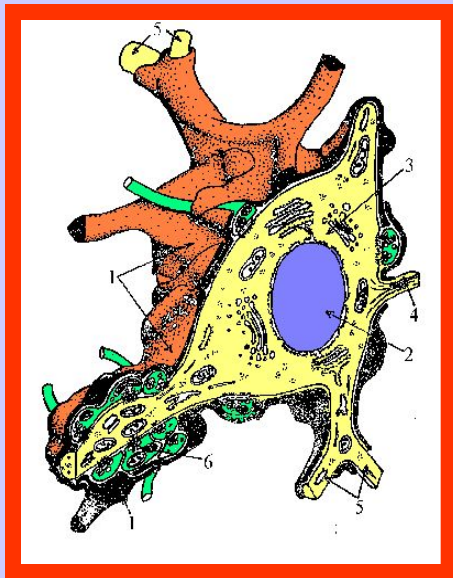


Министерство здравоохранения

Республики Беларусь

Белорусский государственный
медицинский университет

Кафедра гистологии, цитологии
и эмбриологии



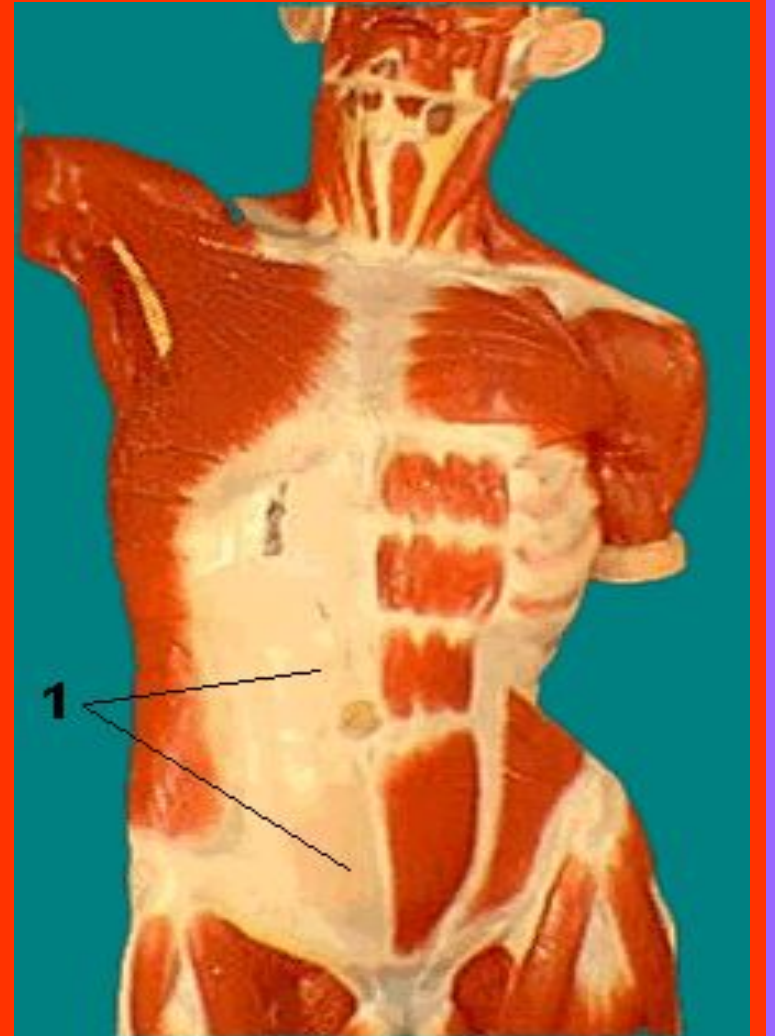
Гистофизиология
мышечной ткани

Лектор - доцент И.А.Стельмах

Функции

**1. Движение
(сокращение)
внутри
организма**

**2. Перемещение
организма в
пространстве**



Общие свойства

1. Сократительная органелла (**миофибрилла**) состоит из **тонких (актиновых)** и **толстых (миозиновых)** миофиламентов
2. При сокращении толстые и тонкие миофиламенты скользят относительно друг друга и формируют временный **акто-миозиновый комплекс**
3. Для сокращения необходимо повышение концентрации ионов Ca^{++} в саркоплазме, для расслабления - повышение концентрации ионов Mg^{++} .
4. Энергия сокращения обеспечивается большим количеством митохондрий (саркосом)
5. В саркоплазме много включений гликогена и миоглобина

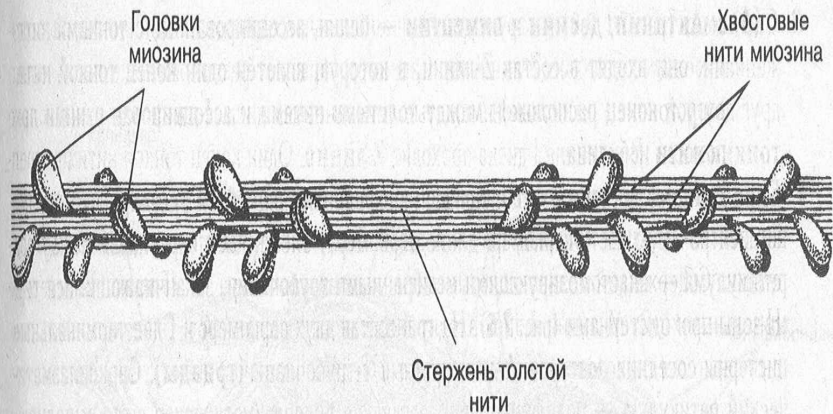


Рис. 7-3. Толстая нить. Молекулы миозина способны к самосборке и формируют веретенообразный агрегат диаметром 15 нм и длиной 1,5 мкм. Фибриллярные хвосты молекул образуют стержень толстой нити, головки миозина расположены спиралью и выступают над поверхностью толстой нити [из Ham AW, Cormack DH, 1979]

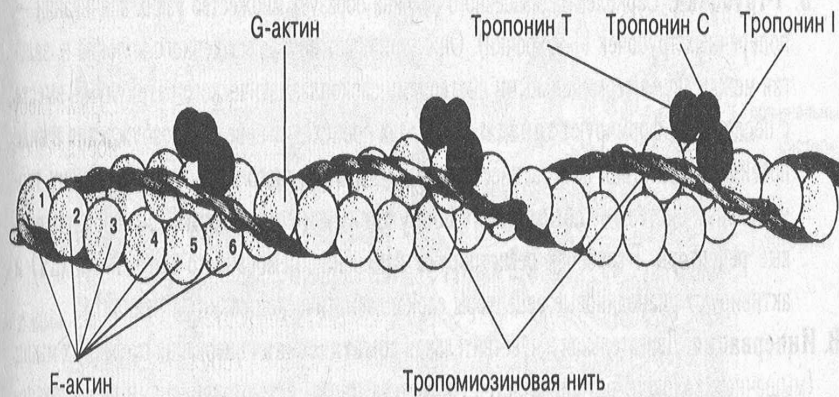
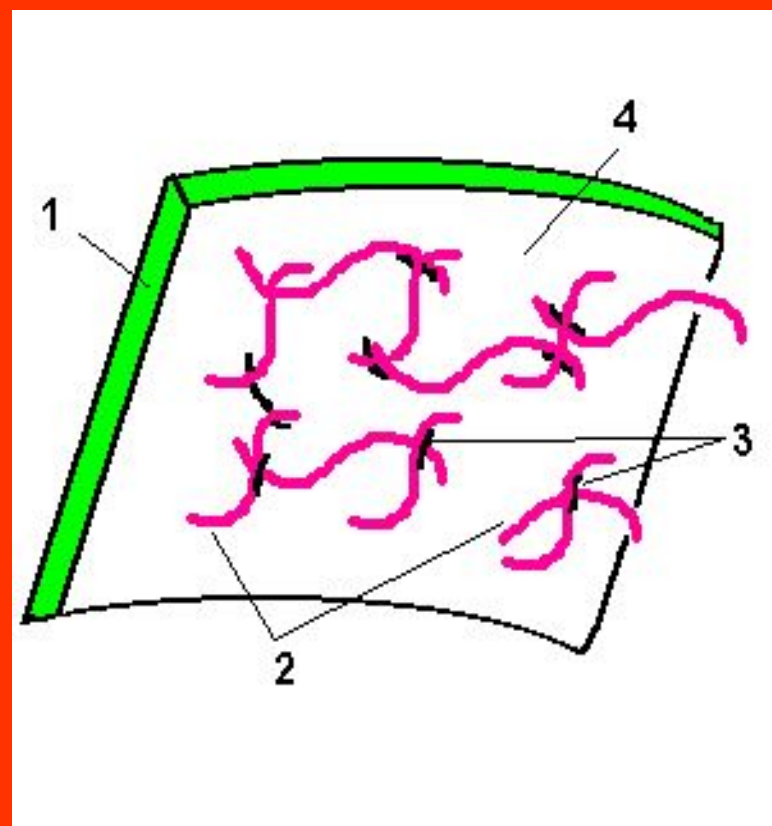


Рис. 7-4. Тонкая нить — две спирально скрученные нити F-актина. В канавках спиральной цепочки залегает двойная спираль тропомиозина, вдоль которой располагаются молекулы тропонина [из Junqueira LC, Carneiro J, 1991]



Общий принцип строения мышечных элементов

- 1. Опорный аппарат** - двухслойная мембрана (сарколемма) : цитолемма + базальная мембрана с сетью эластических и коллагеновых волокон
- 2. Трофический аппарат** - ядро (ядра), саркоплазматическая сеть, кавеолы (пиноцитозные пузырьки), саркосомы, включения гликогена и миоглобина
- 3. Сократительный аппарат** - миофибрилла

~~Филогенетическая и морфо-функциональная~~ ных тканей

1. Поперечно-полосатая (исчерченная)

а) *Скелетная мышечная ткань*

из миотомов сомитов,

структурно - функциональная

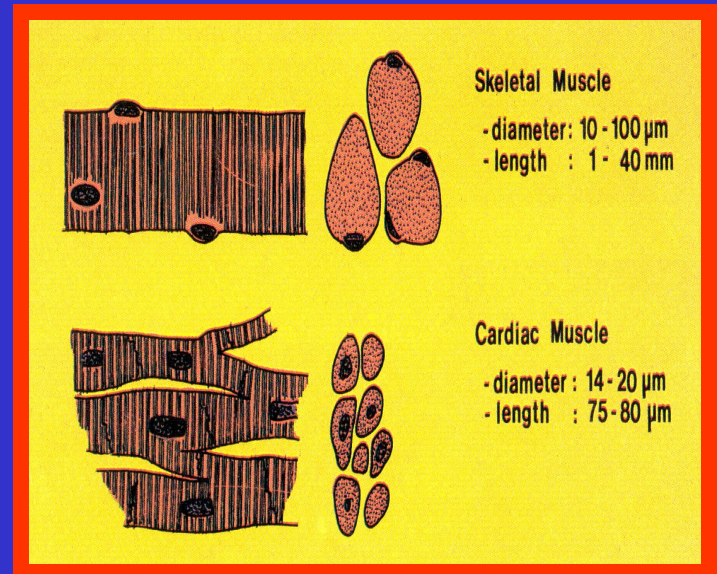
единица -- **миосимпласт** (**волокно**)

б) *Сердечная мышечная ткань*

из миоэпикардальной пластинки,

структурно - функциональная

единица – **клетка** (**кардиомиоцит**)



2. Гладкая (неисчерченная)

а) мышечная ткань внутренних органов

из мезенхимы,
структурно-функциональная
единица –
клетка (гладкий миоцит)

б) мышца радужки глаза

из нейрального зачатка глазного
яблока,
структурно-функциональная
единица –
клетка (гладкий миоцит)

в) миоэпителиальная клетка
железы

из эктодермы,
структурно-функциональная
единица –

клетка (гладкий миоцит)

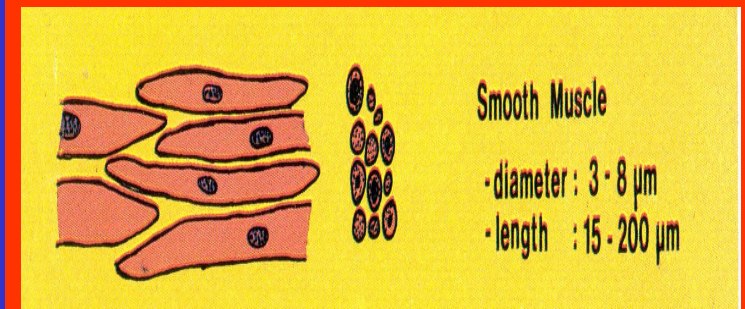
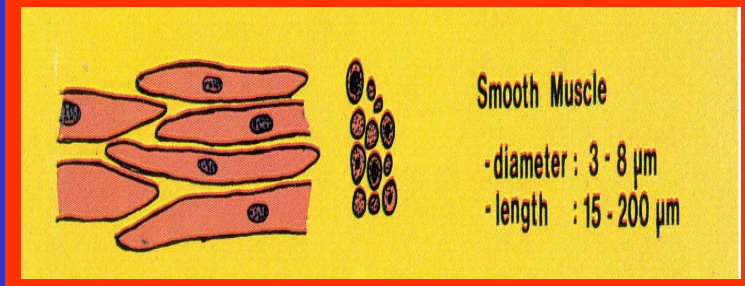


Схема эмбриогенеза мышечных тканей

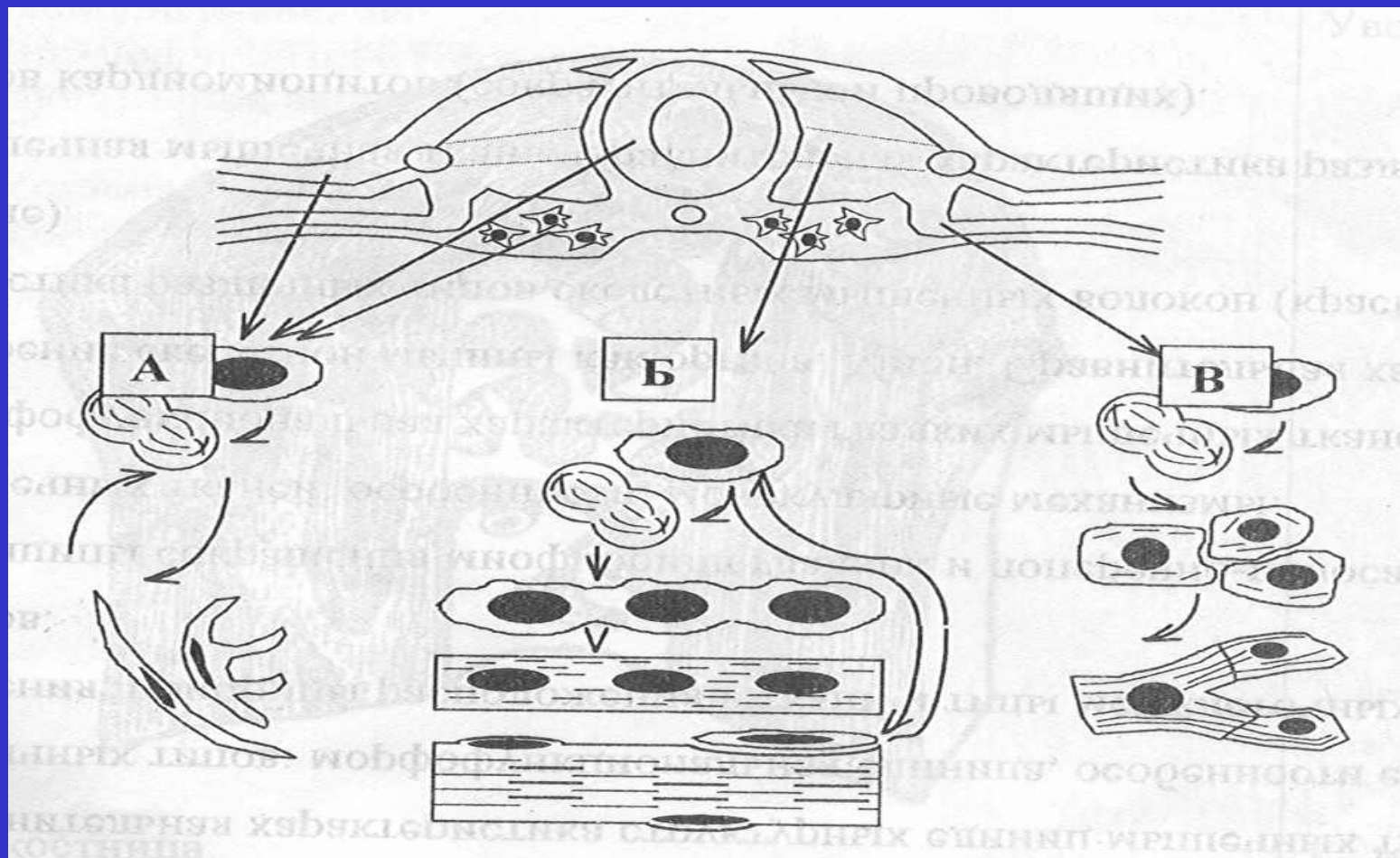
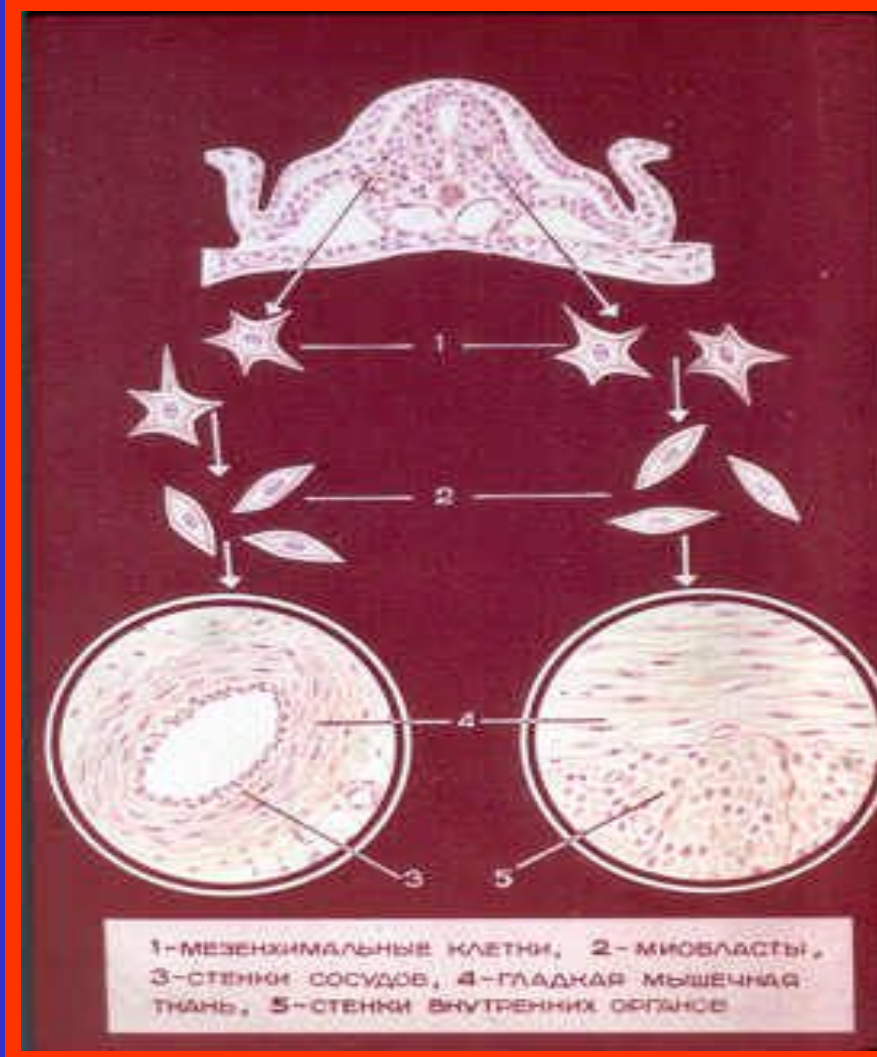


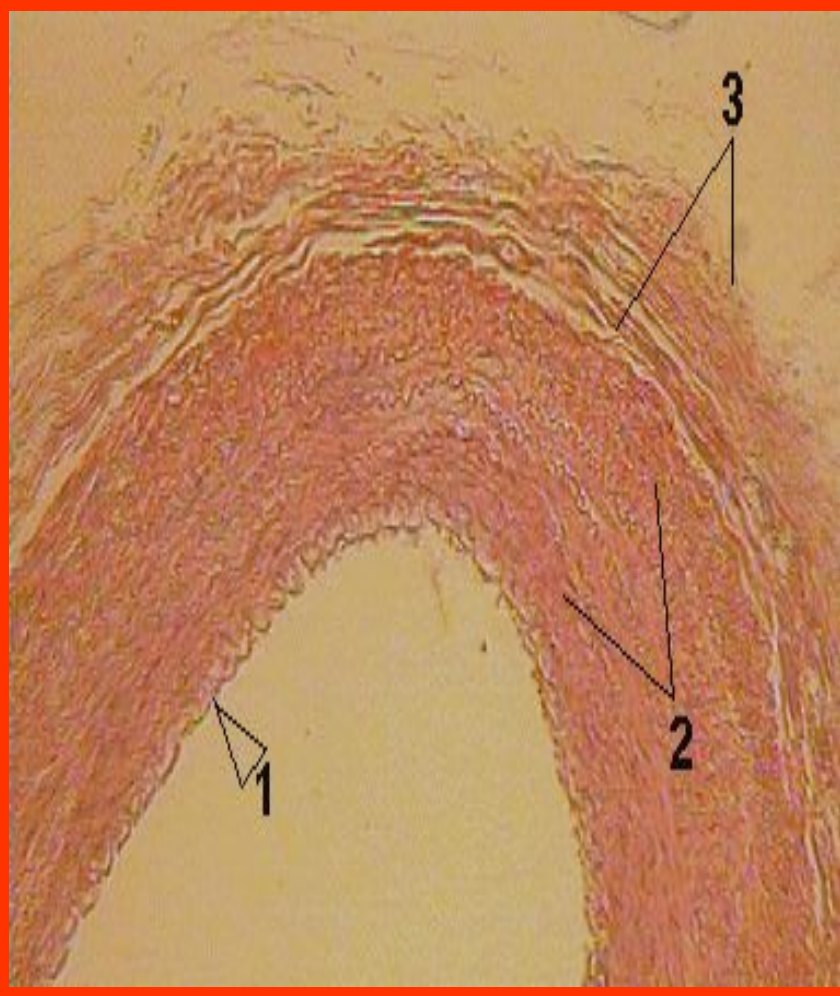
Схема развития гладкой мышечной ткани мезенхимного происхождения



Особенности морфологии гладкой мышечной ткани мезенхимного происхождения

1. Клеточное строение
2. Двухслойная сарколемма (цитолемма + базальная мембрана из слоя ГАГ и эластических волокон)
3. Межклеточные контакты (нексусы) - 5 % массы
4. Вегетативная иннервация
5. Тоническое сокращение (перистальтика)
6. Локализация – стенка полых и трубчатых органов, кровеносных и лимфатических сосудов
7. Регенерация – митоз стволовых клеток и внутриклеточная

Локализация гладкой мышечной ткани



Особенности морфологии гладкого миоцита

1. Опорный аппарат:

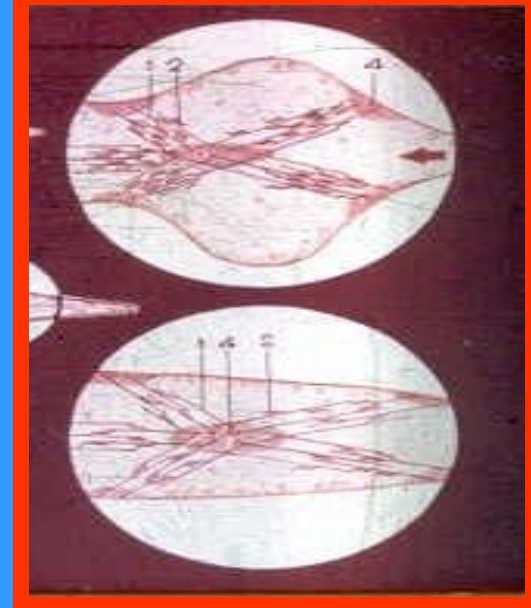
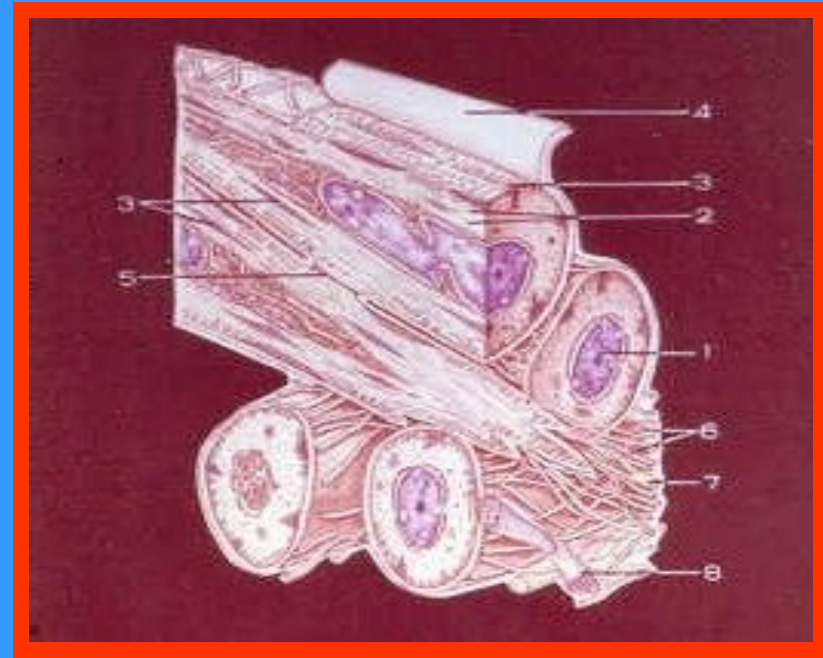
а) двухслойная мембрана
(сарколемма):

- цитолемма

- базальная мембрана

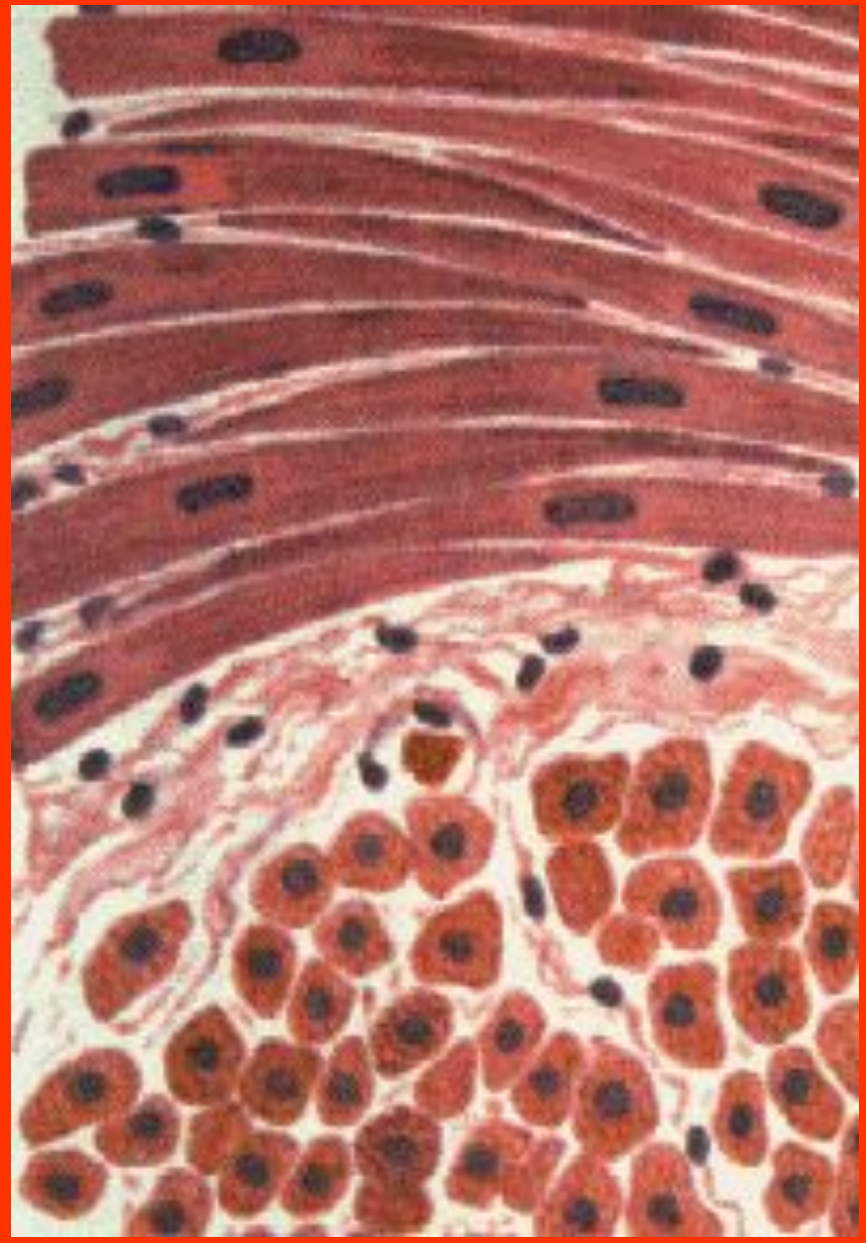
б) плотные тельца (белок
актинин) связаны
с сарколеммой

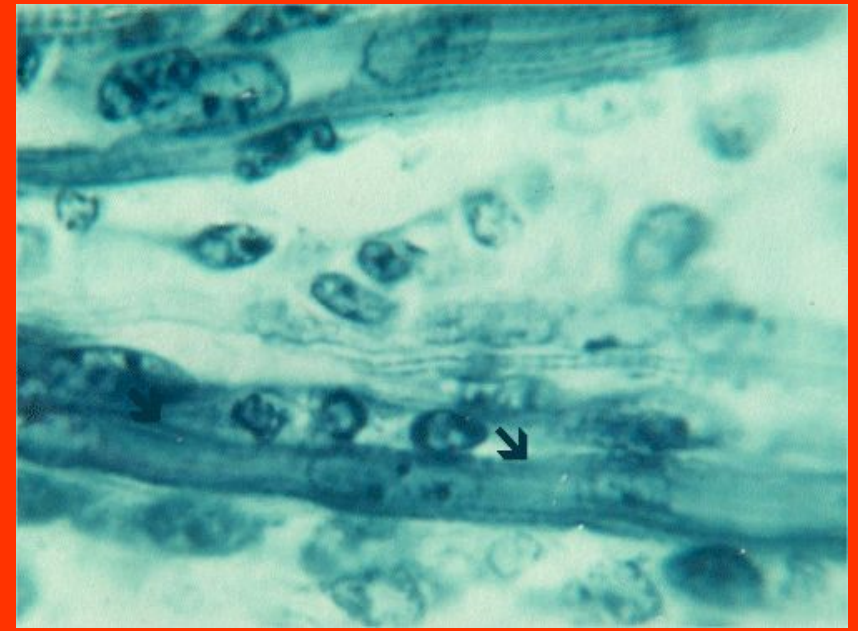
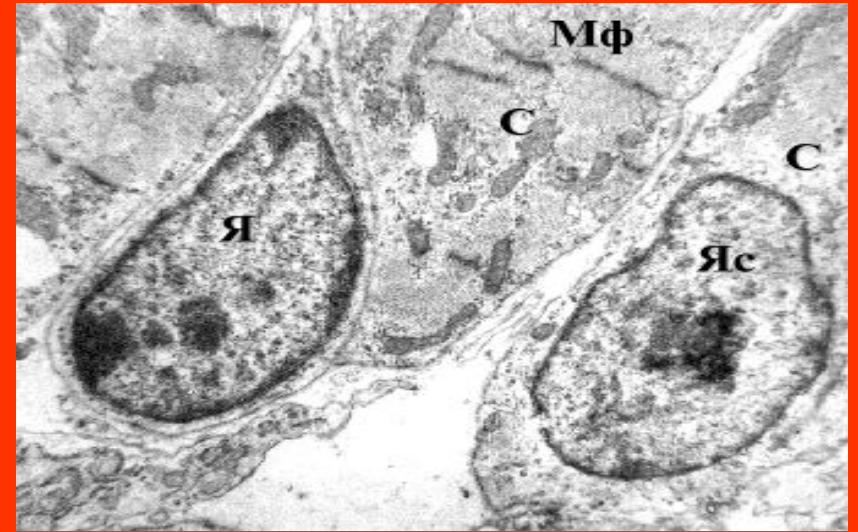
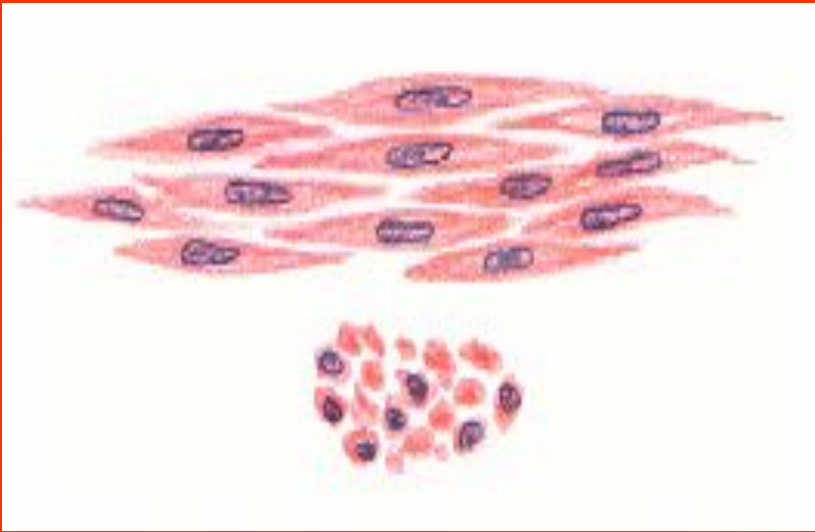
в) плотные полосы в
саркоплазме для
фиксации актиновых
миофиламентов



2. Трофический аппарат :

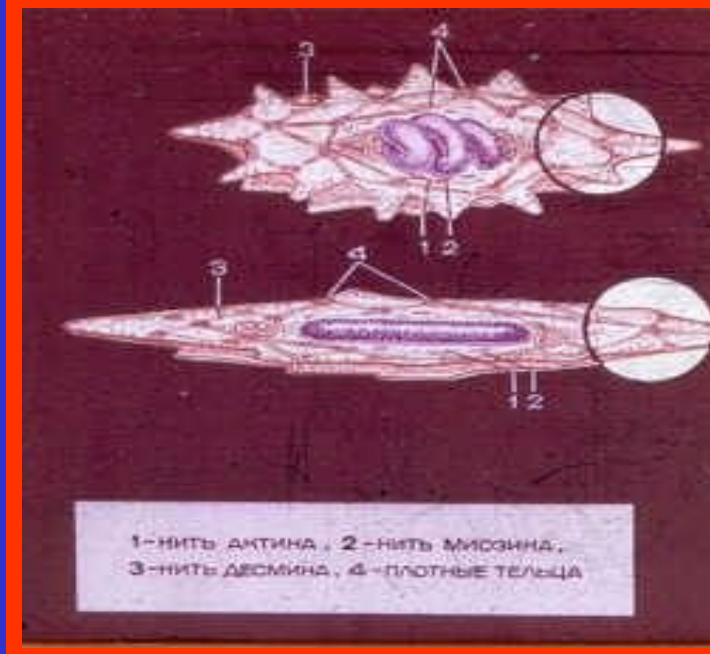
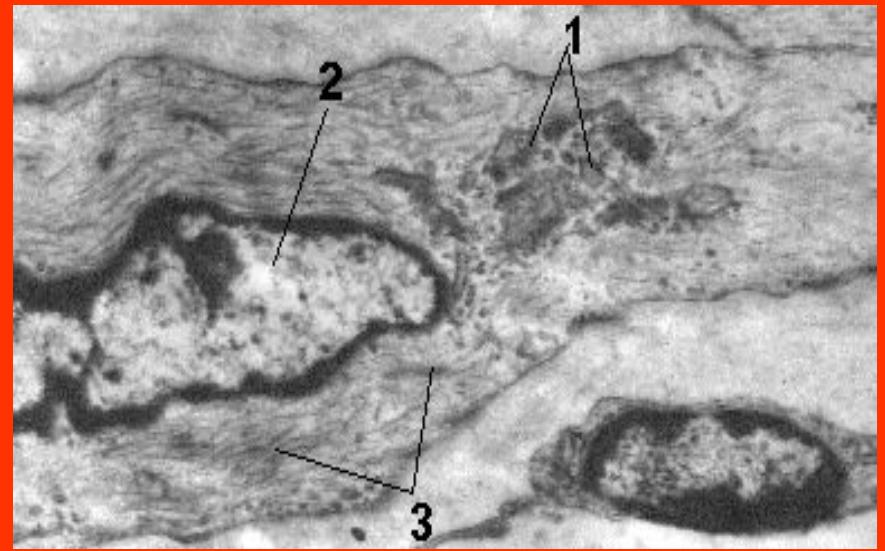
- одно ядро в центре клетки веретеновидной формы
- кавеолы и пузырьки
- саркоплазматическая сеть (депо Ca^{++})
- рибосомы, гранулярная ЭПС
- саркосомы - митохондрии
- включения гликогена и миоглобина в небольшом количестве





3. Сократительный аппарат:

- тонкие актиновые
миофиламенты (7 нм)
- толстые миозиновые
миофиламенты (17 нм)
- промежуточные
миофиламенты



Механизм сокращения гладкой мышечной ткани

Сокращение непроизвольное, тоническое (медленное): в саркоплазме постоянные актиновые миофиламенты, миозиновые - формируются при сокращении.

Сигнал о сокращении, выход из депо ионов Ca^{++} , они связываются с белком кальмодулином, запускается сборка миозина, АТФ-аза расщепляет АТФ, образуется энергия и миозиновая миофиламента прикрепляется к актиновой, укорочение миофибриллы и миоцита на 1/3 величины.

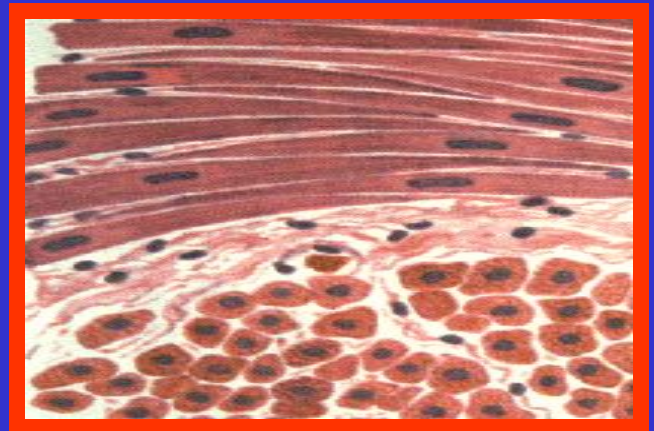
Расслабление медленное (тоническое): гидролиз АТФ и дефосфорилирование миозина, разрушение актомиозинового комплекса.

Гладкая мышца как орган

Эндомизий – трехмерная сеть из ретикулярных, эластических и тонких коллагеновых волокон

Перимизий – прослойки рыхлой волокнистой соединительной ткани вокруг пучков гладких миоцитов

Эпимизий - толстые прослойки волокнистой соединительной ткани вокруг совокупности пучков миоцитов, формирующих мышцу



Особенности морфологии

мышечной ткани

Клетка – гладкий миоцит

**Локализация – мышца радужки
глаза, регулирующая зрачок**

Веретеновидная форма клетки

Одно ядро в центре саркоплазмы

Большое количество саркосом

**Включения гликогена,
миоглобина и пигмента**

Сократительный аппарат :

- Тонкие (актиновые)
миофиламенты
- Толстые (миозиновые)
миофиламенты

Сокращение тоническое



Особенности морфологии миоэпителиальной мышечной ткани:

Клетка – миоэпителиоцит

Локализация – концевые отделы и выводные протоки желез

Звездчатая форма клетки

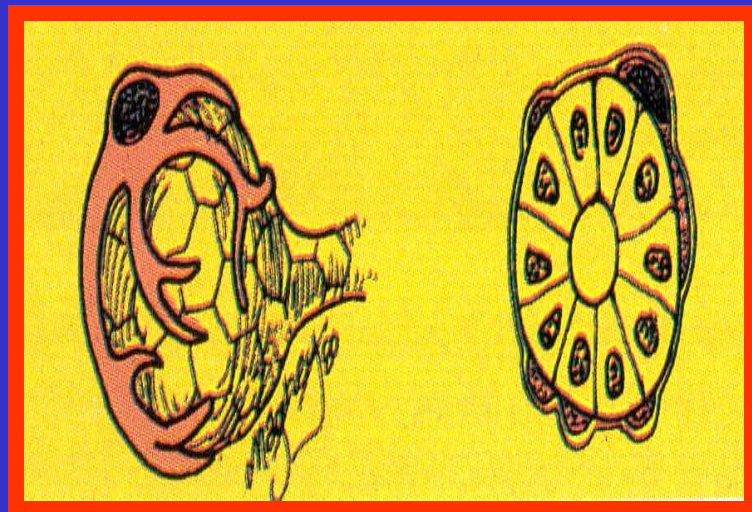
Одно ядро в центре саркоплазмы

Саркосомы в саркоплазме

Включения миоглобина и гликогена

Сократительный аппарат:

- Тонкие (актиновые) миофиламенты
- Толстые (миозиновые) миофиламенты)



Поперечно-полосатая скелетная мышечная ткань



Эмбриогенез скелетной мышечной ткани

1. Стадия миобластическая:

митоз миобластов и миграция в места закладки мышц.

2. Стадия миосимпластическая

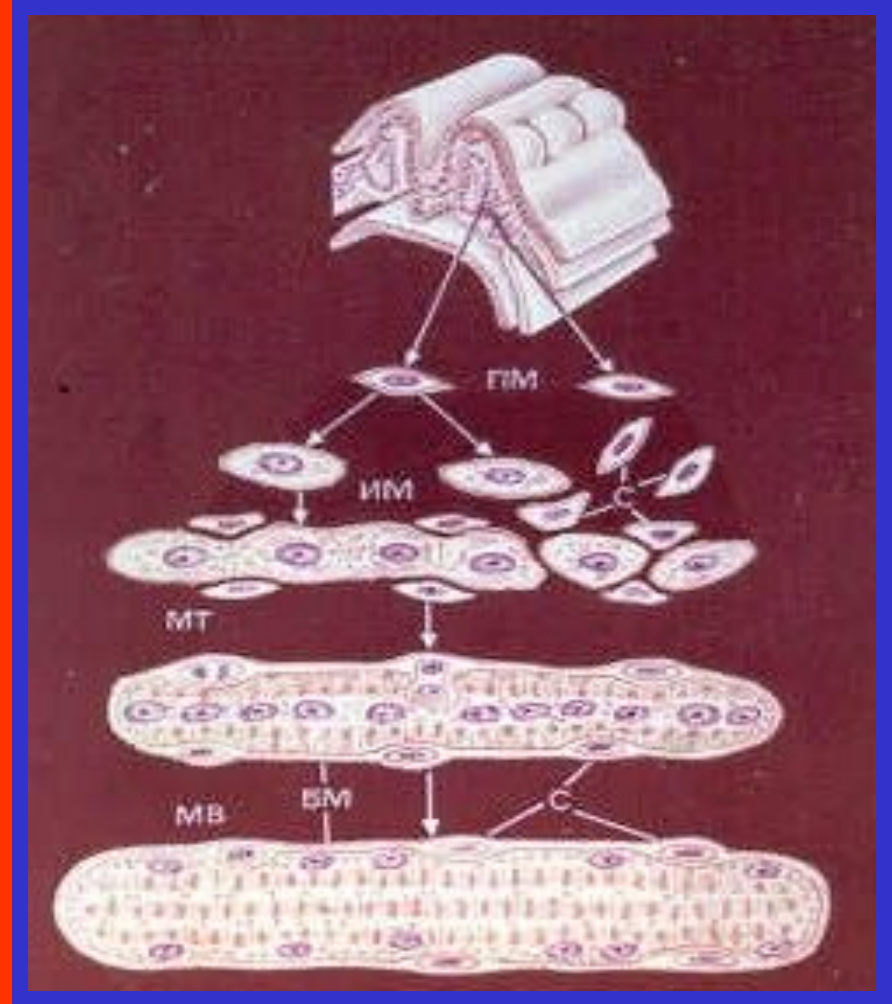
миобласты сливаются в симпласты

3. Стадия миотубулярная:

в миосимпластах миофибриллы на периферии, ядра в центре

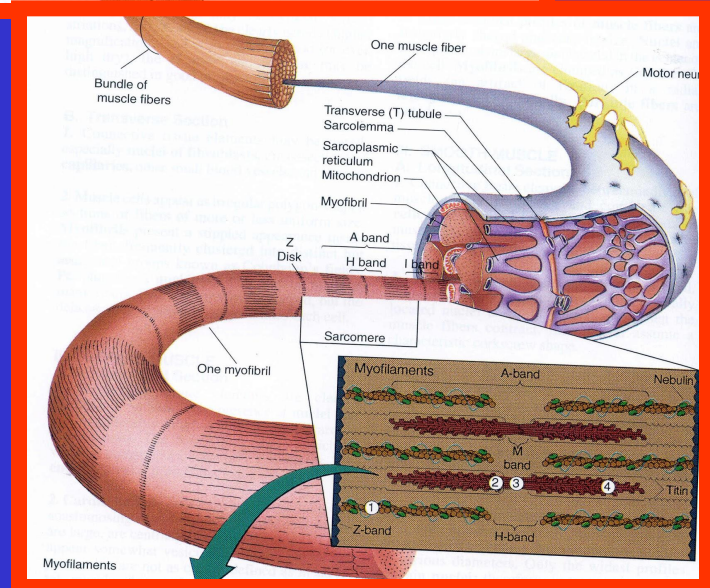
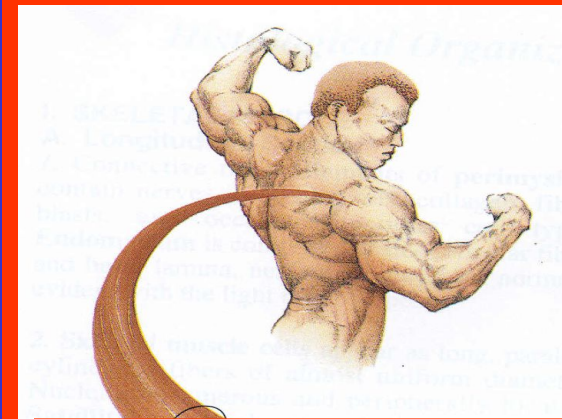
4. Стадия мышечных волокон:

миофибриллы в центре, ядра на периферии, редуцируются центриоли



Особенности морфологии скелетной поперечно-полосатой мышечной ткани

1. Мышечное волокно +
клетка (миосателлитоцит)
2. Двухслойная сарколемма
3. Иннервация ЦНС
4. Тетаническое сокращение
5. Локализация – мышцы
скелета
6. Регенерация - клетки
миосателлитоциты



Особенности морфологии мышечного волокна

Структура цилиндрической формы, длиной до 10 см

1. Опорный аппарат:

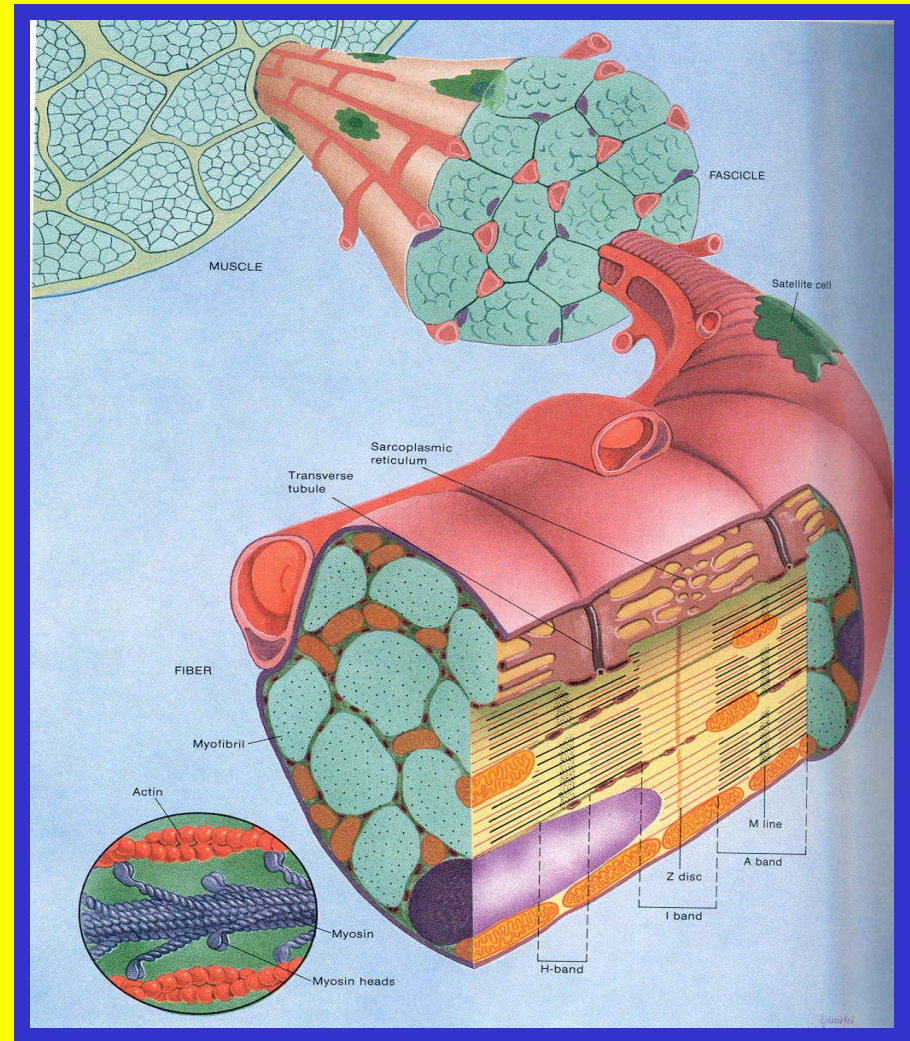
а) двухслойная мембрана (сарколемма):

- цитолемма

- базальная мембрана

б) Т- трубочки сарколеммы (нервный потенциал)

в) Т- и М-полоски (места прикрепления миофиламентов)

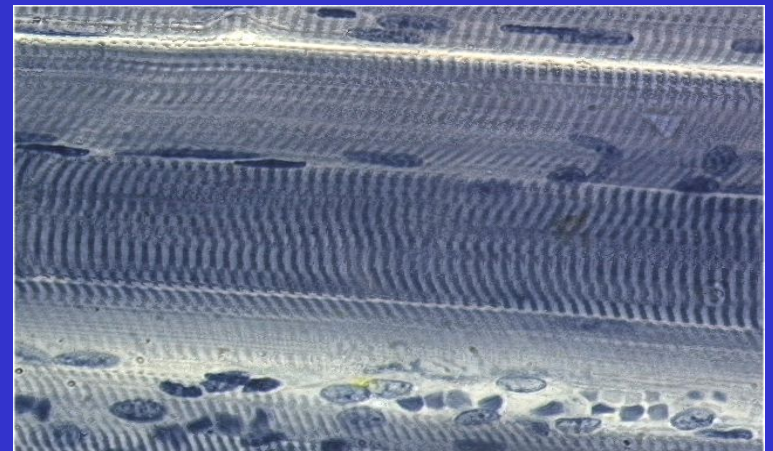
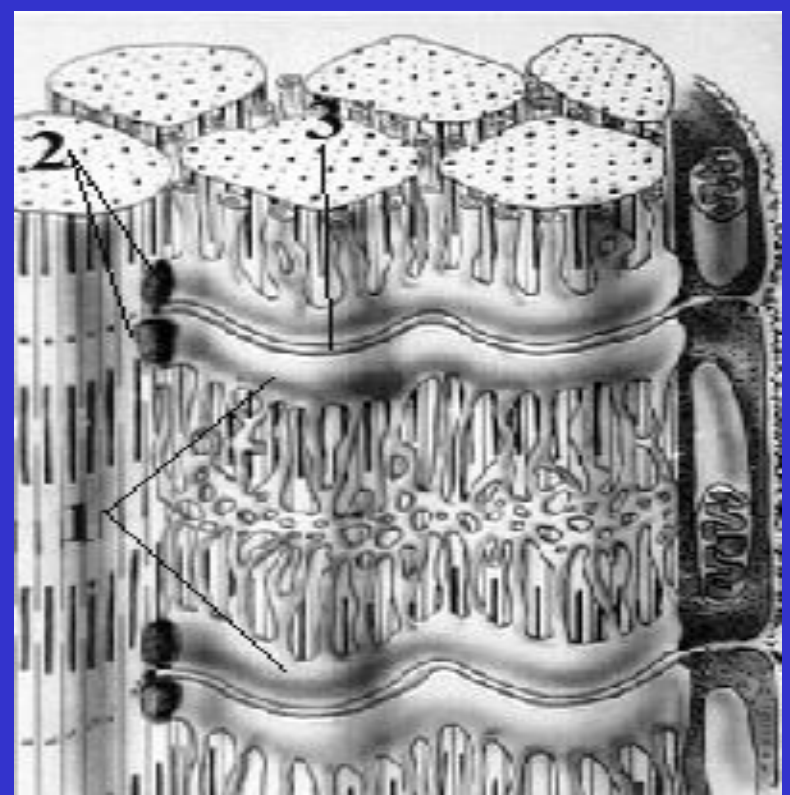


2. Трофический аппарат :

- ядра на периферии волокна
- саркоплазматическая гладкая сеть (депо Ca^{++}) – L-система
- гранулярная сеть (ЭПС) (синтез сократимых белков)
- рибосомы
- саркосомы в большом количестве
- включения гликогена и миоглобина

T-трубочки на уровне двух цистерн

L-системы образуют **триады**

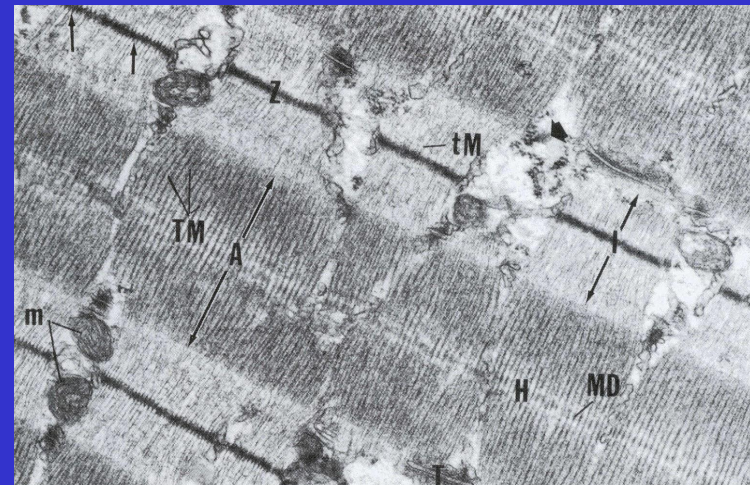
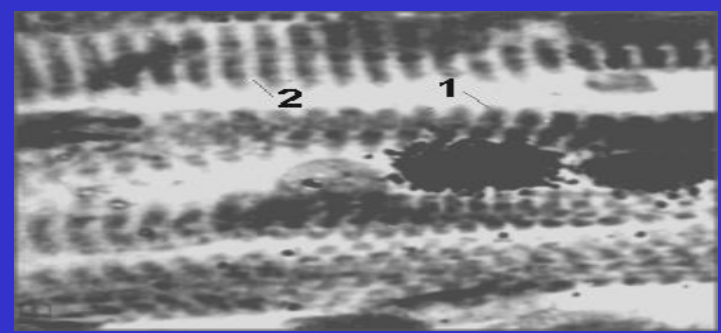
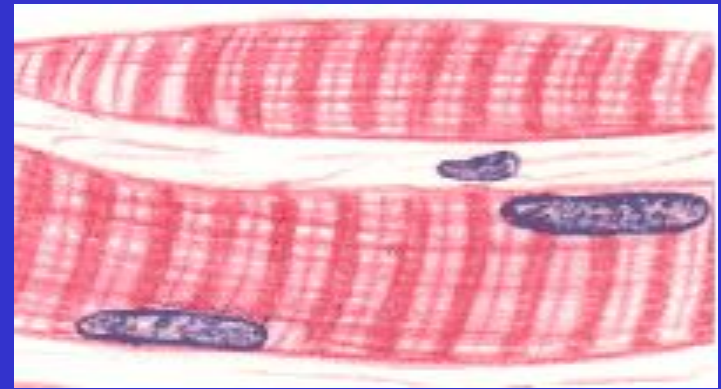


3. Сократительный аппарат

- тонкие актиновые миофиламенты (7 нм)
 - толстые миозиновые миофиламенты (17 нм)
- формируют постоянную поперечно-полосатую миофибриллу.

Диск А – темный (миозин),
посредине М- полоска
(мезофрагма),

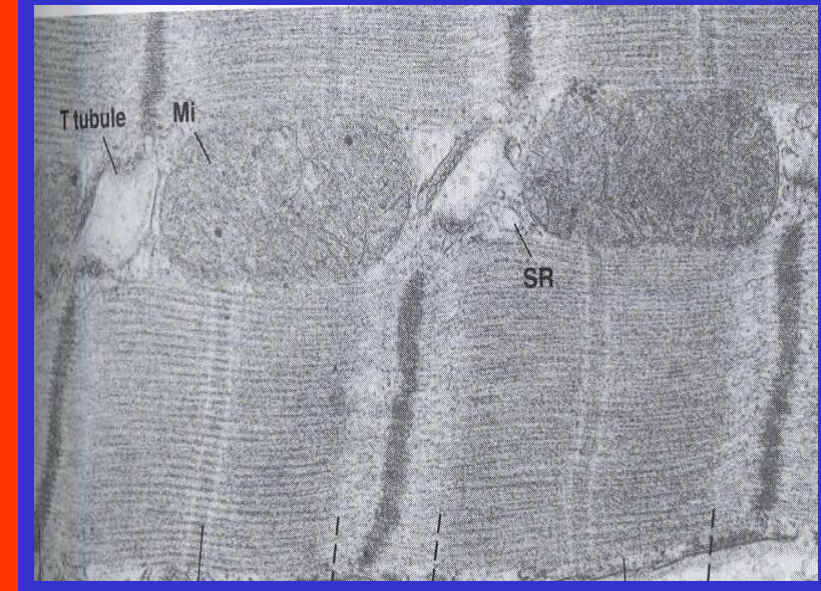
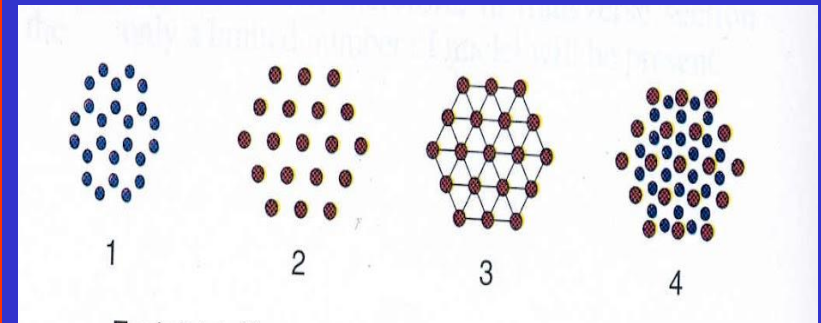
Диск I – светлый (актин,
тропонин и тропомиозин),
посредине Z- полоска
(телофрагма).



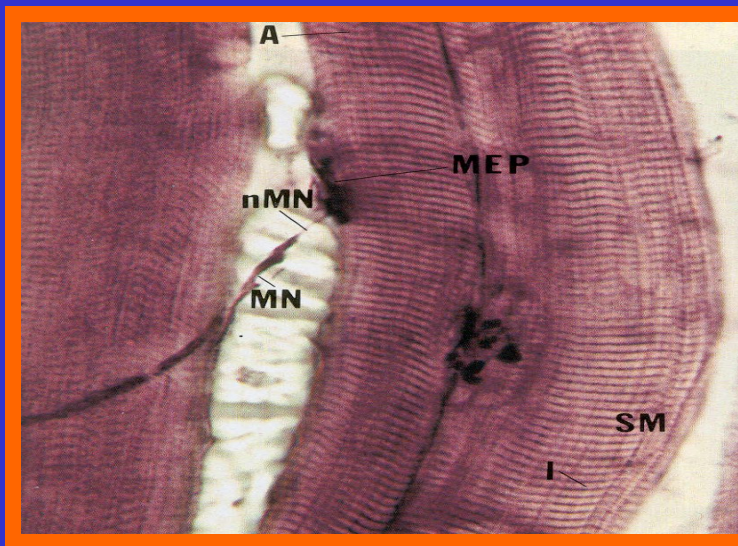
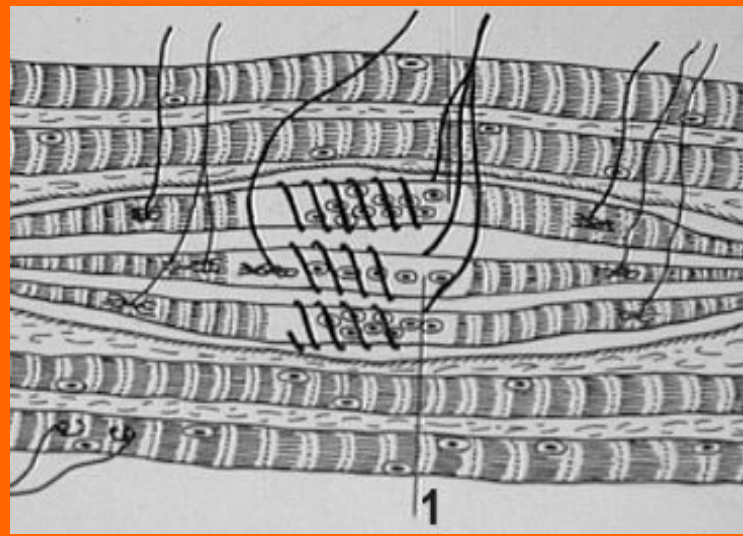
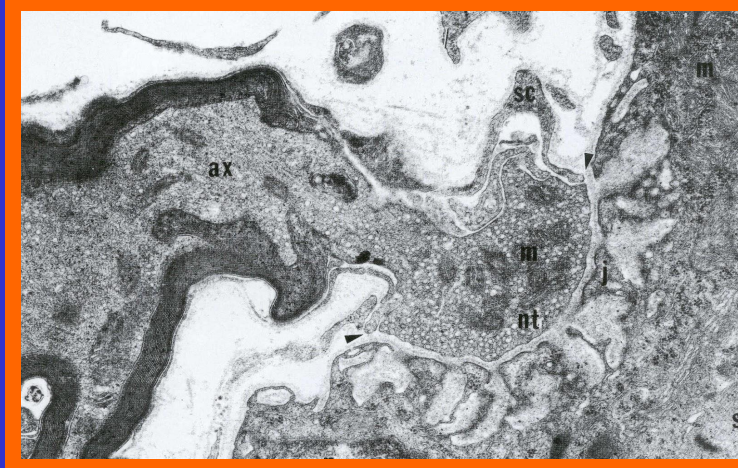
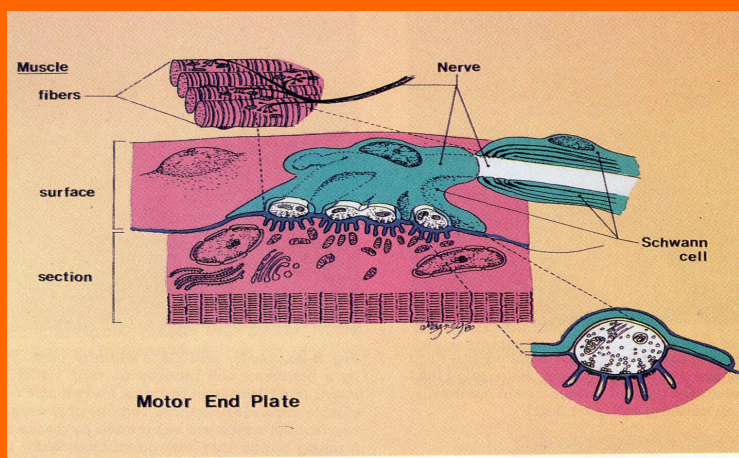
Организация миофибрилл в саркомере

Саркомер: участок между двумя телофрагмами (Z-полосками) длиной 2,5 мкм. Включает один диск А и две половины диска I слева и справа.

В процессе сокращения толстые и тонкие миофиламенты расположены гексагональным образом.



Иннервация мышечного волокна

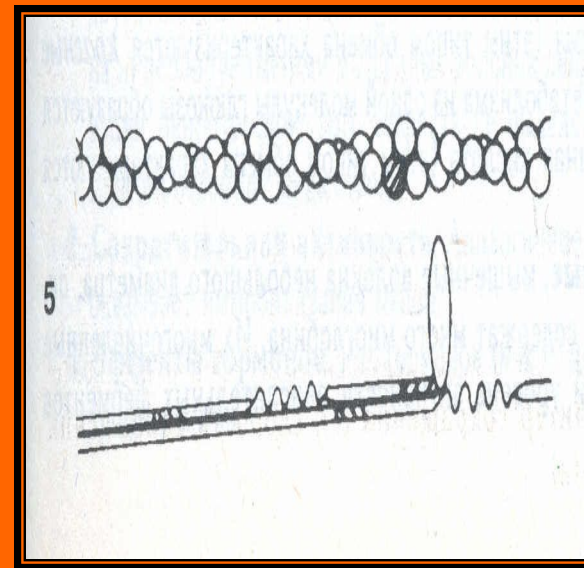
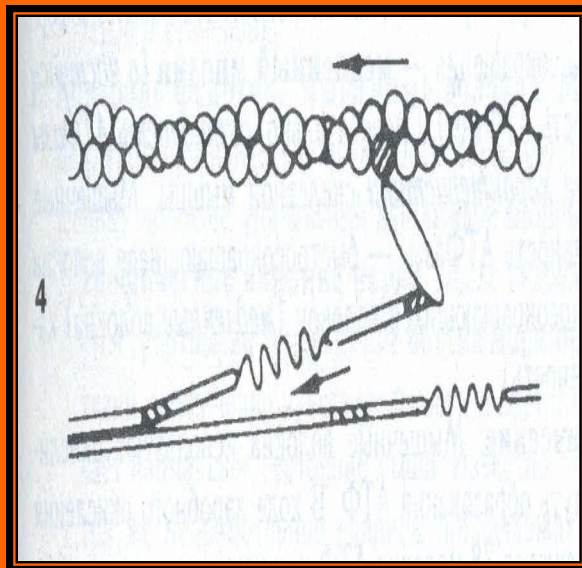
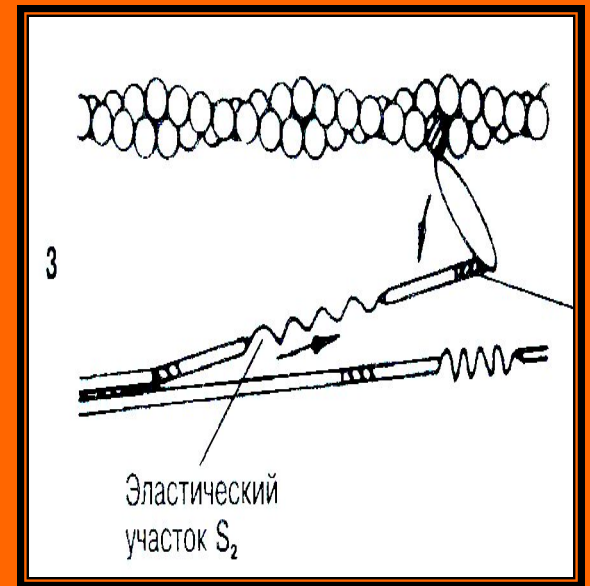
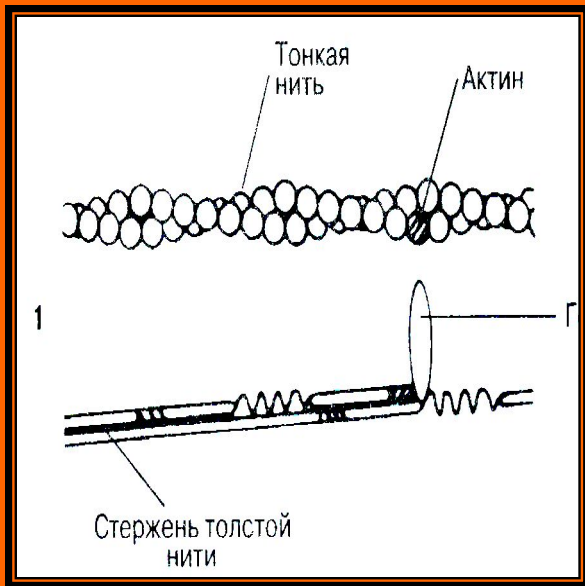


Механизм сокращения скелетной мышечной ткани

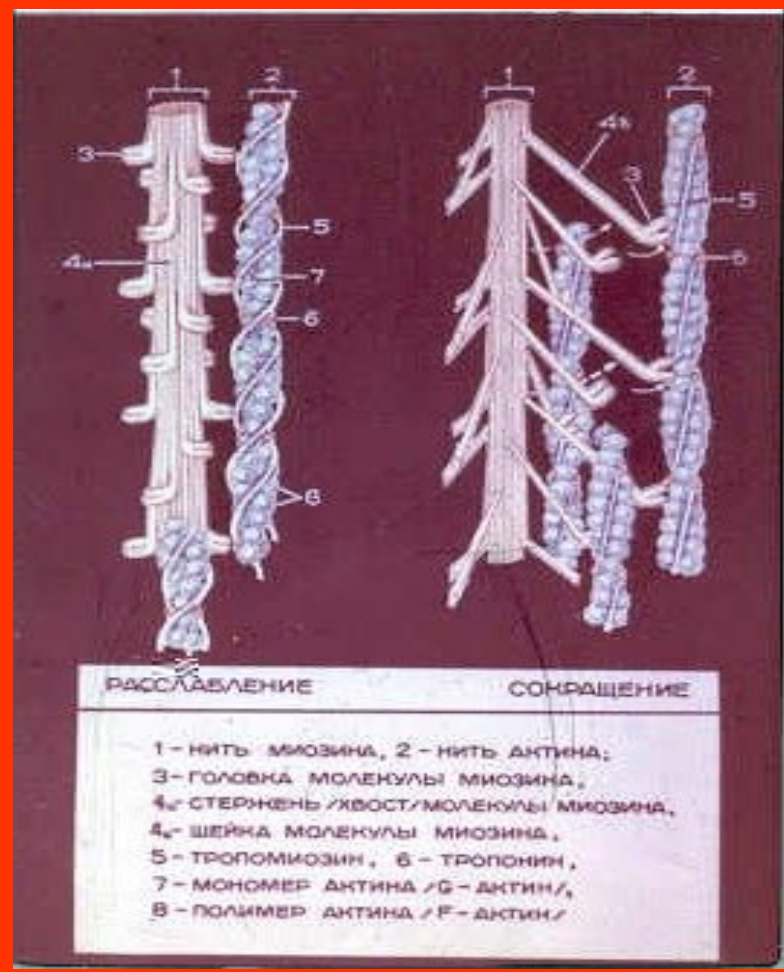
Сокращение: Сигнал поступает на Т – трубочек сарколеммы, вызывая ее деполяризацию.

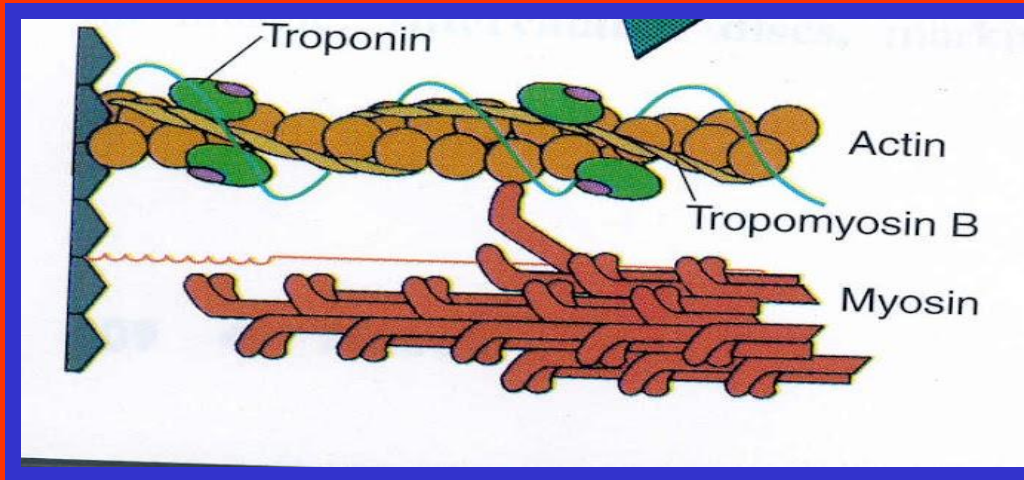
Из L-системы выходят ионы Ca^{++} , которые связываются с белком тропонином и изменяют его конформацию. При этом сдвигается тропомиозин и открывает активные центры актина. Миозин мостиком соединяется с актином. В головках миозина происходит гидролиз АТФ, высвобождается энергия и мостик актин-миозин сдвигается на 40° , втягивая актиновые филаменты между миозиновыми до Z-полоски саркомера. Происходит укорочение миофибриллы и всего мышечного волокна.

Расслабление: Миозин связывается с новой молекулой АТФ, а ионы Ca^{++} возвращаются в цистерны L-системы.

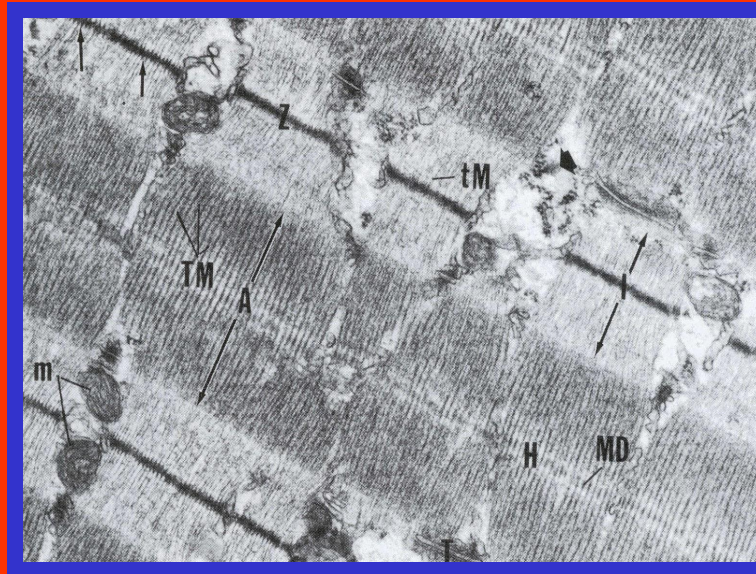


Формирование актомиозинового комплекса

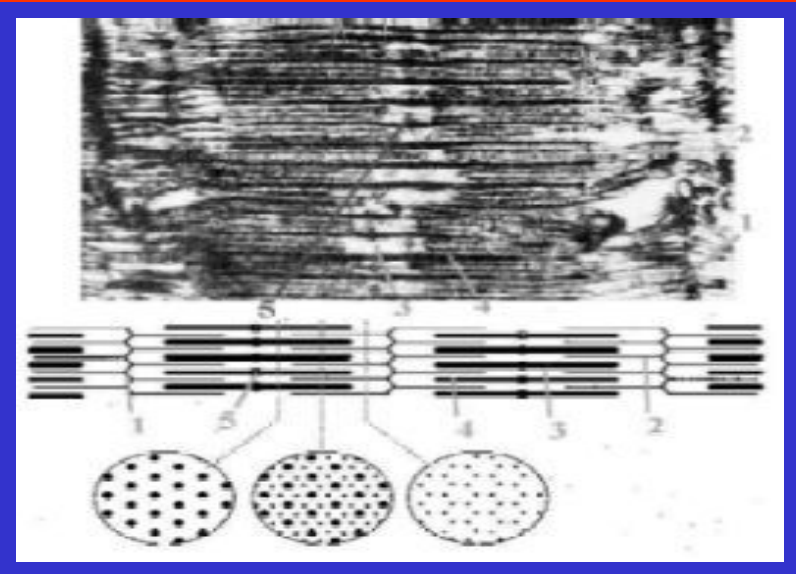




Саркомер



Расслабление



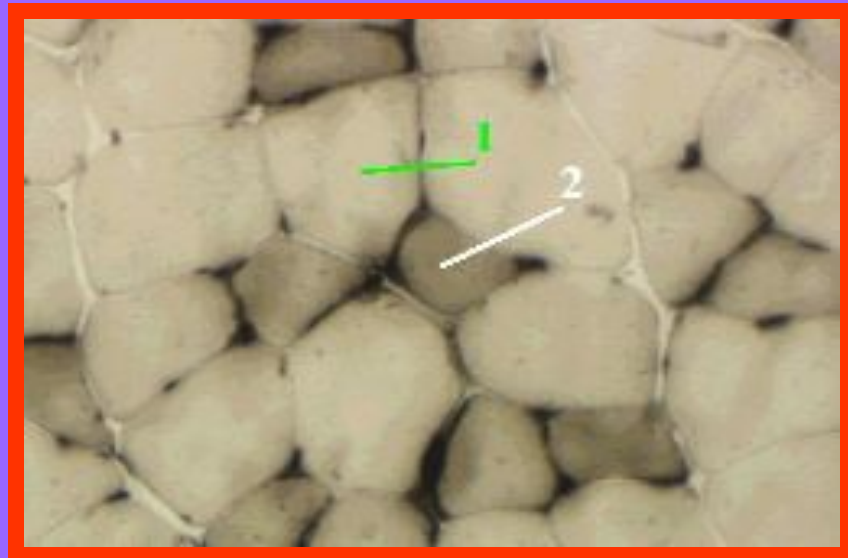
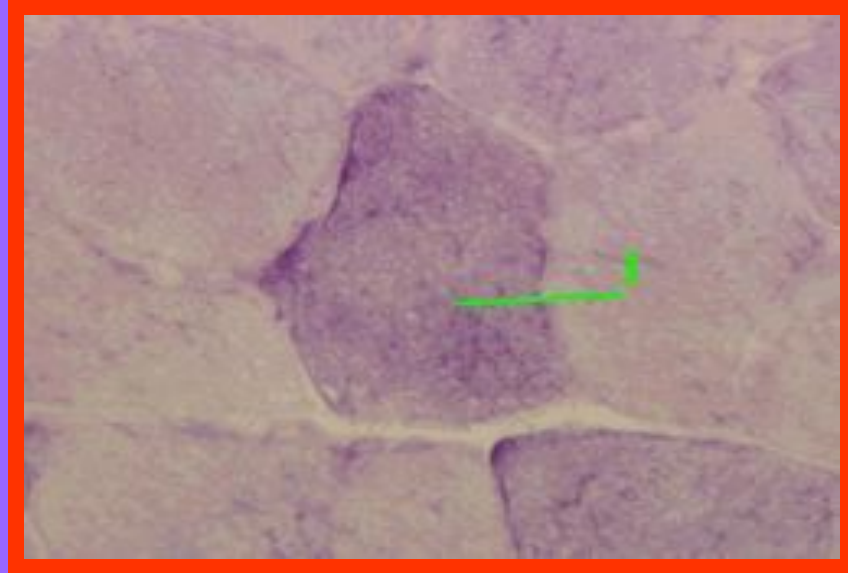
Сокращение

Типы мышечных волокон

По типу окислительного обмена, характеру и скорости сокращения:

а) Красные (окислительные) – медленного типа.

- Не очень интенсивная, но длительная работа за счет аэробного (окислительного) распада.
- Неустойчивые.
- Много миоглобина (белка, запасящего O_2), СДГ (фермента окисления), саркосом.
- Мало гликогена.
- АТФ-азная активность низкая

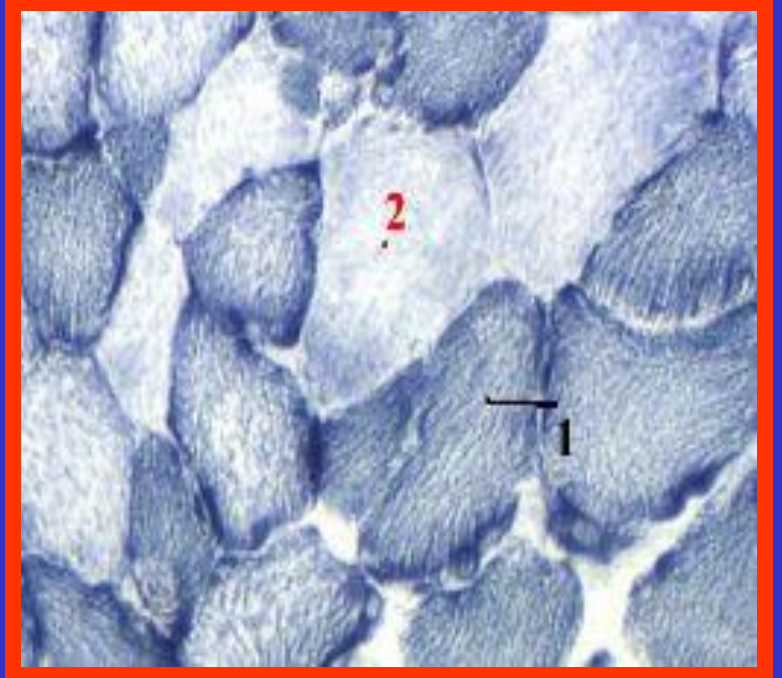
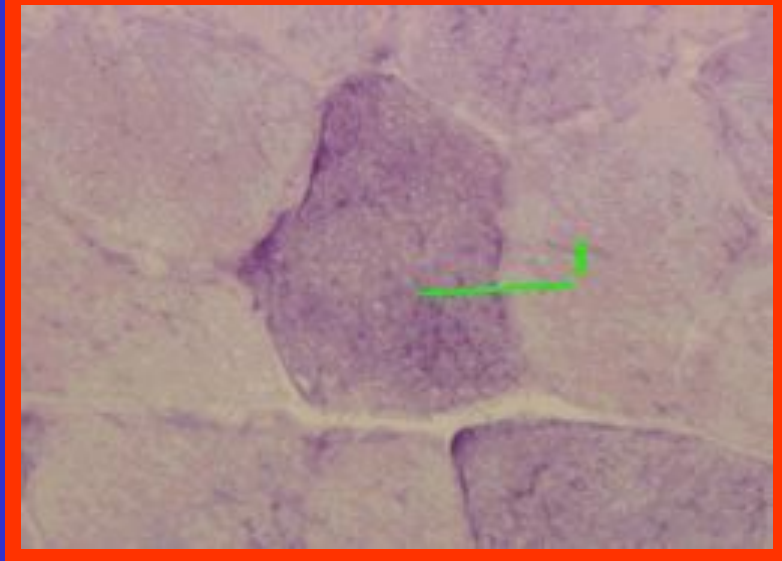


б) Белые (гликолитические) - быстрого типа.

- Интенсивная, но кратковременная работа за счёт анаэробного (неокислительного) распада.
- Быстроутомляемые.
- Мало миоглобина, СДГ, саркосом.
- Много гликогена.
- АТФ-азная активность высокая.

в) Промежуточные

- Мало утомляемые.
- Мало гликогена и миоглобина.
- Умеренный уровень окислительных ферментов.



Скелетная мышца как орган

По количеству различных типов волокон мышцы бывают:

А) **Красные** (медленные),

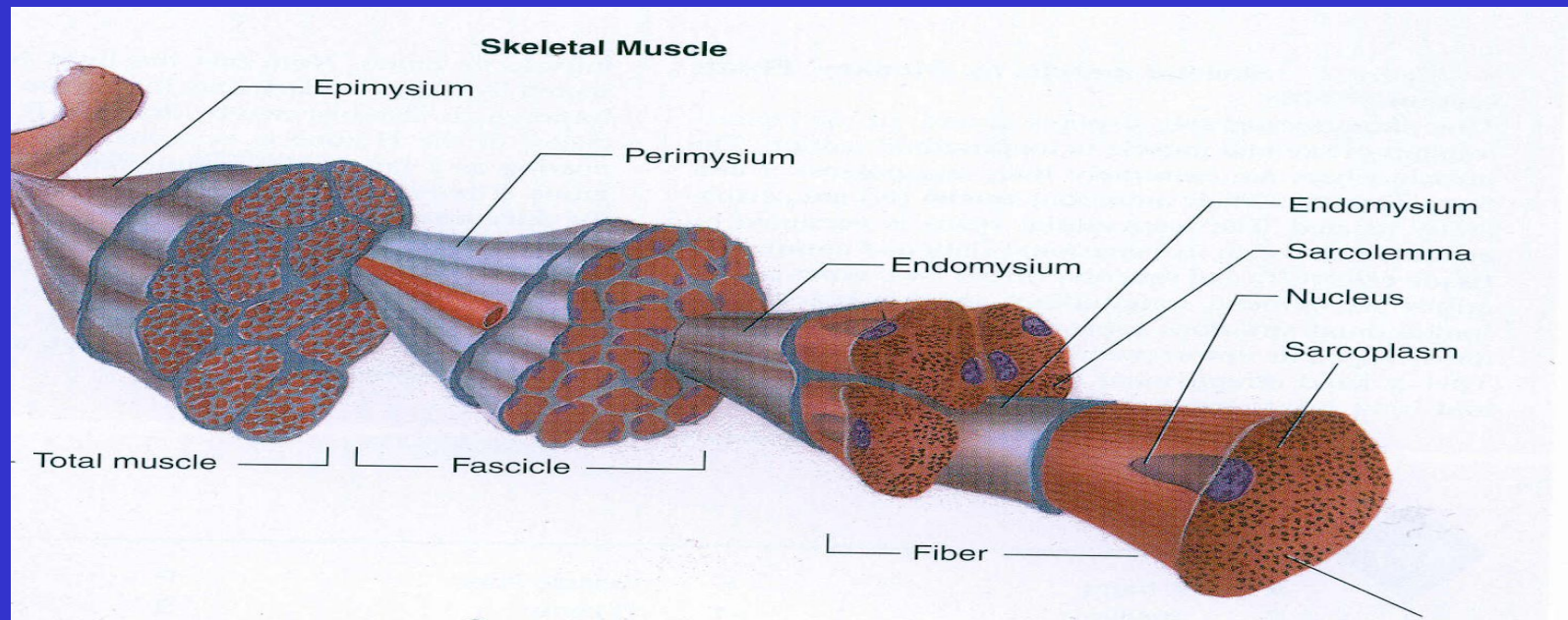
Б) **Белые** (быстрые),

В) **Смешанные**.

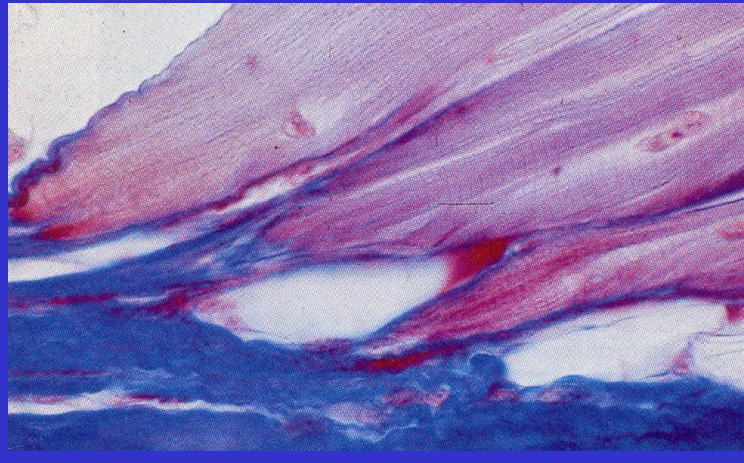
Эндомизий – прослойки рыхлой волокнистой соединительной ткани между мышечными волокнами

Перимизий – прослойки рыхлой волокнистой соединительной ткани вокруг пучков мышечных волокон

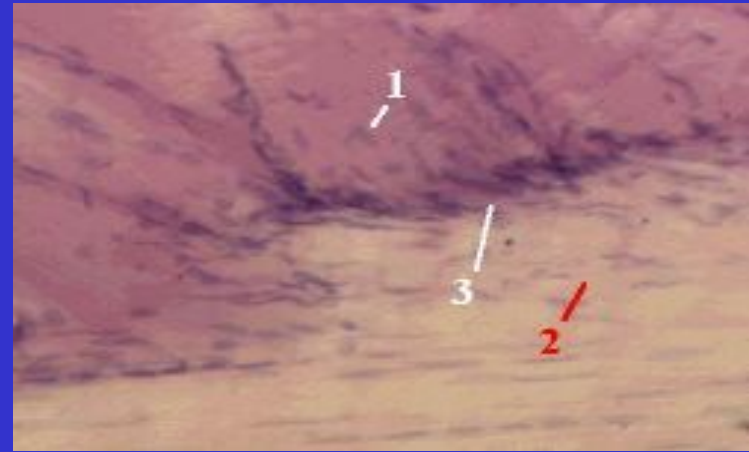
Эпимизий - толстые прослойки волокнистой соединительной ткани вокруг мышцы (фасция)



Прикрепление мышцы:



к надкостнице



к сухожилию

Морфологические особенности миосателлитоцита

- между базальной мембраной и сарколеммой
- способность к регенерации в течение всей жизни, повторяя этапы эмбриогенеза,
- камбиальный резерв скелетной мышечной ткани

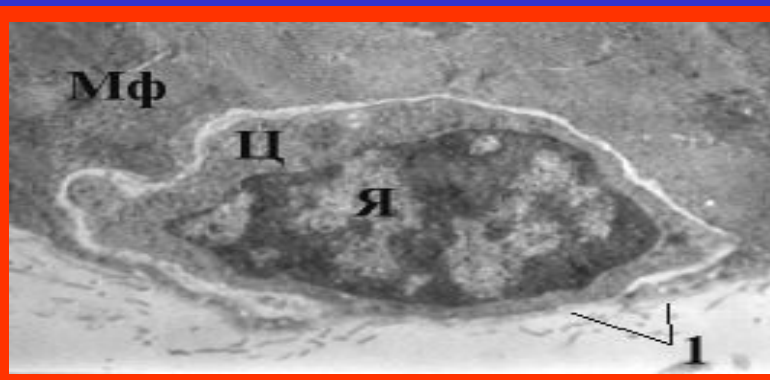
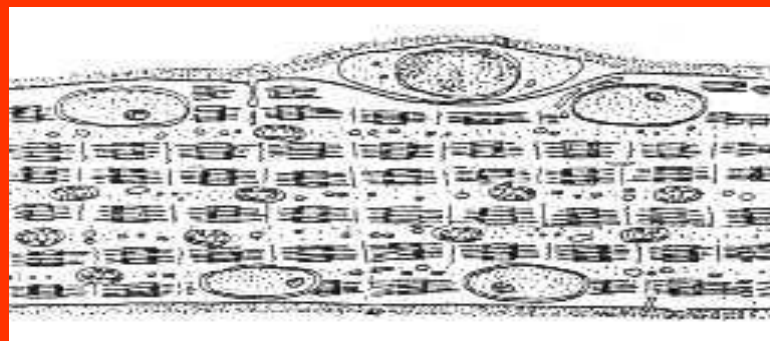
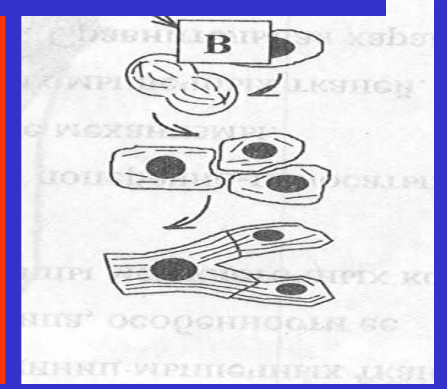
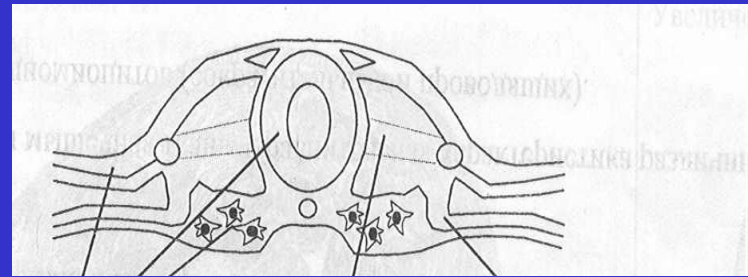


Схема развития сердечной мышечной ткани

Висцеральный листок
спланхнотома в шейной
части зародыша –
миоэпикардальная
пластинка.

Кардиомиоциты
удлиненной формы,
соединяются **вставочными**
дисками (десмосомами,
интердигитациями и
нексусами)



Особенности морфологии сердечной поперечно-полосатой мышечной ткани:

- Клеточное строение (**кардиомиоцит**)
- Три разновидности кардиомиоцитов:
 - а) **сократительные** (функция сокращения)
 - б) **атипичные** (проводящая система сердца)
 - в) **секреторные** (гормон атриопептин,
регулирующий АД)
- Клетки формируют функциональный синцитий
- Сокращение – тетаническое (непроизвольное)
- Вегетативная иннервация
- Клетки находятся в фазе G_0 клеточного цикла
- Регенерация только внутриклеточная



Особенности морфологии сократительного кардиомиоцита

Форма: цилиндрическая,
диаметр 15 мкм

1. Опорный аппарат:

- Двухслойная сарколемма:

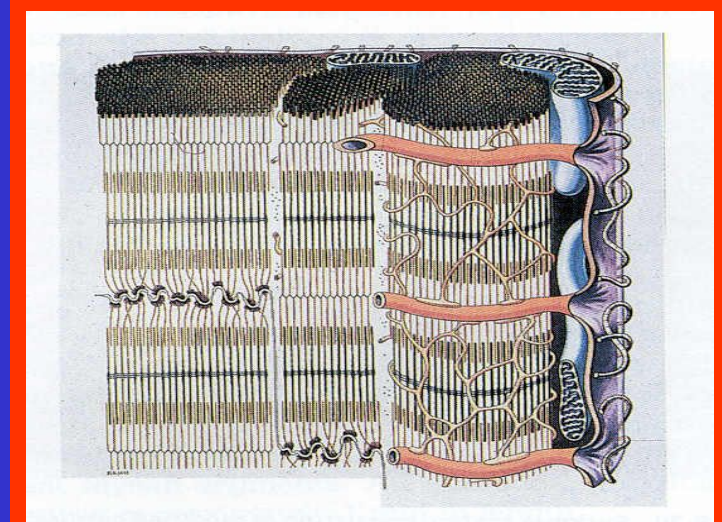
а) цитолемма

б) базальная мембрана + ГАГ

- Т-трубочки (нервный сигнал)

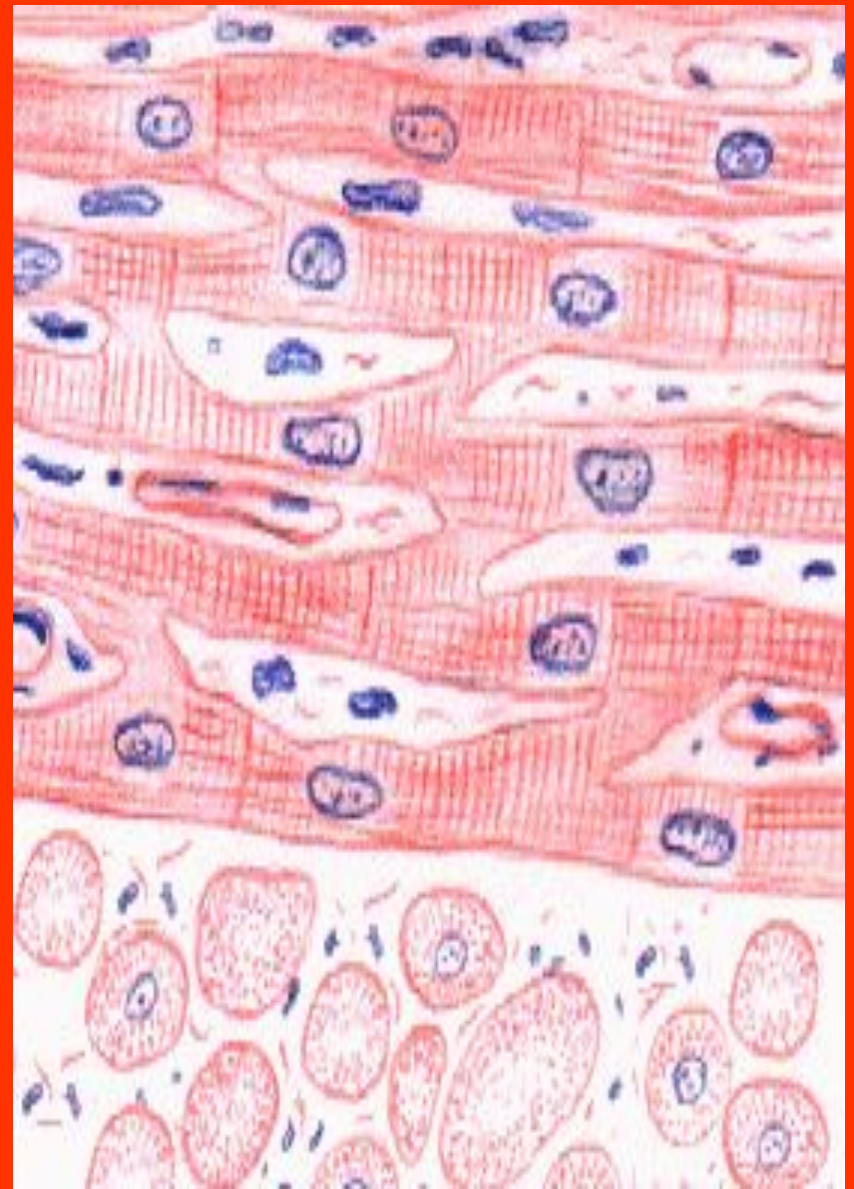
- Телофрагмы (места
прикрепления миофиламентов)

- Вставочные диски



2. Трофический аппарат:

- 1 или 2 ядра в центре
- саркоплазматическая сеть (L-система) – депо Ca^{++}
- Гранулярная ЭПС
- Саркосомы – в большом количестве, крупные, трехмерная сеть
- Включения гликогена, миоглобина, липидов



3. Сократительный аппарат

Постоянная
миофибрилла из
чередующихся:

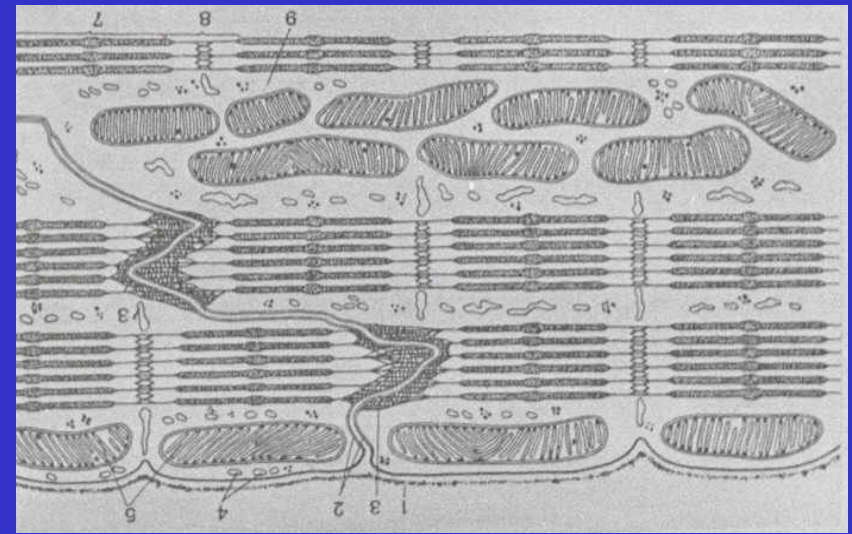
а) тонких (актиновых)
миофиламентов –

посредине Z - полоска

б) толстых (миозиновых)
миофиламентов -

посредине M - полоска

T-трубочки образуют на
уровне Z- полоски диаду



Особенности морфологии проводящего кардиомиоцита:

- Овальной формы, диаметр 50 мкм
- Ядро в центре
- Саркосомы мелкие, мало
- Миофибриллы – мало, на периферии
- Отсутствуют Т-трубочки и вставочные диски
- Контакты между клетками: интердигитации, десмосомы
- Много включений гликогена, мало миоглобина.

