



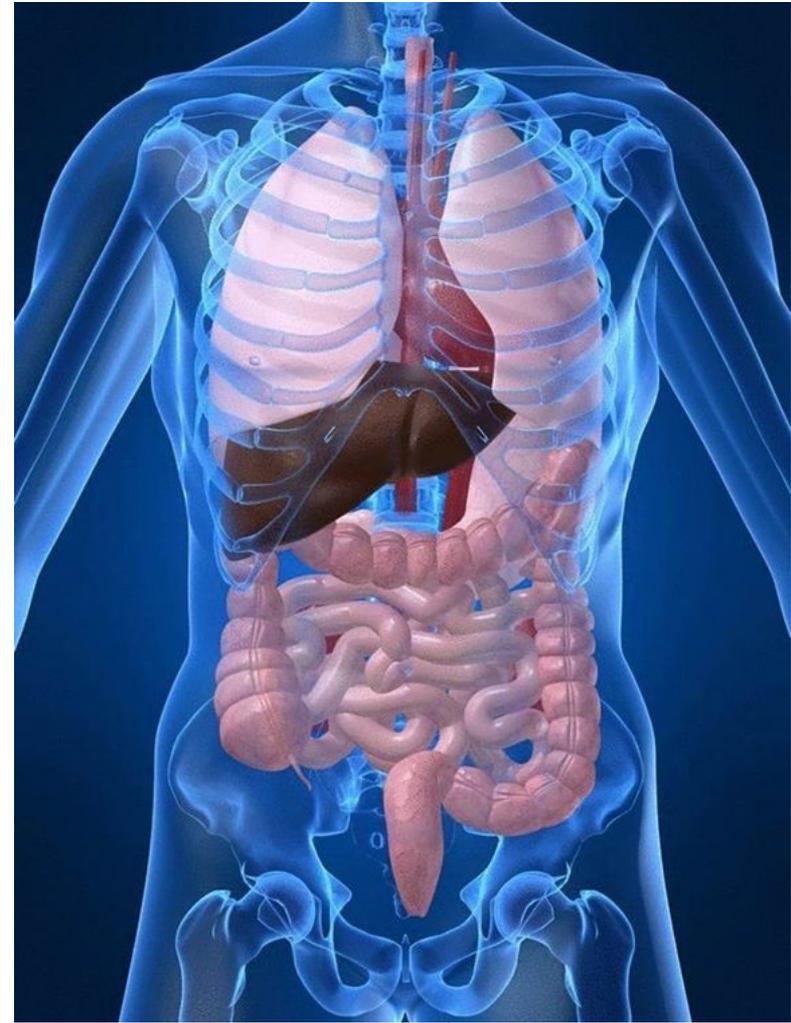
Тема: «Строение и работа мышц»

Задачи:

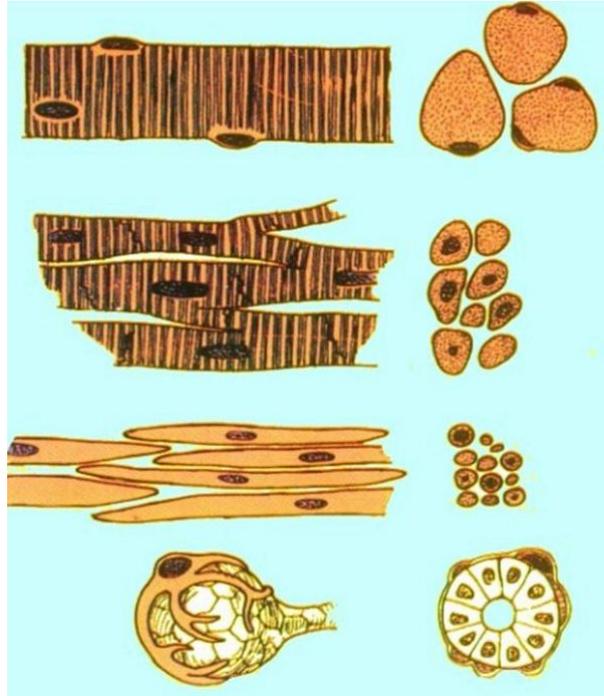
Изучить особенности строения,
виды мышц и работу мышц

Пименов А.В.

Мышечные ткани

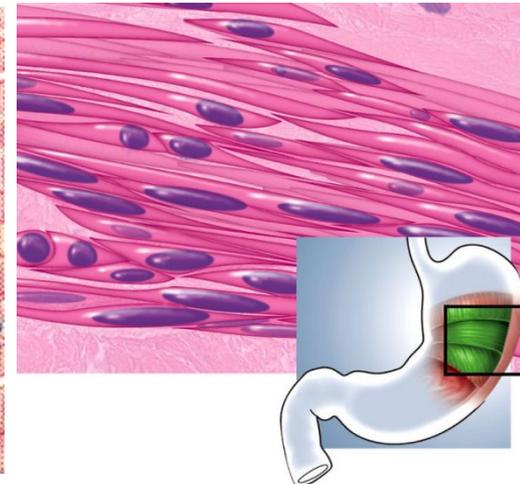
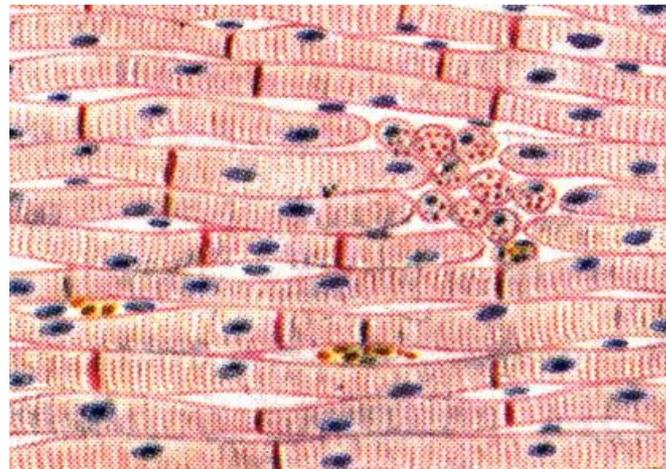
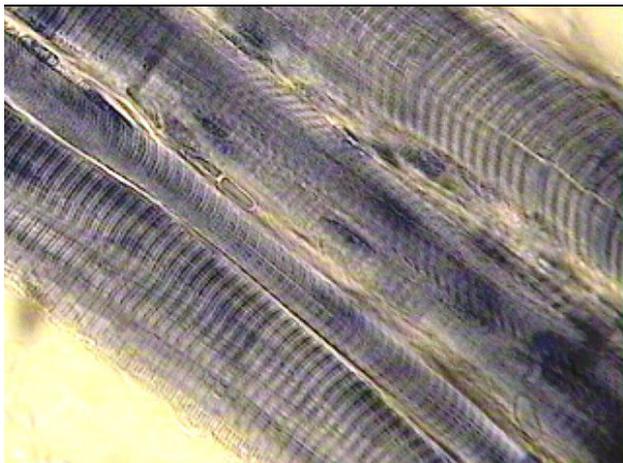


Мышечные ткани

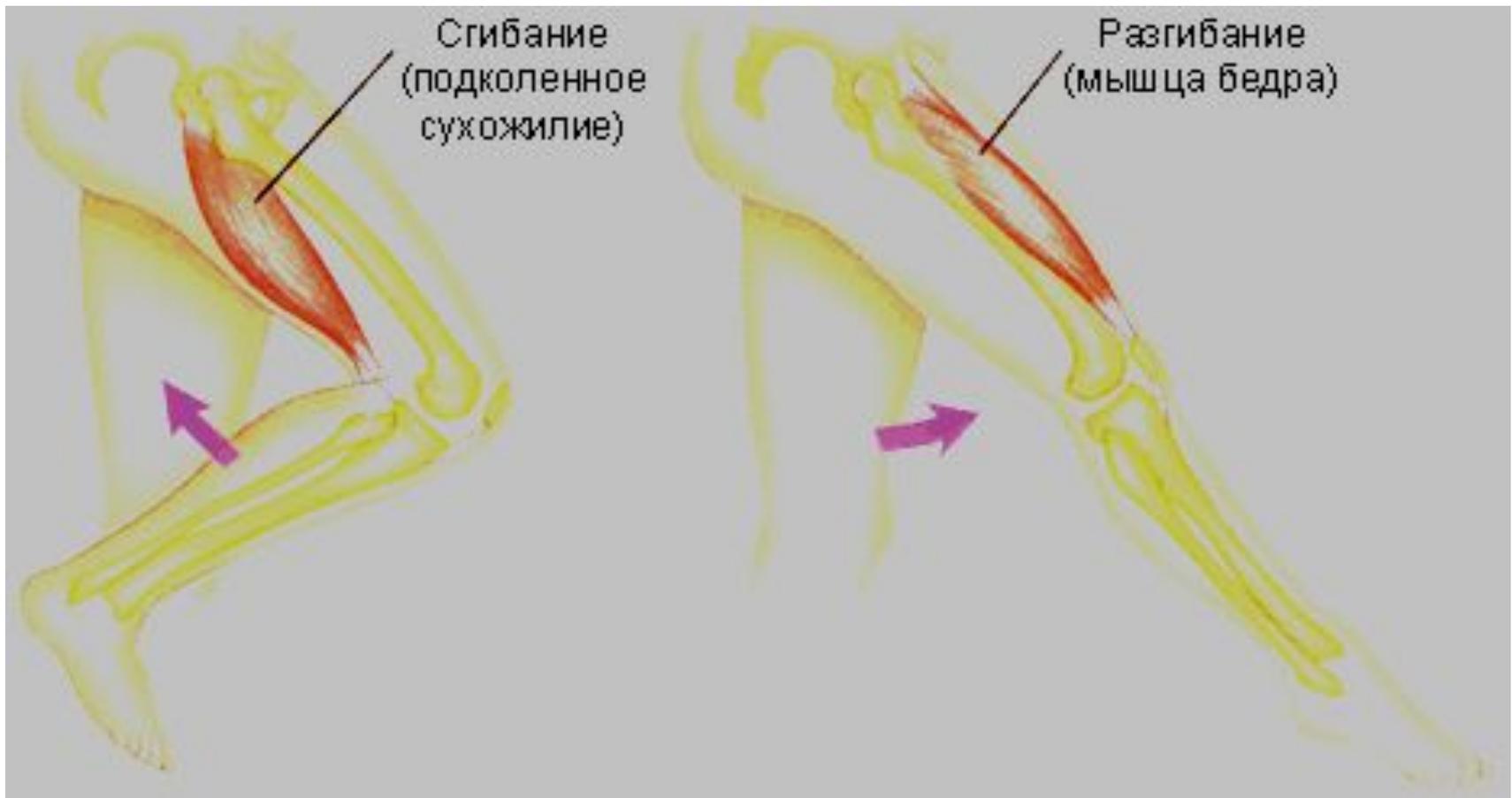


Различают три типа мышечных тканей:

- А. Поперечнополосатые скелетные, регулируются СНС;
- В. Поперечнополосатые сердечные, регулируются ВНС; есть клетки, способные к автоматии.
- С. Гладкие, регулируются ВНС. Некоторые способны к автоматии (желудок, кишечник, мочеточники). Возбуждение передается соседним клеткам.

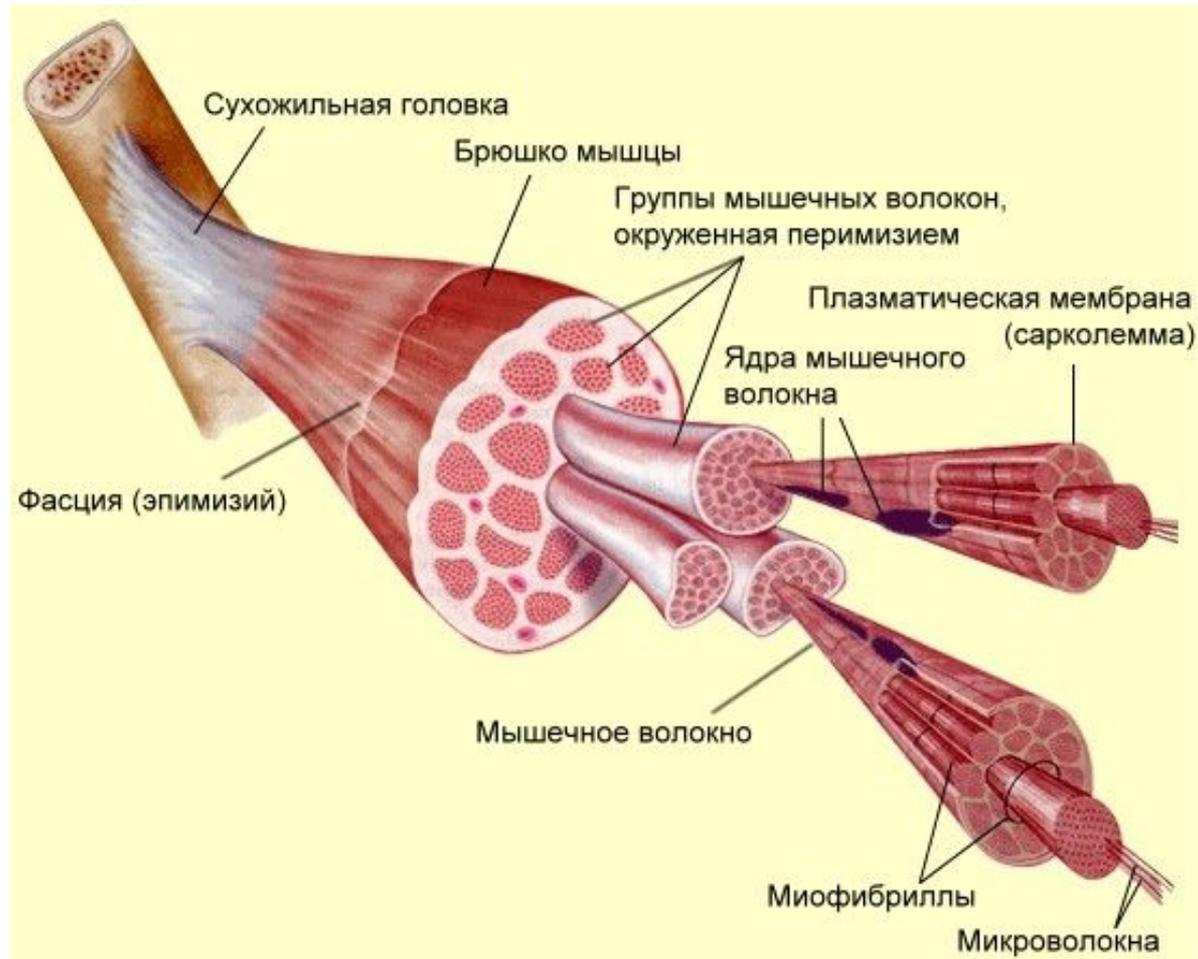


Мышечные ткани



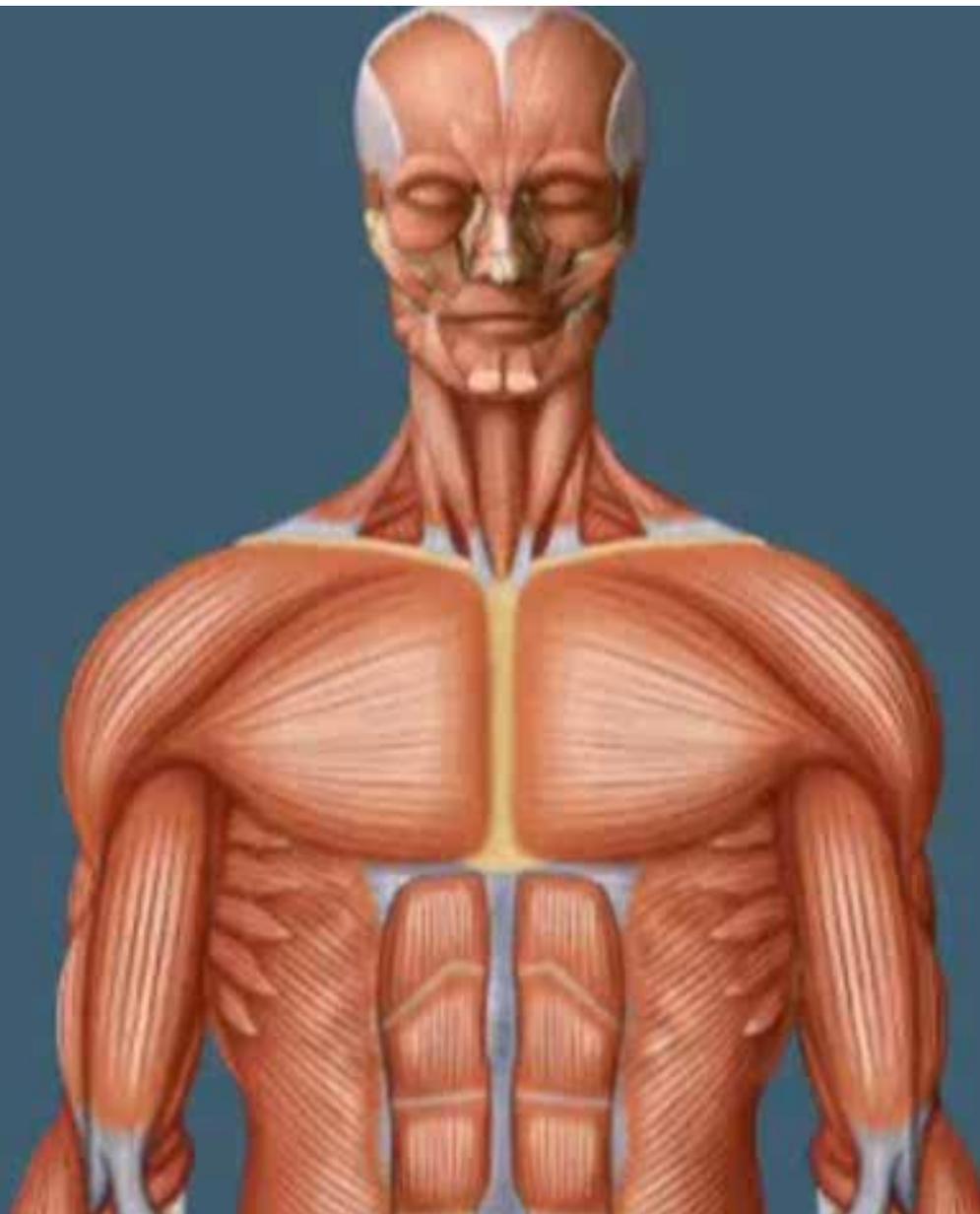
У взрослого человека мышцы составляют 40% от массы тела, насчитывается около 400 скелетных мышц. В мышце различают утолщенную среднюю часть - брюшко. Прикрепляется мышца с помощью сухожилий к неподвижной (головка мышцы) и подвижной (хвост мышцы) части скелета.

Строение мышц



Мышцы и группы мышц окружены соединительнотканными оболочками – **эпимизием**, или **фасцией**, группы мышечных волокон окружает **перимизий**, соединительная ткань между волокнами - **эндомизий**.

Строение мышц



Строение мышц

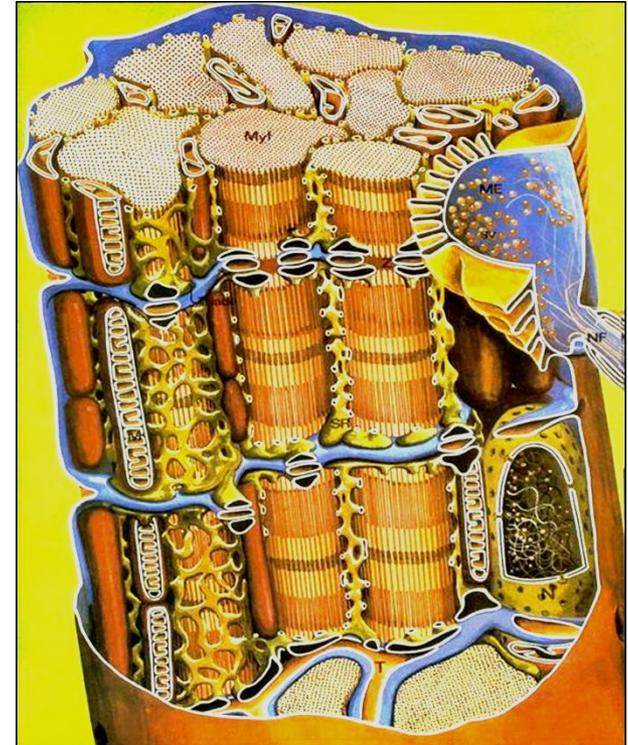
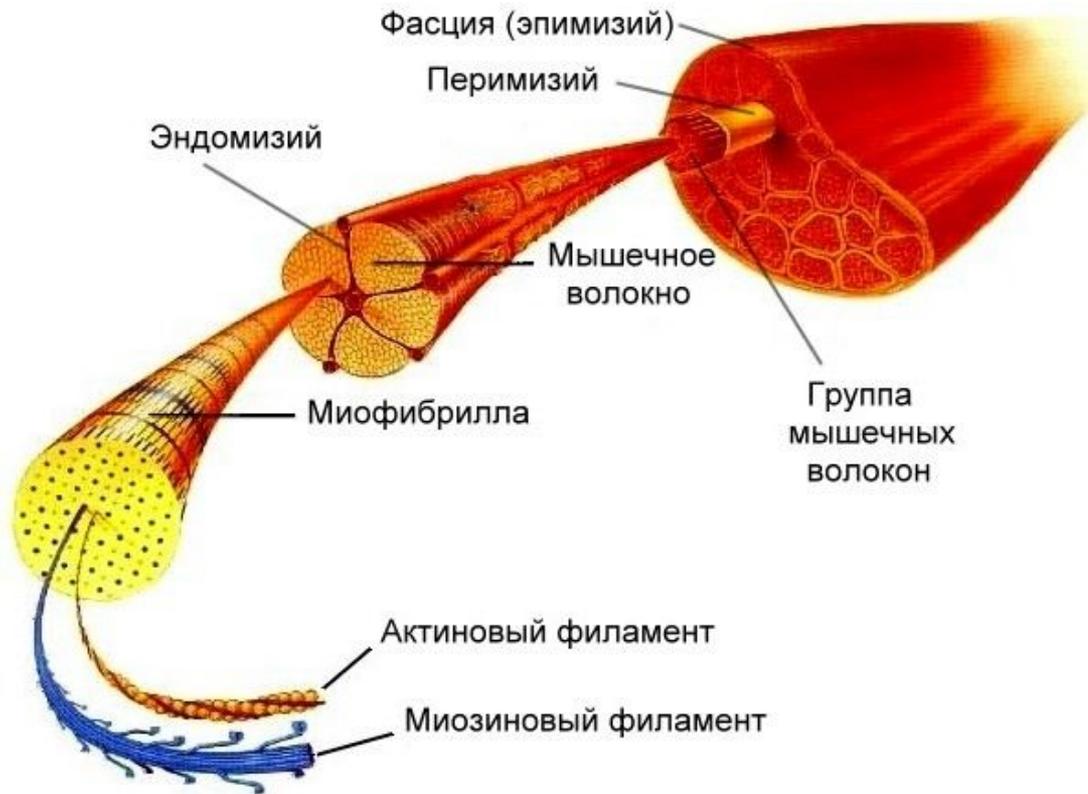


Форма мышц разнообразна: длинные, короткие, широкие, двуглавые, трехглавые и другие.

Мышцы-антагонисты обеспечивают движение в суставах (сгибатели и разгибатели, приводящие и отводящие, вращатели).

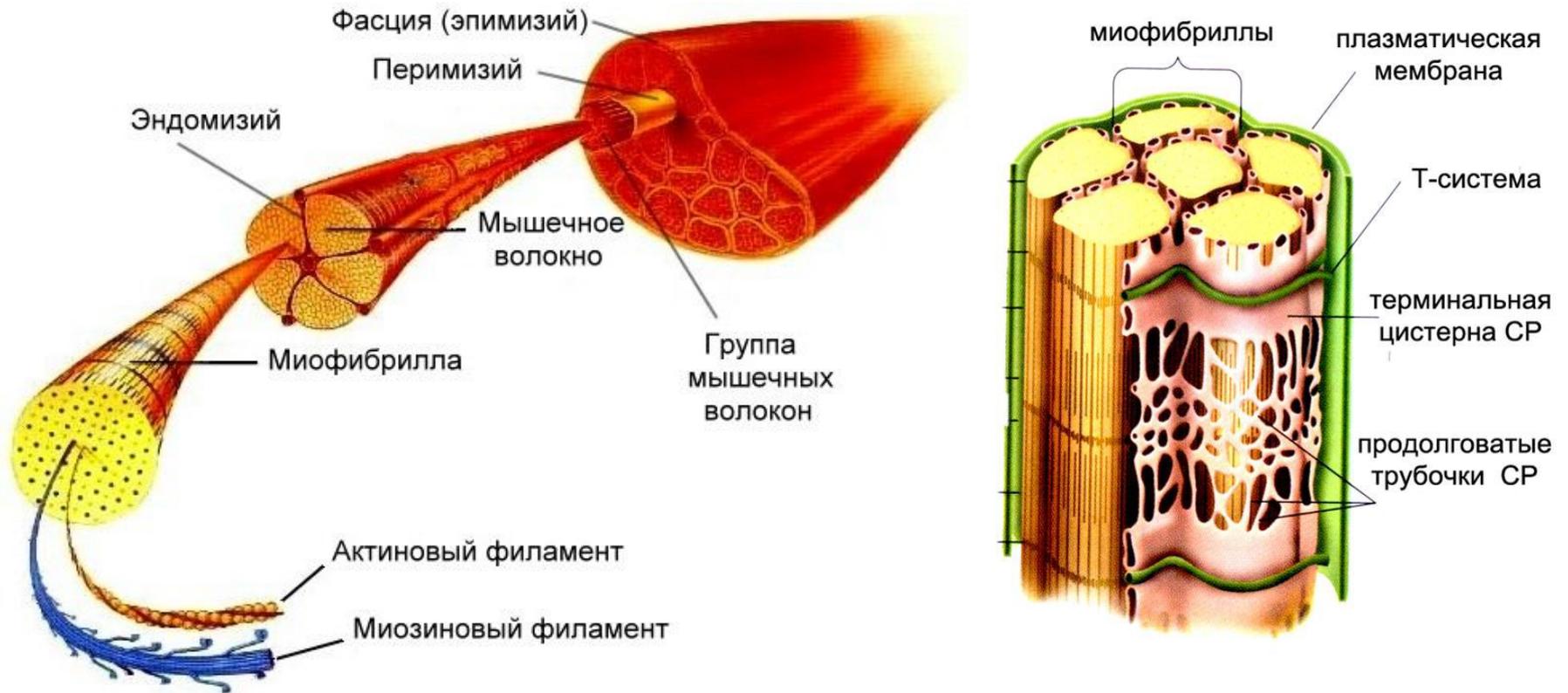
Мышцы, выполняющие движение в одном направлении - **синергисты**.

Строение мышц



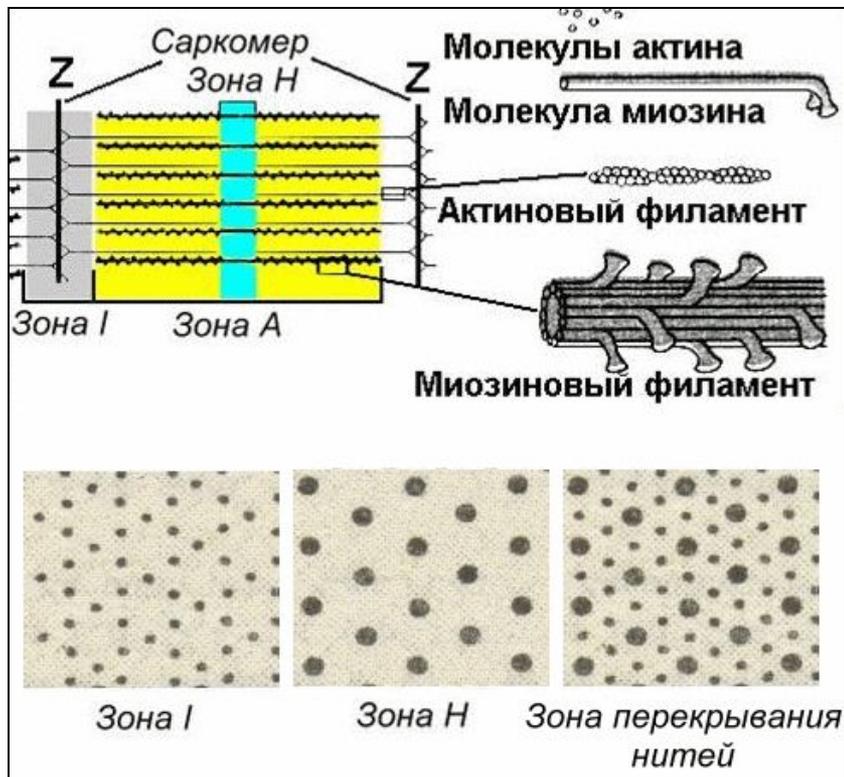
Скелетное мышечное волокно имеет форму цилиндра. Длина мышечного волокна обычно соответствует длине мышцы, т.е. измеряется сантиметрами и десятками сантиметров, диаметр – до 0,1 мм. Снаружи покрыты *сарколеммой*, цитоплазма – *саркоплазма*. В ней очень много митохондрий и сеть внутренних мембран – *саркоплазматический ретикулум*.

Строение мышц



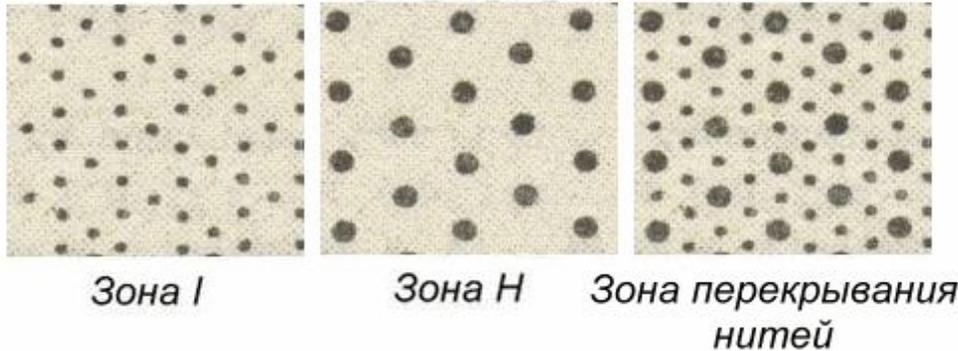
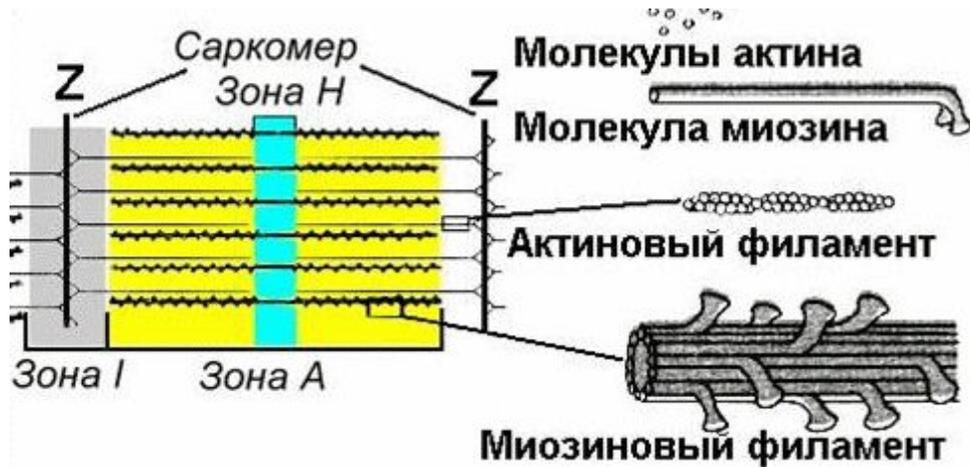
Поперек волокна проходит система трубочек, Т-система, связанная с сарколеммой и цистернами саркоплазматического ретикулума, образующая триады. В триадах происходит передача возбуждения на мембраны цистерн и высвобождение Ca^{2+} . Внутри мышечного волокна находятся миофибриллы.

Строение мышц



Миофибриллы состоят из двух типов нитей, из белка актина - тонких и из миозина - толстых. Актиновые нити закреплены на полоске Z, их концы заходят в промежутки между миозиновыми нитями. При сокращении волокна нити не укорачиваются, актиновые нити вдвигаются между миозиновыми. Это представление получило название теории зубчатого колеса. В 1954 году было показано что зона A оставалась постоянной в расслабленном и сокращенном саркомере. Саркомере способен укорачиваться на 30% от своей длины.

Строение мышц

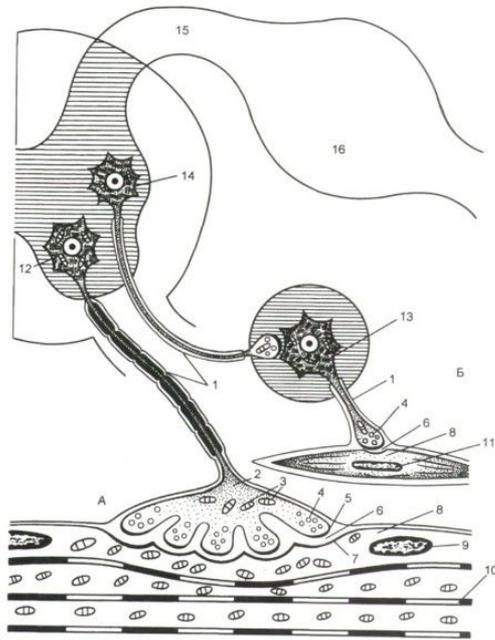


Молекулы миозина имеют хвост и две головки. Актиновая нить (F-актин, фибриллярный) образована двумя спиральными тяжами глобулярного (G-актина), как две нитки бус.

Строение мышц

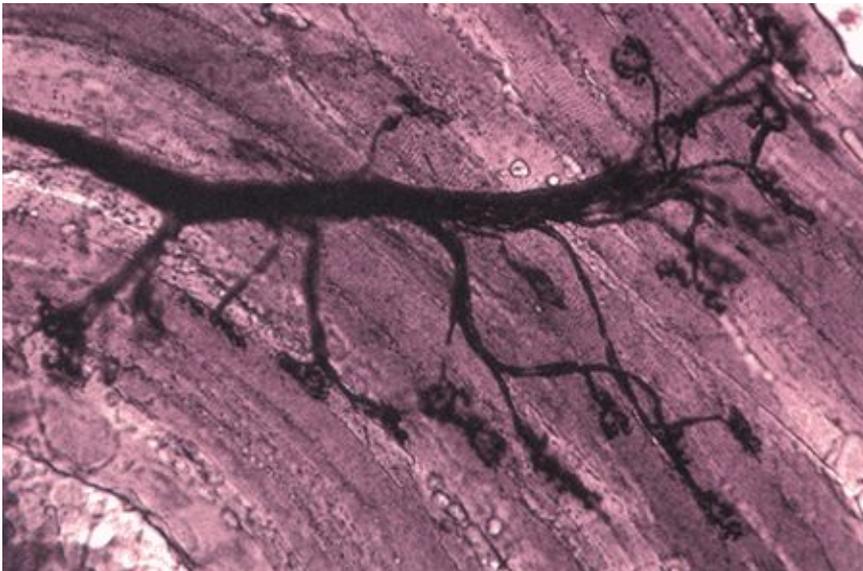


Строение мышц

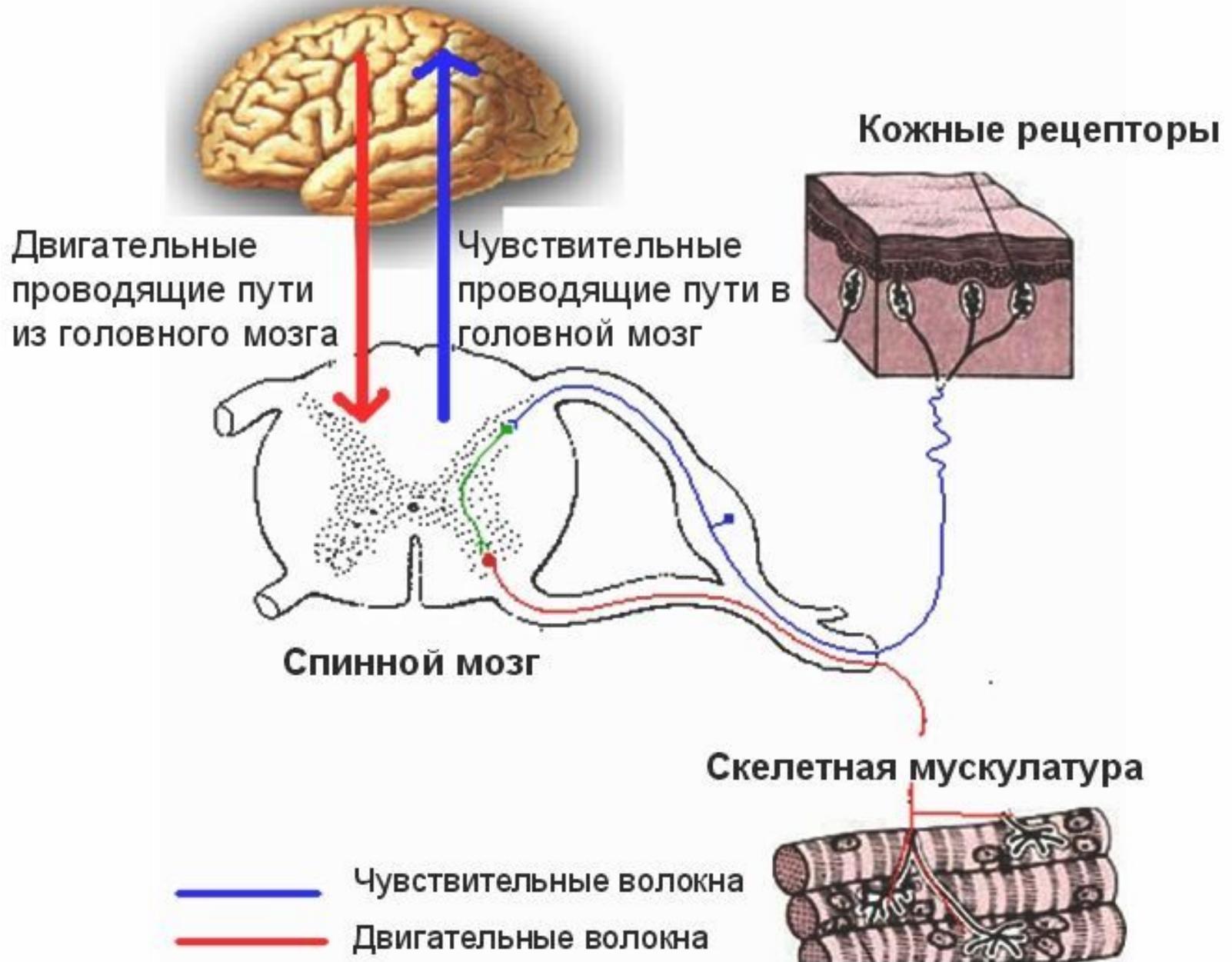


Мышечные волокна изолированы от соседних, при этом они сокращаются по принципу "все или ничего", т.е. волокно сокращается с максимальной для него силой, если возбуждение достигло порогового уровня. Степень сокращения зависит от числа сократившихся волокон.

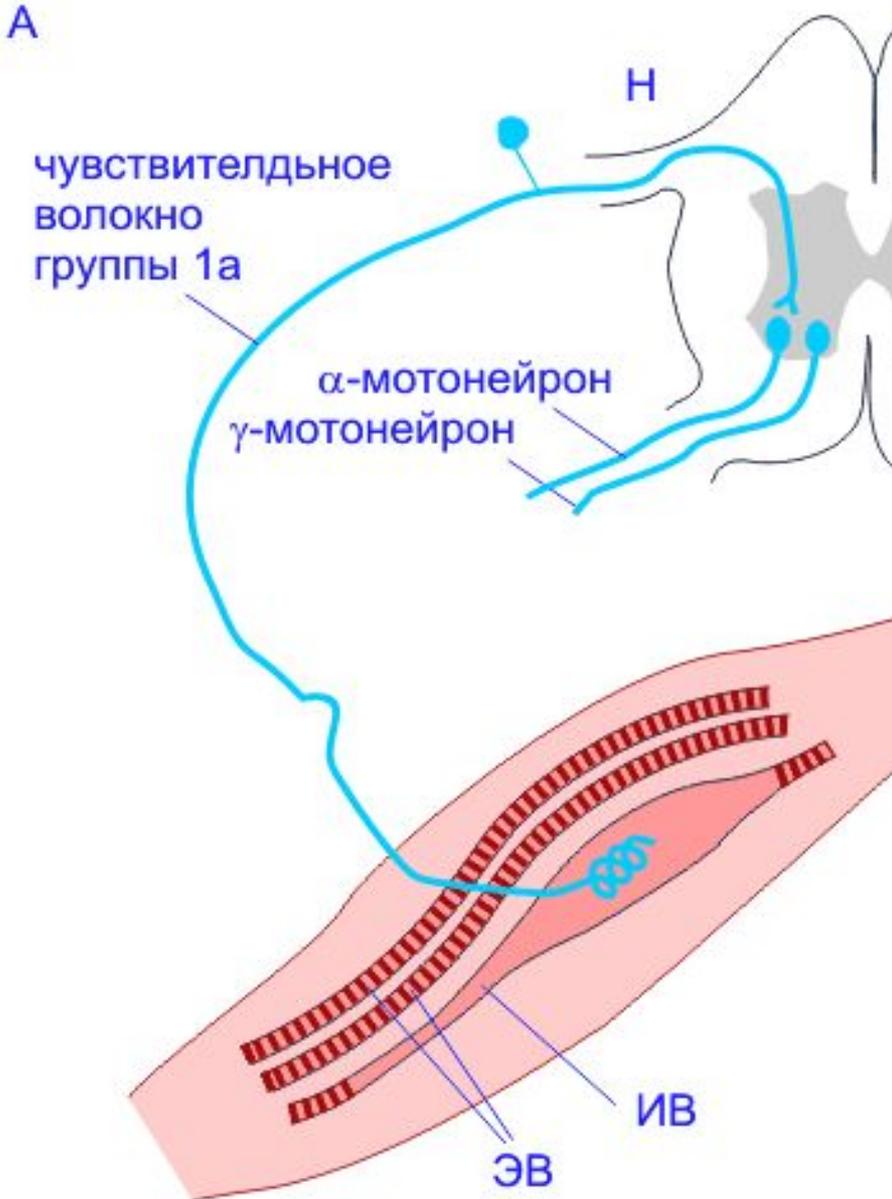
Возбуждение на мышцы-синергисты идет от моторной зоны лобной доли, передается с помощью нисходящих путей **соматической НС** на соответствующие сегменты спинного мозга, затем по двигательным нейронам на **нервно-мышечные соединения**, **медиатор АХ**.



Строение мышц

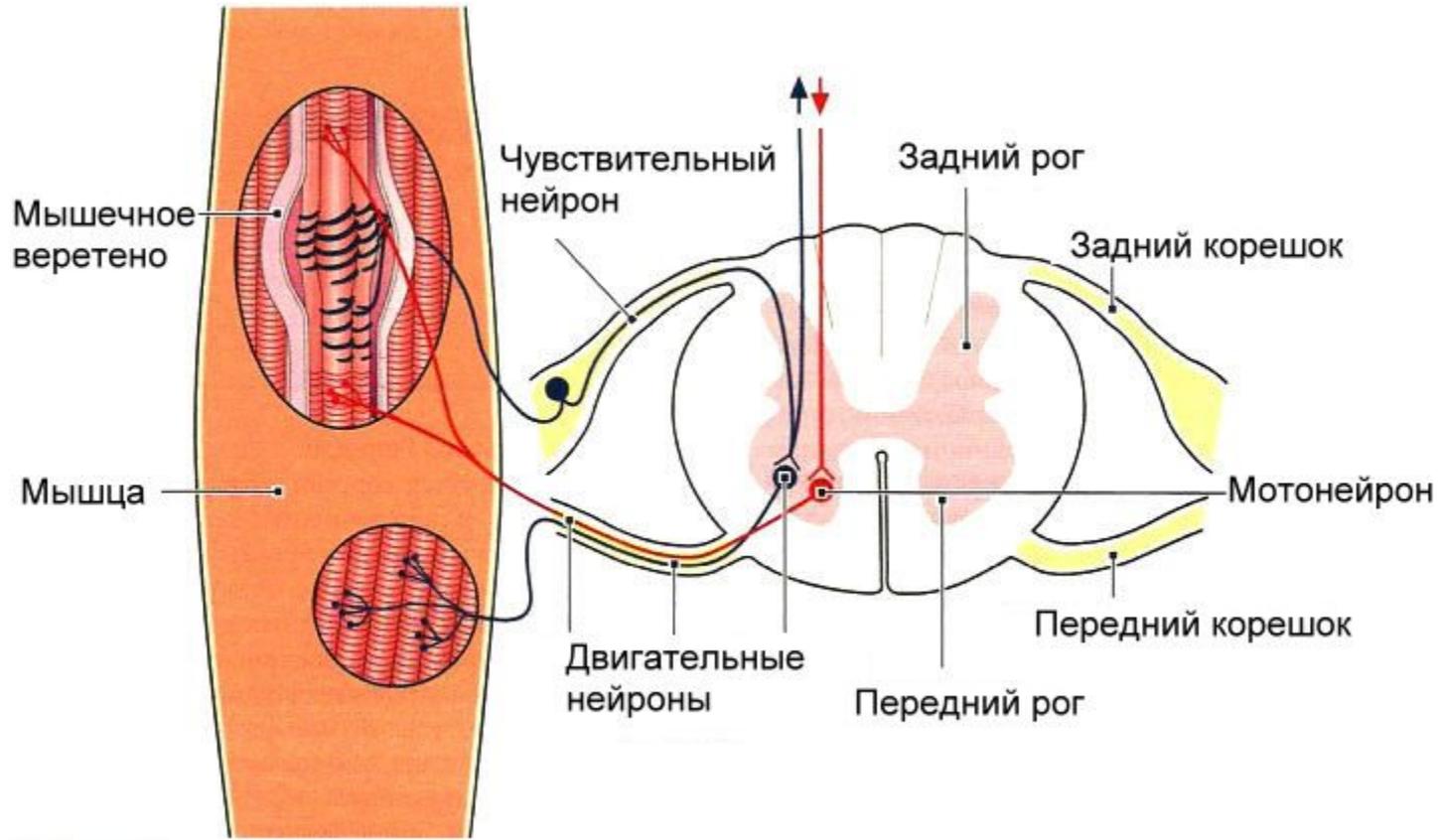


Строение мышц



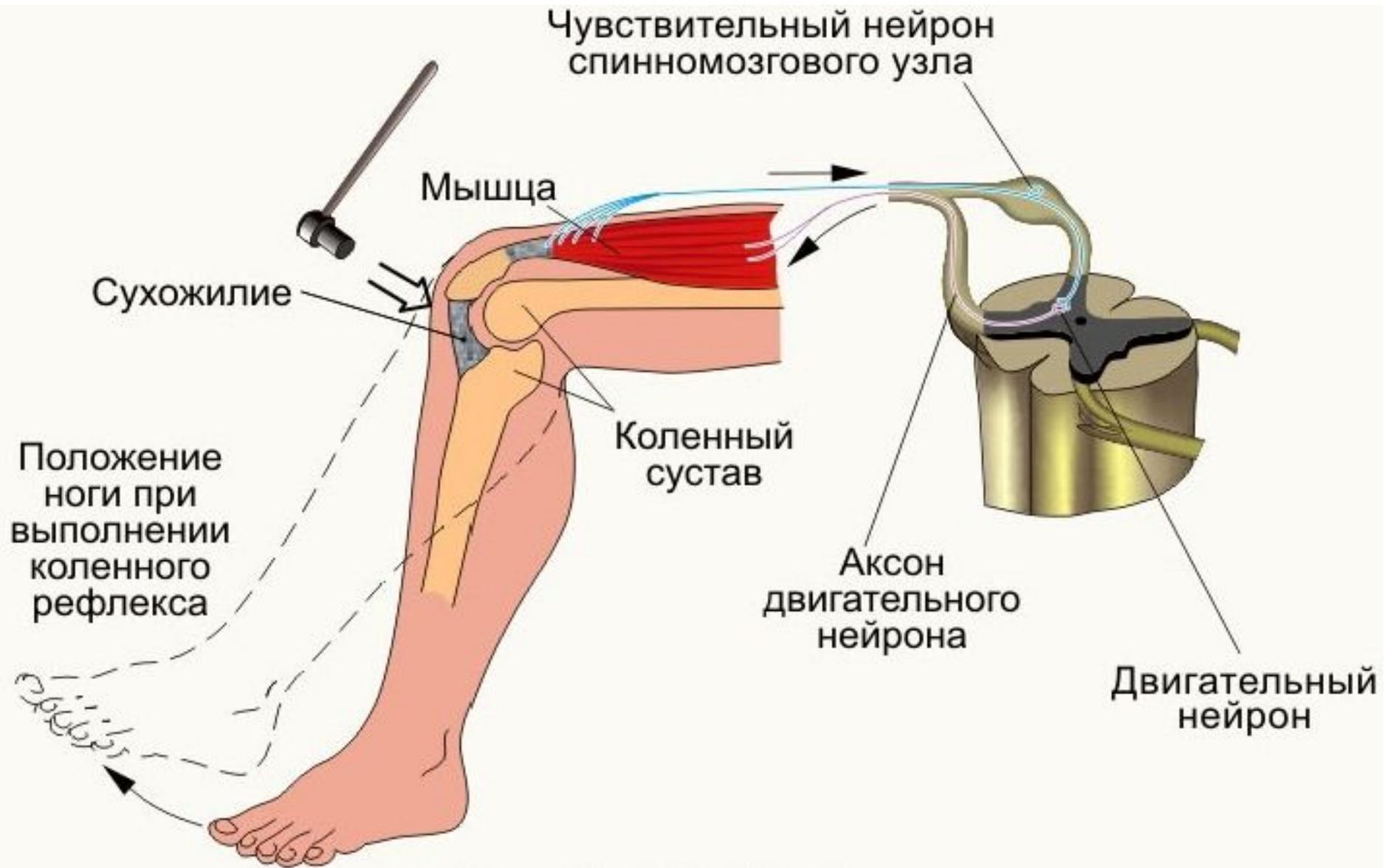
В мышцах также находятся **нервно-мышечные веретена** – **сложные рецепторы**, которые реагируют на **растяжение** мышцы. Информация передается в спинной и головной мозг и обеспечивает возможность контроля за сокращением мышц.

Строение мышц



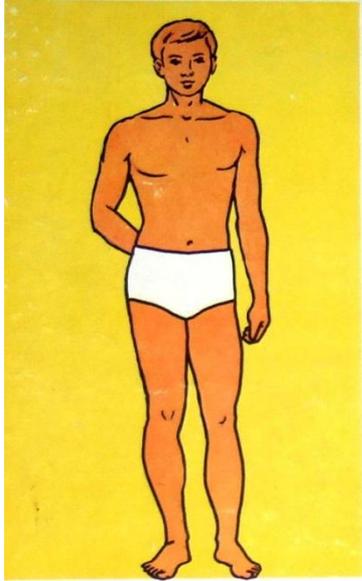
Система обратной связи. Организм должен оценить, насколько корректно и правильно был организован этот ответ. Во время ответной реакции рецепторы рабочего органа возбуждаются, и от них обратно в центральную нервную систему поступает информация о достигнутом результате. Таким образом, наличие обратных связей позволяет нервному центру рефлекса контролировать точность выполнения своих команд и при необходимости вносить срочные изменения в работу исполнительного органа.

Строение мышц



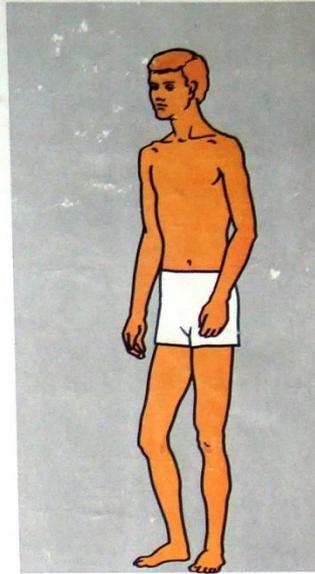
Строение мышц

ТРЕНИРОВАННЫЙ
ПОДРОСТОК

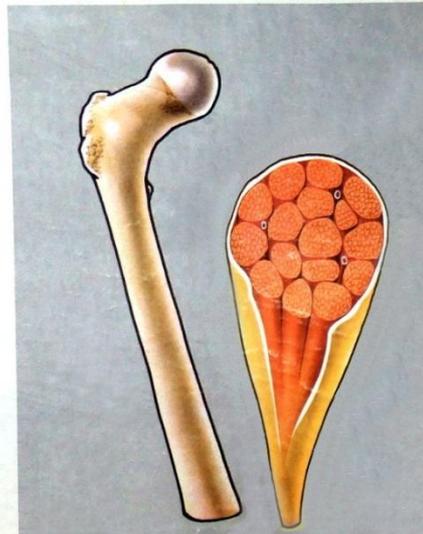
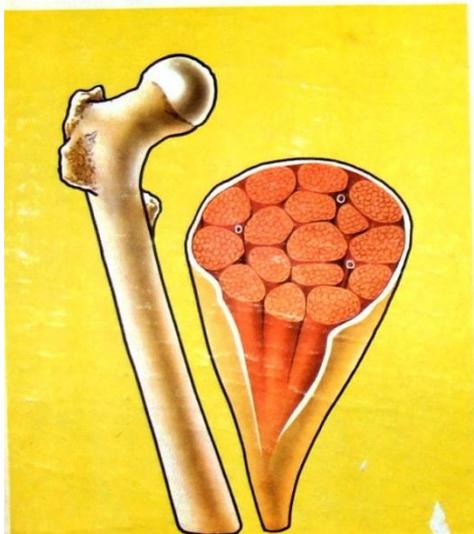


ДЛИНА ТЕЛА	175	165
МАССА ТЕЛА	67	60
ОКРУЖНОСТЬ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ	90	82

НЕТРЕНИРОВАННЫЙ
ПОДРОСТОК



БУГРИСТОСТЬ КОСТЕЙ
КОЛИЧЕСТВО СОКРАТИТЕЛЬНЫХ ВОЛОКОН В МЫШЦЕ

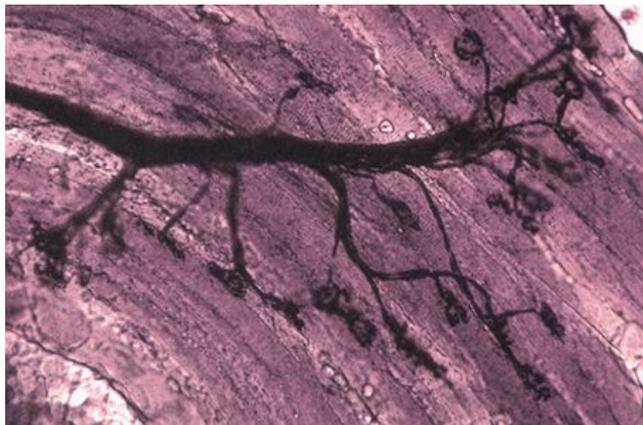


При физических нагрузках происходит увеличение миофибрилл в волокнах – *гипертрофия* волокон. При этом увеличивается число митохондрий в волокнах, объем цитоплазмы и число миофибрилл в волокнах.

Число волокон при физических нагрузках не изменяется, увеличивается только их объем.

Количество мышечных волокон в ходе индивидуального развития также не изменяется.

Строение мышц

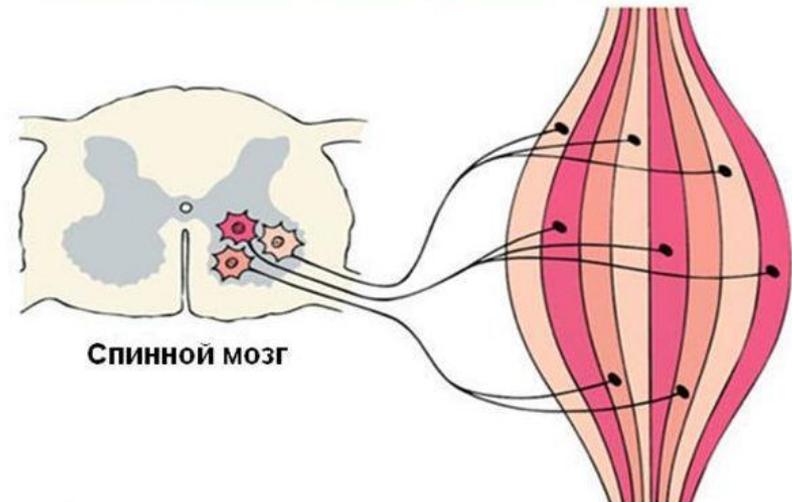


Комплекс, включающий один мотонейрон и иннервируемые мышечные волокна (150 волокон и более), называют **двигательной единицей (ДЕ)**, или нейромоторной единицей (НМЕ).

ДЕ отличаются строением и функциональными особенностями и делятся на **красные, или медленные, медленноутомляемые мышечные волокна** и **быстрые, белые, или утомляемые мышечные волокна**.

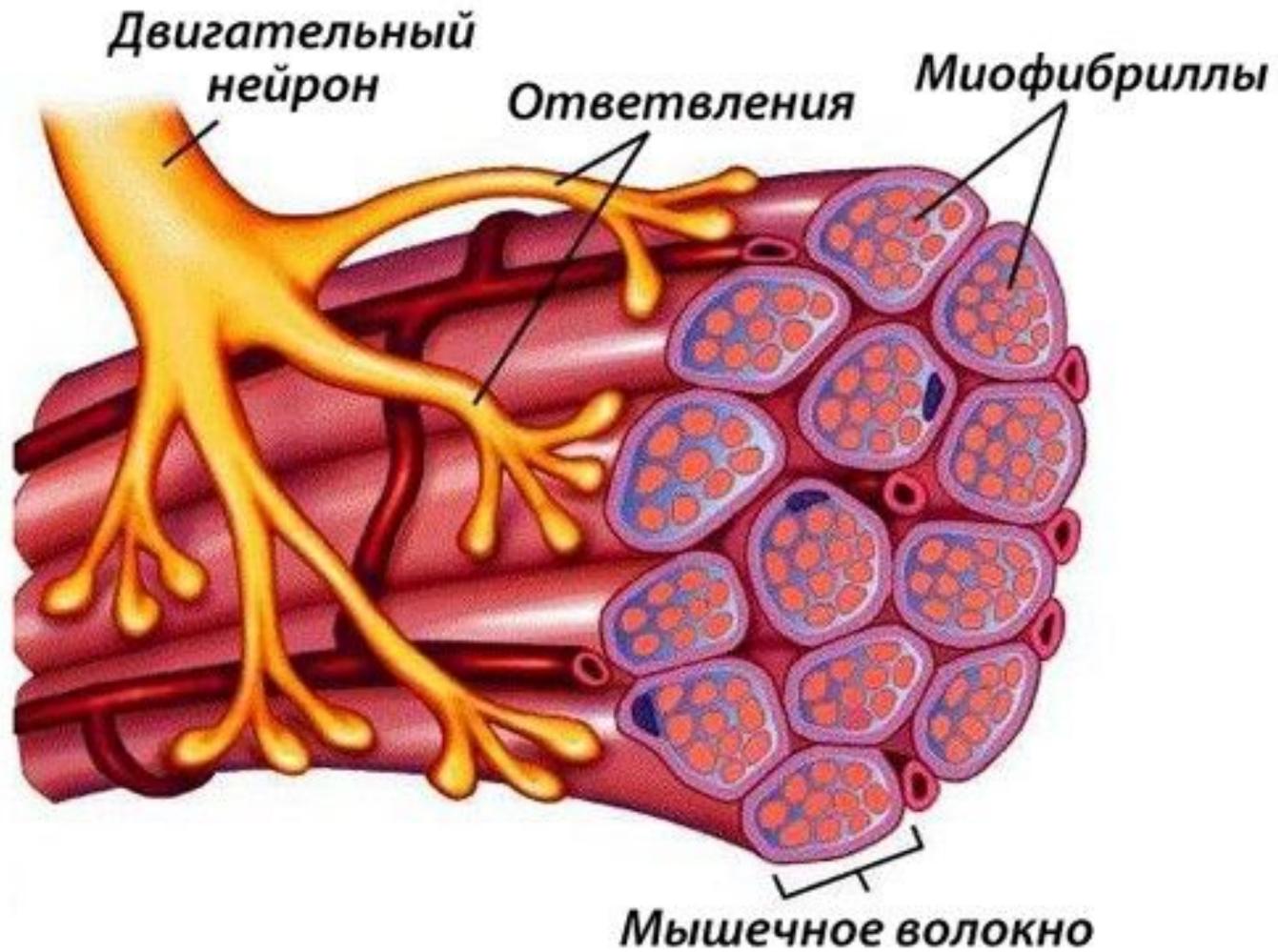


Моторные единицы

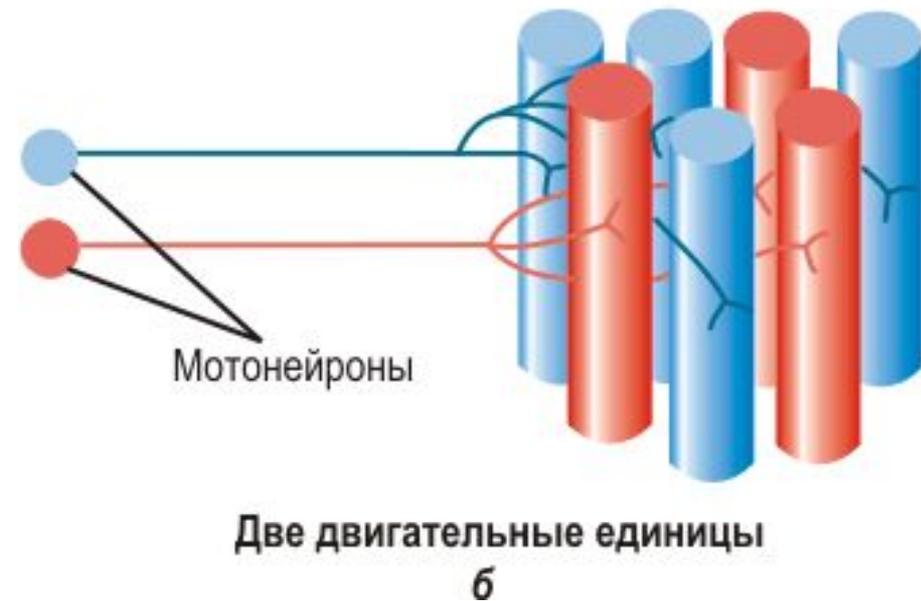
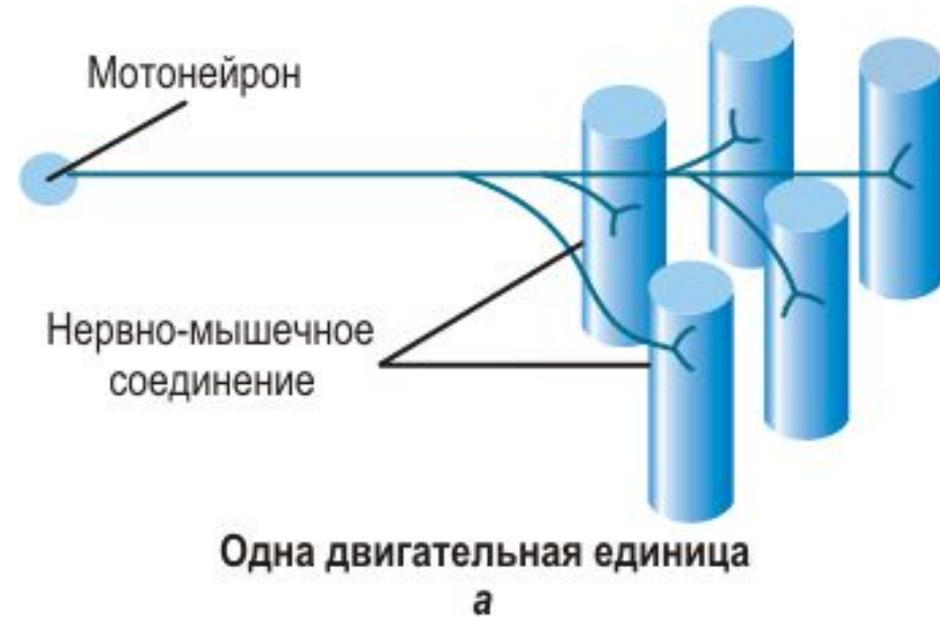


- Моторная единица 1
- Моторная единица 2
- Моторная единица 3

ДВИГАТЕЛЬНАЯ ЕДИНИЦА

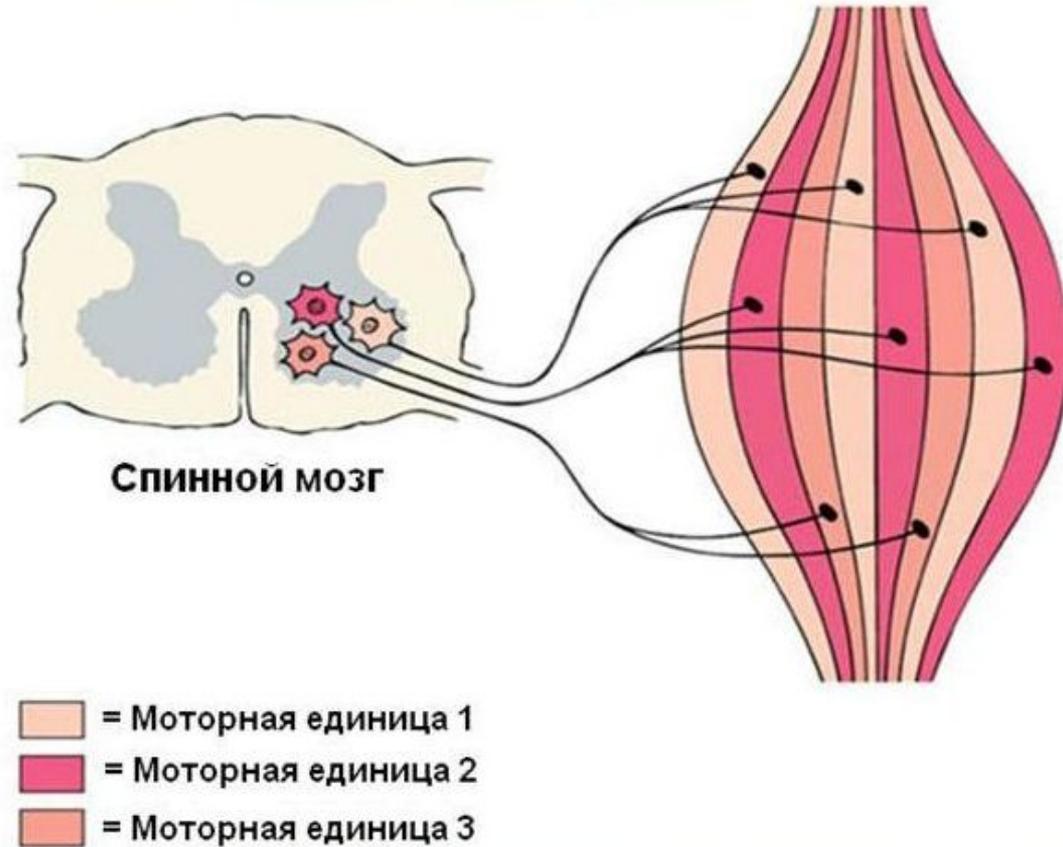
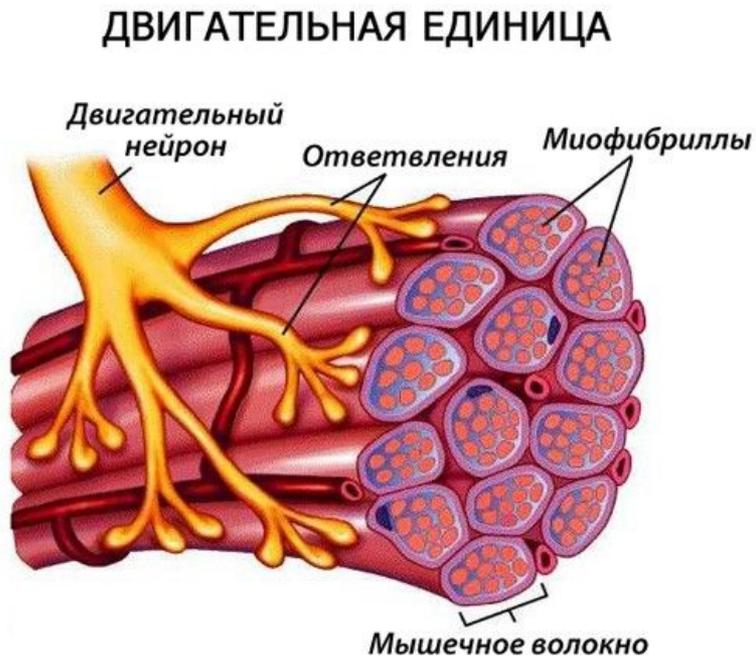


Строение мышц



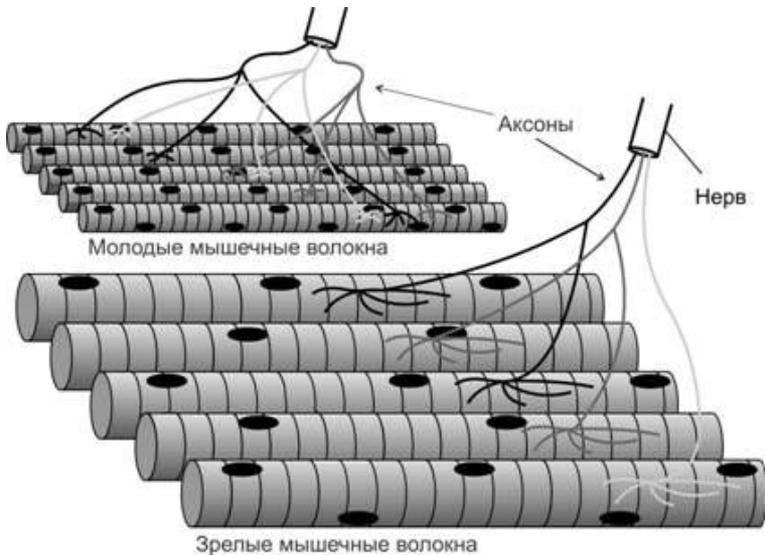
Мышечное волокно скелетной мышцы способно сократиться лишь после того, как получит нервные сигналы от *исполнительного (двигательного)* нейрона из центральной нервной системы. **Один двигательный нейрон и связанные с ним мышечные волокна называют *двигательной единицей*.** Если в действие включается небольшое число двигательных единиц, сокращение слабое, если число двигательных единиц увеличено, сокращение мышц становится более сильным.

Строение мышц

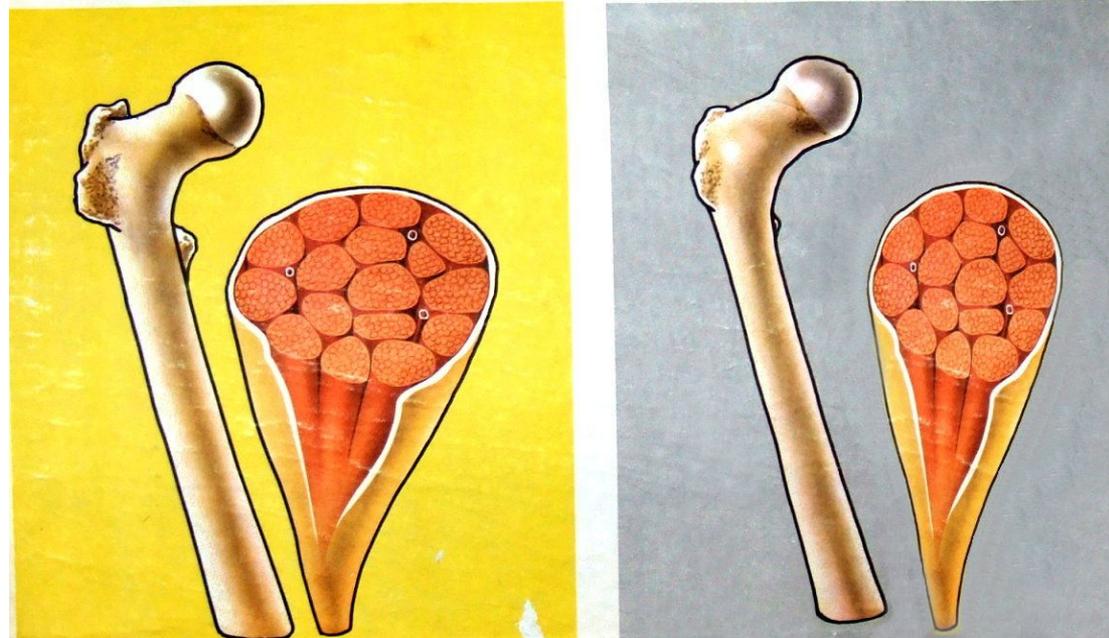


Однако при самом сильном сокращении мышц хорошо тренированного человека одновременно сокращается небольшой процент двигательных единиц. При длительном сокращении они работают, поочерёдно сменяя друг друга: сначала одна группа, потом другая, потом третья и т. д.

Строение мышц



БУТРИСТОСТЬ КОСТЕЙ КОЛИЧЕСТВО СОКРАТИТЕЛЬНЫХ ВОЛОКОН В МЫШЦЕ



В результате тренировок начинают перестраиваться сами мышечные волокна. В **мышечных волокнах увеличивается число сократительных нитей и МИТОХОНДРИЙ**, при этом число самих волокон и их ядер не меняется. Это явление называют *тренировочным эффектом*.

Строение мышц

Типы мышечных волокон

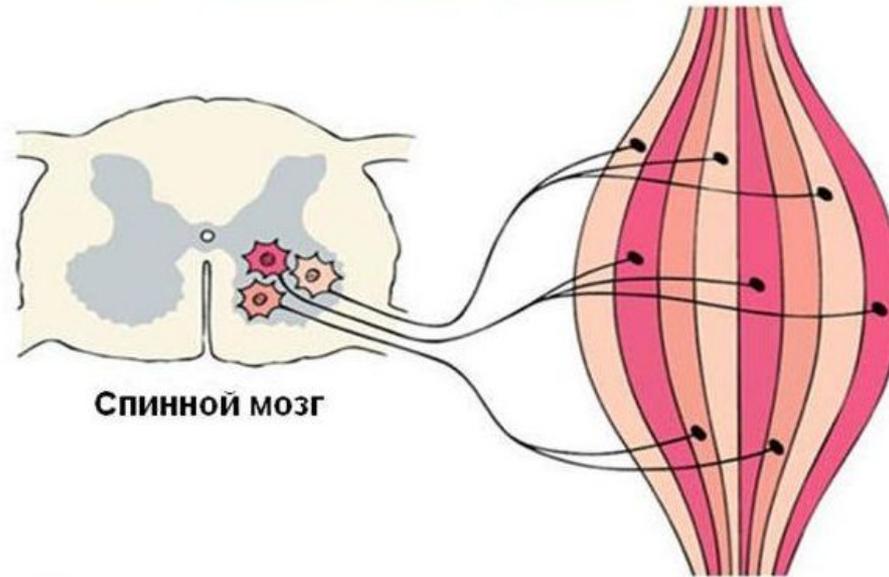
КРАСНЫЕ

Больше миоглобина и митохондрий,
меньше гликогена и миофибрилл

БЕЛЫЕ

Меньше миоглобина и митохондрий,
больше гликогена и миофибрилл

ПЕРЕХОДНЫЕ



-  = Моторная единица 1
-  = Моторная единица 2
-  = Моторная единица 3

Типы мышечных волокон



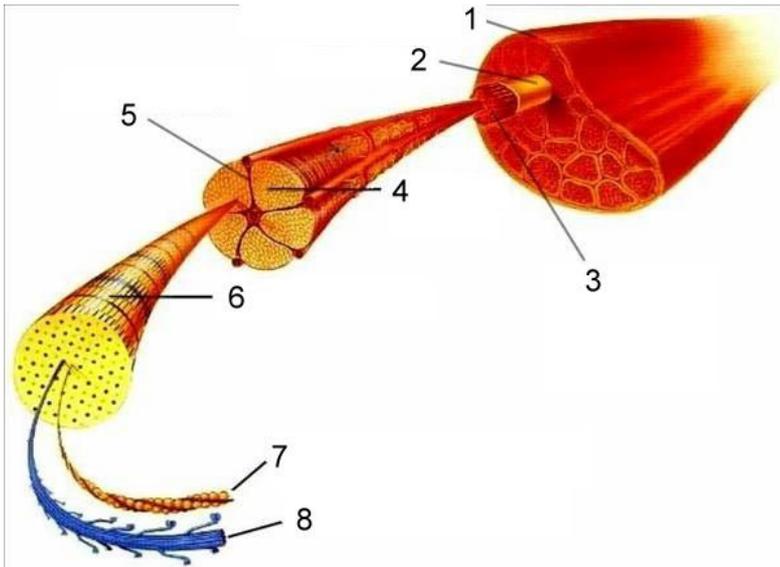
Красные медленноутомляемые ДЕ состоят из небольшого числа красных мышечных волокон, имеют меньший диаметр, много миоглобина, митохондрий, мало гликогена и миофибрилл.

Наиболее приспособлены для выполнения длительной аэробной работы. Они способны совершать усилия малой мощности в течение длительного промежутка времени.

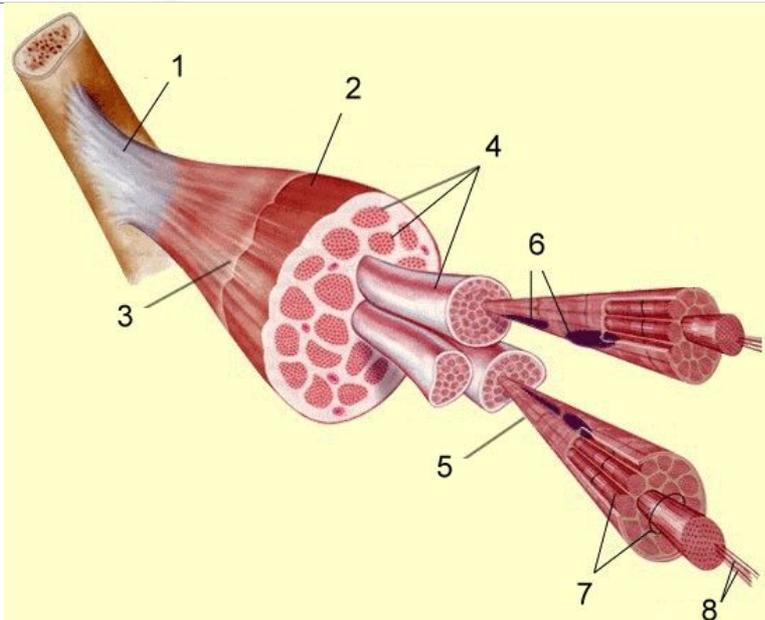
Белые, быстрые, быстроутомляемые ДЕ имеют больший диаметр, мало миоглобина, митохондрий, много миофибрилл и гликогена.

Они развивают кратковременные усилия большой мощности, однако быстро утомляются. Наибольшее применение быстрые мышечные волокна находят в таких видах спорта как тяжелая атлетика, борьба, метание молота, диска.

Подведем итоги:



- 1 – фасция, эпимизий
- 2 – перимизий мышечного пучка
- 3 – группа мышечных волокон
- 4 – мышечное волокно
- 5 – эндомизий
- 6 – миофибрилла
- 7 – актиновый филамент
- 8 – миозиновый филамент



- 1 – сухожилие (головка или хвост)
- 2 – брюшко мышцы
- 3 – фасция, эпимизий
- 4 – мышечные пучки
- 5 – мышечное волокно
- 6 – сарколемма и ядра волокна
- 7 – миофибриллы
- 8 – филаменты миофибриллы

Подведем итоги:

Оболочка и цитоплазма волокна:

Оболочка – сарколемма, цитоплазма - саркоплазма.

Как устроена миофибрилла?

Состоит из саркомеров.

Строение саркомера?

Актиновые нити закреплены на полоске Z, их концы заходят в промежутки между миозиновыми нитями. При сокращении волокна нити не укорачиваются, актиновые нити вдвигаются между миозиновыми.

Сокращение мышечного волокна подчиняется закону:

«Все или ничего», сокращается с максимально возможной силой.

Сила сокращения скелетных мышц зависит:

От числа сократившихся волокон.

Какая часть нервной системы регулирует работу скелетных мышц?

Соматическая.

Регуляцию сокращения скелетных мышц осуществляет участок коры мозга:

Моторная зона в лобных долях.

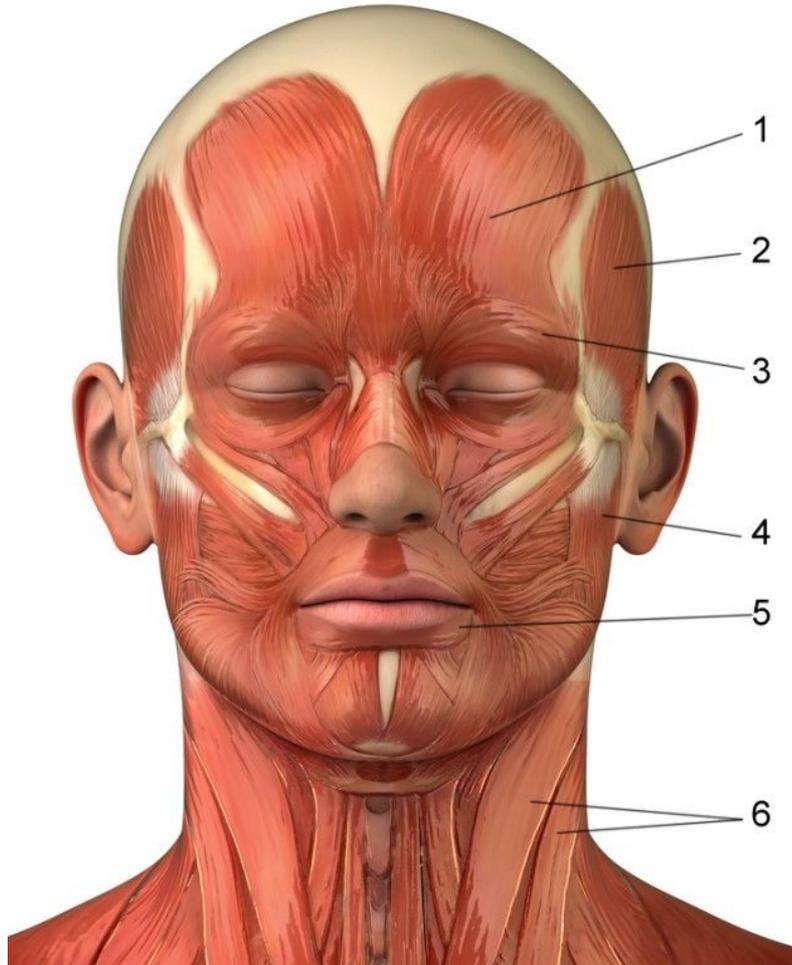
Где в коре больших полушарий находится моторная зона:

В лобных долях, перед центральной бороздой.

Какой медиатор выделяют нервно-мышечные соединения?

Ацетилхолин.

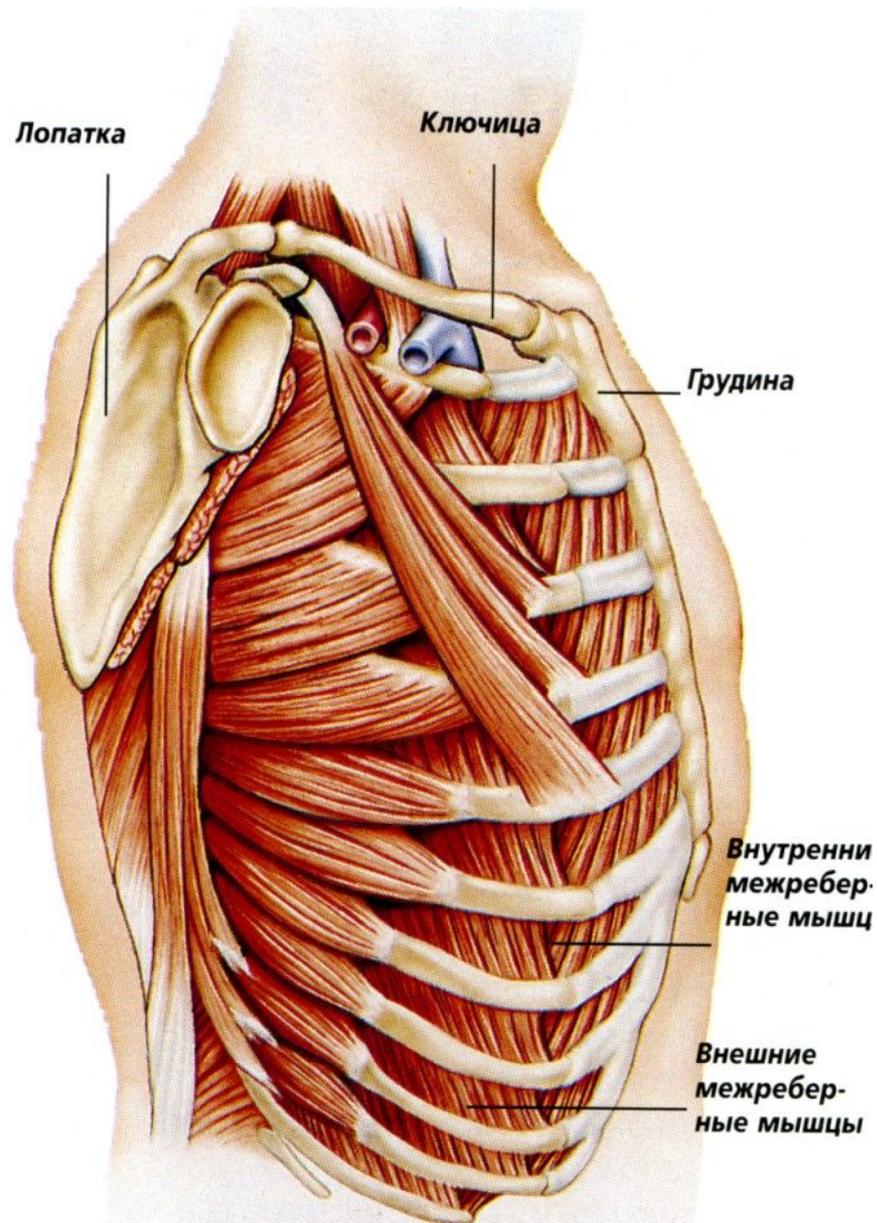
Основные группы мышц



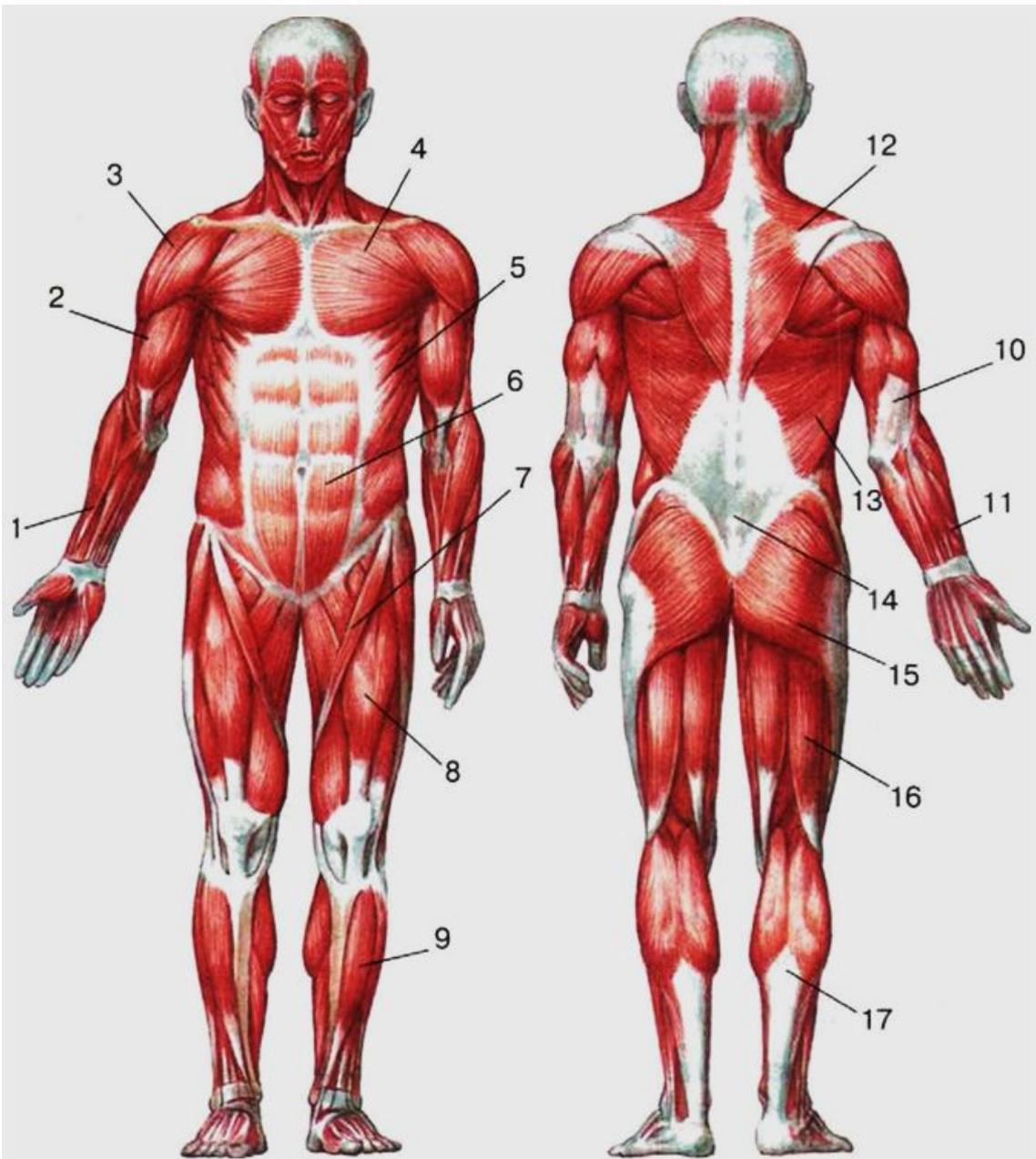
- 1 – лобная мышца
- 2 – височная мышца
- 3 – круговые мышцы глаз
- 4 – челюстные мышцы
- 5 – круговые мышцы рта
- 6 – грудино-ключично-сосцевидная мышца

Мышцы головы. *Мимические:* лобные, височные, скуловые, круговые мышцы глаз, рта. *Жевательные:* прикрепляются к нижней челюсти по четыре с каждой стороны.

Основные группы мышц

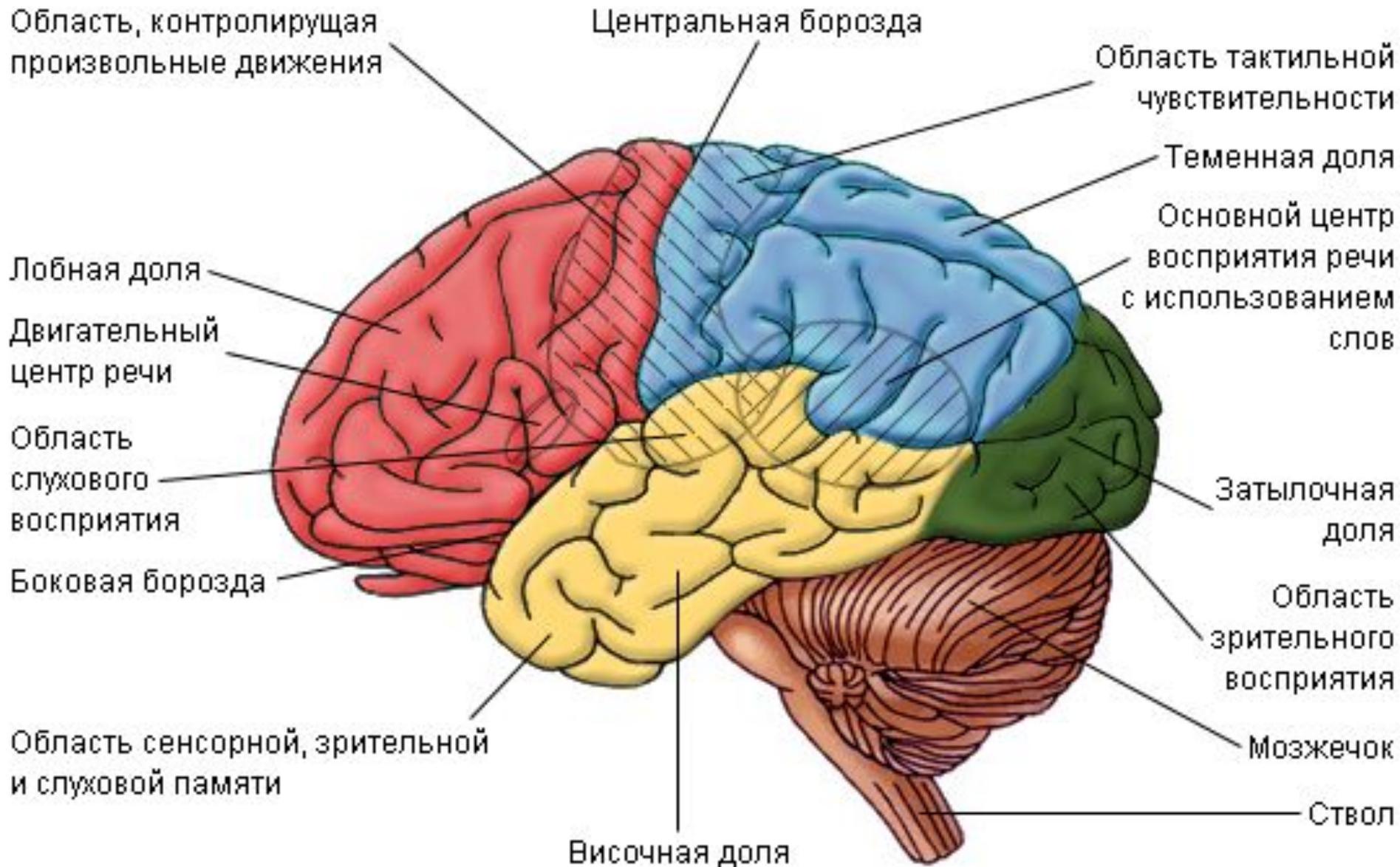


Основные группы мышц



- 1 – сгибатели кисти и пальцев
- 2 – двуглавая мышца плеча
- 3 – дельтовидная мышца
- 4 – большая грудная
- 5 – зубчатая мышца
- 6 – мышцы брюшного пресса.
- 7 – портняжная
- 8 – четырёхглавая бедра
- 9 – большеберцовая мышца
- 10 – трёхглавая мышца плеча
- 11 – разгибатели кисти и пальцев
- 12 – трапециевидная
- 13 – широчайшая мышца спины
- 14 – глубокие разгибатели спины
- 15 – ягодичная
- 16 – двуглавая бедра
- 17 – икроножная

Основные группы мышц



Подведем итоги. Покажите указанные группы мышц



- 1 – сгибатели кисти и пальцев
- 2 – двуглавая мышца плеча
- 3 – дельтовидная мышца
- 4 – большая грудная
- 5 – зубчатая мышца
- 6 – мышцы брюшного пресса.
- 7 – портняжная
- 8 – четырёхглавая бедра
- 9 – большеберцовая мышца
- 10 – трёхглавая мышца плеча
- 11 – разгибатели кисти и пальцев
- 12 – трапециевидная
- 13 – широчайшая мышца спины
- 14 – глубокие разгибатели спины
- 15 – ягодичная
- 16 – двуглавая бедра
- 17 – икроножная

Работа и утомление мышц



Если сокращаются мышцы сгибатели, в ЦНС происходит торможение нейронов, вызывающих сокращение мышц-антагонистов и они расслабляются.

Различают *динамическую* и *статическую* работу мышц, *статическая* приводит к более быстрому утомлению.

Утомление – временное снижение работоспособности, наступающее в результате работы.

Причиной утомления служит *исчезновение в мышце энергетических веществ*, в частности гликогена. Однако, детальное изучение показало, что в утомленных до предела мышцах содержание гликогена еще значительно.

Утомление объясняется *накоплением большого количества молочной, фосфорной кислот и недостатком кислорода*, а так же других продуктов обмена, которые нарушают обмен веществ в работающем органе и его деятельность прекращается.

Установлено, *что утомление прежде всего развивается в нервно-мышечном синапсе*, уменьшается запас медиатора, а его синтез не поспевает за расходом. *Подробнее об утомлении в буфере.*

Работа и утомление мышц



И.М.Сеченов
(1829-1905)
Основоположник
учения о высшей
нервной
деятельности



В прошлом веке И.М.Сеченов установил, что если наступает утомление мышц одной руки, то их работоспособность восстанавливается быстрее при работе другой рукой или ногами. Он считал, что это связано с переключением процессов возбуждения с одних двигательных центров на другие. Он же изучал зависимость утомления от ритма и нагрузки и заложил основы науки – гигиены труда.

Для достижения максимального объема мышечной работы необходимо подобрать оптимальный ритм и нагрузку.



Подведем итоги:

Мышцы верхних конечностей:

Мышцы плеча: дельтовидная, двуглавая, трехглавая; мышцы предплечья; мышцы кисти.

Мышцы туловища:

Мышцы груди – большие грудные, прямые и косые мышцы живота; мышцы спины – широчайшие, трапецевидные; межреберные мышцы.

Мышцы нижних конечностей:

Большие ягодичные. Мышцы бедра – прямая мышца бедра, портняжная мышца. Мышцы голени – икроножные. Мышцы стопы.

Динамическая работа мышц:

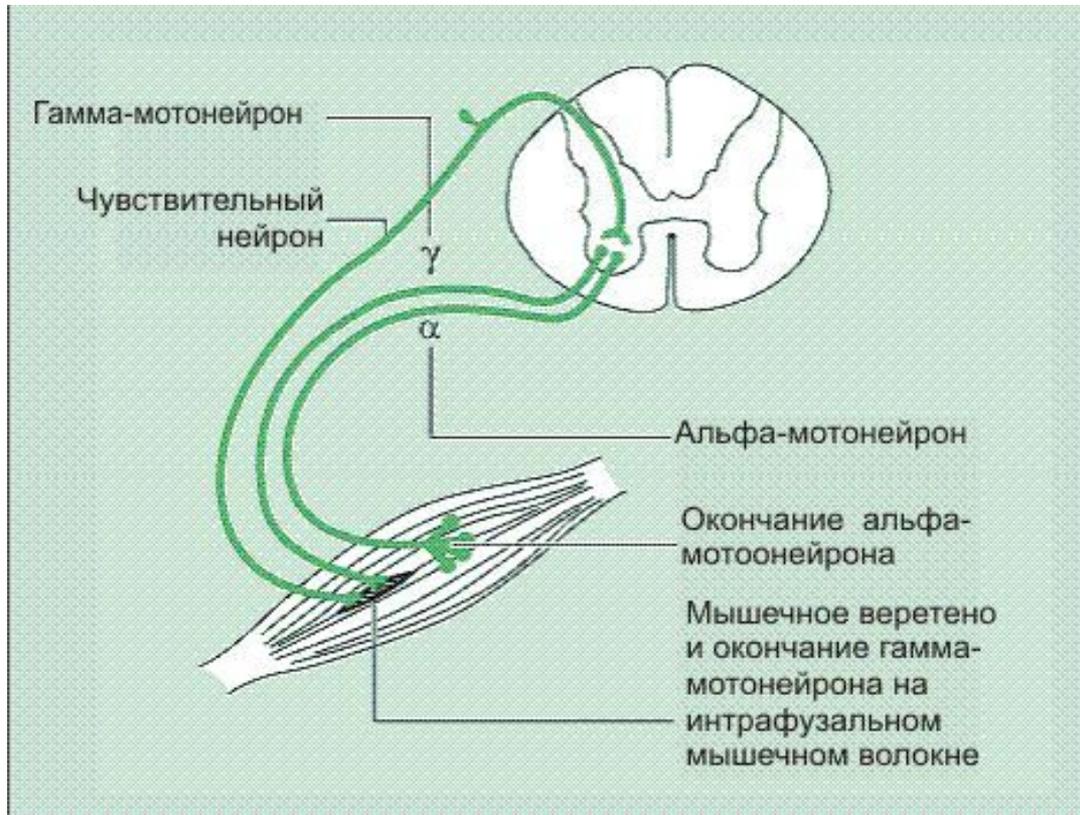
Работа, связанная с сокращением и расслаблением мышц.

Статическая работа мышц:

Работа, связанная с сокращением мышц сгибателей и разгибателей одновременно.

Олимпиадникам. Определить, какую работу совершает двуглавая мышца, если груз массой 5 кг был поднят на высоту 20 см? Работа мышцы определяется произведением массы поднятого груза на высоту подъема и силу земного тяготения.

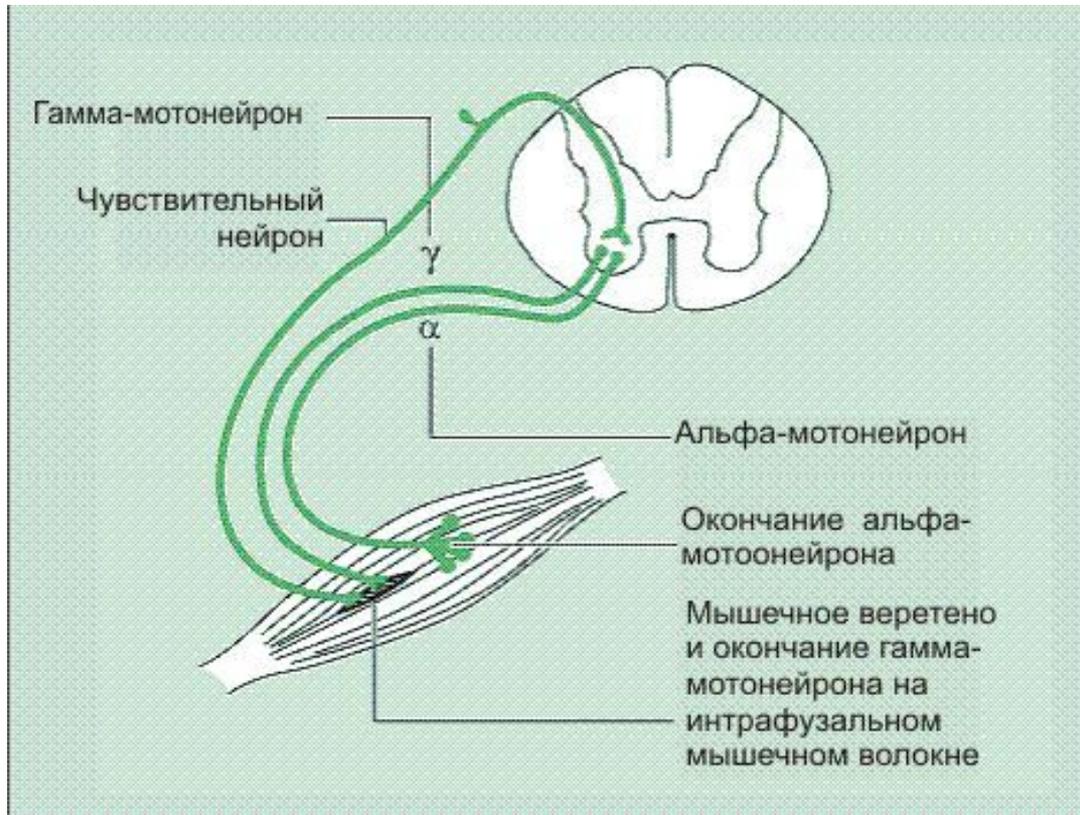
*Работу мышцы определяем по формуле: $A = mgh = 9,8 * 5 * 0,2 = 9,8$ Дж. Где g – ускорение свободного падения за счет силы земного тяготения.*



Нервно-мышечное веретено - сложный рецептор, который включает видоизмененные мышечные клетки, афферентные и эфферентные нервные отростки и контролирует как скорость, так и степень сокращения и растяжения скелетных мышц.

Возбуждается при растяжении мышцы.

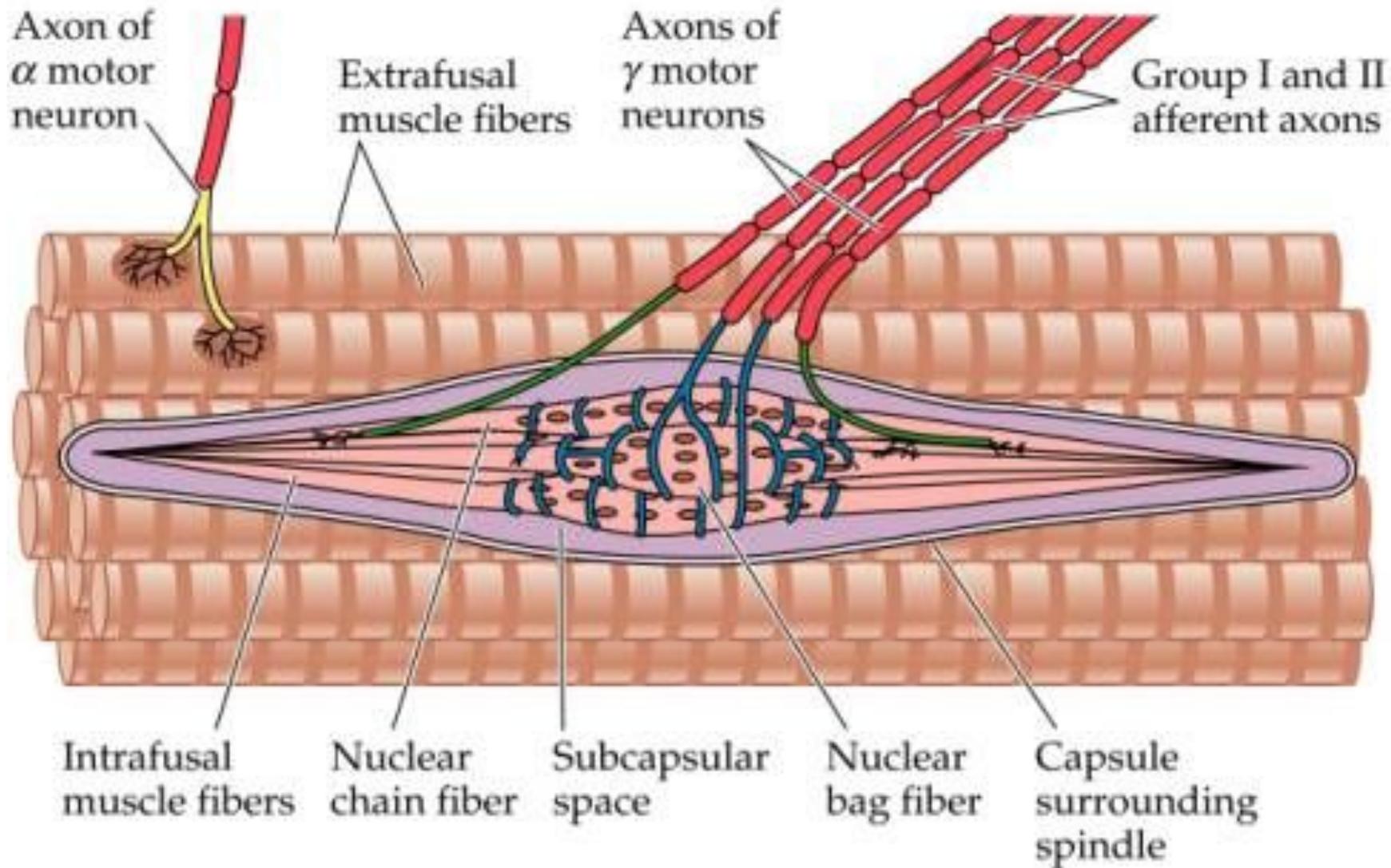
Веретена расположены в толще мышцы параллельно обычным мышечным волокнам. Мышечное веретено имеет соединительнотканную капсулу. В полости капсулы мышечного веретена расположено несколько особых мышечных волокон, способных к сокращению, но отличающихся от обычных мышечных волокон мышцы как по строению, так и по функции. Эти мышечные волокна, расположенные внутри капсулы, назвали **интрафузальными мышечными волокнами** (лат.: intra – внутри; fusus – веретено).



Экстрафузальные мышечные волокна, осуществляющие функцию сокращения мышцы, имеет прямую двигательную иннервацию – нервно-мышечный синапс, образованный терминальным ветвлением аксона **α -мотонейрона** и специализированным участком плазмолеммы мышечного волокна (концевая пластинка, постсинаптическая мембрана).

Интрафузальные мышечные волокна входят в состав чувствительных нервных окончаний скелетной мышцы - мышечных веретён. Интрафузальные мышечные волокна образуют нервно-мышечные синапсы с эфферентными волокнами **γ -мотонейронов** и чувствительные окончания с волокнами псевдоуниполярных нейронов спинномозговых узлов.

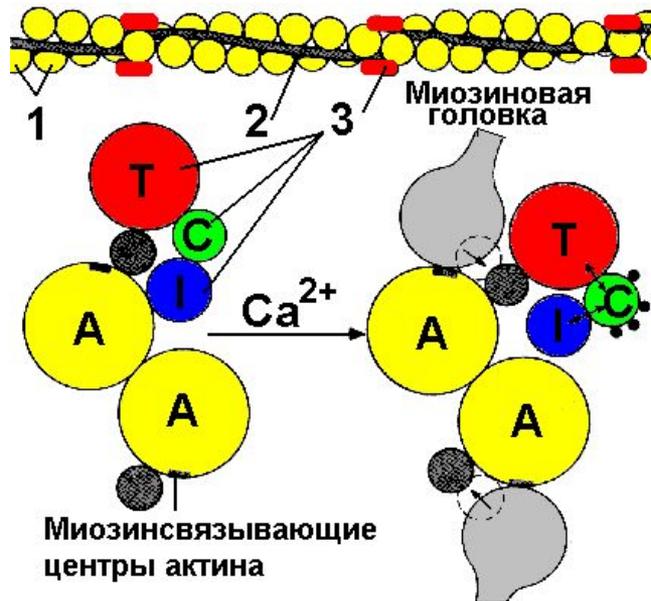
Олимпиадникам



Некоторые люди имеют значительно больше быстрых волокон, чем медленных, а другие – наоборот; в некоторой степени это может предопределять спортивные возможности разных людей. Не обнаружено прямой связи между спортивными тренировками и соотношением быстрых и медленных волокон в случае, если спортсмен меняет один тип спортивной деятельности на другой. Вероятно, это соотношение практически полностью зависит от генетических особенностей, которые, в свою очередь, определяют, какая область спорта наиболее подходит для каждого человека: вероятно, одни люди рождаются марафонцами, а другие – спринтерами и прыгунами.

Синтез АТФ для работы мышц осуществляется тремя путями:

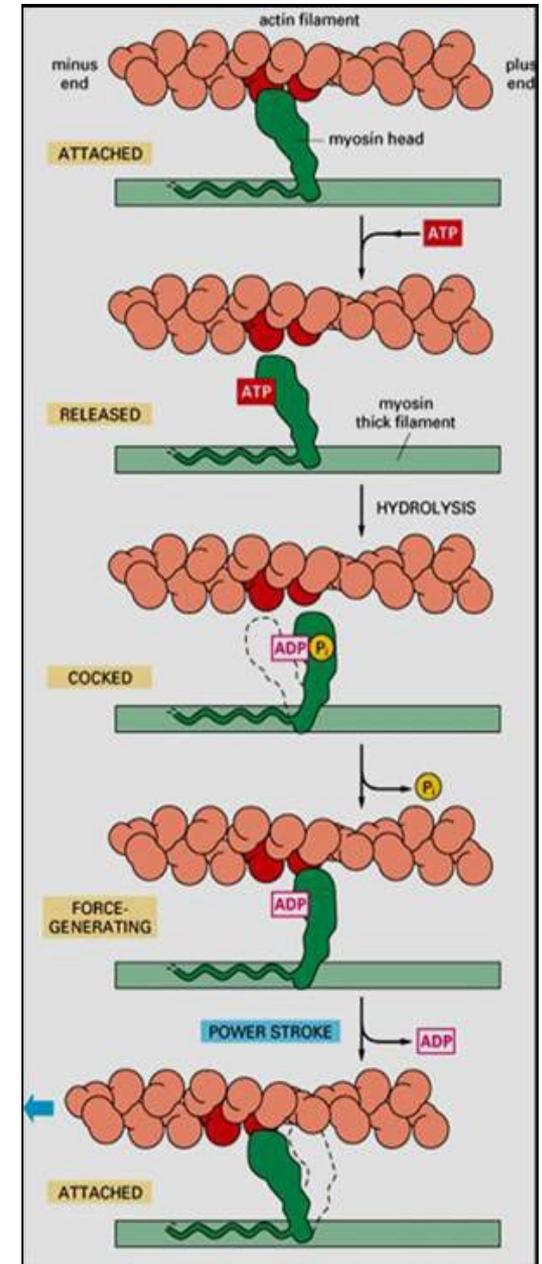
- *За счет переноса фосфатной группы на АДФ с **креатинфосфата**, но запасов креатинфосфата хватает лишь на 5-10 сек;*
- *Анаэробный гликолиз. В мышечной ткани наиболее важным долгосрочным энергетическим резервом является **гликоген**. В покоей ткани содержание гликогена составляет до 2% от мышечной массы.*
- *Аэробное окисление глюкозы и жирных кислот. При этом из моль глюкозы образуется 38 моль АТФ, а при окислении молекулы жирной кислоты – около 128 моль АТФ. Это наиболее типичный способ энергообеспечения скелетных мышц;*



В продольных бороздах F-актина лежат нитевидные молекулы **тропомиозина**, состоящие из палочковидных молекул, соединенных вместе.

К каждой молекуле присоединен **тропонин** - белок, состоящий из 3 субъединиц - Т, С, I.

Т - связывает тропонин с тропомиозином, С - связывается с Ca^{2+} , I - ингибирует взаимодействие между актином и миозином.



Олимпиадникам

В скелетных мышцах:

- а) толстые филаменты образованы, главным образом, миозином;
- б) тонкие филаменты образованы, главным образом, актином;
- в) H-зона образована только тонкими филаментами;
- г) Z-полоса расположена в центре I-полосы;
- д) актинин прикрепляет актиновые филаменты к Z-диску.

