

МУСКУЛНА ТЪКАН

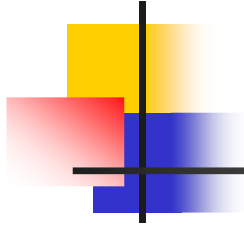


проф. д-р Пепа Атанасова, д.м.

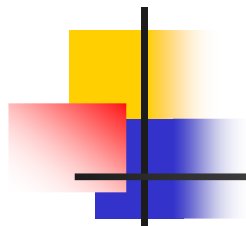


ОПРЕДЕЛЕНИЕ:

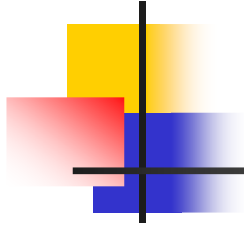
- **Тъкан, изградена от високоспециализиране клетки и надклетъчни структури, които чрез взаимодействие на своите протеини актин и миозин осъществяват движение.**
- **Няма собствено междуклетъчно вещество, ролята на такова се изпълнява от рехавата съединителна тъкан.**



- Мускулната тъкан се характеризира с
- издължени, елонгирани клетки и
- наличие в тях на миофибрили, образувани от миофиламенти.
- Тези миофибрили са отговорни за съкращението на мускулните клетки.



КЛАСИФИКАЦИЯ



- **А. Видове според инервацията:**
- - *Волева*
- - *Неволева*
- **Б. На базата на ултраструктурата и физиологичните характеристики :**
- *Гладка мускулна тъкан*
- *Напречнонабраздена*

- ● **Гладка** – висцерална, гладка мускулна тъкан на вътрешните органи

- Миоепителните клетки в ацините

- Миоидните клетки около каналчетата на тестиса

- Сфинктера и дилататора на папилата на окото

- ● **Напречнообраздена скелетна** - скелетните мускули

- ● **Напречнообраздена сърдечна** - миокарда на сърцето

- - **гладка - неволева**

- - **напречнообраздена скелетна - волева**

- - **напречнообраздена сърдечна - неволева**



■ Три форми на организация:

- ***Клетъчна*** - гладка мускулна тъкан
- ***Симпласт*** - скелетна
напречнообраздена мускулна тъкан
- ***Синцитий*** - сърдечна
напречнообраздена мускулна тъкан

4 ВИДА КОНТРАКТИЛНИ КЛЕТКИ:

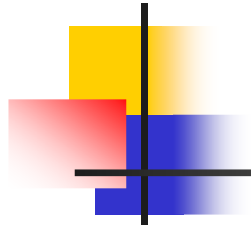


- 1. МУСКУЛНИ КЛЕТКИ – ОСНОВНИЯТ ТИП.
 - а/ гладки
 - б/ напречнонабраздени
- 2. МИОЕПИТЕЛНИ – в екзокринните жлези
- 3. МИОФИБРОБЛАСТИ – контрактилни, но и синтезираци колаген
- 4. ПЕРИЦИТИ – в капилярите,
 - с контрактилни елементи

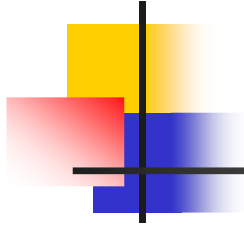


Хистогенеза:

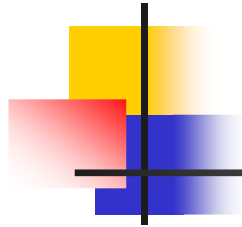
- **мезенхим** – ● гладка мускулна тъкан
- ● миоидни клетки в семенните каналчета на тестиса
- **мезобласт**
от миотома на епимера – ● скелетна
от спланхноплеврата на хипомера – ● сърдечна
- **ектобласт** - миепителни клетки
- **невроектобласт** – мускули на зеницата



ГЛАДКА МУСКУЛНА ТЪКАН

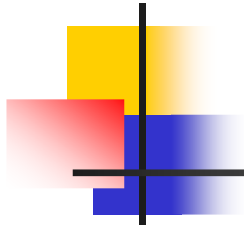


- *Клетки – стволови и леомиоцити*
- **Стволова клетка**
- подобна на фибробласта,
- с контрактилен и секреторен фенотип.
- синтезира ГАГ и преколаген, от които извънклетъчно се формират матрикс, базална ламина и контрактилните фибрили.



■ **Леомиоцити**

- Здраво свързани помежду си чрез нексуси.
- Вретеновидна форма
- Тънката част заляга към дебелата част на съседната клетка
- Дължина 40-50 μm и ширина 5-10 μm ,
- Ядро - централно разположено, удължено,
- при съкращение се нагъва като тирбушон.
- Клетъчните органели – около ядрото.

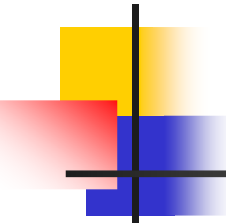


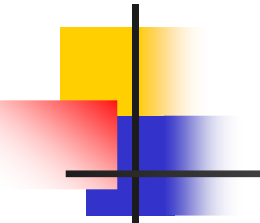
- *Св.М.* Миофибрилите трудно се демонстрират и липсва напречна изчертаност в тях.
- *Е.М.* **Актинови и миозинови контрактилни филаменти**
- Разположени периферно, ориентирани спрямо дългата ос на клетката,
- с единия си край прикрепени чрез уплътнения за плазмалемата




- **Неконтракtilни интермедиерни филаменти - десмин и виментин**

- разполагат се мрежовидно, свързвайки се с контракtilните чрез плътни тела (dense bodies), които съдържат α -актин, т.е.
- те са аналози на Z – диска в напречнонабраздената мускулна тъкан.
- Така се формира триизмерна мрежа, прикрепена за плазмалемата, която води до промяна във формата на клетката.

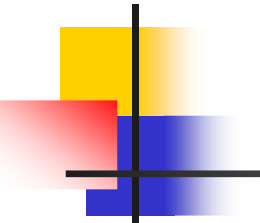
- 
- По плазмалемата – множество **кавеоли** (аналози на Т-тубулетите при напречнонабраздената мускулна тъкан).
 - Гладкомускулните клетки са покрити с **перицелуларна ламина** (с изключение на местата, където се свързват чрез нексуси)
 - Напречни ретикуларни влакна свързват съседни мускулни клетки и обединяват групите във функционални единици.

- 
- Гладката мускулна тъкан не е под волеви контрол.
 - Чрез мускулната клетка се осъществява синаптична връзка с аксони.
 - Хормонални повлиявания могат да предизвикат увеличаване на дължина и пролеферация в гладките мускули, т.е. може да има не само увеличаване на размерите на клетките, но може да се формират и нови клетки.
 - Пример: матката, чиито мускулни влакна може да достигнат дължина от 800 μm по време на бременност.

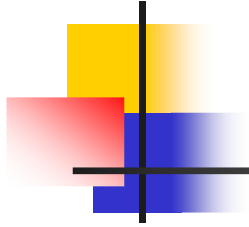


Два типа леомиоцити в зависимост от специфичната инервация:

- **Висцерален тип** – клетките са свързани чрез нексуси,
 - съкращават се под влияние на серотонин, окситоцин, адреналин, хистамин
 - част от стената на тръбестите кухи органи
 - възбуждението се предава чрез нексусите от клетка на клетка.
- **Индивидуален тип** – самостоятелна инервация , бърза контракция
 - гладкомускулните клетки на ириса и
 - d. deferens

- 
-
- Актинът и миозинът в леомиоцитите са от особен тип.
 - Различават се по подредбата на АК.
 - Миозин II тип, се различава от миозин I тип на напречнонабраздената мускулна тъкан.
 - активността на АТФ-зата е 10x по-ниска и се регулира директно от Ca^{++} йони
 - Миозин II тип взаимодейства с актина, само ако неговата лека верига е фосфорилирана

- Са ++ и калмодулин (свързващ белтък)
- ↓
- Леки вериги на миозина (неактивна киназа)
- ↓
- Киназа - Са ++ - калмодулин (активен комплекс)
- ↓
- Миозин
- ↓
- ↓
- ↓ ← АТФ -аза
- ↓
- активен миозин
- ↓ ↓
- Връзка с актиновите филаменти



СКЕЛЕТНА НАПРЕЧНОНАБРАЗДЕНА МУСКУЛНА ТЪКАН

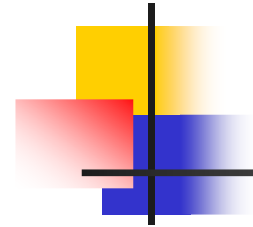
- Напречнообраздените скелетни мускули са волеви мускули и се инервират посредством моторни плочки или мионеврални синапси.

- Строеж : ***напречнообраздено мускулно влакно*** ,
- гигантска клетка , *симпласт*, със стотици ядра,
- разположени периферно сублемално.
- Цилиндрична форма, дължина 1-40 мм до 10 см.
- Дебелина около 50-60 μm .
- Плазмалема – сарколема
- Прекурсорни клетки - миобласти с централно разположени ядра

- Ембриогенеза – възникват от сливането на много миобласти, следва конверсия на ядрата, от центъра – в периферията.

■ В зрелия организъм – има резервна популация от

- недифиренцирани (сателитни) клетки - малки, приплеснати, между мускулните клетки и перицелуларната ламина,
- от които могат да се образуват нови мускулни клетки като физиологична или репаративна **регенерация**.
- **Хипертрофия** – увеличаване на обема на клетките (работна, при спортисти)

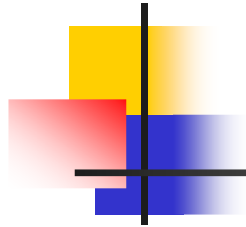


- Миофибрили – в центъра на клетката (мускулното влакно),
- Всяка миофибрила обградена с мрежа от цистерните на гл. ЕПР (саркоплазмен ретикулум)
- Надлъжно ориентирани митохондрии, под сарколемата, между миофибрилите (енергия за муск. съкращение)
- Гликоген и липидни капки

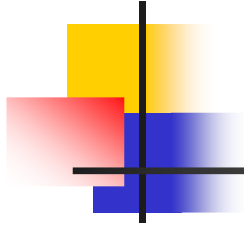


Видове мускулни влакна:

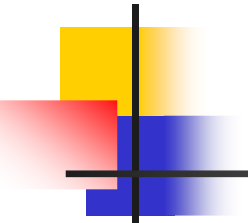
- **Червени** – къси,
 - по-голямо количество миоглобин (червен цвят)
 - Бавно, продължително съкращение
 - По-бавно настъпва умора
- По-голяма активност на миозиновата АТФ-аза
- Повече митохондрии
- Получават енергия чрез окислителното фосфорилиране

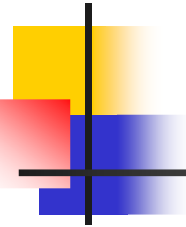


- **2.Бели** – дълги,
- по-малко количество миоглобин
- По-малко митохондрии
- Бързо, кратковременно съкращение
- По-бързо настъпва умора
- Получават енергия чрез анаеробната гликолиза

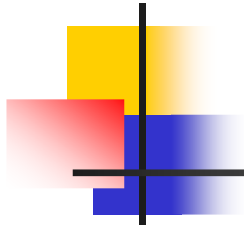


- **Междинни**
- по-къси от белите,
- съдържат пигмент,
- количеството на митохондриите – средно, между бели и червени.

- 
-
- EM – миофиламенти актин и миозин,
 - правилна подредба ----- **напречната изчертаност** (Св.М.)
 - **Св.М.** , оцв. с железен хематоксилин, фазовоконтрастен микроскоп
 - Редуване на светли и тъмни ивици
 - Напречната стрираност се дължи на периодичното редуване на по-малки, по-светли, единично пречупващи (изотропни) I ивици и
 - по-широки, по-тъмни, двойнопречупващи, анизотропни A ивиции.



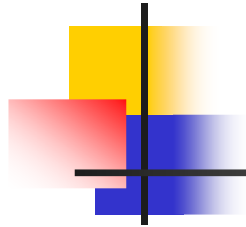
- А ивиците съдържат светла зона (Н) с тясна тъмна линия в средата (М),
- В І ивиците тънки, редуващи се, анизотрапни линии (Z).
- **Z линия** – плътна линия, разделяща І ивицата на две
- **Н зона** – светла, разделяща А ивицата на две
- **М линия** – тъмна линия, разделяща Н ивицата на две, образувана от натрупването на белтъка МИОМЕЗИН



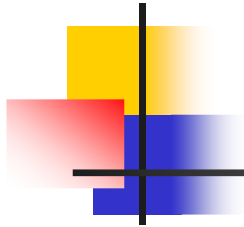
- **Саркомер** – сегмент от миофибрилата между 2 Z линии.
- Основната съкратителна единица на напречнообраздената мускулна тъкан.
- В отпуснато, несъкратено състояние – 2-3 μm
- В съкратено – 1 μm
- Миофиламентите (актин и миозин) не променят дължината си, а само се приплъзват едни спрямо други.

- **Ультраструктурно** – напречната изчертаност се дължи на подредбата на
- дебелите (миозинови) и тънките (актинови) филаменти в саркомера.

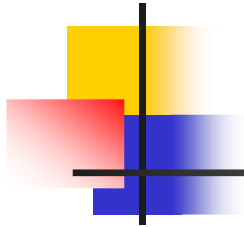
- 1. Дебелите , миозинови филаменти (дължина 1,5-1,6 μm , $d = 15 \text{ nm}$) – в централната зона на саркомера (А ивицата)
- Свързани в едно в техните центрове от няколко структурни протеина, един от които е миомезин (натрупването му образува М линията)
- 2. Тънките , актинови филаменти (дължина 1 μm , $d = 8 \text{ nm}$), състоят се от две вериги глобуларни молекули, G актин, с $d = 4 \text{ nm}$, които образуват двойна спирала –заловени са 2 по 2 като метлички за Z линията и навлизат в А ивицата, където контактуват с миозиновите



- В *I* ивицата има само актинови тънки филаменти.
- В *A* ивицата има актинови и миозинови.
- *H* зоната – само дебели миозинови филаменти
- *M* линия - миозинови филаменти, свързани с миомезин.



- На напречен пререз се вижда триизмерната организация на миофиламентите.
- В **I ивицата** има само **актинови** тънки филаменти, разположени хексагонално.
- В **A ивицата** има **актинови и миозинови**. Всеки миозинов филамент хексагонално обграден от 6 актинови филамента.
- Актиновите навлизат в A ивицата само до H зоната.
- **H зоната** – само дебели **миозинови филаменти**, хексагонално.

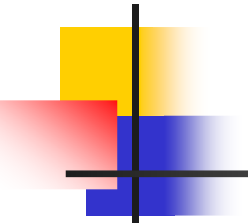


- Гл. ЕПР, саркоплазмен ретикулум
- Трансверзални – Т цистерни
- Лонгитудинални - L цистерни
- Н цистерни – като мрежа
- Цистерните са депо на Ca^{++} йони.

- Т тубули – инвагинации на сарколемата, която навлиза дълбоко в мускулната фибра/клетка.

■ Чрез тях навлизат Ca^{++} , които са пусков механизъм за мускулното съкращение.

- На границата А-І ивици Т тубулите се свързват с 2 терминални цистерни на саркоплазмения ретикулум,
- по 1 цистерна от всяка страна на Т тубула.
- Т тубулите са между 2 допиращи се трансверзални Т цистерни на саркоплазмения ретикулум.
- В един саркомер има 2 Т тубули (Т системи).

- 
-
- Т цистерните (с 1 Т тубул между тях) и
 - 2 L цистерни образуват **триади**.
 - Триадите са разположени на границата на А-І ивиците.
 - Следователно:
 - В един саркомер на напречнонабраздената мускулна тъкан има 2 триади

Sarcolemma

Sarcoplasm

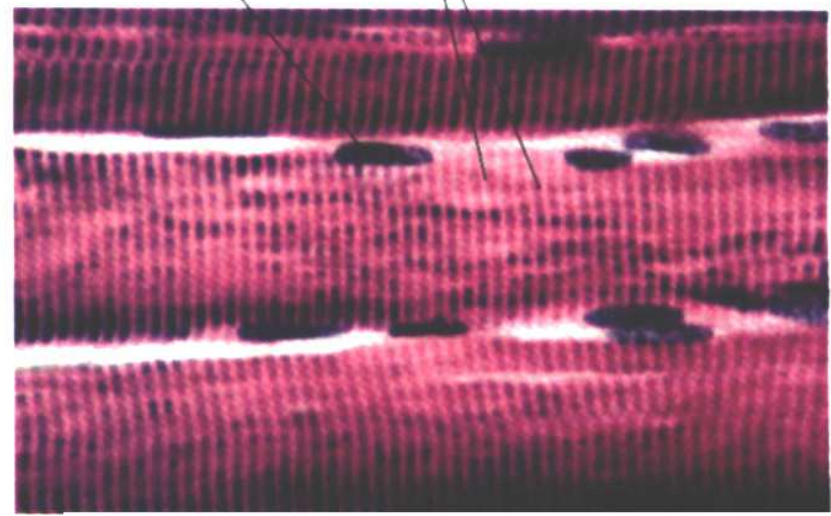
Myofilaments

Myofibrils

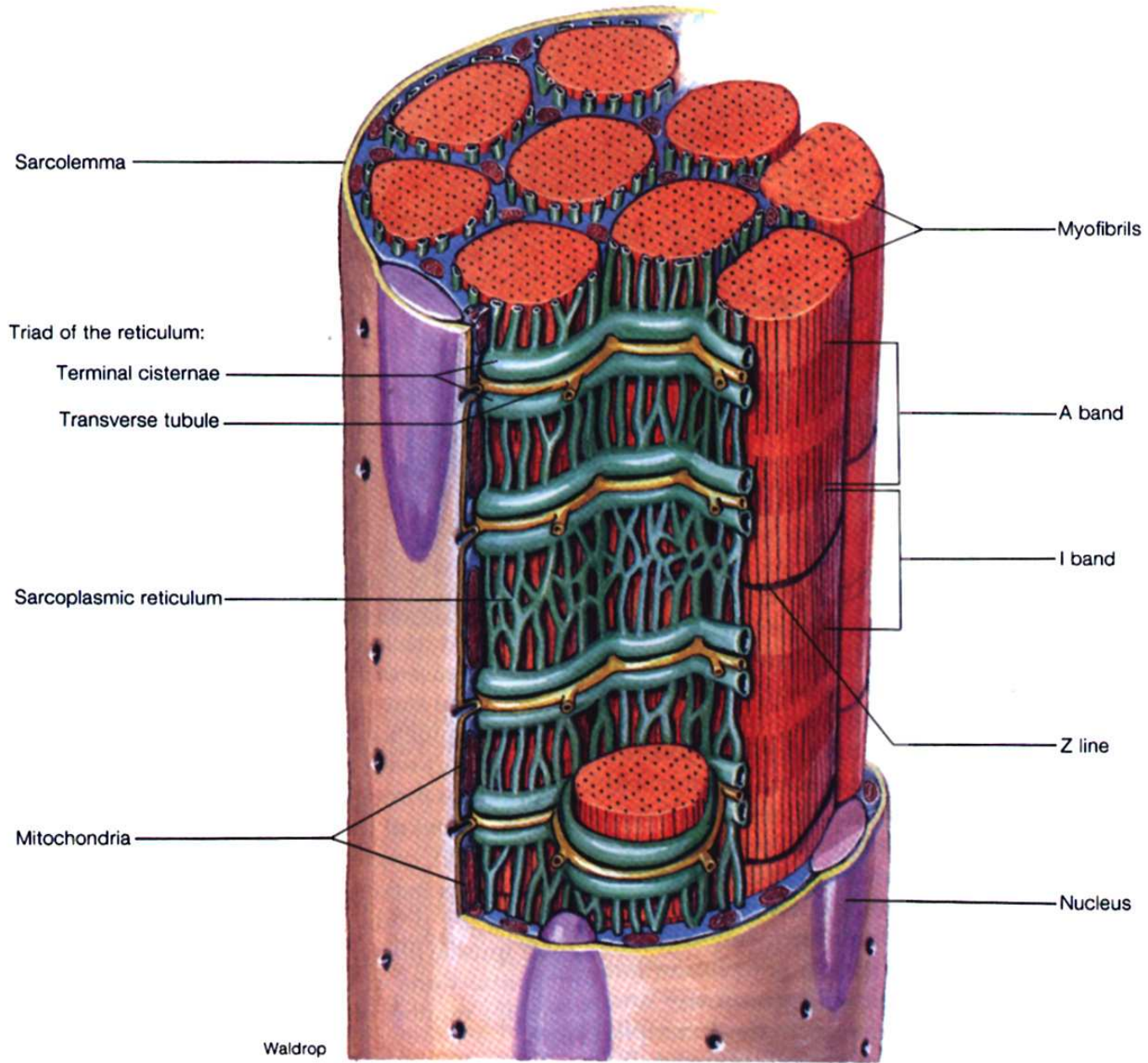
(a)

Nucleus

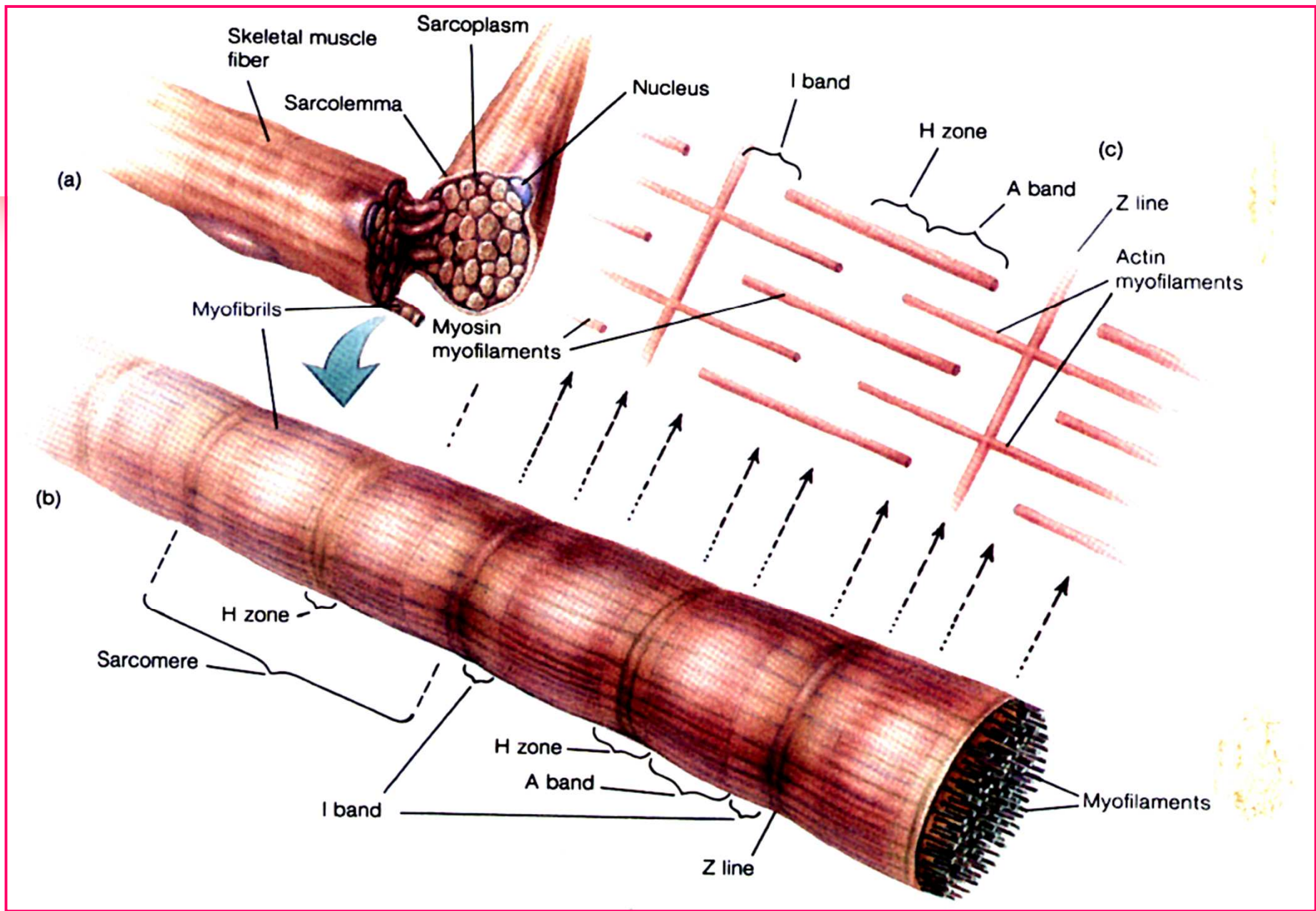
Striations

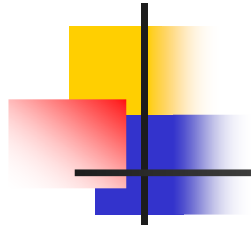


(b)

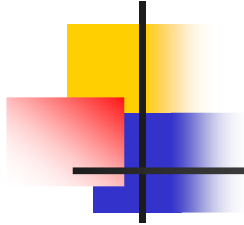


Waldrop

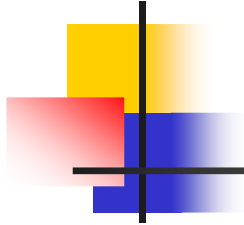




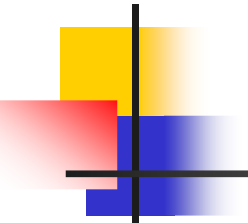
СЪРДЕЧНА МУСКУЛНА ТЪКАН




- Клетки – кардиомиоцити.
- Видове:
 - 1.съкратителни;
 - 2.проводящи;
 - 3.секреторни



- **Съкратитерни кардиомиоцити**
- дължина 100-150 μm , $d = 15-20 \mu\text{m}$
- единични клетки, издължени,
- разклонени в двата края като вилица.
- Всяка клетка контактува с 4 съседни, образуват мрежа - **СИНЦИТИЙ**.
- Свързване между клетките чрез
- високо пречупващи, напречни **интеркаларни дискове**, които лежат на нивото на I ивиците,
- като стълбичка

- 
-
- *ЕМ интеркаларните дискове* се състоят от:
 - - *десмозоми* (по трансверзалната и латералната част на интеркаларните дискове)
 - - *Zonula adherens* – по трансверзалната част
 - - *нексуси, gap junctions*, по латералната част



- Кардиомиоцитите съдържат голямо количество саркоплазма,

- Ядрата - централно разположени,

- Миофибрилите и органелите са разположени от двете страни на ядрата.

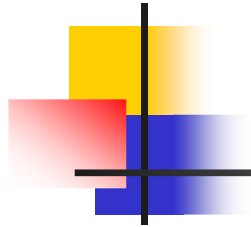
- Има наличие на напречна изчертаност, но саркомерите са къси.

- I ивиците са по-тесни, отколкото в скелетните мускули.

- Саркозомите са значително по-многобройни, отколкото в скелетните мускули.

- По свободните странични повърхности на кардиомиоцитите – базална ламина и ретикуларна ламина.

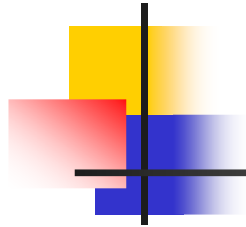
- Митохондрии – между саркомерите, с дългата ос успоредно на миофиламентите в саркомера.
- По-дълги от тези на напр. набр. м. т-н
- Гл. ЕПР – Т системите не са така добре организирани както при напр. набр. м. т-н
- Т тубулите навлизат на нивото на Z линията
- Т тубулите контактуват само с 1 терминална Т цистерна , като образуват структура, наречена **диада**, разположена на нивото на Z линията .



Импулсопроводна система

■ ***Проводящи кардиомиоцити***

- Модифицирани кардиомиоцити,
Генерират импулси за сърдечното съкращение.
- Светли овални клетки, по-големи,
 - дължина повече от 100 μm , $d = 50 \mu\text{m}$
 - оскъдно количество миофибрили,
 - повече митохондрии и гликоген
 - нямат T системи, просто устроени интеркаларни дискове
- Локализация:
 - Синоатриален възел –pacemaker ,
 - Атриовентрикуларен възел
 - Сноп на Хис - навлизат в миокарда на камерите,
 - между кардиомиоцитите
 - Влакна на Пуркиние



Секреторни ендокринни кардиомиоцити



Секреторни ендокринни кардиомиоцити

- Локализация – дясно предсърдие, ухо
- Ултраструктура: гр. ЕПР,
- Произвеждат белтъчен хормон –
- ***натрий уретичен фактор*** (аурикулин, кардиодилатин),
- АНТАГОНИСТ НА АЛДОСТЕРОНА И ВАЗОПРЕСИНА,
- РЕГУЛИРА кръвното НАЛЯГАНЕ.
- Хормонът се натрупва в клетките и се наблюдава под формата на плътни гранули, с размери 300-4000 нм,
- до 600 гранули в 1 клетка