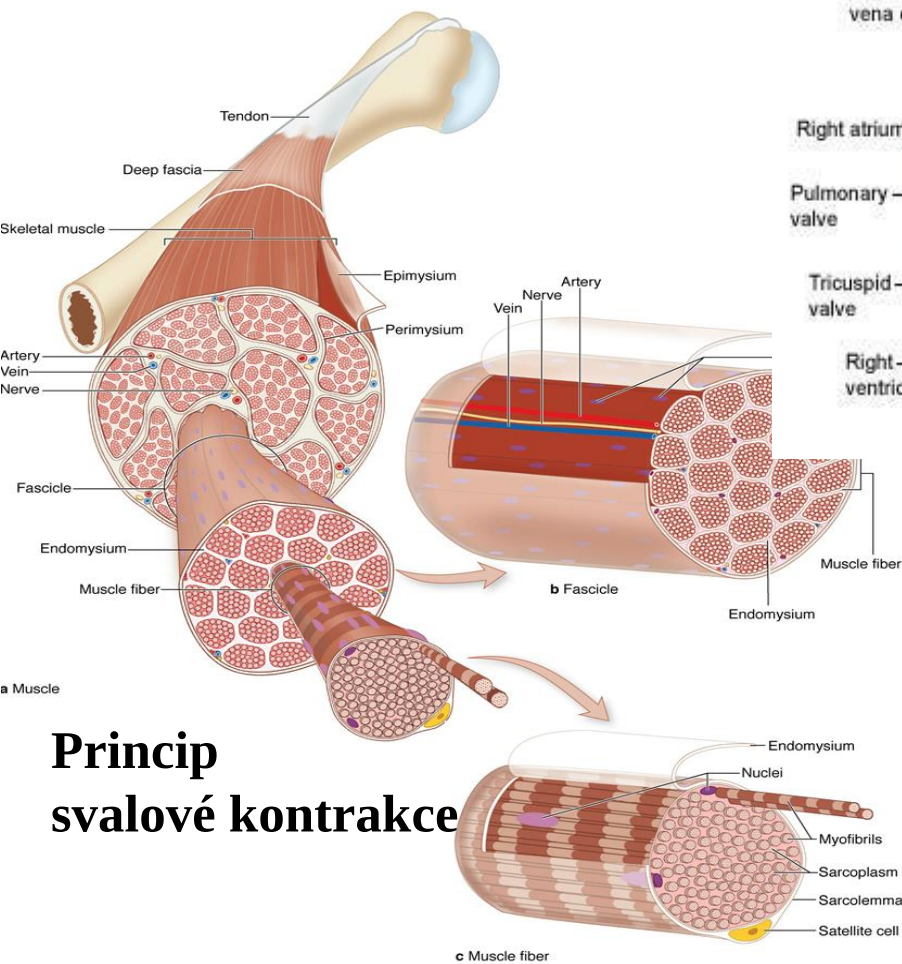
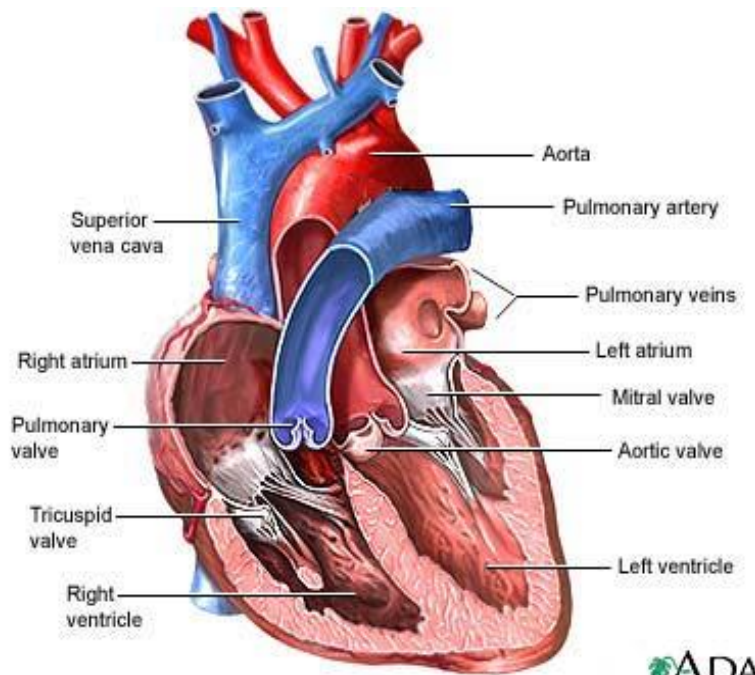


Svalová tkáň



Princip svalové kontrakce



ADAM.

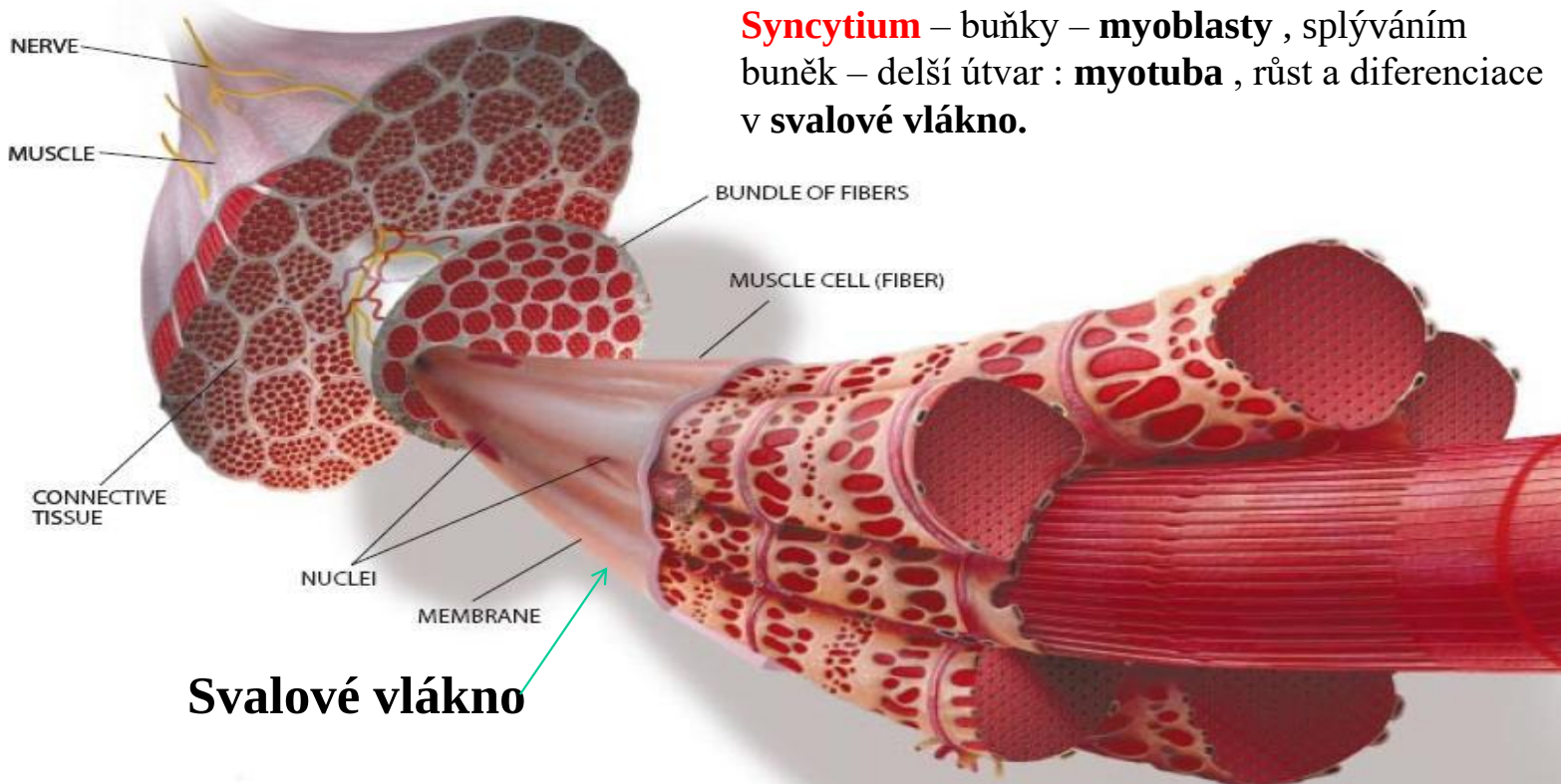
MUDr. Richard Becke

Typy svalové tkáně

- 1/ Příčně pruhovaná svalovina:
 - A) Kosterní
 - B) Srdeční / myokard
- 2/ Hladká svalovina
- Buňky s možností kontrakce : myofibroblasty, pericyty, myoepitelové buňky / obsahují aktinová a myosinová filamenta /
- Základní funkční vlastností je schopnost **kontrakce a relaxace.**
- Excitace buněčné membrány / depolarizace / , následuje přímá přeměna chemické energie na mechanickou , nakonec projev v aktivní síle různé intenzity a dle typu svalu.

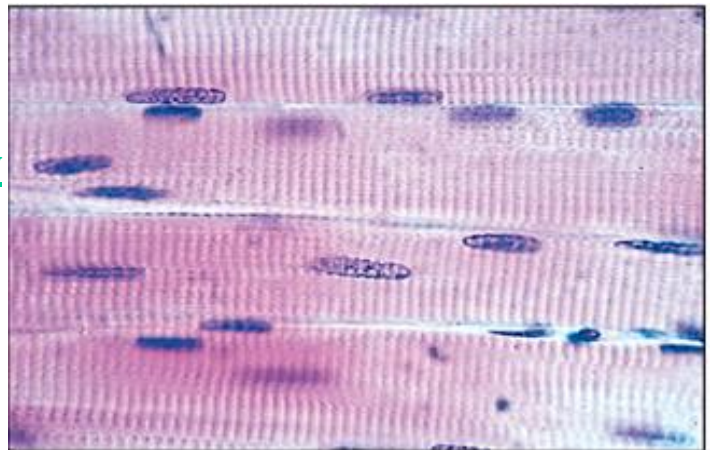
Příčně pruhovaná kosterní svalovina

- Základní morfologická a funkční jednotka:
- Vlákno příčně pruhovaného svalu
- /Průměr : 10 – 100 um, délka : několik desítek cm podle typu svalu/ až 40 cm/

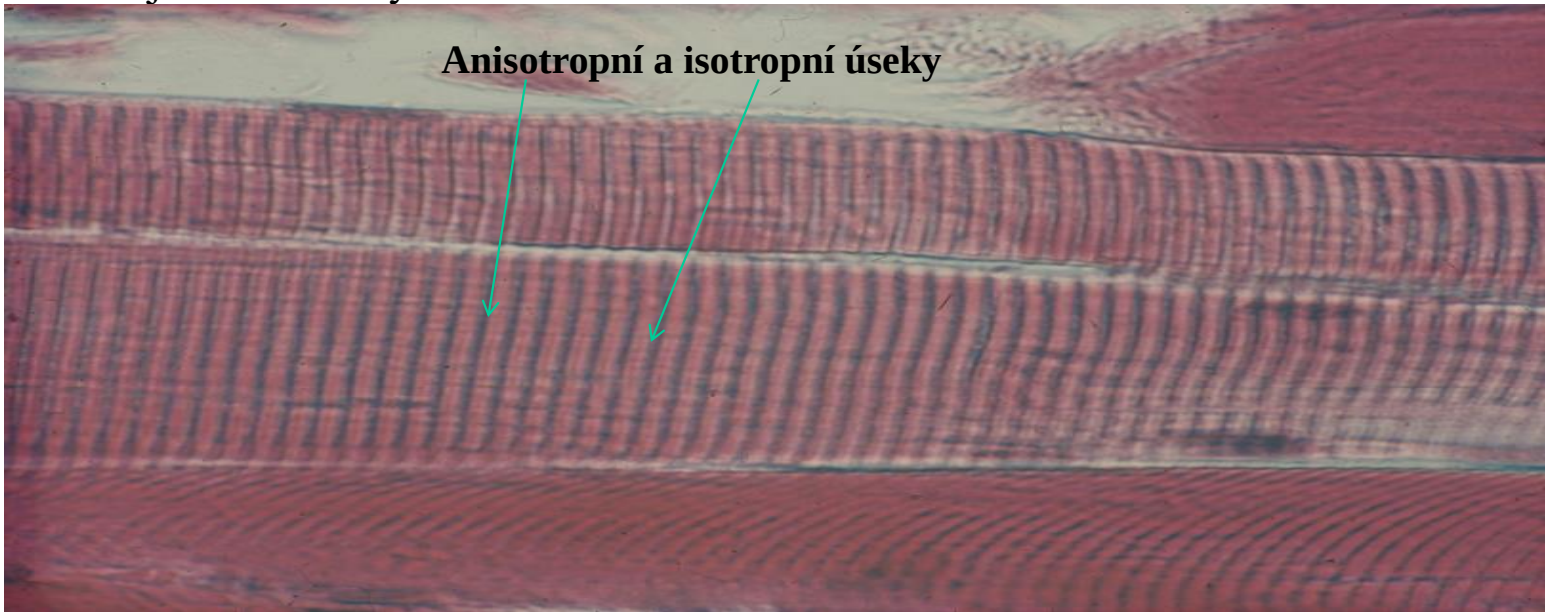


Svalové vlákno

- Jádra – uložena na periferii těsně pod sarkolemmou
- Podélně a paralelně probíhající myofibrily
- **Anisotropní** / tmavé / a **isotropní** / světlé / pruhování na myofibrilách
- Hladké sarkoplasmatické retikulum
- /zásobárna Ca iontů / mnoho cisteren
- obalující každou myofibrilu /



Anisotropní a isotropní úseky



Uspořádání
sarkoplasmatic.
retikula kolem
myofibril

Z line

A band

I band

sarcolemma

myofibrila

T tubulus

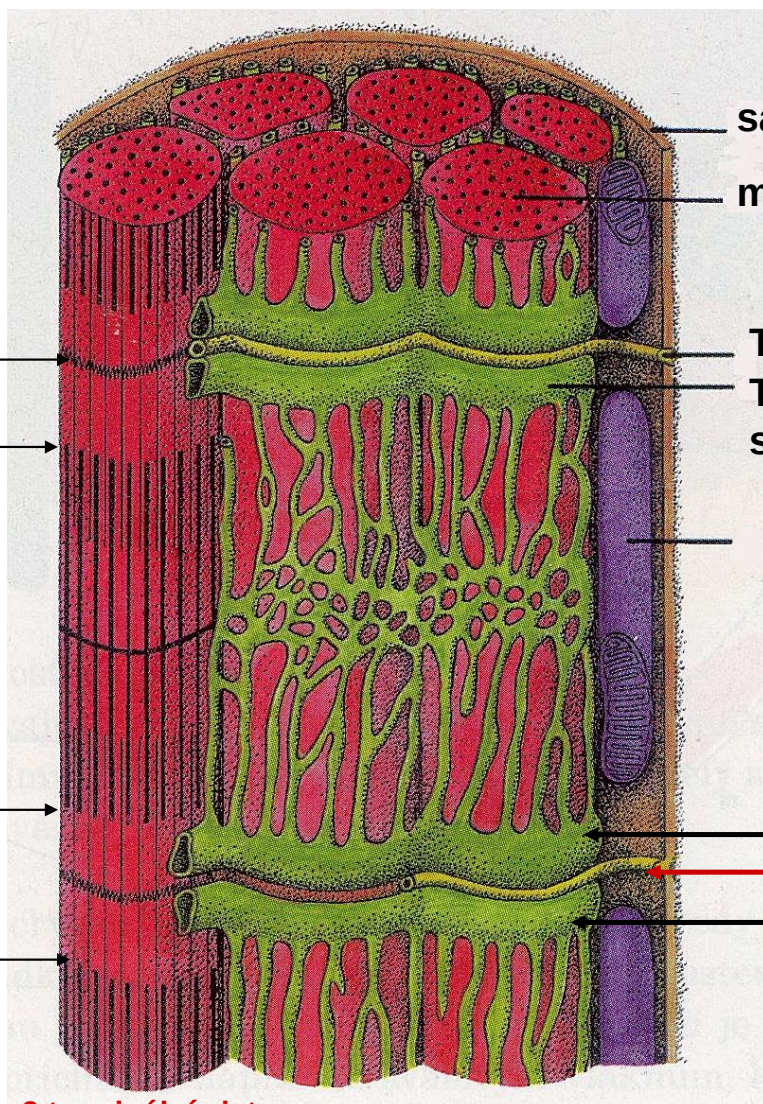
Terminalní cisterna
sarkoplasmatického ret.

Mitochondrie

Triáda

Triáda . T – tubulus a 2 terminální cisterny

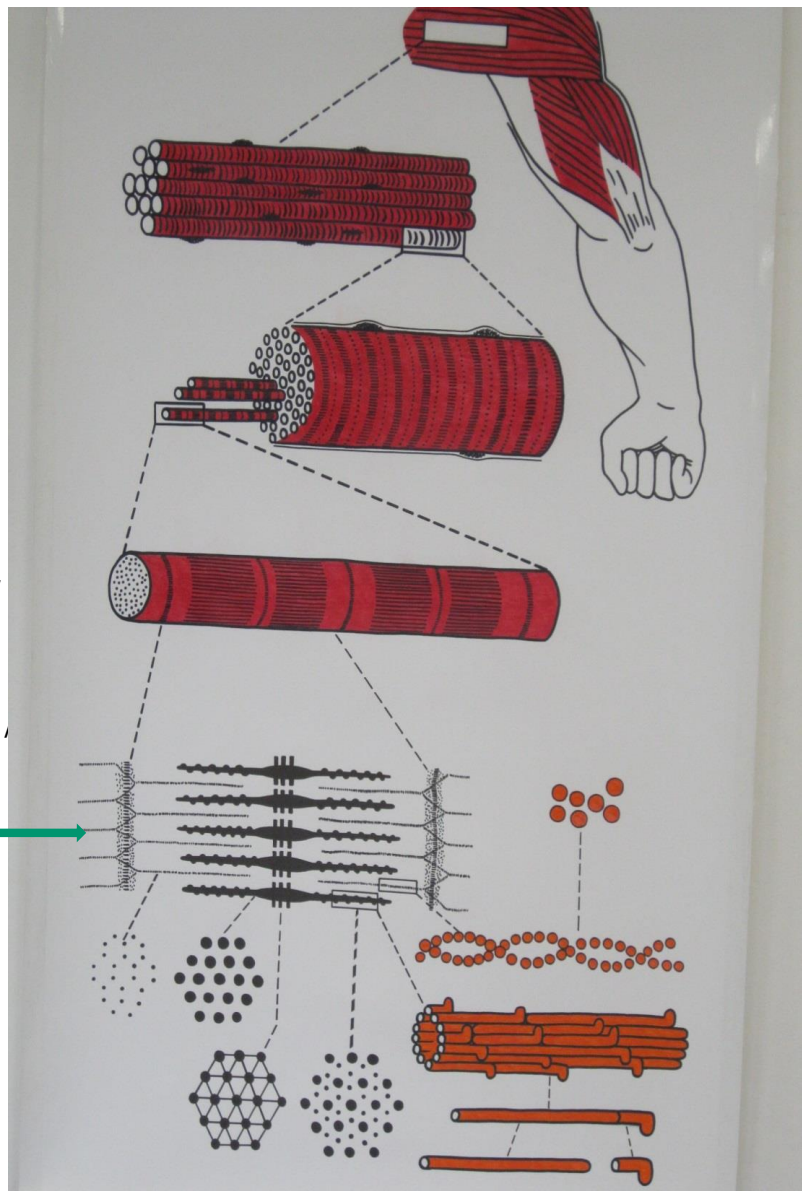
Scheme: Vacek, Histologie, 1995



Ultrastruktura myofibrily

- SARKOMERA – úsek myofibrily
- mezi 2 :
- **Z proužky.** /uprostřed – M proužek /
- H – proužek /pouze myosinová fil./
- Délka : 1,5 – 3,5 μm
- Aktinová myofilamenta /prů.6-8nm/
- Myosinová myofilamenta/prů.15nm /

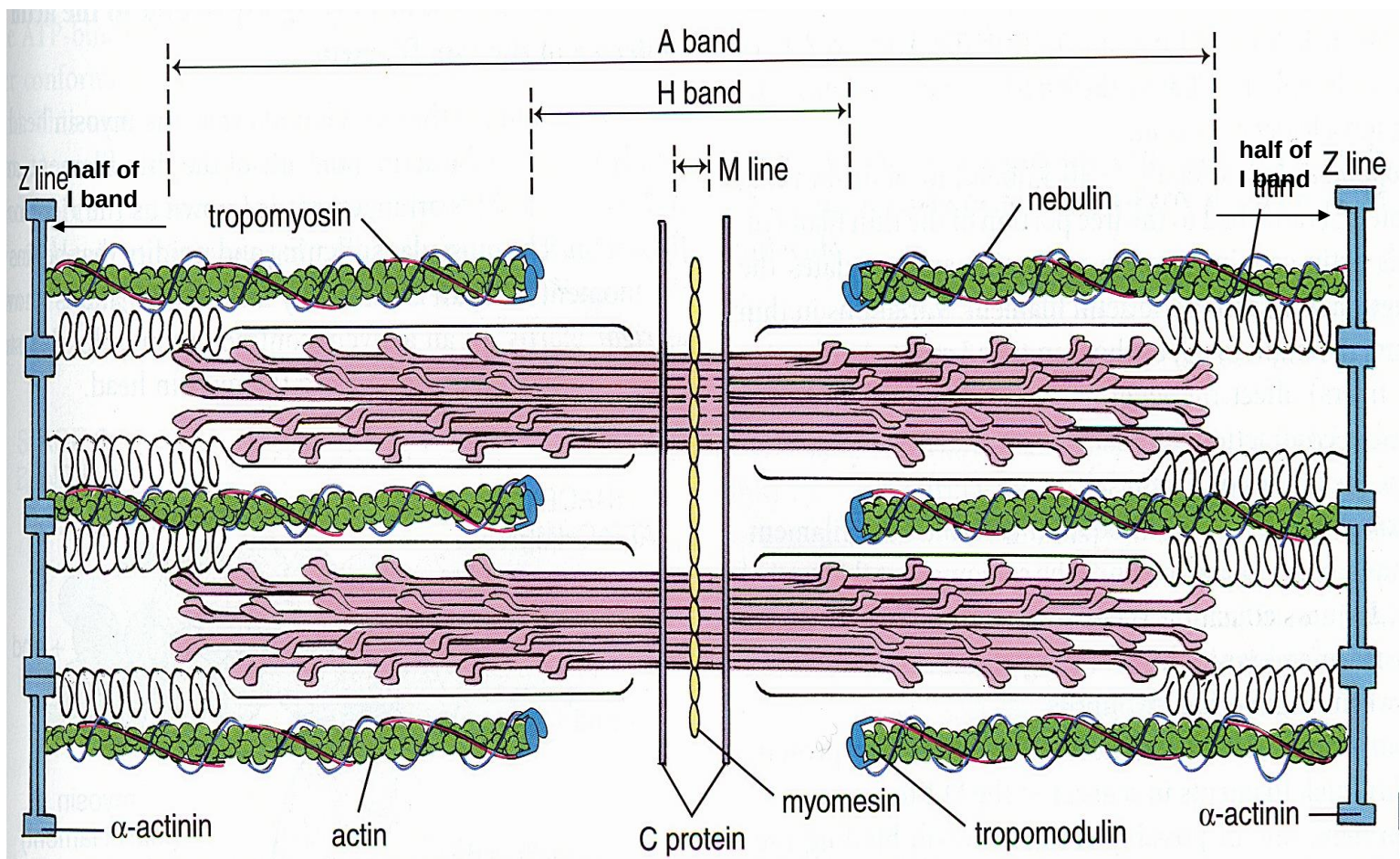
Jednoduché schéma
sarkomery



Uspořádání myofilament a dalších proteinů v sarkomeře

Titin ,Alfa – aktinin , nebulin , myomesin , C – protein,tropomodulin

Desmin – intermediární filamenta mezi myofibrilami



Z linie

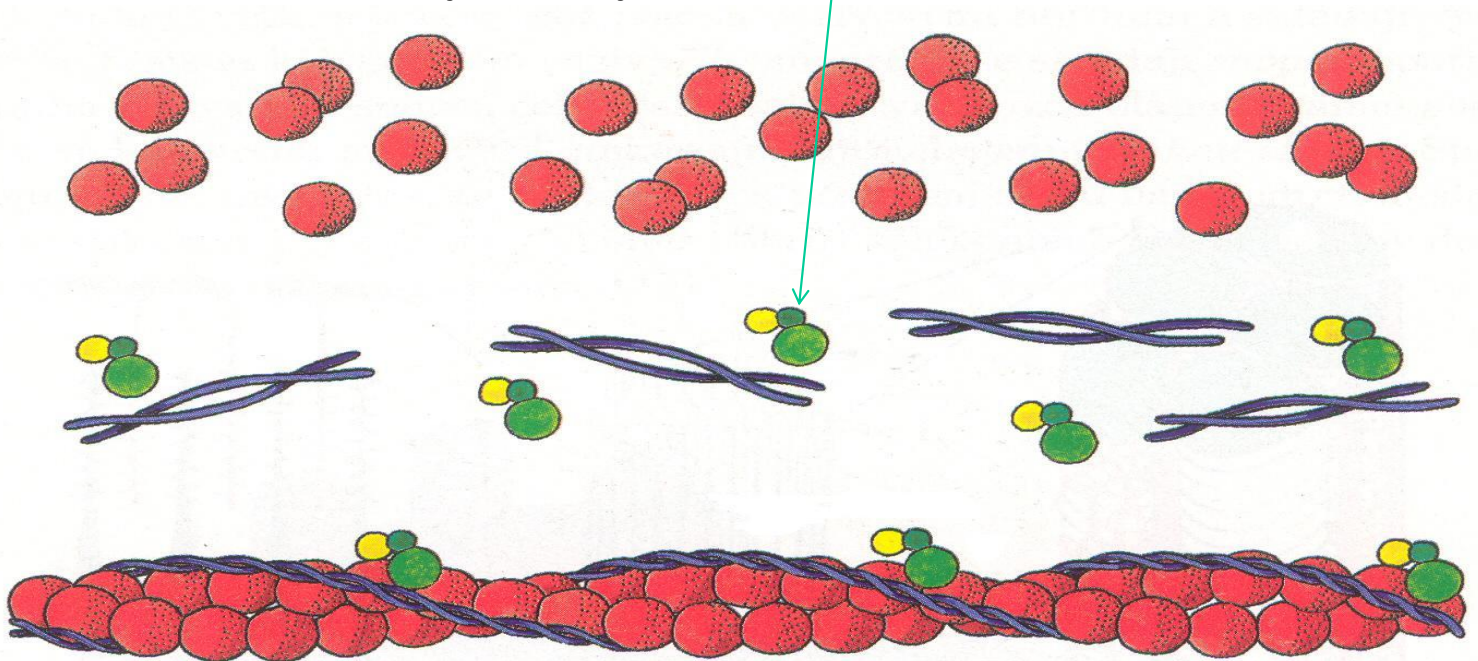
Elektronogram - sarkomera

Z linie



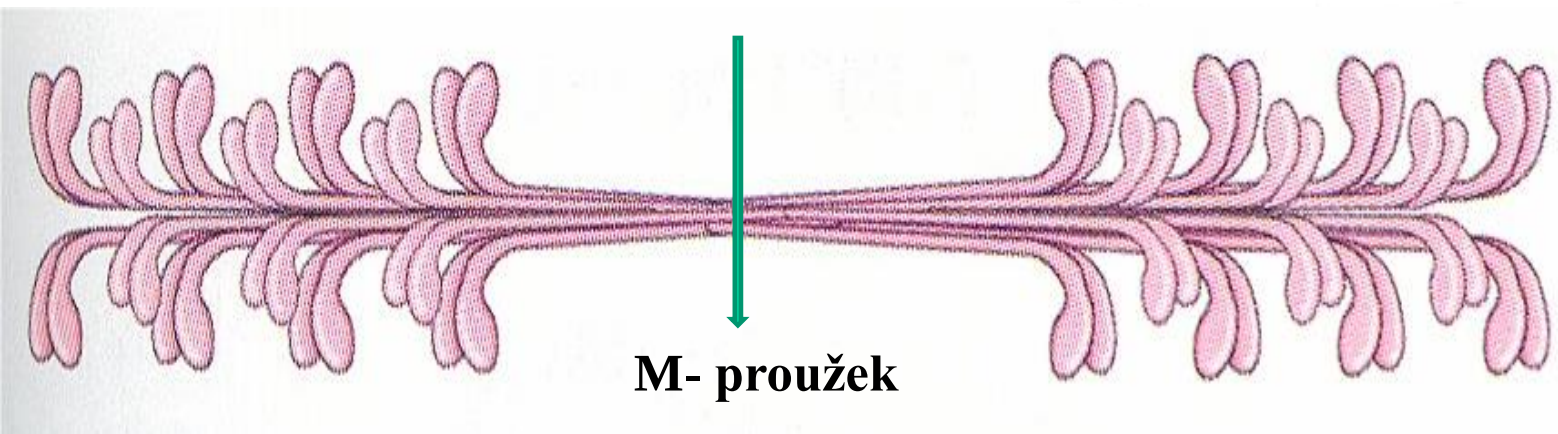
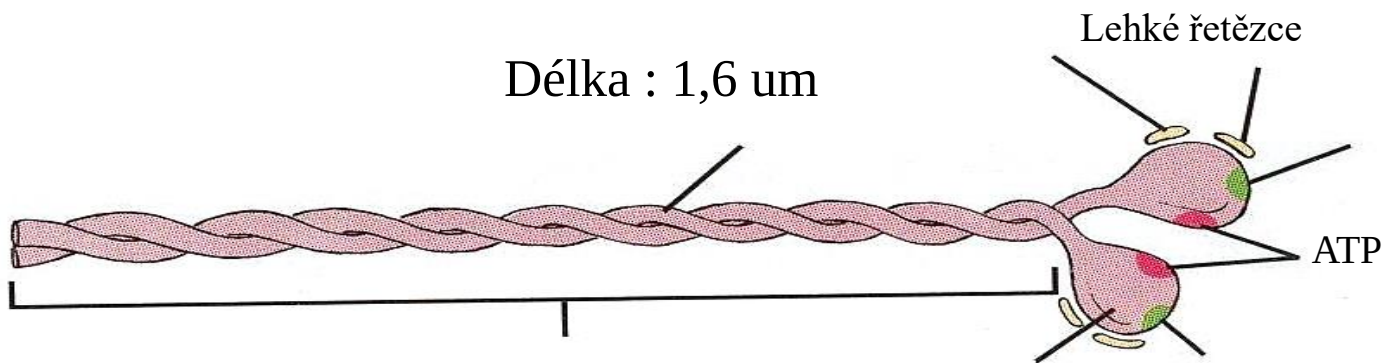
Ultrastruktura aktinového fil.

- G / globulární molekuly / – aktin , F /fibrilární / – aktin
- Tropomyosin – vláknitý protein podél F- aktinu.
- Troponin – 3 podjednotky, TnC, TnT, TnI.
- TnC – váže Ca^{2+} ionty
- TnT – vazba na tropomyosin
- TnI – inhibice vazby actin - myosin



Ultrastruktura myosinového fil.

- Molekula myosinu : 2 polypeptidové těžké řetězce zakončené
- globulárními hlavičkami.
- Na hlavičce - lehké řetězce /4 / a vazebné místo pro **actin** a **ATP**



Princip svalové kontrakce

- Axony motorických neuronů – depolarizace buněčné membrány do zakončení – **motorické ploténky** na povrchu svalových vláken.
- Mediátor : Acetylcholin – receptory na membráně svalového vlákna – depolarizace buněčné membrány ,
- rychle se šíří do **T – tubulů** / část tzv. triády /.
- Masivní **uvolnění Ca^{2+} iontů** z terminálních cisteren sarkoplasmatického retikula do cytoplasmy.
- **Ca^{2+} se váže na podjednotky troponinu –změní se konfigurace a umožní interakci aktinu a myosinu.**
- / odkryje se vazebné místo pro myozinovou hlavu /

Princip svalové kontrakce

- Na hlavách molekul myosinu je **navázán ATP**.
- Za přítomnosti Mg^{2+} se rozloží **ATP na ADP a fosfát**.
- Energie je přenesena do ohybu krčku – ohnutí a posun myofilament.
- Na vazebné místo na hlavě myosinu se naváže nová molekula ATP : rozpojí se komplex, hlavička se narovná a celý cyklus se může opakovat.
- **Při kontrakci je nutno odčerpat z sarkoplasmy zpět do cisteren sarkoplasmatického retikula Ca^{2+} ionty a** difundovat do terminálních cisteren – připravené na další uvolnění / excitaci / .Vápníkové pumpy.

Rigor mortis

Příčina : kompletní vyčerpání zásob ATP a Ca iontů ze sarkoplasmatického retikula.

V tom okamžiku již nejde uvolnit kosterní svalovinu a začíná tuhnout.

Časově : plně vyvinutý je po 12 – 36 hodinách po smrti.

Vliv : teplota : nízká zpomaluje, vysoká : zrychluje

Ztuhlost končí : začíná 2 dny po smrti , po 3-4 dnu zmizí úplně, opět končetiny ohebné.

Využití : soudní lékařství , koroner , stanovení doby úmrtí

Srdeční svalovina

- Základní morfologickou a funkční jednotkou: Buňka srdeční svaloviny –
- **kardiomyocyt.**
- Protáhlý tvar , výběžky k sousedním bb.
- Průměr : 10 –20 um, délka : 80 –100 um.
- **Jádro** – jedno , **uložené v centru buňky**
- Mitochondrie, glykogen, myofibrily
- S věkem – přibývá lysozómů – obsahují pigment
- **lipofuscin** – především v okolí jádra.

Interkalární disky

- = spojení kardiomyocytů viditelné v světelném mikroskopu jako příčná linie .
- 3 buněčná spojení : Fascia adherens
- Desmosom
- Nexus / Gap – junction /
- Terminální sarkomera myofibrily – vždy aktinová fil. do fascie adherens.

INTERKALÁRNÍ DISK - schéma

Spojení mezi kardiomyocyty

fascia adherens
desmosome
nexus

interkalární disk

sarcolemma

mitochondrion

external lamina

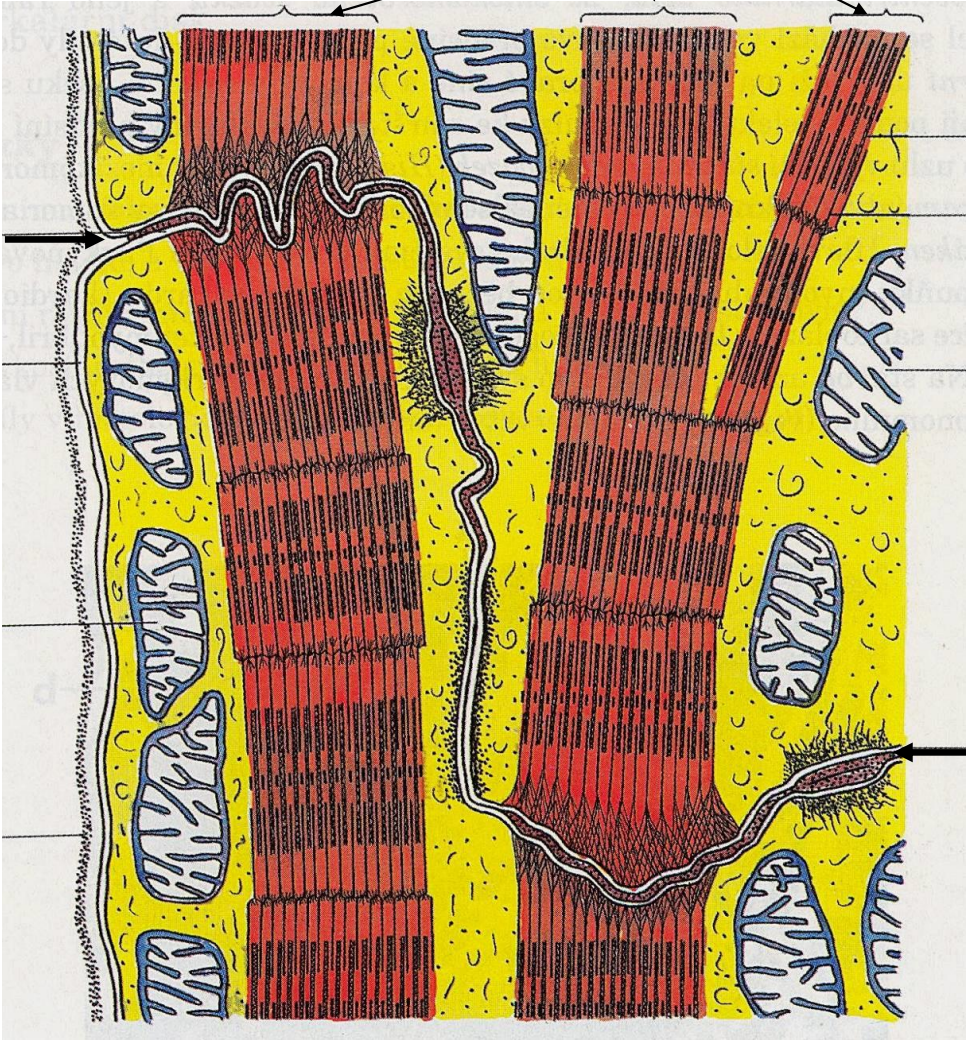
myofibrils

myosin
myofilament

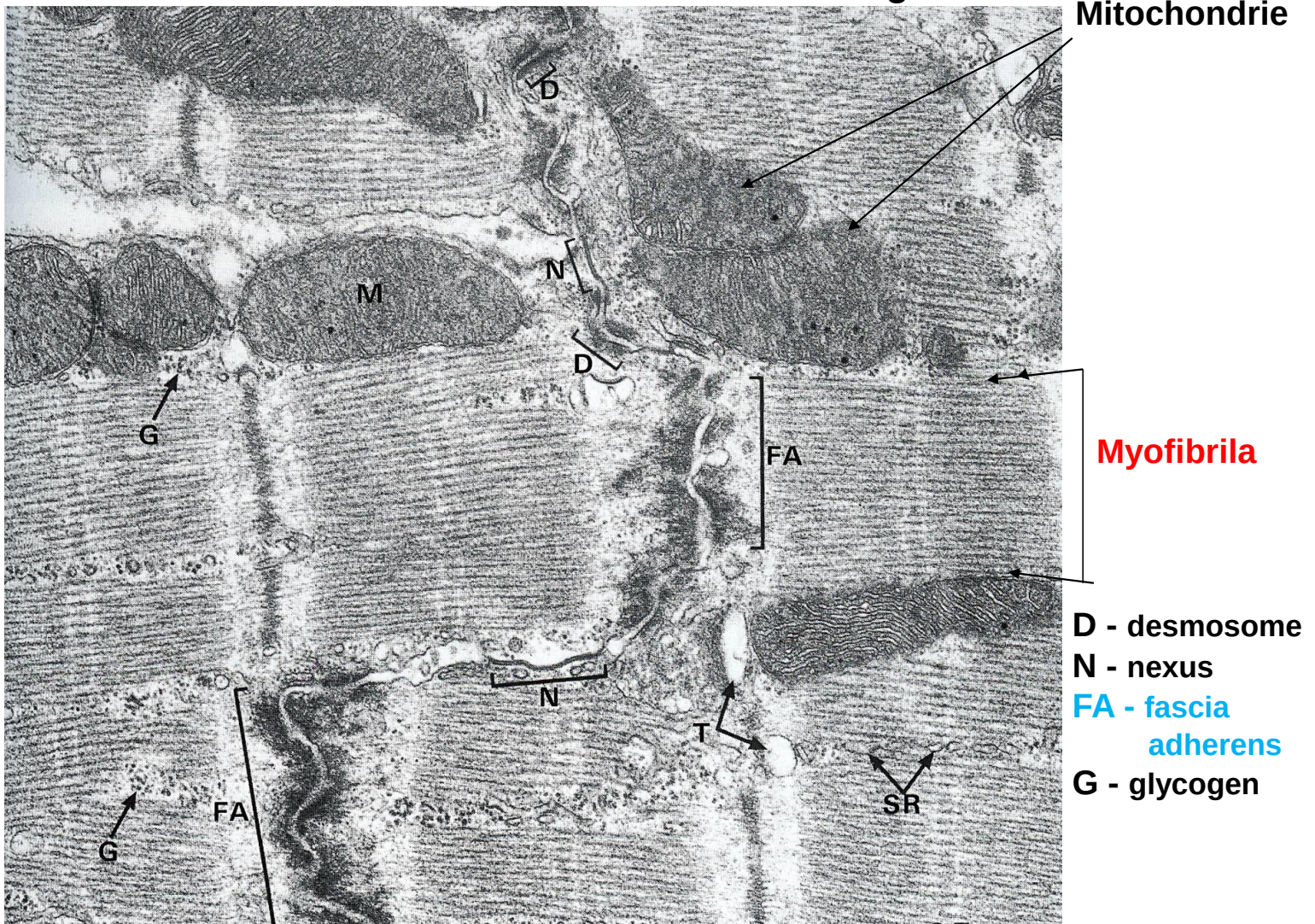
actin
myofilament

mitochondrion

Interkalární
disk



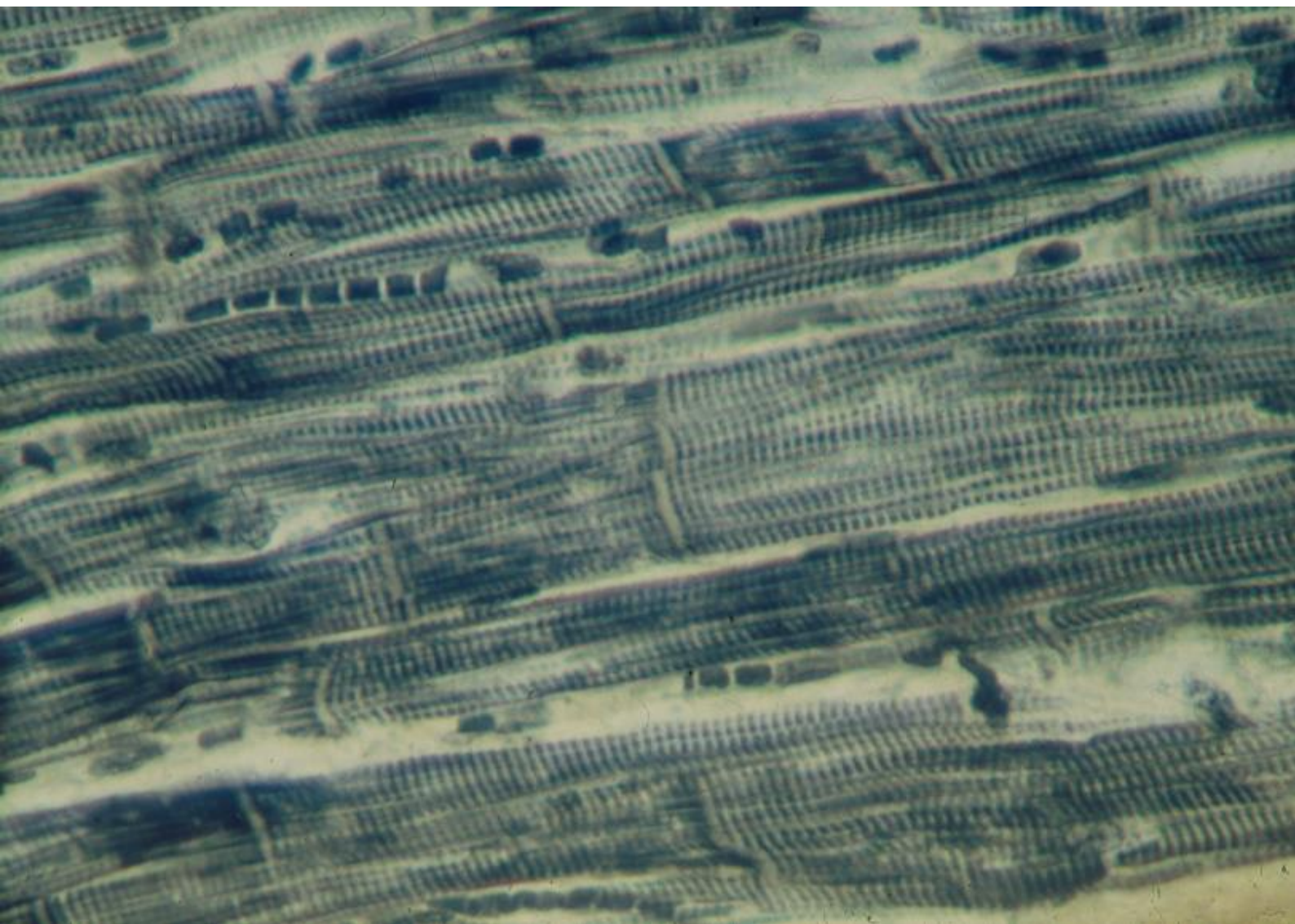
KARDIOMYOCYTY – interkalární disk - elektronogram



E

Electron micrograph: Wheater's Funct. Histology, 2000

Kardiomyocyty – podélný řez - Heidenhein



Princip kontrakce

- Depolarizace buněčné membrány – rychle se šíří,
- Do T –tubulů , navazují cisterny sarkoplasm.
- retikula – uvolnění Ca^{2+} iontů do cytoplasmy.
- Koncentrace uvnitř buňky se zvýší zhruba **100 x**,
- a to může již vyvolat kontrakci myofibril .
- **Parasympatikus** : - zpomaluje srdeční frekvenci
- - snižuje sílu srdeční kontrakce
- **Sympatikus** : - zrychluje srdeční frekvenci
- - zvyšuje sílu srdeční kontrakce.

Hladká svalovina

- Základní morfolog. jednotkou je:
- **Buňka hladké svaloviny.**
- Vřetenovitý tvar, jádro tyčinkovité – uložené v centru buňky.
- Délka :10 – 20 μm ,
- Průměr v oblasti jádra : 5 – 6 μm .

Neobsahuje myofibrily !!!!! Není možno vidět příčné pruhování !!!

Buňky hladké svaloviny

- Spojení mezi buňkami – nexy
- Každá buňka obklopena laminou basalis a několika retikulárními vlákny, i elastická vlákna.
- Buňky jsou ve svazcích – stěna orgánů, stěna cév, trávicí trubice, močové cesty, dýchací cesty, pohlavní cesty.

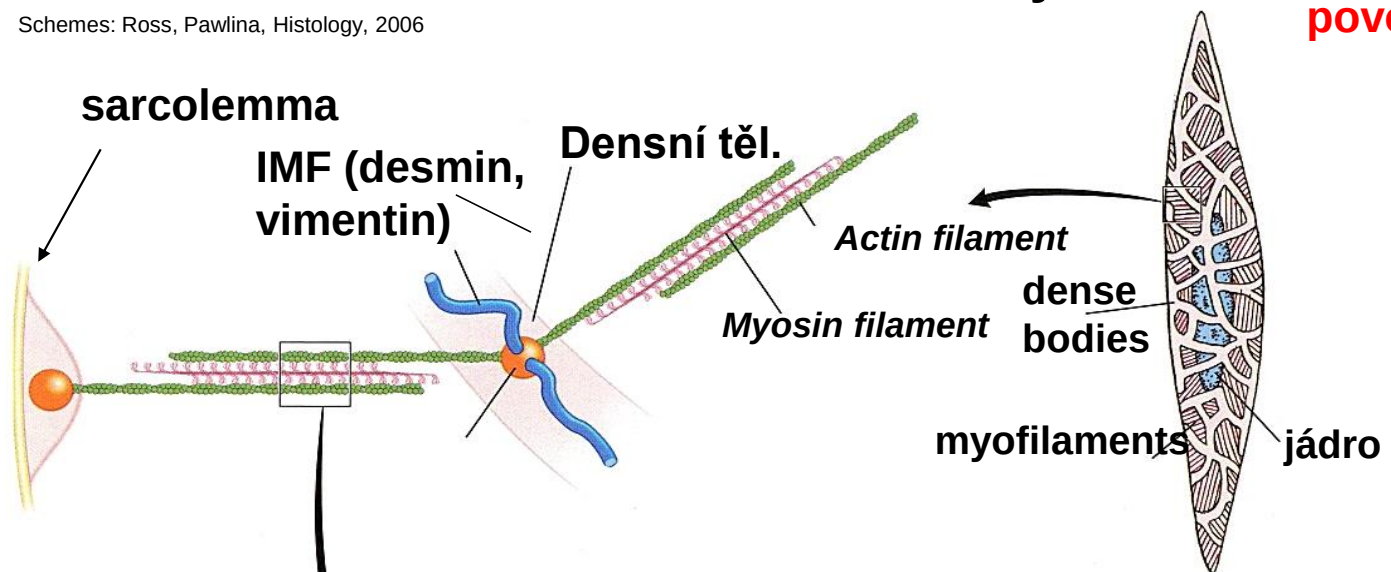
Rozdíly proti příč.pruh.sval.

- 1/ Aktinová filamenta upnutá do tzv.kontraktilních center: **densních tělísek** / **alfa actinin váže aktinová myofilamenta** / množství 2 x vyšší než v kost. svalovině/
- Chybí troponin , protein vazající Ca^{2+} ionty je zde
- **calmodulin.**
- Myosinová filamenta jsou mezi aktinovými ve speciální isoformě./ množství : **3 x nižší** než v kost. svalovině /.
- **Ca^{2+} - uvolní se z sarkoplasm. retikula ale také přísunem z extracelulární tekutiny.**

Kontrakce hladké svalové buňky

Schemes: Ross, Pawlina, Histology, 2006

povolená



Calmodulin – Ca^{2+} vázající protein -
Nahrazuje zde troponin

Po kontrakci

