

Физиология человека



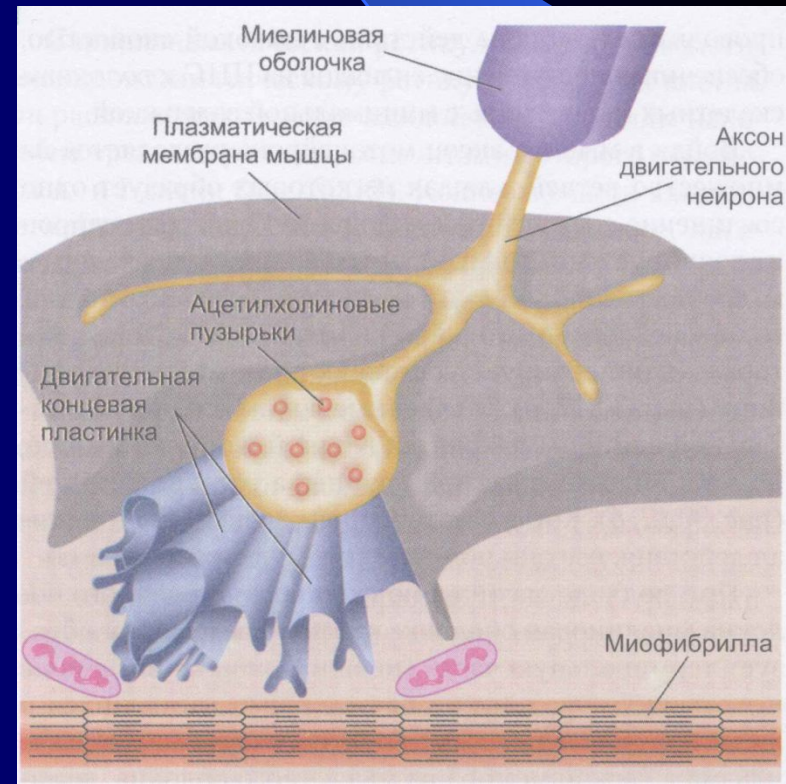
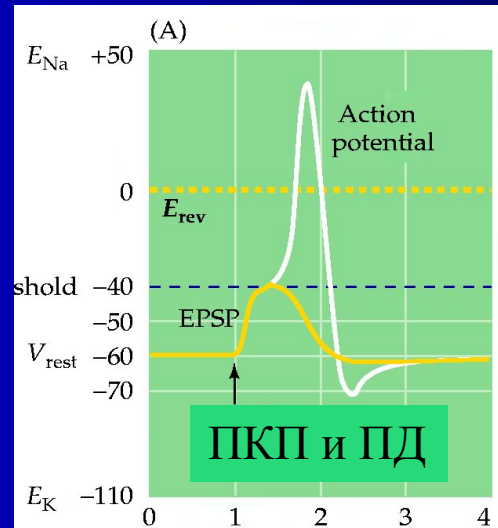
Физиология возбудимых клеток

Мышечное сокращение

Этапы работы нервно-мышечного комплекса

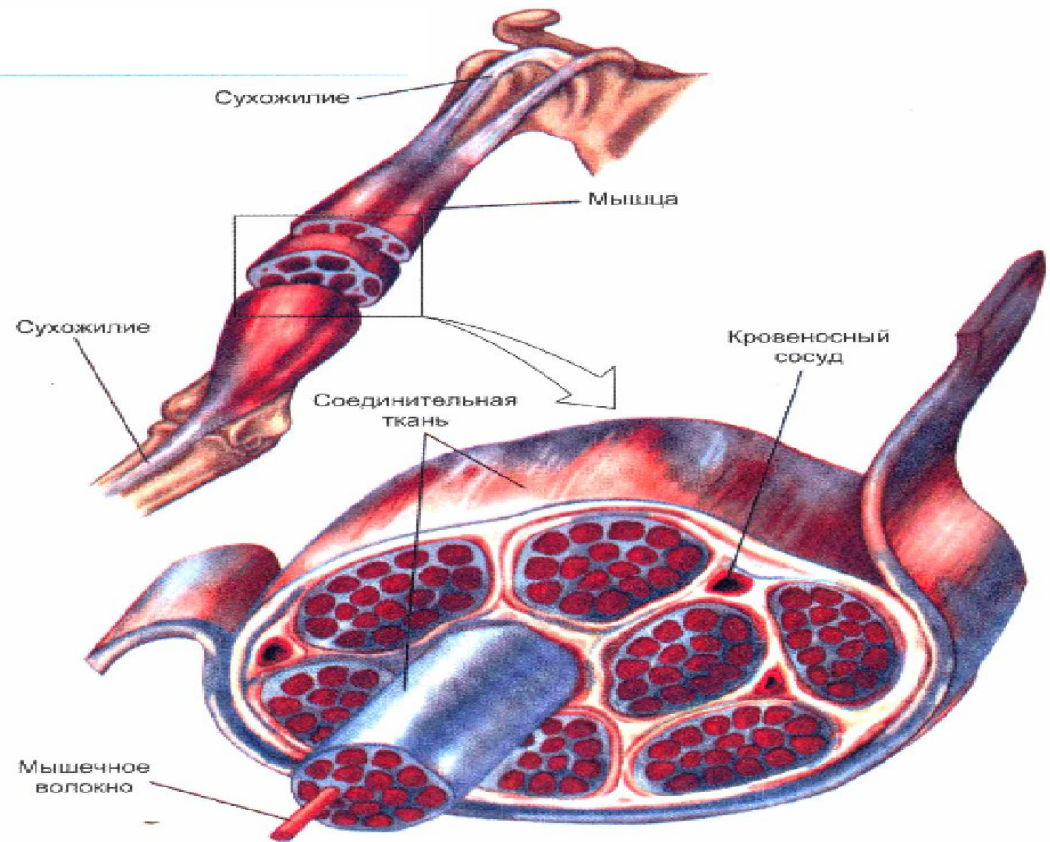
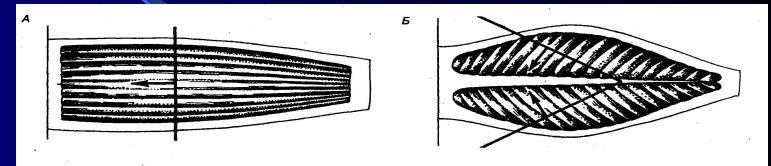
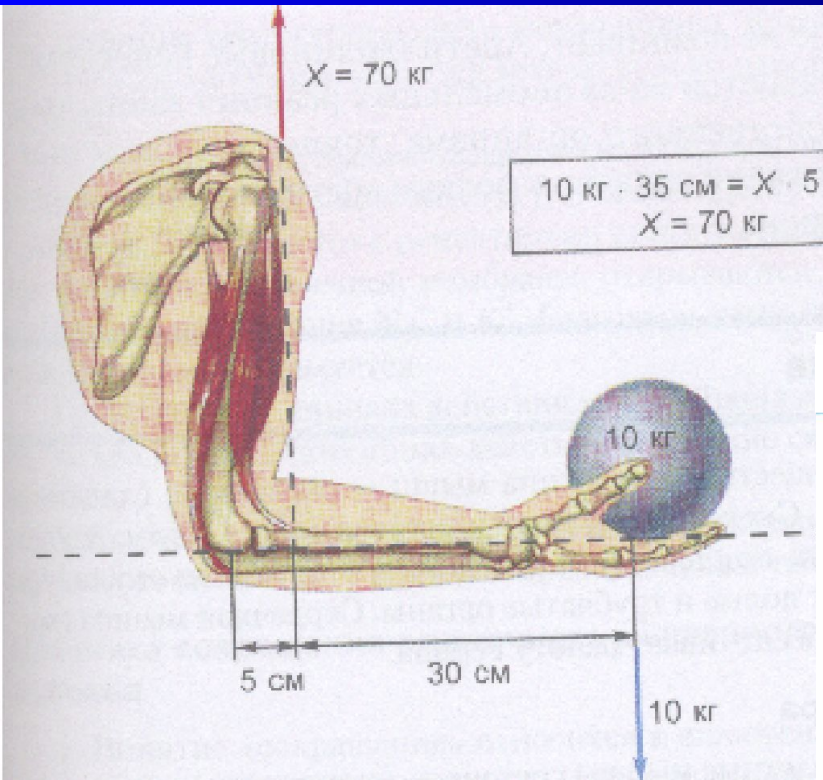
1. Возбуждение мотонейрона
2. Электромеханическое сопряжение
3. Мышечное сокращение
4. Расслабление

ПП=-90 мВ,
КУД=-50 мВ,
Длит ПД= 2мс,
Скорость проведения
ПД=3-5 м/с



Строение скелетной мышцы

Волокнистые и перистые мышцы

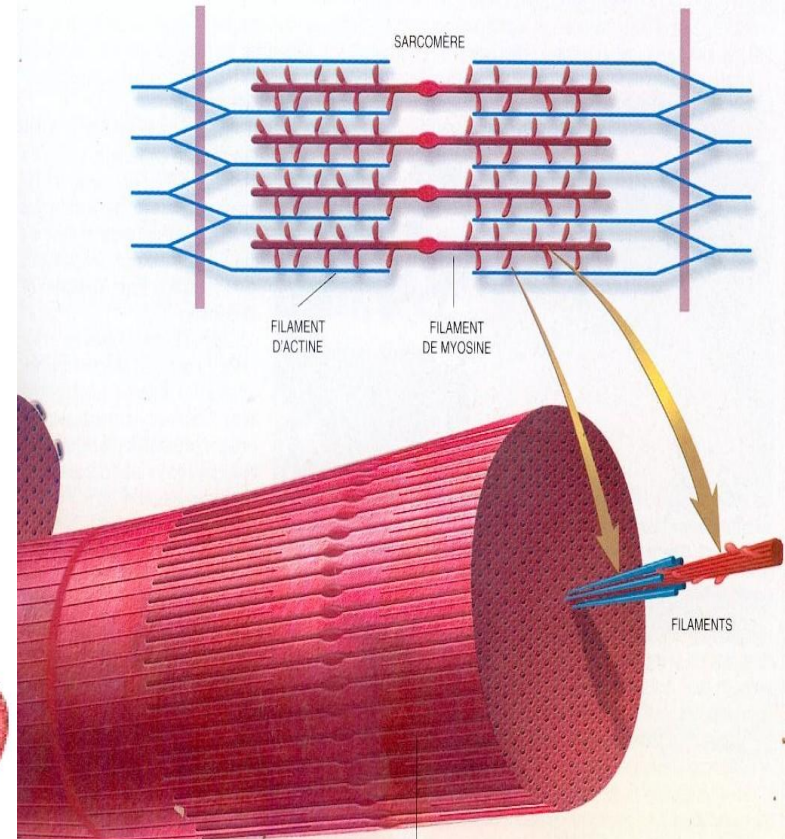
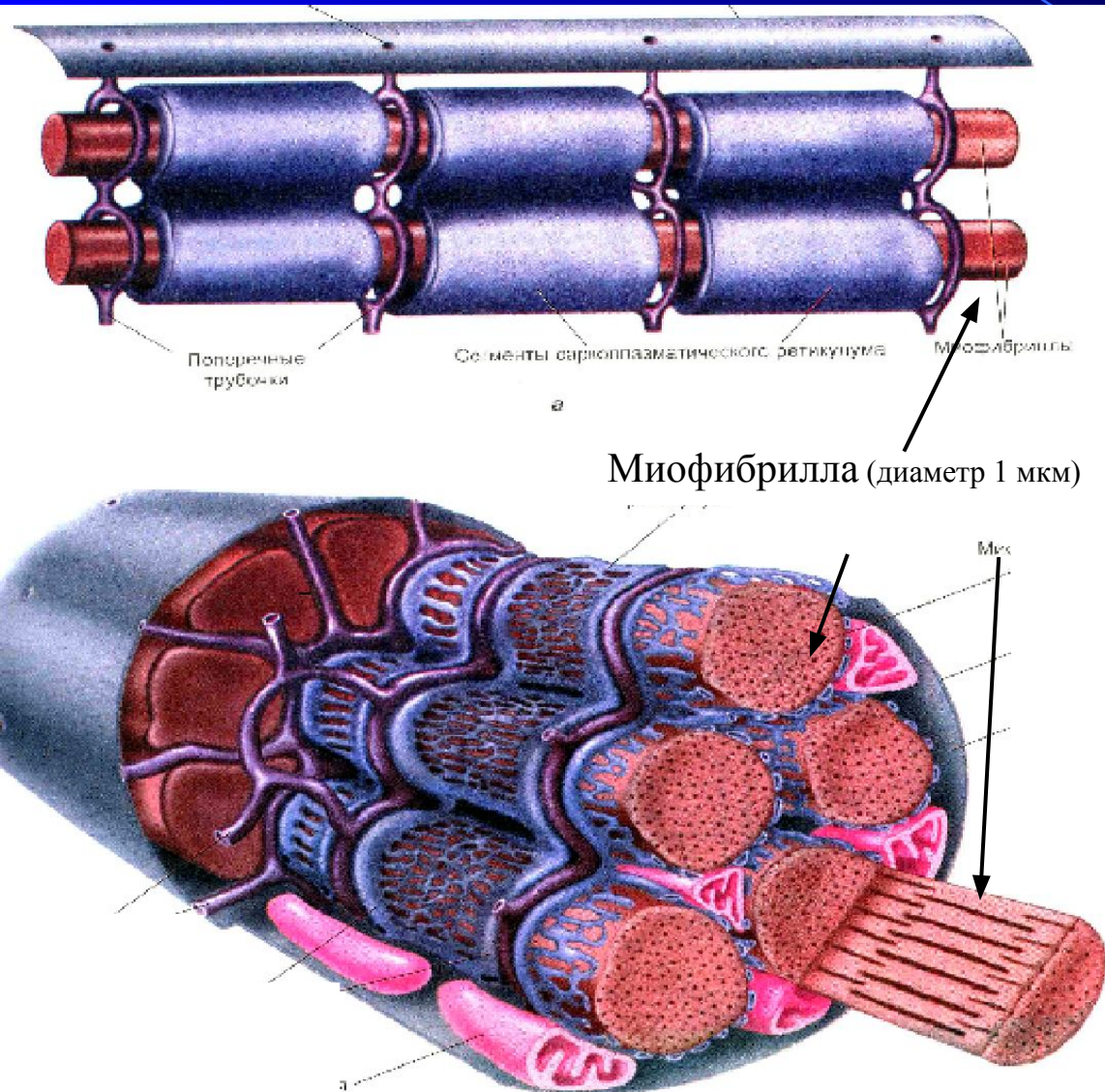


Работа
по принципу рычагов

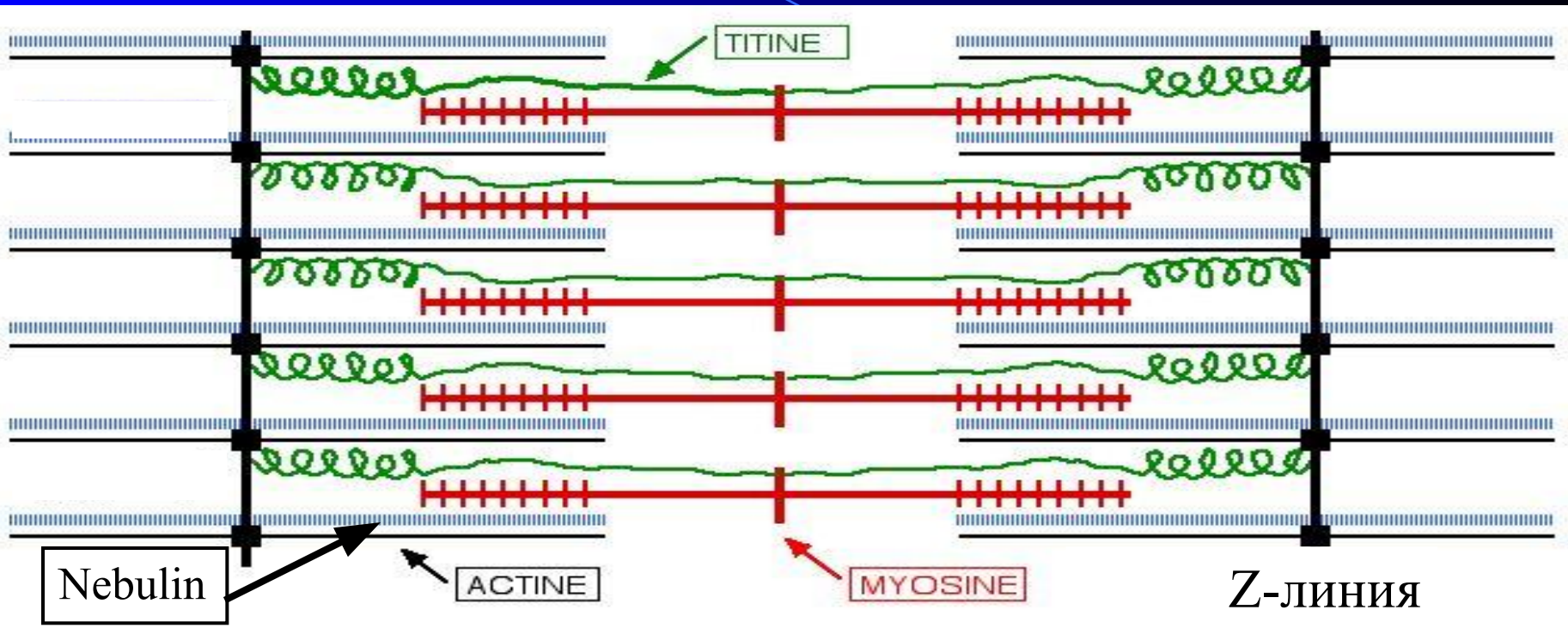
Мышечное волокно:
длина до 20 см
диаметр 0,1 мм

Микроструктура мышечного волокна

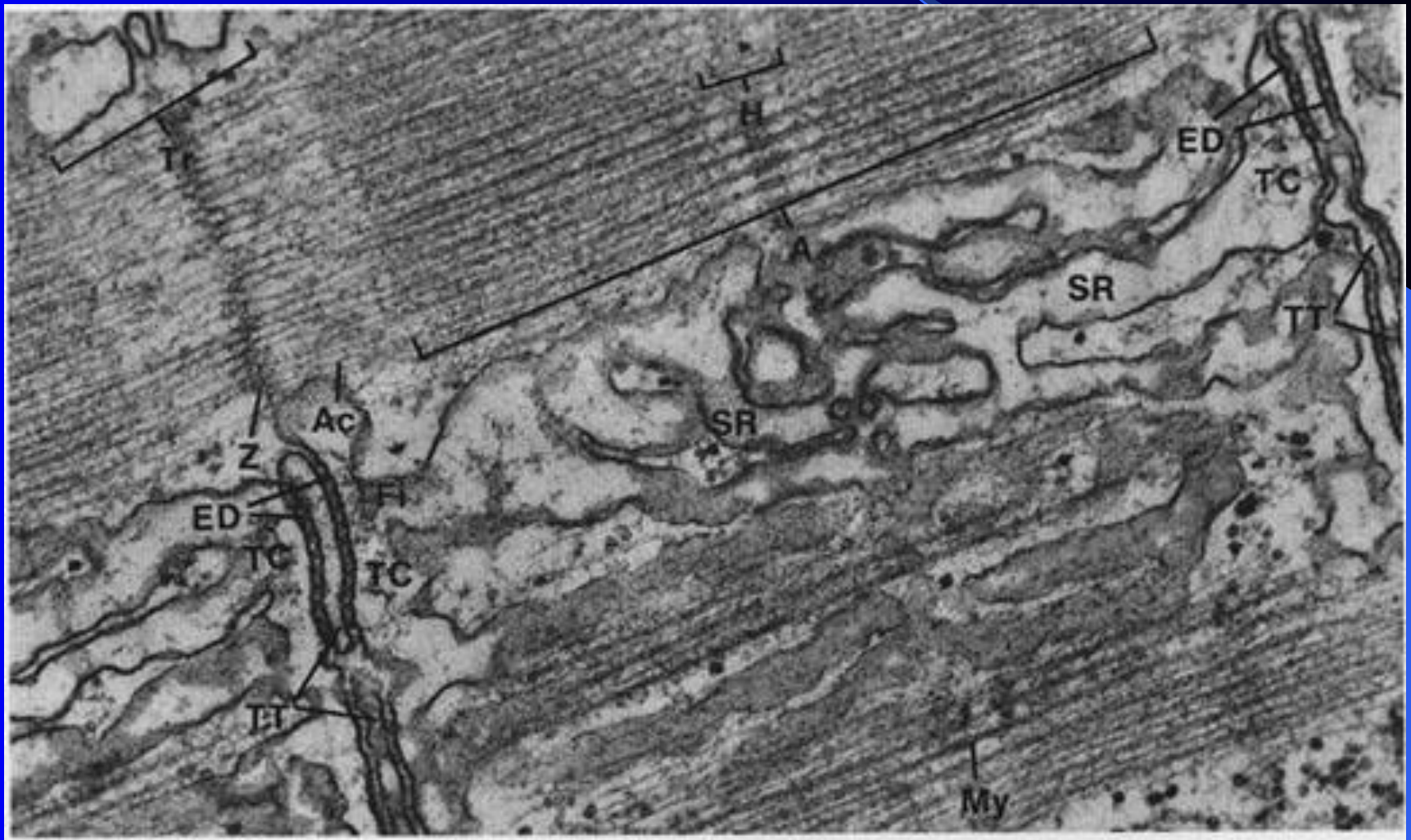
Актин- тонкие филаменты
Миозин- толстые филаменты
Т-система (поперечные Т-трубки + латеральные цистерны ЭПР)
Митохондрии



Гипотеза скользящих нитей

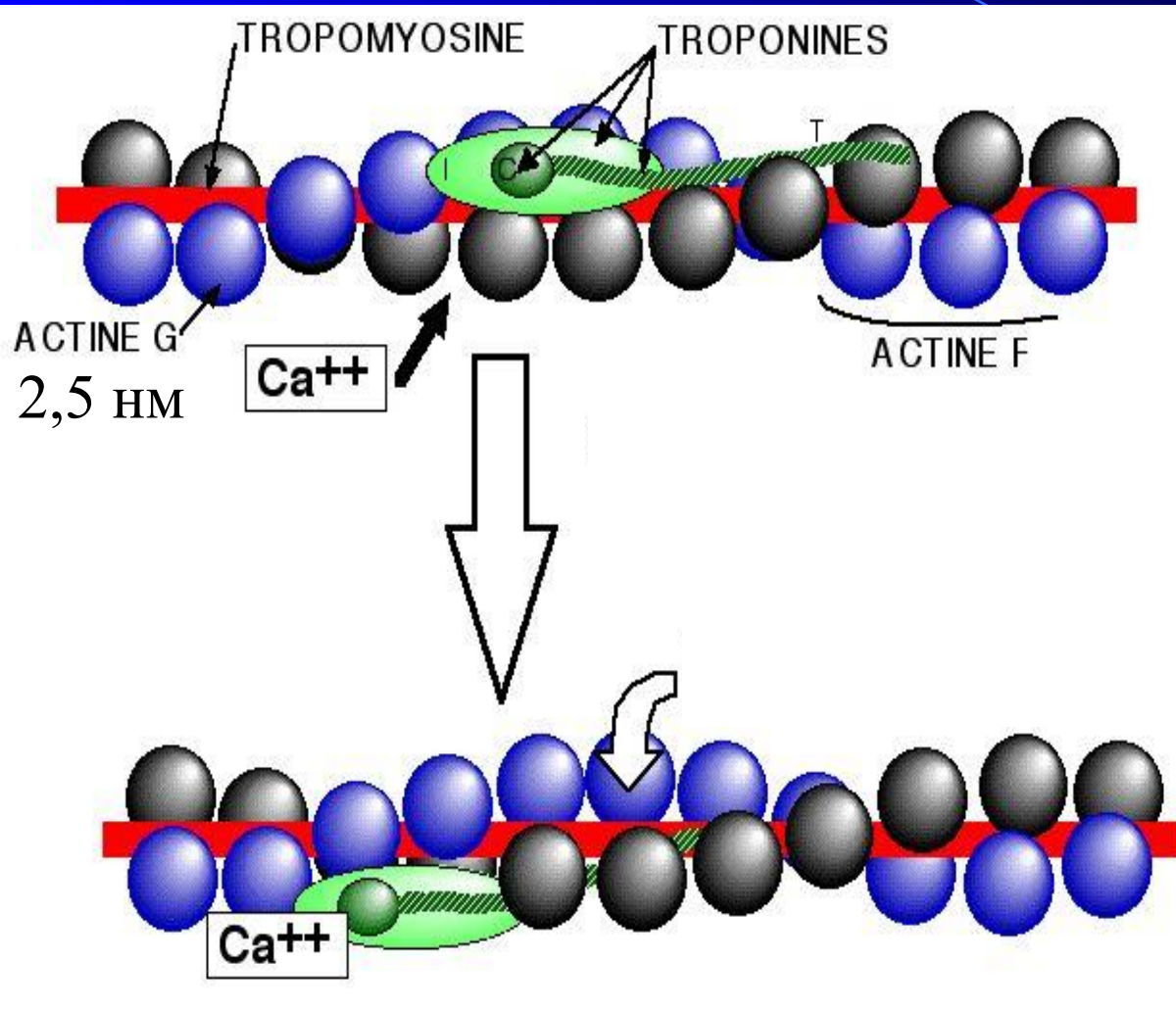


Микрофотография мышечного волокна



АКТИН

40 нм



5 нм



Тропомиозин

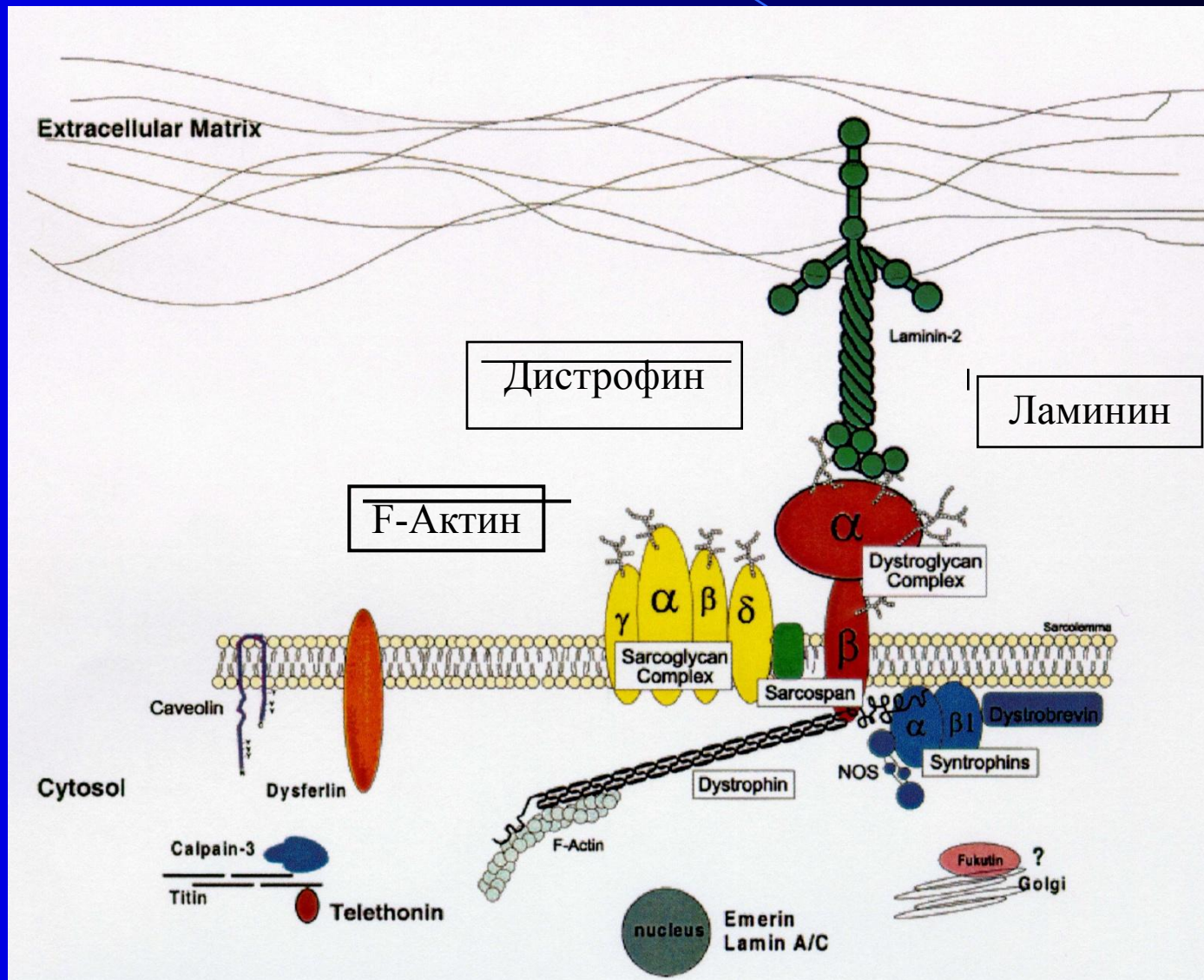
ТРОПОНИНОВЫЙ КОМПЛЕКС
(через каждые
-7 глобул актина):

Тропонин С
-связывание с Ca⁺⁺

Тропонин Т
-крепление к тропомиозину

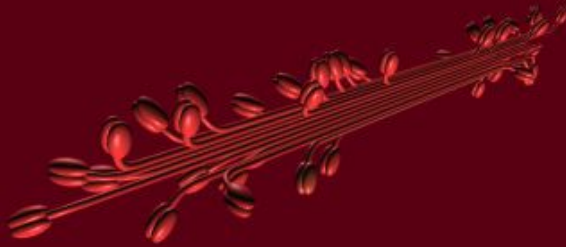
Тропонин I
- блокирование активного центра

Прикрепление актина к внеклеточному матриксу

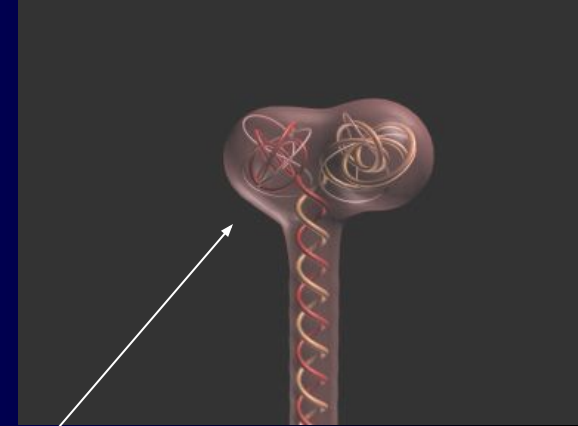


МИОЗИН

150 нм,
>100 мономеров

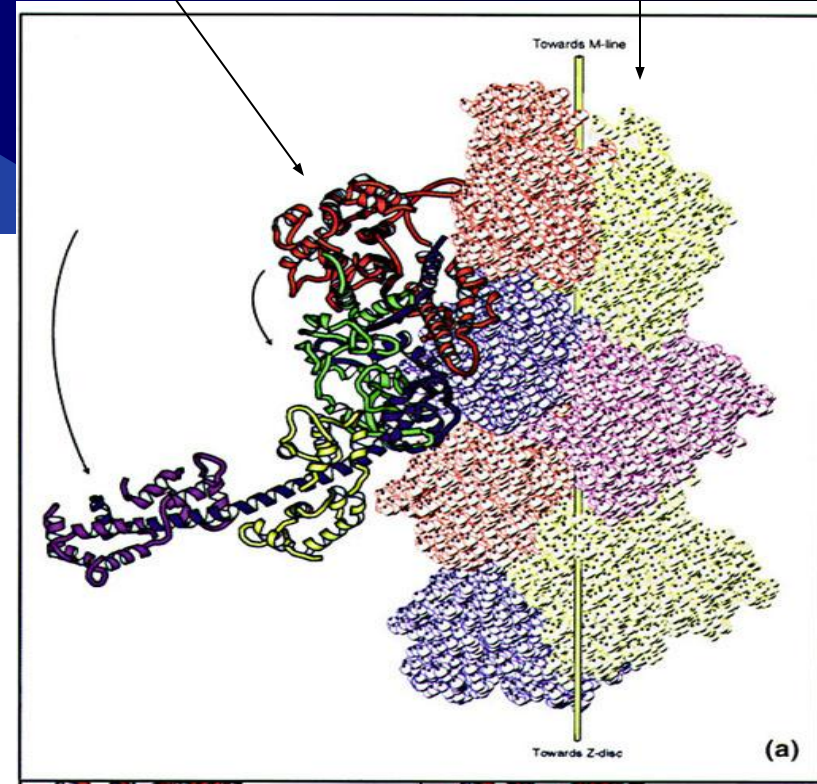
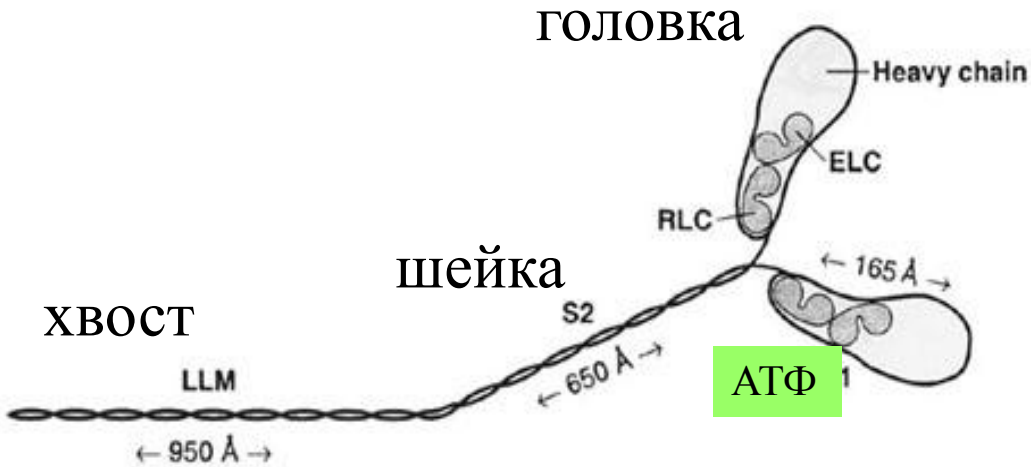


В покое связан с АТФ,
имеет сайт для актина

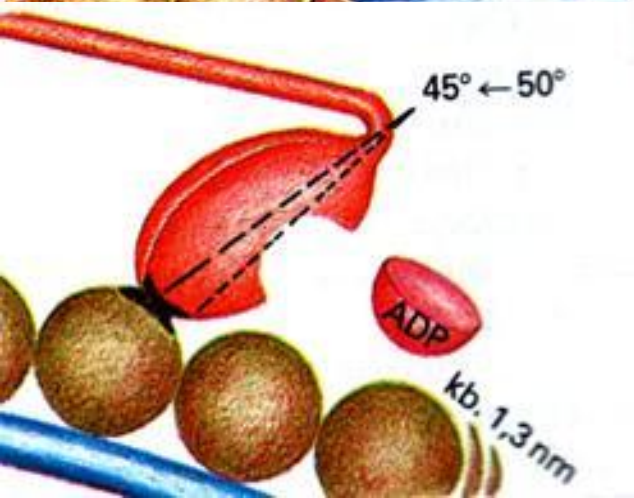
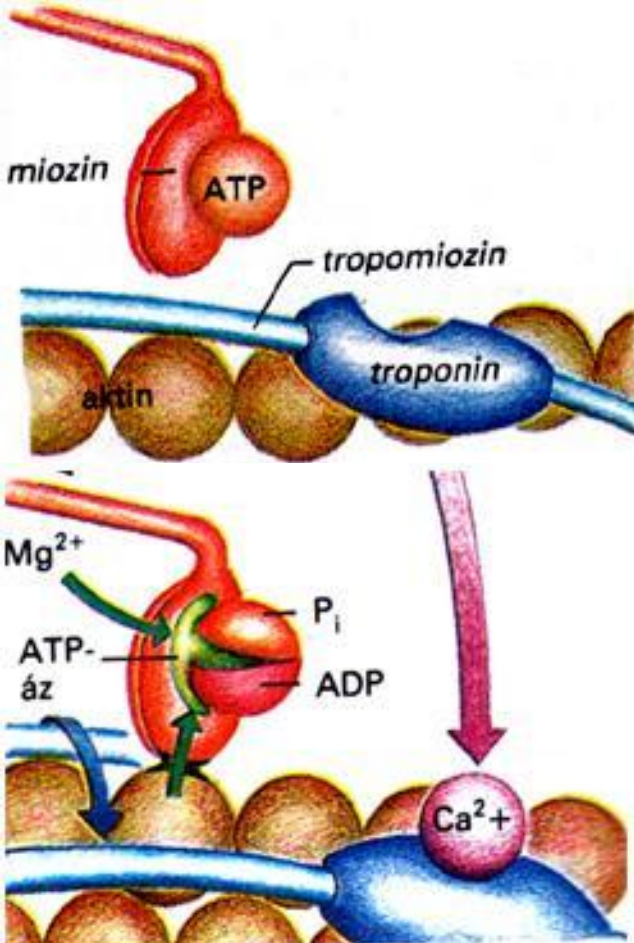


Головка миозина

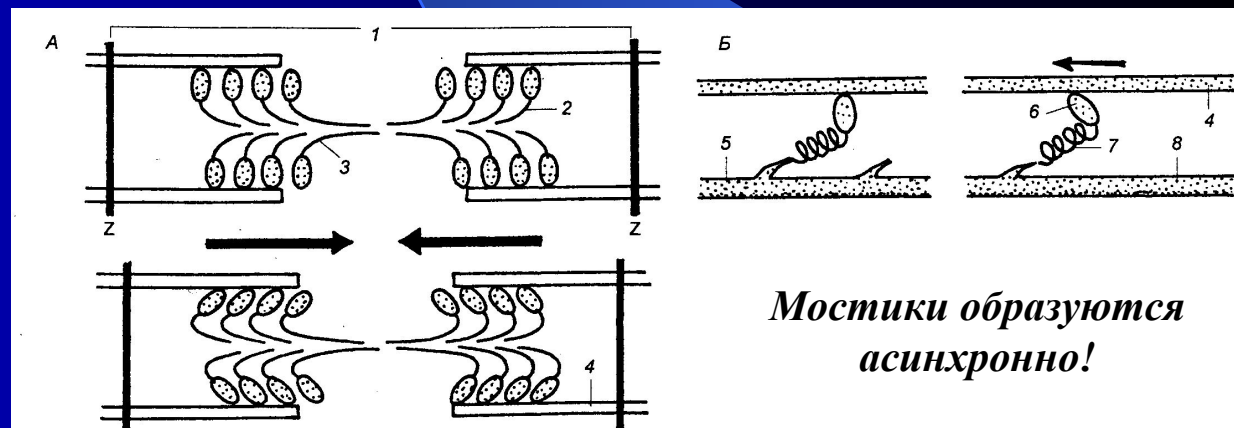
Нить актина



Механизм сокращения

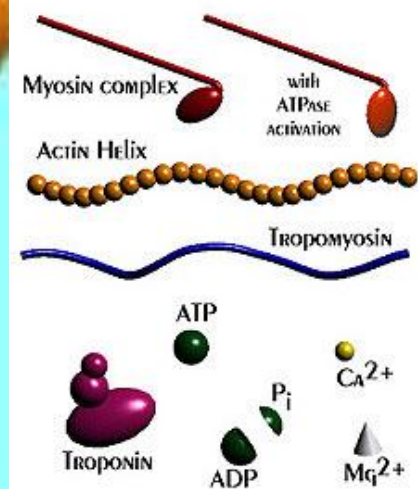
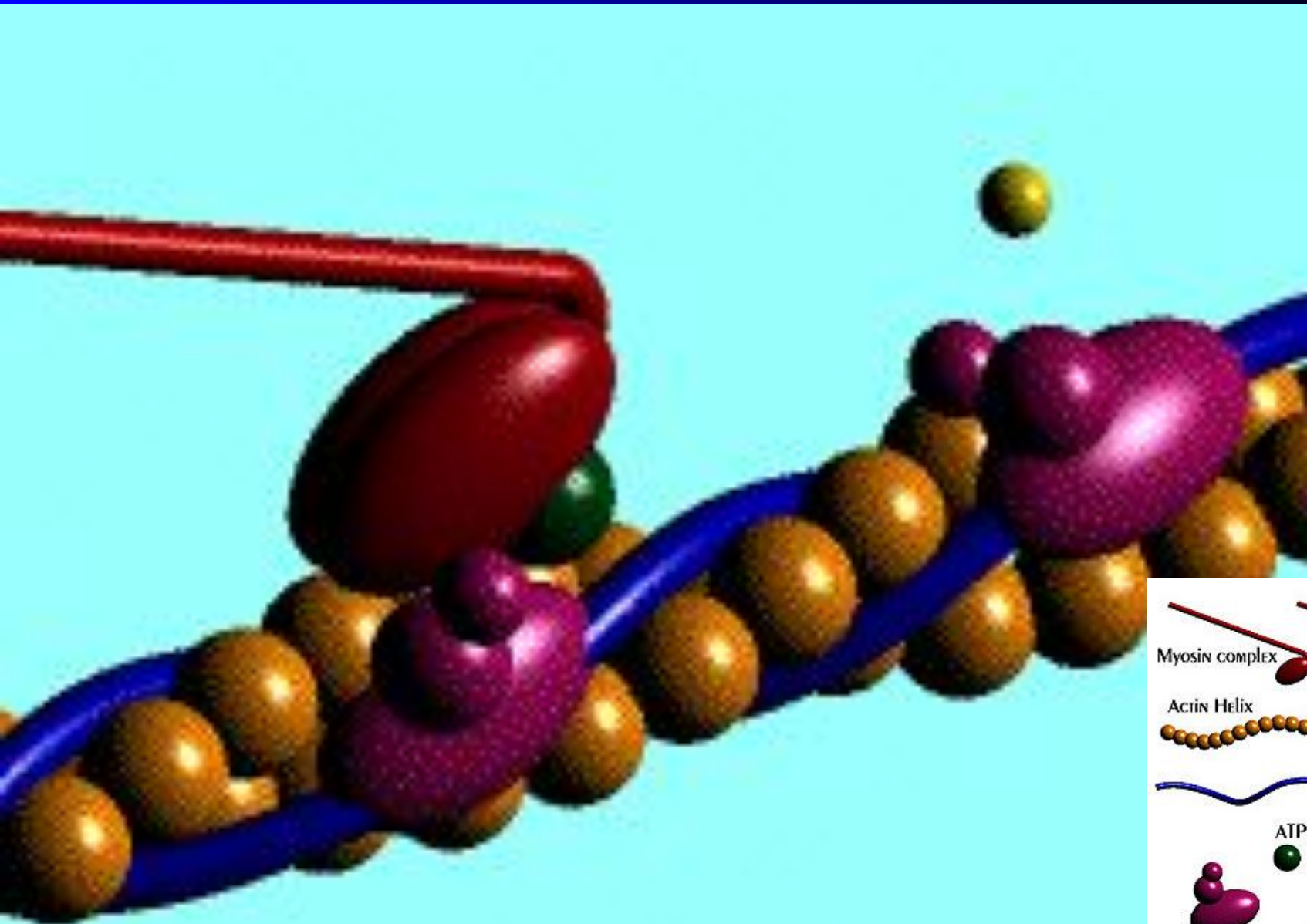


1. Ca^{++} выходит из цистерн ЭПР (опыт с экворином, Рюгель 1977)
 2. Ca^{++} связывается с тропонином в присутствии Mg^{++}
 3. Тропомиозиновая нить отходит от актина
 4. Гидролиз АТФ до АДФ+Рi
 5. Миозиновые головки образуют мостики с актином
 6. Сгибание головки миозина за счет ухода фосфата
 7. Укорочение саркомера
 8. Замена АДФ на АТФ (иначе – ригор)
 9. Отрыв миозина от актина
 10. Разгибание головки миозина
- 2-10: цикл повторяется 50 раз при одном сокращении



Мостики образуются асинхронно!

Кинематика сокращения

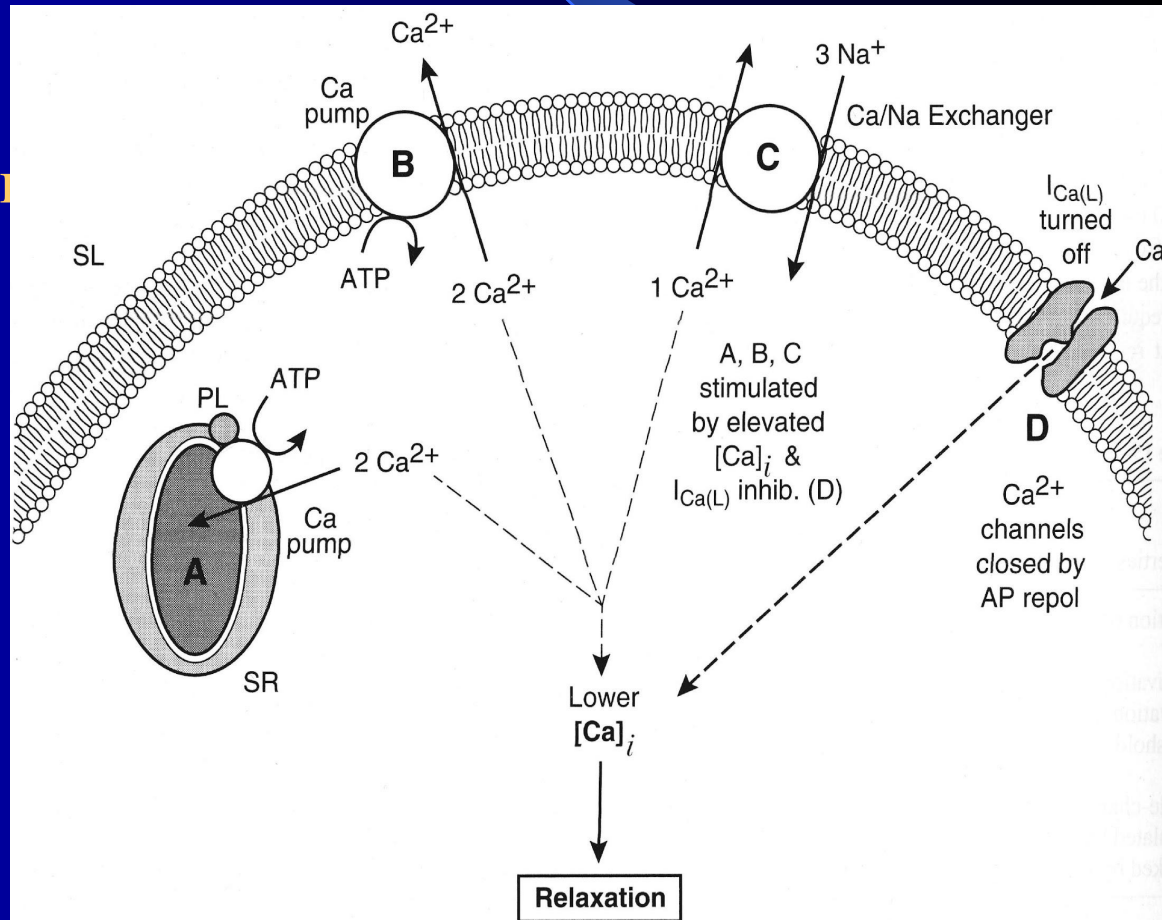


Расслабление мышцы

- Ca^{++} удаляется от тропонина и уходит в ЭПР
- Тропомиозин блокирует актин
- Поперечные мостики актин-миозин разрываются

Пути удаления Ca^{++} :

1. Ca^{++} насос на ЭПР
2. $\text{Na}^+-\text{Ca}^{++}$ обменник
3. Ca^{++} насос на НЦМ*
4. Закрытие Ca^{++} каналов*

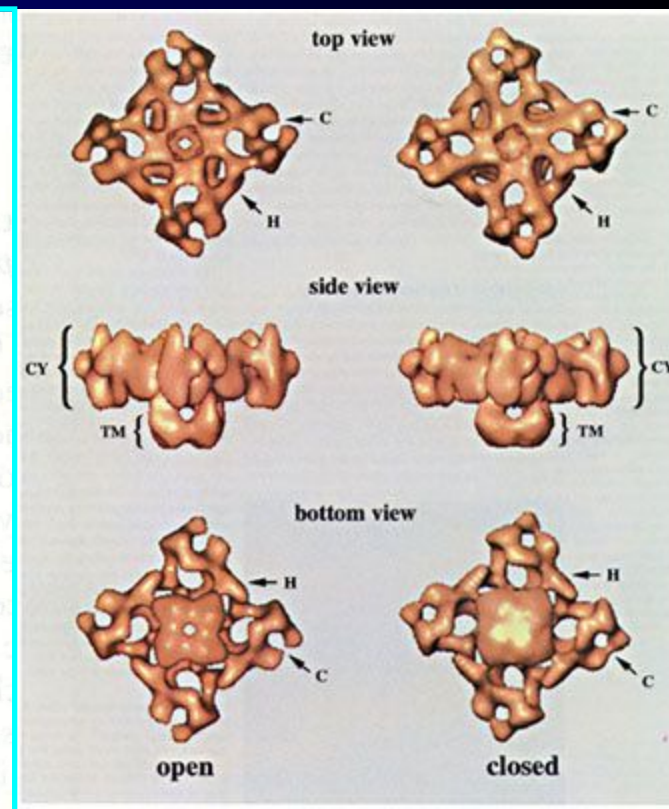
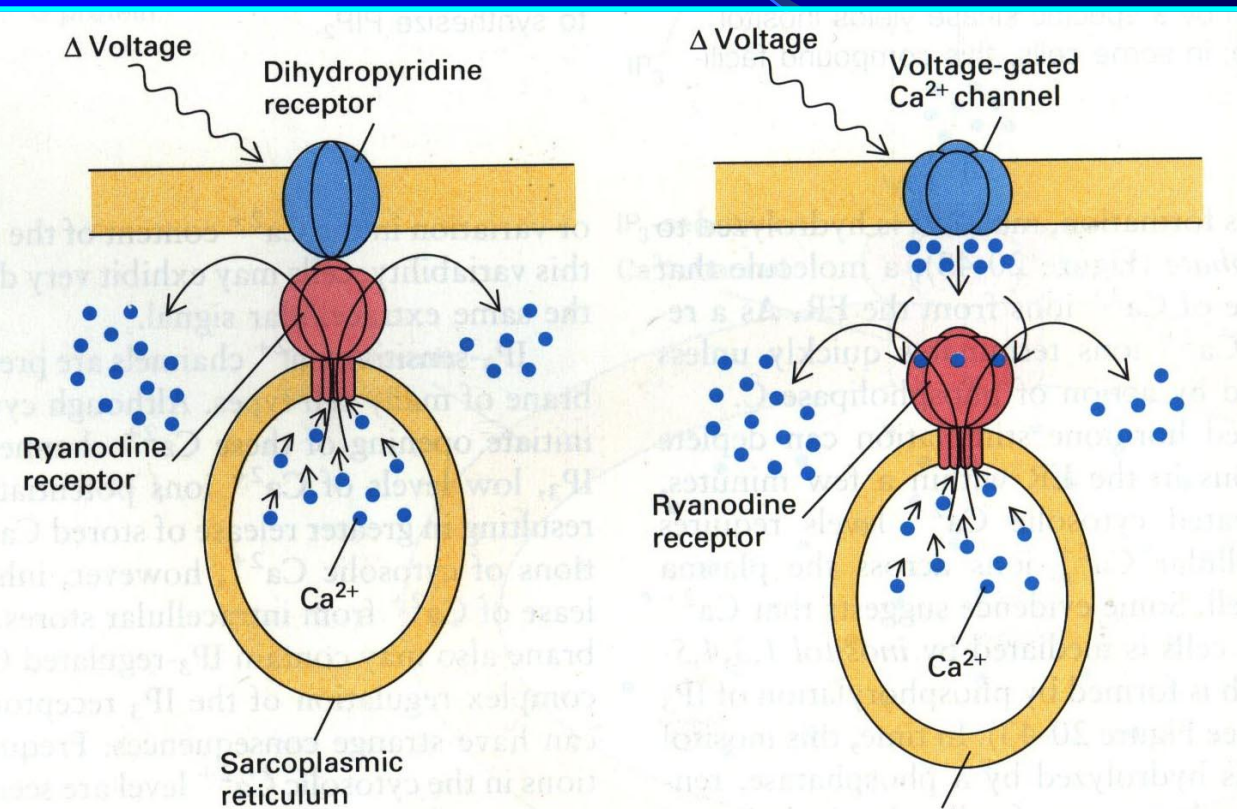


* -Не характерно для скелетной мышцы

Электро–механическое сопряжение

1. ПД заходит в глубину Т-трубочек
2. Активация ДГП (дигидропиридиновых) Ca^+ каналов
3. Открытие **рианодин**овых Ca^{++} каналов
4. Выброс Ca^{++} из ЭПР (повышение концентрации в 100раз)

1 тип – через «ножку» 2 тип – через ток Ca^{++}



Затраты АТФ мышцы

- На работу Na^+-K^+ насоса
- На работу Ca^{++} насоса
- На разрыв мостиков актина и миозина

60% энергии АТФ мышц расходуется на тепло:

1. произвольная двигательная активность
2. непроизвольный тонус
3. непроизвольная ритмическая активность (дрожь)

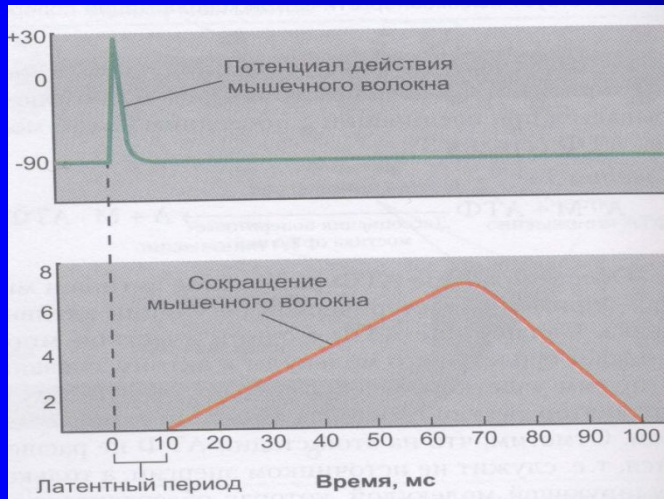
но: существует и недрожательный термогенез (бурый жир)

При отдыхе энергия запасается в виде фосфокреатина

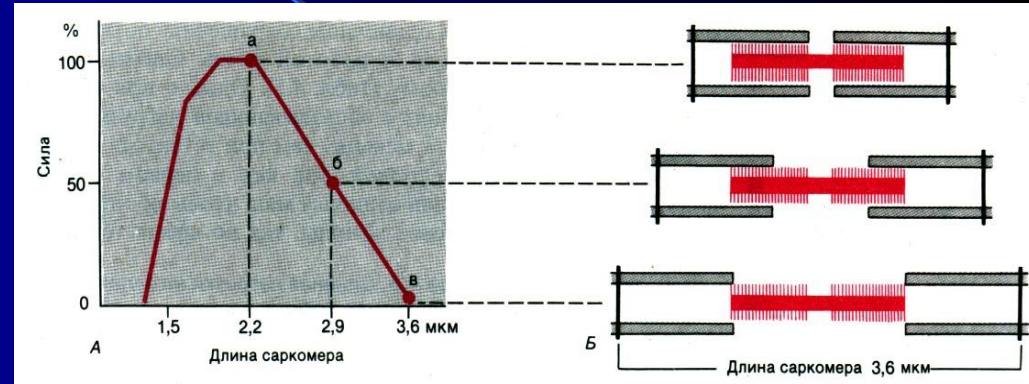
В организме человека 30 млн волокон, общая сила= 30 тонн
Одно волокно поднимает примерно 2 гр.

Механика сокращения ОДИНОЧНОГО ВОЛОКНА

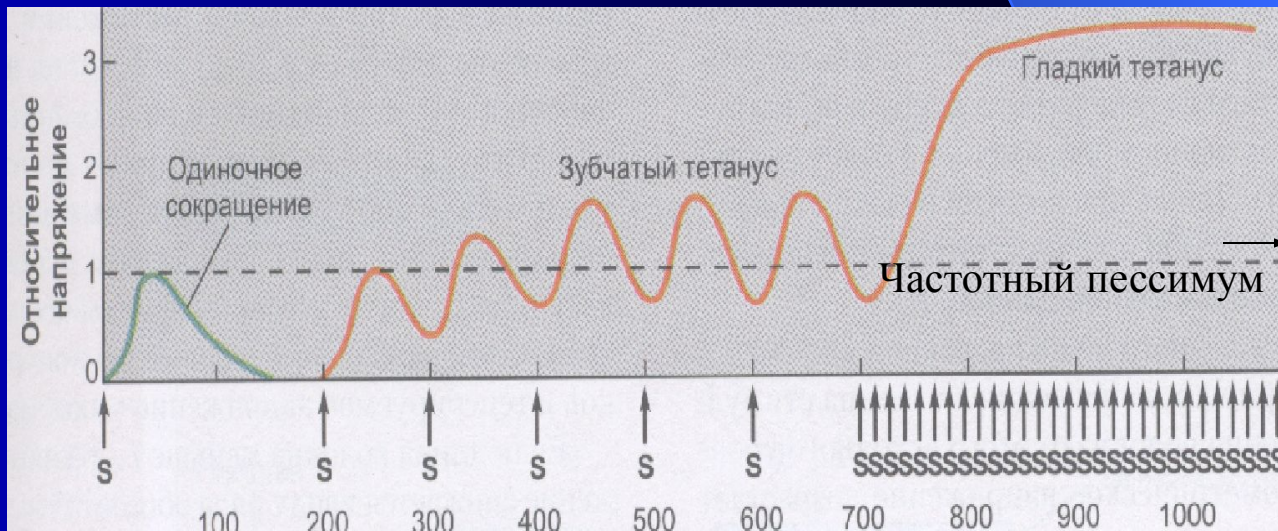
1. Соотношение между
возбуждением и сокращением



2. Зависимость силы сокращения
от длины волокна



3. Виды сокращений:
изотоническое и изометрическое



4. Зависимость
ответа от частоты
стимуляции



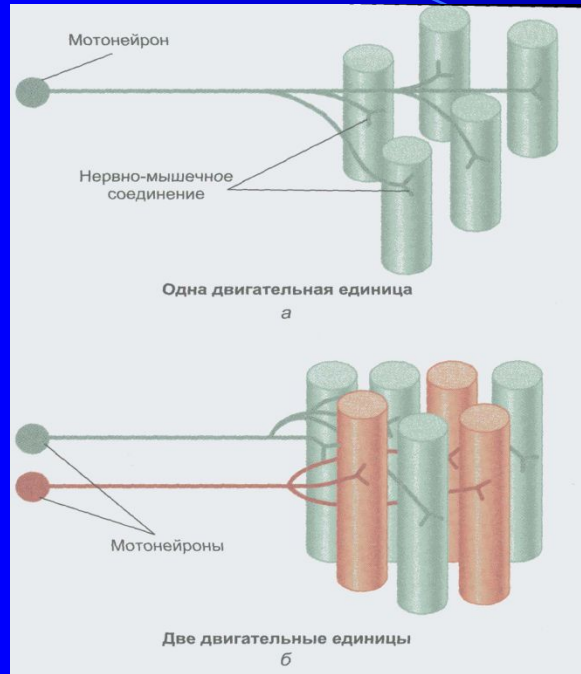
Частота разряда мотонейронов:
Поддержание позы: 5-10 гц
Резкие движения: до 50 гц

Механика сокращения

целой мышцы

А. Моторные (двигательные) единицы

работают поочередно:



Размер моторной
единицы (мыш. кл.) :
бицепс: 1000
пальцы: 10-15
глаз: 2-5

Б. Типы мышечных волокон

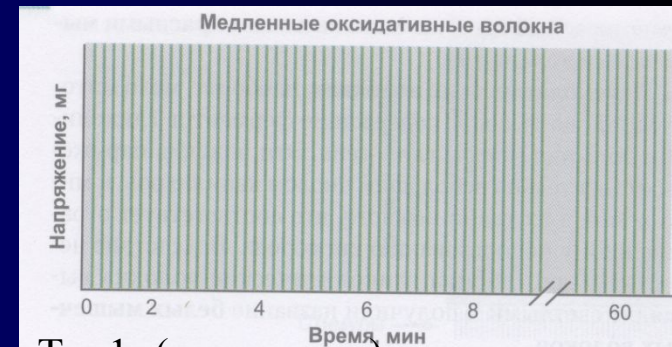
**1. Медленные
(тонические):** на
аэробном окислении
(красные)

длит. сокр. 100мс,
скор. проведения 5м\с,
тетанус с 10-15 гц

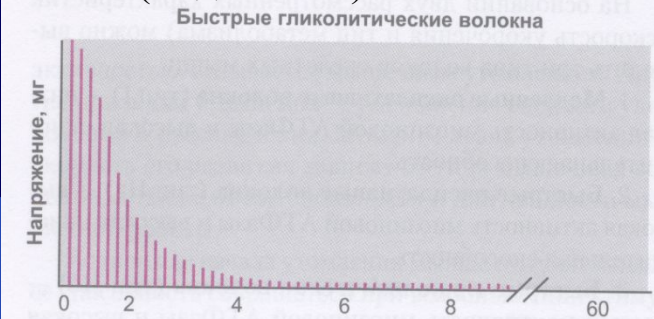
**2. Быстрые
(фазические):** на
гликолизе (белые)

длит. сокр. 10-30 ме, скор.
проведения 40 м\с,
тетанус от 50 гц

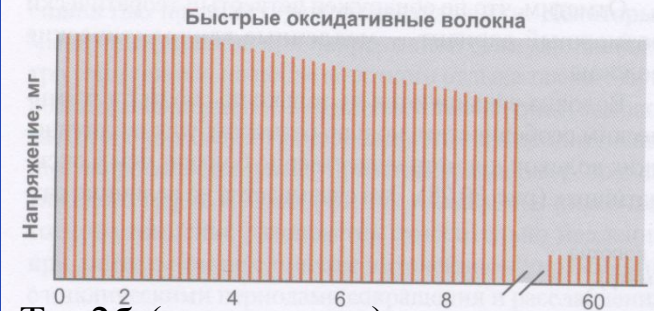
Но:
свойства зависят
от иннервации,
(возможность переучивания)



Тип1- (медленные)

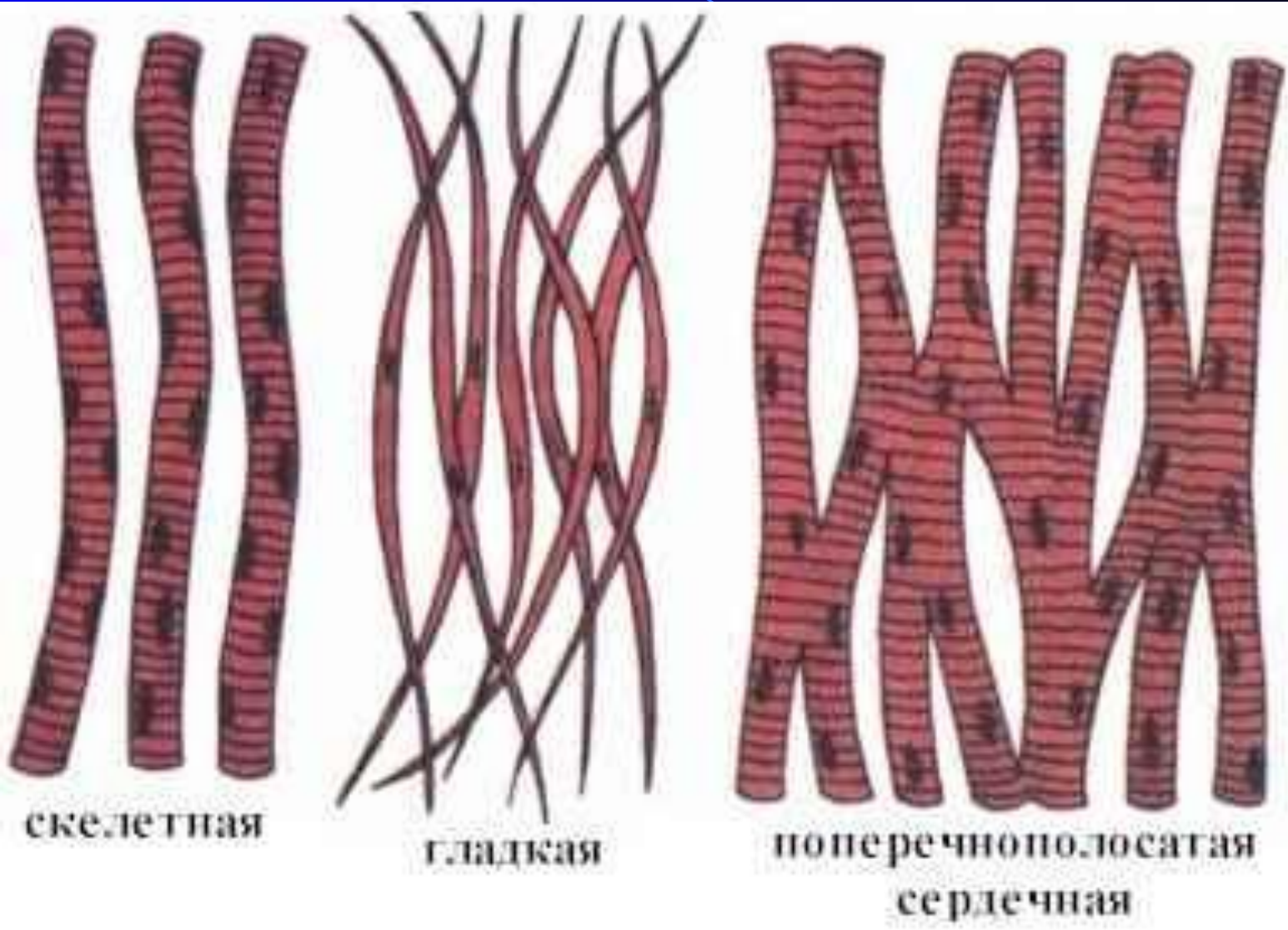


Тип2а (быстрые)



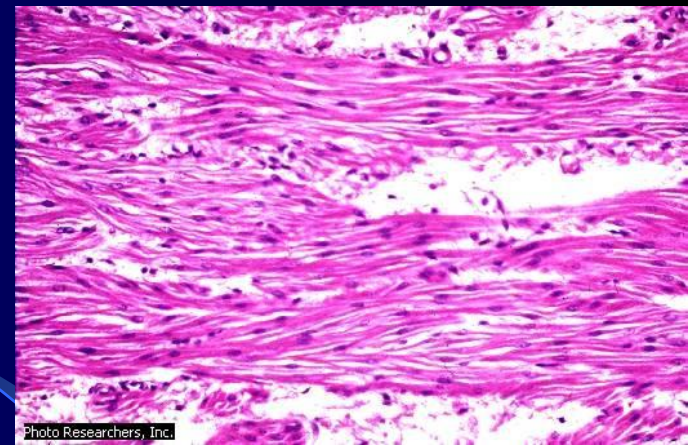
Тип2б-(смешанные)

Виды мышц

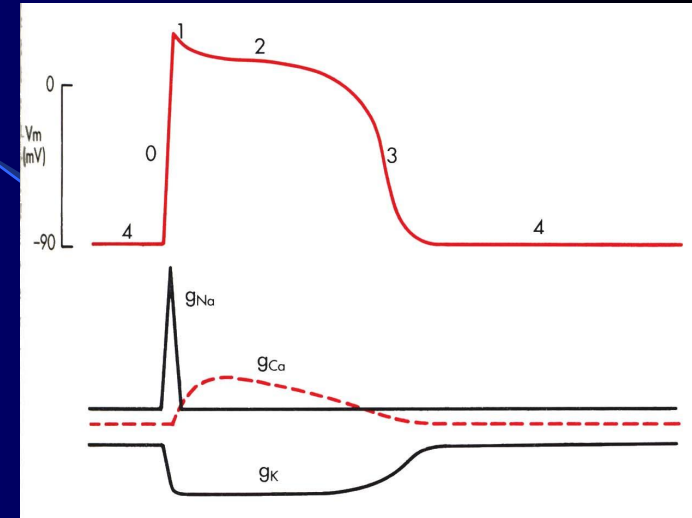
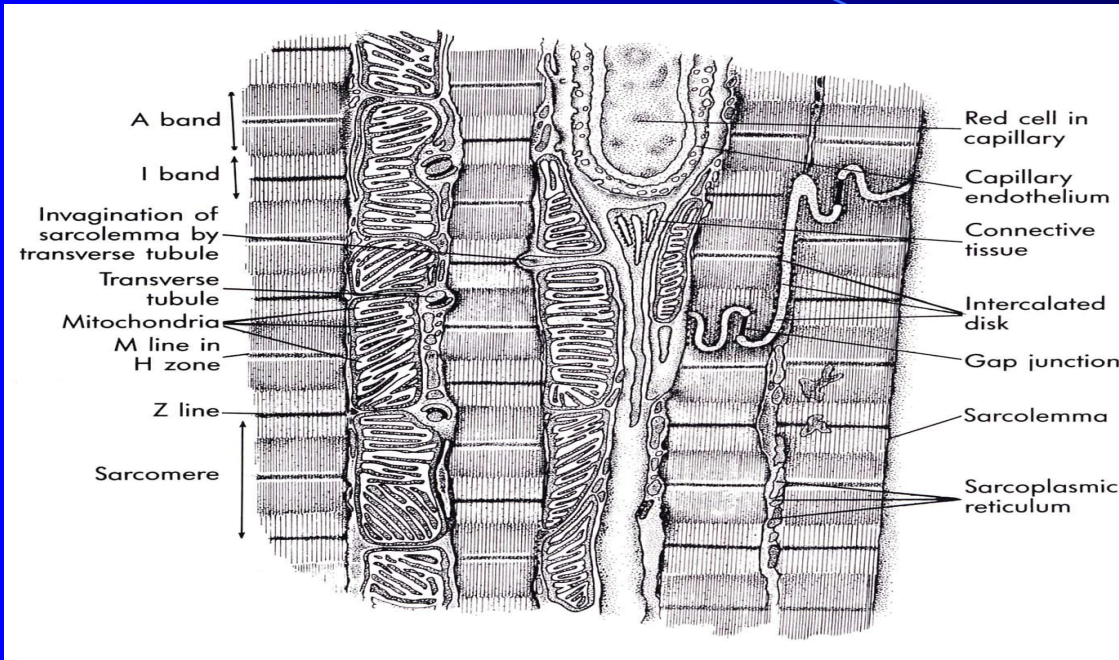


Гладкие мышцы

- Мелкие (2-10 мкм диаметр, 50-500 мкм длина)
- Одноядерные, способны к делению
- Механо- и хемочувствительны
- Актин прикреплен к НЦМ, либо к плотным тельцам (аналог Z-линии) «хаотично», т.е. нет миофибрилл
- ЭПР выражен мало
- В ответ на ПД активируются не все акто-миозиновые мостики
- Вместо тропонина (на актине) – кальмодулин + киназа легких цепей (на миозине)
- Длительность сокращения 1-20 сек (в 10-100 раз ниже скелетной)
- Способность поддерживать напряжение почти без затрат АТФ (тонус)
- Соединены нексусами, сокращаются группами по неск. десятков
- Синапсы не имеют «классических» очертаний (утолщения на аксоне)
- Способны к автоматии



Сердечные мышцы



-Одноядерные клетки

-Т-система развита в 100 раз сильнее (около 30 % от объема цитоплазмы)

-Характерны вставочные диски, состоящие из щелевых контактов (вдоль продольной оси клетки)

- Ca^{++} поступает также из внеклеточной среды (Ca^{++} плато на ПД)

-Некоторые клетки способны к автоматии

-Скорость сокращения ниже

