

Типы, функции и строение мышечной ткани

Выполнила:

Французова Е. Э.
магистратура 1 курс

2020 г.

Мышечные ткани представляют собой группу тканей различного происхождения и строения, объединенных на основании общего признака - выраженной сократительной способности, благодаря которой они могут выполнять свою основную функцию - перемещать тело или его части в пространстве.

Сократимость в той или иной степени свойственна клеткам всех тканей организма вследствие наличия в их цитоплазме сократительных микрофиламентов (нити, состоящие из молекул глобулярного белка актина, присутствующие в цитоплазме всех эукариотических клеток), однако мышечные ткани специализированы на этой функции, что обеспечивается особыми свойствами их сократительного аппарата.

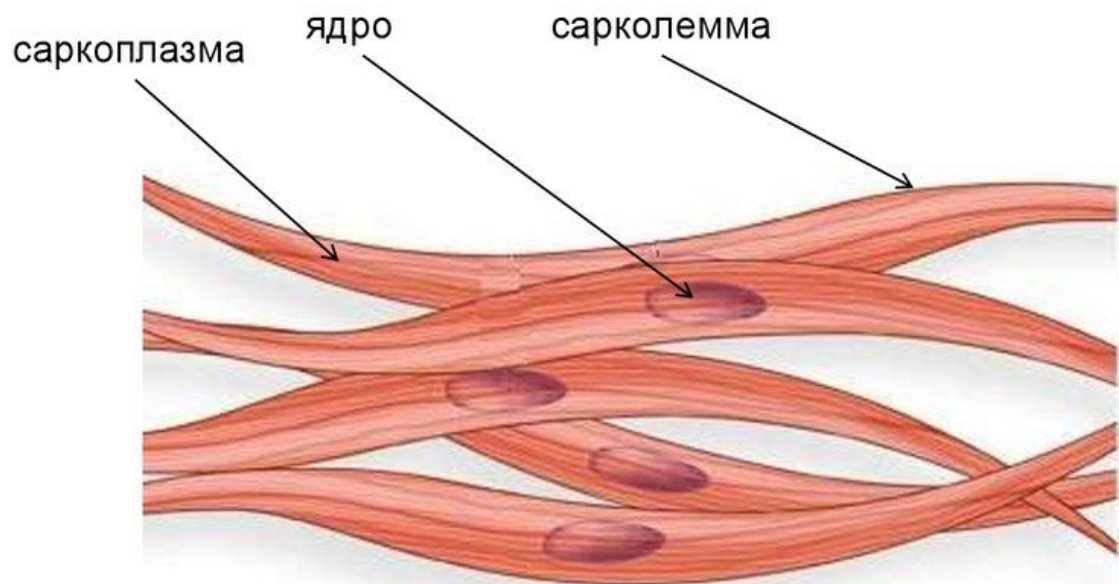
Сократительный аппарат мышечных тканей характеризуется:

- ▶ Очень мощным развитием (занимает значительную часть объёма цитоплазмы)
- ▶ Присутствием в его составе особых, мышечных изоформ актина (свойственных только мышечным тканям), в то время как для других клеток характерны немускульные (цитоплазматические) изоформы актина
- ▶ Высокоупорядоченным и компактным расположением актиновых и миозиновых филаментов, создающим оптимальные условия для их взаимодействия
- ▶ Формированием из филаментов особых органелл специального значения - миофибрилл (органеллы клеток поперечнополосатых мышц, обеспечивающие их сокращение, состоят из саркомеров).



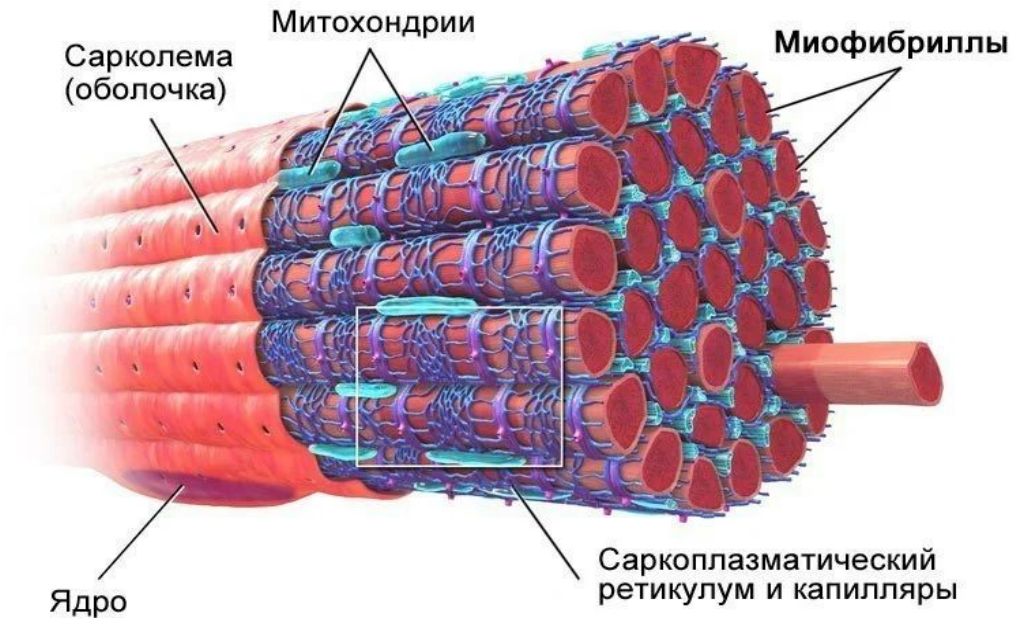
Общие морфофункциональные характеристики мышечных тканей:

- ▶ Структурные элементы мышечных тканей (клетки, волокна) обладают удлинённой формой
- ▶ В элементах мышечных тканей сократимые структуры (миофиламенты, миофибриллы) располагаются продольно, что создаёт эффект продольной исчерченности
- ▶ С сократимыми структурами связаны элементы цитоскелета и плазмолемма, выполняющие опорную функцию

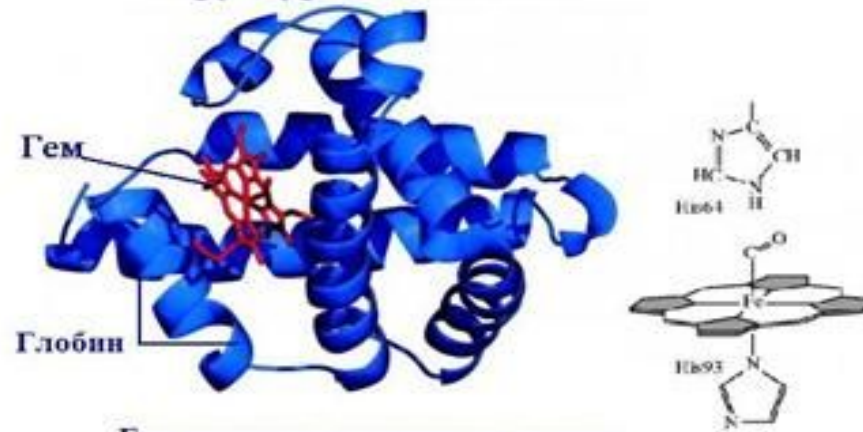


Общие морфофункциональные характеристики мышечных тканей:

- ▶ В структурных элементах мышечных тканей:
- Содержится большое количество митохондрий (обеспечение энергией)
- Имеются трофические включения (липидные капли, гранулы гликогена)
- Присутствует кислород-связывающий железосодержащий белок миоглобин (способствует повышению активности процессов окислительного фосфорилирования)
- Хорошо развиты структуры, осуществляющие накопление и выделение ионов кальция



Структура миоглобина



Гем находится в центре молекулы миоглобина

Общие морфофункциональные характеристики мышечных тканей:

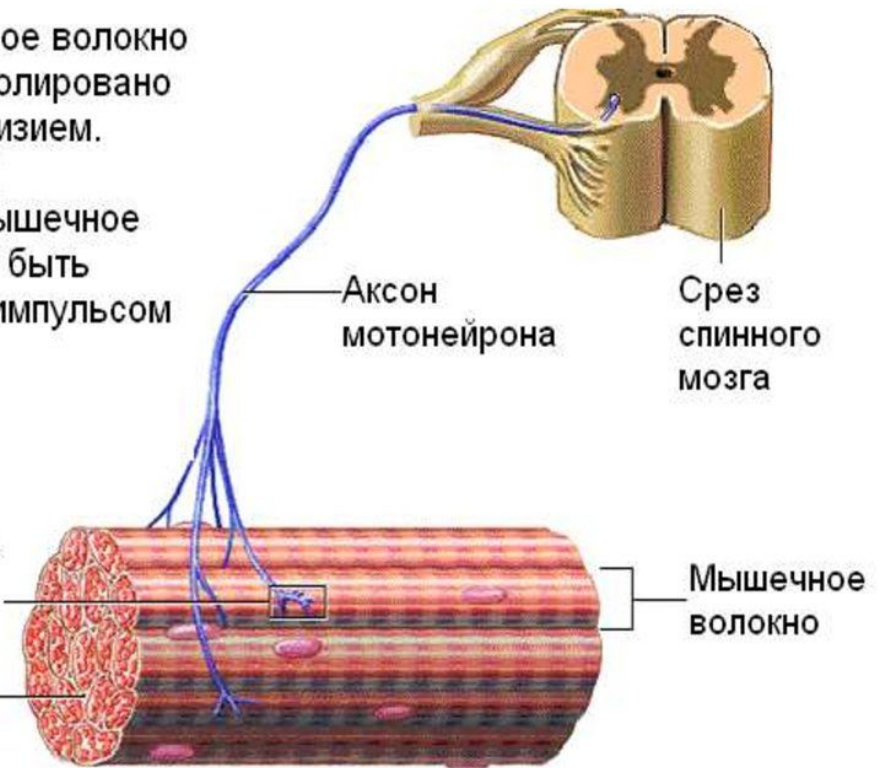
- ▶ Увеличение нагрузки на мышечную ткань вызывает нарастание её массы, которое достигается либо путём **гипертрофии** её структурных единиц, либо **гиперплазии**. Снижение нагрузки, напротив, обуславливает падение массы мышечной ткани (**атрофию**) вследствие уменьшения объёма каждой структурной единицы или падения их количества

- ▶ Для синхронизации сокращений элементов мышечных тканей соседние элементы обычно иннервируются из одного источника (терминальными ветвлениями аксона одного нейрона) или связаны многочисленными щелевыми соединениями (обеспечивающими транспорт ионов)

Каждое мышечное волокно электрически изолировано от других эндомизием. Для того, чтобы сократиться, мышечное волокно должно быть стимулировано импульсом от мотонейрона

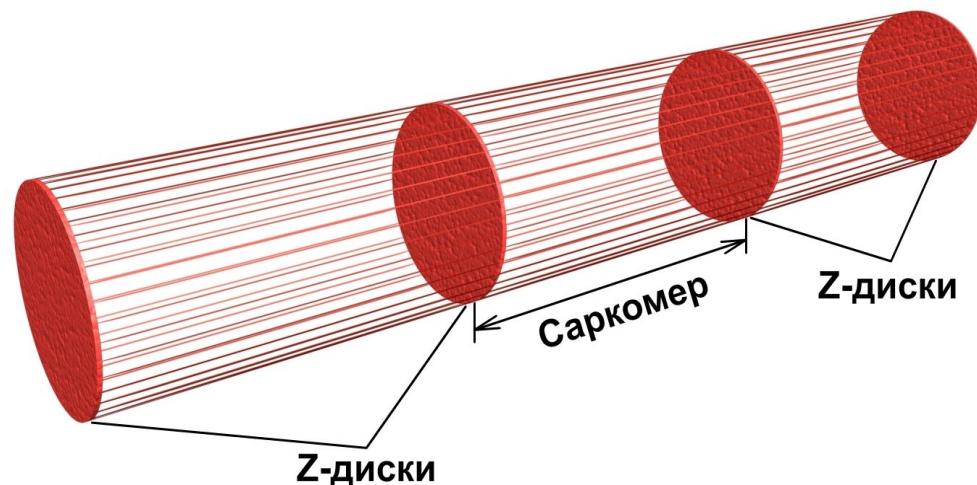
Нейромышечное соединение

Эндомизий



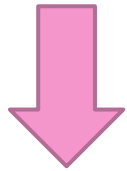
Терминология, используемая при описании элементов мышечных тканей

- ▶ Саркоплазма - цитоплазма мышечных клеток и волокон
- ▶ Сарколемма - плазмолемма
- ▶ Саркоплазматическая сеть - аЭПС
- ▶ Саркосомы - митохондрии
- ▶ Саркомер - это участок миофибриллы между двумя соседними Z-линиями, структурно-функциональная единица поперечнополосатой мышечной ткани
- ▶ Сложные названия мышечных клеток и их структурных компонентов часто включают корень мио- (от греч. *mys* - мышца), что означает мышечный (миоцит, миофиламент, миофибрилла)



Классификация мышечных тканей

Морфофункциональная
классификация



Классификация мышечных
тканей, основанная на
признаках их строения и
функции

Гистогенетическая
классификация



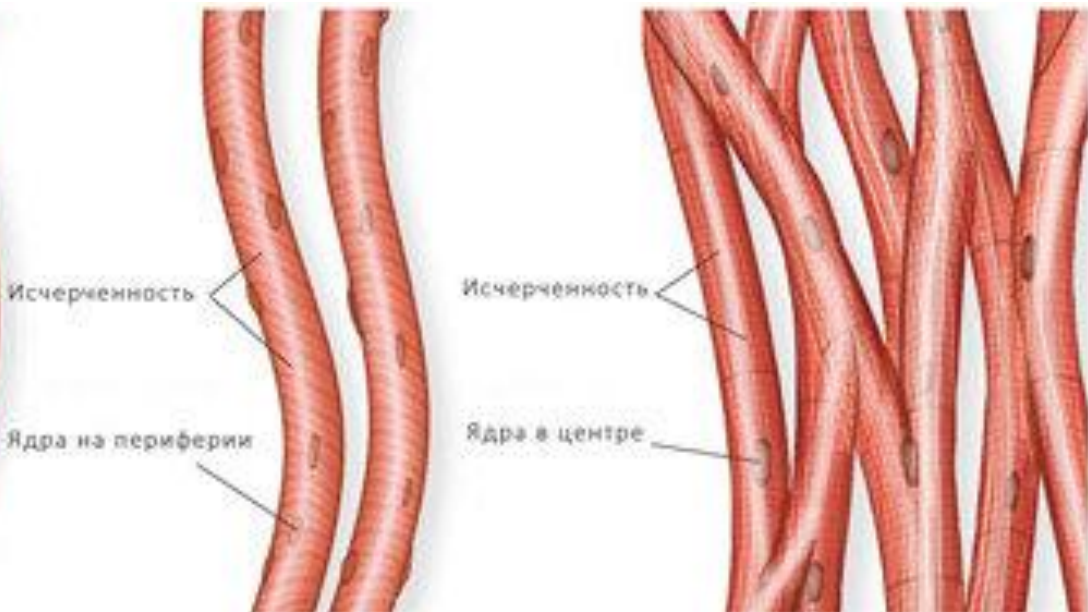
Классификация мышечных
тканей, основанная на
признаках их происхождения

Морфофункциональная классификация



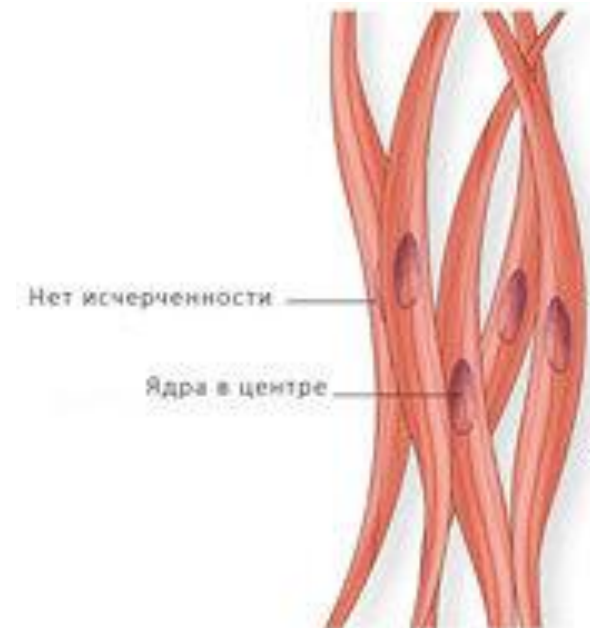
Поперечно-
полосатые
мышечные ткани

Образованы структурными элементами (клетками, волокнами), которые обладают поперечной исчерченностью вследствие особого упорядоченного взаиморасположения в них актиновых и миозиновых миофиламентов. К поперечнополосатым мышечным тканям относят **скелетную (соматическую)** и **сердечную** мышечные ткани.



Гладкие мышечные
ткани

Состоят из клеток, не обладающих поперечной исчерченностью. Наиболее распространенным видом этих тканей является **гладкая** мышечная ткань, входящая в состав стенки различных органов (bronхов, желудка, кишки, матки, мочевого пузыря, сосудов).



Гистогенетическая классификация мышечных тканей

соматический

развивается из миотомов сомитов, образует **скелетную мускулатуру**, является поперечнополосатой

целомический

развивается из миоэпикардальной пластинки висцерального листка спланхнотома (целомической выстилки в шейной части эмбриона). Образует **сердечную мышцу** (миокард), является поперечнополосатой

мезенхимный

развивается из мезенхимы, образует **мускулатуру внутренних органов и сосудов**, является гладкой

Иногда как отдельные типы мышечных тканей описывают **миоэпителиальные** и **мионейральные** клетки. Миоэпителиальные представляют собой видоизмененные эпителиоциты некоторых желез, развивающихся из эктодермы и прехордальной пластинки, мионейральные - имеют нейральное происхождение и образуют мышцы радужки глаза. Оба этих типа мышечных клеток относятся к гладким.



ФУНКЦИИ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ

```
graph TD; A[ФУНКЦИИ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ] --> B[Скелетные мышцы]; A --> C[Гладкие мышцы];
```

Скелетные мышцы

(до 40% от общей массы тела):

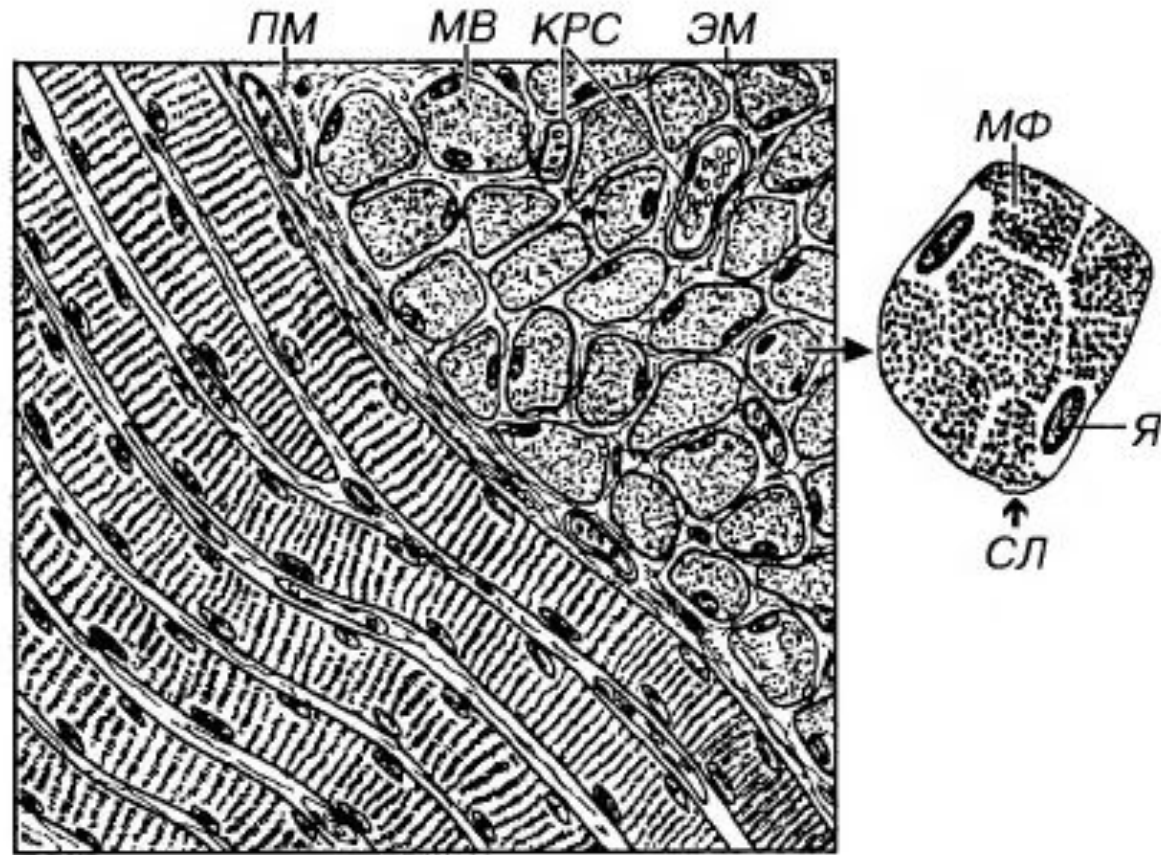
- передвижение тела в пространстве;
- перемещение частей тела относительно друг друга;
- поддержание позы;
- передвижение крови и лимфы;
- регуляция температуры;
- обеспечение процессов внешнего дыхания;
- депо воды и солей;
- защитная функция

Гладкие мышцы:

- эвакуаторная;
- сфинктерная;
- просвет сосуда;
- связочный аппарат

Скелетная (соматическая) мышечная ткань

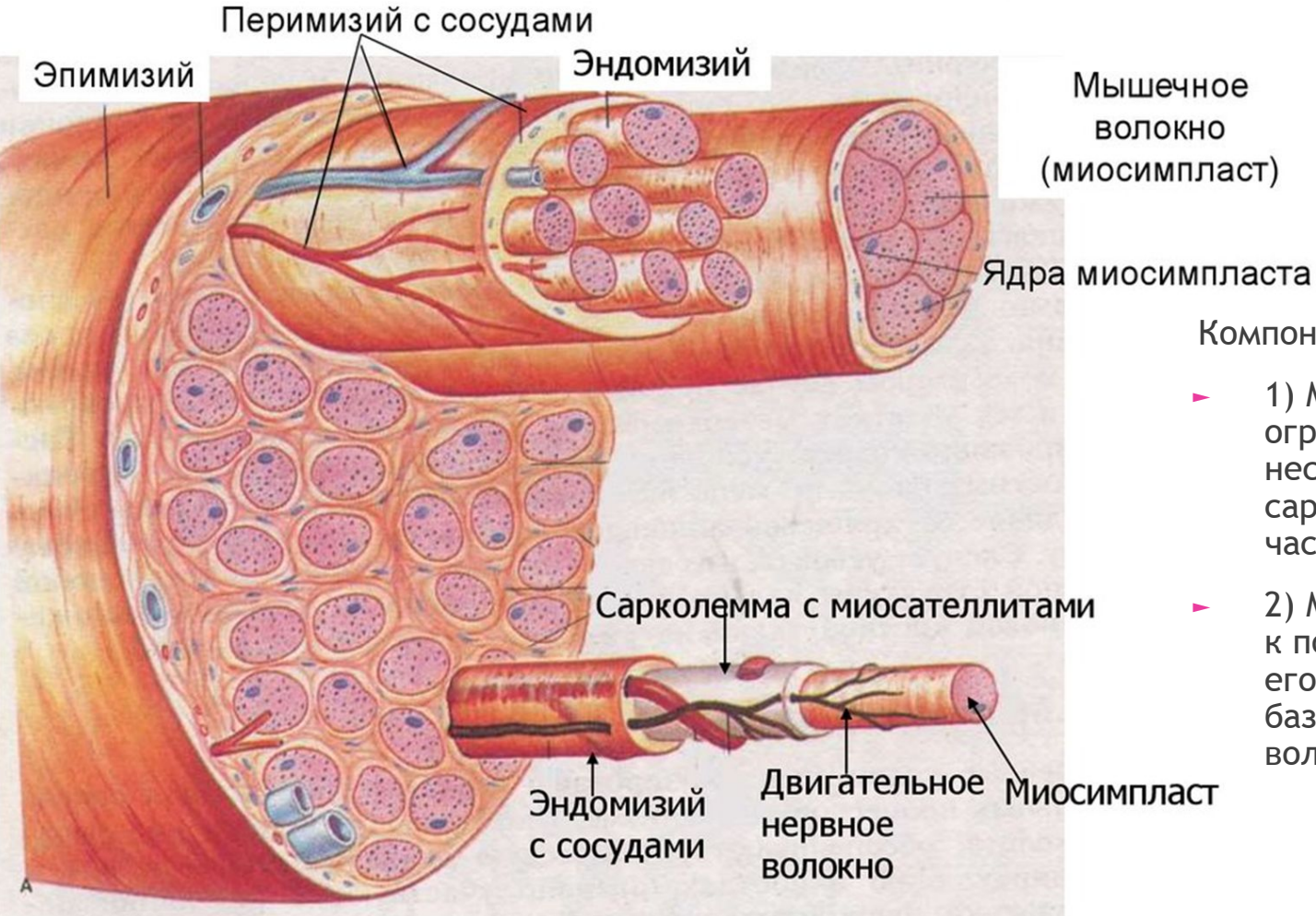
- ▶ Образована пучками поперечнополосатых мышечных волокон, являющихся ее структурно-функциональными единицами.
- ▶ Мышечные волокна в мышцах образуют пучки, в которых они лежат параллельно и, деформируя друг друга, часто приобретают неправильную многогранную форму.
- ▶ Помимо мышц, обеспечивающих перемещение тела и его частей в пространстве и поддержание позы, она образует глазодвигательные мышцы, мышцы стенки полости рта, языка, глотки, гортани, верхней трети пищевода.



ПМ - перимизий, МВ - мышечное волокно, КРС - кровеносные сосуды, ЭМ - эндомизий, МФ - миофибриллы, Я - ядро, СЛ - сарколемма

Скелетная (соматическая) мышечная ткань

- ▶ Диаметр волокон обуславливается:
 - Их принадлежностью к определенной мышце (тонкие в глазных мышцах, толстые в мышцах спины и конечностей)
 - Полом (толще у мужчин)
 - Возрастом (увеличиваются более, чем 10-кратно после рождения)
 - Состоянием питания (истончаются при его недостаточности)
 - Степенью функциональной нагрузки - волокна утолщаются (гипертрофируются) при усиленной нагрузке и истончаются (атрофируются) при ее снижении.



Компоненты мышечного волокна

- ▶ 1) Миосимпластическая часть - занимает основной его объём и ограничена сарколеммой. Включает от нескольких сотен до нескольких тысяч ядер, лежащих на периферии под сарколеммой, и саркоплазму, образующую его центральную часть.
- ▶ 2) Миосателлитоциты - мелкие уплощенные клетки, прилежащие к поверхности миосимпласта и располагающиеся в углублениях его сарколеммы. Снаружи сарколемма покрыта толстой базальной мембраной, в которую вплетаются ретикулярные волокна.

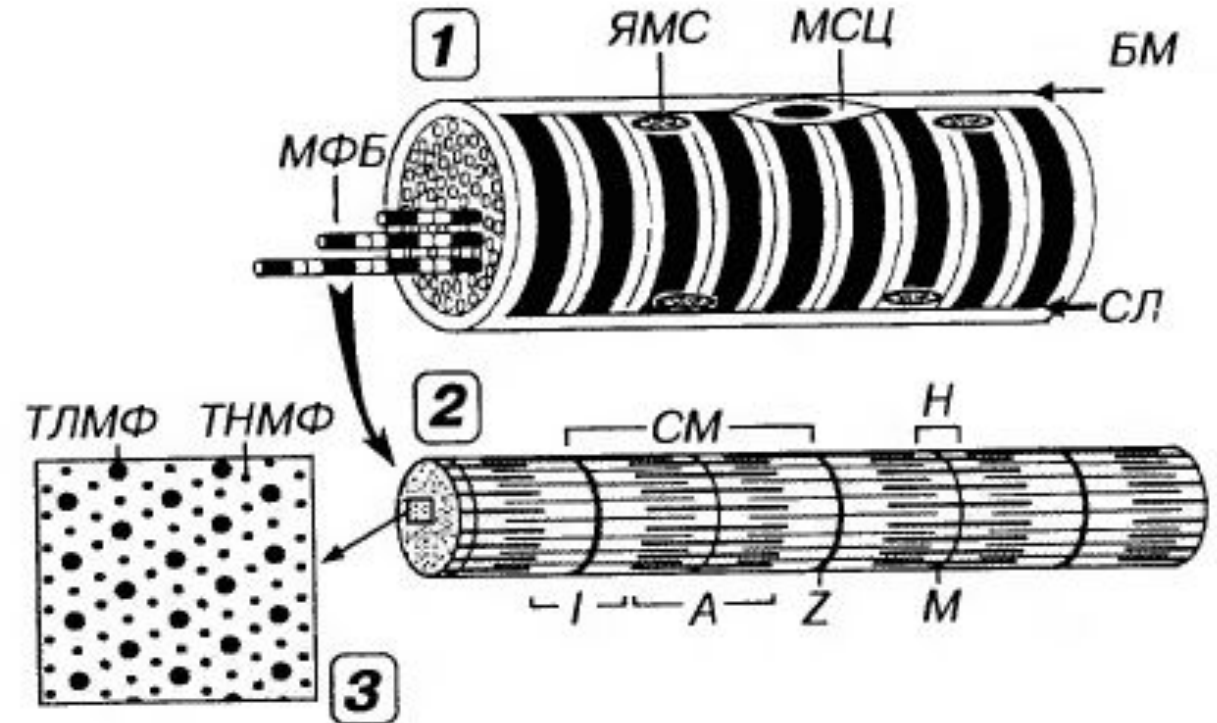
Эпимизий - тонкий, прочный гладкий снаружи чехол из *плотной волокнистой соединительной ткани*, огибающий всю мышцу.

Перимизий - тонкие, разветвляющиеся и не всегда четко очерченные соединительнотканые перегородки, отходящие от внутренней поверхности эпимизия вглубь мышцы. Он образует оболочки отдельных пучков мышечных волокон, численностью 10-100 волокон.

Эндомизий - тончайшие прослойки *рыхлой волокнистой соединительной ткани*, отходящие от перимизия внутрь пучков мышечных волокон и огибающие каждое мышечное волокно. Соединительнотканые волокна эндомизия вплетаются в базальную мембрану мышечных волокон.

Сократительный аппарат мышечного волокна представлен миофибриллами (специальными органеллами, которые располагаются продольно в центральной части саркоплазмы и отделяются друг от друга рядами вытянутых митохондрий и цистерн саркоплазматической сети). Миофибриллы имеют вид нитей диаметром 1-2 мкм и длиной, сопоставимой с протяженностью волокна и обладают собственной поперечной исчерченностью, причем в мышечном волокне они располагаются так, что А- и I-диски одних миофибрилл точно совпадают с аналогичными дисками других. Структурно-функциональной единицей миофибриллы является **саркомер (миомер)**.

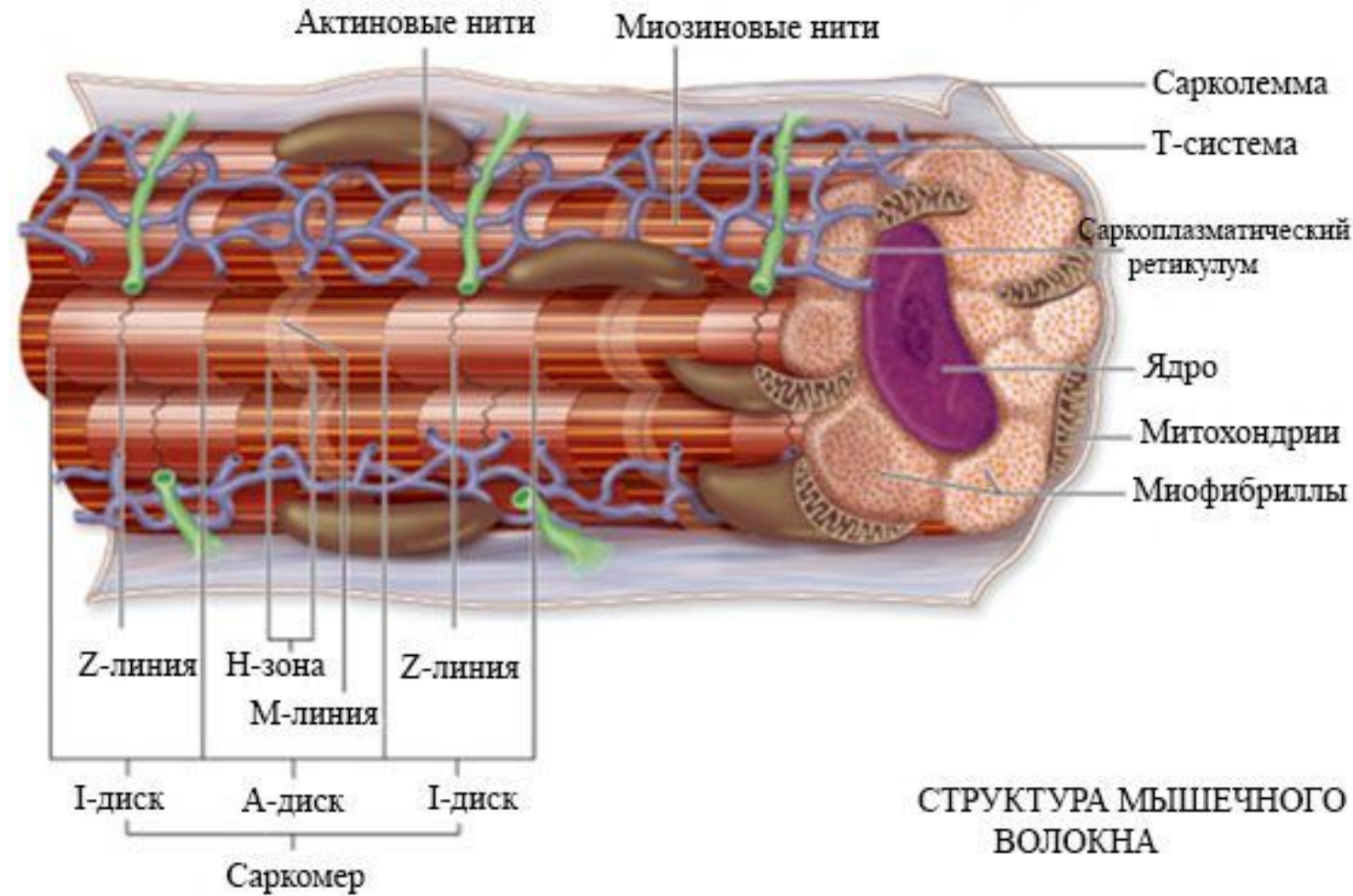
Поперечная исчерченность скелетных мышечных волокон обусловлена чередованием **темных А-дисков** (анизотропных, обладающих двойным лучепреломлением в поляризованном свете) и **светлых I-дисков** (изотропных, не обладающих двойным лучепреломлением). Каждый диск I пересекается надвое тонкой темной **Z-линией** (от немецкого *Zwischenscheibe* - промежуточный диск), называемой также **телофрагмой**. В середине А-диска отграничивается светлая зона - **полоска H** (от немецкого *helle* - светлый), через центр которой проходит **M-линия** - **мезофрагма**.



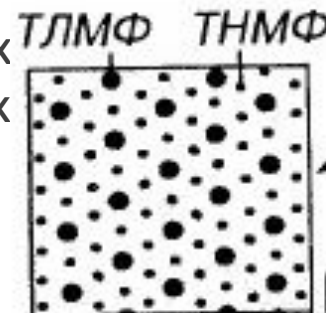
- 1 - мышечное волокно (МВ)
- 2 - миофибрилла (МФ)
- 3 - расположение миофиламентов.
- СМ - саркомер, ЯМС - ядра, МСЦ - миосателлитоцит,
- БМ - базальная мембрана, СЛ - сарколемма,
- ТЛМФ - толстый миофиламент, ТНМФ - тонкий миофиламент.

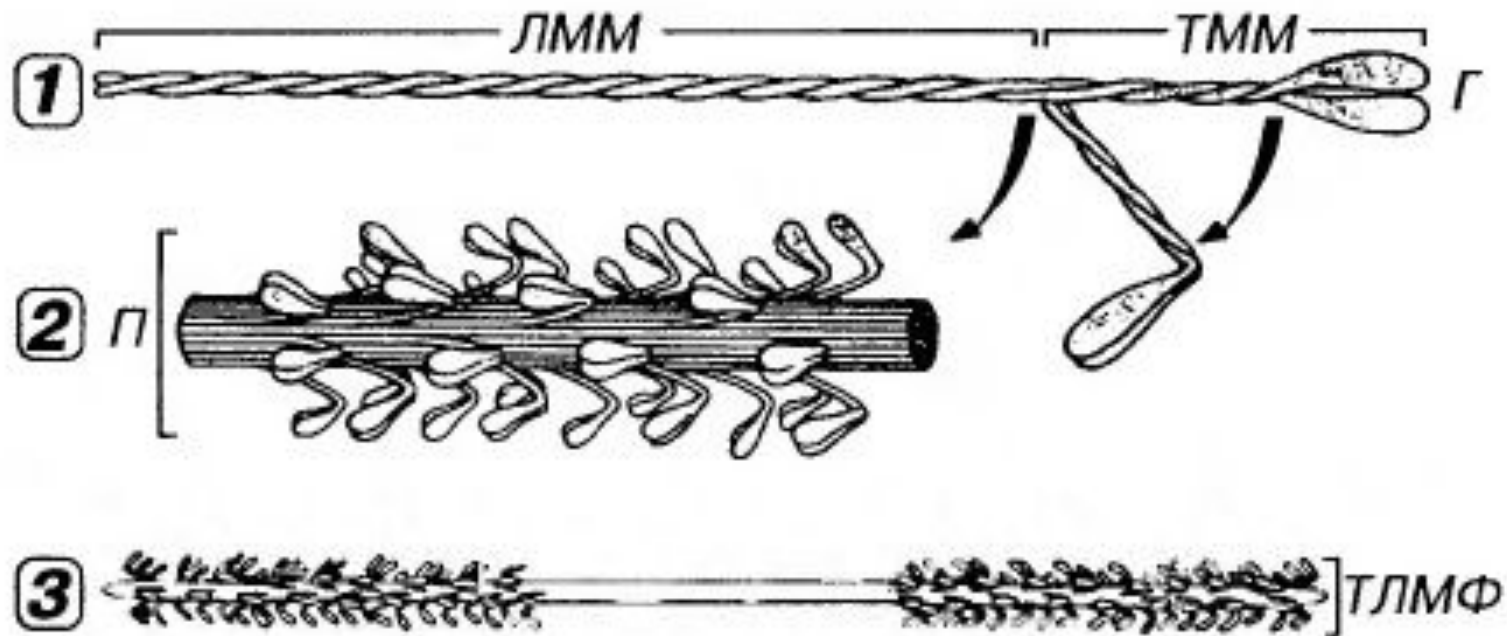
Саркомер

- ▶ Это участок миофибриллы, расположенный между двумя телофрагмами (Z-линиями) и включающий А-диск и две половины I-дисков - по одной половине с каждой стороны.
- ▶ Структура саркомера представлена упорядоченной системой толстых и тонких белковых нитей (миофиламентов). Толстые нити связаны с мезофрагмой и сосредоточены в А-диске, а тонкие прикреплены к телофрагмам, образуют I-диски и частично проникают в А-диски между толстыми нитями (более светлый участок А-диска, свободный от тонких нитей, - полоска Н).
- ▶ Каждая толстая нить (ТЛМФ) окружена шестью тонкими (ТНМФ), каждая из толстых частично входит в окружение трех соседних толстых.

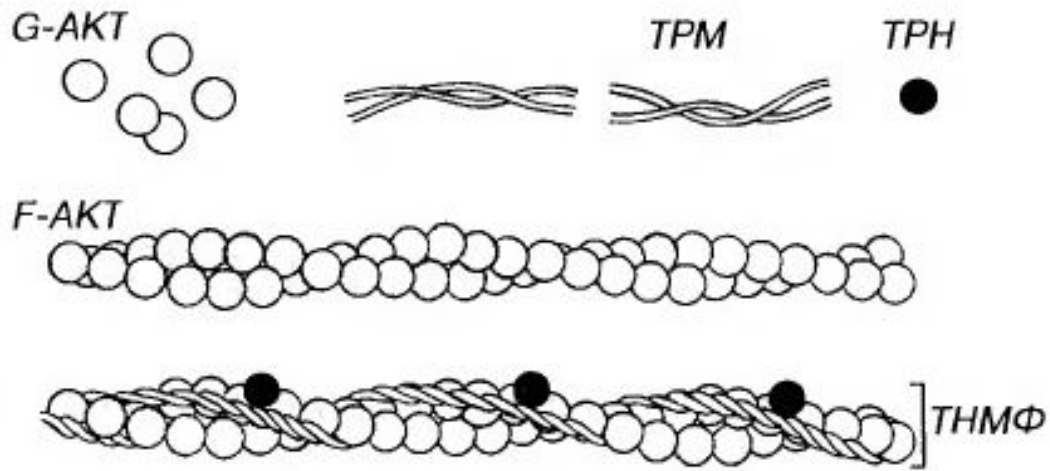


СТРУКТУРА МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА





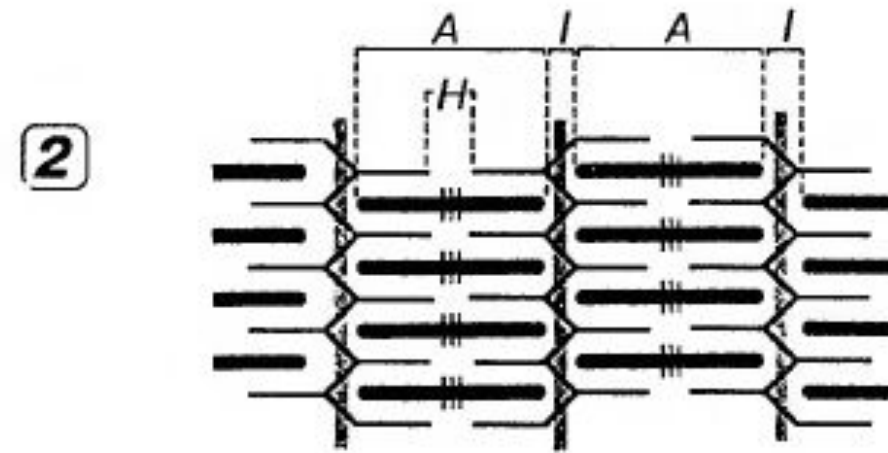
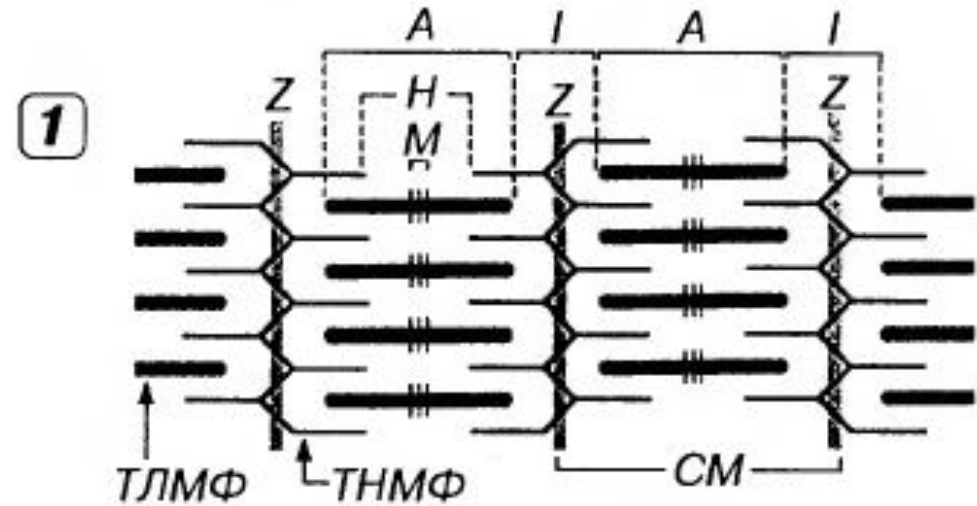
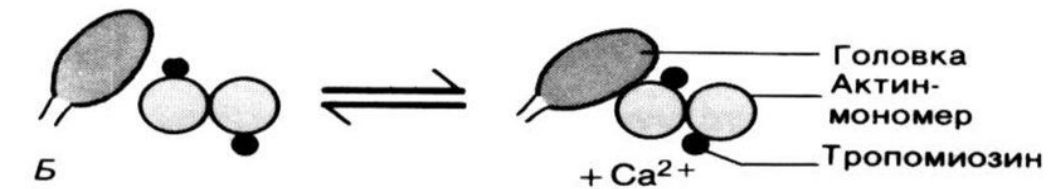
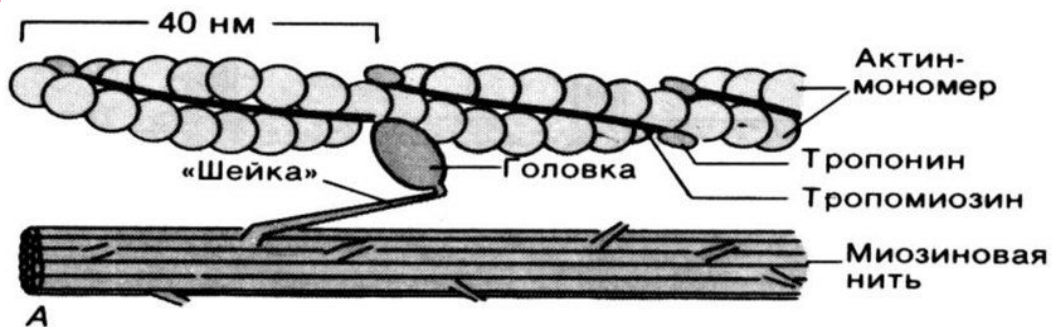
- ▶ Толстые нити (миофиламенты) образованы упорядоченно упакованными молекулами фибриллярного белка миозина (1). На одном из концов молекула миозина содержит две округлые головки (Г). Протеолитическими ферментами миозин расщепляется на две фракции - легкий меромиозин («стержень») (ЛММ) и тяжелый меромиозин (участки головок и шейки, связывающие их со стержневой частью) (ТММ).
- ▶ Молекула миозина может сгибаться в месте соединения тяжелого меромиозина с легким и в области прикрепления головки. Стержневые части молекул миозина собраны в пучки (2, П), снаружи которых располагаются миозиновые головки. Миозин головок обладает АТФазной активностью (способностью осуществлять гидролиз АТФ), но в отсутствие его взаимодействия с актином скорость гидролиза АТФ очень мала. Центральная часть толстого миофиламента (3, ТЛМФ) гладкая, перефирическая содержит многочисленные миозиновые головки.

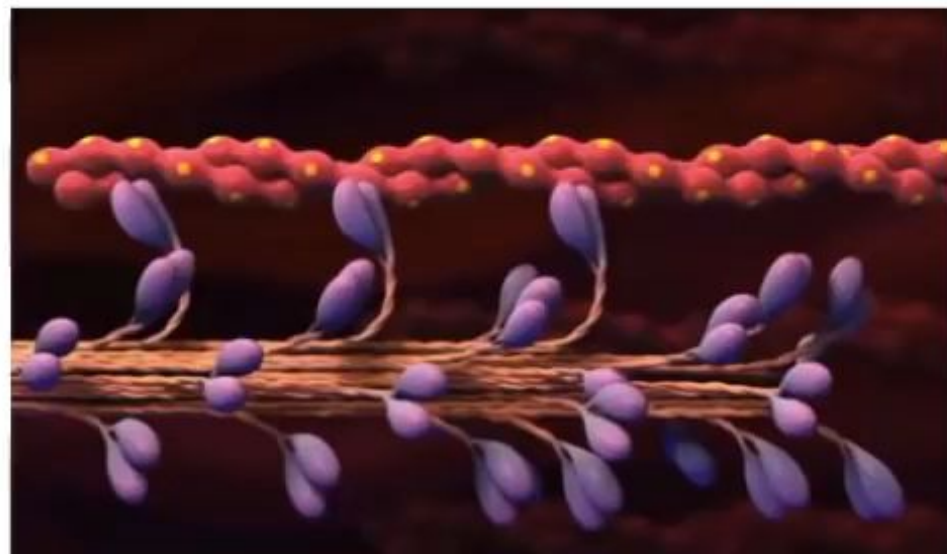
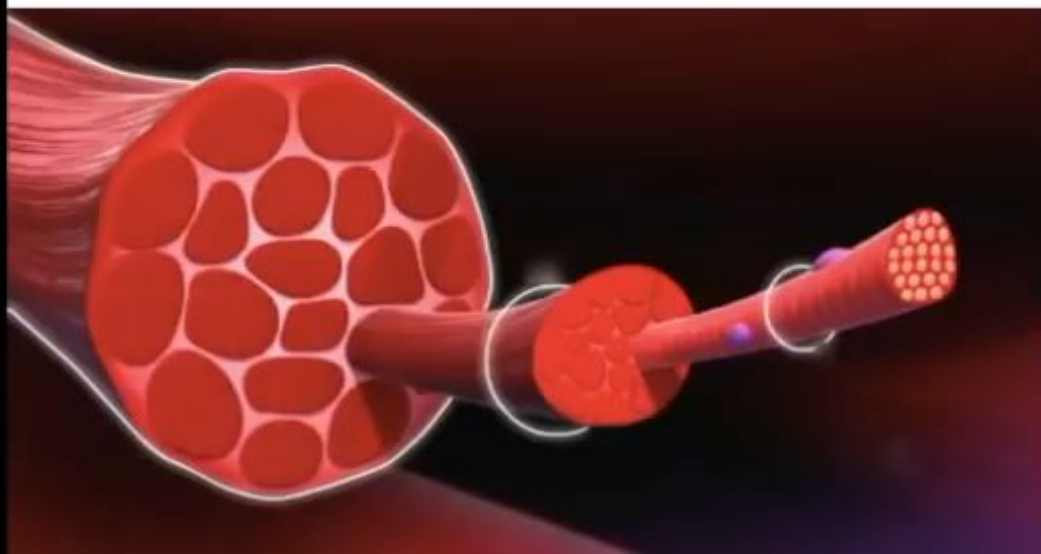


- ▶ Тонкие нити (миофиламенты) (ТНМФ) содержат сократимый белок актин и два регуляторных белка - тропонин (ТРН) и тропомиозин (ТРМ), которые формируют функционально единый тропонин-тропомиозиновый комплекс.
- ▶ Актин в мономерной форме представлен полярными глобулярными субъединицами (G-актин), которые имеют активные центры, способные связываться с молекулами миозина. G-актин агрегирует с образованием полимерного фибриллярного актина (F-актина), молекула которого имеет вид двух скрученных нитей.
- ▶ Тропомиозин представлен нитевидными молекулами, которые соединяются своими концами, образуя длинный тонкий тяж, лежащий в борозде, образуемой перевитыми нитями F-актина. Так как таких борозд на молекуле актина две, то и тропомиозиновых нити тоже две. Всего в состав тонкой нити входит примерно 50 молекул тропомиозина.
- ▶ Тропонин представляет собой глобулярный белок, каждая его молекула располагается на тропомиозиновой молекуле вблизи ее конца. Тропонин состоит из трех субъединиц: ТnC - связывающей кальций, ТnТ - прикрепляющейся к тропомиозину, ТnI - ингибирующей связывание миозина с актином.

Механизм мышечного сокращения

- Описывается **теорией скользящих нитей**, согласно которой укорочение каждого саркомера при сокращении происходит благодаря тому, что тонкие нити вдвигаются в промежутки между толстыми без изменения их длины. Скольжение нитей в саркомере обеспечивается благодаря циклической активности миозиновых мостиков, которые при сокращении повторно прикрепляются к актину, а затем открепляются от него.





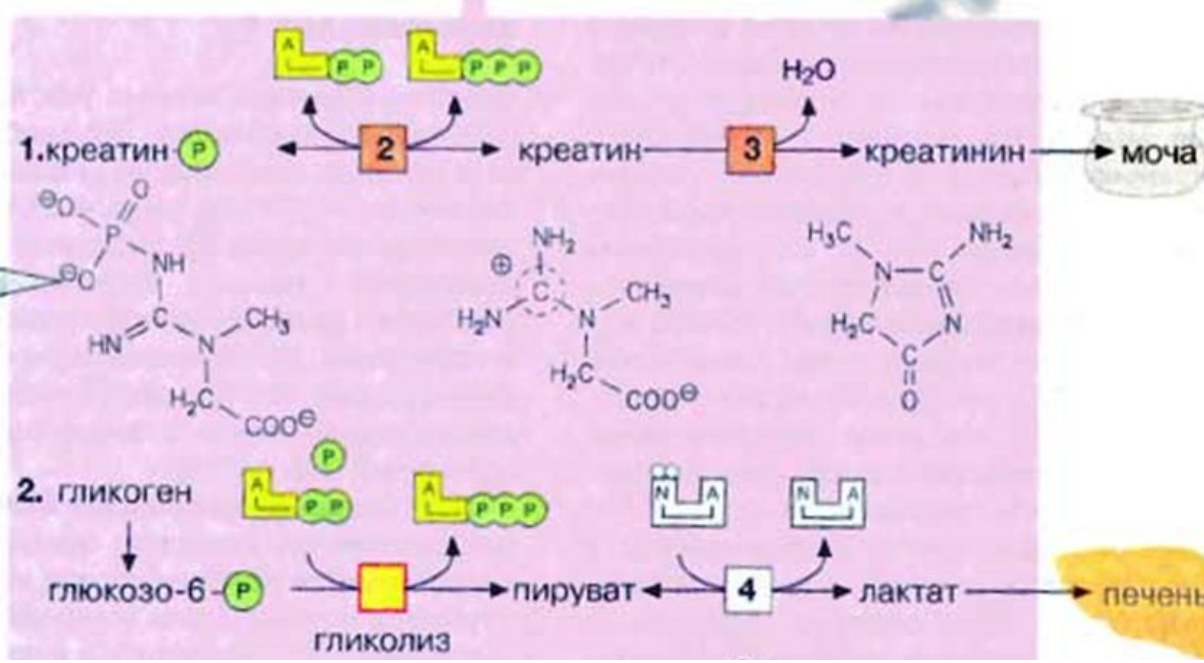
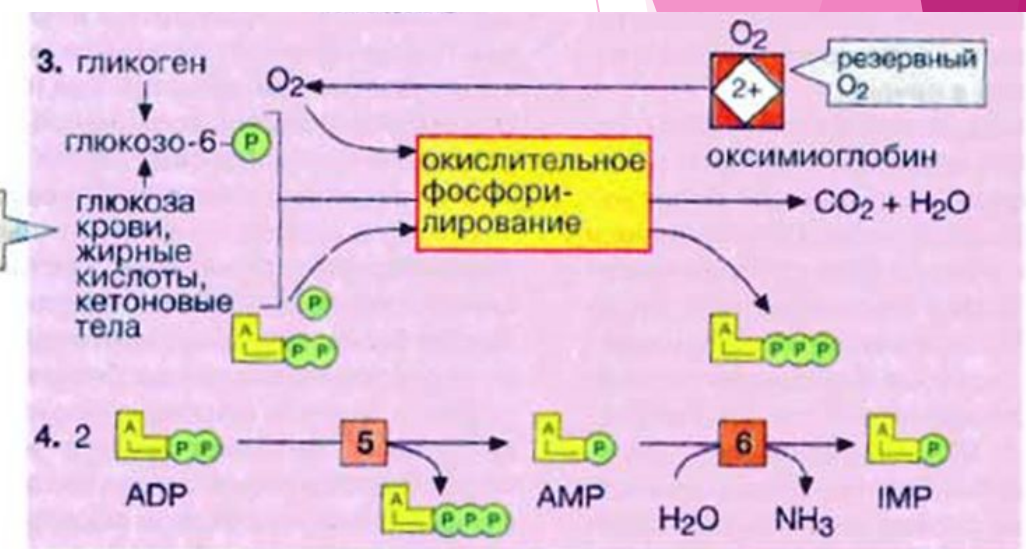
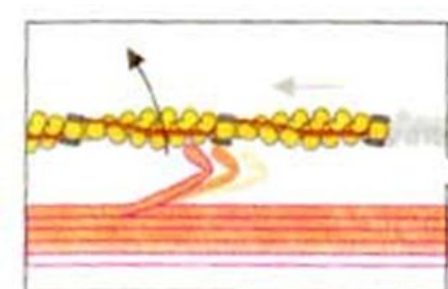
Энергетический аппарат мышечных волокон

Представлен митохондриями, вырабатывающими энергию, необходимую для осуществления мышечной работы, синтетических, транспортных и других процессов жизнеобеспечения, а также трофическими включениями, содержащими вещества, расщепление которых служит источником энергии.



Энергетический аппарат мышечных волокон

- ▶ Энергия, необходимая для осуществления мышечной работы, запасается в мышечных волокнах в виде АТФ и фосфокреатина - энергоёмких фосфатных соединений. Источником энергии служит расщепление гликогена и липидов. При кратковременных нагрузках на скелетные мышцы источником энергии служит глюкоза, получаемая преимущественно в результате расщепления гликогена. Главным источником энергии при выполнении работы, требующей выносливости, служат жирные кислоты.
- ▶ Гликоген находится в саркоплазме в виде бета-частиц, которые образуют скопления между миофибриллами, большей частью на уровне I-дисков. Запасы гликогена, составляющие 0,5-1% массы волокна, опустошаются при длительной интенсивной нагрузке.
- ▶ Липидные капли располагаются между миофибриллами по всей толщине миосимпласта, образуя скопления преимущественно на уровне I-дисков. Их содержание в красных волокнах - 0,5% объёма саркоплазмы, в белых - 0,2%.
- ▶ Миоглобин - железосодержащий кислород-связывающий пигмент мышечных волокон, придающий им красный цвет и сходный по строению и функции с гемоглобином эритроцитов - типичное включение мышечного волокна, которое можно условно отнести к энергетическому аппарату.



- 1** миозин-АТФ-аза
3.6.1.32
- 2** креатинкиназа
2.7.3.2
- 3** неферментативная реакция
- 4** лактатдегидрогеназа
1.1.1.27
- 5** аденилаткиназа
2.7.4.3
- 6** АМР-дезаминаза
3.5.4.6

А. Энергетический обмен в мышечной ткани

Использование креатинфосфата для ресинтеза АТФ

- ▶ Креатин – азотсодержащая карбоновая кислота, которая встречается в организме позвоночных.
- ▶ Креатинфосфат обеспечивает срочный ресинтез АТФ в первые секунды работы (5-10 сек), когда никакие другие источники энергии (анаэробный гликолиз, аэробное окисление глюкозы, β-окисление жирных кислот) еще не активированы, и кровоснабжение мышцы не увеличено.

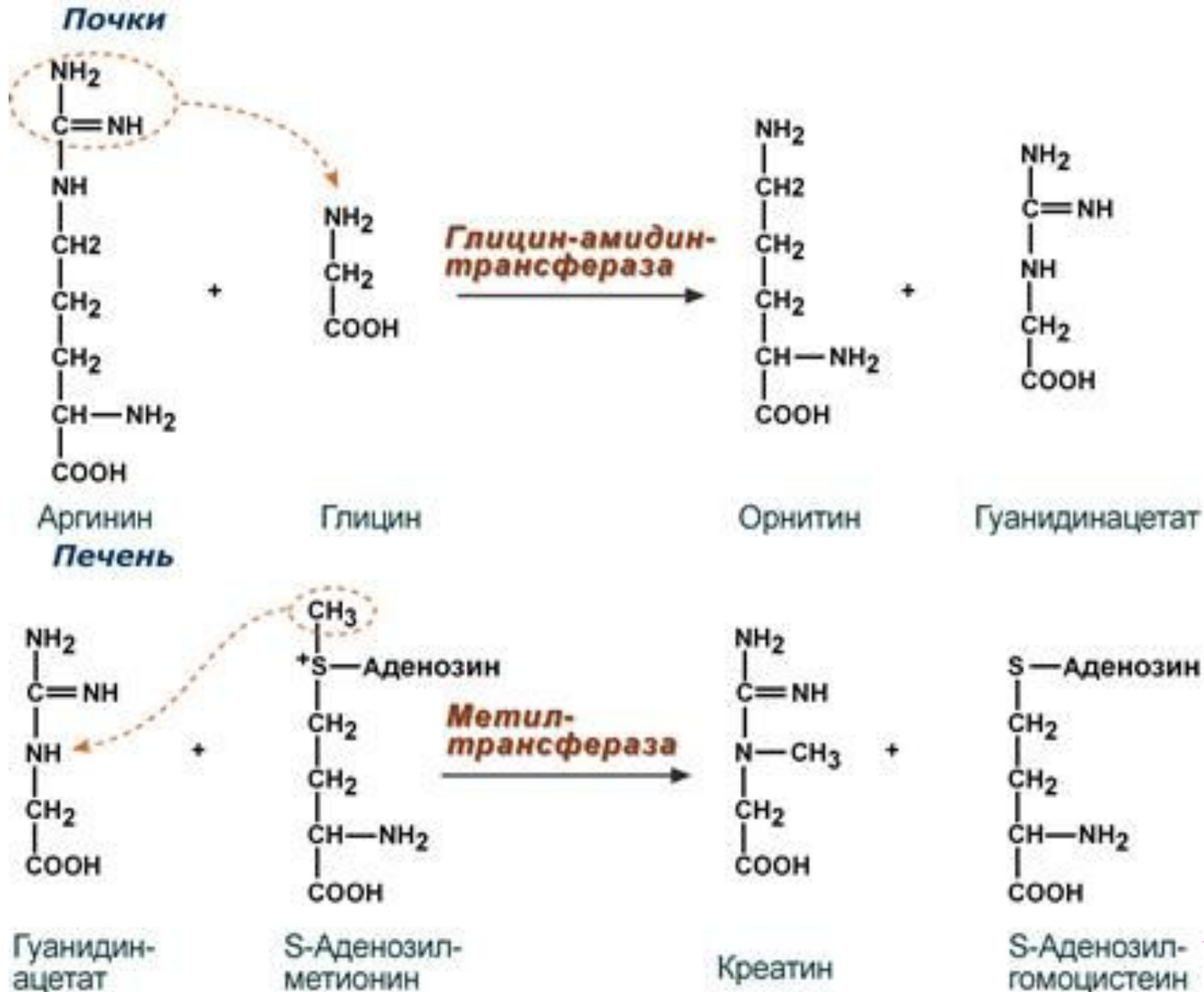


Образование креатинина из креатинфосфата

- Около 3% креатинфосфата постоянно в реакции неферментативного дефосфорилирования превращается в креатинин. Уровень активности креатинкиназы в крови и концентрация креатинина в крови и моче являются ценными диагностическими показателями.

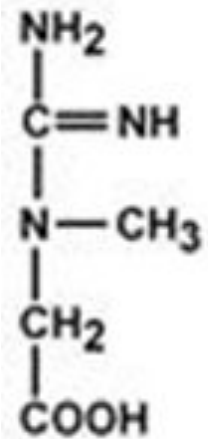


Синтез креатина

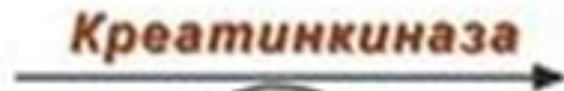


Синтез креатинфосфата

*Мышцы
Мозг*



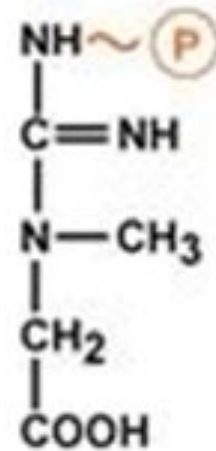
Креатин



АТФ

АДФ

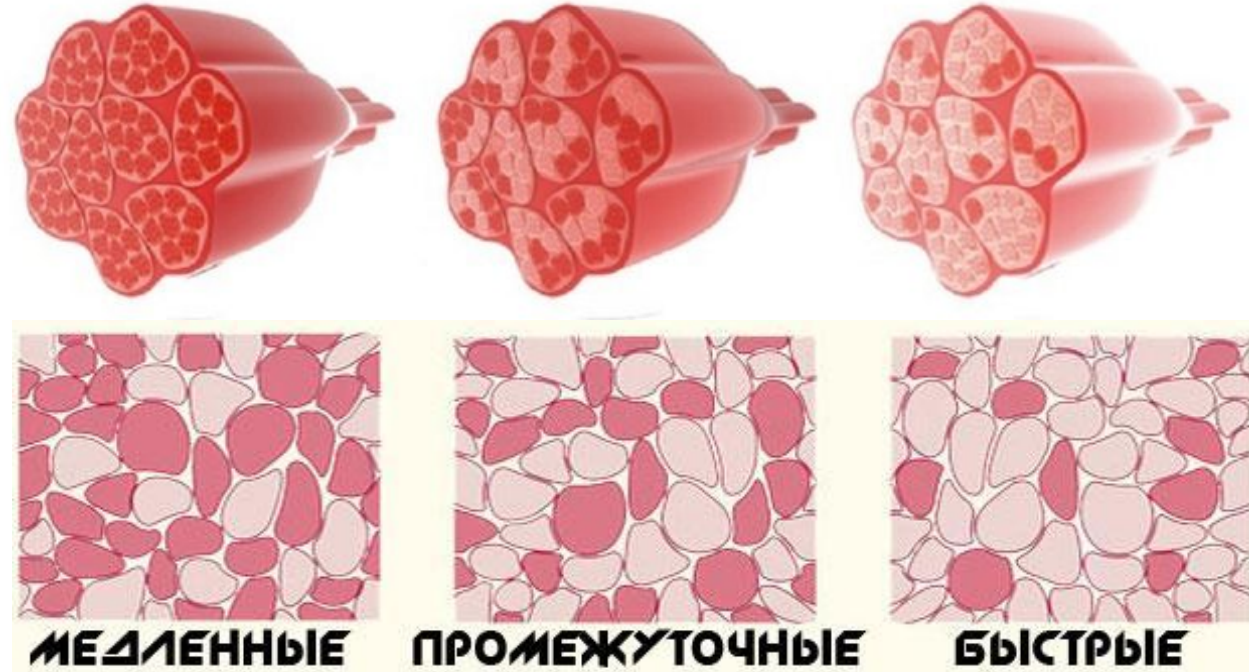
*Покой
Отдых*



Креатинфосфат

Типы мышечных волокон

- ▶ **Тип I** (красные, медленные, тонические, устойчивые к утомлению, с небольшой силой сокращения, окислительные). Характеризуются малым диаметром, тонкими миофибриллами, высокой активностью окислительных ферментов, преобладанием аэробных процессов, высоким содержанием миоглобина, крупных митохондрий с многочисленными кристами, широкой Z-линией, богатым кровоснабжением. Численно преобладают в мышцах, выполняющих длительные тонические нагрузки.
- ▶ **Тип IIB** (белые, быстрые, легко утомляющиеся, с большой силой сокращения, гликолитические). Характеризуются большим диаметром, крупными и сильными миофибриллами, высокой активностью гликолитических ферментов и АТФазы, преобладанием анаэробных процессов, относительно низким содержанием митохондрий, значительным количеством гликогена, узкой Z-линией, сравнительно слабым кровоснабжением. Преобладают в мышцах, выполняющих быстрые движения (мышцах конечностей).
- ▶ **Тип IIA** (промежуточные, быстрые, устойчивые к утомлению, с большой силой, окислительно-гликолитические). Способны использовать энергию, получаемую путем окислительных и гликолитических реакций. По морфологическим и функциональным характеристикам занимают промежуточное положение между предыдущими двумя типами.
- ▶ Красные и белые волокна различаются также содержанием различных изоформ миозина и субъединиц тропонина.



Регенерация скелетной мышечной ткани

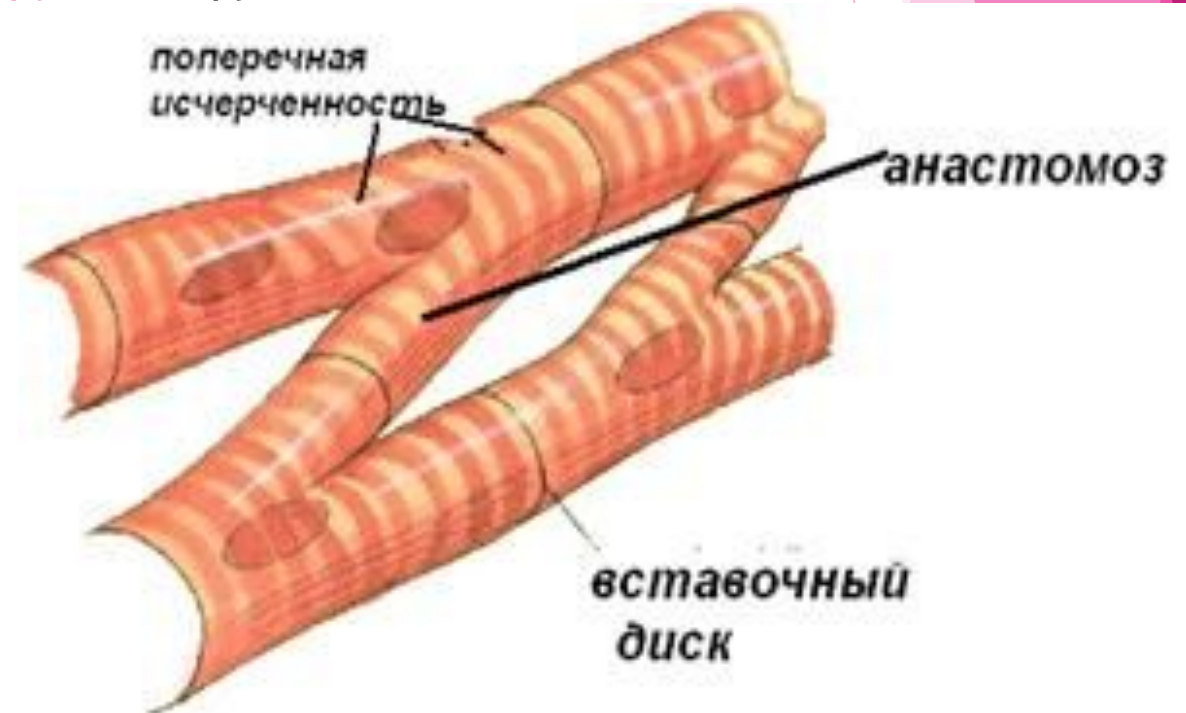
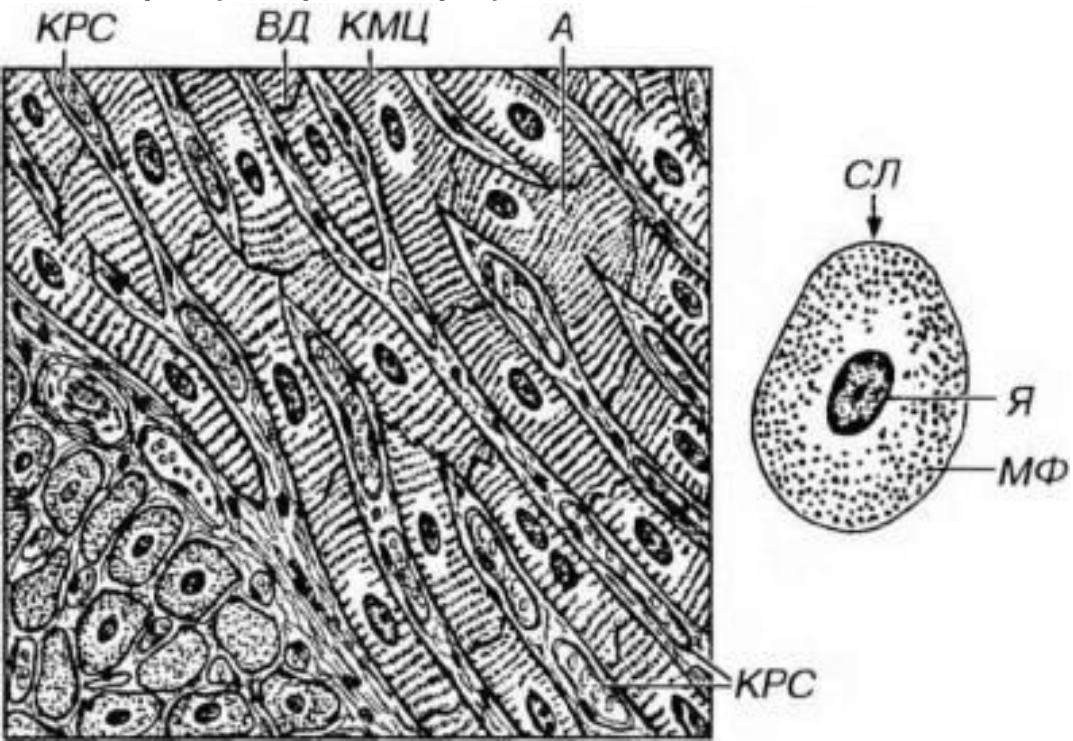
Физиологическая регенерация волокон скелетной мышечной ткани

- ▶ **Гипертрофия** мышечных волокон развивается в ответ на повышенные нагрузки в результате преобладания анаболических процессов над катаболическими.
- ▶ **Атрофия** мышечных волокон возникает вследствие бездействия (при денервации или гипокинезии), а также при голодании.
 - Денервация вызывает снижение массы мышцы на 50% и более, уменьшение диаметра волокон, дезорганизацию сократительного аппарата и элементов цитоскелета, сглаживание различий их типов.
 - Гипокинезия обуславливает более выраженные изменения в красных волокнах, которые более чувствительны к снижению нагрузки, чем белые, которые вовлекаются в процесс атрофии позднее.
 - Голодание сопровождается распадом белков миофибриллярного аппарата и поражает в первую очередь белые волокна.

Репаративная регенерация мышечных волокон направлена на восстановление их целостности после повреждения и частично напоминает эмбриональный миогенез.

Сердечная мышечная ткань

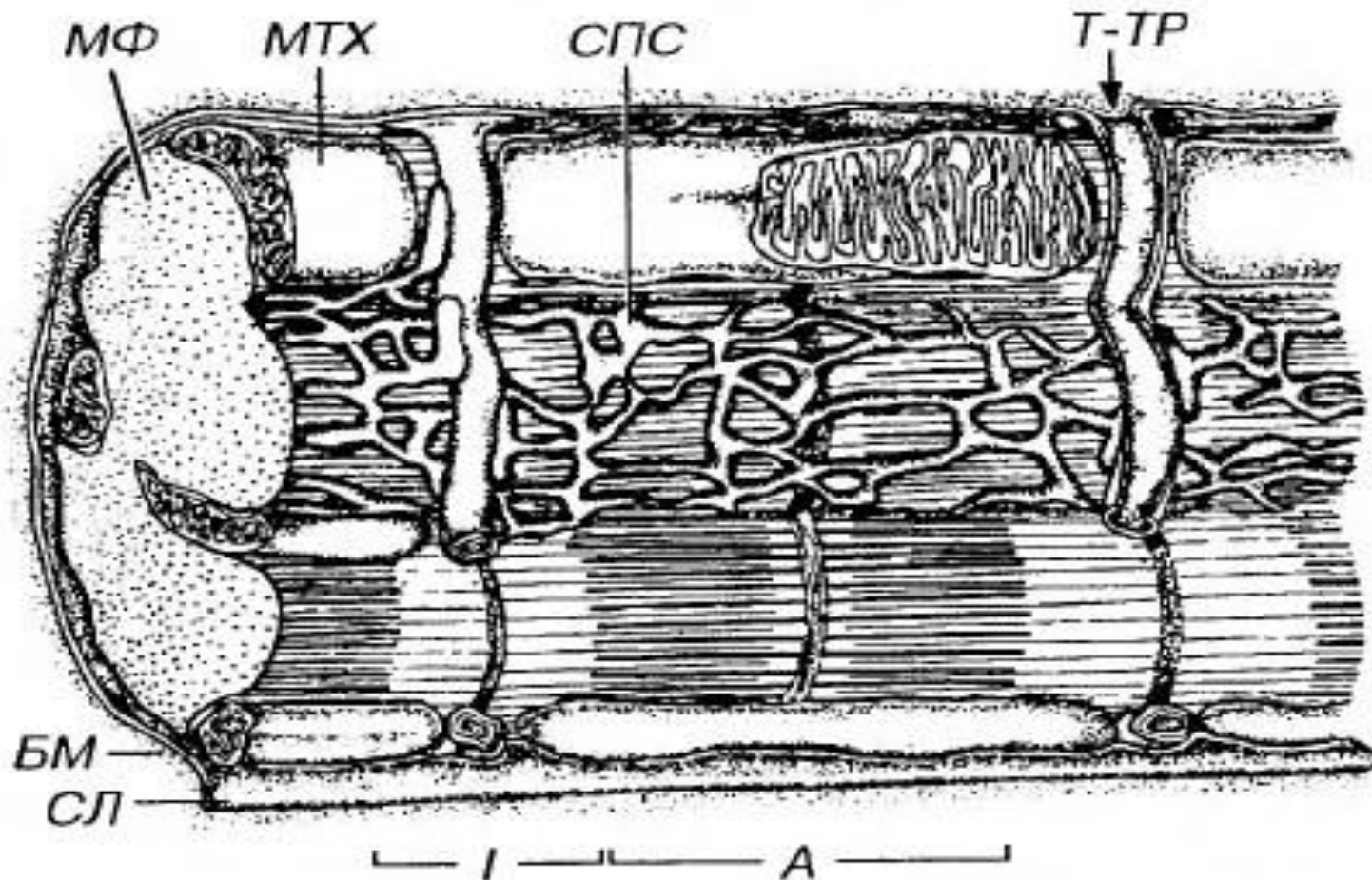
- ▶ Встречается только в мышечной оболочке сердца (миокарде) и устьях связанных с ним крупных сосудов. Ее клетки (сердечные миоциты, или **кардиомиоциты**) составляют лишь 30-40% общего числа клеток сердца, но образуют 70-90% его массы.
- ▶ Основным функциональным свойством сердечной мышечной ткани служит способность к **спонтанным ритмическим сокращениям**, на активность которых влияют гормоны и нервная система.
- ▶ Дифференцировка кардиомиоцитов, в отличие от волокон скелетной мышечной ткани, сочетается с их размножением. Выстраиваясь в цепочки, сердечные миоциты не сливаются друг с другом, а формируют сложные межклеточные соединения - **вставочные диски**, связывающие кардиомиоциты, образуя трехмерную сеть ветвящихся и **анастомозирующих** функциональных волокон.



Типы кардиомиоцитов

Типичные (сократительные, рабочие)	Атипичные	Секреторные (эндокринные)
<ul style="list-style-type: none">- <u>образуют основную часть миокарда и характеризуются мощно развитым сократительным аппаратом</u>, занимающим большую часть их саркоплазмы	<ul style="list-style-type: none">- <u>обладают способностью к генерации и быстрому проведению электрических импульсов</u>- образуют узлы и пучки проводящей системы сердца- <u>характеризуются слабым развитием сократительного аппарата</u>, светлой саркоплазмой и крупными ядрами- <u>сюда входят пейсмекерные (синусные), проводящие, переходные кардиомиоциты</u>	<ul style="list-style-type: none">- располагаются в предсердиях и <u>характеризуются отростчатой формой и слабым развитием сократительного аппарата</u>- <u>в их саркоплазме</u> вблизи полюсов ядра находятся окруженные мембраной плотные гранулы, <u>содержащие гормон - предсердный натриуретический фактор (пептид) - ПНФ (ПНП)</u>, этот гормон вызывает усиленную потерю натрия и воды с мочой (натриурез и диурез), расширение сосудов, снижение артериального давления, угнетение секреции альдостерона, кортизола и вазопрессина.

- ▶ *Сократительный аппарат* сильно развит в *сократительных (рабочих) кардиомиоцитах*. Также как и в скелетных мышечных волокнах представлен миофибриллами, обладающими поперечной исчерченностью. Однако миофибриллы кардиомиоцитов нередко частично *сливаются друг с другом, образуя единую структуру*, а их сократимые белки биохимически отличаются от таковых в скелетной мышечной ткани. В саркоплазме кардиомиоцитов миофибриллы ориентированы продольно и располагаются по ее периферии, под сарколеммой.



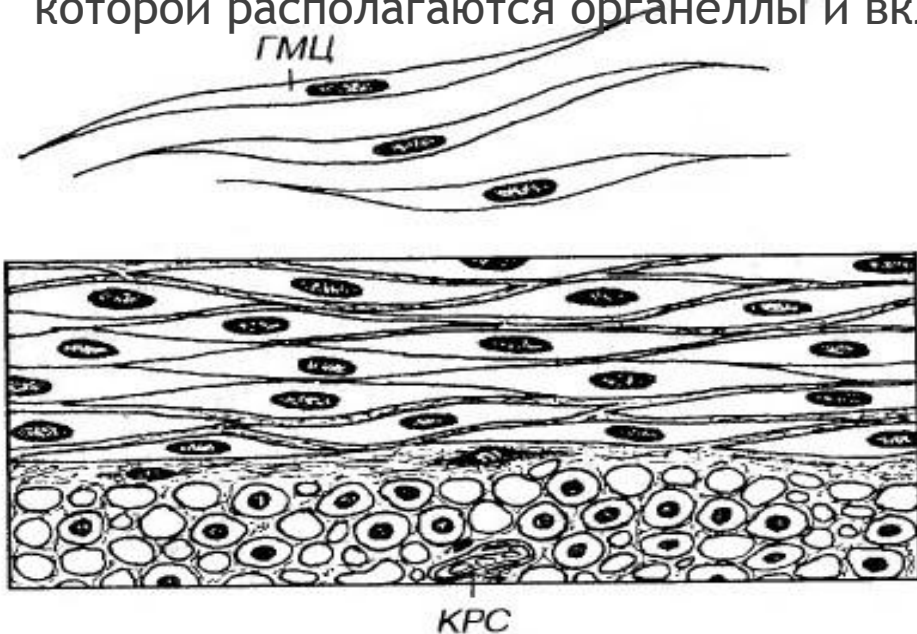
СПС - саркоплазматическая сеть
Т-ТР - Т-трубочки (впячивания клеточной мембраны, достигающие до центральной части клеток, обеспечивают быструю передачу потенциала действия и играют важную роль в регуляции внутриклеточной концентрации ионов кальция)

Регенерация сердечной мышечной ткани

- ▶ Физиологическая регенерация сердечной мышечной ткани осуществляется на внутриклеточном уровне с высокой интенсивностью, так как для кардиомиоцитов характерна высокая скорость изнашивания и обновления структурных компонентов. Активность этого процесса усиливается при повышенной нагрузке на сердечную мышечную ткань (происходит резко выраженная гипертрофия кардиомиоцитов с увеличением их диаметра до двух раз).

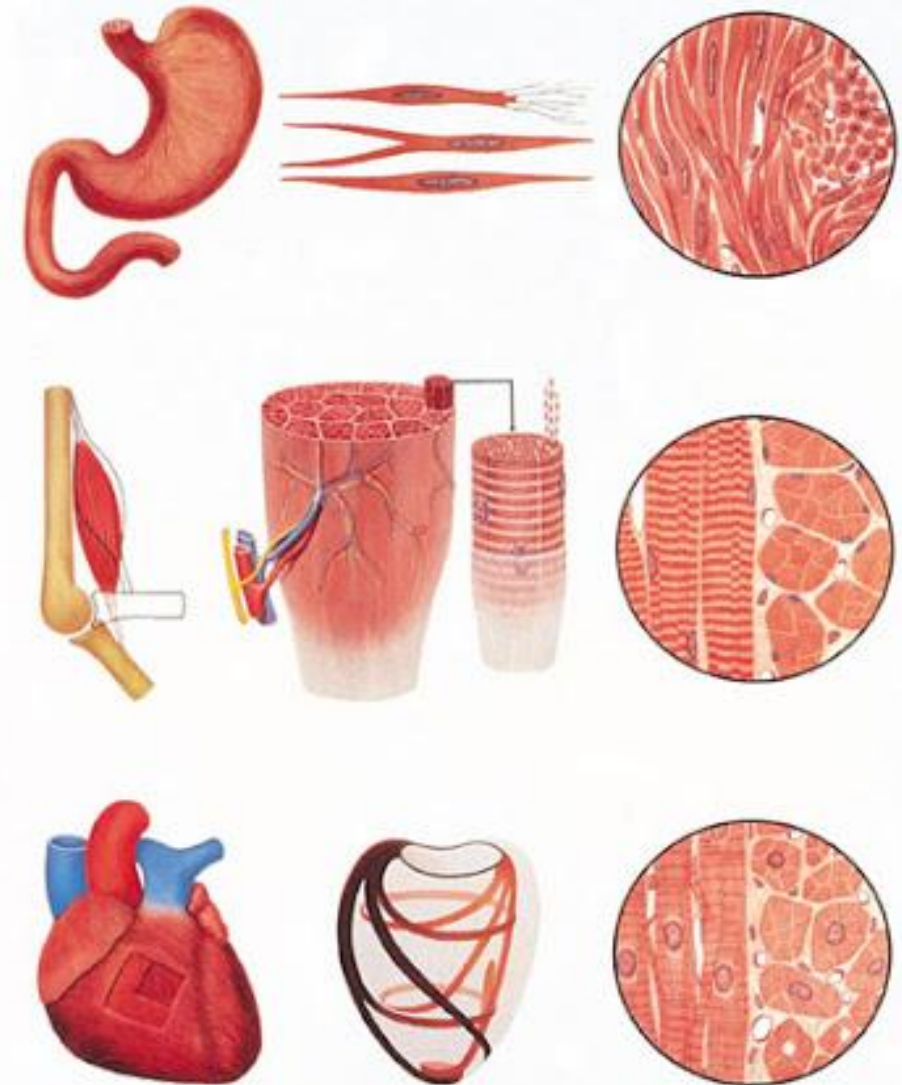
Гладкая мышечная ткань. Миоциты

- ▶ Структурно-функциональной единицей гладкой мышечной ткани служит гладкий **МИОЦИТ** (гладкая мышечная клетка).
- ▶ Гладкие миоциты - одноядерные клетки преимущественно веретеновидной формы, не обладающие поперечной исчерченностью и образующие многочисленные соединения друг с другом. Длина клеток в состоянии расслабления варьирует в пределах 20-1000 мкм, их толщина колеблется от 2 до 20 мкм. При резком сокращении длина миоцитов может уменьшаться до 20% начальной. Наиболее крупные клетки характерны для стенки внутренних органов, самые мелкие располагаются в стенке сосудов. Гладкие миоциты окружены сарколеммой, которая снаружи покрыта базальной мембраной, содержат одно ядро и саркоплазму, в которой располагаются органеллы и включения.



Гладкая мышечная ткань в составе органов

- ▶ В органах гладкая мышечная ткань обычно представлена пластами, пучками и слоями гладких миоцитов. Лишь в отдельных участках (в ворсинке тонкой кишки) эти клетки располагаются среди структурных элементов других тканей поодиночке или мелкими группами, не образуя пластов.
- ▶ Расположение гладких миоцитов в пластах таково, что узкая часть одной клетки прилежит к широкой части другой. Это способствует наиболее компактной укладке миоцитов, обеспечению максимальной площади их взаимных контактов и высокой прочности ткани.

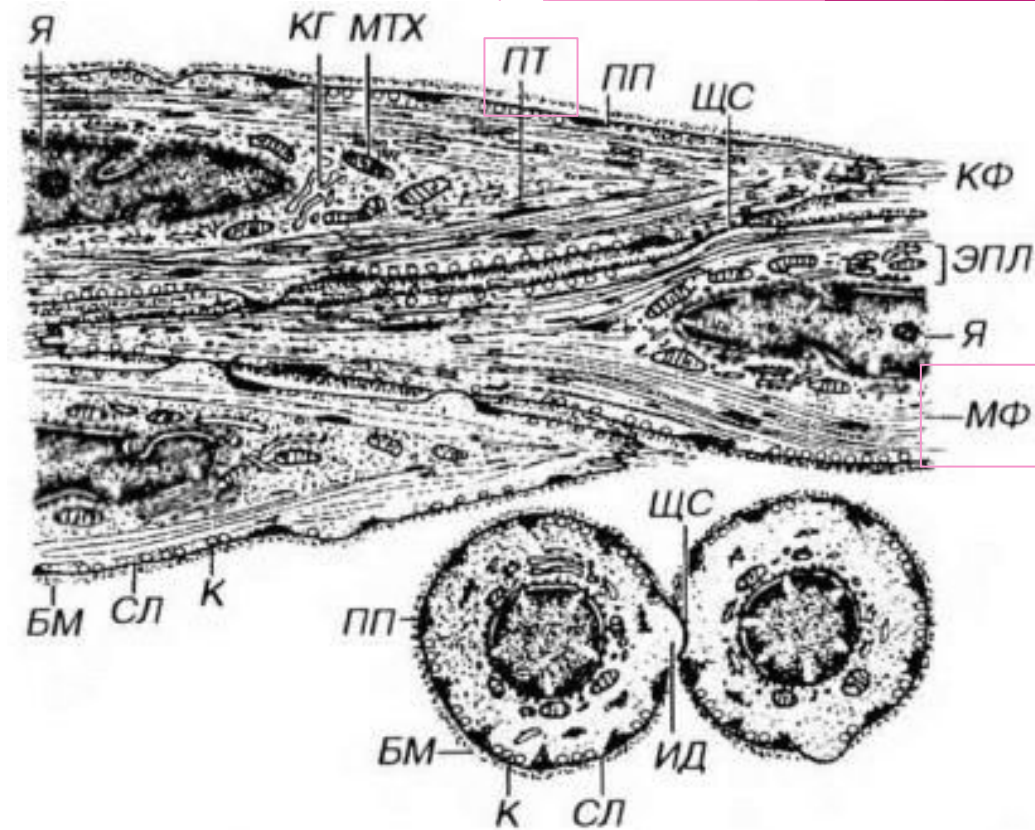


МИОЦИТЫ

Сократительный аппарат гладких миоцитов представлен тонкими (актиновыми) и толстыми (миозиновыми) филаментами, которые, в отличие от поперечнополосатых мышечных тканей, не формируют миофибрилл.

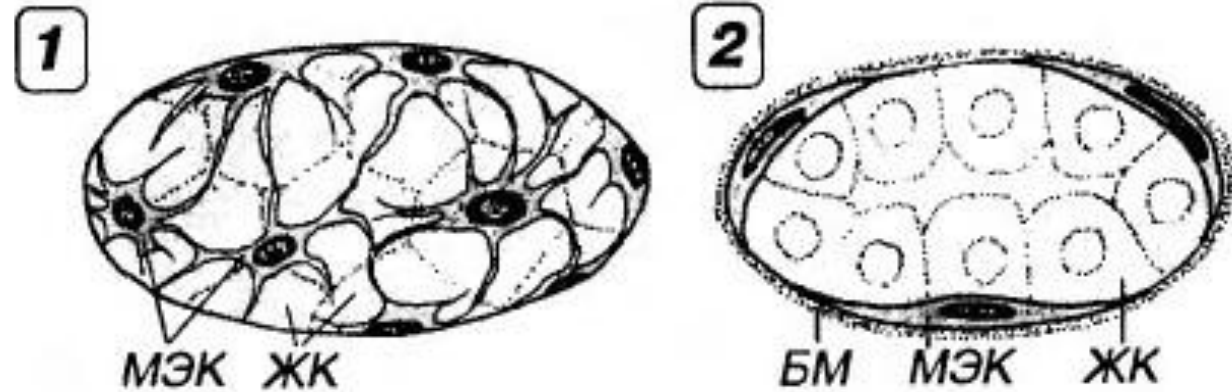
Тонкие (актиновые) миофиламенты образованы особым набором изоформ актина, свойственным гладким миоцитам, помимо мышечного актина в них обнаруживается и немышечный (цитоплазматический) актин. Тонкие филаменты преобладают над толстыми по количеству и занимаемому объему. Они более многочисленны, чем в поперечнополосатых мышечных тканях и располагаются в саркоплазме пучками по 10-20 филаментов, лежащими параллельно или под углом к длинной оси клетки. Концы актиновых филаментов закреплены в особых образованиях, находящихся в саркоплазме или связанных с сарколеммой - **плотных тельцах (ПТ)**, которые служат также областью фиксации промежуточных филаментов.

Толстые (миозиновые филаменты) не содержат центральной гладкой части, поскольку покрыты миозиновыми головками по всей длине. Это обеспечивает более значительное перекрытие тонких и толстых филаментов, а, следовательно, и большую силу сокращения.



Особые типы гладких миоцитов

- ▶ **Миоэпителиальные клетки (МЭК)** происходят из эктодермы и представляют собой видоизмененные эпителиальные клетки. Они не обладают исчерченностью (относятся к гладким) и входят в состав концевых отделов потовых, молочных, слезных и слюнных желез, а также желез трахеи и пищевода. Сокращаясь, миоэпителиальные клетки способствуют выведению секрета из концевых отделов и выводных протоков. Форма миоэпителиальных клеток в концевых отделах - отростчатая. В протоках желез клетки веретеновидной формы, циркулярно охватывающие эпителиальную трубочку. Иммуногистохимическими методами в них выявляется также и десмин - белок промежуточных филаментов, характерный для мышечных тканей.
- ▶ **Мионейральные клетки** имеют нейральное происхождение, являются гладкими и образуют мышцы радужки глаза (суживающую и расширяющую зрачок).
- ▶ **Эндокринные гладкие миоциты** (зернистые клетки) являются видоизмененными гладкими миоцитами, которые представляют собой основной компонент юкстагломерулярного аппарата почек. Они входят в состав стенки артериол почечного тельца.
- ▶ **Миофибробласты** также относятся к клеткам с сократительной функцией. Они представляют собой видоизмененные фибробласты - клетки соединительной ткани, участвующие в выработке волокон и основного вещества, но одновременно обладающие выраженными сократительными свойствами.



Регенерация гладкой мышечной ткани

- ▶ **Физиологическая регенерация гладкой мышечной ткани** осуществляется постоянно на субклеточном уровне путем обновления клеточных компонентов. Регенерации этой ткани на клеточном уровне в физиологических условиях не происходит или осуществляется с очень низкой скоростью.
- ▶ Гипертрофия гладкой мышечной ткани служит ее реакцией на повышение функциональной нагрузки и обусловлена сочетанием процессов гипертрофии и гиперплазии гладких миоцитов. Гипертрофия гладких миоцитов проявляется многократным увеличением их размеров, при этом относительное содержание органелл в них, как правило, существенно не меняется. Гиперплазия гладких миоцитов служит одним из факторов гипертрофии гладкой мышечной ткани, которая развивается при повышенных функциональных нагрузках.
- ▶ **Репаративная регенерация гладкой мышечной ткани** развивается после повреждения гладкой мышечной ткани и реализуется за счет тех же источников, что и в нормальных условиях. Способность к полноценному замещению погибшей ткани определяется объемом повреждения. При достаточно больших зонах повреждения на месте погибшей гладкой мышечной ткани развивается волокнистая соединительная ткань, где постепенно увеличивается содержание коллагеновых волокон, вследствие чего она из рыхлой волокнистой превращается в плотную (рубцовую).

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!