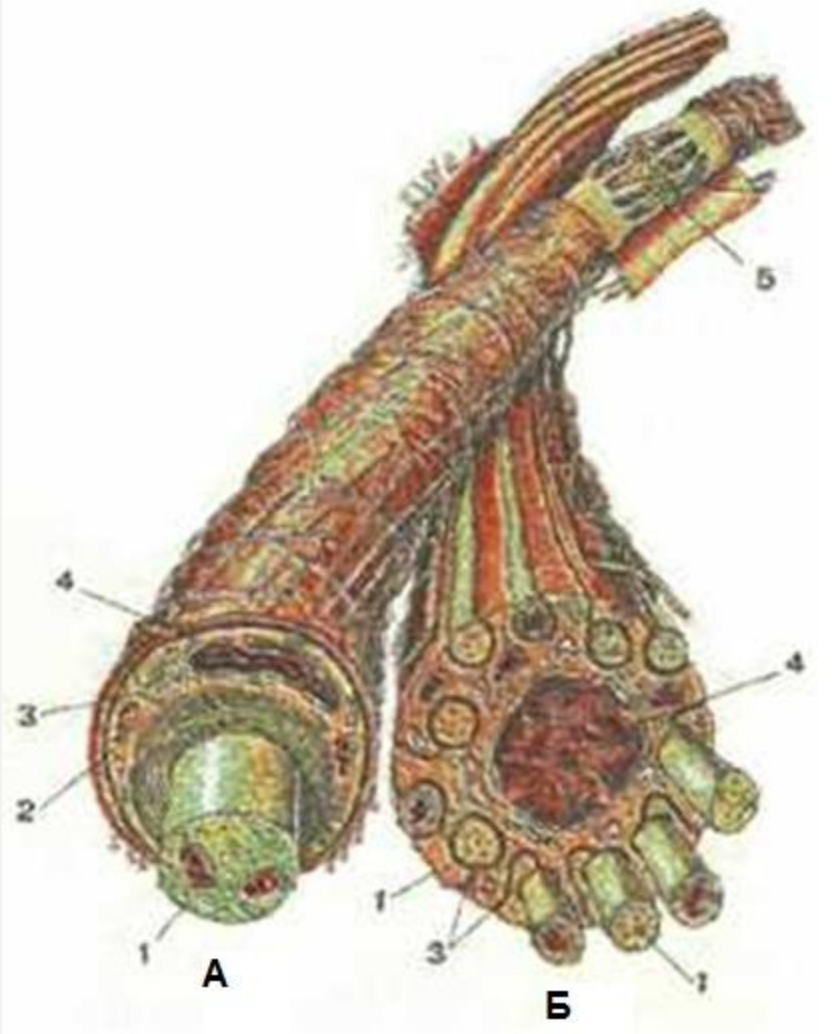


# **ПРОВЕДЕНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ**

## 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).

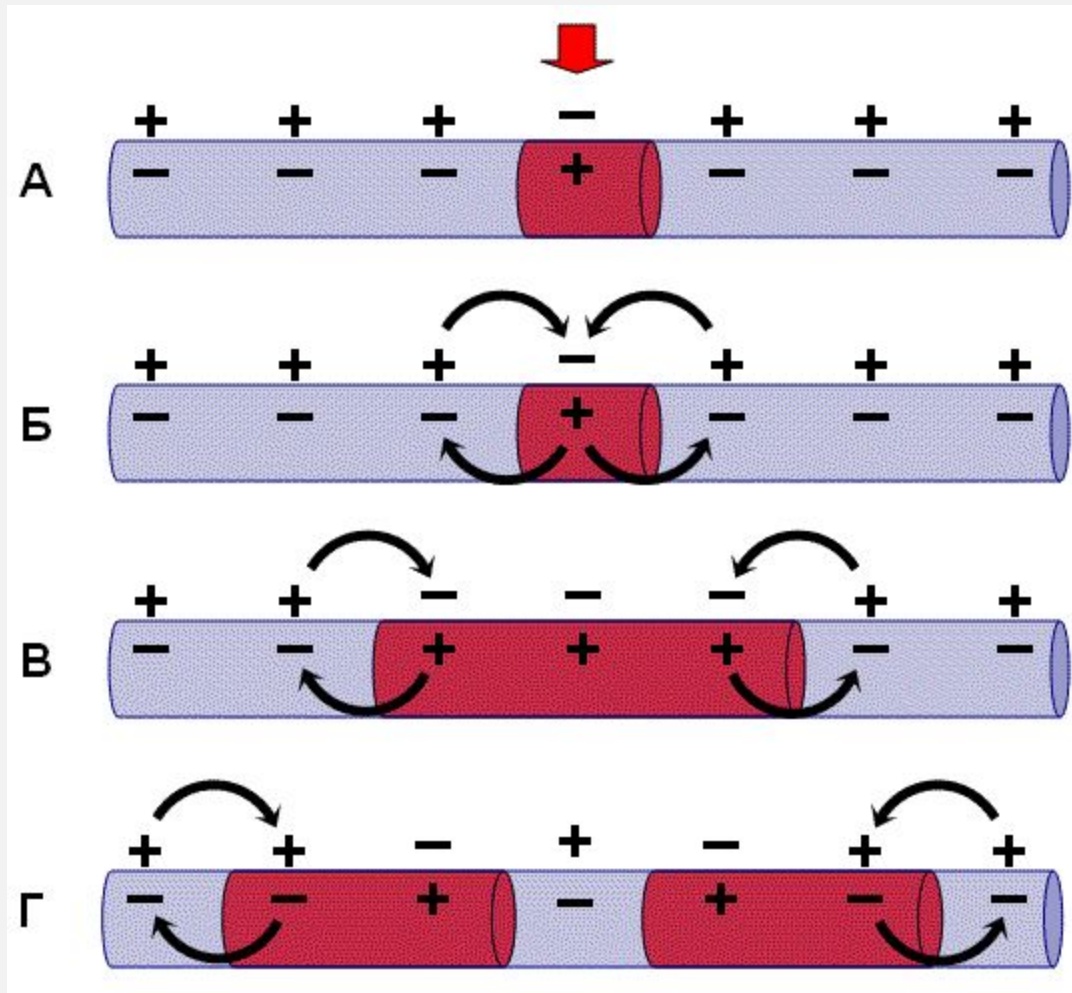


*Электрические  
миелина*

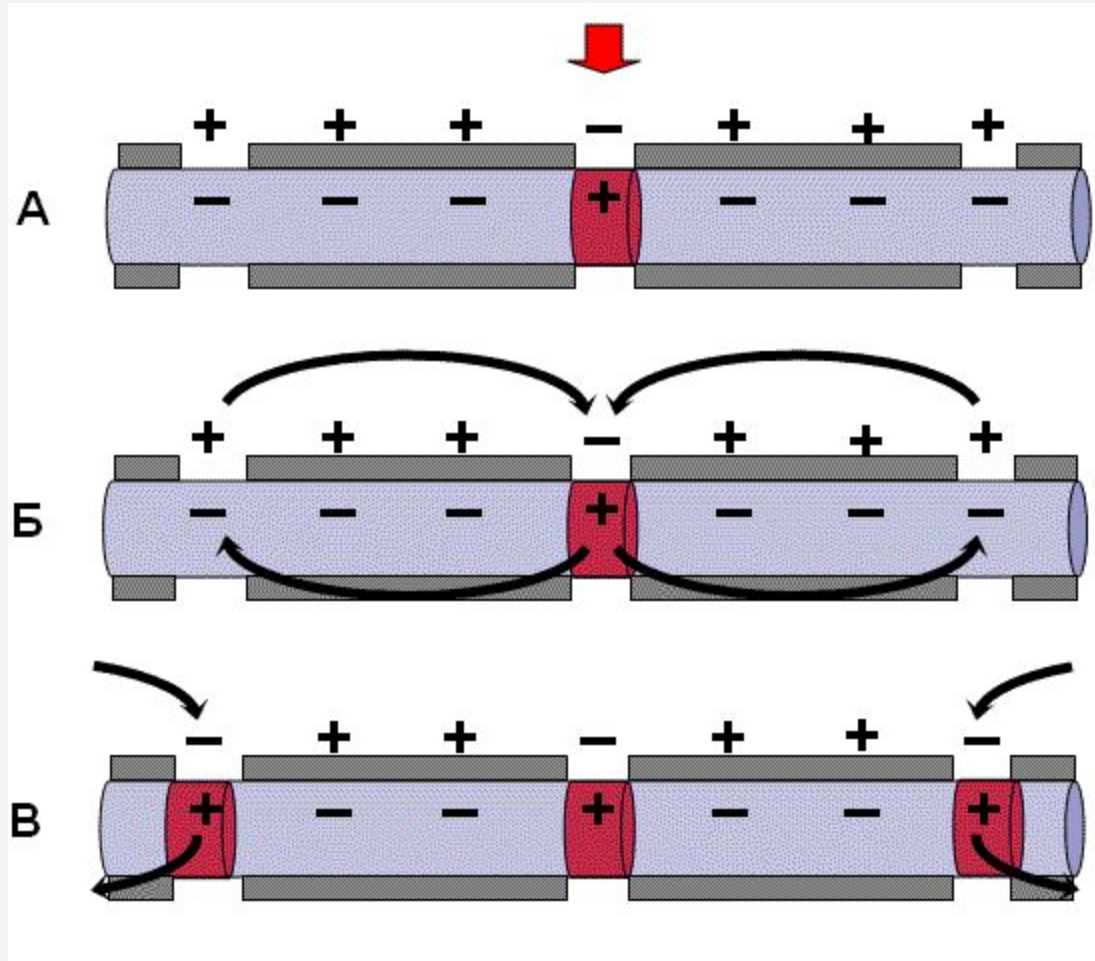
*характеристики*

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

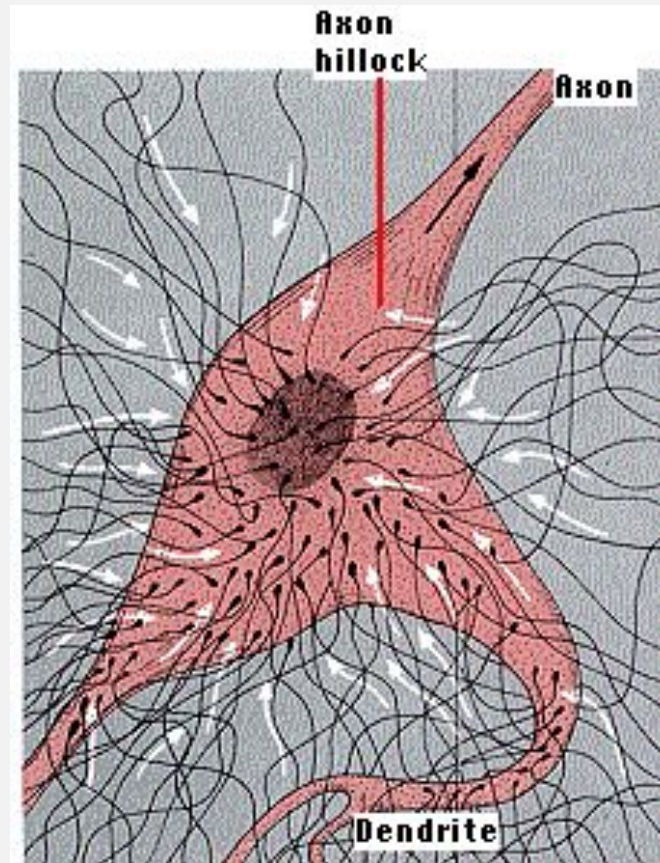
# Механизм распространения возбуждения по безмиелиновому нервному волокну



# 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

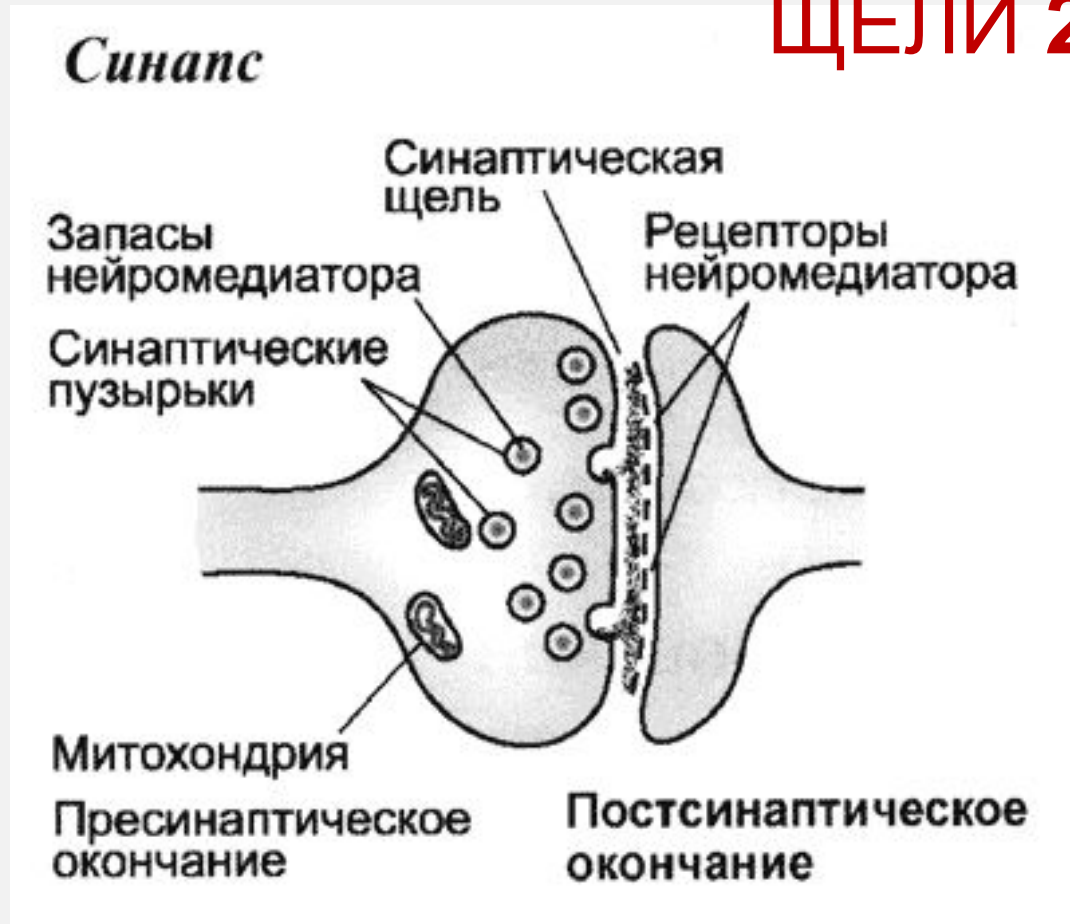
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭФФЕКТА:

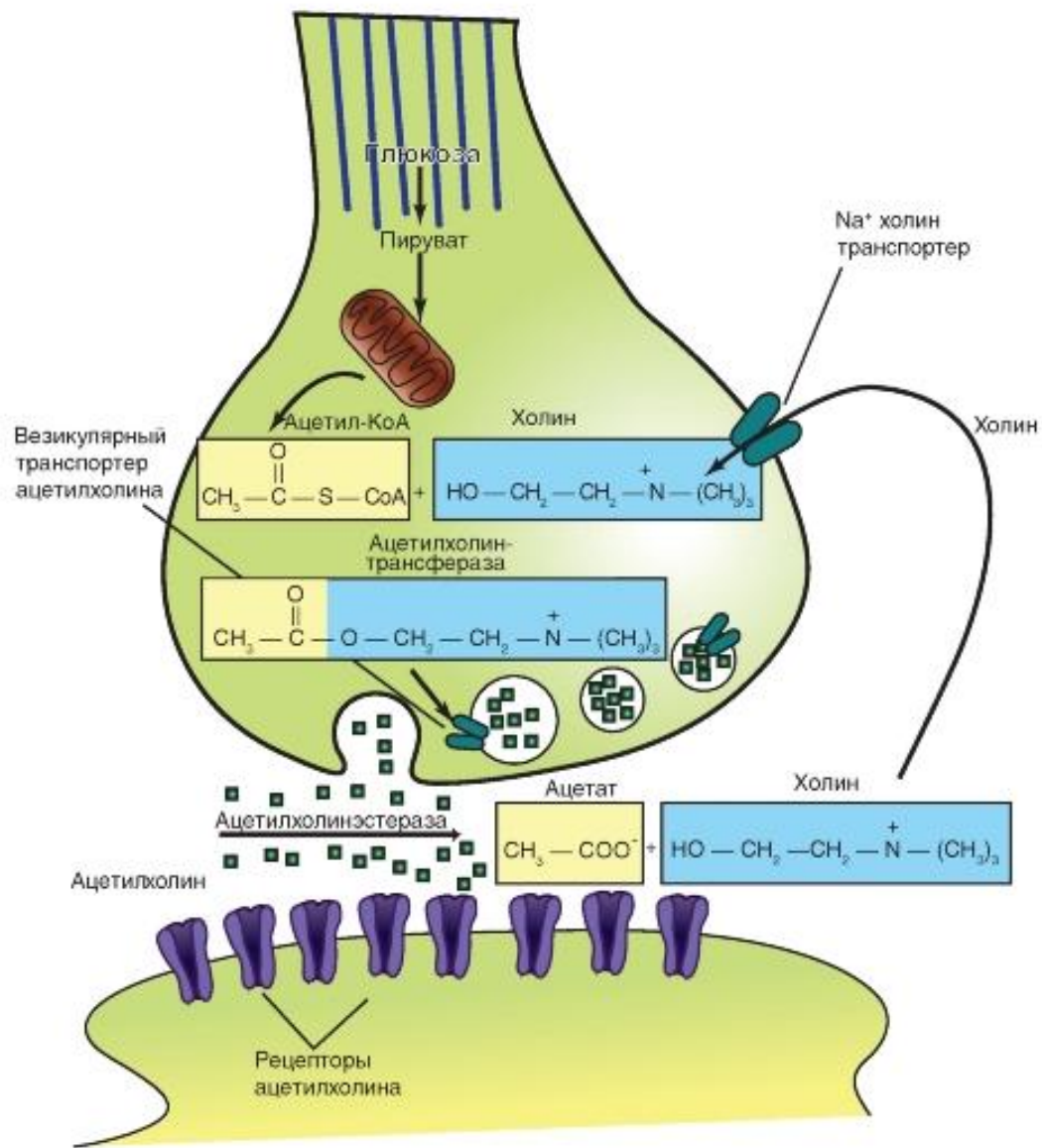
□ Возбуждающие

□ 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

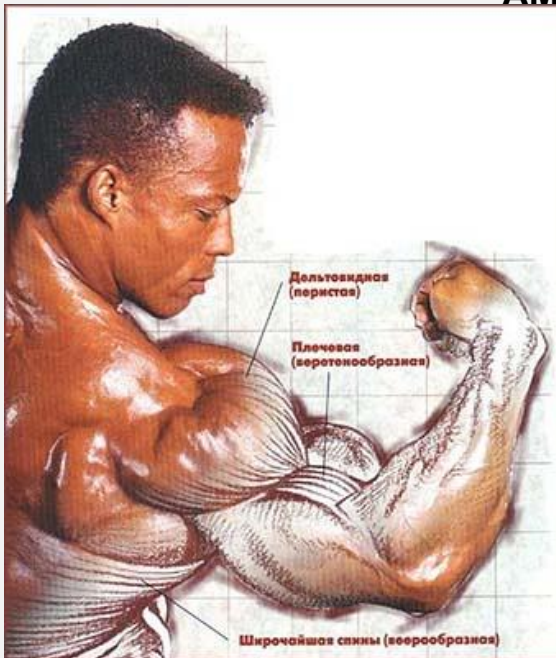
СОКРАЩЕНИЯ МЫШЦ РАЗНОГО ТИПА

## НЕМЫШЕЧНАЯ

ДВИЖЕНИЕ ЖГУТИКОВ БАКТЕРИЙ

АМЕБОИДНОЕ ДВИЖЕНИЕ

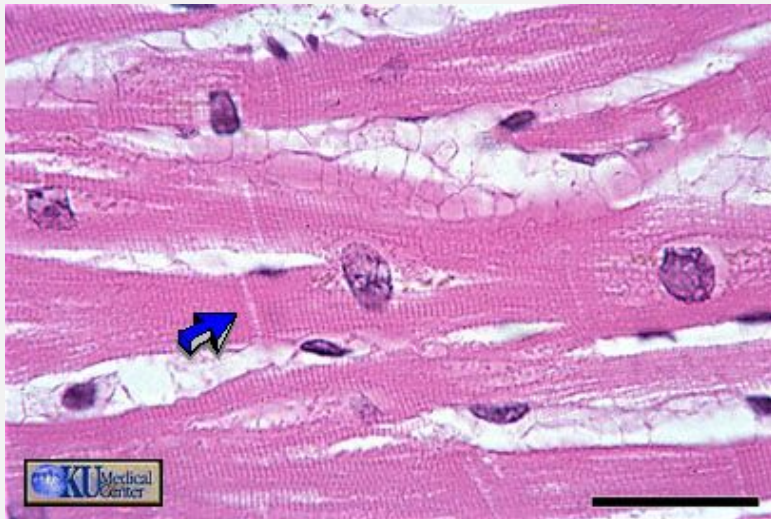
ДВИЖЕНИЕ ЦИТОПЛАЗМЫ КЛЕТОК  
СОКРАЩЕНИЕ ХВОСТОВОГО ЧЕХЛА  
ДВИЖЕНИЕ БАКТЕРИОФАГА



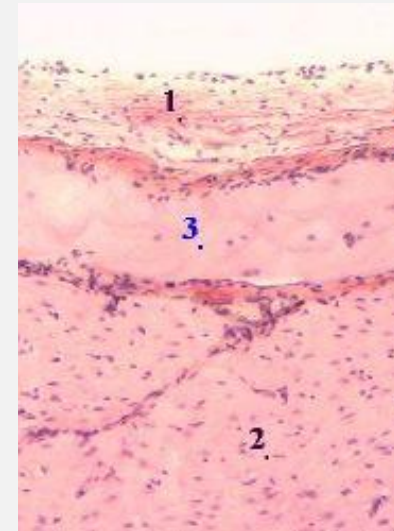
# МЫШЕЧНАЯ ТКАНЬ

## ИСЧЕРЧЕННАЯ

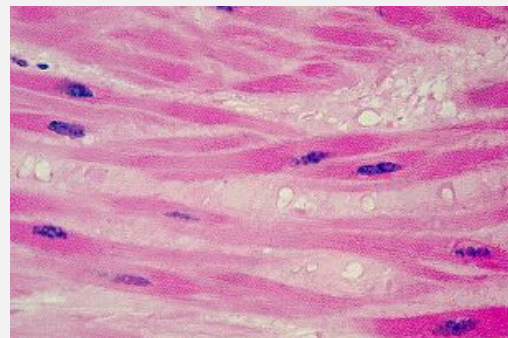
### СКЕЛЕТНАЯ



### РАБОЧИЙ МИОКАРД



## НЕИСЧЕРЧЕННАЯ (ГЛАДКАЯ)



# ФУНКЦИИ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ:

**ПОДДЕРЖАНИЕ  
ПОЗЫ**

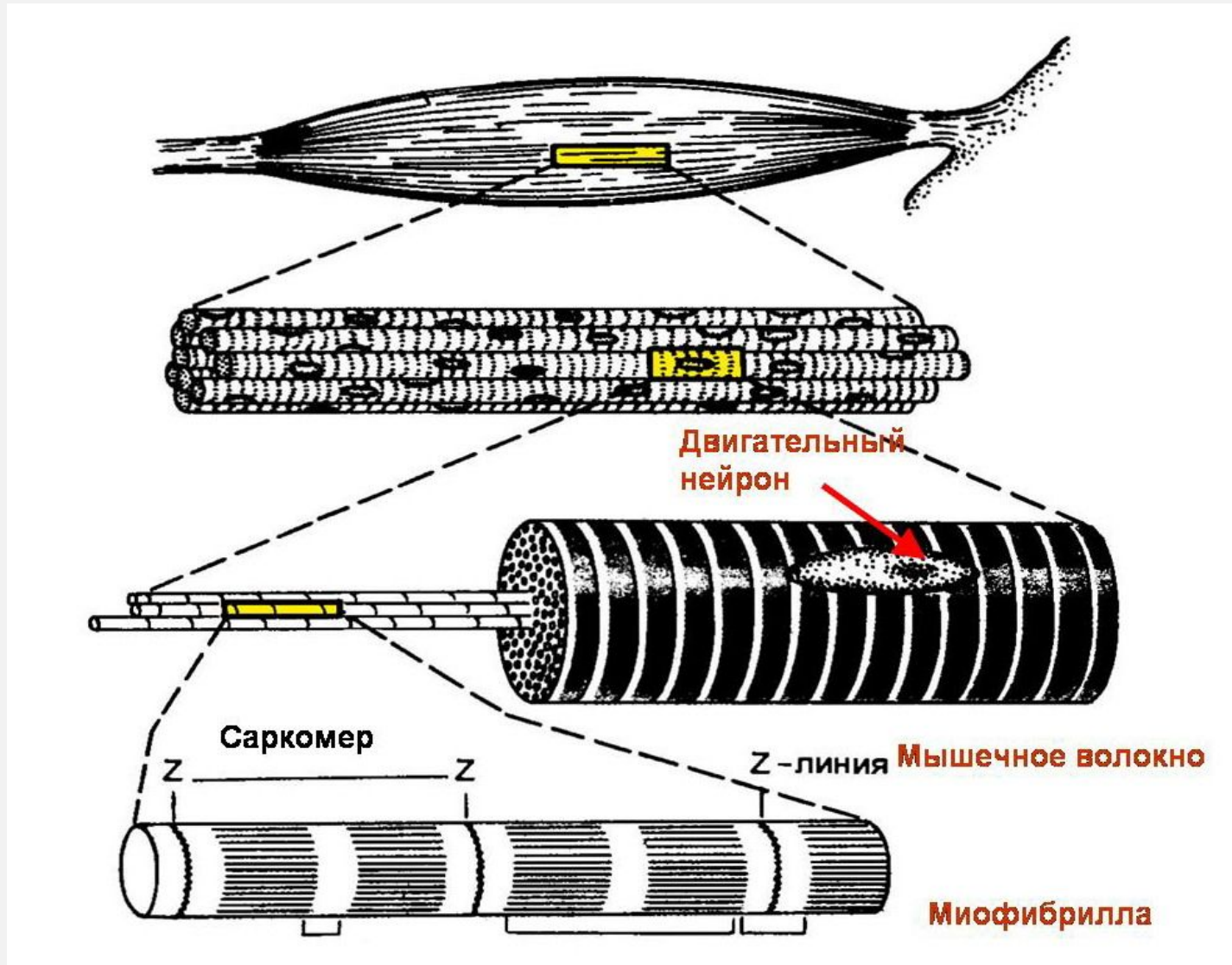


**ДВИЖЕНИЕ  
ЧАСТЕЙ ТЕЛА  
ОТНОСИТЕЛЬНО  
ДРУГ ДРУГА**

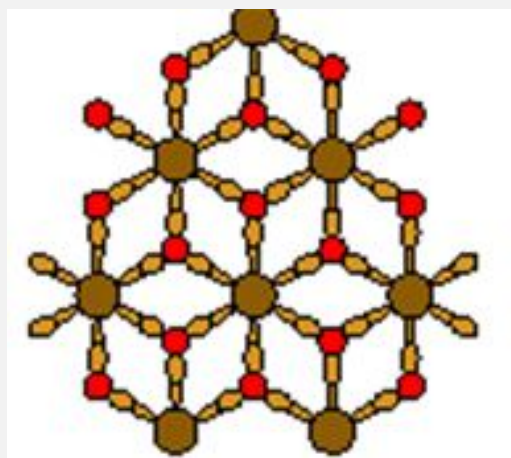
**ПЕРЕМЕЩЕНИЕ  
ТЕЛА В  
ПРОСТРАНСТВЕ**



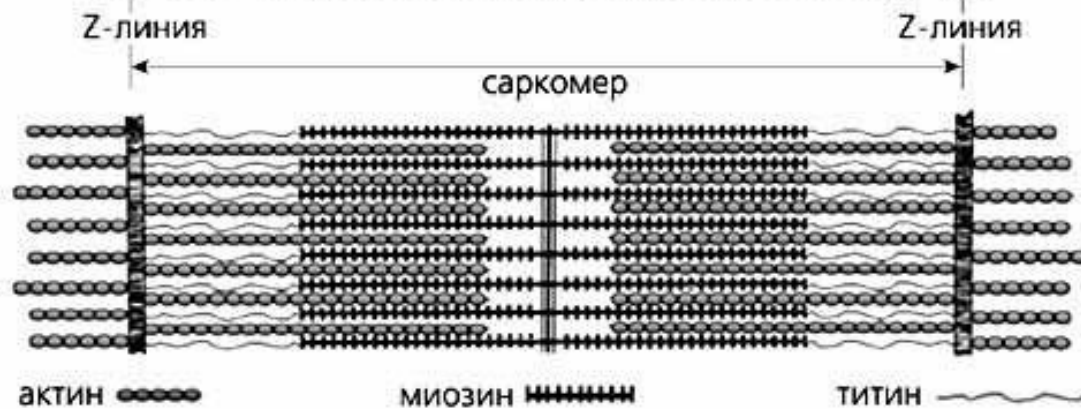
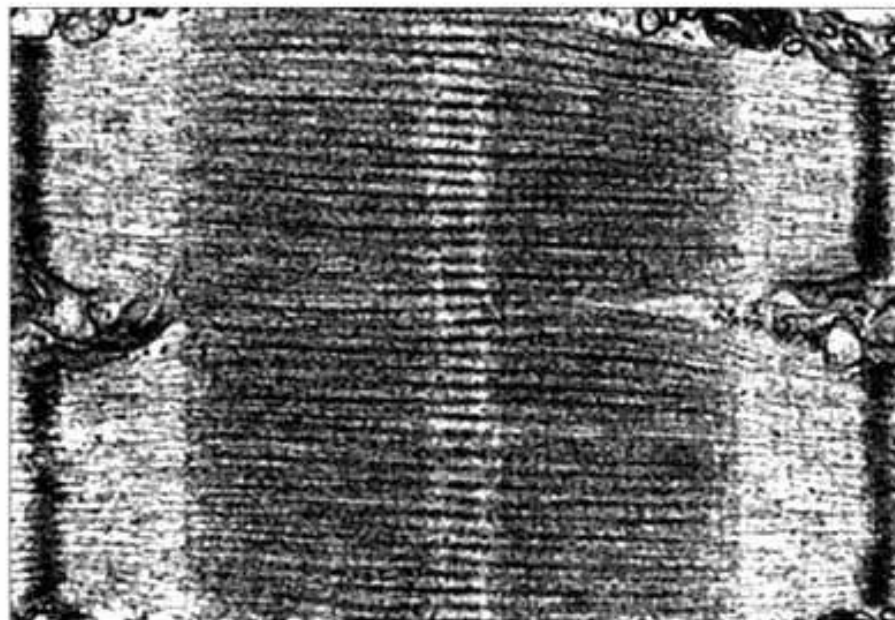
# ОРГАНИЗАЦИЯ МЫШЦ ПОЗВОНОЧНЫХ



# 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["β-АКТИНИН"]; D --- D4[ДЕСМИН]; D --- D5[МИОМЕЗИН]; D --- D6[ФИЛАМИН];
```

## СОКРАТИТЕЛЬНЫЕ

МИОЗИН

АКТИН

## РЕГУЛЯТОРНЫЕ

ТРОПОНИН

ТРОПОМИОЗИН

## ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПРАВИЛЬНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ СОКРАТИТЕЛЬНЫХ БЕЛКОВ

ТАЙТИН

α-АКТИНИН

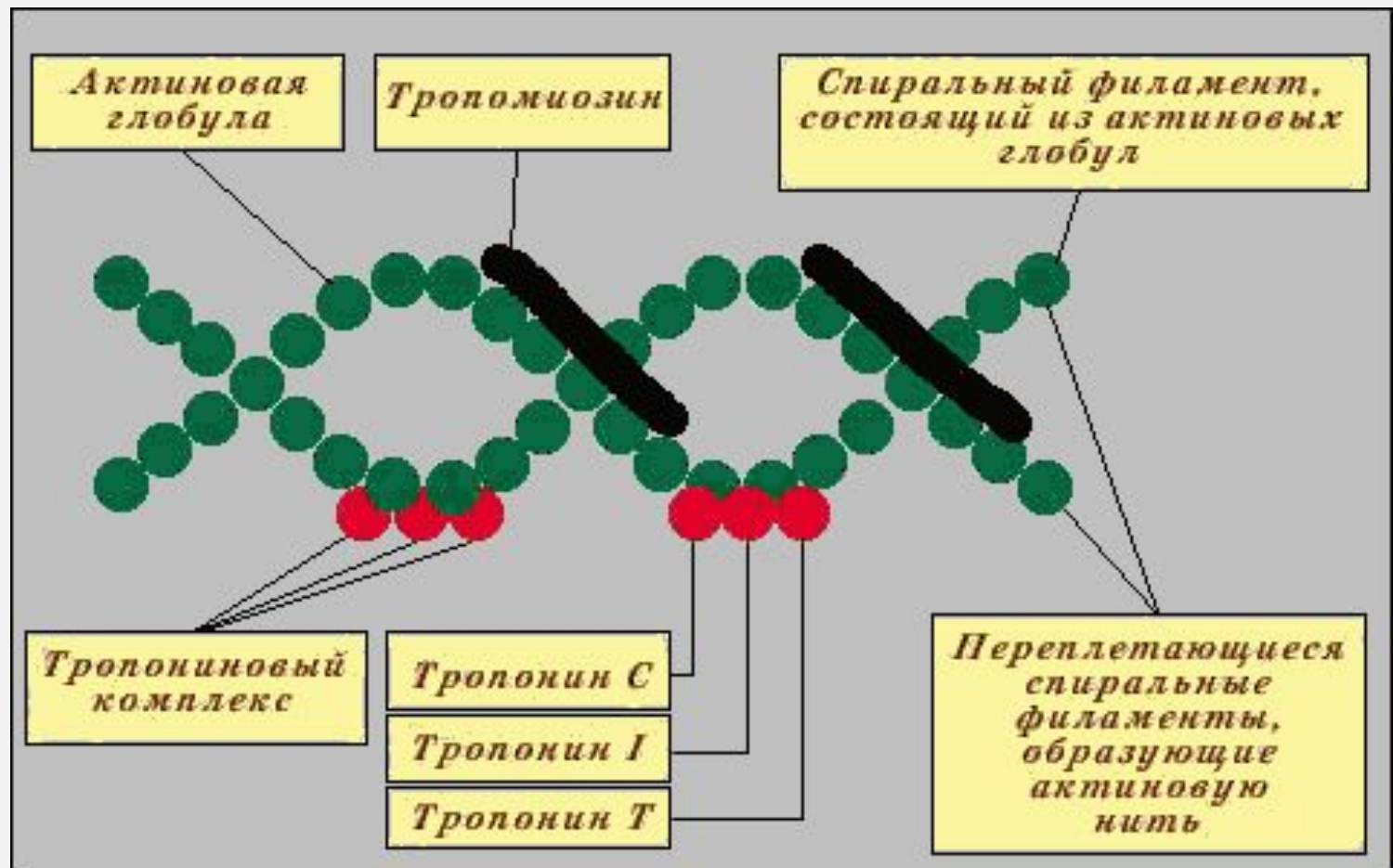
ДЕСМИН

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

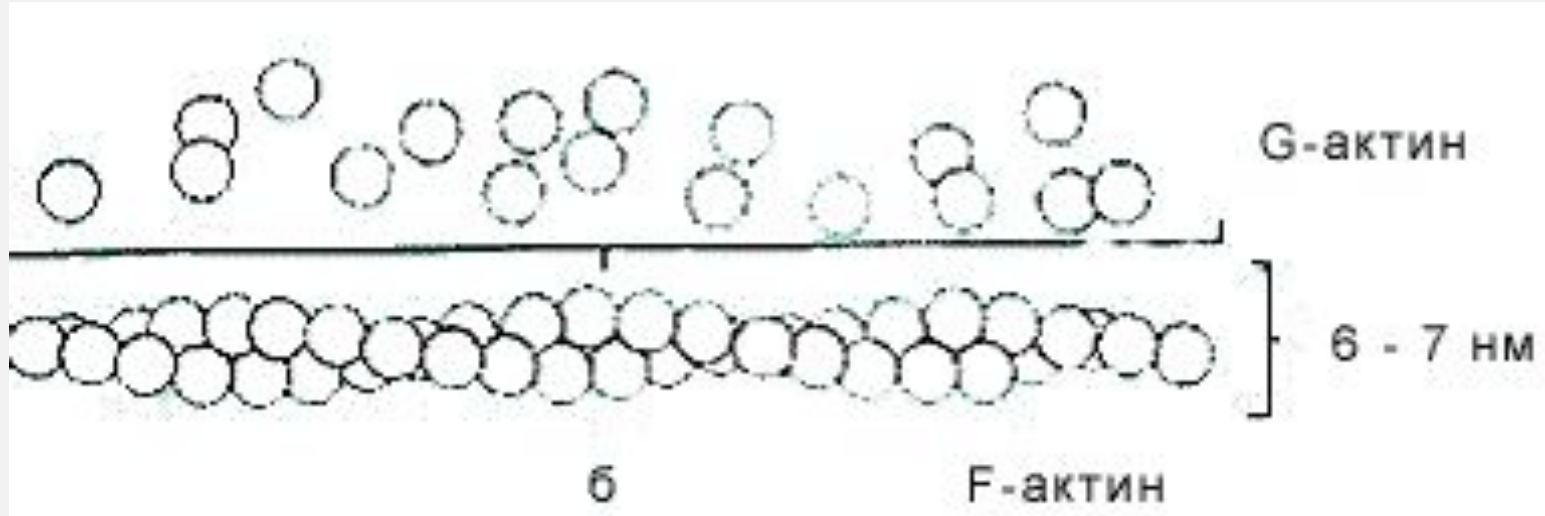
Тяжелый  
меромиозин  
(«головка»)

Легкий меромиозин  
(«хвост»)

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



# **АКТИН** образует тонкие нити



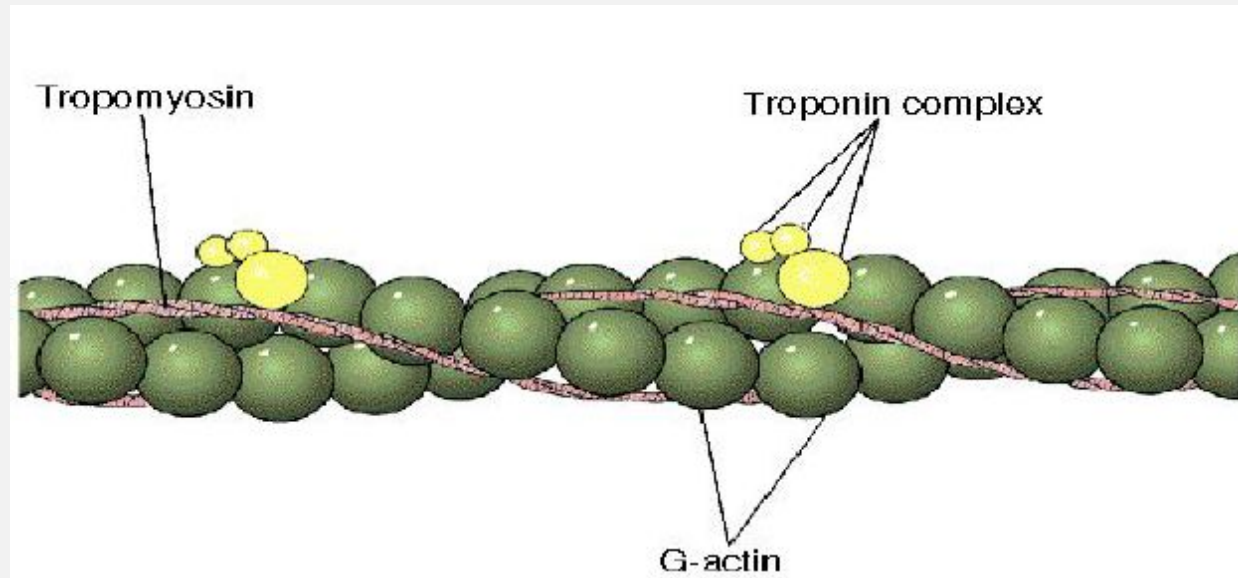
НА ОДНОМ ВИТКЕ СПИРАЛИ  
УКЛАДЫВАЕТСЯ **13 МОНОМЕРОВ** АКТИНА

# РЕГУЛЯТОРНЫЕ БЕЛКИ



## ТРОПОМИОЗИН

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



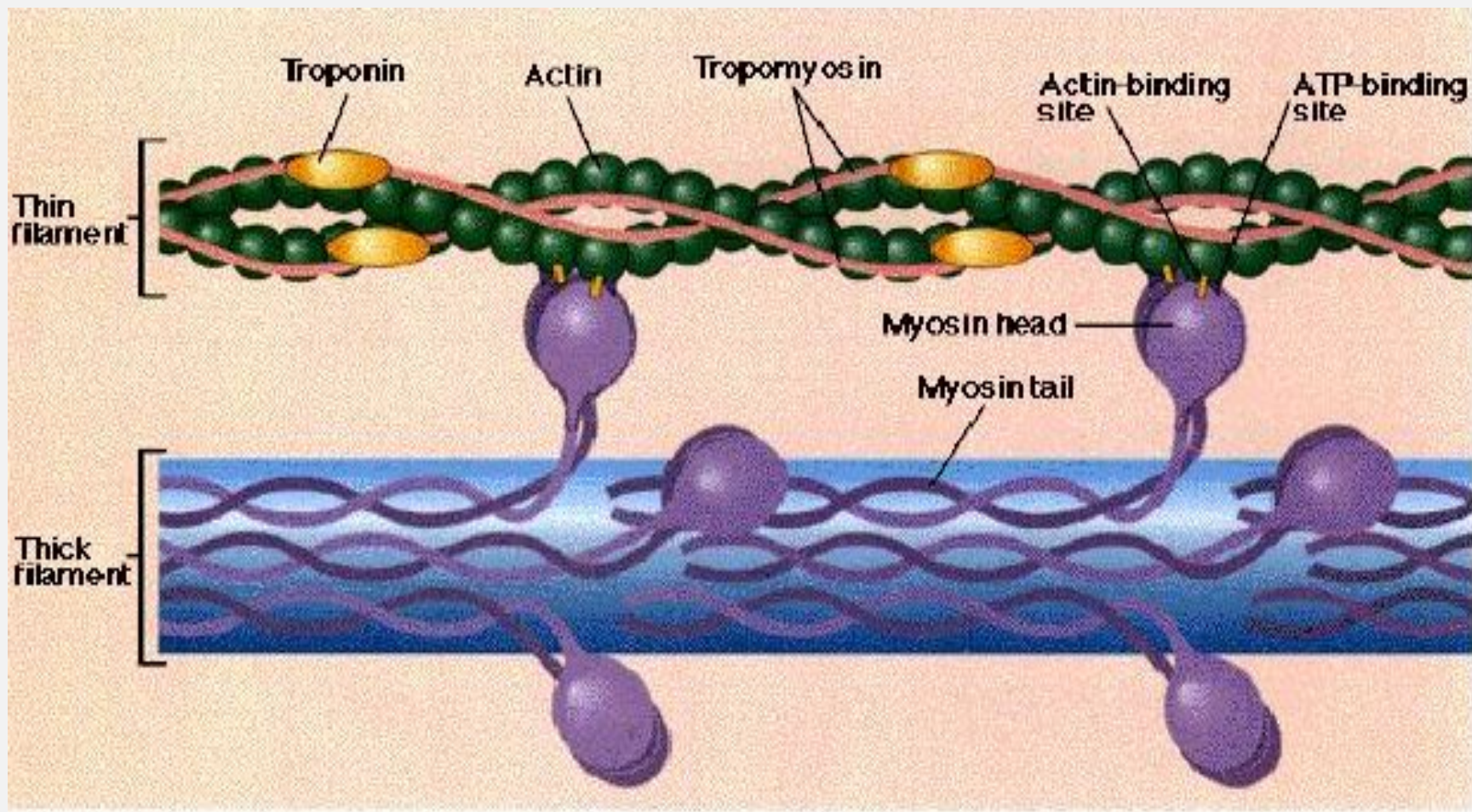
## КОМПЛЕКС ТРОПОНИНА

**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

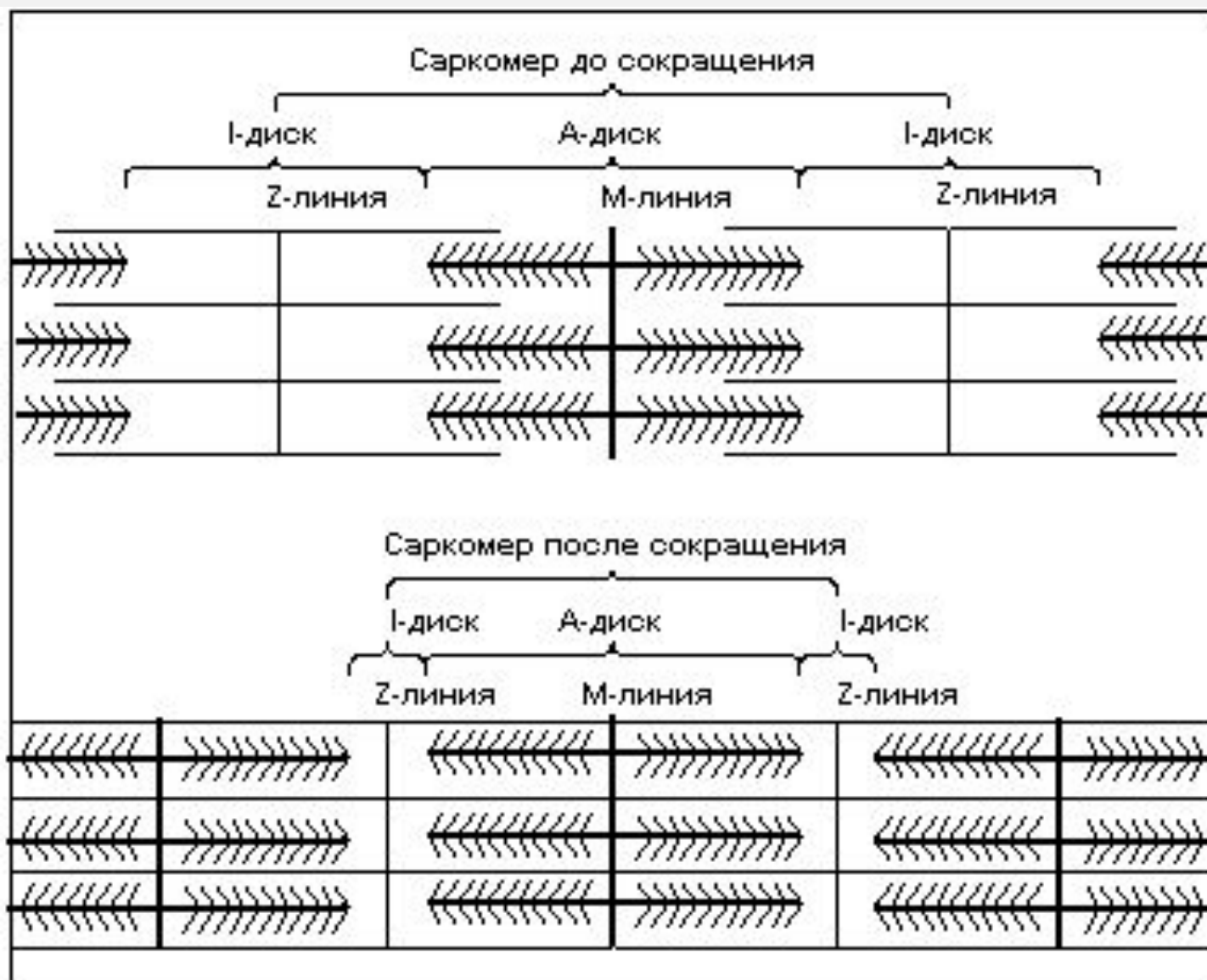
# МЕХАНИЗМ МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ

# Доказательства теории скользящих нитей

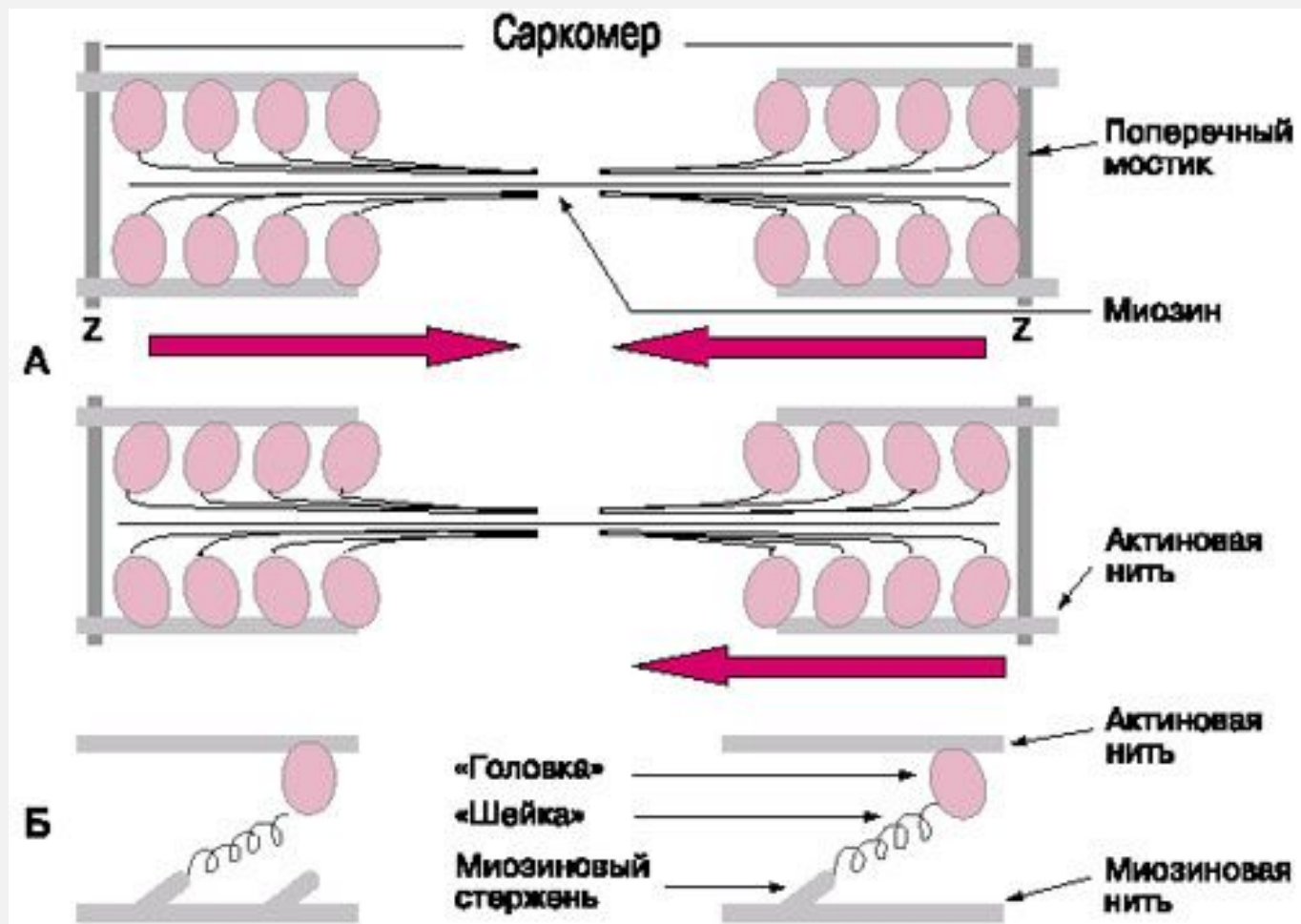
*□ ПРИ СОКРАЩЕНИИ МЫШЦЫ ДЛИНЫ ТОЛСТЫХ И ТОНКИХ НИТЕЙ НЕ ИЗМЕНЯЮТСЯ*

*□ 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*



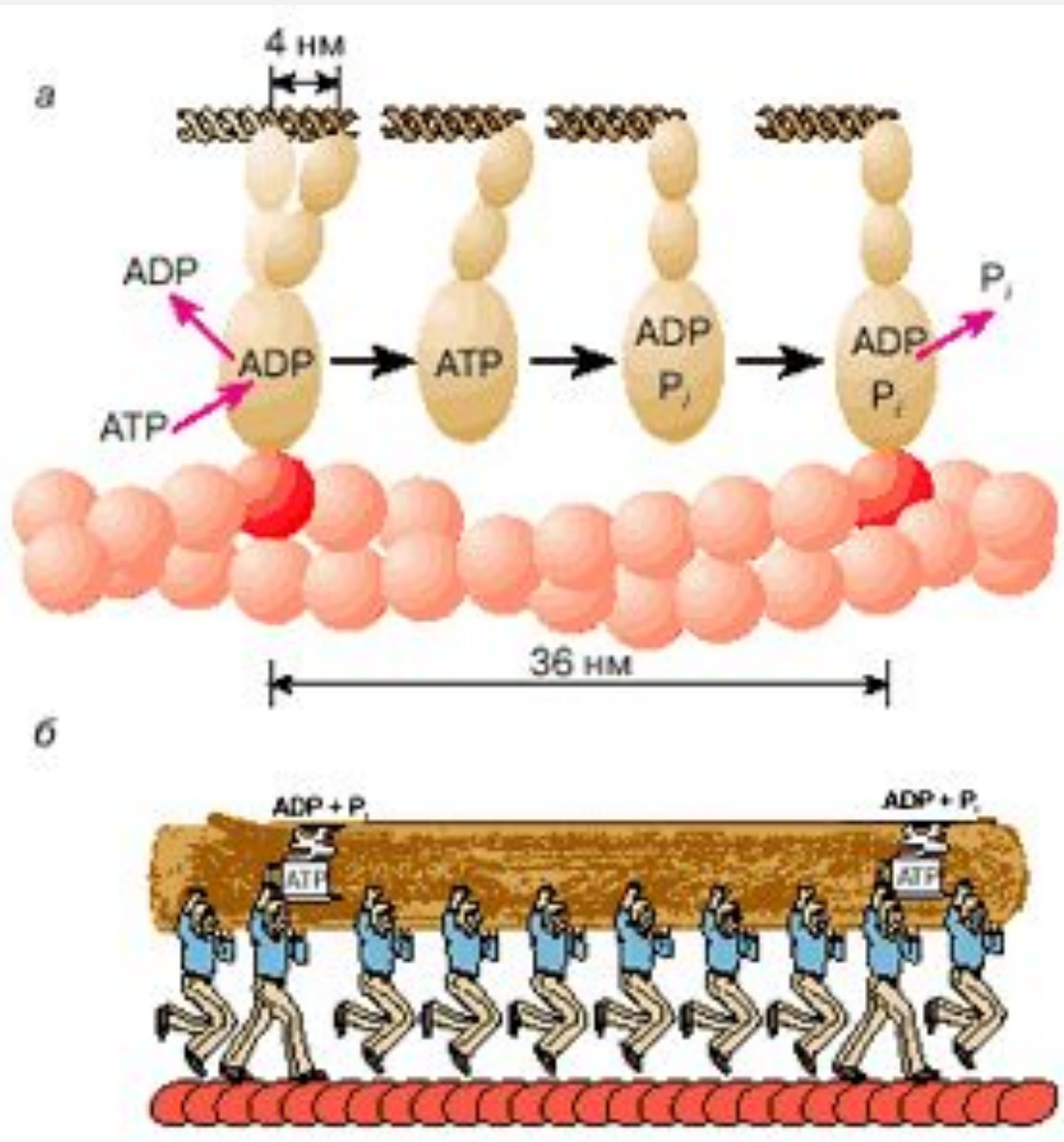
# ТЕОРИЯ СКОЛЬЗЯЩИХ НИТЕЙ



# 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 ( $P_i$ ).

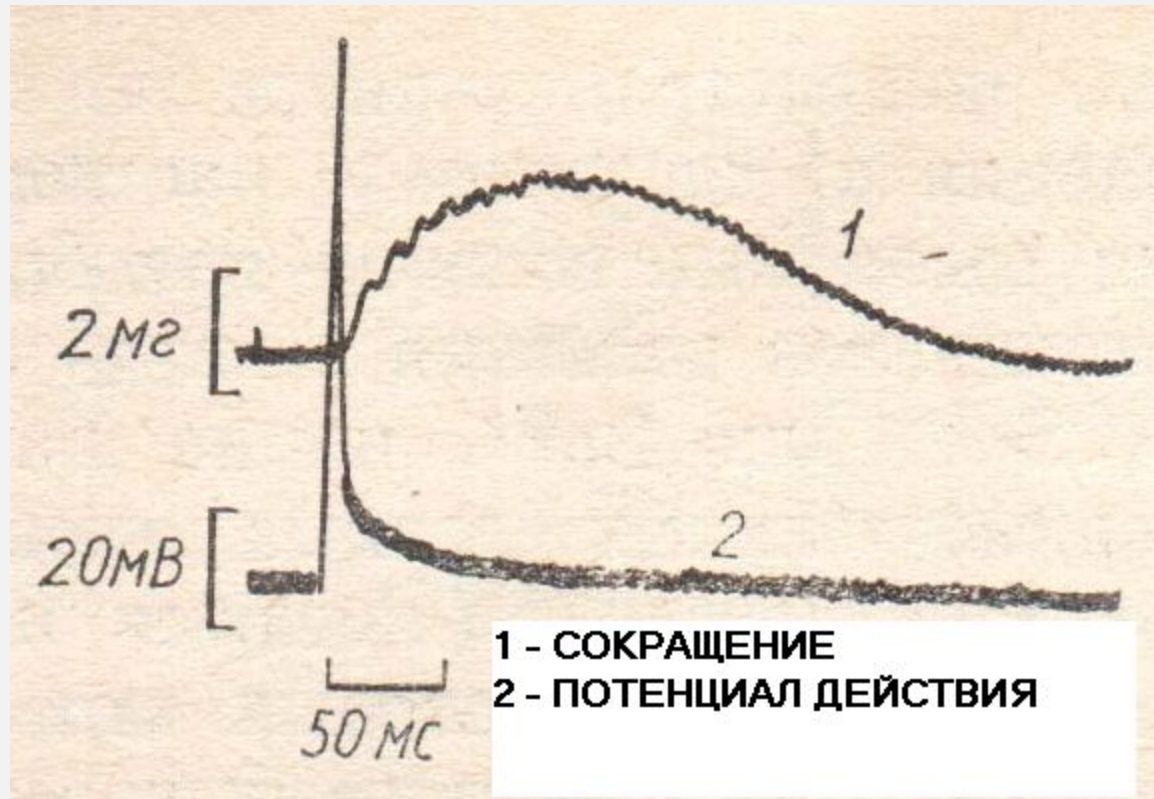
**1939 год** **В.А. Энгельгардт** и **М.Н. Любимова** открыли АТФазную активность миозина,

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



# ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ СОПРЯЖЕНИЕ В СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦАХ



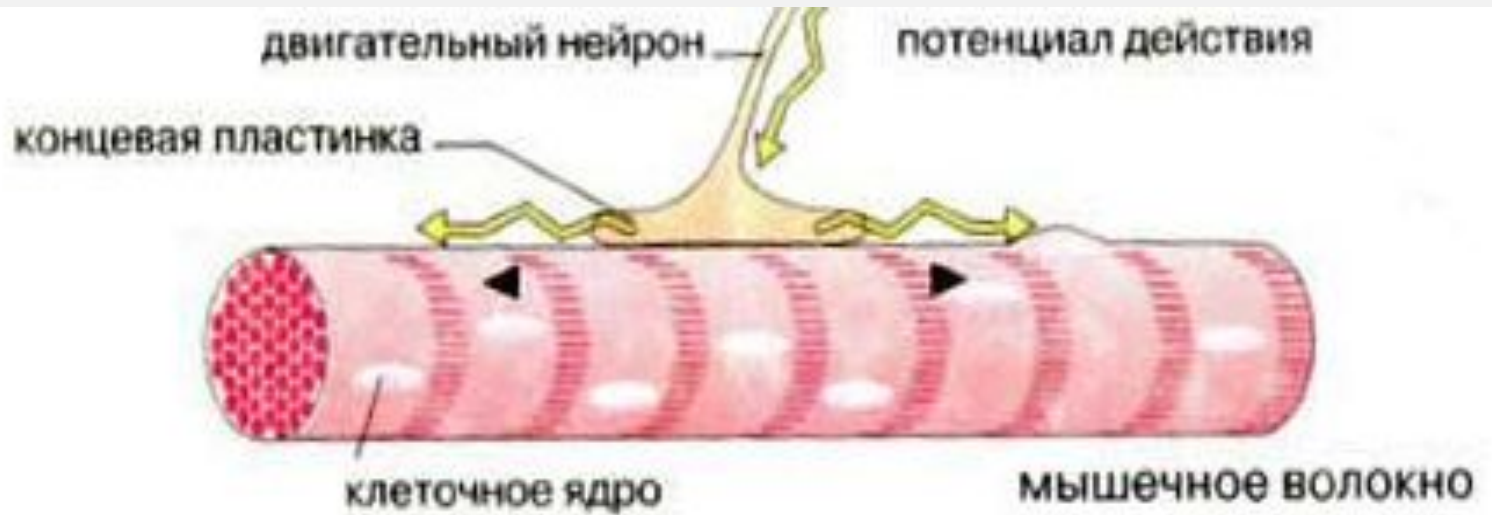


**ПП** МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА –80 –90 мВ

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

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ – 3 – 5 мс

# ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЕ СОПРЯЖЕНИЕ

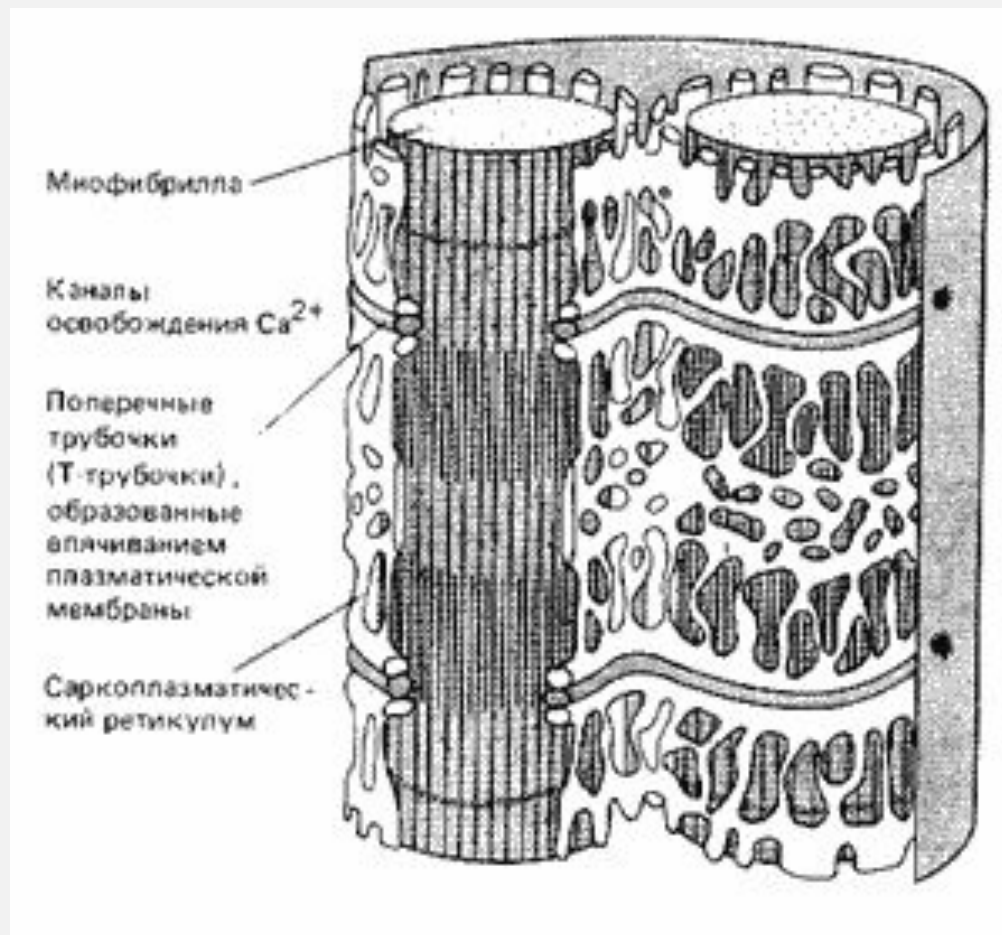


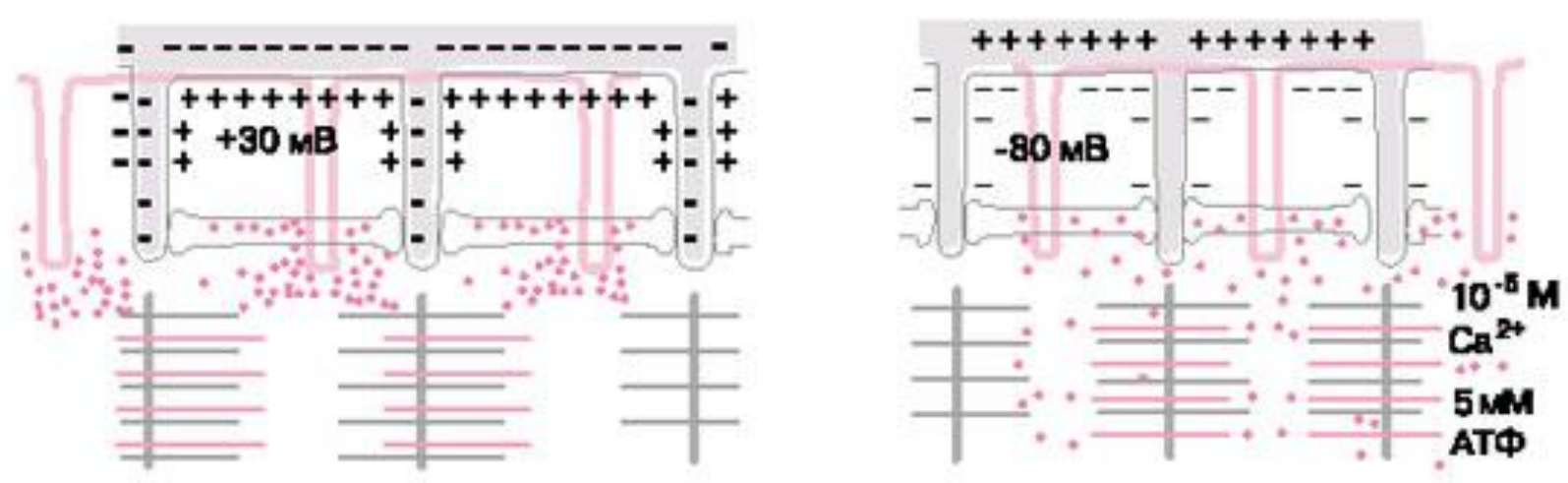
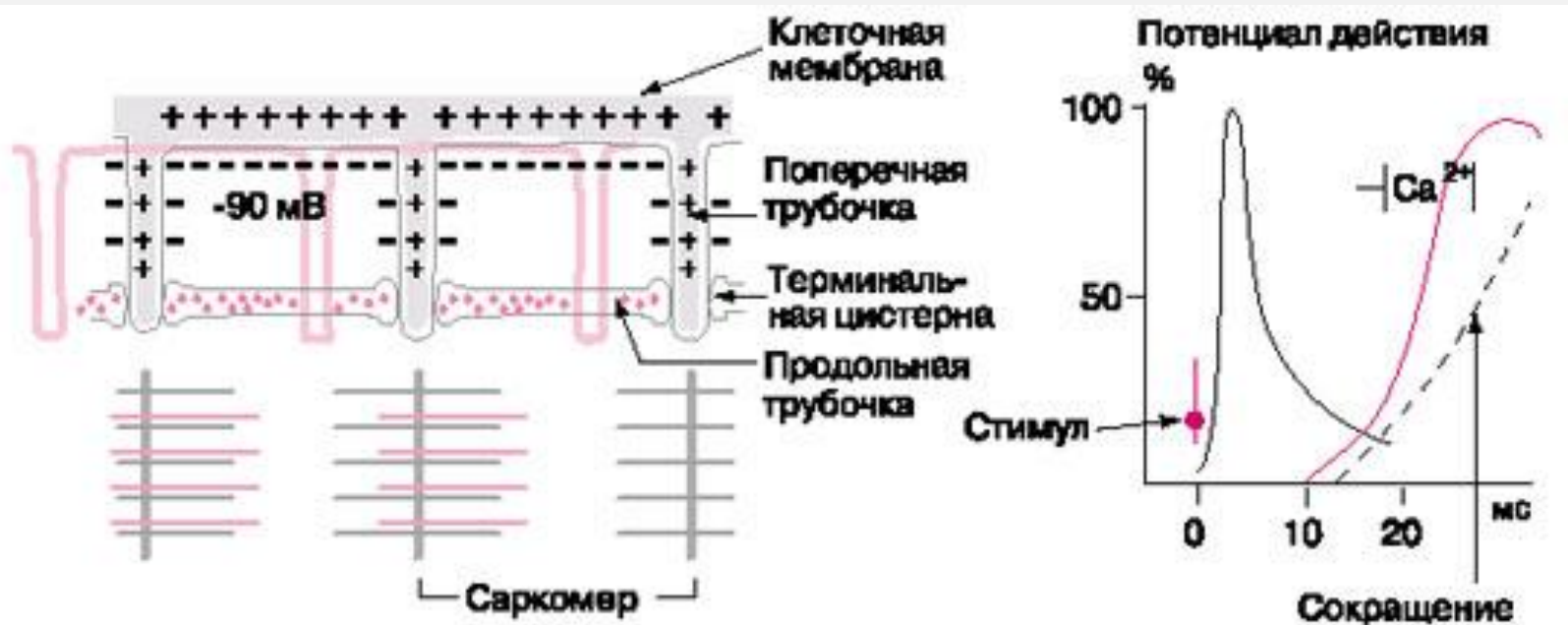
. Электромеханическое сопряжение

# СИСТЕМА ЭМС

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

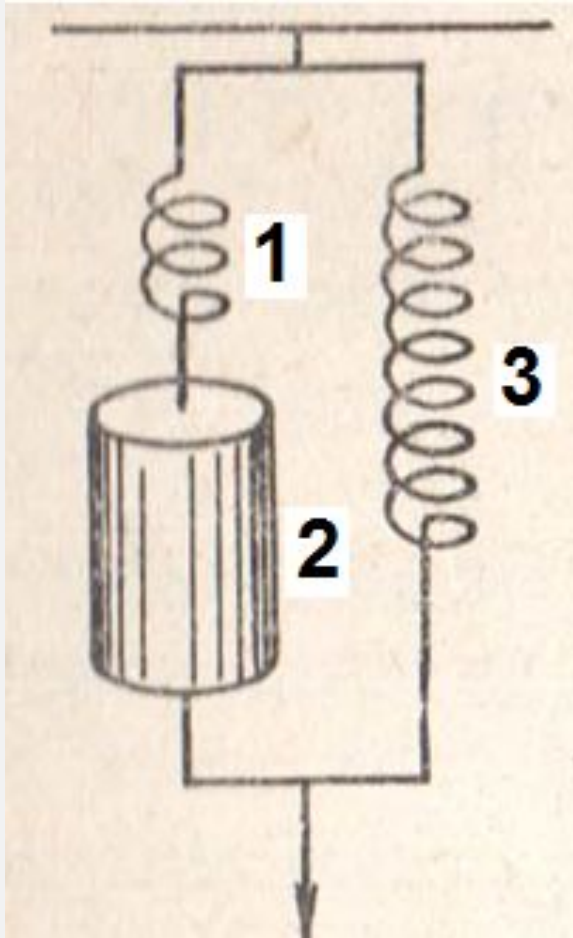
# САРКОПЛАЗМАТИЧЕСКИЙ РЕТИКУЛУМ





# БИОМЕХАНИКА СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

# МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЫШЦЫ (по А. Хиллу)



1 – последовательный упругий компонент

2 – сократительный элемент

3 - параллельный упругий компонент





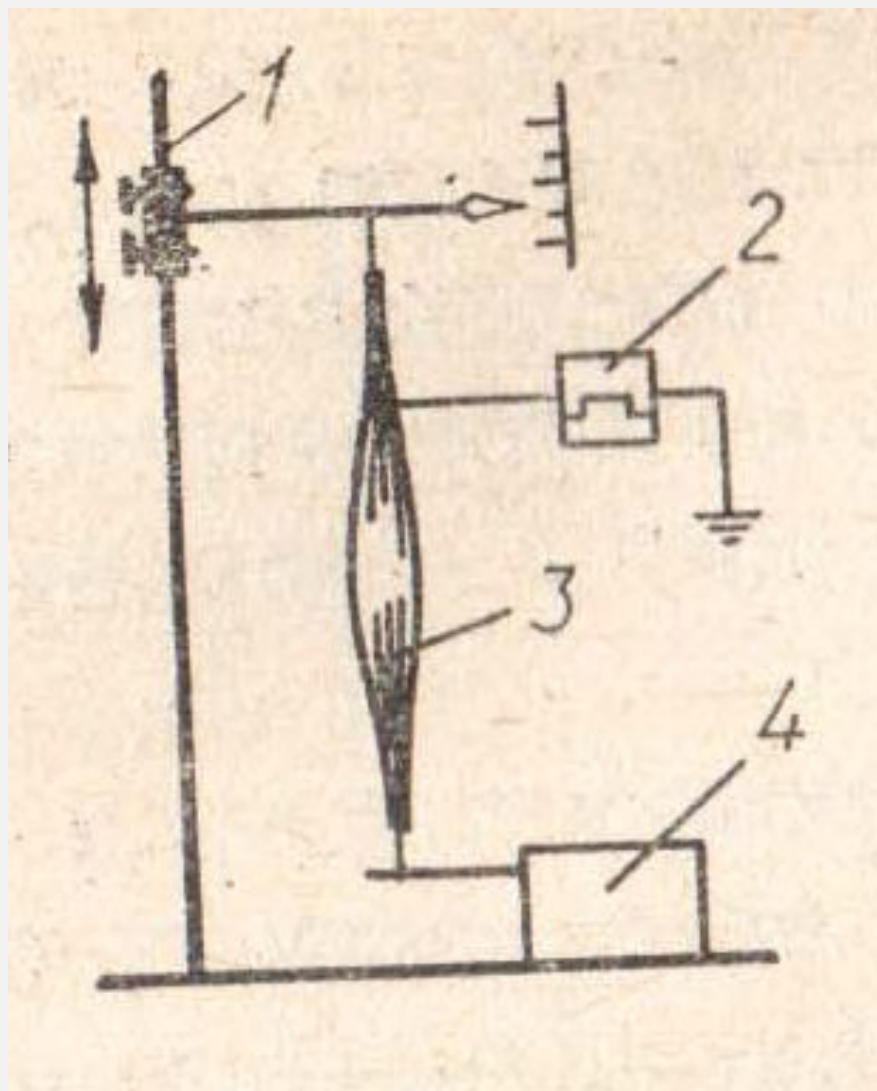
**РЕЖИМЫ СОКРАЩЕНИЯ**

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

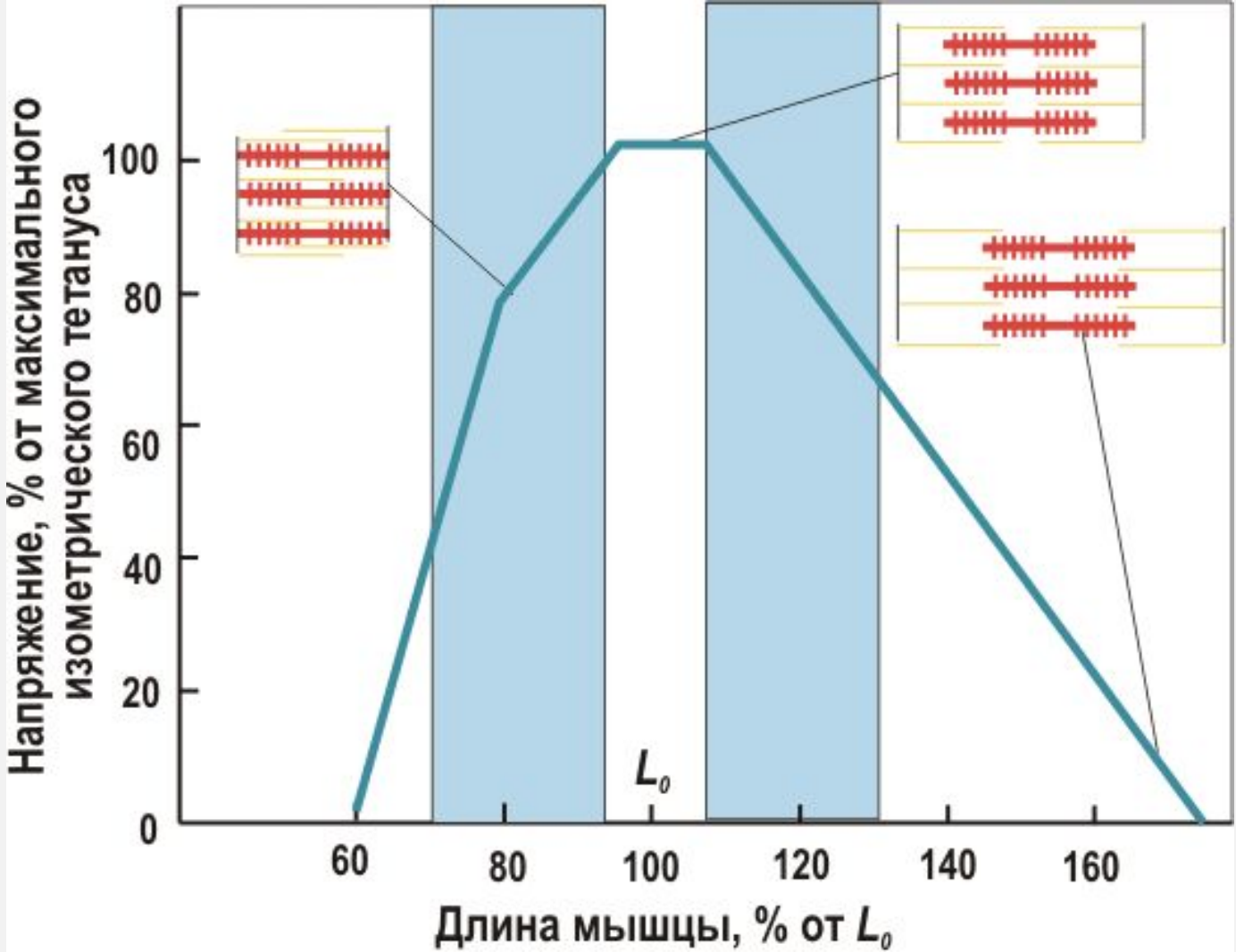
**ИЗОМЕТРИЧЕСКОЕ**

**ИЗОТОНИЧЕСКОЕ**

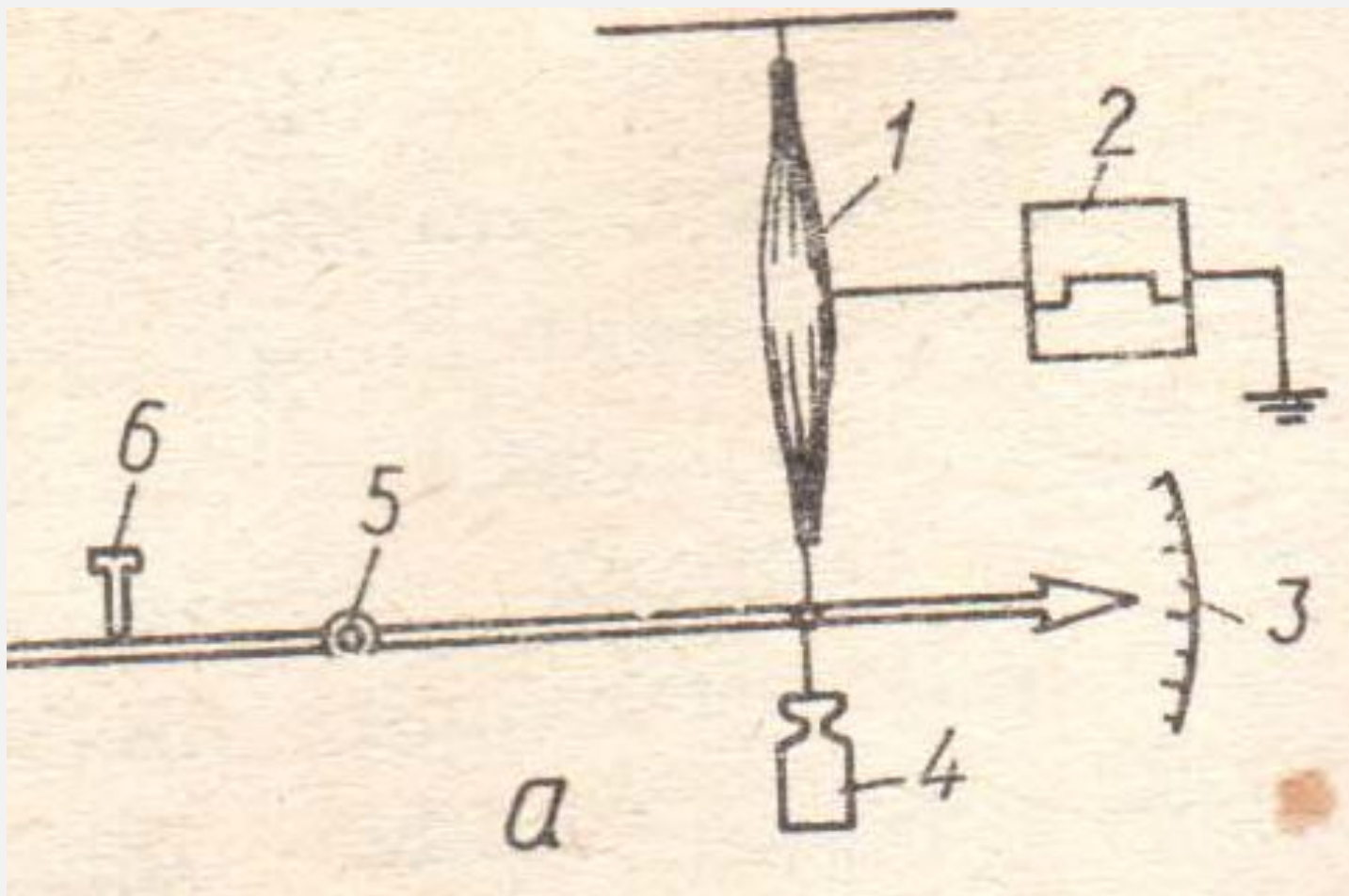
# УСТАНОВКА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОМЕТРИЧЕСКОГО СОКРАЩЕНИЯ

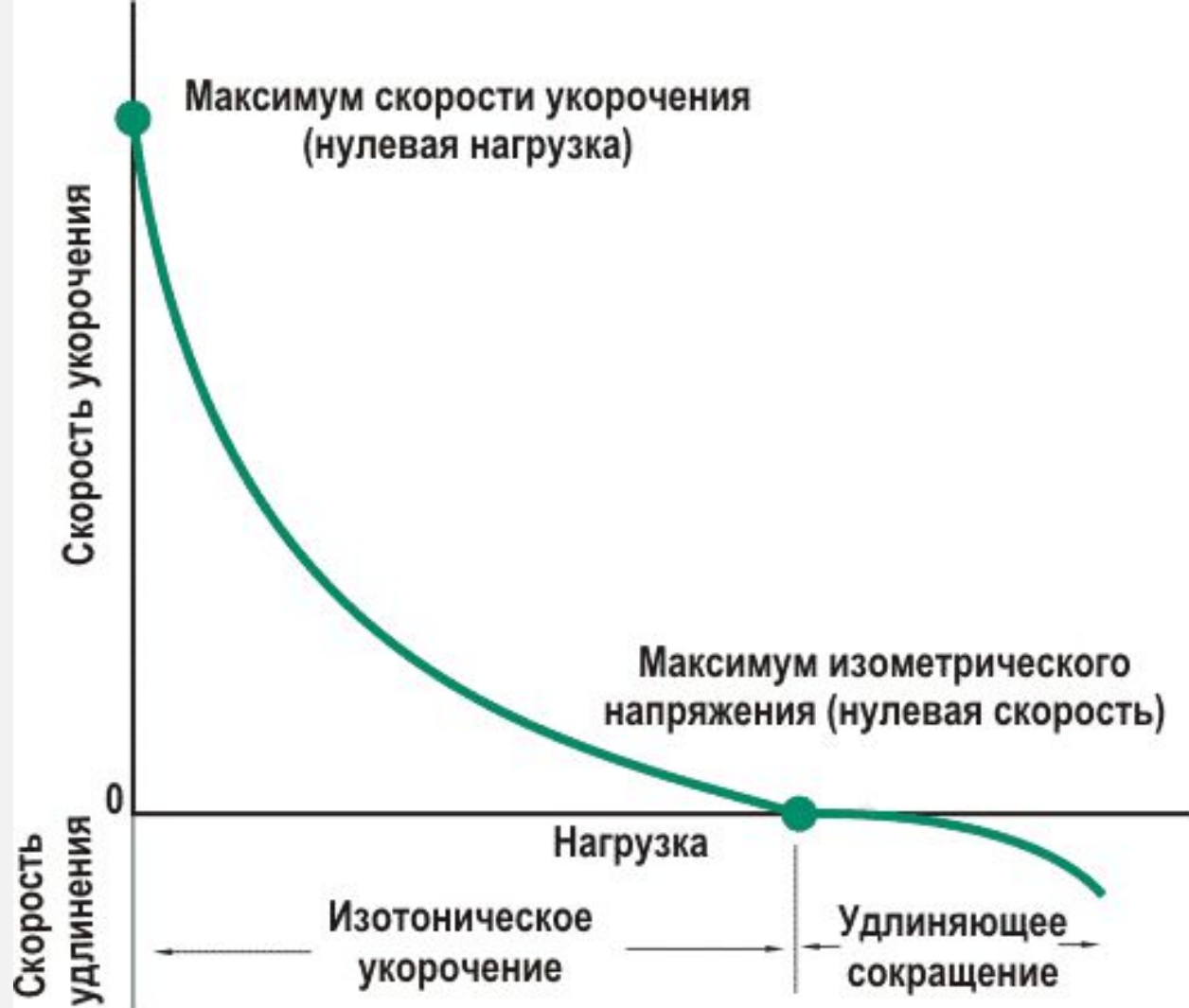


# ЗАВИСИМОСТЬ НАПРЯЖЕНИЯ МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА И СТЕПЕНИ ПЕРЕКРЫТИЯ ПРОТОФИБРИЛЛ ОТ ИСХОДНОЙ ДЛИНЫ САРКОМЕРА



# УСТАНОВКА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОТОНИЧЕСКОГО СОКРАЩЕНИЯ





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

## УРАВНЕНИЕ ХИЛЛА

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

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

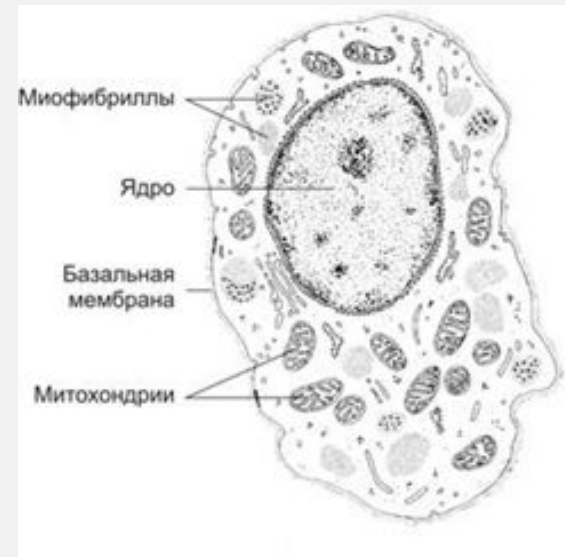
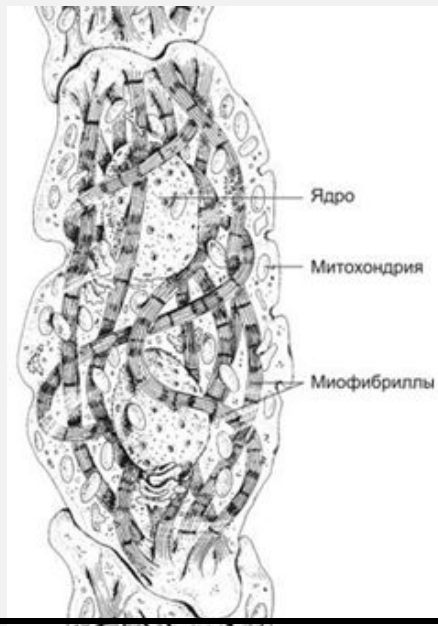
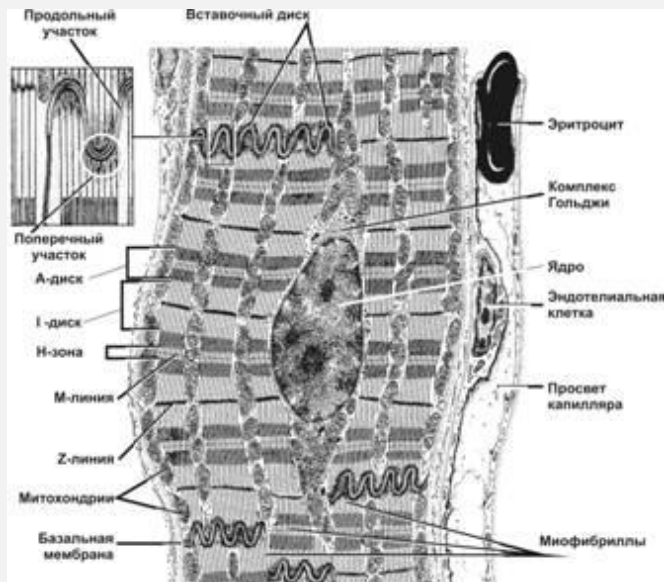
**P** – нагрузка

**P<sub>0</sub>** – максимальная нагрузка

**V** – скорость сокращений

**a, b** - эмпирические коэффициенты

# **СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИОКАРДА**

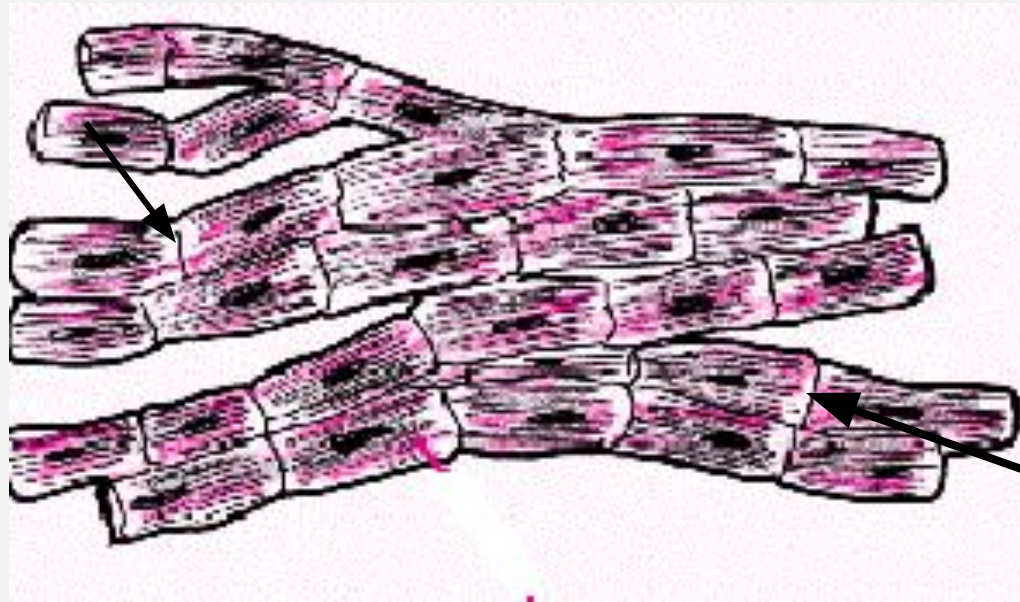


<p><b>КАРДИОМИОЦИТЫ</b> (Поперечно исчерчены)</p>	<p><b>ВОЛОКНА ПУРКИНЬЕ</b></p>	<p><b>КЛЕТКИ С-А И А-В УЗЛА</b></p>
<p><b>D – 12 мкм</b> <b>V 0.9 – 1 м/с</b></p>	<p><b>D – 40 мкм</b> <b>V 3 м/с</b></p>	<p><b>D – 2 – 3 мкм</b> <b>V 0.05 м/с</b></p>
<p><b>ФУНКЦИЯ</b></p>	<p><b>ФУНКЦИЯ</b></p>	<p><b>ФУНКЦИЯ</b></p>
<p><b>СОКРАЩЕНИЕ</b></p>	<p><b>ПРОВЕДЕНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ</b></p>	<p><b>ГЕНЕРАЦИЯ ПД</b></p>

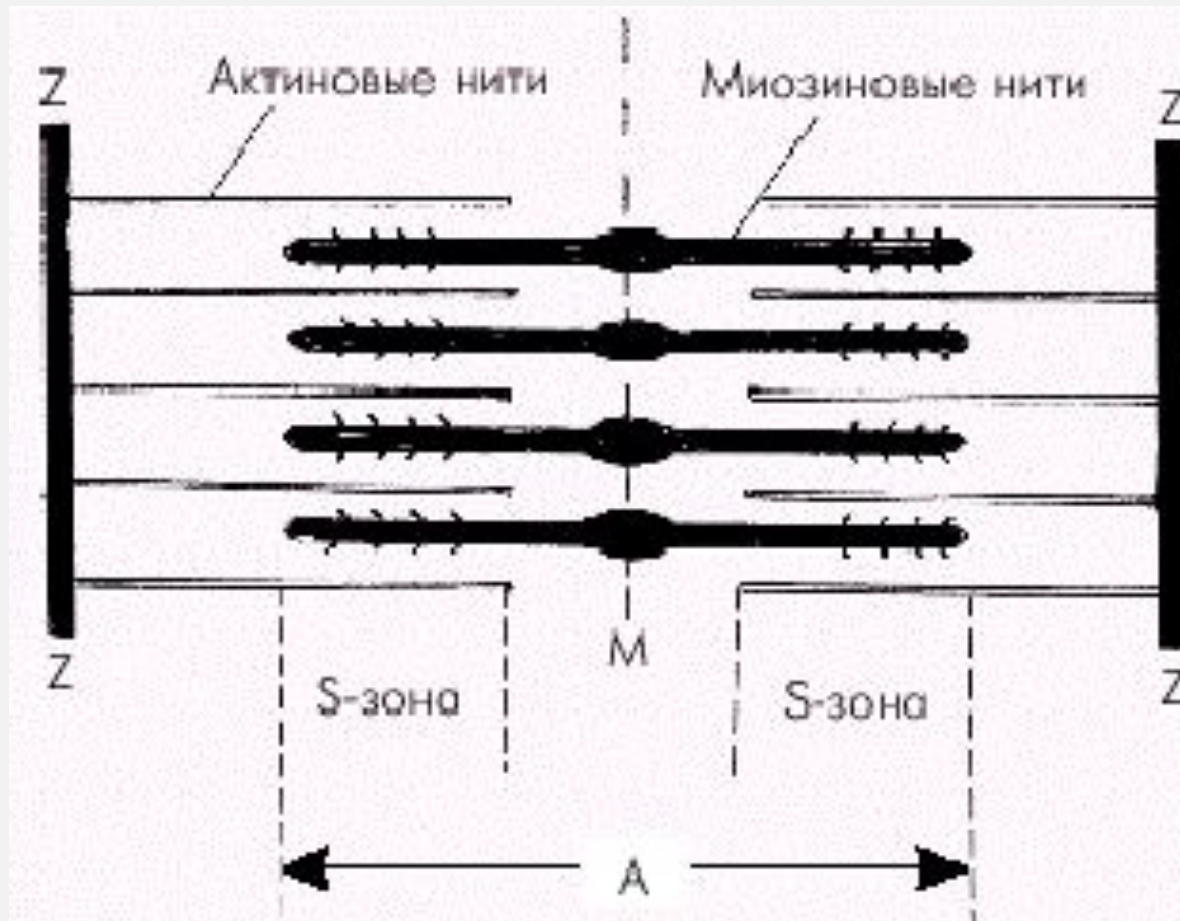


## МИОКАРД – ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СИНЦИТИЙ

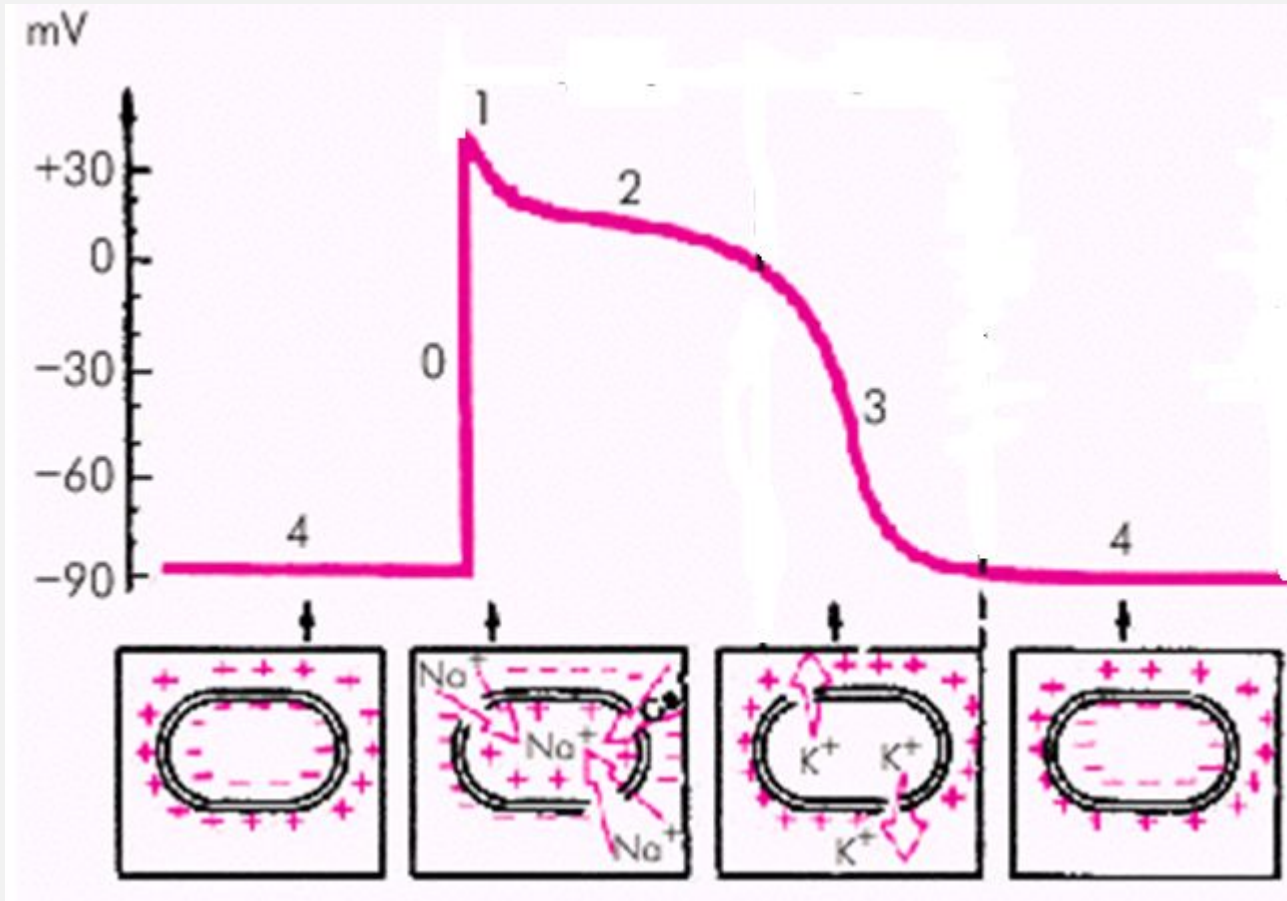
- Миокард является **электрическим**, но не морфологическим синцитием
- Низкое сопротивление в области **нексусов** – **наличие электрического синапса**, имеющего **коннексоны**.



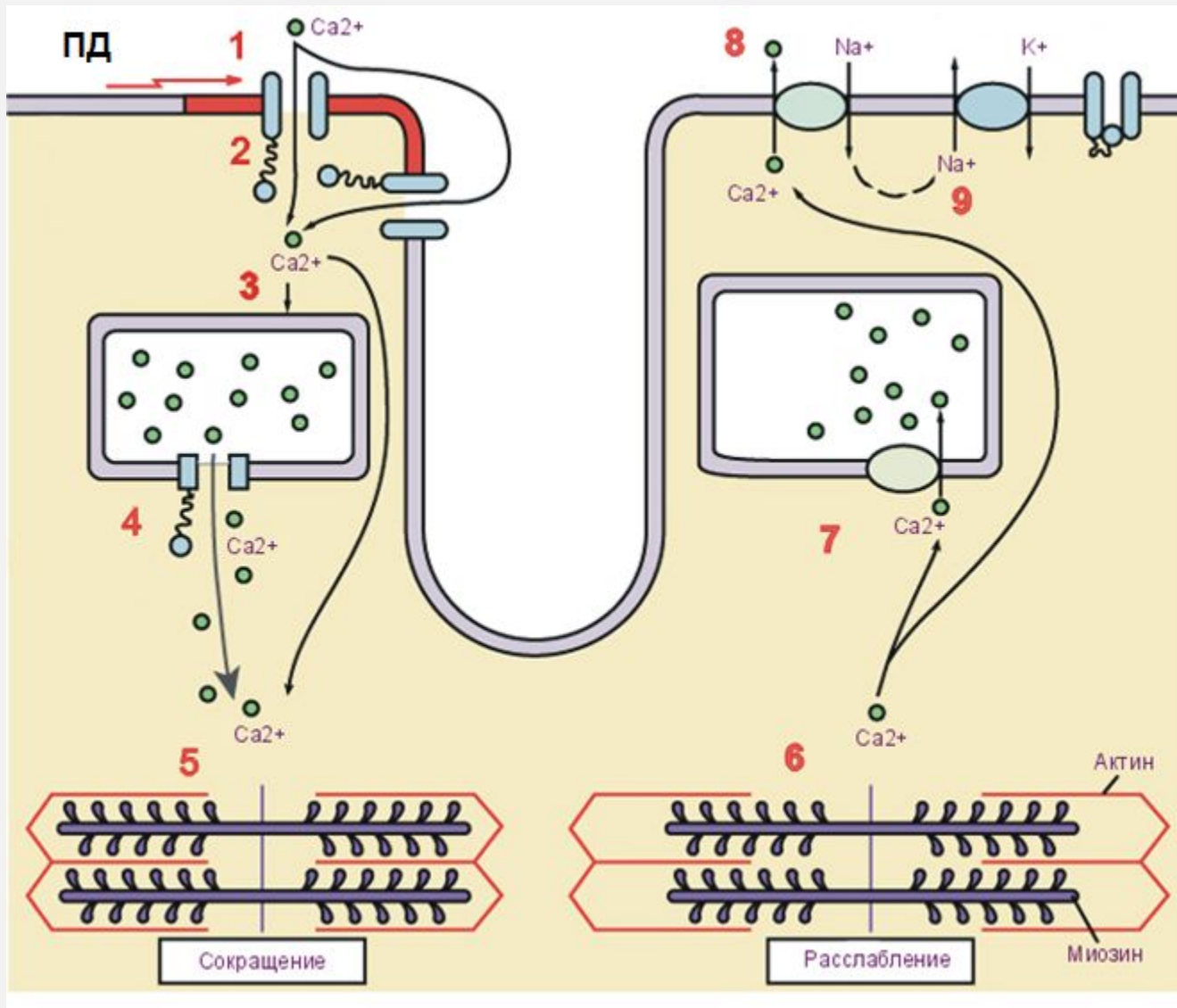
# САРКОМЕР КАРДИОМИОЦИТА



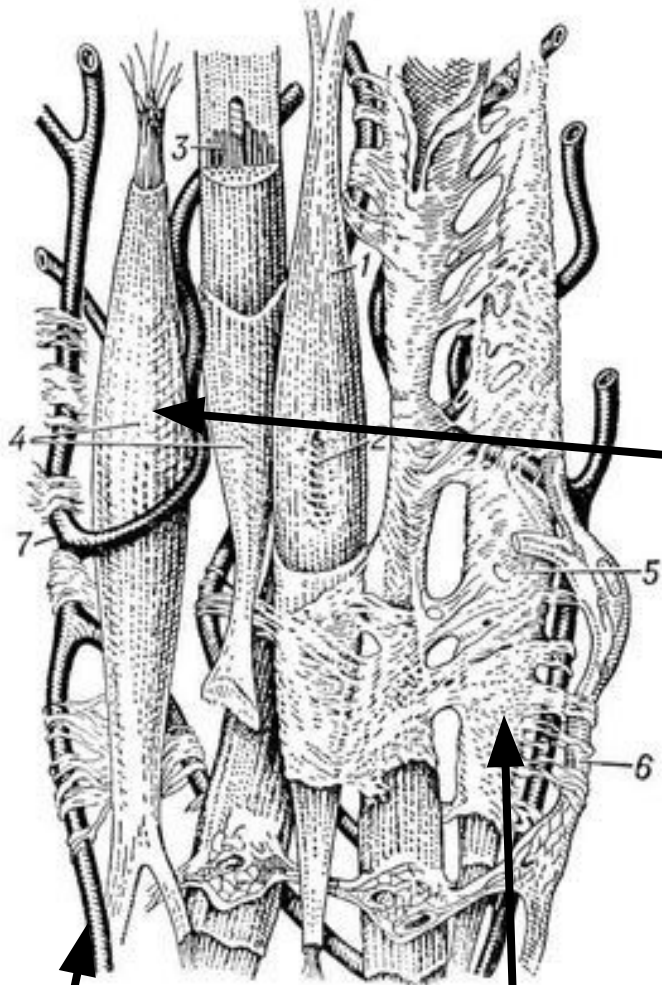
# ПД КАРДИОМИОЦИТОВ



# 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

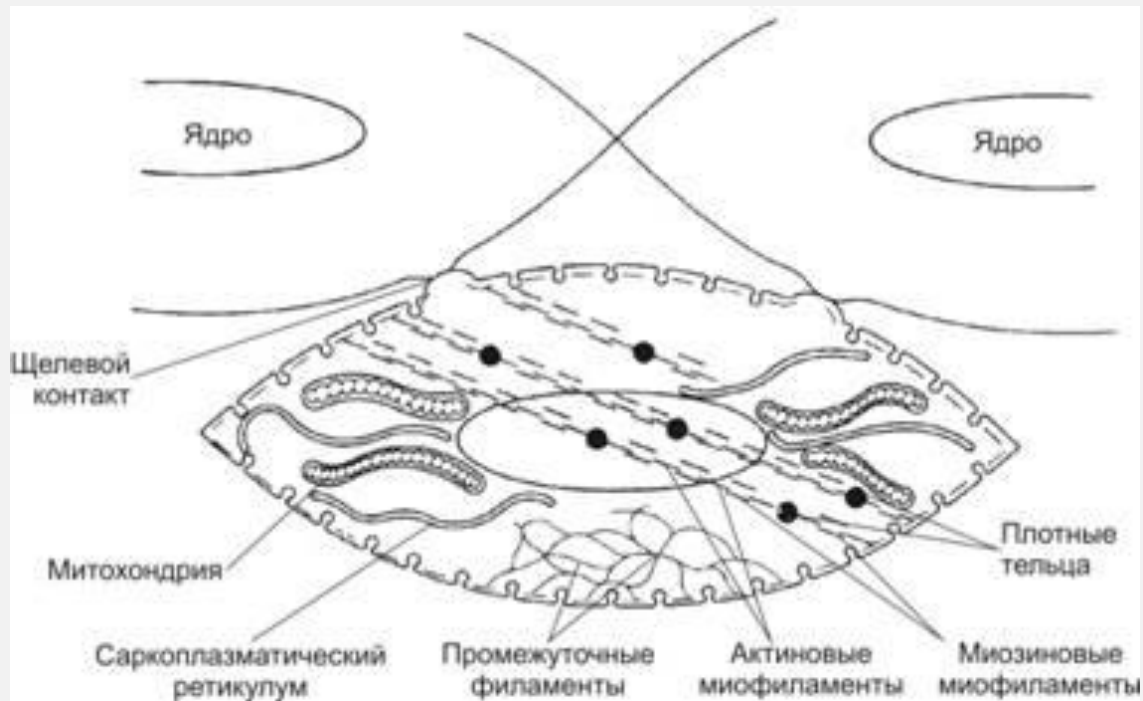
# ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ГМК

□ **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