

МЫШЕЧНАЯ ТКАНЬ

**Классификация,
морфофункциональная
характеристика**

Мышечная ткань

Мышечные ткани – это группа тканей, имеющая различное происхождение и строение, но объединенная по функциональному признаку – сократимости.

Функции мышечной ткани

- Выполняют сократительную функцию
- Приводят в движение рычаги скелета,
- Обеспечивают ритмическую деятельность миокарда и гемоциркуляцию в сосудах,
- Участвуют в регуляции перистальтики ЖКТ, функционировании сфинктеров,
- Поддерживают нормальный тонус сосудов и полых внутренних органов

Общие свойства мышечных тканей

1. Структурные элементы мышечных тканей (клетки, волокна) обладают **удлиненной формой**;
2. Наличие специальных органелл, обеспечивающих сократимость - **миофиламентов, миофибрилл**, расположенных продольно;
3. Присутствует кислород-связывающий железосодержащий белок **миоглобин** (способствует повышению активности процессов окислительного фосфорилирования)

Общие свойства мышечных тканей

- Содержат много **митохондрий**.
- Имеют запасы углеводов в виде гранул **гликогена** и запасы жиров в виде липидных капель.
- Наличие Ca^{2+} - повышение концентрации **ионов Ca^{2+}** в цитоплазме (саркоплазме), что происходит в ответ на нервное воздействие.
- Хорошо развиты структуры, осуществляющие *накопление и выделение Ca^{2+}* (аЭПС, кавеолы).

Общие свойства мышечных тканей

- Сокращение происходит по принципу **скольжения** толстых и тонких **миофиламентов** друг относительно друга - путём попеременного замыкания и размыкания между ними **мостиков**. За счёт этого уменьшается длина волокна или клетки.
- АТФ – является источником энергии при сокращении миофибрилл, образуется (из АДФ и фосфата) за счёт энергии распада веществ (в митохондриях) и разрушается (до АДФ и фосфата) в процессе сокращения, высвобождая при этом энергию.

Классификация

Классификация мышечных тканей **основана на их признаках:**

- ◆ ***Строения и функции***
(морфофункциональная классификация)
- ◆ ***Происхождения***
(гистогенетическая классификация).

Морфологическая классификация

- **Гладкие**
- **Поперечно-полосатые**
- *Скелетная*
- *Сердечная*

Поперечно-полосатые мышечные ткани

- Сердечная мышечная ткань - из миоэпикардальной пластинки (находящейся в составе висцерального листка спланхнотома).

Гистогенетическая классификация

- **Соматического типа** (миотомы)
- **Целомического типа** (миоэпикардальная пластинка)
- **Мезенхимного происхождения** (стенки сосудов и внутренних органов)
- **Эпидермального происхождения** (миоэпителиальные клетки потовых, молочных, слюнных, слезных желез)
- **Нейрального происхождения** (мышцы: расширяющая и суживающая зрачок)

Происхождение мышечных тканей

- **Гладкие (неисчерченные) мышечные ткани**
- Мезенхимного происхождения - гладкая мышечная ткань сосудов и внутренних органов
- Нейрального происхождения - мышцы радужки глаза (расширяющая и суживающая зрачок)
- Миоэпителиального происхождения из эктодермы - клетки экзокринных желез

Гладкая мышечная ткань

- Гладкая мышечная ткань образована ***гладкими миоцитами.***
- Развивается **из мезенхимы** по следующей схеме:
- *мезенхимная стволовая клетка*
- *гладкий промиобласт*
- *гладкий миобласт*
- *малодифференцированный гладкий миоцит*
- *зрелый гладкий миоцит.*

Строение гладкого миоцита

- **гладкие миоциты** - клетки веретеновидной и звёздчатой формы (миоэпителиальные клетки)
- Длиной 20-500 мкм, шир. 5-8 мкм.
- Палочковидное ядро в центре
- Содержат *тонкие (актиновые) и толстые (миозиновые) миофиламенты.*
- **Каждый гладкий** миоцит окружён – базальной мембраной и узкой прослойкой рыхлой соединительной ткани –

Строение гладкого миоцита

- В гладких миоцитах хорошо выражена гранулярная ЭПС и КГ.
- Кроме сократительной функции, могут выполнять и другую – синтетическую:
- подобно фибробластам могут синтезировать **компоненты межклеточного вещества** – протеогликаны, коллаген, эластин и пр.
- Много митохондрий, глыбки гликогена, свободные рибосомы и полирибосомы

Строение гладкого миоцита

- Миофибриллы лишены регулярной организации, поэтому у клеток в нет поперечной исчерченности - термин "**гладкие**" в названии клеток и ткани.
- *Тонкие* (актиновые) миофиламенты образуют трехмерную сеть и состоят только из актина (т.е. не содержат тропонина и тропомиозина) и прикрепляются к т.н. **плотным тельцам** (аналогам телофрагмы, сшивающими белками), которые связаны с плазмолеммой, либо находятся в цитоплазме.

Гладкая мышечная ткань

- Несмотря на разное строение, плотные пластинки плазмолеммы и плотные тельца цитоплазмы содержат те же белки (**а-актинин** и пр.), что и **телофрагма** в поперечнополосатых мышечных тканях и служат местом прикрепления тонких **миофиламентов**

Гладкая мышечная ткань

- *Толстые* же (миозиновые) миофиламенты в состоянии покоя распадаются на фрагменты или даже отдельные молекулы миозина и поэтому не имеют фиксированного положения.
- В покое в клетках ***нет миофибрилл***
- Поэтому клетки не имеют поперечной исчерченности.

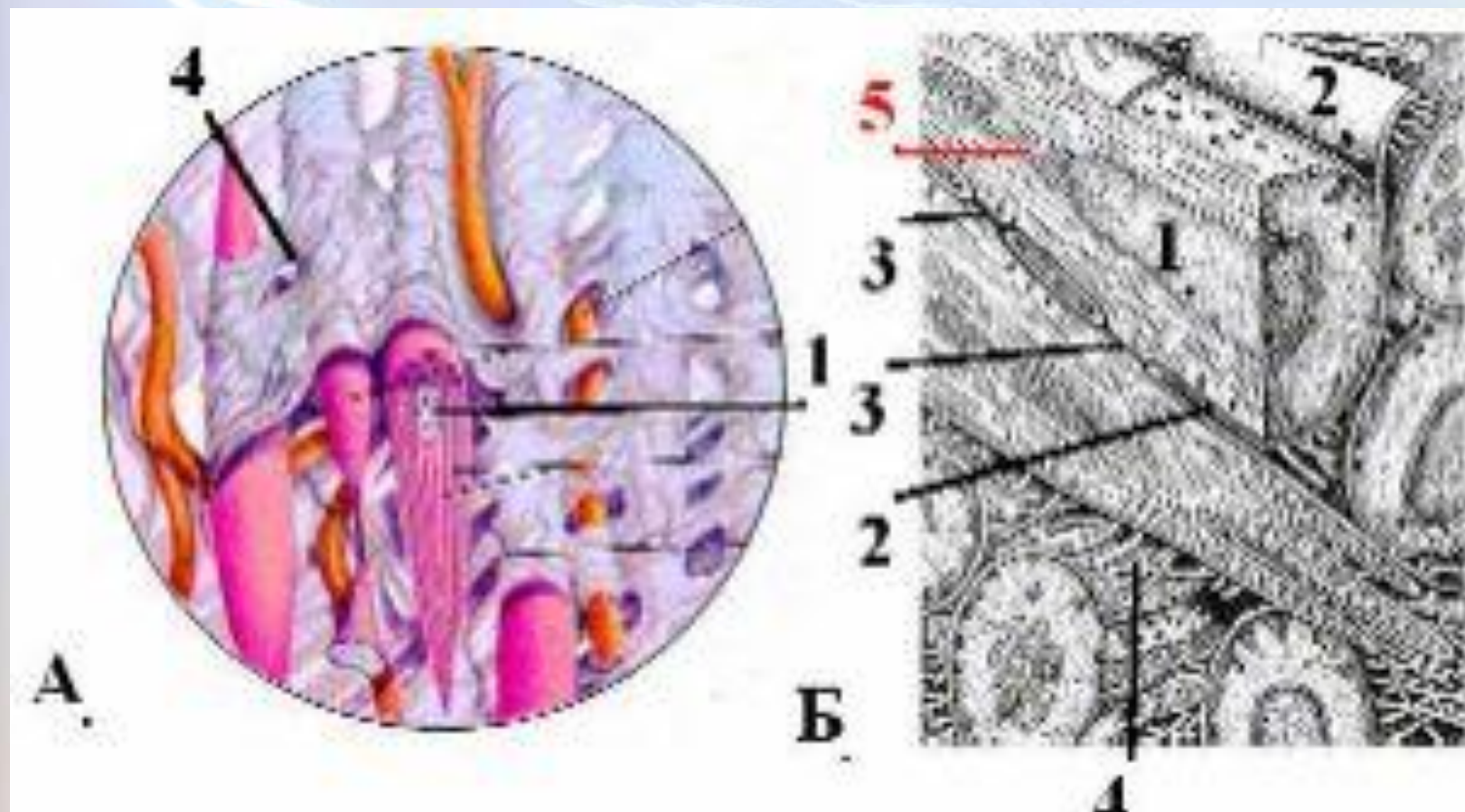
Строение гладкого миоцита

- Плазмолемма образует кавеолы (впячивания) – в них Ca^{2+}
- Ионы Ca^{2+} поступают в цитозоль *из межклеточной среды*, путем образования кавеол
- Гладкие миоциты *не содержат* тех специфических мембранных систем (*T-трубочек и L-каналцев*)
- Миоциты окружены базальной мембраной
- Миоциты соединены нексусами

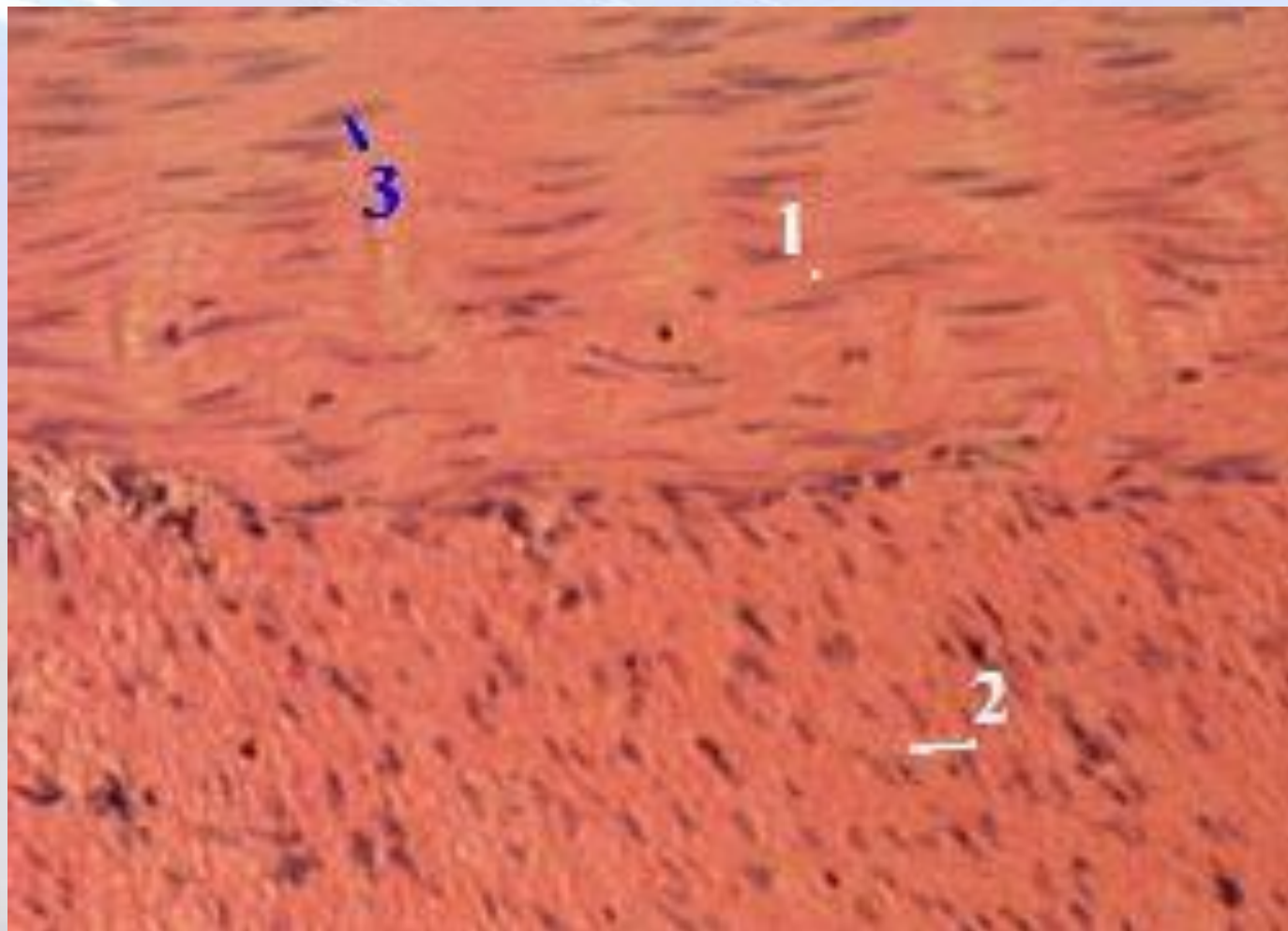
Гладкая мышечная ткань

- **Функциональные особенности:**
- Иннервируется вегетативной нервной системой и потому не может напрямую управляться волей человека.
- Сокращения – значительно более медленные, но и более продолжительные.

Гладкая мышечная ткань



Гладкая мышечная ткань



Механизм сокращения

- Под влиянием нервного импульса из внешней среды в клетку с помощью кавеол и через Ca^{2+} -каналы начинают поступать ионы Ca^{2+} .
- Ионы Ca^{2+} влияют на состояние **толстых** миофиламентов (не тонких!)
- Ионы Ca^{2+} , связываются с белком **кальмодулином** и активируют **миозинкиназу**, которая фосфорилирует молекулы миозина.
- Такая модификация миозина придаёт способность его молекулам - объединяться в толстые миофиламенты и взаимодействовать с тонкими миофиламентами.

Механизм сокращения

- Толстые миофиламенты внедряются между тонкими – образуются временные миофибриллы.
- Миофиламенты перемещаются навстречу друг другу (за счёт образования и разрыва мостиков и гидролиза АТФ).
- В результате плотные тельца сближаются, что и означает сокращение миоцита.

Регенерация и обновление

- В обычных условиях новообразования гладких миоцитов **не происходит.**
- Обновление ткани совершается на субклеточном и молекулярном уровнях.
- **При функциональной нагрузке** (например, в матке при беременности) **и патологических состояниях**, например, при аденоме простаты) масса гладкомышечной ткани в органе может значительно увеличиваться.

Регенерация и обновление

- Это происходит двумя способами:
- путём **гипертрофии** (увеличения размеров) миоцитов и за счёт **гиперплазии** (увеличения числа) гладких миоцитов.
- Гиперплазию обеспечивают, малодифференцированные (камбиальные) клетки или зрелые миоциты, приобретающие способность к делениям при стимулирующих воздействиях.

Скелетная мышечная ткань

- Локализация **скелетной** мышечной ткани:
- образует скелетные мышцы.
- составляют 25-50% от общей массы тела и иннервируются соматической нервной системой, отчего их сокращением можно произвольно управлять.

Образование мышечных волокон

- Скелетная мышечная ткань - из клеток миотома образуются промиобласты и миобласты, которые активно делятся, выстраиваются в цепочки и сливаются, формируя **мышечные трубочки** (миотубы).
- **Миосателлиты** развиваются из того же источника, но по более укороченной схеме: клетки миотомов - в промиобласты – в миосателлиты.

Скелетная мышечная ткань

- Основной элемент скелетной мышечной ткани – **мышечные волокна**.
- Волокно включает 2 компонента:
- **миосимпласт** – очень длинную цилиндрическую структуру со множеством ядер, которая занимает практически всё волокно и способна к сокращению,
- **миосателлиты (миосателлитоциты)** – мелкие одноядерные клетки, которые играют роль камбия.
- Мышечное волокно окружено **базальной мембраной**.

Скелетная поперечнополосатая мышечная ткань

- Размеры волокон:
- Диаметр мышечных волокон – 50-70 мкм, что почти в 10 раз больше диаметра эритроцита (7,5 мкм)
- Длина волокна совпадает с длиной соответствующей мышцы, т.е. измеряется сантиметрами и десятками сантиметров.

Скелетная поперечнополосатая мышечная ткань

- Мышечные волокна отличаются
- *высокой оксифилией*: они интенсивно красятся эозином в ярко-розовый цвет, за счет высокого содержания белков.
- Ядра располагаются по периферии под плазмолеммой;
- 95% наблюдаемых ядер принадлежит миосимпластам и лишь 5% – миосателлитам.
- Центриоли в миосимпластах отсутствуют;

Скелетная мышечная ткань

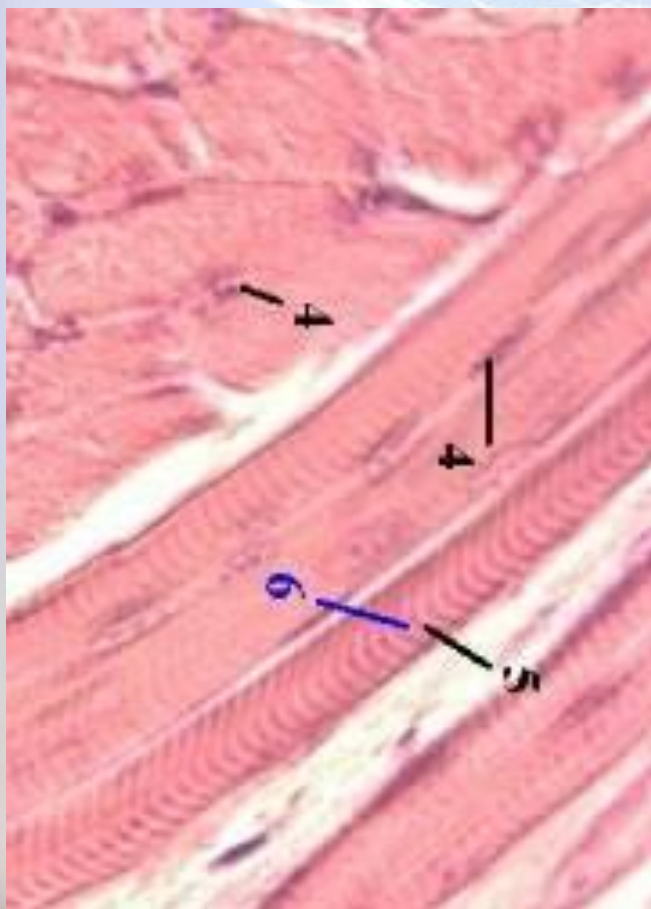
- В отношении миосимпластов вместо термина "цитоплазма" используется термин "саркоплазма" (греч. sarcos – мясо).

- Не надо путать **три уровня нитевидных структур** в мышечных тканях:
- мышечные **волокна** (истинные или функциональные) - неклеточные структуры,
- мио**фибриллы** - сократительные органеллы в миосимпластах и кардиомиоцитах
- мио**филаменты** - гораздо более тонкие и короткие нити, из которых состоят миофибриллы.

Поперечная исчерченность

- Благодаря особой укладке миофиламентов, миофибриллы имеют поперечную исчерченность: в них регулярно чередуются светлые и тёмные полосы.
- Миофибриллы занимают около **70% объёма** миосимпласта.
- *Диаметр миофибриллы – 1,5 мкм.*
- *В мышечной волокне содержится около 1400 миофибрилл.*
- поперечная исчерченность наблюдается также **на уровне всего волокна.**

Скелетная мышечная ткань



Поперечная исчерченность

- Поперечная исчерченность мышечного волокна обусловлена исчерченностью отдельных миофибрилл:
- В каждой миофибрилле закономерно чередуются светлые полосы, или ***I-диски*** (изотропные), шириной (в покое) 0,8 мкм,
- И тёмные полосы – ***A-диски*** (анизотропные), шириной 1,5 мкм.

Тонкие миофиламенты

- Тонкие, или актиновые, миофиламенты образованы глобулярным белком ***актином***.
- Примерно 350 молекул последнего объединяются в двойную спираль.
- Со спиралью связаны ещё два белка (по 50 молекул): глобулярный белок ***тропонин*** и фибриллярный белок ***тропомиозин***.

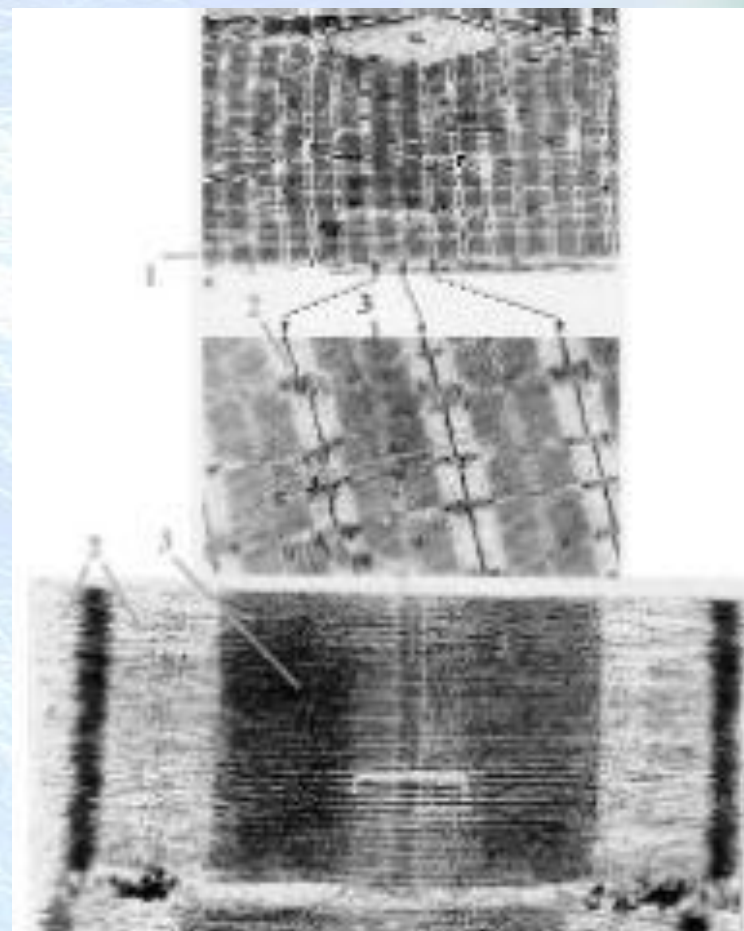
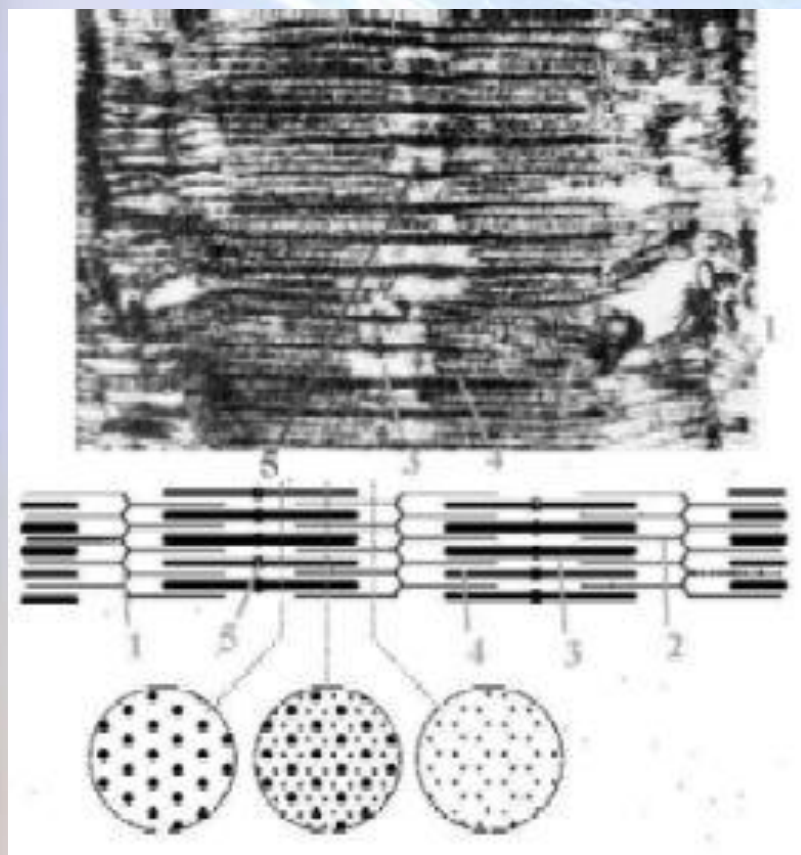
Тонкие миофиламенты

- Функциональная роль тропонина и тропомиозина состоит в том, что они влияют на взаимодействие актина с толстыми миофиламентами.
- В состоянии покоя эти белки блокируют активные центры актина, что исключает взаимодействие миофиламентов.

Тонкие миофиламенты

- Тонкие филаменты прикрепляются к телофрагме (т.е. к белку актинину) с обеих её сторон. Таким образом, в каждом саркомере - **две группы актиновых филаментов**, идущих от соседних телофрагм навстречу друг другу.
- Всего в саркомере – примерно 5600 тонких миофиламентов.

САРКОМЕР



Толстые миофиламенты

- Толстые (миозиновые) миофиламенты образованы белком **МИОЗИНОМ**.
- Молекула миозина состоит из нескольких пептидных цепей и включает:
- "стержень" - длинную палочковидную часть и двойную "головку".
- В толстом миофиламенте – примерно 300 молекул миозина, стержни плотно упакованы в толстом филаменте, а головки выступают наружу и при сокращении участвуют во взаимодействии с тонкими филаментами.

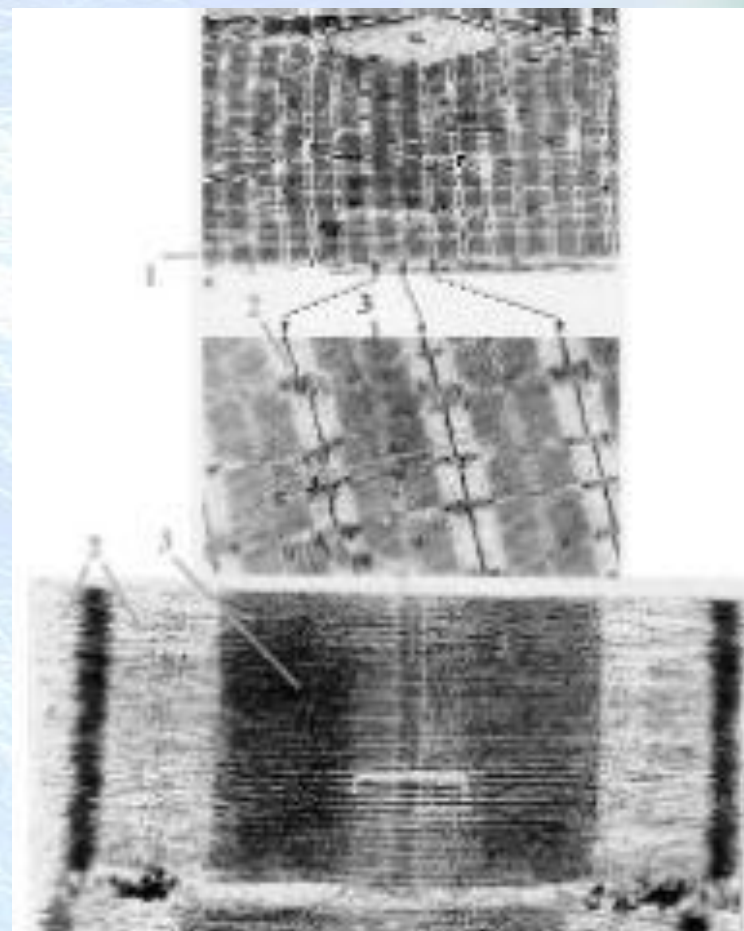
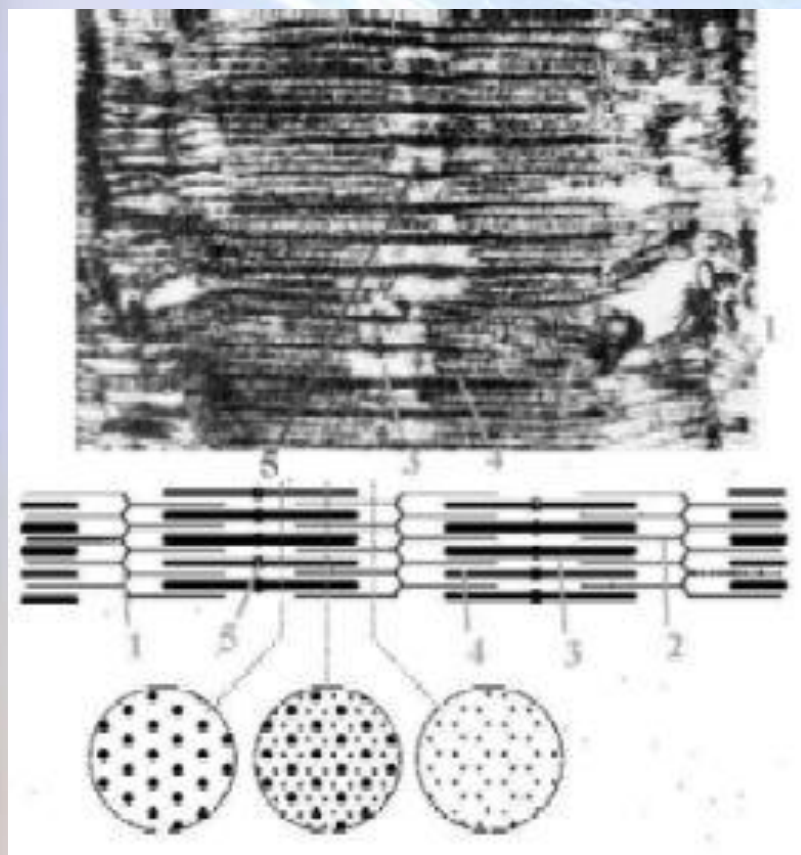
Толстые миофиламенты

- Толстые миофиламенты крепятся своей срединной частью к **мезофрагме** (образованной М-белком).
- Длина толстых миофиламентов равна ширине тёмного (А-) диска, и само существование этого тёмного диска обусловлено присутствием здесь толстых миофиламентов.
- От толстых миофиламентов по всей длине отходят нити из белка **титина**, прикрепляющиеся к телофрагме.
- Они предохраняют мышечное волокно от перерастяжения.

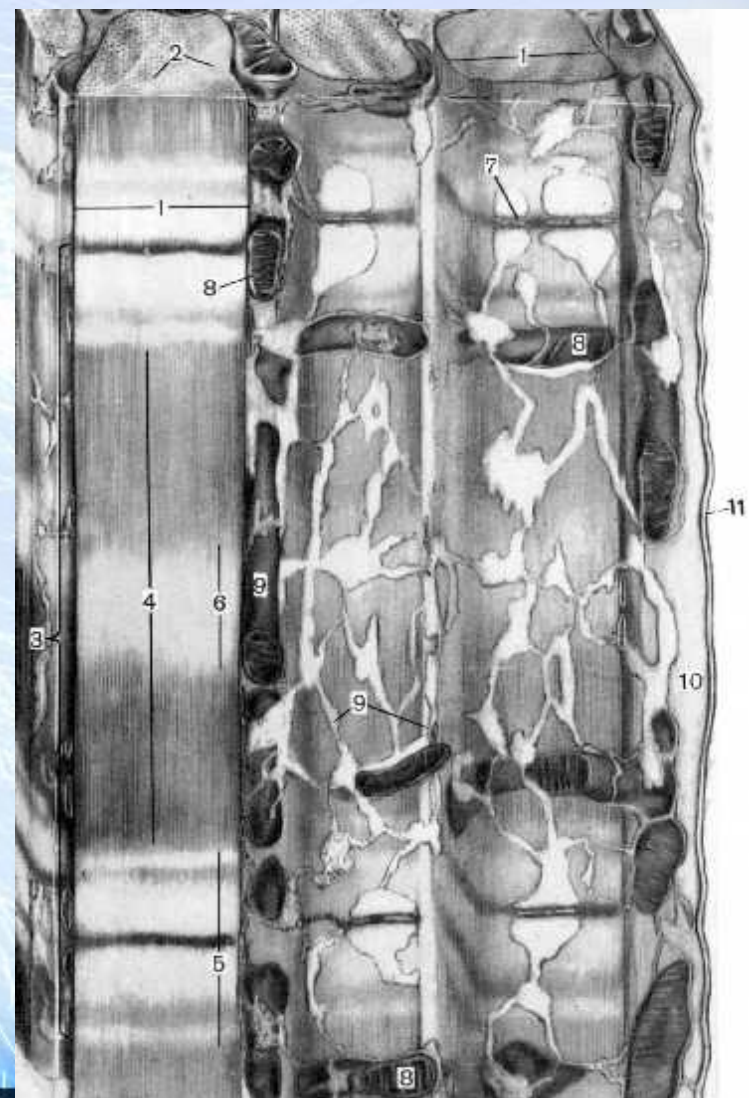
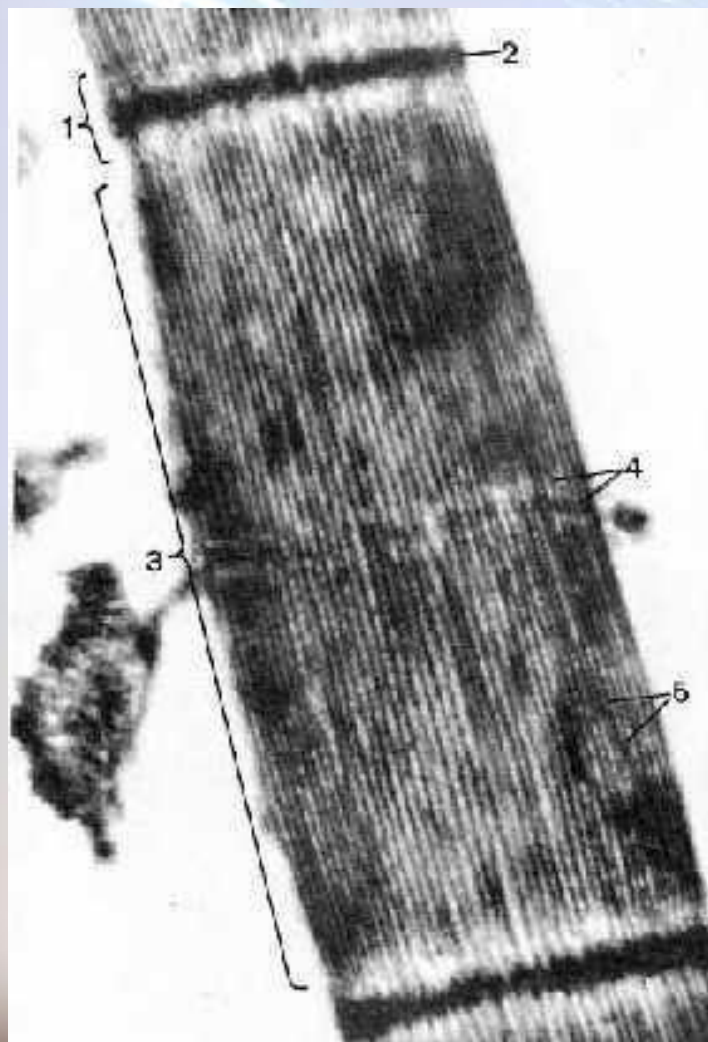
Саркомер

- ***Саркомер – это участок миофибриллы между двумя соседними телофрагмами.***
- **Саркомер** включает два полудиска I (прилегающие к соседним Z-линиям) и находящийся между ними диск A.
- В покое длина саркомера составляет 2,3 мкм.

САРКОМЕР



Саркомер



- Всего в саркомере – около 1400 толстых миофиламентов, что в 4 раза меньше общего количества тонких миофиламентов.
- В области перекрывания толстые и тонкие миофиламенты расположены гексагональным образом, причём так, что вокруг каждого толстого миофиламента находятся 6 тонких, а вокруг каждого тонкого - 3 толстые

- Таким образом, упорядоченность расположения миофиламентов в миофибрилле и миофибрилл в миосимпласте поддерживается с помощью ряда опорных структур: известных нам **телофрагмы, мезофрагмы, нитей титина (Z-линия), промежуточных филаментов** и **костамеров**.

Телофрагма

- В центре светлого диска располагается **телофрагма** (видимая как Z-линия) - это сетчатая пластинка из белковых фибриллярных молекул α -актинина (не путать с актином!) и некоторых других белков, которая расположена поперёк миофибрилл и служит местом крепления *тонких* миофиламентов.

Мезофрагма

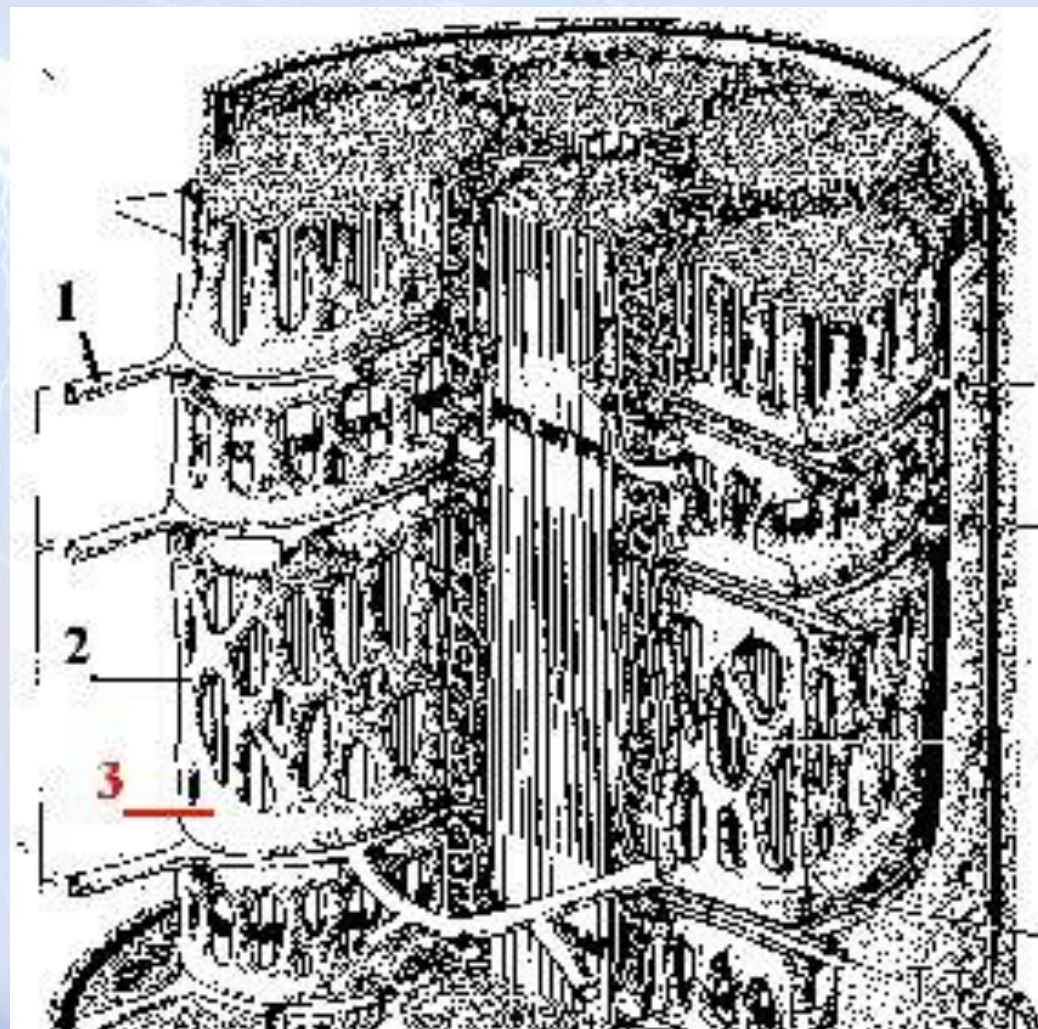
- В центре темного диска А находится относительно более светлая Н-зона (шириной в покое 0,5 мкм), а в её центре – ***М-линия***, или ***мезофрагма*** – сеть из миомиозина, к ней прикрепляются миозиновые филаменты.

- **Промежуточные филаменты** образованы в миосимпластах белком **десмином**, которые связывают *соседние телофрагмы* миофибриллы и миофибриллы с мембранными структурами симпласта.
- **Костамеры** - это кольца из белка **винкулина**, которые расположены под плазмолеммой и прикрепляют к ней I-диски подлежащих миофибрилл.

Для передачи возбуждения от плазмолеммы к миофибриллам в миосимпластах существуют специальные мембранные структуры:

- Т-трубочки и L-каналы с терминальными цистернами:
- **Т-трубочки** – это глубокие каналобразные впячивания **плазмолеммы**, которые идут в поперечном направлении вокруг миофибрилл.
- **L-каналы** – это компонент **гладкой ЭПС**, которые имеют вид *петель*, окружающие каждую миофибриллу и ориентированы вдоль её длинной оси.

T-трубочки и L-каналы



Аккумуляция ионов Ca^{2+} в цистернах

- **За счет - Ca^{2+} -насосов и Ca^{2+} -каналов:**
- Ca^{2+} -насос закачивает внутрь цистерн ионы Ca^{2+} , поэтому в состоянии покоя вне цистерн, в саркоплазме – очень низкая концентрация ионов Ca^{2+} , а внутри цистерн – **высокая концентрация ионов Ca^{2+}** .
- **Ca^{2+} -каналы** - в покоем мышечном волокне закрыты, а при возбуждении открываются.

Механизм сокращения

- При возбуждении мышечного волокна в сарколемме возрастает содержание ионов Ca^{2+} .
- В тонких миофиламентах меняется конфигурация комплексов тропонин-тропомиозин, в результате освобождаются центры **актина**.
- С освободившимися центрами связываются миозиновые головки – образуются **мостики** между толстыми и тонкими миофиламентами.

- АДФ и фосфат вытесняются актином из связи с миозиновыми головками.
- Напряжённая конформация миозиновых головок создаёт силу, тянущую тонкие и толстые миофиламенты навстречу друг другу. –
- Происходит их взаимное **перемещение** на некоторое расстояние –
- тонкие МФ вдвигаются ещё глубже между толстыми МФ.
- В итоге миозиновые головки переходят в менее напряжённое состояние.

- Размыкание мостиков с помощью АТФ - головки связывают новые молекулы **АТФ** – и это приводит к **размыканию мостиков**: АТФ вытесняет актин из комплексов с миозиновыми головками.
- Миозиновые головки катализируют распад АТФ (до АДФ и фосфата) и за счёт энергии этого распада вновь приобретают способность вступить в **новый цикл**.

- В итоге в саркомерах миофибрилл
- *I-диски и светлая (H-) зона А-диска становятся тоньше, а тёмные участки А-диска – шире.*
- *Общая ширина А-дисков, не меняется: она определяется постоянной длиной толстых миофиламентов.*
- *За счёт же укорочения I-полудисков саркомеры, а с ними и мышца в целом, тоже укорачиваются.*

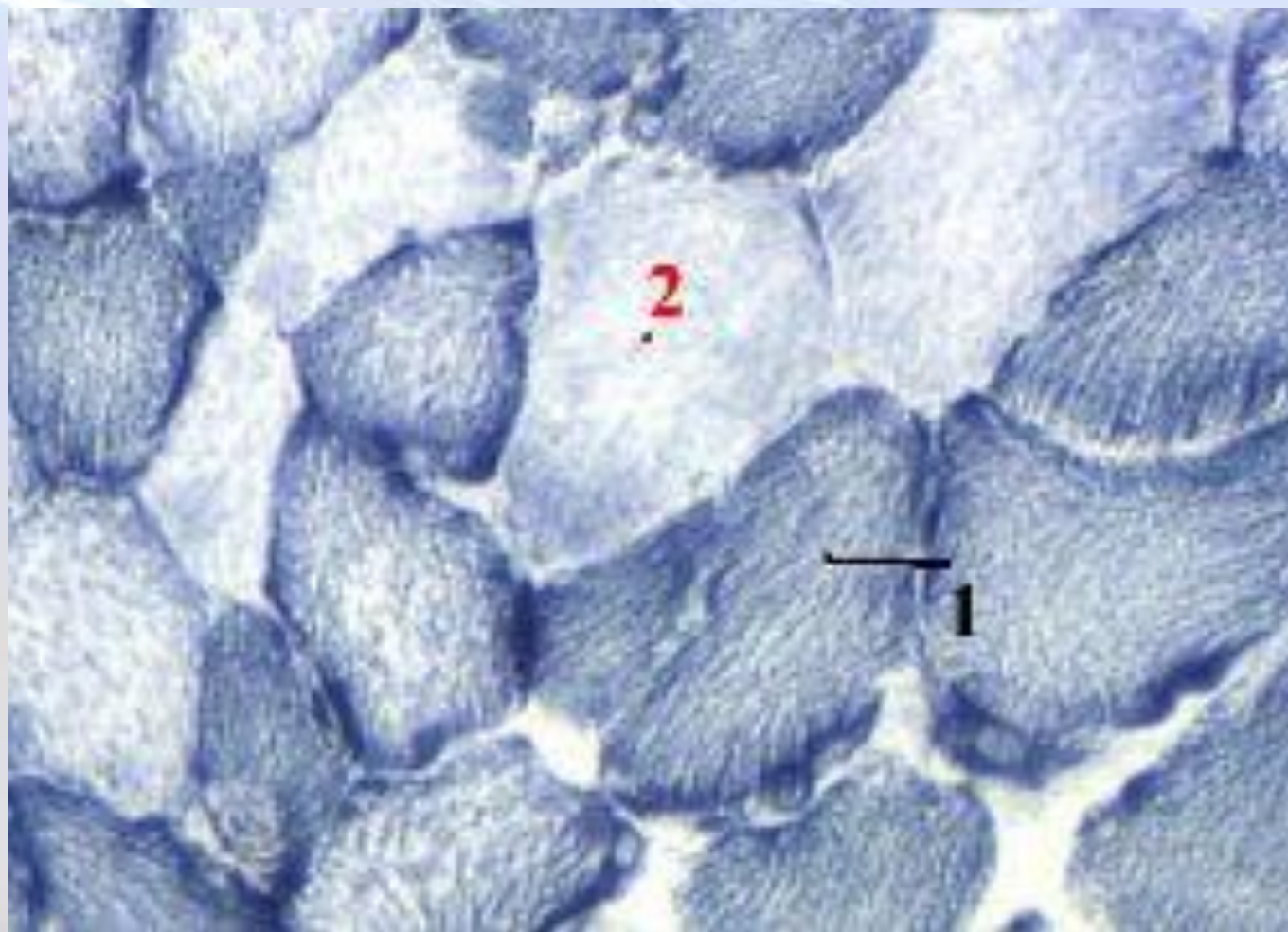
Трупное окоченение

- После смерти, в связи с угасанием метаболических процессов, в мышцах быстро снижается концентрация АТФ, поэтому перестаёт функционировать Ca^{2+} -насос, и в саркоплазме повышается концентрация ионов Ca^{2+} .
- Под влиянием Ca^{2+} в мышцах **замыкаются мостики** между тонкими и толстыми миофиламентами, а **разомкнуться они не в состоянии**, т.к. для этого требуется АТФ
- Таким образом, существо трупного окоченения – это постепенное замыкание всё большего числа мостиков между миофиламентами.

Типы мышечных волокон

- По своим физиологическим возможностям и обуславливающим их биохимическим свойствам, мышечные волокна делят на несколько типов:
- ***красные мышечные волокна (волокна I-го, или медленного типа),***
- ***волокна промежуточного типа***
- ***и белые мышечные волокна (волокна II-го, или быстрого типа).***

Красные и белые волокна



Типы мышечных волокон

- Эти волокна в том или ином соотношении содержатся в одной и той же мышце.
- Соотношение между волокнами разного типа является индивидуальным для каждого человека.
- Функциональные способности волокон связаны со способом извлечения энергии из питательных веществ - аэробным или анаэробным.

Красные мышечные волокна

- **Красные мышечные волокна**
(волокна I, или медленного типа)
- Способны к не очень интенсивной, но длительной работе.
- Такие волокна преобладают, в частности, у ***стайеров*** - бегунов на длительные дистанции.
- Источник энергии - за счёт **аэробного (окислительного) распада энергетических субстратов (глюкозы, жирных кислот) до CO_2 и H_2O .**

Красные волокна

- В волокнах много миоглобина - белка, запасяющего O_2 .
- Отсюда - красный цвет волокон (из-за наличия в миоглобине такого же пигмента, как в Hb, - гема).
- В волокнах имеется гликоген, но его запасы **не очень велики**. Необходимости в больших запасах нет потому, что аэробный распад веществ даёт большое количество энергии.
- В частности, при распаде 1 молекулы глюкозы образуется 36 мол. АТФ.

Красные волокна

- В красных волокнах многочисленны липидные включения.
- Высока активность ферментов окисления - в т.ч. **сукцинатдегидрогеназы (СДГ)** - фермента *цикла Кребса*. Этот цикл завершает аэробный распад большинства веществ и проходит в митохондриях.
- Скорость распада АТФ (**АТФазная активность**) - относительно **небольшая**.

Белые мышечные волокна

- Белые мышечные волокна (волокна II, или быстрого типа)
- Белые волокна способны к интенсивной, но кратковременной работе.
- Преобладают у **спринтеров** - бегунов на короткие дистанции.
- Преобладает анаэробный (не требующий O_2) распад гликогена или глюкозы до молочной кислоты.

Белые волокна

- Содержание **миоглобина** - **низкое**.
- Отсюда - светлый цвет волокон.
- Содержание **гликогена** - **высокое**.
- Анаэробный распад 1 молекулы глюкозы даёт всего 2 мол. АТФ.
- Поэтому для обеспечения интенсивной работы требуются большие запасы углеводов, которые, всё равно быстро кончаются.

Белые волокна

- Липидные включения невелики или вообще отсутствуют - поскольку жиры анаэробным способом не разрушаются.
- Активность СДГ низкая. Все ферменты анаэробного распада глюкозы содержатся в гиалоплазме (т.е. вне митохондрий).
- АТФазная активность - выше, чем в красных мышечных волокнах.

Миосателлиты

- миосателлитов выполняют роль камбия:
- у детей – при росте мышечных волокон
- у взрослых – в случае регенерации мышцы при не очень значительном её повреждении.

Регенерация мышечной ткани

- При любом виде повреждения мышцы вначале происходит:
- **миграция** в повреждённую область нейтрофилов и макрофагов,
- **Фагоцитоз** фрагментов разрушенных волокон, а также восстановление целостности сосудов - **реваскуляризация**).

Регенерация

- Собственно регенерация осуществляется двумя способами -
- Первый способ: **восстановление целостности повреждённых волокон** - путём медленного роста концов волокна навстречу друг другу.
- Второй способ - **образование новых волокон** - размножение **миосателлитов** с превращением их в **миобласты**, слияние миобластов друг с другом

Регенерация

- Однако при значительном повреждении базальной мембраны мышечных волокон полного восстановления прежней структуры обычно не происходит:
- Дефект мышцы прорастает соединительной тканью.

Мышца как орган

- Если говорить о скелетных мышцах как об **органах**, то в них обнаруживаются другие компоненты:
- соединительнотканые элементы (прослойки и фасции), сосуды и нервы.
- **Мион** – структурно-функциональная единица мышцы и представляет мышечное волокно в комплексе с сетью гемокапилляров и иннервацией.

Мышца как орган

- **Эндомизий** - это узкие прослойки рыхлой волокнистой неоформленной соединительной ткани между мышечными волокнами.
- **Перимизий** - более толстые прослойки рыхлой соединительной ткани вокруг **группы** мышечных волокон.
- **Эпимизий** - соединительная ткань (обычно – плотная оформленная), окружающая **всю мышцу**

Сердечная мышечная ткань

- Образует **миокард** - мышечную оболочку сердца и иннервируется вегетативной нервной системой.
- Состоит из клеток – **кардиомиоцитов**, которые имеют цилиндрическую форму и, не сливаясь, объединяются друг с другом (конец в конец) в **функциональные** волокна.

Сердечная мышечная ткань

- Основной элемент сердечной мышечной ткани – *типичные кардиомиоциты*
- Клетки цилиндрической формы, которые
- стыкуются друг с другом своими основаниями вставочными дисками
- Диаметр клеток – около **20 мкм.**
- Длина кардиомиоцитов – примерно 100 мкм.

Вставочные диски

- Места контактов соседних кардиомиоцитов называются вставочными дисками.
- На световых препаратах они выглядят как тонкие и чёткие ***поперечные тёмные полоски.***

Вставочные диски

- **Интердигитации** – пальцевидные впячивания клеток друг в друга;
- **Десмосомы** – контакты, обеспечивающие более прочное сцепление клеток;
- **Нексусы** – контакты, пронизанные гидрофильными каналами и потому обеспечивающие электрическую и метаболическую связь между кардиомиоцитами.

Регенерация

- Плохая из-за отсутствия камбия - миосателлитов или иных камбиальных клеток в сердечной мышечной ткани нет.
- Кардиомиоциты утрачивают способность делиться к моменту рождения ребёнка или в первые месяцы жизни.
- Происходит только **гипертрофия** (увеличение объёма) сохранившихся клеток.

Разновидности кардиомиоцитов

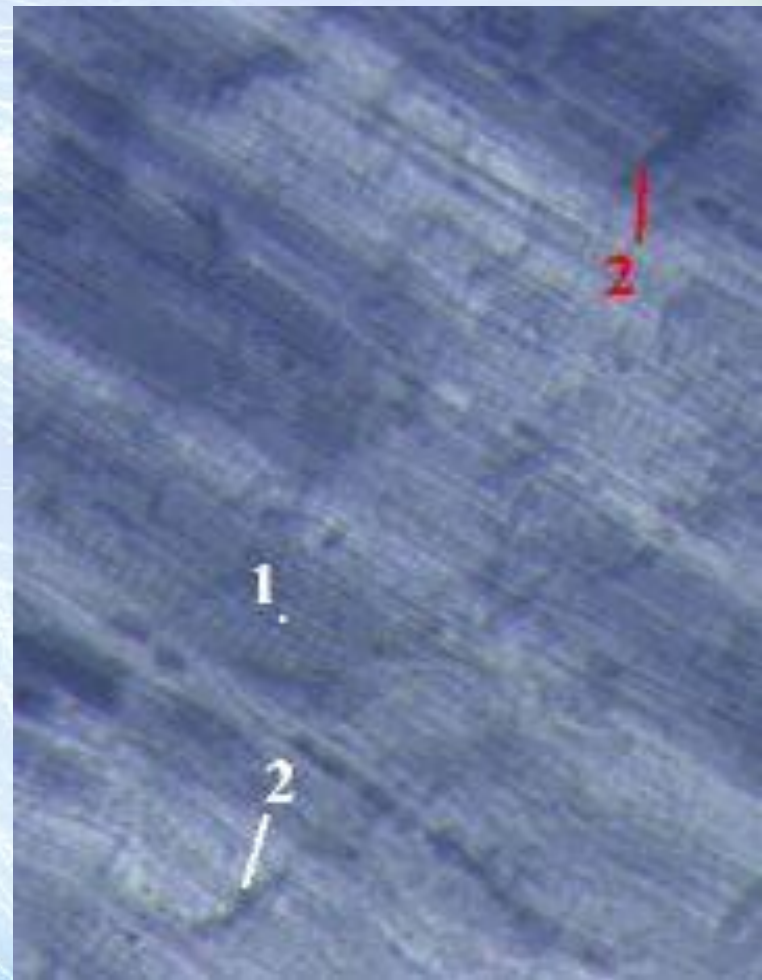
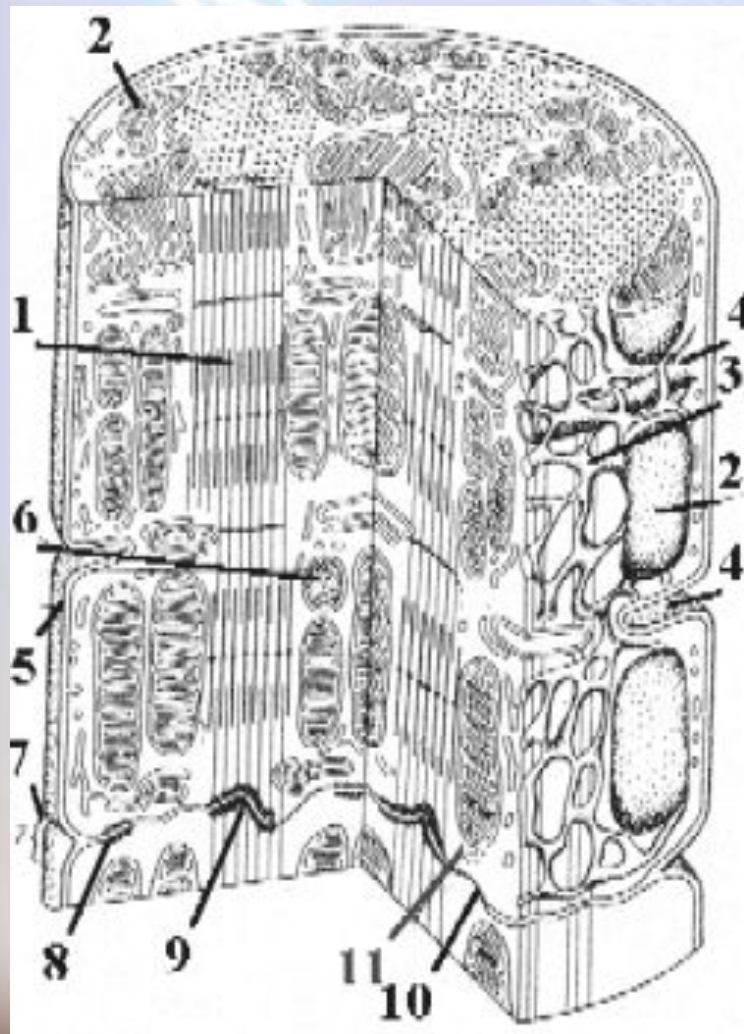
- Типичные (сократительные, или рабочие) кардиомиоциты,
- В сердце присутствуют и другие их разновидности:
- **Секреторные (ПНФ),**
- **Атипичные кардиомиоциты** (составляющие проводящую систему сердца).

Сердечная мышечная ткань

- Миофибриллы имеют такую же организацию, как и в скелетной мышечной ткани, т.е. образуют саркомеры.
- Относительное содержание (по сравнению с той же тканью) меньше: они занимают лишь 40% объёма кардиомиоцитов.
- В клетке присутствует 1-2 ядра – как правило, полиплоидные в центре.

T-трубочки и L-система

- В типичных кардиомиоцитах, как и в мышечных волокнах скелетных мышц, имеются специальные мембранные системы:
- **T-трубочки** – глубокие впячивания плазмолеммы, идущие вокруг миофибрилл,
- **L-система** (L-каналы и терминальные цистерны) – производное саркоплазматического ретикулума.
- Много митохондрий



Сердечная мышечная ткань

- В кардиомиоцитах много **миоглобина** и **липидных капель**.
- Гранул же гликогена относительно мало.
- В кардиомиоцитах реализуется
- **аэробный** способ разрушения питательных веществ.
- В этом отношении кардиомиоциты
- подобны **красным** волокнам скелетных мышц.

Сердечная мышечная ткань

- Субстратами окисления служат следующие вещества:
- **жирные кислоты**, кроме того, – продукты распада последних – т.н. **кетоновые тела** (ацетоацетат и др.), поступающие из печени;
- в период интенсивной мышечной нагрузки – ещё и **лактат**, поступающий из скелетных мышц,
- **глюкоза**, потребление которой возрастает.
- С возрастом в кардиомиоцитах накапливается пигмент старения **липофусцин**.

Сравнение скелетной и сердечной

- Сократительными элементами в обеих тканях являются **миофибриллы**, которые ориентированы вдоль длиной оси волокна или клетки, занимают при этом значительную часть объёма (70% в скелетной мышечной ткани и 40% – в сердечной)
- состоят из **миофиламентов** двух типов – **тонких (актиновых)** и **толстых (миозиновых)**.

Сравнение скелетной и сердечной

- Между волокнами двух поперечнополосатых тканей существует принципиальная разница:
- **в скелетной** мышечной ткани это (не считая миосателлитов) **истинные** волокна – симпласты,
- **в сердечной** мышечной ткани – “только” **функциональные**, которые разделены по длине на отдельные клетки.

Сравнение скелетной и сердечной мышечной ткани

- В скелетной и сердечной мышечных тканях, помимо АТФ, функцию аккумулятора энергии может выполнять ещё одно вещество – креатинфосфат, который образуется (из креатина и фосфата) при избытке АТФ и распадается (до креатина и фосфата) при недостатке АТФ, пополняя за счёт своей энергии запасы АТФ.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!!!