

Самаркандский
государственный
медицинский
университет

E.U. KHUSANOV

A. A. KIM

функциональная анатомия скелетных мышц человека

Учебник



**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**



**Функциональная анатомия скелетных мышц
человека**



(Учебное пособие)

5510100 – Лечебное дело

5510200 – Педиатрическое дело

5111000 – Профессиональное образование (лечебное дело)



ТИББИЁТ ҚО'ЗГУСИ

Самарканд - 2022

УДК: 611.73(075.8)

ББК: 28.706я73

Под редакцией заведующего кафедрой анатомии Рязанского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова (Российская Федерация), д.м.н., профессора А. В. Павлова

Рецензенты:

С.М. Ахмедова Доцент кафедры анатомии человека, оперативной хирургии и топографической анатомии Ташкентской медицинской академии, доктор медицинских наук

О.И. Исмаилов Доцент кафедры анатомии человека Самаркандского государственного Медицинского университета, кандидат медицинских наук

Авторы:

Хусанов Эркин Уктамович, к.м.н., доцент,

Ким Антонина Амуровна PhD доцент.

Функциональная анатомия скелетных мышц человека: учебное пособие. Э.У. Хусанов, А.А. Ким; под ред. А.В. Павлова; СамГМУ. – Самарканд: Tibbiyot ko'zgusi, 2022. – 100 с.

Аннотация

Данное учебное пособие предназначено для студентов высших медицинских образовательных учреждений лечебной, педиатрической и профессиональной (лечебной) направленности, так как функциональная анатомия скелетной мускулатуры системы при обучении медицинским биологическим наукам остается актуальной проблемой фундаментальной науки. Руководство предназначено для того, чтобы дать необходимые знания и навыки для освещения функциональной анатомии скелетной мышечной системы. В пособии представлены материалы, необходимые для совершенствования реализации образовательных программ при подготовке квалифицированных специалистов. Руководство иллюстрировано диаграммами, таблицами.

Это учебное пособие поможет сделать процесс преподавания и обучения функциональной анатомии скелетной мышечной системы среди медико-биологических наук более эффективным, полезным и интересным как для преподавателей, так и для студентов.

ISBN: 978-9943-8362-4-2

© СамГосМУ 2022

© Хусанов Эркин Уктамович, Ким Антонина Амуровна

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АНАТОМИИ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ	5
ОБЗОР МЫШЕЧНЫХ ТКАНЕЙ.....	5
Функции мышц	8
СКЕЛЕТНЫЕ МЫШЦЫ	10
Волокна скелетных мышц.....	12
Саркомер.....	14
Компоненты миофиламентов	14
Модель скольжения филаментов сокращения	15
ВОЗБУЖДЕНИЕ, СОКРАЩЕНИЕ И РАССЛАБЛЕНИЕ МЫШЕЧНЫХ ВОЛОКОН	19
Сокращение и расслабление	23
Источники АТФ	24
Расслабление скелетной мышцы	27
КОНТРОЛЬ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ЗА НАПРЯЖЕНИЕМ МЫШЦ	30
ТИПЫ МЫШЕЧНЫХ ВОЛОКОН.....	39
УПРАЖНЕНИЯ И РАБОТА МЫШЦ.....	43
РАЗВИТИЕ И РЕГЕНЕРАЦИЯ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ	46
ПОНЯТИЕ О МЫШЦАХ - АГОНИСТАХ, МЫШЦАХ - АНТАГОНИСТАХ И МЫШЦАХ – СИНЕРГИСТАХ.....	50
Особенности функциональной анатомии мышц-антагонистов	51
ОРГАНИЗАЦИЯ МЫШЕЧНЫХ ПУЧКОВ И ИХ РОЛЬ В СИЛЕ МЫШЦ.....	53
Рычажная система взаимодействия мышц и костей	56
ОБЪЯСНЕНИЕ КРИТЕРИЕВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ НАЗВАНИЯ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ.....	59
ВОПРОСЫ ЧАСТНОЙ АНАТОМИИ МЫШЦ	63
МЫШЦЫ ГОЛОВЫ, ШЕИ И СПИНЫ.....	63
МЫШЦЫ БРЮШНОЙ СТЕНКИ И ГРУДНОЙ КЛЕТКИ	74
МЫШЦЫ ПЛЕЧЕВОГО ПОЯСА И СВОБОДНОЙ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ	80
МЫШЦЫ ТАЗОВОГО ПОЯСА И СВОБОДНОЙ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ	85
Ситуационные задачи	92
Литература:.....	99

ПРЕДИСЛОВИЕ

При изучении анатомии опорно-двигательного аппарата человека одной из наиболее сложных и важных тем является «Анатомия скелетных мышц». Понимание студентами ее фундаментальных и прикладных аспектов позволяет объединить изученные ранее темы по анатомии скелета и его соединений.

Подумайте о том, что вы делаете каждый день - разговариваете, ходите, сидите, стоите, бегаете - все эти действия требуют движения определенных скелетных мышц. Скелетные мышцы задействованы даже во время сна. Диафрагма — это скелетная мышца, которая должна сокращаться и расслабляться, чтобы вы могли дышать днем и ночью.

Основное внимание в этом пособии уделено организации скелетных мышц. Будет объяснена система наименования скелетных мышц; в некоторых случаях мышца называется по ее форме, а в других - по ее расположению или прикреплению к скелету. Если вы понимаете значение названия мышцы, то это поможет вам вспомнить ее расположение и/или то, что она делает. В этом учебном пособии мы опишем общую анатомию мышечной системы и рассмотрим функциональные взаимоотношения между мышцами и костями тела. Хотим подчеркнуть, что оно не сможет заменить основную учебную литературу, такую как атласы и учебники.

Надеемся, что оно не только облегчит изучение студентами анатомии человека, но и будет способствовать развитию у них профессиональных врачебных компетенций и навыков: понимать структурные особенности опорно-двигательного аппарата, определять его отдельные элементы, особенности их рельефа и расположения, а также корректно описывать их название, применяя современные термины.

Надеемся, что эта книга будет полезна не только студентам первого курса, на которых она ориентирована в большей степени, но и студентам старших курсов, ординаторам и врачам.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АНАТОМИИ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

После изучения этой главы вы сможете:

- 1 Описывать структурные и функциональные различия скелетной, сердечной и гладкой мышечной ткани
- 2 Описывать структуру и функции скелетных мышечных волокон
- 3 Объяснять процессы, связанные с началом сокращения и расслабления мышц
- 4 Объяснить, как нервная система может регулировать генерацию силы в скелетных мышцах
- 5 Описать типы скелетных мышечных волокон
- 6 Объяснить связь между физическими упражнениями и работой мышц
- 7 Понимать структуру и функцию гладкой мышечной ткани
- 8 Объяснить процесс развития и регенерации мышечной ткани

Когда большинство людей думают о мышцах, они думают о мышцах, которые видны под кожей, особенно на конечностях. Это скелетные мышцы, названные так потому, что большинство из них приводят в движение скелет. Но в организме есть еще два типа мышц, выполняющих совершенно разные задачи. Сердечная мышца, расположенная в сердце, отвечает за перекачку крови по кровеносной системе. Гладкая мускулатура отвечает за различные непроизвольные движения, например, за то, чтобы волосы вставали дыбом от холода или страха, или за перемещение пищи по пищеварительной системе. В этой главе мы рассмотрим строение и функции этих трех типов мышц.

ОБЗОР МЫШЕЧНЫХ ТКАНЕЙ

Мышцы являются одним из четырех основных типов тканей организма (наряду с эпителиальной, нервной и соединительной тканями), и в организме есть три типа мышечных тканей: скелетные мышцы, сердечная мышца и гладкие мышцы (рис. 1). Все три мышечные ткани имеют некоторые общие свойства; все они обладают качеством, называемым возбудимостью, поскольку их плазматические мембраны могут изменять свое электрическое состояние (от поляризованного до деполяризованного) и посылать

электрическую волну, называемую потенциалом действия, по всей длине мембраны.

Хотя нервная система может в определенной степени влиять на возбудимость сердечной и гладкой мускулатуры, скелетная мускулатура полностью зависит от сигналов, поступающих от нее. С другой стороны, и сердечная мышца, и гладкая мускулатура могут реагировать на другие стимулы, такие как гормоны и местные раздражители.

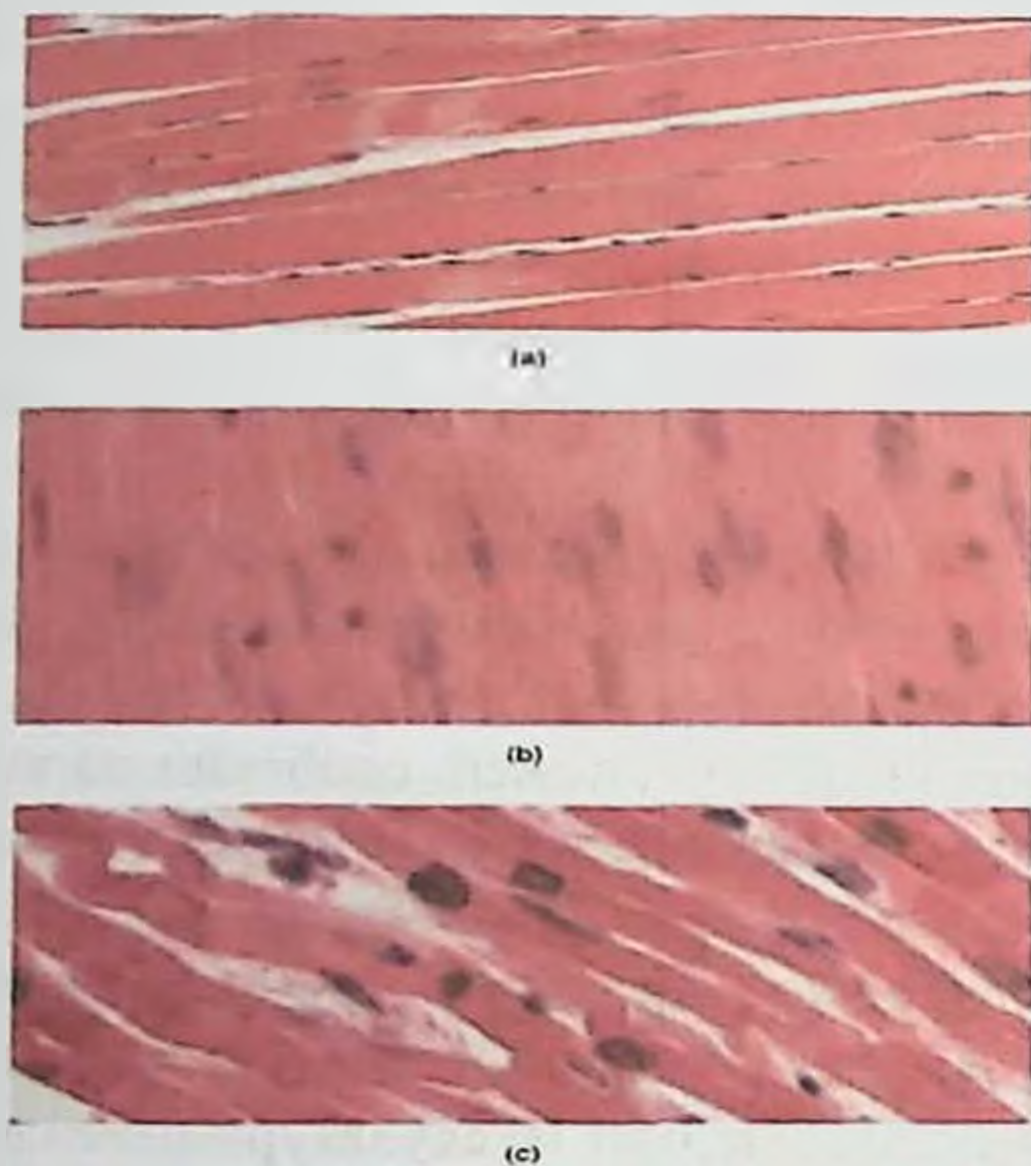


Рис. 1 Три типа мышечной ткани: Тело содержит три типа мышечной ткани: (а) скелетные мышцы, (б) гладкие мышцы и (с) сердечная мышца.

Уникальным свойством, общим для всех трех типов мышечной ткани, является сократимость, то есть способность клеток сокращаться (изменять свои линейные характеристики) и генерировать силу. Хотя мышечная ткань может укорачиваться при сокращении, она также обладает растяжимостью или способностью удлиняться и выходить за пределы длины покоя клеток. После растяжения эластичность мышцы позволяет ей вернуться к исходной длине.

Все мышцы начинают механический процесс сокращения (укорачивания), когда белок под названием актин растягивается белком под названием миозин, при этом различия в микроскопической организации этих сократительных белков

существуют между тремя типами мышечной ткани. В скелетных и сердечных мышцах в цитоплазме отдельных мышечных клсток белки актин и миозин расположены очень часто, что создаст чередующийся светлый и темный полосатый рисунок, создающий своеобразную полосатость. Эти полосы видны в свтовом микроскопе при большом увеличении (см. рис. 2, А).

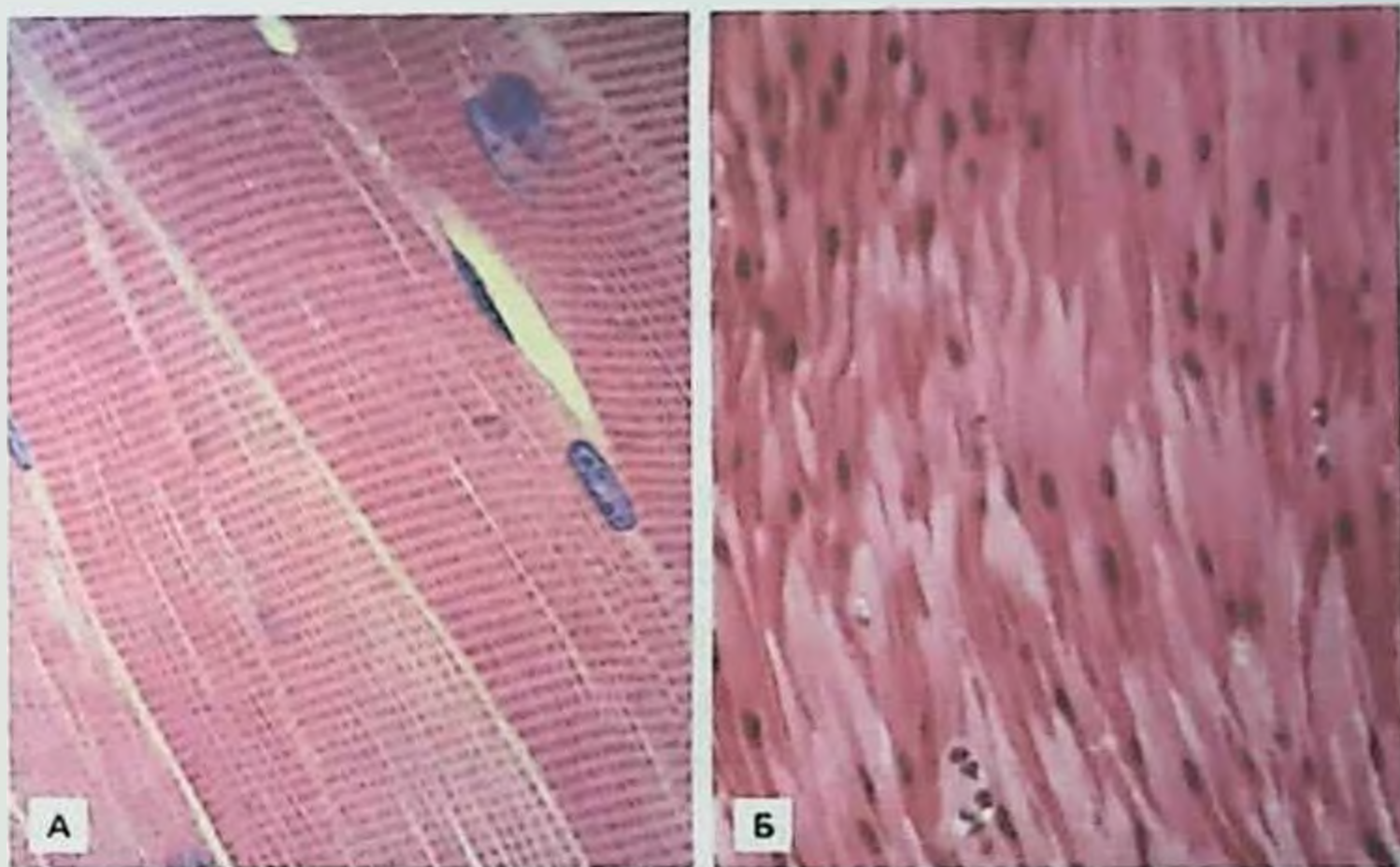


Рис. 2. Поперечнополосатая (А) гладкая (Б) мышца под микроскопом. Хорошо визуализируется наличие выраженного полосатого рисунка скелетной мускулатуры.

Гладкая мышца (названная так за отсутствие полос) не имеет такого полосатого рисунка, поскольку сократительные белки расположены в ней не так регулярно (см. рис. 2, Б). Клетки скелетных мышц (также называемые мышечными волокнами) уникальны тем, что они многоядерные, а ядра расположены на периферии клетки под плазматической мембраной клетки (в мышцах она называется сарколеммой).

Во время раннего развития эмбриональные миобласты, каждый из которых имеет собственное ядро, сливаются с сотнями других миобластов, образуя длинные многоядерные скелетные мышечные волокна. Клетки сердечной мышцы обычно имеют по одному ядру, расположенному в центре клетки, но клетки физически и электрически связаны друг с другом, так что сигналы сокращения распространяются по клеткам, и все сердце сокращается как единое целое. Гладкомышечные клетки содержат одно ядро и могут существовать в виде электрически связанных

единиц, сокращающихся вместе как единое целое, или в виде многосоставной гладкой мышцы, где клетки электрически не связаны.

Функции мышц

Наиболее известной особенностью скелетных мышц является их способность сокращаться и обеспечивать движение. Следует понимать, что скелетные мышцы действуют не только для производства движения, но и для остановки движения, например, противостоят гравитации для поддержания осанки. Для поддержания вертикального положения тела или равновесия в любом положении необходимы небольшие, постоянные движения скелетных мышц.

Мышцы также предотвращают избыточное движение костей и суставов, поддерживая стабильность скелета и предотвращая повреждение или деформацию скелетной структуры. Скелетные мышцы расположены по всему телу у отверстий внутренних путей (сфинктеры: верхний пищеводный, уретры и заднепроходный). Благодаря этим мышцам такие функции, как глотание, мочеиспускание и дефекация, находятся под добровольным контролем. Скелетные мышцы также защищают внутренние органы (особенно органы брюшной полости и таза), выступая в качестве внешнего барьера или щита от внешних травм и поддерживая вес органов.

Скелетные мышцы способствуют поддержанию гомеостаза в организме, вырабатывая тепло. Сокращение мышц требует энергии, и при расщеплении АТФ выделяется тепло. Это тепло очень заметно при физической нагрузке, когда постоянное движение мышц вызывает повышение температуры тела, а также при сильном холоде, когда дрожь вызывает беспорядочные сокращения скелетных мышц для выработки тепла.

Сердечная мышца находится только в сердце и выполняет функцию создания силы и градиента давления для движения крови по всему телу.

Гладкие мышцы в стенках артерий являются важнейшим компонентом, регулирующим кровяное давление и кровоток в системе кровообращения. Гладкие мышцы кожи, внутренних органов и внутренних проходов также необходимы для

перемещения пищевого комка и кишечного содержимого по пищеварительному тракту.

Обзор главы

Мышцы построены из своеобразной ткани, которая обеспечивает активное движение тела в пространстве или материалов внутри тела. Существует три типа мышечной ткани: скелетные мышцы, сердечные мышцы и гладкие мышцы. Большая часть скелетных мышц тела производит движение, воздействуя на скелет. Сердечная мышца находится в стенке сердца и перекачивает кровь по кровеносной системе. Гладкие мышцы находятся в коже, где они связаны с волосными фолликулами; они также находятся в стенках внутренних органов, кровеносных сосудов и внутренних проходов, где они помогают перемещать материалы.

Вопросы для самопроверки

1. Почему эластичность является важным качеством мышечной ткани?

2. Каковы основные функции скелетных мышц?

Глоссарий

сердечная мышца – поперечнополосатая мышца, находящаяся в сердце; находится под контролем кардиостимулирующих клеток, которые сокращаются как единое целое, перекачивая кровь по кровеносной системе. Сердечная мышца находится под непроизвольным контролем.

сократимость - способность сокращаться (сжиматься) с силой

эластичность - способность растягиваться и восстанавливать свою первоначальную длину

возбудимость - способность подвергаться нейронной стимуляции

растяжимость - способность удлиняться (растягиваться)

скелетная мышца - многоядерная мышца, которая требует сигнала от центральной нервной системы для своего сокращения; большинство скелетных мышц относятся к произвольным мышцам, которые связаны с костями и выполняют движение

гладкая мышца -, одноядерная мышца, помогает перемещать содержимое внутренних органов, не регулируется корой головного мозга, относится к непроизвольным мышцам.

Ответы на вопросы

1. Позволяет мышце вернуться к исходной длине во время расслабления после сокращения.

2. Обеспечивают движение скелета, поддерживают осанку и положение тела, поддерживают мягкие ткани, окружают отверстия пищеварительного, мочевого и других трактов, а также поддерживают температуру тела.

СКЕЛЕТНЫЕ МЫШЦЫ

После изучения этой главы вы сможете:

1. Описывать слои соединительной ткани, окружающие скелетную мышцу

2. Дать определение мышечному волокну, миофибрилле и саркомеру

3. Перечислить основные саркомерные белки, участвующие в сокращении мышц

4. Определить области саркомера и то, изменяются ли они во время сокращения

5. Объяснить процесс мышечного сокращения с помощью филаментов

Каждая скелетная мышца — это орган, состоящий из различных интегрированных тканей. Эти ткани включают волокна скелетной мышцы, кровеносные сосуды, нервные волокна и соединительную ткань. Каждая скелетная мышца имеет три слоя соединительной ткани, которые окружают ее, обеспечивают структуру мышцы и распределяют мышечные волокна внутри мышцы (рис. 3).

Каждая мышца покрыта оболочкой из плотной волокнистой соединительной ткани, называемой эпимизием, которая позволяет мышце сокращаться и двигаться с большой силой, сохраняя при этом свою структурную целостность. Эпимизий также отделяет мышцу от других тканей и органов в этой области, позволяя ей двигаться самостоятельно.

Внутри каждой скелетной мышцы мышечные волокна организованы в пучки, называемые пучками, окруженные средним слоем соединительной ткани, называемой перимизием. Такая пучковая организация характерна для мышц конечностей; она позволяет нервной системе вызывать определенное движение

мышцы, активируя множество мышечных волокон внутри пучка мышцы.

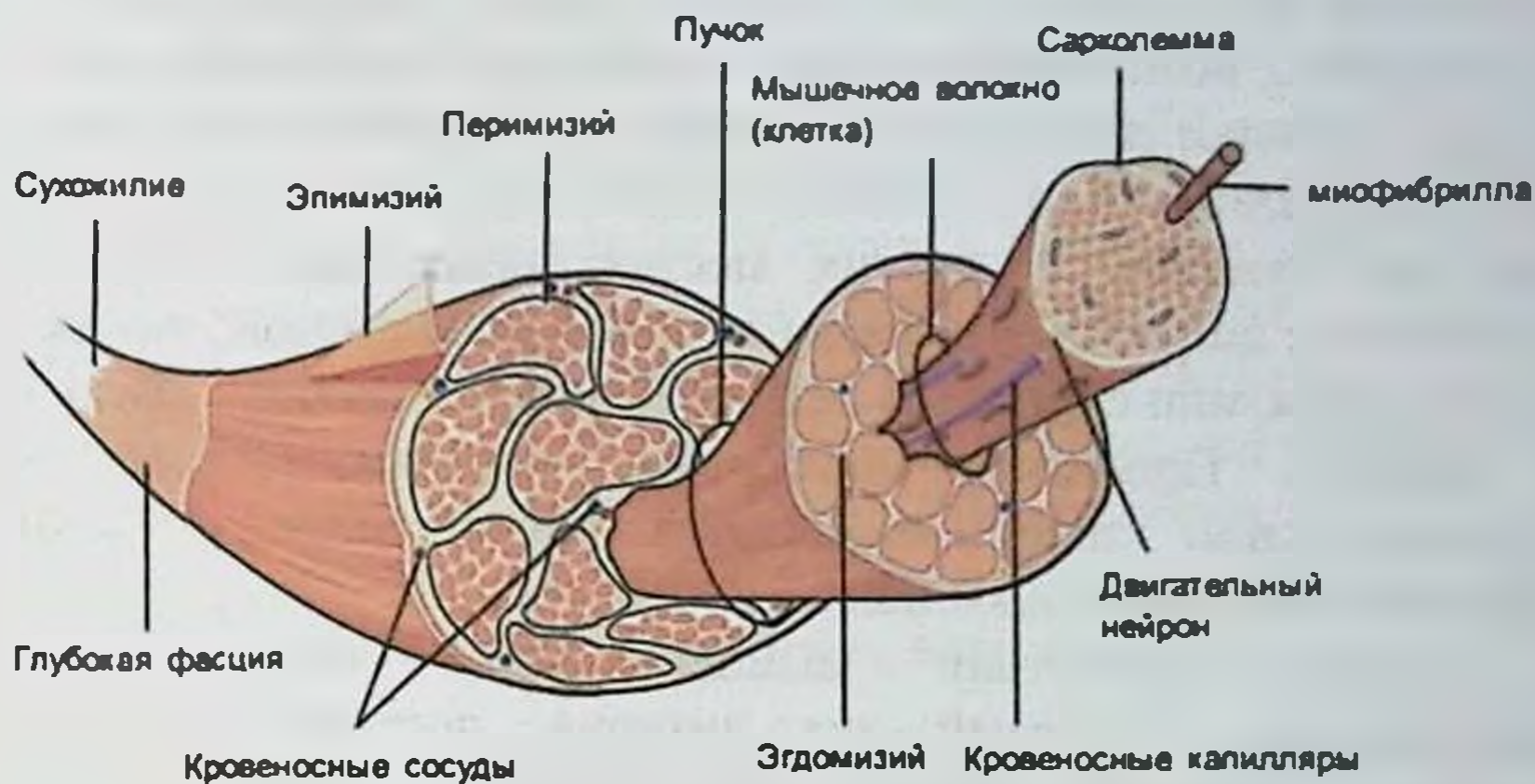


Рис. 3. Три слоя соединительной ткани: Группы мышечных волокон, называемые пучками, покрыты перимизием. Мышечные волокна покрыты эндомизием.

Внутри каждого пучка каждое отдельное мышечное волокно заключено в тонкий соединительнотканый слой из коллагена и ретикулярных волокон, называемый эндомизием. Эндомизий окружает внеклеточный матрикс клеток и играет роль в передаче силы, производимой мышечными волокнами, сухожилиям.

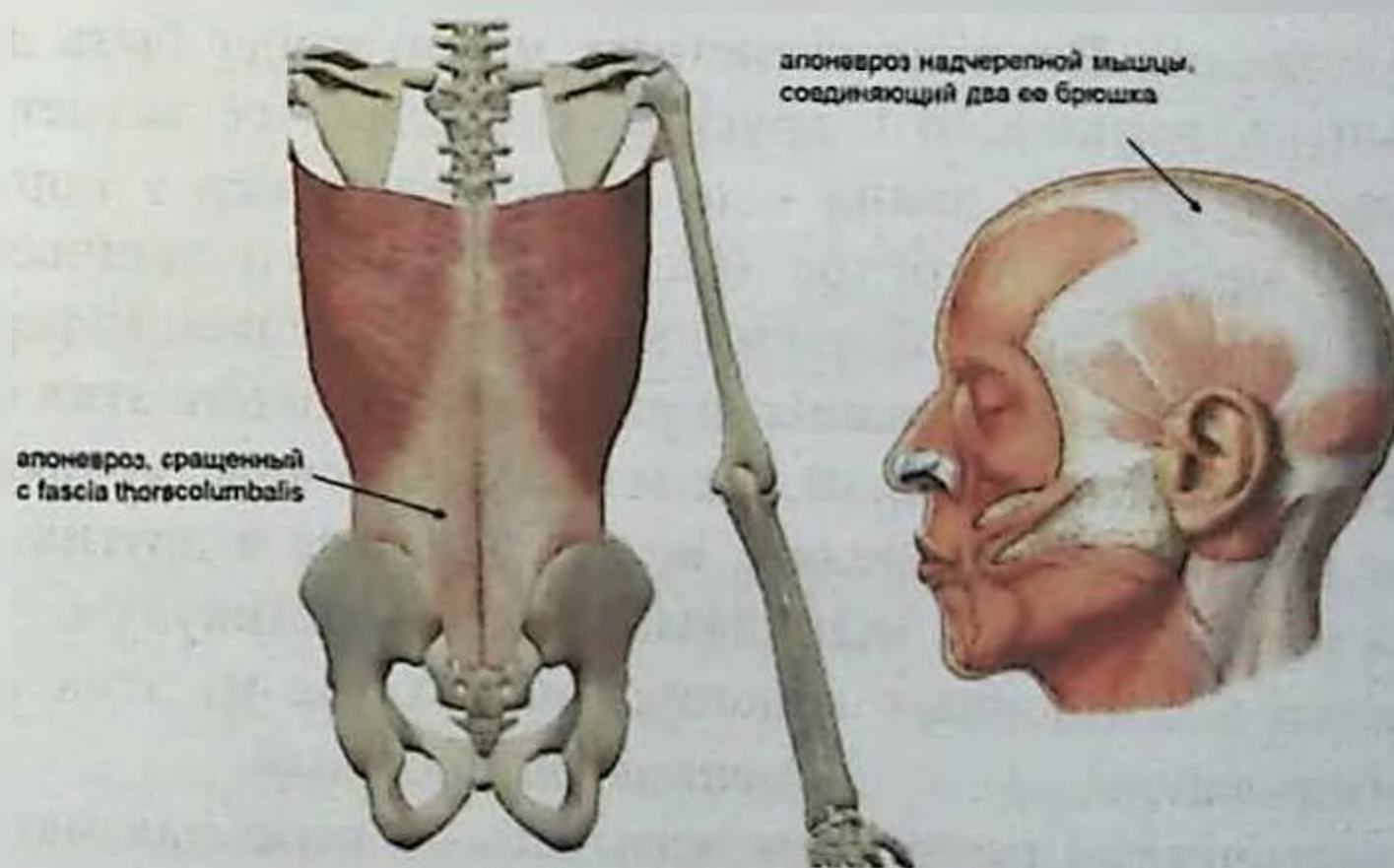


Рис.4. Расположение сухожильного апоневроза широчайшей мышцы спины и надчрепной мышцы (объяснение – в тексте)

В скелетных мышцах, которые работают с сухожилиями, чтобы тянуть кости, коллаген в трех слоях соединительной ткани переплетается с коллагеном сухожилия. На другом конце сухожилия он срастается с надкостницей, покрывающей кость. Напряжение, возникающее при сокращении мышечных волокон, передается через соединительнотканые прослойки на сухожилие, а затем на надкостницу, чтобы, воздействуя на кость, выполнить движение скелета. В других местах мышечные пласты могут срастаться с широким, похожим на сухожилие листом, называемым апоневрозом, или с фасцией - соединительной тканью между кожей и костями. Примером апоневроза является широкий пласт соединительной ткани в нижней части спины, в который срастаются мышцы *latissimus dorsi*.

Каждая скелетная мышца также богато снабжена кровеносными сосудами для питания, доставки кислорода и удаления отходов. Кроме того, каждое мышечное волокно скелетной мышцы снабжается аксонным отростком соматического двигательного нейрона, который дает сигнал волокну сокращаться. В отличие от сердечной и гладкой мускулатуры, единственный способ функционального сокращения скелетной мышцы — это сигнал от центральной нервной системы.

Волокна скелетных мышц

Поскольку клетки скелетных мышц длинные и цилиндрические, их принято называть мышечными волокнами (или миофибриллами). Волокна скелетных мышц могут быть довольно большими по сравнению с другими клетками, их диаметр может достигать 100 мкм, а длина - до 30 см, например у портняжной мышцы, *m. sartorius*, на бедре. Наличие большого количества ядер позволяет вырабатывать большое количество белков и ферментов, необходимых для поддержания нормальной функции этих крупных клеток. В дополнение к ядрам, скелетные мышечные волокна также содержат клеточные органеллы, встречающиеся в других клетках, такие как митохондрии и эндоплазматический ретикулум.

Однако в мышечных волокнах некоторые из этих структур специализированы. Специализированный гладкий эндоплазматический ретикулум, называемый саркоплазматическим ретикулумом (СР), накапливает, высвобождает и извлекает ионы кальция (Ca^{++}).

Плазматическая мембрана мышечных волокон называется сарколеммой (от греческого *sarco*, что означает "плоть"), а цитоплазма - саркоплазмой (рис. 5). Внутри мышечного волокна белки организованы в структуры, называемые миофибриллами, которые тянутся по всей длине клетки и содержат последовательно соединенные саркомеры. Поскольку диаметр миофибрилл составляет всего около 1,2 мкм, в одном мышечном волокне можно обнаружить от сотен до тысяч (каждая с тысячами саркомеров). Саркомер является наименьшей функциональной единицей скелетного мышечного волокна и представляет собой высокоорганизованную структуру сократительных, регуляторных и структурных белков. Именно укорочение этих отдельных саркомеров приводит к сокращению отдельных скелетных мышечных волокон (и в конечном итоге всей мышцы).

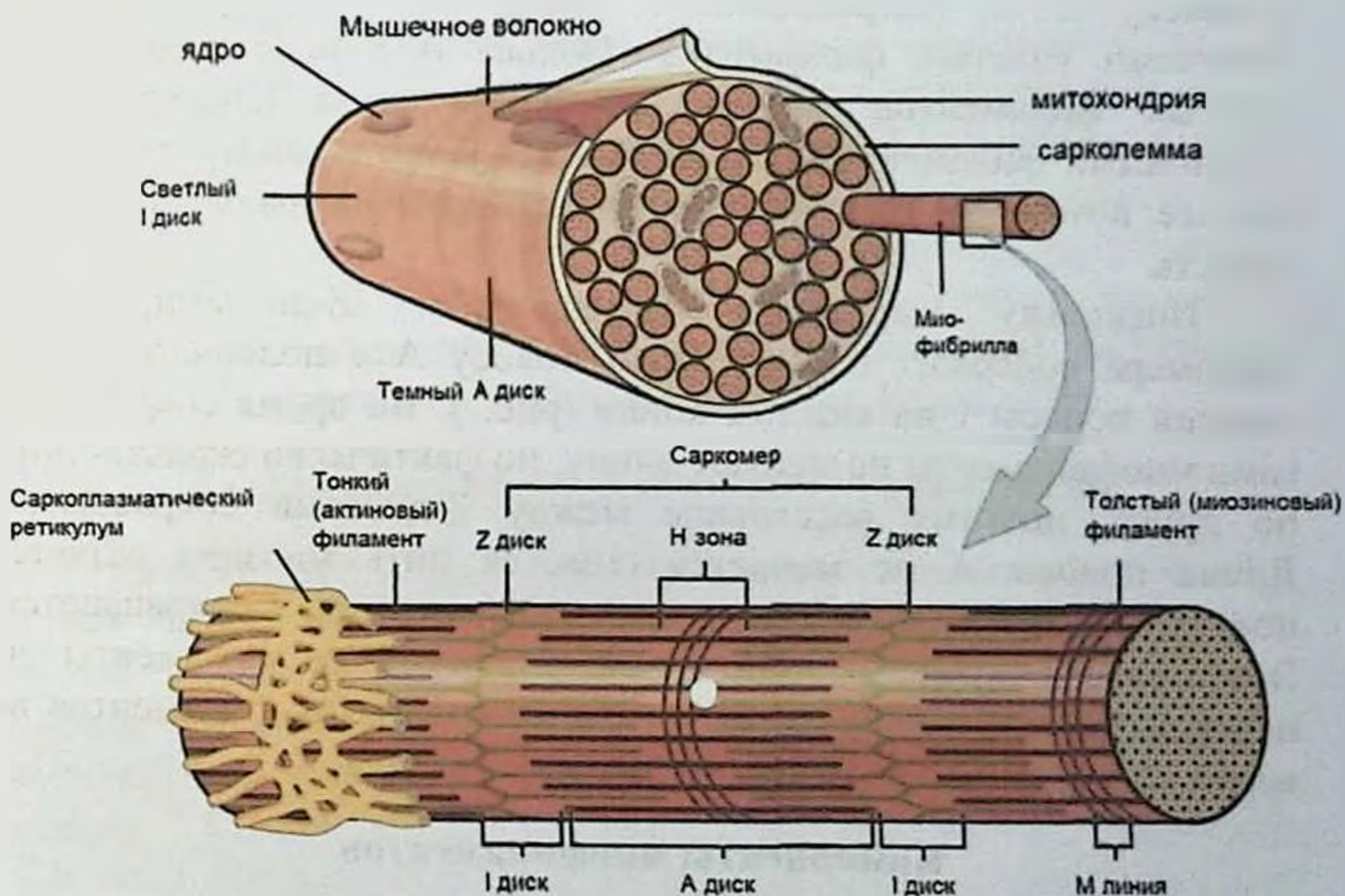


Рис. 5. Мышечное волокно: Скелетное мышечное волокно окружено плазматической мембраной, называемой сарколеммой, которая содержит саркоплазму, цитоплазму мышечных клеток. Мышечное волокно состоит из множества миофибрилл, которые содержат саркомеры со светлыми и темными участками, придающими клетке полосатый вид.

Саркомер

Саркомер определяется как область миофибриллы, расположенная между двумя цитоскелетными структурами, называемыми Z-дисками (также называемыми Z-линиями). Полосатый вид скелетных мышечных волокон обусловлен расположением толстых и тонких миофиламентов внутри каждого саркомера. Темная полоса А состоит из толстых филаментов, содержащих миозин, которые проходят по центру саркомера, простираясь к Z-дискам. Толстые филаменты закреплены в середине саркомеры (М-линия) белком миомезином. Более светлые области I полосы содержат тонкие актиновые нити, закрепленные на Z-дисках белком α -актинином. Тонкие филаменты простираются в полосу А по направлению к линии М и перекрываются с участками толстых филаментов. Полоса А темная из-за более толстых филаментов миозина, а также из-за перекрытия с актиновыми филаментами. Зона Н в середине полосы А немного светлее, потому что тонкие филаменты не распространяются на эту область.

Поскольку саркомера определяется Z-дисками, одна саркомера содержит одну темную полосу А с половиной более светлой полосы I на каждом конце (рис.). Во время сокращения сами миофиламенты не меняют длину, но фактически скользят друг по другу, поэтому расстояние между Z-дисками сокращается. Длина полосы А не меняется (толстая нить миозина остается постоянной длины), но области зоны Н и полосы I сокращаются. Эти области представляют собой участки, где филаменты не перекрываются, и по мере увеличения перекрытия филаментов во время сокращения эти области не перекрываются.

Компоненты миофиламентов

Тонкие филаменты состоят из двух нитевидных актиновых цепей (F-актин), состоящих из отдельных белков актина (рис. 10.2.3). Эти тонкие филаменты закреплены на Z-диске и тянутся к центру саркомера. Внутри филамента каждый глобулярный мономер актина (G-актин) содержит сайт связывания миозина, а также связан с регуляторными белками, тропонином и тропомиозином. Комплекс белков тропонина состоит из трех полипептидов. Тропонин I (TnI) связывается с актином, тропонин Т

(ТnТ) связывается с тропомиозином, а тропонин С (ТnС) связывается с ионами кальция. Тропонин и тропомиозин движутся вдоль актиновых филаментов и контролируют, когда участки связывания актина будут открыты для связывания с миозином.

Толстые миофиламенты состоят из белковых комплексов миозина, которые состоят из шести белков: двух тяжелых цепей миозина и четырех молекул легких цепей. Тяжелые цепи состоят из хвостовой части, гибкой шарнирной части и глобулярной головки, которая содержит сайт связывания актина и сайт связывания высокоэнергетической молекулы АТФ. Легкие цепи играют регуляторную роль в области шарнира, но головная часть тяжелой цепи взаимодействует с актином и является наиболее важным фактором для создания силы. Сотни белков миозина расположены в каждом толстом филаменте: хвосты направлены к М-линии, а головки - к Z-дискам.

Другие структурные белки связаны с саркомерой, но не играют непосредственной роли в активном производстве силы. Титин, который является самым крупным из известных белков, помогает выравнивать толстую нить и добавляет эластичный элемент к саркомере. Титин закреплен на М-линии, проходит по всей длине миозина и простирается до Z-диска. Тонкие филаменты также имеют стабилизирующий белок, называемый небулином, который простирается по всей длине толстых филаментов.

Модель скольжения филаментов сокращения

Расположение и взаимодействие между тонкими и толстыми нитями позволяет укорачивать саркомеры, что создает силу мышцы. По сигналу двигательного нейрона скелетное мышечное волокно сокращается, когда тонкие филаменты вытягиваются и скользят мимо толстых филаментов внутри саркомеров мышечного волокна. Важно отметить, что при укорочении саркомера отдельные белки и филаменты не меняют длину, а просто скользят рядом друг с другом. Этот процесс известен как модель скольжения филаментов (рис. 6).

Процесс скольжения филаментов при сокращении может происходить только тогда, когда миозин-связывающие участки на актиновых нитях открываются в результате серии шагов, которые начинаются с поступления Ca^{++} в саркоплазму. Тропомиозин наматывается на цепи актиновых нитей и закрывает миозин-

связывающие участки, чтобы предотвратить связывание актина с миозином.

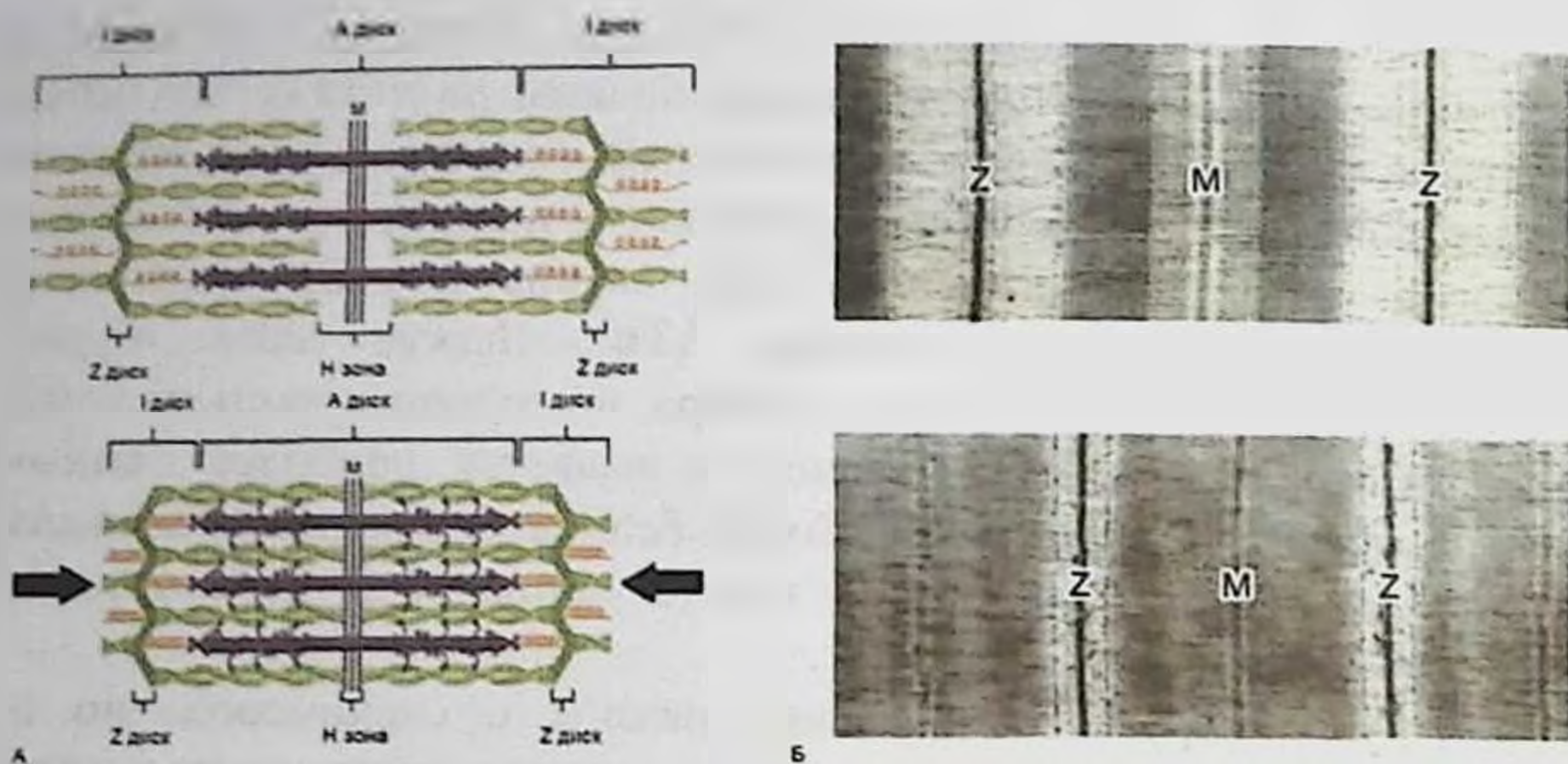


Рис. 6 - Модель скольжения филаментов. А – схема; Б - микрофотография:

Когда саркомер сокращается, диски Z сдвигаются ближе друг к другу, и диск I становится меньше. Диск А остается такой же ширины. При полном сокращении тонкие и толстые нити перекрываются.

Комплекс тропонин-тропомиозин использует связывание ионов кальция с ТnC для регулирования момента, когда головки миозина образуют перекрестные мостики с актиновыми нитями. Образование поперечных мостиков и раздвижение филаментов происходит при наличии кальция, а сигнальный процесс, приводящий к высвобождению кальция и мышечному сокращению, известен как сопряжение возбуждения и сокращения.

Обзор главы

Скелетные мышцы содержат соединительную ткань, кровеносные сосуды и нервы. Существует три слоя соединительной ткани: эпимизий, перимизий и эндомизий. Волокна скелетных мышц организованы в группы, называемые пучками. Кровеносные сосуды и нервы входят в соединительную ткань, окружающую пучки волокон, и разветвляются в клетках. Мышцы прикрепляются к костям непосредственно или через сухожилия, или апоневрозы. Скелетные мышцы поддерживают осанку, стабилизируют кости и суставы, контролируют внутренние движения и вырабатывают тепло.

Волокна скелетных мышц представляют собой длинные многоядерные клетки. Мембрана клетки - сарколемма; цитоплазма

клетки - саркоплазма. Саркоплазматический ретикулум является разновидностью эндоплазматического ретикулума. Мышечные волокна состоят из миофибрилл, которые состоят из последовательно соединенных саркомеров. Полосатость скелетных мышц создается за счет организации актиновых и миозиновых филаментов, что приводит к появлению полосчатого рисунка миофибрилл. Эти актиновые и миозиновые нити скользят друг по другу, вызывая укорочение саркомеров, и клетки производят силу.

Вопросы для самоконтроля

1. Что произойдет со скелетной мышцей, если эпимизий будет разрушен?
2. Опишите, как сухожилия способствуют движению тела.
3. Чем обусловлен полосатый вид скелетной мышечной ткани?

Глоссарий

ацетилхолин - нейротрансмиттер, который связывается в концевой пластинке двигательного аппарата и вызывает деполяризацию

актин - белок, из которого состоит большинство тонких миофиламентов в саркомере мышечного волокна.

потенциал действия - изменение напряжения клеточной мембраны в ответ на стимул, что приводит к передаче электрического сигнала; характерен только для нейронов и мышечных волокон.

апоневроз - широкий, похожий на сухожилие листок соединительной ткани, который прикрепляет скелетную мышцу к другой скелетной мышце или к кости

деполяризовать - уменьшать разницу напряжения между внутренней и внешней сторонами плазматической мембраны клетки (сарколеммы мышечного волокна), делая внутреннюю сторону менее отрицательной, чем в состоянии покоя.

эндомизий - рыхлая и хорошо увлажненная соединительная ткань, покрывающая каждое мышечное волокно в скелетной мышце

эпимизий - наружный слой соединительной ткани вокруг скелетной мышцы

связь возбуждения и сокращения - последовательность событий от сигнала двигательного нейрона к скелетному мышечному волокну до сокращения саркомеров волокна.

пучок - пучок мышечных волокон внутри скелетной мышцы

моторная концевая пластинка - сарколемма мышечного волокна в нервно-мышечном соединении, содержащая рецепторы для нейромедиатора ацетилхолина

миофибрилла - длинная, цилиндрическая органелла, идущая параллельно внутри мышечного волокна и содержащая саркомеры

миозин - белок, составляющий большую часть толстого цилиндрического миофиламента в саркомере мышечного волокна

нервно-мышечное соединение - синапс между терминалью аксона двигательного нейрона и участком мембраны мышечного волокна с рецепторами для ацетилхолина, выделяемого терминалью.

нейротрансмиттер - сигнальное химическое вещество, выделяемое нервными терминалями, которое связывается с рецепторами на клетках-мишенях и активирует их.

перимизий - соединительная ткань, которая связывает скелетные мышечные волокна в пучки внутри скелетной мышцы

саркомер - продольно повторяющаяся функциональная единица скелетной мышцы, содержащая все сократительные и связанные с ними белки, участвующие в сокращении

сарколемма - плазматическая мембрана скелетного мышечного волокна

саркоплазма - цитоплазма мышечной клетки

саркоплазматический ретикулум - специализированный гладкий эндоплазматический ретикулум, который накапливает, высвобождает и извлекает Ca^{++}

синаптическая щель - пространство между нервной (аксонной) клеммой и двигательной концевой пластинкой

T-тубула - проекция сарколеммы во внутреннюю часть клетки

толстая нить - толстые нити миозина и их многочисленные головки, выступающие из центра саркомеры в направлении Z-дисков, но не до конца

тонкая нить - тонкие нити актина и его тропонин-тропомиозиновый комплекс, выступающие из Z-дисков к центру саркомеры

триада - группа из одной T-трубочки и двух терминальных цистерн

тропонин - регуляторный белок, связывающийся с актином, тропомиозином и кальцием

тропонин - регуляторный белок, который закрывает миозин-связывающие участки, чтобы предотвратить связывание актина с миозином

вольтаж-связанные натриевые каналы - мембранные белки, которые открывают натриевые каналы в ответ на достаточное изменение напряжения, иницируют и передают потенциал действия по мере поступления Na^+ через канал.

Ответы на вопросы

1. Мышцы могут потерять свою целостность во время мощных движений, что приведет к их повреждению.

2. Когда мышца сокращается, сила движения передается через сухожилие, которое тянет за кость, производя движение скелета.

3. Темные А-полосы и светлые I-полосы повторяются вдоль миофибрилл, а выравнивание миофибрилл в клетке приводит к тому, что вся клетка выглядит полосатой.

ВОЗБУЖДЕНИЕ, СОКРАЩЕНИЕ И РАССЛАБЛЕНИЕ МЫШЕЧНЫХ ВОЛОКОН

К концу этого раздела вы сможете:

1. Описывать связь между двигательными нейронами и мышцами

2. Объяснять механизм передачи нейротрансмиссивного сигнала, генерирующего постсинаптический электрический сигнал

3. Объяснять процесс сопряжения возбуждения и сокращения мышц

4. Объяснять, как мышечное сокращение и расслабление связано с обработкой кальция в саркоплазматическом ретикулуме

Нейромышечное соединение

Процесс сокращения мышцы начинается в месте соединения терминала двигательного нейрона с мышечным волокном - нервно-мышечном соединении (NMJ). Каждое скелетное мышечное волокно в каждой скелетной мышце иннервируется двигательным нейроном в NMJ. Сигналы возбуждения от двигательного нейрона - единственный способ функционально активировать мышечные волокна для сокращения.

Связь возбуждения и торможения

Все живые клетки имеют мембранные потенциалы, или электрические градиенты на их мембранах, основанные на

распределении положительно и отрицательно заряженных ионов. Внутренняя часть мембраны обычно имеет напряжение от -60 до -90 мВ по отношению к внешней. Нейроны и мышечные клетки могут использовать свои мембранные потенциалы для генерации и проведения электрических сигналов, управляя движением заряженных ионов через мембрану для создания электрического тока. Это движение ионов контролируется путем избирательного открытия и закрытия специализированных белков в мембране, называемых ионными каналами. Хотя токи, создаваемые ионами, проходящими через эти канальные белки, очень малы, они составляют основу как нейронной сигнализации, так и мышечного сокращения.

И нейроны, и клетки скелетных мышц электрически возбудимы, то есть способны генерировать потенциалы действия. Потенциал действия — это особый тип электрического сигнала, который может распространяться вдоль клеточной мембраны в виде волны. Это позволяет быстро и точно передавать сигнал на большие расстояния.

В скелетной мышце высвобождение кальция для начала образования поперечных мостиков и сокращения связано с возбуждающим сигналом потенциалов действия от двигательного нейрона. Таким образом, процесс связи возбуждения и сокращения начинается с сигнала от нервной системы в нервно-мышечном соединении и заканчивается высвобождением кальция для сокращения мышцы.

Двигательные нейроны, которые дают команду скелетным мышечным волокнам сокращаться, находятся в спинном мозге (рис. 7), меньшее их количество расположено в стволе мозга для активации скелетных мышц лица, головы и шеи. Эти нейроны имеют длинные отростки, называемые аксонами, которые предназначены для передачи потенциалов действия на большие расстояния - в данном случае, от спинного мозга до самой мышцы (которая может находиться на расстоянии до метра). Аксоны нескольких нейронов соединяются вместе, образуя нервы, подобно проводам, соединенным в кабель.

Сигнализация начинается, когда потенциал действия нейрона проходит по аксону двигательного нейрона, а затем по отдельным ветвям, чтобы завершиться в нейромышечном соединении. В нейромышечной терминаль аксона высвобождает химический

медиатор, или нейротрансмиттер, называемый ацетилхолином. Молекулы ацетилхолина диффундируют в пространство, называемое синаптической щелью, и связываются с рецепторами ацетилхолина, расположенными в двигательной концевой пластинке сарколеммы по другую сторону синапса. Как только медиатор связывается, канал в соответствующем ему рецепторе открывается, и положительно заряженные ионы могут пройти в мышечное волокно, вызывая его деполяризацию, что означает, что мембранный потенциал мышечного волокна становится менее отрицательным (ближе к нулю).

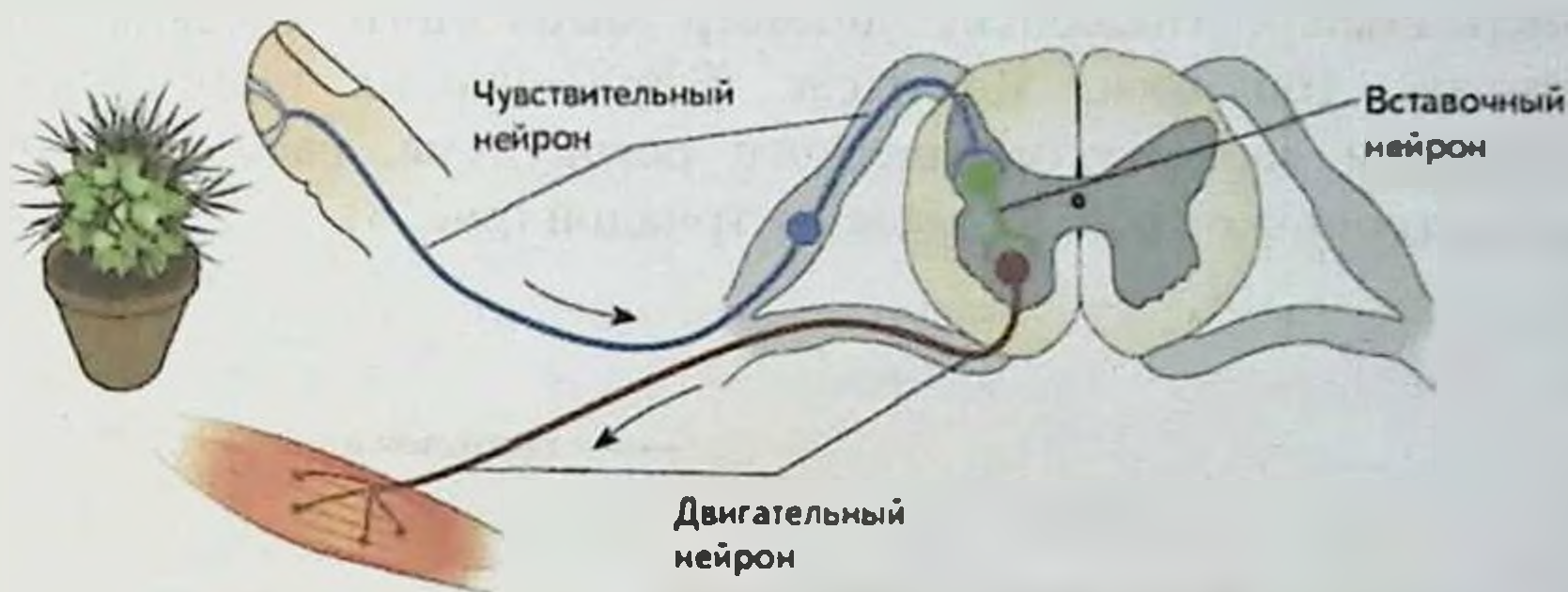


Рис. 7. Схема соматической трехнейронной дуги.

По мере деполяризации мышечной мембраны открывается еще один набор ионных каналов, называемых натриевыми каналами с определенным вольтажем. Ионы натрия попадают в мышечное волокно, и потенциал действия быстро распространяется (или "выстреливает") вдоль всей мембраны, инициируя связь возбуждения и сокращения.

В мире возбудимых мембран все происходит очень быстро (только подумайте о том, как быстро вы можете щелкнуть пальцами, как только решите это сделать). Сразу же после деполяризации мембраны она реполяризуется, восстанавливая отрицательный мембранный потенциал. Тем временем ацетилхолин в синаптической щели разрушается ферментом ацетилхолинэстеразой, чтобы ацетилхолин не мог вновь связаться с рецептором и снова открыть свой канал, что вызвало бы нежелательное длительное возбуждение и сокращение мышцы.

Распространение потенциала действия вдоль сарколеммы является частью возбуждения в связи возбуждение-сокращение и должно быть связано с высвобождением ионов кальция для

сокращения. Высокие концентрации кальция в скелетных мышцах хранятся в специализированном типе органелл гладкого эндоплазматического ретикулума, называемом саркоплазматическим ретикуломом. Последний окружает миофибриллы, обеспечивая хранение и высвобождение кальция непосредственно в местах перекрытия актина и миозина.

Возбуждение мышечной мембраны связано с высвобождением кальция саркоплазматическим ретикуломом через инвагинации в сарколемме, называемые Т-трубочками ("Т" означает transverse - "поперечный"). Поскольку диаметр мышечного волокна может достигать 100 мкм, Комплекс Т-трубочки с терминальными цистернами саркоплазматического ретикулума, расположенными по обе стороны от нее, называется триадой (рис. 8).



Рис. 8. Т-трубочки: Узкие Т-трубочки обеспечивают проведение электрических импульсов. Саркоплазматический ретикулум (СР) функционирует для регулирования внутриклеточного уровня кальция. Две терминальные цистерны СР и одна Т-трубочка составляют триаду - "тройку" мембран, с двух сторон которой находятся СР, а между ними - Т-трубочка.

Чувствительные к напряжению дигидропиридиновые рецепторы (DHPR) на сарколемме механически связаны с кальциевыми каналами в соседней мембране СР, называемыми рианадиновыми рецепторами (RyR). Через DHPR потенциал действия в сарколемме вызывает открытие RyR, позволяя Ca^{++} диффундировать из саркоплазматического ретикулума в саркоплазму. Именно поступление Ca^{++} в саркоплазму инициирует сокращение и укорочение саркомеров.

Сокращение и расслабление

Последовательность событий, приводящих к сокращению отдельного мышечного волокна, начинается с сигнала - нейротрансмиттера ацетилхолина - от двигательного нейрона, иннервирующего это волокно. Локальная мембрана волокна деполяризуется, так как в нее проникают положительно заряженные ионы натрия (Na^+), вызывая потенциал действия, который распространяется на остальную часть мембраны, включая Т-трубочки. Это вызывает высвобождение ионов кальция (Ca^{++}) из хранилища в саркоплазматическом ретикулуме (СР). Затем Ca^{++} инициирует сокращение, которое поддерживается АТФ. Пока ионы Ca^{++} остаются в саркоплазме для связывания с тропонином, который сохраняет актин-связывающие участки "незащищенными", и пока АТФ доступен для приведения в движение циклов поперечных мостиков и вытягивания актиновых нитей миозином, мышечное волокно будет продолжать сокращаться до анатомического предела.

Мышечное сокращение обычно прерывается, когда сигналы от двигательного нейрона заканчиваются, что реполяризует сарколемму и Т-трубочки и закрывает кальциевые каналы в саркоплазматическом ретикулуме. Затем ионы Ca^{++} перекачиваются обратно в ретикулум, что заставляет тропомиозин снова закрывать участки связывания на актине.

Напомним, что каждая головка миозина имеет участок, который связывается с актином, и участок, который связывается с АТФ. Миозин не может освободиться от актина, пока АТФ также не свяжется с ним, а гидролиз АТФ на аденозиндифосфат (АДФ) и неорганический фосфат (P_i) высвобождает энергию, необходимую головке миозина для перепозиционирования или повторной фиксации.

Образование поперечного мостика происходит, когда головка миозина прикрепляется к актину, в то время как аденозиндифосфат (АДФ) и неорганический фосфат все еще связаны с миозином. Затем P_i высвобождается, заставляя миозин формировать более прочное прикрепление к актину, после чего головка миозина движется к М-линии, увлекая за собой актин. По мере вытягивания актина филаменты перемещаются примерно на 10 нм в сторону М-линии. Это движение называется силовым ударом, поскольку на

этом этапе происходит движение тонкой нити. В отсутствие АТФ головка миозина не отсоединяется от актина.

Связывание АТФ приводит к отсоединению головки миозина от актина. После этого АТФ превращается в АДФ и P_i под действием присущей миозину АТФазной активности. Энергия, высвобождаемая при гидролизе АТФ, изменяет угол наклона головки миозина, превращая ее в заломленную позицию. Теперь головка миозина находится в положении для дальнейшего движения.

Когда головка миозина повернута, миозин находится в высокоэнергетической конфигурации. Эта энергия расходуется по мере движения миозиновой головки во время силового удара, и в конце силового удара миозиновая головка находится в низкоэнергетическом положении. После силового удара АДФ высвобождается, однако сформированный поперечный мостик остается на месте, а актин и миозин связаны друг с другом. Пока АТФ доступен, он легко присоединяется к миозину, цикл перекрестного мостика может повториться, и мышечное сокращение может продолжаться.

Обратите внимание, что каждая толстая нить, состоящая примерно из 300 молекул миозина, имеет несколько головок миозина, и множество поперечных мостиков постоянно образуются и разрываются во время мышечного сокращения. Умножьте это на все саркомы в одной миофибрилле, все миофибриллы в одном мышечном волокне и все мышечные волокна в одной скелетной мышце, и вы сможете понять, почему для поддержания работы скелетных мышц требуется так много энергии (АТФ). Фактически, именно потеря АТФ приводит к трупному окоченению, наблюдаемому вскоре после смерти человека. Поскольку дальнейшее производство АТФ невозможно, головки миозина не могут отсоединиться от мест связывания актина, поэтому поперечные мостики остаются на месте, вызывая жесткость скелетных мышц.

Источники АТФ

АТФ обеспечивает энергией мышечное сокращение. Помимо непосредственной роли в цикле поперечных мостиков, АТФ также обеспечивает энергией насосы активного транспорта Ca^{++} в саркоплазматическом ретикулуме. Мышечное сокращение не

происходит без достаточного количества АТФ. Количество АТФ, хранящегося в мышцах, очень мало, его хватает только на несколько секунд сокращения. Поэтому АТФ должен быстро восстанавливаться и заменяться по мере его разрушения, чтобы обеспечить устойчивое сокращение. Существует три механизма, с помощью которых АТФ может быть восстановлен: метаболизм креатинфосфата, анаэробный гликолиз, ферментация и аэробное дыхание.

Креатинфосфат — это молекула, которая может накапливать энергию в своих фосфатных связях. В покое мышце избыток АТФ передает свою энергию креатину, образуя АДФ и креатинфосфат. Это действует как энергетический резерв, который можно использовать для быстрого создания большего количества АТФ. Когда мышца начинает сокращаться и нуждается в энергии, креатинфосфат переносит свой фосфат обратно на АДФ, образуя АТФ и креатин. Эта реакция катализируется ферментом креатинкиназой и происходит очень быстро; таким образом, АТФ, полученный из креатинфосфата, обеспечивает энергией первые несколько секунд мышечного сокращения. Однако креатинфосфат может обеспечить энергией только примерно 15 секунд, после чего необходимо использовать другой источник энергии.

По мере истощения АТФ, вырабатываемого креатинфосфатом, мышцы обращаются к гликолизу как источнику АТФ. Гликолиз — это анаэробный (не зависящий от кислорода) процесс, который расщепляет глюкозу (сахар) для получения АТФ; однако гликолиз не может генерировать АТФ так же быстро, как креатинфосфат. Таким образом, переход на гликолиз приводит к снижению скорости поступления АТФ в мышцы. Сахар, используемый в гликолизе, может быть получен из глюкозы крови или путем метаболизма гликогена, который хранится в мышцах. При расщеплении одной молекулы глюкозы образуется две АТФ и две молекулы пировиноградной кислоты, которые могут быть использованы в аэробном дыхании или при низком уровне кислорода преобразованы в молочную кислоту.

Если кислород доступен, пировиноградная кислота используется в аэробном дыхании. Однако если кислород недоступен, пировиноградная кислота преобразуется в молочную кислоту, которая может способствовать мышечной усталости. Это превращение позволяет рециклировать кофермент никотинамид-

аденин-динуклеотид (NAD^+) из никотин-амидаденин-динуклеотида (NADH), который необходим для продолжения гликолиза. Это происходит во время напряженных тренировок, когда требуется большое количество энергии, но кислород не может быть доставлен к мышцам в достаточном количестве. Гликолиз сам по себе не может поддерживаться очень долго (около 1 минуты мышечной активности), но он полезен для облегчения коротких всплесков высокоинтенсивной работы. Это связано с тем, что гликолиз не очень эффективно использует глюкозу, производя чистый прирост двух АТФ на молекулу глюкозы и конечный продукт - молочную кислоту, которая, накапливаясь, может способствовать мышечной усталости.

Аэробное дыхание — это расщепление глюкозы или других питательных веществ в присутствии кислорода (O_2) с образованием углекислого газа, воды и АТФ. Примерно 95% АТФ, необходимого для покоящихся или умеренно активных мышц, обеспечивается аэробным дыханием, которое происходит в митохондриях. В качестве исходных веществ для аэробного дыхания используются глюкоза, циркулирующая в кровотоке, пировиноградная кислота и жирные кислоты. Аэробное дыхание намного эффективнее анаэробного гликолиза: на одну молекулу глюкозы вырабатывается примерно 36 молекул АТФ против четырех при гликолизе. Однако аэробное дыхание не может поддерживаться без постоянного поступления O_2 в скелетную мышцу и протекает гораздо медленнее. Чтобы компенсировать это, мышцы накапливают небольшое количество избыточного кислорода в белках, называемых миоглобином, что позволяет мышцам сокращаться более эффективно и меньше уставать. Аэробные тренировки также повышают эффективность системы кровообращения, благодаря чему кислород может поступать в мышцы в течение более длительного времени.

Мышечная усталость наступает, когда мышца больше не может сокращаться в ответ на сигналы нервной системы. Точные причины мышечного утомления до конца не известны, хотя определенные факторы были соотнесены с уменьшением мышечного сокращения, которое происходит при утомлении. Для нормального сокращения мышц необходим АТФ, и по мере уменьшения запасов АТФ функция мышц может снижаться. Это может быть более значимым фактором при кратковременной,

интенсивной работе мышц, а не при продолжительных усилиях низкой интенсивности. Накопление молочной кислоты может снизить внутриклеточный pH, что влияет на активность ферментов и белков. Дисбаланс уровней Na^+ и K^+ в результате деполяризации мембраны может нарушить отток Ca^{++} из саркоплазматического ретикулума. Длительные продолжительные физические нагрузки могут повредить ретикулум и сарколемму, что приведет к нарушению регуляции Ca^{++} .

Интенсивная мышечная активность приводит к возникновению кислородного долга, который представляет собой количество кислорода, необходимое для компенсации АТФ, вырабатываемого без кислорода во время мышечного сокращения. Кислород необходим для восстановления уровня АТФ и креатинфосфата, преобразования молочной кислоты в пировиноградную кислоту, а в печени - для преобразования молочной кислоты в глюкозу или гликоген. Другие системы, используемые во время тренировки, также нуждаются в кислороде, и все эти процессы в совокупности приводят к увеличению частоты дыхания, которое происходит после тренировки. Пока кислородный долг не будет погашен, потребление кислорода остается повышенным даже после прекращения тренировки.

Расслабление скелетной мышцы

Расслабление скелетных мышечных волокон и, в конечном счете, скелетной мышцы начинается с двигательного нейрона, который прекращает высвобождение своего химического нейротрансмиттера, ацетилхолина, в синапс на нейромышечном соединении. Мышечное волокно реполяризуется, что закрывает ворота в саркоплазматическом ретикулуме, через которые высвобождался Ca^{++} . Насосы под действием АТФ перемещают Ca^{++} из саркоплазмы обратно в ретикулум. Это приводит к "перезкранированию" мест связывания актина на тонких филаментах. Без способности образовывать перекрестные мостики между тонкими и толстыми филаментами мышечное волокно теряет напряжение и расслабляется.

Сила мышц

Количество скелетных мышечных волокон в данной мышце определяется генетически и не меняется. Сила мышцы напрямую связана с количеством миофибрилл и саркомеров в каждом

волокне. Факторы, такие как гормоны и стресс (и искусственные анаболические стероиды), действующие на мышцы, могут увеличить производство саркомеров и миофибрилл в мышечных волокнах, это изменение называется гипертрофией, что приводит к увеличению массы и объема скелетной мышцы. Аналогичным образом, уменьшение использования скелетной мышцы приводит к атрофии, когда количество саркомеров и миофибрилл исчезает (но не количество мышечных волокон). Обычно на конечности в гипсе после снятия гипса видны атрофированные мышцы, а при некоторых заболеваниях, таких как полиомиелит, мышцы атрофируются.

Обзор главы

Саркомер — это самая маленькая сократительная часть мышцы. Миофибриллы состоят из толстых и тонких нитей. Толстые нити состоят из белка миозина, а тонкие — из белка актина. Тропонин и тропомиозин являются регуляторными белками.

Мышечное сокращение описывается моделью скользящих нитей сокращения. Ацетилхолин — нейромедиатор, который связывается в нервно-мышечном соединении, вызывая деполяризацию, и потенциал действия проходит вдоль сарколеммы, вызывая высвобождение кальция из СР. Актиновые участки обнажаются после того, как Ca^{++} поступает в саркоплазму из хранилища СР, чтобы активировать комплекс тропонин-тропомиозин, в результате чего тропомиозин смещается в сторону от участков. За перекрестными мостиками миозиновых головок, стыкующихся с актин-связывающими сайтами, следует "силовой удар" — скольжение тонких филаментов по толстым филаментам. Силовые удары осуществляются под действием АТФ. В конечном итоге саркомеры, миофибриллы и мышечные волокна укорачиваются, производя движение.

Вопросы для самоконтроля

1. Как повлияло бы на мышечные сокращения отсутствие Т-трубочек в скелетных мышечных волокнах?
2. Каковы противоположные роли вольтажных натриевых каналов и вольтажных калиевых каналов?
3. Как повлияло бы на мышечные сокращения полное истощение АТФ в мышечном волокне?

Глоссарий

аэробное дыхание - производство АТФ в присутствии кислорода

АТФаза - фермент, который гидролизует АТФ до АДФ

креатинфосфат - является основной высокоэнергетической молекулой для хранения фосфатов в мышцах. В отдохнувших мышцах креатинфосфат является преобладающей формой; его максимальная концентрация в пять раз выше, чем у АТФ; используемый для хранения энергии АТФ и передачи ее в мышцы

гликолиз - анаэробное расщепление глюкозы до АТФ

молочная кислота - продукт анаэробного гликолиза

кислородный долг - количество кислорода, необходимое для компенсации АТФ, произведенного без кислорода во время мышечного сокращения

силовой удар - действие миозина, тянущего актин внутрь (к линии М)

пировиноградная кислота - продукт гликолиза, который может быть использован в аэробном дыхании или преобразован в молочную кислоту

Ответы на вопросы

1. Без Т-трубочек проведение потенциала действия во внутреннюю часть клетки происходило бы гораздо медленнее, вызывая задержки между нервной стимуляцией и мышечным сокращением, что приводит к более медленным и слабым сокращениям.

2. Открытие натриевых каналов с вольтажем и приток Na^+ передают потенциал действия после достаточной деполяризации мембраны. Задержка открытия калиевых каналов позволяет K^+ выйти из клетки, чтобы реполяризовать мембрану.

3. Без АТФ головки миозина не могут отсоединиться от актин-связывающих участков. Все "застывшие" поперечные мостики приводят к ригидности мышц. У живого человека это может вызвать состояние, подобное "писательским судорогам". У недавно умершего человека это приводит к трупному окоченению.

КОНТРОЛЬ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ЗА НАПРЯЖЕНИЕМ МЫШЦ

К концу этого раздела вы сможете:

1. Объяснять концентрические, изотонические и эксцентрические сокращения
2. Дать определение двигательной единицы и объяснить, как активация двигательной единицы влияет на генерацию силы
3. Описывать зависимость длины от натяжения в мышечном волокне
4. Опишите три фазы мышечного сокращения
5. Давать определение понятиям "суммация волн", "тетанус".

Чтобы переместить предмет, называемый грузом, мышечные волокна скелетной мышцы должны сократиться. Сила, возникающая при сокращении мышцы, называется мышечным напряжением. Мышечное напряжение может также возникать, когда мышца сокращается против нагрузки, которая не движется, что приводит к двум основным типам сокращений скелетных мышц: изотоническим и изометрическим (рис. 9).

При изотоническом сокращении, когда напряжение в мышце остается относительно постоянным, груз перемещается по мере изменения длины мышцы. При концентрическом сокращении мышца укорачивается, чтобы переместить груз. Примером такого сокращения является сокращение двуглавой мышцы плеча, когда гиря поднимается вверх по направлению к телу. Эксцентрическое сокращение происходит, когда напряжение мышцы уменьшается и мышца удлиняется. Этот тип сокращения наблюдается при медленном и контролируемом опускании того же веса в руке с помощью двуглавой мышцы плеча.

Изометрическое сокращение происходит, когда мышца производит напряжение без изменения длины мышцы. Изометрическое сокращение включает укорочение саркомеров и увеличение напряжения мышцы, но не приводит к перемещению груза, поскольку производимая сила не может преодолеть сопротивление, оказываемое грузом.

Например, если попытаться поднять слишком тяжелую гирю, произойдет активация и укорочение саркомеров до определенного момента, напряжение мышц будет постоянно возрастать, но

положение гири не изменится. В повседневной жизни изометрические сокращения активно используются для поддержания осанки и сохранения стабильного положения костей и суставов.

Большинство действий организма являются результатом комбинации изотонических и изометрических сокращений, работающих вместе для получения широкого спектра результатов. Эта мышечная деятельность находится под контролем нервной системы. Важнейшим аспектом контроля нервной системы над скелетными мышцами является роль двигательных единиц.

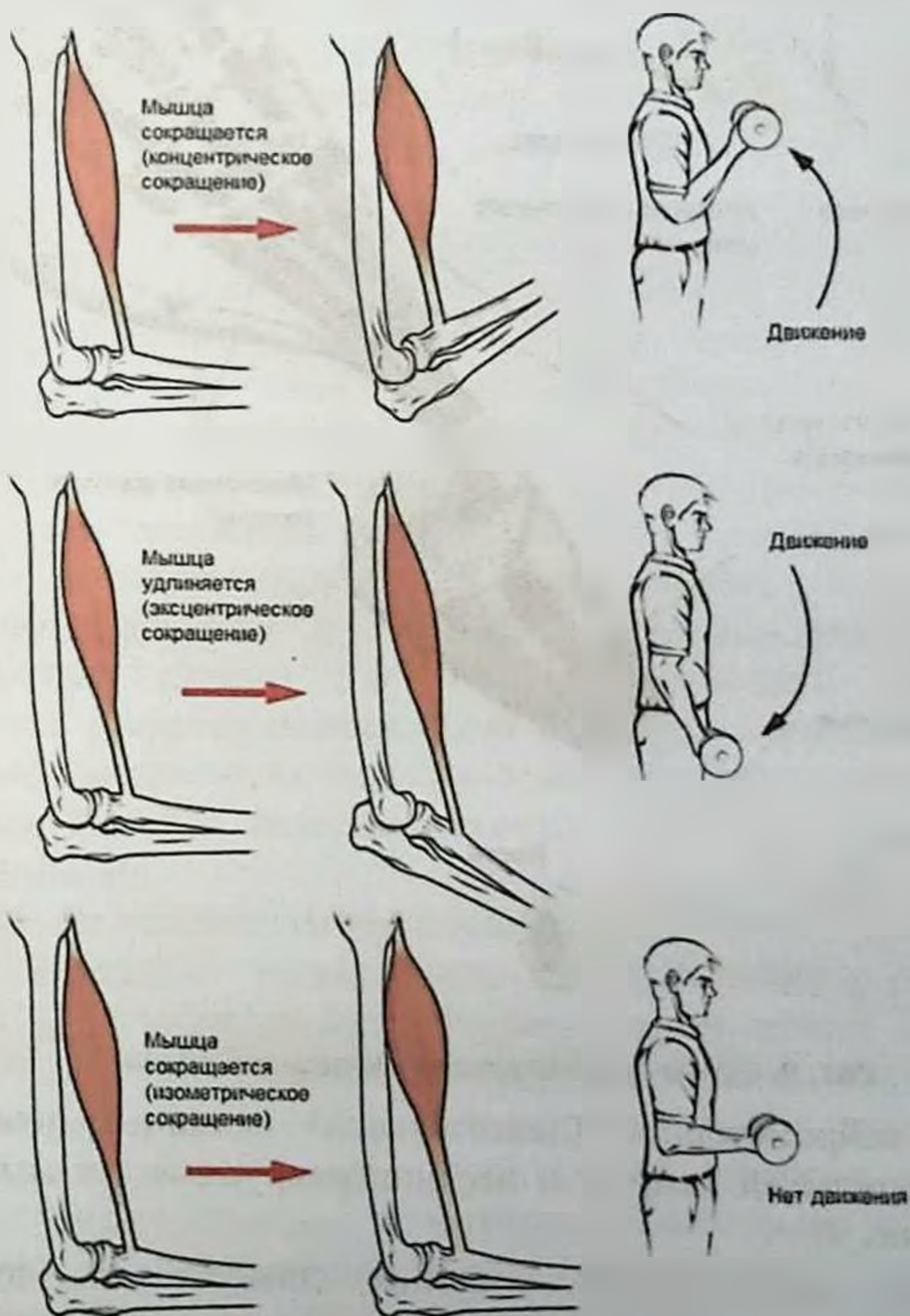


Рис. 8. Типы мышечных сокращений.

Нейромоторные единицы

Как уже говорилось ранее, сокращение скелетных мышечных волокон запускается сигналом от двигательного нейрона. Каждое мышечное волокно иннервируется только одним двигательным нейроном, но один двигательный нейрон может иннервировать несколько мышечных волокон.

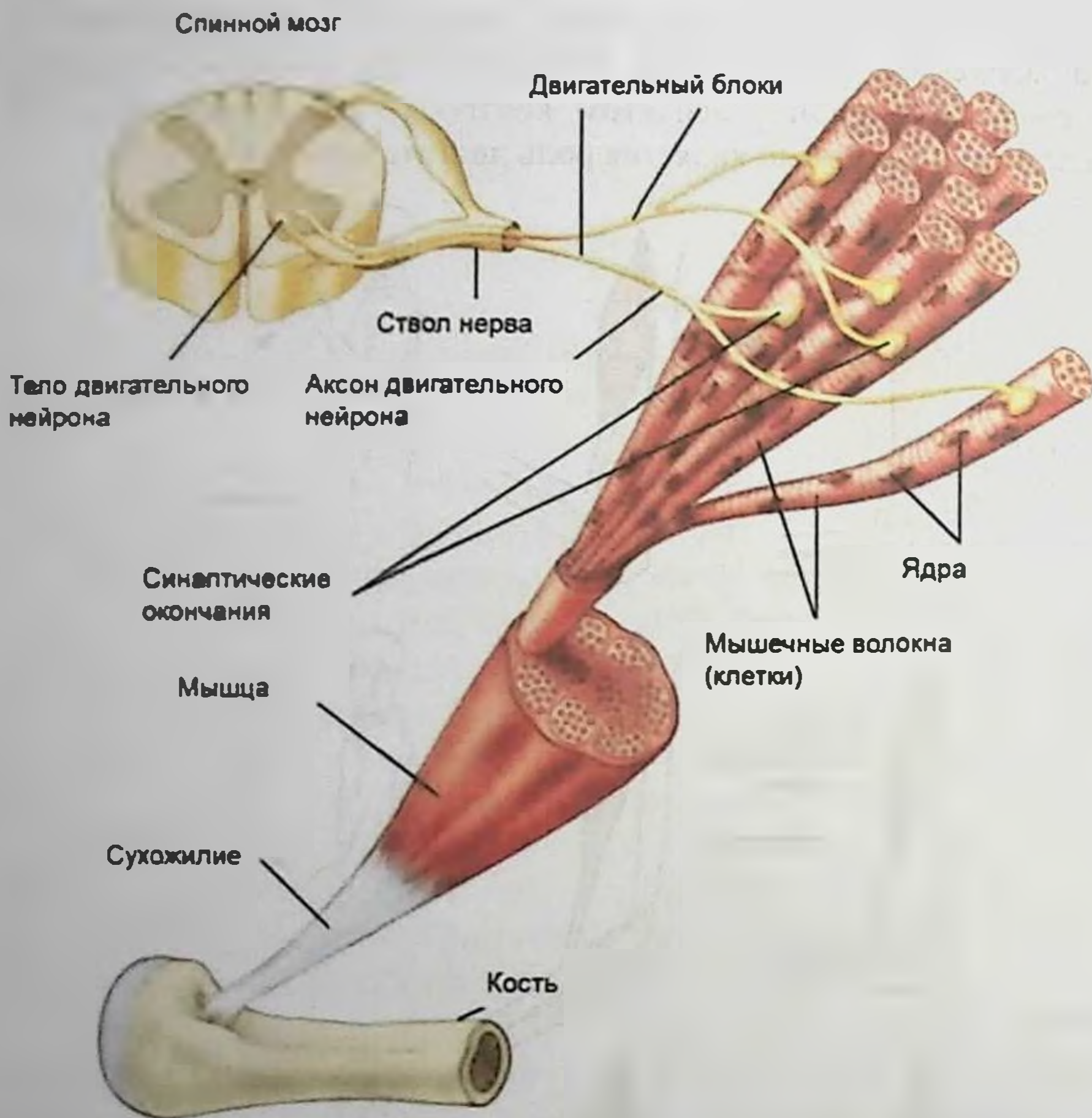


Рис. 9. Схема организации двигательной единицы

Под нейромоторной (двигательной) единицей понимается один двигательный нейрон и все иннервируемые им мышечные волокна (рис. 9).

Размер двигательной единицы диктует ее функцию. Маленькая двигательная единица, состоящая из двигательного

нейрона и всего нескольких мышечных волокон, позволяет осуществлять очень тонкий двигательный контроль мышцы. Например, наружные мышцы глаза имеют тысячи мышечных волокон, каждые 5-10 волокон обеспечиваются одним двигательным нейроном; это позволяет точно контролировать движения глаз, чтобы оба глаза могли быстро сфокусироваться на объекте. Мелкие двигательные единицы также участвуют в многочисленных тонких движениях пальцев и большого пальца руки при хватании, написании текста и т.д.

Крупные двигательные единицы занимаются простыми, или "грубыми", движениями, например, перемещением частей тела против силы тяжести. Крупные двигательные единицы мышц бедра или спины, где один двигательный нейрон обеспечивает тысячи мышечных волокон в мышце, являются представителями этого типа деятельности.

Большинство мышц человеческого тела имеют смесь мелких и крупных двигательных единиц, что дает нервной системе широкий диапазон контроля над мышцей. Более мелкие двигательные единицы в мышце имеют моторные нейроны, которые более возбудимы. Первоначальная активация этих мелких двигательных единиц приводит к относительно небольшой степени напряжения, создаваемого в мышце. Когда требуется большая сила, для создания большего напряжения задействуются более крупные двигательные единицы. Этот процесс привлечения дополнительных двигательных единиц для создания большего напряжения называется рекрутированием. Оно позволяет мышце, например, двуглавой мышце плеча, поднять перо с минимальным усилием, в то время как для поднятия тяжелого веса требуется гораздо большее усилие.

При необходимости максимальное количество двигательных единиц в мышце может быть задействовано одновременно, создавая максимальную силу сокращения для данной мышцы, но это не может продолжаться очень долго из-за потребности в энергии для поддержания сокращения. Чтобы предотвратить полное утомление мышцы, двигательные единицы обычно не работают одновременно, а наоборот, некоторые двигательные единицы отдыхают, в то время как другие работают, что позволяет сокращать мышцы дольше. Таким образом, нервная система

использует рекрутирование как механизм эффективного использования скелетной мышцы.

Диапазон длины саркомера

Как уже говорилось ранее, при сокращении скелетного мышечного волокна головки миозина прикрепляются к актину, образуя перекрестные мостики, после чего тонкие нити скользят по толстым нитям, когда головки тянут актин, и это приводит к укорочению саркомера, создавая напряжение мышечного сокращения. Поперечные мостики могут образовываться только там, где тонкие и толстые нити перекрываются; таким образом, длина саркомера напрямую влияет на силу, возникающую при его сокращении. Это называется зависимостью "длина-натяжение".

Идеальная длина саркомера для создания максимального напряжения составляет от 80 до 120 процентов от его длины покоя, при этом 100 процентов - это состояние, когда медиальные края тонких нитей находятся на уровне самых медиальных головок миозина толстых нитей. Такая длина максимизирует перекрытие мест связывания актина и головок миозина.

Если саркомер растягивается сверх идеальной длины (более 120 процентов), толстые и тонкие филаменты не полностью перекрываются, что приводит к снижению напряжения. Если мышца растягивается до такой степени, что толстые и тонкие нити совсем не перекрываются, не образуются перекрестные мостики, и напряжение не возникает. Такое растяжение обычно не происходит, поскольку вспомогательные белки и соединительная ткань противостоят экстремальному растяжению.

Если саркомера укорачивается более чем на 80%, зона перекрытия уменьшается, а тонкие нити выходят за пределы последней головки миозина. В конце концов, тонким нитям некуда деваться, и сила натяжения уменьшается.

Частота стимуляции двигательного нейрона

Один потенциал действия от двигательного нейрона вызывает однократное сокращение мышечных волокон, иннервируемых двигательным нейроном. Одиночное мышечное сокращение может длиться от нескольких миллисекунд до 100 миллисекунд, в зависимости от типа мышечного волокна. Напряжение, создаваемое одиночным мышечным сокращением, можно измерить с помощью миограммы - метода, который позволяет измерить величину напряжения, создаваемого мышцей с течением времени.

В мышечном сокращении выделяют три фазы. Первая фаза - латентный период, во время которого потенциал действия распространяется по сарколемме, а ионы Ca^{++} высвобождаются из саркоплазматического ретикулума. Это фаза, во время которой возбуждение и сокращение связаны между собой, но сокращение еще не произошло. Фаза сокращения наступает по мере того, как мышца создает все большее напряжение; ионы Ca^{++} в саркоплазме связываются с тропонином, тропомиозин смещается от мест связывания с актином, образуются перекрестные мостики, и саркомеры активно укорачиваются. Последняя фаза - фаза расслабления, когда напряжение снижается, поскольку ионы Ca^{++} выкачиваются из саркоплазмы обратно в саркоплазматический ретикулум, возвращая мышечные волокна в состояние покоя.

Хотя человек может ощутить "подергивание" скелетной мышцы, одно подергивание не производит "полезной" активности в живом организме. Вместо этого для мышечного сокращения, способного производить работу, необходима быстрая серия потенциалов действия, посылаемых к мышечным волокнам. Изменяя скорость, с которой двигательный нейрон посылает потенциалы действия, можно изменять величину напряжения, создаваемого иннервируемыми мышечными волокнами; это называется градуированной мышечной реакцией.

Градиентная мышечная реакция работает следующим образом: если стимулировать волокна в то время, когда предыдущее подергивание еще продолжается, второе подергивание будет сильнее. Такой ответ называется волновой суммацией, поскольку эффекты связи возбуждения и сокращения при последовательной подаче сигналов двигательными нейронами суммируются, или складываются. На молекулярном уровне суммирование происходит потому, что второй стимул вызывает высвобождение большего количества ионов Ca^{++} , которые становятся доступными для активации большего количества поперечных мостиков, в то время как мышца все еще сокращается от первого стимула. Суммирование приводит к большему сокращению двигательной единицы.

Если частота сигналов от двигательных нейронов увеличивается, суммирование и последующее напряжение мышцы в двигательной единице продолжает расти, пока не достигнет пиковой точки. Напряжение в этой точке примерно в три-четыре

раза больше, чем напряжение при одиночном сокращении, такое состояние называется неполным тетанусом. Во время неполного тетануса мышца проходит через быстрые циклы сокращения, за которыми следует короткая фаза расслабления. Если частота стимулов настолько высока, что фаза расслабления полностью исчезает, сокращения становятся непрерывными, что называется полным (гладким) тетанусом.

Во время полного тетануса концентрация ионов Ca^{++} в саркоплазме позволяет практически всем саркомерам образовывать перекрестные мостики и укорачиваться, так что сокращение может продолжаться непрерывно (пока мышца не устанет и не сможет больше производить напряжение).

Эффект лестницы (лестница Боудича)

Когда скелетная мышца находится в состоянии покоя в течение длительного периода времени, а затем ее стимулируют к сокращению, при прочих равных условиях, начальные сокращения создают примерно половину силы последующих сокращений. Напряжение в мышце возрастает постепенно, что для некоторых выглядит как лестница. Это увеличение напряжения - состояние, при котором мышечные сокращения становятся более эффективными. Оно также известно как "эффект лестницы". Считается, что данный эффект возникает из-за повышенной концентрации Ca^{++} в саркоплазме в результате постоянного потока сигналов от двигательного нейрона. Она может поддерживаться только при наличии достаточного количества АТФ.

Мышечный тонус

Скелетные мышцы редко бывают полностью расслабленными, или вялыми. Даже если мышца не производит движения, она сокращается на небольшую величину, чтобы сохранить свои сократительные белки и создать мышечный тонус. Напряжение, создаваемое мышечным тонусом, позволяет мышцам постоянно стабилизировать суставы и поддерживать осанку.

Мышечный тонус обеспечивается сложным взаимодействием между нервной системой и скелетными мышцами, которое приводит к активации нескольких двигательных единиц одновременно, скорее всего, в циклическом режиме. Таким образом, мышцы никогда не устают полностью, поскольку одни двигательные единицы находятся в состоянии восстановления, а другие активно генерируют напряжение.

Расстройства мышц: Гипотония

Отсутствие низкоуровневых сокращений, которые приводят к тону мышц, называется гипотонией или атрофией и может быть результатом повреждения частей центральной нервной системы (ЦНС), например, мозжечка, или потери иннервации скелетной мышцы, как при полиомиелите. Гипотоничные мышцы имеют вялый вид и демонстрируют функциональные нарушения, например, слабые рефлексы. И наоборот, избыточный мышечный тонус называется гипертонией и сопровождается гиперрефлексией (чрезмерными рефлекторными реакциями), часто являющейся результатом повреждения верхних двигательных нейронов в ЦНС. Гипертония может проявляться мышечной ригидностью (как при болезни Паркинсона) или спастичностью - фазовым изменением мышечного тонуса, при котором конечность "защелкивается" после пассивного растяжения (как при некоторых инсультах).

Обзор главы

Количество поперечных мостиков, образующихся между актином и миозином, определяет величину напряжения, создаваемого мышцей. Длина саркомера оптимальна, когда зона перекрытия между тонкими и толстыми нитями наибольшая. Мышцы, которые растягиваются или сжимаются слишком сильно, не производят максимального количества энергии. Двигательная единица образована двигательным нейроном и всеми мышечными волокнами, которые иннервируются этим же двигательным нейроном. Одиночное сокращение называется судорогой. Мышечное подергивание имеет латентный период, фазу сокращения и фазу расслабления. Градуированная мышечная реакция позволяет варьировать мышечное напряжение. Суммирование происходит, когда последовательные стимулы складываются вместе, чтобы вызвать более сильное сокращение мышцы. Тетанус - это слияние сокращений для получения непрерывного сокращения. Увеличение числа задействованных двигательных нейронов увеличивает количество активированных двигательных единиц в мышце, что называется рекрутированием. Мышечный тонус - это постоянные низкоуровневые сокращения, которые обеспечивают осанку и стабильность.

Вопросы для самоконтроля

1. Почему двигательная единица глаза имеет мало мышечных волокон по сравнению с двигательной единицей ноги?

2. Какие факторы влияют на величину напряжения, создаваемого в отдельном мышечном волокне?

Глоссарий

концентрическое сокращение - мышечное сокращение, при котором мышца укорачивается для перемещения нагрузки

фаза сокращения - фаза судорожного сокращения, когда напряжение увеличивается

эксцентрическое сокращение - сокращение мышцы, при котором мышца удлиняется по мере уменьшения напряжения

гипертония - аномально высокий мышечный тонус

гипотония - аномально низкий мышечный тонус, вызванный отсутствием сокращений низкого уровня

изометрическое сокращение - мышечное сокращение, которое происходит без изменения длины мышцы

изотоническое сокращение - мышечное сокращение, при котором происходит изменение длины мышцы

латентный период - время, в течение которого судорога не приводит к сокращению мышцы

двигательная единица - двигательный нейрон и группа мышечных волокон, которые он иннервирует

мышечное напряжение - сила, возникающая при сокращении мышцы; напряжение возникает при изотонических и изометрических сокращениях

мышечный тонус - низкий уровень мышечного сокращения, возникающий, когда мышца не производит движения

миограмма - запись электрических сигналов, полученных в результате регистрации мышечных сокращений

рекрутирование - увеличение числа двигательных единиц, участвующих в сокращении

фаза расслабления - период после сокращения мышцы, когда напряжение уменьшается

тетанус - непрерывное слитное сокращение

мышечное сокращение - одиночное сокращение, вызванное одним потенциалом действия

суммирование волн - добавление последовательных нейронных стимулов для получения более сильного сокращения

Ответы на вопросы

1. Глаза требуют тонких движений и высокой степени контроля, что возможно благодаря меньшему количеству мышечных волокон, связанных с нейроном.

2. Длина, размер и типы мышечных волокон, а также частота нейронной стимуляции способствуют величине напряжения, создаваемого в отдельном мышечном волокне.

ТИПЫ МЫШЕЧНЫХ ВОЛОКОН

К концу этого раздела вы сможете:

1. Различать медленные окислительные волокна, быстрые окислительные волокна и быстрые гликолитические волокна.

Скелетные мышечные волокна можно классифицировать по двум критериям: 1) насколько быстро волокна сокращаются по сравнению с другими, и 2) как волокна восстанавливают АТФ. Используя эти критерии, можно выделить три основных типа скелетных мышечных волокон (Табл. 1). Медленные окислительные (SO) волокна сокращаются относительно медленно и используют аэробное дыхание (кислород и глюкозу) для производства АТФ. Быстрые окислительные (FO) волокна сокращаются относительно быстро и используют преимущественно аэробное дыхание для выработки АТФ. Наконец, быстрые гликолитические (FG) волокна имеют относительно быстрые сокращения и в основном используют анаэробный гликолиз. Большинство скелетных мышц в человеческом теле содержат все три типа, хотя и в разных пропорциях.

Скорость сокращения зависит от того, насколько быстро АТФаза миозина гидролизует АТФ для создания поперечного мостика. Быстрые волокна гидролизуют АТФ примерно в два раза быстрее, чем медленные, что приводит к гораздо более быстрому циклическому движению поперечных мостиков (которые быстрее тянут тонкие нити к центру саркомера).

Основной метаболический путь, используемый мышечным волокном, определяет, к какому типу относится волокно - окислительному или гликолитическому. Если волокно в основном производит АТФ через аэробные пути, то оно классифицируется как окислительное. Во время каждого метаболического цикла может вырабатываться больше АТФ, что делает волокно более устойчивым к утомлению. Гликолитические волокна в основном

создают АТФ посредством анаэробного гликолиза, который производит меньше АТФ за цикл. В результате гликолитические волокна утомляются быстрее.

Таблица 1. Типы мышечных волокон и их краткая характеристика (цит. по Самсонова, А.В. Методы оценки композиции мышечных волокон в скелетных мышцах человека /А.В. Самсонова, И. Э. Барникова, М. А. Борисевич, А. В. Вахнин /Труды кафедры биомеханики НГУ им. П.Ф. Лесгафта. – Вып. 6.- СПб, 2012.- С. 18-27)

Характеристика	I тип	IIA тип	IIB тип
Название мышечных волокон	Красные, медленные, устойчивые к утомлению, окислительные	Промежуточные, быстрые, устойчивые к утомлению, окислительно-гликолитические	Белые, быстрые, быстроутомляемые, гликолитические, анаэробные
Размер мотонейрона	малый	Большой	Большой
Активность АТФ-азы миозина	низкая	Высокая	Высокая
<u>Саркоплазматический ретикулум</u>	Слабо развит	Среднее развитие	Хорошо развит
<u>Плотность капилляров</u>	Высокая	Высокая	Низкая
<u>Количество митохондрий</u>	Много	Средне	Мало
<u>Количество митохондрий</u>	Много	Средне	Мало
Размеры <u>митохондрий</u>	Очень большие	Средние	Небольшие
Активность ферментов <u>митохондрий</u>	Большая	Большая	Низкая
Сопротивление утомлению	Высокое	Среднее	Очень низкое
Запасы <u>гликогена</u>	Низкие	Большие	Большие
<u>Гликолитическая</u> способность	Низкая	Большая	Большая
Скорость сокращения	Низкая	Высокая	Высокая
Площадь поперечного сечения мышечного волокна	Небольшая	Большая	Большая
Максимальная сила	Небольшая	Большая	Очень большая

Медленные окислительные волокна имеют структурные элементы, которые максимизируют их способность генерировать АТФ посредством аэробного метаболизма. Эти волокна содержат гораздо больше митохондрий, чем гликолитические волокна, поскольку аэробный метаболизм, который использует кислород (O_2) в метаболическом пути, происходит в митохондриях. Это позволяет медленным окислительным волокнам сокращаться дольше из-за большого количества АТФ, которое они могут производить, но они имеют относительно небольшой диаметр и поэтому не производят большого напряжения.

Помимо увеличенного количества митохондрий, медленные окислительные волокна обильно снабжены кровеносными капиллярами для поступления O_2 из кровотока. Они также обладают миоглобином, молекулой, связывающей O_2 , подобно гемоглобину в эритроцитах. Миоглобин сохраняет часть необходимого O_2 в самих волокнах и частично отвечает за темно-красный цвет окислительных волокон.

Способность медленных окислительных волокон функционировать в течение длительного времени без утомления делает их полезными для поддержания осанки, изометрических сокращений и стабилизации костей и суставов. Поскольку они не создают высокого напряжения, их не используют для мощных, быстрых движений, требующих большого количества энергии и быстрой цикличности перекрестных мостиков.

Быстрые гликолитические волокна в основном используют анаэробный гликолиз в качестве источника АТФ. Они имеют большой диаметр и содержат большое количество гликогена, который используется в гликолизе для быстрой выработки АТФ. Из-за зависимости от анаэробного метаболизма эти волокна не имеют значительного количества митохондрий, ограниченного количества капилляров и значительного количества миоглобина, что приводит к белому цвету мышц, содержащих большое количество этих волокон.

Быстрые гликолитические волокна быстро утомляются, что позволяет использовать их только в течение короткого времени. Однако в течение этих коротких периодов волокна способны производить быстрые, силовые сокращения, связанные с быстрыми, мощными движениями.

Быстрые окислительные волокна иногда называют промежуточными волокнами, поскольку они обладают характеристиками, промежуточными между медленными окислительными волокнами и быстрыми гликолитическими волокнами. Эти волокна относительно быстро вырабатывают АТФ и поэтому могут производить относительно большое напряжение, но поскольку они являются окислительными, они не утомляются быстро. Быстрые окислительные волокна используются в основном для движений, таких как ходьба, которые требуют больше энергии, чем постуральный контроль, но меньше энергии, чем взрывное движение.

Обзор главы

Различают три типа мышечных волокон: медленные окислительные (SO), быстрые окислительные (FO) и быстрые гликолитические (FG). Медленные окислительные волокна используют аэробный метаболизм для производства сокращений малой мощности в течение длительного времени и медленно утомляются. Быстрые окислительные волокна используют аэробный метаболизм для производства АТФ, но производят сокращения с большим напряжением, чем медленные окислительные волокна. Быстрые гликолитические волокна используют анаэробный метаболизм для производства мощных, высоконапряженных сокращений, но быстро утомляются.

Вопросы для самоконтроля

1. Почему мышечные клетки используют креатинфосфат вместо гликолиза для обеспечения АТФ в течение первых нескольких секунд мышечного сокращения?

2. Является ли аэробное дыхание более или менее эффективным, чем гликолиз? Объясните свой ответ.

Глоссарий

быстрое гликолитическое волокно - мышечное волокно, которое в основном использует анаэробный гликолиз

быстрое окислительное волокно - промежуточное мышечное волокно, находящееся между медленными окислительными и быстрыми гликолитическими волокнами

медленное окислительное волокно - мышечное волокно, использующее преимущественно аэробное дыхание

Ответы на вопросы

1. Креатинфосфат используется потому, что креатинфосфат и АДФ очень быстро превращаются в АТФ под действием креатинкиназы. Гликолиз не может генерировать АТФ так быстро, как креатинфосфат.

2. Аэробное дыхание намного эффективнее анаэробного гликолиза, давая 36 АТФ на молекулу глюкозы, в отличие от двух АТФ, производимых гликолизом.

УПРАЖНЕНИЯ И РАБОТА МЫШЦ

К концу этого раздела вы сможете:

1. Описывать мышечную гипертрофию и мышечную атрофию
2. Объяснять, как упражнения на выносливость и сопротивление влияют на мышцы
3. Объяснять, как вещества, повышающие работоспособность, влияют на мышцы.

Физические тренировки могут изменить внешний вид скелетных мышц и привести к изменениям в мышечной производительности. И наоборот, отсутствие тренировок может привести к снижению мышечной массы и работоспособности. Хотя мышечные клетки могут меняться в размерах, при росте мышц новые клетки образуются редко. Вместо этого структурные белки добавляются к мышечному волокну в процессе, называемом мышечной гипертрофией, что приводит к увеличению диаметра волокна. Обратный процесс, когда структурные белки теряются и мышечная масса уменьшается, называется мышечной атрофией.

Упражнения на выносливость

Медленные волокна преимущественно используются в упражнениях на выносливость, требующих ограниченного усилия, но включающих большое количество повторений. Аэробный метаболизм, используемый медленными окислительными волокнами, позволяет им поддерживать сокращения в течение длительного времени. Тренировка на выносливость изменяет эти медленные волокна, делая их еще более эффективными за счет образования большего количества митохондрий и синтеза большего количества миоглобина, что приводит к увеличению производства АТФ за счет повышения скорости аэробного метаболизма.

Тренировки могут вызвать образование более обширных капиллярных сетей вокруг волокон - процесс, называемый ангиогенезом, - для снабжения волокон кислородом и удаления отходов метаболизма. Чтобы эти капиллярные сети могли снабжать глубокие части мышцы, мышечная масса не сильно увеличивается, чтобы сохранить меньшую площадь для диффузии питательных веществ и газов.

Доля медленных окислительных мышечных волокон в мышце определяет пригодность мышцы к выносливости и может принести пользу тем, кто участвует в упражнениях на выносливость. Постуральные мышцы (удерживающие тело в определенной позе) имеют большое количество медленных окислительных волокон, поскольку они постоянно сокращаются для поддержания тела в вертикальном положении. Выносливые спортсмены получают большую пользу от того, что мышцы содержат большее количество медленных окислительных волокон по сравнению с быстрыми окислительными волокнами. Исследования показывают, что генетика играет важную роль в определении общего соотношения медленных окислительных и быстрых гликолитических волокон в мышцах, а повторяющиеся тренировки оказывают наибольшее влияние на быстрые окислительные волокна.

Упражнения на сопротивление

Упражнения с сопротивлением, в отличие от упражнений на выносливость, направлены на быстрые гликолитические волокна, поскольку они сосредоточены на коротких, мощных движениях, которые не повторяются в течение длительного времени. Высокая скорость гидролиза АТФ и образования поперечных мостиков в быстрых гликолитических волокнах отвечает за такие мощные мышечные сокращения. Таким образом, мышцы, используемые для силовых упражнений, часто имеют более высокое соотношение быстрых гликолитических волокон по сравнению с медленными окислительными волокнами. Упражнения с сопротивлением влияют на мышцы, увеличивая образование миофибрилл, тем самым увеличивая диаметр мышечных волокон. Поскольку увеличение мышечной массы происходит за счет добавления структурных белков, спортсмены, стремящиеся нарастить мышечную массу, часто потребляют большое количество белка.

Помимо увеличения диаметра мышечных волокон, тренировки с сопротивлением также способствуют развитию

соединительной ткани, увеличивая общую массу мышц. Увеличение соединительной ткани помогает удерживать мышцы, поскольку они производят все более мощные сокращения. Сухожилия также становятся крепче, что предотвращает их повреждение, поскольку сила, производимая мышцами, передается сухожилиям, которые прикрепляют мышцы к костям.

Для эффективной силовой тренировки необходимо постоянно повышать интенсивность упражнений. Например, постоянное поднятие тяжестей без увеличения веса нагрузки не приводит к увеличению размеров мышц. Для получения все более высоких результатов необходимо, чтобы поднимаемые веса становились все тяжелее, что усложняет задачу мышц по перемещению груза. Затем мышцы адаптируются к более тяжелой нагрузке, и для достижения еще большей мышечной массы необходимо использовать еще более тяжелый груз.

При неправильном подходе тренировки с отягощением могут привести к травмам мышц, сухожилий или костей. Эти травмы могут возникнуть, если нагрузка слишком тяжелая, если мышцам не дается достаточно времени для восстановления между тренировками или если суставы не выравниваются должным образом во время выполнения упражнений. Клеточное повреждение мышечных волокон, возникающее после интенсивной физической нагрузки, включает в себя повреждение сарколеммы и миофибрилл. Это повреждение мышц способствует ощущению болезненности после интенсивных тренировок, но мышцы набирают массу по мере восстановления повреждений и добавления дополнительных структурных белков взамен поврежденных.

Обзор главы

Гипертрофия мышц - это увеличение мышечной массы за счет добавления структурных белков. Противоположностью мышечной гипертрофии является мышечная атрофия - потеря мышечной массы из-за разрушения структурных белков. Упражнения на выносливость вызывают увеличение количества клеточных митохондрий, миоглобина и капиллярных сетей в медленных окислительных волокнах. Выносливые спортсмены выигрывают от высокой доли медленных окислительных волокон по сравнению с другими типами волокон. Тренировки с сопротивлением приводят к мышечной гипертрофии, в первую очередь за счет быстрых

гликолитических волокон. В мышцах, развивающих силу, плотность быстрых гликолитических волокон выше, чем медленных окислительных волокон. Некоторые спортсмены используют вещества, повышающие работоспособность, для улучшения мышечных показателей. Атрофия мышц в связи с возрастом называется саркопенией и происходит по мере отмирания мышечных волокон и замещения их соединительной и жировой тканью.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие изменения происходят на клеточном уровне в ответ на тренировку выносливости?
2. Какие изменения происходят на клеточном уровне в ответ на тренировки на сопротивление?

Глоссарий

ангиогенез - образование сети кровеносных капилляров

атрофия - потеря структурных белков из мышечных волокон

гипертрофия - добавление структурных белков к мышечным волокнам

саркопения - возрастная атрофия мышц

Ответы на вопросы

1. Тренировка на выносливость изменяет медленные волокна, делая их более эффективными за счет производства большего количества митохондрий для обеспечения более аэробного метаболизма и большего производства АТФ. Упражнения на выносливость также могут увеличить количество миоглобина в клетке и образование более обширных капиллярных сетей вокруг волокна.

2. Упражнения с сопротивлением влияют на мышцы, вызывая образование большего количества актина и миозина, увеличивая структуру мышечных волокон.

РАЗВИТИЕ И РЕГЕНЕРАЦИЯ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ

К концу этого раздела вы сможете:

1. Описывать функцию клеток-сателлитов
2. Дать определение фиброза
3. Объяснить, какая мышца обладает наибольшей способностью к регенерации.

Большая часть мышечной ткани организма возникает из эмбриональной мезодермы. Параксиальные мезодермальные

клетки, прилегающие к нервной трубке, образуют блоки клеток, называемые сомитами. Скелетные мышцы, за исключением мышц головы и конечностей, развиваются из мезодермальных сомитов, тогда как скелетные мышцы головы и конечностей развиваются из общей мезодермы (рис. 10). Сомиты дают начало миобластам. Миобласт - это стволовая клетка, образующая мышцы, которая мигрирует в различные регионы тела, а затем сливается, образуя синцитий, или миотрубку. Поскольку миотрубка формируется из множества различных клеток миобластов, она содержит много ядер, но имеет непрерывную цитоплазму. Именно поэтому клетки скелетных мышц являются многоядерными, так как ядро каждого миобласта, участвующего в образовании миотрубки, остается неповрежденным в зрелой клетке скелетной мышцы. Однако клетки сердечной и гладкой мускулатуры не являются многоядерными, поскольку миобласты, образующие их клетки, не сливаются.

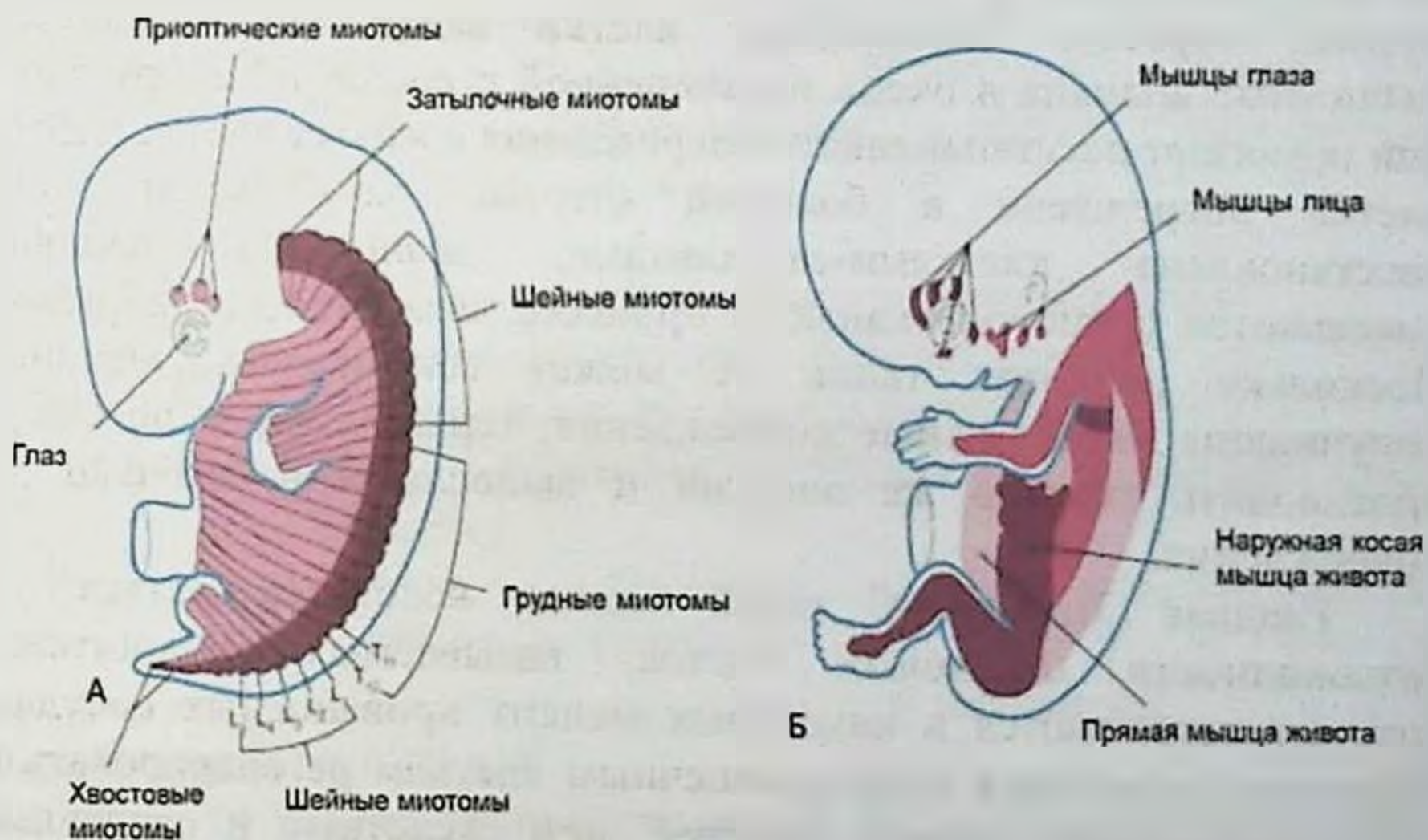


Рис. 10. Развивающаяся мышечная система. А, Рисунок 6-недельного эмбриона показывает области миотомов в сомитах, которые дают начало скелетным мышцам. **В** - рисунок 8-недельного эмбриона, показывает развивающуюся мускулатуру туловища и конечностей.

На ранних стадиях развития в сердечной и односоставной гладкой мышце развиваются гяп-переходы. В скелетных мышцах рецепторы АСн изначально присутствуют на большей части

поверхности миобластов, но иннервация спинномозговых нервов вызывает высвобождение факторов роста, которые стимулируют формирование двигательных концевых пластинок и NMJ. Когда нейроны становятся активными, электрические сигналы, посылаемые через мышцу, влияют на распределение медленных и быстрых волокон в мышце.

Хотя количество мышечных клеток устанавливается в процессе развития, клетки-сателлиты помогают восстанавливать клетки скелетных мышц. Клетки-сателлиты похожи на миобласты, поскольку являются разновидностью стволовых клеток; однако клетки-сателлиты встраиваются в мышечные клетки и способствуют синтезу белка, необходимого для восстановления и роста. Эти клетки расположены вне сарколеммы и стимулируются к росту и слиянию с мышечными клетками факторами роста, которые выделяются мышечными волокнами при определенных формах стресса. Сателлитные клетки могут регенерировать мышечные волокна в очень ограниченной степени, но в основном они помогают восстанавливать повреждения в живых клетках. Если клетка повреждена в большей степени, чем может быть восстановлена клетками-сателлитами, мышечные волокна замещаются рубцовой тканью в процессе, называемом фиброзом. Поскольку рубцовая ткань не может сокращаться, мышцы, получившие значительные повреждения, теряют силу и не могут производить столько же энергии и выносливости, сколько до повреждения.

Гладкая мышечная ткань может восстанавливаться из разновидности стволовых клеток, называемых перицитами, которые встречаются в некоторых мелких кровеносных сосудах. Перициты позволяют гладкомышечным клеткам регенерировать и восстанавливаться гораздо быстрее, чем скелетные и сердечные мышечные ткани. Подобно скелетной мышечной ткани, сердечная мышца не восстанавливается в значительной степени. Мертвая сердечная мышечная ткань заменяется рубцовой тканью, которая не может сокращаться. По мере накопления рубцовой ткани сердце теряет способность качать воздух из-за потери сократительной силы. Однако небольшая регенерация может происходить благодаря стволовым клеткам, находящимся в крови, которые иногда попадают в сердечную ткань.

Обзор главы

Мышечная ткань возникает из эмбриональной мезодермы. Сомиты дают начало миобластам и сливаются, образуя миотрубку. Ядро каждого миобласта остается неповрежденным в зрелой клетке скелетной мышцы, в результате чего образуется зрелая многоядерная клетка. Сателлитные клетки помогают восстанавливать клетки скелетных мышц. Гладкая мышечная ткань может восстанавливаться из стволовых клеток, называемых перицитами, в то время как мертвая сердечная мышечная ткань замещается рубцовой тканью. В результате старения мышечная масса уменьшается и заменяется неконтрактильной (несокращающейся) соединительной и жировой тканью.

Вопросы для самоконтроля

1. Почему мышцы, получившие значительные повреждения, не могут производить столько же энергии, сколько они могли производить до повреждения?

2. Какой тип (типы) мышц (скелетные, гладкие или сердечные) может регенерировать новые мышечные клетки/волокна? Объясните свой ответ.

Глоссарий

фиброз - замена мышечных волокон рубцовой тканью

миобласт - мышцобразующая стволовая клетка

миотрубка - слияние многих клеток миобласта

перицит - стволовая клетка, регенерирующая гладкомышечные клетки

клетка-сателлит - стволовая клетка, способствующая восстановлению мышечных клеток

сомиты - блоки клеток параксиальной мезодермы

Ответы на вопросы

1. Если повреждения превышают то, что могут восстановить клетки-сателлиты, поврежденная ткань заменяется рубцовой тканью, которая не может сокращаться.

2. Гладкомышечная ткань может регенерировать из стволовых клеток, называемых перицитами, которые содержатся в некоторых мелких кровеносных сосудах. Они позволяют гладкомышечным клеткам регенерировать и восстанавливаться гораздо быстрее, чем скелетные и сердечные мышечные ткани.

ПОНЯТИЕ О МЫШЦАХ - АГОНИСТАХ, МЫШЦАХ - АНТАГОНИСТАХ И МЫШЦАХ - СИНЕРГИСТАХ

Взаимодействие скелетных мышц в организме

Подвижный конец мышцы, который прикрепляется к кости, которую тянут, называется вставкой мышцы, а конец мышцы, прикрепленный к неподвижной (стабилизированной) кости, называется началом.

Хотя в действии могут участвовать несколько мышц, главная мышца, выполняющая основное движение, называется агонистом. Сгибание предплечья осуществляет двуглавая мышца плеча (*m. biceps brachii*), а разгибание предплечья — трехглавая мышца плеча (*m. triceps brachii*). Если мы рассматриваем сгибание предплечья как основное движение, то мышцей-агонистом будет двуглавая мышца плеча (она осуществляет данное движение), а мышцей-антагонистом — трехглавая мышца плеча (рис. 10). Она отвечает за разгибание. Следует, однако, заметить, что мышца-агонистов может быть много. Мышцы-агонисты в данном случае — это все мышцы, которые отвечают за сгибание предплечья. Это мышцы: двуглавая мышца плеча, плечевая, плечелучевая. Эти мышцы одновременно являются мышцами-синергистами (отвечают за одну и ту же функцию) и агонистами (отвечают за основное движение).

Рассмотрим разгибание голени. Мышцей-агонистом будет четырехглавая мышца бедра (она осуществляет данное движение). А мышцами-антагонистами будут мышцы сгибатели бедра: двуглавая мышца бедра, полусухожильная, полуперепончатая, портняжная, тонкая, подколенная, икроножная и подошвенная. (рис.). Таким образом, мышца, действие которой противоположно действию основного движения, называется антагонистом. Антагонисты играют две важные роли в работе мышц: (1) они поддерживают положение тела или конечности, например, держа руку вытянутой или стоя прямо; и (2) они контролируют быстрое движение, как в боксе с тенью без нанесения удара или возможности проверить движение конечности.

Существуют также мышцы, которые не участвуют в движении скелета, например, мимические мышцы. Начало лицевых мышц находится в коже, поэтому определенные отдельные мышцы сокращаются, чтобы сформировать какую-либо эмоциональную

реакцию: улыбнуться или нахмуриться, произнести звук или слово, поднять брови.



Рис. 10. Агонисты и синергисты: *Двуглавая мышца плеча сгибает руку в плечевом суставе. Плечелучевая мышца, расположенная на предплечье, и плечевая, расположенная под двуглавой мышцей плеча в верхней его части, являются синергистами, которые помогают в этом движении.*

Скелстные мышцы есть также у языка, наружного мочевого и анального сфинктеров, которые обеспечивают волевую регуляцию мочеиспускания и дефекации соответственно.

Особенности функциональной анатомии мышц-антагонистов

Зачем же нужны мышцы – антагонисты? Все довольно просто и ответ лежит в функции скелтных мышц: они приводят в движение (за редким исключением) отдельные кости нашего скелета. Движение осуществляется по принципу рычагов, то есть мышцы при своем сокращении способны только тянуть кость, но не могут ее толкать. Как следствие для того, чтобы костная основа выполняла действия противоположных направлений (сгибание и разгибание, например), нужно наличие двух мышц, расположенных на разных сторонах по отношению к суставу, который они

приводят в движение. В этом случае одна из мышц будет отвечать за сгибание в суставе, а другая – за разгибание. В 1925 году немецкий ученый R. Wagner на экспериментальных данных показал, что при выполнении движения мышцы – антагонисты не всегда работают по очереди. В зависимости от условий внешнего силового поля меняется соотношение фаз активности мышц-антагонистов. Полное совпадение активности мышц с перемещением наблюдается только при движениях против сил трения. При работе против сил инерции мышца-агонист активна только на протяжении первой фазы движения. Затем оно продолжается по инерции при возрастающей активности мышцы-антагониста, которая тормозит движение. Кроме того, активность мышц-антагонистов зависит от темпа движения. Если движение выполняется в медленном темпе, активность мышц-антагонистов соответствует фазам движения, за которые они отвечают: при сгибании активность проявляют сгибатели, при разгибании – разгибатели. Если значительно увеличить темп движения, то антагонисты будут выступать в роли своеобразного тормоза: например, в конце фазы сгибания может активизироваться мышца-разгибатель.

Есть случаи, когда одни и те же мышцы могут выступать как антагонистами, так и синергистами по отношению друг к другу. При сгибании предплечья мышца круглый пронатор является синергистом двуглавой мышцы плеча, а при ротации предплечья эти мышцы становятся антагонистами: круглый пронатор выполняет пронацию предплечья, а двуглавая мышца – супинацию.

Обзор главы

Скелетные мышцы человека обладают рядом функций, среди которых локомоторная – основная. В своей работе скелетные мышцы группируются в своеобразные кластеры по участию в акте движения. Таким образом выделяют три группы мышц: агонисты, антагонисты и синергисты. Ни одно физическое действие не совершается изолированно одной мышцей. В работе всегда принимают участие несколько мышц. Если в движении участвует несколько мышц и они совершают действие вместе (например, сгибание), то их называют мышцы-синергисты. Мышцы, участвующие в противоположном действии, называются антагонистами.

Вопросы для самоконтроля

1. Почему мышцы, выполняющие разнонаправленную работу, располагаются на разных сторонах кости или сустава, который они приводят в движение?

2. При каком условии мышцы-антагонисты могут работать совместно?

Глоссарий

Агонисты – скелетные мышцы, которые выполняют основную работу в определенном движении.

Антагонисты – это мышцы, выполняющие противодействие агонистам.

Синергисты – эти мышцы выступают помощниками агонистов при движении, забирая часть нагрузки на себя, либо являются стабилизаторами (фиксаторами) положения.

Пронатор – мышца, выполняющая вращение во внутрь (к телу)

Супинатор – мышца, выполняющая вращение к наружи (от тела)

Ответы на вопросы

1. Такое положение мышц необходимо для возможности совершать противоположные движение в суставе, так как мышцы при своем сокращении не могут толкать кость, а только тянуть.

2. Совместная работа мышц антагонистов возможна при работе против сил трения, либо при быстром темпе движений.

ОРГАНИЗАЦИЯ МЫШЕЧНЫХ ПУЧКОВ И ИХ РОЛЬ В СИЛЕ МЫШЦ

Особенности организации мышечных пучков

Скелетная мышца заключена в соединительнотканную оболочку на трех уровнях. Каждое мышечное волокно (клетка) покрыто эндомизием, а вся мышца покрыта эпимизием. Когда группа мышечных волокон "связывается" в единое целое в пределах всей мышцы, она называется пучком. Пучки покрыты слоем соединительной ткани, называемой перимизием (см. рис. 11). Расположение пучков коррелирует с силой, создаваемой мышцей, и влияет на диапазон движения мышцы. Скелетные мышцы можно классифицировать по расположению пучков несколькими способами. Ниже приведены наиболее распространенные варианты расположения пучков.

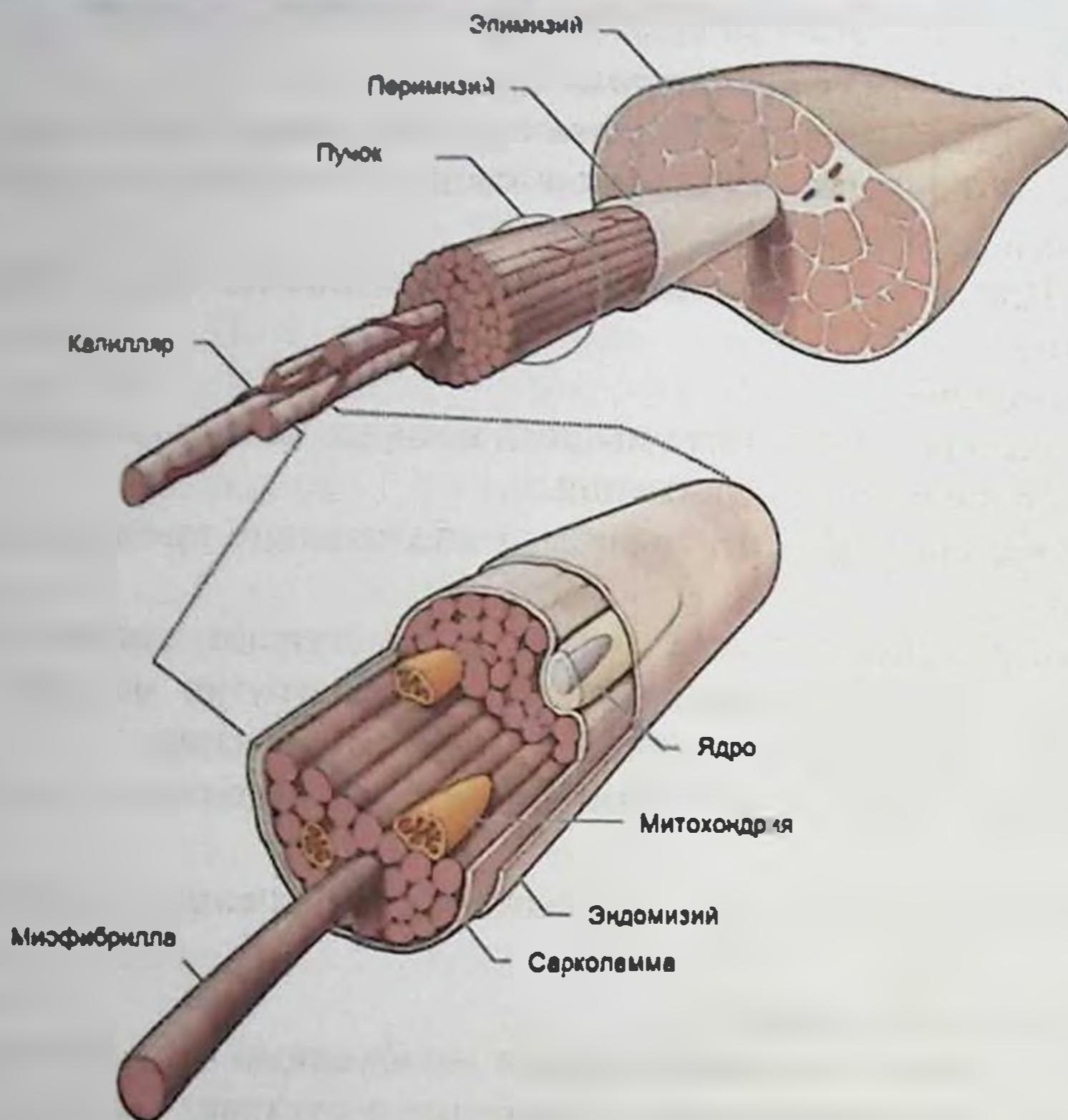


Рис. 11. Соединительнотканые оболочки мышечных пучков

Параллельные мышцы имеют пучки, расположенные в том же направлении, что и длинная ось мышцы (рис. 12). Большинство скелетных мышц в организме имеют такой тип организации. Некоторые параллельные мышцы представляют собой плоские листы, которые расширяются на концах для создания широких прикреплений, как, например, сарториус (см. рис.). Другие параллельные мышцы имеют большую центральную область, называемую мышечным брюшком, сужающуюся к сухожилиям на каждом конце. Такое расположение называется фузиформным, как у двуглавой мышцы плеча (см. рис.).

Круговые мышцы также называются сфинктерами (см. рис. 12). Когда они расслабляются, концентрически расположенные пучки мышечных волокон сфинктера увеличивают размер отверстия, а когда они сокращаются, размер отверстия уменьшается до точки закрытия.

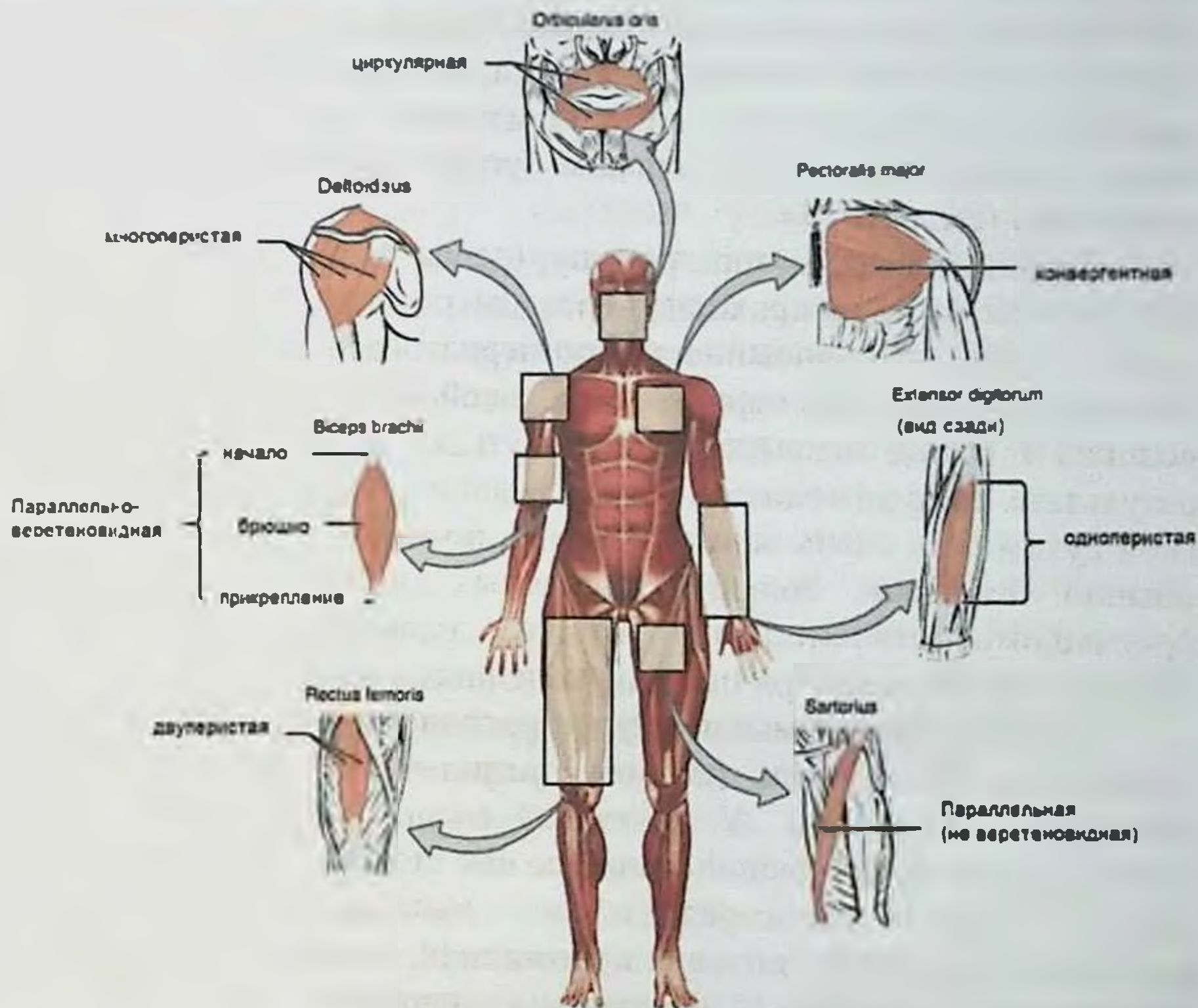


Рис. 12. Варианты мышц по расположению волокон: Скелетные мышцы тела обычно имеют семь различных форм.

Круговая мышца *Orbicularis oris* - это круговая мышца, которая проходит вокруг рта. Когда она сокращается, ротовое отверстие становится меньше, как, например, при сжимании губ для свиста. Другой пример - круговая мышца глаза, одна из которых окружает каждый глаз. Рассмотрим, например, названия двух круговых мышц (*orbicularis oris* и *orbicularis oculi*), где часть первого названия обеих мышц одинакова. Первая часть слова *orbicularis*, *orb* (*orb* = "круглый"), относится к круглой или кольцевой структуре; она также может заставить задуматься об орбите, например, о пути Луны вокруг Земли. Слово *oris* ("ротовой") относится к ротовой полости, или рту. Слово *oculi* ("глаз") относится к глазу.

Когда мышца имеет широкое распространение на значительной площади, а пучки сходятся к одной общей точке прикрепления, мышца называется конвергентной. Местом

прикрепления сходящейся мышцы может быть сухожилие, апоневроз (плоское, широкое сухожилие) или рапе (очень тонкое сухожилие). Большая мышца на груди, *pectoralis major*, является примером сходящейся мышцы, поскольку она сходится на межбугорковой борозде и большом бугорке плечевой кости через сухожилие (см. рис. 12).

Перистые мышцы, *mm. pennaty*, (*penna* - "перья") сливаются с сухожилием, которое проходит через центральную часть мышцы по всей ее длине, что напоминает перо пернатого, а мышечные пучки расположены подобно перьям. Из-за такой конструкции мышечные волокна в косых мышцах могут тянуться только под углом, и в результате сокращающиеся косые мышцы не могут продвинуть свои сухожилия очень далеко. Однако, поскольку коленная мышца обычно вмещает больше мышечных волокон, она может производить относительно большее напряжение для своего размера. Существует три подтипа коленных мышц.

В одноперистой мышце пучки расположены с одной стороны сухожилия. Разгибатель пальцев предплечья является примером одноперистой мышцы. У двуглавой мышцы, такой как прямая мышца бедра, пучки расположены по обе стороны сухожилия, как у одного пера. Многораздельные мышцы имеют пучки, расположенные на нескольких сухожилиях, сужающихся к общему сухожилию, подобно нескольким перьям, сходящимся к центральной точке. Обычный пример - дельтовидная мышца плеча, которая покрывает плечо, но имеет единственное сухожилие, которое вставляется в дельтовидный бугорок плечевой кости.

Рычажная система взаимодействия мышц и костей

Скелетные мышцы не работают сами по себе. Мышцы расположены парами в зависимости от их функций. Для мышц, прикрепленных к костям скелета, соединение определяет силу, скорость и амплитуду движения. Эти характеристики зависят друг от друга и могут объяснить общую организацию мышечной и скелетной систем.

Скелет и мышцы действуют вместе для перемещения тела. Вы когда-нибудь использовали заднюю часть молотка, чтобы вытащить гвоздь из дерева? Рукоятка действует как рычаг, а головка молотка - как точка опоры, неподвижная точка, к которой прикладывается сила, когда вы оттягиваете или нажимаете на

рукоятку. Усилие, прилагаемое к этой системе, - это оттягивание или надавливание на рукоятку для извлечения гвоздя, что является нагрузкой, или "сопротивлением" движению рукоятки в системе. Наша опорно-двигательная система работает аналогичным образом: кости являются жесткими рычагами, а суставные окончания костей, заключенные в синовиальные суставы, выполняют роль точек опоры. Грузом является поднимаемый предмет или любое сопротивление движению (ваша голова является грузом, когда вы ее поднимаете), а усилие, или приложенная сила, возникает при сокращении скелетных мышц.

Обзор главы

Скелетные мышцы имеют начало и окончание. Концы мышцы, который прикрепляется к кости, которую тянут, называется хвостом, а конец мышцы, прикрепленный к неподвижной, или стабилизированной, кости, называется головкой. Между ними располагается брюшко, представленное мышечной тканью. Мышца, которая в первую очередь отвечает за движение, называется первичным двигателем, а мышцы, которые помогают в этом действии, называются синергистами. Синергист, который делает место вставки более стабильным, называется фиксатором. Мышца, действие которой противоположно действию первичного двигателя, называется антагонистом. Сила, создаваемая скелетной мышцей, зависит от нескольких факторов. Один из них - расположение пучков в скелетной мышце. Пучки могут быть параллельными, круговыми, сходящимися, косыми, веретенообразными или треугольными. Каждое расположение имеет свой диапазон движения и способность выполнять работу.

Вопросы для самоконтроля

1. Какое влияние оказывает расположение пучков на действие мышцы?
2. Как мышечные пучки приводят в движение суставы. Опишите, как расположены мышцы вокруг суставов тела.
3. Объясните, как синергист помогает агонисту, являясь фиксатором.

Глоссарий

абдукция - отклонение от средней линии в сагиттальной плоскости

брюшко - объемное центральное тело мышцы

двуглавая - мышца, имеющая пучки, расположенные по обе стороны от сухожилия

круговая - (также сфинктер) пучки, концентрически расположенные вокруг отверстия

пучок - мышечные волокна, объединенные перимизием в единое целое

фиксатор - синергист, который помогает агонисту, предотвращая или уменьшая движение в другом суставе, тем самым стабилизируя начало агониста

сгибание - движение, уменьшающее угол в суставе

веретеновидная - мышца, пучки которой имеют веретенообразную форму и создают большие бугорки

хвост - конец скелетной мышцы (сухожилие), который прикреплен к структуре (обычно кости), перемещаемой при сокращении мышцы

многоглавая - многоглавая мышца, внутри которой разветвляется сухожилие

начало - элемент скелетной мышцы (сухожилие), который прикрепляется к другой структуре (обычно кости) в фиксированном положении

параллельные - пучки, которые тянутся в том же направлении, что и длинная ось мышцы

одноперистая - коленная мышца, у которой пучки расположены с одной стороны сухожилия

Ответы на вопросы

1. Расположение пучков определяет, какое движение может совершать мышца. Например, круговые мышцы действуют как сфинктеры, закрывая отверстия.

2. Мышцы работают в паре, чтобы облегчить движение костей вокруг суставов. Агонисты являются первичными движущими силами, в то время как антагонисты противостоят или сопротивляются движениям агонистов. Синергисты помогают агонистам, а фиксаторы стабилизируют мышечное начало.

3. Агонисты являются первичными движущими силами, в то время как антагонисты противостоят или сопротивляются движениям агонистов. Синергисты помогают агонистам, а фиксаторы стабилизируют начало мышцы.

ОБЪЯСНЕНИЕ КРИТЕРИЕВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ НАЗВАНИЯ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

Для понимания лексики анатомии и физиологии очень важно уделить время изучению латинских и греческих корней слов. Когда вы поймете названия мышц, это поможет вам запомнить, где они расположены и что делают (рис. 13).

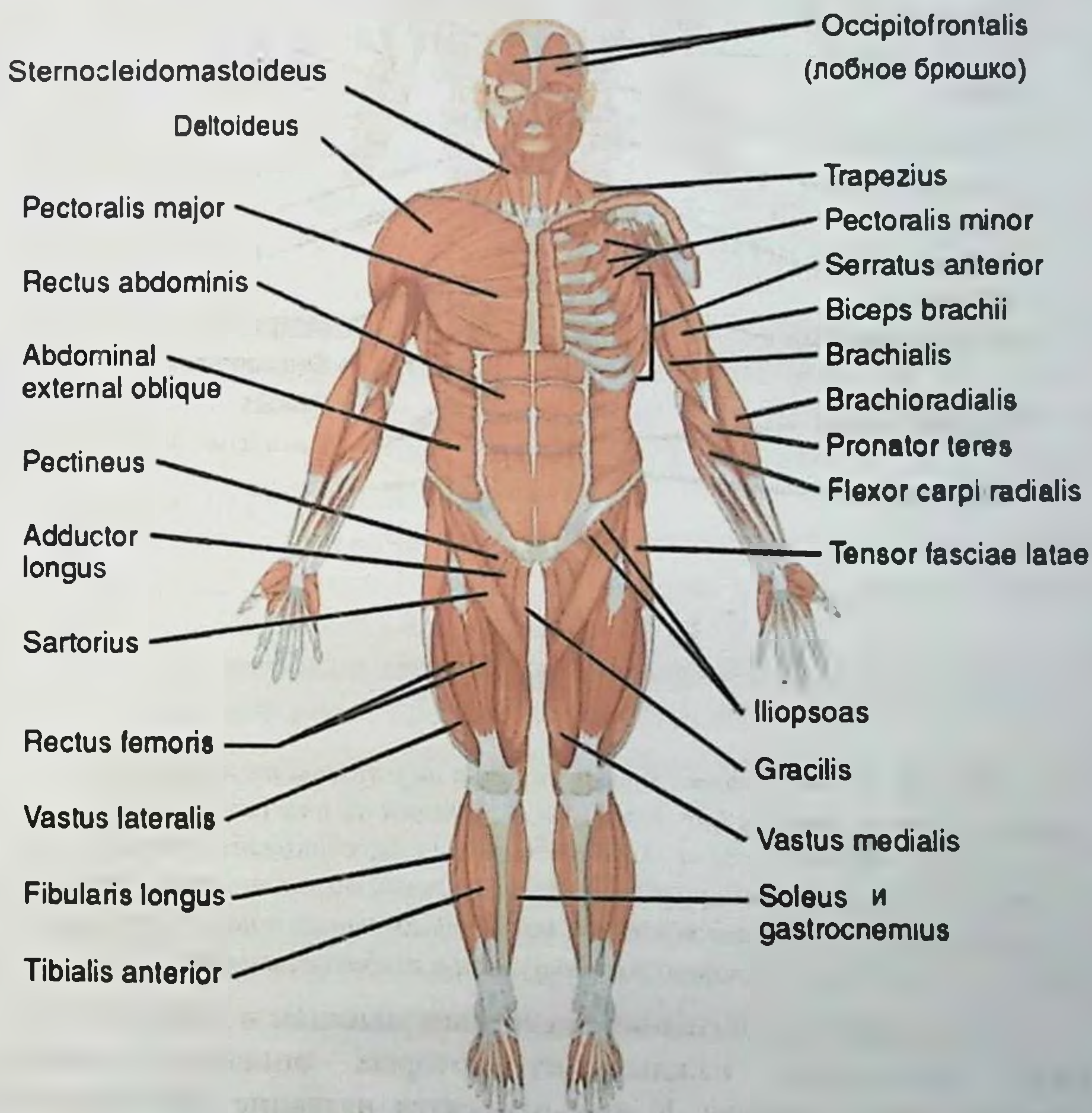


Рис. 13. Мышцы передней поверхности тела человека. Представлены крупные поверхностные (слева) и глубокие (справа) мышцы передней поверхности тела.



Рис. 14. Обзор крупных мышц задней поверхности тела человека: поверхностные мышцы (те, которые находятся на поверхности) показаны на правой стороне тела, и глубокие мышцы (те, которые находятся под поверхностными мышцами) показаны на левой половине тела. Для ног поверхностные мышцы показаны на переднем плане, а на заднем плане видны как поверхностные, так и глубокие мышцы.

Анатомы дают названия скелетным мышцам в соответствии с рядом критериев, каждый из которых описывает мышцу определенным образом. К ним относятся название мышцы по ее форме, размеру, направлению волокон, расположению, количеству истоков или действию.

Названия некоторых мышц отражают их форму. Например, дельтовидная мышца - это большая мышца треугольной формы,

которая покрывает плечо. Она названа так потому, что греческая буква дельта - это треугольник.

Анатомическое расположение скелетной мышцы или ее связь с определенной костью часто определяют ее название. Например, лобная мышца расположена на вершине лобной кости черепа. Другим примером являются мышцы руки, название которых включает термин *brachii* (рука).

Для ягодичных мышц размер влияет на названия: *gluteus maximus* (самая большая), *gluteus medius* (средняя) и *gluteus minimus* (самая маленькая). Другой пример - грудные мышцы, включая большую или малую.

Названия часто используются для обозначения длины - *brevis* (короткая), *longus* (длинная).

Некоторые названия мышц обозначают их положение относительно средней линии: *lateralis* (кнаружи от средней линии) и *medialis* (к средней линии).

Часто используется для описания мышц направление мышечных волокон и пучков. Например, для всех мышц живота указывается направление волокон: прямая (вертикально расположенные волокна), косые (под углом) и поперечные (горизонтальные) мышцы живота.

Некоторые названия указывают на количество мышц в группе. Например, квадрицепс - группа из четырех мышц, расположенных на передней (передней) поверхности бедра.

Другие названия мышц могут содержать информацию о том, сколько истоков имеет конкретная мышца, например, *biceps brachii*. Приставка *bi* указывает на то, что мышца имеет два начала, а *tri* - три начала.

Место прикрепления мышцы также может быть указано в ее названии. Когда название мышцы основано на ее прикреплении, место ее прикрепления всегда указывается первым. Например, грудинно-ключично-сосцевидная мышца шеи имеет двойное происхождение - от грудины (*sterno*) и ключицы (*cleido*), а прикрепляется к сосцевидному отростку височной кости (*mastoideus*).

Последним признаком, по которому можно назвать мышцу, является ее действие. Когда мышцы названы по движению, которое они производят, в их названии можно найти слова, обозначающие действие. Например, сгибатели - *flexores* (уменьшение угла в

сустава), разгибатели - *extensores* (увеличение угла в суставе).
 абдукторы - *abductores* (перемещение кости от средней линии) или
 аддукторы - *adductores* (перемещение кости к средней линии).
 вращатели - *rotatores*.

Обзор главы

Названия мышц основаны на многих характеристиках. Расположение мышцы в теле имеет большое значение. Некоторые мышцы называются в зависимости от их размера и расположения, например, ягодичные мышцы. Другие названия мышц могут указывать на местоположение в теле или кости, с которыми связана мышца, например, передняя большеберцовая мышца. Некоторые мышцы имеют характерную форму; например, направление мышечных волокон используется для описания мышц средней линии тела. Начало и/или вставка также могут быть признаками, используемыми для названия мышцы; примерами могут служить двуглавая мышца плеча, трехглавая мышца плеча и большая грудная мышца.

Вопросы для самоконтроля

1. Опишите различные критерии, которые способствуют присвоению названий скелетным мышцам.

Глоссарий

абдуктор - перемещает кость в сторону от средней линии

аддуктор - перемещает кость к средней линии

би - два

brevis - короткий

разгибатель - мышца, увеличивающая угол в суставе

сгибатель - мышца, уменьшающая угол в суставе

латерально - наружу

longus - длинный

maximus - самый большой

medialis - расположенный ближе к внутренней стороне

medius - средний

minimus - наименьший

oblique - расположенный косо

rectus - прямой

Ответы

1. В анатомии и физиологии многие слова имеют латинские или греческие корни. Части, или корни, слова дают нам подсказки о функции, форме, действии или расположении мышцы.

ВОПРОСЫ ЧАСТНОЙ АНАТОМИИ МЫШЦ

Скелетные мышцы делятся на осевые (мышцы туловища и головы) и аппендикулярные (мышцы рук и ног). Эта система отражает кости скелетной системы, которые также расположены подобным образом. Некоторые из осевых мышц могут показаться неопределенными, поскольку они переходят в аппендикулярный скелет. Первая группа осевых мышц, которую вы рассмотрите, включает мышцы головы и шеи, затем вы рассмотрите мышцы позвоночного столба и, наконец, косые и прямые мышцы.

МЫШЦЫ ГОЛОВЫ, ШЕИ И СПИНЫ

Мышцы лица

Мимические мышцы. Эти мышцы берут свое начало от поверхности черепа или фасции (соединительной ткани) лица. Отличительной особенностью этой группы мышц является то, что в местах прикрепления их волокна переплетаются с соединительной тканью и дермой кожи. Поскольку мышцы крепятся к коже, а не к кости, при их сокращении кожа смещается, создавая нашу мимику (рис. 15).

M. orbicularis oris, круговая мышца, двигающая губы, и *m. orbicularis oculi*, круговая мышца, закрывающая глаз. Мышца *occipitofrontalis* поднимает кожу головы и брови. У мышцы есть лобное брюшко и затылочное брюшко (около затылочной кости на задней части черепа). Другими словами, есть мышца на лбу (лобная) и на затылке (затылочная). Эти два брюшка соединены широким сухожилием, которое называется надчерепным апоневрозом, или гальским шлемом (*galea*, "яблоко"). Врачи, изначально изучавшие анатомию человека, считали, что череп похож на яблоко.

M. buccinator, щечная мышца, приводит в движение нашу щеку. Эта мышца позволяет свистеть, дуть и сосать, а также способствует жеванию. Существует несколько мелких лицевых мышц, одна из которых - *corrugator supercilii* мышца, сморщивающая бровь, приводящая в движение брови. Положите палец на брови в точке переносицы. Поднимите брови, как будто вы удивлены, и опустите брови, как будто вы хмуритесь. При этих движениях вы можете почувствовать действие надбровной дуги *corrugator supercilii*. Мышца, опускающая бровь, *m. depressor*

supercilii, идет от медиального края лобного брюшка затылочно-лобной мышцы и прикрепляется к коже спинки носа; часто отсутствует. Мышца гордецов, m. procerus, начинается от корня носа и апоневроза носовой мышцы, m. nasalis, прикрепляется к коже надпереносья, соединяясь с лобным брюшком затылочно-лобной мышцы.

Чтобы более подробно изучить все мимические мышцы, вам придется обратиться к учебнику анатомии.

Часто студенты совершают ошибку, считая мимическую мускулатуру единственными представителями мышц лица. Это совсем не так. Ведь есть еще мышцы глазного яблока, уха, языка, неба. Далее мы немного коснемся отдельных групп.

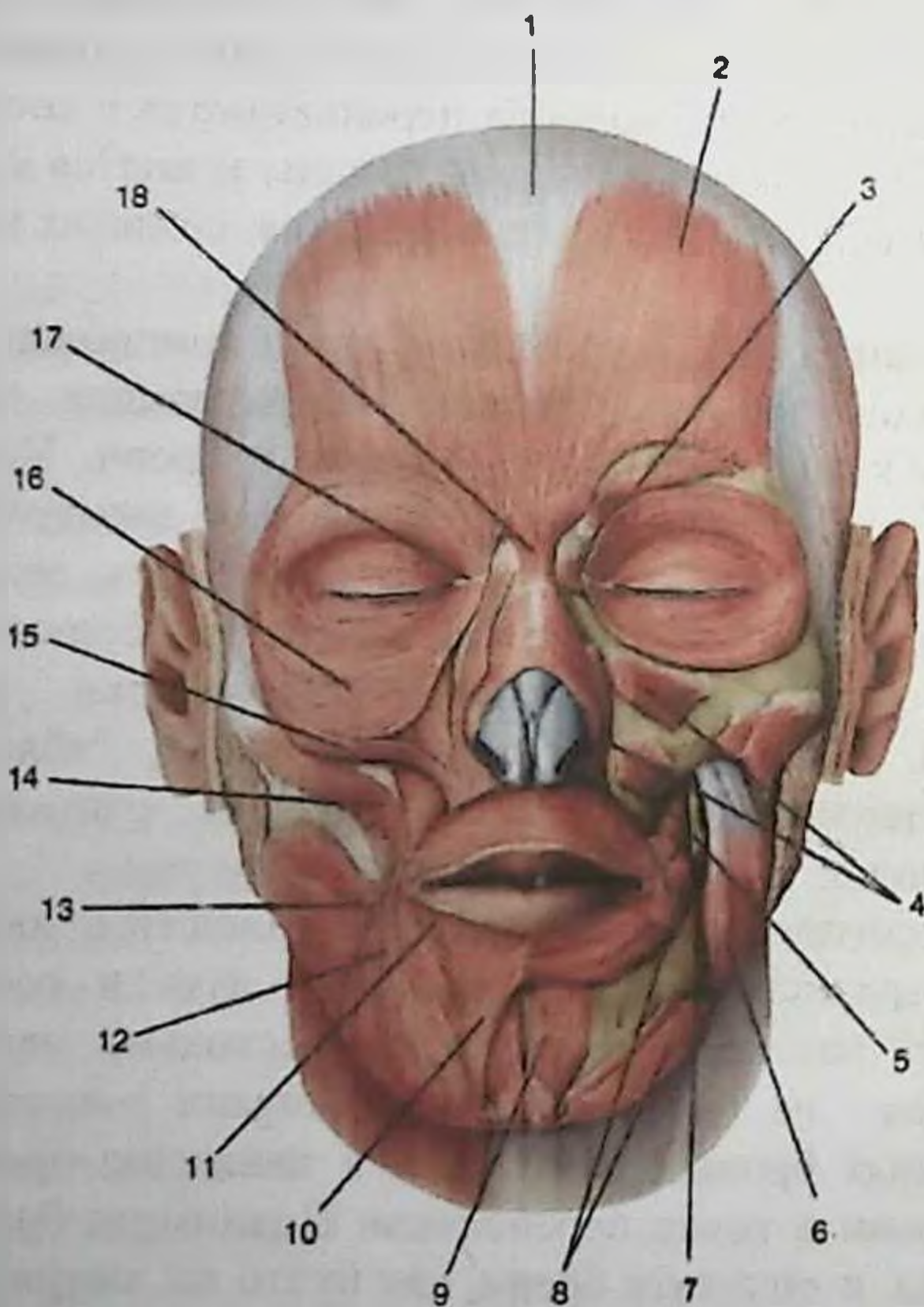


Рис.15. Мышцы лица, вид спереди (цит. по : Анатомия человека: учебник: в 2 т. / С. С. Михайлов, А. В. Чукбар, А. Г. Цыбульский; под ред. И. И. Катеникова. - 5-е изд., перераб. и доп. - 2011. - Т. 2. - 624 с., ил.)

1 - сухожильный шлем; 2 - лобное брюшко затылочно-лобной мышцы; 3 - мышца, сморщивающая бровь; 4 - мышца, поднимающая верхнюю губу; 5 - мышца, поднимающая угол рта; 6 - жевательная мышца; 7 - щечная мышца; 8, 12 - мышца, опускающая угол рта; 9 - подбородочная мышца; 10 - мышца, опускающая нижнюю губу; 11 - круговая мышца рта; 13 - мышца смеха; 14 - большая скуловая мышца; 15 - малая скуловая мышца; 16 - круговая мышца глаза; 17 - медиальная вековая связка; 18 - мышца гордецов

Мышцы, приводящие в движение глазное яблоко

Движение глазного яблока находится под контролем экстраокулярных (внеглазных, наружных) мышц глаза, которые берут начало от костей глазницы и выходят на внешнюю поверхность склеры, белой оболочки глаза. Эти мышцы расположены внутри глазницы и не видны на видимой части глазного яблока (рис. 16). Если вы когда-нибудь были у врача, который поднял палец и попросил вас проследить за ним вверх, вниз и в обе стороны, он проверяет, насколько слаженно действуют ваши глазные мышцы.

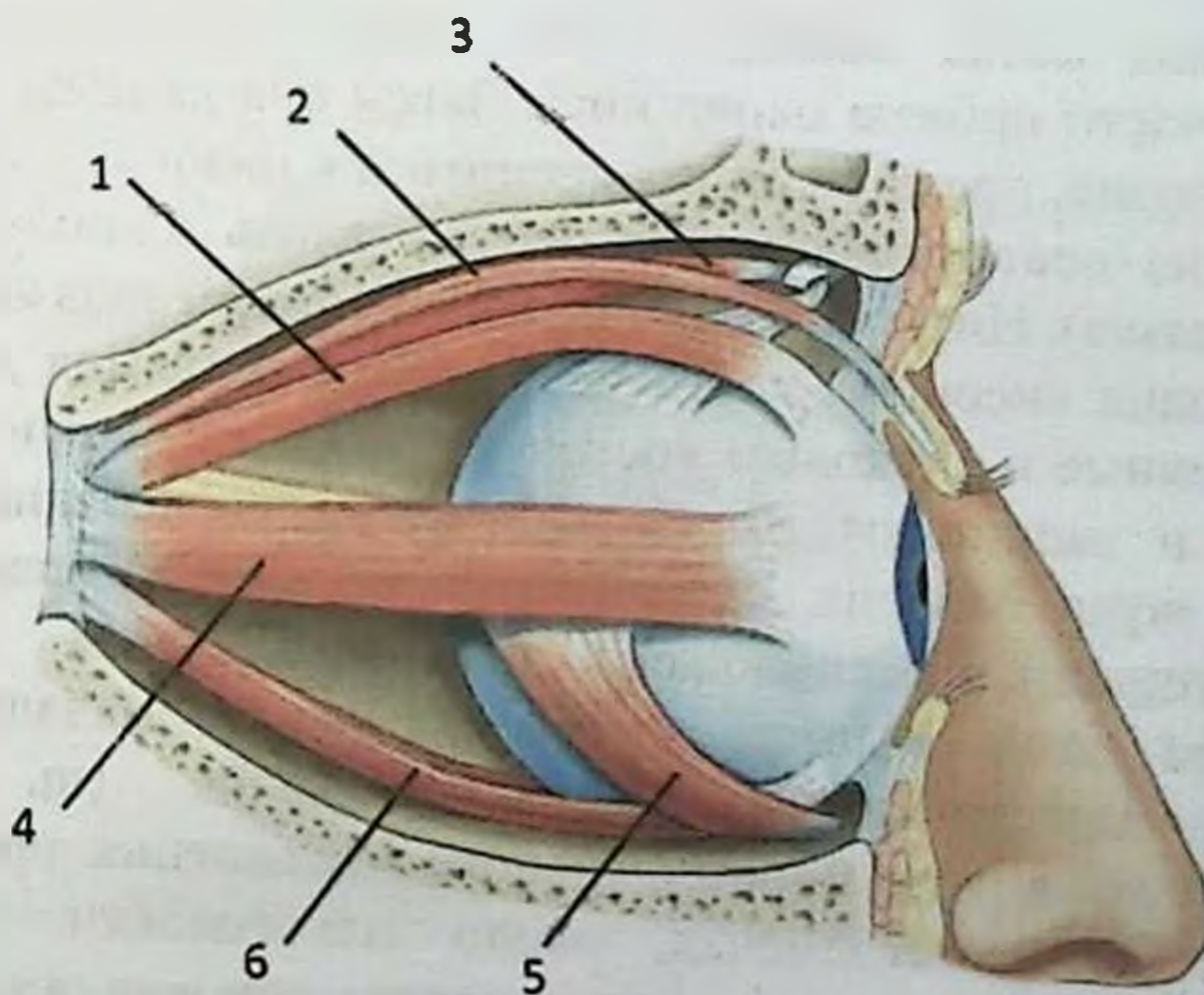


Рис. 16. Мышцы глазного яблока (глазодвигательные мышцы), вид сбоку: 1 - верхняя прямая мышца; 2 - мышца, поднимающая верхнее веко; 3 - верхняя косая мышца; 4 - латеральная прямая мышца; 5 - нижняя косая мышца; 6 - нижняя прямая мышца

Для движения глаза к нему прикреплены шесть мышц. Эти мышцы берут начало в глазнице (орбите) и работают для перемещения глаза вверх, вниз, из стороны в сторону и поворота глаза.

Прямая верхняя мышца - это мышца, которая прикрепляется к верхней части глаза. Она перемещает глаз вверх. Нижняя прямая мышца - это мышца, которая прикрепляется к нижней части глаза. Она перемещает глаз вниз. Медиальная прямая мышца - это мышца, которая прикрепляется к боковой части глаза возле носа. Она перемещает глаз внутрь по направлению к носу. Латеральная прямая мышца - это мышца, которая прикрепляется к боковой стороне глаза возле виска. Она перемещает глаз наружу.

Косая верхняя мышца - это мышца, которая выходит из задней части орбиты. Она проходит через небольшой блок (trochlea) в орбите около носа и затем прикрепляется к верхней части глаза. Верхняя косая мышца поворачивает глаз внутрь вокруг длинной оси глаза (спереди назад). Верхняя косая также перемещает глаз вниз.

Нижняя косая мышца - это мышца, которая возникает в передней части орбиты около носа. Затем она движется по орбите наружу и назад, прежде чем прикрепиться к нижней части глазного яблока. Она поворачивает глаз наружу вдоль длинной оси глаза (спереди назад). Нижняя косая также перемещает глаз кверху.

В толще височной кости черепа располагаются две мышцы, прикрепленные к слуховым косточкам. Они регулируют движение косточек и защищают их от чрезмерных колебаний во время сильного звука. Мышца, напрягающая барабанную перепонку (*m. tensor tympani*), расположена в одноименном полуканале. Сухожилие этой мышцы прикрепляется к начальной части рукоятки молоточка. Стременная мышца (*m. stapedius*), начинающаяся внутри пирамидального возвышения, прикрепляется к задней ножке стремечка, около его головки. Сокращения стременной мышцы регулируют давление основания стремечка на окно преддверья.

Жевательные мышцы

Мышцы, участвующие в жевании, должны быть способны оказывать достаточное давление, чтобы прокусить, а затем пережевать пищу перед проглатыванием. Жевательная мышца, *m. masseter*, является основной жевательной мышцей, поскольку она

поднимает нижнюю челюсть, чтобы закрыть рот, и ей помогает височная мышца, которая задвигает нижнюю челюсть. Вы можете почувствовать движение височной мышцы, приложив пальцы к виску во время жевания. Медиальная крыловидная и латеральная крыловидная мышцы помогают пережевывать и перемещать пищу в полости рта, двигая нижнюю челюсть латерально и медиально, чтобы измельчить пищу между молярами.

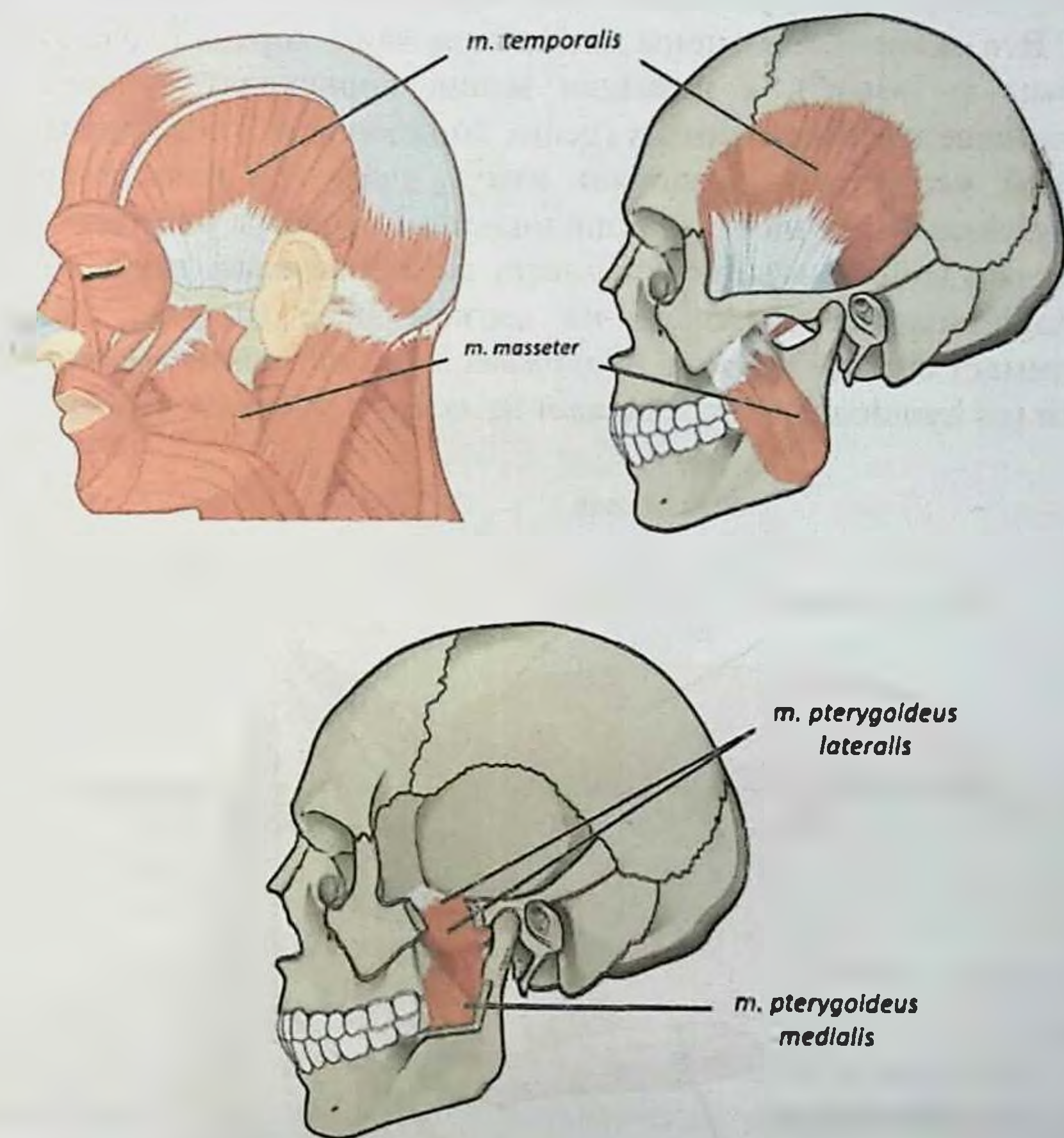


Рис. 17. Жевательная, височная и крыловидные мышцы

Мышцы, двигающие язык

Хотя язык, безусловно, важен для дегустации пищи, он также необходим для жевания, деглутинации (глотания) и речи (рис. 18). Благодаря своей подвижности язык облегчает произнесение сложных речевых моделей и звуков.

Мышцы языка могут быть внешними (скелетными) или внутренними (собственными). Скелетные мышцы языка соединяют язык с костями скелета, а внутренние мышцы языка располагаются внутри. Внешние мышцы двигают весь язык в разных направлениях, а внутренние мышцы позволяют языку менять свою форму (например, скручивать язык в петлю или сплющивать его).

Все скелетные мышцы языка включают корень слова *glossus* (*glossus* = "язык"), а названия мышц происходят от места их возникновения. *Genioglossus* (*genio*, "подбородок") берет начало на нижней челюсти и позволяет языку двигаться вниз и вперед. *Styloglossus* берет начало на шиловидном отростке височной кости (*processus styloideus*) и обеспечивает движение языка вверх и назад. *Palatoglossus* берет начало на мягком нёбе (*palatum*, нёбо) и поднимает спинку языка, а *hyoglossus* берет начало на подъязычной кости (*os hyoideum*) и перемещает язык вниз, уплотняя его.

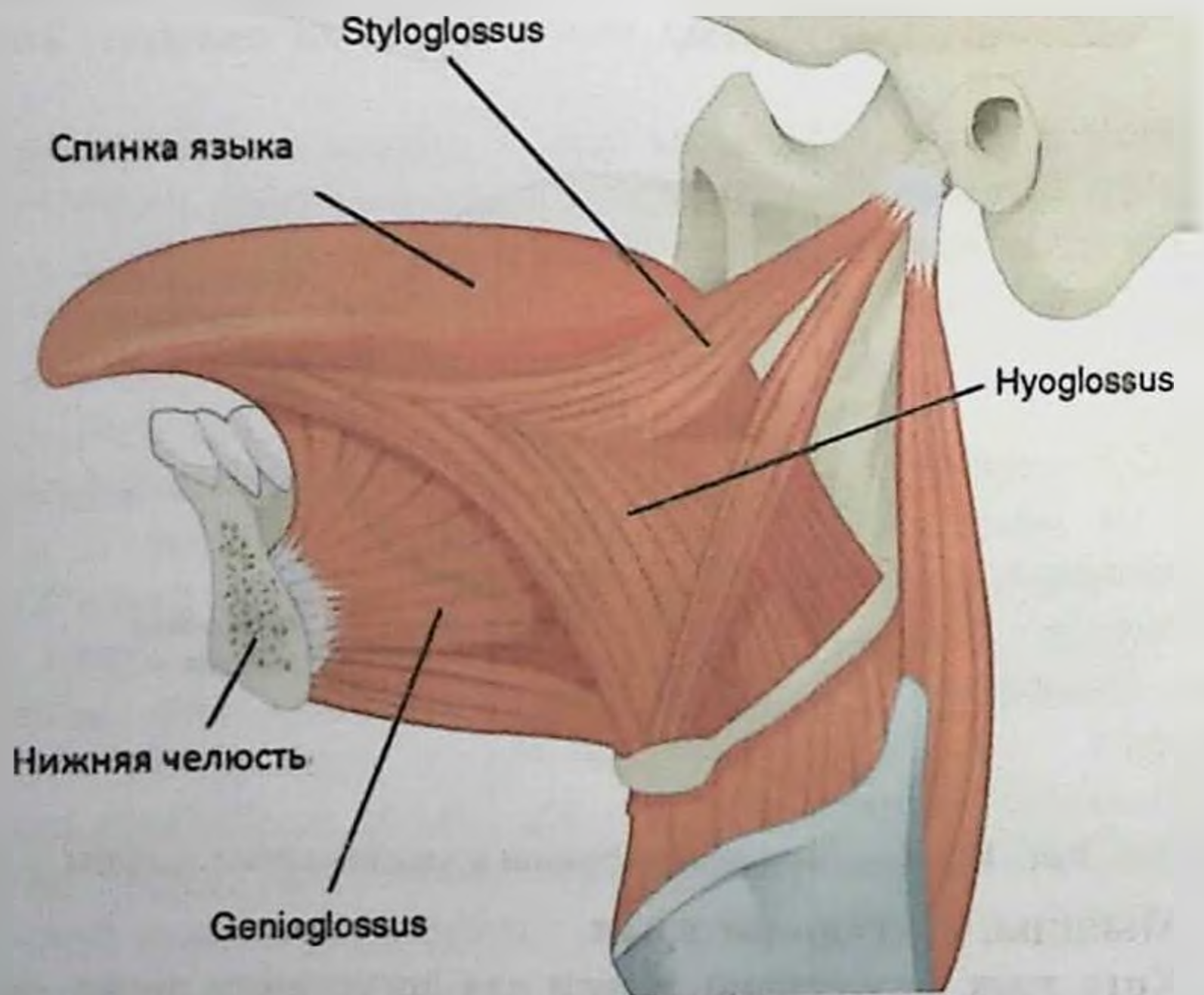


Рис. 18. Скелетные мышцы языка

Мышцы передней области шеи

Мышцы передней части шеи помогают при глотании и речи, контролируя положение гортани (голосового аппарата) и

подъязычной кости - кости подковообразной формы, которая служит основанием для мышц, обеспечивающих движения языка. Мышцы передней поверхности шеи классифицируются в зависимости от их положения относительно подъязычной кости (рис. 19). Надподъязычные мышцы находятся выше ее, а подподъязычные - ниже.

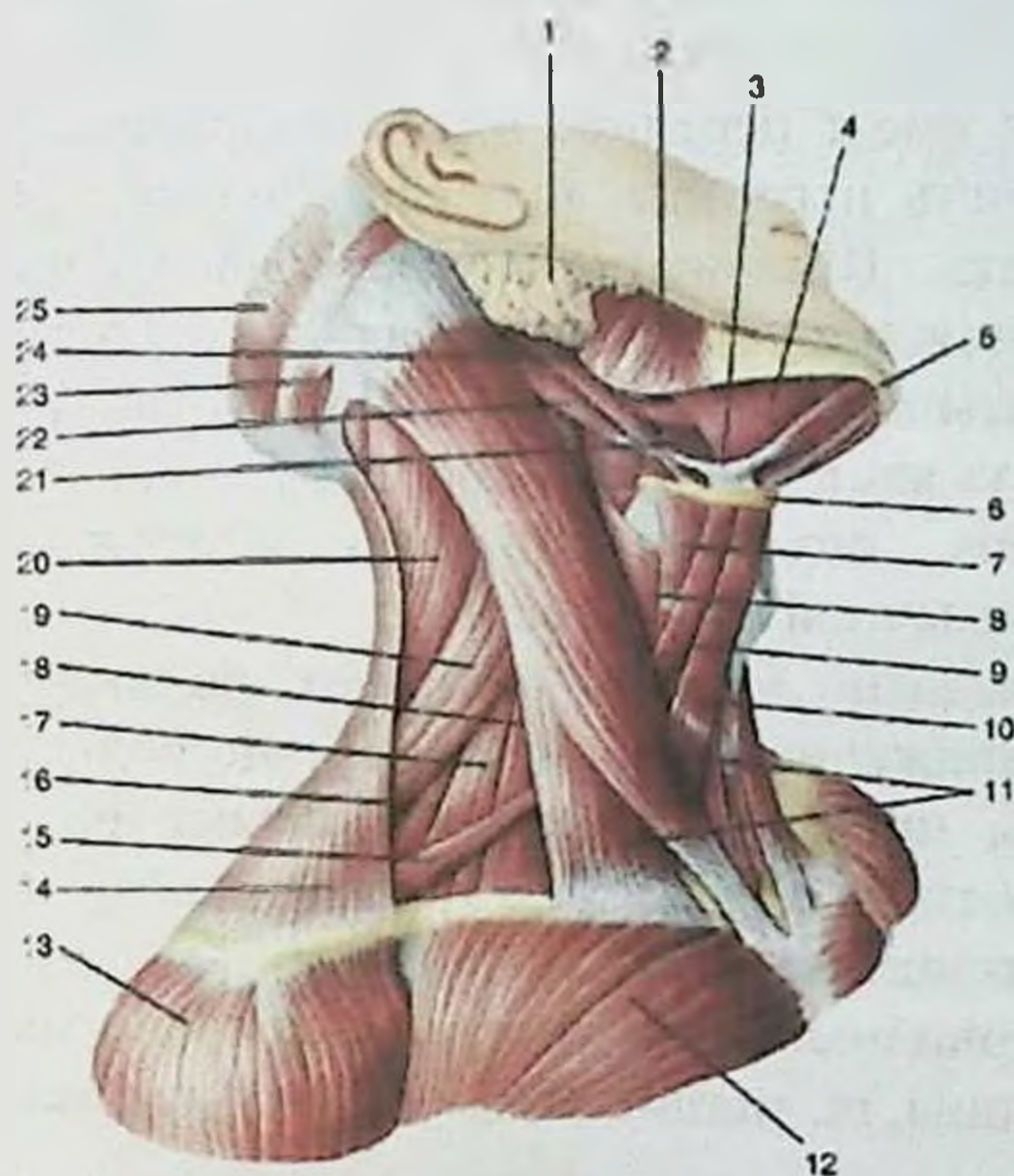


Рис. 19. Мышцы шеи, вид справа (цит. по : *Анатомия человека: учебник: в 2 т. / С. С. Михайлов, А. В. Чукбар, А. Г. Цыбулькин; под ред. Л. Л. Козесникова. - 5-е изд., перераб. и доп. - 2011. - Т. 2. - 624 с.: ил.*)
Обозначения:

1 - околоушная слюнная железа; 2 - жевательная мышца; 3 - сухожилие двубрюшной мышцы; 4 - челюстно-подъязычная мышца; 5 - переднее брюшко двубрюшной мышцы; 6 - подъязычная кость; 7 - щитоподъязычная мышца; 8 - нижний констриктор глотки; 9 - верхнее брюшко лопаточно-подъязычной мышцы; 10 - грудино-подъязычная мышца; 11 - головки грудино-ключично-сосцевидной мышцы; 12 - большая грудная мышца; 13 - дельтовидная мышца; 14 - трапециевидная мышца; 15 - нижнее брюшко лопаточно-подъязычной мышцы; 16 - задняя лестничная мышца; 17 - средняя лестничная мышца; 18 - передняя лестничная мышца; 19 - мышца, поднимающая лопатку; 20 - ременная мышца

головы; 21 - подъязычно-язычная мышца; 22 - заднее брюшко двубрюшной мышцы; 23 - поперечная мышца шеи; 24 - шилоподъязычная мышца; 25 - затылочное брюшко затылочно-лобной мышцы

Надподъязычные мышцы поднимают подъязычную кость, дно рта и гортань во время глотания. К ним относится двубрюшная мышца, которая имеет переднее и заднее брюшко, поднимающая подъязычную кость и гортань при глотании; она также опускает нижнюю челюсть. Шилоподъязычная мышца, *m. stylohyoideus*, перемещает подъязычную кость назад, приподнимая гортань, а челюстно-подъязычная мышца, *m. mylohyoideus*, поднимает ее и помогает прижать язык к небу. Подбородочно-подъязычная мышца, *m. geniohyoideus*, опускает нижнюю челюсть, поднимает и оттягивает подъязычную кость кпереди.

Подподъязычные мышцы опускают подъязычную кость и осуществляют движение гортани. Лопаточно-подъязычная мышца, *m. omohyoideus*, имеющая верхнее и нижнее брюшко, опускает подъязычную кость в совместно с грудино-ключично-сосцевидной мышцей. Щитоподъязычная мышца, *m. thyrohyoideus*, также поднимает щитовидный хрящ гортани, в то время как грудино-щитовидная мышца, *m. sternothyroideus*, его опускает.

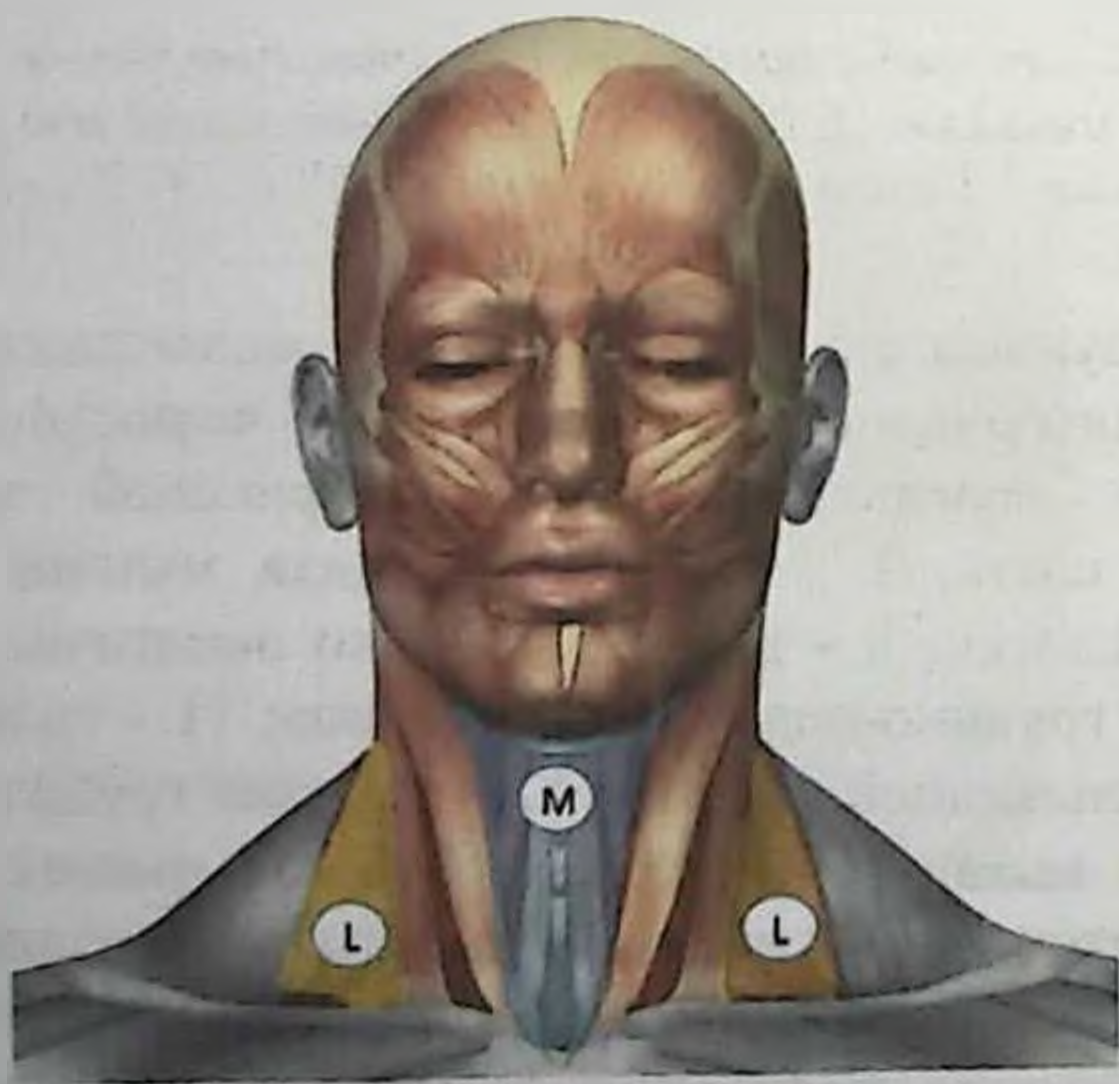


Рис. 20. Внутренний (медиальный, М) и наружный (латеральный, L) треугольники шеи

Мышцы, приводящие в движение голову

Голова уравнивается, перемещается и поворачивается с помощью мышц шеи. Когда эти мышцы действуют односторонне, голова поворачивается. Когда они сокращаются двусторонне, голова наклоняется или поднимается. Основной мышцей, осуществляющей наклон головы в сторону и вращение, является грудинно-ключично-сосцевидная мышца, *m. sternocleidomastoideus*. Если сокращаются обе мышцы, выполняется наклон головы вперед. Поэтому данная мышца получила название кивательной. Положите пальцы на обе стороны шеи и поверните голову влево и вправо. Вы почувствуете, что движение происходит оттуда. Эта мышца делит шею на медиальный и латеральный треугольники (рис. 20, 21).

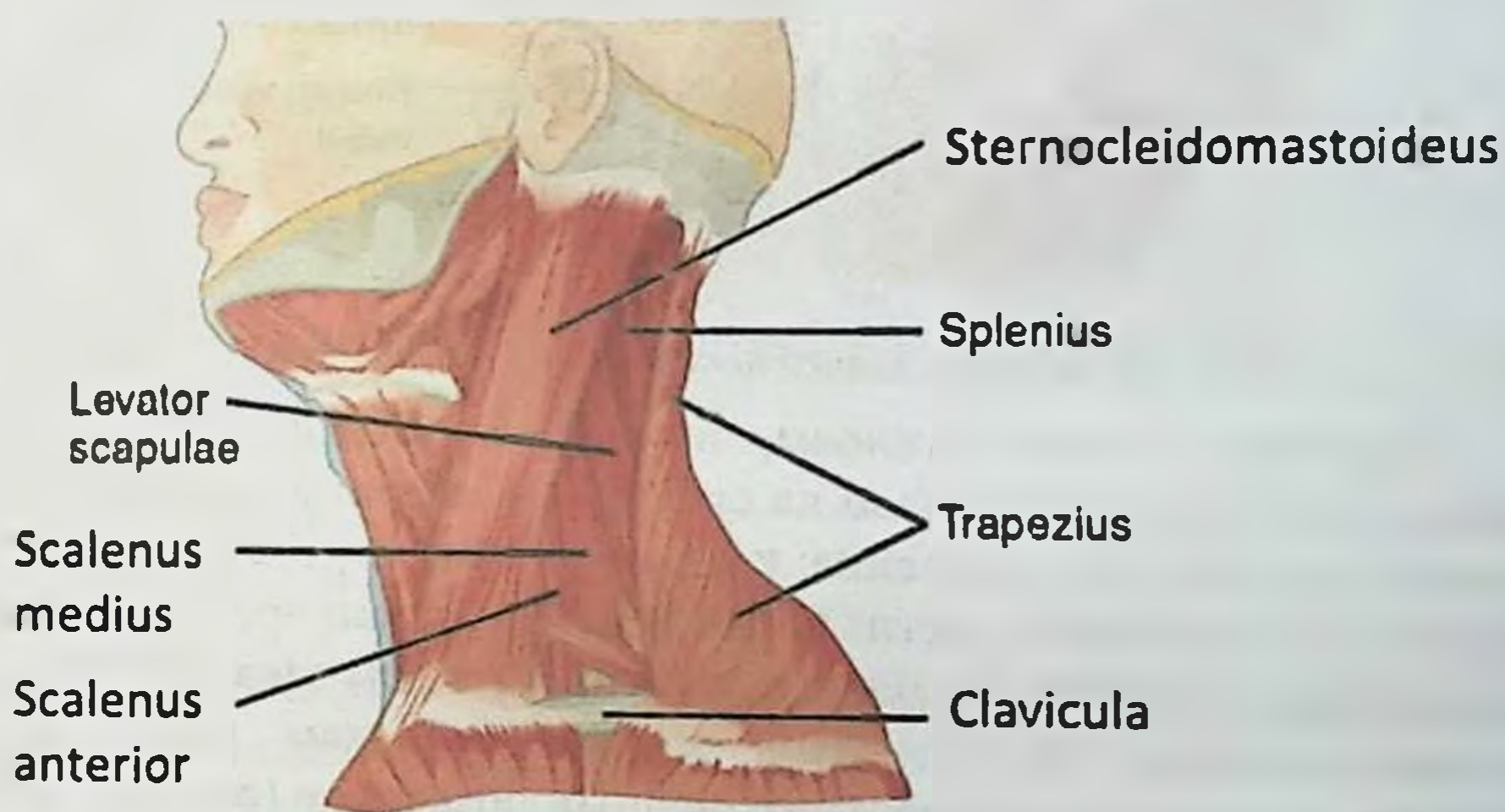


Рис. 21. Мышцы шеи и спины сбоку

Наконец, лестничные мышцы работают вместе для сгибания, бокового сгибания и поворота головы. Они также способствуют глубокому вдоху. Лестничные мышцы включают переднюю мышцу, среднюю мышцу (самую длинную, промежуточную между передней и задней мышцами) и заднюю мышцу (самую маленькую).

Мышцы задней поверхности шеи и спины

В анатомии шей принято называть только переднюю часть биологической шей, задняя часть относится к выйной области спины. Задние мышцы шеи в основном связаны с движениями

головы, например, разгибает шейную часть позвоночника. Мышцы спины стабилизируют и перемещают позвоночный столб и группируются в зависимости от длины и направления пучков.

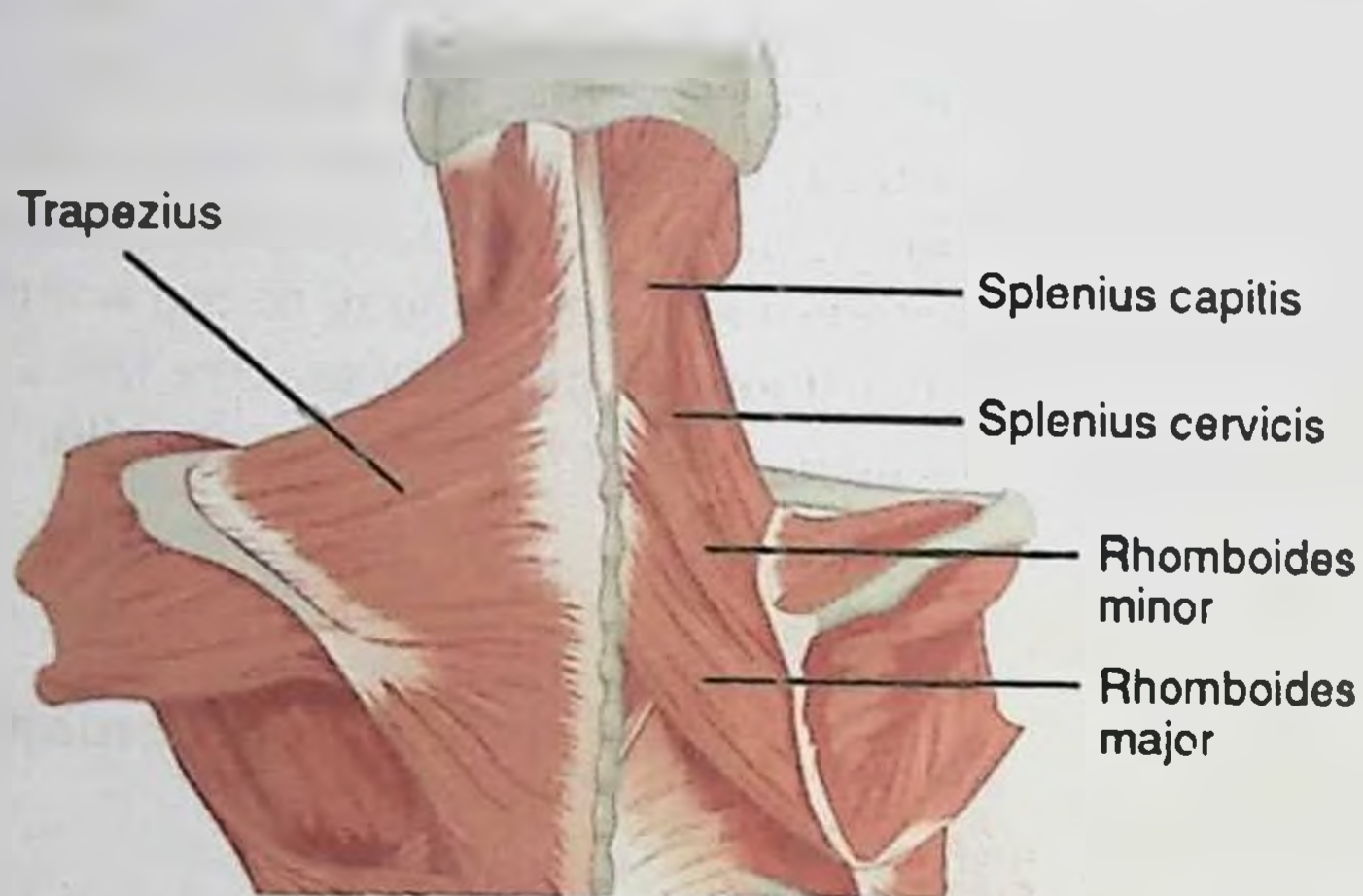


Рис. 22. Мышцы задней поверхности шеи и спины

Ременные мышцы головы, *m. splenius capitis*, и шеи, *m. splenius cervicis*, берут начало на средней линии и идут латерально и выше к местам прикрепления: к сосцевидному отростку височной кости и к затылочной кости. С боков и сзади шеи *splenius capitis* прикрепляется в области головы, а *splenius cervicis* заканчивается в шейной области, прикрепляясь задним бугоркам поперечных отростков двух или трех верхних шейных позвонков (рис. 22). Эти мышцы могут разгибать шейную часть позвоночника и голову и поворачивать ее.

Мышца, выпрямляющая позвоночник (*m. erector spinae*), - самая мощная из аутохтонных мышц спины, которая расположена по всему протяжению позвоночника от крестца до основания черепа (рис. 23). Ее волокна составляют большую часть мышечной массы спины и является основным разгибателем позвоночного столба. Она контролирует разгибание, боковое сгибание и вращение позвоночного столба, а также поддерживает поясничный изгиб. Начиная от уровня I-II поясничных позвонков, мышца, выпрямляющая позвоночник, делится на 3 тракта: латеральный, промежуточный и медиальный. Латеральный тракт называется подвздошно-реберной мышцей, промежуточный - длиннейшей мышцей, медиальный - остистой мышцей. Итак, в состав *erector*

spinae входит группа iliocostalis (расположенная латерально), группа longissimus (расположенная промежуточно) и группа spinalis (расположенная медиально).

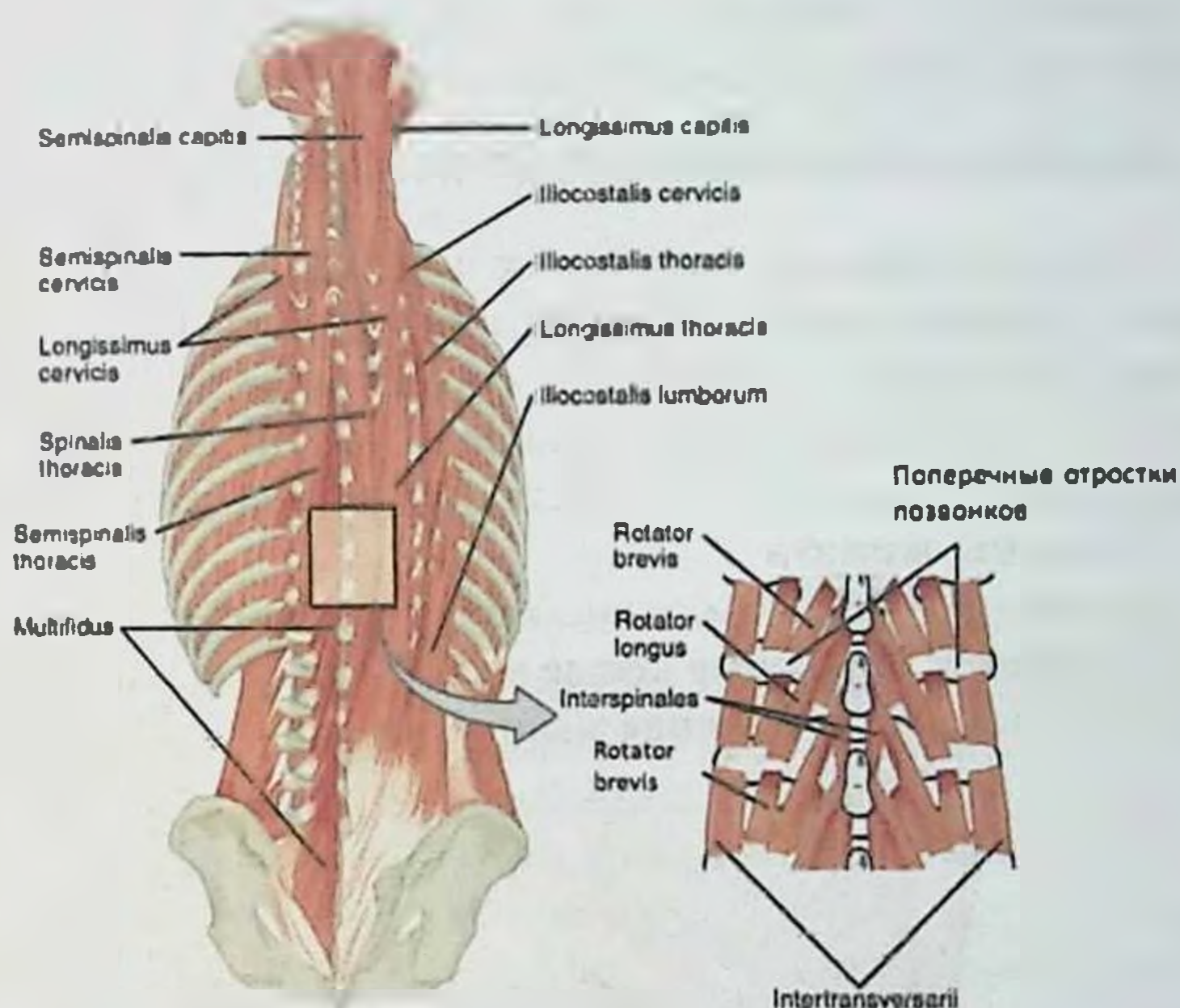


Рис. 23. Глубокие мышцы спины

Группа подвздошных мышц включает шейную подвздошную мышцу, связанную с шейным отделом; грудную подвздошную мышцу, связанную с грудным отделом; и поясничную подвздошную мышцу, связанную с поясничным отделом. Три мышцы группы longissimus - longissimus capitis, связанная с областью головы; longissimus cervicis, связанная с шейным отделом; и longissimus thoracis, связанная с грудным отделом. Третья группа, группа спинных мышц, включает в себя спинную мышцу головы (spinalis capitis), шейную мышцу (spinalis cervicis) и грудную мышцу (spinalis thoracis).

Поперечные мышцы идут от поперечных отростков к остистым отросткам позвонков. Подобно мышцам erector spinae, полуостистые мышцы этой группы названы в честь областей тела, с которыми они связаны. К полуостистым мышцам относятся полуостистая мышца головы, полуперепончатая шейная мышца и полуперепончатая грудная мышца. Многораздельная мышца

поясничного отдела помогает разгибать и сгибать позвоночный столб в сторону.

Важное значение в стабилизации позвоночного столба имеет сегментарная группа мышц, которая включает межостистые и межпоперечные мышцы. Эти мышцы соединяют остистые и поперечные отростки каждого последующего позвонка.

МЫШЦЫ БРЮШНОЙ СТЕНКИ И ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

Балансировать на двух ногах и ходить вертикально - сложная задача. Мышцы позвоночного столба, грудной клетки и брюшной стенки разгибают, сгибают и стабилизируют различные части туловища. Глубокие мышцы тела помогают поддерживать осанку, а также обеспечивают устойчивость при движении конечностей.

Мышцы живота

Брюшную стенку составляют четыре пары мышц: прямая мышца живота, наружные косые мышцы живота, внутренние косые мышцы живота и поперечная мышца живота.

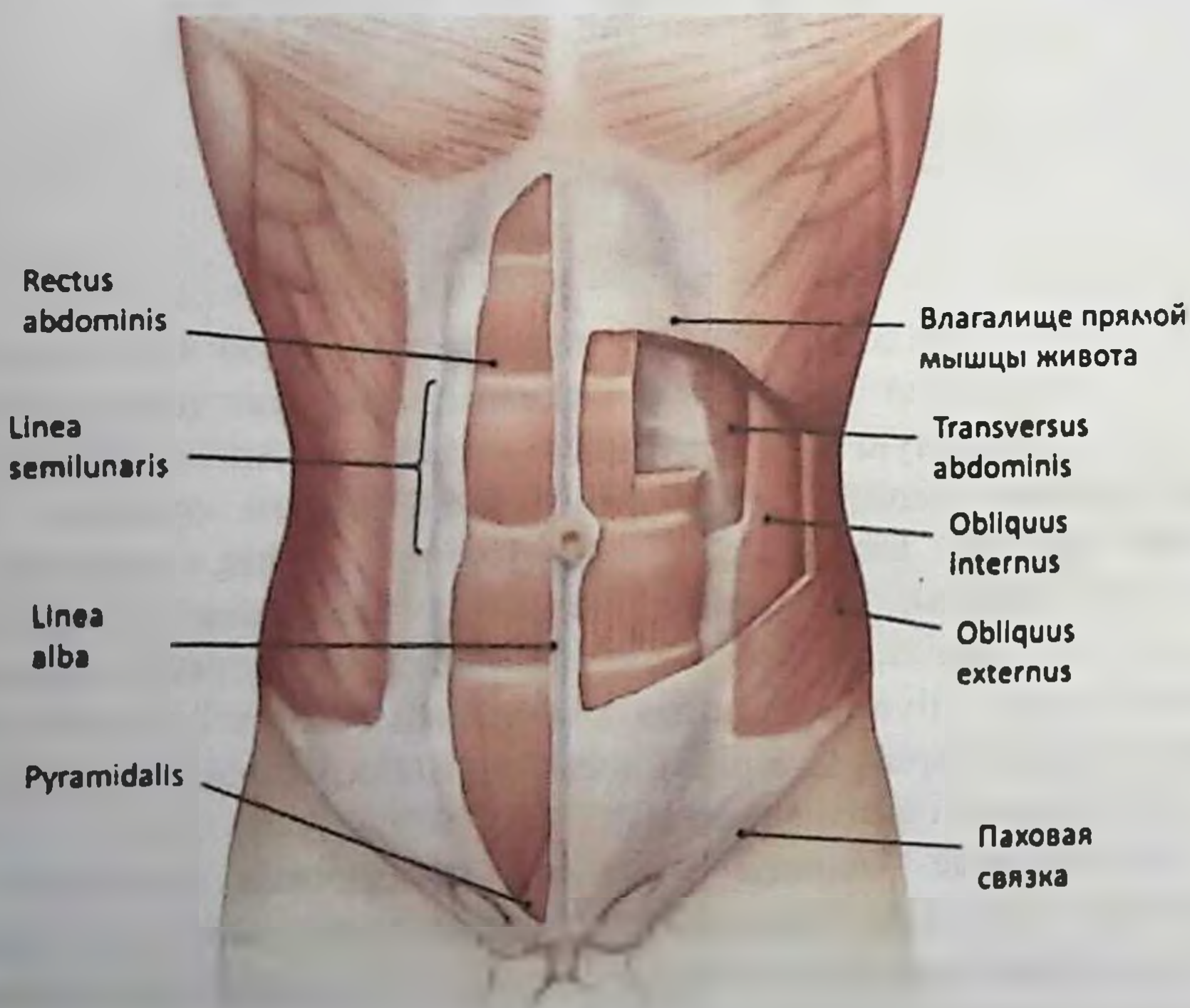


Рис. 24. Мышцы переднебоковой стенки живота

На переднебоковой стенке живота расположены три плоские скелетные мышцы (рис. 24). Внешние косые, расположенные ближе всего к поверхности, их волокна простираются вниз и медиально, в направлении какое бы имели наши четыре пальца в карманах брюк. Перпендикулярно к ней расположена внутренняя косая мышца, простирающаяся вверх и медиально, в направлении, в котором обычно расположены большие пальцы, когда остальные пальцы находятся в кармане брюк.

Глубже всех лежит поперечная мышца живота, она расположена поперек вокруг живота, подобно поясу. Такое расположение трех слоев мышц в разных направлениях позволяет выполнять различные движения и повороты туловища. Три слоя мышц также помогают защитить внутренние органы брюшной полости в области, где нет костей.

Белая линия живота, *linea alba* - это белая волокнистая полоса по средней линии живота, состоящая из волокон апоневрозов трех пар плоских мышц, окружающих две прямые мышцы живота, которые берут начало на лобковом гребне и симфизе и простираются по всей длине передней стенки живота, оканчиваясь на ребрах. Каждая мышца разделена тремя поперечными полосами коллагеновых волокон, называемых сухожильными перемычками, что и создаст вид "кубиков пресса".

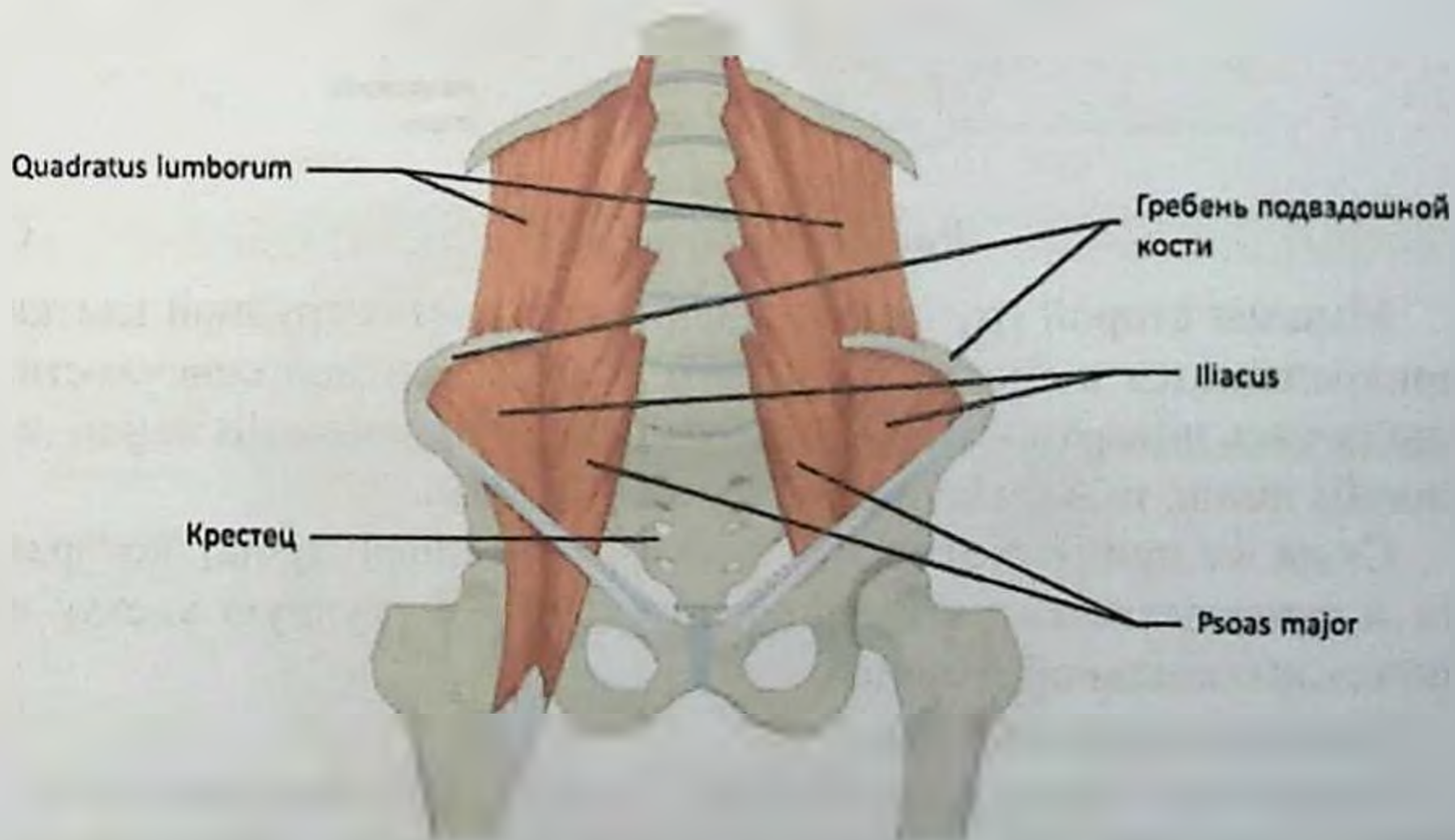


Рис. 25. Мышцы задней стенки живота

Задняя брюшная стенка образована поясничными позвонками, частями подвздошных костей бедра, большими поясничными и подвздошными мышцами и квадратной мышцей поясницы (рис. 25). Эта часть играет ключевую роль в стабилизации остальной части тела и поддержании осанки.

Мышцы грудной клетки

Мышцы грудной клетки участвуют в акте дыхания, изменяя объем грудной полости. При вдохе грудная клетка поднимается, увеличивая объем грудной полости. При выдохе грудная клетка опускается, уменьшая объем грудной полости. Мышцы груди принято разделять на две группы. Первая - собственные: *m. intercostales externi et interni, subcostales, transversus thoracis*.

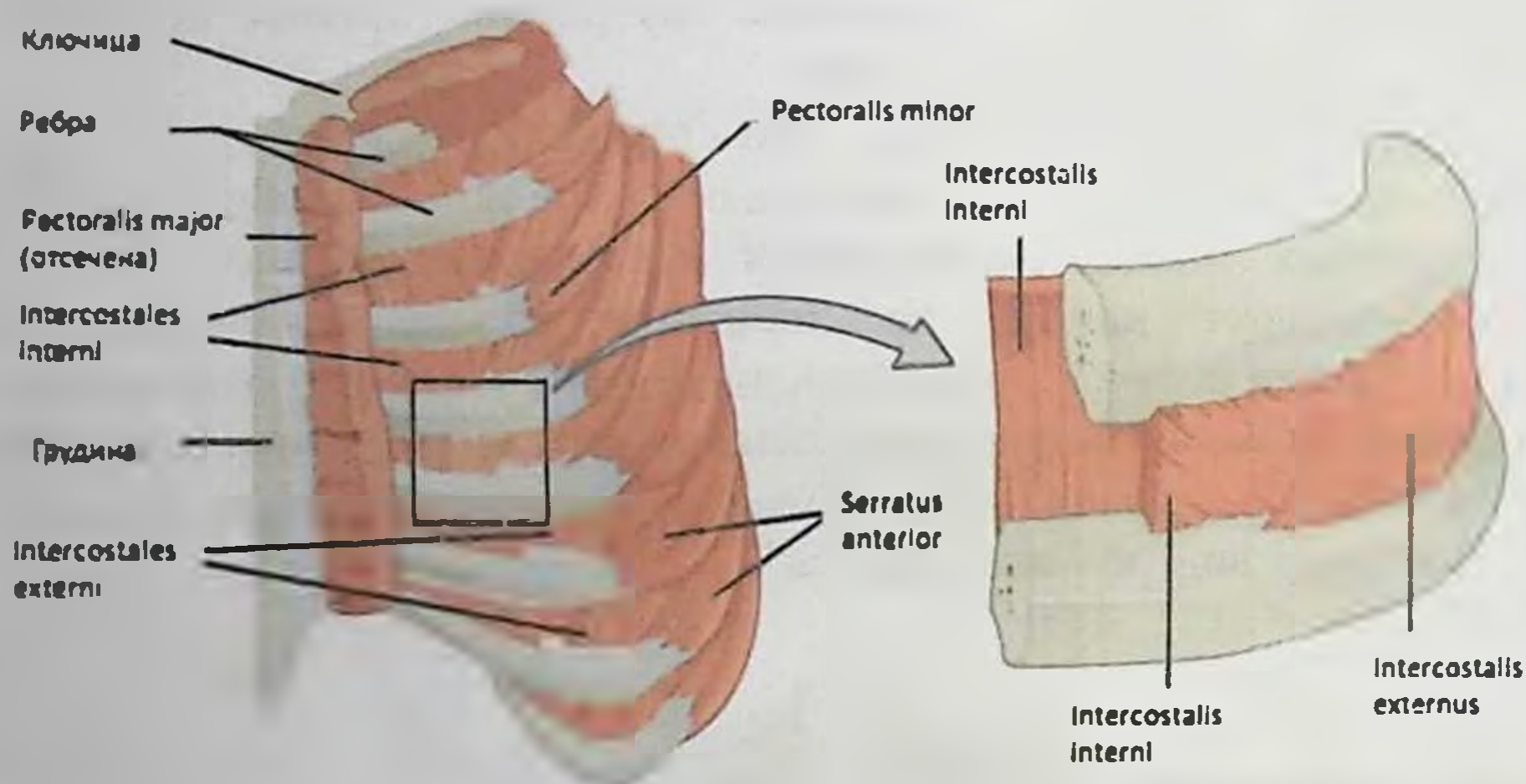


Рис. 26. Мышцы груди

Мышцы второй группы начинаются на костях грудной клетки и прикрепляются к костям плечевого пояса и верхней конечности, располагаясь поверхностно. К ним относятся: *m. pectoralis major, m. pectoralis minor, m. subclavius, m. serratus anterior*.

Сюда же принято относить и диафрагму (*diaphragma*), которая хотя и закладывается на шее, но опускается в грудную клетку и является дыхательной мышцей.

Межреберные мышцы

Существует три группы мышц, называемых межреберными, которые охватывают каждое из межреберных пространств. Основная роль межреберных мышц заключается в помощи при

дыхании путем изменения размеров грудной клетки (рис. 26). Одиннадцать пар наружных межреберных мышц способствуют вдоху, поскольку при сокращении они поднимают грудную клетку, расширяя ее. В свою очередь одиннадцать пар внутренних межреберных мышц, расположенных непосредственно под внешними, используются для выдоха, поскольку они притягивают ребра друг к другу, сжимая грудную клетку.

Диафрагма

Изменение объема грудной полости во время дыхания происходит благодаря попеременному сокращению и расслаблению диафрагмы (рис. 27). Она разделяет грудную и брюшную полости и в состоянии покоя имеет куполообразную форму. Верхняя поверхность диафрагмы выпуклая, создавая приподнятое дно грудной полости. Нижняя поверхность вогнута, образуя изогнутую крышу брюшной полости.

При дефекации, мочеиспускании и даже родах происходит взаимодействие диафрагмы и брюшных мышц. Во время задержки дыхания диафрагма и мышцы живота сокращаются, увеличивая давление на брюшинную полость. Когда мышцы живота сокращаются, давление не может подтолкнуть диафрагму вверх, поэтому увеличивается давление на кишечный тракт (что бывает при акте дефекации), мочевыводящие пути (мочеиспускание) или репродуктивные пути (роды).

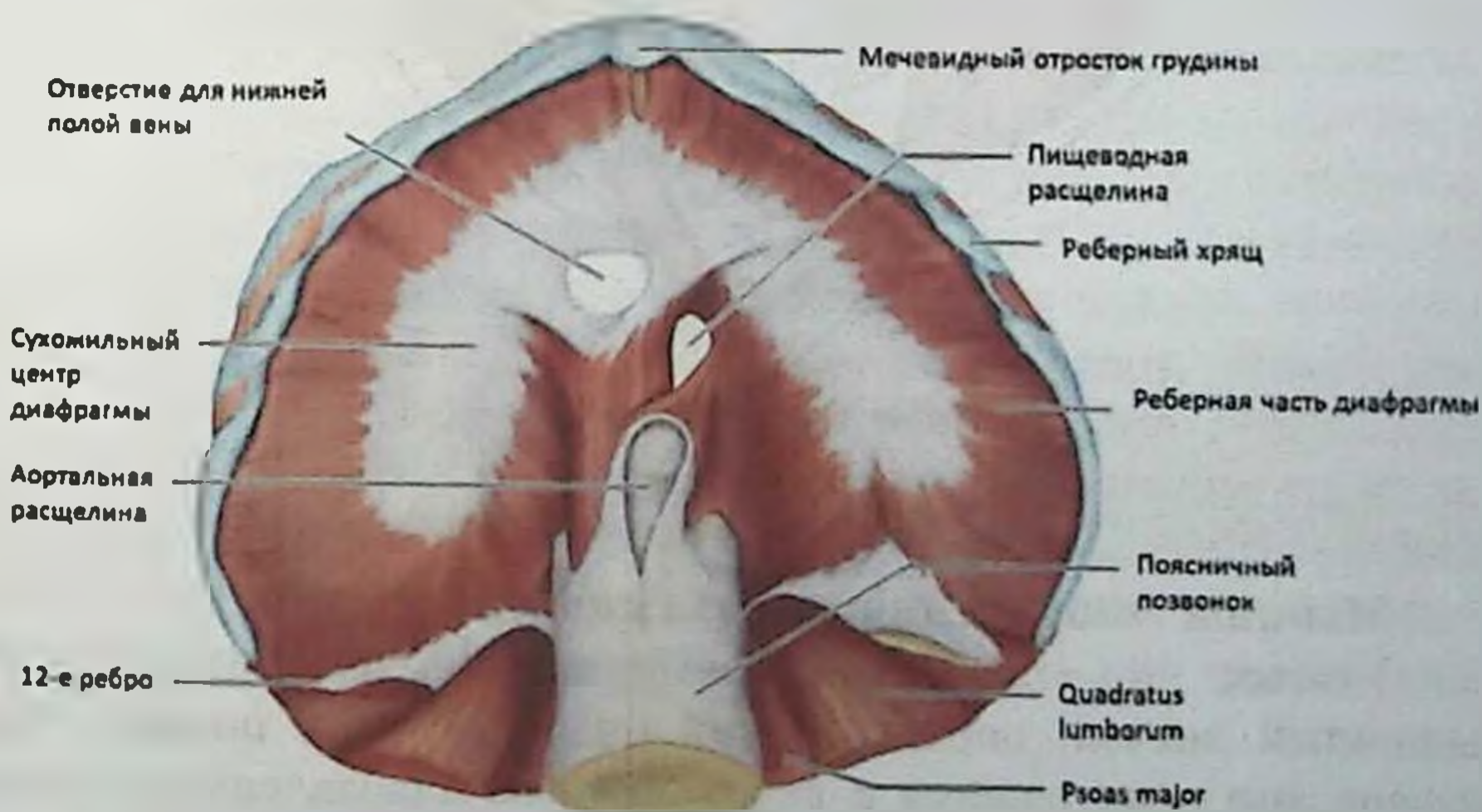


Рис. 27. Диафрагма (вид снизу)

Нижняя поверхность сердечной сумки (перикард) и нижние поверхности серозной оболочки легких (париетальная плевра) сливаются с сухожильным центром диафрагмы. По бокам от него находятся части скелетных мышц диафрагмы, которые врастают в сухожилие и имеют ряд истоков, включая мечевидный отросток грудины спереди, нижние шесть ребер и их хрящи сбоку, а также поясничные позвонки и 12-е ребро сзади.

Диафрагма имеет три отверстия для сообщения между грудной и брюшной полостями. Нижняя полая вена проходит через отверстие в сухожильном центре, а пищевод и блуждающие нервы проходят через пищеводную расщелину между ножками в поясничной части диафрагмы. Аорта, грудной проток проходят через аортальную расщелину - сзади от пищеводной.

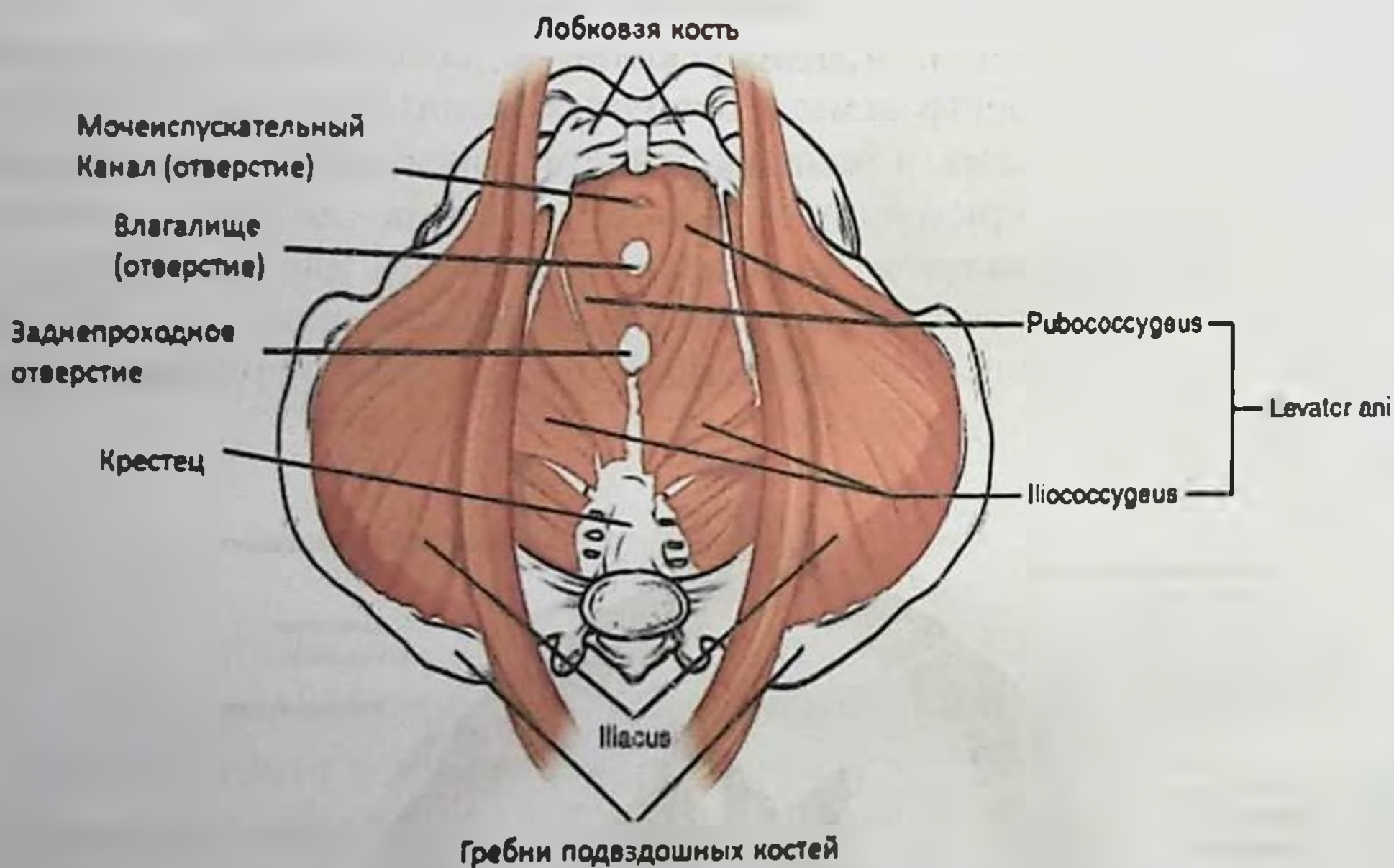


Рис. 28. Мышцы тазового дна

Мышцы тазового дна и промежности

Тазовое дно (также называемое тазовой диафрагмой) - это мышечный листок, определяющий нижнюю часть полости таза. Тазовое дно простирается в переднезаднем направлении от лобка до копчика и состоит из мышцы, поднимающей задний проход, и

копчиковой мышцы. Его отверстия включают анальный и мочеиспускательный канал, а также влагалище у женщин.

M. levator ani, мышца, поднимающая задний проход, состоит из двух скелетных мышц, лобково-копчиковой и подвздошно-копчиковой (рис. 28). *Levator ani* считается самой важной мышцей тазового дна, поскольку она поддерживает тазовые внутренности. Она сопротивляется давлению, возникающему при сокращении мышц живота, чтобы давление оказывалось на толстую кишку для облегчения дефекации и на матку для облегчения родов (при содействии копчиковой мышцы, которая тянет копчик вперед). Эта мышца также создает скелетно-мышечные сфинктеры мочеиспускательного канала и анального отверстия. *M. coccygeus*, копчиковая мышца, дополняет мышечный слой тазовой диафрагмы в заднем отделе. Начинаясь от *spina ischiadica* и от тазовой поверхности *lig. sacrospinale*, она идет, веерообразно расширяясь, медиально и прикрепляется к боковому краю копчика и верхушке крестца. К поверхностным мышцам тазовой диафрагмы относится одна — наружный (произвольный) сжиматель заднего прохода, *m. sphincter ani externus*. Мышца располагается под кожей вокруг *anus* снаружи от непроизвольного внутреннего сфинктера (*m. sphincter ani internus*), образованного мышечной оболочкой стенки прямой кишки.

Промежность — это ромбовидное пространство между лобковым симфизом (спереди), копчиком (сзади) и седалищными буграми (сбоку), лежащее чуть ниже тазовой диафрагмы (*levator ani* и *ischiosoccygeus*). Промежность разделена в поперечном направлении на треугольники: передний — мочеполовой треугольник, включающий наружные половые органы, и задний — анальный треугольник, содержащий задний проход. Промежность также делится на поверхностный и глубокий слои с некоторыми мышцами, общими для мужчин и женщин. У женщин также есть сжиматели уретры и уретровагинальный сфинктер (*sphincter urethrovaginalis*), которые служат для закрытия влагалища. У мужчин глубокая поперечная мышца промежности играет роль в акте эякуляции.

МЫШЦЫ ПЛЕЧЕВОГО ПОЯСА И СВОБОДНОЙ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ

Мышцы надплечья и свободной верхней конечности можно разделить на четыре группы: мышцы, стабилизирующие и позиционирующие пояс верхней конечности, мышцы, двигающие плечо, мышцы, двигающие предплечье, и мышцы, двигающие запястье, кисть и пальцы.

Мышцы, поддерживающие плечевой пояс

Плечевой пояс представлен латеральными концами ключицы и лопатки, а также проксимальным концом плечевой кости и мышцами, покрывающими эти три кости для стабилизации плечевого сустава. Мышцы, обеспечивающие положение плечевого пояса, расположены либо на передней, либо на задней поверхности грудной клетки (рис. 29). К передним мышцам относятся подключичная, малая грудная и передняя зубчатая. К задним мышцам относятся трапецевидная, большая и малая ромбовидные мышцы. Когда ромбовидные мышцы сокращаются, лопатка смещается медиально, что может тянуть плечо и верхнюю конечность назад.

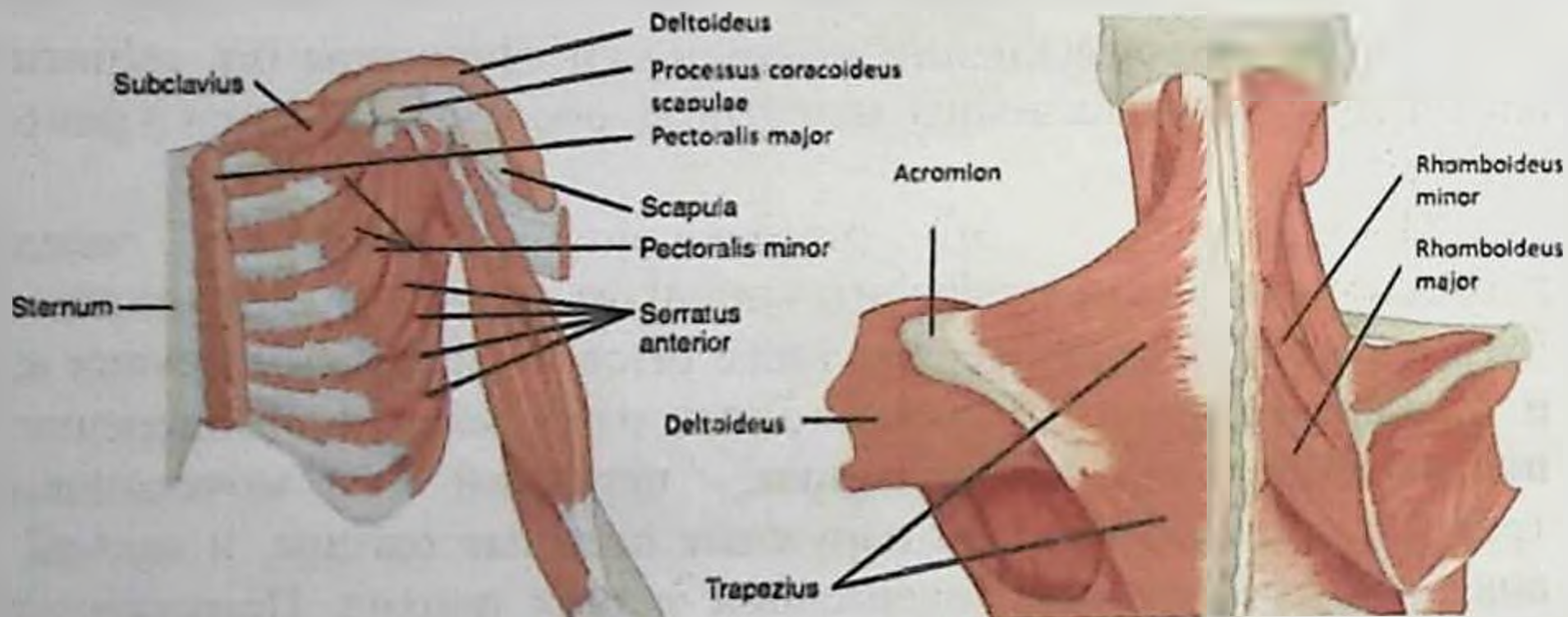


Рис. 29 Мышцы плечевого пояса

Мышцы, приводящие в движение плечевой сустав

Подобно мышцам, обеспечивающим положение плечевого пояса, мышцы, приводящие в движение плечевой сустав и двигающие плечевую кость верхней конечности, включают осевые и лопаточные мышцы (рис. 29). Две осевые мышцы - это большая грудная и широчайшая мышцы спины. Большая грудная мышца толстая и веерообразная, покрывает большую часть верхней части

передней части грудной клетки. Широкая, треугольная *latissimus dorsi* расположена на нижней части спины и имеет несколько точек начала, включая пояснично-крестцовую фасцию, прикрепленную к нижним 6 грудным позвонкам, нижним 3 ребрам, подвздошному гребню и нижнему углу лопатки.

Остальные мышцы берут начало на лопатке и помогают двигать плечом. Дельтовидная мышца является основным абдуктором (приводит его к телу) плеча, но также способствует сгибанию и медиальному вращению, а также разгибанию и латеральному вращению. Подлопаточная мышца берет начало в подлопаточной ямке и вращает руку внутрь. Надлопаточная (берущая начало в надлопаточной ямке лопатки) и подлопаточная (берущая начало в подлопаточной ямке) приводят плечо и вращают руку в латеральном направлении соответственно. Толстая и плоская большая круглая мышца, *m. teres major*, расположена ниже малой круглой мышцы, она разгибает плечо в плечевом суставе, пронирует его, приводит поднятую руку к туловищу. При фиксированной верхней конечности оттягивает нижний угол лопатки кнаружи и смещает его вперед. Малая круглая мышца поворачивает (супинирует) плечо кнаружи - синергист подлопаточной мышцы и лопаточной части дельтовидной мышцы; оттягивает капсулу плечевого сустава, предотвращая ущемление капсулы. Движение в плечевом суставе также обеспечивает и клювовидно-плечевая мышца, *m. coracobrachialis*, относящаяся к передней группе мышц плеча. Клювовидно-плечевая мышца сгибает плечо в плечевом суставе и приводит его к туловищу, поворачивает пронированное плечо кнаружи, при фиксированном плече тянет лопатку вперед и книзу.

Сухожилия *subscapularis*, *supraspinatus*, *infraspinatus* и *teres minor* соединяют лопатку с плечевой костью, образуя вращательную манжету (ротаторную), круг сухожилий вокруг плечевого сустава. Хотя плечевой сустав обеспечивает большую свободу движений благодаря неглубокой гленоидной полости, он чрезвычайно уязвим для вывиха вниз. Мышцы и сухожилия вращательной манжеты обеспечивают стабильность сустава.

Мышцы, приводящие в движение локтевой сустав

Предплечье, состоящее из лучевой и локтевой костей, имеет четыре основных типа движения в шарнире локтевого сустава: сгибание, разгибание, пронация и супинация. Когда предплечье

обращено кпереди, оно супинировано. Когда предплечье направлено назад, оно пронировано. Сгибатели предплечья включают двуглавую мышцу плеча, плечевую мышцу и плечелучевую мышцу (рис. 30). Разгибатели - трехглавая мышца плеча и локтевая мышца, *m. anconeus*. Пронаторы - это круглый пронатор, *pronator teres* и квадратный пронатор, *pronator quadratus*, а супинатор, *m. supinator*, поворачивает предплечье кпереди (рис. 31).

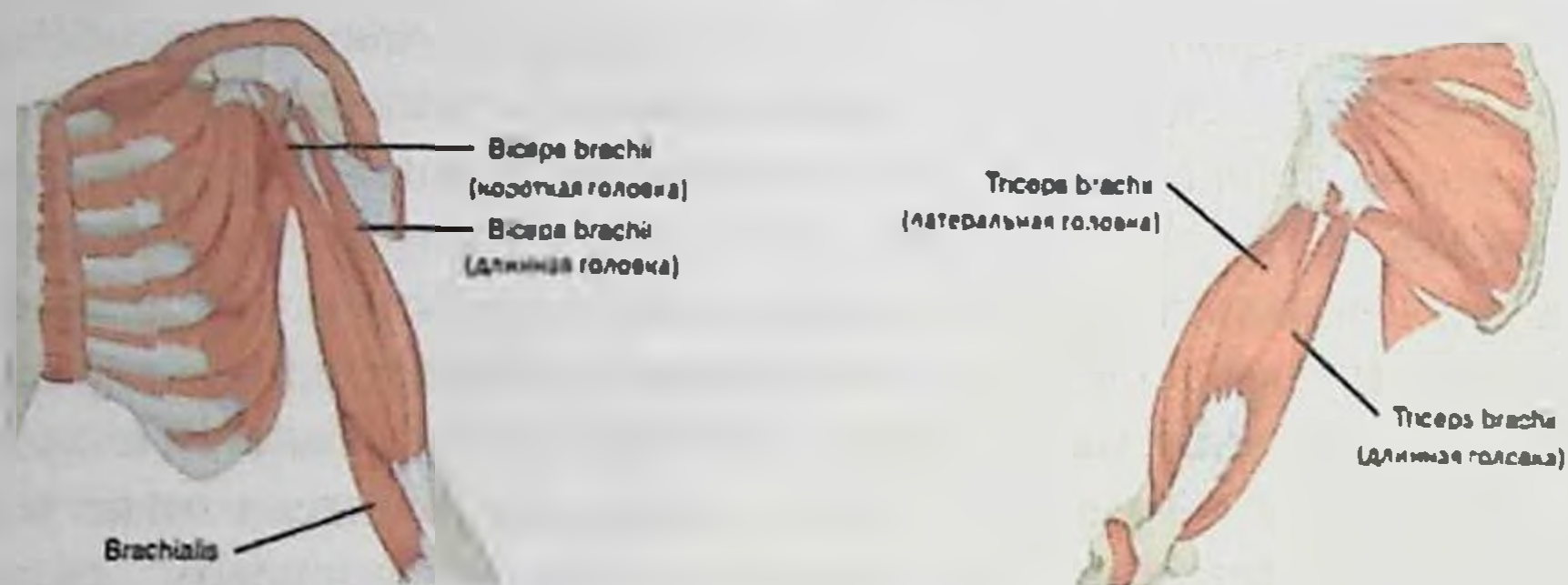


Рис. 30. Передняя (слева) и задняя (справа) группы мышц плеча

Двуглавая мышца плеча, плечевая мышца и плечелучевая мышца сгибают предплечье. Двуглавая двуглавая плечевая мышца пересекает плечевой и локтевой суставы для сгибания предплечья, а также участвует в супинации предплечья в лучелоктевых суставах и сгибании руки в плечевом суставе. Находясь глубже *biceps brachii*, плечевая мышца является ее синергистом при сгибании предплечья. Наконец, плечелучевая мышца может быстро сгибать предплечье или медленно поднимать груз (рис. 30).

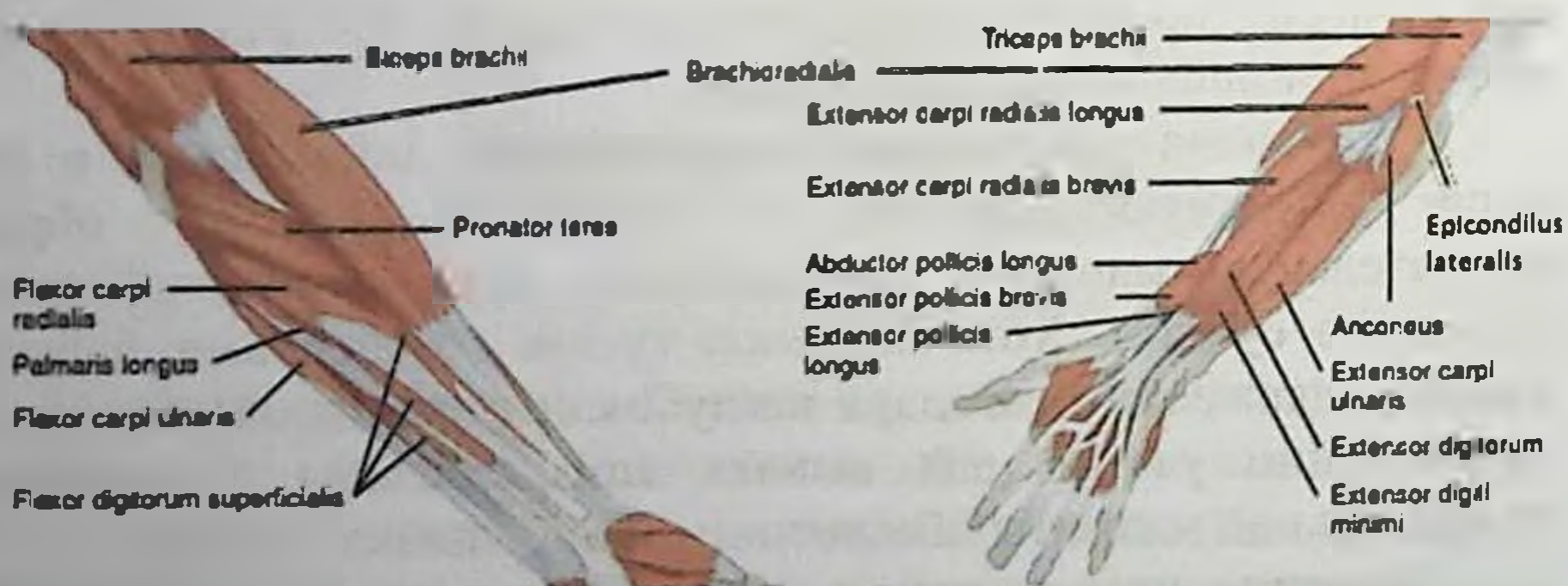


Рис. 31. Поверхностные мышцы левого предплечья спереди (слева) и сзади (справа)

Мышцы, приводящие в движение запястье, кисть и пальцы

Движения запястья, кисти и пальцев обеспечиваются двумя группами мышц. Предплечье является местом начала наружных мышц кисти. Ладонь является источником внутренних мышц кисти.

Внесуставные мышцы кисти

Мышцы переднего отдела предплечья (передний отдел сгибателей предплечья) берут начало на плечевой кости и прикрепляются к различным частям кисти. Они составляют основную часть предплечья. От латерального к медиальному, поверхностный передний отдел предплечья включает в себя сгибатель лучевой кости (*flexor carpi radialis*), длинный ладонный сгибатель (*palmaris longus*), локтевой сгибатель (*flexor carpi ulnaris*) и поверхностный сгибатель (*flexor digitorum superficialis*). Поверхностный сгибатель сгибает кисть, а также пальцы в области сочленения фаланг, что позволяет выполнять быстрые движения пальцами, например, при наборе текста или игре на музыкальном инструменте (см. рис. 31, 32). Глубокие мышцы передней группы производят сгибание пальцев в кулак. Это длинный сгибатель пальцев (*flexor pollicis longus*) и глубокий сгибатель пальцев (*flexor digitorum profundus*).

Поверхностные мышцы задней группы предплечья берут начало на плечевой кости. Это длинный лучевой разгибатель запястья (*extensor carpi radialis longus*), короткий лучевой разгибатель запястья (*extensor carpi radialis brevis*), разгибатель пальцев кисти (*extensor digitorum*), разгибатель мизинца (*extensor digiti minimi*) и локтевой разгибатель запястья (*extensor carpi ulnaris*).

Глубокие мышцы задней группы предплечья берут начало на лучевой и локтевой костях. К ним относятся: *m. abductor pollicis brevis*, *abductor pollicis longus*, *extensor pollicis brevis*, *extensor pollicis longus*, and *extensor indicis*. Сухожилия мышц предплечья прикрепляются к запястью и тянутся к кисти. Фиброзные ленты, называемые удерживателями (*retinacula*), покрывают сухожилия у запястья. Удерживатель сгибателей простирается по передней поверхности запястья, а удерживатель разгибателей - по задней (рис. 32).

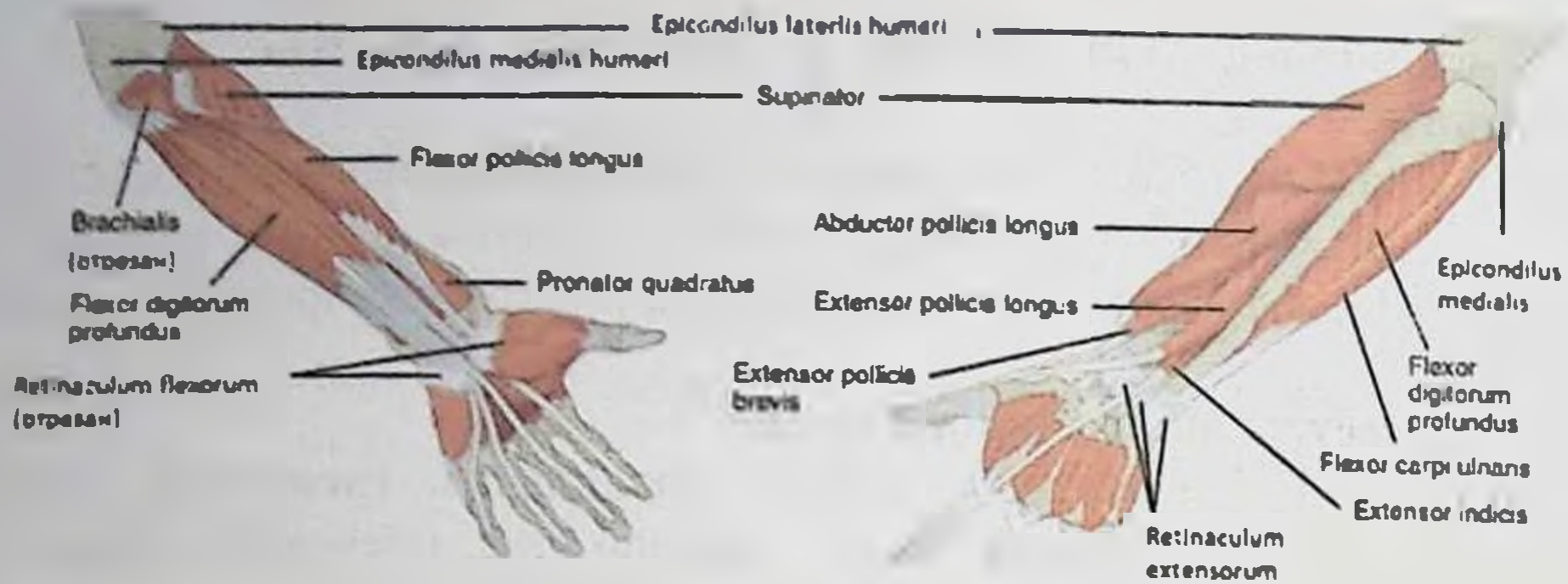
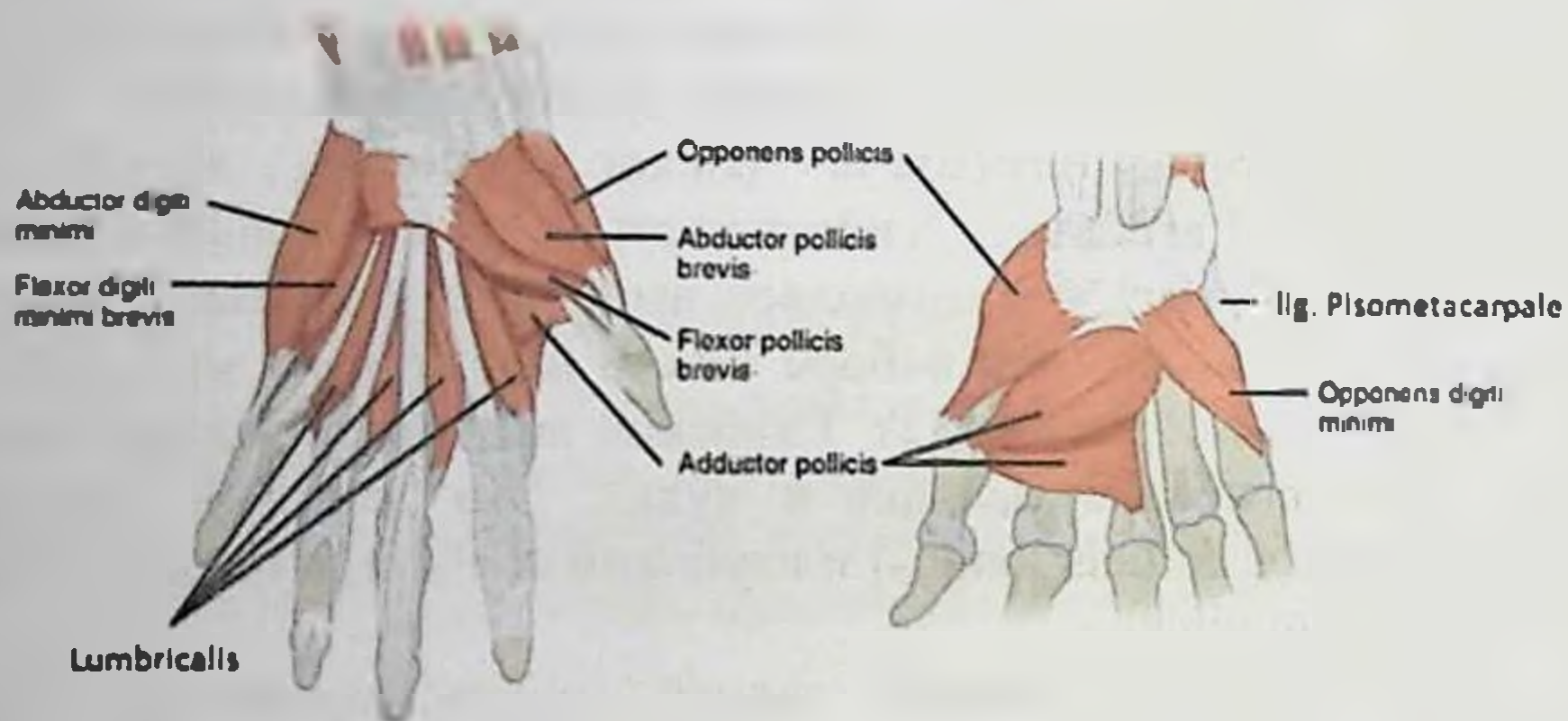
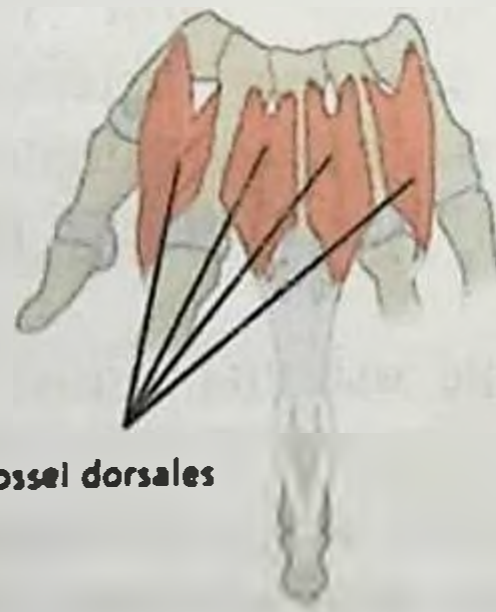
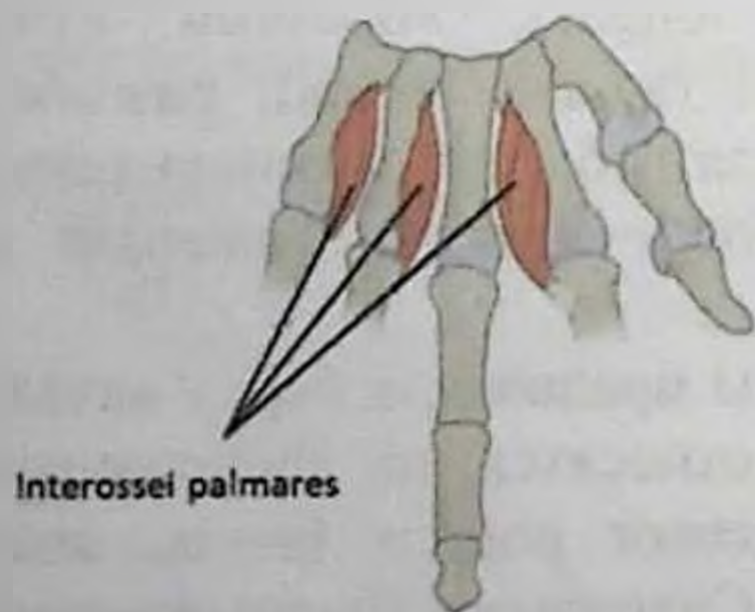


Рис. 32. Глубокие мышцы предплечья спереди (слева) и сзади (справа)



Поверхностные мышцы ладонной поверхности левой кисти

Глубокие мышцы тыльной поверхности левой кисти



Межкостные мышцы ладонной поверхности левой кисти

Межкостные мышцы тыльной поверхности левой кисти

Рис. 33. Мышцы кисти

Мышцы кисти

Мышцы кисти как возникают, так и прикрепляются внутри нее (рис.33). Эти мышцы позволяют пальцам совершать точные

движения при выполнении таких действий, как печатание или письмо. Эти мышцы делятся на три группы. Мышцы возвышения большого пальца (thenar): короткая, отводящая большой палец кисти, короткий сгибатель большого пальца, мышца, приводящая большой палец кисти, и мышца, противопоставляющая большой палец. Они находятся на лучевой стороне ладони. возвышения мизинца (hypothenar) являются также четыре мышцы: короткая ладонная мышца, мышца, отводящая мизинец, короткий сгибатель мизинца и мышца, противопоставляющая мизинец. Средняя группа мышц кисти, расположенная между указанными двумя возвышениями, включает четыре червеобразные мышцы, а также три ладонные и четыре тыльные межкостные мышцы.

МЫШЦЫ ТАЗОВОГО ПОЯСА И СВОБОДНОЙ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ

Мышцы нижней части тела обеспечивают положение и стабилизацию тазового пояса, который служит основой для нижних конечностей. В сравнении с тазовым поясом, в плечевом поясе гораздо больше движений, чем в тазовом. Движение тазового пояса очень ограничено из-за его соединения с крестцом в основании осевого скелета и из-за того, что глубокая вертлужная впадина обеспечивает стабильную точку сочленения с головкой бедренной кости. Отсутствие диапазона движения тазового пояса позволяет ему стабилизировать и поддерживать тело. Центр тяжести тела находится в области таза. Если бы центр тяжести не оставался неподвижным, стоять было бы трудно. Поэтому, если мышцам ног не хватает диапазона движения и универсальности, они компенсируют это размером и силой, способствуя стабилизации тела, осанке и движению.

Мышцы ягодичной области, приводящие в движение тазобедренный сустав

Большинство мышц, которые крепятся на бедро (бедренной кости) и приводят его в движение, берут свое начало в тазовом поясе. Основными сгибателями бедра являются большая поясничная мышца, *psoas major* и подвздошная мышца, *iliacus*, составляющие группу *iliopsoas*.

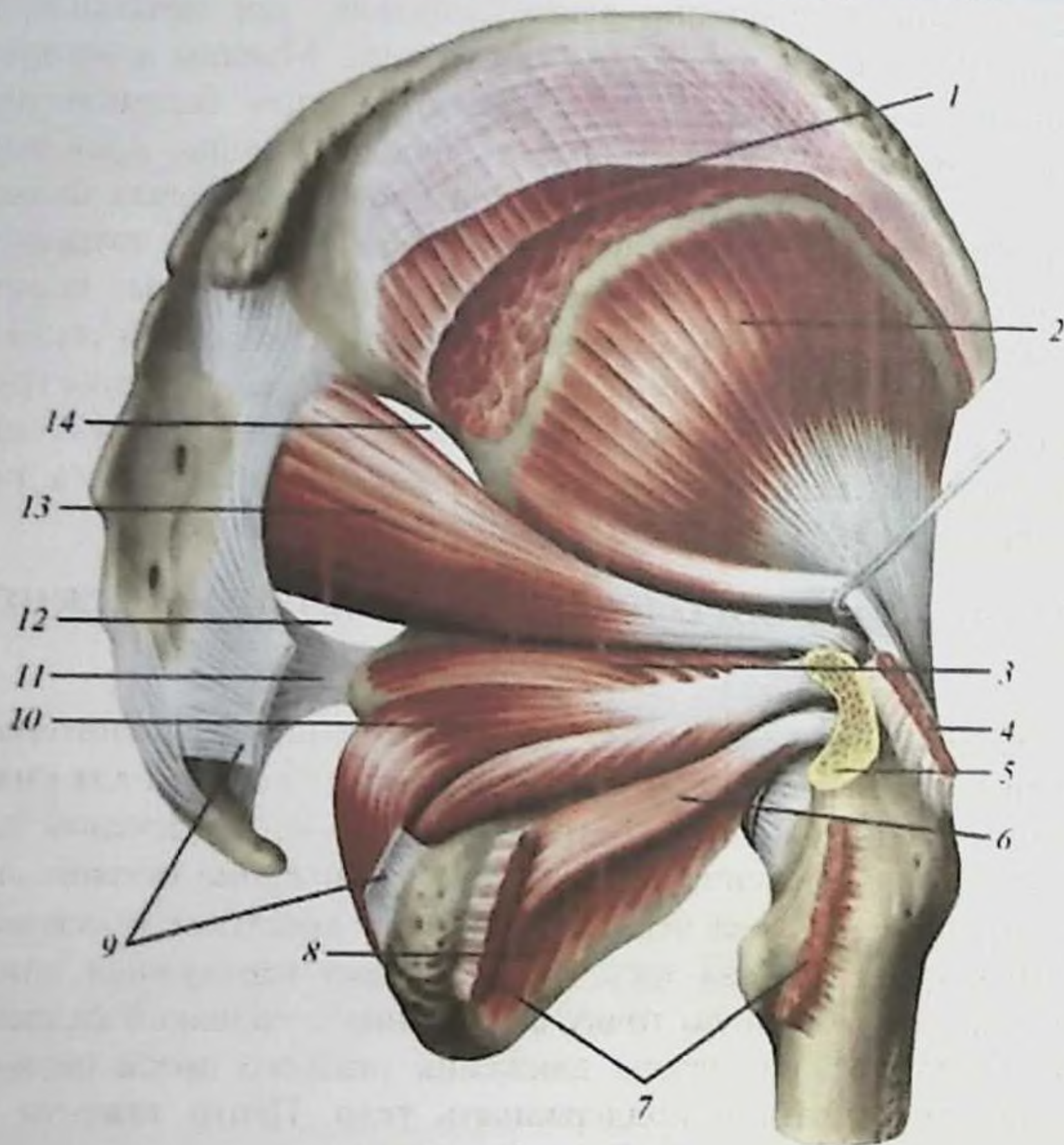


Рис. 34. Глубокие (наружные) мышцы таза. Большая и средняя ягодичные и квадратная мышцы бедра удалены (цит. по Анатомия человека: Сапин М. Р., Билич Г. Л. учебник в 3 т. - изд. 3-е испр. 2007. - Т. 2.). Обозначения: 1 - средняя ягодичная мышца (отрезана); 2 - малая ягодичная мышца; 3 - верхняя близнецовая мышца; 4 - средняя ягодичная мышца (отрезана); 5 - большой вертел (отпилен); 6 - нижняя близнецовая мышца; 7 - квадратная мышца бедра (отрезана); 8 - наружная запирательная мышца; 9 - крестцово-бугорная связка (частично удалена); 10 - внутренняя запирательная мышца; 11 - крестцово-остистая связка; 12 - подгрушевидное отверстие; 13 - грушевидная мышца; 14 - надгрушевидное отверстие

Одними из самых крупных и мощных мышц в организме являются ягодичные мышцы или ягодичная группа мышц. Большая ягодичная мышца, один из основных разгибателей бедра в области бедра, является самой большой; глубже большой ягодичной мышцы находится средняя ягодичная мышца, а глубже средней

ягодичной мышцы находится малая ягодичная мышца, самая маленькая из этой тройки (рис. 34).

Мышца, напрягающая широкую фасцию бедра - это толстая, квадратная мышца в верхней части латеральной поверхности бедра. Она действует как синергист средней ягодичной мышцы и подвздошно-поясничной мышцы при сгибании и разгибании бедра. Она также помогает стабилизировать латеральную сторону колена, натягивая подвздошно-большеберцовый тракт. Глубоко от *gluteus maximus* расположены *piriformis*, *obturator internus*, *obturator externus*, *superior gemellus*, *inferior gemellus* и *quadratus femoris*.

Глубокая фасция разделяет бедро на медиальный, передний и задний отделы. Мышцы медиального отдела бедра, отвечающие за приведение бедренной кости в тазобедренном суставе, - это группа аддукторов, приводящих бедро. К мышцам медиальной группы относятся тонкая, гребенчатая, большая, длинная и короткая приводящие мышцы бедра. Эти мышцы, приводящие бедро, очень развиты у человека в связи с прямохождением. Мышцы располагаются на медиальной стороне бедра на всем его протяжении. Они начинаются на костях таза (лонной и седалищной) возле запирательного отверстия, которое эти мышцы прикрывают спереди. Под начальным отделом приводящих мышц располагается наружная запирательная мышца. Более поверхностно в группе приводящих мышц лежат гребенчатая и тонкая мышцы, глубже находится длинная приводящая мышца, а еще глубже - большая и короткая приводящие мышцы. Мышцы медиальной группы прикрепляются на протяжении почти всей длины бедренной кости, от малого вертела до медиального надмыщелка бедра.

Мышцы бедра, приводящие в движение бедренную, большеберцовую и малоберцовую кости

Мышцы переднего отдела бедра сгибают бедро и разгибают ногу. В этом отделе находится группа четырехглавой мышцы бедра, состоящая из четырех мышц, которые разгибают ногу и стабилизируют колено. В этом отделе прямая мышца бедра находится на передней стороне бедра, латеральная мышца бедра - на латеральной стороне бедра, медиальная мышца бедра - на медиальной стороне бедра, а промежуточная мышца бедра - между латеральной и медиальной мышцами бедра и глубоко от прямой мышцы бедра (рис. 35). Все четыре мышцы объединяет сухожилие

четырёхглавой мышцы (надколенниковое сухожилие), которое крепится к надколеннику и продолжается под ним в виде надколенниковой связки. Надколенниковая связка прикрепляется к бугристости большеберцовой кости.

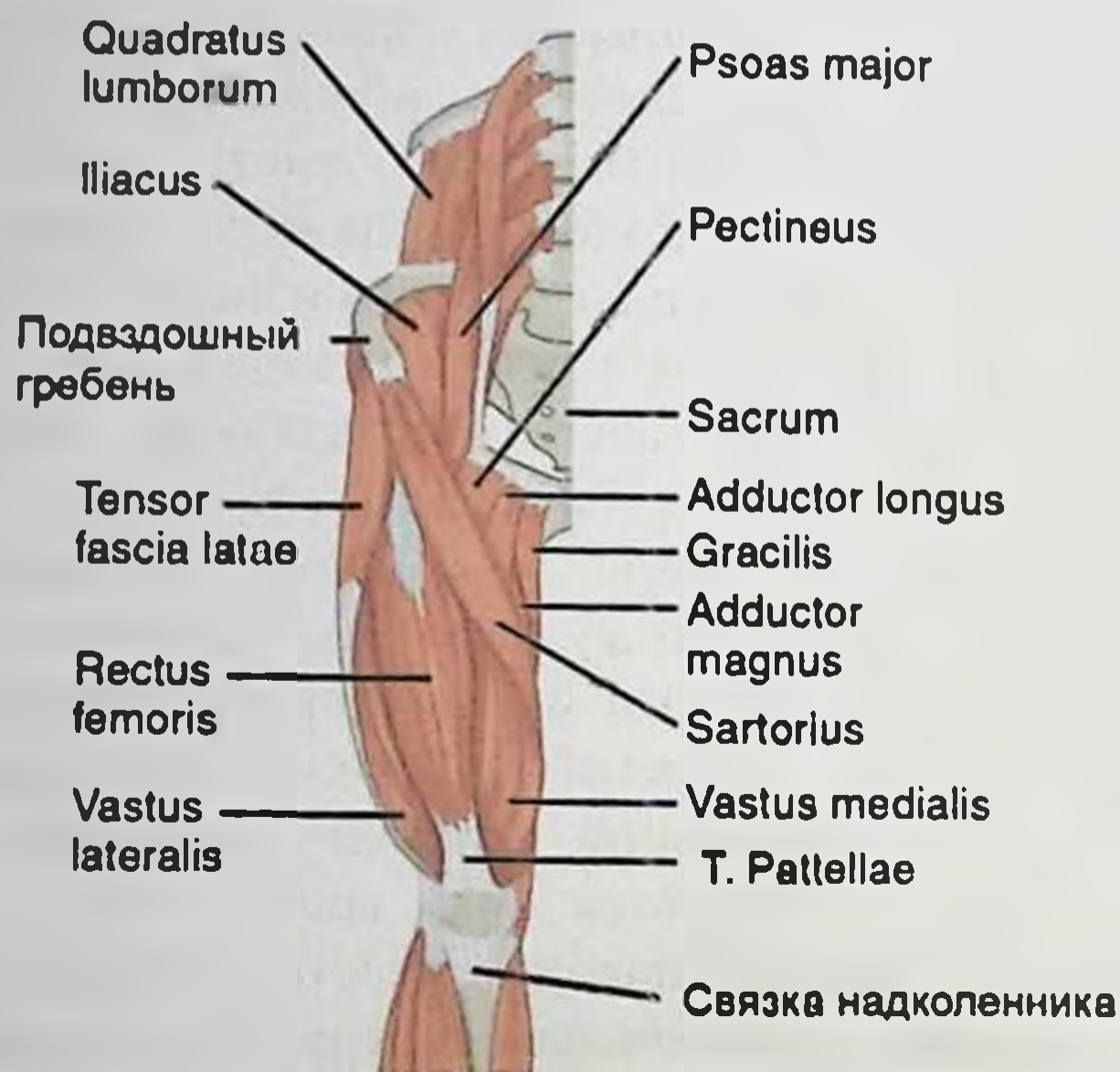


Рис. 35. Поверхностные мышцы бедра (вид спереди)

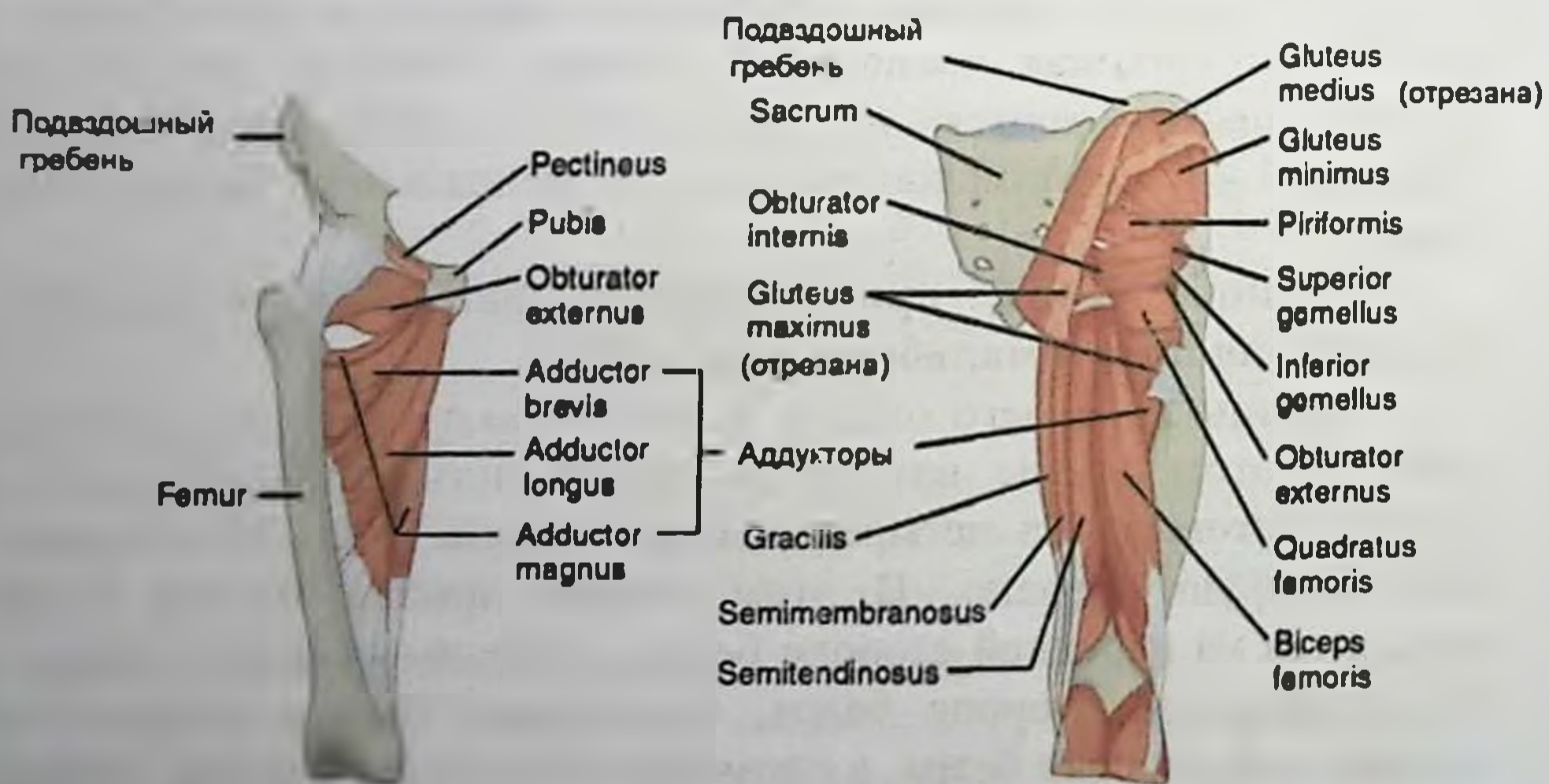


Рис. 36. Глубокие мышцы бедра спереди (слева), мышцы таза и задняя группа мышц бедра (справа)

Помимо четырехглавой мышцы бедра, портняжная мышца - это лентовидная мышца, которая тянется от передней верхней ости подвздошной кости до медиальной стороны проксимального отдела большеберцовой кости. Эта многофункциональная мышца сгибает ногу в колене, а также сгибает, разгибает и латерально вращает бедро в тазобедренном суставе. Эта мышца позволяет нам сидеть, скрестив ноги.

Задний отдел бедра включает в себя мышцы, сгибающие ногу и разгибающие бедро. Три длинные мышцы на задней поверхности бедра представляют собой группу мышц, которые сгибают колено. Это двуглавая мышца бедра, полусухожильная и полуперепончатая. Сухожилия этих мышц образуют верхнюю границу подколенной ямки - ромбовидного пространства в задней части колена (рис. 36).

Мышцы, приводящие в движение стопы и пальцы ног

Подобно мышцам бедра, мышцы голени разделены глубокой фасцией на отделы, их три: передний, боковой и задний.

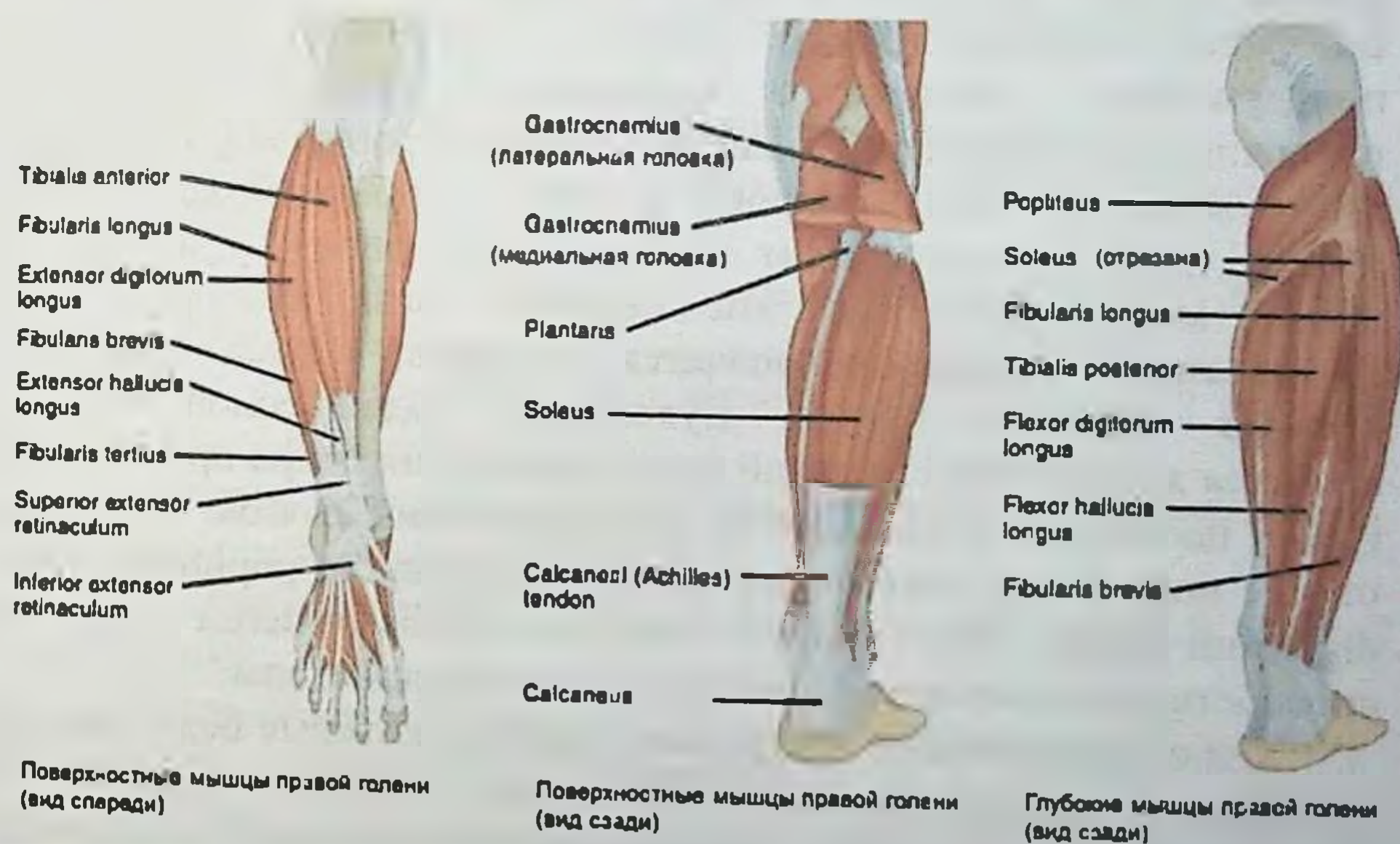


Рис. 37. Мышцы правой голени

Все мышцы переднего отдела голени способствуют сгибанию голени: передняя большеберцовая мышца, длинная и толстая мышца на латеральной поверхности голени, длинный разгибатель большого пальца, расположенный глубоко под ним, и длинный разгибатель пальцев, расположенный латеральнее него (рис. 37).

Третья малоберцовая мышца (*fibularis tertius*), небольшая мышца, которая берет начало на передней поверхности малоберцовой кости, связана с длинным разгибателем и иногда срастается с ним, но присутствует не у всех людей. Толстые полосы соединительной ткани, называемые верхним удерживателем разгибателей (поперечная связка лодыжки) и нижним удерживателем разгибателей, удерживают сухожилия этих мышц на месте во время дорсифлексии.

Латеральный отдел ноги включает две мышцы, которые способствуют подошвенному сгибанию стопы, поднимая ее латеральный край: длинную малоберцовую мышцу (*peroneus longus*) и малоберцовую мышцу (*peroneus brevis*). Все поверхностные мышцы заднего отдела ноги прикрепляются к пяточному сухожилию (ахиллову сухожилию) - сильному сухожилию, которое прикрепляется к пяточной кости голеностопной области, и все они способствуют плантарному сгибанию. Мышцы этого отдела большие и сильные и поддерживают человека в вертикальном положении. Самая поверхностная и заметная мышца голени - икроножная. Глубоко к этой мышце прилегает широкая плоская камбаловидная мышца. Между ними косо проходит подошвенная мышца; у некоторых людей может быть две эти мышцы, тогда как отсутствие подошвенной мышцы наблюдается примерно в семи процентах случаев вскрытия трупов. Сухожилие подошвенной мышцы является желательной замсой широкой фасции бедра при лечении грыж, пересадке сухожилий и восстановлении связок. В заднем отделе ноги также есть четыре глубокие мышцы: *popliteus*, *flexor digitorum longus*, *flexor hallucis longus* и *tibialis posterior* - все они способствуют плантарной флексии или инверсии стопы.

Стопа также имеет внутренние мышцы, которые берут начало на стопе и прикрепляются к ее костям (подобно внутренним мышцам кисти). Эти мышцы в основном обеспечивают поддержку стопы и ее свода, а также способствуют движению пальцев ног (рис. 38). Основной опорой продольного свода стопы является глубокая фасция, называемая подошвенным апоневрозом, которая проходит от пяточной кости до пальцев ног (воспаление этой ткани является причиной "подошвенного фасциита", который может поражать бегунов. К внутренним мышцам стопы относятся

разгибатель предплюсны на дорсальной стороне и подошвенная группа, состоящая из четырех слоев.



Рис. 38. Мышцы стопы

Вопросы для самопроверки

1. Объясните разницу между осевыми и аппендикулярными мышцами.
2. Опишите мышцы передней поверхности шеи.
3. Почему мышцы лица отличаются от обычных скелетных мышц?
4. Какие мышцы образуют подколенные сухожилия? Как они функционируют вместе?
5. Какие мышцы образуют четырехглавую мышцу? Как они функционируют вместе?
6. Опишите расположение пучков в мышцах брюшной стенки. Как они связаны друг с другом?
7. Каковы сходства и различия между диафрагмой и тазовой диафрагмой?
8. Сухожилия каких мышц образуют вращательную манжету? Почему важна вращательная манжета?
9. Перечислите общие группы мышц плечевого пояса и верхних конечностей, а также их подгруппы.

Ответы на вопросы

1. Осевые мышцы возникают на осевом скелете (кости головы, шеи и основной части тела), в то время как аппендикулярные мышцы возникают на костях, составляющих конечности тела.

2. Мышцы передней части шеи расположены так, чтобы облегчить глотание и речь. Они действуют на подъязычную кость: надподъязычные мышцы тянут вверх, а подподъязычные - вниз.

3. Большинство скелетных мышц обеспечивают движение за счет воздействия на скелет. Мимические мышцы лица отличаются тем, что они создают движения и выражения лица, натягивая кожу, без участия костей.

3. Мышцы брюшной стенки - это внутренние и наружные косые мышцы, расположенные по диагонали, прямая мышца живота, проходящая прямо по средней линии тела, и поперечная мышца живота, обвивающая туловище.

4. Обе диафрагмы представляют собой тонкие листы скелетных мышц, которые горизонтально охватывают участки туловища. Диафрагма, разделяющая грудную и брюшную полости, является основной мышцей дыхания. Тазовая диафрагма, состоящая из двух парных мышц, копчиковой и levator ani, образует тазовое дно на нижнем конце туловища.

5. Сухожилия infraspinatus, supraspinatus, teres minor и subscapularis образуют вращательную манжету, которая является основой для стабилизации и движения рук и плеч.

5. Мышцы, образующие мышцы плечевого пояса и верхних конечностей, включают мышцы, обеспечивающие положение тазового пояса, мышцы, обеспечивающие движение плечевой кости, мышцы, обеспечивающие движение предплечья, и мышцы, обеспечивающие движение запястий, кистей и пальцев.

6. Двуглавая мышца бедра, полуперепончатая мышца и полусухожильная мышца образуют подколенное сухожилие. Они сгибают ногу в коленном суставе.

7. Прямая мышца бедра, медиальная мышца бедра, латеральная мышца бедра и промежуточная мышца бедра образуют четырехглавую мышцу. Четырехглавая мышца разгибает ногу в коленном суставе.

Ситуационные задачи

Задача №1

У больного в результате травмы не открывается глаз.

Вопрос: Функция какой мышцы нарушена?

Собеседование по решению задачи: Мышцы лица (мимические мышцы): особенности их развития, строения, топографии, функций, классификация, кровоснабжение.

Ответ на вопрос: Круговой мышцы глаза.

Задача № 2

У больного жалобы на боли в височной области при открывании рта и жевании.

Вопрос: Перечислите жевательные мышцы.

Собеседование по решению задачи: Жевательные мышцы: особенности развития; топография, строение, функции, кровоснабжение.

Ответ на вопрос: Жевательная мышца, височная мышца, медиальная и латеральная крыловидные мышцы.

Задача № 3

Во время осмотра пострадавшего в результате ранения передней области шеи было

отмечено, что затронута зона сонного треугольника.

Вопрос: Какие структуры ограничивают сонный треугольник?

Собеседование по решению задачи: Мышцы шеи: классификация, строение, функции, кровоснабжение, иннервация. Области и треугольники шеи. Фасции и клетчаточные пространства шеи.

Ответ на вопрос: Спереди и сверху – заднее брюшко двубрюшной мышцы; сзади – передний край грудино-ключично-сосцевидной мышцы; спереди и снизу – верхнее брюшко лопаточно-подъязычной мышцы.

Задача № 4

При переломе ребер со смещением их фрагментов оказались поврежденными наружные и внутренние межреберные мышцы.

Вопрос: К какой группе мышц они относятся?

Собеседование по решению задачи: Мышцы и фасции груди: классификация, строение, функции, кровоснабжение.

Ответ на вопрос: К собственным мышцам груди.

Задача № 5

У больного выявлена диафрагмальная грыжа.

Вопрос: Укажите слабые места диафрагмы.

Собеседование по решению задачи: Диафрагма: топография, части, строение, функции, кровоснабжение.

Ответ на вопрос: Пояснично-реберные и грудино-реберные треугольники.

Задача № 6

При повышении внутрибрюшного давления у больного выявлена грыжа в области передней брюшной стенки.

Вопрос: Перечислите слабые места передней брюшной стенки.

Собеседование по решению задачи: Анатомия мышц живота: классификация, топография, строение, функции, кровоснабжение, иннервация. Влагалище прямой мышцы живота. Белая линия живота.

Ответ на вопрос: Белая линия живота, пупочное кольцо, латеральная и медиальная паховые ямки.

Задача № 7

У больного выявлена паховая грыжа.

Вопрос: Назовите содержимое пахового канала у мужчин и женщин.

Собеседование по решению задачи: Паховый канал; его стенки, наружное и внутреннее кольца пахового канала.

Ответ на вопрос: У мужчин - семенной канатик, у женщин - круглая связка матки.

Задача № 8

У больного растяжение поверхностных мышц спины.

Вопрос: Перечислите поверхностные мышцы спины.

Собеседование по решению задачи: Мышцы спины: классификация, топография, строение, функции, кровоснабжение.

Ответ на вопрос: Трапецевидная, широчайшая, большая и малая ромбовидные мышцы; мышца, поднимающая лопатку; верхняя и нижняя задние зубчатые мышцы.

Задача № 9

Больному необходимо хирургическое вмешательство в области задней стенки подмышечной ямки.

Вопрос: Какие отверстия имеются в задней стенке подмышечной ямки?

Собеседование по решению задачи: Подмышечная ямка: границы, стенки, отверстия, топография, содержимое.

Ответ на вопрос: Трехстороннее и четырехстороннее отверстия.

Задача № 10

При травматическом повреждении области плеча пострадало сухожилие мышцы, прикрепляющейся к гребню малого бугорка плечевой кости.

Вопрос: Назовите эту мышцу.

Собеседование по решению задачи: Мышцы плечевого пояса: классификация, топография, строение, функции, кровоснабжение.

Ответ на вопрос: Широчайшая мышца спины.

Задача № 11

У больного отмечается слабое развитие двуглавой мышцы плеча.

Вопрос: Укажите функции этой мышцы.

Собеседование по решению задачи: Мышцы плеча: классификация, топография, строение, функции, кровоснабжение.

Ответ на вопрос: Сгибает и супинирует предплечье в локтевом суставе, сгибает плечо в плечевом суставе.

Задача № 12

В результате травмы у больного повреждена дельтовидная мышца.

Вопрос: Укажите места начала и прикрепления дельтовидной мышцы и её функции.

Собеседование по решению задачи: Мышцы плечевого пояса: топография, строение, функции, кровоснабжение.

Ответ на вопрос: Дельтовидная мышца начинается от акромияльного конца ключицы, акромiona и ости лопатки, прикрепляется к дельтовидной бугристости плечевой кости.

Функции: сгибание, разгибание, отведение верхней конечности в плечевом суставе до горизонтального уровня, а также ее пронация и супинация.

Задача № 13

Больной доставлен в хирургическое отделение с глубокой резаной раной ладонной поверхности левой кисти.

Вопрос: Сухожилия каких мышц предплечья повреждены?

Собеседование по решению задачи: Мышцы и фасции предплечья: классификация,

топография, строение, функции, кровоснабжение.

Ответ на вопрос: Глубокий и поверхностный сгибатели пальцев, длинный сгибатель большого пальца, длинная ладонная мышца.

Задача № 14

У больного с травмой кисти выявлен перелом ладьевидной кости.

Вопрос: К какому из трех отделов костей кисти относится травмированная кость?

Собеседование по решению задачи: Кисть: кости, суставы, мышцы; их функции, кровоснабжение.

Ответ на вопрос: К костям проксимального ряда запястья.

Задача № 15

Больной был доставлен в травматологическое отделение с глубокой резаной раной ладони кисти.

Вопрос: Перечислите группы мышц кисти, которые при этом могли быть повреждены.

Собеседование по решению задачи: Мышцы кисти: строение, функции, кровоснабжение.

Ответ на вопрос: Мышцы возвышения большого пальца, мышцы возвышения малого пальца, средняя группа мышц кисти.

Задача № 16

В результате неправильного выполнения внутримышечной инъекции у больного развился абсцесс (гнойное воспаление) в ягодичной области.

Вопрос: Назовите мышцу, вовлеченную в воспалительный процесс.

Собеседование по решению задачи: Мышцы таза: классификация, топография, строение, функции, кровоснабжение.

Ответ на вопрос: Большая ягодичная мышца.

Задача № 17

Результатом повреждения бедренного нерва явилось нарушение функций мышц передней группы бедра.

Вопрос: Перечислите мышцы этой группы.

Собеседование по решению задачи: Мышцы бедра: классификация, строение, функции, кровоснабжение.

Ответ на вопрос: Четырехглавая мышца бедра, портняжная мышца

Задача № 18

В результате воспаления запирательного нерва появилось нарушение функции мышц медиальной группы бедра.

Вопрос: Перечислите мышцы этой группы.

Собеседование по решению задачи: Мышцы бедра: классификация, топография, строение, функции, кровоснабжение.

Ответ на вопрос: Тонкая, гребенчатая, приводящие (большая, короткая, длинная).

Задача № 19

Хирургу необходимо провести операцию в области подколенной ямки.

Вопрос: Какие структуры нижней конечности ограничивают подколенную ямку и проецируются в неё?

Собеседование по решению задачи: Назовите важные топографо-анатомические образования нижней конечности, их границы и содержимое.

Ответ на вопрос: Подколенная ямка ограничена сверху сухожилиями полусухожильной и полуперспончатой мышц (медиально), сухожилием двуглавой мышцы бедра (латерально) и снизу головками икроножной мышцы. Содержит большеберцовый нерв, подколенную артерию и вену, лимфатические сосуды и узлы.

Задача № 20

В травматологический пункт доставлен пациент с травмой сухожилия правой трехглавой мышцы голени.

Вопрос: Чем проявится нарушение функции этой мышцы?

Собеседование по решению задачи: Мышцы, фасции голени и стопы: топография, строение, функции, кровоснабжение.

Ответ на вопрос: Затруднением сгибания правой стопы; при фиксированной стопе — опрокидыванием тела вперед в правом голеностопном суставе.

Литература:

1. Астапова В.М., Микадзе Ю.В. Атлас «Нервная система человека. Стросние и нарушения».- М.: ПЕР СЭ, 2001.
2. Гайворонский И.В. Норм. Анатомия человека: В 2т: Учеб. – СПб.: Спец. литр., 2003-2004.
3. Гайворонский И.В., Ничипорук III.Н. Анатомия мышечной системы: Учеб. Пособие для мед. Вузов. – СПб: Элби, 2007.
4. Гайворонский И.В., Гайворонский А.И. Функциональная анатомия ЦНС: Учеб. Пособие для мед. Вузов. – СПб: Спец. Лит., 2007.
5. Егорова Е.Е., Соколова Р.Г., Осинская А.А., Афанасьева О.Г., Гурьева А.Б. Миология - Якутск 2006г.
6. Кондрашев А.В. и др. Нормальная анатомия человека в тестах. – М.: ЭКСМО, 2008.
7. Корнев М.А., Надъярная Т.Н. Анатомия человека от эмбриогенеза до зрелости: Учеб. пособ. – СПб: ООО «Издательство ФОЛИАНТ», 2002.
8. Михайлов С.С. Анатомия человека М. Медицина, 2004 (для студентов стоматологических институтов).
9. Нэттер Ф. Атлас Анатомии человека /пер. с английского. – М.: ГЭОТАР МЕД, 2003.
10. Николаев А.В. Топографическая анатомия и оперативная хирургия: учебник / 3-е изд., испр. и доп. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. — 736 с.
11. Островерхов Г.Е. Оперативная хирургия и топографическая анатомия [Текст]: учеб. для мед. вузов / Г.Е. Островерхов, Ю.М. Бомаш, Д.Н. Лубоцкий. – 5-е изд., испр. – М.: МИА, 2013. – 736 с
12. Ржевская Ж.А. Лекции по нормальной анатомии человека. – М.: ООО. Издательский дом РАВНОВЕСИЕ, 2006.
13. Сапин М.Р., Билич Г.Л. Анатомия человека: Учеб. для студ. Биол. и мед. вузов: В 2т.-М.: Высш. шк., 1996. Сапин М.Р. Анатомия человека - М.: Медицина, 2001-2002 в 2-х томах
14. Сапин М.Р. Атлас нормальной анатомии человека. М: Мед пресс информ, 2006-2007.
15. Сергиенко В.И., Топографическая анатомия и оперативная хирургия в 2-х т. - М.: Медицина, 2002-2005.
16. Синельников Р.Д. Атлас анатомии человека. - М.: Медицина, 1996 в 4-х томах
17. Привес М.Г., Лысенков Н.К., Бушкович В.И. Анатомия человека.- 11-е изд., испр. и доп.-СПб.: Гиппократ, 2001.
18. Привес, М.Г. Анатомия человека / М.Г. Привес, Н.К. Лысенков, В.И. Бушкович. – Санкт-Петербург : СПбМАПО, 2011, 2014. – 720 с.
19. Фишкин А.В., Мицьо В.П. Оперативная хирургия и топографическая анатомия. Лекции для студентов. 4 курс. М.: Издательский дом РАВНОВЕСИЕ, 2006. ЛА Научная книга, 2005.
20. Ханц Фениш Карманный атлас анатомии человека. – Минск: «Высшая школа», 2002.

Функциональная анатомия скелетных мышц человека

Э.У. Хусанов, А.А. Ким.

“TIBBIYOT KO‘ZGUSI” NASHRIYOTI

Mas'ul muharrir — Madina Mirzakarimova

Musahhah — Olim RAXIMOV

Texnik muharrir — Nodir Isayev

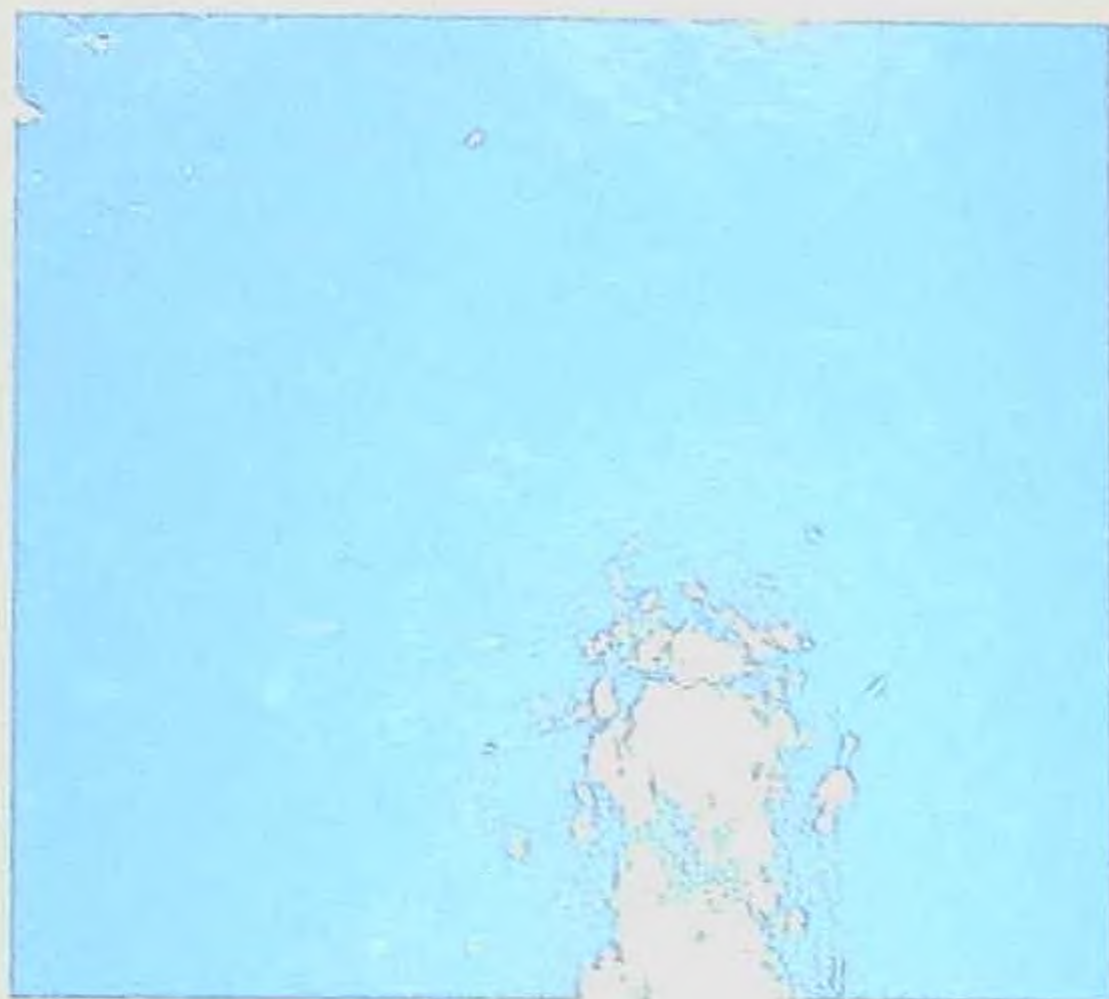
Dizayner va sahifalovchi — Shahobiddin Zamonov

“TIBBIYOT KO‘ZGUSI” bosmaxonasida chop etildi.

Pochta indeksi 140100. Samarqand shahar,

Amir Temur ko‘chasi, 18-uy.

Bosishga 27.04.2022 ruxsat etildi. Bayonnoma raqami: 9
Bichimi 60x84^{1/16}, “Times New Roman” garniturasida 5.81 bosma taboq.
Adadi: 200 nusxa. Buyurtma raqami: 35 / 12.04.2022
Tel: (99) 448-80-19.



“TIBBIYOT KO’ZGUSI” MCHJ

