

Механизм мышечного сокращения



Презентацию представил студент 214
группы Бойцев Алексей

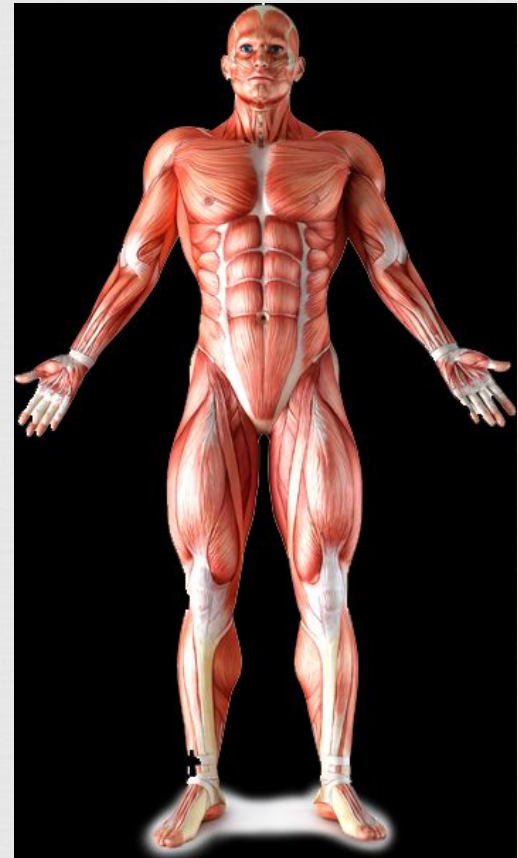
План



1. Общие сведения о мышцах
2. Строение скелетных мышц
3. Двигательная единица
4. Механизм мышечного сокращения

Общие сведения о мышцах

- Мышцы - орган тела человека или животного, состоящий из ткани, способной сокращаться под влиянием нервных импульсов
- Основным элементом мышц является мышечная ткань, но также имеются нервы, сосуды и соединительная ткань
- Мышцы представляют собой мягкую ткань, состоящую из отдельных мышечных волокон, которые могут сокращаться и расслабляться.



Мышцы человека

Общие сведения о мышцах

По особенностям строения и выполняемым функциям, мышцы делятся на:

1. Поперечно-полосатая скелетная мускулатура
2. Гладкая мускулатура
3. Поперечно-полосатая сердечная мускулатура

	Гладкая	Скелетная	Сердечная
			
Нет истощенности	Исчерченность	Исчерченность	Исчерченность
Ядра в центре	Ядра на периферии	Ядра в центре	Ядра в центре
Скорость	Медленные	Быстрые	Быстрые
Где находится	Внутренние органы, стенки сосудов	Туловище, конечности, голова и шея	Сердце
Контроль	Непроизвольно	Произвольно	Непроизвольно

Общие сведения о мышцах

Функции мышечной ткани:

1. Двигательная
2. Поддержание позы
3. Движение пищи по ЖКТ
4. Движение новорожденных по родовым путям
5. Обеспечение дыхания
6. Депонирующая
7. Социальная(мимическая)
8. Защитная
9. Теплообменная



Мимические мышцы,
обеспечивающие проявление
эмоций

Общие сведения о мышцах

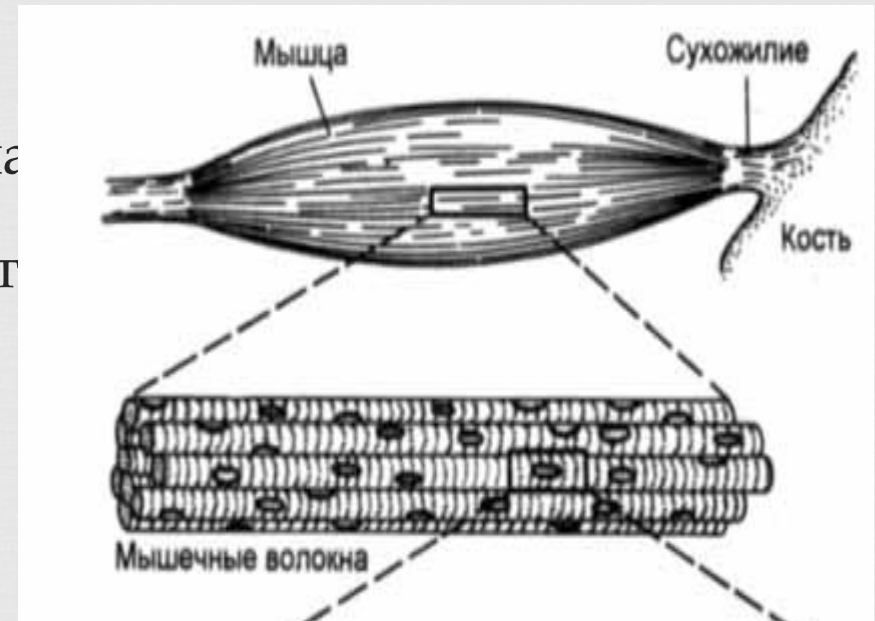
□ Свойства мышечной ткани:

1. Возбудимость – способность органа или ткани живого организма приходить в состояние возбуждения при действии раздражителей из внешней среды или изнутри организма.
2. Сократимость - реакция мышечных клеток на воздействие нейромедиатора, реже гормона, проявляющаяся в уменьшении длины клетки
3. Проводимость - способность ткани проводить возбуждение по всей своей длине
4. Утомляемость – утрата способности нормального функционирования мышцы, вследствие длительной или интенсивной работы
5. Лабильность - функциональная подвижность мышечной ткани, характеризующаяся наибольшей частотой, с которой ткань может возбуждаться в ритме раздражений.

Строение скелетных МЫШЦ

□ Структурной и функциональной единицей скелетной мышцы является мышечное волокно, представляющее собой сильно вытянутую клетку. Длина мышечного волокна зависит от размеров мышцы и составляет от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. Толщина волокна различна 10-100 микрометров.

□ Мышечные волокна расположены параллельно друг относительно друга, и крепятся в определенных точках к костям



Мышцы и мышечные
волокна

Строение скелетных

МЫШЦ

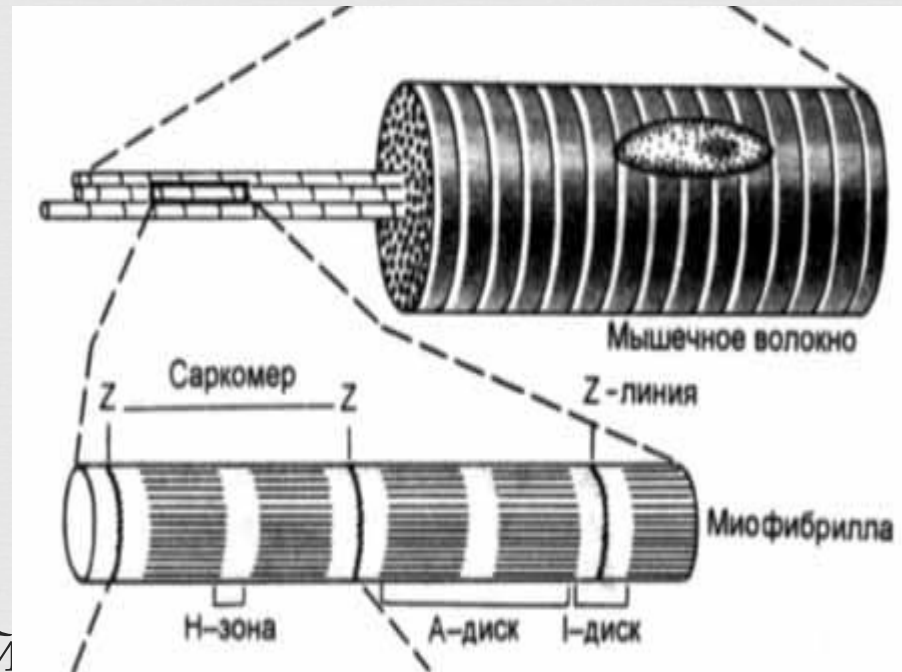
□ Мышечные волокна бывают двух видов :

1) Красные волокна - содержат большое количество митохондрий с высокой активностью окислительных ферментов. Сила их сокращений сравнительно невелика, а скорость потребления энергии такова, что им вполне хватает обычного кислородного питания. Они участвуют в движениях, не требующих значительных усилий, - например, в поддержании позы.

2) Белые волокна - имеют значительную силу сокращений, для которой требуется много энергии. Наблюдается большая активность ферментов расщепляющих глюкозу. Поэтому двигательные единицы, состоящие из белых волокон, обеспечивают быстрые, но кратковременные движения, требующие

Строение скелетных МЫШЦ

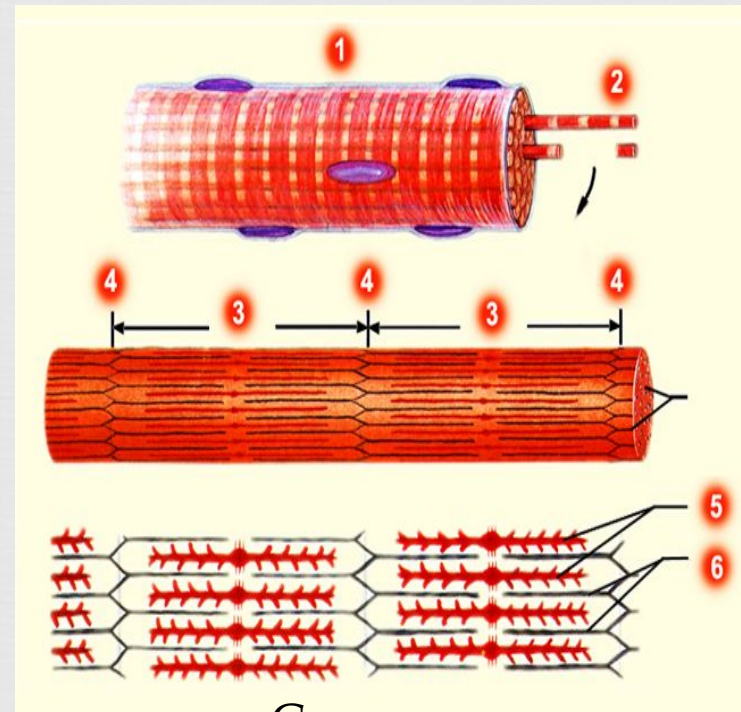
- Каждое мышечное волокно включает множество субъединиц – миофибрилл, которые построены из повторяющихся в продольном направлении блоков (саркомеров).
- Саркомер - функциональной единицей сократительного аппарата скелетной мышцы.



Миофибриллы и саркомеры

Строение скелетных МЫШЦ

- Саркомеры в миофибрилле отделены друг от друга Z-пластинками, которые содержат белок бета-актинин.
- В обоих направлениях от Z-пластинки отходят тонкие актиновые филаменты (I-диск, светлый)
- В промежутках между ними располагаются более толстые миозиновые филаменты (A-диск, темный)
- Линия М (мезофрагма) - тонкая перегородка, пересекающая в поперечном направлении анизотропный диск миофибриллы поперечнополосатого мышечного



Саркомер

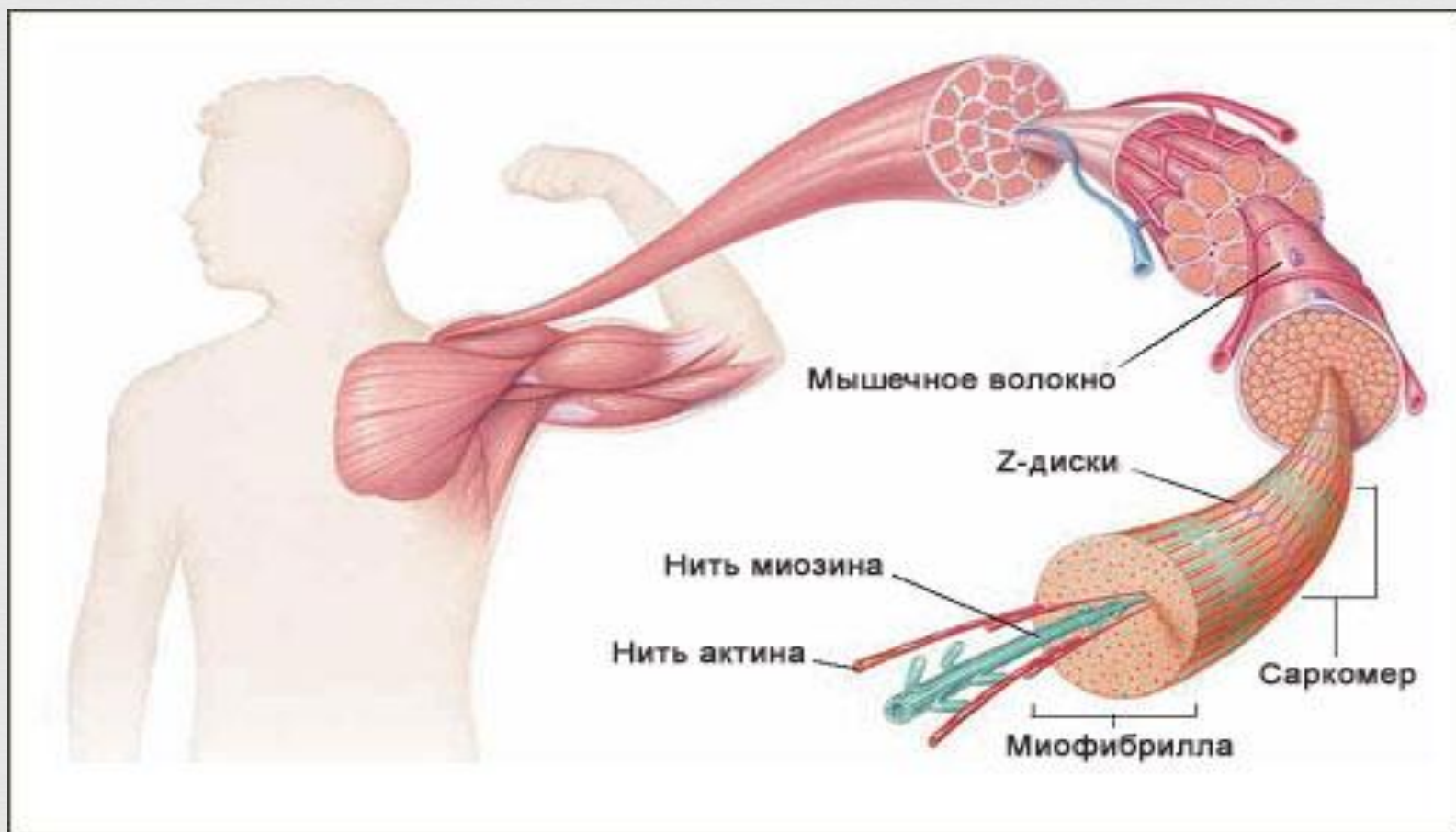
Строение скелетных МЫШЦ



□ По мимо актина и миозина в состав мышечного волокна входят:

1. Тропомиозин и тропонин – белки регуляторных единиц. Эти белки в невозбужденном состоянии мышцы блокируют взаимодействие актина и миозина между собой. Лежат данные белки в продольных бороздках актиновых нитей
Репрессорная роль тропонина снимается ионами кальция(Ca)
2. Титин, М-белок, скелемин
3. Винкулин и интерин

Строение скелетных МЫШЦ



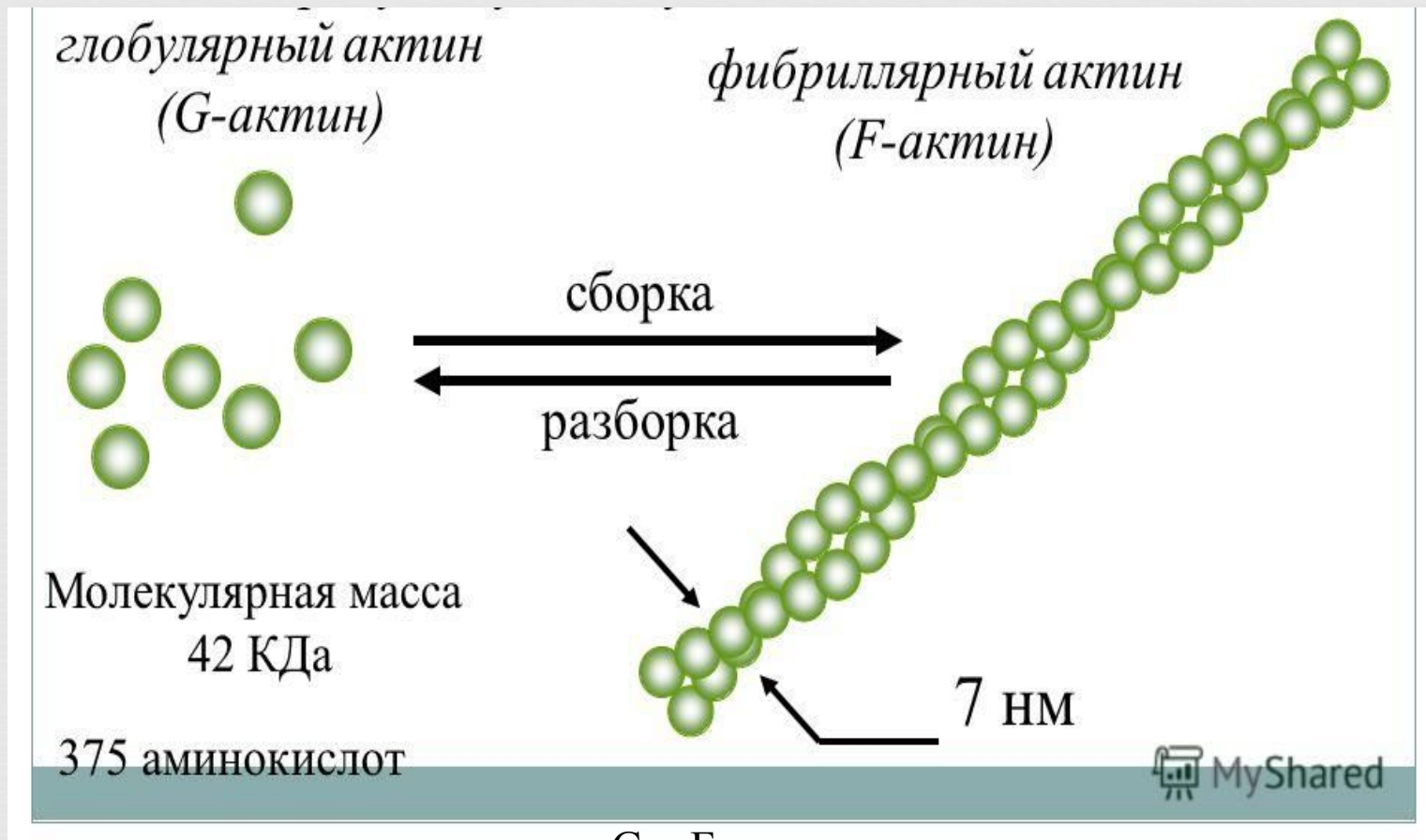
Строение скелетных

МЫШЦ.

АКТИН

- **Актин** – белок, полимеризованная форма которого образует микрофиламенты
- Гораздо меньший по размеру, чем миозин, и занимает всего 15-20% от общей массы всех белков.
- Крепится к Z-диску.
- Представляет собой сплетенные две нитки в стержень, с канавками, в которых залегает двойная цепочка другого белка - тропомиозина.

Строение скелетных МЫШЦ. АКТИН



G и F актин

Строение скелетных МЫШЦ. АКТИН

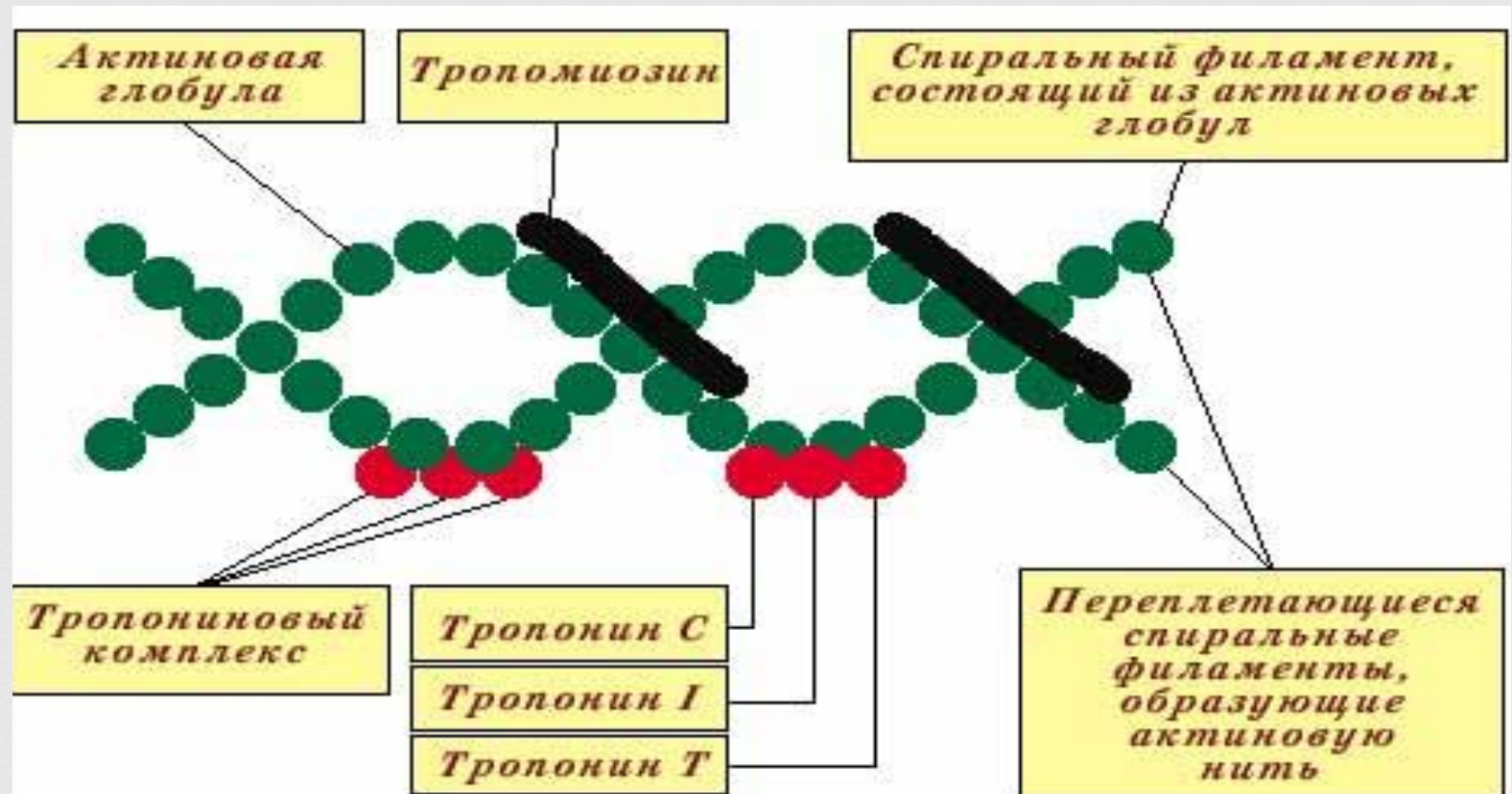
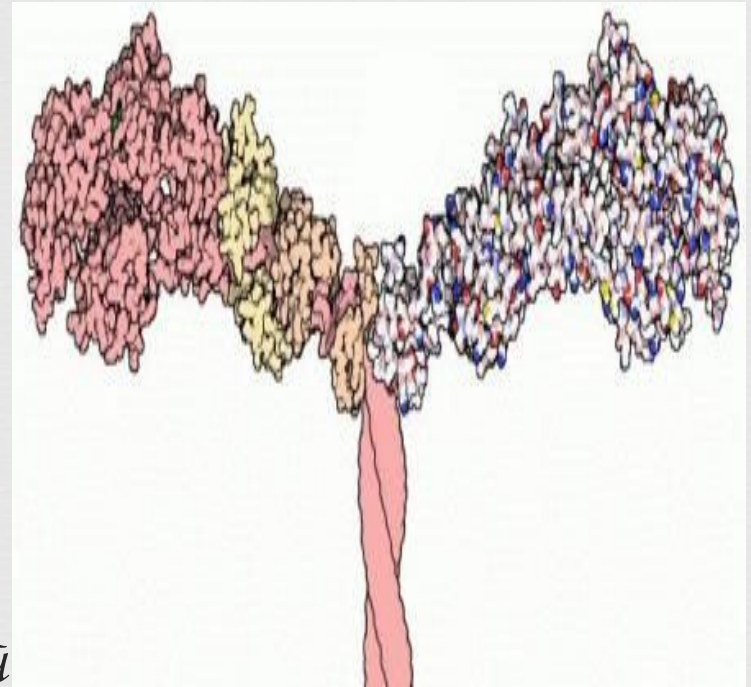


Схема строения актина. Взаимодействие актина с другими белками

Строение скелетных МЫШЦ. Миозин

- Миозин — фибриллярный белок, один из главных компонентов сократительных волокон мышц — миофибрилл.
- Составляет 40–60 % общего количества мышечных белков.
- При соединении миозина с другим белком миофибрилл (актином) образуется актомиозин — основной структурный элемент сократительной системы мышц.



Актомиозин

- Способен расщеплять АТФ

Строение скелетных МЫШЦ.

МИОЗИН

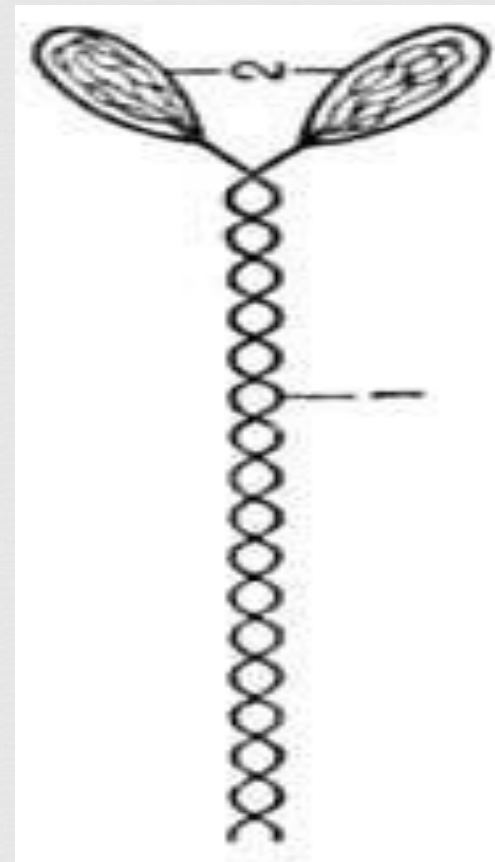
- Другое важное свойство миозина — способность расщеплять аденозинтрифосфорную кислоту (АТФ)^[1]. Благодаря АТФ-азной активности миозина, химическая энергия макроэргических связей АТФ превращается в механическую энергию мышечного сокращения.

Строение скелетных МЫШЦ. Миозин

□ Миозины состоят из тяжёлых цепей (H) и лёгких (L) в разном количестве в зависимости от типа миозина

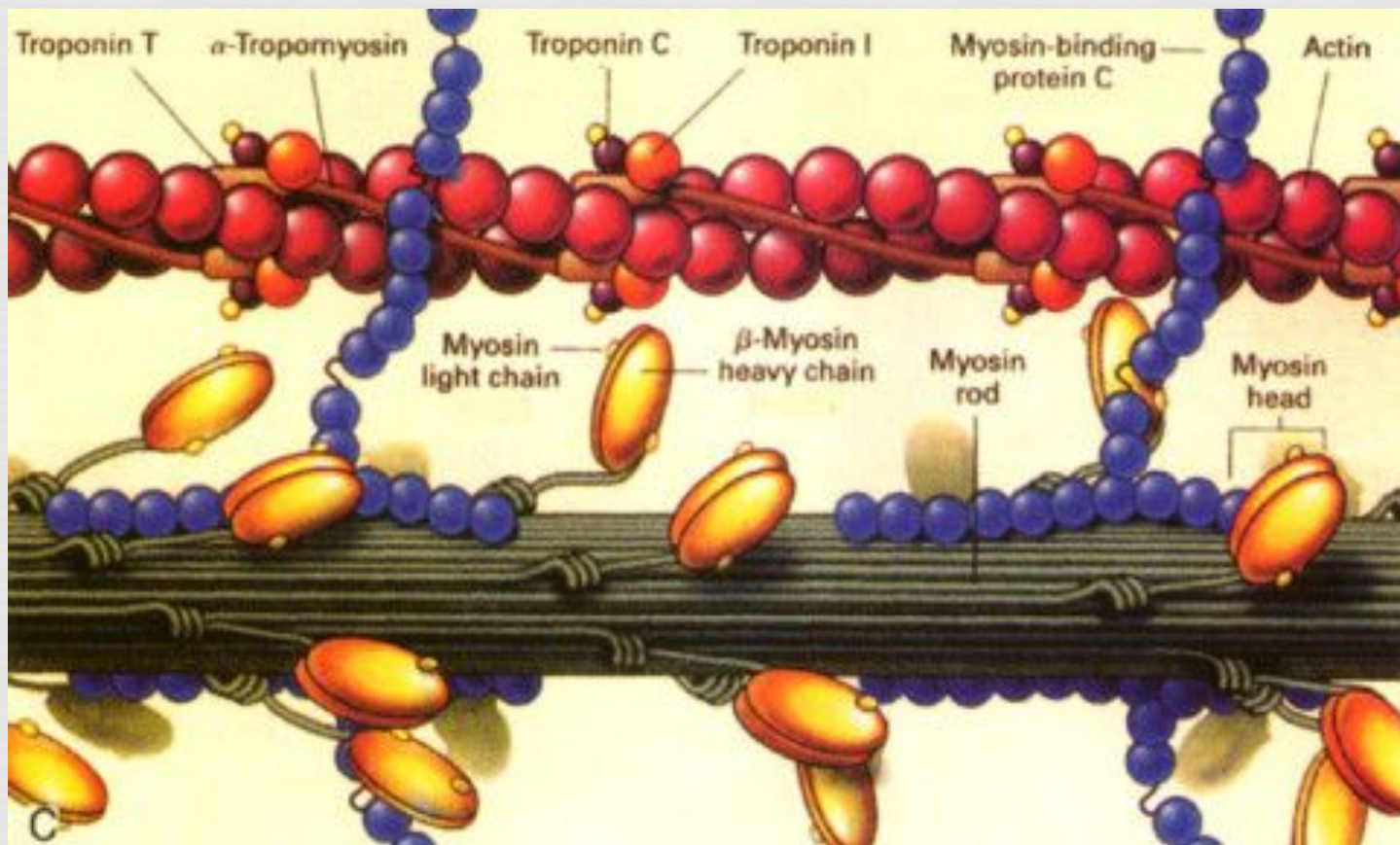
□ H-цепь имеет 2 участка – «головку» и «хвостик»

□ Головка тяжёлой цепи миозина имеет сайт связывания с актином и сайт связывания АТФ



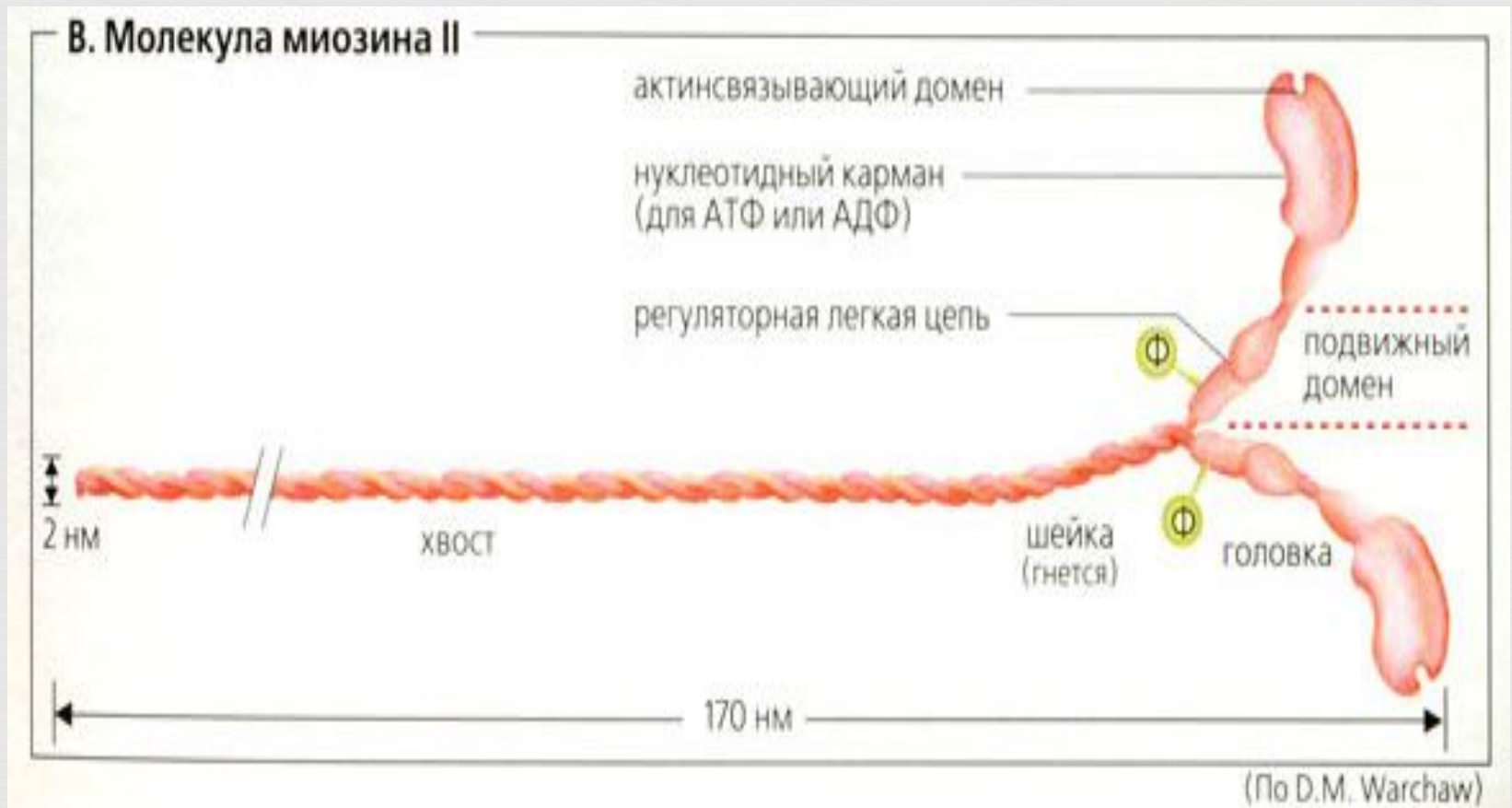
Строение миозина

Строение скелетных МЫШЦ. МИОЗИН



Строение миозина

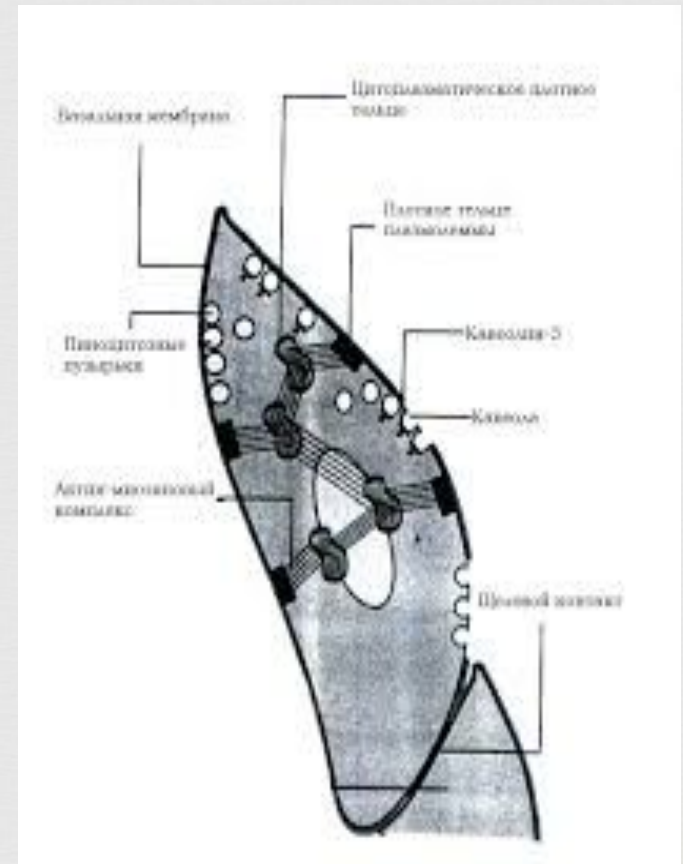
Строение скелетных мышц. Миозин



Строение молекулы миозина

Строение скелетных МЫШЦ

- Миоциты имеют сарколемму (мембранную оболочку)
- В саркоплазме имеются многочисленные ядра, митохондрии, миоглобин, капельки жира, гранулы гликогена
- T-система – многочисленная сеть мембран, связывающих сарколемму с внутриклеточным пространством и саркоплазматическим ретикулулом
- В клетке хорошо развит гладкий ретикулулум, который выполняет функцию накопления Ca^{2+}



Миоцит

Строение скелетных МЫШЦ

□ Т-система и саркоплазматический ретикулум – это устройства, обеспечивающие функциональное согласование процессов возбуждения клеточной мембраны со специфической активностью сократительного аппарата мишфибрилл

□ Через Т-трубочки может происходить выделение продуктов обмена (например лактата) из мышечной клетки в



Схематическое изображение строения миоцита

Двигательная единица



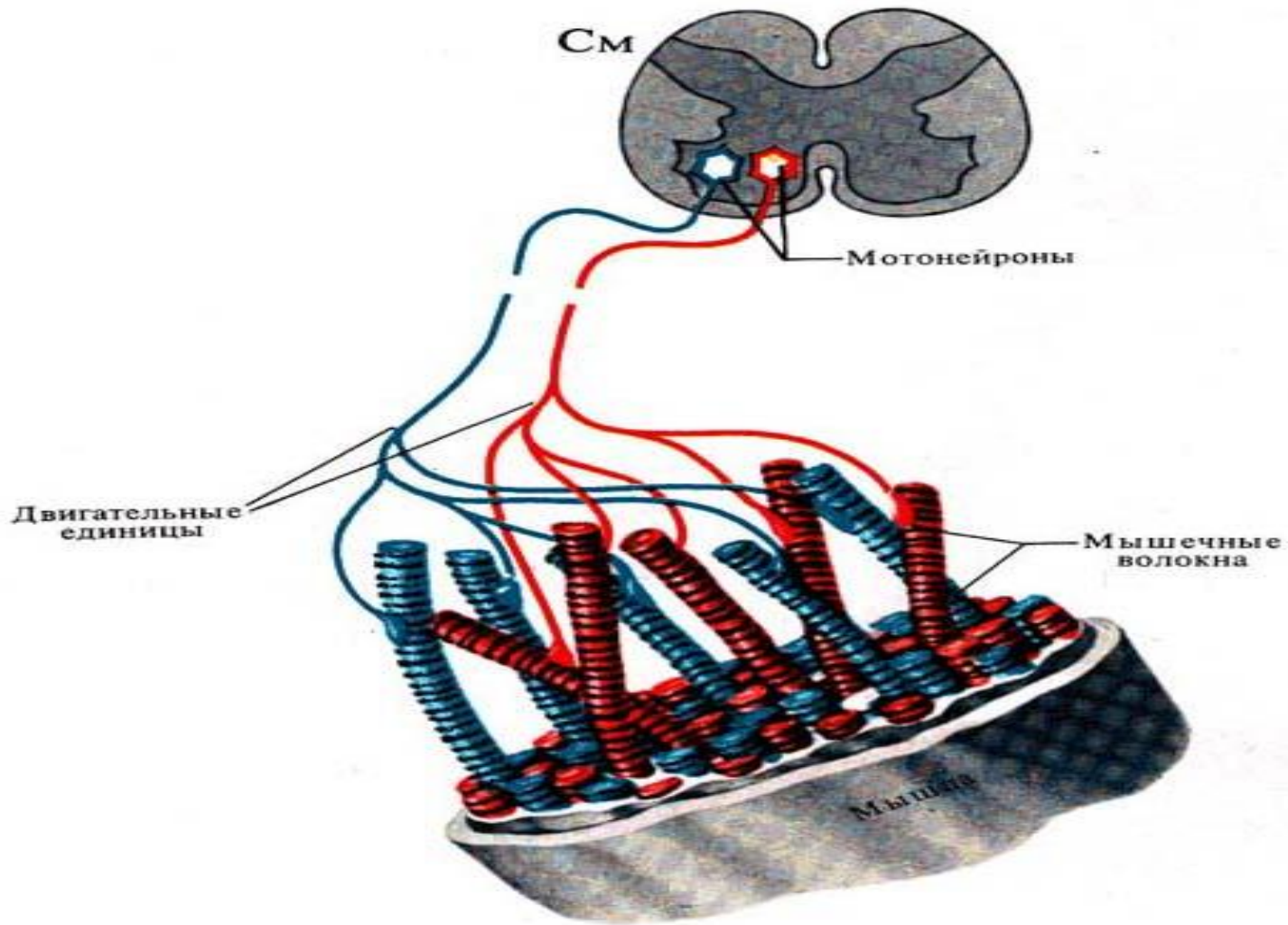
- С функциональной точки зрения, мышца состоит из двигательных единиц
- Двигательная единица(ДЕ) - это группа мышечных волокон (миосимпластов), иннервируемых одним двигательным нейроном передних рогов спинного мозга
- Возбуждение и сокращение волокон, входящих в состав одной ДЕ, происходит одновременно (при возбуждении соответствующего мотонейрона)
- Отдельные ДЕ могут возбуждаться и сокращаться независимо друг от друга

Двигательная единица



- Простейшим элементом двигательной функции служит двигательная единица - спинальный мотонейрон и группа иннервируемых им мышечных волокон
- У человека двигательная единица, как правило, состоит из 150 (и более) мышечных волокон, причем в различных мышцах число волокон, входящих в состав двигательной единицы (иннервационное число), различно

Двигательная единица



Механизм мышечного сокращения

- Укорочение мышцы является результа том сокращения множества саркомеров
- При сокращении актиновые нити скользят относительно миозиновых, в результате чего длина каждого саркомера мышечного волокна уменьшается. При этом длина самих нитей остается неизменной
- При расслабленном состоянии мышцы головки поперечных мостиков не могут взаимодействовать с актиновыми нитями, поскольку их активные участки изолированы тропомиозином.
- Укорочение мышцы является результатом конформационных изменений поперечного мостика: его головка совершает наклон с помощью сгибания «шейки».

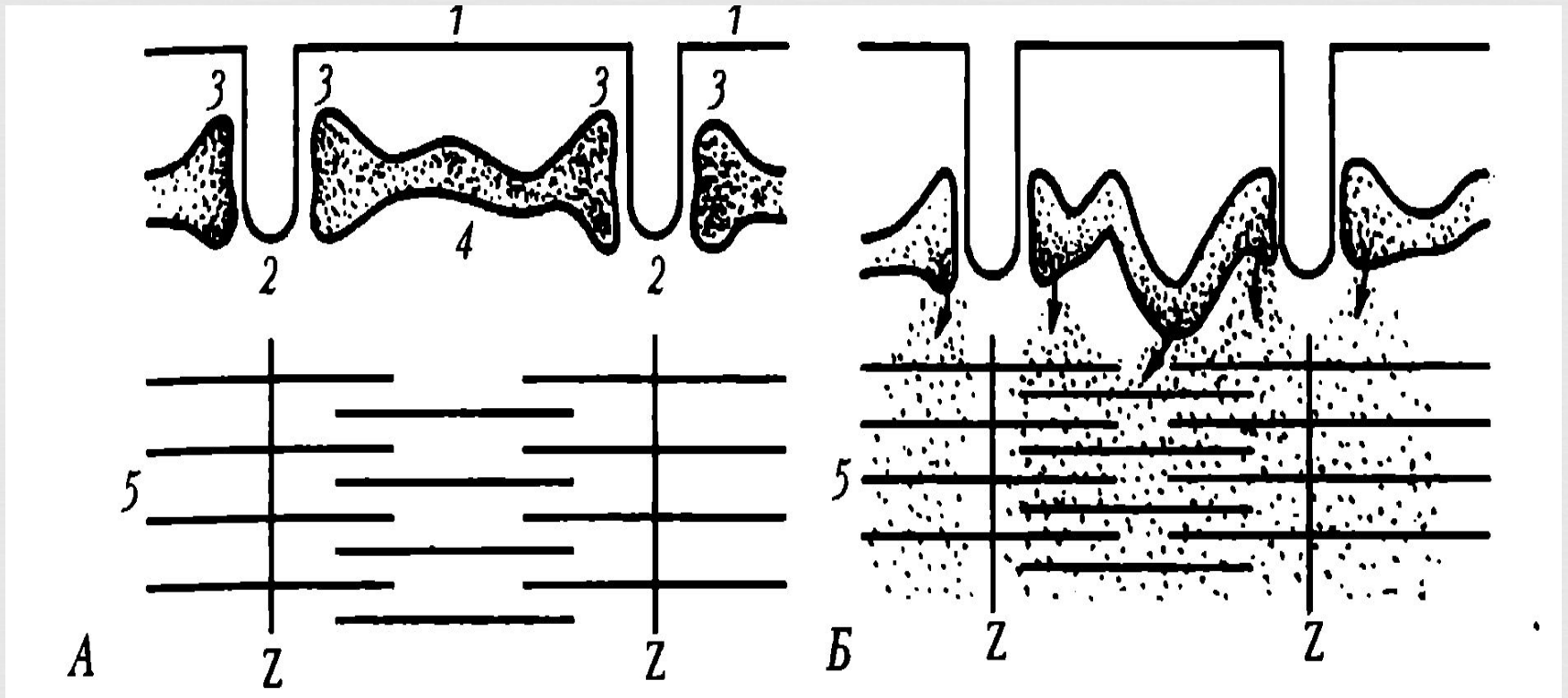
Механизм мышечного сокращения.

- Сокращение мышечного волокна первично связано с процессами генерации ПД и распространением его по поверхностной мембране, а также по мембранам выстилающим поперечные трубочки Т-системы
- Проникая внутрь волокна, электрическая волна приводит к деполяризации мембран продольных трубочек и цистерн саркоплазматического ретикулума.

Механизм мышечного сокращения

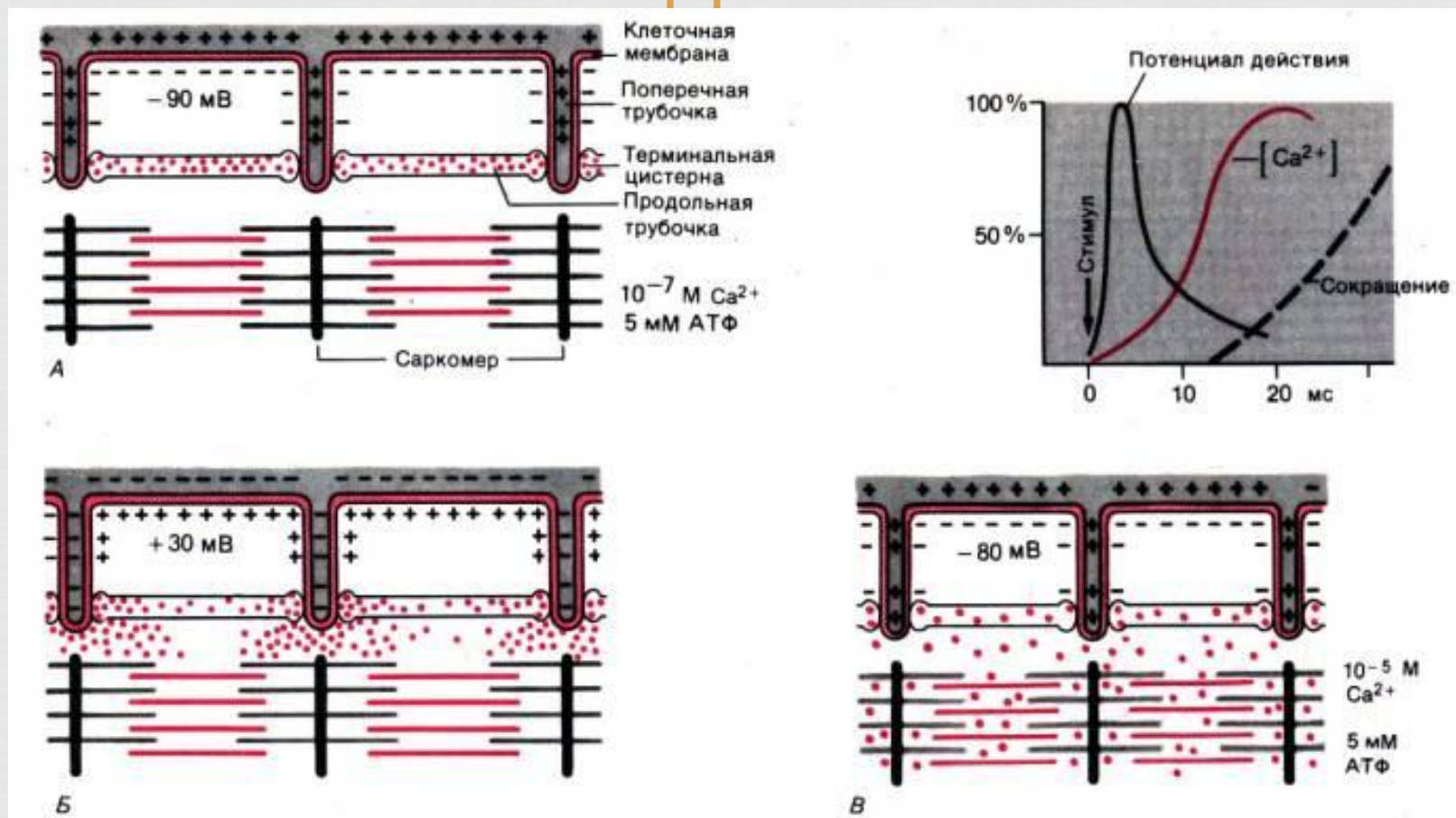
- Снижение мембранного потенциала вызывает выход Ca^{2+} из боковых цистерн в межфибрилярное пространство.
Свободный Ca^{2+} запускает процесс взаимодействия актина с миозином и сокращение мышцы
- Совокупность явлений, обуславливающих связь между возбуждением (ПД) и сокращением мышечных волокон получило название «электромеханического сопряжения» или «электромеханической связи»

Механизм мышечного сокращения



Взаимоотношения клеточной мембраны(1), поперечных трубочек(2), боковых цистерн(3) и продольных трубочек(4) саркоплазматического ретикулума, миозиновых и актиновых нитей(5) мышечного волокна. А - в состоянии покоя, Б - во время сокращения

Механизм мышечного сокращения

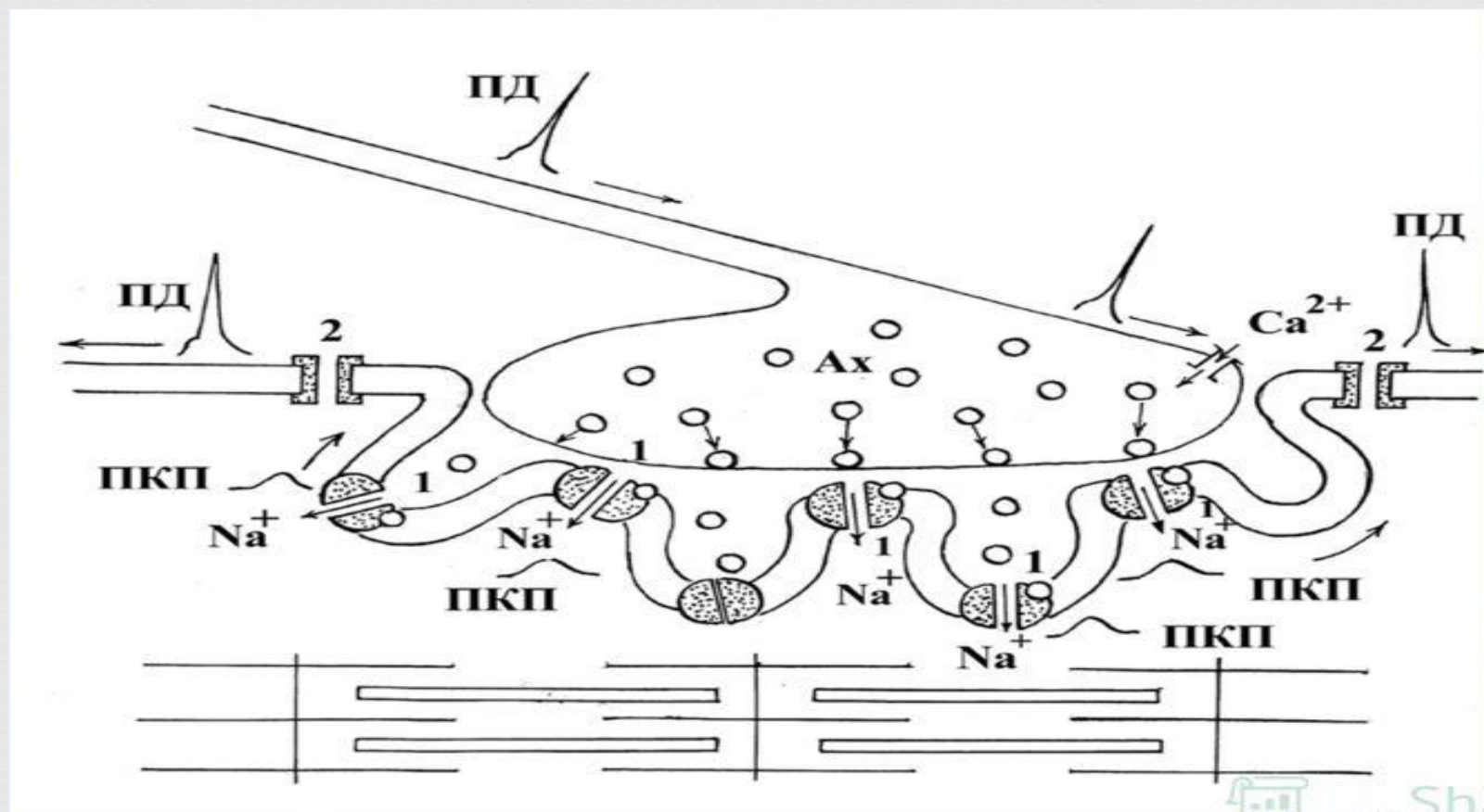


Временная последовательность событий при электромеханическом сопряжении

Механизм мышечного сокращения

1. После генерации ПД в мышечном волокне вблизи синапса возбуждение распространяется по мембране миоцита, в том числе по мембранам поперечных Т-трубочек. Возникший ПД вблизи синапса посредством своего электрического поля обеспечивает возникновение новых ПД в соседнем участке волокна и т.д. (не прерывное проведение возбуждения)
2. Потенциал действия Т-трубочек за счет своего электрического поля активирует потенциал управляемые кальциевые каналы на мембране СПР, вследствие чего Ca^{2+} выходит из цистерн СПР согласно электрохимическому градиенту

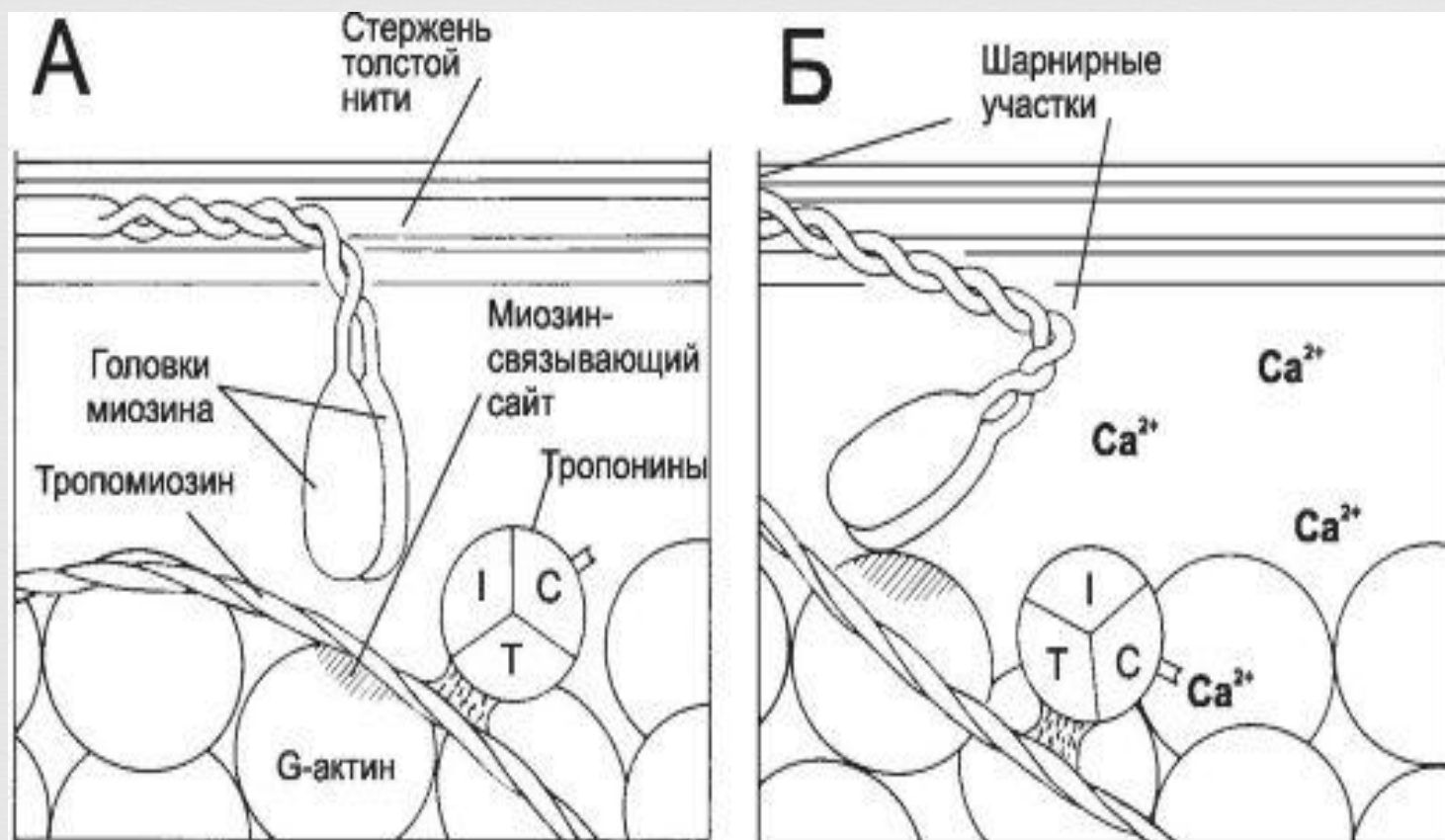
Механизм мышечного сокращения



Механизм мышечного сокращения

3. В межфибрилярном пространстве Ca^{2+} контактирует с тропонином, что приводит к изменению его конформации и последующему смещению тропомиозина, в результате чего на нитях актина обнажаются активные участки, с которыми соединяются головки миозиновых мостиков
 4. В результате взаимодействия с актином АТФазная активность головок миозиновых нитей усиливается, обеспечивая освобождение энергии АТФ, которая расходуется на сгибание миозинового мостика, внешне напоминающего движение весел при гребле (гребковое движение), обеспечивающее скольжение актиновых нитей относительно миозиновых.
- На совершение одного гребкового движения расходуется энергия одной молекулы АТФ. При этом нити сократительных белков смещаются на 20 нм.

Механизм мышечного сокращения



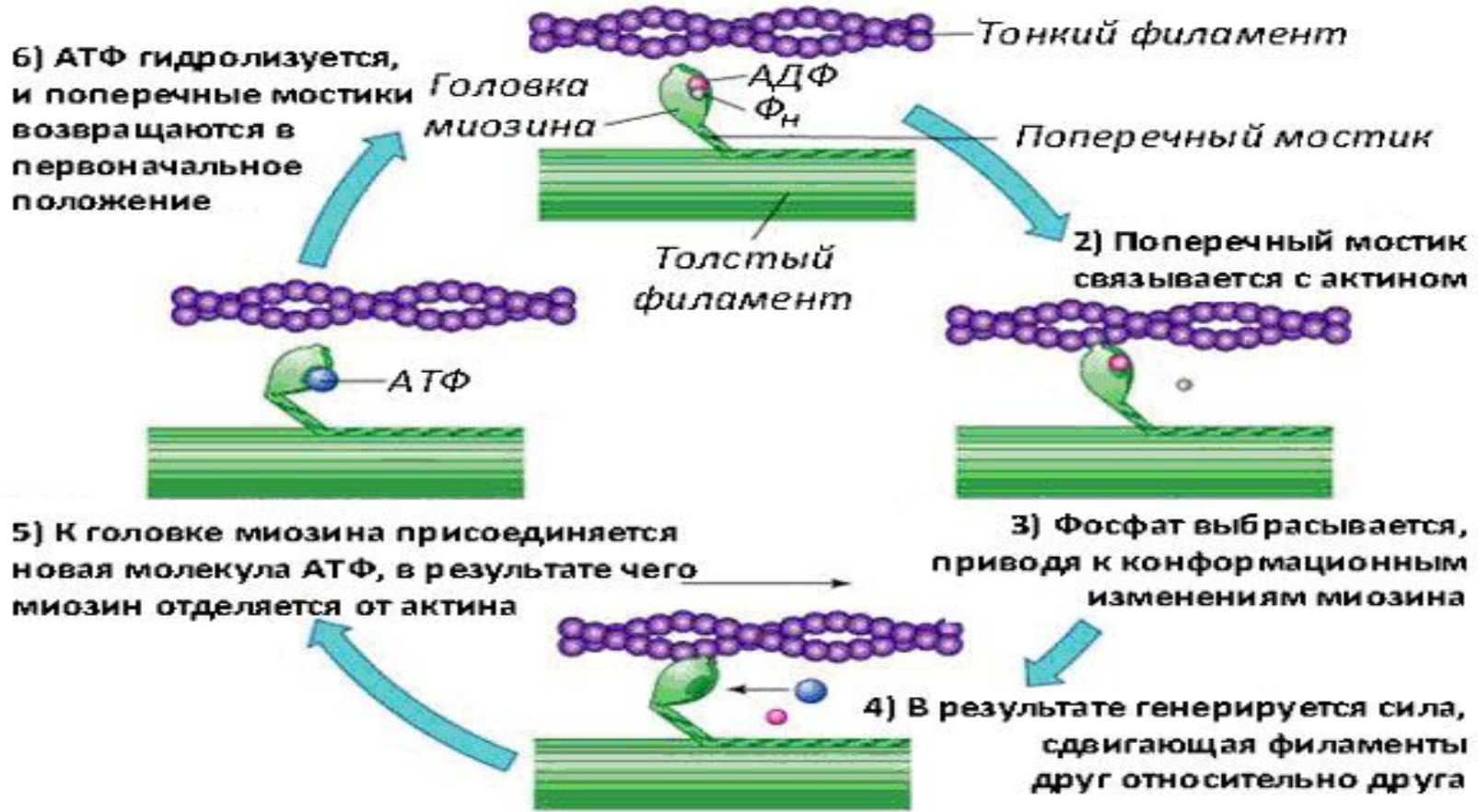
Связывание $Ca(2+)$ с тропонином

Механизм мышечного сокращения

5. Происходит активация $Ca(2+)$ насосов, вследствие чего, в саркоплазме уменьшается концентрация $Ca(2+)$. Это приводит к обратной конформации тропонина, в результате чего тропомиозиновые нити изолируют активные участки актиновых филаментов, что делает невозможным взаимодействие с ними головок поперечных мостиков миозина
 6. Головки поперечных мостиков в силу своей эластичности возвращаются в исходное положение и устанавливают контакт со следующим участком актина; далее вновь происходит очередное гребковое движение и скольжение актиновых и миозиновых нитей.
- Подобные элементарные акты многократно повторяются
 - При сокращении изолированной мышцы лягушки без нагрузки 50% укорочение саркомеров происходит за 0,1 с. Для этого необходимо совершение 50 гребковых движений

Механизм мышечного сокращения

1) Расслабленное состояние: поперечный мостик не соединен с актином



Цикл мышечного сокращения

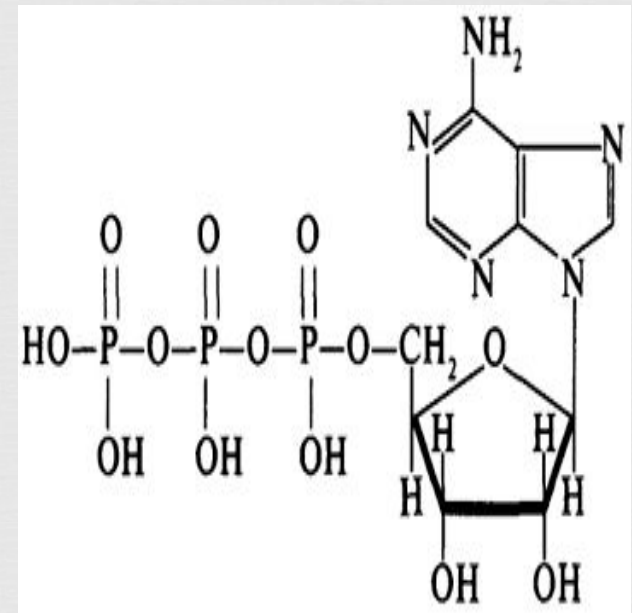
Механизм мышечного сокращения

□ Источником энергии для обеспечения работы скелетных мышц является АТФ, расходы которой значительны.

Это было доказано в 1939 году В.А. Энгельгардтом и М.Н. Любимовой (доказали АТФазную активность миозина)

□ Даже в условиях основного обмена на функционирование мускулатуры, организм затрачивает около 25 % всех своих энергоресурсов

□ Затраты энергии резко возрастают во время выполнения физической работы



Молекула АТФ. АТФ – универсальный источник энергии

Механизм мышечного сокращения

□ Значение АТФ в мышечном сокращении:

1. Дает энергию для работы К-На-насоса, обеспечивающего поддержание постоянства градиента концентрации этих ионов по обе стороны мембраны
2. Обеспечивает энергией процесс скольжения актиновых и миозиновых нитей относительно друг друга. За счет 1 молекулы АТФ происходит 1 гребковое движение
3. Обеспечивает работу Са-насоса, активируемого при расслаблении волокон

Спасибо за
внимание!