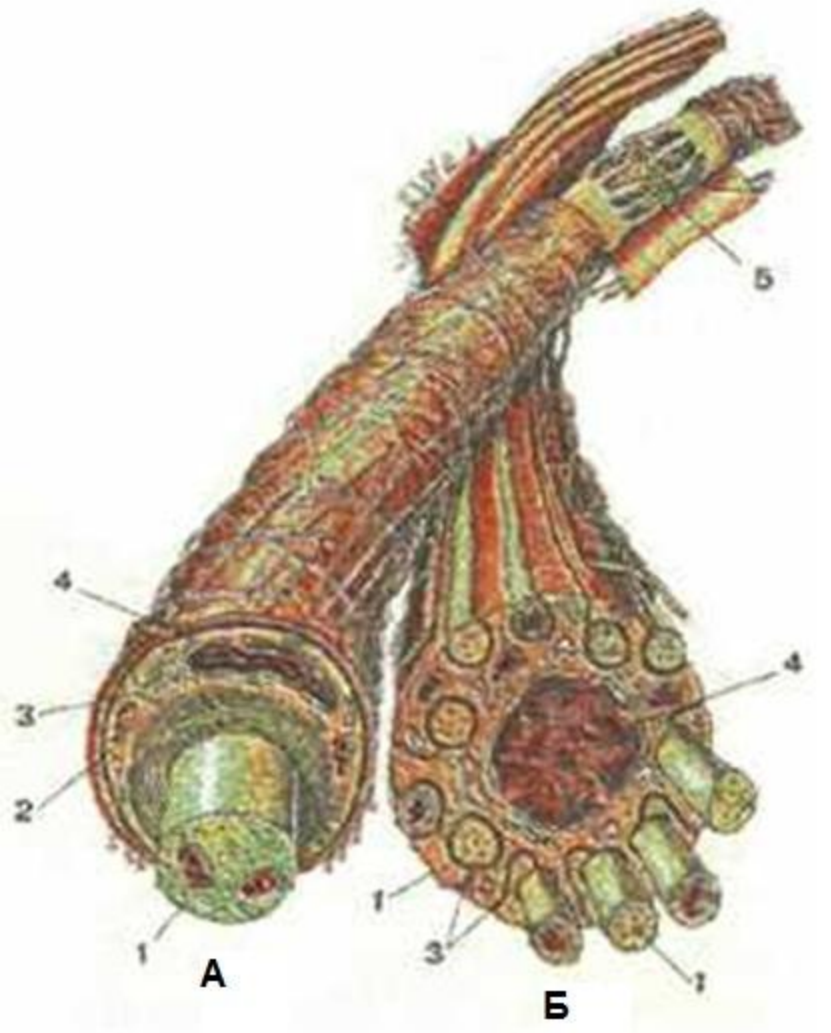


ПРОВЕДЕНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ

Типы нервных волокон

А - миелиновое волокно,
Б - безмиелиновое волокно.

1 - осевой цилиндр,
2 - миелиновый слой,
3 - мезаксон,
4 - ядро нейролеммоцита
(шванновской клетки),
5 - узловой перехват (перехват
Ранвье).

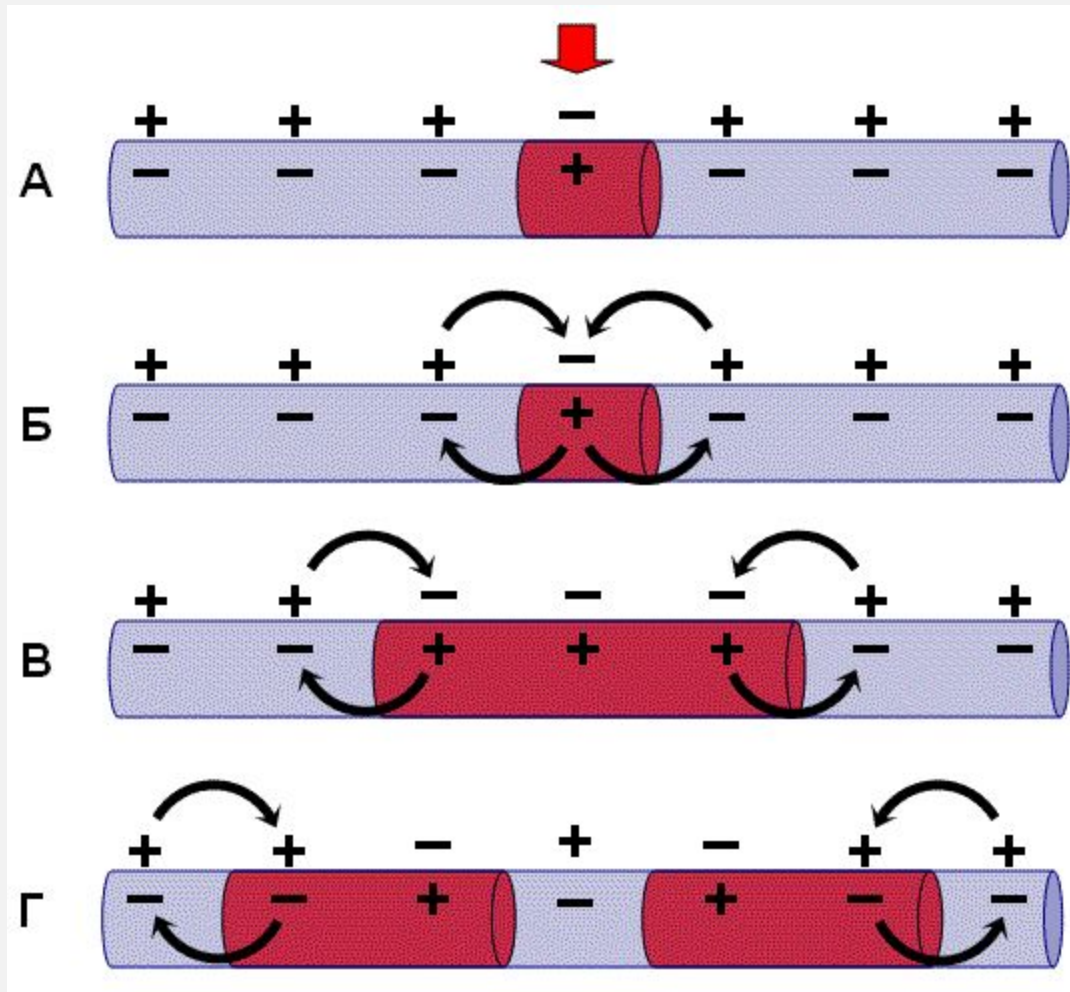


*Электрические
миелина*

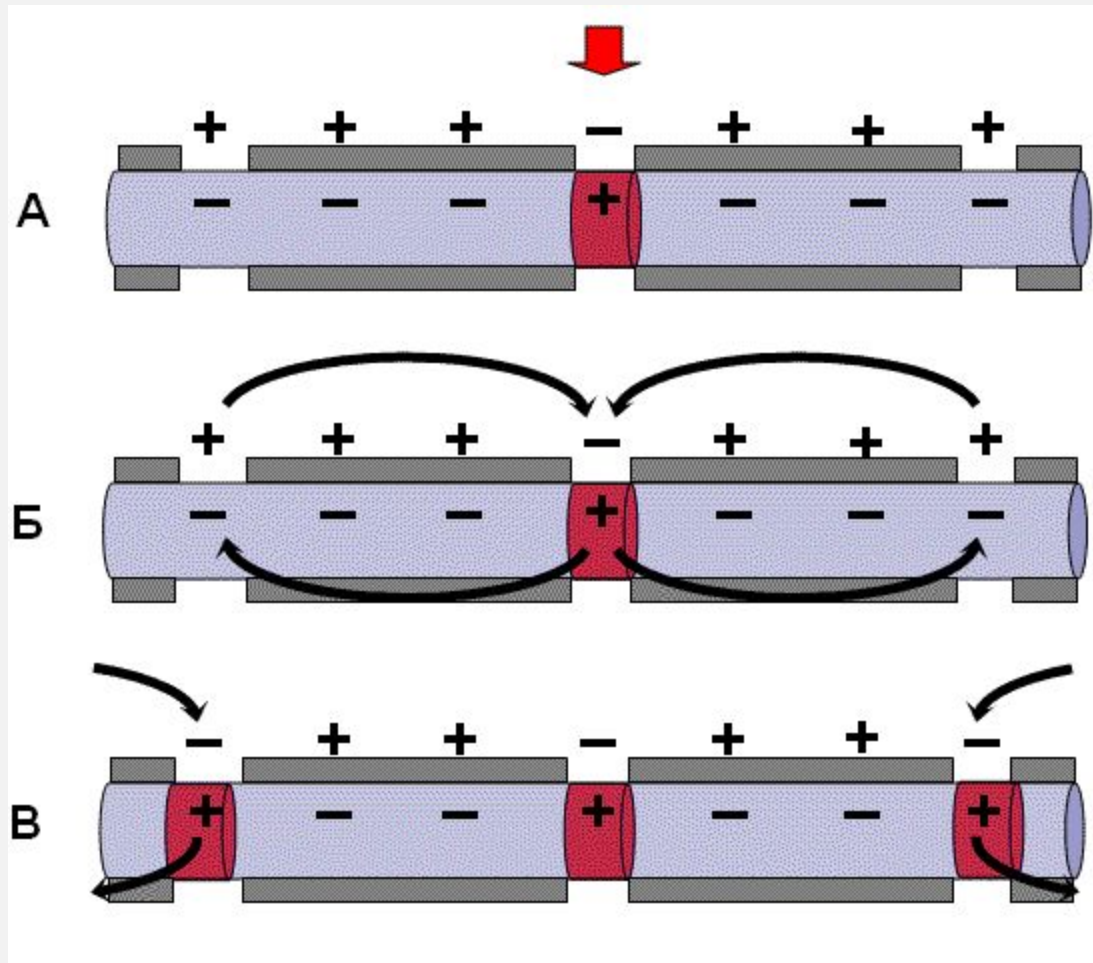
характеристики

$R = 0,16 \text{ МОм} \cdot \text{см}, C = 0,005 \text{ мкФ/см.}$

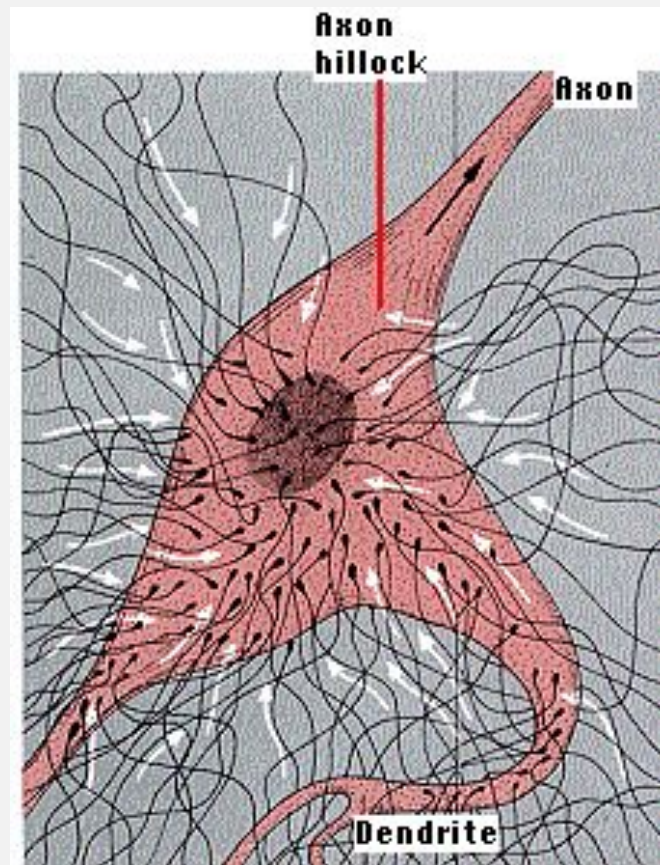
Механизм распространения возбуждения по безмиелиновому нервному волокну



Механизм распространения возбуждения по миелиновому нервному волокну



СИНАПС – место функционального контакта между нейронами или нейронами и другими клетками



В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИРОДЫ ПРОХОДЯЩЕГО СИГНАЛА:

- Электрические

- Химические

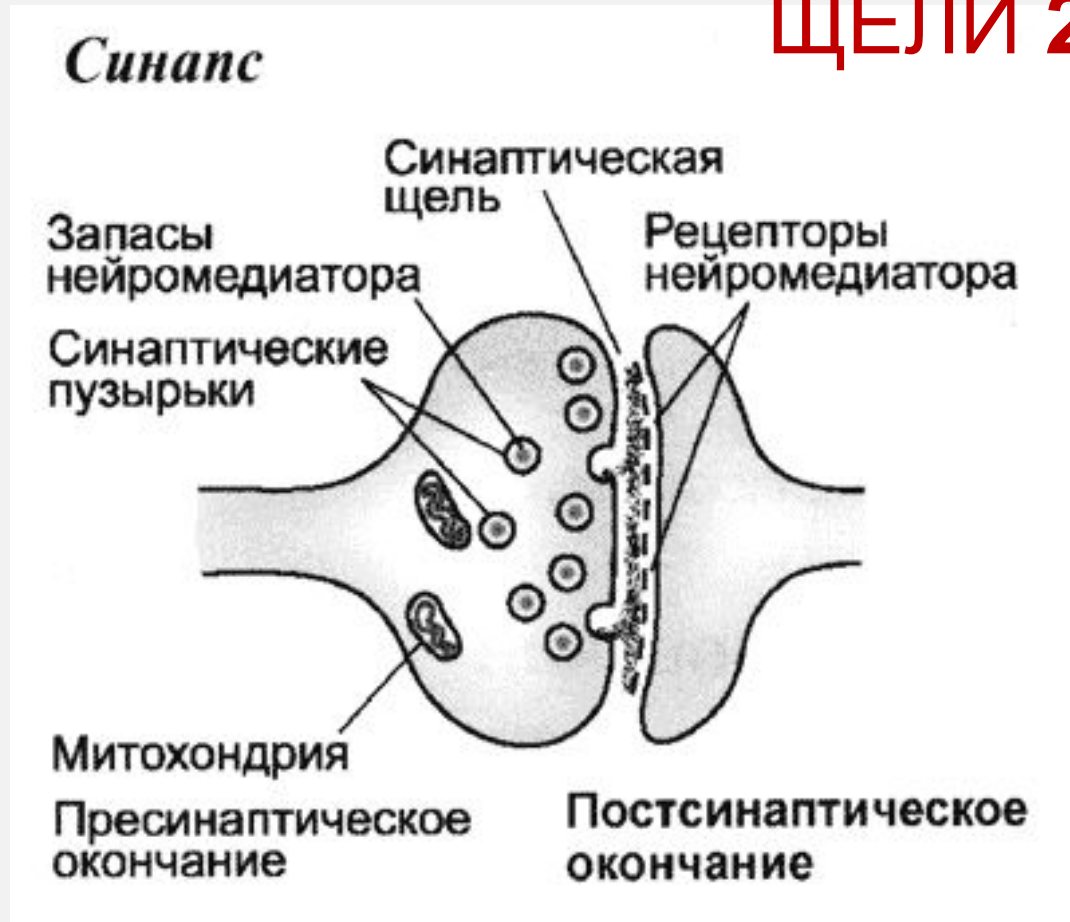
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭФФЕКТА:

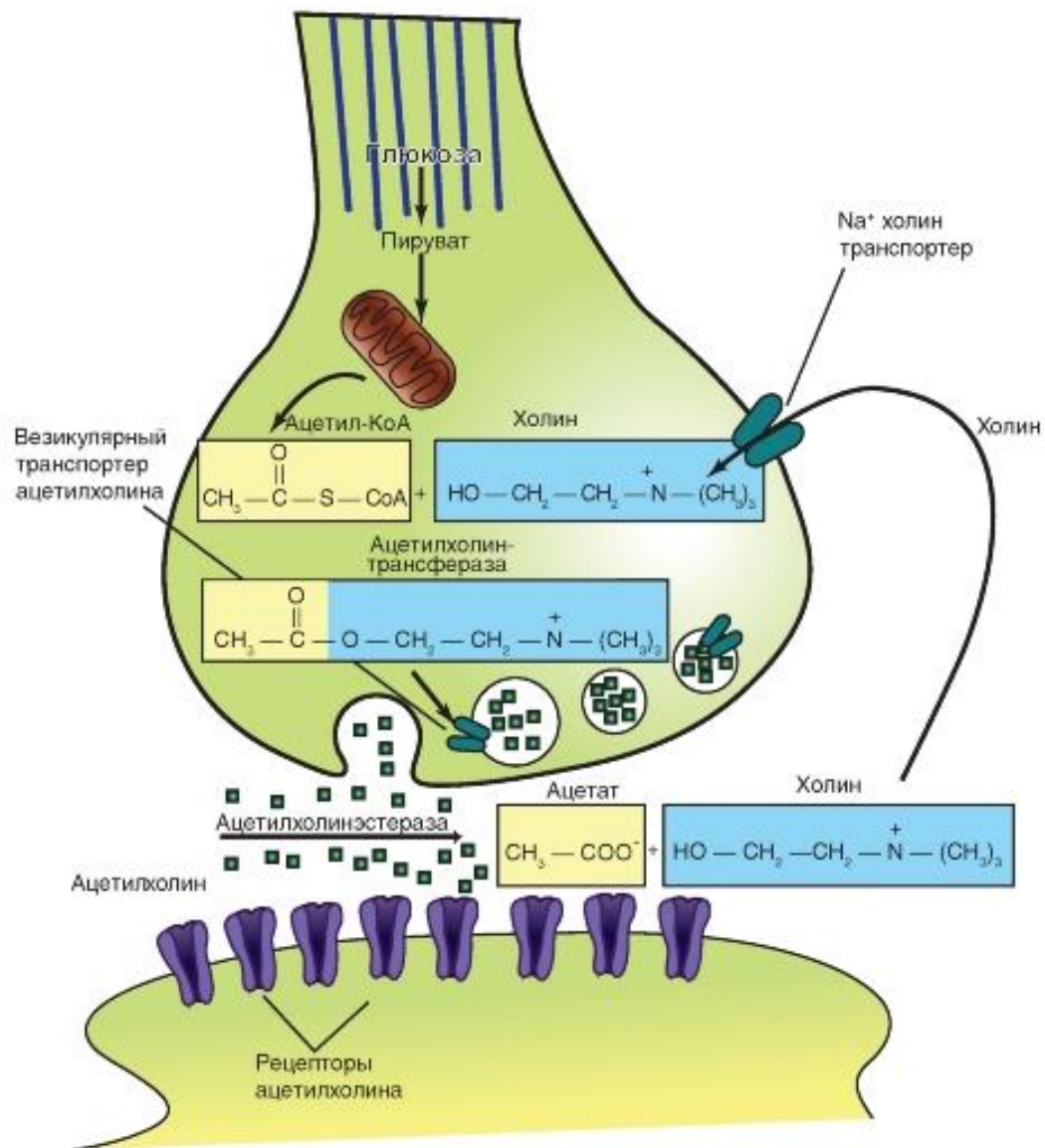
- Возбуждающие

- Тормозные

ХИМИЧЕСКИЙ СИНАПС

(ШИРИНА
ЩЕЛИ 20 НМ)





БИОФИЗИКА СОКРАТИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

1. ВИДЫ ПОДВИЖНОСТИ
2. СТРУКТУРА МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА
3. СТРОЕНИЕ САРКОМЕРА
4. БЕЛКИ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ: СОКРАТИТЕЛЬНЫЕ, РЕГУЛЯТОРНЫЕ, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ
5. МЕХАНИЗМ МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ
6. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ СОПРЯЖЕНИЕ В СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦАХ
7. ОСОБЕННОСТИ СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ
8. ОСОБЕННОСТИ ГЛАДКИХ МЫШЦ

ВИДЫ ПОДВИЖНОСТИ

МЫШЕЧНАЯ

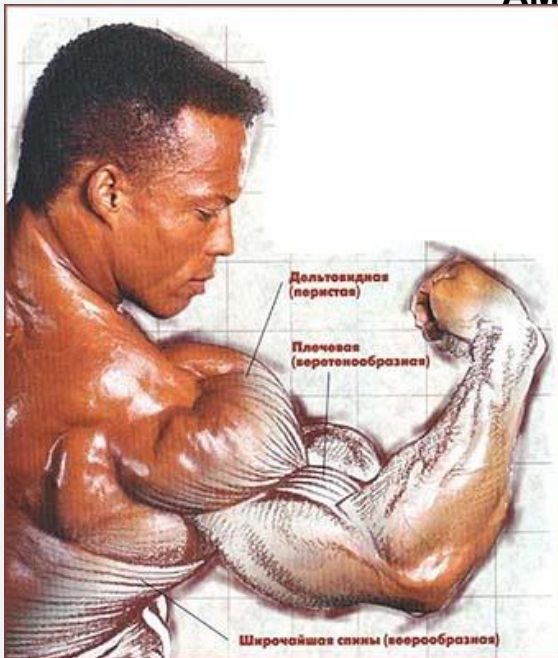
СОКРАЩЕНИЯ МЫШЦ РАЗНОГО ТИПА

НЕМЫШЕЧНАЯ

ДВИЖЕНИЕ ЖГУТИКОВ БАКТЕРИЙ

АМЕБОИДНОЕ ДВИЖЕНИЕ

ДВИЖЕНИЕ ЦИТОПЛАЗМЫ КЛЕТОК
СОКРАЩЕНИЕ ХВОСТОВОГО ЧЕХЛА
БАКТЕРИОФАГА

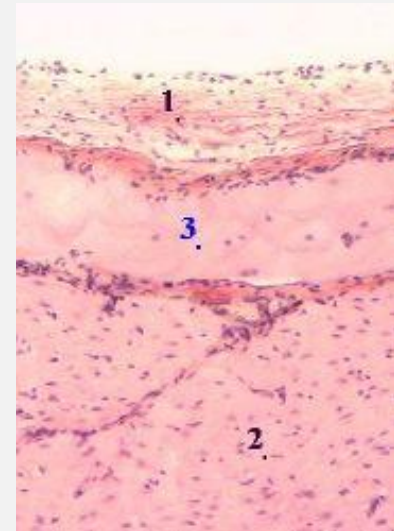
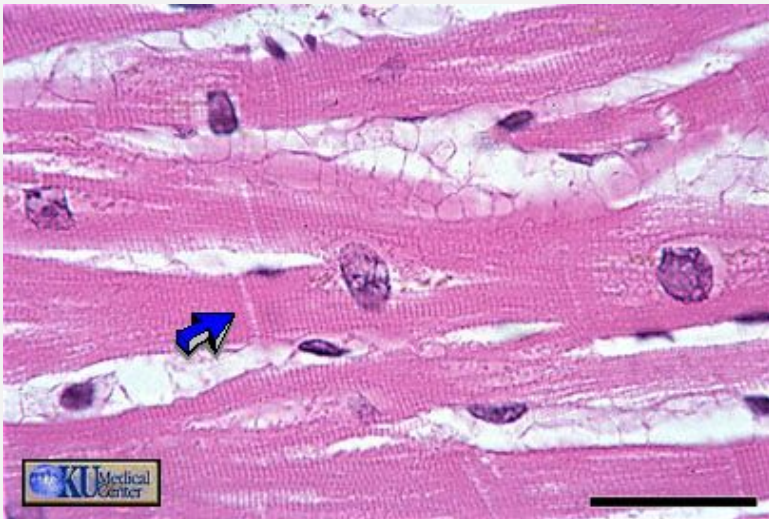


МЫШЕЧНАЯ ТКАНЬ

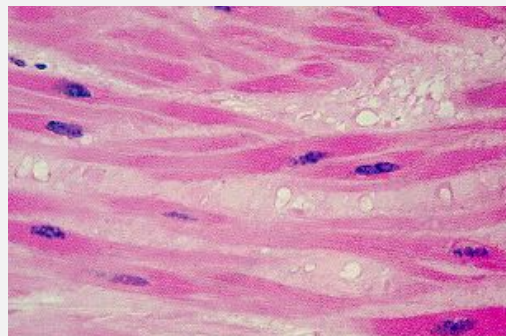
ИСЧЕРЧЕННАЯ

СКЕЛЕТНАЯ

РАБОЧИЙ МИОКАРД



НЕИСЧЕРЧЕННАЯ (ГЛАДКАЯ)



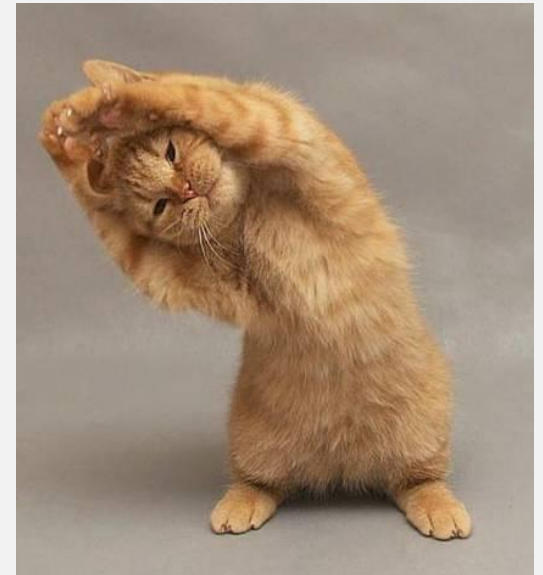
ФУНКЦИИ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ:

**ПОДДЕРЖАНИЕ
ПОЗЫ**

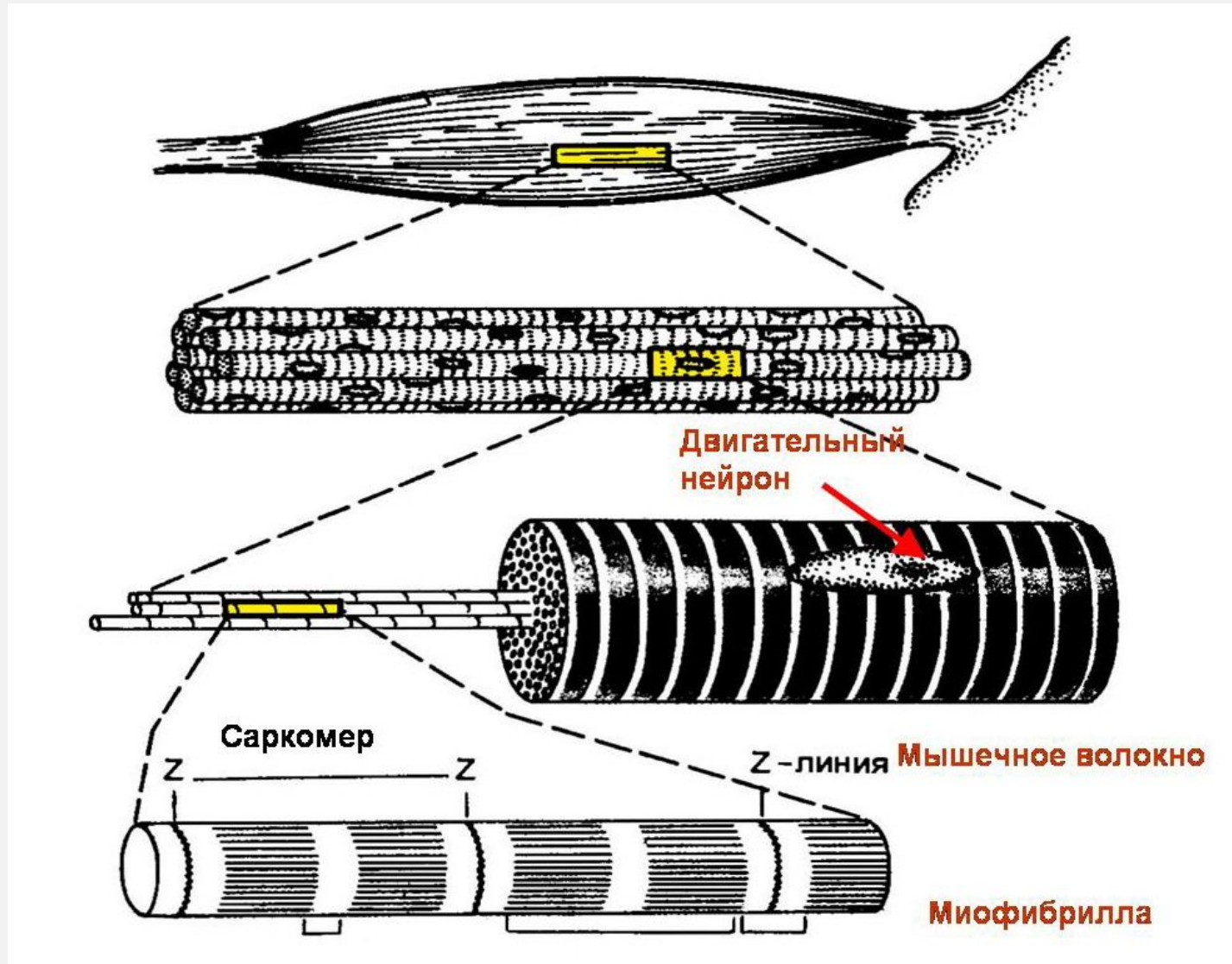


**ДВИЖЕНИЕ
ЧАСТЕЙ ТЕЛА
ОТНОСИТЕЛЬНО
ДРУГ ДРУГА**

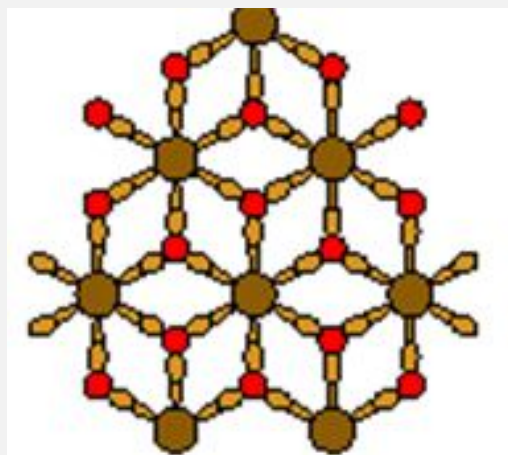
**ПЕРЕМЕЩЕНИЕ
ТЕЛА В
ПРОСТРАНСТВЕ**



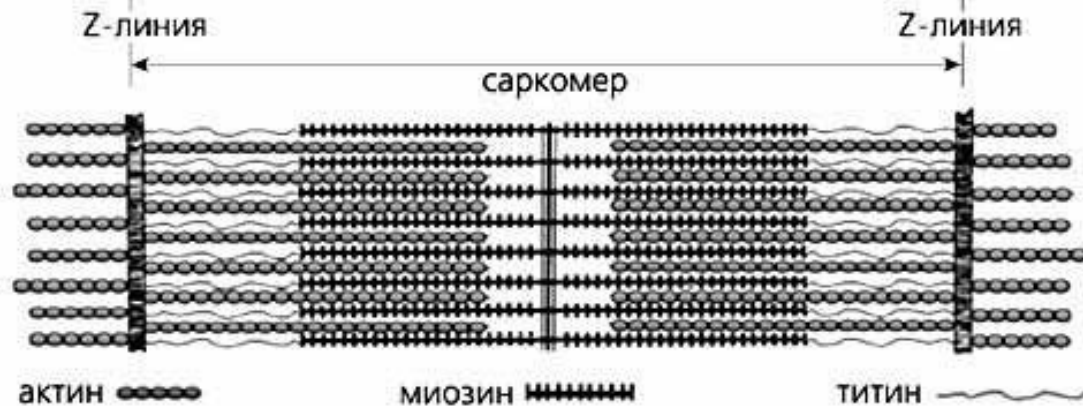
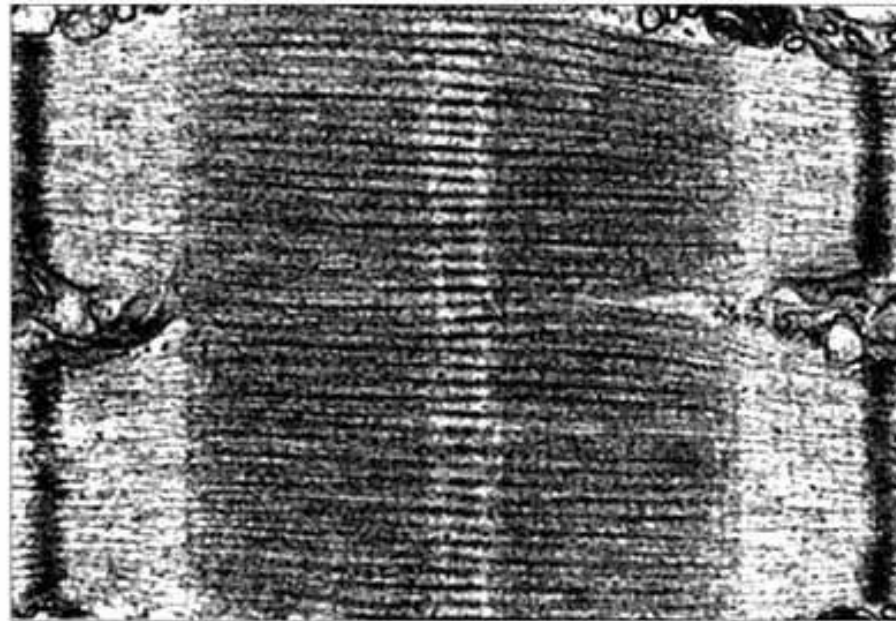
ОРГАНИЗАЦИЯ МЫШЦ ПОЗВОНОЧНЫХ



СТРУКТУРА САРКОМЕРА



ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКАЯ ФОТОГРАФИЯ САРКОМЕРА



БЕЛКИ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ

```
graph TD; A[БЕЛКИ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ] --> B[СОКРАТИТЕЛЬНЫЕ]; A --> C[РЕГУЛЯТОРНЫЕ]; A --> D[ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПРАВИЛЬНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ СОКРАТИТЕЛЬНЫХ БЕЛКОВ]; B --> B1[МИОЗИН]; B --> B2[АКТИН]; C --> C1[ТРОПОНИН]; C --> C2[ТРОПОМИОЗИН]; D --> D1[ТАЙТИН]; D --> D2[α-АКТИНИН]; D --> D3[ДЕСМИН]; D --> D4[β-АКТИНИН]; D --> D5[МИОМЕЗИН]; D --> D6[ФИЛАМИН];
```

СОКРАТИТЕЛЬНЫЕ

МИОЗИН

АКТИН

РЕГУЛЯТОРНЫЕ

ТРОПОНИН

ТРОПОМИОЗИН

ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПРАВИЛЬНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ СОКРАТИТЕЛЬНЫХ БЕЛКОВ

ТАЙТИН

α-АКТИНИН

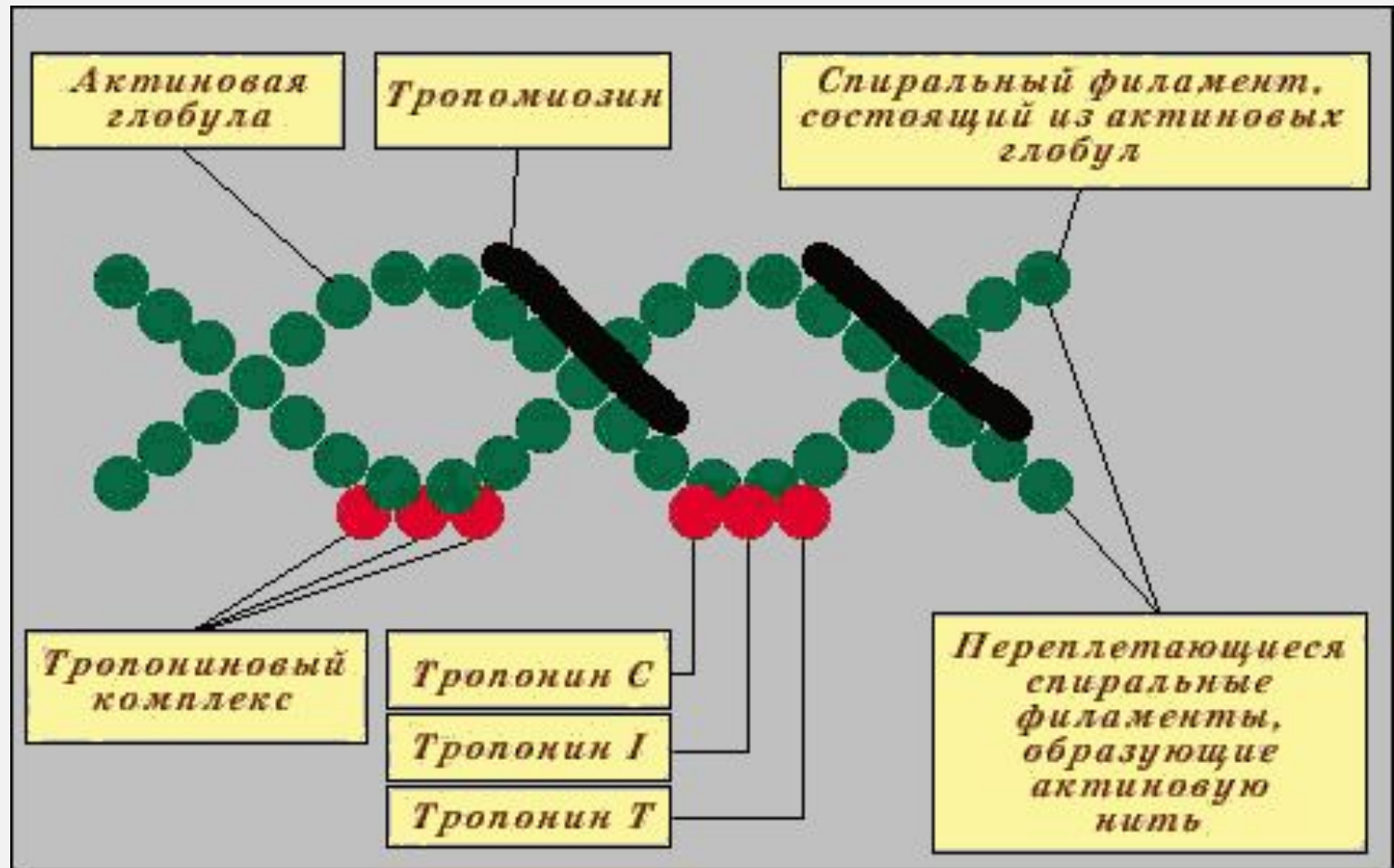
ДЕСМИН

β-АКТИНИН

МИОМЕЗИН

ФИЛАМИН

РАСПОЛОЖЕНИЕ СОКРАТИТЕЛЬНЫХ И РЕГУЛЯТОРНЫХ БЕЛКОВ



УЛЬТРАСТРУКТУРА МИОЗИНА

S1 («ГОЛОВКА») НЕПОСРЕДСТВЕННО
ВЗАИМОДЕЙСТВУЕТ С АКТИНОВОЙ
НИТЬЮ, НЕСЕТ КАТАЛИТИЧЕСКИЙ
ЦЕНТР ДЛЯ АТФ



S2 («ШЕЙКА») - РЫЧАГ,
ПЕРЕДАЮЩИЙ УСИЛИЕ
НА «ХВОСТ» МИОЗИНА

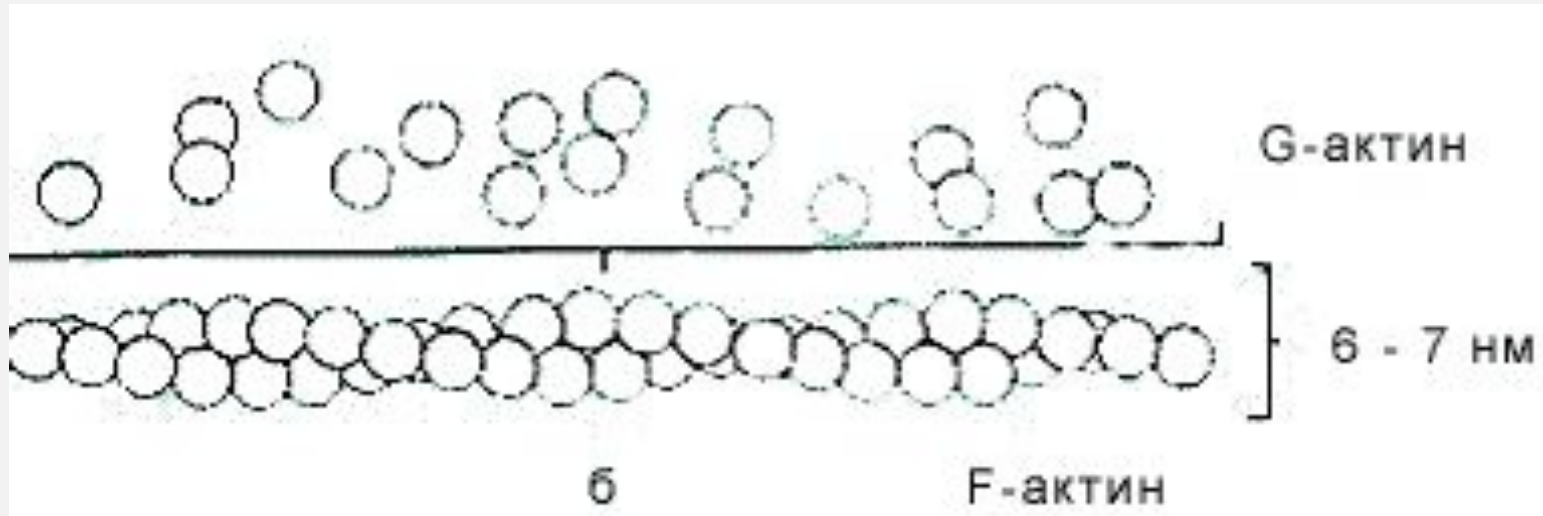
Тяжелый
меромиозин
(«головка»)

Легкий меромиозин
(«хвост»)

ТОЛСТЫЕ ФИЛАМЕНТЫ ОБРАЗОВАНЫ СОТНЯМИ МИОЗИНОВЫХ ХВОСТОВ, УПАКОВАННЫХ В ПЛОТНЫЕ УПОРЯДОЧЕННЫЕ ПУЧКИ, ИЗ КОТОРЫХ ТОРЧАТ МИОЗИНОВЫЕ ГОЛОВКИ



АКТИН образует тонкие нити



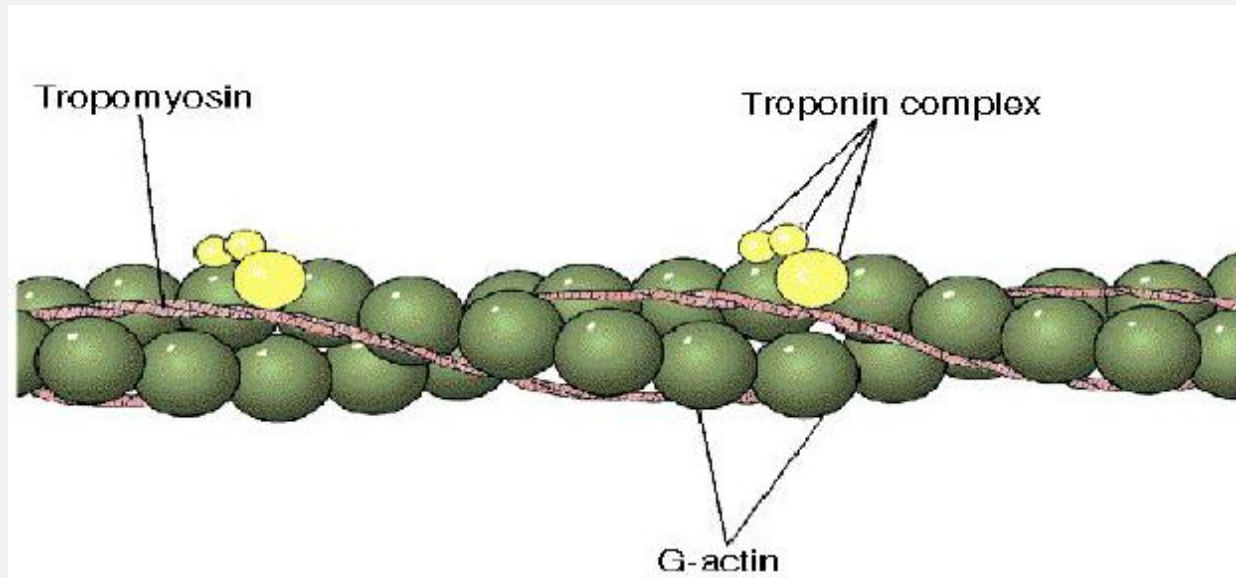
НА ОДНОМ ВИТКЕ СПИРАЛИ
УКЛАДЫВАЕТСЯ **13 МОНОМЕРОВ** АКТИНА

РЕГУЛЯТОРНЫЕ БЕЛКИ



ТРОПОМИОЗИН

ИМЕЕТ ВИД СТРЕЖНЯ, ПО ДЛИНЕ
СООТВЕТСТВУЕТ 7 МОНОМЕРАМ G-АКТИНА,
ЗАКРЫВАЕТ АКТИВНЫЕ ЦЕНТРЫ АКТИНА



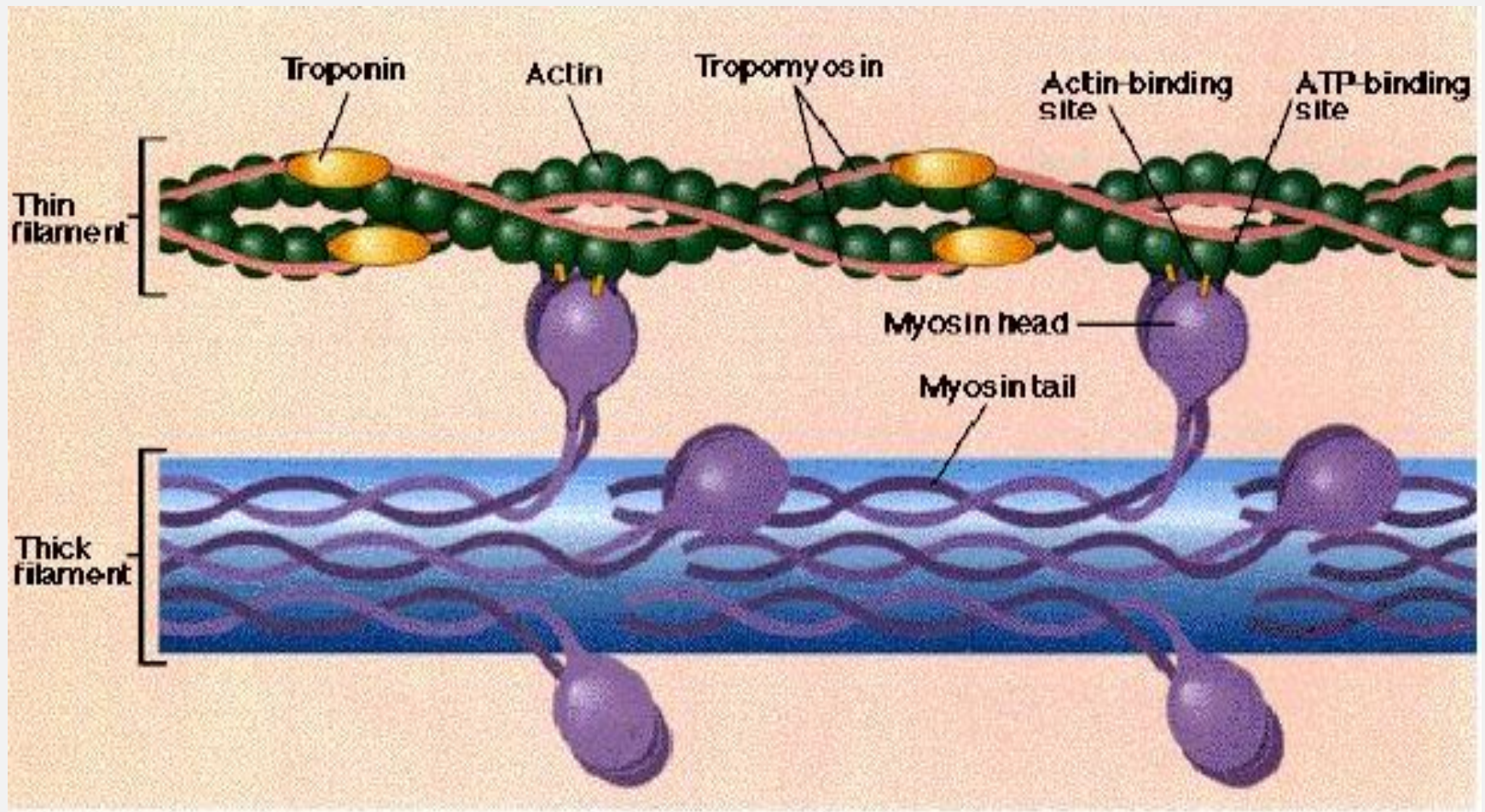
КОМПЛЕКС ТРОПОНИНА

ТРОПОНИН С СВЯЗЫВАЕТ ИОНЫ КАЛЬЦИЯ (4 ЦЕНТРА)

ТРОПОНИН Т ОБЕСПЕЧИВАЕТ СВЯЗЬ С
ТРОПОМИОЗИНОМ

ТРОПОНИН I ПРЕДОТВРАЩАЕТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ
АКТИНА С МИОЗИНОМ

ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ МЫШЕЧНЫХ БЕЛКОВ





Э.Хаксли

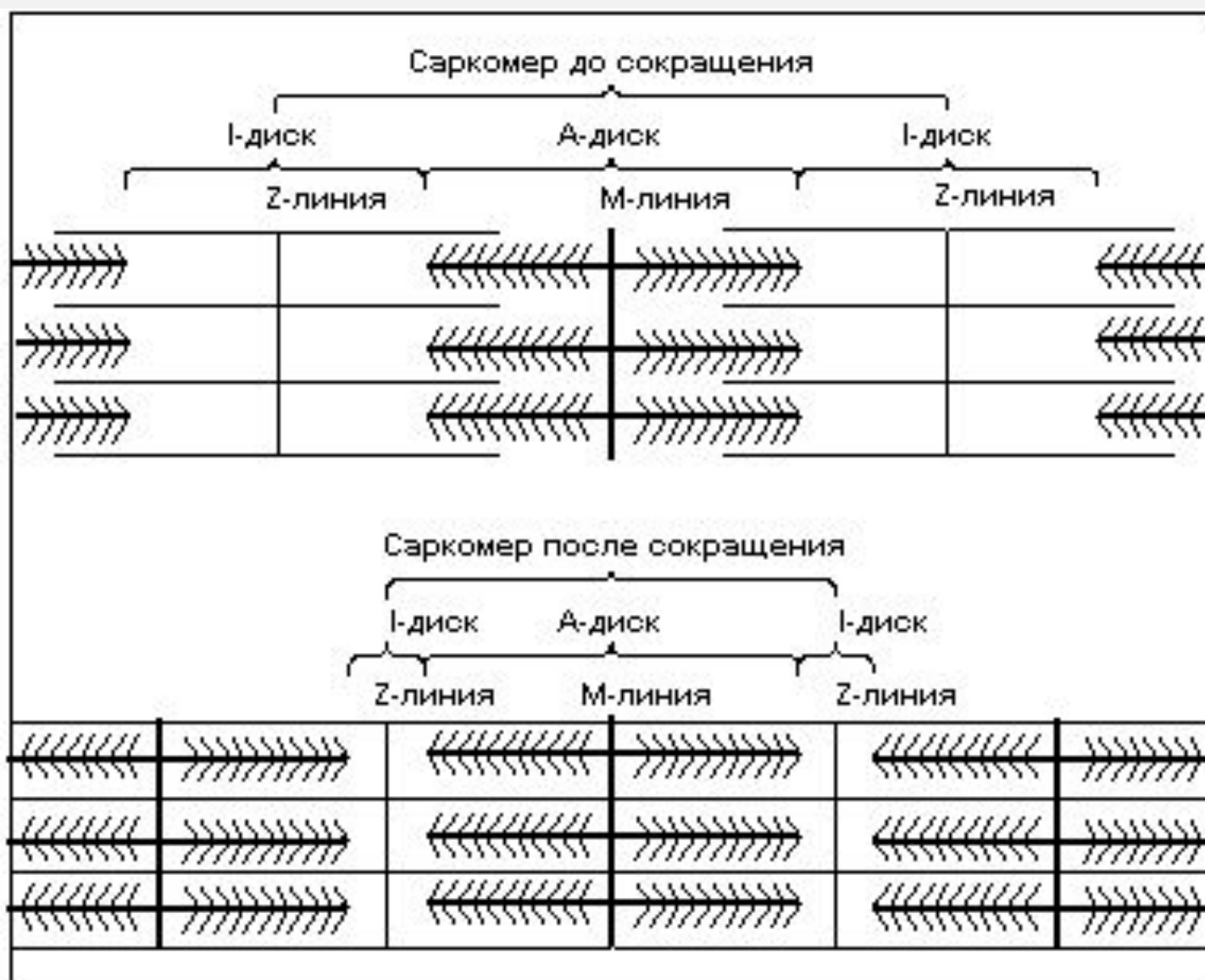
МЕХАНИЗМ МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ

Доказательства теории скользящих нитей

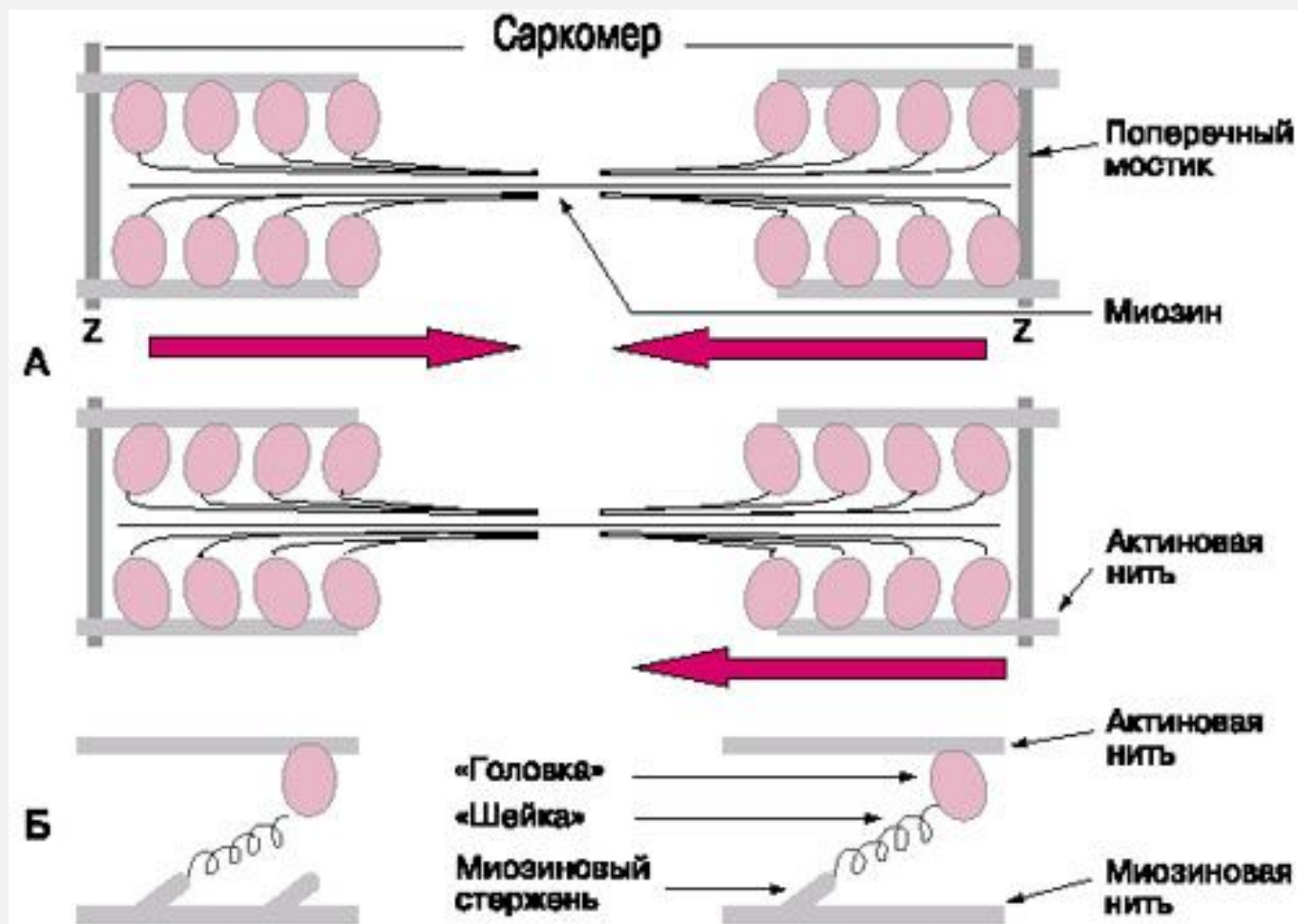
□ ПРИБЛИЖИТЕЛЬНО ДЛИНЫ ТОЛСТЫХ И ТОНКИХ НИТЕЙ НЕ ИЗМЕНЯЮТСЯ

□ САРКОМЕР УКОРАЧИВАЕТСЯ ЗА СЧЕТ ПЕРЕКРЫВАНИЯ ТОЛСТЫХ И ТОНКИХ НИТЕЙ, КОТОРЫЕ СКОЛЬЗЯТ ДРУГ ОТНОСИТЕЛЬНО ДРУГА, ПОЛОСЫ **H** И **I** УКОРАЧИВАЮТСЯ

□ СИЛА, РАЗВИВАЕМАЯ МЫШЦЕЙ, СОЗДАЕТСЯ В ПРОЦЕССЕ ДВИЖЕНИЯ СОСЕДНИХ НИТЕЙ



ТЕОРИЯ СКОЛЬЗЯЩИХ НИТЕЙ



РОЛЬ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ В СОКРАЩЕНИИ



В покое миозинсвязывающие участки тонкой нити заняты тропомиозином. При сокращении ионы Ca^{2+} связываются с TnC, а тропомиозин *открывает* миозинсвязывающие участки. Головки миозина присоединяются к тонкой нити и вызывают её смещение относительно толстой нити

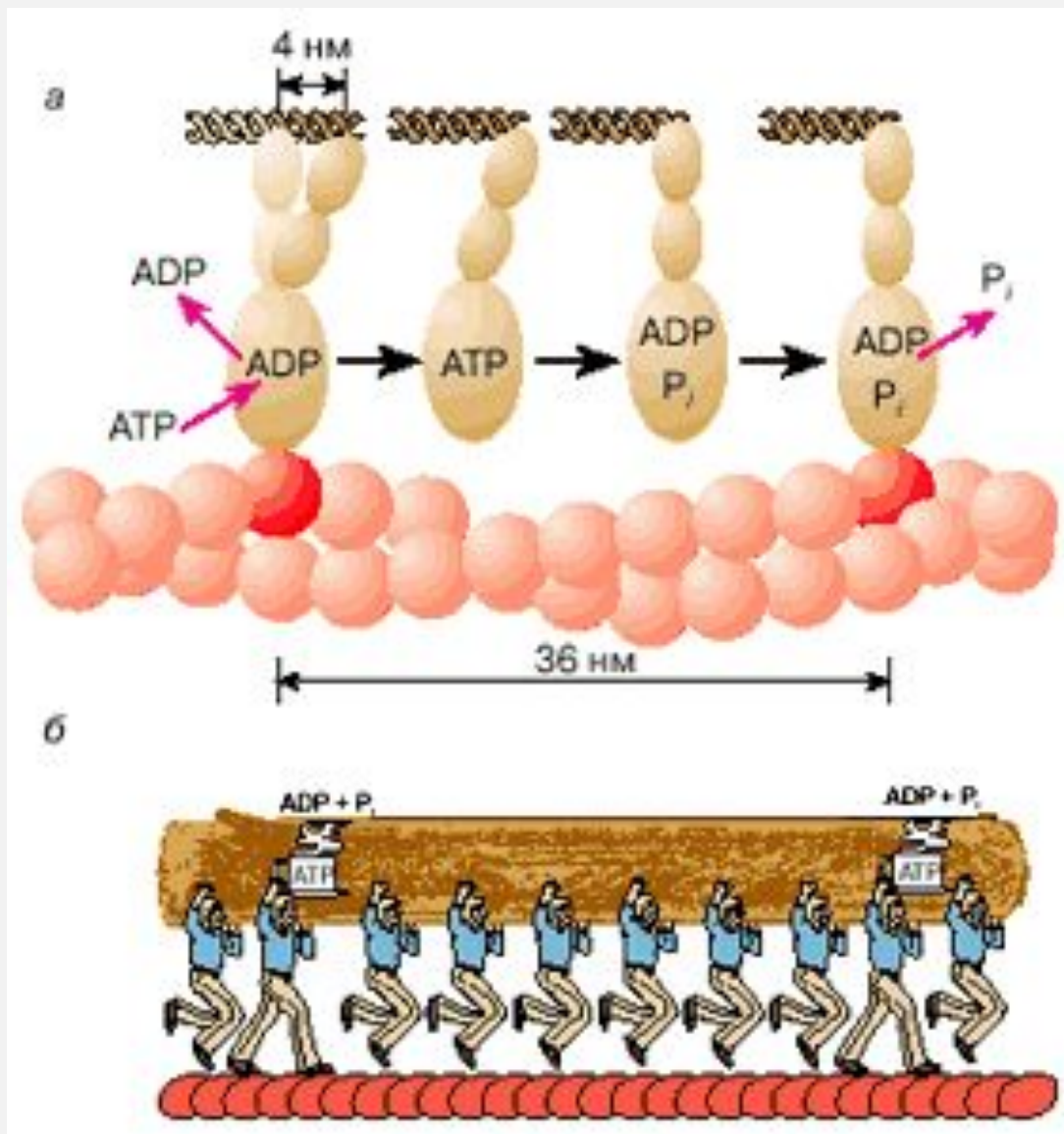


Схема
перемещения
молекулы
миозина вдоль
нити актина



РОЛЬ АТФ В СОКРАЩЕНИИ

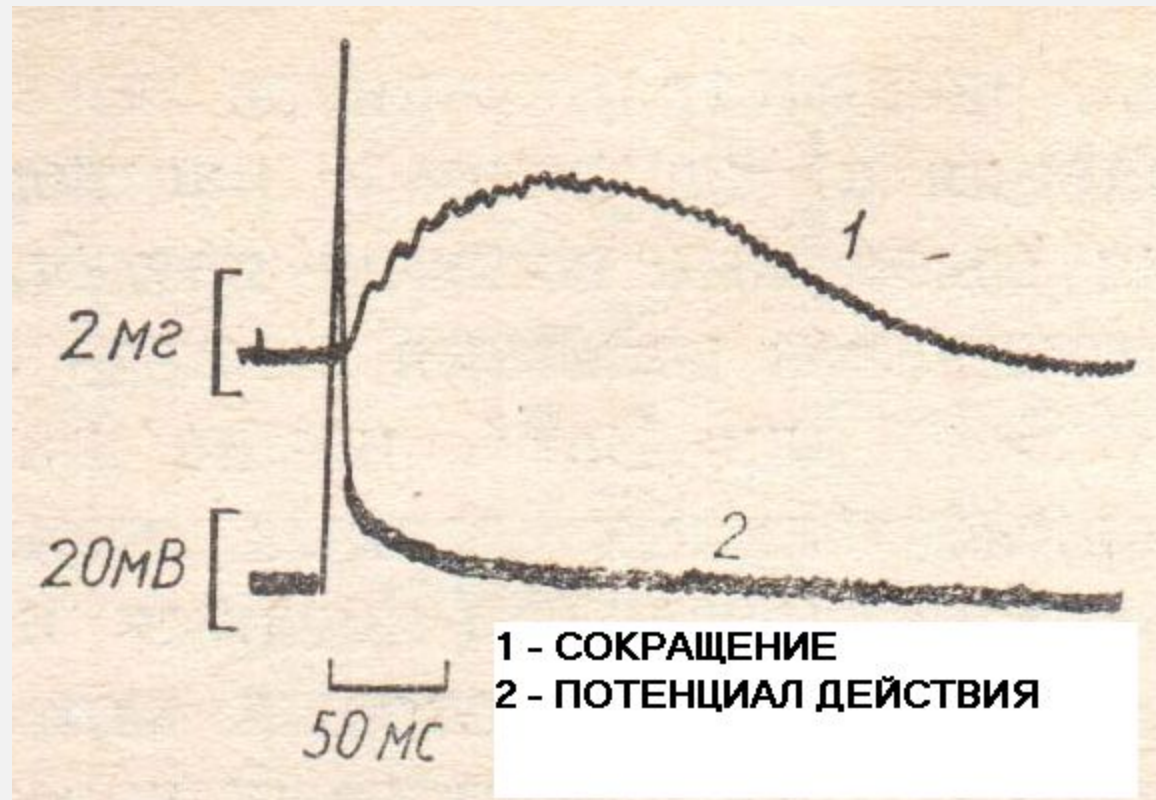
Скольжение толстых и тонких нитей друг относительно друга совершается за счет энергии, выделяемой при гидролизе АТФ до ADP и неорганического фосфата (P_i).

1939 год **В.А. Энгельгардт** и **М.Н. Любимова** открыли АТФазную активность миозина,

А. Сент-Дьорди (удостоенный впоследствии Нобелевской премии): в растворе актин и миозин образуют так называемый актомиозиновый комплекс.



ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ СОПРЯЖЕНИЕ В СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦАХ

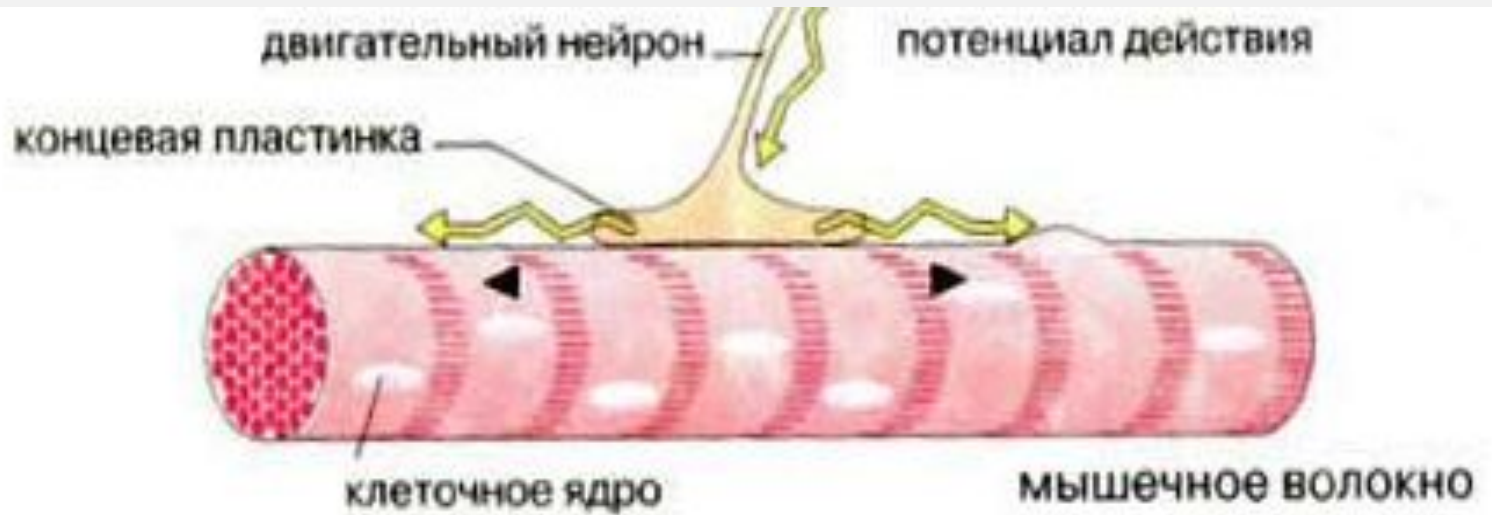


ПП МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА $-80 - 90$ мВ

ПД МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА: АМПЛИТУДА $120 - 130$ мВ, ОВЕСУТ $+30 - +50$ мВ,

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ $- 3 - 5$ мс

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ СОПРЯЖЕНИЕ

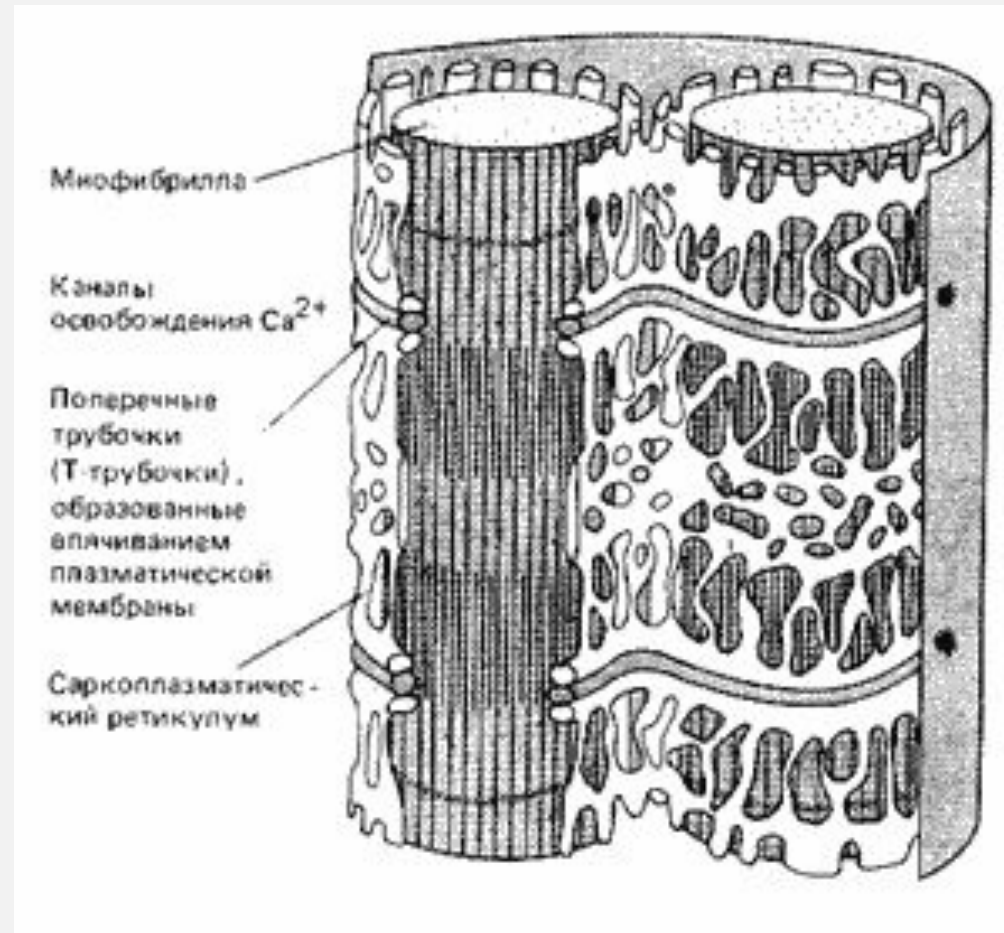


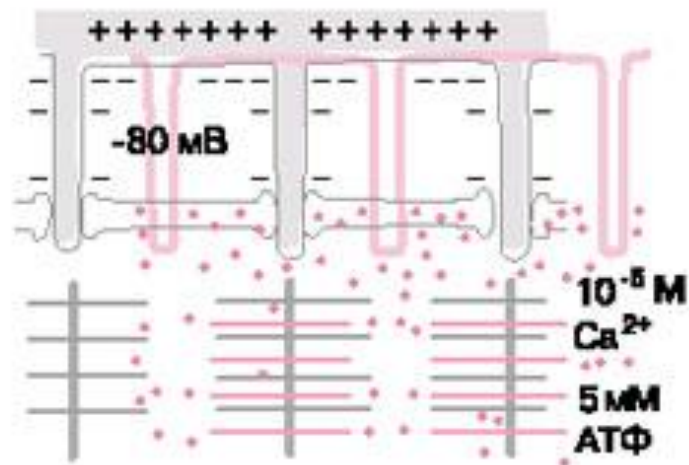
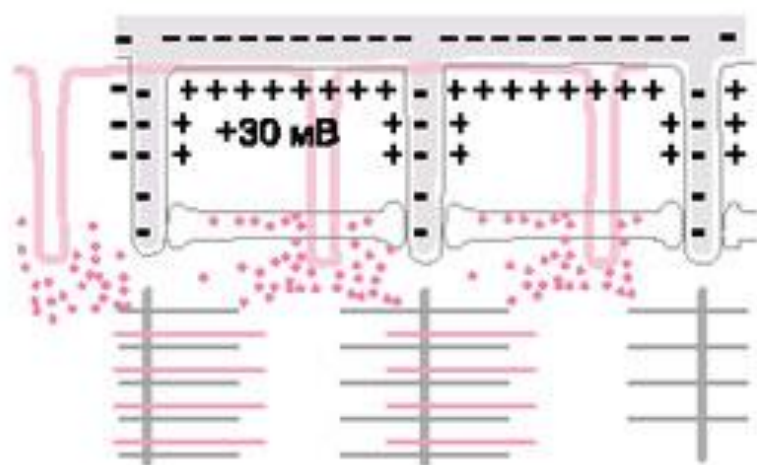
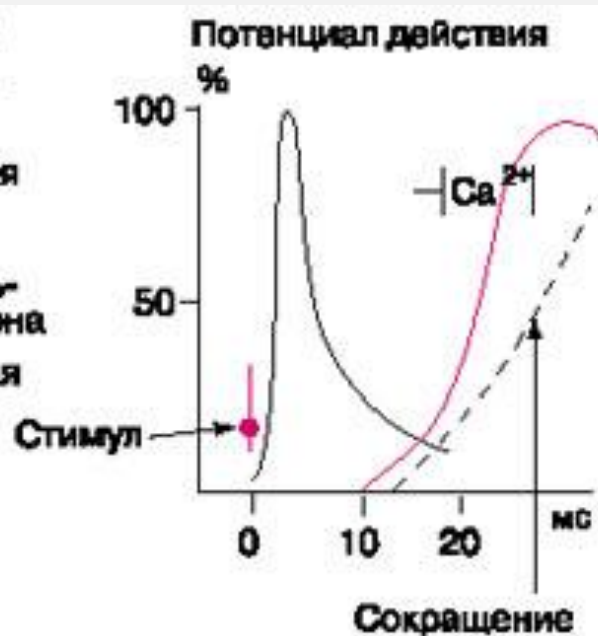
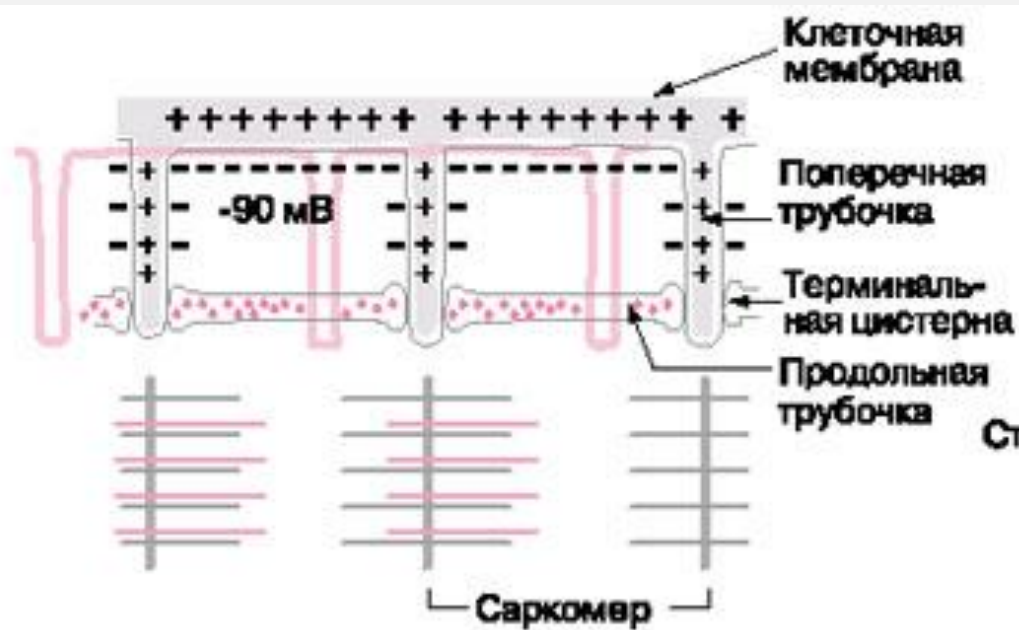
. Электромеханическое сопряжение

СИСТЕМА ЭМС

- САРКОЛЕММА
- Т-СИСТЕМА
- SPR
- РЕГУЛЯТОРНЫЕ БЕЛКИ МИОФИБРИЛЛ

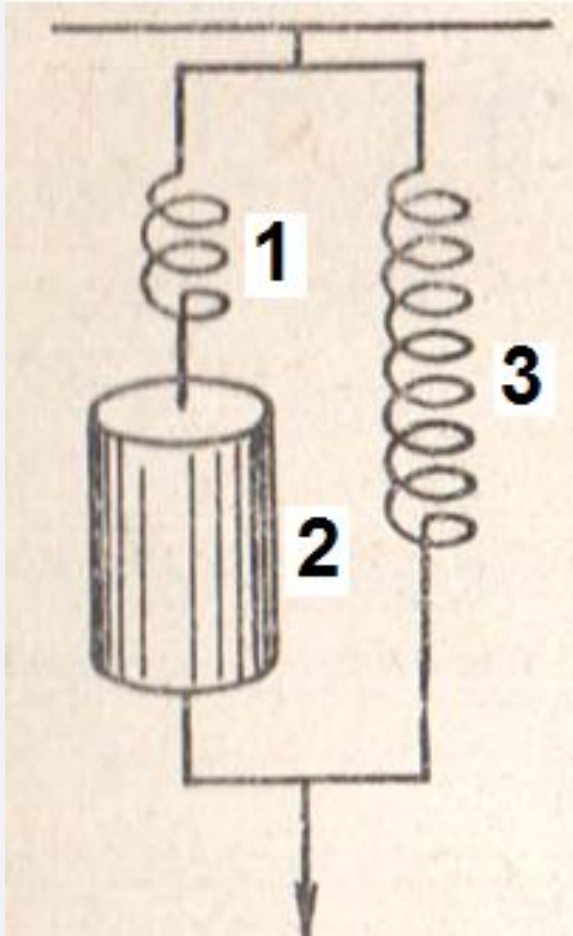
САРКОПЛАЗМАТИЧЕСКИЙ РЕТИКУЛУМ





БИОМЕХАНИКА СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

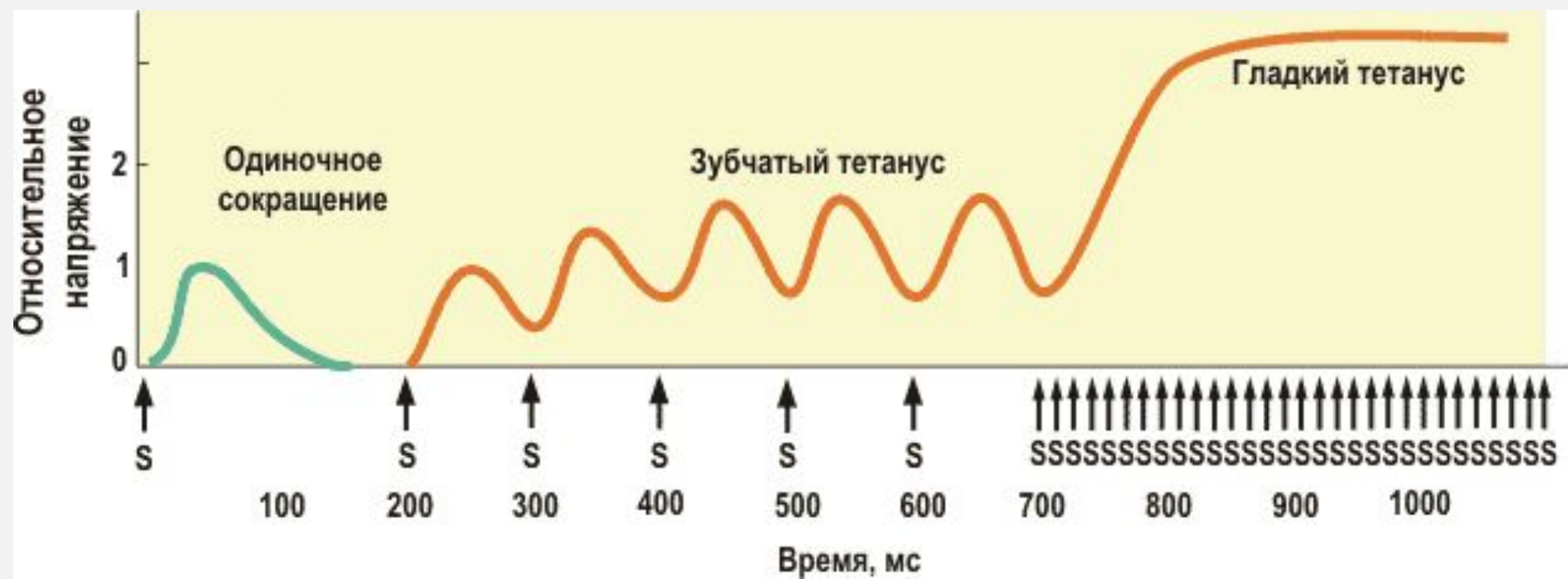
МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЫШЦЫ (по А. Хиллу)



1 – последовательный упругий компонент

2 – сократительный элемент

3 - параллельный упругий компонент



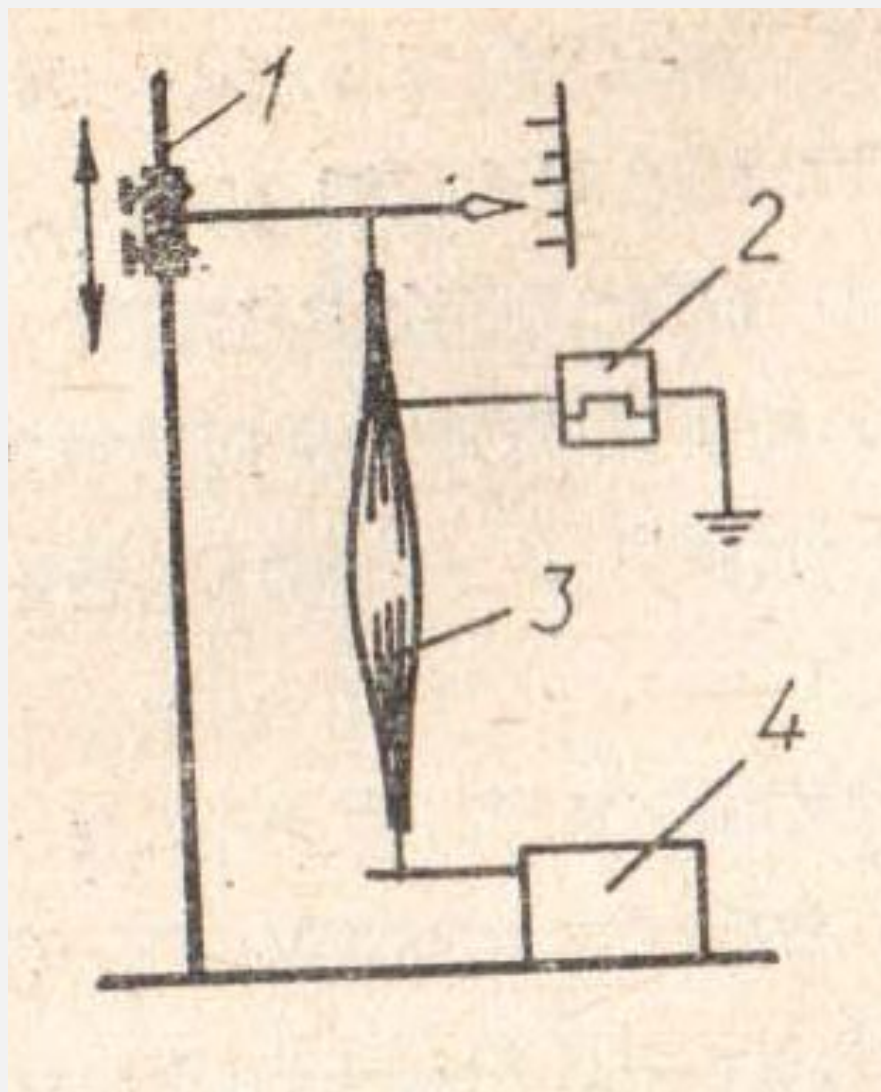
РЕЖИМЫ СОКРАЩЕНИЯ

```
graph TD; A[РЕЖИМЫ СОКРАЩЕНИЯ] --> B[ИЗОМЕТРИЧЕСКОЕ]; A --> C[ИЗОТОНИЧЕСКОЕ]
```

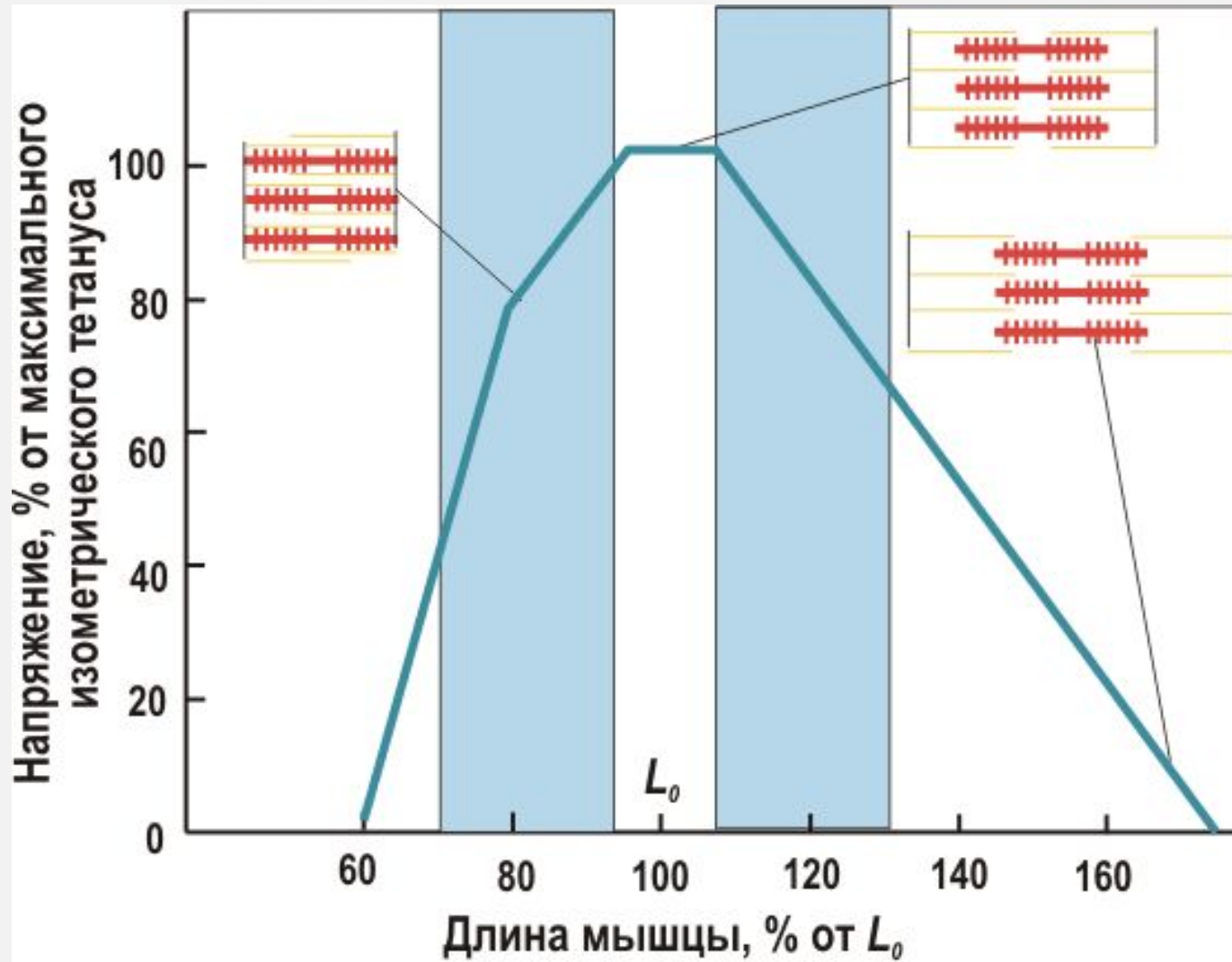
ИЗОМЕТРИЧЕСКОЕ

ИЗОТОНИЧЕСКОЕ

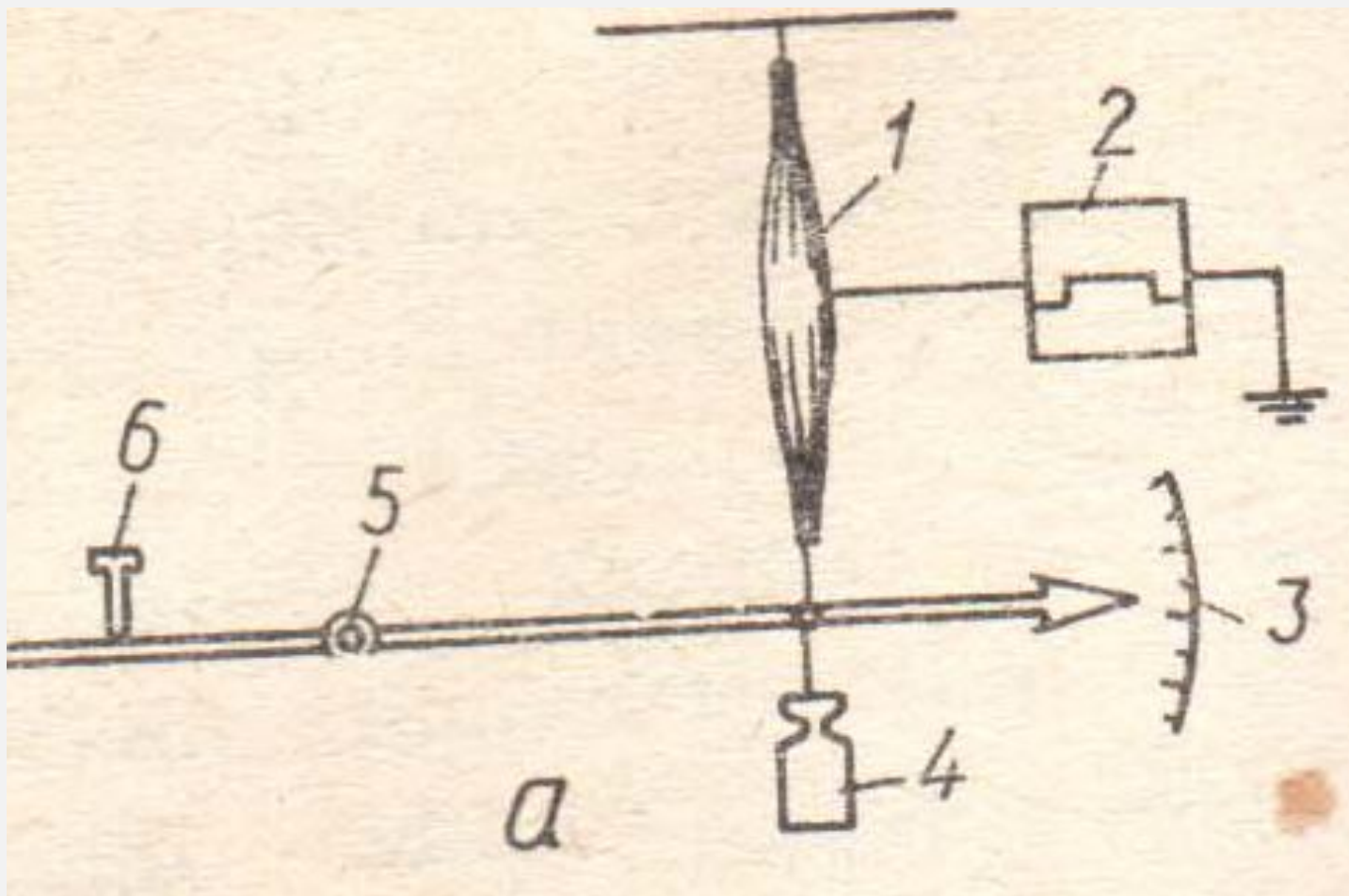
УСТАНОВКА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОМЕТРИЧЕСКОГО СОКРАЩЕНИЯ

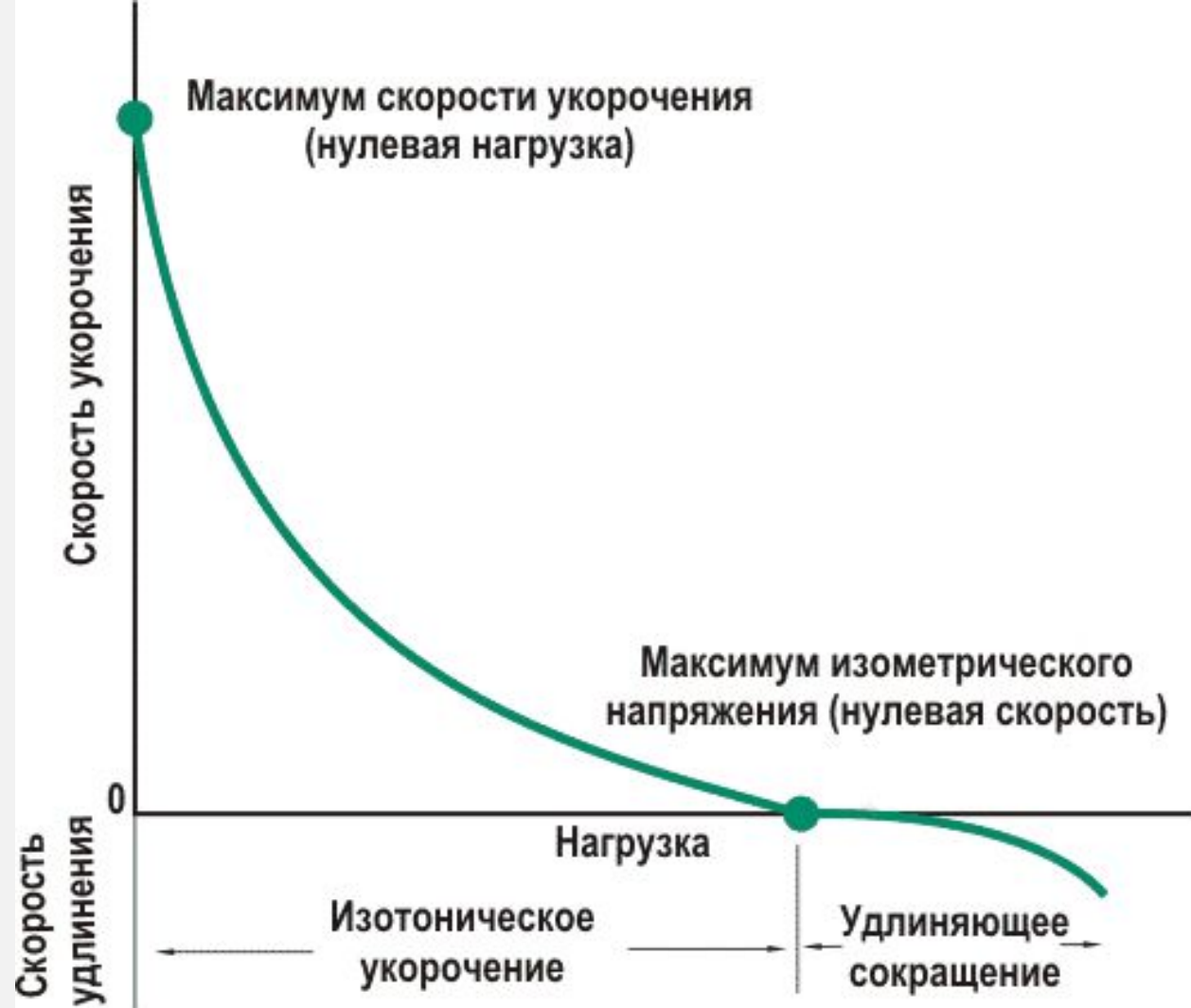


ЗАВИСИМОСТЬ НАПРЯЖЕНИЯ МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА И СТЕПЕНИ ПЕРЕКРЫТИЯ ПРОТОФИБРИЛЛ ОТ ИСХОДНОЙ ДЛИНЫ САРКОМЕРА



УСТАНОВКА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОТОНИЧЕСКОГО СОКРАЩЕНИЯ





Скорость укорочения и удлинения волокна скелетной мышцы в зависимости от нагрузки.

УРАВНЕНИЕ Хилла

$$(p + a)v = b(p_0 - p)$$

$$(p + a)(v + b) = b(p_0 + a)$$

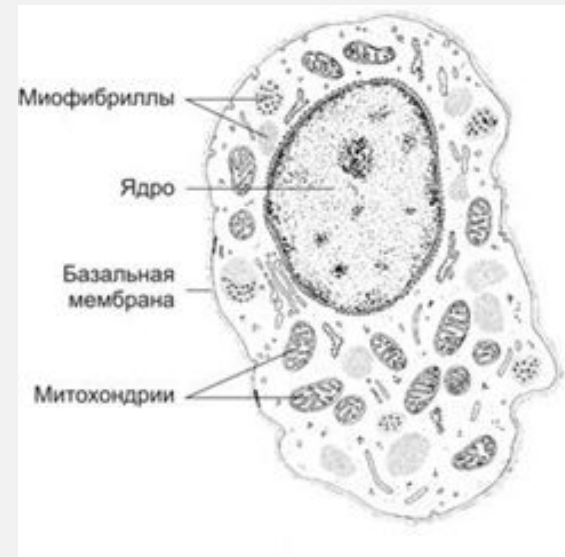
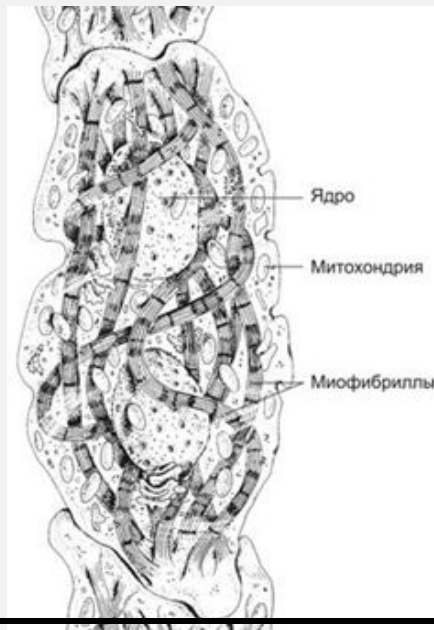
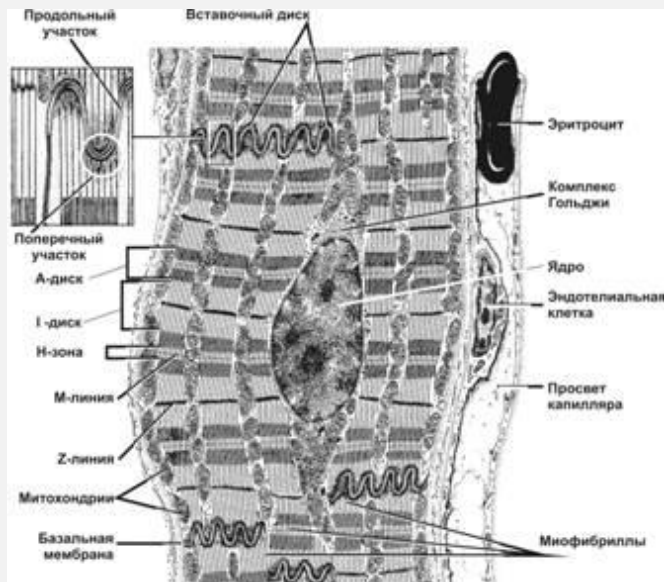
P – нагрузка

P₀ – максимальная нагрузка

V – скорость сокращений

a, b - эмпирические коэффициенты

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИОКАРДА



КАРДИОМИОЦИТЫ
(Поперечно
исчерчены)

D – 12 мкм
V 0.9 – 1 м/с

ФУНКЦИЯ

СОКРАЩЕНИЕ

ВОЛОКНА
ПУРКИНЬЕ

D – 40 мкм
V 3 м/с

ФУНКЦИЯ

ПРОВЕДЕНИЕ
ВОЗБУЖДЕНИЯ

КЛЕТКИ С-А И А-В
УЗЛА

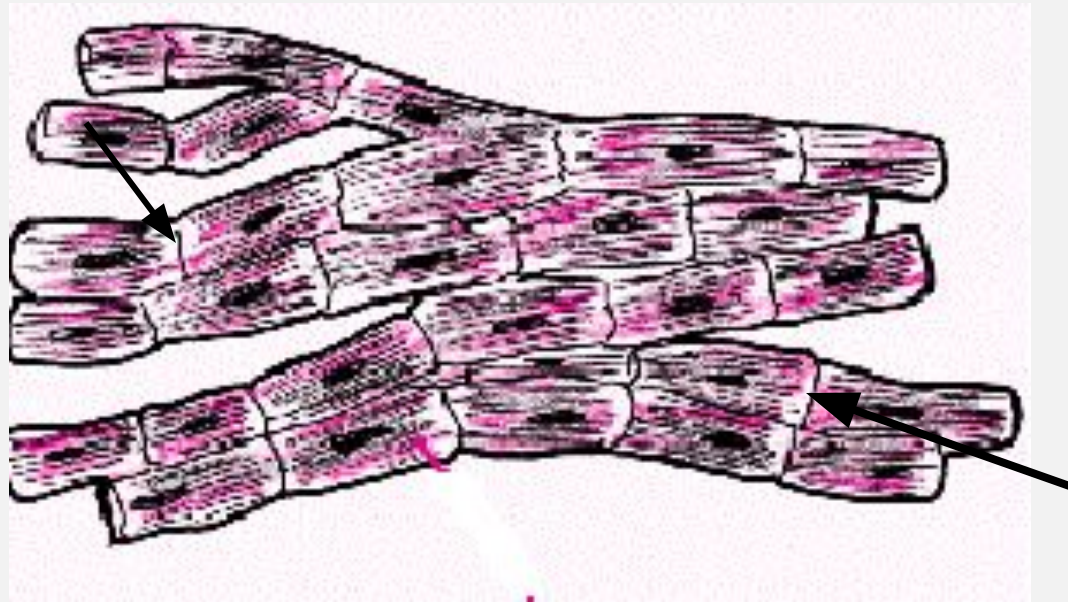
D – 2 – 3 мкм
V 0.05 м/с

ФУНКЦИЯ

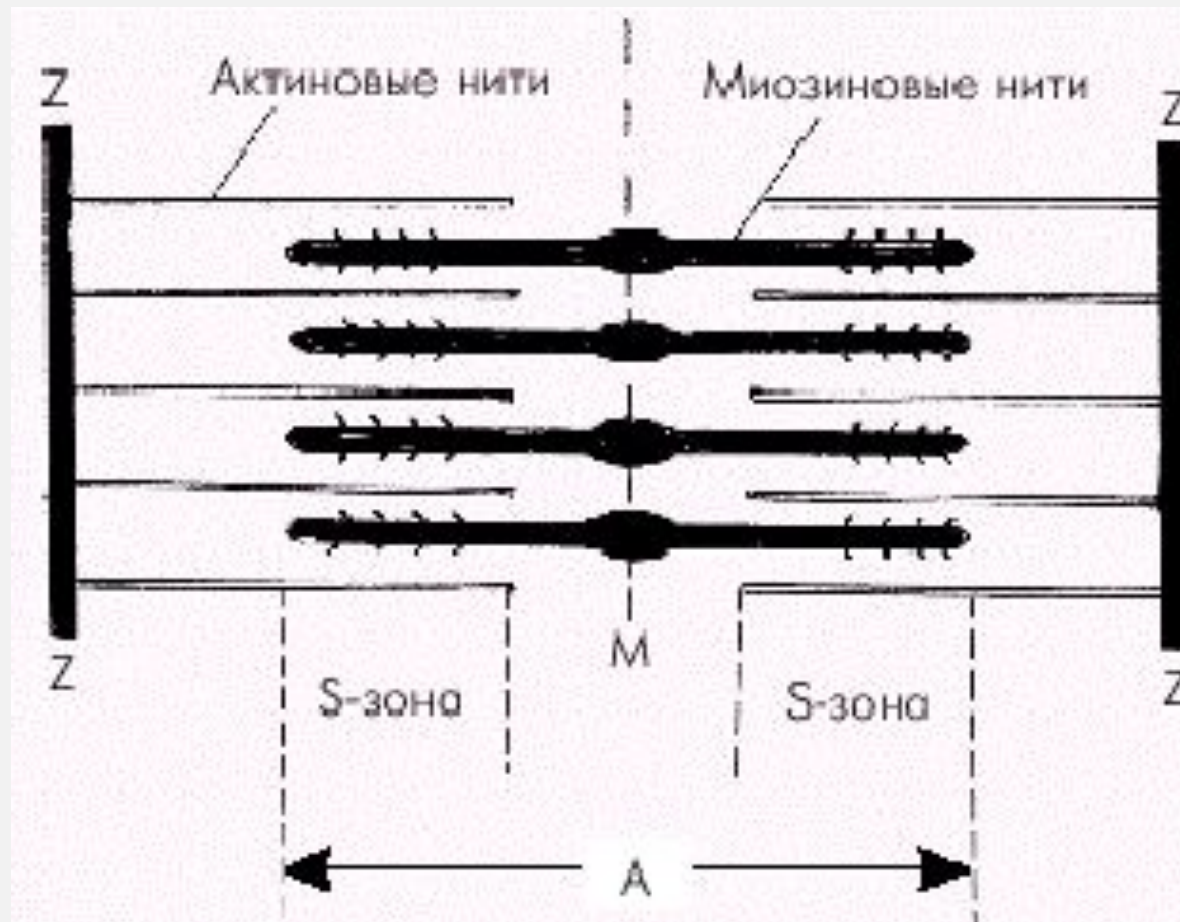
ГЕНЕРАЦИЯ ПД

МИОКАРД – ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СИНЦИТИЙ

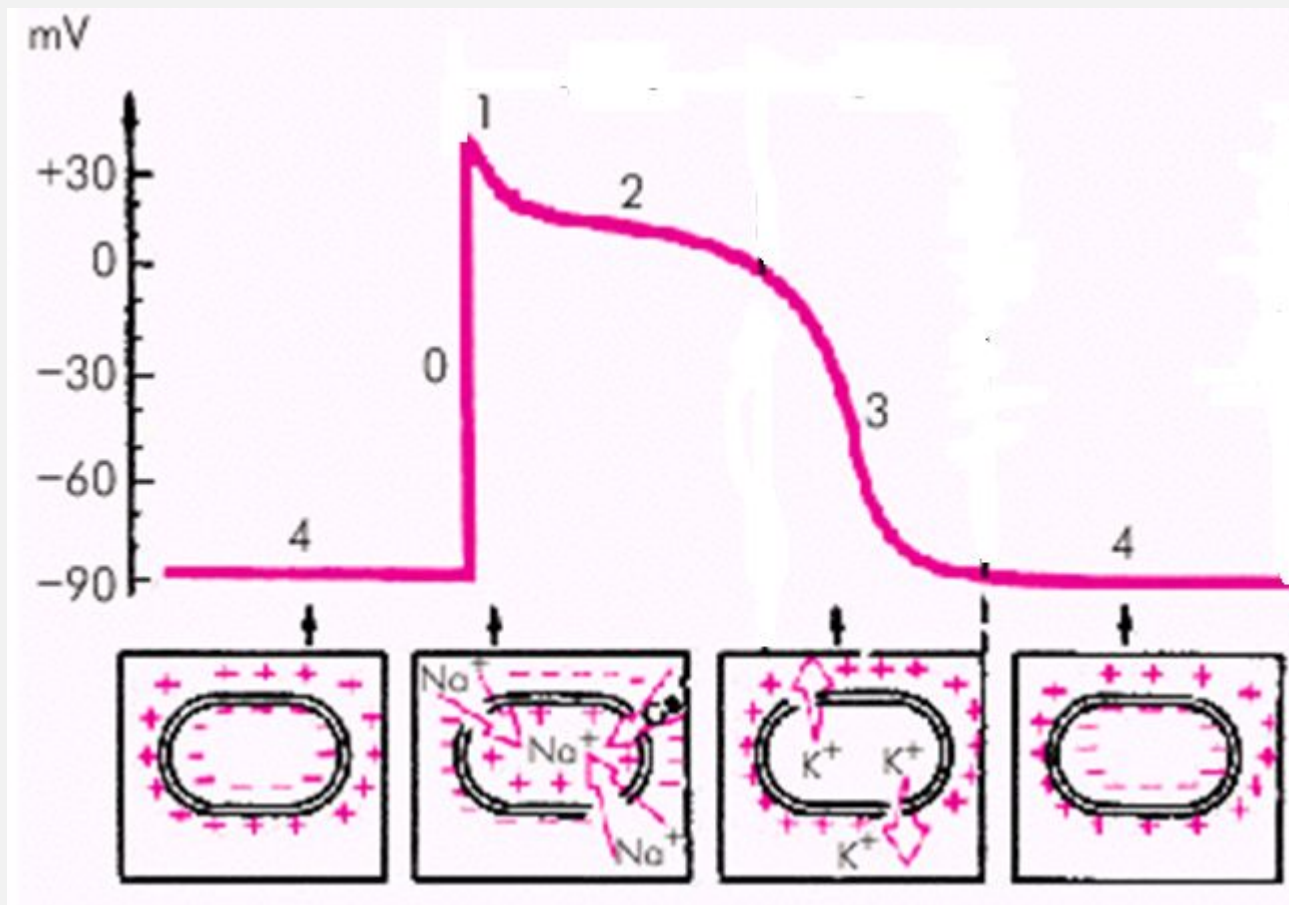
- Миокард является **электрическим**, но не морфологическим синцитием
- Низкое сопротивление в области **нексусов** – **наличие электрического синапса**, имеющего **коннексоны**.



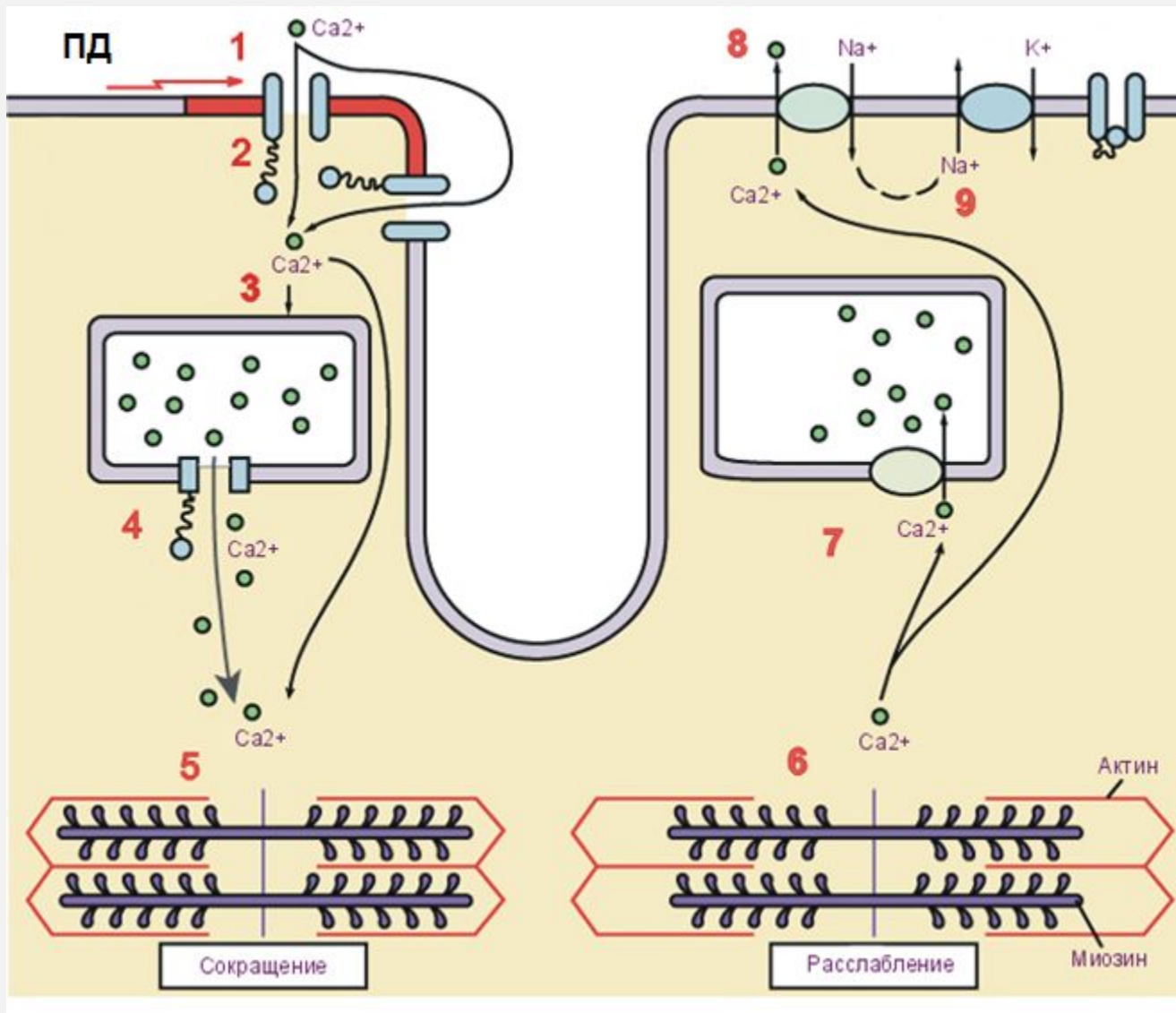
САРКОМЕР КАРДИОМИОЦИТА



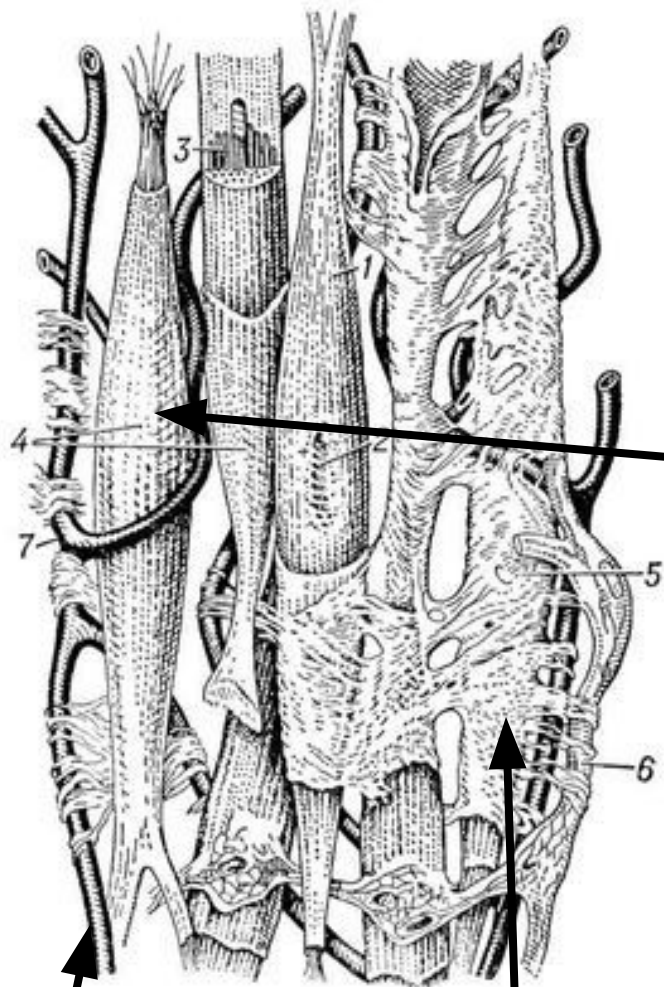
ПД КАРДИОМИОЦИТОВ



ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ СОПРЯЖЕНИЕ В КАРДИОМИОЦИТАХ



ГЛАДКИЕ МЫШЦЫ



ВЕРЕТЕНОВИДНЫЕ КЛЕТКИ, НЕИСЧЕРЧЕННЫЕ, ОБРАЗУЮТ СЛОИ

РАЗМЕРЫ ЗАВИСЯТ ОТ ВИДА И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ КЛЕТОК.

ДЛИНА ОТ 20 ДО 500 МКМ

ДИАМЕТР СРЕДНЕЙ ЧАСТИ ОТ 5 ДО 20 МКМ

КАПИЛЛЯР

СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ
ТКАНЬ

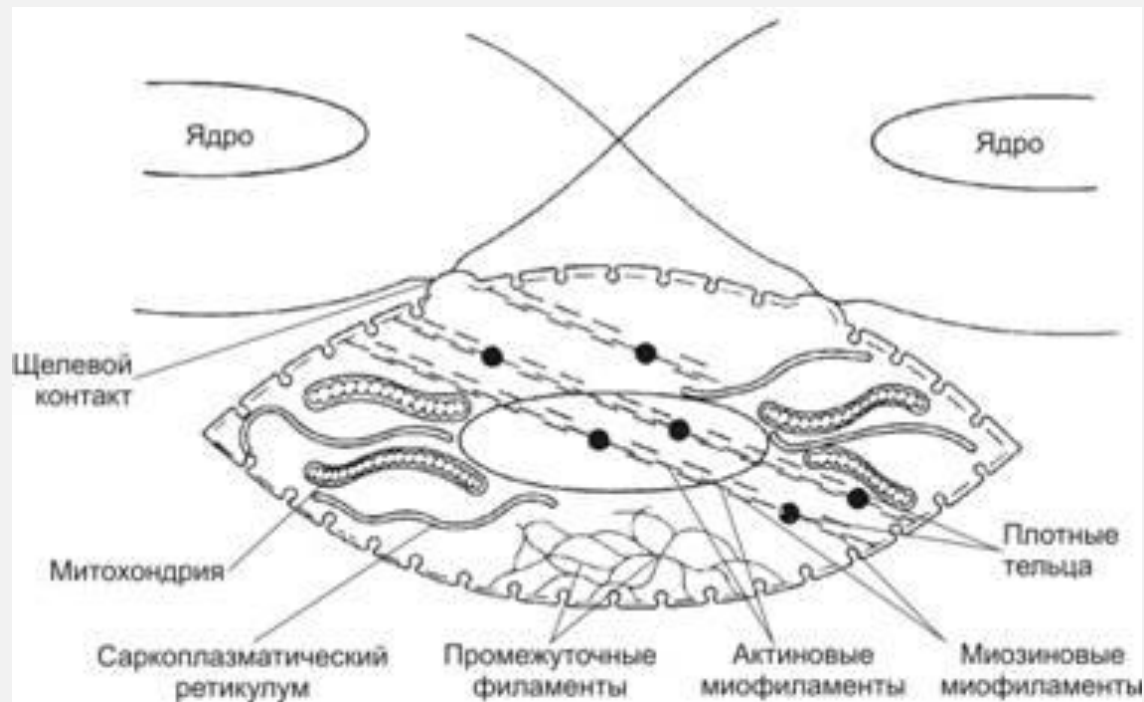
ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ГМК

▣ **САРКОЛЕММА:** ПЛАЗМАТИЧЕСКАЯ МЕМБРАНА + БАЗАЛЬНАЯ МЕМБРАНА + КОЛЛАГЕНОВЫЕ ВОЛОКНА.

▣ **Т-СИСТЕМА** ОТСУТСТВУЕТ

▣ **КАВЕОЛЫ** – КОЛБОВИДНЫЕ ВПЯЧИВАНИЯ МЕМБРАНЫ. **РОЛЬ:** УВЕЛИЧИВАЮТ ПЛОЩАДЬ ПОВЕРХНОСТИ, КОНТРОЛИРУЮТ ОБЪЕМ КЛЕТОК.





Сократительный аппарат гладкомышечной клетки.

Плотные тельца – аналоги Z-линий поперечнополосатой мышцы.

Актиновые нити прикреплены к плотным тельцам, **миозиновые миофиламенты** формируются при сокращении