

Мышечные ткани

Группы тканей

Все ткани делят на 4 морфофункциональные группы:

- а) эпителиальные ткани (покровные и железистые),
- б) ткани внутренней среды организма или опорно-трофическая ткань (кровь, соединительная ткань со специальными свойствами, собственно соединительная ткань, хрящевые и костные ткани),
- в) мышечные ткани (гладкая, поперечно-исчерченная и сердечная)
- г) нервная (в единственном числе!) ткань.

Мышечные ткани

Мышечные ткани - это ткани, для которых **способность к сокращению** является главным свойством. Благодаря данной способности, мышечные ткани обеспечивают изменение положения в пространстве частей тела или тела в целом, а также изменение формы и объёма отдельных органов.

Мышечная ткань — это группы мышечных клеток (или миосимпластов), объединённых соединительной тканью. Это позволяет группам клеток работать сообща или по отдельности, генерируя механические действия различной силы

Общая характеристика и свойства

Состоят из:

- **Клетки** (гладкие миоциты или кардиомиоциты) или миосимпласты (мышечные волокна). Окружены **сарколеммой**, содержат **ядро** (ядра) и **саркоплазму** с органеллами.
- **Межклеточное вещество** – представлено аморфным веществом и волокнами (коллагеновыми и эластическими), а также соединительной тканью

Свойства:

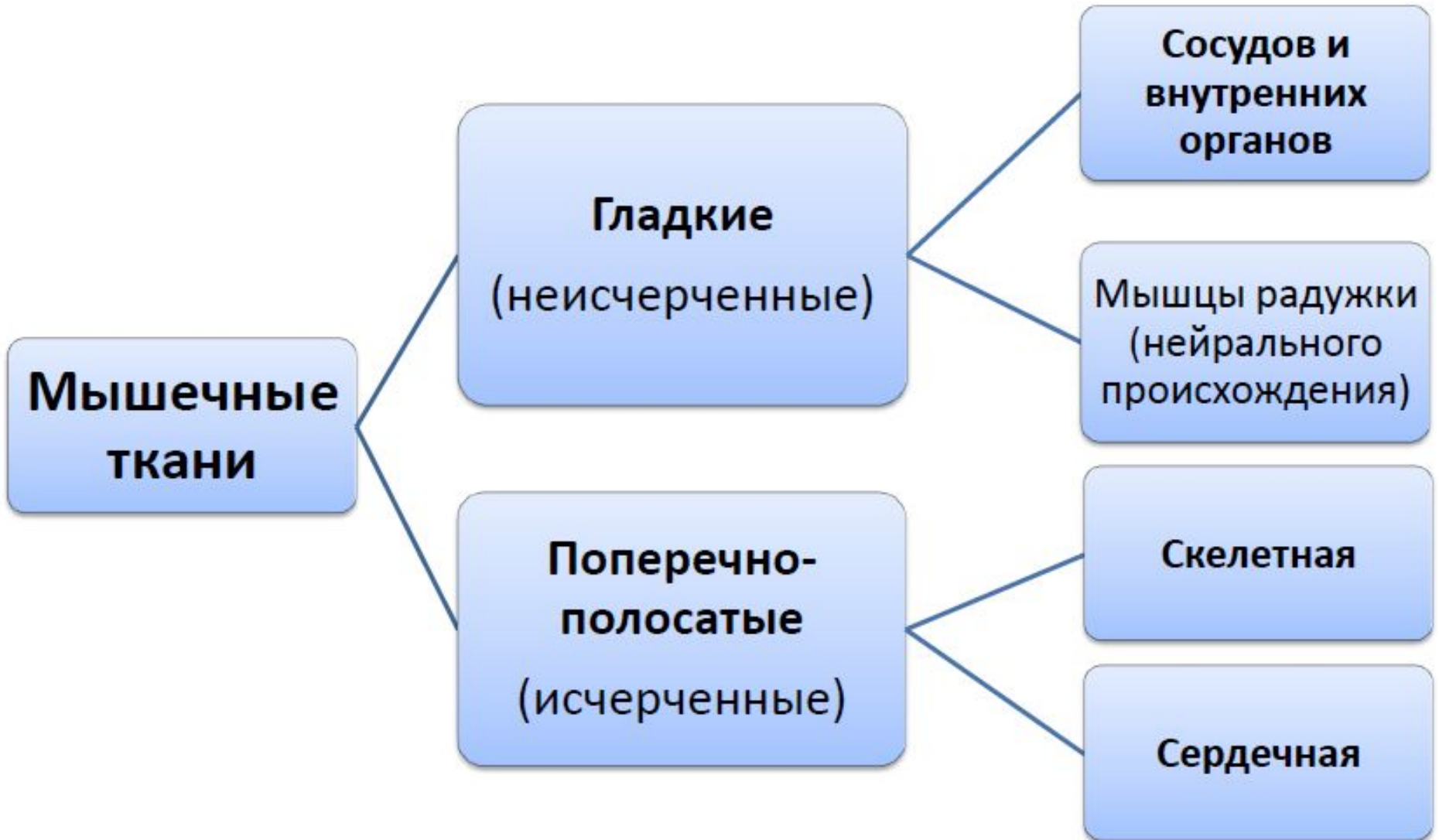
Сократимость, растяжимость, эластичность,
возбудимость,

проводимость, утомляемость

Общие признаки мышечных тканей

- 1) структурные элементы (клетки, волокна) обладают удлинённой формой;
- 2) наличие органелл специального назначения – *миофиламентов*, *миофибрилл*;
- 3) с сократительными органеллами связаны элементы цитоскелета и плазмолемма;
- 4) большое количество митохондрий, расположенных рядом с сократительными элементами;
- 5) наличие трофических включений (гликогена, липидов), являющихся источником энергии;
- 6) присутствие в некоторых мышечных тканях *миоглобина* – железосодержащего белка, который связывает кислород;
- 7) хорошо развиты структуры, осуществляющие накопление и выделение ионов кальция (*кавеолы*, гладкая ЭПС);
- 8) для синхронизации сокращений соседние мышечные элементы иннервируются из одного источника или (и) связаны многочисленными щелевыми соединениями, которые обеспечивают транспорт ионов.

Классификация



Скелетные мышечные ткани

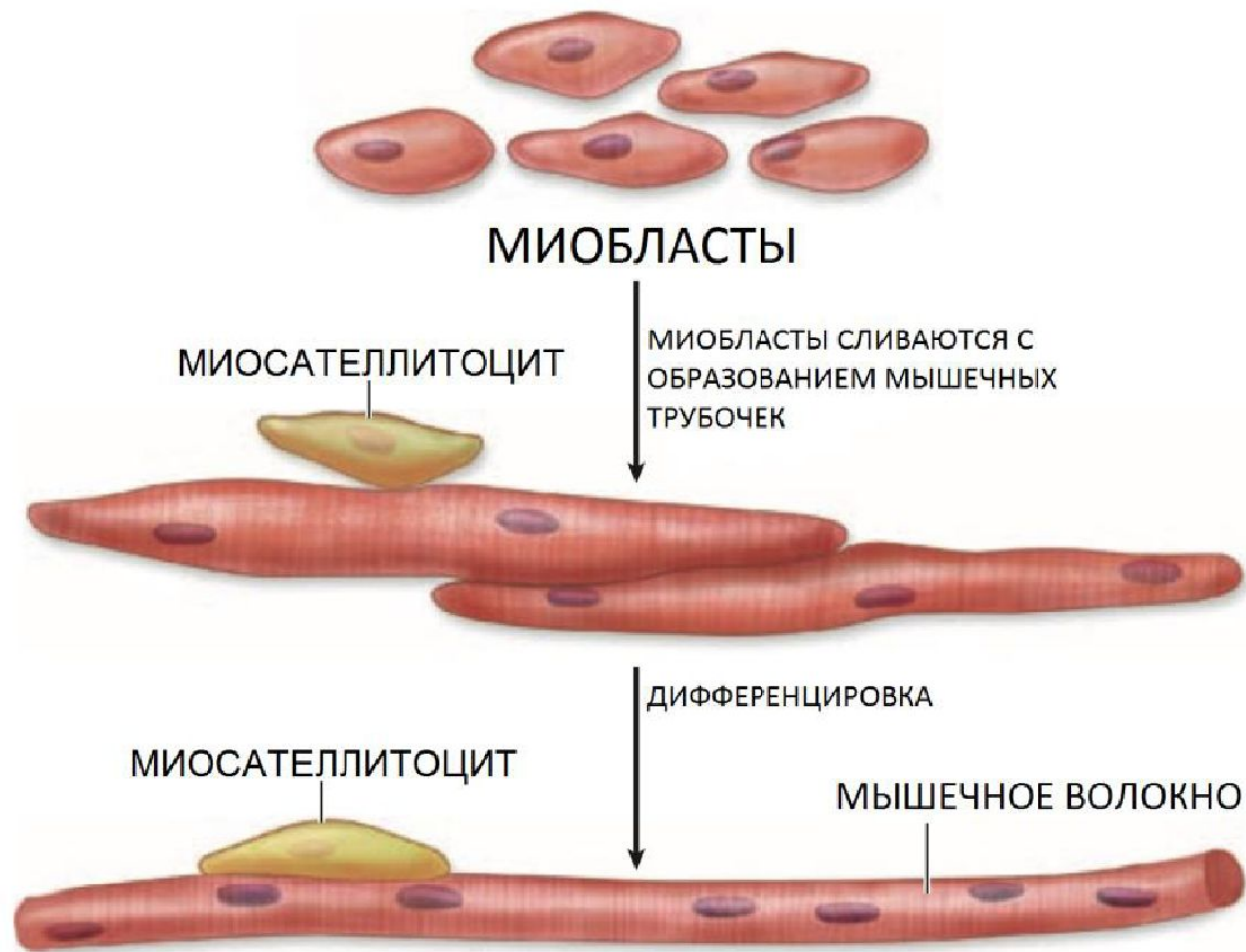
Они состоят из *мышечных волокон* (многоядерные неклеточные структуры или *миосимпласты*) и *миосателлитоцитов* (одноядерные клетки, прилегающие к поверхности миосимпласта).

Снаружи все они окружены *сарколеммой* (плазмолемма+базальная мембрана).

- Мышечные волокна образуют скелетные мышцы и присоединяются к сухожилиям, а через них к костям и хрящам.
- Скелетные мышцы приспособлены к клоническим сокращениям (быстрым, динамичным движениям, с чередованием периодов сокращения и расслабления).

Гистогенез ППМТ





Развитие скелетной мышцы (Mescher A. L. Junqueira's basic histology, text and atlas, 2013)

Строение мышечного волокна (миосимпласта)

Мышечное волокно снаружи покрыто *сарколеммой*. Она состоит из базальной мембраны (имеет трехслойное строение) и плазмолеммы. Она образует поперечные впячивания – *T-трубочки*.

В состав мышечного волокна входят *миофибриллы* - специализированные сократительные органеллы. Они занимают центральную часть саркоплазмы, располагаются продольно и сопоставимы по длине с длиной самого симпласта. А ядра и органеллы мышечных волокон - по периферии волокна. Все они находятся в *саркоплазме*.

Строение мышечного волокна (миосимпласта)

Миофибриллы окружены специальным мембранным аппаратом миосимпласта — **саркоплазматическим ретикулумом**, который является производным гладкой ЭПС (накопление кальция). Он состоит из системы сливающихся трубочек, оплетающих миофибриллы. Они соединяются с Т-трубочками плазмолеммы.

Миоглобин-глобулярный, железосодержащий белок. Его основной функцией является накопление кислорода

Строение миофибриллы

- Структурной единицей миофибриллы (сократительного аппарата скелетной мускулатуры) является *саркомер* — пучок миофиламентов (сократительные белки).

Именно миофиламенты являются фактическими сократительными элементами поперечнополосатой мышцы.

- Тонкие нити (диаметром от 6 до 8 нм, длиной 1,0 м) состоят в основном из белка *актина*.
- Толстые нити (диаметром 15 нм, длиной 1,5 м) состоят из белка *миозина*.

Тонкие миофиламенты

- Тонкие миофиламенты содержат сократительный белок **актин** и два регуляторных белка – **тропонин** и **тропомиозин**. Регуляторные белки образуют *тропонин-тропомиозиновый комплекс*.
- Каждая молекула актина имеет активный центр, способный связываться с молекулами миозина, и он прикрыт **тропонин-тропомиозиновым комплексом**. Этот комплекс действует как запирающее устройство, которое не позволяет преждевременно взаимодействовать молекулам актина и миозина.

Регуляторные белки

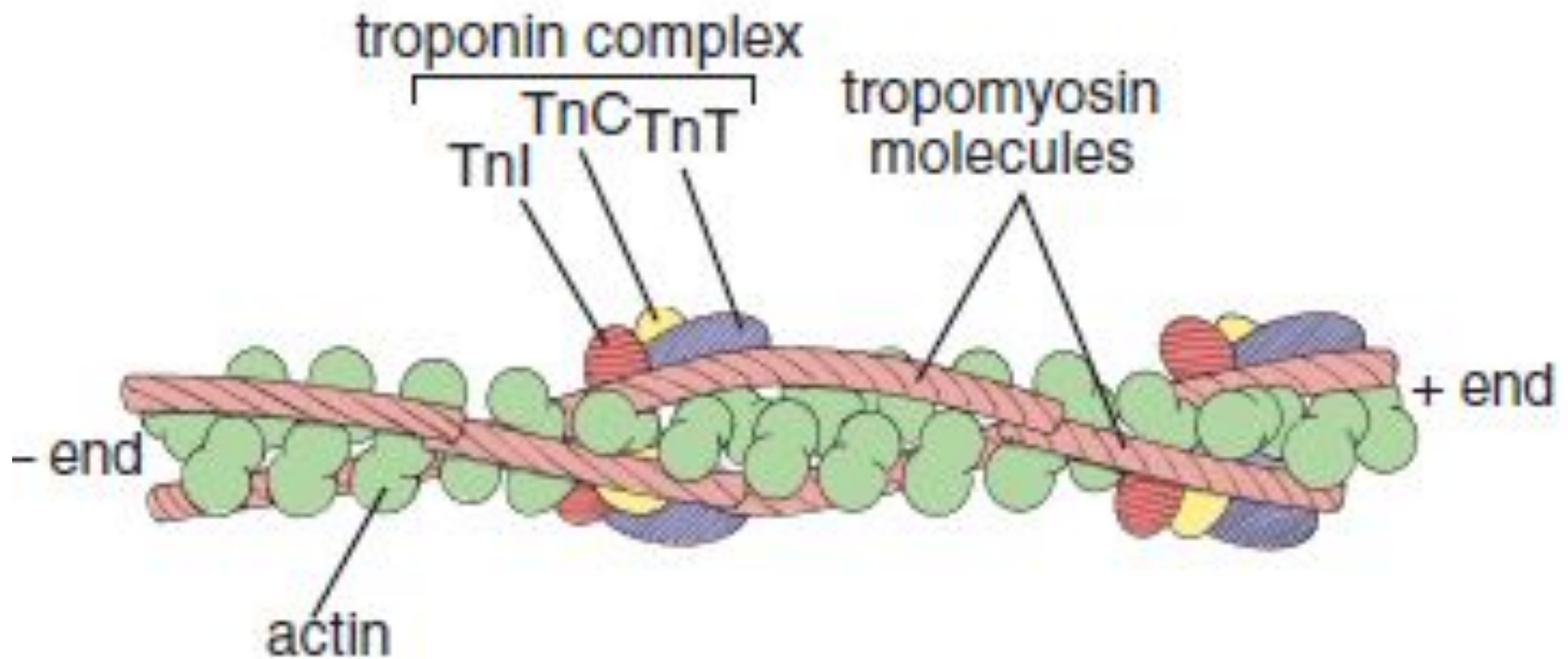
- **Тропомиозин** – нитевидные молекулы, формирующие длинный тяж;
- **Тропонин** – регуляторный глобулярный белок, состоящий из трех субъединиц:

Тропонин С – связывает ионы кальция (Ca^{+2})

Тропонин Т – прикрепляется к тропомиозину закрепляя тропониновый комплекс.

Тропонин I – связывается с актином и ингибирует связь миозина и актина

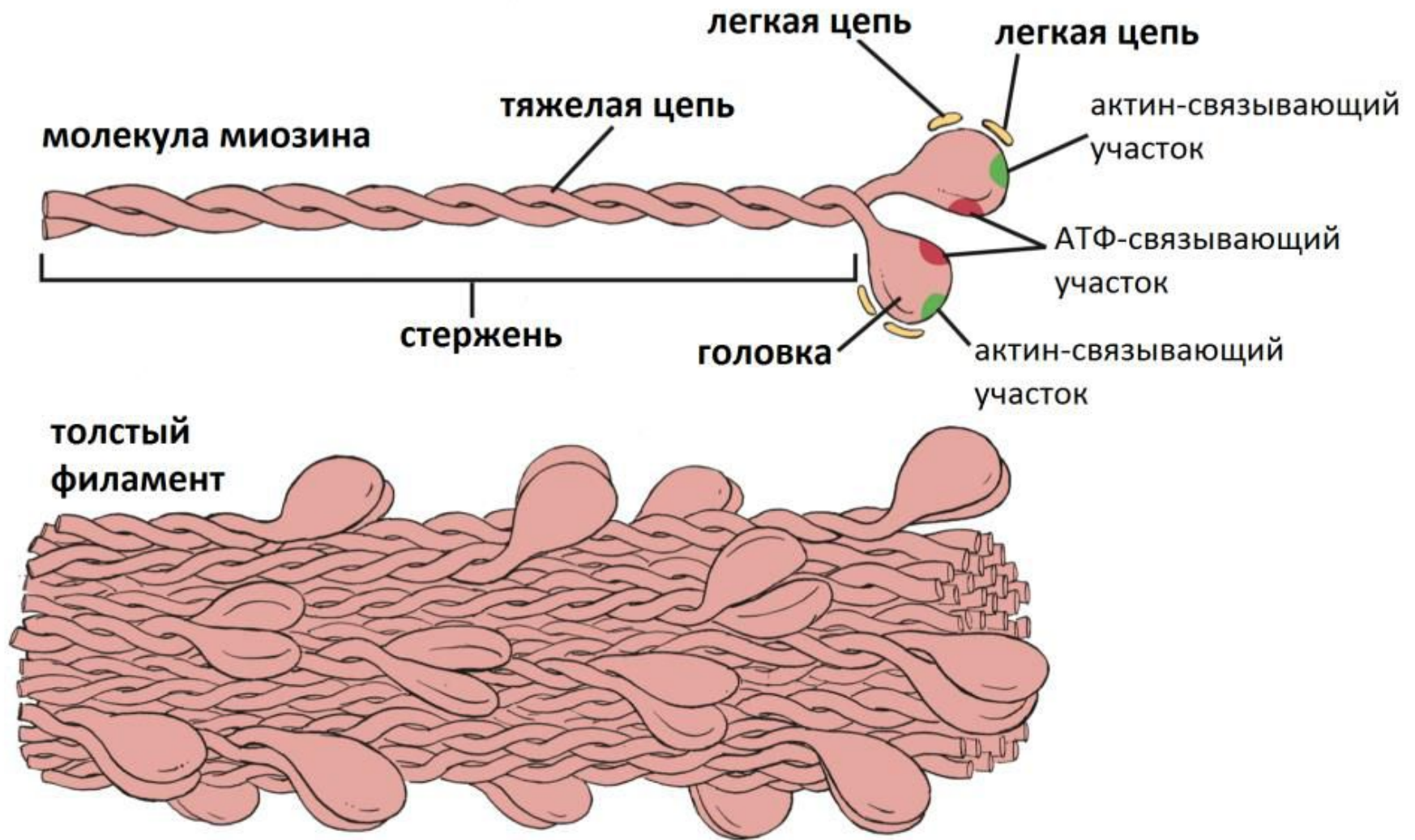
АКТИН



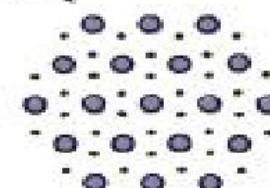
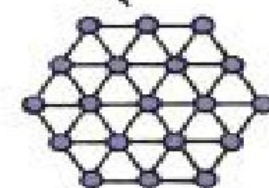
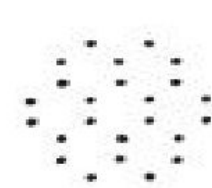
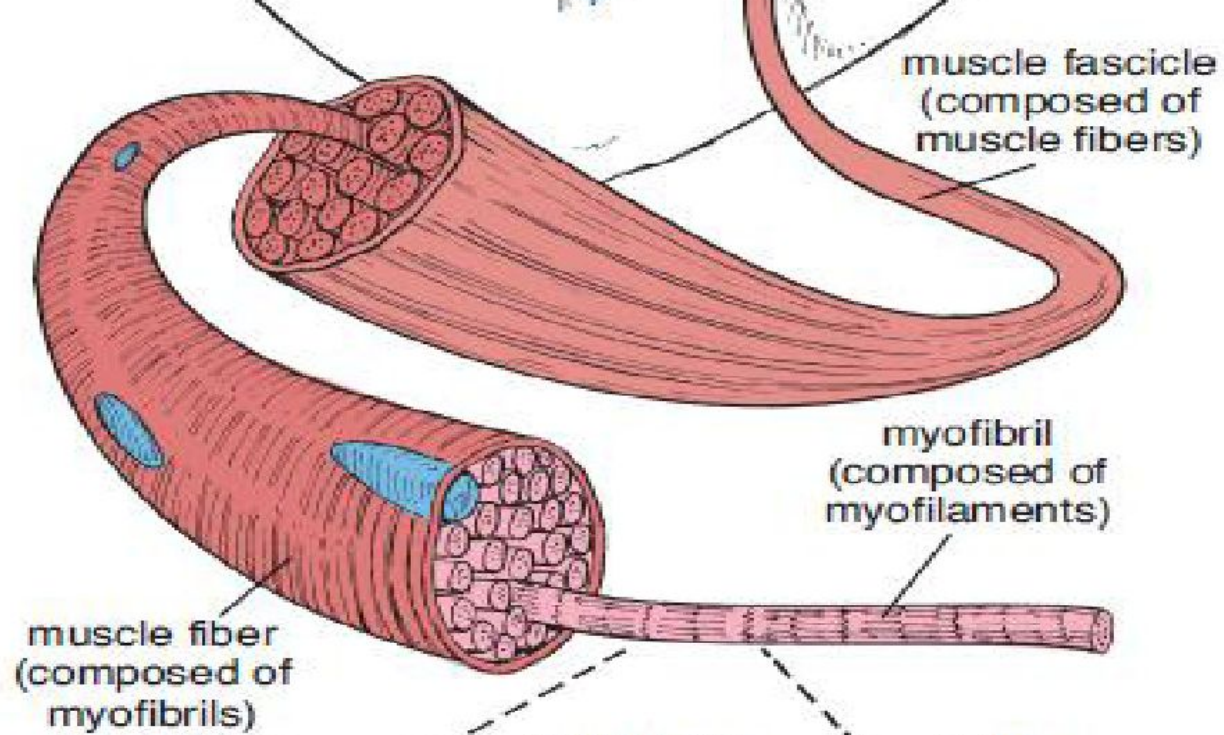
Структура тонких филаментов (Ross M. H., Pawlina W. Histology: a text book and atlas: with correlated cell and molecular biology, 2011)

Толстые филаменты

- Толстый филамент представляет собой пучок молекул **миозина**.
- Миозин в скелетных мышцах состоит из двух тяжёлых и четырёх лёгких цепей. Две тяжёлые цепи миозина скручены попарно, образуют стержень. Шаровидные участки миозина на концах каждой тяжёлой цепи образуют головки, которые имеют **АТФ-связывающий** и **актин-связывающий** участки, а также участки связывания с лёгкими цепями.
- Лёгкие цепи связаны с головками миозина, у каждой головки располагается по две лёгкие цепи



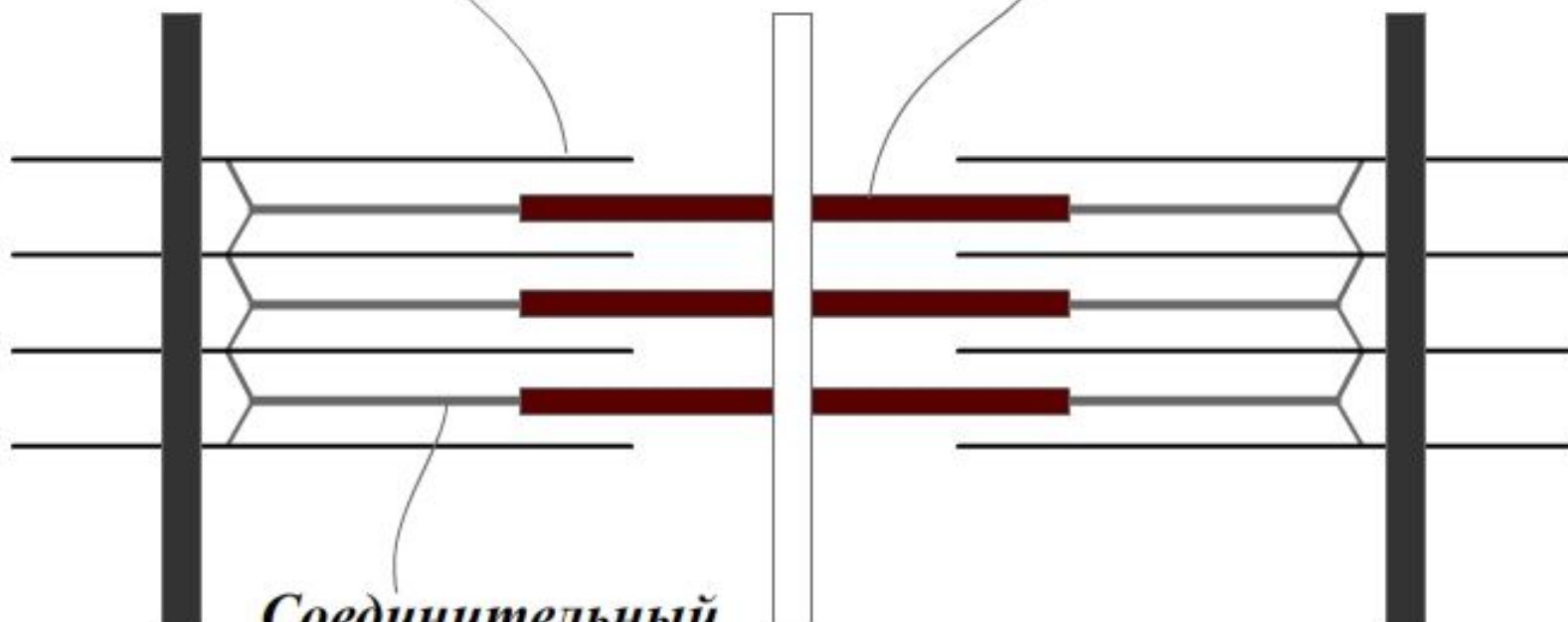
Структура толстых филаментов (Ross M. H., Pawlina W. Histology: a text book and atlas: with correlated cell and molecular biology, 2011)



I band H band M line A band overlap

*Тонкий филамент
(актин)*

*Толстый филамент
(миозин)*



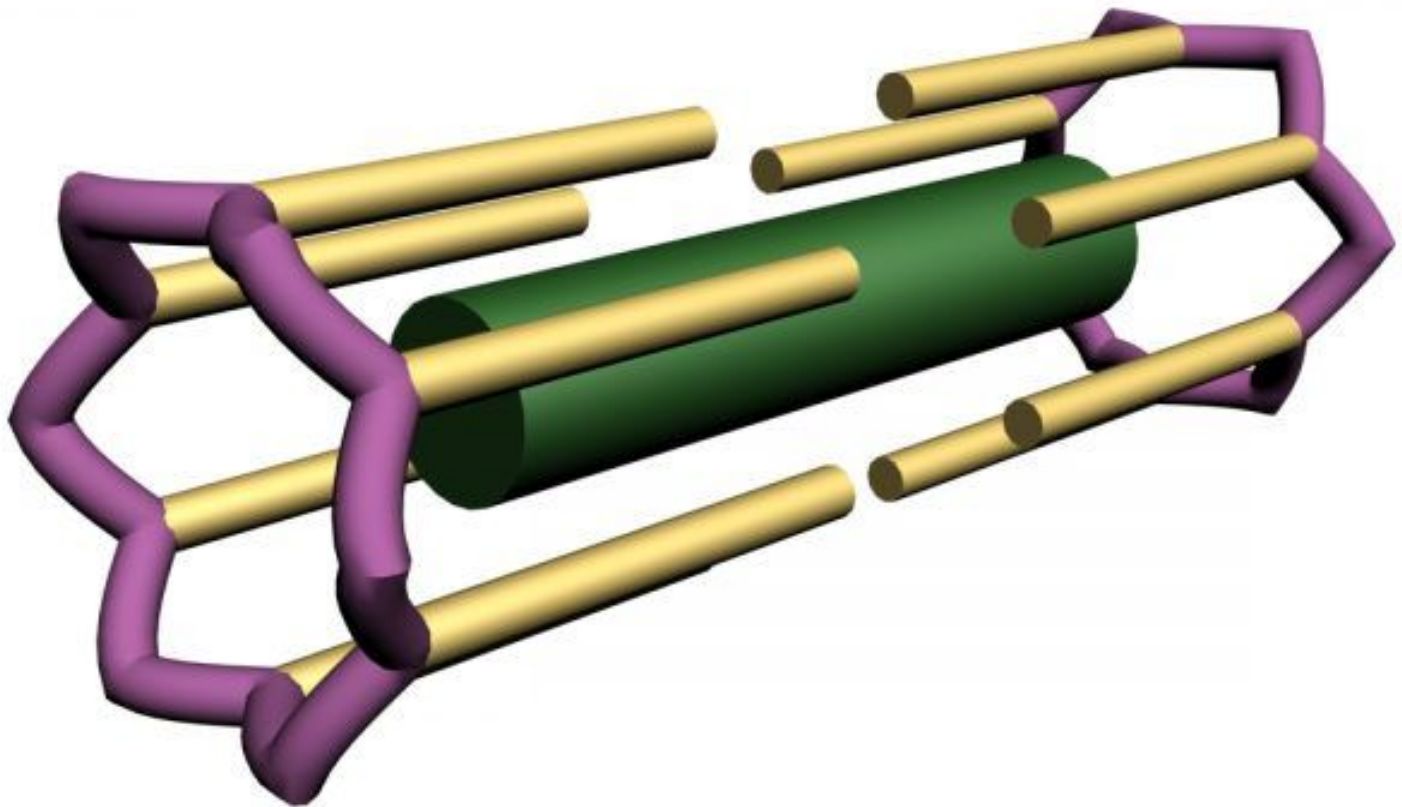
*Соединительный
филамент (титин)*

Z

M

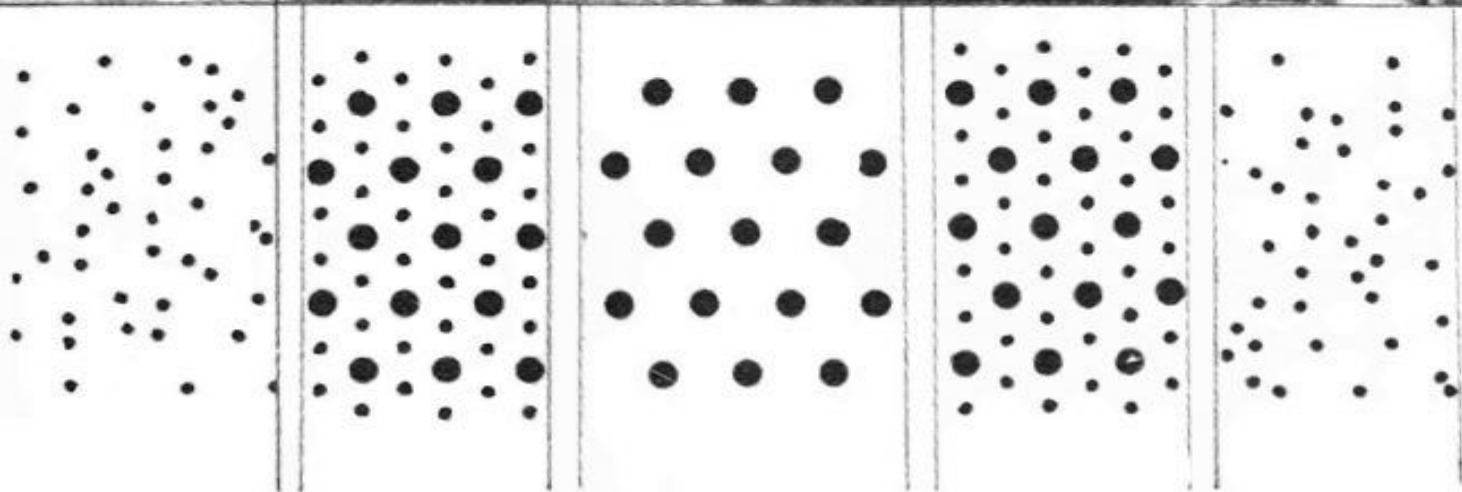
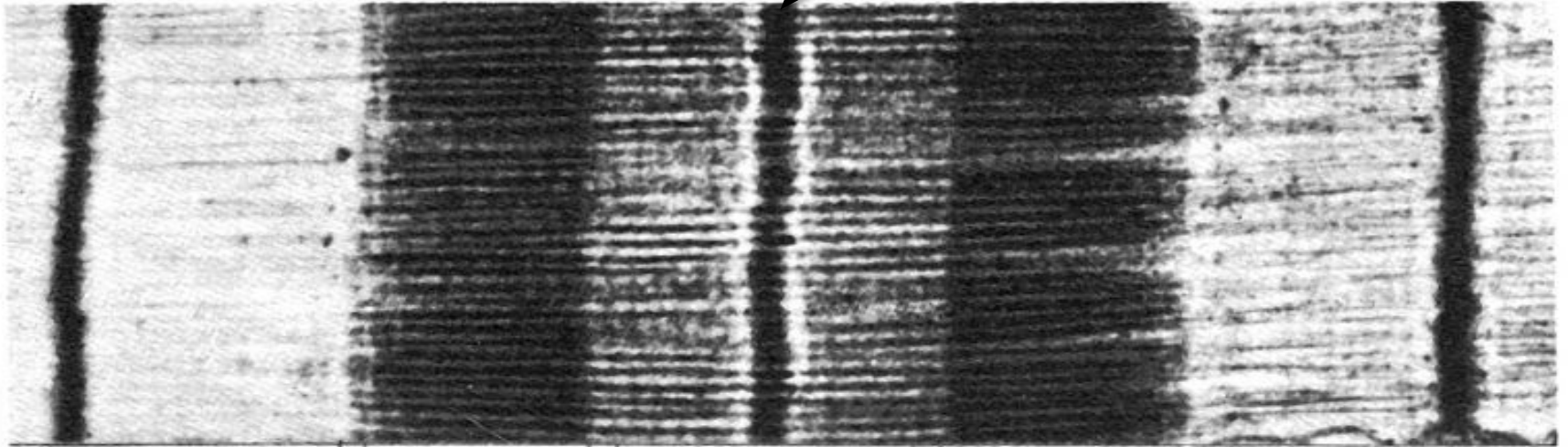
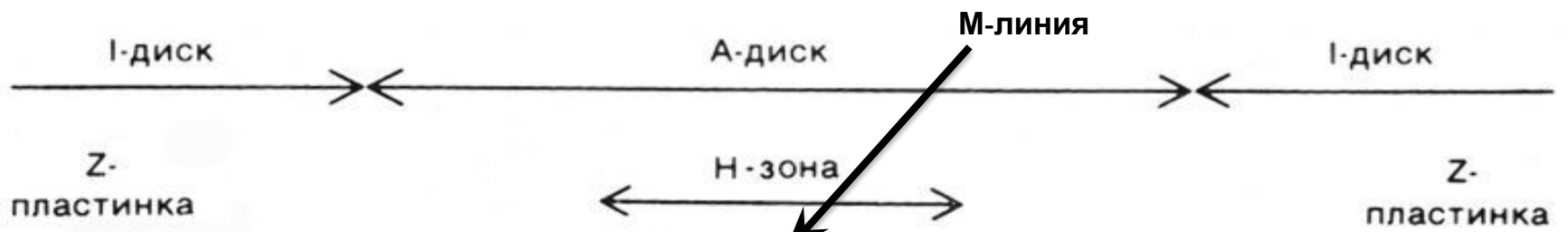
Z

Саркомер



Строение саркомера

- Поперечные полосы являются основной гистологической особенностью поперечнополосатой мускулатуры. Поперечные полосы обнаруживаются в Н&Е-окрашенных препаратах в продольных разрезах мышечных волокон.
- Их также можно увидеть в неокрашенных препаратах, исследуя мышечные волокна с фазово-контрастным или поляризационным микроскопом, в котором они проявляются как чередующиеся светлые (**I – изотропные диски** – преломляют свет однократно) и темные (**A – анизотропные диски** –, преломляют свет в двух плоскостях) полосы.
- Оба диска A и I разделены пополам узкими областями с контрастной плотностью – **линиями**. Изотропные полосы (I) делятся **телофрагмой** - **линией Z**, анизотропные (A) – **мезофрагмой** - **линией M**.

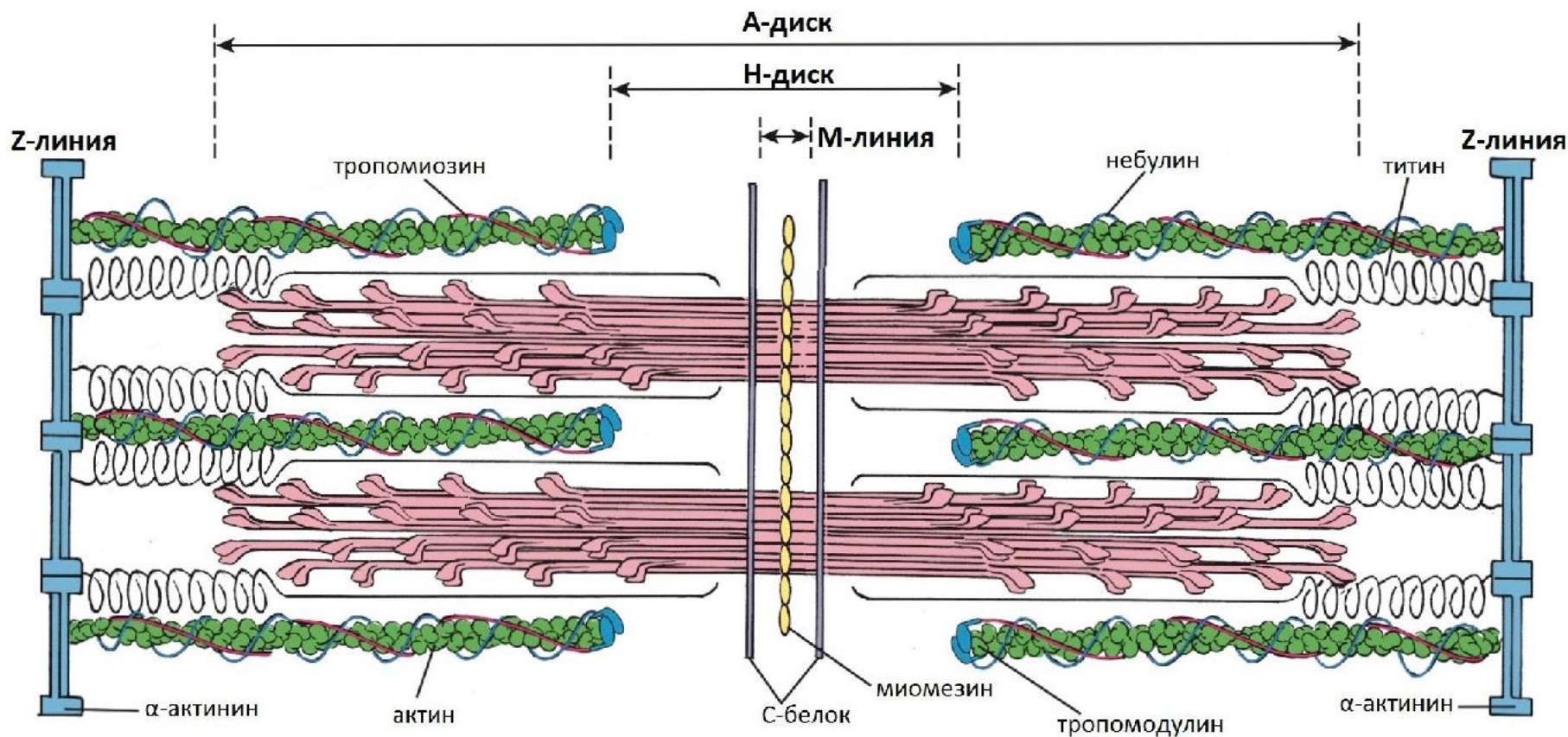


Только
толстые
нити

Толстые
и тонкие
нити

Только
тонкие
нити

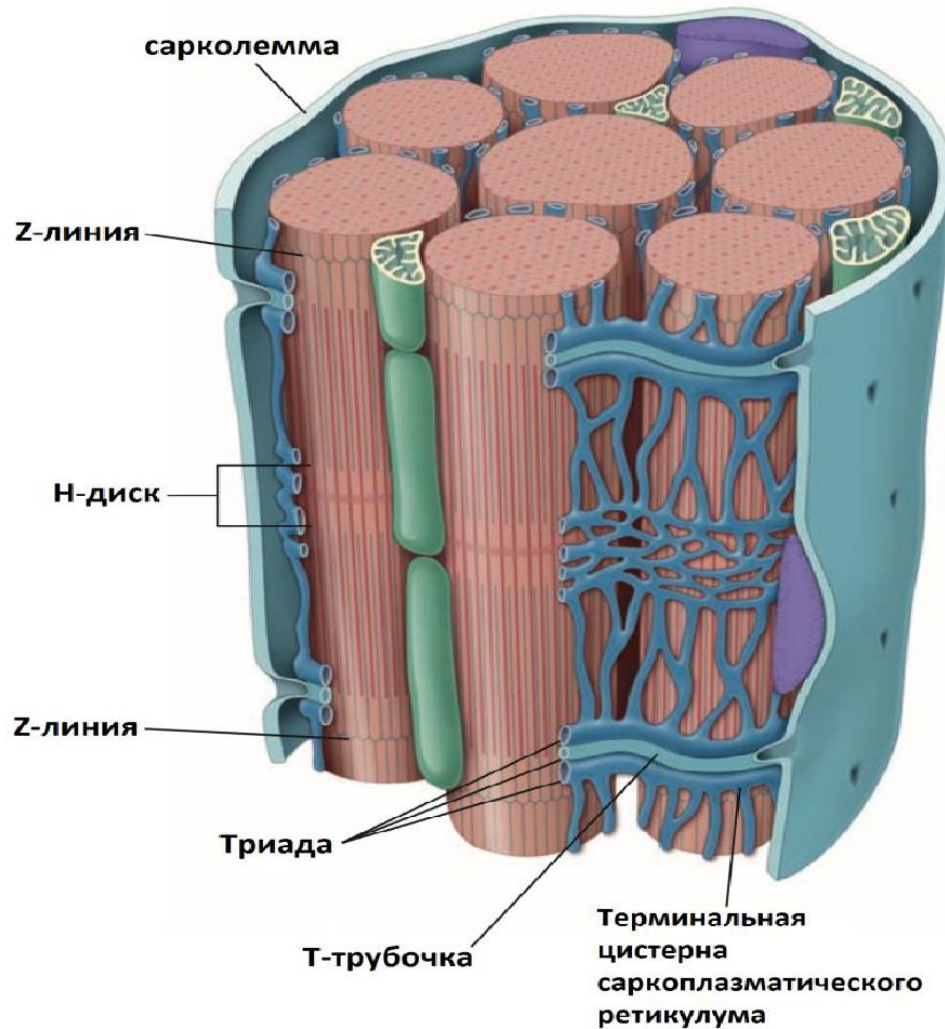
| | | | | |
|--|---------------------------------------|--|--|---|
| Z-линия (пластинка) | I-полудиск | Тёмная часть диска А | H-зона диска А | M-линия (пластинка) |
| Опорный элемент тонких миофила- ментов | Только тонкие миофила- менты | Тонкие и то- лстые миофилам- енты | Только толстые миофила- менты | Опорный элемент толстых миофила- ментов |
| ---- | При сокращени и суживается | При сокращени и расширяет ся | При сокращени и суживается | --- |



Строение саркомера (Ross M. H., Pawlina W. Histology: a text book and atlas: with correlated cell and molecular biology, 2011)

Система Триада

- Она состоит из Т-трубочек (многочисленные инвагинации плазматической мембраны) и саркоплазматического ретикулума (гладкая ЭПС). Она проникает на все уровни мышечного волокна и в том числе располагается между А – I дисков.



Организации саркоплазматического ретикулума, поперечных трубочек и их взаимоотношений с миофибриллами в скелетной мышце (Ross M. H., Pawlina W. Histology: a text book and atlas: with correlated cell and molecular biology, 2011)

Взаимодействие миофиламентов

В покое – актиновые и миозиновые миофиламенты не соприкасаются.

Миозиновые головки не могут взаимодействовать с актиновыми центрами, так как центры закрыты тропонин-тропомиозиновым комплексом.

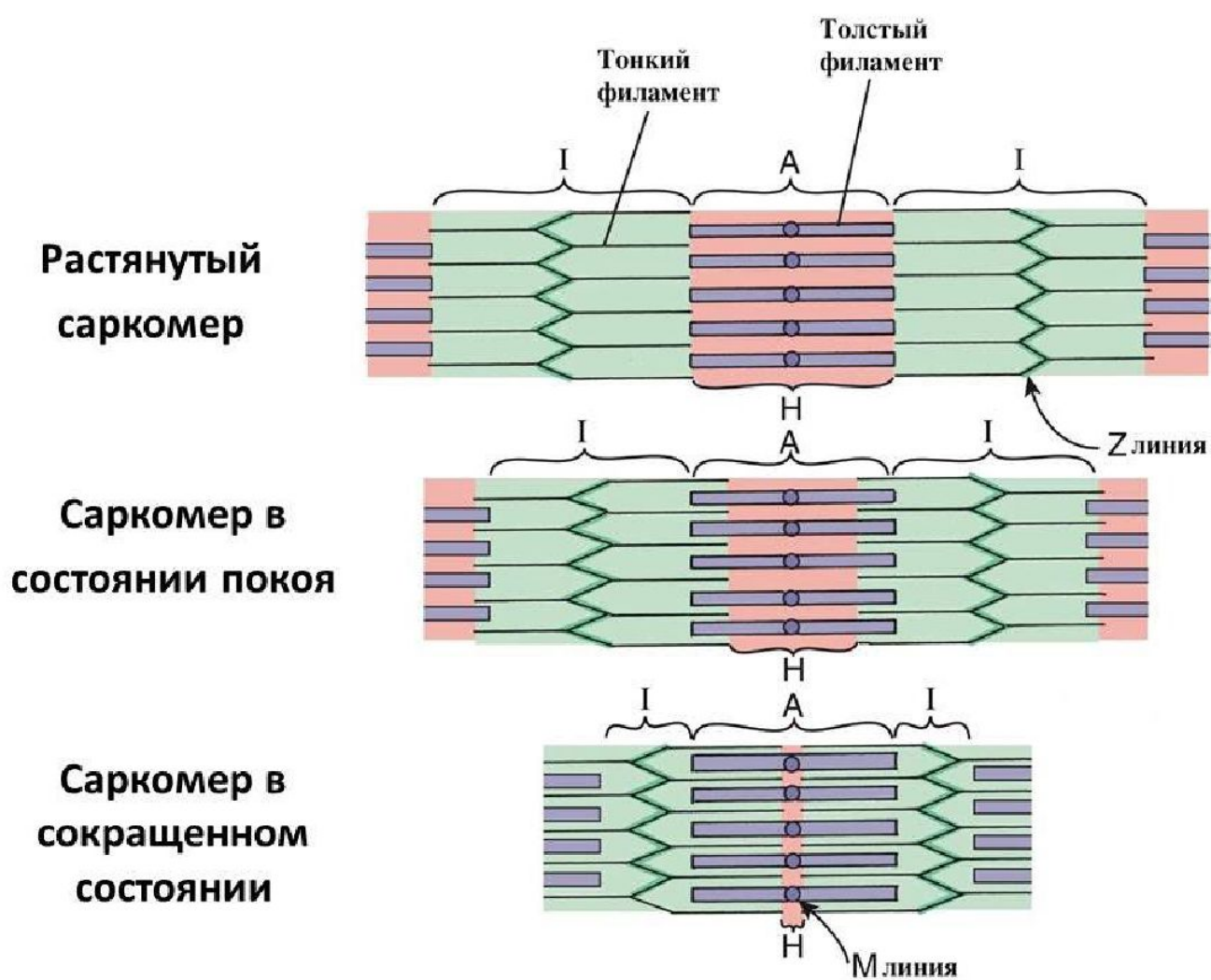
Для сокращения нужны: кислород, АТФ, ионы кальция, сократительные белки, регуляторные белки.

Сокращение мышечного волокна

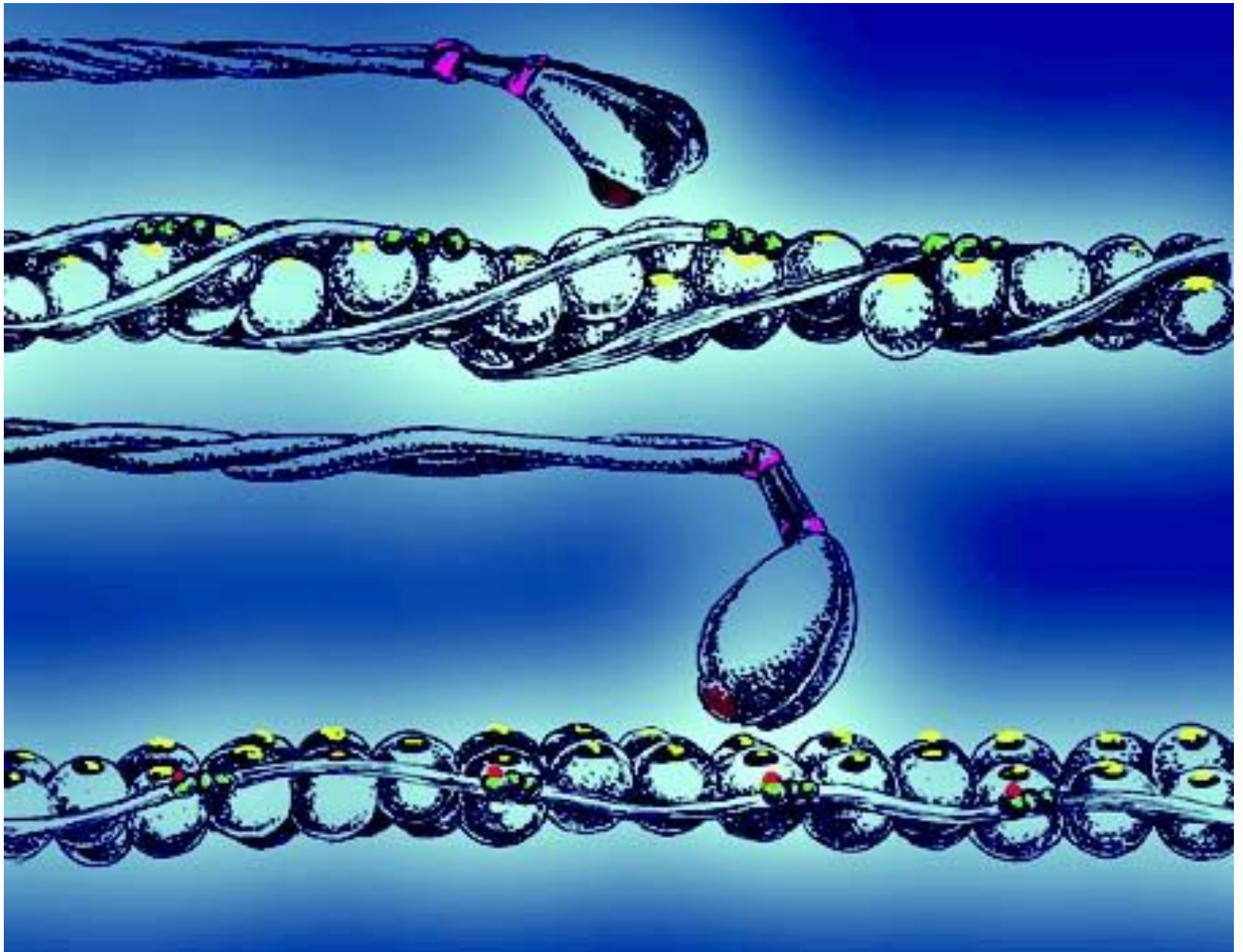
- Поступление нервных импульсов к мышечному волокну и выделение ацетилхолина из синаптических пузырьков.
- Деполяризация мембраны мышечного волокна.
- Резкое повышение концентрации ионов Ca^{2+} .
- Ионы Ca^{2+} связываются с тропонином С, что изменяет форму тропонинового

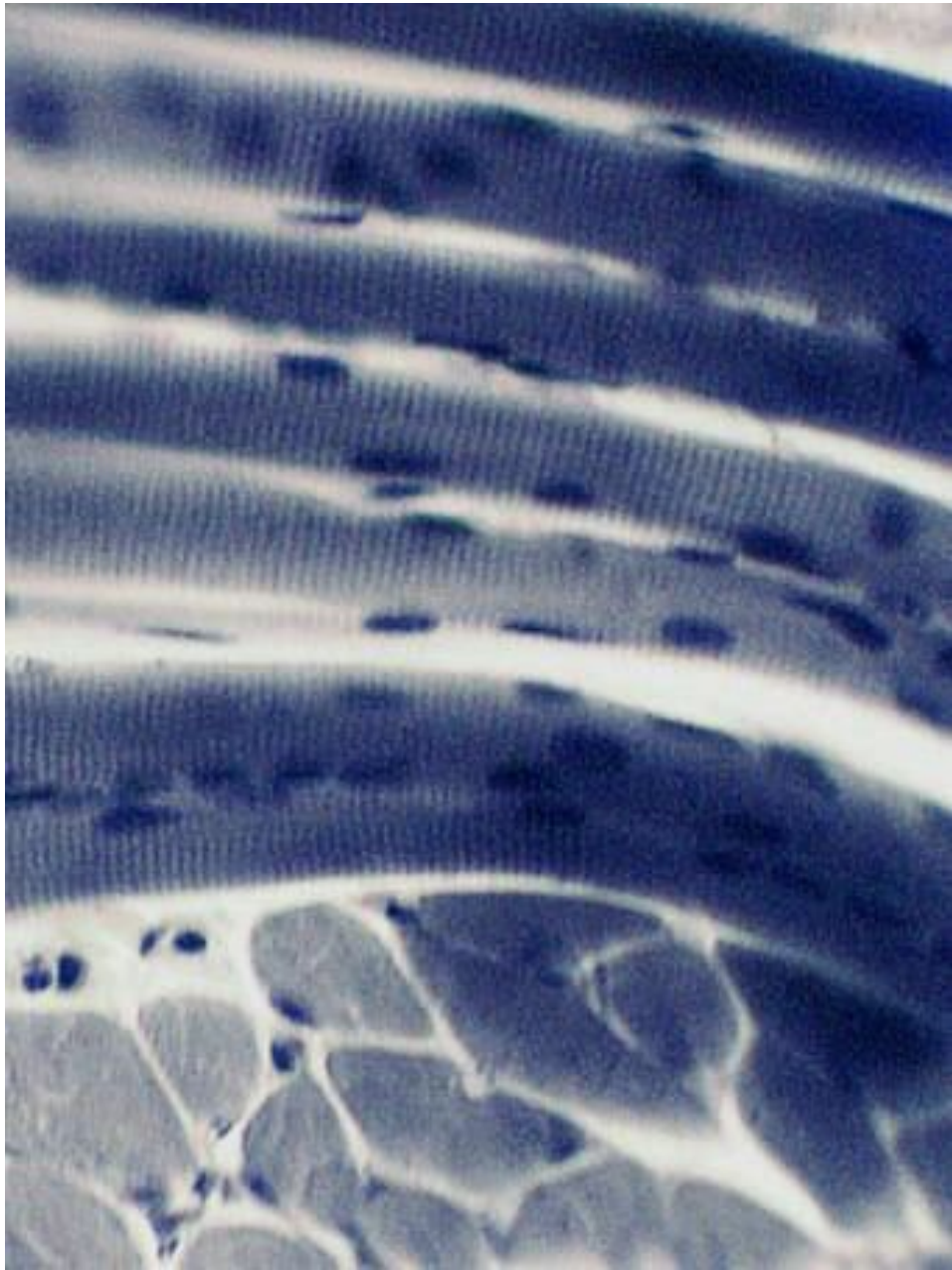
Сокращение мышечного волокна

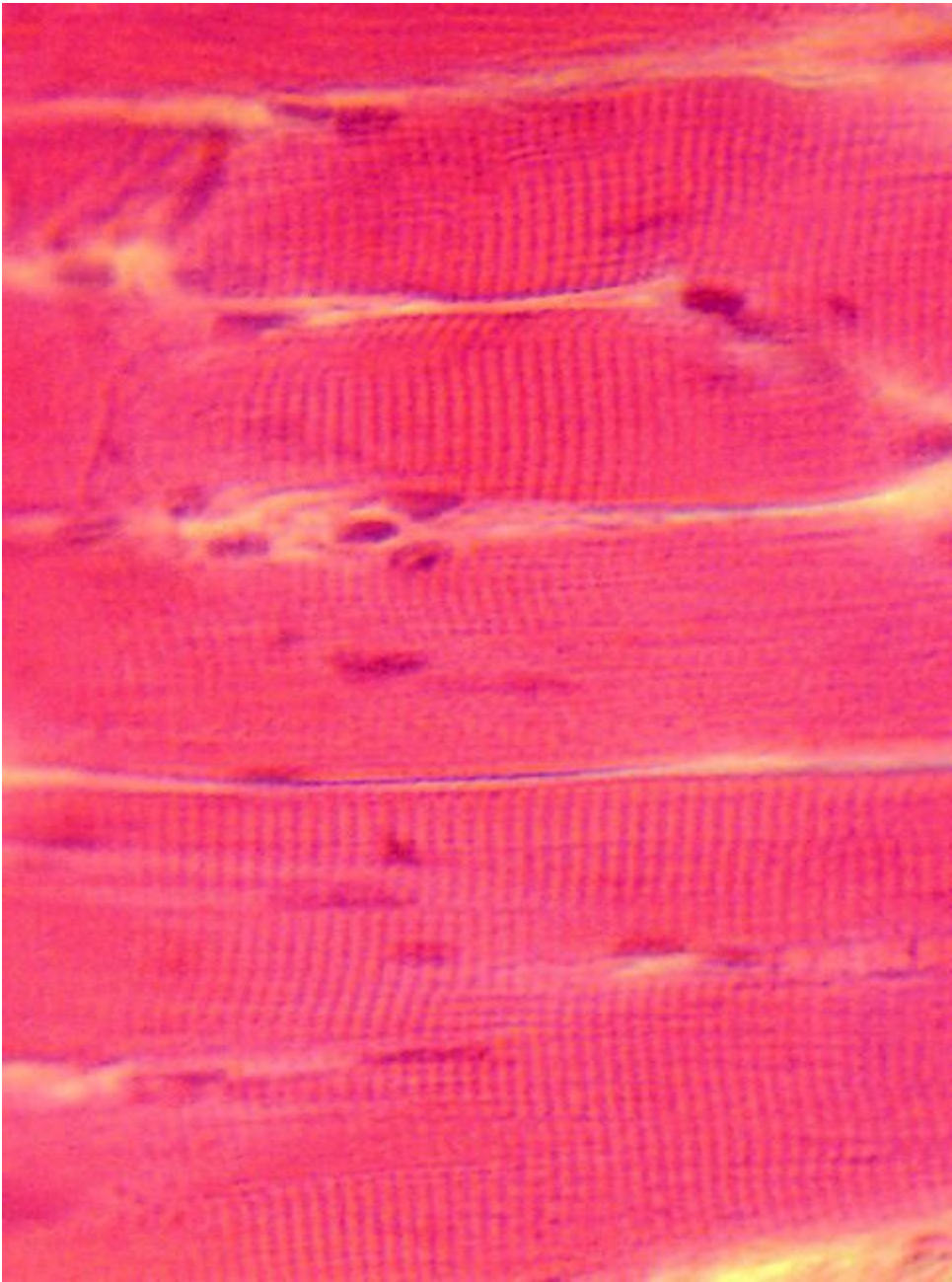
- Миозиновые головки связываются со свободными актиновыми центрами. Происходит гидролиз АТФ с изменением угла наклона мостиков, т.е. миофибриллы не меняют длину, а темные диски заходят за светлые – происходит сильное и продолжительное сокращение.
- Связывание новой молекулы АТФ вызывает размыкание и возврат в прежнее положение.



Саркомер в различных функциональных состояниях (Ross M. H., Pawlina W. Histology: a text book and atlas: with correlated cell and molecular biology, 2011)







Скелетные мышечные ткани

Волокна скелетных мышц отличаются по диаметру и их естественному цвету:

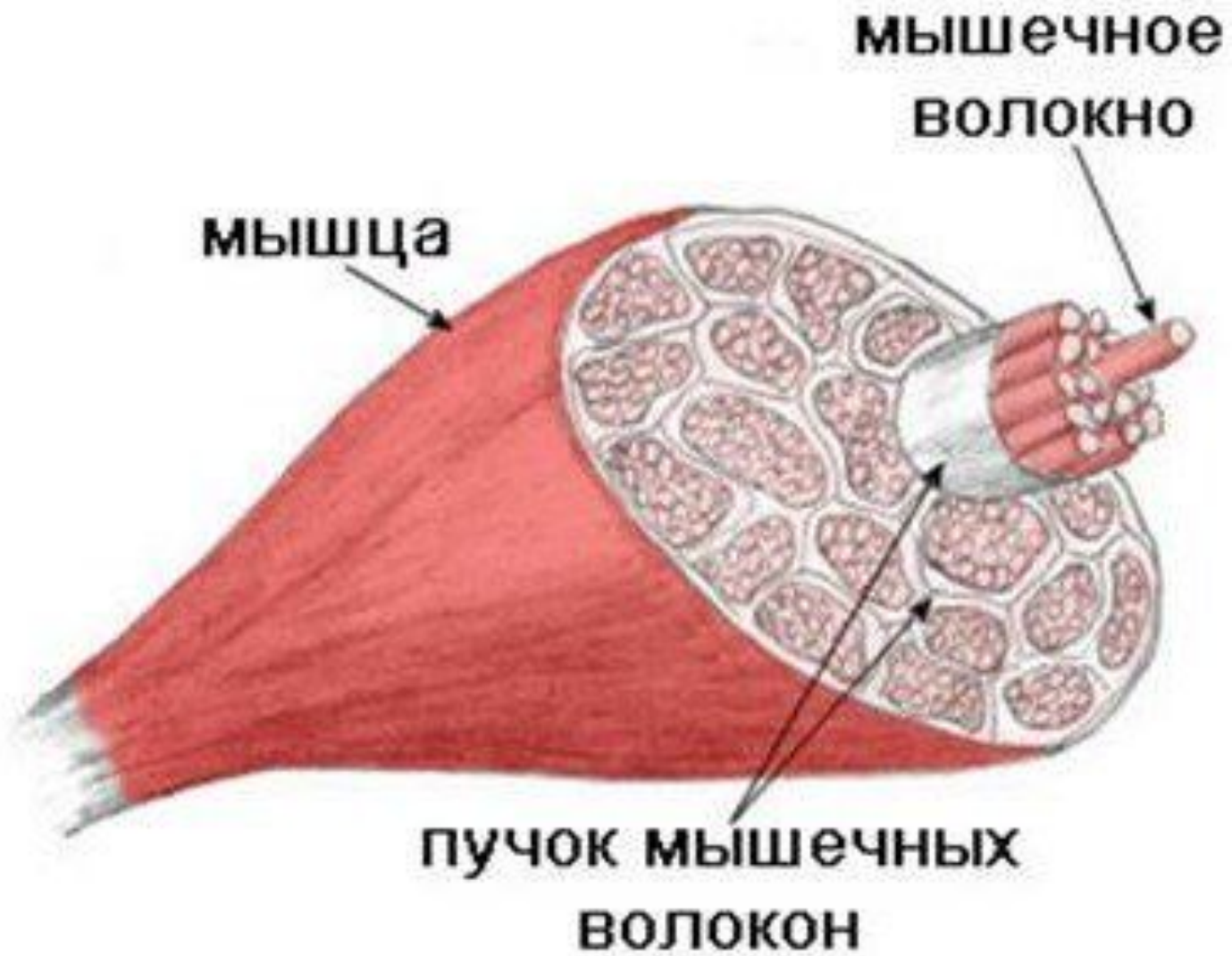
- **1.Красные** – содержат мало миофибрилл, имеют меньшую силу, но могут долго работать.
- **2.Белые** – много миофибрилл, сильно сокращаются, но быстро утомляются.
- **3.Промежуточные.**

Строение скелетной мышцы

- Мышечные волокна окружены соединительной тканью, которая необходима для силовой трансдукции. В соединительной ткани находятся кровеносные сосуды и нервы.

Соединительная ткань в скелетной мышце называется:

- **Endomysium** - это тонкий слой ретикулярных волокон, которые непосредственно окружают отдельные мышечные волокна.
- **Perimysium** - более толстый слой соединительной ткани, который окружает группу волокон, формирующую пучки.
- **Epimysium** - это оболочка из плотной соединительной ткани, которая окружает группу пучков, составляющих мышцу.



https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fvelomania.ru%2F2013%2F11%2F09%2Fvse_chno_nado_znat_o_myshcakh_cheloveka.html&psig=AOvVaw1PXTorNckBlxG8myeipXu1&ust=1618601235559000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCKCTv9b9gPACFQA AAAAdAAAAABBH

Скелетная мышца

Пучок мышечных волокон

Мышечное волокно

