости. За счет этих образований значительно возрастает момент силы мышц. Следовательно, сила мышцы зависит не только от количества мышечных волокон, но и от плеча рычага.

3.2.1. Виды рычагов

В зависимости от расположения движущей силы (мышечное сокращение) и силы сопротивления относительно оси вращения различают рычаги первого, второго и третьего рода.

Рычаг первого рода является двуплечим. Обе силы имеют одинаковое направление, а между ними находится ось вращения данного рычага. Рычаг первого рода называют также рычагом равновесия. Например, атланта-затылочное сочленение и тазобедренный сустав представляют оси вращения рычагов первого рода, по сторонам от которых располагаются плечи рычагов.

Рычаг второго рода – одноплечий рычаг, так как приложения сил имеют противоположные направления. Движущая сила оказывает действие на длинное плечо рычага, а сила сопротивления – на короткое плечо. Например, в голеностопном суставе одна сила действует вверх, другая – вниз. Давление, которое возникает в оси вращения рычага, соответствует разности действующих сил. Действие мышцы в конструктивной особенности рычага второго рода направлено на выполнение движений, требующих большой мышечной силы, поэтому рычаг второго рода называют также рычагом силы.

Рычаг третьего рода хотя и является одноплечим рычагом, но его отличие от рычага второго рода заключается в том, что сила действует на короткое плечо, а плечо сопротивления – на длинное плечо. Рычаг третьего рода можно назвать рычагом скорости. Например, при выполнении сгибания в локтевом суставе длинное плечо силы – предплечье – совершает больший размах движений, чем короткое плечо силы, идущей от лучевой бугристости до локтевого сустава. Таким образом, при действии на короткое плечо мышца выигрывает в скорости расстояния, но проигрывает в силе.

В процессе построения движений у человека постоянно наблюдаются различные биомеханические особенности в смене, разделении и объедине-

нии различных рычагов, что необходимо для выполнения движений с наибольшей экономией энергии.

3.2.2. Кинематические цепи и степени свободы

Рассмотренная выше система костных рычагов первого, второго и третьего рода представляет рабочую систему в механическом значении только при определенных условиях. Одним из этих условий являются открытые и закрытые кинематические цепи и степени свободы. В **замкнутой системе кинематической цепи** оба конца какой-либо части тела закреплены (ребра, закрепленные передними и задними концами, или нижние конечности при стоянии).

При выполнении движений всегда вовлекаются цепи звеньев двигательного аппарата, которые закреплены на одном конце (рука, прикрепленная одним концом к лопатке) и представляют **открытую кинематическую цепь**.

В открытой кинематической цепи объем движений концевой части тела определяется путем сложения суммы степеней свободы всех промежуточных звеньев, составляющих эту часть тела. Не ограниченное в свободе перемещающееся тело обладает шестью степенями свободы в виде поступательного движения в трех измерениях (вверх вниз, вперед назад, вправо влево) и вращательных движений в тех же измерениях. При скреплении одного звена тела в отношении другого ограничиваются степени свободы.

При анализе возможных движений двух разных тел (например, в шаровидном суставе), соприкасающихся в одной точке, видно, что тела способны переместиться взаимно в пяти направлениях и сохранить пять степеней свободы. Эти пять степеней свободы возможны в суставе только теоретически, а фактически подвижность в суставах имеет только три степени свободы. Это ограничение создают капсулы, связки и мышцы, окружающие сустав. Тремя степенями свободы обладают шаровидные суставы,

двумя – эллипсоидные, седловидные и мыщелковидные (коленный сустав), одной – цилиндрические и блоковидные.

Свободная верхняя конечность представляет открытую кинематическую цепь. Плечевой сустав обладает тремя степенями свободы, локтевой сустав – одной, суставы между костями предплечья – одной, лучезапястный сустав – двумя степенями свободы. Таким образом, кисть способна относительно туловища совершать перемещение по 7 степеням свободы в пределах радиуса всей верхней конечности, имея полную свободу движений. Если сопоставить соединения в суставах с соединениями частей технической машины, то обнаруживаются существенные различия. У машины движения единообразны и обладают только одной степенью свободы.

Как указывалось выше, движения у человека складываются в кинематические цепи и практически не осуществляются суставом с одной степенью свободы, поэтому двигательный аппарат человека не является рабочей машиной. Он становится ею только тогда, когда благодаря напряжению мышц исключаются и тормозятся движения, при которых как бы дополнительно возникают «запирающие сустав механизмы». Тонус мышц и его чередование направляют движения в суставах, устраняя все свободы перемещения, за исключением одной. Следовательно, за счет перераспределения работы мышц и их тонуса возможно построение многих механизмов с различным числом степеней свободы.

3.2.3. Антагонисты и синергисты

К антагонистам относятся все мышцы, которые по своей функции действуют в сторону, противоположную другой группе мышц. Например, мышцы-сгибатели плеча являются антагонистами разгибателей плеча. К синергистам относятся все мышцы, которые, сокращаясь, одновременно действуют на сустав, находясь по одну сторону его оси. Примером могут служить сгибатели предплечья и плеча, вызывающие сгибание в локтевом суставе. Функции антагонистов и синергистов могут чередоваться. При выполнении сгибания и разгибания в лучезапястном суставе, с одной сто-

роны, лучевой и локтевой сгибатели, а с другой разгибатели кисти являются антагонистами. И, наоборот, если выполнять отведение и приведение кисти, они становятся синергистами.

Ниже приводим примеры мышц-антагонистов и синергистов. Более подробные сведения о мышцах, выполняющих аналогичную и противоположную функцию, будут рассмотрены в разделе «Динамическая биомеханика».

Мышцы-антагонисты

- | | |
|--|---|
| 1. Наружная косая мышца живота - <i>поворот туловища в противоположную сторону</i> | Внутренняя косая мышца живота - <i>поворот туловища в ту же сторону</i> |
| 2. Наружная межреберная мышца – <i>подъем ребер</i> | Внутренняя межреберная мышца – <i>опускание ребер</i> |
| 3. Большая грудная мышца – <i>пронация плеча</i> | Широчайшая мышца спины – <i>супинация спины</i> |
| 4. Трапецевидная мышца – <i>сводит лопатки</i> | Передняя зубчатая мышца – <i>разводит лопатки</i> |
| 5. Трапецевидная мышца – <i>окидывает голову назад</i> | Грудино-ключично-сосцевидная мышца – <i>наклоняет голову вперед</i> |
| 6. Прямая мышца живота – <i>наклоняет позвоночный столб вперед</i> | Крестцово-остистая мышца – <i>выпрямляет позвоночный столб</i> |
| 7. Дельтовидная мышца - <i>отводит плечо</i> | Большая грудная мышца, широчайшая мышца спины – <i>приводят плечо</i> |
| 8. Двуглавая мышца плеча – <i>сгибает плечо и предплечье</i> | Трехглавая мышца плеча – <i>разгибает плечо и предплечье</i> |
| 9. Прямая мышца живота – <i>сгибает туловище вперед</i> | Большая ягодичная мышца – <i>разгибает туловище</i> |
| 10. Портняжная мышца, двуглавая мышца голени – <i>сгибают голень</i> | Четырехглавая мышца бедра – <i>разгибает голень</i> |
| 11. Трехглавая мышца голени – <i>сгибает стопу</i> | Передняя большеберцовая мышца – <i>разгибает стопу</i> |

Мышцы-синергисты

1. Наружная мышца живота - внутренняя мышца живота –
наклон туловища в ту же сторону
2. Большая грудная мышца - широчайшая мышца спины –
приведение плеча
3. Височная мышца - жевательная мышца –
поднимают нижнюю челюсть
4. Наружная межреберная мышца - малая грудная мышца –
подъем ребер
5. Двуглавая мышца плеча - плечевая мышца –
сгибание предплечья
6. Большая ягодичная мышца - крестцово-остистая мышца –
разгибание туловища
7. Средняя ягодичная мышца - малая ягодичная мышца –
отведение бедра
8. Портняжная мышца - трехглавая мышца голени -
двуглавая мышца бедра – *сгибание голени*
9. Четырехглавая мышца бедра - портняжная мышца –
сгибание бедра

3.2.4. Односуставные и многосуставные мышцы

Односуставные мышцы оказывают влияние на один сустав, многосуставные – вовлекают в движение два сустава и более. Относительная длина одно- и многосуставных мышц различна. Односуставные мышцы имеют достаточную длину, чтобы обеспечить размах движений по полной дуге, возможной в данном суставе. Многосуставные мышцы относительно короче и не могут обеспечить такой размах во всех суставах при одновременном движении. В этом легко убедиться на примере работы мышц, находящихся около тазобедренного сустава.

При разогнутом коленном суставе амплитуда сгибания в тазобедренном суставе будет меньше, чем при согнутом коленном суставе. При разогнутом коленном суставе мышцы задней поверхности бедра (они многосуставные) натягиваются, так как их относительная длина будет меньше, и это тормозит сгибание в тазобедренном суставе. Следовательно, степень подвижности в суставах не только определяется формой сустава и его связочным аппаратом, но и зависит от длины мышц, которые не всегда могут

использовать всю резервную возможность для сокращения и полностью выполнить движение.

Особенностью функции многосуставных мышц является их участие в мышечной координации, т.е. приспособительной особенности организма. При мышечной координации значительно экономятся затраты мышечной энергии. При многих движениях необходимо активное сокращение только односуставных мышц, а в других суставах совершается движение за счет тонуса, эластичности многосуставных мышц и силы тяжести. Эта координирующая работа многосуставных мышц хорошо выражена на нижней конечности. При сокращении мышц, лежащих впереди тазобедренного сустава, происходит сгибание не только бедра, но и в коленном суставе. Сгибание в коленном суставе наступает вследствие относительной недостаточности длины многосуставных задних мышц бедра.

Разгибание в голеностопном суставе совершается благодаря расслаблению икроножной мышцы. Следовательно, только сокращение одной передней группы мышц около тазобедренного сустава приводит без затраты энергии по принципу координации к выполнению движений в коленном и голеностопном суставах.

При выполнении противоположного движения (разгибание в тазобедренном суставе) произойдет пассивное разгибание в коленном суставе за счет относительной недостаточности передних мышц бедра, а в голеностопном суставе наступит сгибание вследствие повышения тонуса икроножной мышцы.

3.2.5. Сложение сил

Мышечная сила характеризуется степенью сокращения мышцы, а величина силы зависит от исходной длины. Предварительно, но не чрезмерно растянутая мышца развивает более высокое напряжение.

Активная мышечная сила больше всего развивается в мышцах, построенных из длинных волокон (широкие и веретенообразные мышцы). Мышца может сократиться на 50 – 57% первоначальной ее длины, но вви-

ду ограничения степеней свободы суставов она сокращается, как правило, на 35%.

Активная мышечная сила группы мышц (синергистов или антагонистов) складывается из суммы **подъемной силы** каждой мышцы, а точка приложения этой силы располагается между местами прикрепления всех длинных мышц. Однако у человека только единичные мышцы занимают параллельное друг другу положение. большей частью их равнодействующие находятся под определенным углом, образуя **параллелограммы сил**.

Располагаясь под углом друг к другу, мышцы тянут кость в различных направлениях. В этом случае движение кости совершается не по равнодействующей одной или второй мышцы, а по диагонали параллелограмма, построенного сокращающимися мышцами. Параллелограммы могут формироваться и целыми мышечными группами.

3.2.6. Центр тяжести тела

При изучении различных движений необходимо учитывать действие и направление силы тяжести тела, преодолеваемой мышцами. Пассивная сама по себе сила тяжести тела имеет, как известно, направление, отвесное от центра его тяжести. Действие силы тяжести выражается в сообщении свободно падающему телу ускорения или же в смещении другого тела, столкнувшегося с первым.

Точкой приложения действия сил тяжести служит общий центр его тяжести. Найдя этот общий центр силы тяжести, можно определить направление его действия и виды противодействия сопряженной с этим мускулатуры. Для этого необходимо найти не только центр тяжести всего тела, но и центры тяжести отдельных его частей.

Важнейшим условием сохранения устойчивого равновесия тела, например, при стоянии и ходьбе, должно быть направление отвесной линии от общего центра тяжести тела внутри площади его опоры. Для определения условий устойчивого равновесия тела, прежде всего, необходимо найти соотношение между площадью опоры и отвесной линией от общего

центра тяжести, т.е. найти этот центр в самом организме, а затем и в площади его опоры. Центр тяжести простых фигур найти легко. Так, например, центр тяжести шаровидного тела находится в его геометрическом центре, центр тяжести правильного конуса находится внутри него, между первой и второй третями его высоты, и т.д. Установить же общий центр тяжести тела человека или животного, а также центр тяжести частей тела (местные центры тяжести) гораздо сложнее, так как, во-первых, организмы и их части не представляют собой каких-либо правильных фигур и их правая и левая половины не вполне симметричны; во-вторых, масса и плотность тела организма неоднородны и изменчивы (кровообращение, распределение пищи в кишечнике, дыхание и т.п.). Неодинаково также положение центра тяжести у лиц разного возраста, пола и телосложения. Хотя общий центр тяжести тела человека неустойчив и непостоянен, однако приблизительное его положение в теле найдено.

Известно, что для определения какой-либо точки в пространстве или в теле необходимо определить сначала три перпендикулярные плоскости в этом теле, на месте пересечения которых и находится эта точка, т.е. необходимо определить ее координаты. Для тела человека такими координатами являются горизонтальная, фронтальная и сагиттальная плоскости.

Горизонтальная плоскость местонахождения центра тяжести давно найдена у человека в выпрямленном состоянии: она находится между лонным сращением и ягодицами. Если принять, что тело человека обладает точной двусторонней симметрией, то центр тяжести должен находиться на месте пересечения горизонтальной плоскости тела в какой-то точке сагиттальной плоскости, которую легко определить. Однако для определения местонахождения центра тяжести необходимо найти, кроме упомянутых, и фронтальную плоскость, в которой он располагается. Путем сложных исследований была найдена та точка во фронтальной плоскости тела, в которой находится центр его тяжести.

Для нахождения центра тяжести разработаны необходимые методы исследования и произведены соответствующие расчеты. В частности, произведены разрезы замороженных трупов, на которых были произведены эксперименты. Замороженный и поставленный вертикально труп взрослого человека был закреплен на площади опоры в стопах, затем его маятникообразно смещали в голеностопных суставах вперед и назад. Отвесная линия, опущенная из предполагаемого центра тяжести тела, при этом смещалась вперед или назад, располагаясь, то впереди, то позади линии, соединяющей центры тазобедренных суставов, впереди или позади поперечной линии коленных и голеностопных суставов.

При этом в некоторый момент было установлено относительно устойчивое и более или менее уравновешенное вертикальное положение тела. Такое уравновешенное состояние тела может сохраняться до тех пор, пока отвесная линия общего центра тяжести не выведена из фронтальной плоскости за пределы его площади опоры. С выведением отвесной линии центра тяжести тела за пределы площади его опоры неизбежно происходит падение тела вперед или назад. Подобного рода опытами была установлена фронтальная плоскость, в которой и находится общий центр тяжести тела при обычном стоянии человека.

Этой плоскости соответствует тело основной кости в черепе и приблизительно середина тела первого крестцового позвонка. Таким образом, доказано, что общий центр тяжести тела замороженного трупа взрослого мужчины, поставленного в позу обычного стояния, находится в крестце, на 2,5 см ниже его мыса и на 4 – 5 см выше и чуть позади линии, соединяющей центры тазобедренных суставов.

Для определения местоположения центра тяжести частей тела человека при том или ином их положении необходимо также установить соответственные системы их координат. В результате вычислений установлены следующие частные положения применительно к замороженному трупу человека: центр тяжести головы находится на 7 мм позади спинки турец-

кого седла клиновидной кости. Центр тяжести туловища находится приблизительно на черте третьего деления его на пять частей по длине от макушки головы до копчика. Линию, соединяющую середину поперечных линий, проведенных между центрами обоих плечевых и тазобедренных суставов, отвесная линия центра тяжести делит в отношении 4 : 5. В бедре, плече, голени, предплечье и стопе центр тяжести находится на поперечном делении их по длиннику на пять частей: между четвертой и пятой частями и располагается центр тяжести указанных анатомических структур. Если известно местоположение центра тяжести двух смежных частей тела, легко вычислить их общий центр. Для этого местные центры тяжести соединяют прямой линией и делят ее обратно пропорционально массам данных частей тела.

Условием сохранения равновесия тела является прохождение вертикальной оси общего центра тяжести тела внутри площади опоры тела. Если вертикаль центра тяжести выходит из площади опоры, тело теряет равновесие и падает. Поэтому, чем больше площадь опоры, чем ближе расположен центр тяжести тела к центральной точке площади опоры и центральной линии центра тяжести, тем более устойчивым будет положение тела. Площадь опоры при вертикальном положении ограничена тем пространством, которое находится под подошвами и между стопами. Центральная точка отвесной линии центра тяжести на стопе находится на 5 см впереди от пяточного бугра. Сагиттальный размер площади опоры всегда преобладает над фронтальным, поэтому и смещение отвесной линии центра тяжести легче происходит вправо и влево, чем назад, а особенно сложно – вперед. В связи с этим устойчивость на поворотах при быстром беге значительно меньше, чем в сагиттальном направлении (вперед или назад).

У детей раннего возраста центр тяжести находится относительно выше, чем у взрослых, у женщин – ниже, чем у мужчин. Это связано со степенью развития мышечной системы, конституции, состава тела.

Примерные величины состава тела сводятся к следующему: скелет составляет у мужчин 18% веса тела, у женщин – 16%, у новорожденных – 14%. Мышечная система у мужчин составляет 42%, у женщин – 36%, у новорожденных – 22%. Жировая клетчатка у мужчин составляет 12%, у женщин – 18%, у новорожденных – 20%. Внутренние органы, кровеносная система и ЦНС составляют у мужчин 22%, у женщин – 24%, у новорожденных – 40%. Кожа составляет у мужчин и женщин по 6%, у новорожденных – 4%. Доказано, что систематическая физическая тренировка вызывает уменьшение жировой и увеличение общей массы мышечной ткани, что эти изменения зависят от возраста и пола, что они имеют значение для характеристики конституции каждого человека.

Пользуясь классификацией типов конституции В.В. Бунака и изучив морфо-конституциональные особенности пловцов, метателей, спринтеров, бегунов на средние дистанции нашли, что подавляющее большинство спортсменов этих специальностей имеют мускульный тип конституции. У бегунов на короткие дистанции этот тип отмечается в 84,4% случаев, у пловцов – 75%, у бегунов на средние дистанции – 67,5%, у метателей – 61,3%, у бегунов на длинные дистанции – 39,3%. Мускульно-грудной тип у бегунов на длинные дистанции наблюдается в 42,5% случаев, у бегунов на средние дистанции – 22,5%, а на короткие – 17,6%. Мускульно-брюшной у метателей – в 35,5%, у пловцов – в 10,5%. Грудно-мускульный тип встречается у бегунов на длинные дистанции в 15,1%. Брюшно-мускульный тип наблюдается редко: у метателей – в 3,2%, у пловцов – в 1,3%. Что касается грудного и брюшного типов, то у спортсменов указанных специальностей они не встречаются.

3.2.7. Виды мышечной работы

С позиций биомеханики работа мышцы определяется в том случае, когда она производит перемещение части тела или тяжести на какое-либо расстояние. В действительности мышца выполняет работу, начиная с ма-

лейшего ее напряжения. Мышечная работа разделяется на **статическую** и **динамическую**.

При статической работе часть мышц, напрягаясь, стремится уравновесить момент силы тяжести или силу сопротивления, что наблюдается при выравнивании или сохранении положения тела или его частей. При этом мышца не укорачивается и не удлиняется, а только напрягается. Статическая работа мышц необходима для сохранения вертикального положения тела или определенной позы. Выделяют три вида статической работы мышц: удерживающую, укрепляющую и фиксирующую. При удерживающей работе мышцы действуют своим моментом тяги, возникающей при сокращении, против момента силы тяжести. При укрепляющей работе напряжение мышц оказывает сопротивление разрыву. При фиксирующей работе сокращение мышц-антагонистов оказывает фиксирующее влияние на суставы.

При динамической работе движение в суставах происходит в результате несоответствия мышечных и механических сил. Динамическая работа мышц подразделяется на преодолевающую и уступающую. При преодолевающей работе мышечная сила больше противодействующей силы и в результате сокращения мышц преодолевается сопротивление, т.е. производится перемещение части тела или груза. Уступающая работа мышц возникает в том случае, если мышечная сила меньше момента противодействующей силы и наступает растягивание сокращенной мышцы. Этот вид работы мышц является важным и необходимым для обеспечения плавности и эластичности движений. Если бы не было подобного регулятора, движения были бы толчкообразными и малокоординированными.

Виды мышечной работы в процессе построения движений часто чередуются. Например, при отведении руки дельтовидная мышца выполняет преодолевающую работу. При удерживании руки в горизонтальном положении производится статическая (удерживающая) работа мышцы, а при приведении руки – уступающая работа. Таким образом, в каждом виде

движений на первый план выступает тот или другой вид мышечной работы.

Как уже указывалось выше, мышечная работа подразделяется на статическую и динамическую, каждая из которых связана при выполнении определенного рода движений с разными группами мышц, векторами и параллелограммами сил, кинематическими цепями и степенями свободы. В связи с этим можно говорить о статической и динамической биомеханике.

3.3. Статическая биомеханика

Вследствие биологической активности мышц в норме у человека всегда наблюдается физиологический тремор. Сила тяги мышц колеблется, а длина всей мышцы немного, незаметно изменяется. Таким образом, в этом случае нет настоящей статики как полной неподвижности, покоя. Посменная работа двигательных единиц в мышце вызывает колебания звеньев тела с различной частотой. Следовательно, имеет место и некоторая механическая работа, измеряемая произведением силы тяги мышц на смещения звена, вызванные этой тягой. Статическая работа имеет место, но ее внешний механический эффект – отсутствие заметных движений в суставах. Одним из видов статической работы является стояние.

Стояние – активное удержание тела человека в пространстве в вертикальном положении. Стояние обусловлено взаимоотношением головы, туловища и конечностей, положением центра тяжести тела и взаимодействием определенной части мускулатуры.

При стоянии таз укреплен в тазобедренных суставах, и тяжесть туловища действует на него сверху преимущественно через заднее плечо его рычага. Таз как опора для туловища и как опора для нижних конечностей – пара соединенных между собой спереди и сзади параллельных рычагов, действующих подобно рычагу первого порядка.

Передние плечи этих рычагов могут быть изображены линией, проведенной от центра суставной впадины к передне-верхней подвздошной ости данной стороны. Заднее плечо таза как рычага выражается линией, прове-

денной от центра суставной впадины к нижнему концу суставной щели между крестцом и подвздошной костью соответствующей стороны. В зависимости от того, на какие из плеч этого рычага приходится расположенный выше центр тяжести, давление туловища на таз передается то на передний, меньший его рычаг, то на задний, больший рычаг. При этом наклон таза вперед или назад соответствующим образом изменяется или же весь таз приводится в состояние подвижного равновесия, опираясь на головки обеих бедренных костей. Последнее происходит, если отвесная линия центра тяжести находится на середине линии, соединяющей центры головок бедренных костей.

Так как заднее плечо тазового рычага больше переднего его плеча, то момент вращающей силы заднего плеча превышает момент вращающей силы переднего плеча. Более массивный и более нагруженный в задней части таз, свободно вращаясь при стоянии на головках бедренных костей, стремится опрокинуться назад. Чтобы удержать таз при стоянии и ходьбе в нормальном и выгодном для этого положении, необходимо участие мускулатуры, расположенной позади этого сустава.

Опираясь на головки бедренных костей, таз может свободно качаться вперед и назад, направо и налево. Кроме того, непродолжительное время таз может удерживаться вместе с туловищем на одной головке бедренной кости, что бывает, например, при ходьбе или стоянии на одной ноге. Если таз наклонен вбок, то его верхнее плечо (крыло подвздошной кости) является большим, а нижнее плечо (седалищная кость) – меньшим. Поэтому тяга за верхнее плечо таза или давление сверху во фронтальной плоскости отклоняет его в ту же сторону, а тяга за нижнее плечо отклоняет его в обратную сторону.

От соотношения плеч рычагов в тазе зависит характер смещения его при стоянии и ходьбе. Угол наклона таза к горизонтальной плоскости характеризует разные виды стояния и ходьбы: уменьшение наклона таза до 40° (вместо нормальных $50 - 60^\circ$) характеризует неустойчивое стояние; по-

вышение этого угла до 60° и выше указывает на устойчивое стояние. Если судить о положении таза по положению его верхне-передних остей, то выступание остей вместе с их опущением впереди лонного сращения указывает на одновременный подъем задней половины таза. Такую постановку таза определяют как воинское держание туловища, т.е. стояние с крутым наклоном таза книзу и вперед. Обратное положение таза сопровождается опущением его заднего плеча и характеризует неустойчивое стояние. Если отвесная линия центра тяжести проходит впереди центров головок бедренных костей, то таз и туловище вместе с бедрами смещаются вперед, опираясь на обе голени и стопы. Этого обычно не происходит, потому что такое смещение туловища и таза вперед, назад и в стороны тормозится соответствующими связками и мышцами. В этом случае сокращаются преимущественно задние и боковые мышцы бедра, таза и голени.

Голень, опирающаяся при стоянии на стопу, как на упругую подставку, является рычагом третьего рода; точка опоры в этом случае перемещается в голеностопный сустав, а действие мышц сообщается лежащим выше бедру и тазу.

Стопа – весьма сложное образование; с механической стороны и в отношении голени ее можно рассматривать как рычаг. При стоянии голень образует со стопой прямой угол. Место их соединения расположено так, что делит стопу на неравные части: четверть ее длины приходится на заднее плечо (пяточная кость), остальные три четверти приходятся на переднее ее плечо. Таким образом, стопа при стоянии относится к голени, как двуплечий рычаг (рычаг первого рода). В момент приподнимания тела на носках стопа находится в условиях рычага второго рода, и это влечет за собой соответственное изменение функции мышц стопы и голени. Изменяется при этом и нагрузка силы тяжести тела на кости и мышцы конечности.

Расчет нагрузки на составные части нижней конечности при стоянии выводят из следующих данных: если тело человека весит, например, 72 кг, то при стоянии этот груз равномерно распределяется поровну на оба мы-

щелка каждой из бедренных костей, а затем снова сосредотачивается на костях голени. На стопе 36 кг распределяются обратно пропорционально длине ее плеч, т.е. на пятку – заднее плечо стопы – приходится три четверти этого веса (27 кг), остальная часть нагрузки (9 кг) передается через таранную кость на переднее плечо стопы, где и распределяется на ее продольные и поперечные своды. В зависимости от положения отвесной линии центра тяжести по отношению к тазобедренному, коленному и голеностопному суставам различают (по Иванову, 1949) удобное, нормальное и военное стояние.

Удобным стоянием считают такой вид стояния, при котором отвесная линия центра тяжести туловища, т.е. линия, опущенная из середины тела II крестцового позвонка, проходит немного позади межвертельной линии, а плоскости, соответствующие середине тазобедренных и коленных суставов, совпадают. В отношении же голеностопных суставов эта фронтальная плоскость и отвесная линия центра тяжести располагаются кпереди. Туловище при удобном виде стояния в силу его собственной тяжести стремится откинуться кзади, слегка балансируя на головках бедренных костей. От падения назад его удерживает сокращение правой и левой подвздошно-поясничных и других мышц-синергистов, действующих на переднюю часть таза. При этом приводится в действие та мускулатура и то соотношение костных рычагов конечностей, при которых для осуществления этого акта затрачивается минимум мышечного напряжения.

Пятки при удобном стоянии почти сомкнуты, а угол между длинником стоп, развернутых носками врозь, составляет около 60° ; площадь опоры обеих стоп при этом несколько уменьшается. Отвесная линия центра тяжести, приходящаяся приблизительно на 3 см впереди поперечной оси обоих голеностопных суставов, совпадает с центром тяжести самих стоп. Удобное положение тела в пространстве является результатом такого приспособления и такого использования свойств двигательного аппарата, при

которых затрачивается минимум мышечной тяги, а основная тяжесть тела перекладывается главным образом на его пассивные опорные образования.

Нормальным стоянием взрослых людей считают такое искусственно приданное положение, при котором отвесная линия, опущенная из центра тяжести тела, пересекает середину оси, соединяющей центры обоих тазобедренных суставов. При этом отвесные линии, опущенные из их центров, находятся впереди линии, соединяющей надмыщелки нижних эпифизов бедренных костей, и чуть впереди середины коленных и голеностопных суставов. Расстояние между пятками в этом случае равно приблизительно 7 – 8 см.

Продольные линии стоп, т.е. линии, проведенные через II палец и через середину голеностопного сустава правой и левой ноги, наклонены при этом положении тела одна к другой под углом около 60° .

Отвесная линия центра тяжести при этом падает на середину фронтальной плоскости, проведенной через поперечные оси голеностопных суставов. В этой же фронтальной плоскости расположения головок обеих бедренных костей находятся оси сгибания и разгибания головы, плечевых, коленных и голеностопных суставов, а также свободно опущенные руки. Понятно, что такое условное и искусственное положение тела, как нормальное стояние, утомительно, хотя площадь опоры стоп по сравнению со спокойным стоянием при этом увеличена.

Военное стояние, по классификации Г.Ф. Иванова, - третий вид стояния, характеризуется тем, что отвесная линия центра тяжести соответствующим мышечным напряжением устанавливается еще более кпереди, чем при нормальном стоянии и приближается к плюсне-предплюсневым суставам. Этот вид стояния, как и другие производственные позы, требует систематической тренировки мышц и не такой экономичный, как спокойное стояние.

Кроме указанных, имеются и другие виды стояния, например, стояние на одной ноге, на протезе, в различной по удобству обуви. При этом соот-

ветственно изменяется местоположение центра тяжести тела, следовательно, изменяется соответственно и распределение нагрузки на органы опоры и мускулатуру. Стремлению таза и туловища при стоянии опрокинуться назад под влиянием тяжести противодействует сокращение лонно-сосцевидной мышечной тяги и подвздошно-поясничных мышц, некоторых приводящих мышц бедра, передней части обеих средних ягодичных мышц, прямых мышц бедер и ряда других. Если при стоянии туловище значительно откидывается кзади, то принимают участие правая и левая подвздошно-бедренные связки, фиксирующие таз в передней его части (переднее плечо тазового рычага). Большие ягодичные мышцы, действуя на заднее плечо тазового рычага, регулируют необходимый для стояния наклон таза вперед: этому способствует сокращение других мышц, разгибающих бедро.

Если отвесная линия центра тяжести тела проходит впереди головок бедренных костей, то тяжесть туловища передается на переднее плечо тазового рычага и тогда таз, а с ним и туловище, стремятся опрокинуться вперед. Этому обычно противодействует сокращение мышц, тянущих книзу задний рычаг таза (большие ягодичные мышцы, задние пучки средних и малых ягодичных мышц, мышцы, сгибающие бедро, мышечно-фасциальная подвздошно-голенная система). Выступ тела I крестцового позвонка в этом случае устанавливается впереди линии, соединяющей центры обеих головок бедренных костей. Вследствие этого происходит увеличение поясничного лордоза и распрямление грудного кифоза – грудь становится более выпяченной. При наклоне тела вперед, назад и в стороны необходимое для стояния равновесие тела может быть установлено посредством соответствующих дополнительных изгибов позвоночника, без форсированного сокращения мышц таза.

Кроме упомянутых мышц, значительную роль в акте стояния играют приводящие мышцы бедра. Из мышц, расположенных на голени, наибольшее значение в акте стояния имеет тяга трехглавых и передних мышц го-

лени. Одновременное действие антагонистов, находящихся в составе передних и задних мышечных групп голени, обуславливает их фиксацию на ступнях как достаточно широких и упругих подставках, обеспечивающих устойчивую площадь опоры для уравновешенного стояния.

Коленные суставы под влиянием тяжести тела при стоянии переразгибаются до степени, какую только может допустить их мышечно-связочный аппарат; при дальнейшем их переразгибании собственная сила тяжести тела может повлечь падение его вперед. Активная сила, которая препятствует переразгибанию в коленных суставах при опоре на ногу, создается путем сокращения мускулатуры, расположенной на задней поверхности таза, бедра и голени. Мышцы передней поверхности бедра и голени, в частности четырехглавая мышца бедра, при стоянии обычно расслаблены, так как отвесная линия центра тяжести в это время приходится на середину опорной площади между стопами, впереди фронтальной оси коленных суставов. Удерживают тело в вертикальном положении в коленных суставах преимущественно мышцы задней поверхности бедра и голени (главным образом двуглавая мышца бедра, полуперепончатая и полусухожильная мышцы).

Естественное стремление тела при стоянии отклониться назад в обоих голеностопных суставах значительно больше, чем в коленных суставах, так как момент вращающей силы здесь больше.

Падению тела вперед противодействует тяга правой и левой икроножных мышц (с опорой на бедре и пятке), малоберцовых мышц, задних глубоких мышц голени, в особенности значительна тяга длинного сгибателя большого пальца.

При значительном смещении отвесной линии центра тяжести вперед и при уменьшении площади опоры, например, при стоянии на носках, одновременным сокращением той же мускулатуры, главным образом икроножных мышц, пятки отделяются от их опоры, отвесная линия тяжести тела в

этот момент смещается ближе к пальцам ног и тяжесть тела переносится на них, в связи с чем стояние на носках неустойчиво и затруднительно.

3.4. Динамическая биомеханика

Передвижение, или локомоция, является разновидностью движений животных и человека, связанной с активным перемещением в пространстве. С развитием жесткого скелета и поперечнополосатой мускулатуры у позвоночных произошло усложнение нервной системы, возросло разнообразие движений, расширились жизненные возможности организмов. Исключительно важную роль сыграло изменение локомоции в процессе превращения обезьяны в человека. Лазание по деревьям способствовало формированию хватательных органов – рук, а переход к прямохождению освободил их для использования в качестве органов трудовой деятельности.

Все многообразие движений человека, начиная от простых двигательных операций и до пластических движений солистов балета, связано с деятельностью опорно-двигательного аппарата, контролируемого центральной нервной системой. Несмотря на многообразие движений и их пластичность, условно все виды движений можно свести к движениям позвоночного столба, движениям суставов верхней и нижней конечностей.

3.4.1. Движения позвоночного столба

За счет суставов позвоночного столба возможны следующие виды движений: разгибание, сгибание, наклон вбок, скручивание.

Разгибание: аутохтонная мускулатура спины, во всей своей массе на обеих сторонах, причисляя сюда в верхнем отделе ременные мышцы головы и шеи, а также трапециевидную мышцу.

Сгибание: грудино-ключично-сосцевидная мышца, лестничные мышцы, длинная мышца шеи, прямая мышца живота, наружная и внутренняя косые мышцы живота, большая поясничная мышца.

Наклон вбок: производится теми же мышцами, которые производят сгибание и разгибание, когда эти мышцы сокращаются на одной стороне,

куда происходит наклон. Им содействуют сокращающиеся также на одной стороне наружные межреберные мышцы, межпоперечные мышцы, квадратная мышца поясницы.

Скручивание производят мышцы, работающие на одной стороне: в шейной части – верхние и нижние пучки длинной мышцы шеи, мышцы-вращатели, многораздельные мышцы; в области живота – внутренняя косая мышца живота на стороне, куда происходит поворот, и наружная косая мышца живота, которая поворачивает в противоположную сторону.

3.4.2. Движения в затылочном суставе

Разгибание (откидывание головы назад): трапециевидная мышца при фиксации плечевого пояса, верхние пучки глубоких мышц спины, прикрепляющихся к черепу – ременная мышца, длиннейшая мышца головы, полуостистая мышца, большая и малая задние прямые мышцы головы, верхняя косая мышца головы. Разгибание головы производят также обе грудино-ключично-сосцевидные мышцы, а шейный отдел позвоночника они сгибают.

Сгибание (наклон головы вперед): передняя прямая мышца головы, боковая прямая мышца головы, длинная мышца головы. Как сгибание, так и разгибание производят перечисленные мышцы, сокращаясь на обеих сторонах.

Наклон головы вбок: производят те же мышцы, которые производят сгибание и разгибание, только при сокращении на одной стороне, а также боковая прямая мышца головы и длиннейшая мышца головы.

Вращение головы: верхняя и нижняя косые мышцы головы, верхний косой пучок длинной мышцы шеи, ременная мышца, грудино-ключично-сосцевидная мышца. Все мышцы работают на одной стороне.

3.4.3. Движения в плечевом поясе

Поднятие кверху (ключицы и лопатки): верхние пучки трапециевидной мышцы, мышца, поднимающая лопатку, отчасти ромбовидная мышца.

Опускание (ключицы и лопатки): происходит главным образом под влиянием силы тяжести, чему содействует сокращение нижних пучков передней зубчатой мышцы и нижних волокон трапецевидной мышцы, а также малая грудная мышца и подключичная мышца.

Движение вперед: передняя зубчатая мышца, малая грудная мышца, большая грудная мышца через посредство плечевой кости.

Движение назад: ромбовидная мышца, средняя часть трапецевидной мышцы, широчайшая мышца спины через посредство плечевой кости.

Вращение лопатки, происходящее обыкновенно в конце движения кверху, производится нижними пучками передней зубчатой мышцы – тянут нижний угол лопатки в боковую сторону, и верхними волокнами трапецевидной мышцы – тянут лопатку кверху и медиально. Обратное движение производят ромбовидная мышца вместе с малой грудной мышцей.

Приведение лопатки происходит вследствие сокращения ромбовидных мышц и средней части трапецевидной мышцы. Этому содействует мышца, поднимающая лопатку, а также нижняя часть трапецевидной мышцы, равнодействующая которых направлена к позвоночнику. Для **отведения лопатки** необходимо сокращение передней зубчатой мышцы. Плечевой пояс можно сместить кверху приблизительно на 12 см, а вперед и назад в среднем на 15 см.

3.4.4. Движения в плечевом суставе

Мышцы плечевого сустава распределены неравномерно. На внутренней стороне, обращенной в подкрыльцовую ямку, мышц меньше, чем на других его сторонах. Более крупные из мышц, двигающих плечо, – большая грудная мышца, дельтовидная мышца, широчайшая мышца спины, двуглавая и трехглавая мышцы плеча. Меньшие из этой группы мышц – надостная, подостная, малая круглая, подлопаточная и клювоплечевая мышцы – тесно прилежат своими сухожилиями к плечевому суставу. Те мышцы плечевого сустава, которые начинаются на туловище или на плечевом поясе, могут сокращаться отдельными частями.

Сгибание: передняя часть дельтовидной мышцы, ключичная часть большой грудной мышцы, клювоплечевая мышца, двуглавая мышца плеча.

Разгибание: задняя часть дельтовидной мышцы, широчайшая мышца спины и большая круглая мышца. Так как последние две мышцы, кроме того, поворачивают плечо внутрь, то для противодействия этому сокращаются подостная и малая круглая мышцы.

Отведение (абдукция): дельтовидная мышца и надостная мышца. Отведение в плечевом суставе возможно на 70 - 80°.

Приведение (аддукция): большая грудная мышца, широчайшая мышца спины и большая круглая мышца. Для противодействия одновременному повороту плеча внутрь принимают участие подостная и малая круглая мышцы.

Вращение внутрь (пронация): подлопаточная мышца, большая грудная мышца, широчайшая мышца спины и большая круглая мышца.

Вращение кнаружи (супинация): подостная и малая круглая мышцы.

3.4.5. Движения в локтевом суставе

Сгибание: двуглавая мышца плеча, плечевая мышца, плечелучевая мышца и круглый пронатор. Сгибание в локтевом суставе составляет около 150°.

Разгибание: трехглавая мышца плеча, локтевая мышца, Пассивное разгибание в плечевом суставе происходит в силу тяжести самого предплечья.

Пронация: круглый и квадратный пронаторы. Смещение лучевой кости относительно локтевой составляет около 150°.

Супинация: супинатор и двуглавая мышца плеча. Принимает участие также плечелучевая мышца, ставящая предплечье в среднее положение между пронацией и супинацией.

Некоторые мышцы, в зависимости от условий, проявляют противоположное действие. Так, например, плечелучевая мышца, в зависимости от

исходного положения костей предплечья, принимает участие и в повороте лучевой кости наружу, и в повороте ее внутрь.

При выпрямленном и пронированном предплечье сокращение этой мышцы переводит лучевую кость в среднее между пронацией и супинацией положение (20°). При согнутом локтевом суставе эта мышца способна произвести поворот лучевой кости до 100° .

3.4.6. Движения в лучезапястном суставе

Мышцы, принимающие участие в движении кисти, действуют группами, соответственно условиям параллелограмма сил, возникающих в результате их сокращения в разных сочетаниях.

Сгибание кисти: лучевой сгибатель запястья, локтевой сгибатель запястья, длинная ладонная мышца, глубокий и поверхностный сгибатели пальцев, длинный сгибатель первого пальца. Сгибание кисти осуществляется по диагонали параллелограмма сил, которые создают своим сокращением лучевой и локтевой сгибатели кисти. В этом им содействует сокращение длинной ладонной мышцы, которая натягивает ладонный апоневроз и тем способствует сгибанию кисти в лучезапястном суставе. Как поверхностный, так и глубокий сгибатель пальцев принимают тем большее участие в сгибании кисти, чем больше пальцы разогнуты, вследствие увеличения при этом расстояния между их началом и прикреплением. Угол возможного сгибания и разгибания кисти составляет около 100° .

Разгибание кисти: длинный и короткий лучевые разгибатели запястья, локтевой разгибатель запястья, а также все разгибатели пальцев. Так как длинный и короткий лучевые разгибатели кисти действуют вместе сильнее одного локтевого разгибателя кисти, то при разгибании кисть соответственно отклоняется в лучевую сторону. Мышцы, разгибающие пальцы, способствуют и разгибанию кисти, притом тем более, чем больше пальцы были перед тем согнуты.

Приведение кисти (локтевое сгибание): локтевой разгибатель кисти и локтевой сгибатель кисти, действующие одновременно.

Отведение кисти (лучевое сгибание): длинный и короткий разгибатели кисти, лучевой сгибатель кисти при совместном сокращении. Отведению и приведению могут содействовать мышцы, перекинутые дистальными сухожилиями с предплечья через запястье и пястье на большой палец, в частности, длинный разгибатель большого пальца. Размах приведения и отведения кисти равен в среднем 70° .

Вращение кисти по кругу возможно в лучезапястном суставе при последовательном сокращении всех мышц, сгибающих и разгибающих кисть. В суставе можно произвести вращение кисти до 150° .

3.4.7. Движения пальцев кисти

Пальцы кисти обладают, как известно, большой подвижностью. В пястно-фаланговом суставе возможно сгибание и разгибание, приведение и отведение, круговые движения и пассивное вращение пальцев вокруг продольной оси. В межфаланговых сочленениях пальцев возможно лишь сгибание и разгибание. Большой палец может производить те же движения, что и остальные пальцы, однако круговое движение большого пальца больше, чем остальных пальцев; оно достигает угла около 45° , включая в это движение и первую пястную кость. Кроме того, большой палец может быть противопоставлен мизинцу. Объем движения пальцев варьирует в зависимости от упражнения, а также зависит от возрастных изменений.

Сгибание четырех пальцев: глубокий и поверхностный сгибатели пальцев. Проксимальную фалангу, кроме того, сгибают червеобразные и межкостные мышцы. В сгибании мизинца принимает участие короткий сгибатель мизинца.

Разгибатель четырех пальцев: разгибатель пальцев; у указательного пальца и мизинца имеются еще собственные **разгибатели** – разгибатель второго пальца и разгибатель мизинца.

Разведение пальцев: дорсальные межкостные мышцы.

Приведение пальцев к среднему: ладонные межкостные мышцы.

Сгибание большого пальца: длинный и короткий сгибатели первого пальца.

Разгибание большого пальца: длинный и короткий разгибатели первого пальца.

Отведение первого пальца: длинная и короткая мышцы, отводящие первый палец.

Приведение первого пальца: мышца, приводящая первый палец.

Противоположение: мышца, противопоставляющая первый палец.

3.4.8. Движения в тазобедренном суставе

Масса разгибающих бедро мышц превышает массу сгибающих на одну шестую; отсюда видно, что сила возможного разгибания бедра превышает силу его сгибания. Масса мышц, поворачивающих бедро наружу, превышает массу мышц, поворачивающих бедро внутрь. Это видно из положения свободно опущенной ноги, которая непроизвольно принимает несколько супинированное положение. Значительна также разница в массе и в действии между отводящими и приводящими мышцами; в частности, мышцы, приводящие бедро, имеют значительно больший момент силы, чем мышцы, отводящие бедро.

В тазобедренном суставе мускулатура производит разгибание и сгибание, приведение и отведение, поворот наружу и внутрь, а также круговое движение бедра.

Сгибание: подвздошно-поясничная мышца, прямая мышца бедра, мышца, напрягающая широкую фасцию бедра, портняжная мышца, гребенчатая мышца.

Разгибание: большая ягодичная мышца, двуглавая мышца бедра, полусухожильная мышца, полуперепончатая мышца, большая приводящая мышца, грушевидная мышца.

Отведение: средняя и малая ягодичные мышцы.

Приведение: короткая приводящая мышца, длинная приводящая мышца, большая приводящая мышца, нежная и гребенчатая мышцы.

Пронация: средняя и малая ягодичные мышцы.

Супинация: пояснично-подвздошная мышца, большая ягодичная мышца, задние пучки средней и малой ягодичных мышц, грушевидная мышца, внутренняя запирательная мышца, нижняя и верхняя близнецовые мышцы, квадратная мышца бедра, наружная запирательная мышца.

3.4.9. Движения в коленном суставе

Разгибание: четырехглавая мышца бедра.

Сгибание: полусухожильная мышца, полуперепончатая мышца, двуглавая мышца бедра, подколенная мышца, портняжная мышца, нежная мышца.

Пронация: полусухожильная мышца, полуперепончатая мышца, подколенная мышца, портняжная мышца, нежная мышца и медиальная головка икроножной мышцы.

Супинация: двуглавая мышца бедра и латеральная головка икроножной мышцы.

3.4.10. Движения в голеностопном суставе

Сгибание стопы: трехглавая мышца голени, длинный сгибатель пальцев, задняя большеберцовая мышца, длинный сгибатель первого пальца, короткая и длинная малоберцовые мышцы.

Разгибание стопы: передняя большеберцовая мышца, длинный разгибатель пальцев, длинный разгибатель первого пальца, третья малоберцовая мышца.

Пронация и отведение стопы: длинная малоберцовая мышца, короткая малоберцовая мышца, третья малоберцовая мышца.

Супинация и приведение стопы: передняя большеберцовая мышца, задняя большеберцовая мышца, длинный разгибатель большого пальца и отчасти трехглавая мышца голени.

3.4.11. Движения пальцев ноги

Сгибание: длинный сгибатель пальцев, короткий сгибатель пальцев. Большой палец – длинный сгибатель первого пальца и короткий сгибатель первого пальца.

Разгибание: длинный и короткий разгибатели пальцев. Большой палец – длинный и короткий разгибатели первого пальца.

АТЛАС

АНАТОМИЧЕСКИХ СТРУКТУР

МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

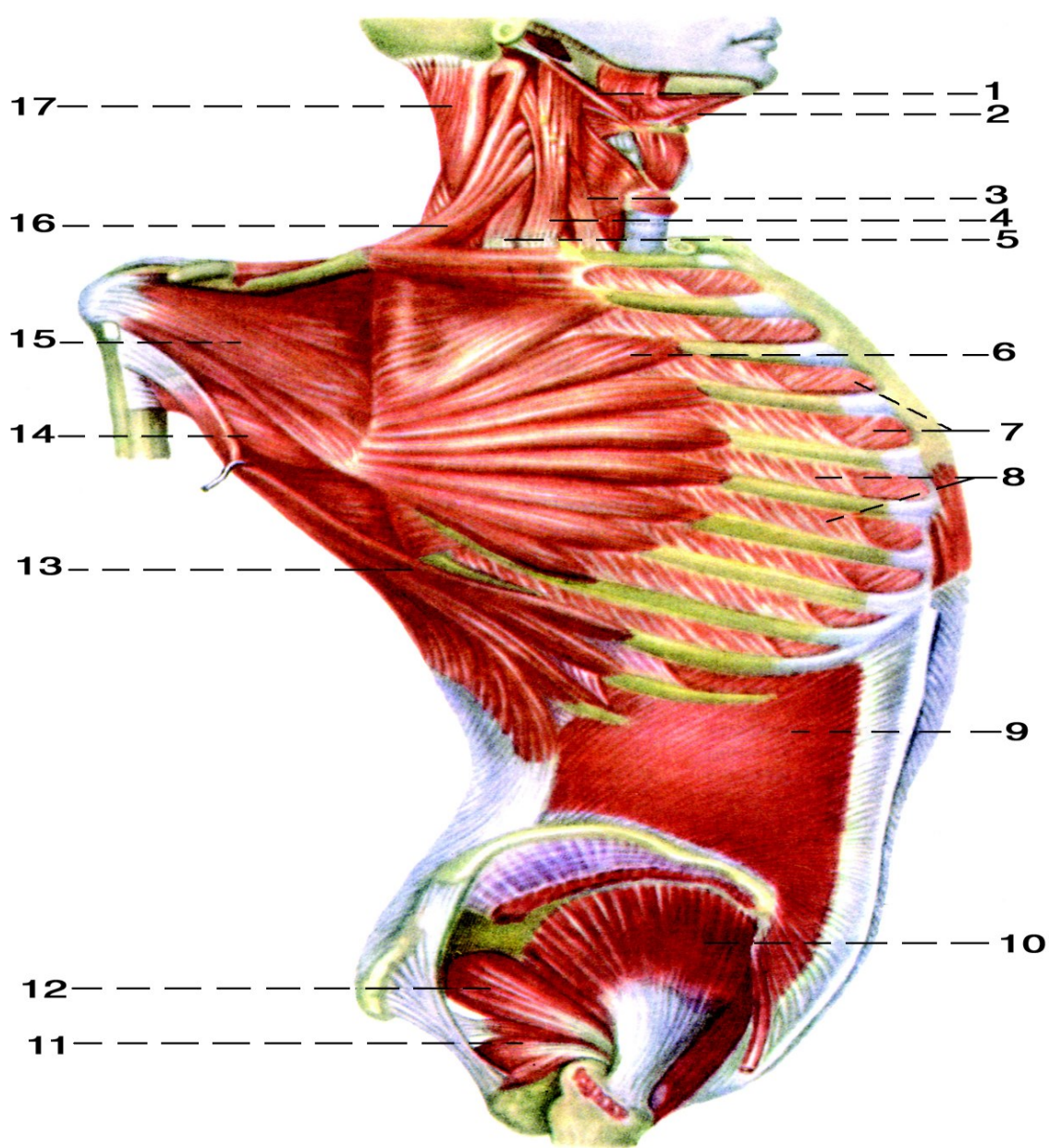


Рис. 1. Мышцы груди и живота

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1. Шилоподъязычная мышца | 2. Двубрюшная мышца |
| 3. Передняя лестничная мышца | 4. Средняя лестничная мышца |

5. Задняя лестничная мышца
 7. Внутренние межреберные
 9. Внутренняя косая мышца живота
 11. Внутренняя запирающая
 13. Широчайшая мышца спины
 15. Подлопаточная мышца
 17. Ременная мышца головы
6. Передняя зубчатая мышца
 8. Наружные межреберные
 10. Средняя ягодичная мышца
 12. Грушевидная мышца
 14. Большая круглая мышца
 16. Мышца, поднимающая лопатку

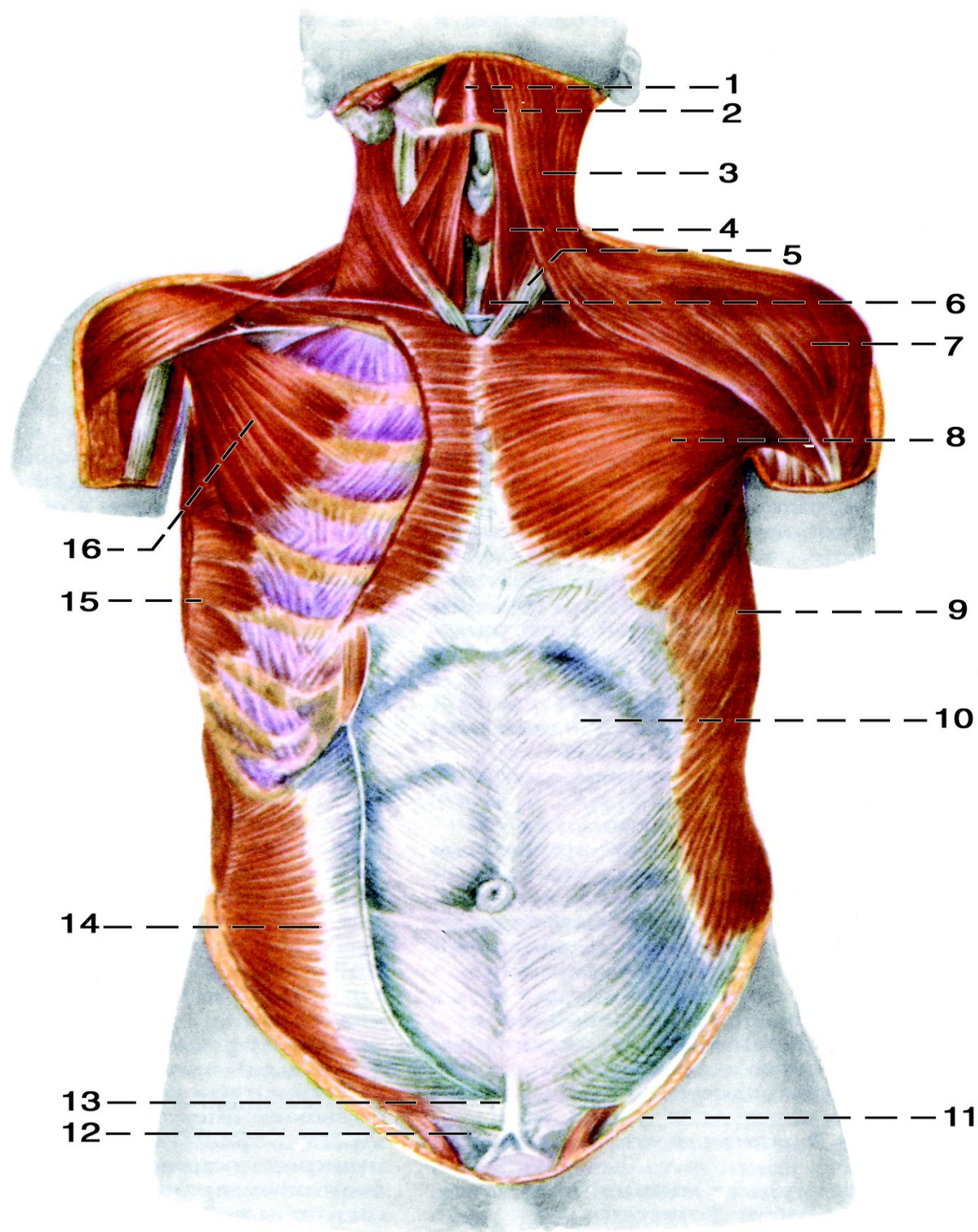


Рис. 2. Поверхностные мышцы шеи, груди и живота

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Двубрюшная мышца | 2. Челюстно-подъязычная мышца |
| 3. Подкожная мышца | 4. Грудино-подъязычная мышца |
| 5. Грудино-ключично-сосцевидная | 6. Грудино-подъязычная мышца |
| 7. Дельтовидная мышца | 8. Большая грудная мышца |
| 9. Наружная косая мышца живота | 10. Влагалище прямой м. живота |
| 11. Медиальная ножка | 12. Семенной канатик |
| 13. Латеральная ножка | 14. Внутренняя косая мышца живота |
| 15. Передняя зубчатая мышца | 16. Малая грудная мышца |

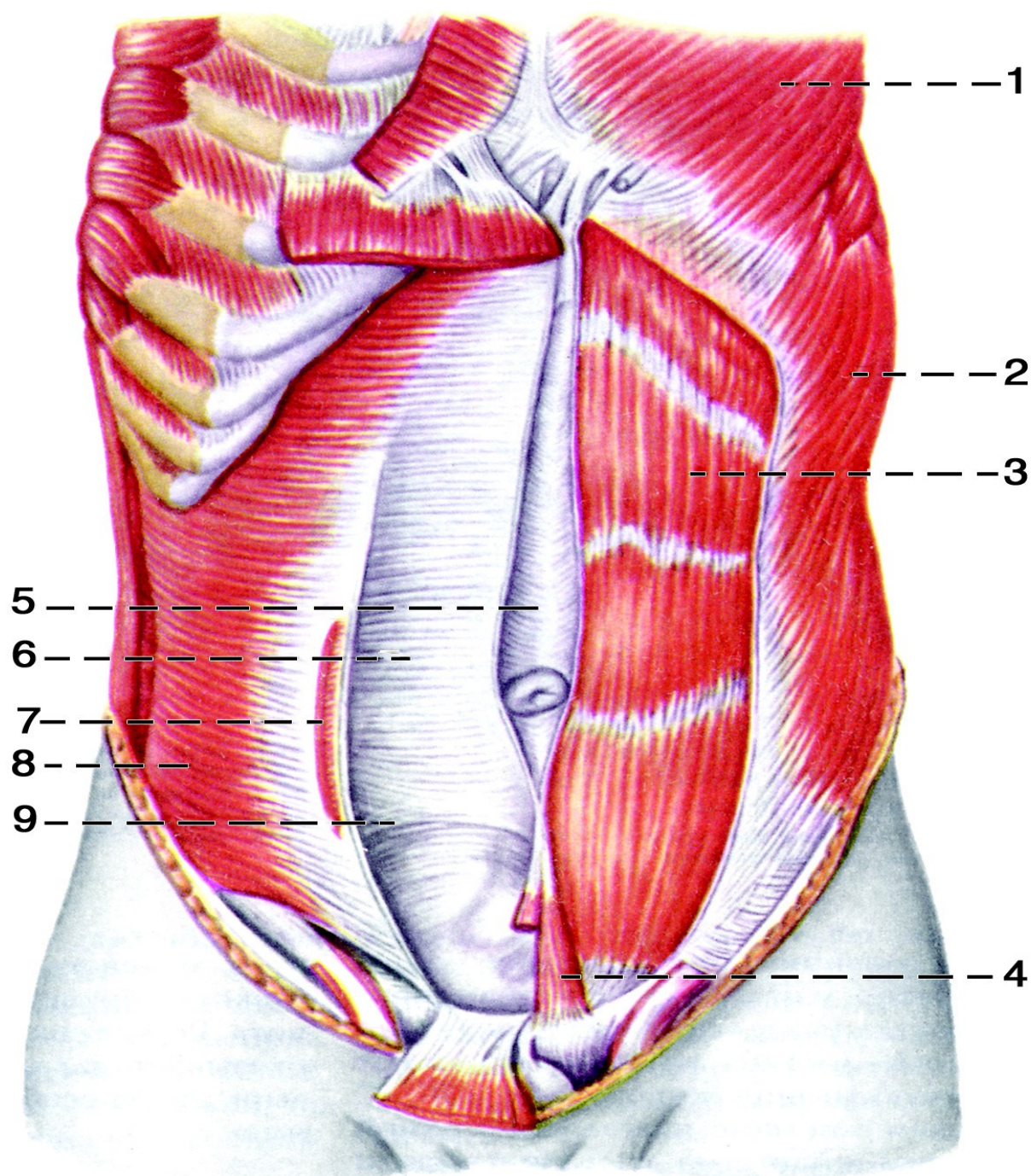


Рис. 3. Передние и боковые мышцы живота

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| 1. Большая грудная мышца | 2. Наружная косая мышца живота |
| 3. Прямая мышца живота | 4. Пирамидальная мышца |
| 5. Белая линия живота | 6. Влагалище прямой м. живота |
| 7. Полукружная линия | 8. Поперечная мышца живота |
| 9. Полулунная линия | |

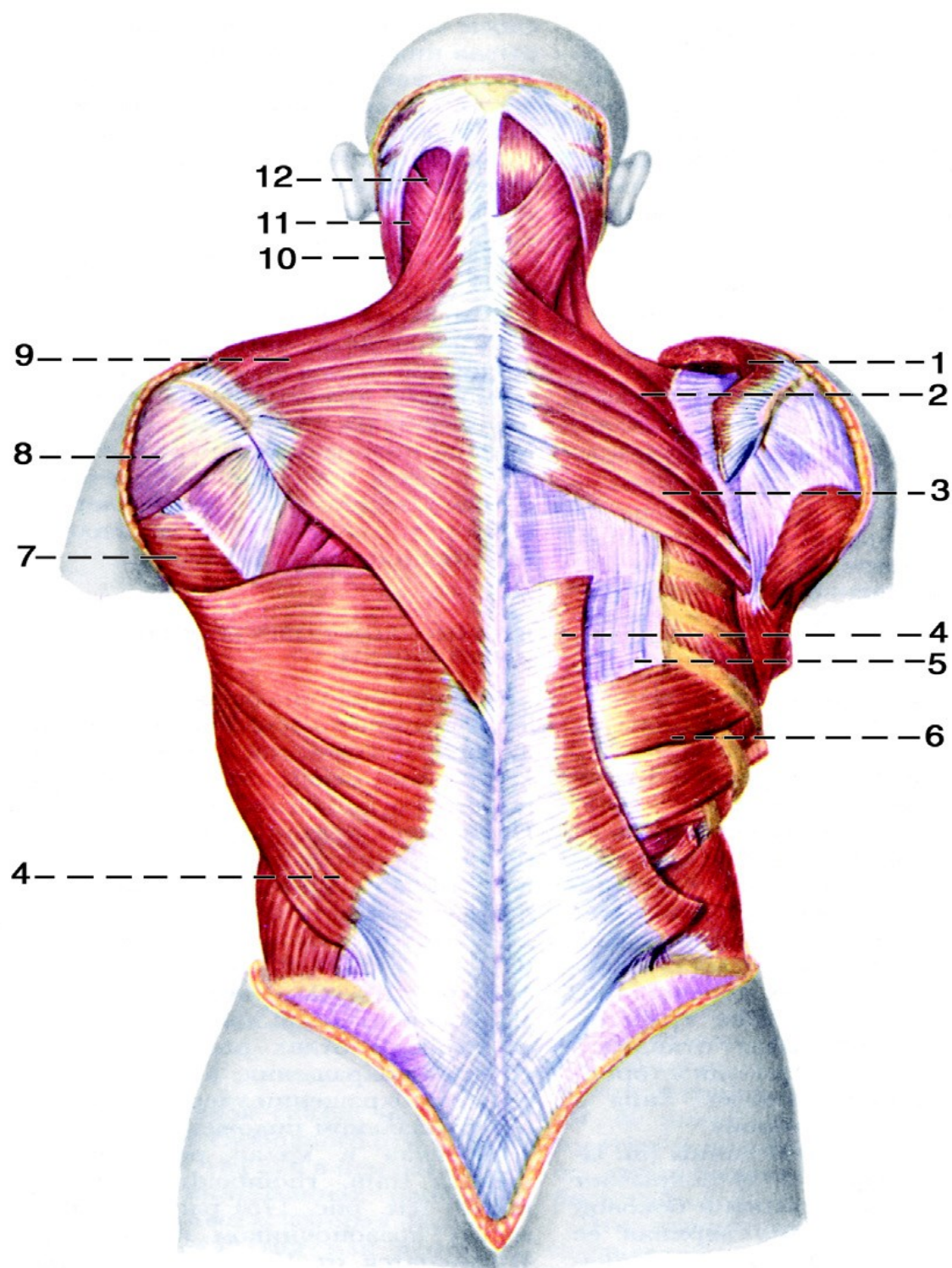


Рис. 4. Поверхностные мышцы спины первого и второго слоя

- | | |
|------------------------------|----------------------------------|
| 1. Трапециевидная мышца | 2. Малая ромбовидная мышца |
| 3. Большая ромбовидная мышца | 4. Широчайшая мышца спины |
| 5. Пояснично-спинная фасция | 6. Задняя нижняя зубчатая мышца |
| 7. Большая круглая мышца | 8. Дельтовидная мышца |
| 9. Трапециевидная мышца | 10. Грудино-ключично-сосцевидная |
| 11. Ременная мышца головы | 12. Полуостистая мышца головы |

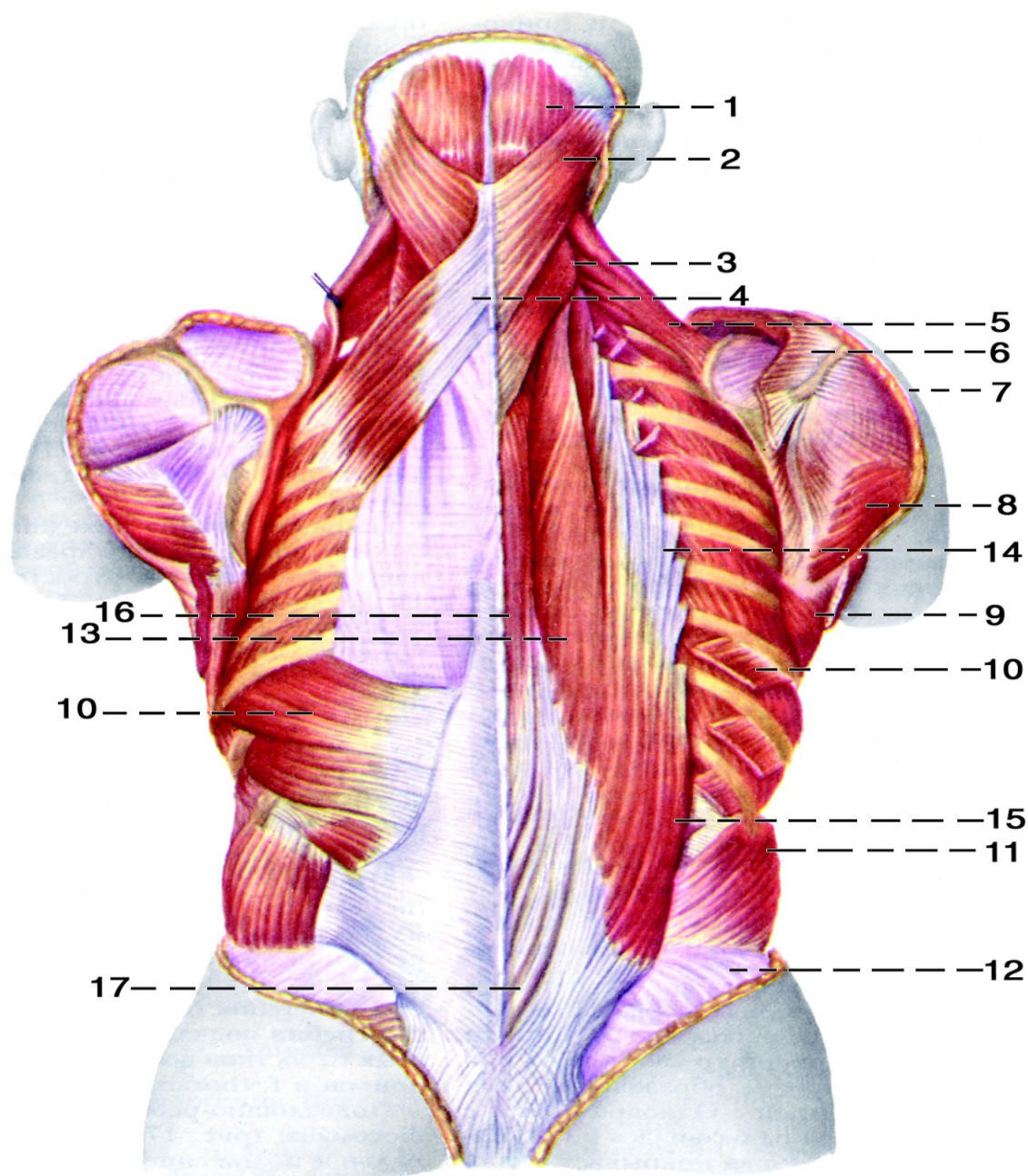


Рис. 5. Поверхностные мышцы спины второго слоя и глубокие мышцы

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1. Полуостистая мышца головы | 2. Ременная мышца головы |
| 3. Ременная мышца шеи | 4. Задняя верхняя зубчатая м. |
| 5. Мышца, поднимающая лопатку | 6. Надостная мышца |
| 7. Дельтовидная мышца | 8. Большая круглая мышца |
| 9. Передняя зубчатая мышца | 10. Задняя нижняя зубчатая м. |
| 11. Наружная косая мышца живота | 12. Средняя ягодичная мышца |
| 13. Длиннейшая мышца груди | 14. Подвздошно-реберная м. груди |
| 15. Подвздошно-реберная м. поясницы | 16. Полуостистая мышца груди |
| 17. Мышца-разгибатель позвоночного столба | |

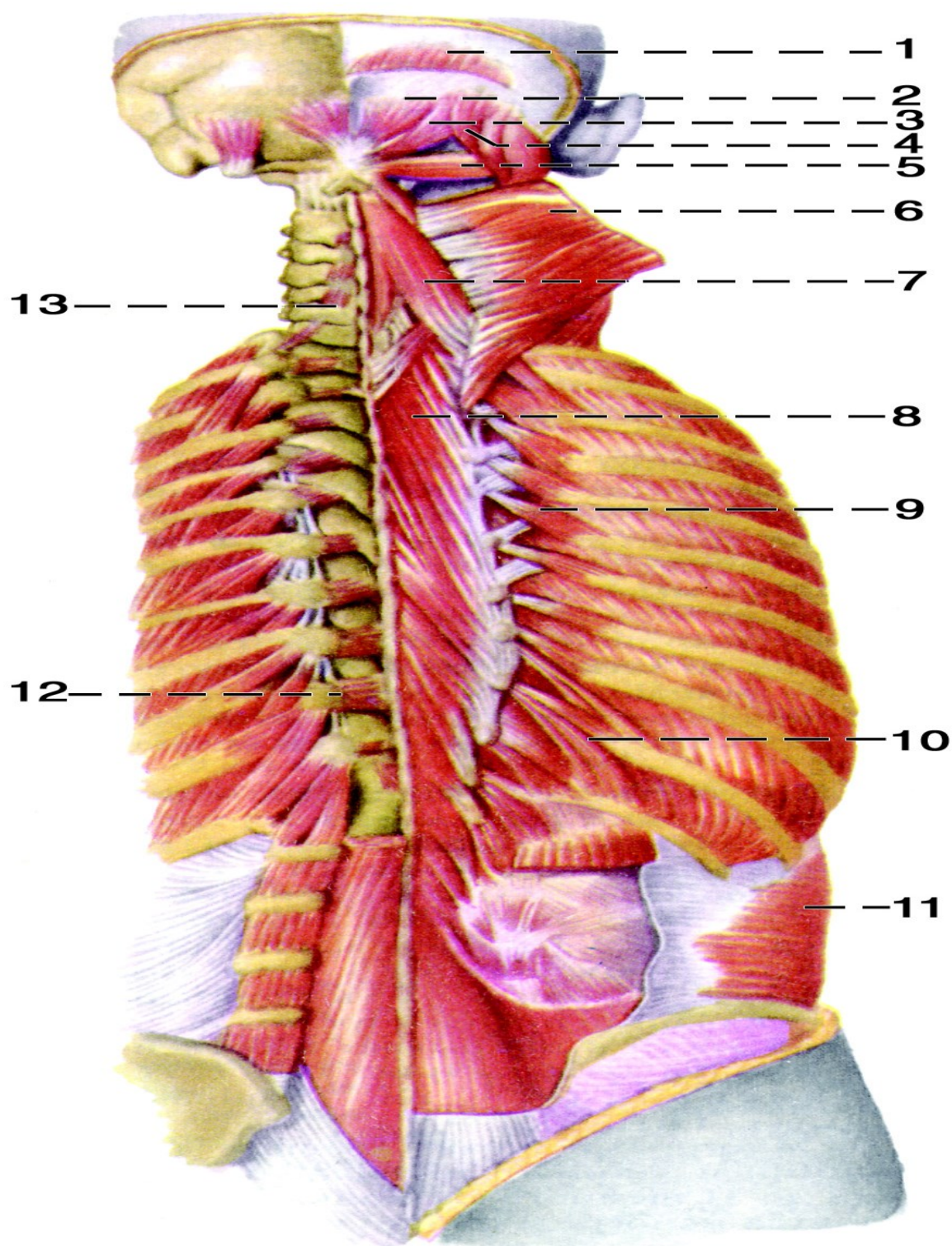


Рис. 6. Глубокие мышцы спины и затылка

- | | |
|------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Затылочная мышца | 2. Малая задняя прямая м. головы |
| 3. Большая задняя прямая м. головы | 4. Верхняя косая мышца головы |
| 5. Нижняя косая мышца головы | 6. Полуостистая мышца головы |
| 7. Полуостистая мышца шеи | 8. Многораздельная мышца |
| 9. Короткие подниматели ребер | 10. Длинные подниматели ребер |
| 11. Поперечная мышца живота | 12. Мышцы-вращатели груди |
| 13. Мышцы-вращатели шеи | |

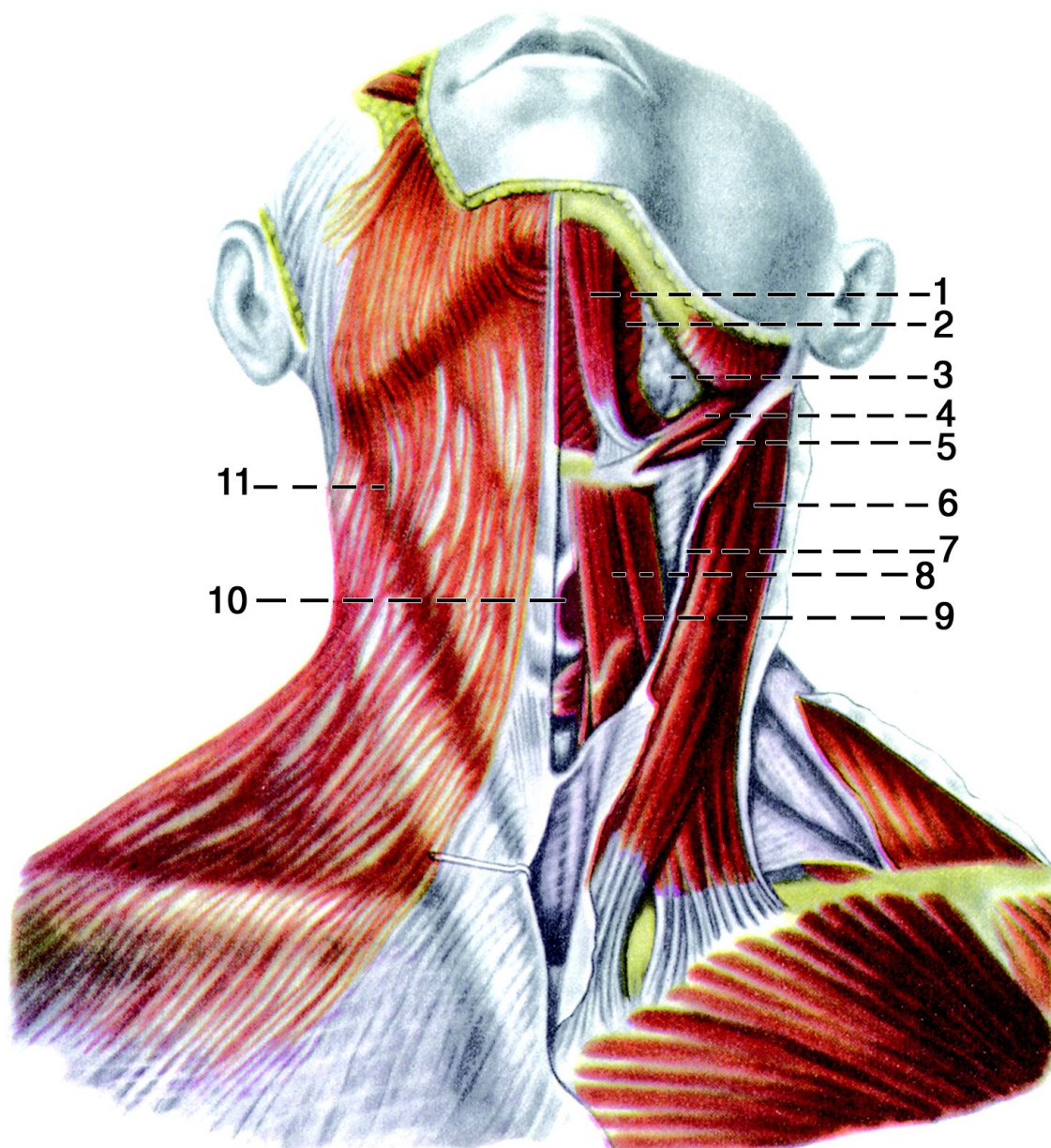


Рис. 7. Поверхностные мышцы шеи

1. Двубрюшная мышца (переднее брюшко)
2. Челюстно-подъязычная мышца
3. Подчелюстная железа
4. Шилоподъязычная мышца
5. Двубрюшная мышца (заднее брюшко)
6. Грудино-ключично-сосцевидная мышца
7. Поверхностная фасция шеи
8. Грудино-подъязычная мышца
9. Лопаточно-подъязычная мышца
10. Щитовидный хрящ
11. Подкожная мышца

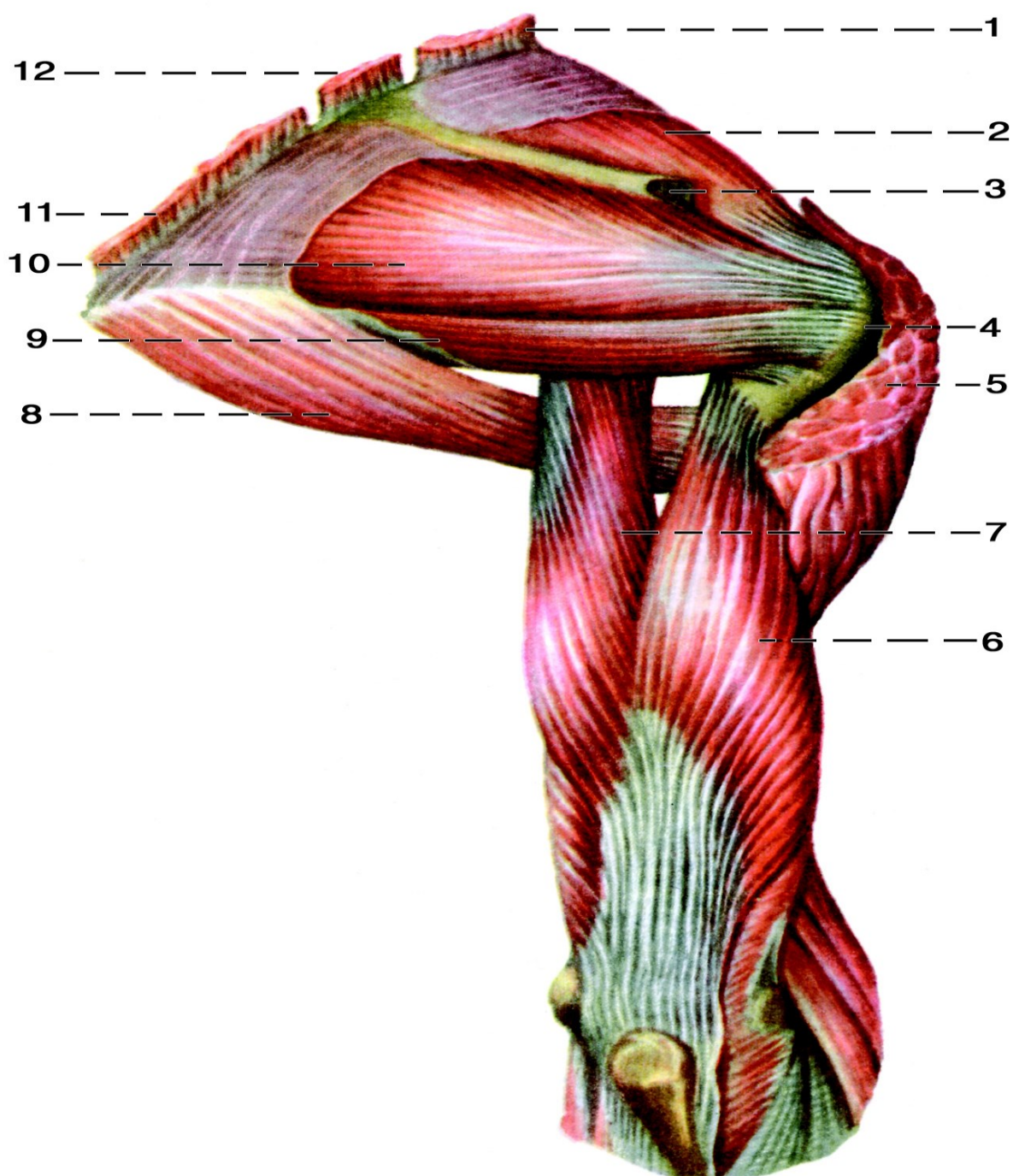
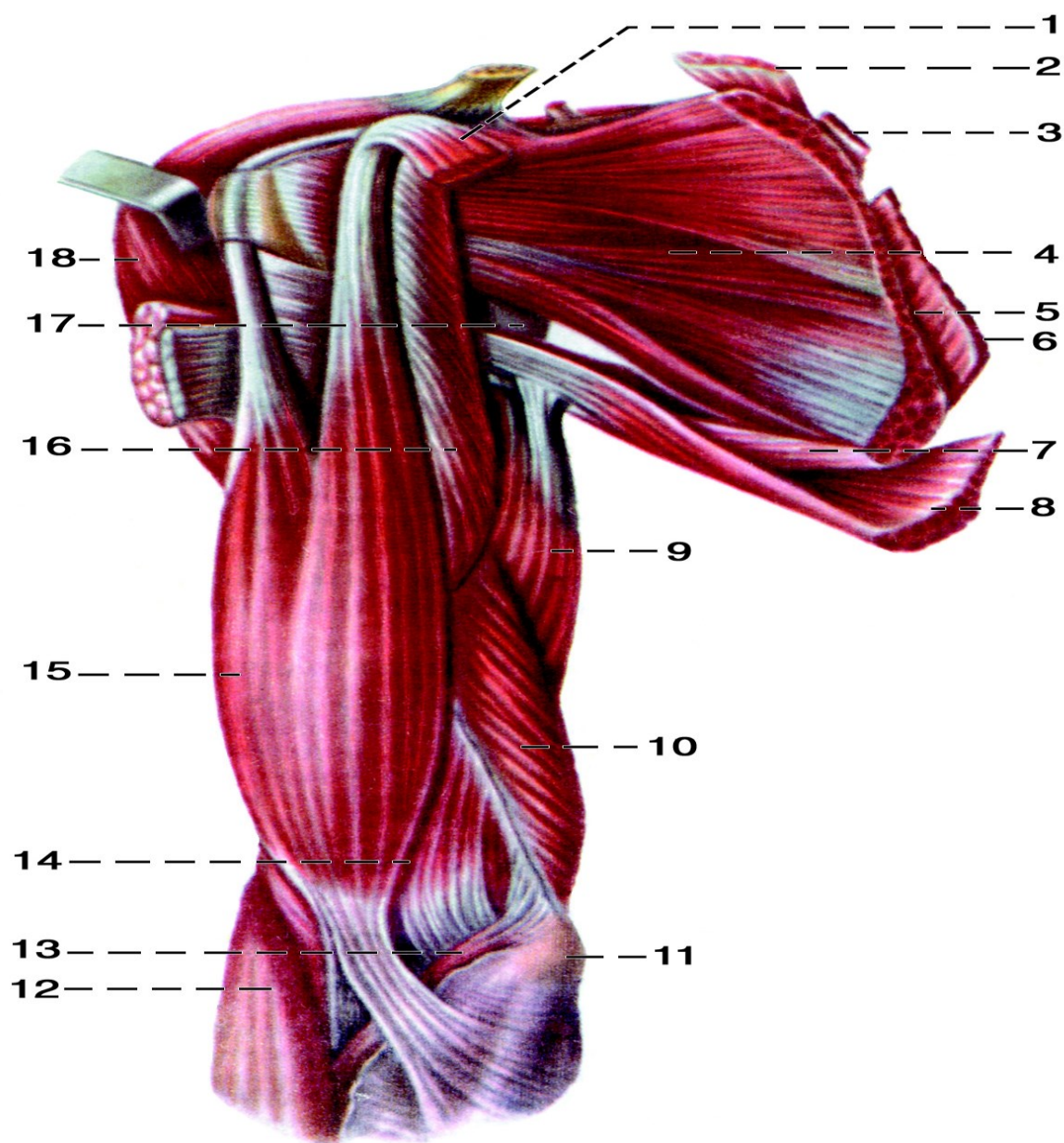


Рис. 8. Мышцы пояса верхней конечности и плеча

- | | |
|--------------------------------|------------------------------------|
| 1. Мышца, поднимающая лопатку | 2. Надостная мышца |
| 3. Лопаточная ость | 4. Большой бугорок плеча |
| 5. Дельтовидная мышца | 6. Латеральная головка 3-главой м. |
| 7. Длинная головка 3-главой м. | 8. Большая круглая мышца |
| 9. Малая круглая мышца | 10. Подостная мышца |
| 11. Большая ромбовидная мышца | 12. Малая ромбовидная мышца |



**Рис. 9. Мышцы пояса верхней конечности и плеча
(вид спереди)**

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Малая грудная мышца | 2. Мышца, поднимающая лопатку |
| 3. Малая ромбовидная мышца | 4. Подлопаточная мышца |
| 5. Передняя зубчатая мышца | 6. Большая ромбовидная мышца |
| 7. Большая круглая мышца | 8. Широчайшая мышца спины |
| 9. Длинная головка 3-главой м. плеча | 10. Медиальная головка 3-главой м. |
| 11. Медиальный надмыщелок | 12. Плечелучевая мышца |
| 13. Круглый пронатор | 14. Плечевая мышца |
| 15. Двуглавая мышца плеча | 16. Ключовидно-плечевая мышца |
| 17. Треугольное отверстие | 18. Дельтовидная мышца |

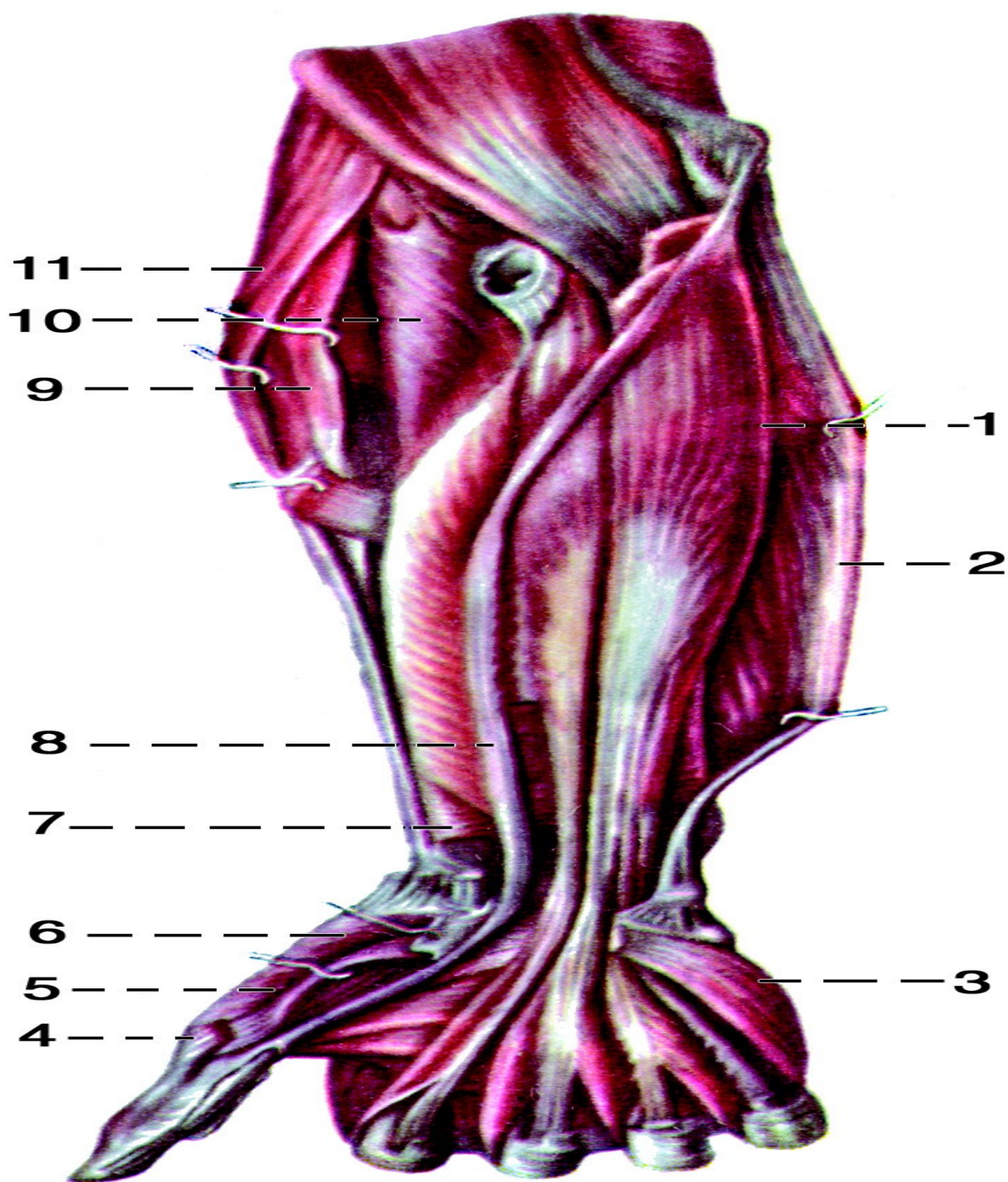


Рис. 10. Мышцы предплечья (второй слой)

1. Глубокий сгибатель пальцев
2. Локтевой сгибатель запястья
3. Мышца, противопоставляющая V палец
4. Мышца, приводящая I палец
5. Короткий сгибатель I пальца
6. Короткая мышца, отводящая I палец
7. Квадратный пронатор
8. Длинный сгибатель I пальца
9. Длинный лучевой разгибатель запястья
10. Супинатор
11. Плечелучевая мышца

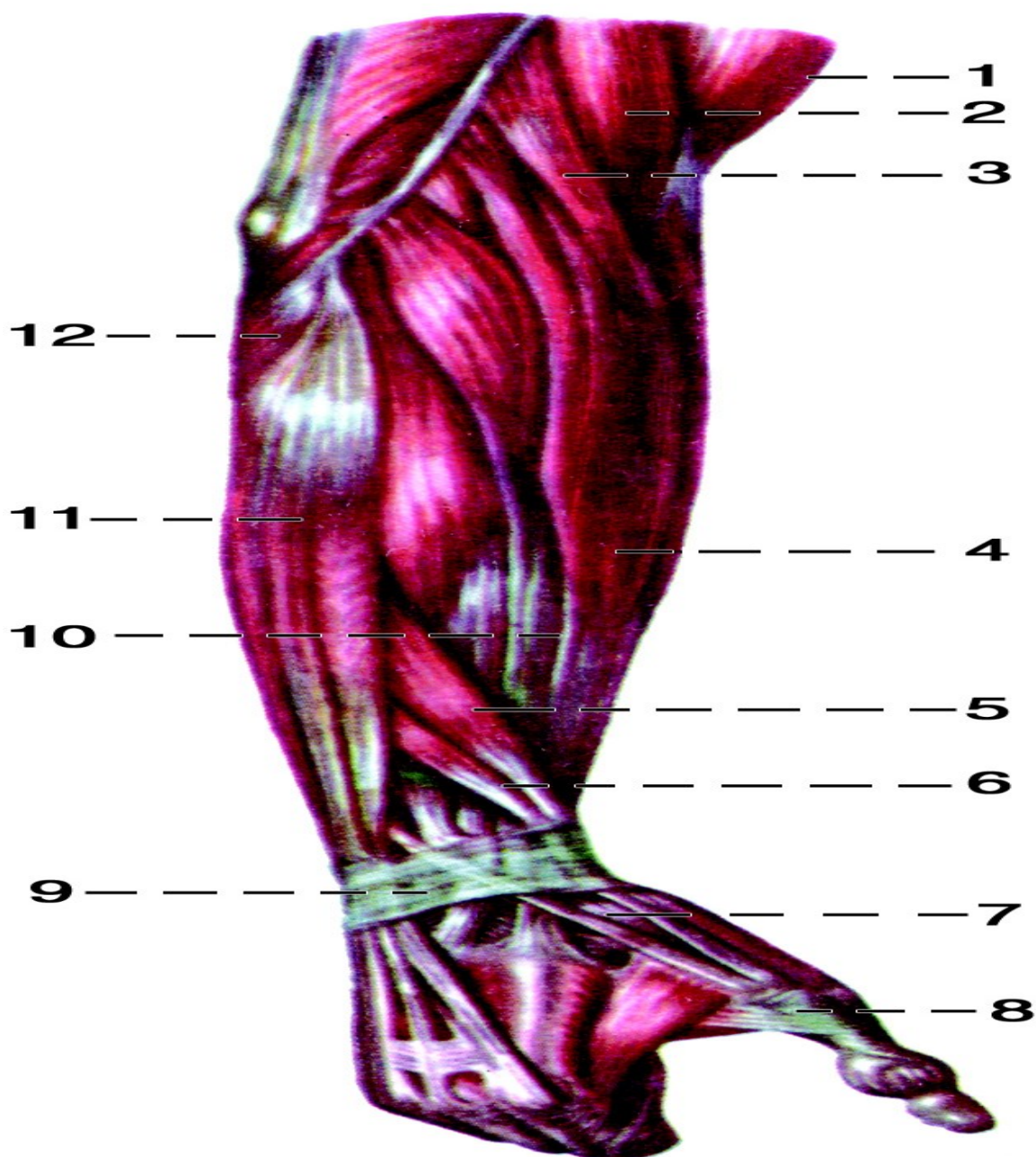


Рис. 11. Мышцы предплечья

1. Двуглавая мышца плеча
2. Плечевая мышца
3. Плечелучевая мышца
4. Длинный лучевой разгибатель запястья
5. Длинная мышца, отводящая I палец
6. Короткий разгибатель I пальца
7. Длинный разгибатель I пальца
8. Межостистая мышца
9. Короткий лучевой разгибатель запястья
10. Удерживатель разгибателей
11. Разгибатель пальцев
12. Локтевая мышца

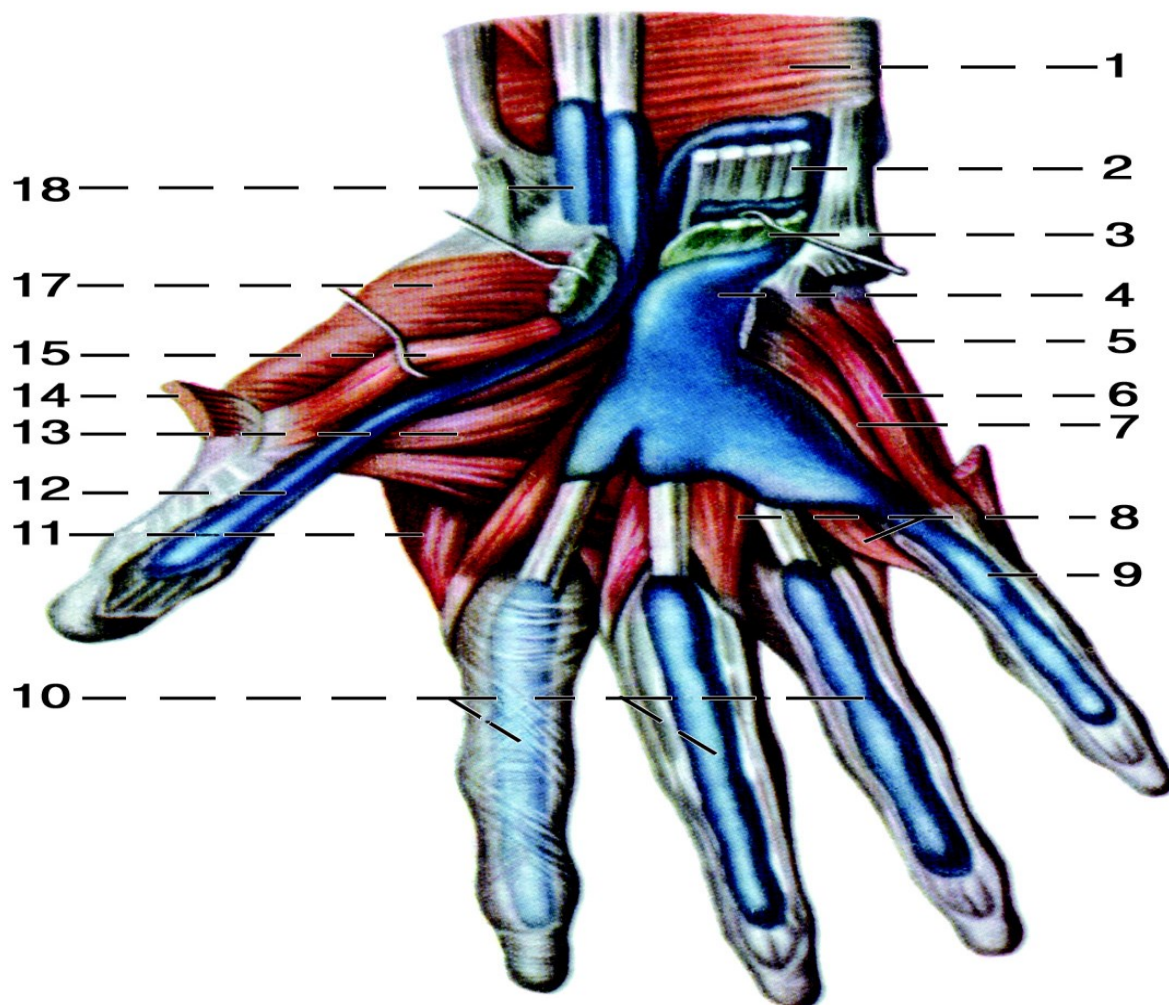


Рис. 12. Мышцы кисти и синовиальные влагалища ладонной поверхности кисти

1. Квадратный пронатор
2. Глубокий сгибатель пальцев
3. Поверхностный сгибатель пальцев
4. Общее синовиальное влагалище сгибателей
5. Мышца, отводящая V палец
6. Короткий сгибатель мизинца
7. Мышца, противопоставляющая V палец
8. Червеобразные мышцы
9. Синовиальное влагалище мизинца
10. Синовиальные влагалища сухожилий пальцев
11. Дорсальная межкостная мышца
12. Синовиальное влагалище сухожилия длинного сгибателя I пальца
13. Мышца, приводящая I палец
14. Короткая мышца, отводящая I палец
15. Короткий сгибатель I пальца
16. Короткий сгибатель мизинца
17. Мышца, противопоставляющая I палец
18. Синовиальное влагалище сухожилия локтевого сгибателя запястья

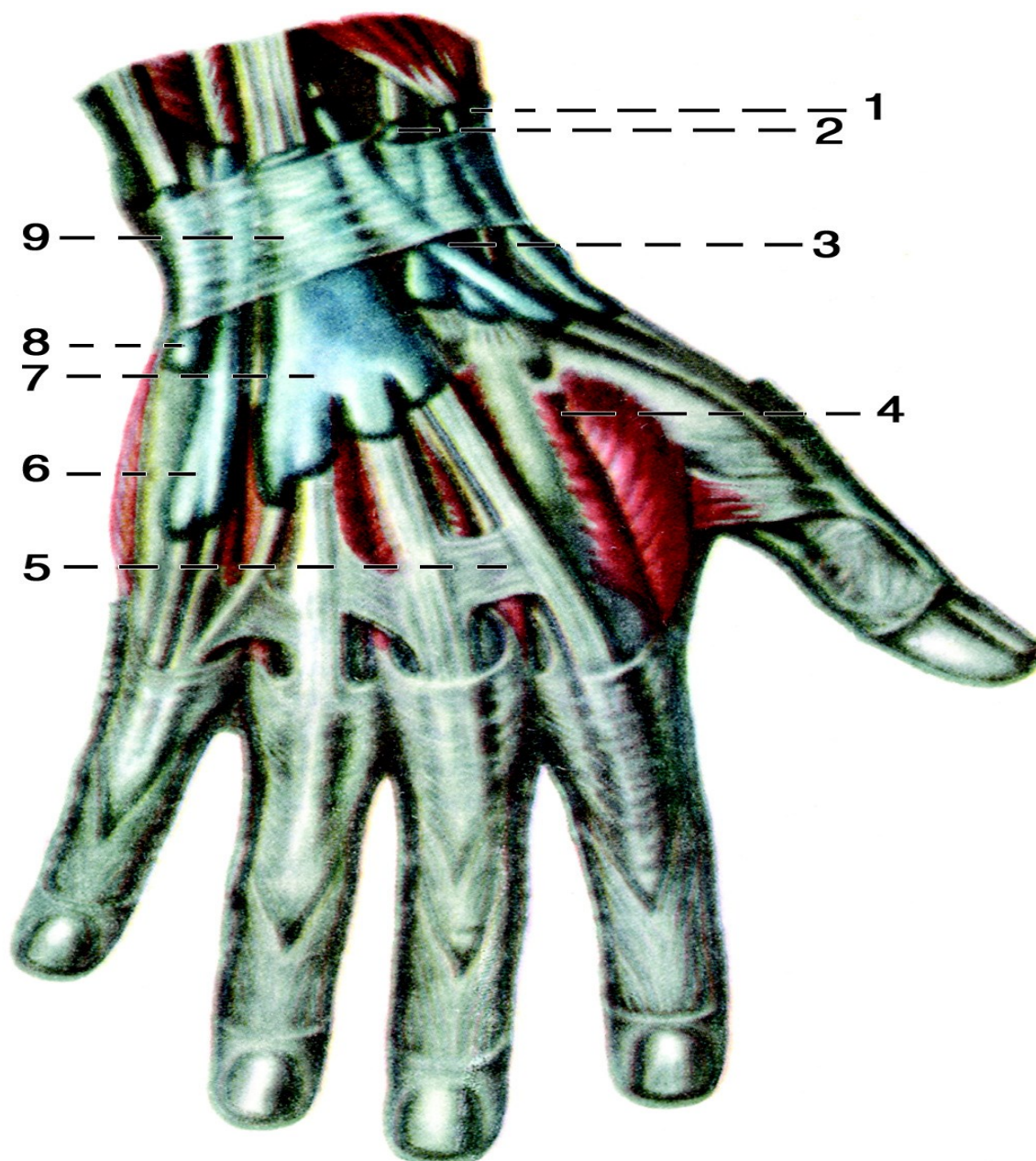


Рис. 13. Мышцы и синовиальные влагалища дорсальной поверхности кисти

1. Влагалище сухожилий длинной отводящей мышцы и короткого разгибателя I пальца
2. Влагалище сухожилий короткого и длинного лучевых разгибателей запястья
3. Влагалище сухожилия длинного разгибателя I пальца
4. Дорсальные межкостные мышцы
5. Межсухожильная перемычка
6. Влагалище сухожилия разгибателя мизинца
7. Влагалище сухожилий разгибателей пальцев
8. Влагалище сухожилия локтевого разгибателя запястья
9. Удерживатель разгибателей

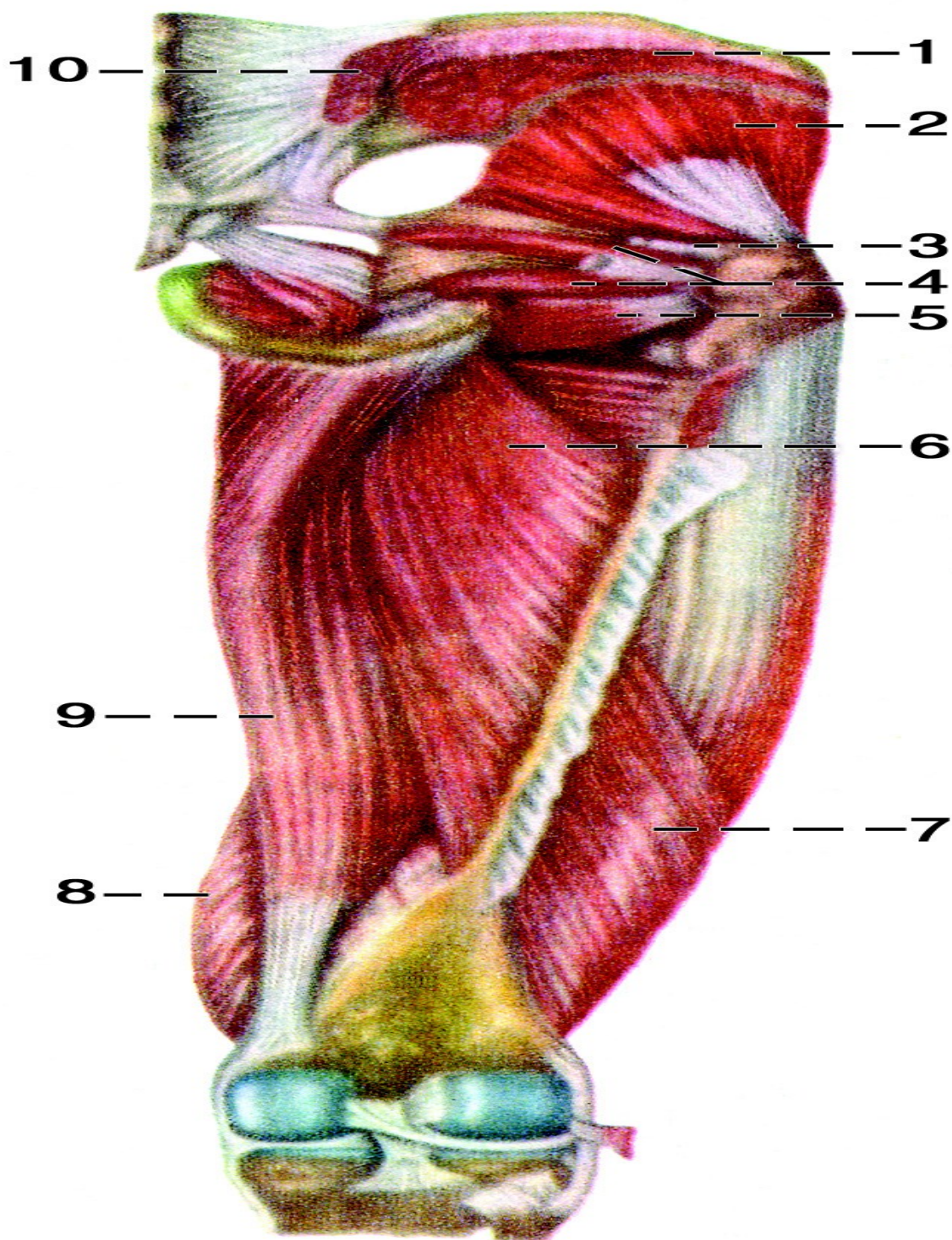


Рис.14. Мышцы таза и бедра (вид сзади)

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Средняя ягодичная мышца (отрезана) | 2. Малая ягодичная мышца |
| 3. Грушевидная мышца | 4. Близнецовая мышца |
| 5. Наружная запирательная мышца | 6. Короткая приводящая мышца |
| 7. Латеральная широкая мышца | 8. Медиальная широкая мышца |
| 9. Большая приводящая мышца | 10. Большая ягодичная м. (отрезана) |

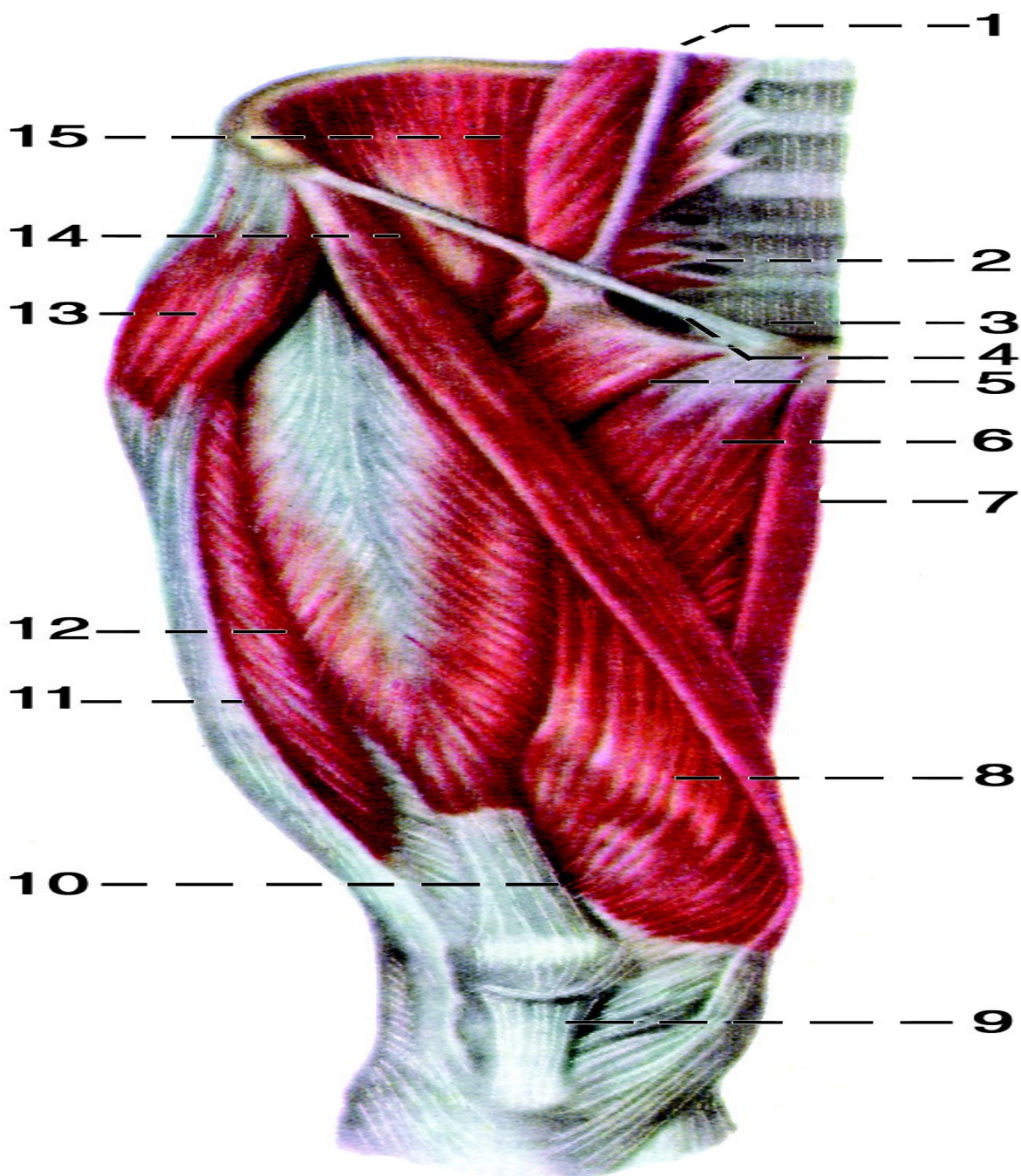


Рис. 15. Мышцы таза и бедра (вид спереди)

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Большая поясничная мышца | 2. Грушевидная мышца |
| 3. Паховая связка | 4. Сосудистая лакуна |
| 5. Гребенчатая мышца | 6. Длинная приводящая мышца |
| 7. Тонкая мышца | 8. Медиальная широкая мышца |
| 9. Связки надколенника | 10. Сухожилие прямой м. бедра |
| 11. Подвздошно-большеберцовый тракт | 12. Латеральная широкая мышца |
| 13. Напрягатель широкой фасции бедра | 14. Портняжная мышца |
| 15. Подвздошная мышца | |



Рис. 16. Мышцы голени и стопы (вид спереди)

1. Сухожилие портняжной мышцы
2. Большая берцовая кость
3. Икроножная мышца
4. Камбаловидная мышца
5. Передняя большеберцовая мышца
6. Сухожилие длинного разгибателя I пальца
7. Сухожилие длинного разгибателя пальцев
8. Удерживатель нижних разгибателей
9. Короткая малоберцовая мышца
10. Длинная малоберцовая мышца
11. Надколенная связка
12. Подвздошно-большеберцовый тракт

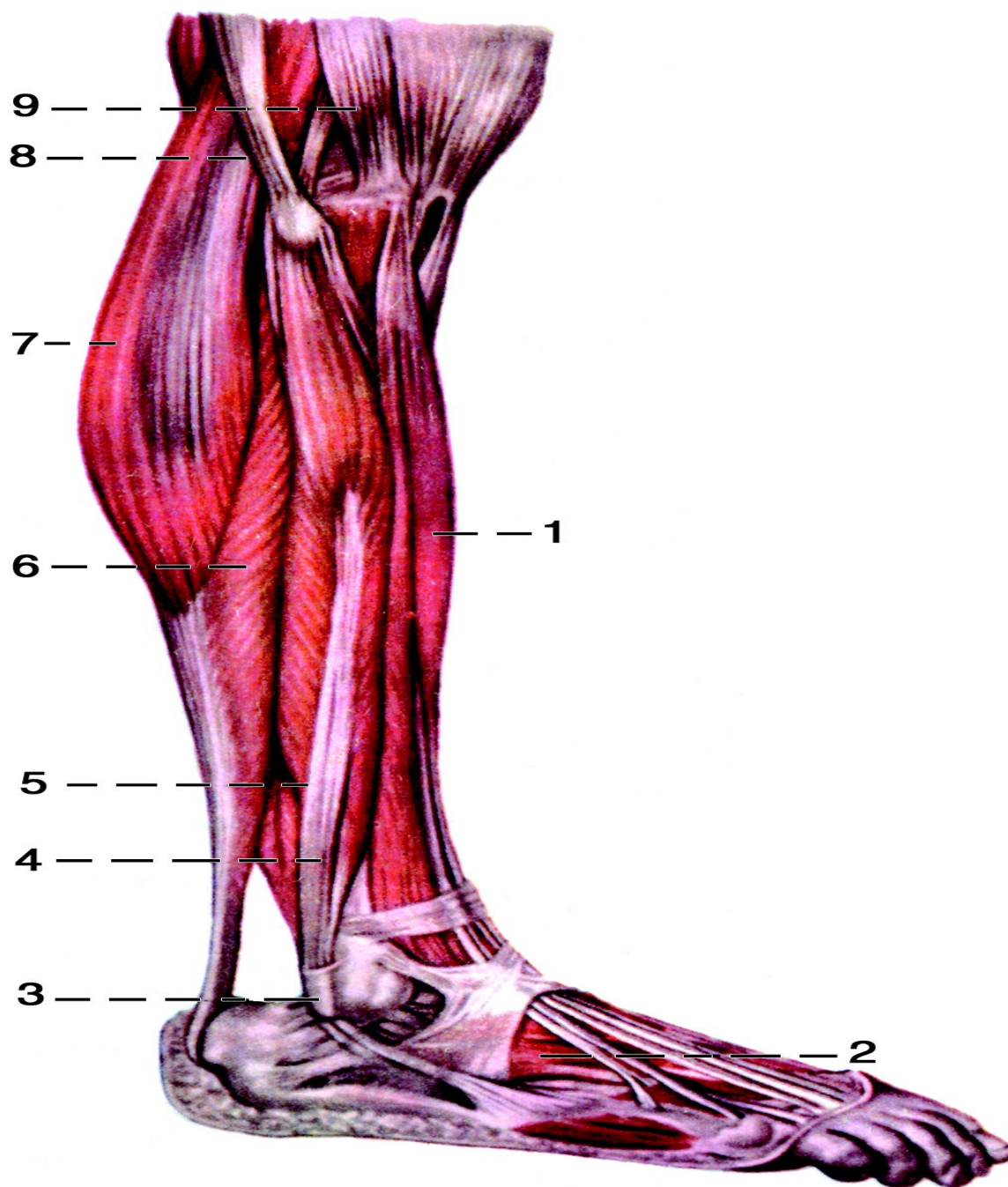


Рис. 17. Мышцы голени и стопы (латеральный вид)

1. Длинный разгибатель пальцев
2. Короткий разгибатель пальцев
3. Латеральная лодыжка
4. Короткая малоберцовая мышца
5. Длинная малоберцовая мышца
6. Камбаловидная мышца
7. Икроножная мышца
8. Двуглавая мышца бедра
9. Подвздошно-большеберцовый тракт

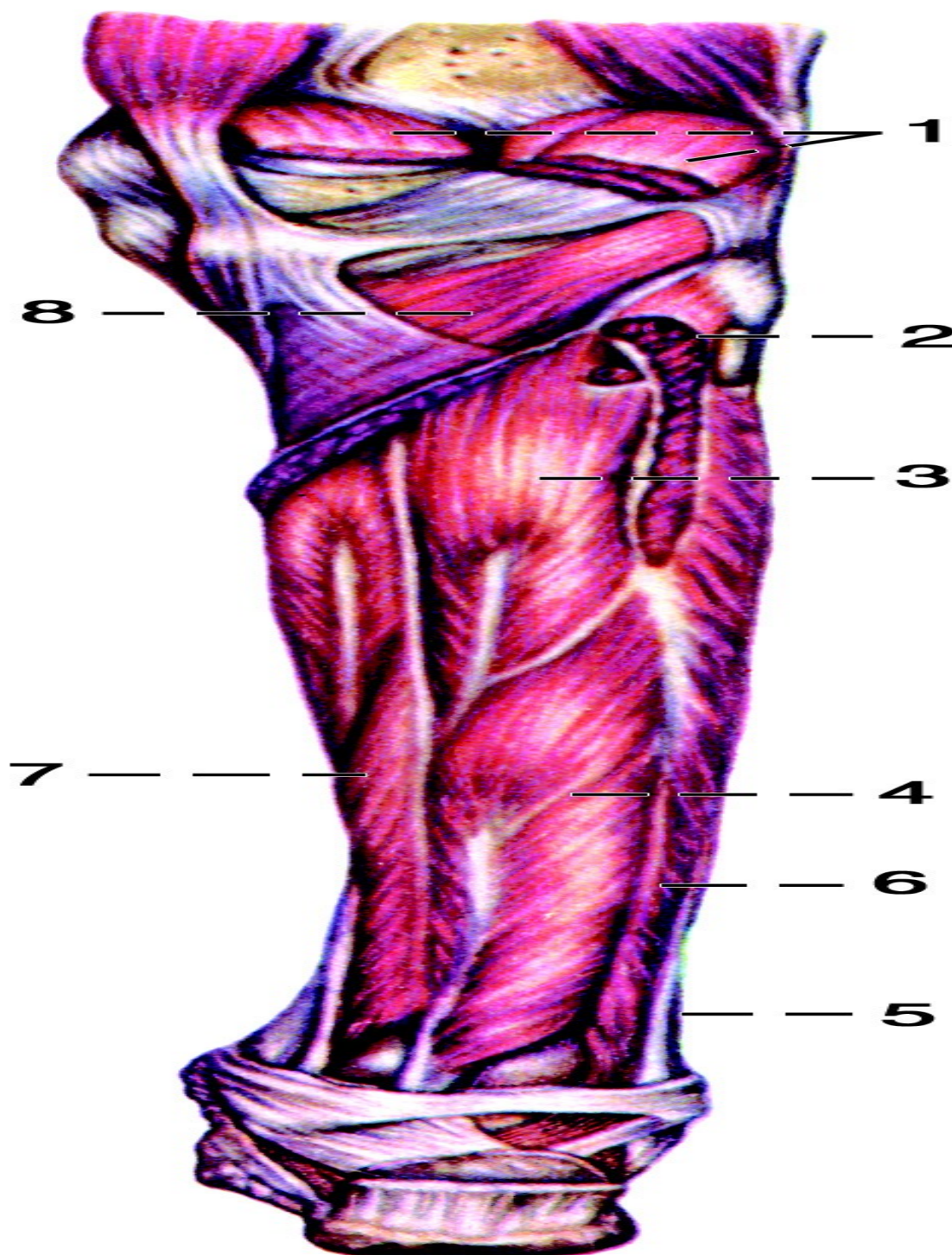


Рис. 18. Мышцы голени (вид сзади)

1. Икроножная мышца
2. Камбаловидная мышца
3. Задняя большеберцовая мышца
4. Длинный сгибатель I пальца
5. Длинная малоберцовая мышца
6. Короткая малоберцовая мышца
7. Длинный сгибатель пальцев
8. Подколенная мышца

ЛИТЕРАТУРА

1. Валькер Ф.И. Морфологические особенности развивающегося организма. Л.: Медгиз, 1959. 206 с.
2. Гремяцкий М.А. Анатомия человека. М.: Советская наука, 1950. 630 с.
3. Иваницкий М.Ф. Анатомия человека. – М.: Физкультура и спорт, 1966. 351 с.
4. Иванов Г.Ф. Основы нормальной анатомии человека. М.: Медгиз, 1949. 795 с.
5. Колесников Н.В. Учебник анатомии и гистологии человека. М.: Медгиз, 1948. 359 с.
6. Колесников Н.В. Анатомия человека. М.: Высшая школа, 1967. 432 с.
7. Краев А.В. Анатомия человека. М.: Медицина, 1978. Т.1. 352 с.
8. Липченко В.Я., Самусев Р.П. Атлас нормальной анатомии человека. М.: Медицина, 1988. 319 с.
9. Моренков Э.Д. Морфология мозга человека. М.: Медицина, 1978. 270 с.
10. Морфология человека (Под ред. Б.А.Никитюка). М.: МГУ, 1983. 320 с.
11. Привес М.Г., Лысенков Н.К., Бушкович В.И. Анатомия человека. Л.: Медицина, 1974. 671 с.
12. Сапин М.Р., Билич Г.Л. Анатомия человека. М.: Медицина, 1989. 543 с.
13. Синельников Р.Д., Синельников Я.Р. Атлас анатомии человека: В 4-х т. М.: Медицина, 1989 –1992.
14. Татаринов В.Г. Анатомия и физиология. М.: Медицина, 1969. 352 с.
15. Харрисон Д., Уайнер Д., Теннер Д., Барникот Н. Биология человека. М.: Мир, 1979. 611 с.
16. Щербатых Ю.В., Туровский И.Н. Анатомия центральной нервной системы. Санкт-Петербург: Питер, 2007. 128 с.

Хомутов Александр Евгеньевич
Крылова Елена Валерьевна
Копылова Светлана Вячеславовна

АНАТОМИЯ ЧЕЛОВЕКА. МИОЛОГИЯ
С ОСНОВАМИ БИОМЕХАНИКИ. Учебное пособие
Часть II

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
Национальный исследовательский университет
603950, Нижний Новгород, проспект Гагарина, 23.

Подписано к печати. Формат 60×84 1/16
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл.печ.л. 8,5 Уч.-изд.л.
Заказ. Тираж 500 экз.

Отпечатано в типографии госуниверситета им. Н.И.Лобачевского
603600, г.Н.Новгород, ул. Большая Покровская, 37
Лицензия ПД № 18-0099 от 14.05.01.