



<https://i.pinimg.com/originals/69/8d/e7/698de768ff8638068faea5c156a02034.jpg>

SVALOVÁ TKÁŇ

Petr Vaňhara, PhD

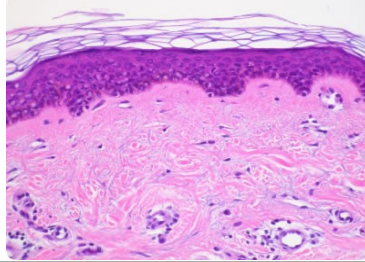
Ústav histologie a embryologie
LF MU

pvanhara@med.muni.cz

SOUČASNÁ KLASIFIKACE TKÁNÍ

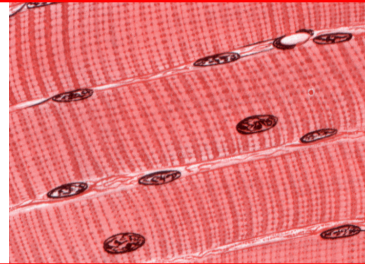
- Na základě morfologických a funkčních znaků

Epitelová



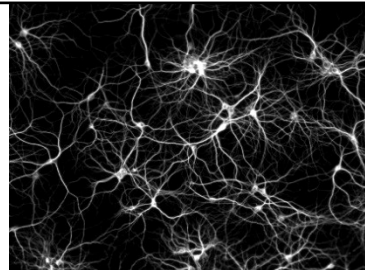
Kontinuální, avaskulární vrstvy buněk s různou funkcí, orientovaných do volného prostoru, se specifickými mezibuněčnými spoji a minimem mezibuněčného prostoru a ECM
Deriváty všech tří zárodečných listů

Svalová



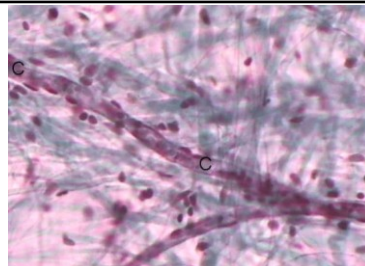
Obsahují myofibrily → schopnost kontrakce
Derivát mezodermu - KS, myokard, mezenchymu - HS
Výjimečně ektoderm (např. *m. sphincter* a *m. dilatator pupillae*)

Nervová



Neurony a neuroglie
Příjem a přenos elektrického vzruchu
Derivát ektodermu, výjimečně mezenchymu (mikroglie)

Pojivová



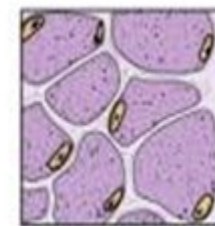
Dominantní přítomnost extracelulární matrix
Vazivo, chrupavka, kost, tuková tkáň
Derivát zejména mezenchymu

OBEČNÁ CHARAKTERISTIKA SVALOVÉ TKÁŇĚ

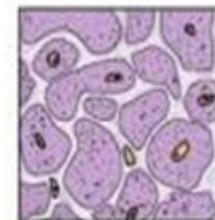
- Zvláštní cytoarchitektura
- Excitabilita a schopnost kontrakce
- Mesodermální původ



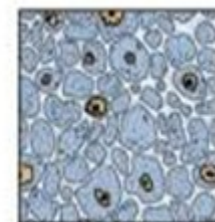
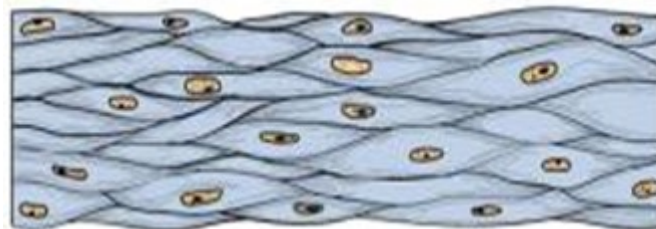
Kosterní svalovina



Srdeční svalovina



Hladká svalovina





KOSTERNÍ SVALOVÁ TKÁŇ

HISTOLOGIE KOSTERNÍ SVALOVÉ TKÁŇĚ

- **Složení tkáně:** svalové buňky, vazivo, inervace, vaskularizace
- **Unikátní cytoarchitektura** – velké mnohoaderné buňky = svalová vlákna (rhabdomyocyty)
- Dlouhá osa buněk je rovnoběžná se směrem kontrakce
- **Specifická terminologie:**
 - buněčná membrána = sarkolema
 - cytoplasma = sarkoplasma
 - sER = sarcoplazmatické retikulum

- svalové vlákno – mikroskopická jednotka kosterní svalové tkáně
- myofibrila – mikroskopická jednotka svalových vláken
- myofilamenta – vlákna aktinu a myosinu

Skeletal muscle



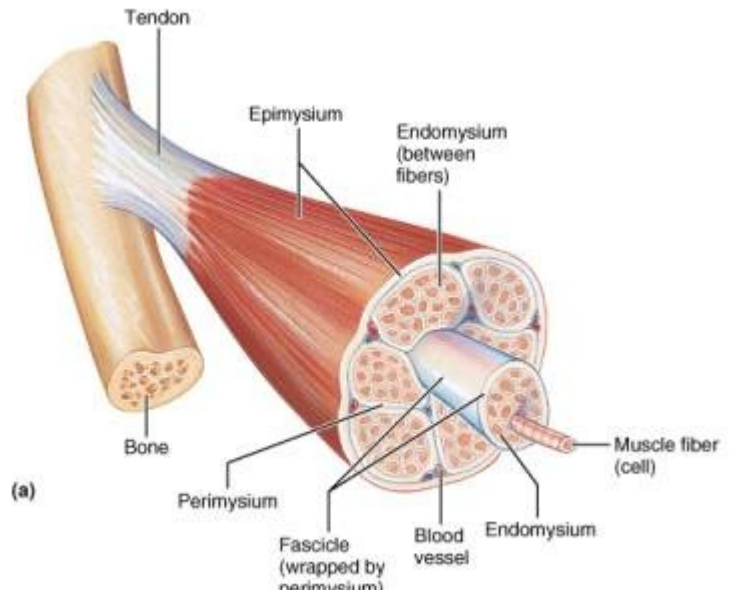
Nuclei

Cross sections



SVALOVÁ TKÁŇ NEJSOU JEN SVALOVÉ BUŇKY

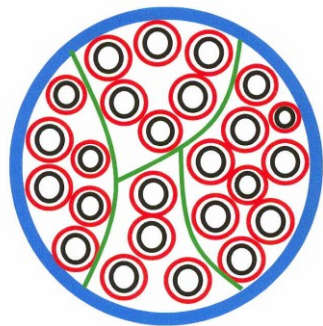
- vazivový obal
- odolnost & biomechanika
- **endomysium** – kolem každého svalového vlákna
- **perimysium** – sekundární svazky; septa
- **epimysium** – kolagenní vazivo kolem svalového svazku
- fascia – husté neuspořádané kolagenní vazivo



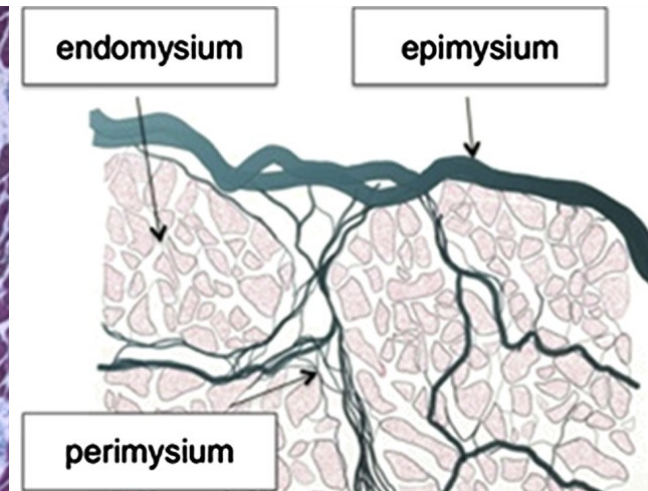
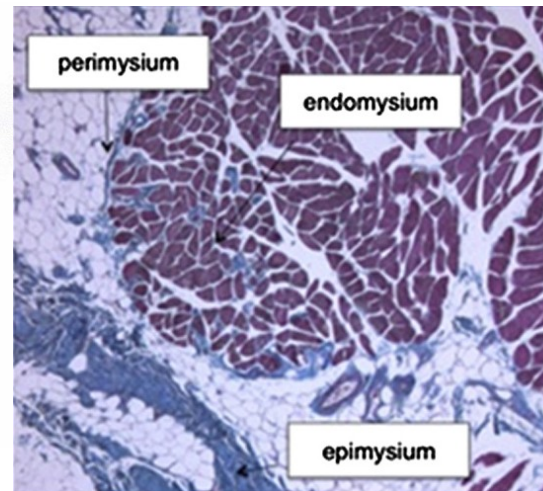
Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

-mysiums

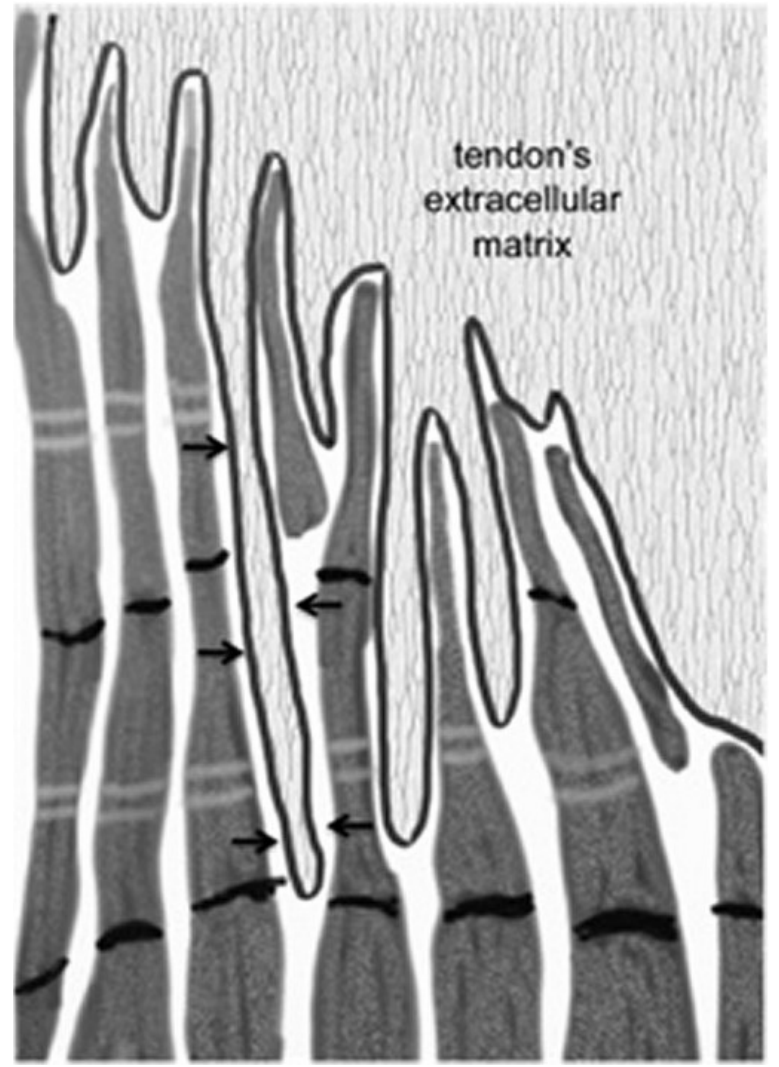
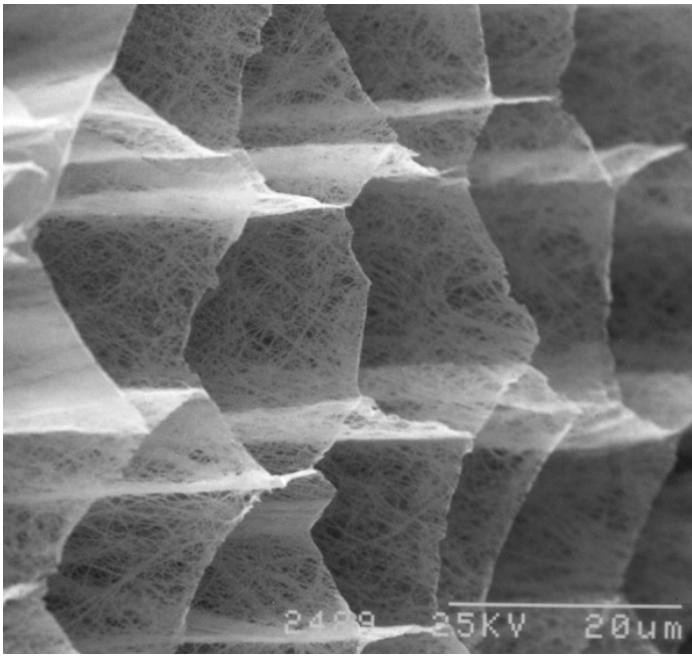
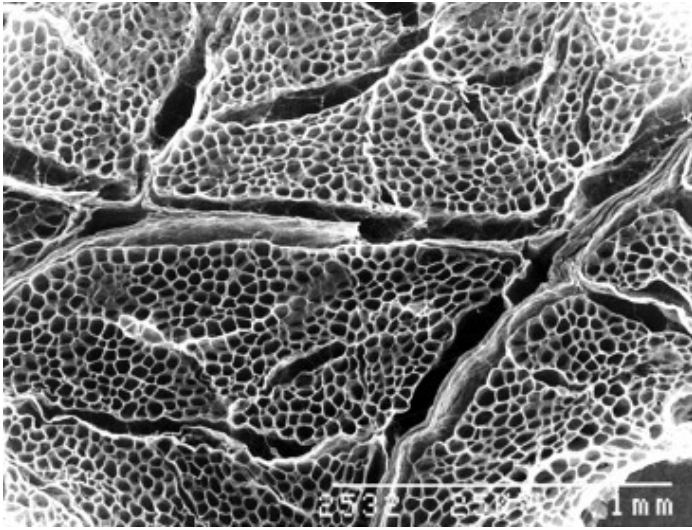
(connective tissue coats of a skeletal muscle)



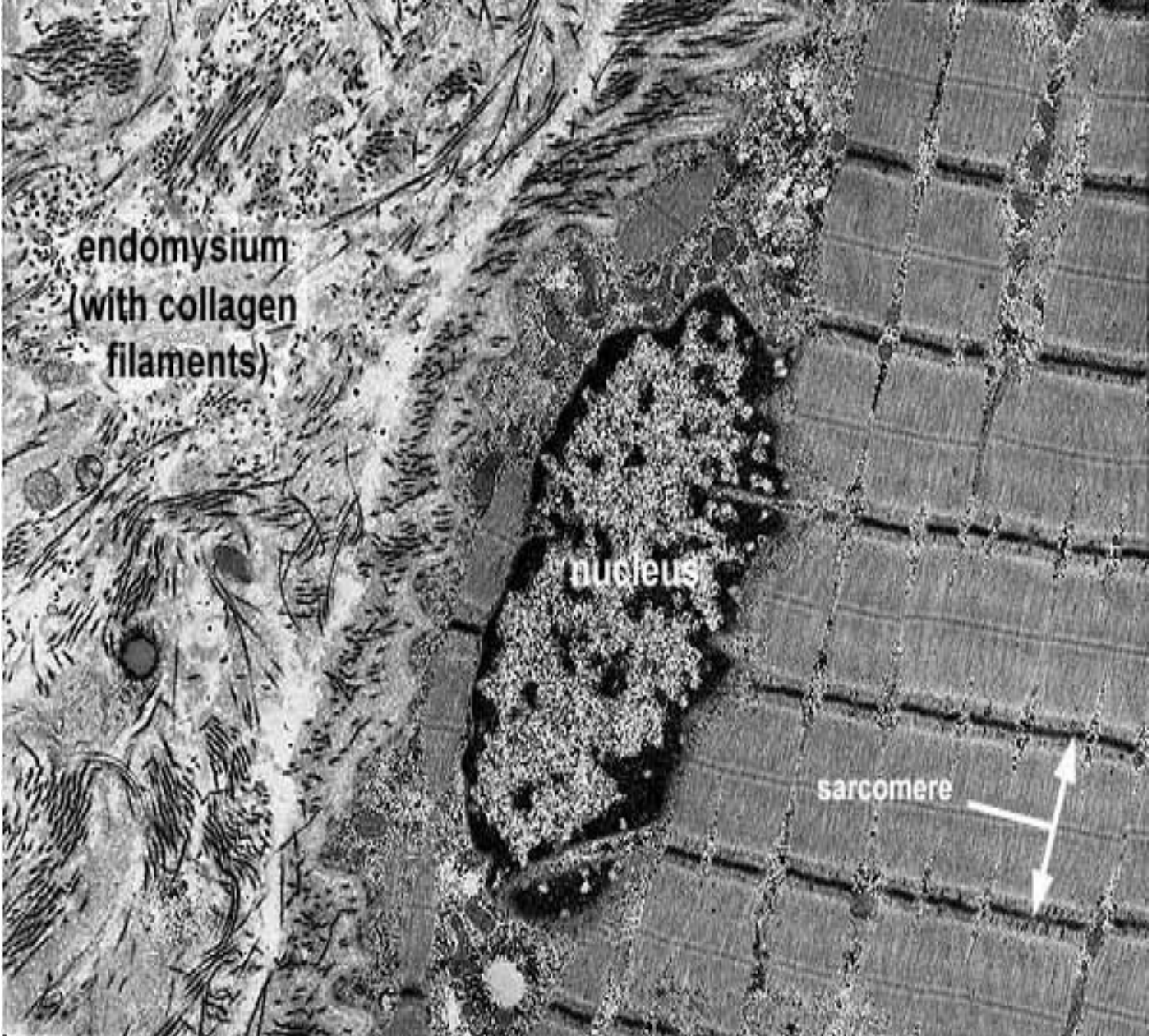
- skeletal muscle fiber
- endo - mysium
- peri - mysium
- epi - mysium



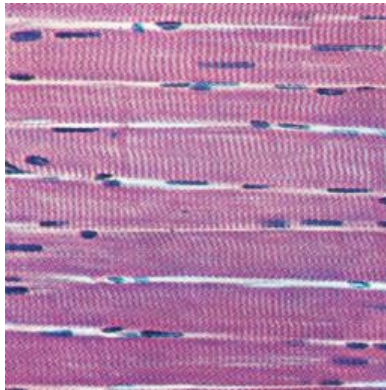
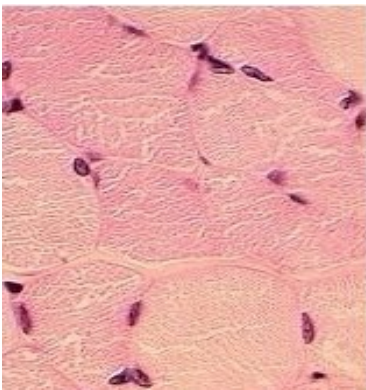
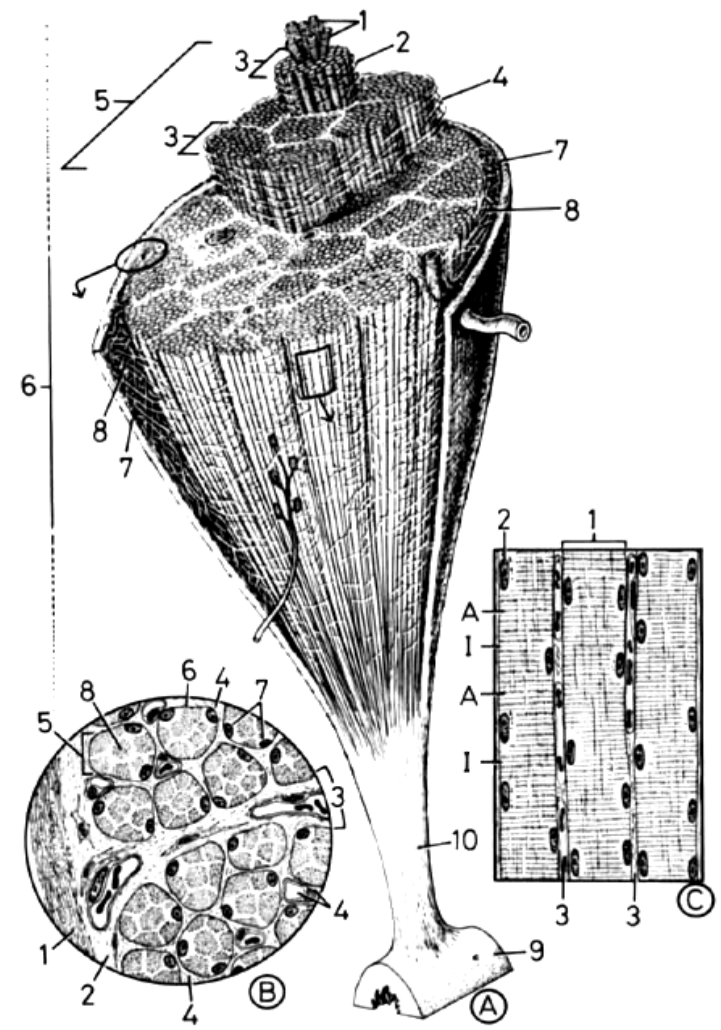
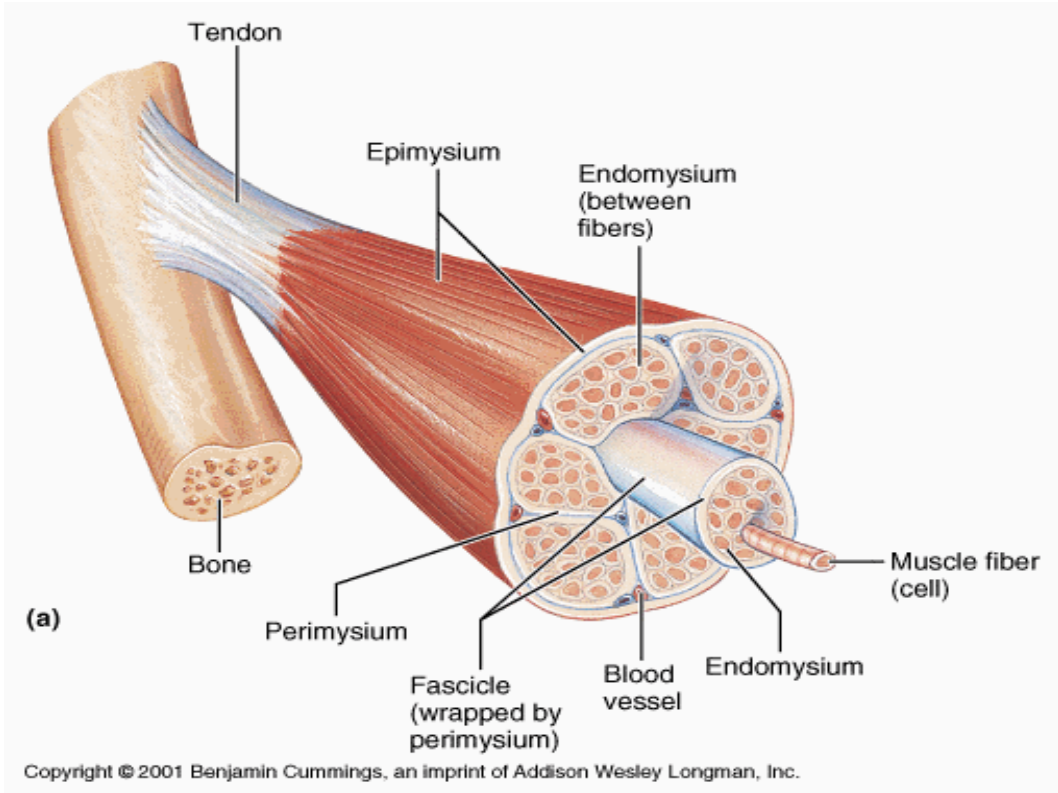
VAZIVO KOSTERNÍ SVALOVINY



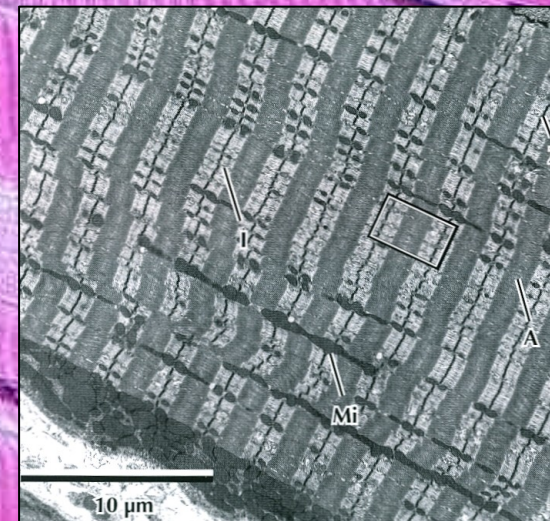
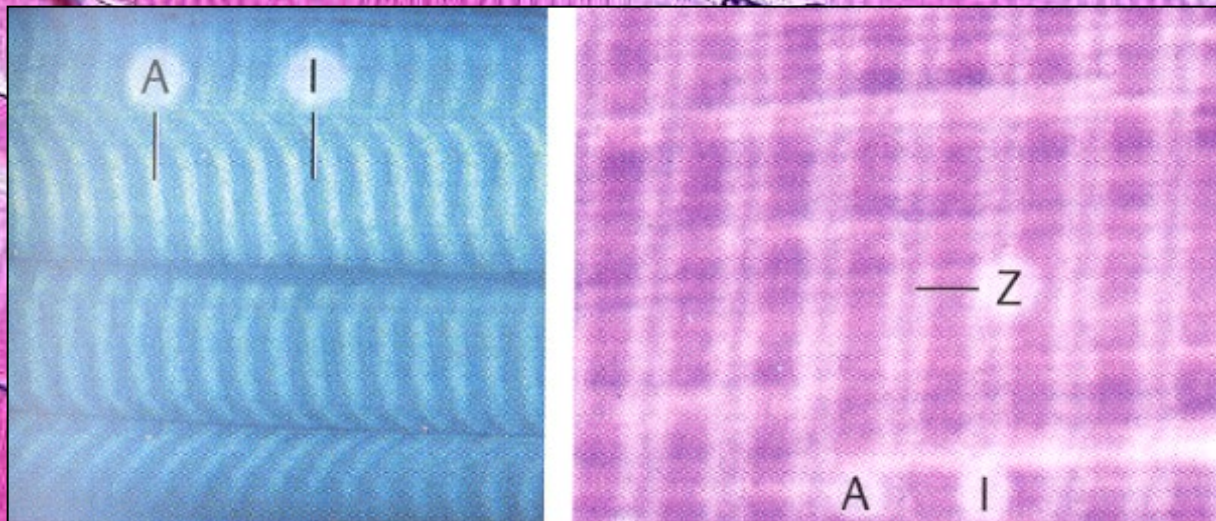
VAZIVO KOSTERNÍ SVALOVINY



ORGANIZACE SVALOVÉ TKÁŇĚ



PROČ JE KOSTERNÍ SVALOVÁ
TKÁŇ (PŘÍČNĚ) PRUHOVANÁ?



ULTRASTRUKTURA RHABDOMYOCYTU

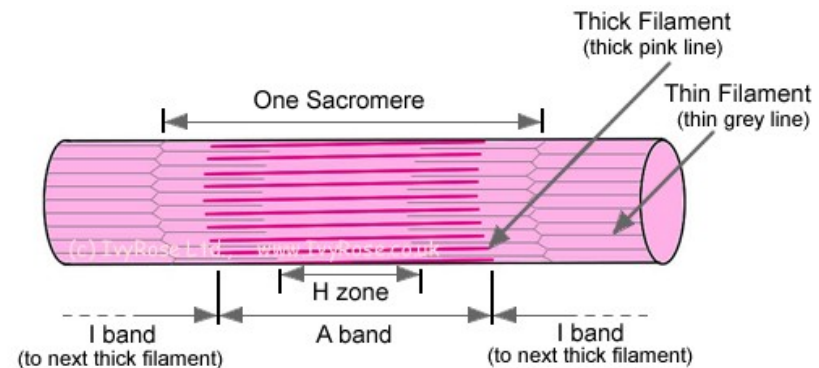
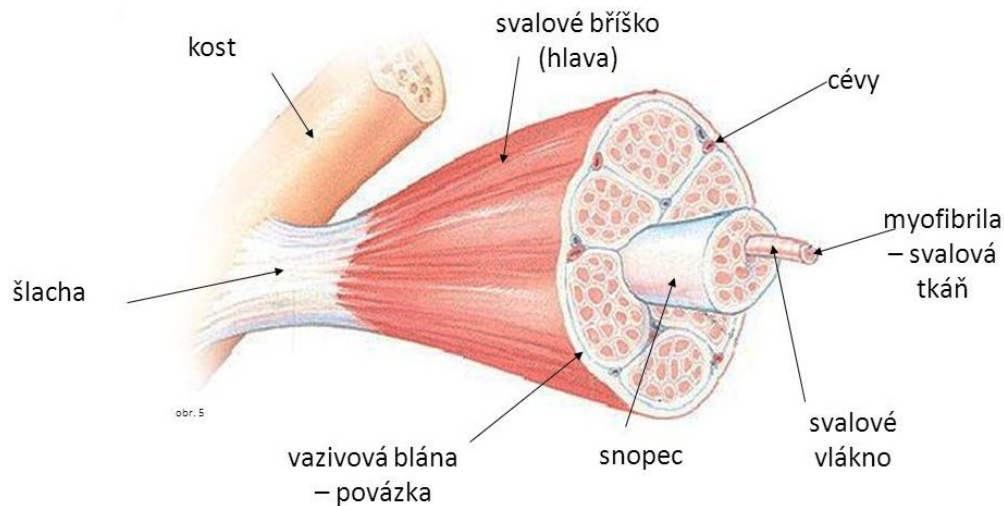
Svalové vlákno = syncitium = rhabdomyocyt

Svalové vlákno – morfologická a funkční jednotka kosterního svalu [Ø 25 – 100 µm]

Myofibrila – kompartment uvnitř svalového vlákna [Ø 0.5 – 1.5 µm]

Sarkomera – nejmenší kontraktilní jednotka [2.5 µm], sériově uspořádaná v myofibrily

Myofilamenta – aktin a myosin, uspořádaná v sarkomery [Ø 8 nm a 15 nm]



ULTRAŠTRUKTURA RHABDOMYOCYTU

Sarkolema + t-tubuly

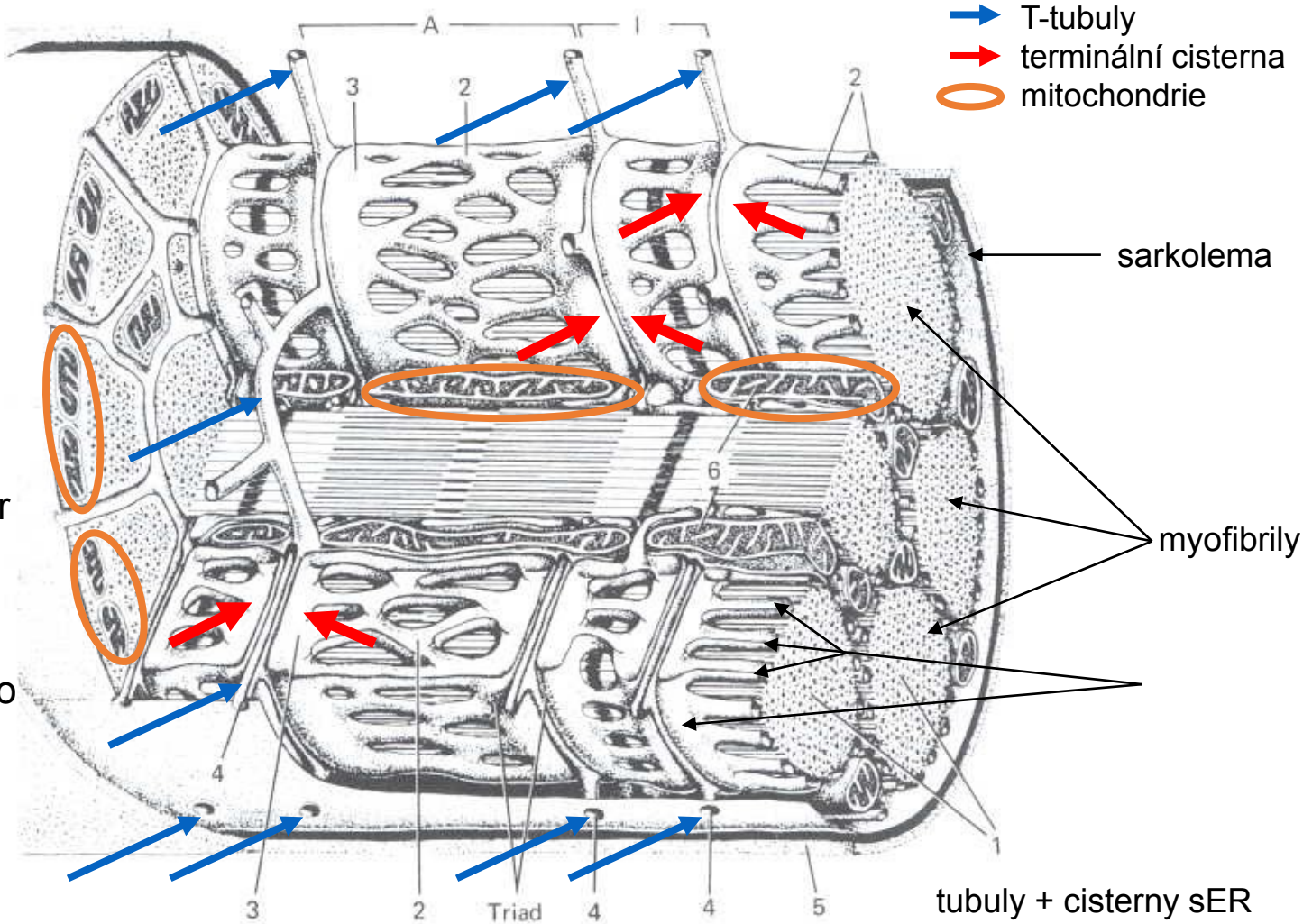
Sarkoplasma:

Jádra
Mitochondrie
Golgiho aparát,
Glykogen (β granula)

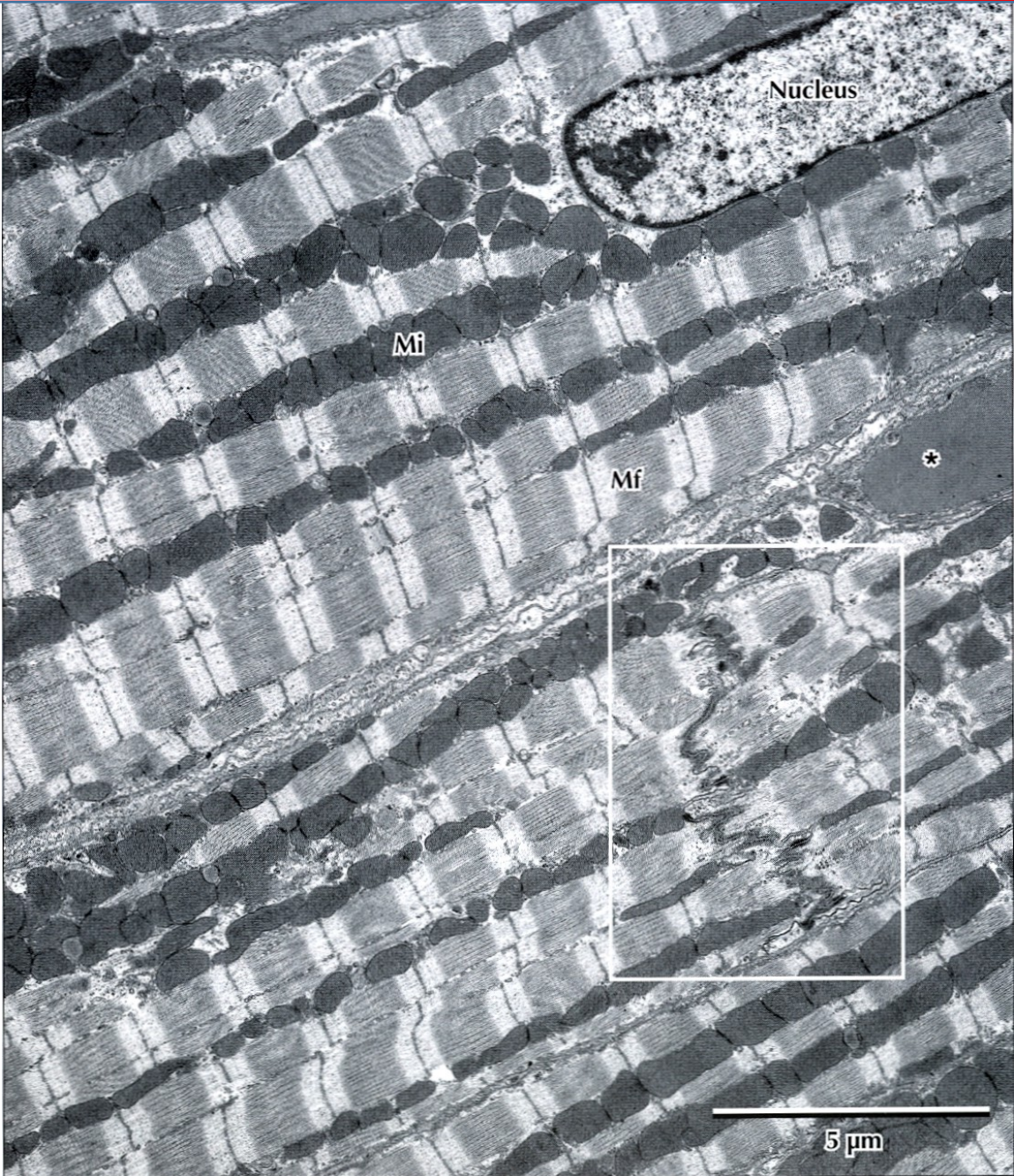
Sarkoplazmatické retikulum

(hladké ER) – rezervoár Ca^{2+}

Myofibrily (paralelně s dlouhou osou svalového vlákna)

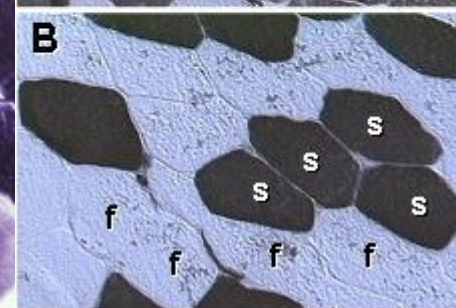
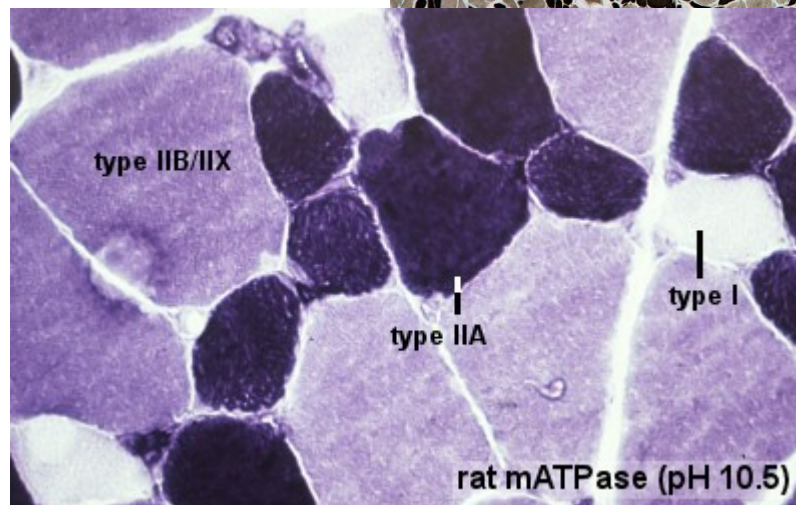
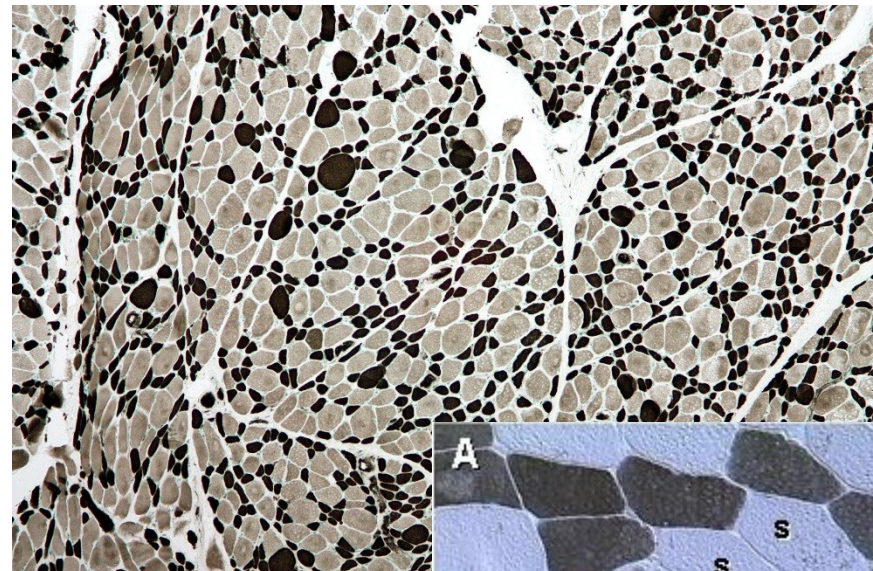


ULTRASTRUKTURA RHABDOMYOCYTU



FYZIOLOGICKÁ KLASIFIKACE KOSTERNÍCH SVALŮ

- **Kosterní svaly mají různé fyziologické parametry**
 - různé izoformy proteinů kontraktilního aparátu
 - využití kyslíku
 - vaskularizace
 - obsah glykogenu
- **Pomalá oxidativní**
- **Rychlá glykolytická**
- **Rychlá oxidativně-glykolytická**

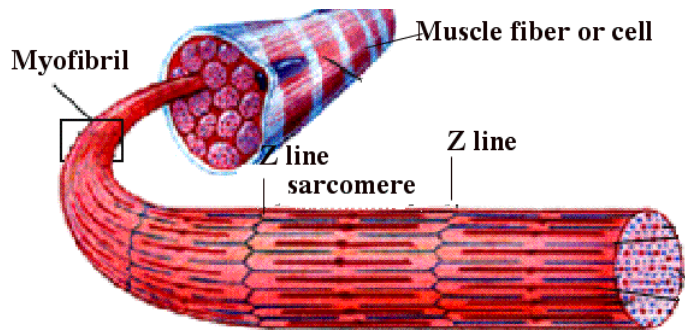


FYZIOLOGICKÁ KLASIFIKACE KOSTERNÍCH SVALŮ

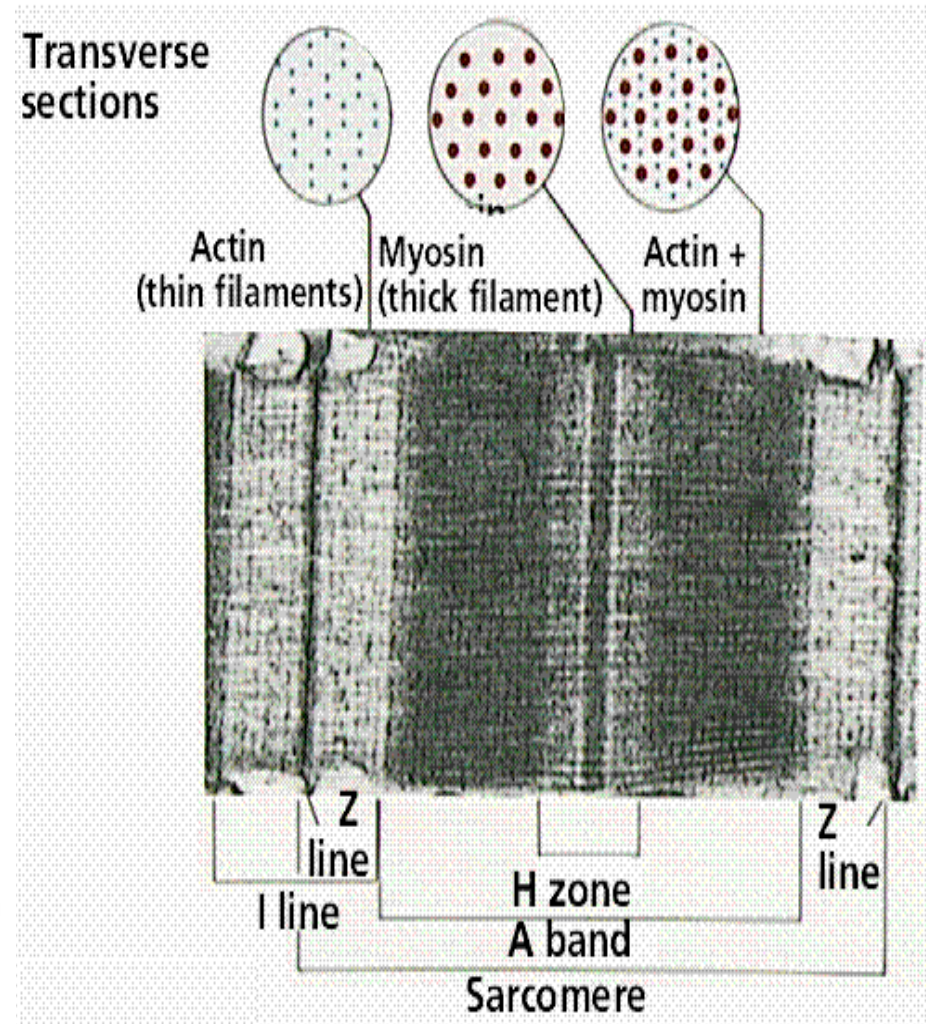
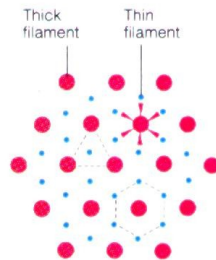
Properties	Type I fibers	Type IIA fibers	Type IIX fibers
Motor Unit Type	Slow Oxidative (SO)	Fast Oxidative/Glycolytic (FOG)	Fast Glycolytic (FG)
Twitch Speed	Slow	Fast	Fast
Twitch Force	Small	Medium	Large
Resistance to fatigue	High	High	Low
Glycogen Content	Low	High	High
Capillary Supply	Rich	Rich	Poor
Myoglobin	High	High	Low
Red Color	Dark	Dark	Pale
Mitochondrial density	High	High	Low
Capillary density	High	Intermediate	Low
Oxidative Enzyme Capacity	High	Intermediate-high	Low
Z-Line Width	Intermediate	Wide	Narrow
Alkaline ATPase Activity	Low	High	High
Acidic ATPase Activity	High	Medium-high	Low

MYOFIBRILY

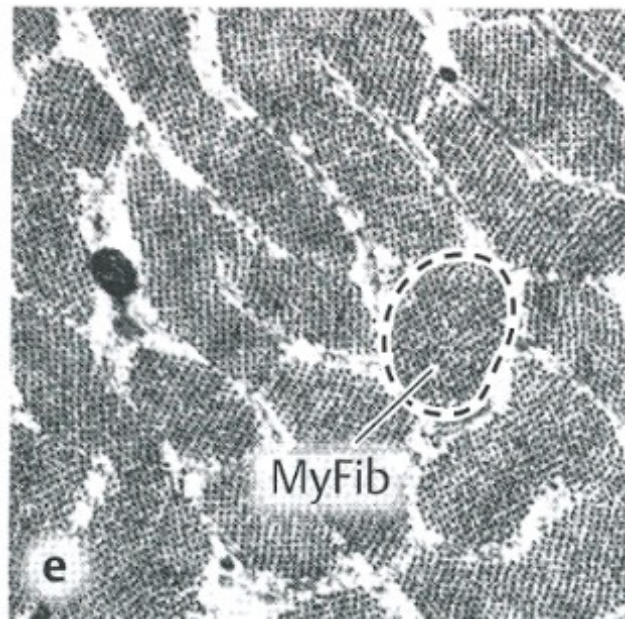
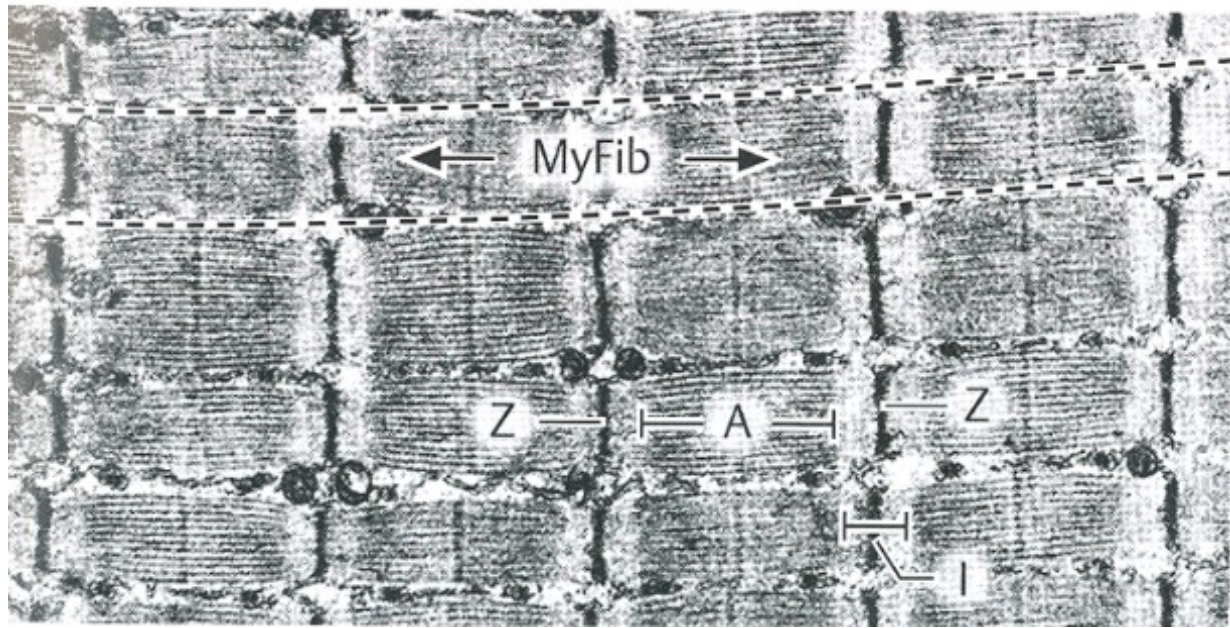
- protáhlé cytoskeletární struktury [Ø 0.5 – 1.5 µ] v sarkopazmě svalového vlákna



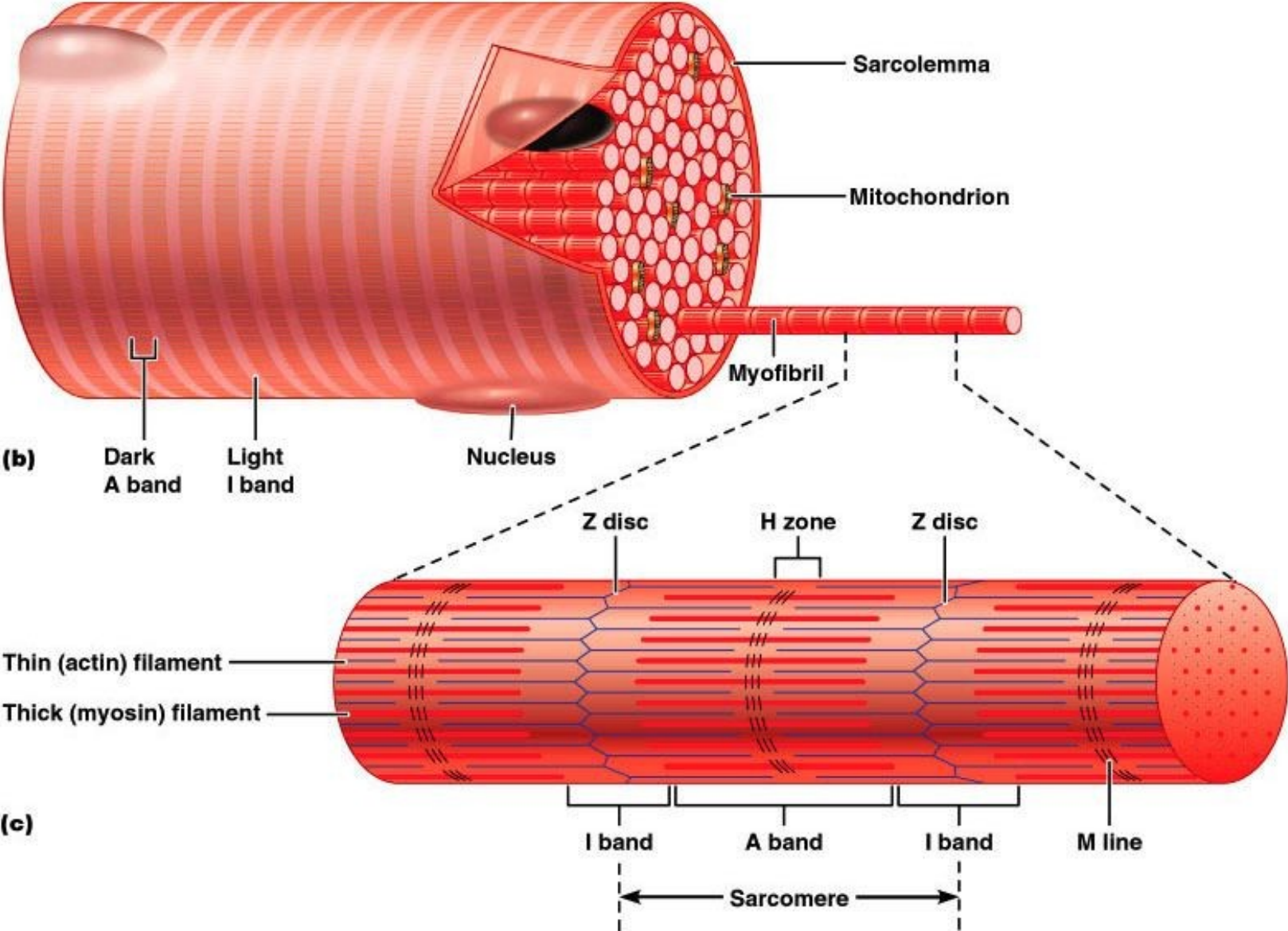
- Aktin + myosin - myofilamenta
- Sarcomera
- Z-linie
- M-linie a H-zóna
- I-proužek, A-proužek



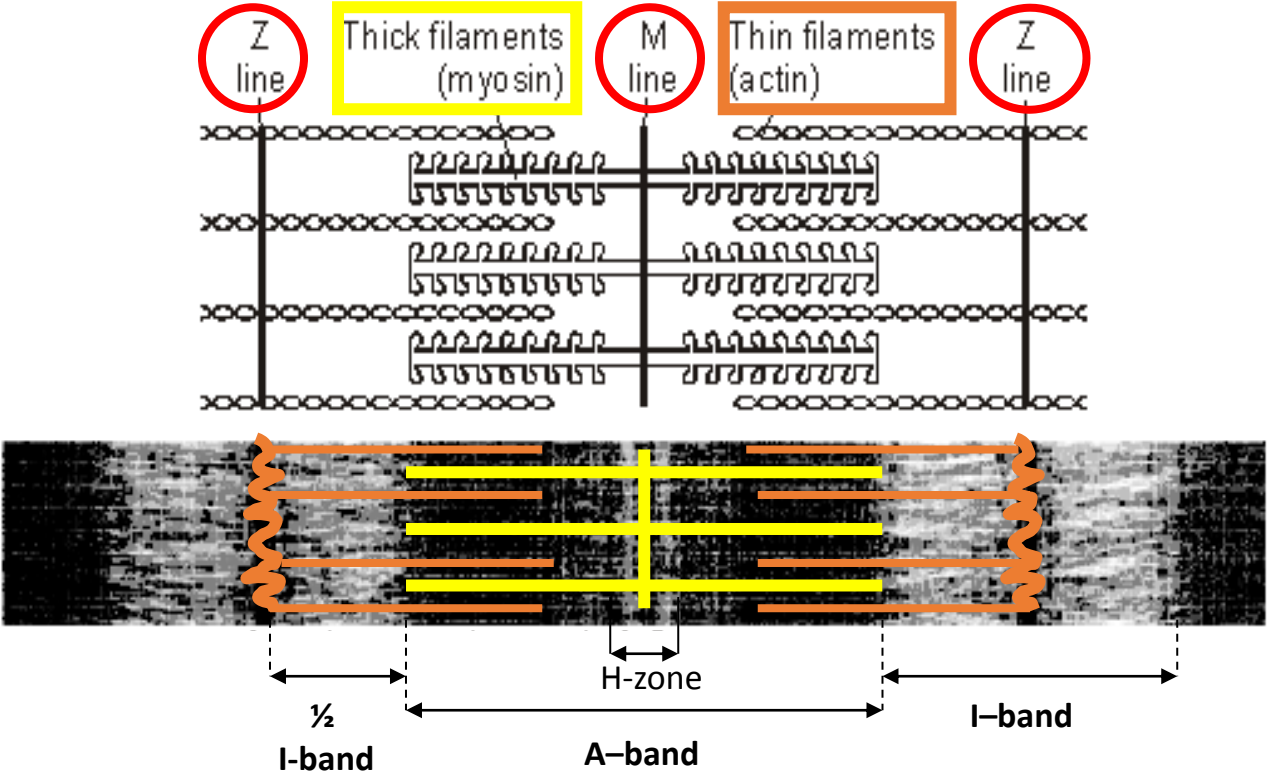
MYOFIBRILY



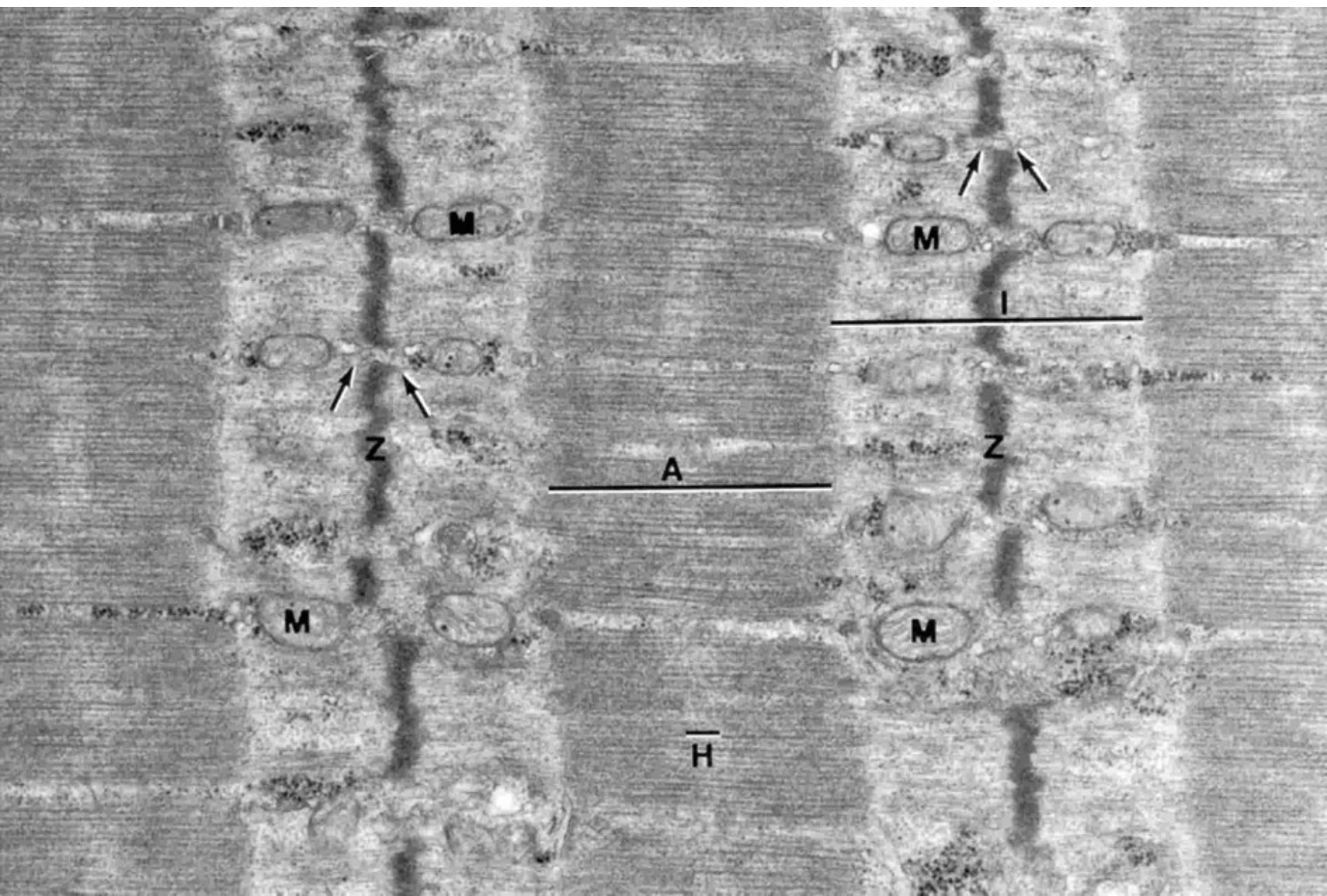
SARKOMERA



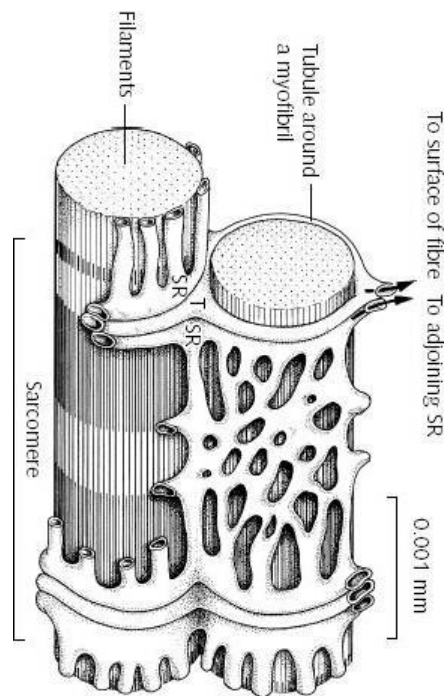
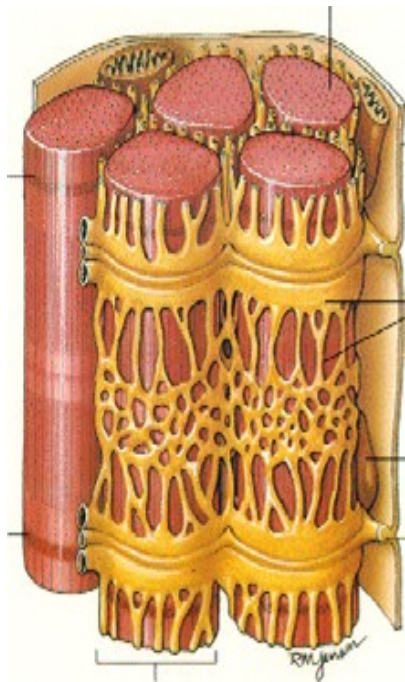
SARKOMERA



SARKOMERA



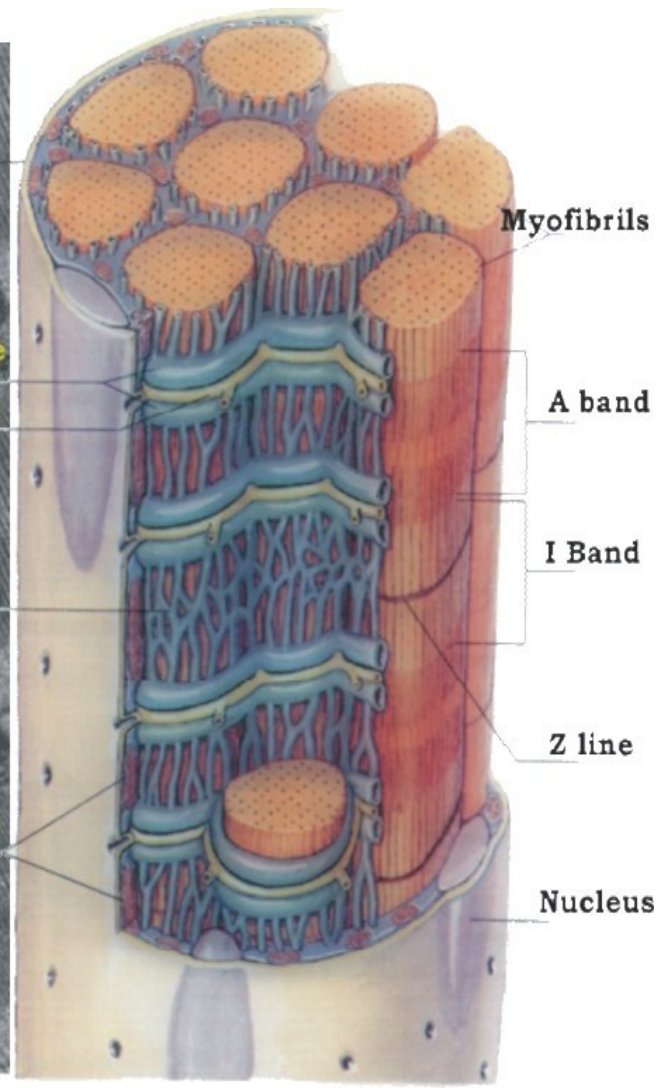
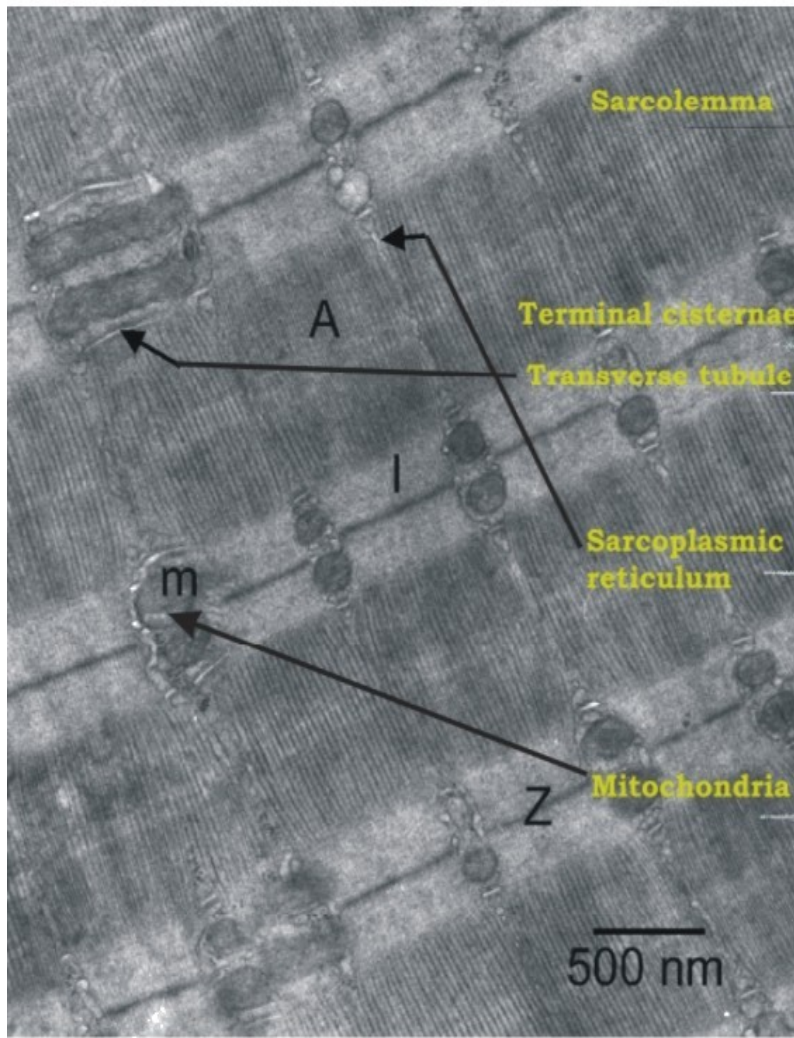
SARKOPLAZMATICKÉ RETIKULUM



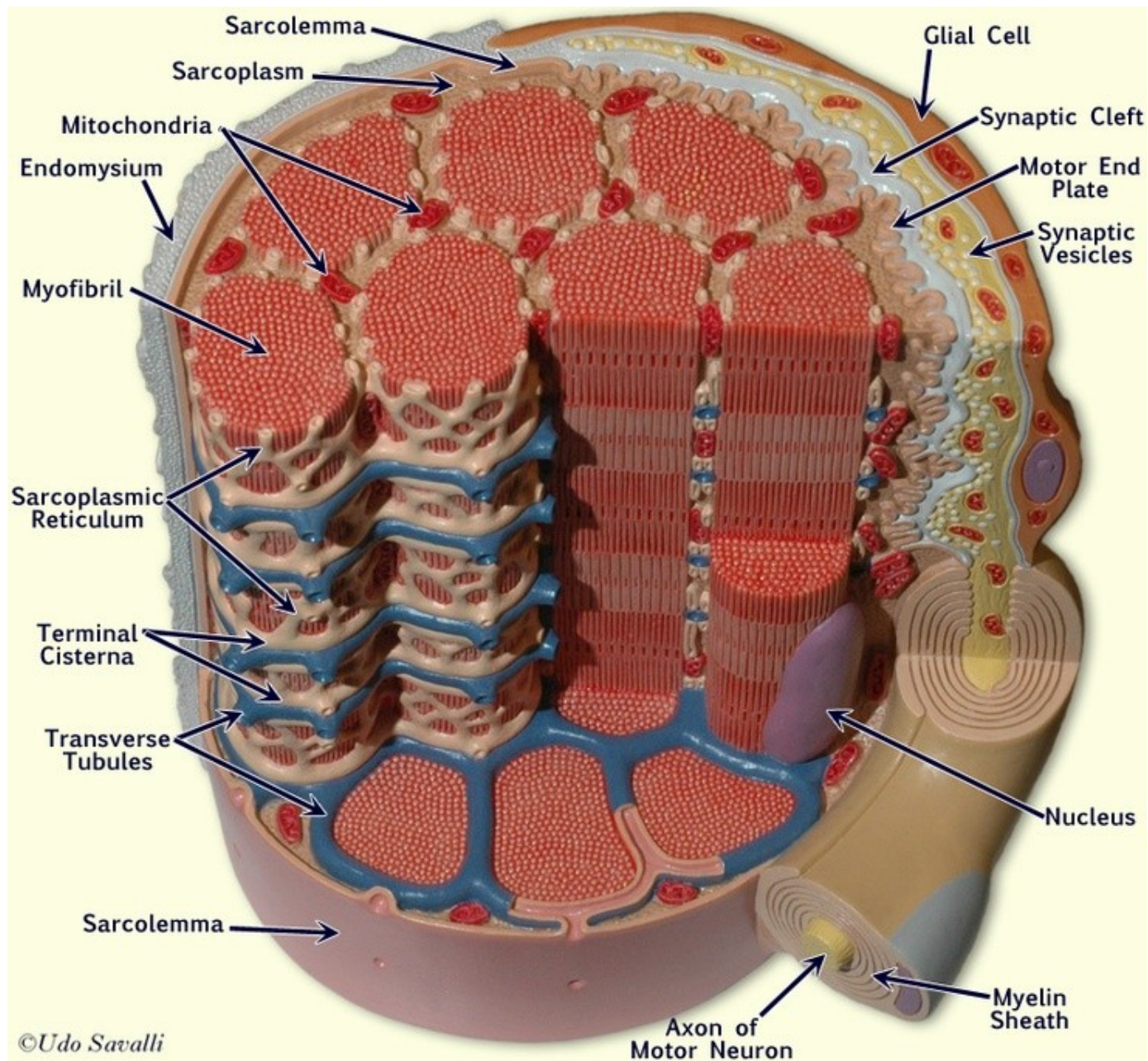
Terminální cisterna
T-tubule
Terminální cisterna } **TRIÁDA**

- komunikující membránové kompartmenty oddělené od sarkoplazmy
- **terminální cisterny** (“junkce”) a **longitudinální tubuly** (“L” systém).
- **T-tubuly** (“T” systém) invaginace sarkoplazmy

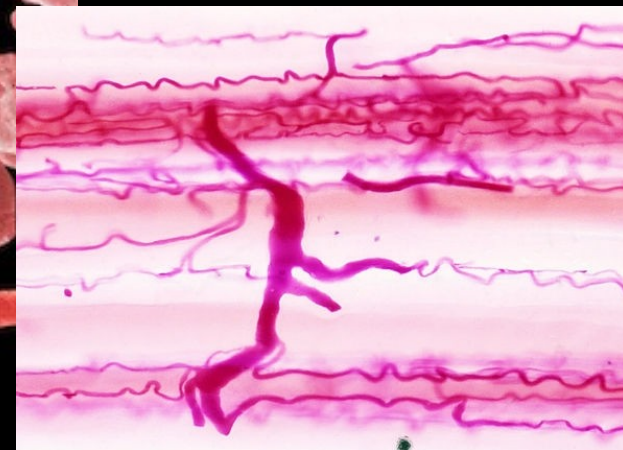
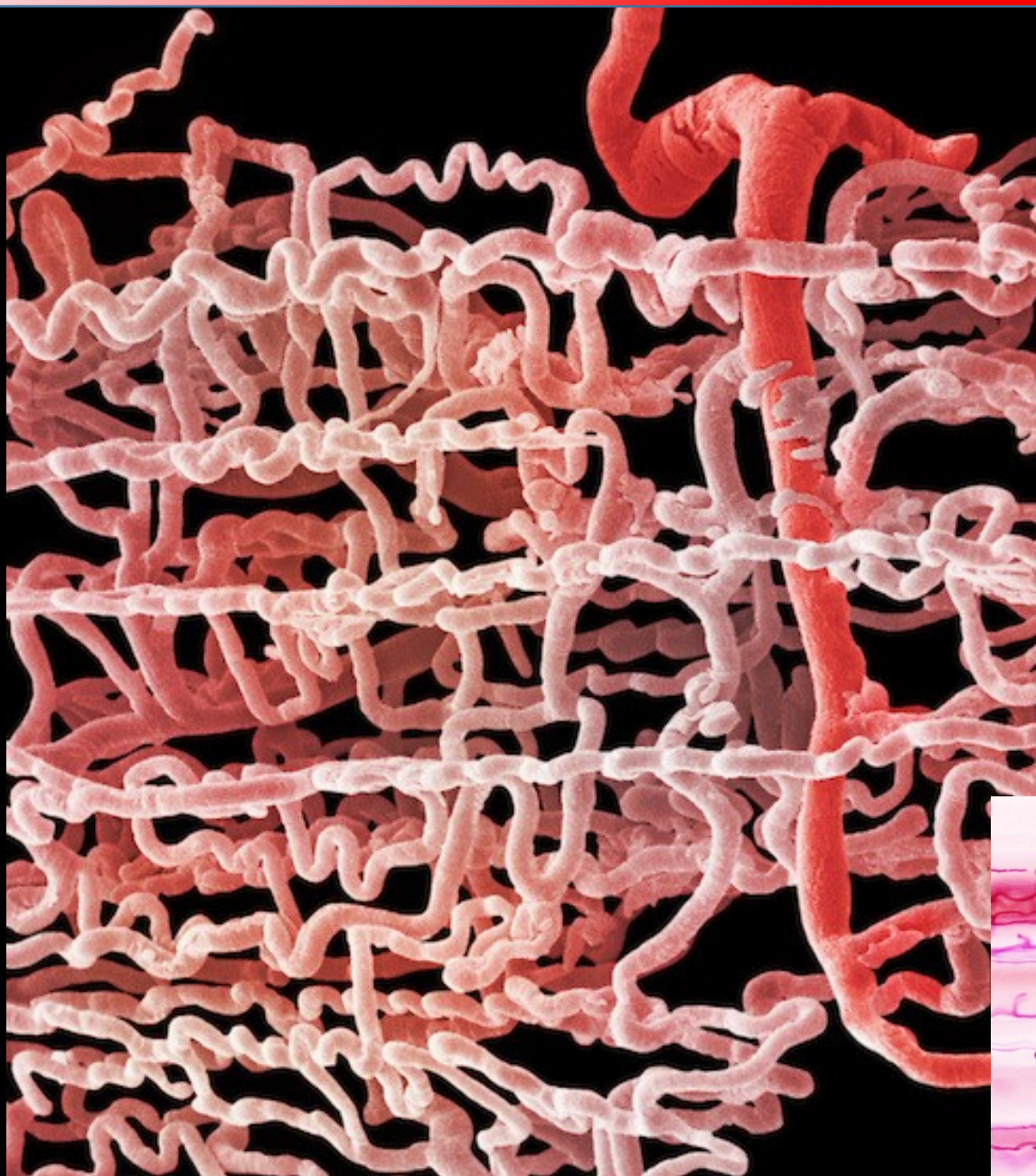
SARKOPLAZMATICKÉ RETIKULUM



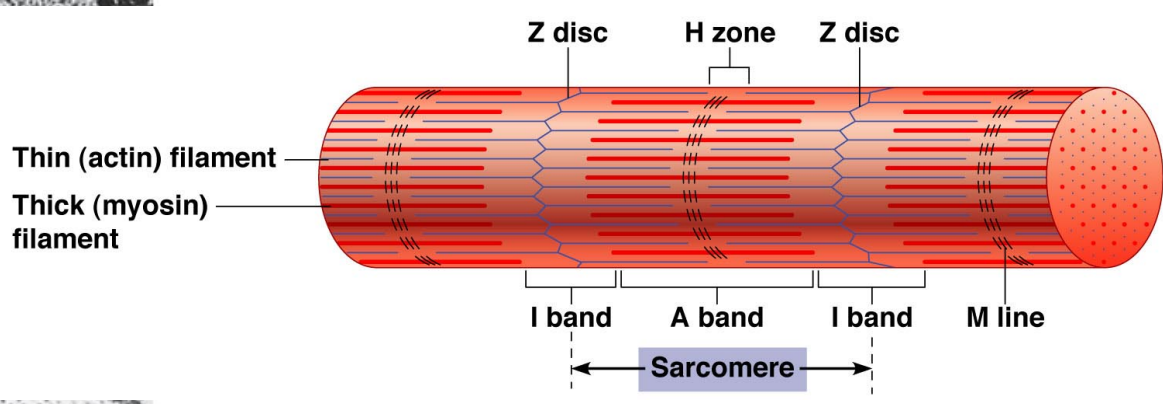
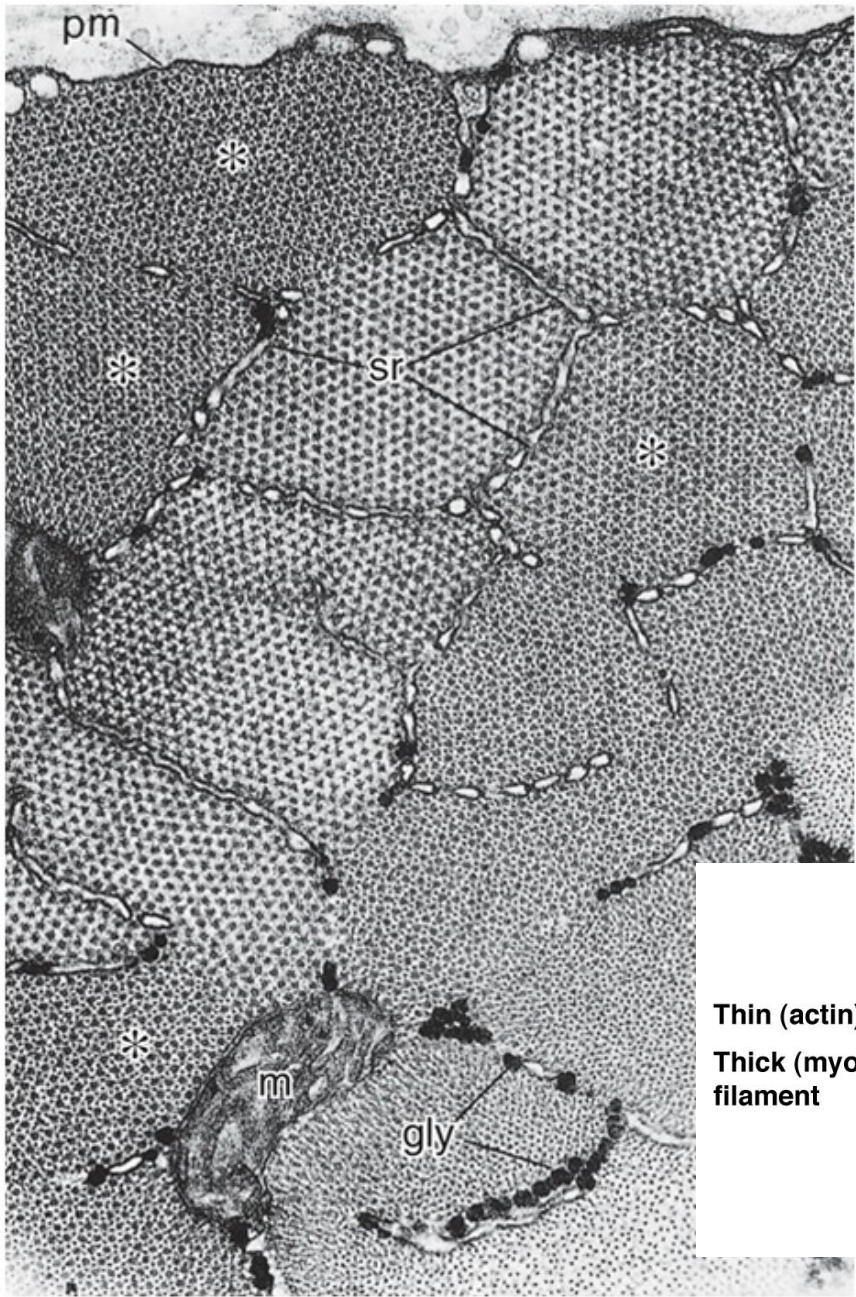
SARKOPLAZMATICKÉ RETIKULUM



KAPILÁRY KOLEM SVALOVÝCH VLÁKEN

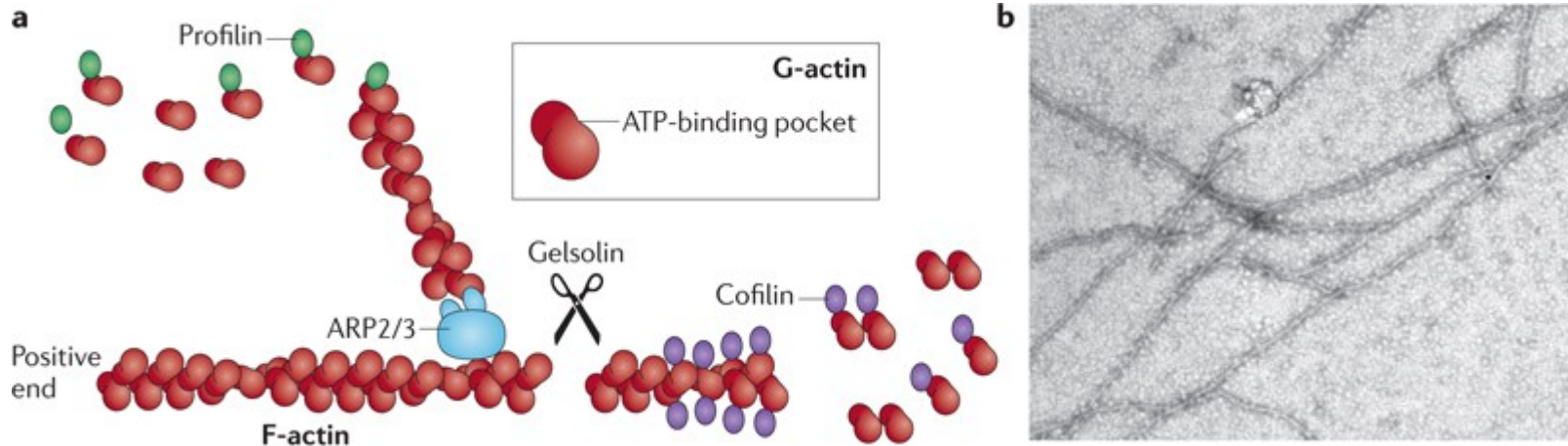


MYOFILAMENTA



TENKÁ MYOFILAMENTA

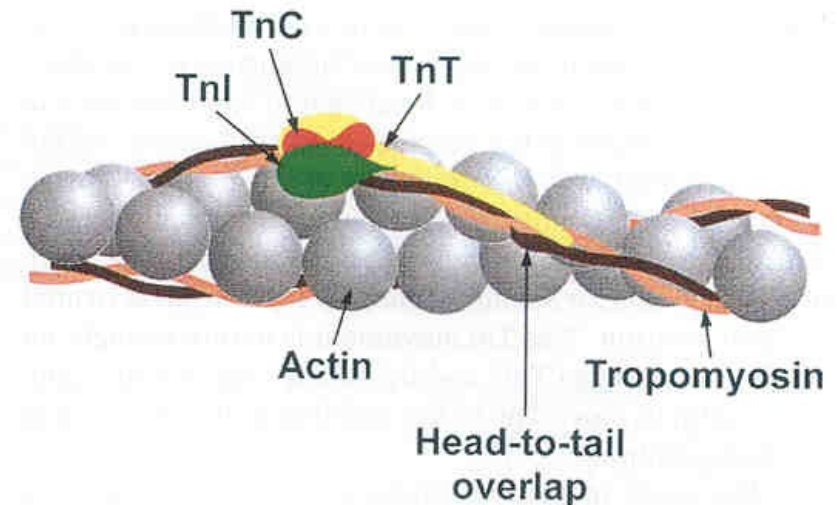
• Fibrilární aktin (F-actin)



• Tropomyosin

• Troponin – komplex 3 globulárních proteinů

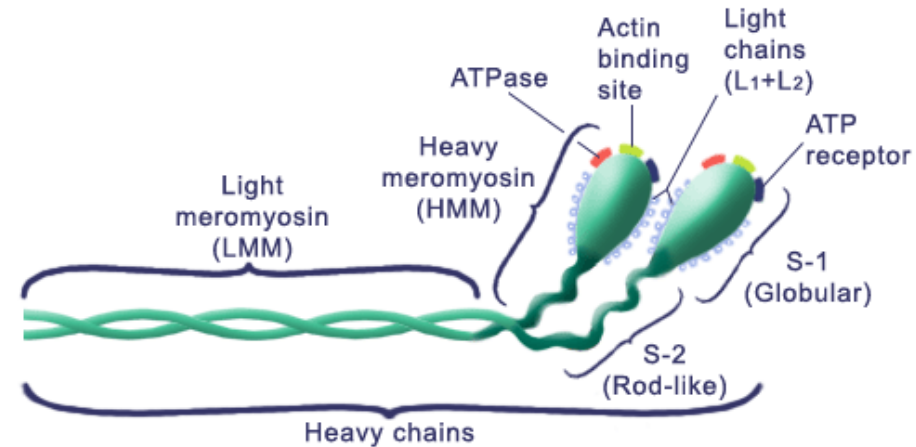
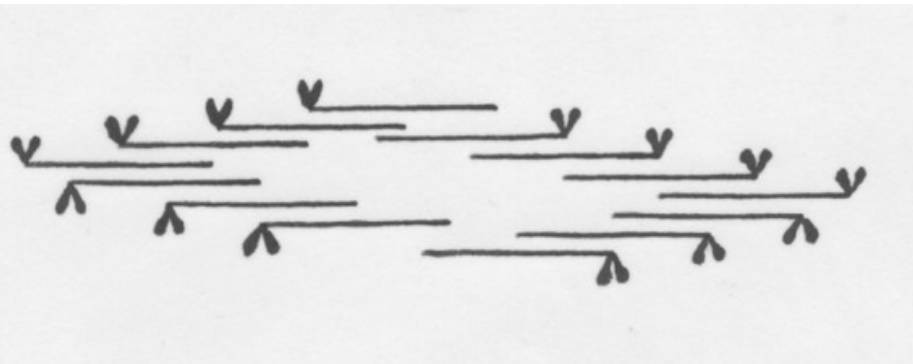
- TnT (Troponin T) – váže tropomyosin
- TnC (Troponin C) – váže kalcium
- TnI (Troponin I) inhibuje interakci mezi tenkými a tlustými myofilamenty



TLUSTÁ MYOFILAMENTA

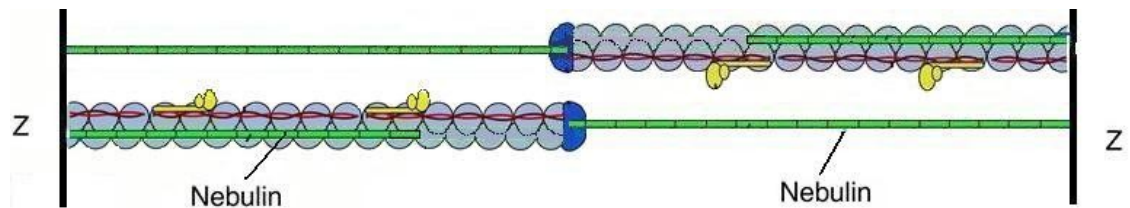
- **Myosin II**

- molekulární motor
- ATPázová aktivita
- tři strukturní a funkční domény



- **Nebulin**

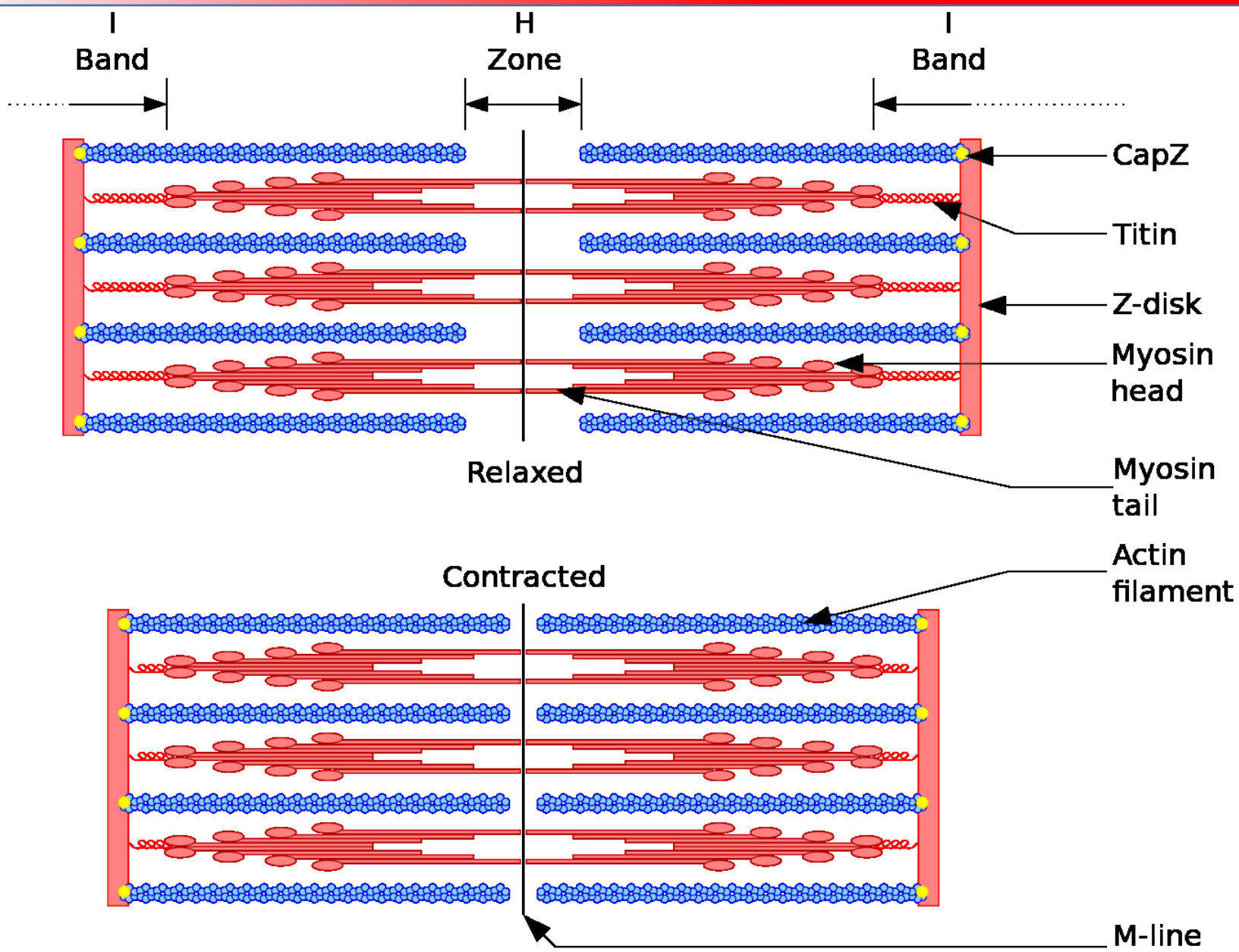
- 600-900kDa
- stabilizace F-aktinu



- **Titin**

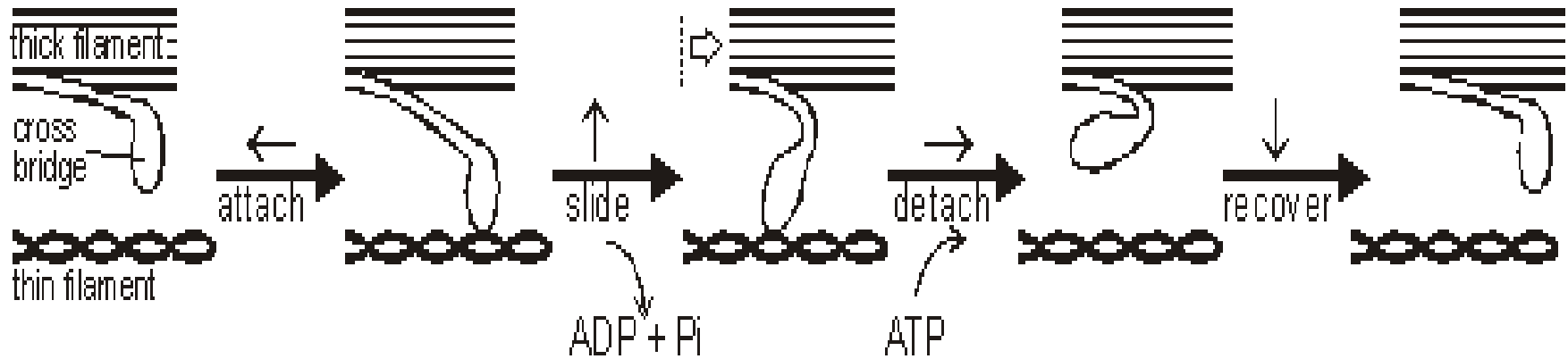
- >MDa
- stabilizace myosinu

MYOFILAMENTA TVOŘÍ SARKOMERU

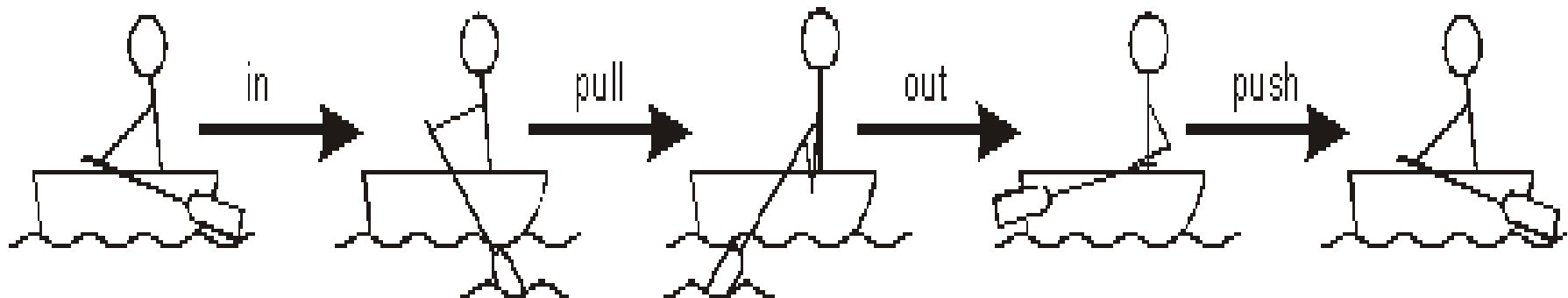


MECHANISMUS KONTRAKCE

The Cross Bridge Cycle. (only one myosin head is shown for clarity)

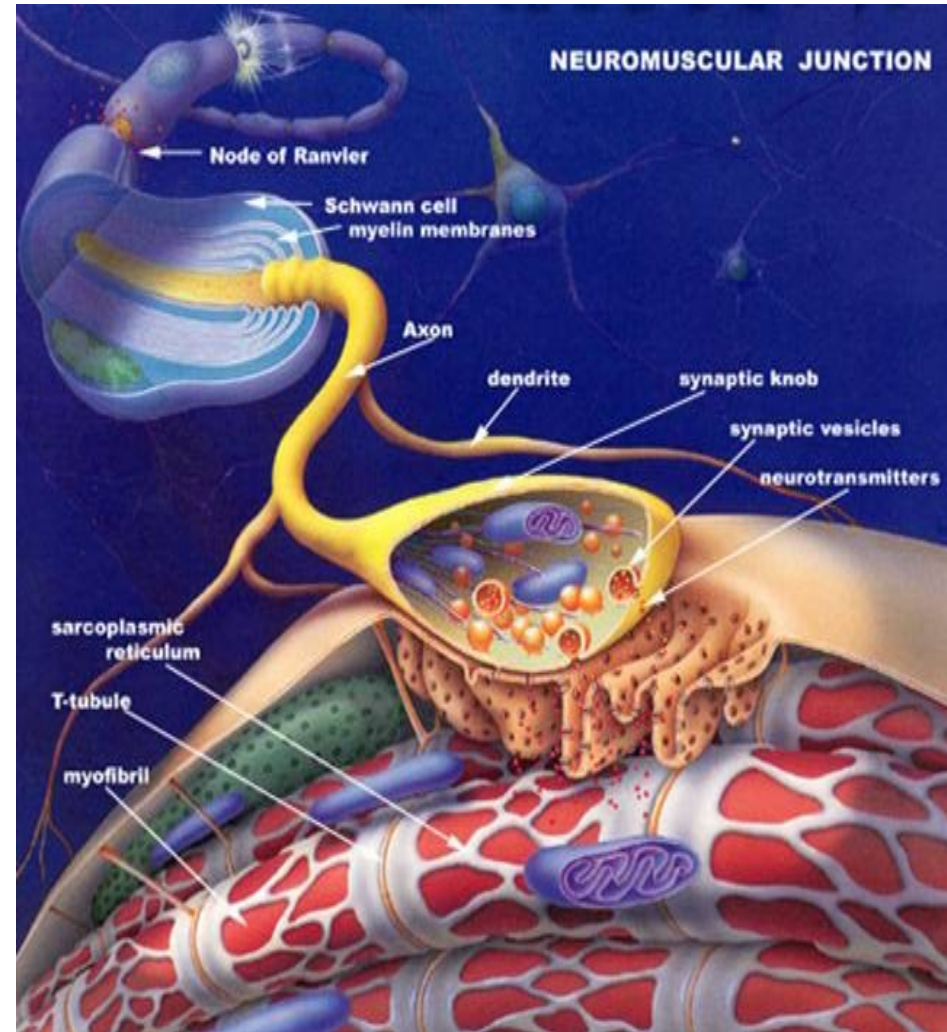


The Rowing Cycle

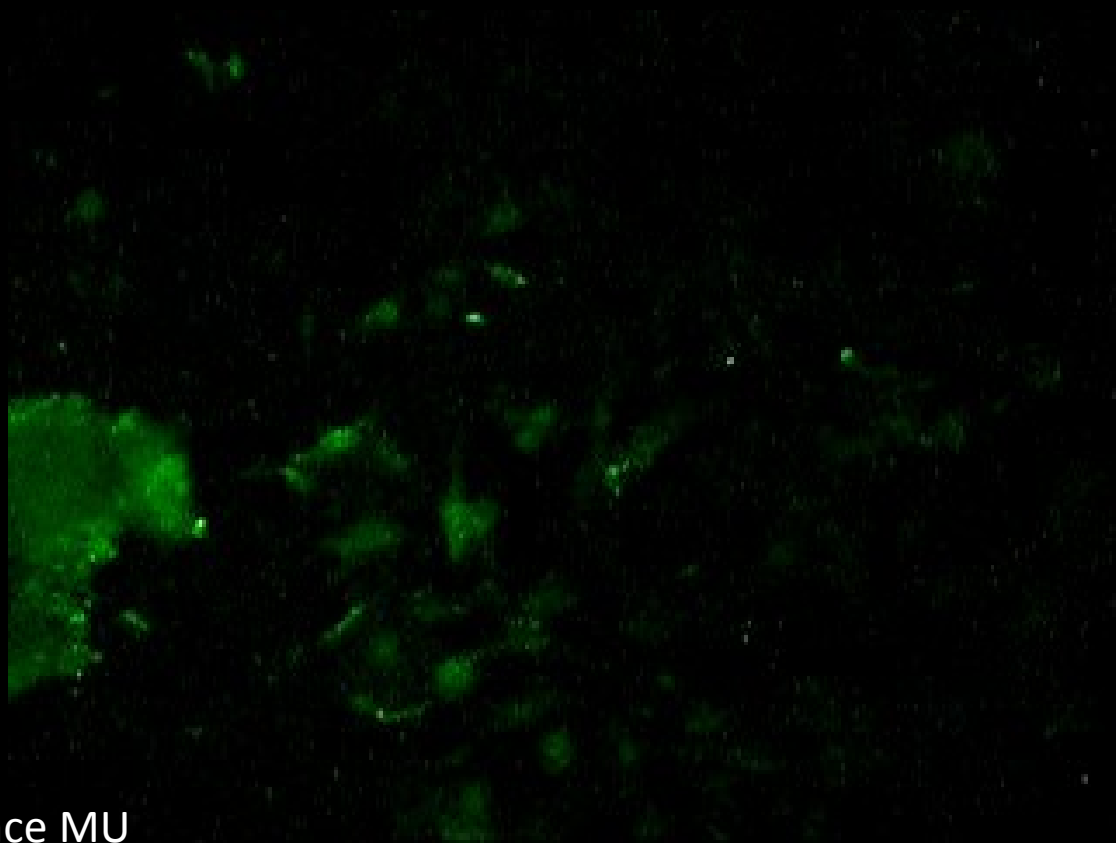
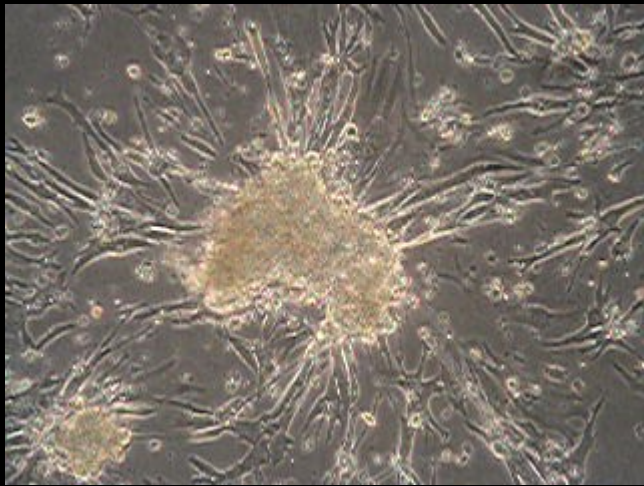


MECHANISMUS KONTRAKCE

1. Impuls podél axonu motorneuronu
2. Depolarizace presynaptické membrány (Na^+ influx)
3. Synaptické vezikuly splývají s presynaptickou membránou
4. Acetylcholin se uvolňuje do synaptické štěrby
5. Acetylcholin difunduje k postsynaptické membráně a váže se na své receptory, které otevírají Na kanály
6. Depolarizace postsynaptické membrány a sarkolemy (Na^+ influx)
7. Depolarizace T-tubulů a terminálních cisteren sER
8. Kompletní depolarizace membrány sER
9. Uvolnění Ca^{2+} z sER do sarkoplazmy
10. Ca^{2+} se váže na TnC
11. Troponinový komplex mění konformaci
12. Tropomyosin uvolňuje vazebná místa aktin-myosin
13. Globulární části myosinu se váží na aktin
14. ATPasa globulárních částí myosinu se aktivuje a generuje energii z $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + \text{P}_i$
15. ADP a P_i se uvolňují, globulární části myosinu posouvají aktinová myofilamenta k centru sarkomery
16. Sarkomera se kontrahuje (I-proužek a H-zóna se zkracují)
17. Myofibrily se kontrahují
18. Svalová vlákna se kontrahují

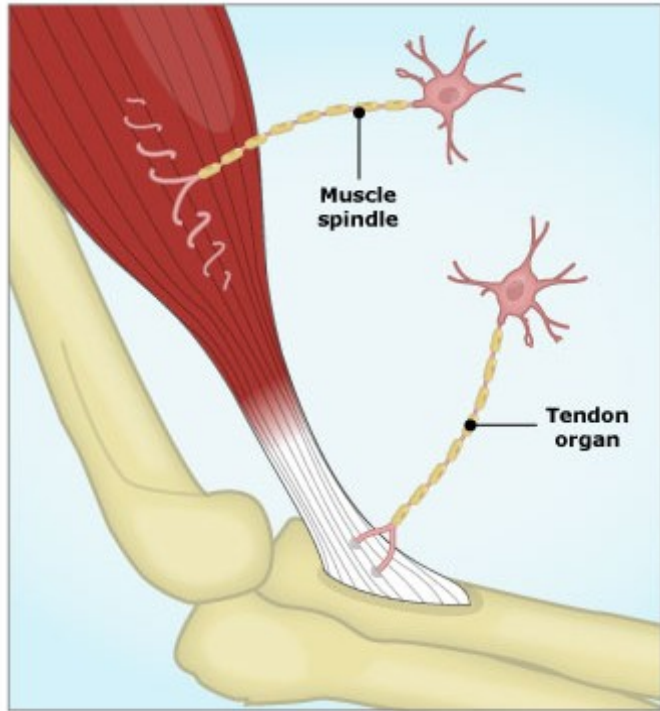


http://highered.mheducation.com/sites/0072495855/student_view0/chapter10/animation_breakdown_of_atp_and_cross-bridge_movement_during_muscle_contraction.html



Courtesy Dr. Pacherník, Faculty of Science MU

PROPRIORECEPTORY

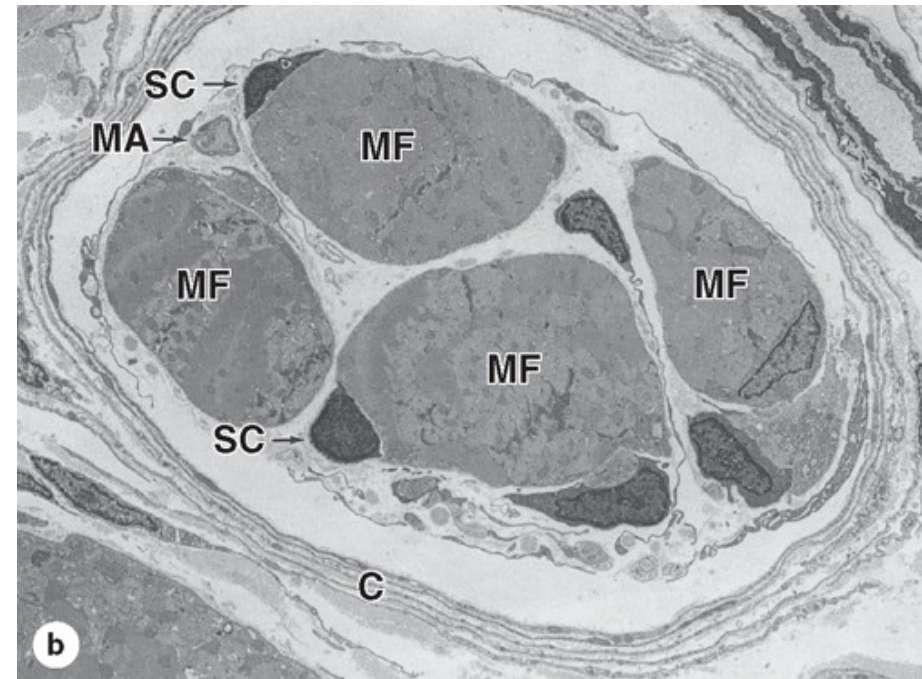


Golgiho šlachová tělíska

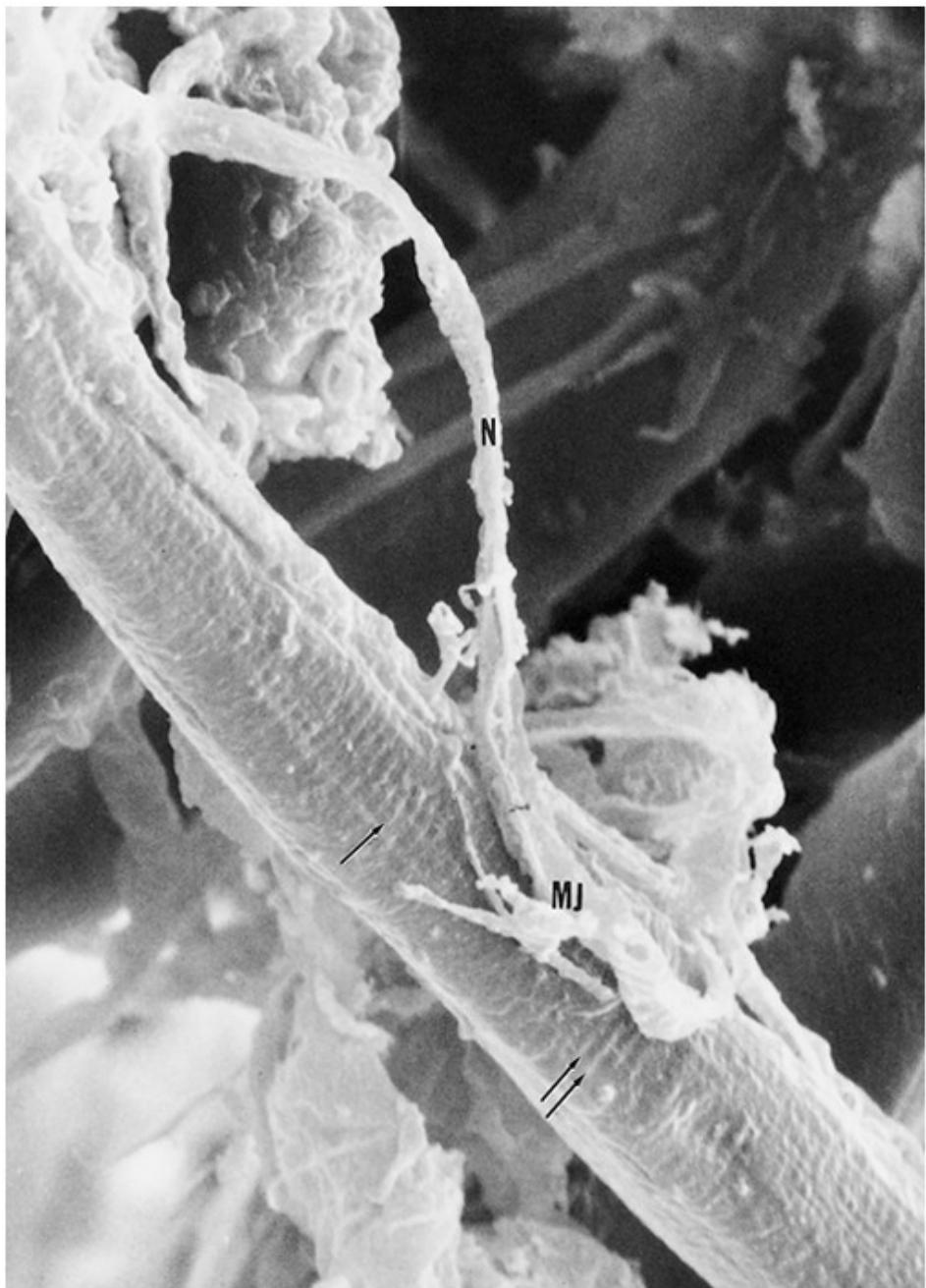
- myotendinózní spojení
- senzitivní nervová zakončení mezi kolagenními vlákny
- změny napětí
- utlumení motorické nervové aktivity

Svalová vřeténka

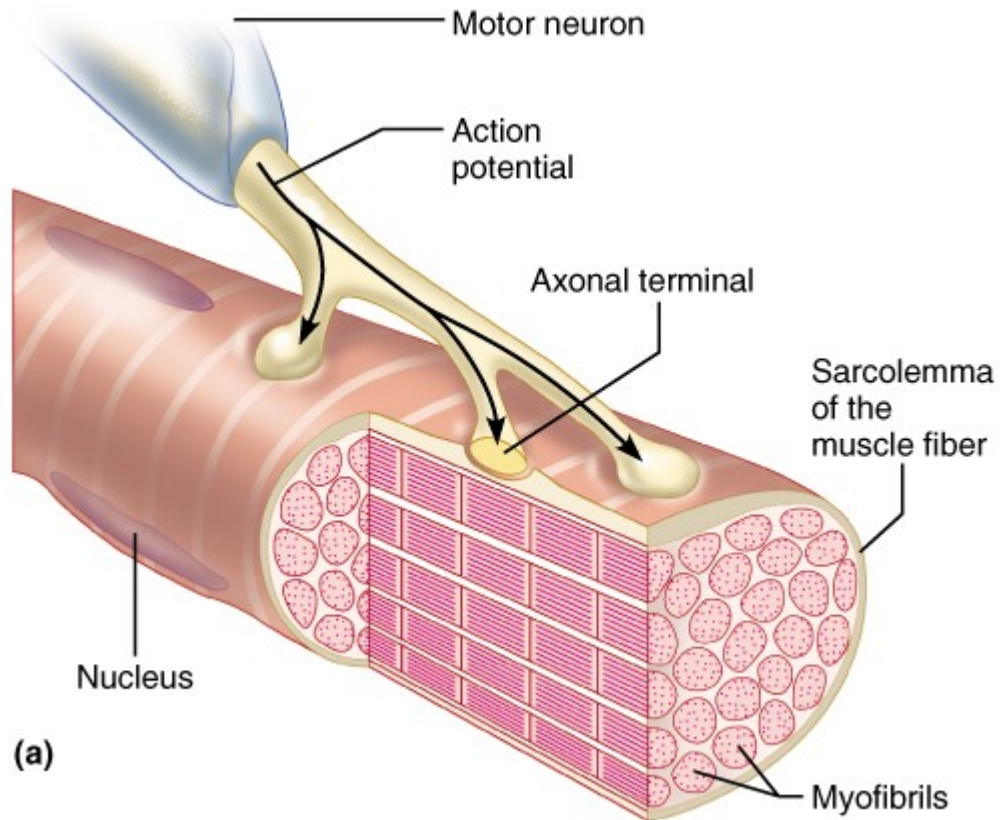
- změna protažení svalu
- modifikované perimysium
- tenká svalová (intrafuzální) vlákna
- senzitivní nervová zakončení
- reflexy, koordinace svalových skupin



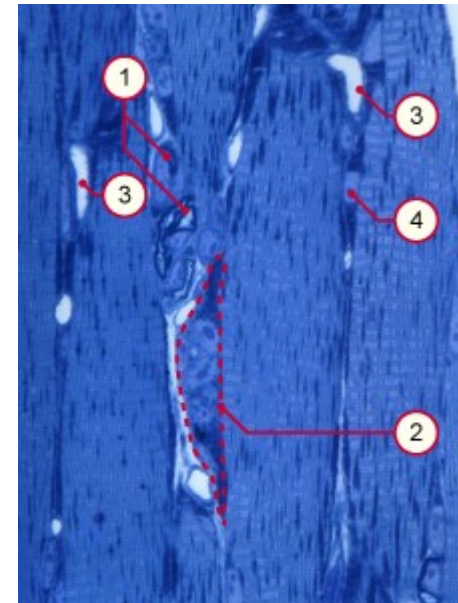
NEUROMUSKULÁRNÍ SPOJENÍ



NEUROMUSKULÁRNÍ SPOJENÍ

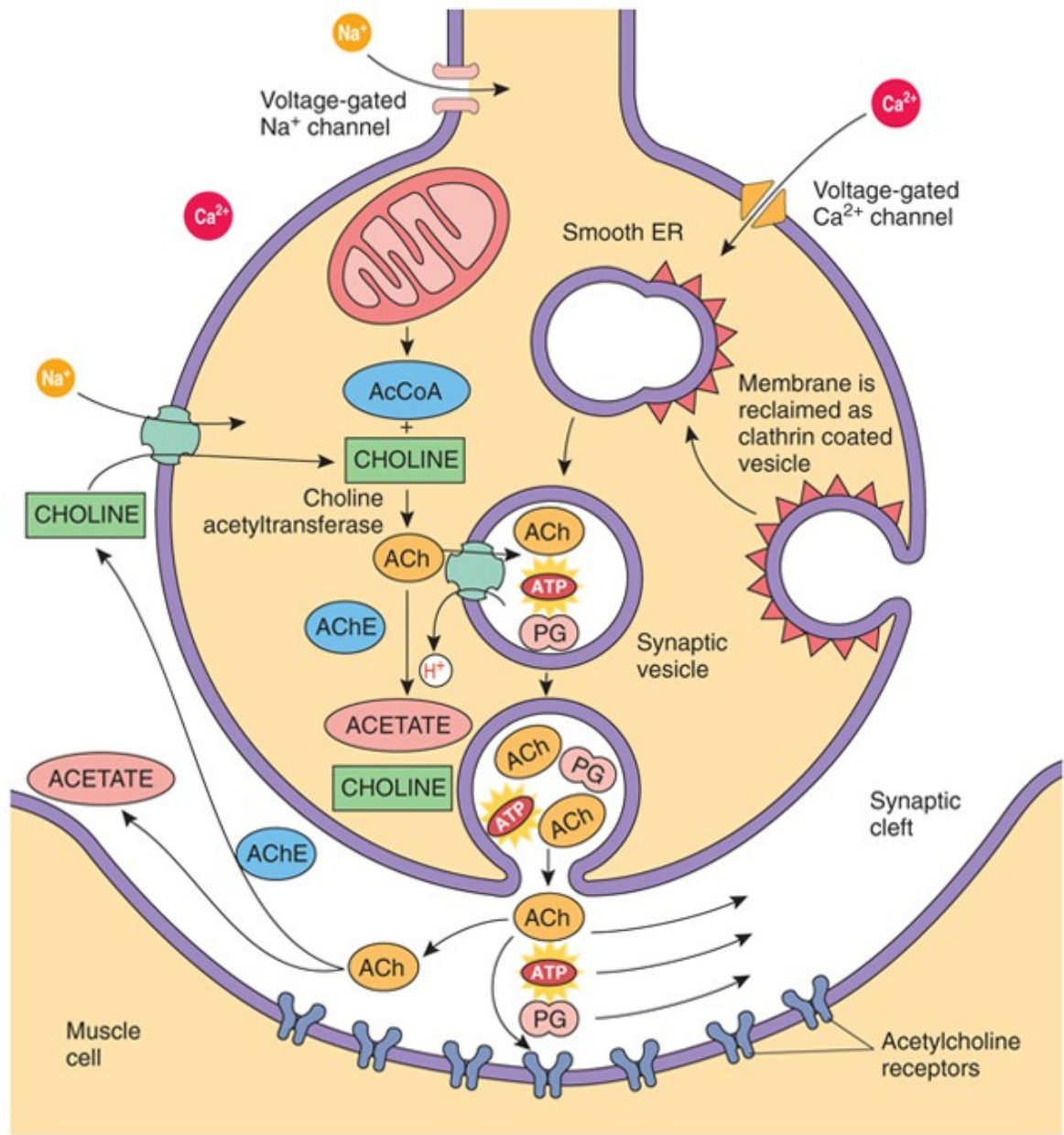


Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

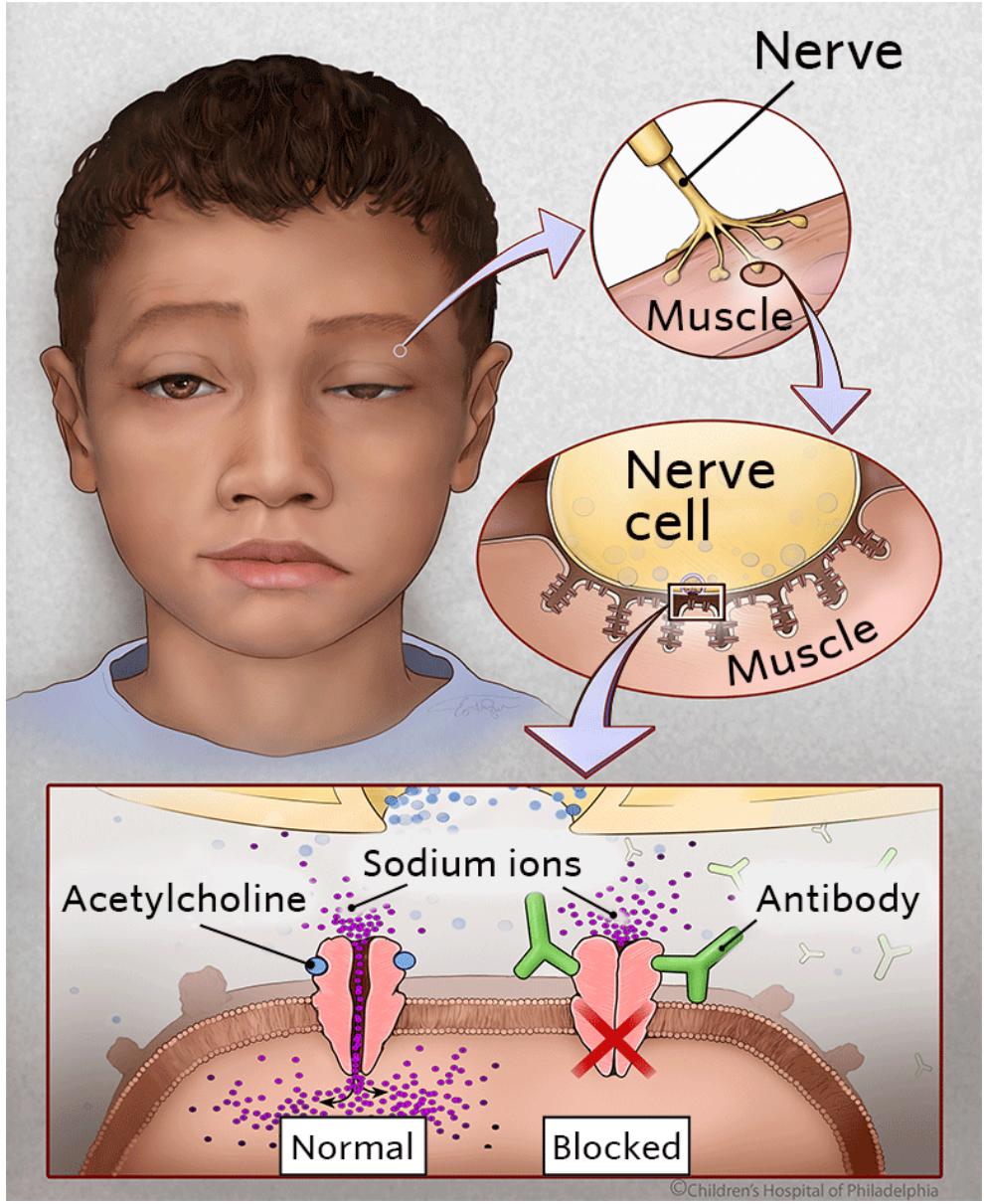


- 1 Myelinované axony
- 2 Neuromuskulární spojení
- 3 Kapiláry
- 4 Jádro rhabdomyocytu

NEUROMUSKULÁRNÍ SPOJENÍ



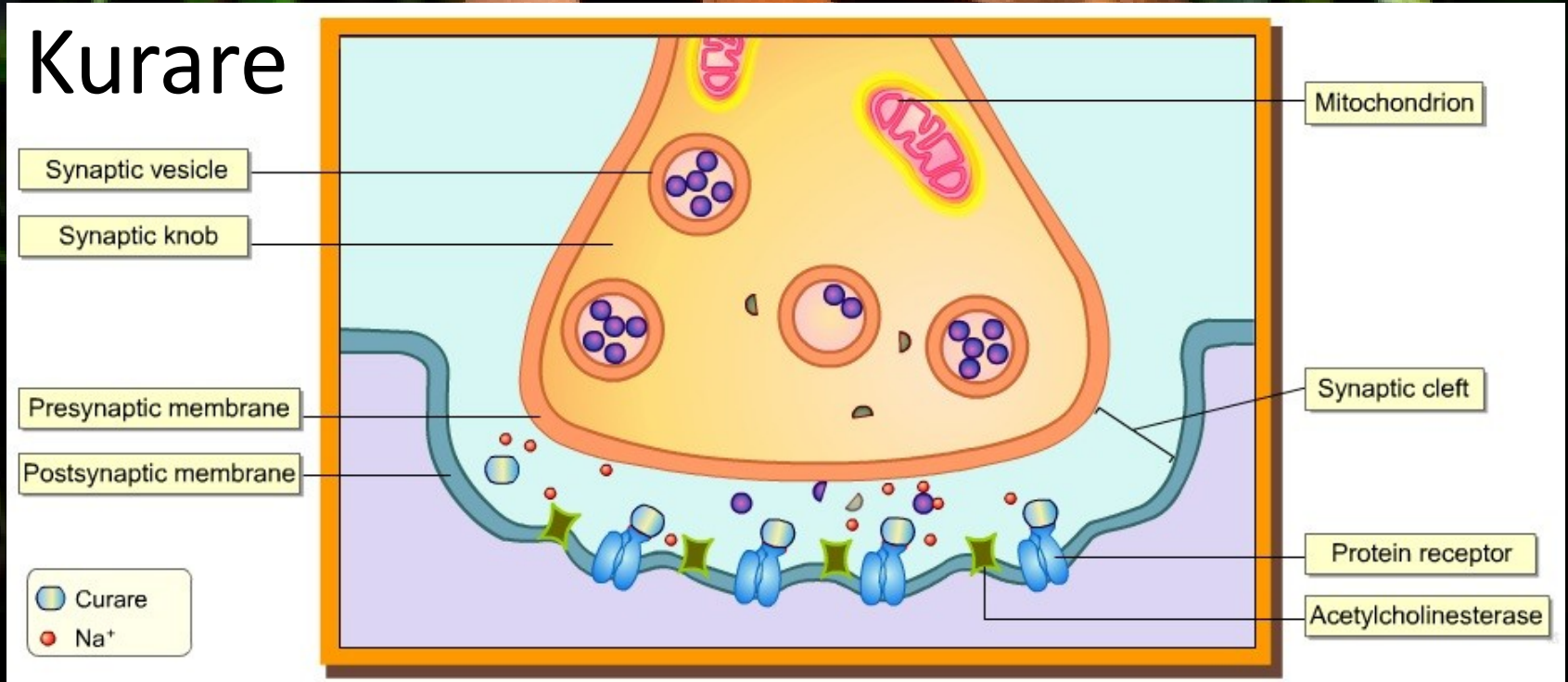
MYASTHENIA GRAVIS



protilátky proti ACh receptoru



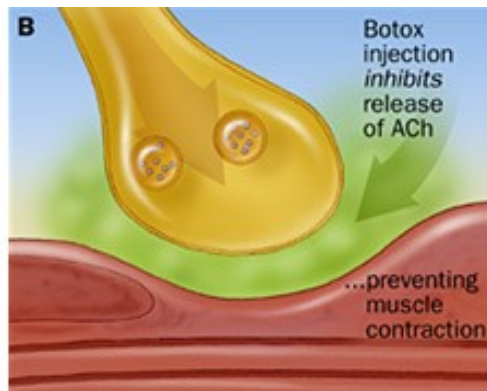
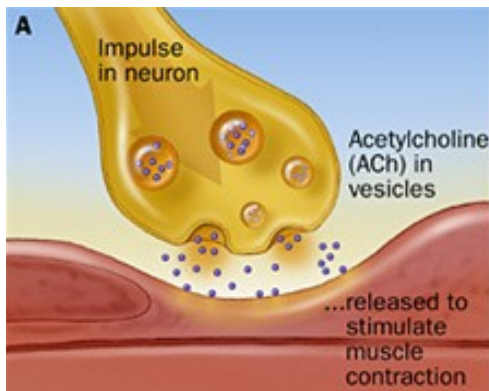
Kurare



blok ACh receptoru/Na⁺kanálu

BOTULOTOXIN

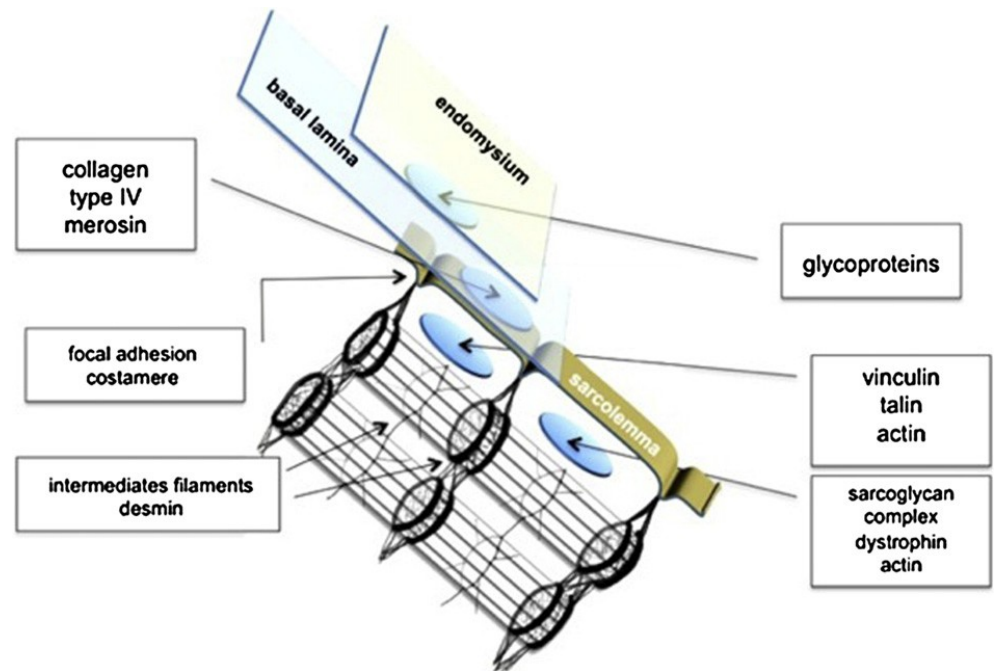
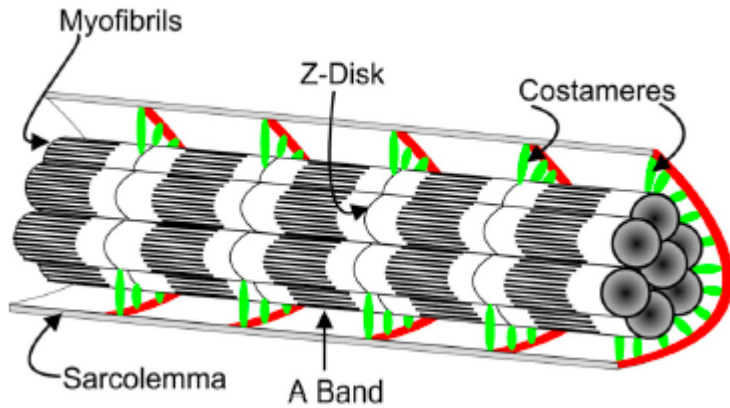
Clostridium botulinum



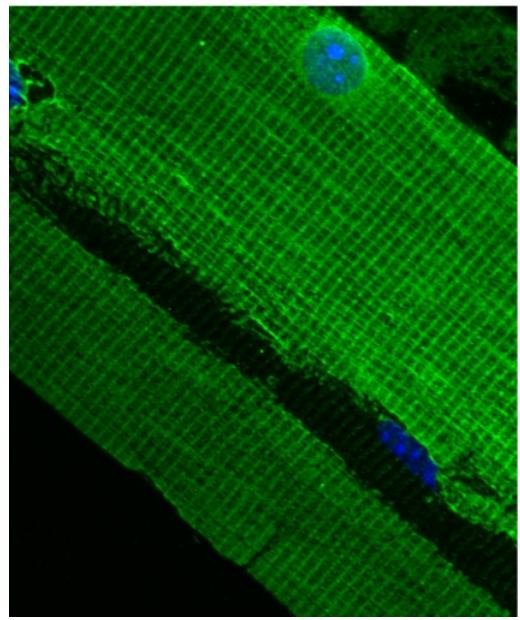
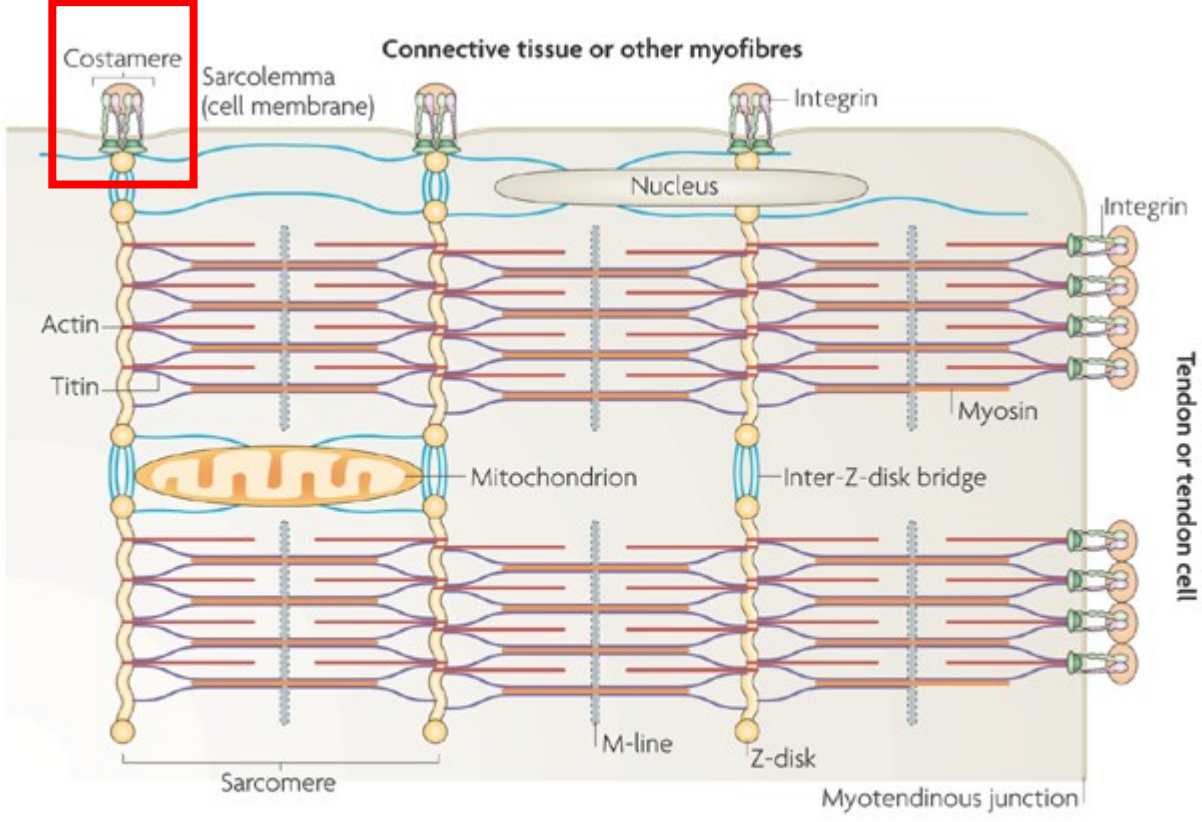
blok syntézy a vyloučení ACh

KOSTAMERY

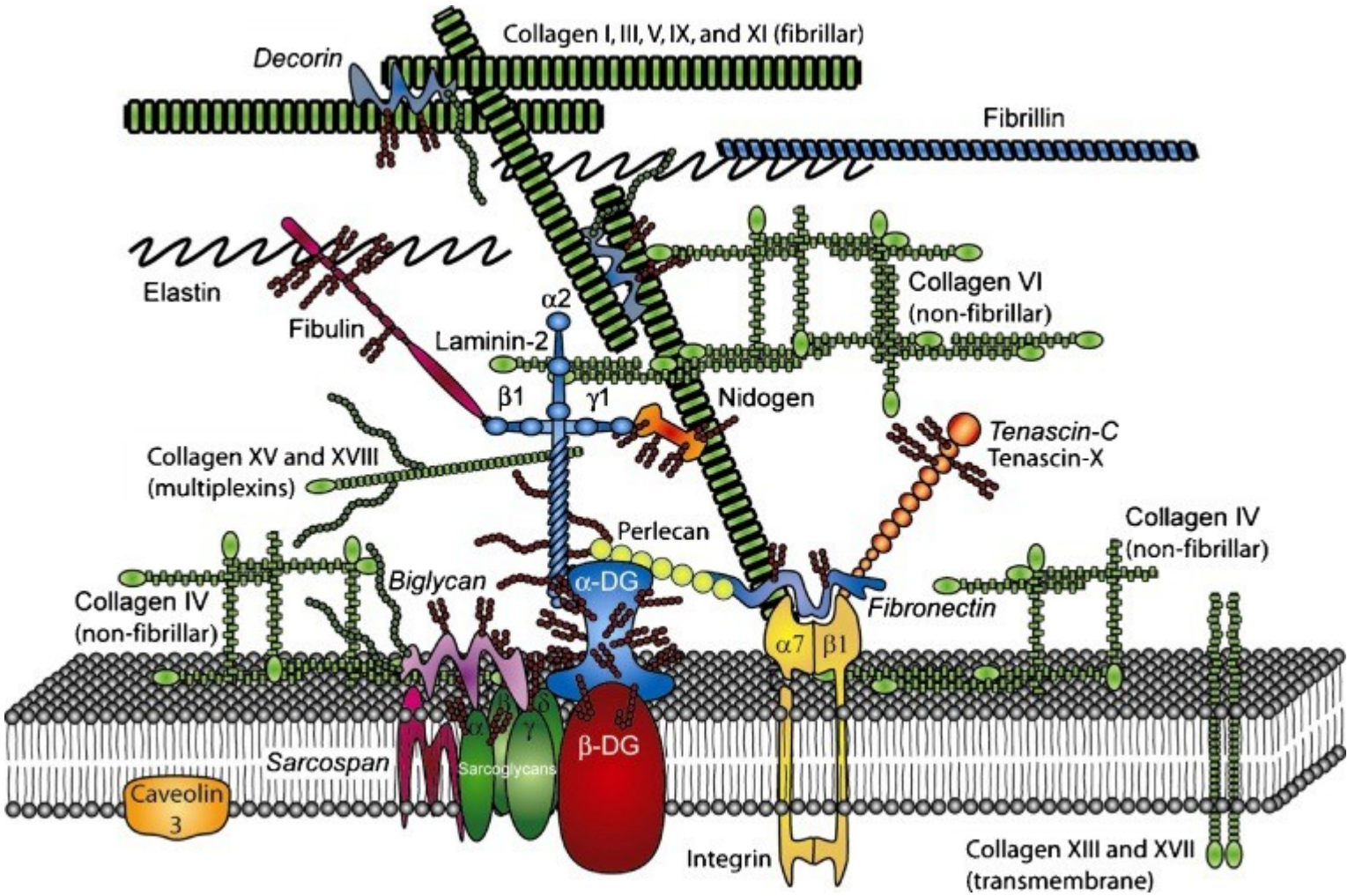
- Spojení myofibril se sarkolemou
- **dystrophin-associated glycoprotein (DAG) complex**
 - spojení cytoskeletu s ECM
 - integrita svalového vlákna



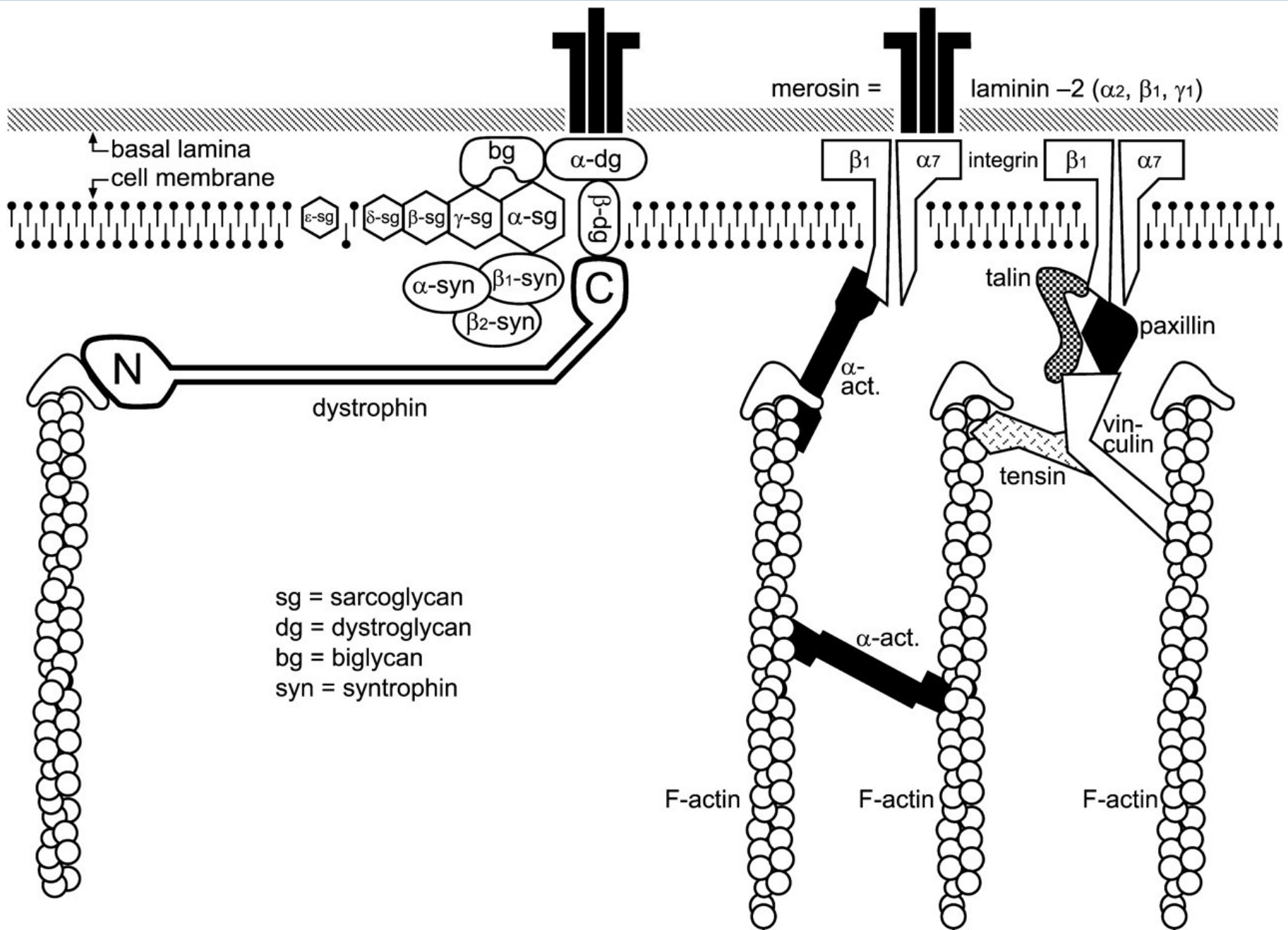
KOSTAMERY



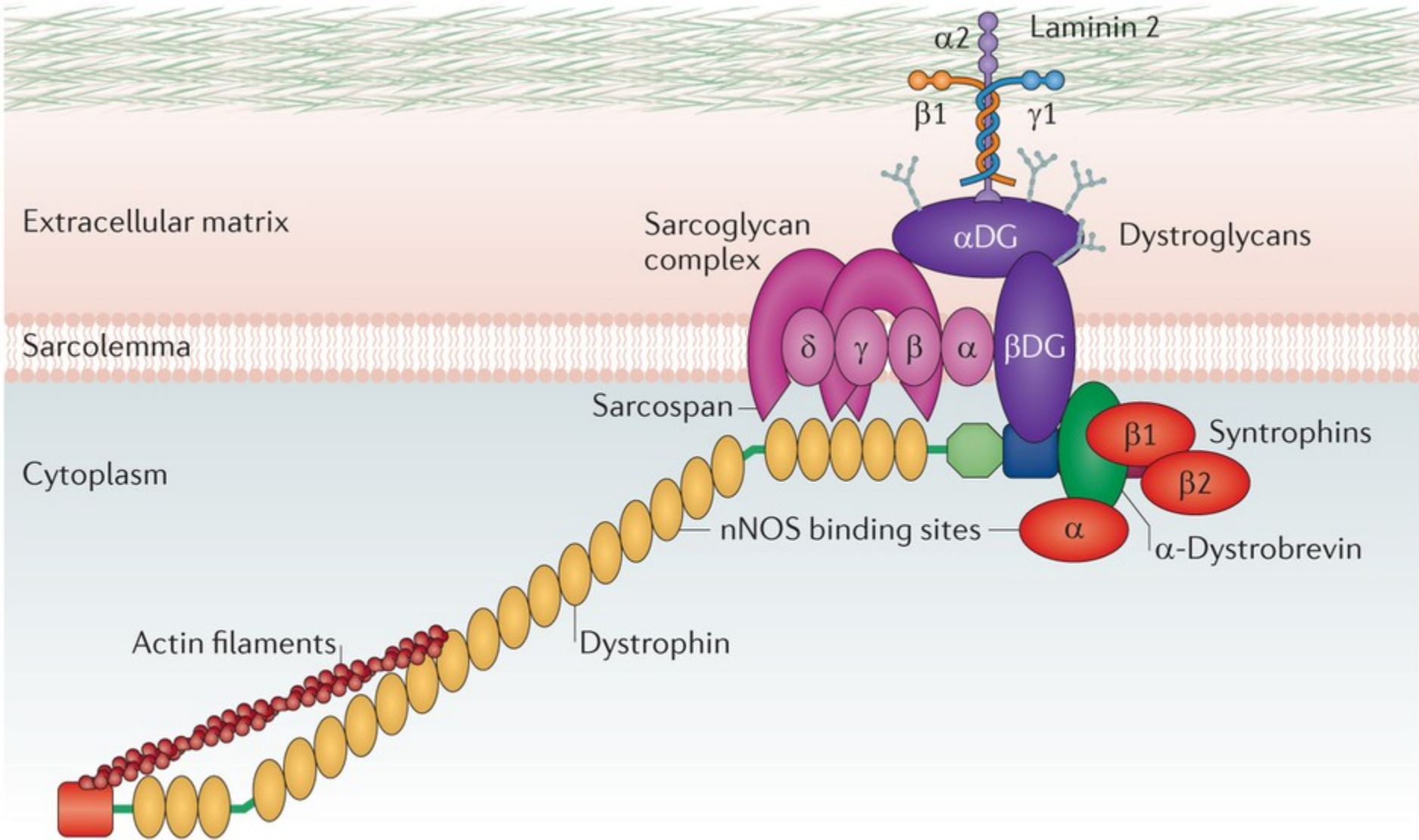
KOSTAMERY



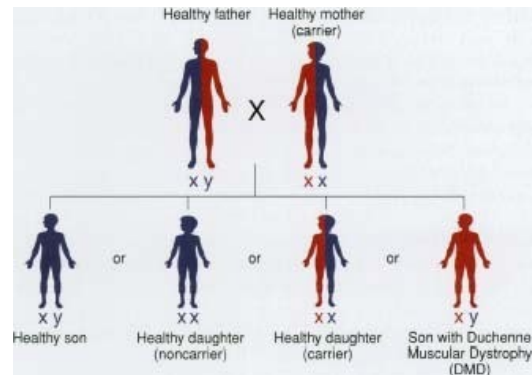
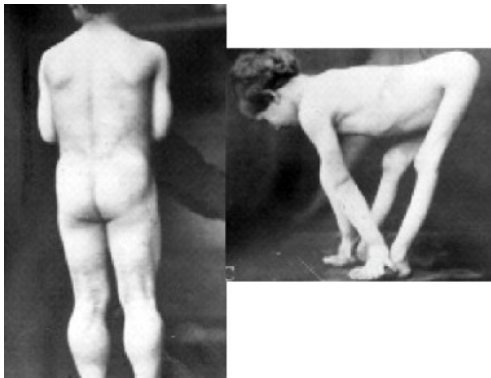
KOSTAMERY



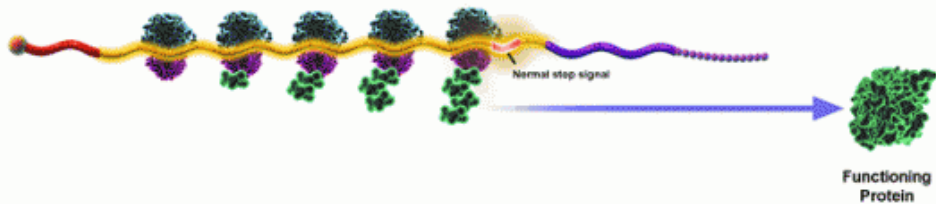
KOSTAMERY



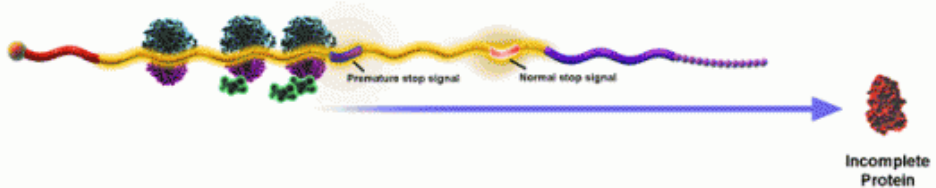
DUCHENNEOVA MUSKULÁRNÍ DYSTROFIE



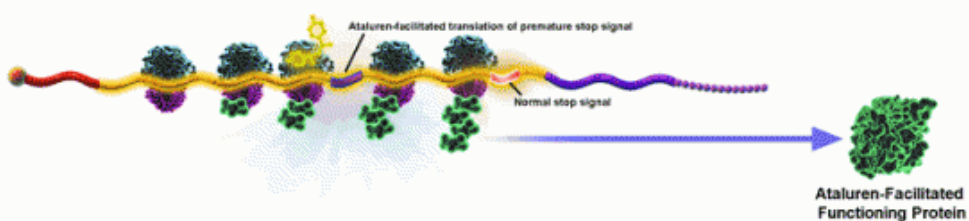
Normal Translation



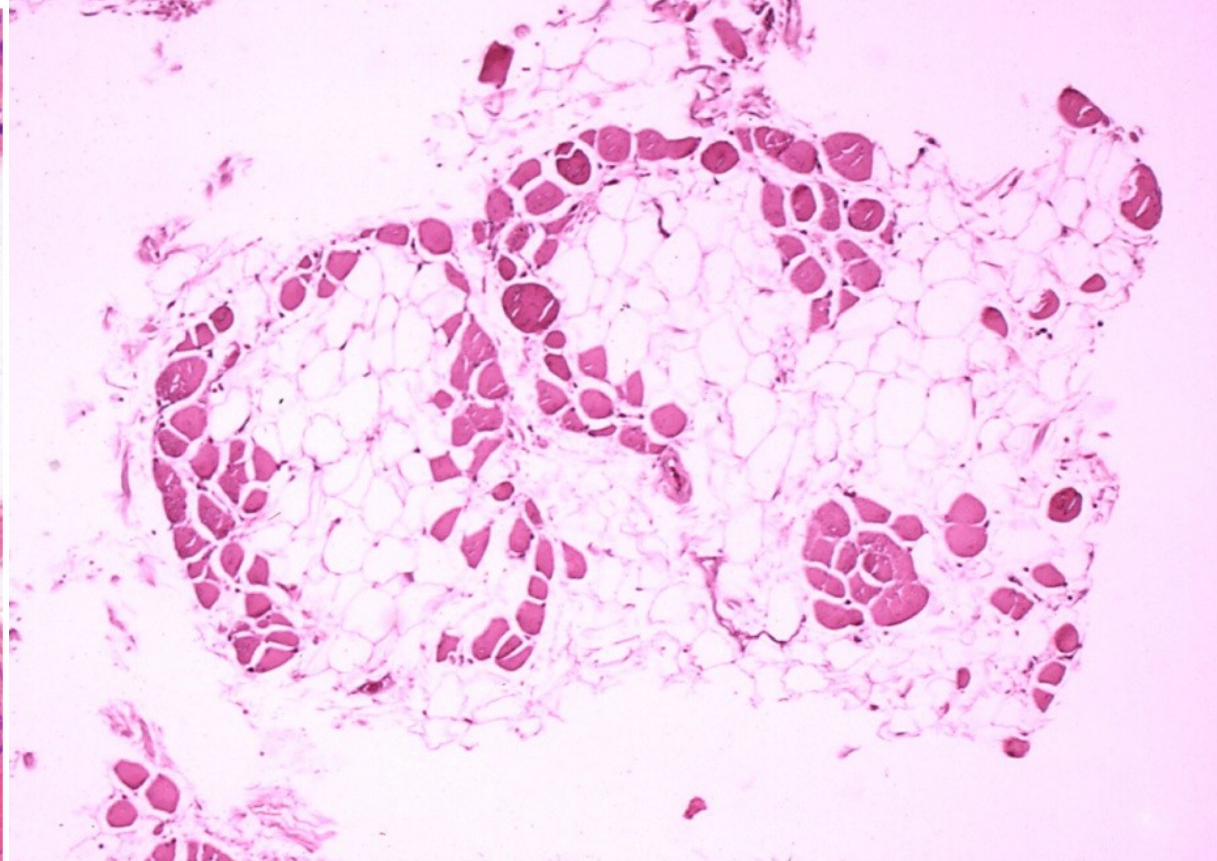
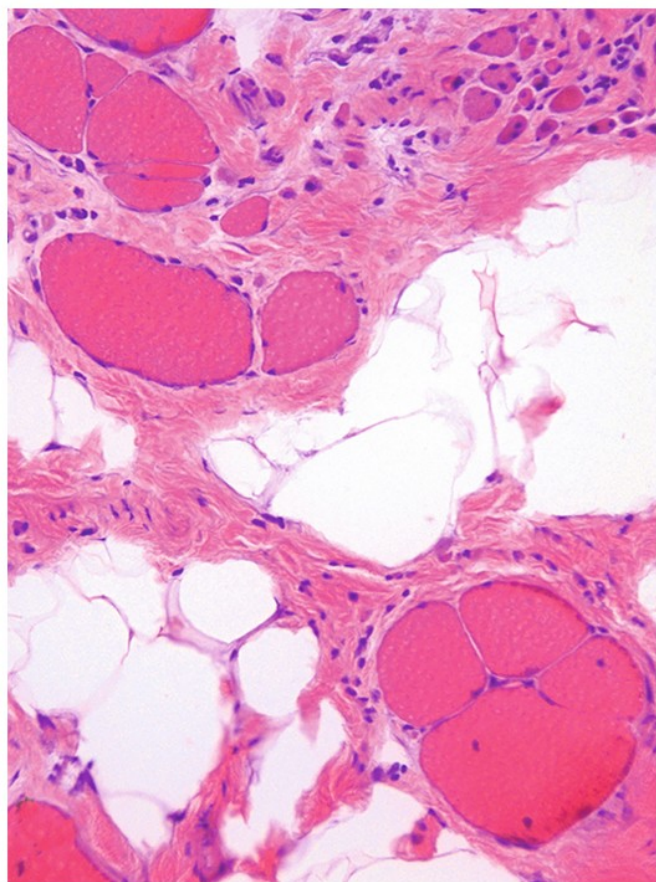
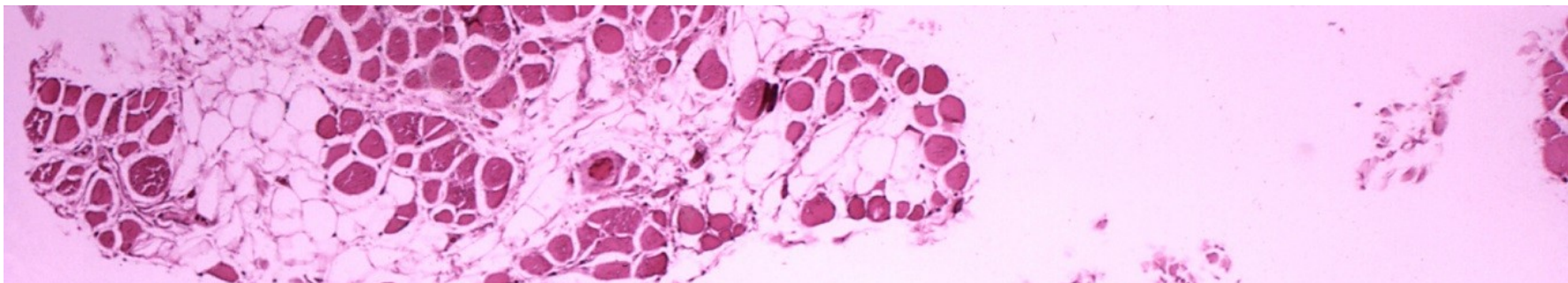
Incomplete Translation



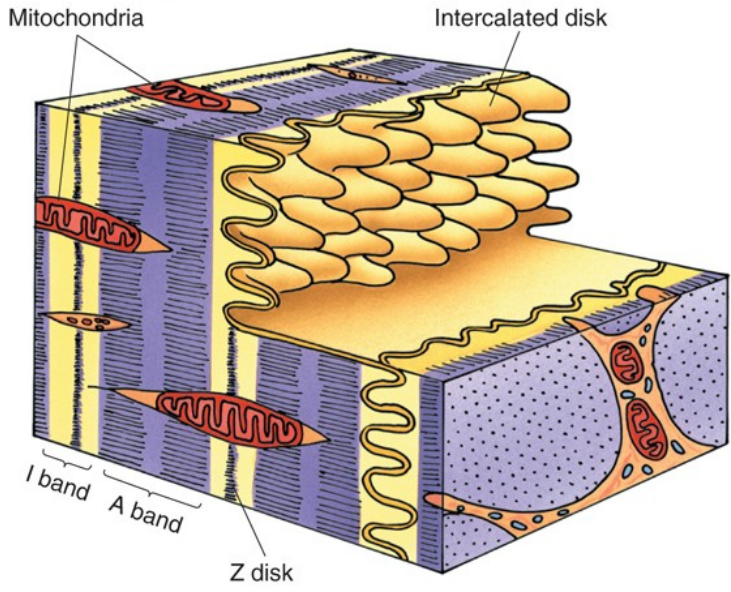
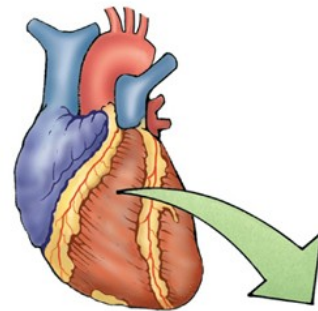
Ataluren-Facilitated Translation



DUCHENNEOVA MUSKULÁRNÍ DYSTROFIE

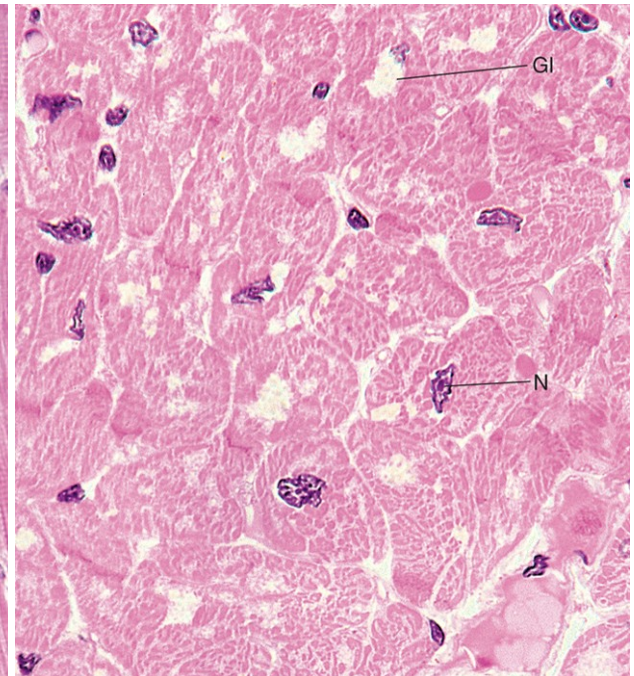
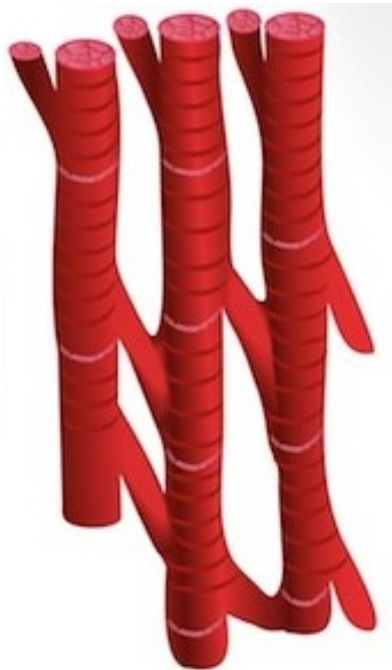


SRDEČNÍ SVALOVÁ TKÁŇ



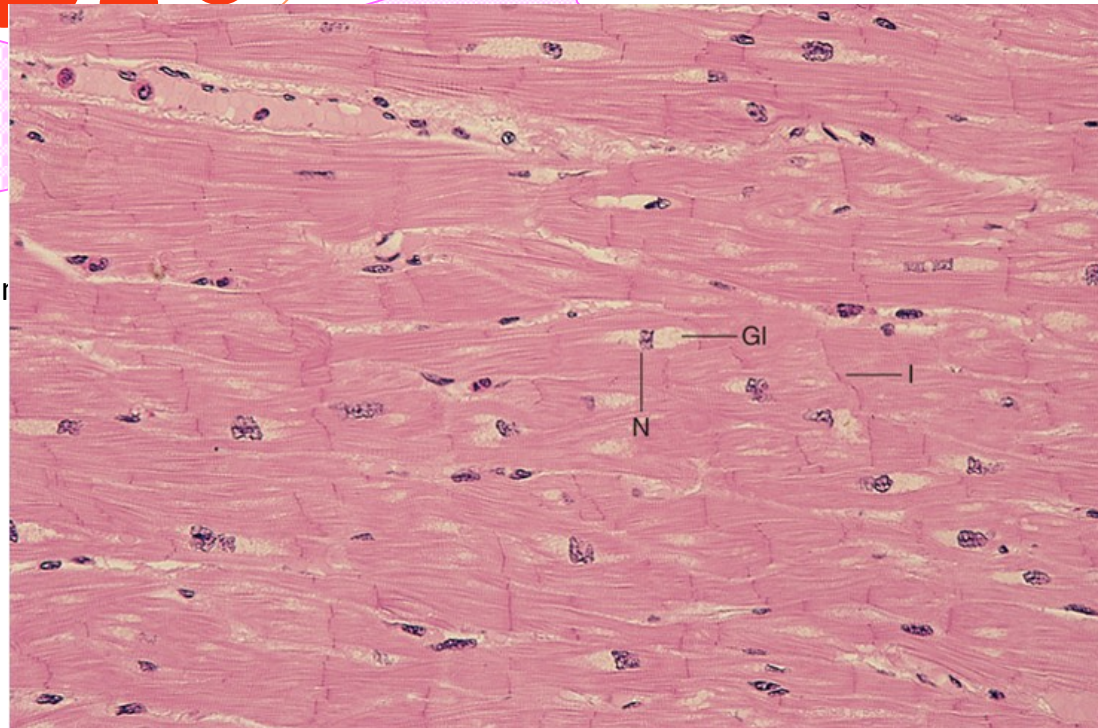
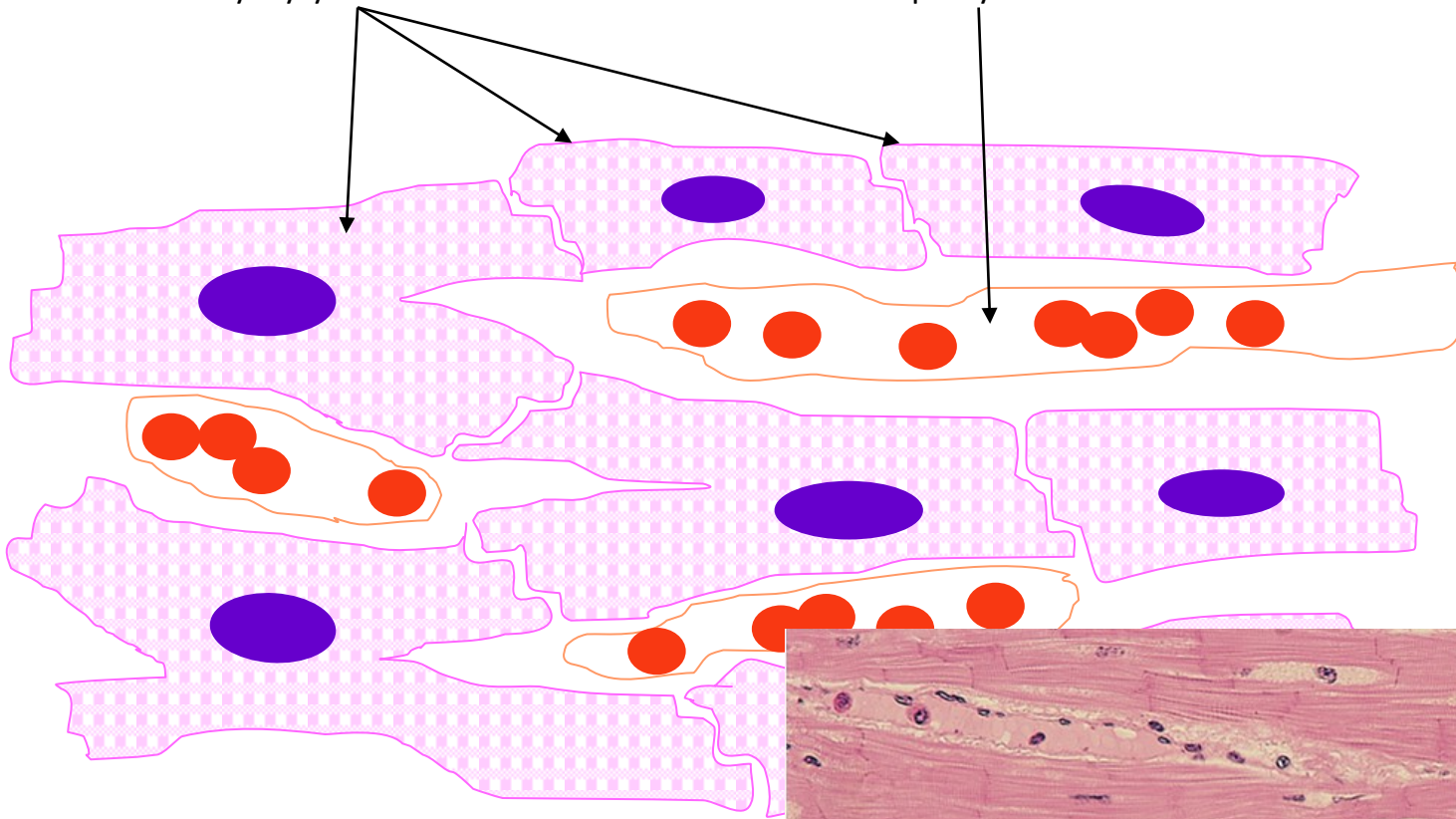
HISTOLOGIE SRDEČNÍ SVALOVÉ TKÁNĚ

- dlouhé, protáhlé buňky – kardiomyocyty
- větvení do tvaru X, Y
- jednojaderné, výjimečně dvoujaderné, početné mitochondrie
- myofibrily
- složité mezibuněčné spoje – interkalární disky.

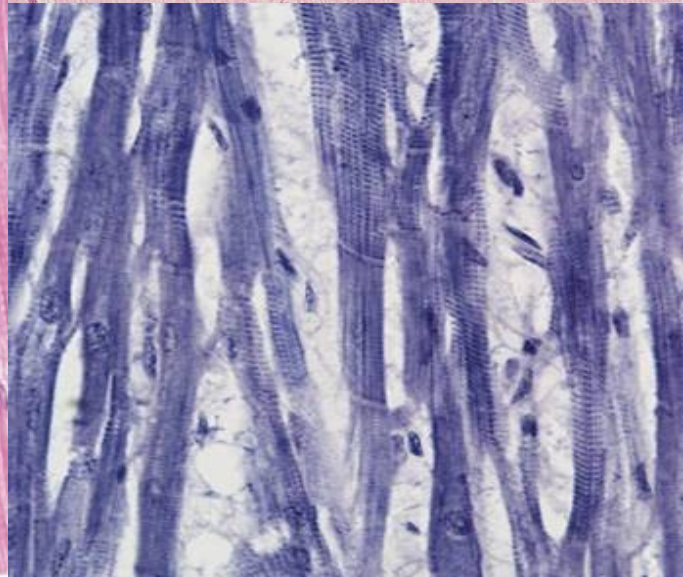
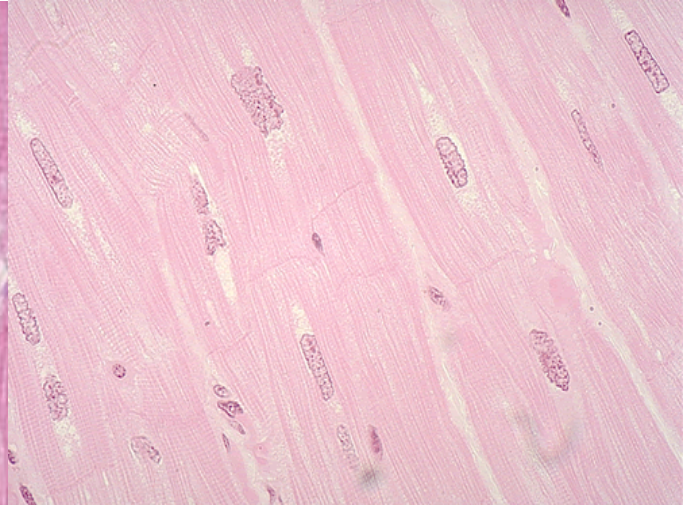
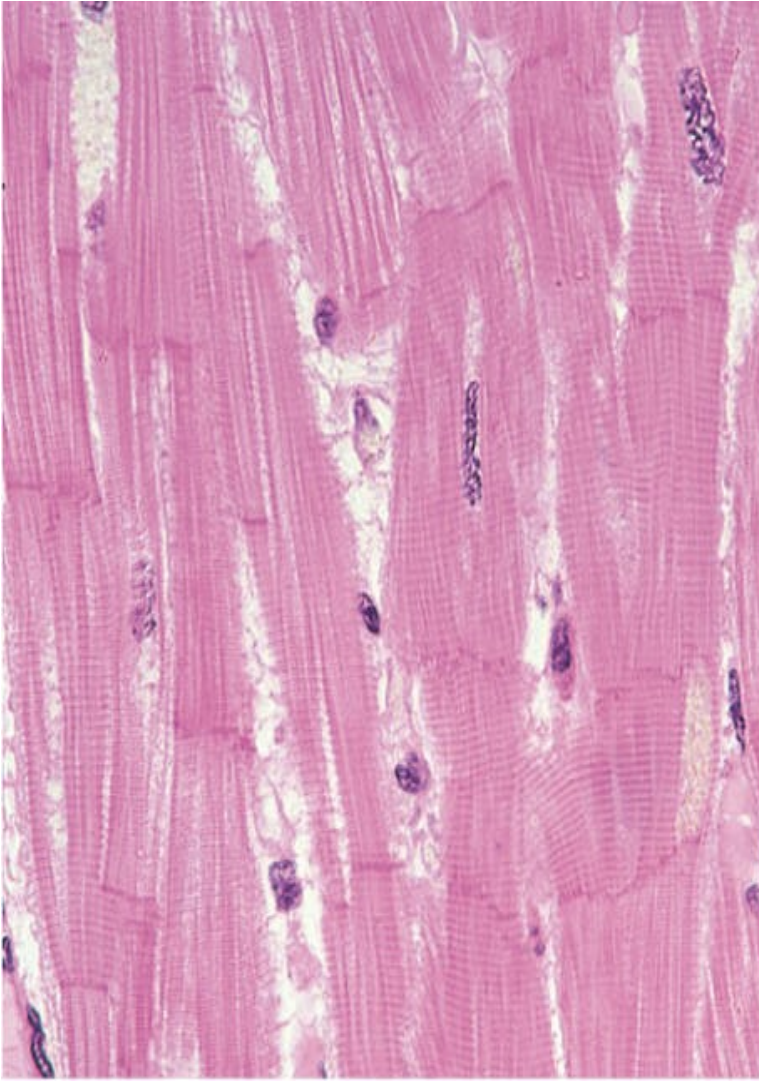


kardiomyocyty

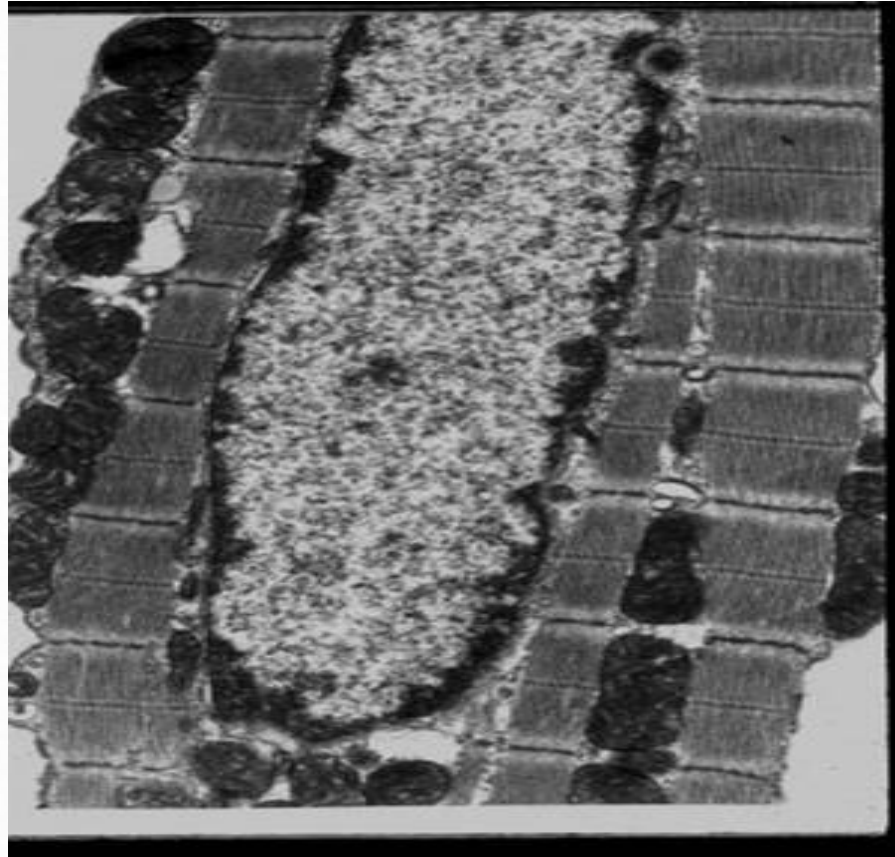
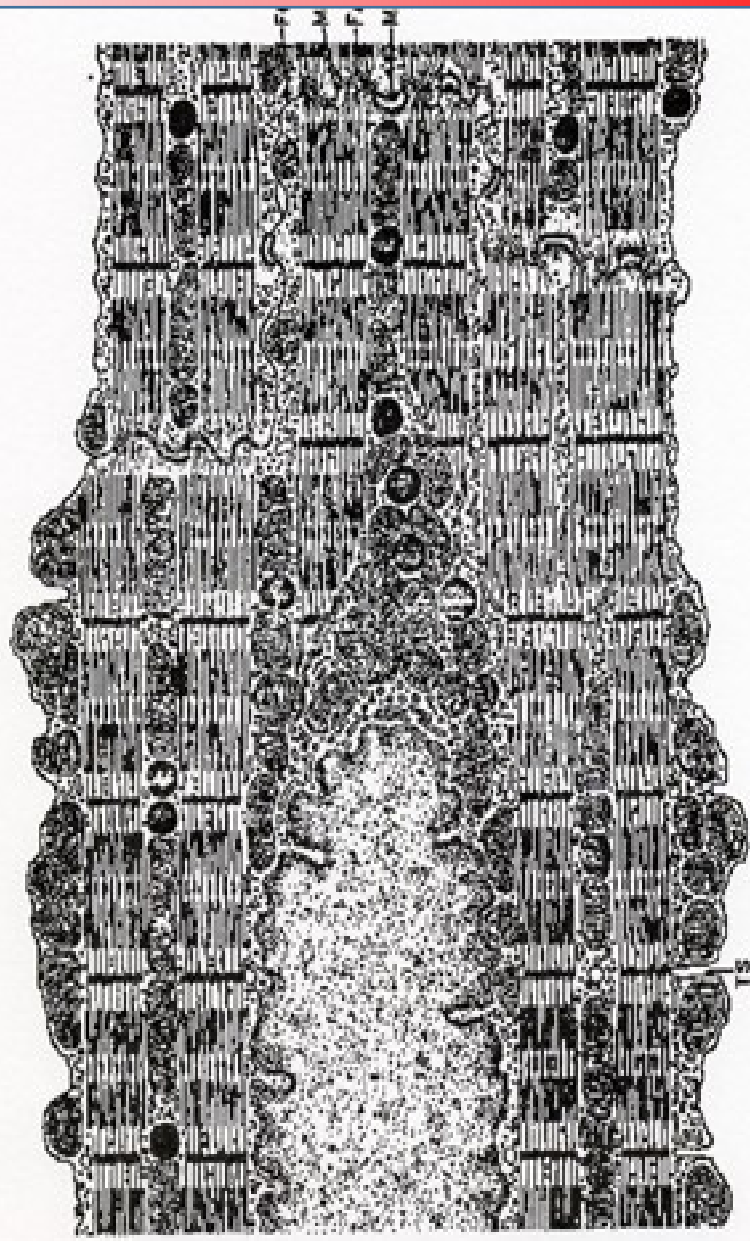
kapiláry



HISTOLOGIE SRDEČNÍ SVALOVÉ TKÁNĚ

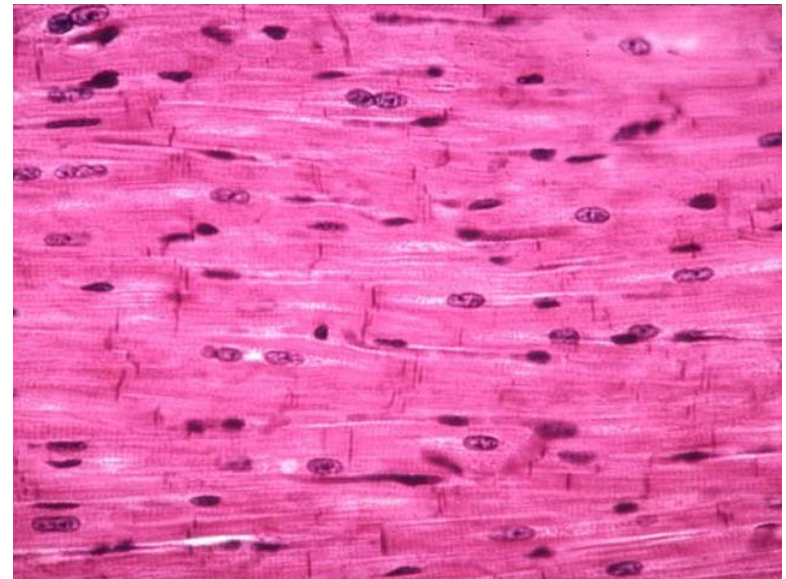
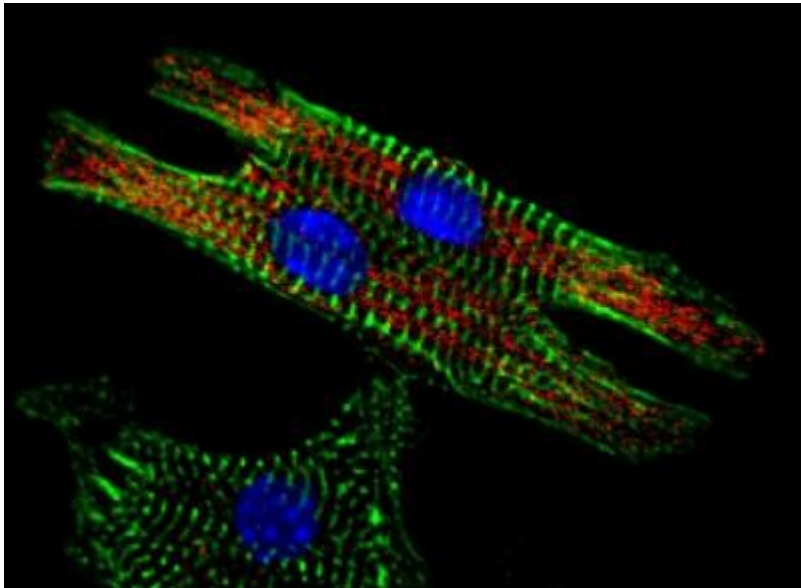


HISTOLOGIE SRDEČNÍ SVALOVÉ TKÁNĚ



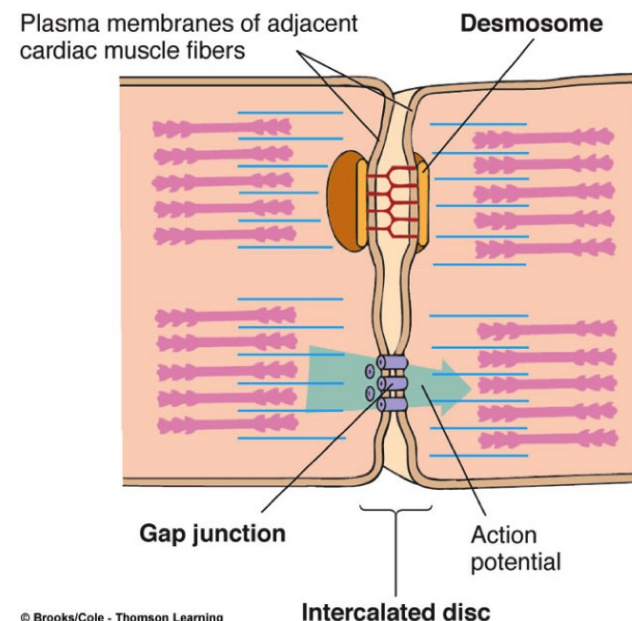
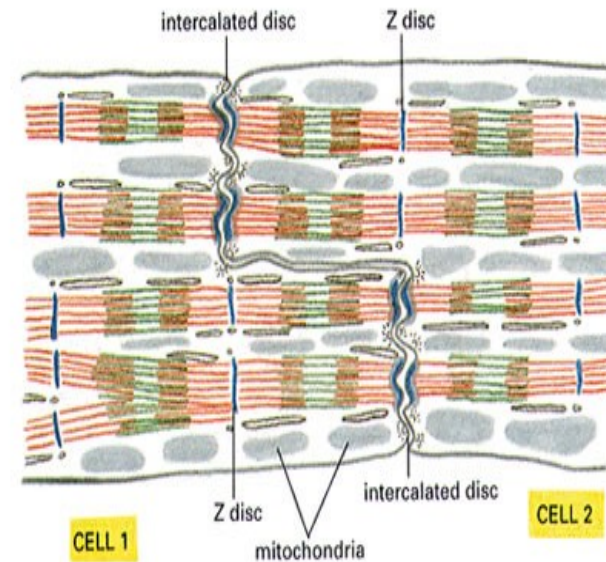
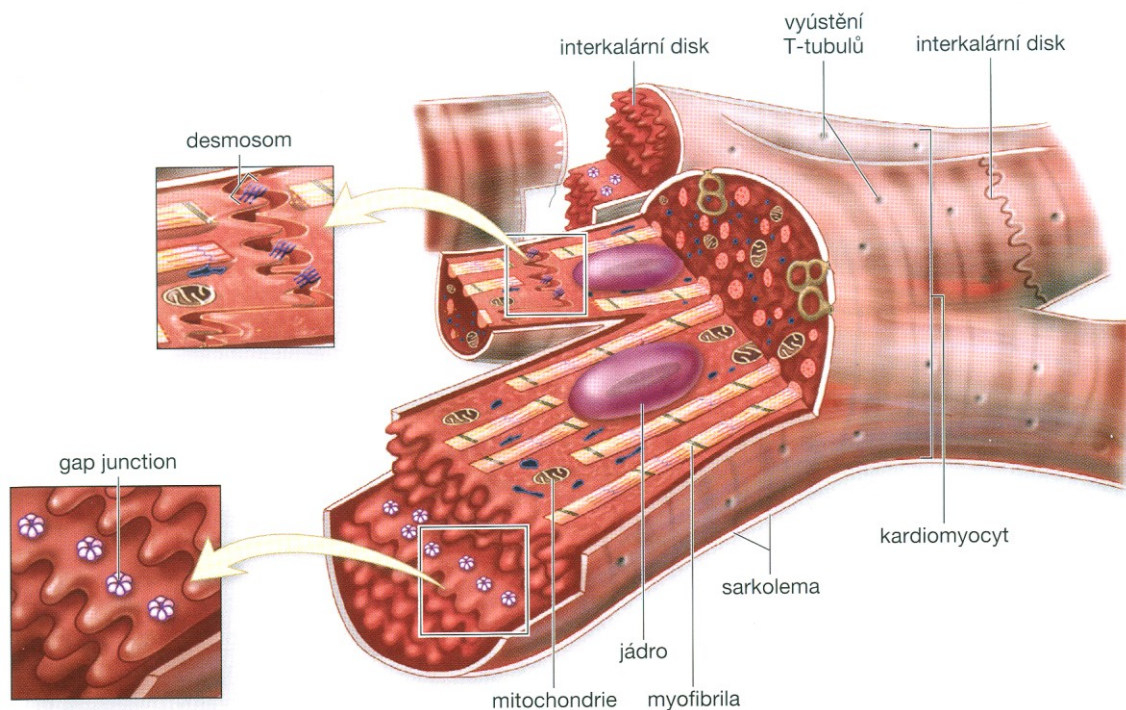
SRDEČNÍ × KOSTERNÍ SVALOVINA

- diáda × triáda (1 T-tubulus + 1 × 2 terminální cisterny)
- T-tubuly v oblasti Z linií (kosterní v místě A proužku)
- úplná závislost srdeční svaloviny na aerobním metabolismu
- početná granula glykogenu a lipidových inkluzí
- početné mitochondrie v sarkoplasmě a rezerva myoglobinu

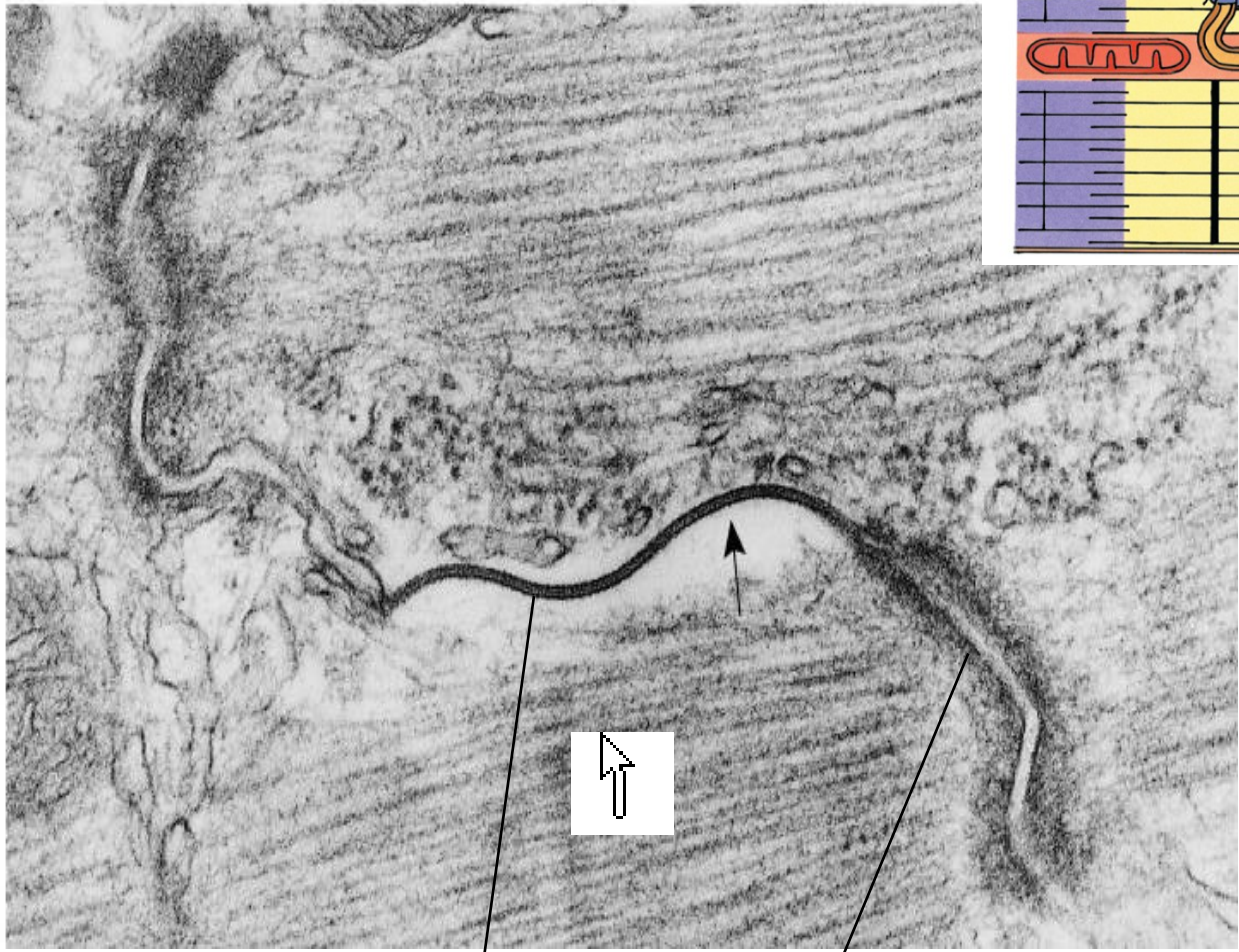


INTERKALÁRNÍ DISKY

- „skalariformní“ tvar buněk
- fasciae adherentes (adhezní spoje)
- nexus (gap junction)

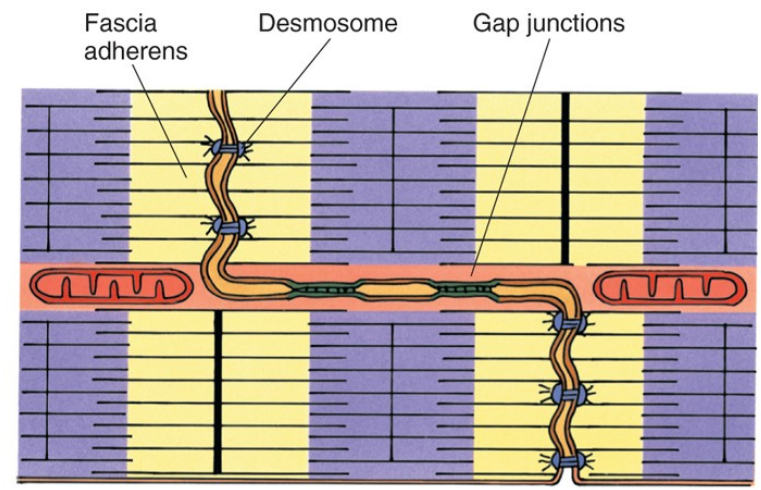


INTERKALÁRNÍ DISKY



nexus

fascia adherens



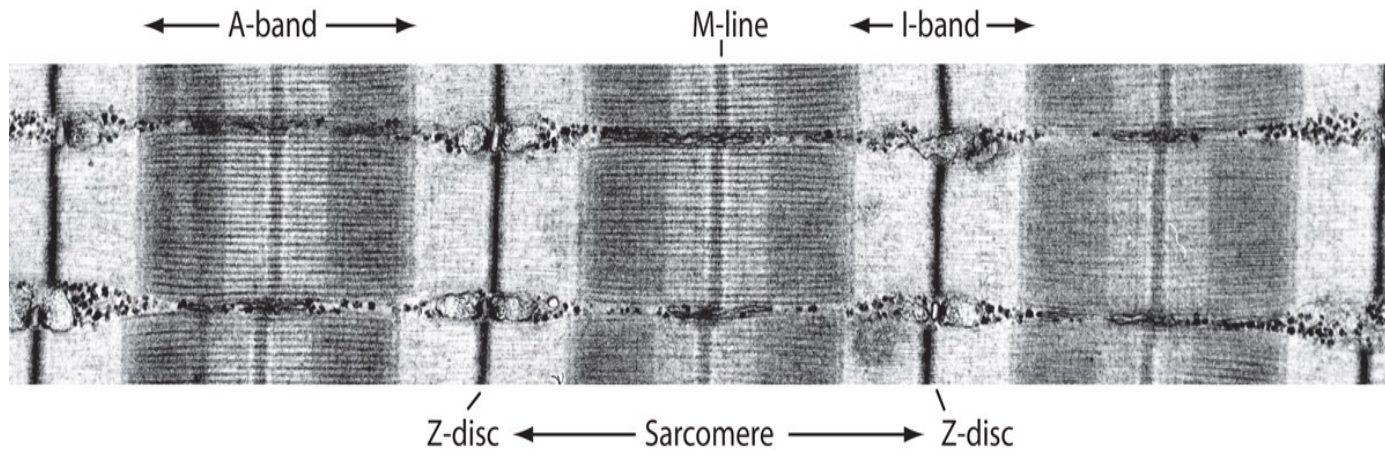
Fascia adherens

Desmosome

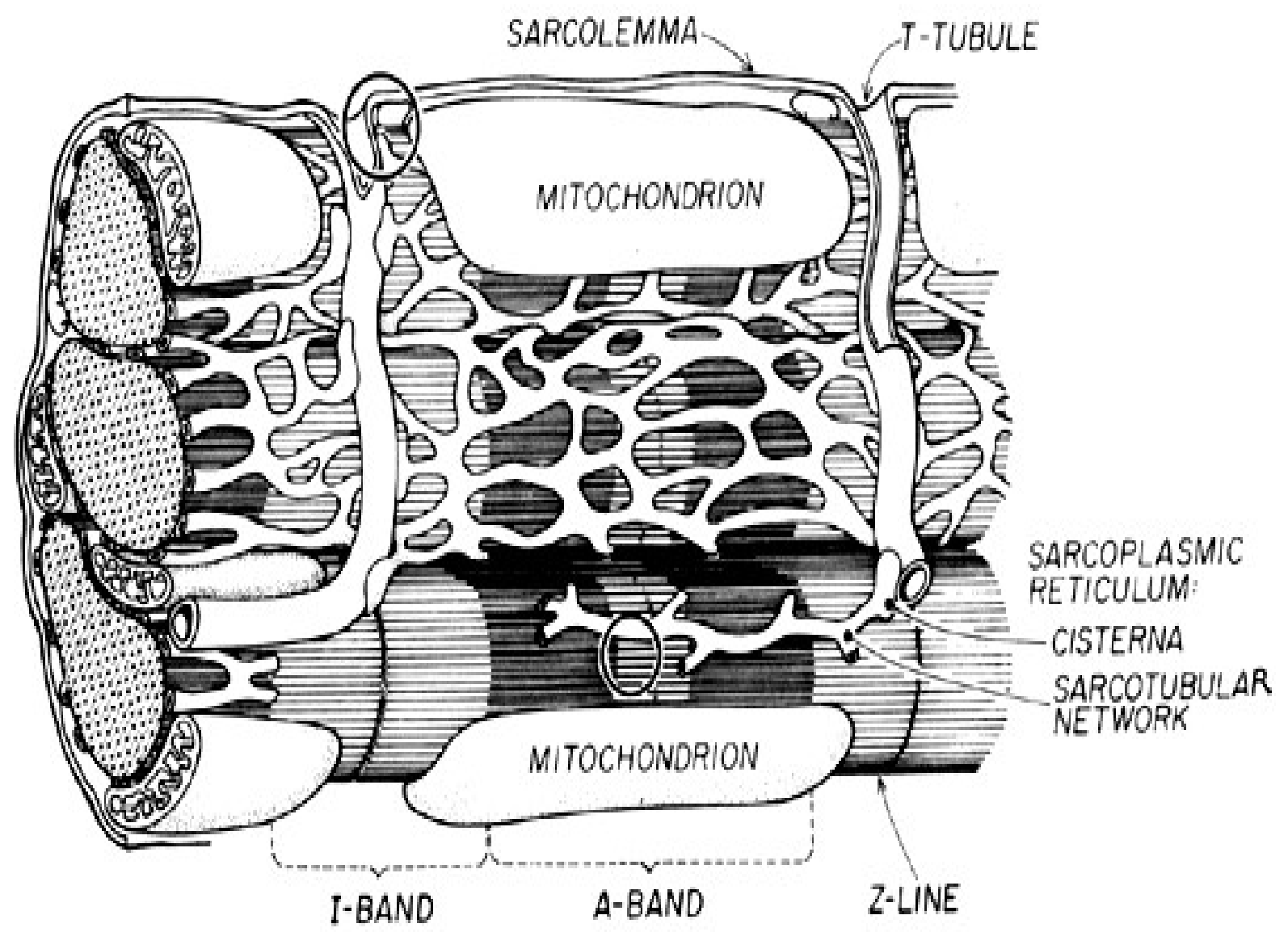
Gap junctions

MYOFIBRILY KARDIOMYOCYTŮ

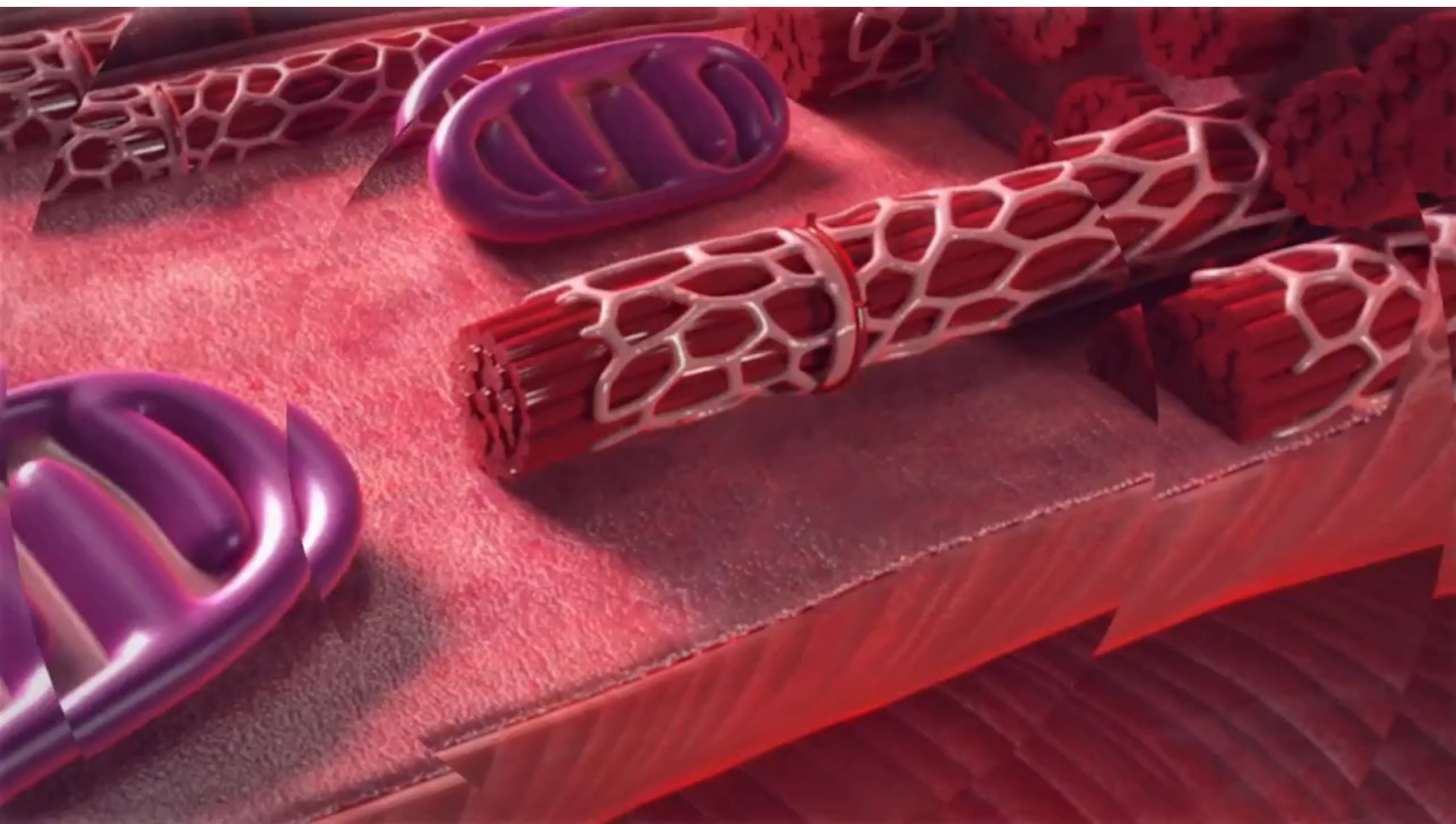
- Aktinová a myozinová myofilamenta
- Sarkomera
- Z-linie
- M-linie a H-zóna
- I-proužek a A-proužek
- T-tubulus + 1 cisterna = diáda (kolem Z-line)



MYOFIBRILY KARDIOMYOCYTŮ

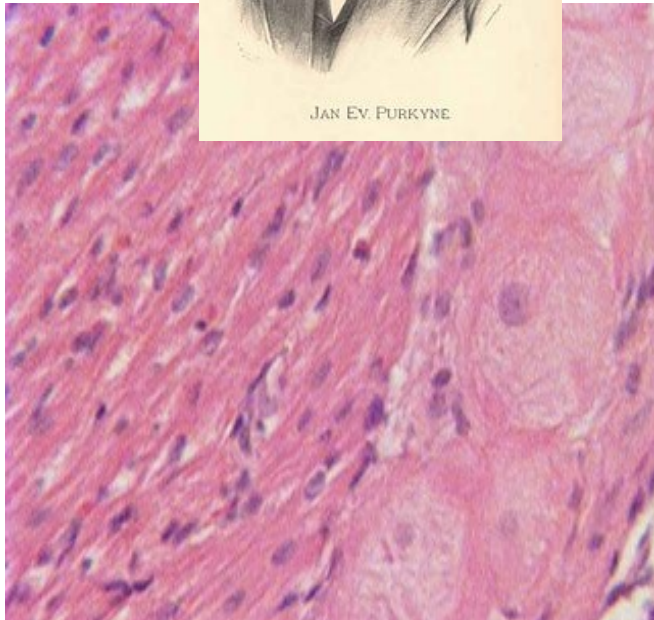
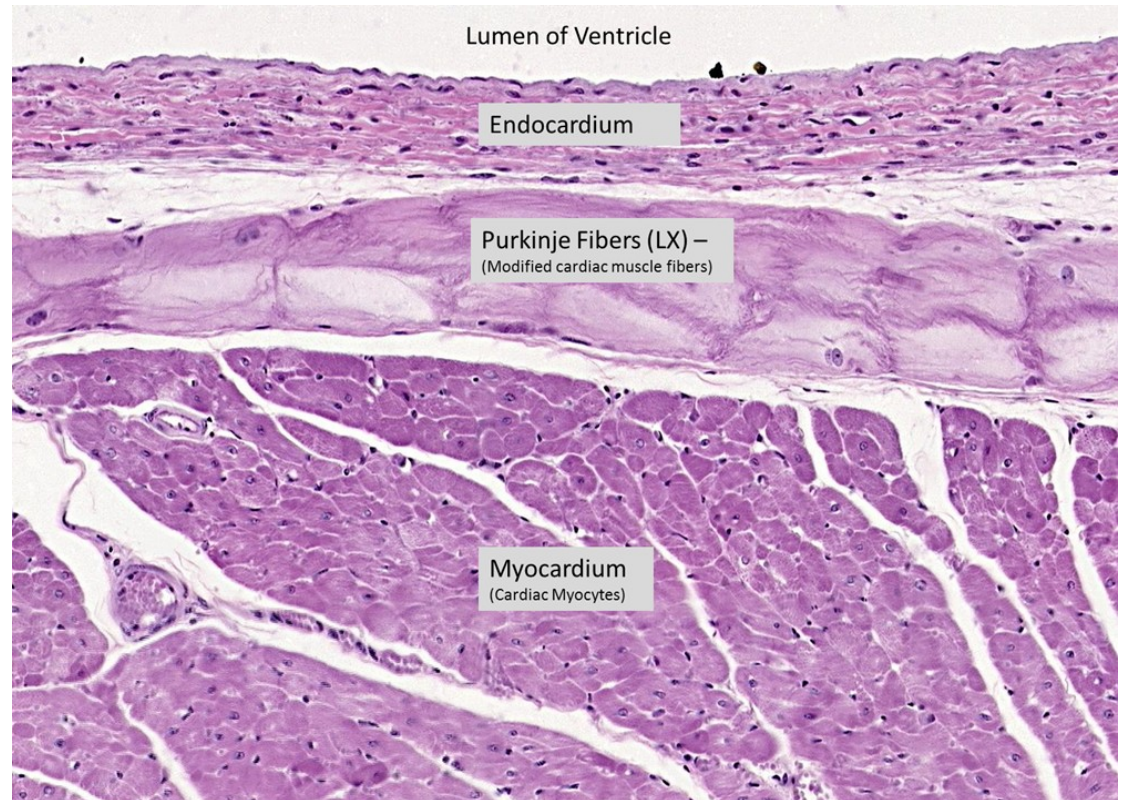
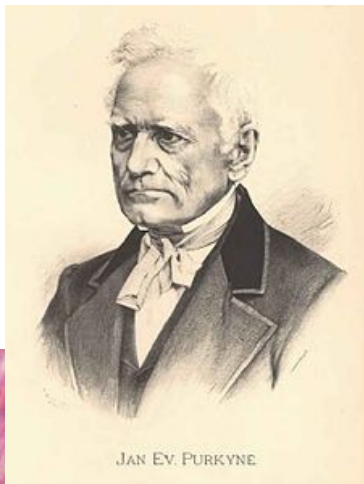
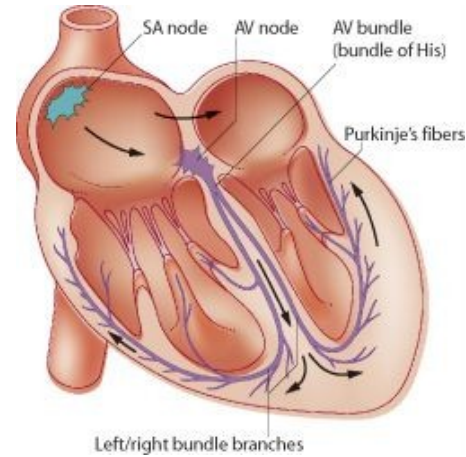


ULTRASTRUKTURA KARDIOMYOCYTU

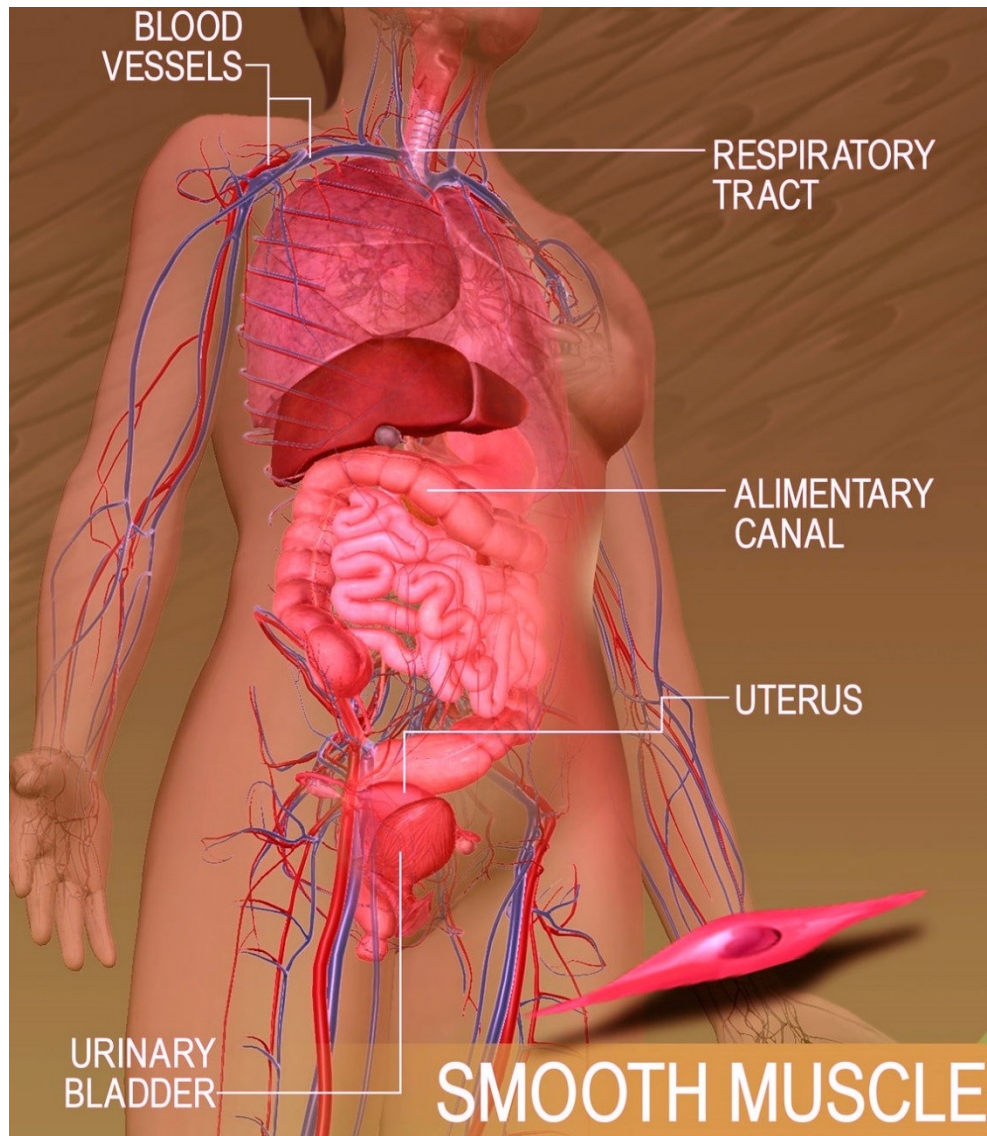


PURKYŇOVA VLÁKNA

- vnitřní vrstva srdečních komor
- koordinace kontrakce
- početné iontové kanály, mitochondrie
- relativně málo myofibril



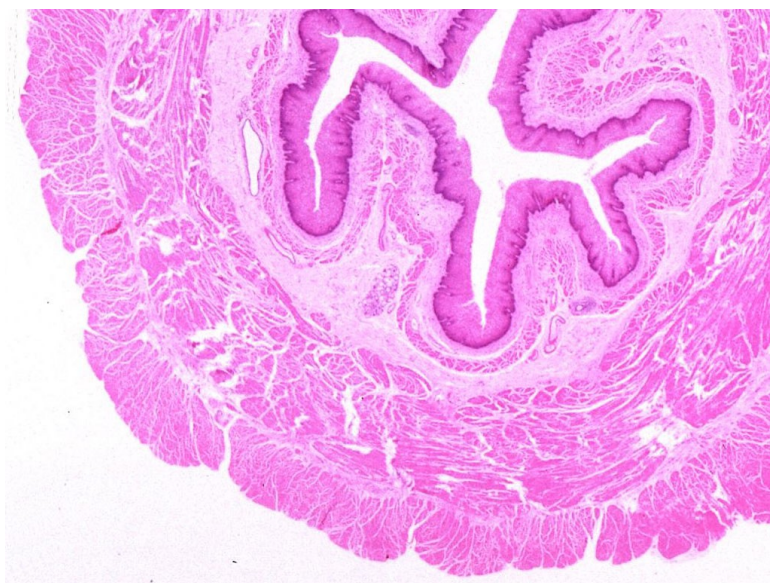
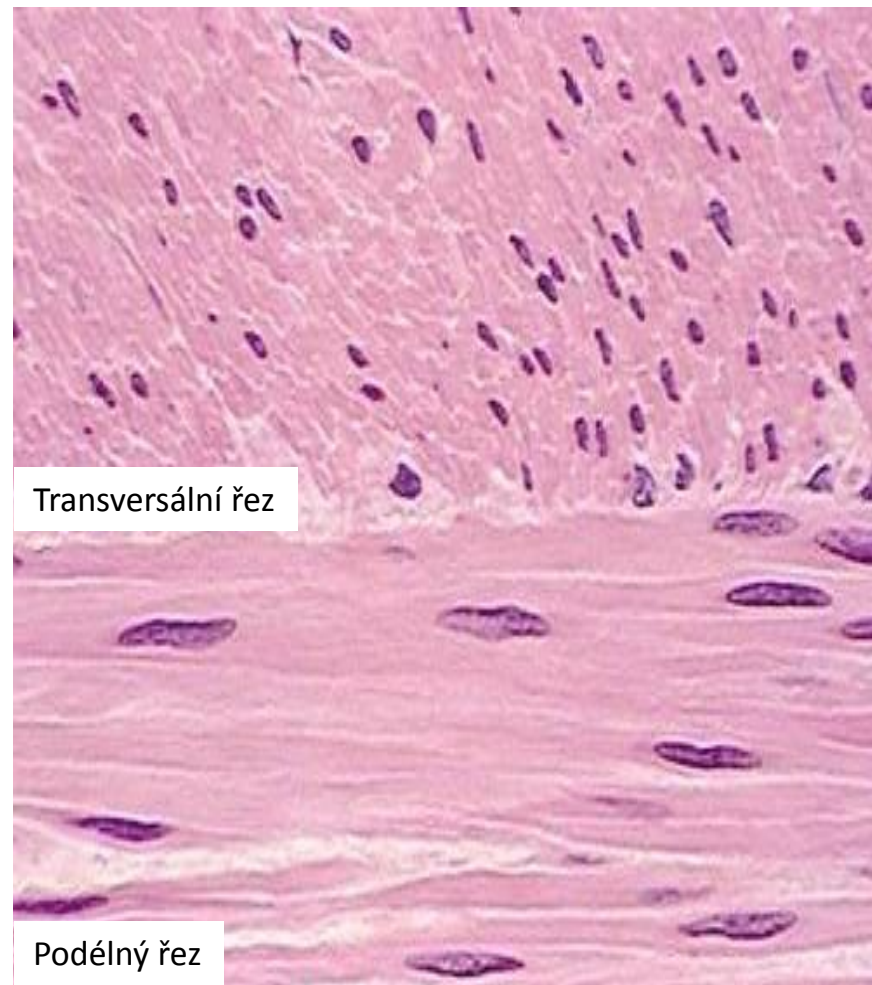
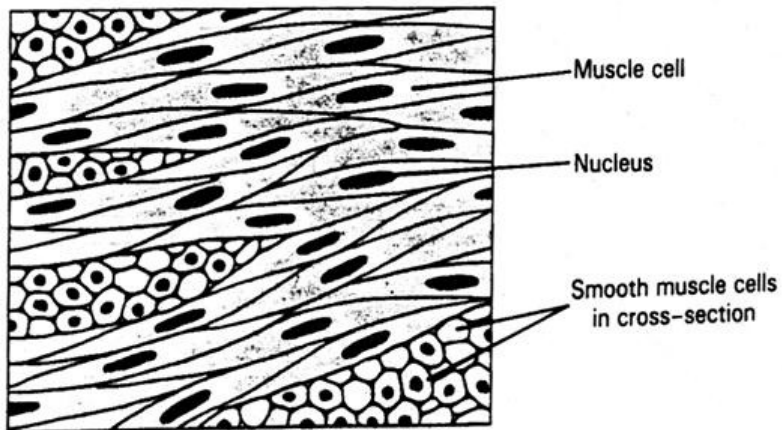
SVALOVÁ TKÁŇ



HLADKÁ SVALOVÁ TKÁŇ

HLADKÁ SVALOVÁ TKÁŇ

- Buňky (leiomyocyty) tvoří vrstvy - např. stěny dutých orgánů



HLADKÁ SVALOVÁ TKÁŇ

- vřetenovité buňky
- myofilamenta nejsou uspořádána do myofibril (není žíhání)
- 1 jádro uložené centrálně
- aktinová filamenta připojena k sarkolemě fokálními adhezemi nebo denzním tělískům (dense bodies - analoga Z-liní v sarkoplasmě)
- sER tvoří pouze tubuly
- ionty Ca jsou přijímány z vnějšího prostředí
- buňky spojeny pomocí *zonulae occludentes* a nexusů
- calmodulin

- kaveoly jsou funkčně ekvivalentní T-tubulům
- iontové (Ca) kanály
- kontakt s sER

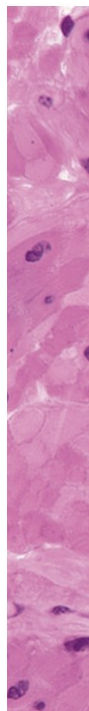
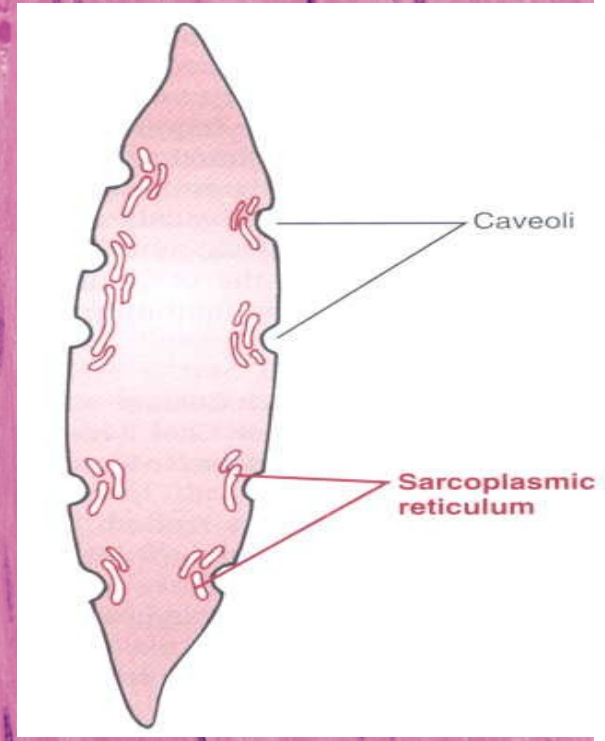
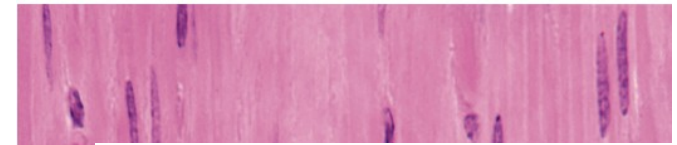
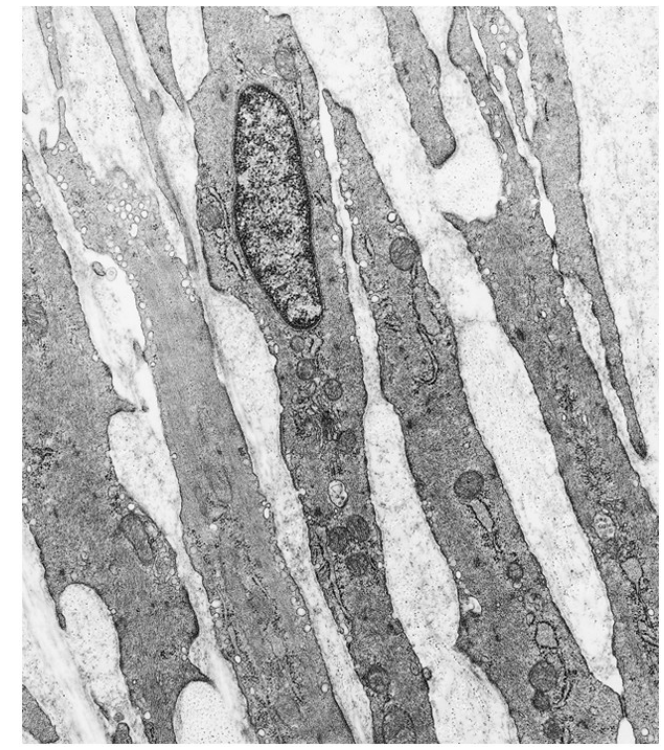
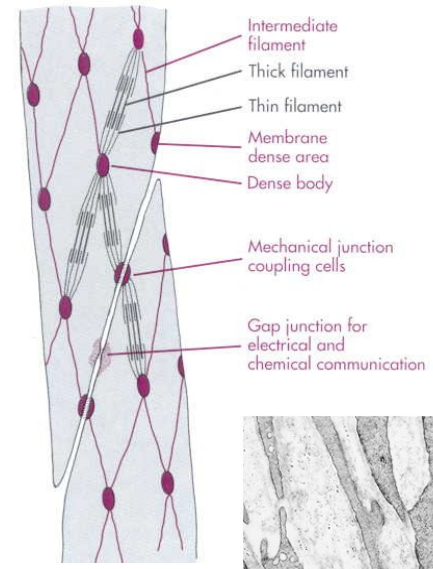
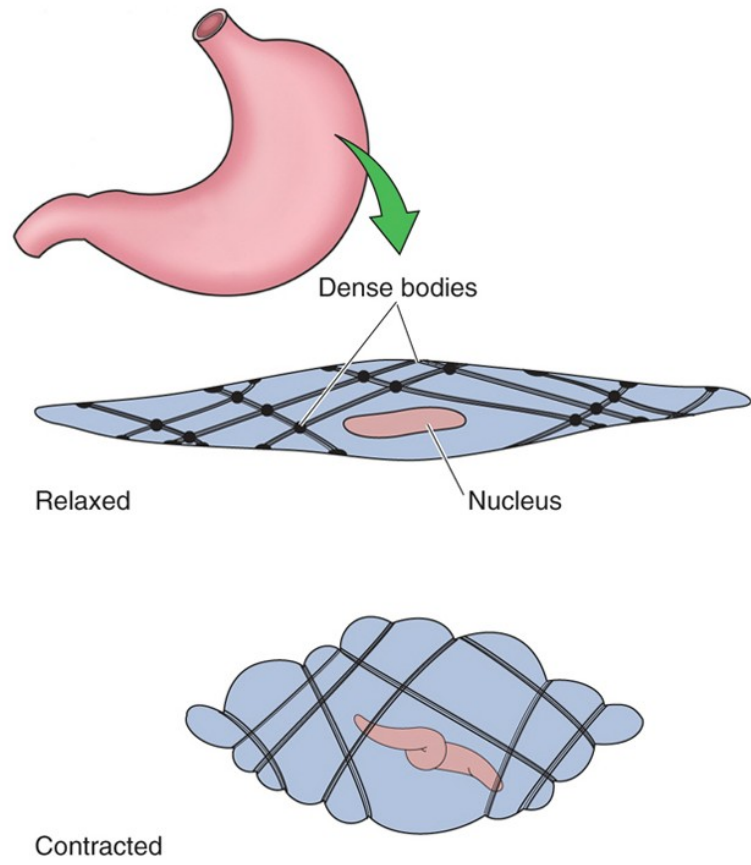


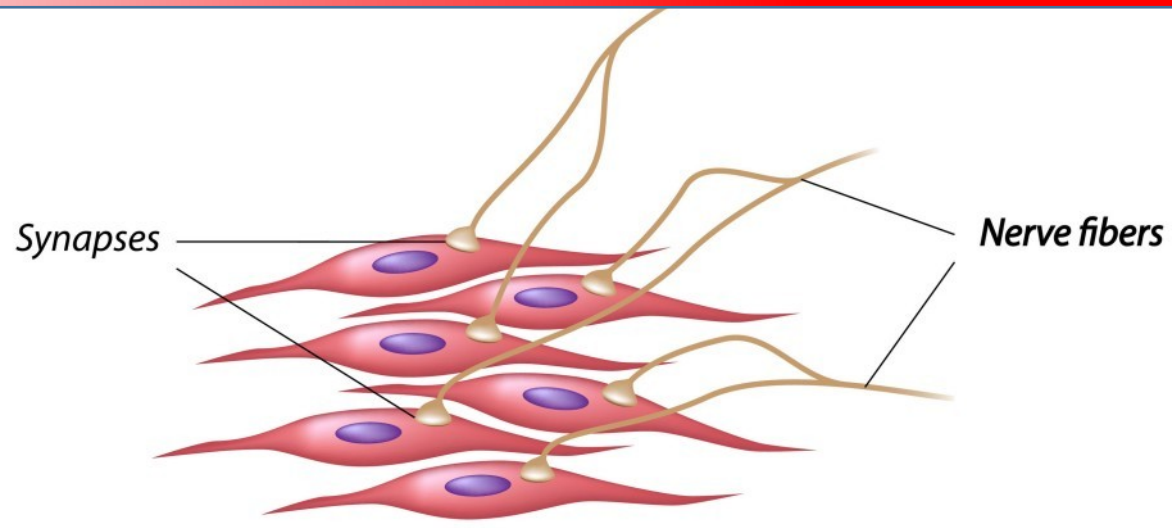
FIG. 10-2 E/M OF SMOOTH MUSCLE



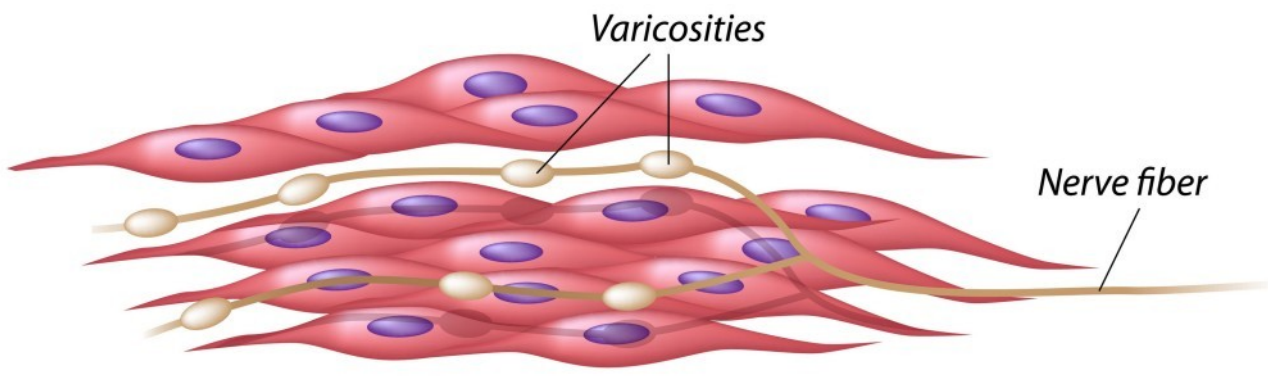
HLADKÁ SVALOVÁ TKÁŇ



HLADKÁ SVALOVÁ TKÁŇ

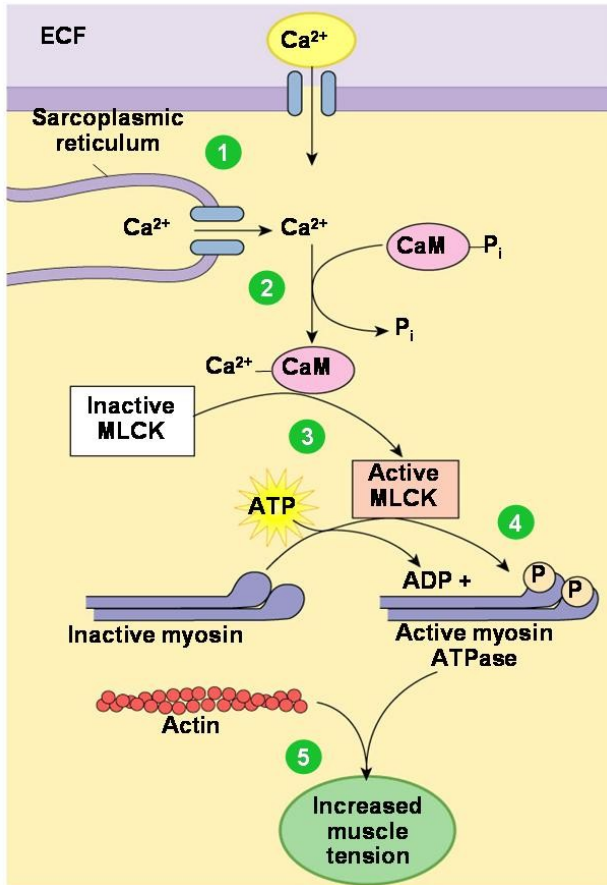


Multiunit Smooth Muscle

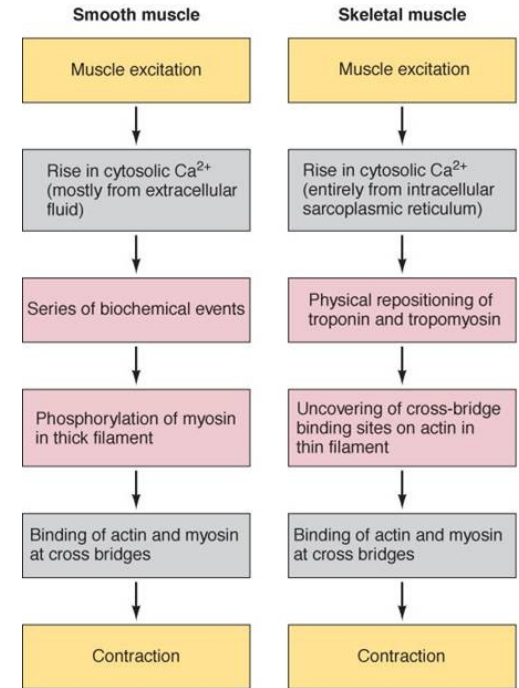
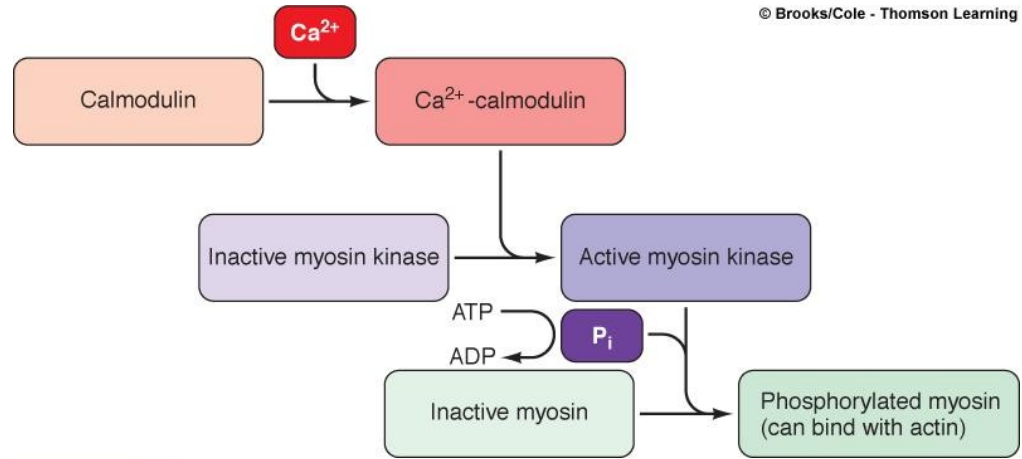


Single-unit Smooth Muscle

HLADKÁ SVALOVÁ TKÁŇ



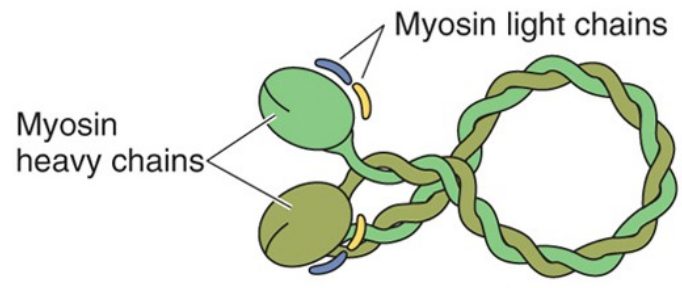
- 1 Intracellular Ca^{2+} concentrations increase when Ca^{2+} enters cell and is released from sarcoplasmic reticulum.
- 2 Ca^{2+} binds to calmodulin (CaM).
- 3 Ca^{2+} -calmodulin activates myosin light chain kinase (MLCK).
- 4 MLCK phosphorylates light chains in myosin heads and increases myosin ATPase activity.
- 5 Active myosin crossbridges slide along actin and create muscle tension.



HLADKÁ SVALOVÁ TKÁŇ

Inactive state

(light chains not phosphorylated)

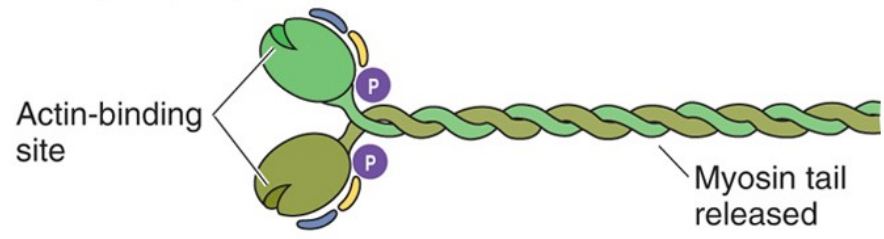


Myosin light chain kinase



Active state

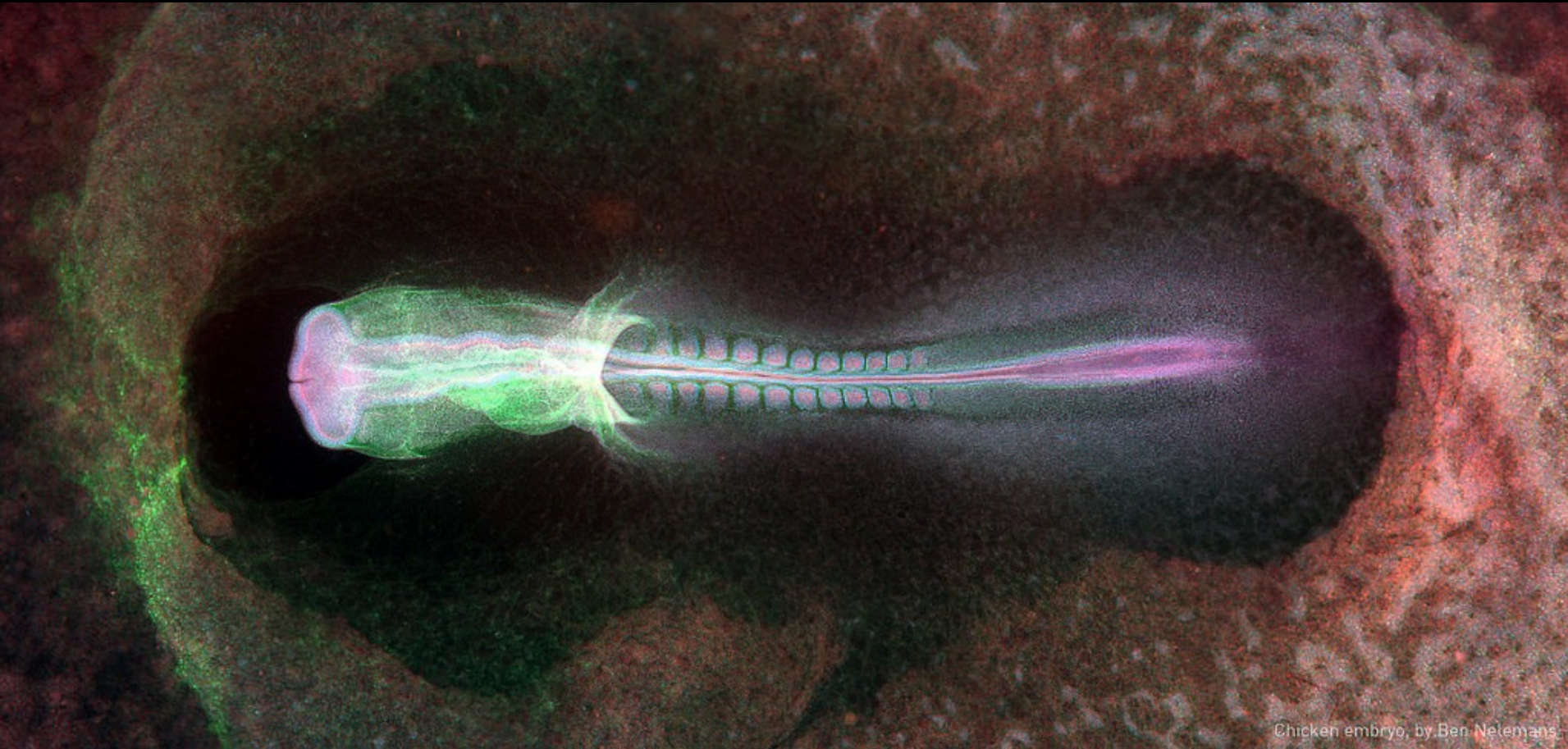
(light chains phosphorylated)



SHRNUTÍ HISTOLOGIE SVALOVÉ TKÁŇE

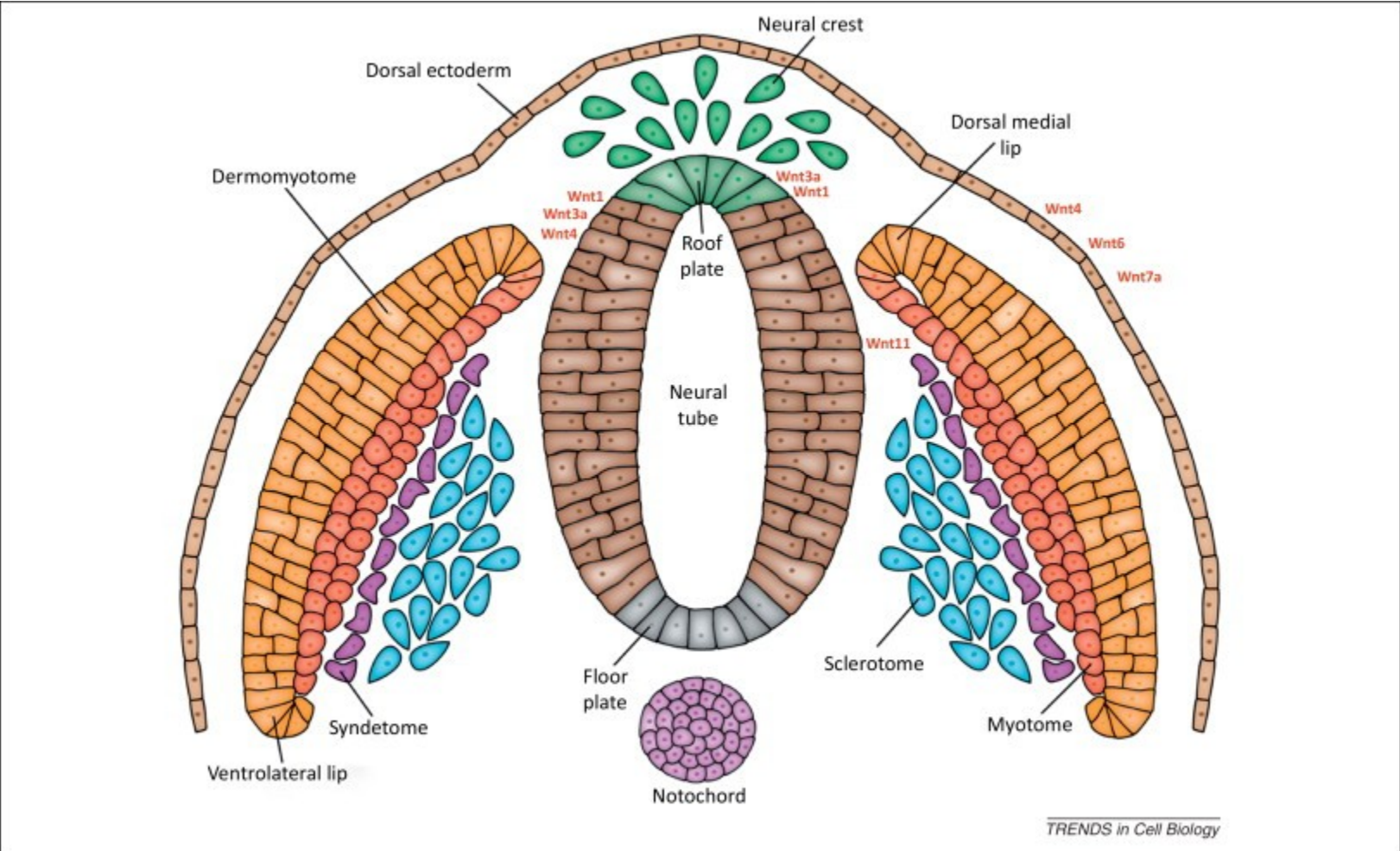
	Kosterní svalová tkáň	Srdeční svalová tkáň	Hladká svalová tkáň
Buňky	silné, dlouhé, válcovité, nevětvené	velké, válcovité, větvené	malé, vřetenovité
Jádra	početná, na periferii	1-2, centrálně	1, centrálně
poměr filament (tenká:tlustá)	6:1	6:1	12:1
sER a myofibrily	pravidelně uspořádané sER kolem myofibril	méně pravidelné sER, myofibrily ne vždy zřetelné	méně pravidelné sER, myofibrily nejsou vytvořeny
T tubuly	mezi A-I proužky, triády	Z linie, diády	nejsou vytvořeny
Motorická ploténka	vytvořena	není vytvořena	není vytvořena
Volní kontrola	ANO	NE	NE
Další znaky	svazky, asociace s vazivem	interkalární disky, pracovní a vodivé kardiomyocyty	svazky, kaveoly

EMBRYONÁLNÍ VÝVOJ

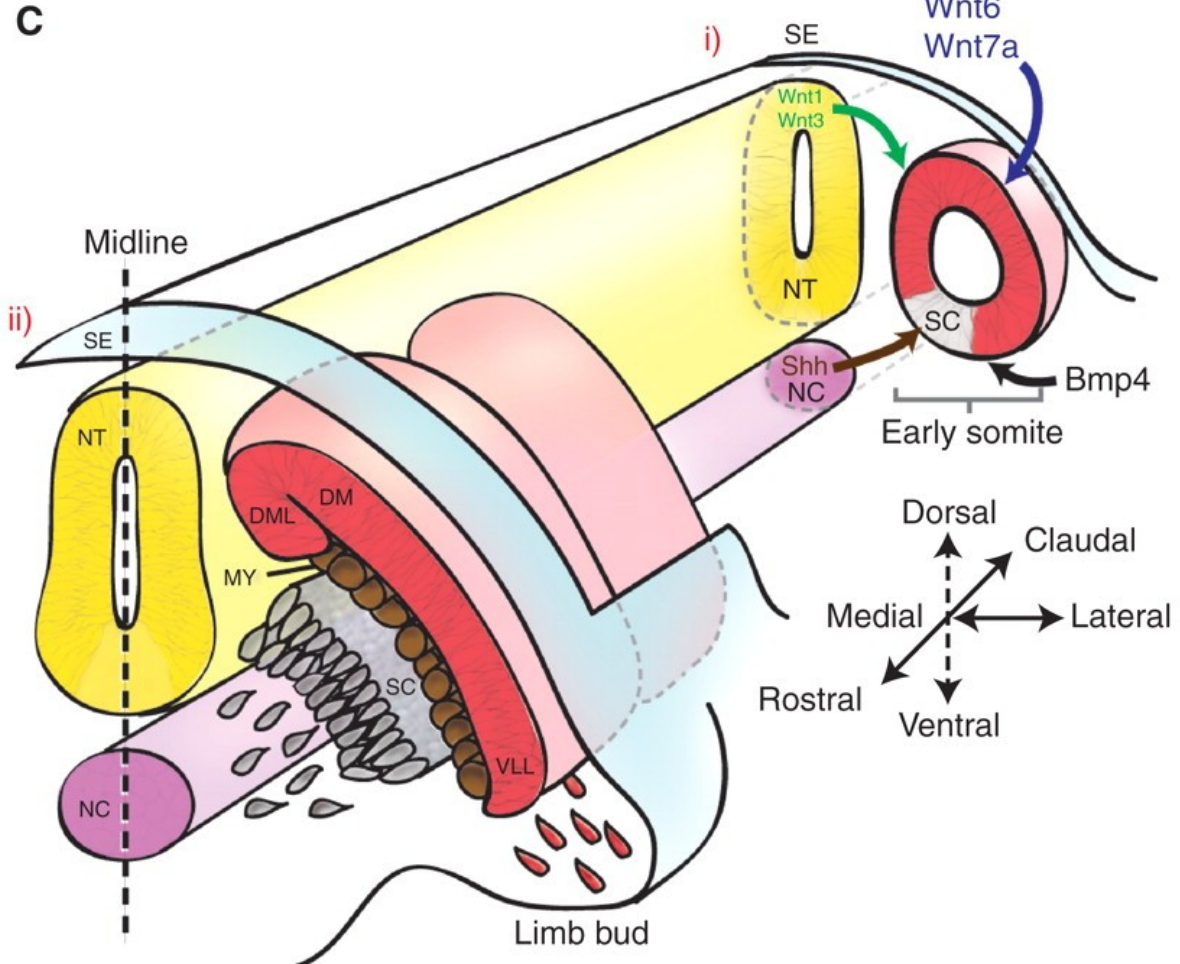
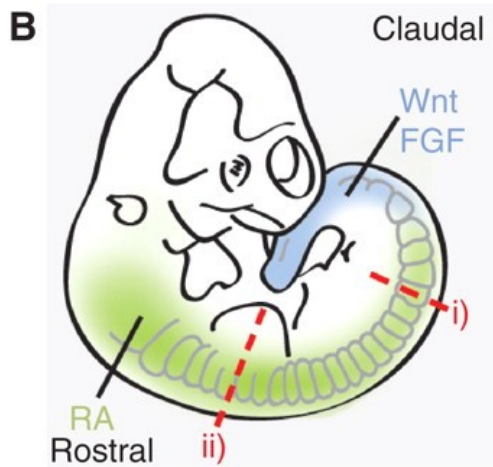
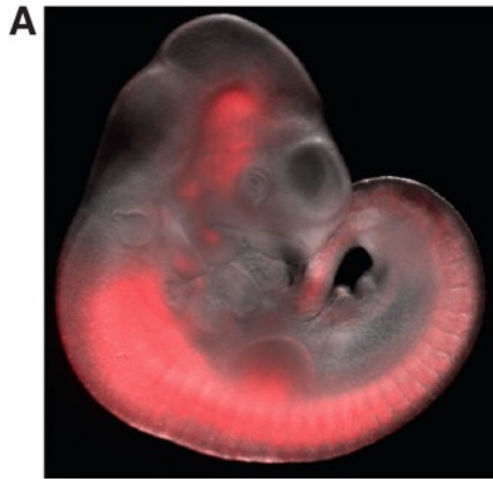


Chicken embryo, by Ben Nelemans

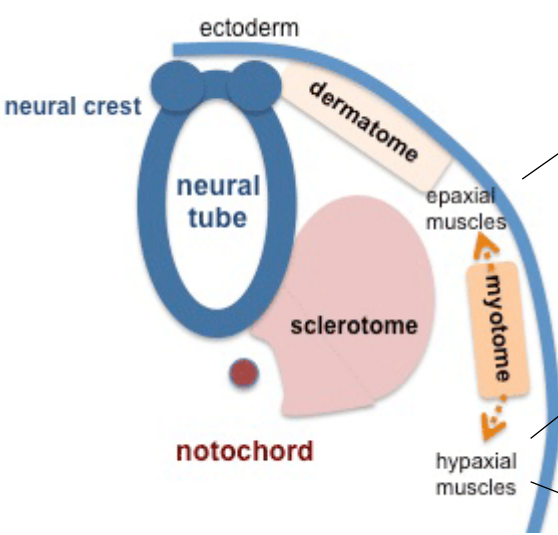
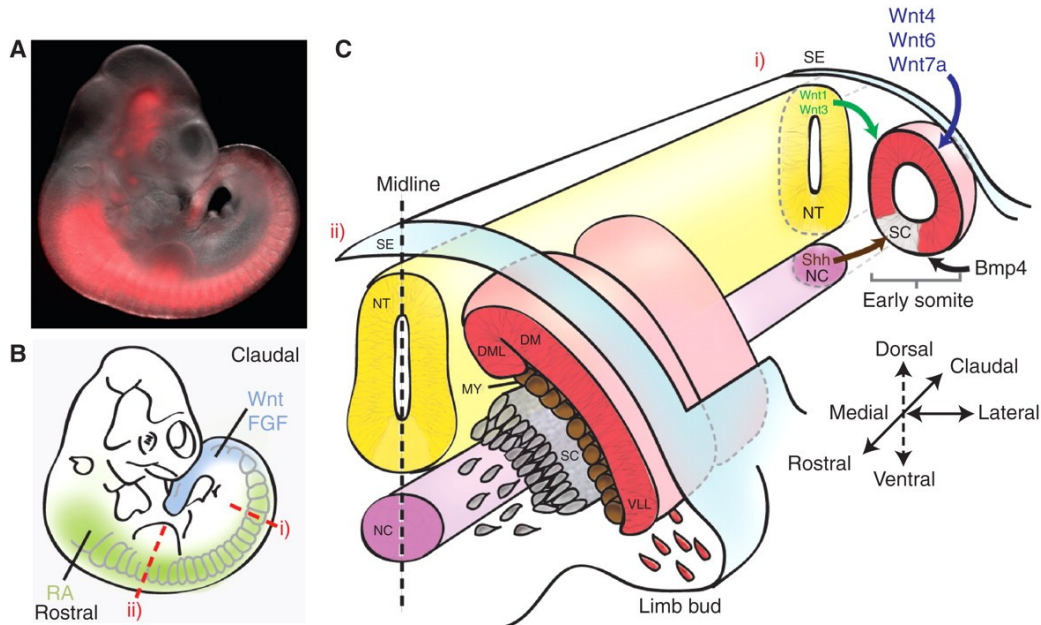
EMBRYONÁLNÍ VÝVOJ



EMBRYONÁLNÍ VÝVOJ



SVALY TRUPU



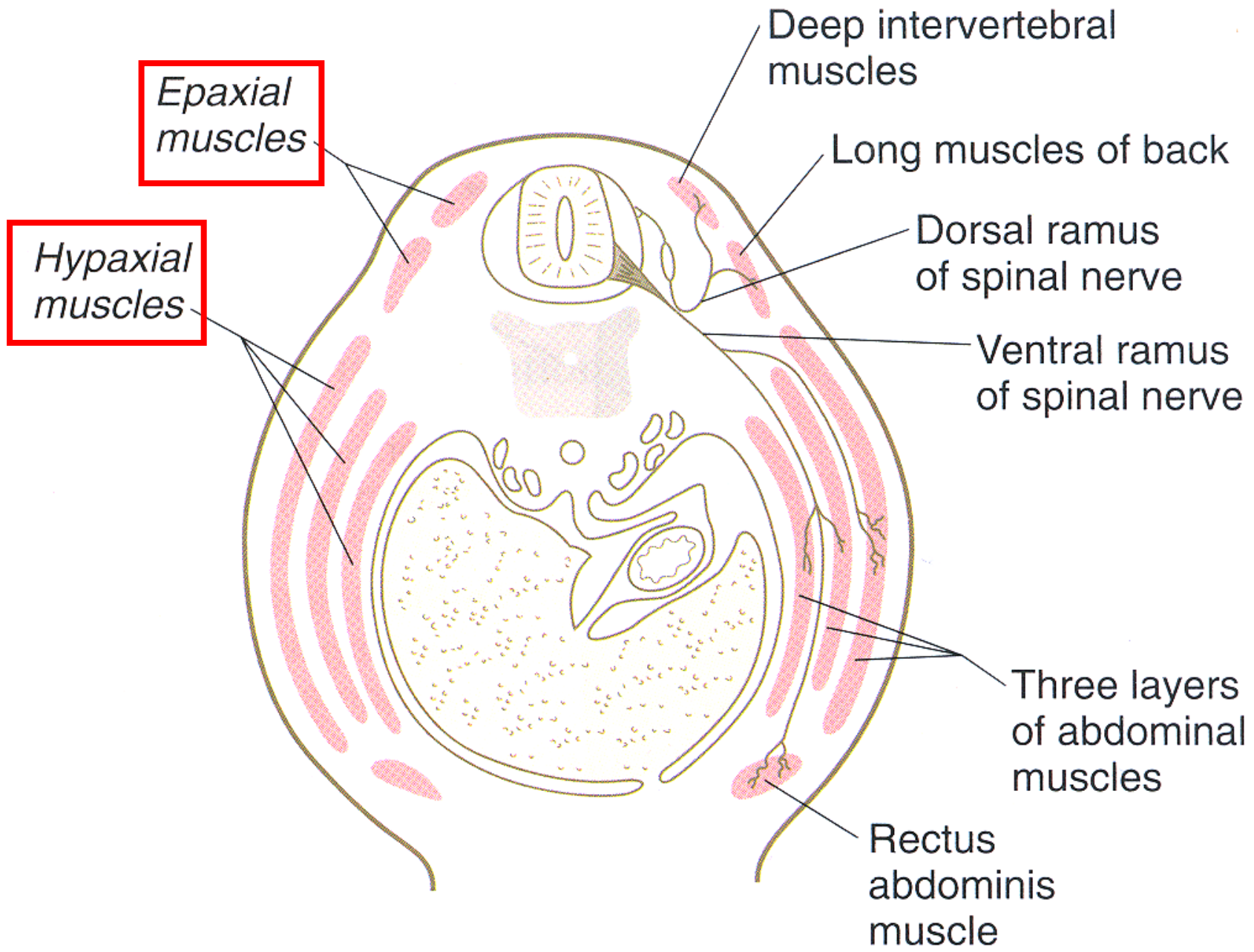
Hluboké zádové svaly

Spinokostální svaly

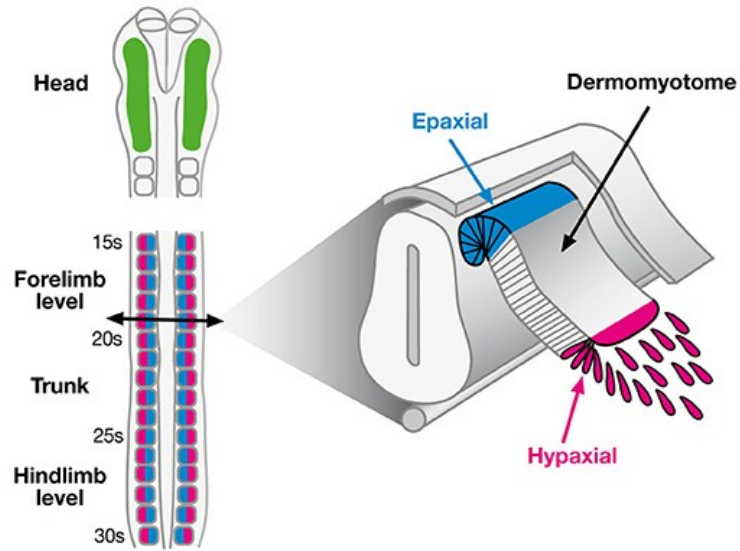
Povrchové vrstvy zádových svalů –
končetinový původ

Mezižební svaly

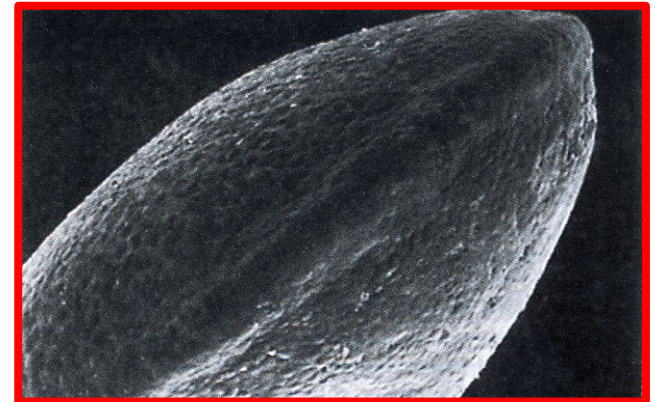
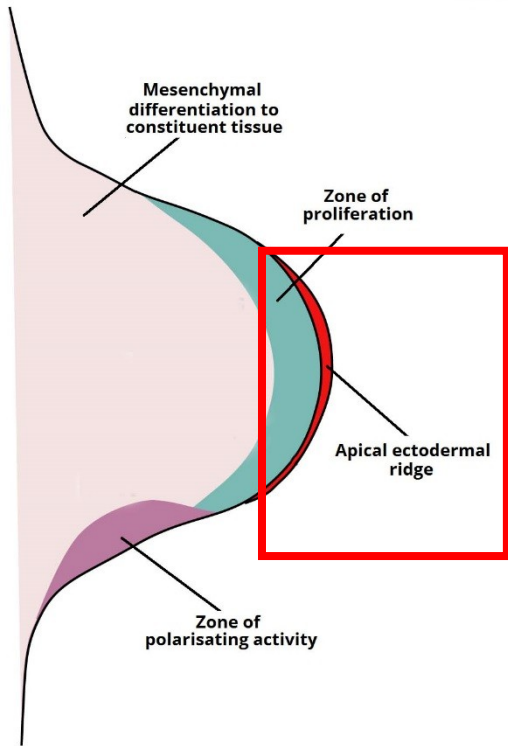
SVALY TRUPU



SVALY KONČETIN



Skeletal muscles

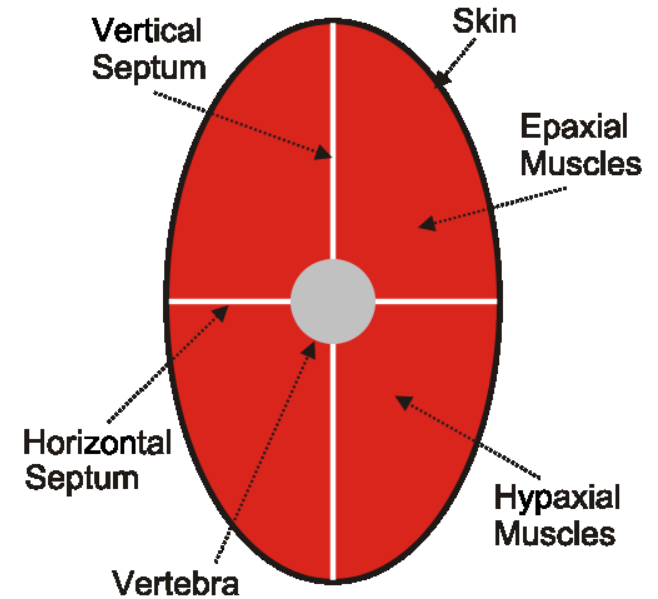


PRUNE BELLY SYNDROME

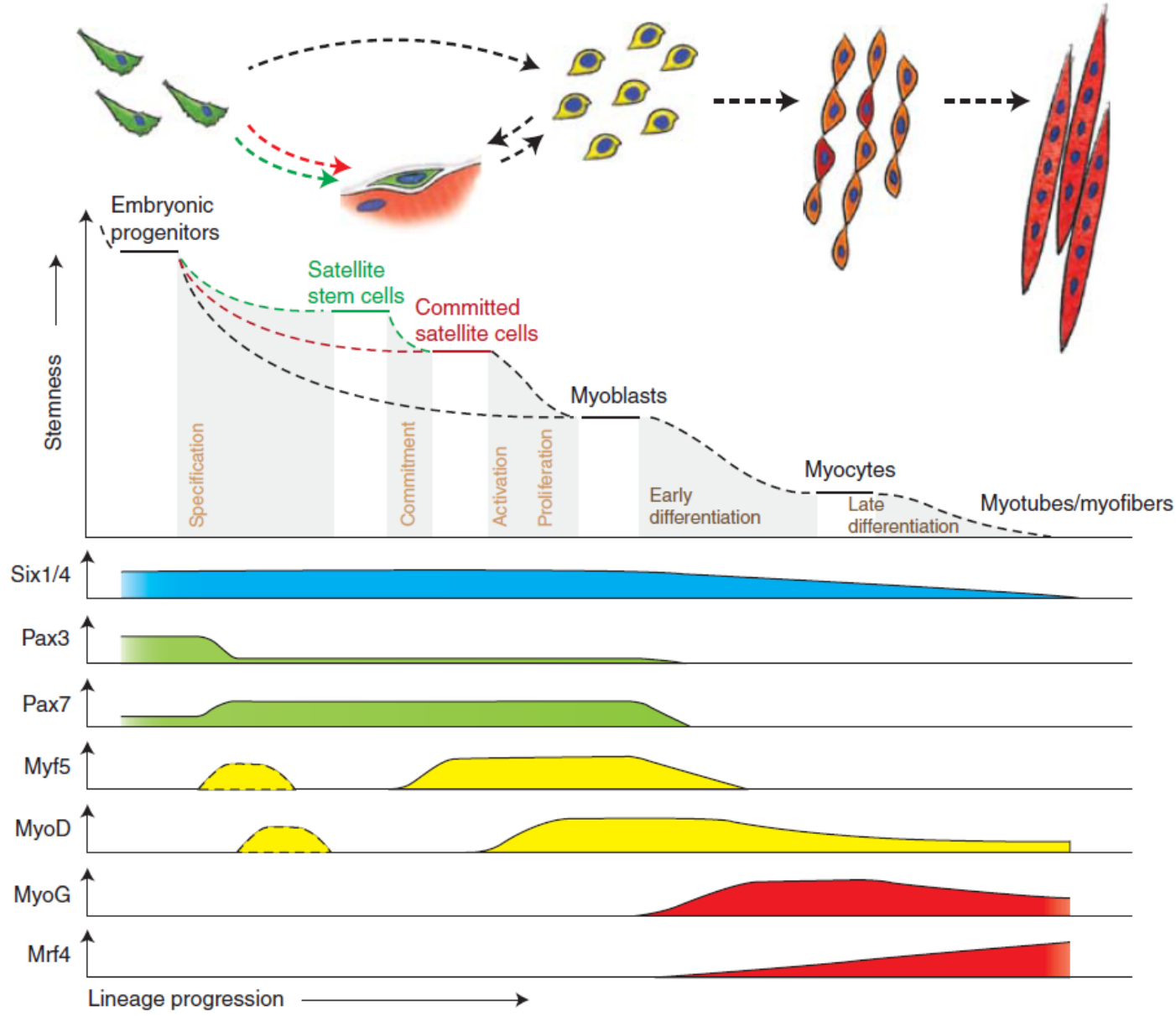
- Absence abdominálních svalů
- Chyba specifikace hypaxiálních svalů
- Asociace s VACTERL a aneuploidemi



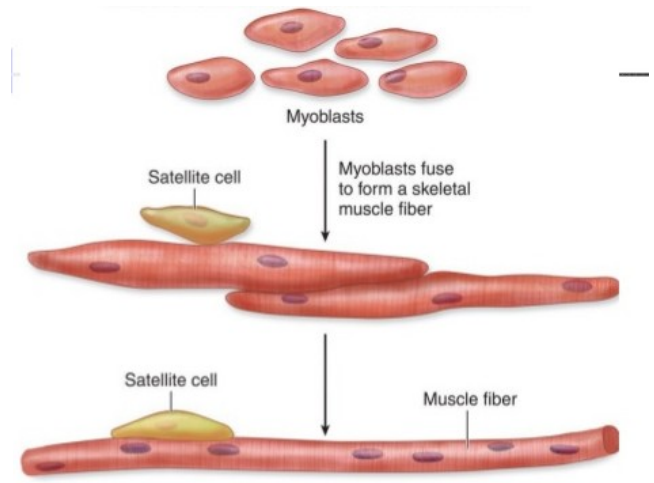
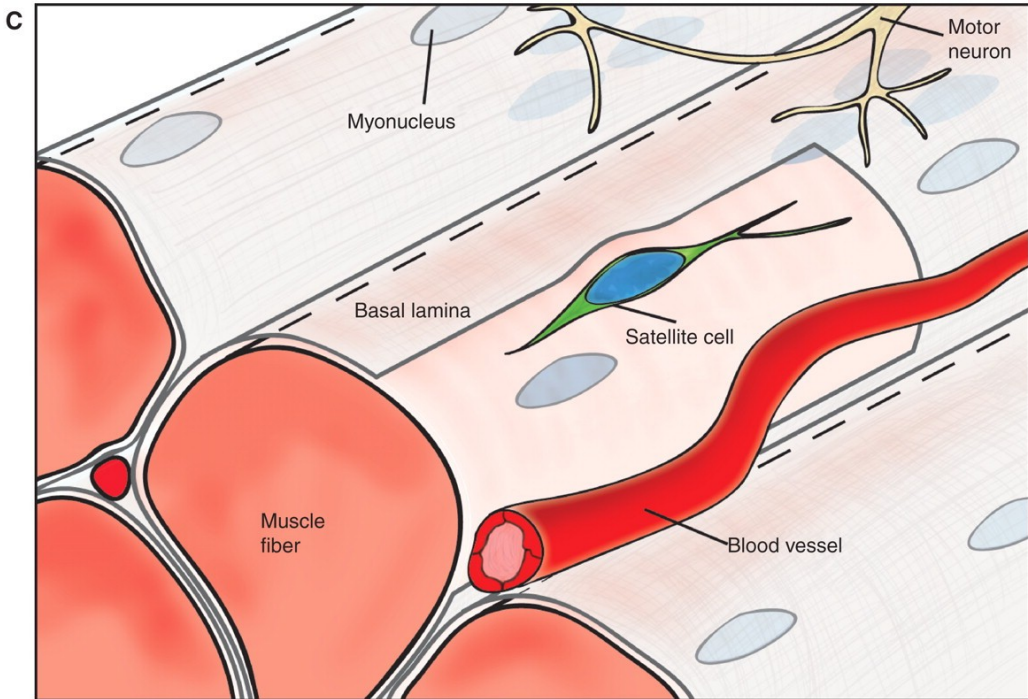
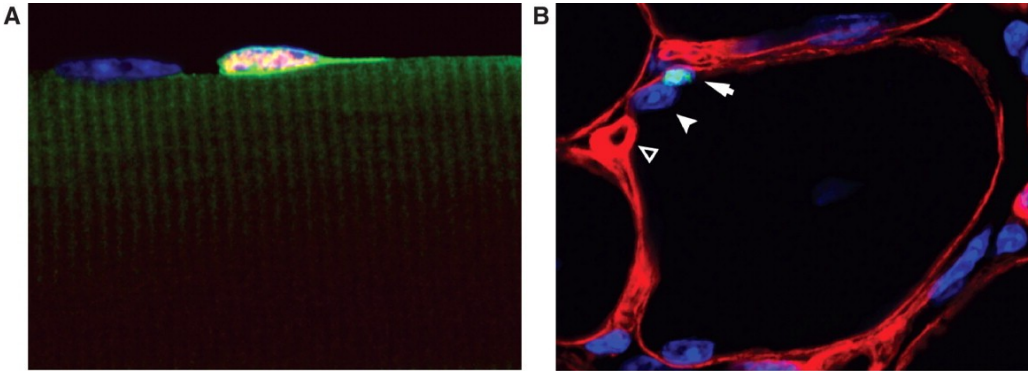
- V - Vertebral anomalies
- A - Anorectal malformations
- C - Cardiovascular anomalies
- T - Tracheoesophageal fistula
- E - Esophageal atresia
- R - Renal (Kidney) and/or radial anomalies
- L - Limb defects



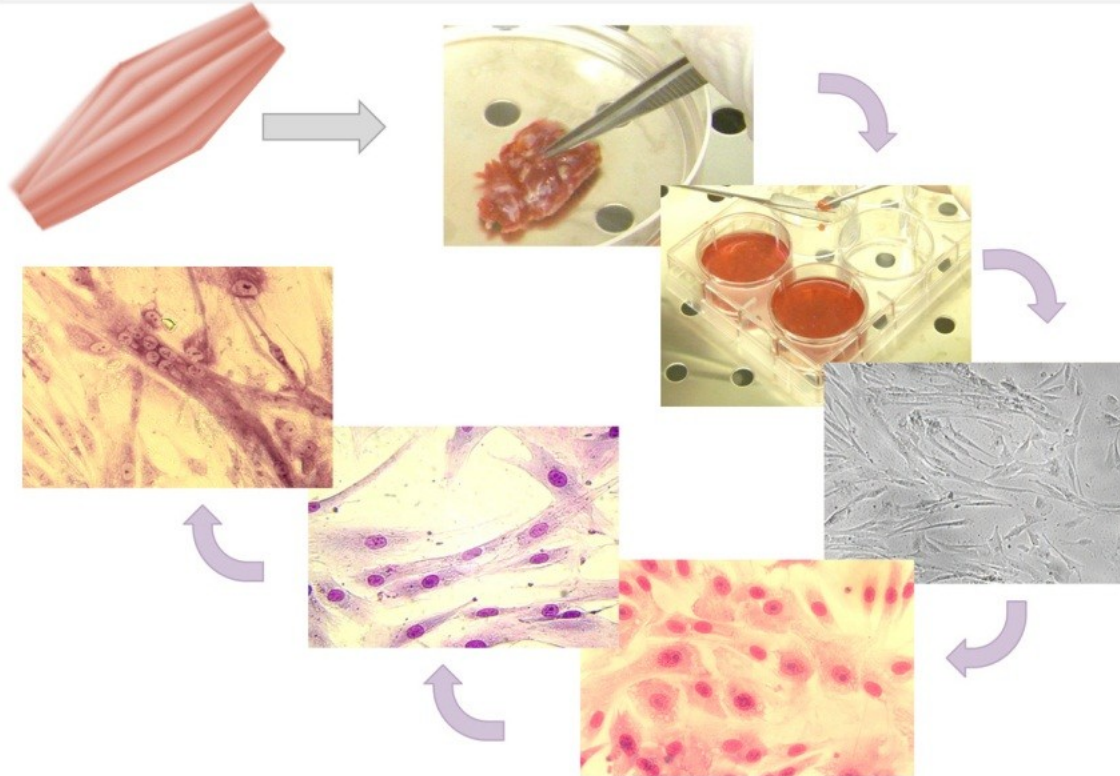
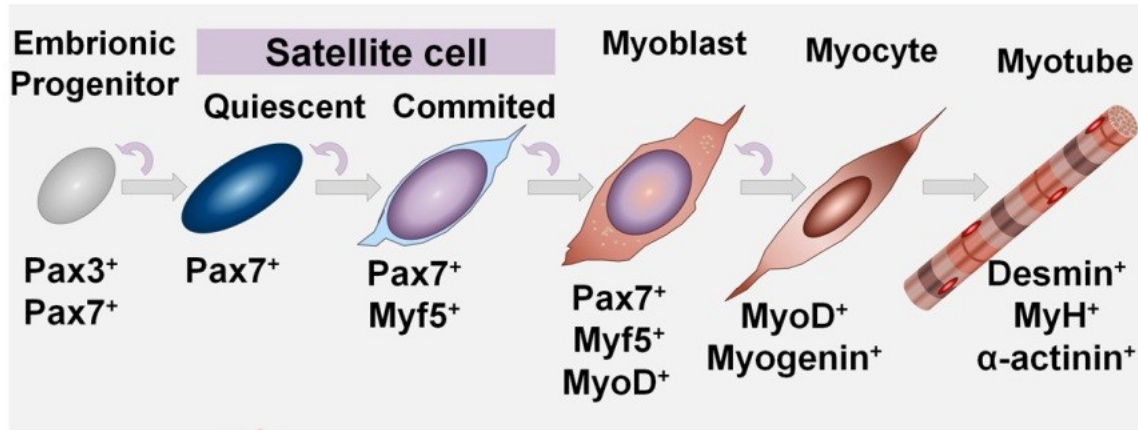
HISTOGENEZE SVALOVÝCH VLÁKEN



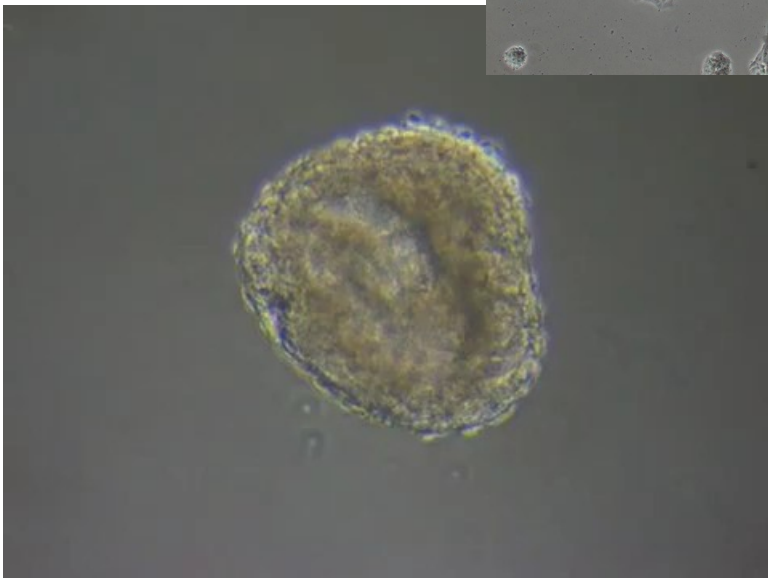
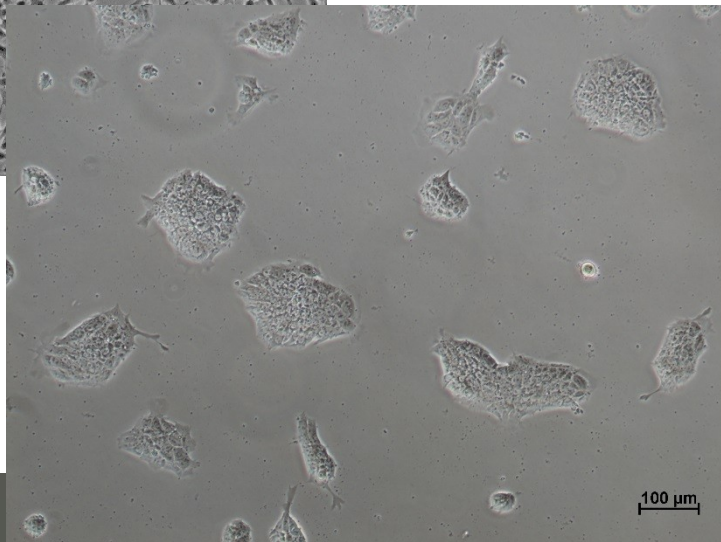
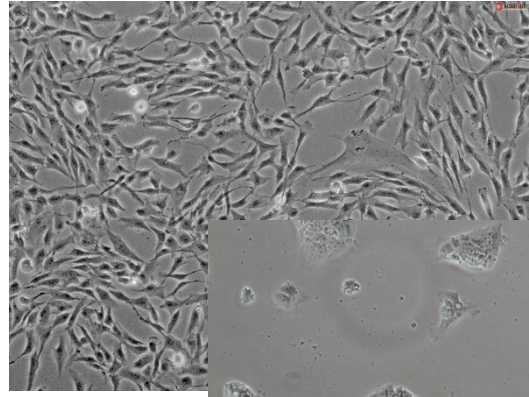
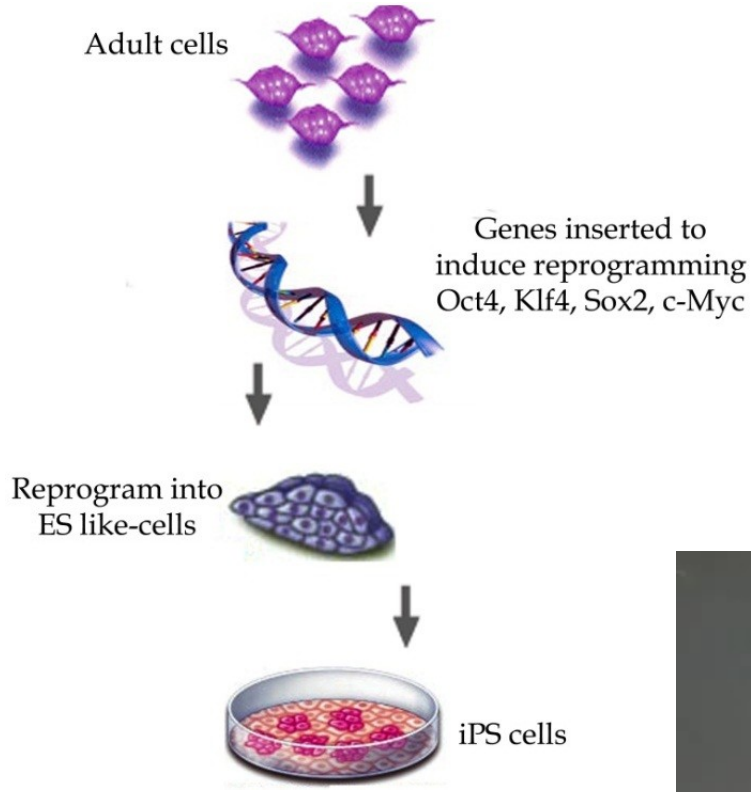
REGENERACE KOSTERNÍHO SVALSTVA



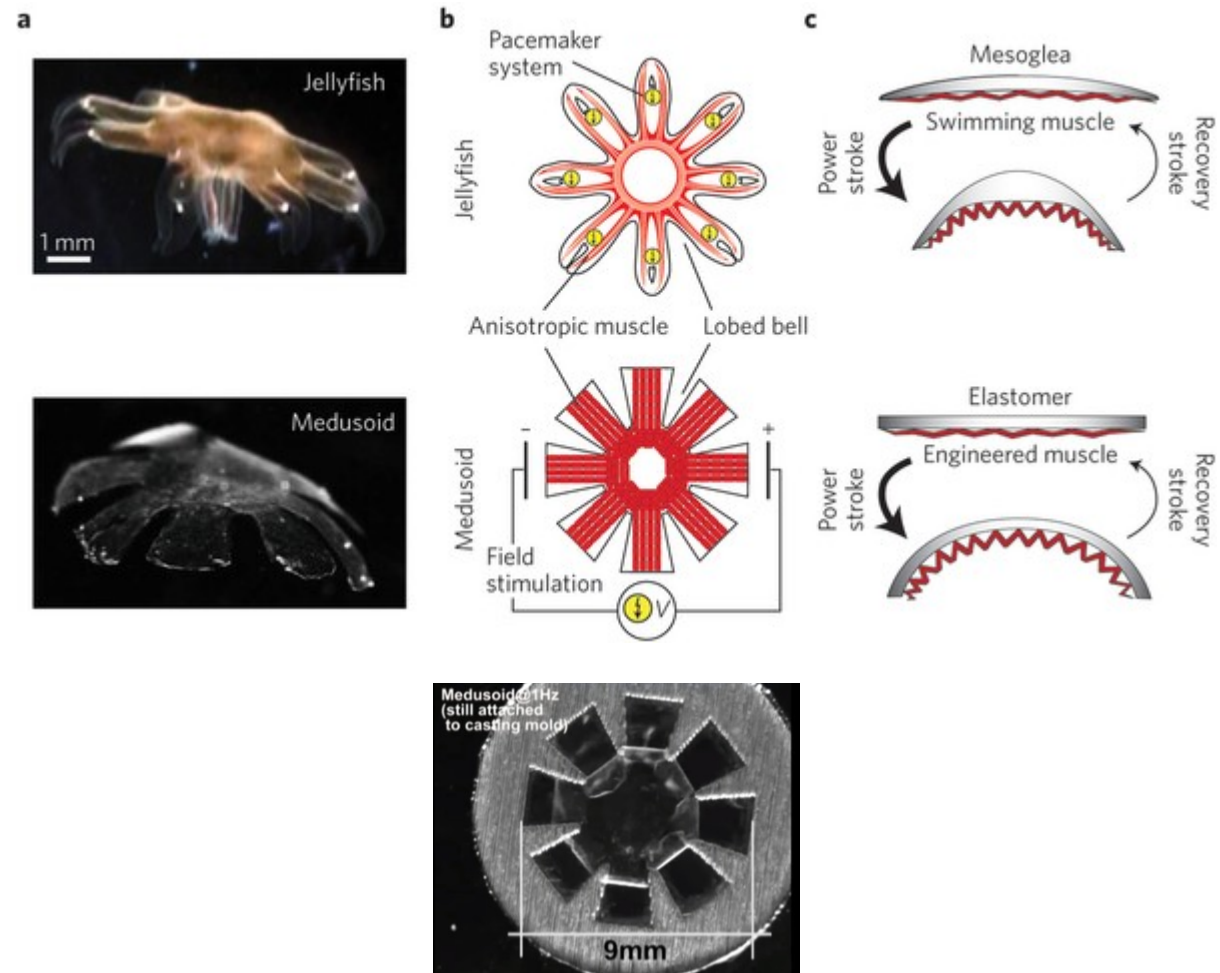
REGENERACE KOSTERNÍHO SVALSTVA



DIFFERENZIACE IN VITRO



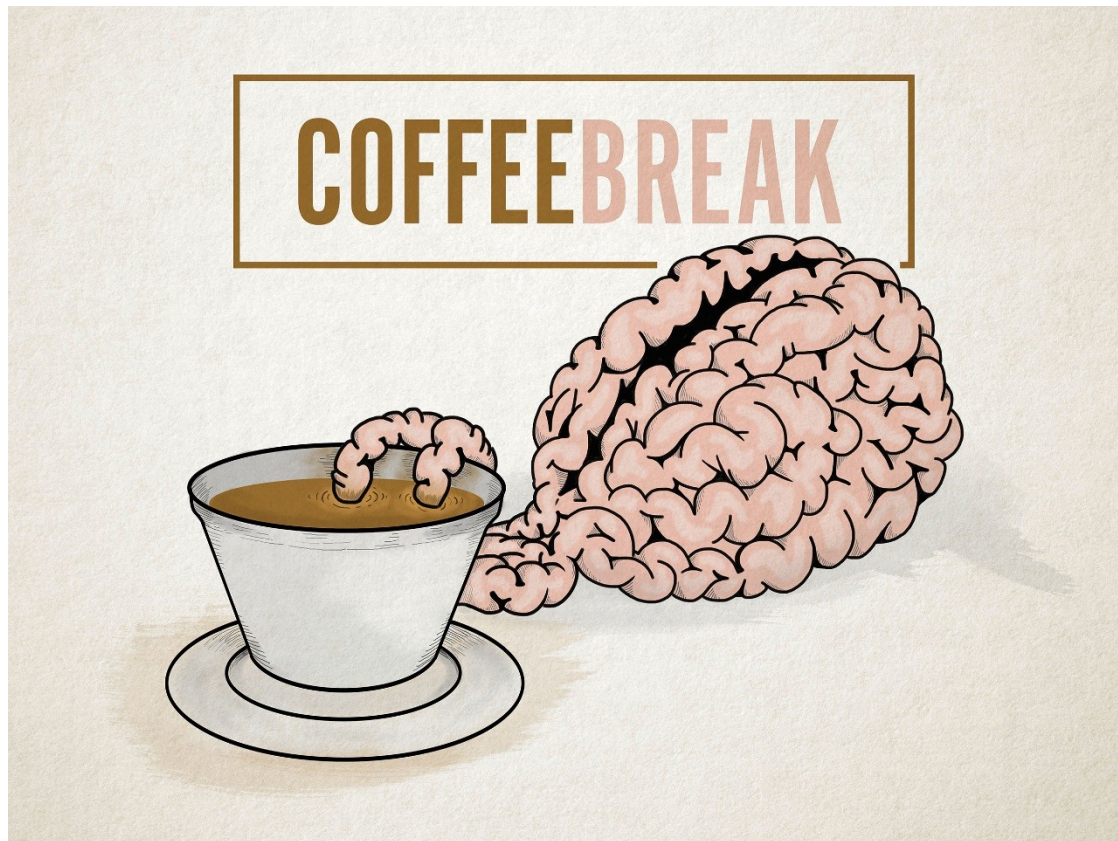
TKÁŇOVÉ INŽENÝRSTVÍ



PŘESTÁVKA

5 min.

STAY TUNED!



Přednáška 9

Nervová tkáň

- Nervová tkáň
- Neuron
- Synapse
- Neuroglie
- Nerv
- Přenos signálu
- Vývoj nervové tkáně
- Regenerace nervové tkáně

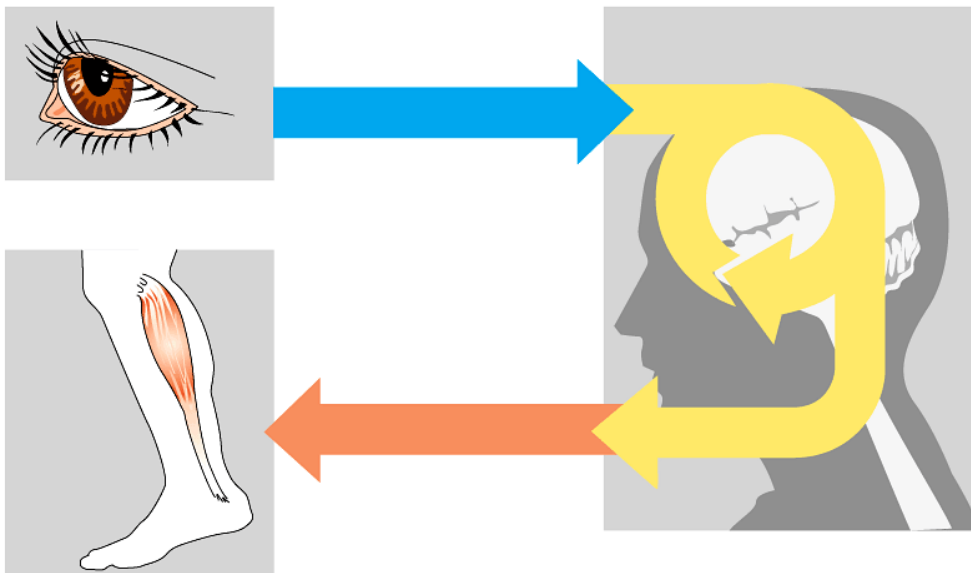
Brno, duben 2020

Nervová tkáň – Obecné vlastnosti

Řídí a integruje aktivity složek těla zajišťujících všechny životní funkce

Hlavní funkce

- **Snímání** změn senzorickými receptory
- **Interpretace** a zapamatování si těchto změn
- **Reakce** na tyto změny různými efekty



Somatický
X
Autonomní (vegetativní)

Anatomická stavba nervového systému 1

Centrální nervový systém - CNS

Definice:

- Nepárové, bilaterálně symetrické struktury uložené v podélné ose těla.
- Struktury vznikají přímo z neurální trubice.

Zahrnuje:

- Mozek
- Mícha

Periferní nervový systém - PNS

Definice:

Představuje dráhy spojující CNS s vnějším či vnitřním prostředím.

Aferentní (sensorické) dráhy:

Přenášejí informace směrem do CNS.

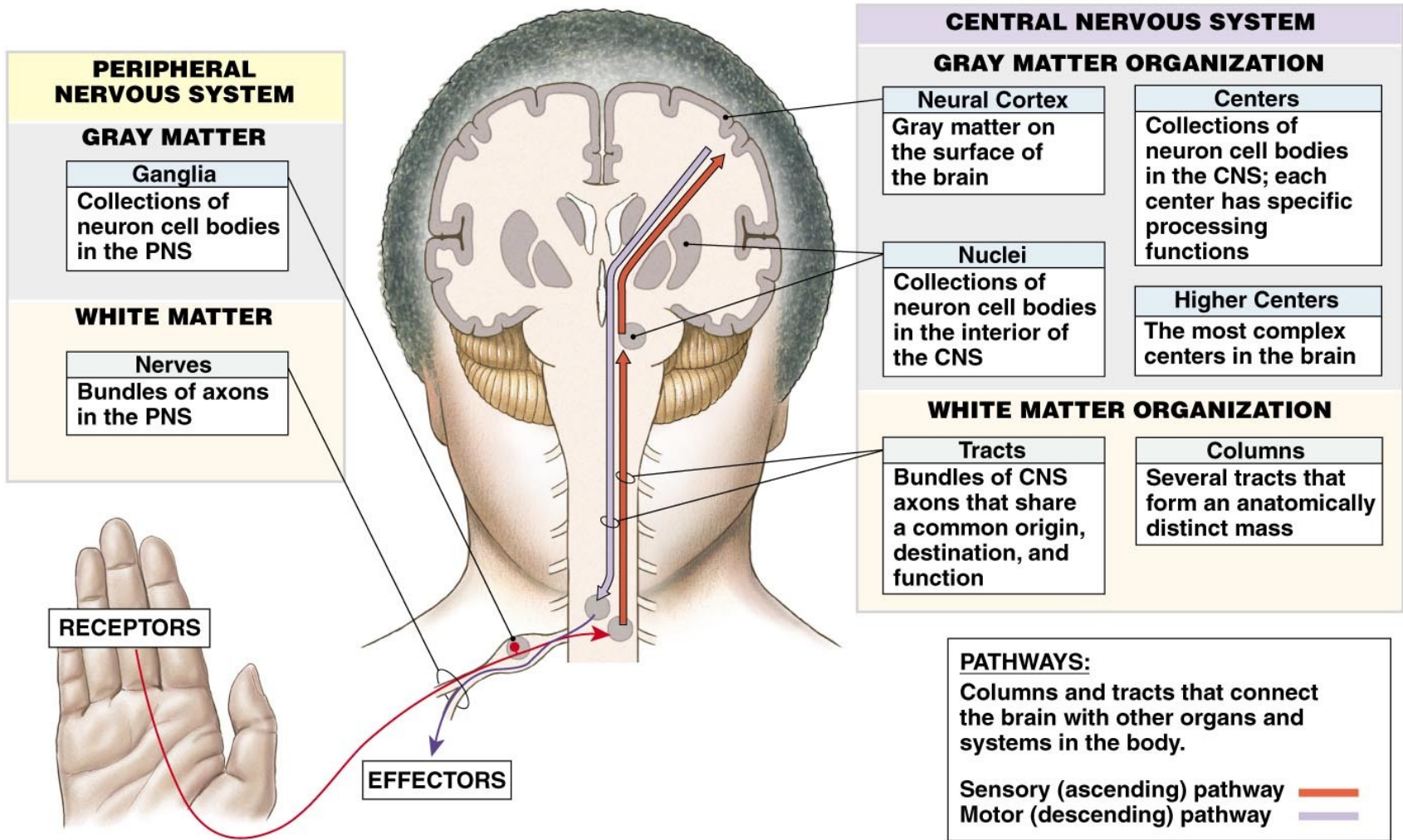
Eferentní (motorické) dráhy:

Přenášejí informace směrem z CNS.

Zahrnuje:

- Hlavové nervy (12 párů)
- Míšní nervy (31 párů)
- Periferní nervy
- Ganglia

Anatomická stavba nervového systému 2

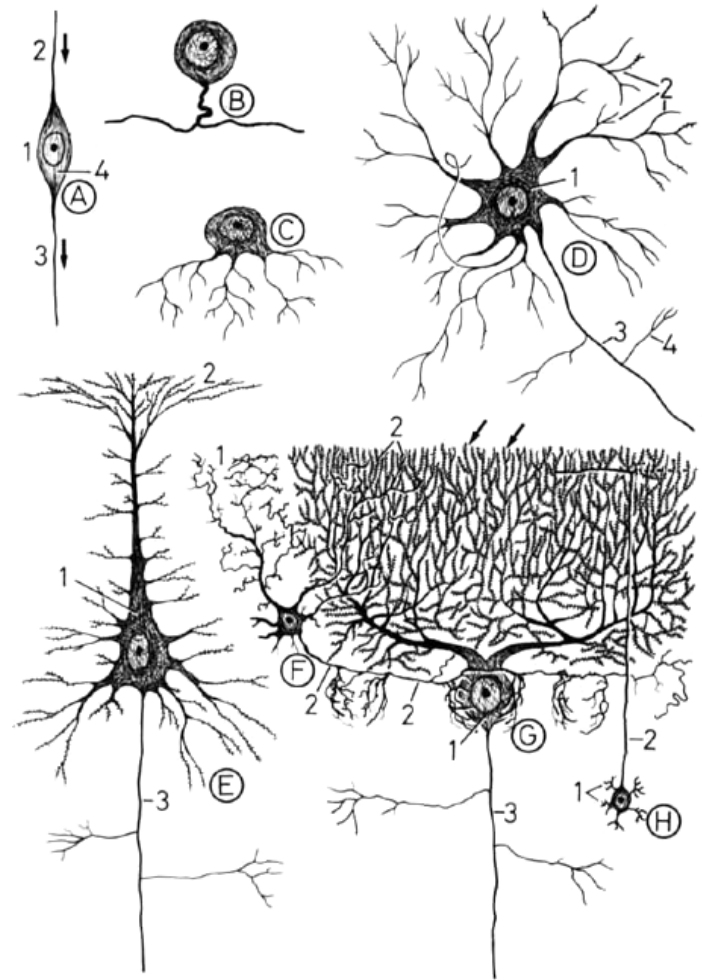


Nervová tkáň – Obecné – Neuron 1

Nervová tkáň je tvořena **pouze dvěma typy buněk**:

- Neurony
- Neuroglie - gliové buňky (podpůrné)

Neurony – vysoce specializované buňky, které přenášejí signály (impulzy)





Neuron 2

1. Perikaryon (neurocyt)

2. Výběžky

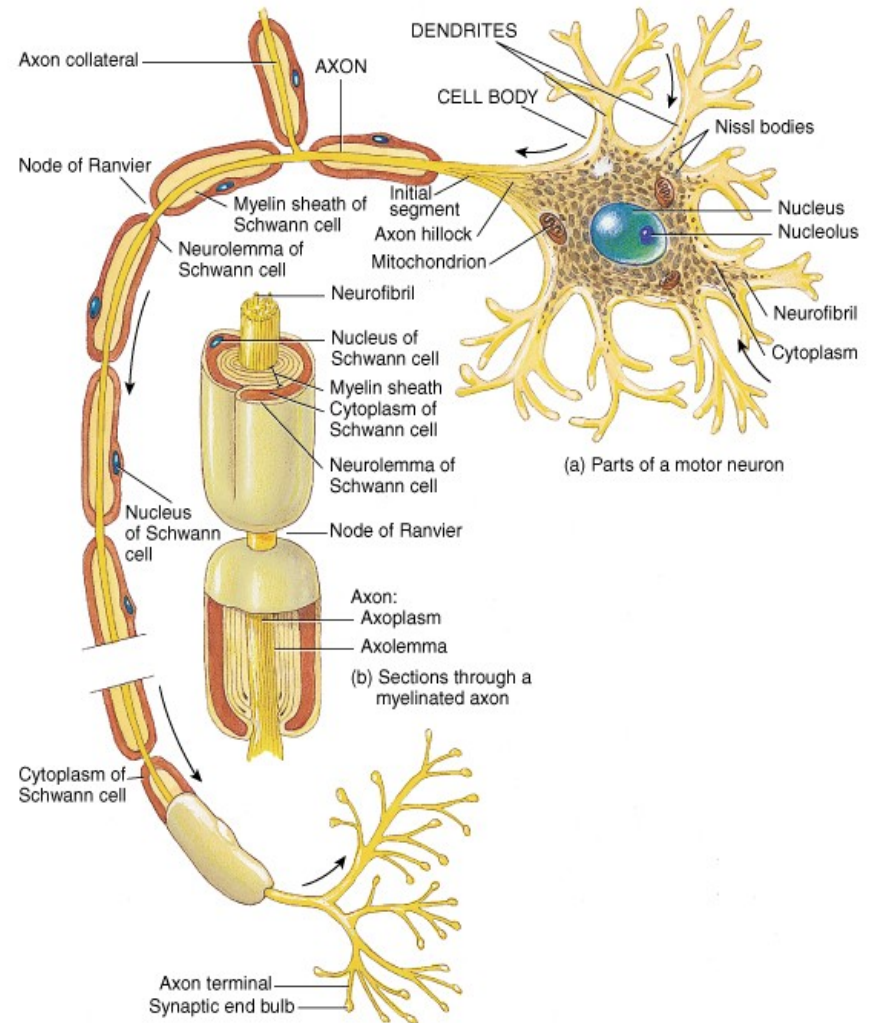
(jednosměrný přenos signálu)

- axon

(vždy pouze jeden; centrifugální přenos)

- dendrit(y)

(centripetální přenos)



Neuron 3 - Perikaryon

Umístění:

CNS – šedá hmota

PNS – ganglia

Tvar:

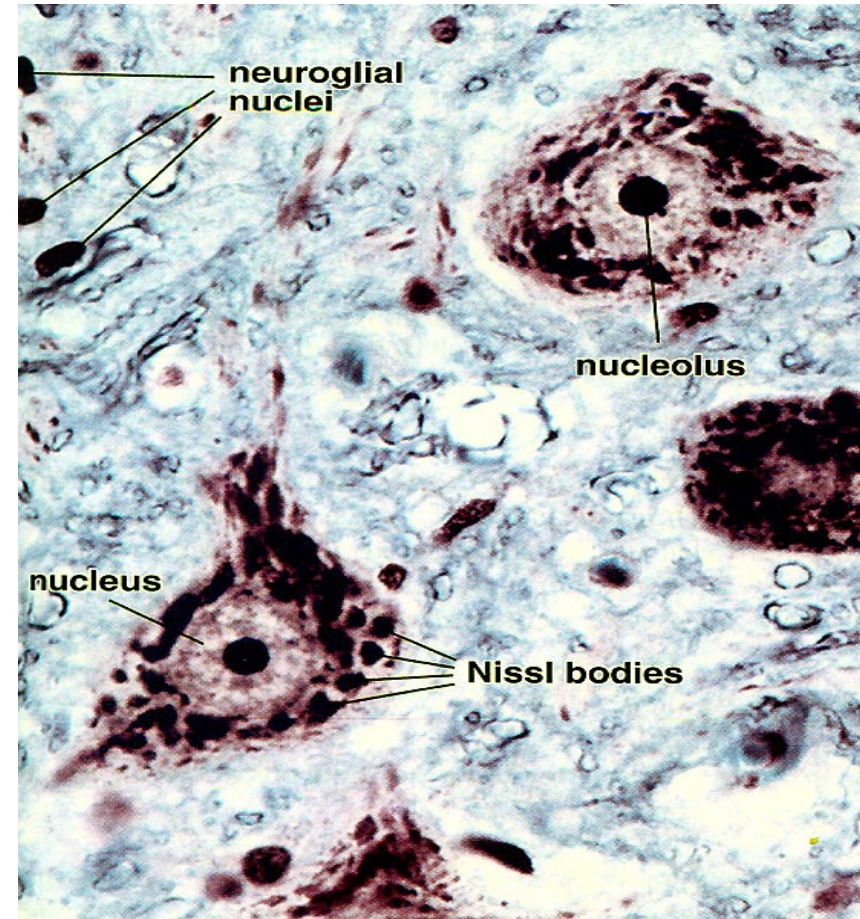
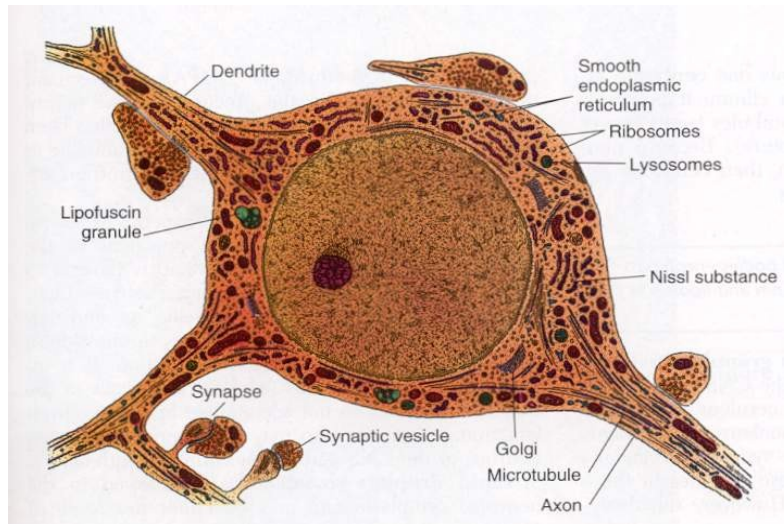
pyramidový, sférický, vejčitý, hruškovitý

Velikost:

5 to 150 μm

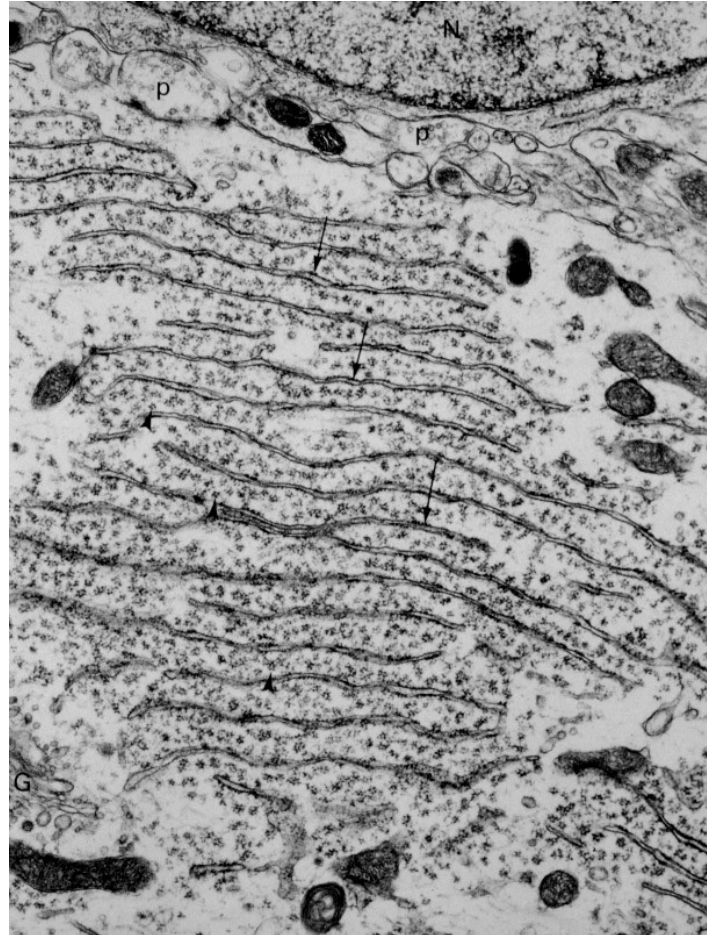
Organely:

- Jádro – velké + světlé + prominentní jadérka
- Nisslova substance – drsné ER
- Neurofibrily (neurofilamenta + neurotubuly + aktin)
- Lipofuscin

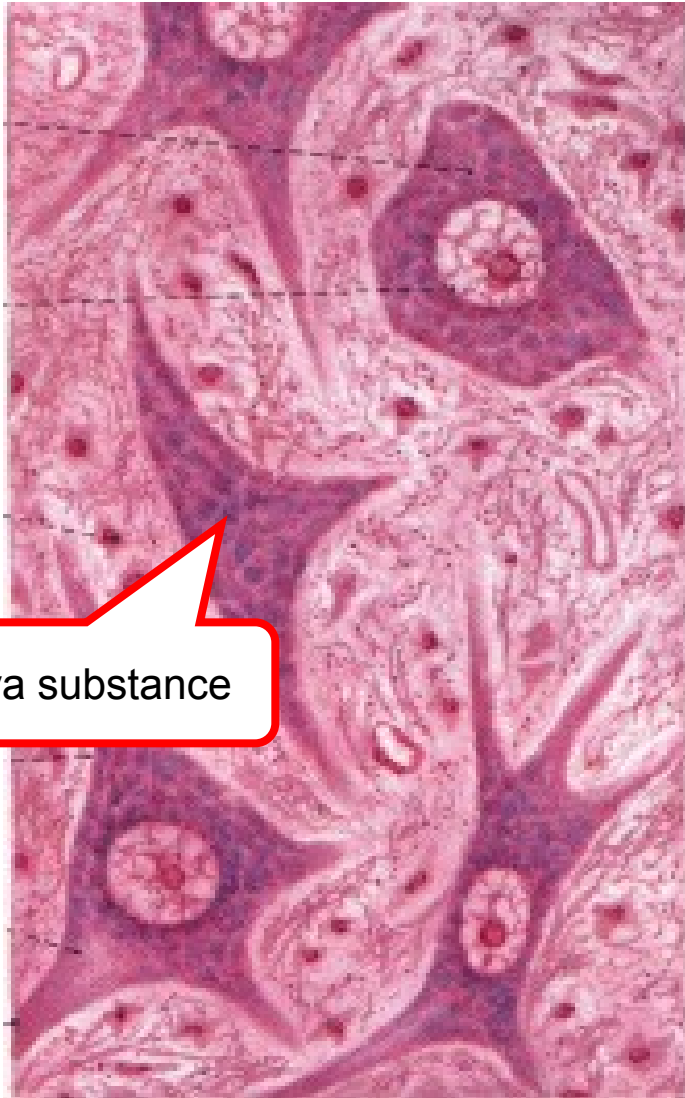


Neuron 4 - Perikaryon

Nisslova substance - TEM

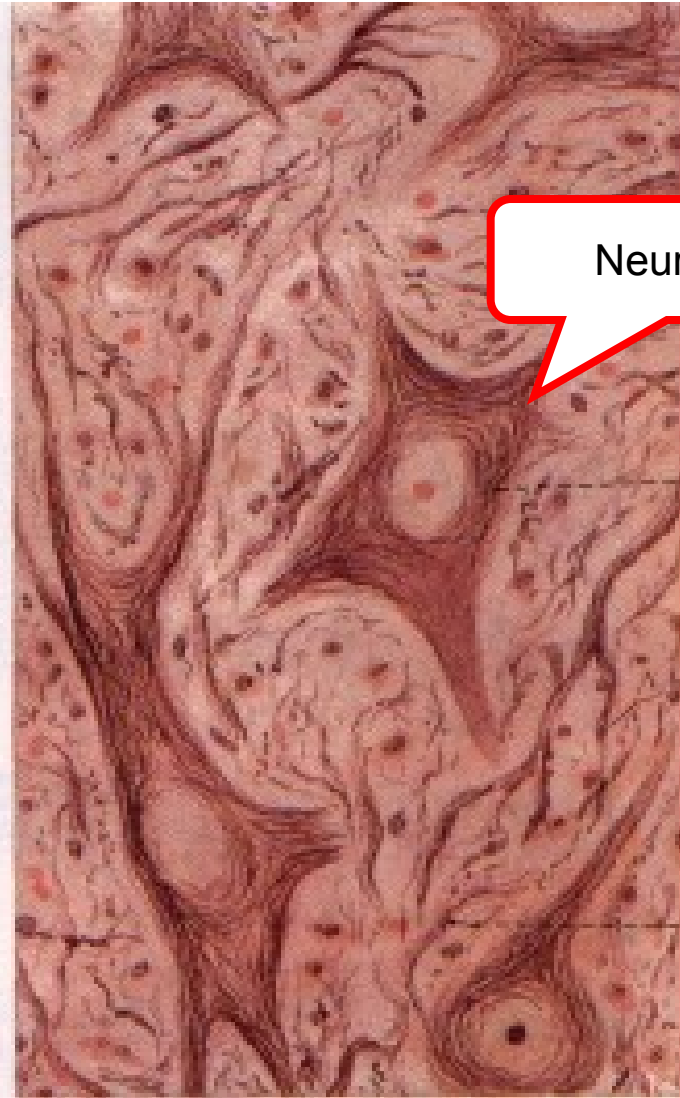


Neuron 5 - Perikaryon



Nisslova substance

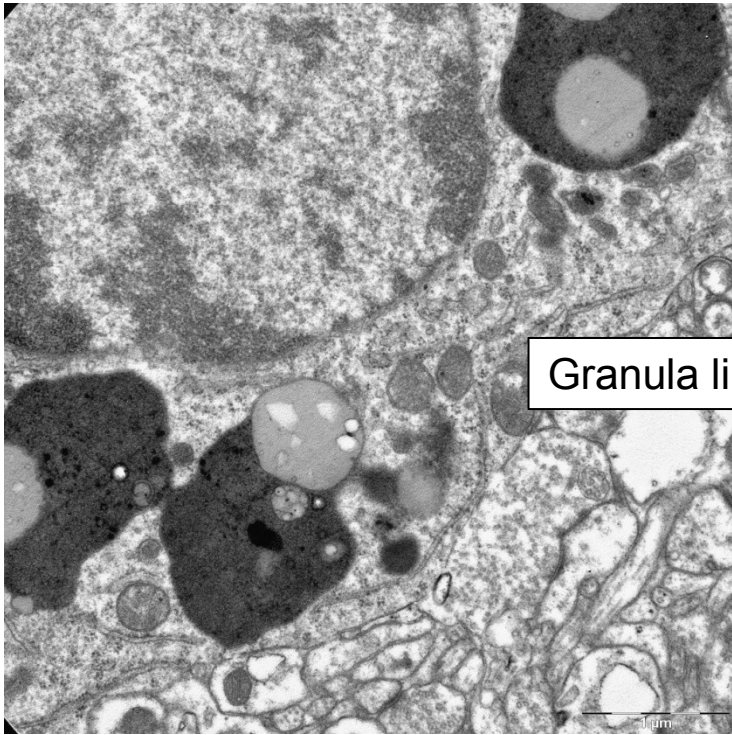
Barveno H-E



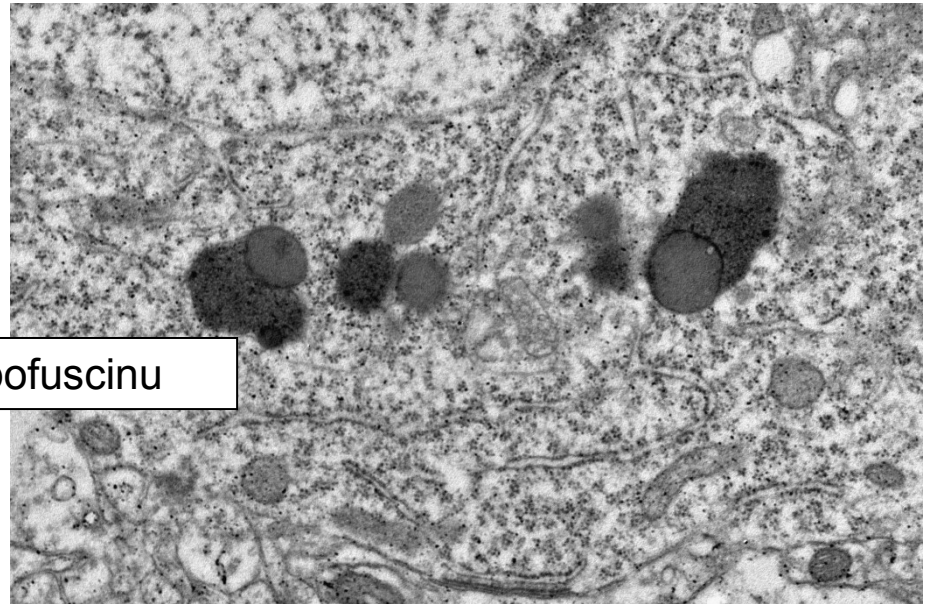
Neurofibrily

Impregnace dusičnanem stříbrným

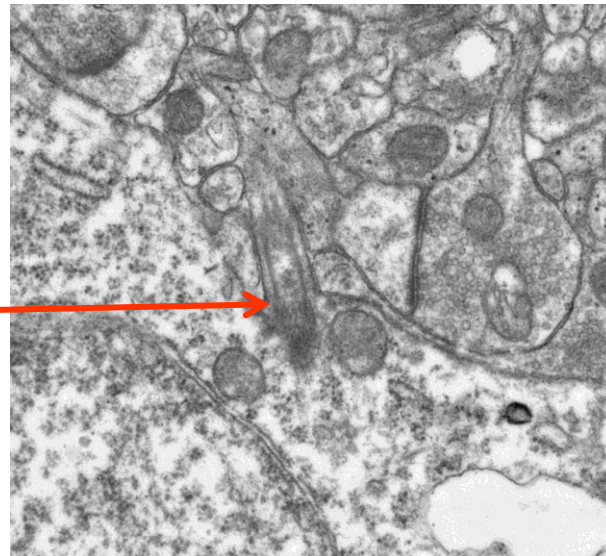
Neuron 6 - Perikaryon



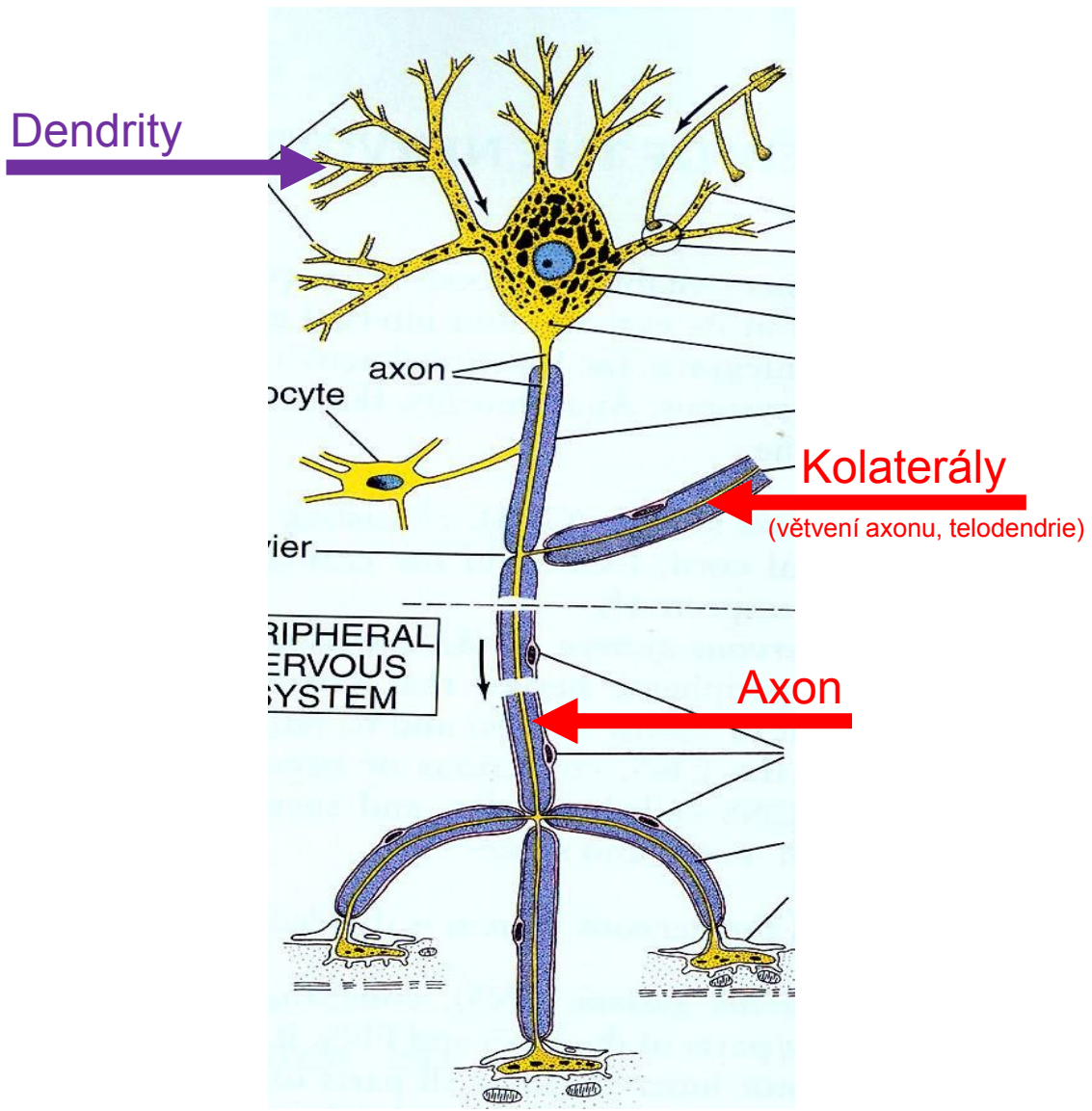
Granula lipofuscinu



Řasinka jako derivát
nepotřebného centriolu



Neuron 7 – Výběžky

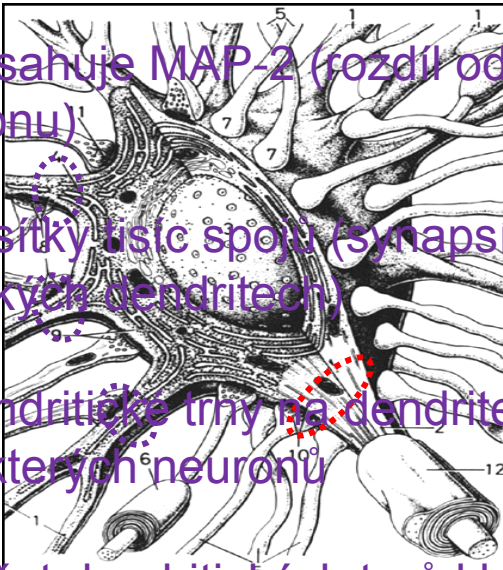


Neuron 8 – Výběžky

Dendrity

- Přenáší signály směrem k tělu neuronu
- Typicky krátké, velmi větvené & nemyelinizované
- Povrchy pro kontakt s jinými neurony
- Obsahuje neurofibrily & Nisslovu substanci

- Obsahuje MAP-2 (rozdíl od axonu)
- Desítky tisíc spojů (synapsí) na velkých dendritech
- Dendritické trny na dendritech některých neuronů



- Počet dendritických trnů klesá s

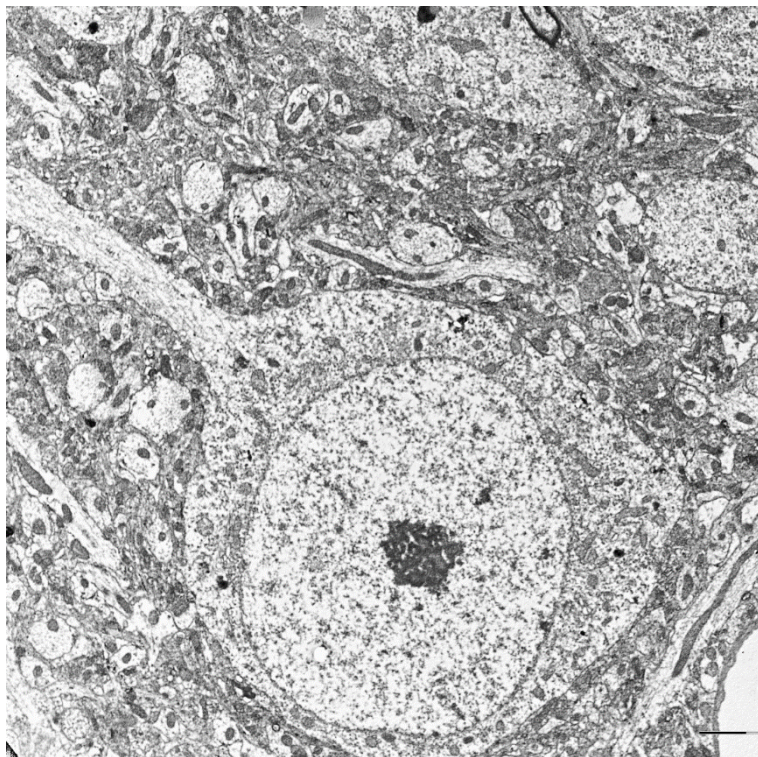
Axon (nervové vlákno)

- 1 axon odstupuje z těla neuronu – odstupový konus
- Odstupový konus – kónická oblast těla neuronu – neobsahuje Nisslovu substanci
- Některé axony mohou měřit až 100 cm
- Iniciální segment - část axonu od jeho začátku po začátek myelinové pochvy
- Iniciální segment – oblast, kde se sumací excitačních a inhibičních signálů generuje finální signál
- Kolaterální větve – Terminální arborizace – Telodendrie
- Myelinizované nebo nemyelinizované
- Přenáší impulzy směrem od těla neuronu
- Terminální knoflík – združení na konci axonu, obsahuje synaptické váčky s neurotransmitery
- Buněčná membrána = axolema
- Cytoplasma = axoplasma

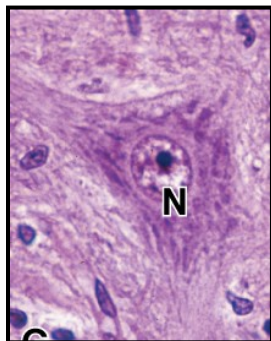
Bílá hmota: oblasti s myelinizovanými axony

Šedá hmota: oblasti s nemyelinizovanými axony, těly buněk a dendrity

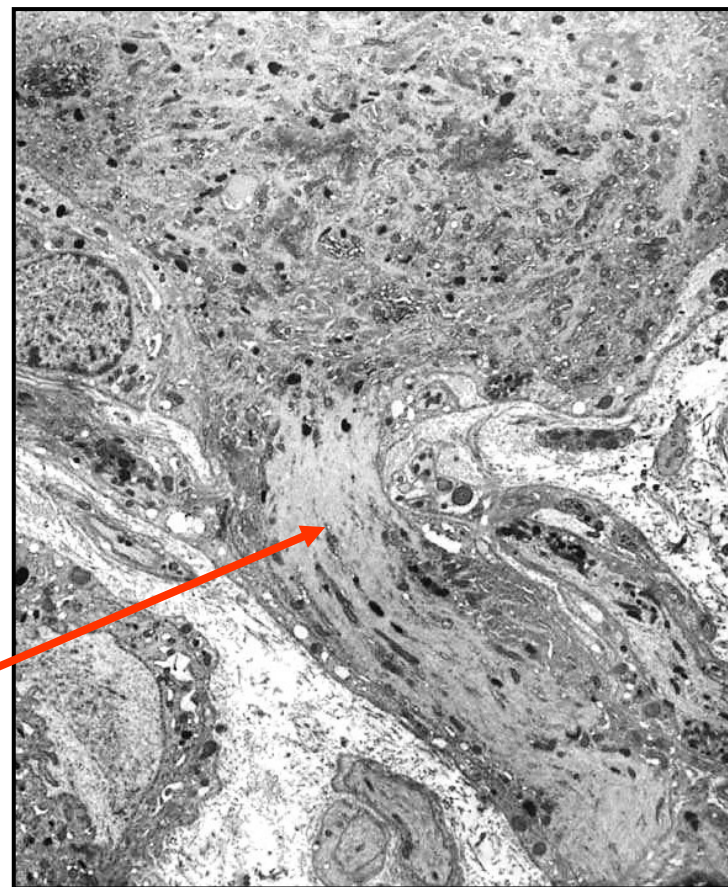
Neuron 9 – Výběžky



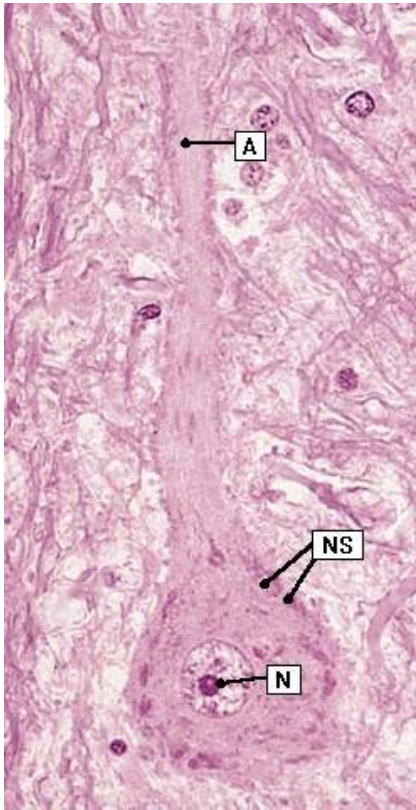
Neuron - TEM



Odstupový
konus



Neuron 10 – Axonální transport



Proč?

Mnoho proteinů, kterým jsou tvořeny v tělech neuronů, musí být transportováno do axonů a axonálních zakončení:

- pro obnovu buněčné membrány,
- pro obnovu jako iontových kanálů, neurotransmiterů, enzymů, ...

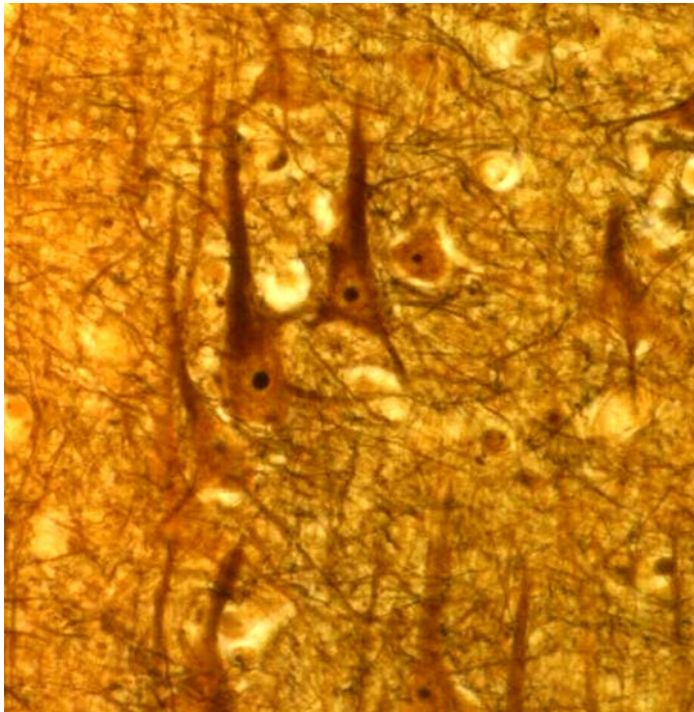
Jak?

axonálním transportem – obousměrným přesunem proteinů, organel, a jiného materiálu prostředím axonu

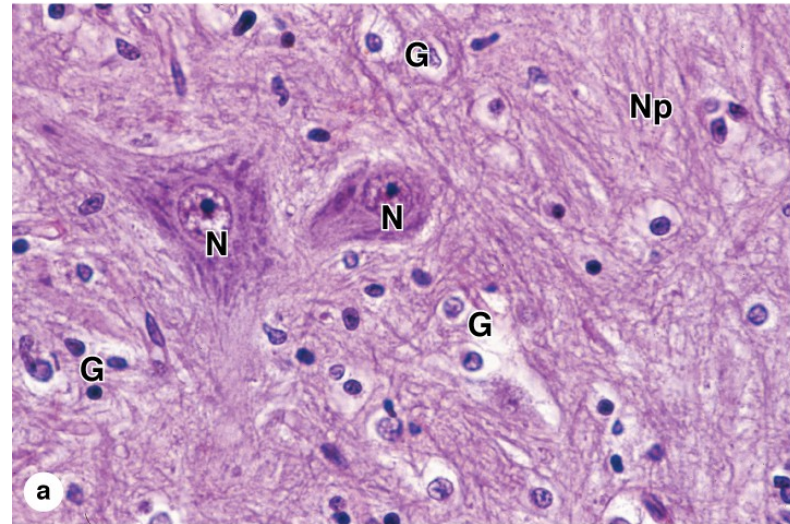
- **anterográdní** transport – pohyb směrem od těla axonu (**dynein**)
 - Pomalý transport: 1 - 5 mm/day
- **retrográdní** transport – pohyb směrem k tělu axonu (**kinesin**)
 - Rychlý transport: 200 - 400 mm/day

Nervová tkáň – Neuropil 1

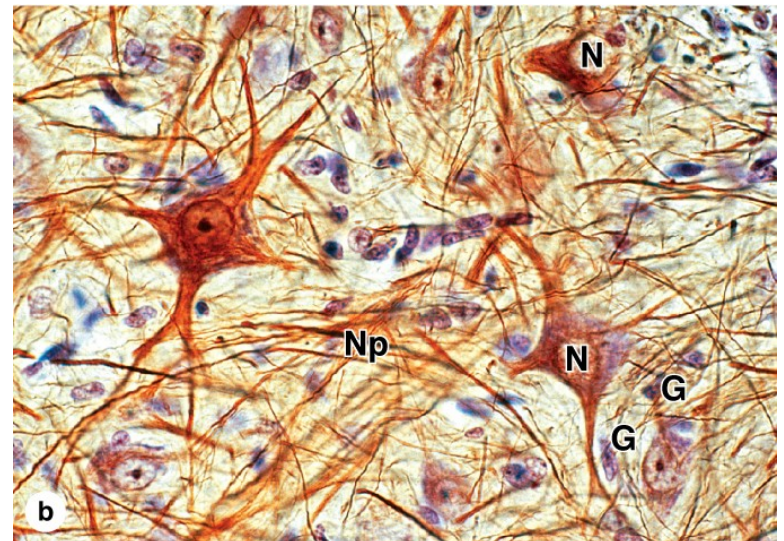
Všechny materiál vyplňující prostor mezi těly neuronů a gliových buněk + ECM.



Pyramidové buňky - impregnation



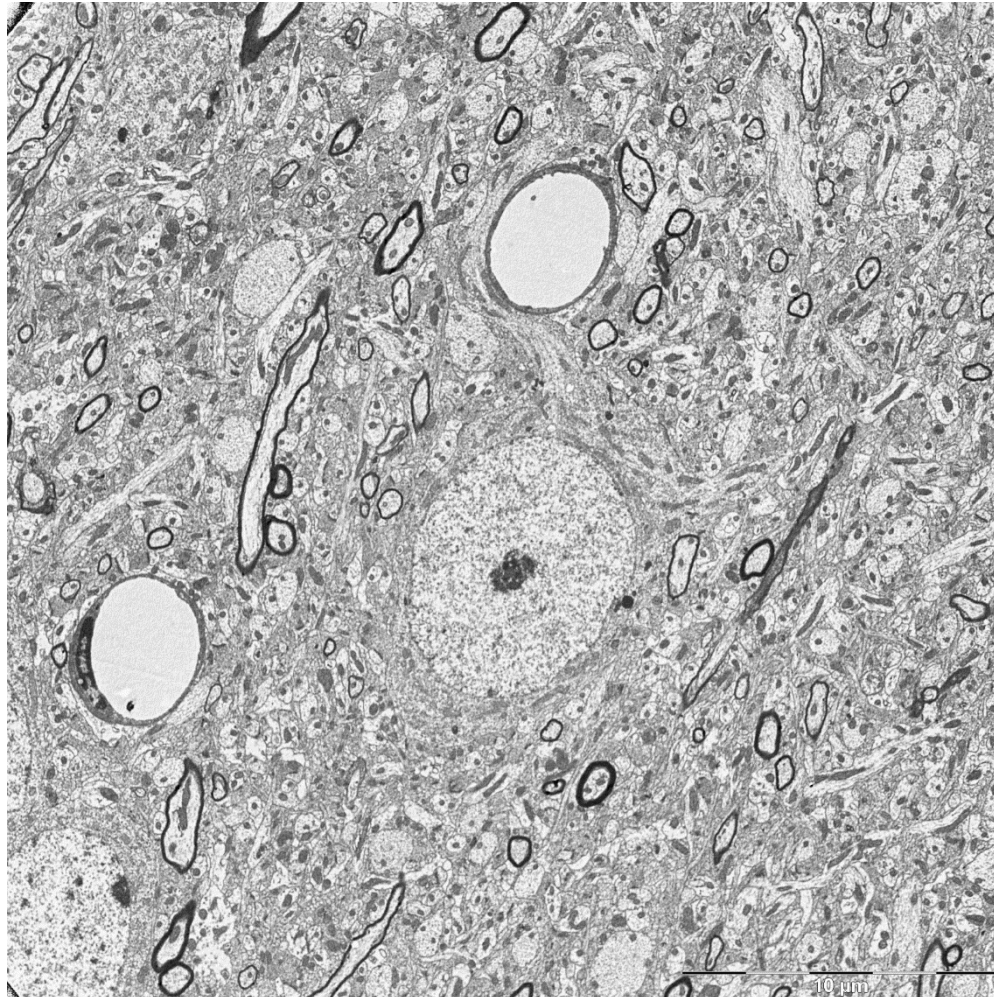
Motoneurony – H+E



Motoneurony – kombinovaná technika

Nervová tkáň– Neuropil 2

Neuropil - TEM

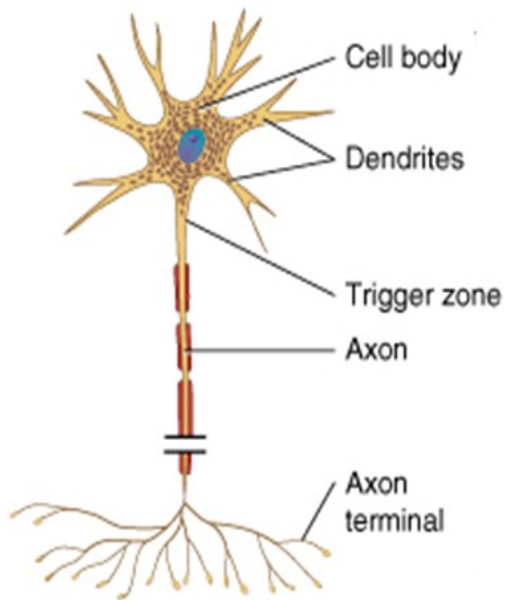


Neuron – Klasifikace 1

Podle počtu a uspořádání výběžků

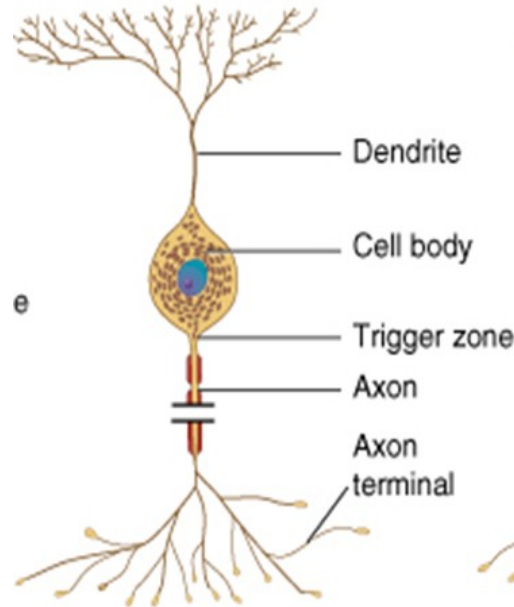
Multipolární

několik dendritů & jeden axon
(nejrozšířenější typ)



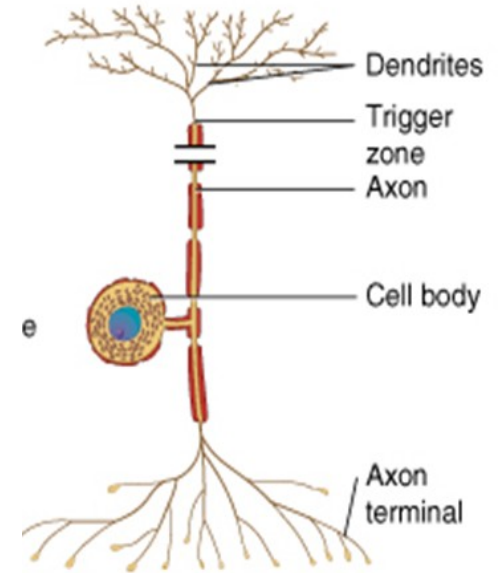
Bipolární

jeden dendrit & jeden axon
(retina, vestibulární a kochleární ganglia)



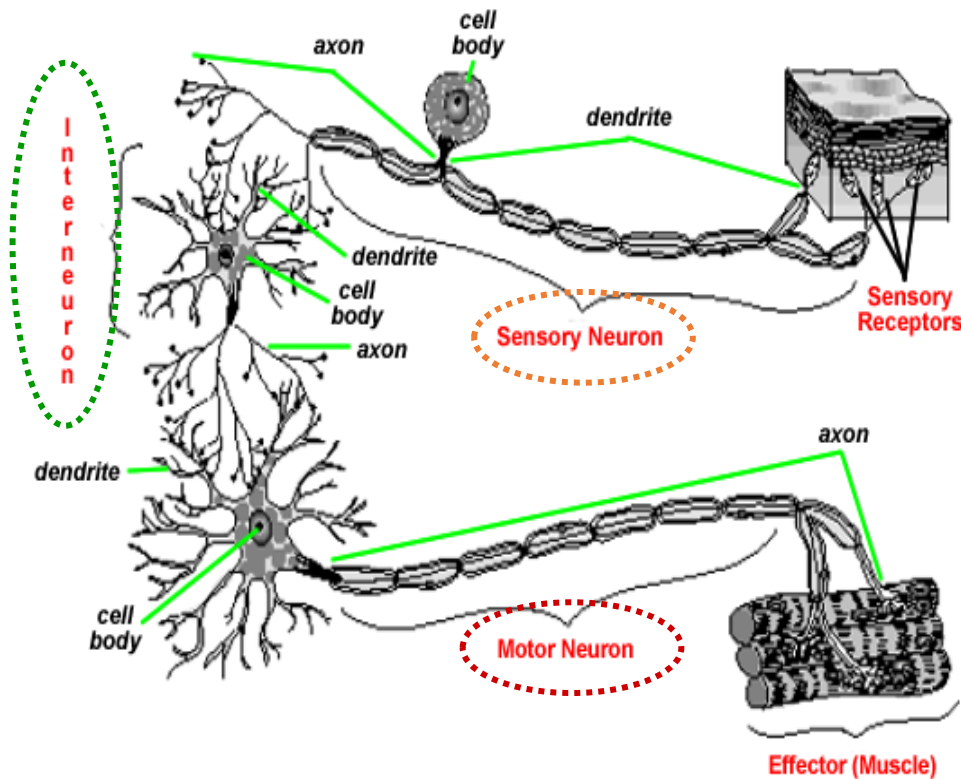
Unipolární

(pseudounipolární)
pouze jeden výběžek
(sensorická spinální ganglia)



Neuron – Klasifikace 2

Podle funkce



Motorické (eferentní) neurony:

- přenáší impulzy ke svalům, jiným neuronům a žlázám

Senzitivní (aferentní) neurony:

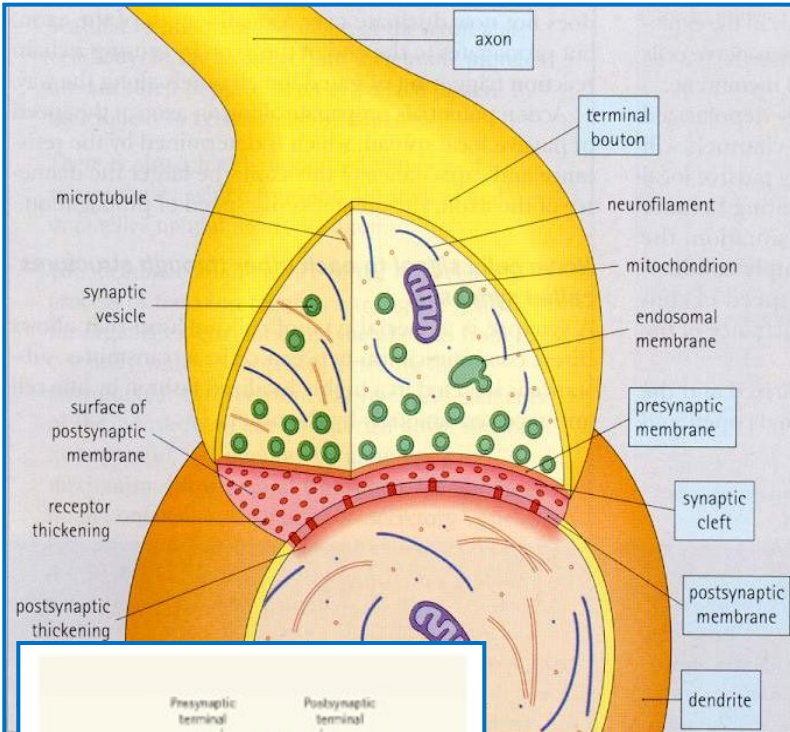
- snímají a přenášejí signály

Interneurony:

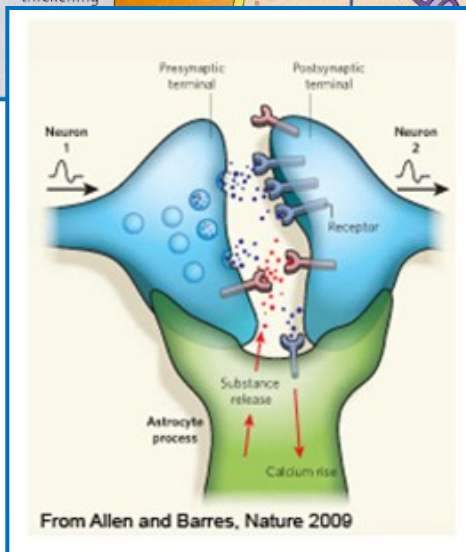
Synapse 1

Definice

Synapse jsou vysoce specializované buněčné spoje, které vzájemně spojují neurony (ve všech drahách)



- Terminální knoflík – zakončení axonu
- Presynaptická membrána – obsahuje mitochondrie a synaptické váčky s neurotransmitery
- Synaptické váčky (menší + větší – zásobní)
- Postsynaptická membrána – nese receptory pro neurotransmitery a další denzní materiál
- Synaptická štěrbina - 20-30 nm šířka, obsahuje jemná filamenta
- Se synapsí jsou asociovány gliové buňky
- Asymetrické synapse - excitační (ztluštělá postsynaptická membrána a 30 nm synaptická štěrbina)
- Symetrické synapse - inhibiční (tenká postsynaptická membrána a 20 nm synaptická štěrbina)
- Zviditelnění ve světelném mikroskopu vyžaduje speciální barvení



Synapse 2

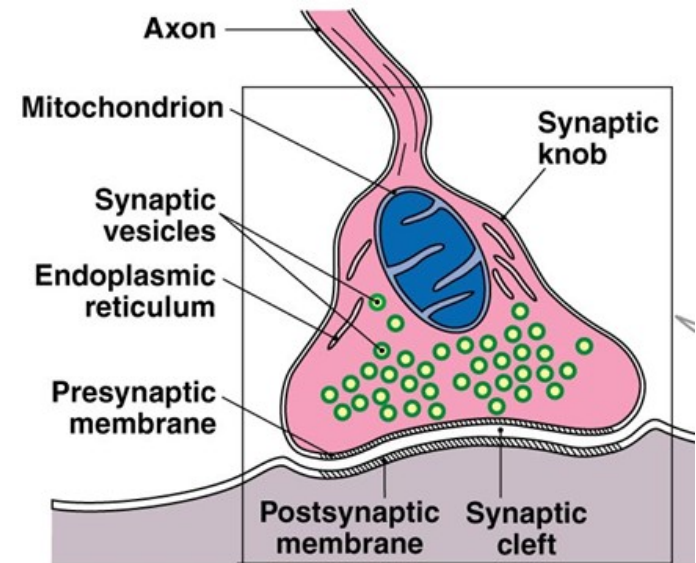
Excitační synapse

- otevření postsynaptických Na⁺ kanálů
- influx Na⁺ do buňky
- depolarizace membrány postsynaptického neuronu

X

Inhibiční synapse

- otevření postsynaptických Cl⁻ (nebo jiný anion) kanálů
- influx of anionů
- hyperpolarizace membrány postsynaptického neuronu

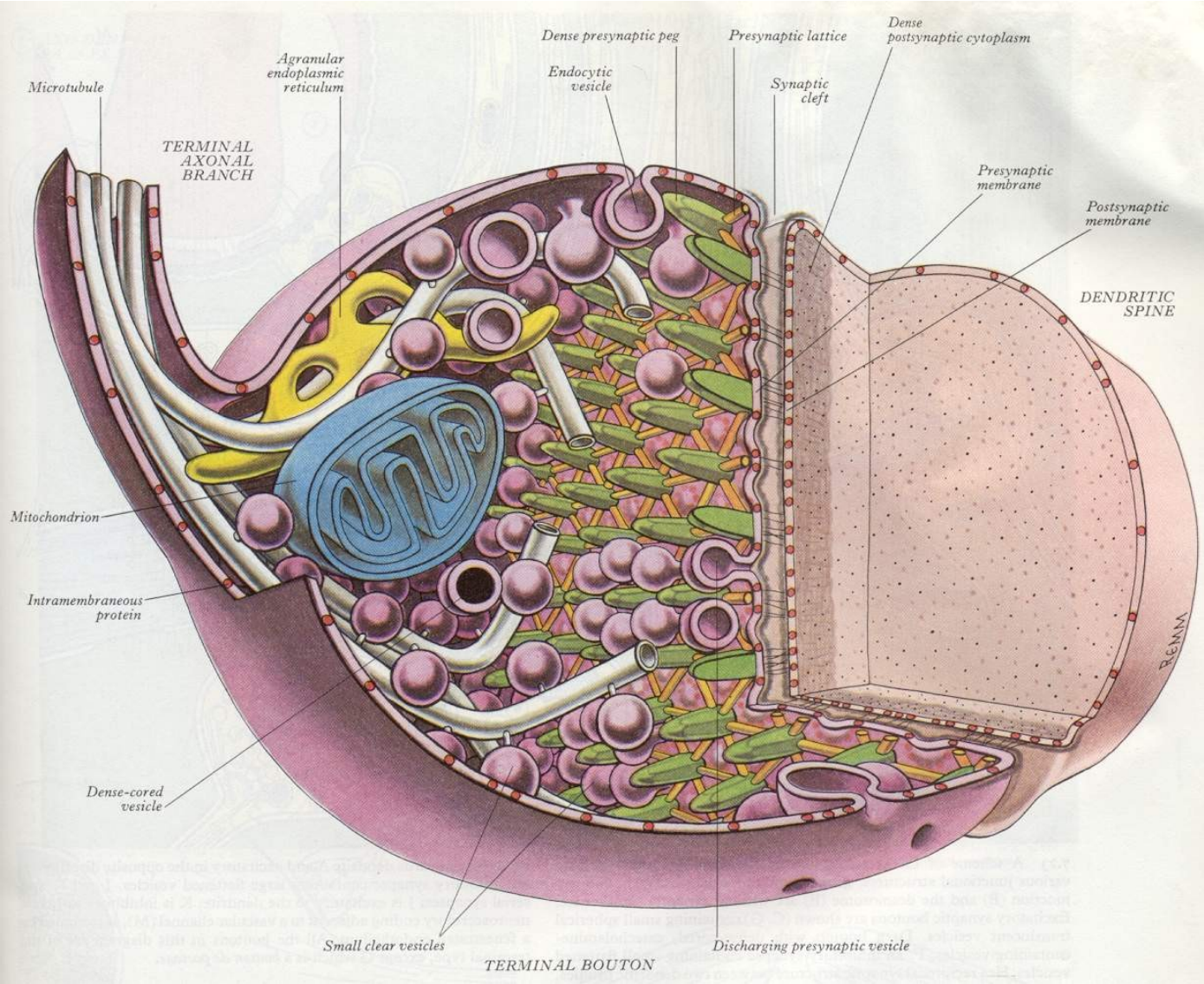


Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings

Neurotransmitery

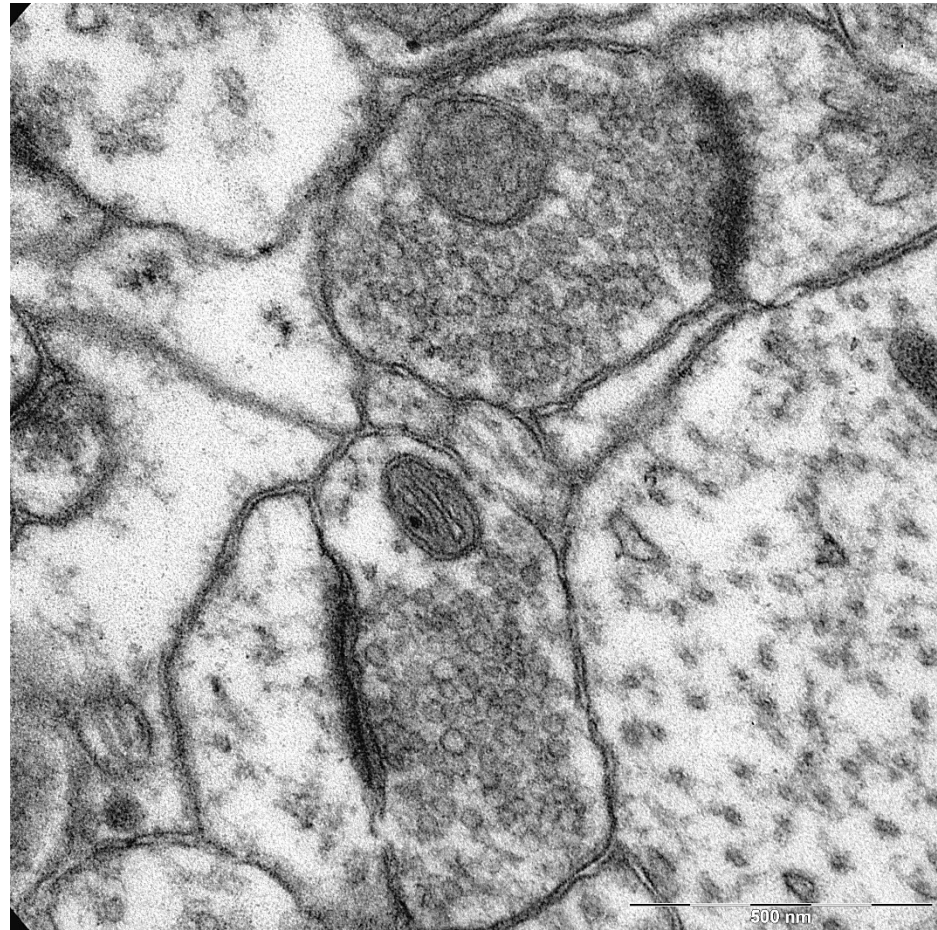
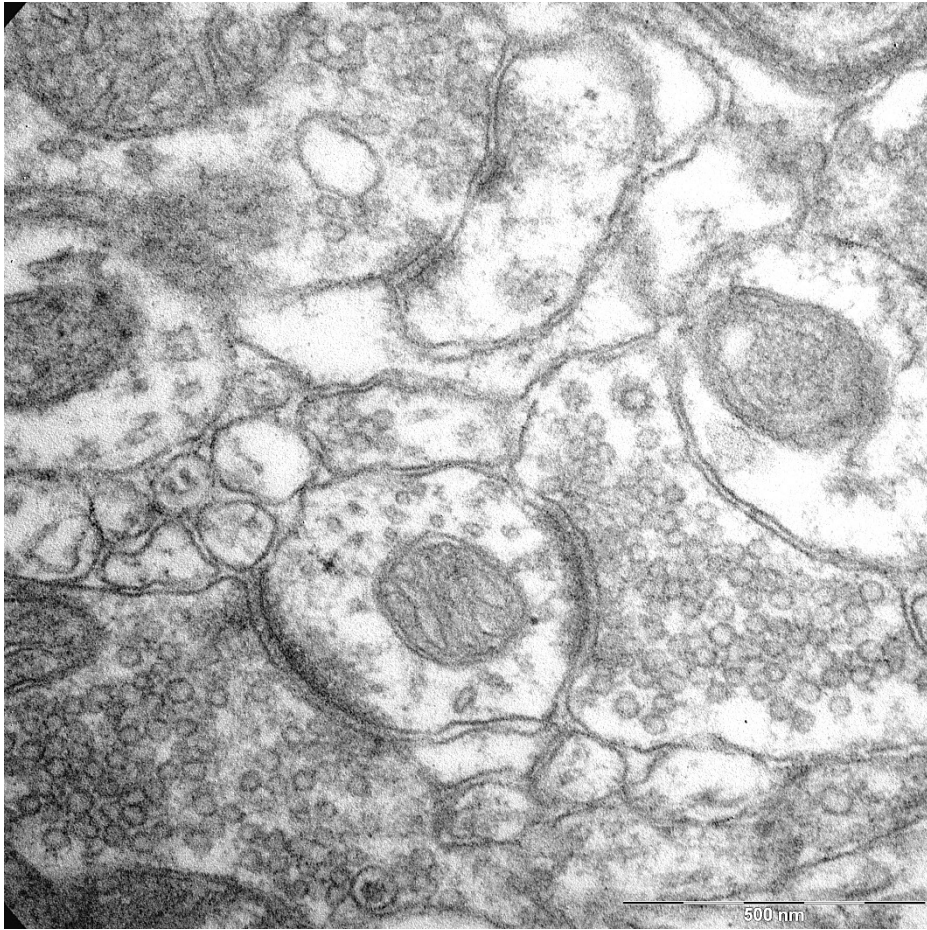
- Acetylcholin
- Amino kyseliny – glutamát, glycin, GABA (gamma-aminobutyric acid)
- Monoaminy – serotonin, catecholaminy, dopamin, adrenalin, ...
- Neuropeptidy – enkefalin, somatostatin, neurotensin,
- Další molekuly – adenosin, oxid dusnatý

Synapse 3



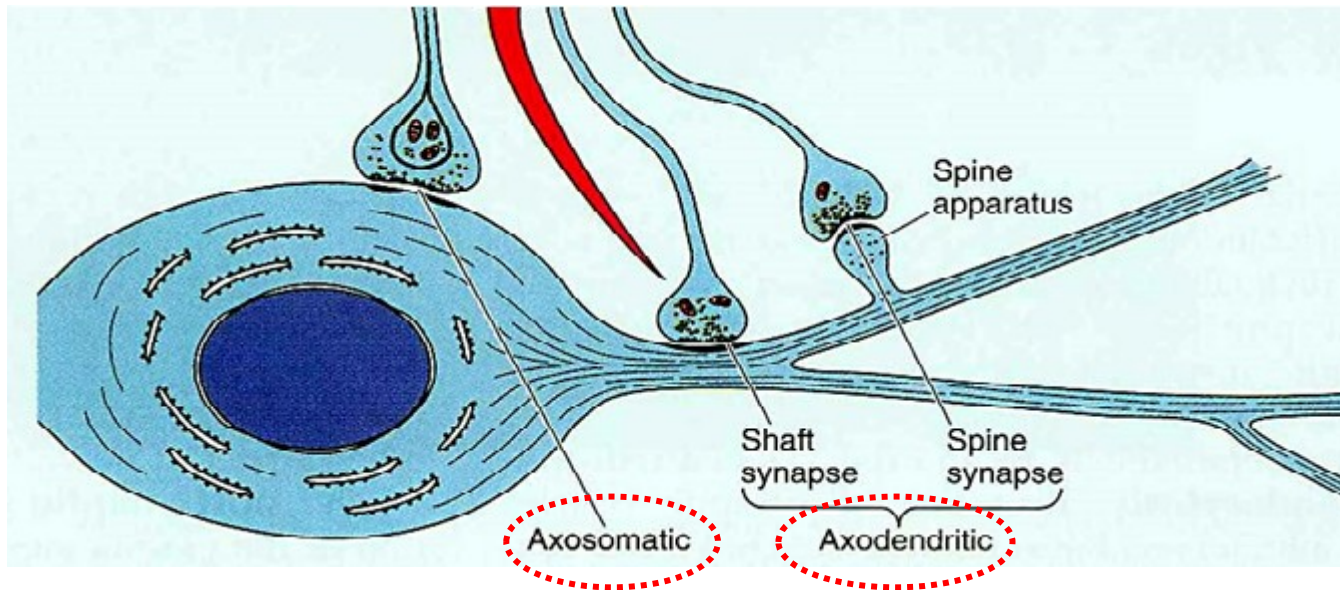
Synapse 4

Synapse in TEM



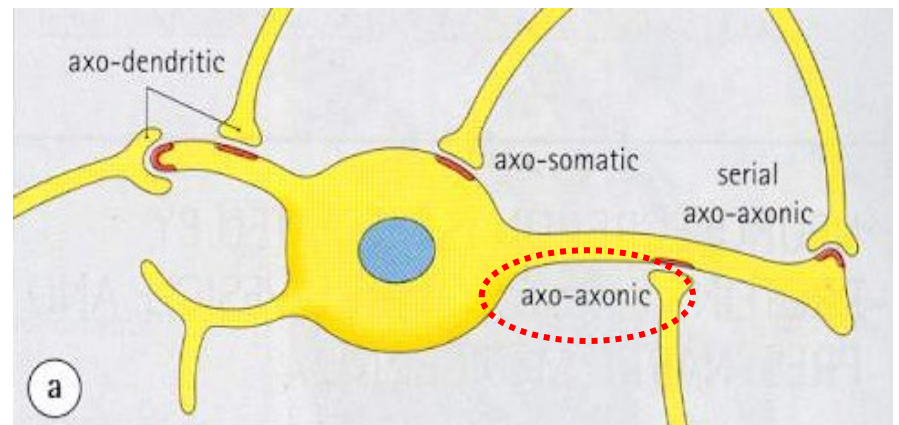
Synapse 5

Klasifikace podle **participujících struktur**

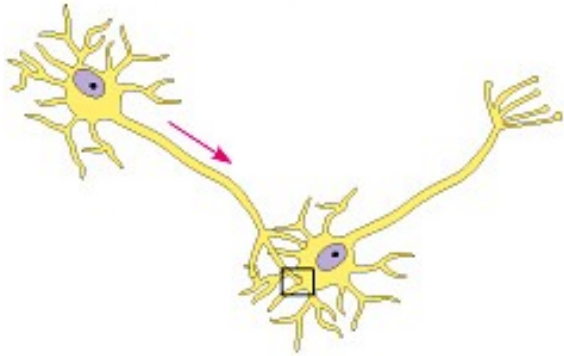


Axodendritické
Axosomatické
Axoaxonální

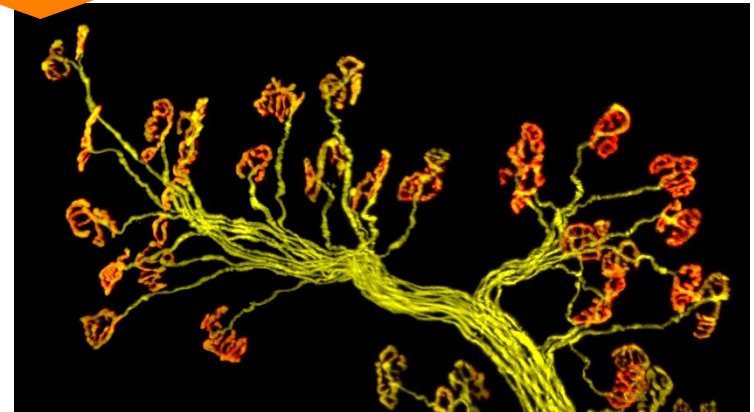
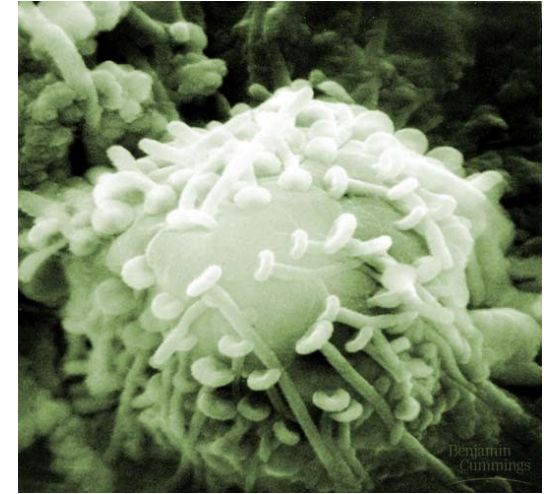
Poznámka:
Neuromuskulární spojení – synapse mezi
neuronem a efektorovou svalovou buňkou



Synapse 7



Jeden neuron může mít
1 000 až 10 000 synapsí !!!



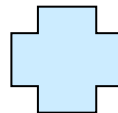
Neuroglie – Gliové buňky

Obečné vlastnosti

- ne-neuronální buňky – několik různých typů
 - podporují a chrání neurony
 - spojují neurony k sobě a tvoří podpůrnou kostru nervové tkáně
 - během vývoje navádějí migrující neurony do jejich destinací
 - zralé neurony, které nejsou v kontaktu synapsami
 - brání vzájemnému kontaktu mezi neurony (izolace)
 - „ladí“ aktivitu signálních drah
 - V CNS jsou pouze jejich jádra
 - k
- Počet neuronů: asi 100 bilionů až 1 trilion
Počet gliových buněk: 50x více než neuronů
- lika gliovými buňkami

Centrální neuroglie

- Astrocyty
- Oligodendrocyty
- Microglie
- Ependymové buňky

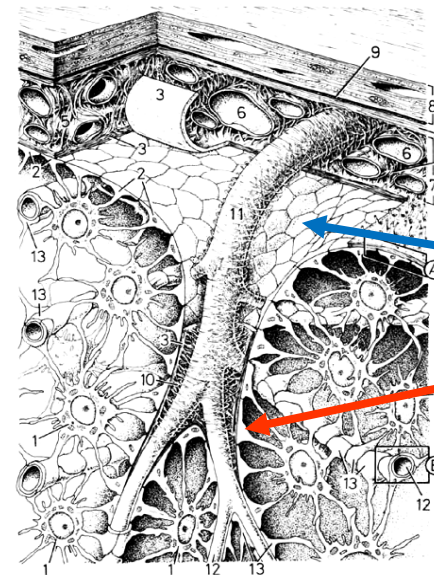
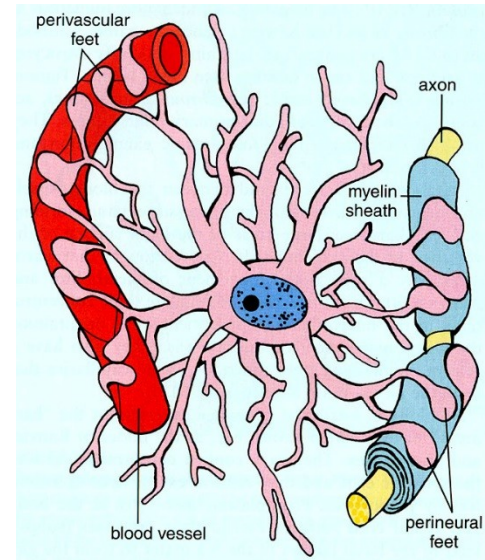


Periferní neuroglie

- Schwannovy buňky
- Satelitové (plášťové) buňky

Neuroglie – Astrocyty 1

- nejhojnější gliové buňky CNS
- pokrývají celý povrch mozku a většinu nesynaptických oblastí neuronů v šedé hmotě
- mají četné funkce:
 - ✓ tvoří podpůrnou kostru nervové tkáně
 - ✓ mají výběžky (perivaskulární nožky), které jsou v kontaktu s kapilárami a spoluformují hematoencefalickou bariéru
 - ✓ přeměňují krevní glukózu na laktát a předávají jej jako výživu neuronům
 - ✓ produkují „nerve growth factors“, které řídí růst neuronů a formování synapsí
 - ✓ komunikují elektricky s neurony a ovlivňují tak přenos signálu na synapsích
 - ✓ regulují chemické složení tkáňového moku absorbováním neurotransmiterů a iontů
 - ✓ astrocytóza – tuhá jizva tvořená astrocyty v oblasti, kde došlo k úmrtí neuronů
 - ✓ obsahují GFAP

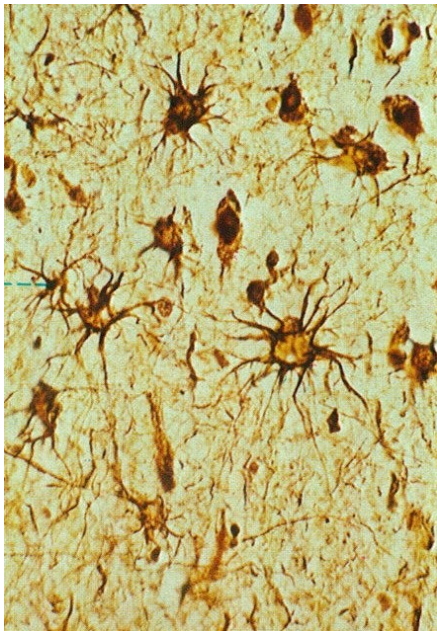
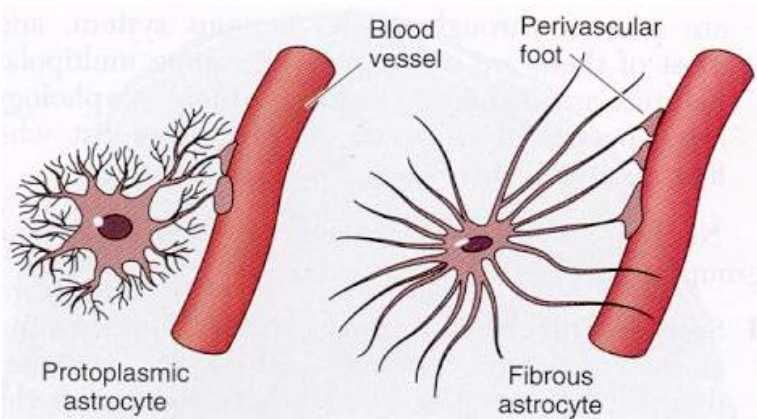


Membrana limitans gliae...

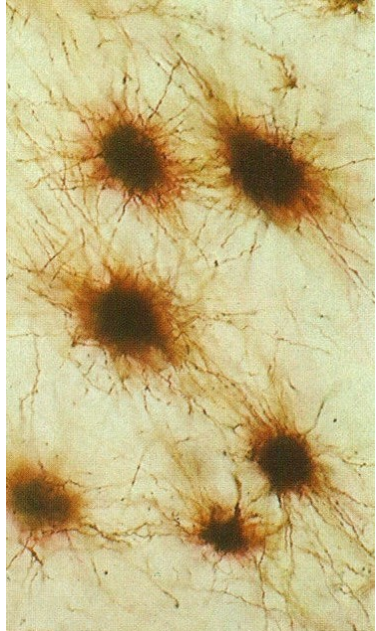
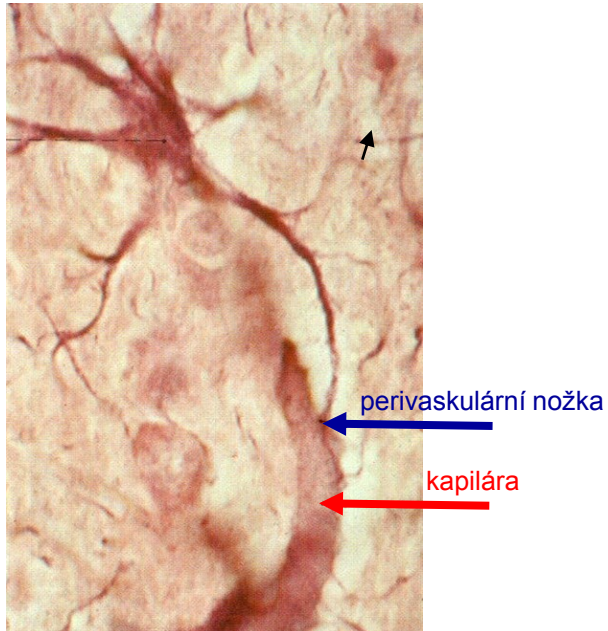
...superficialis

...perivascularis

Neuroglie – Astrocyty 2



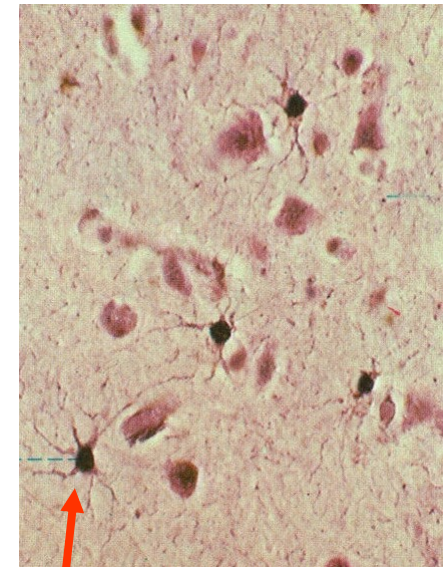
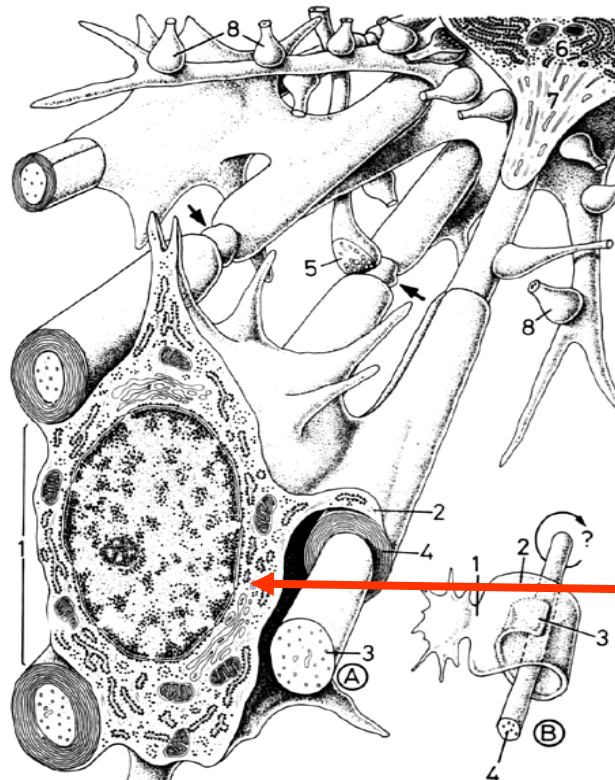
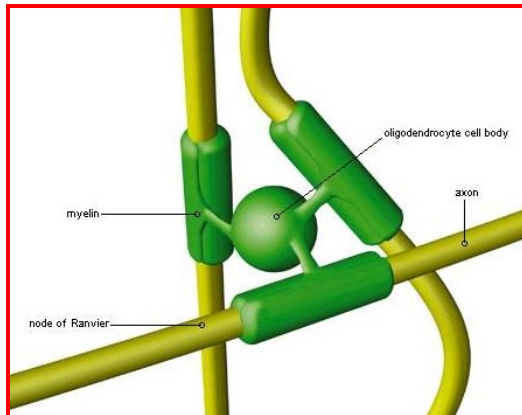
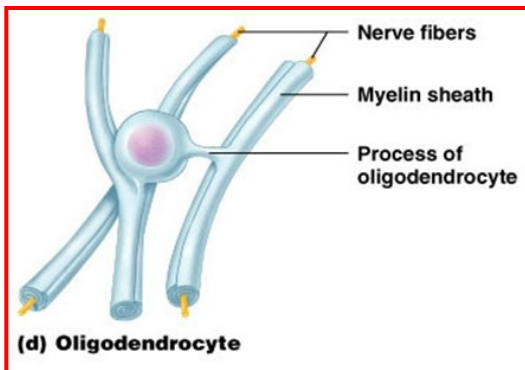
plazmatický astrocyt
(predominantní v šedé hmotě)



fibrilární astrocyt
(predominantní v bílé hmotě)

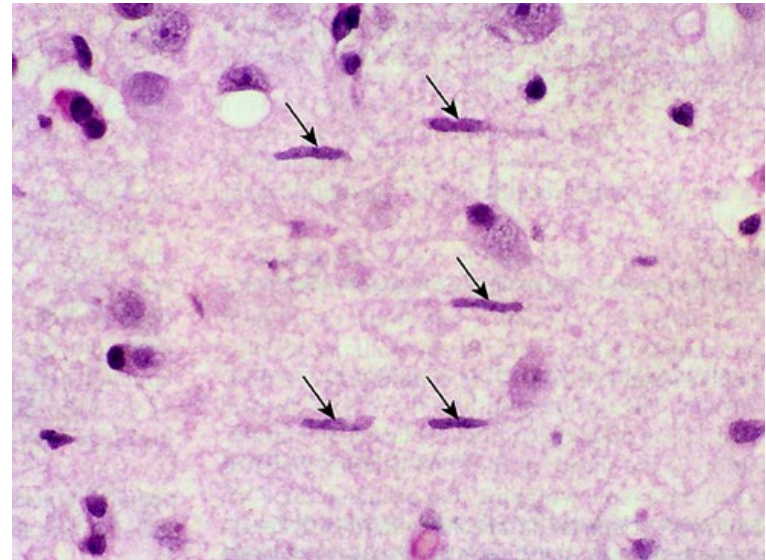
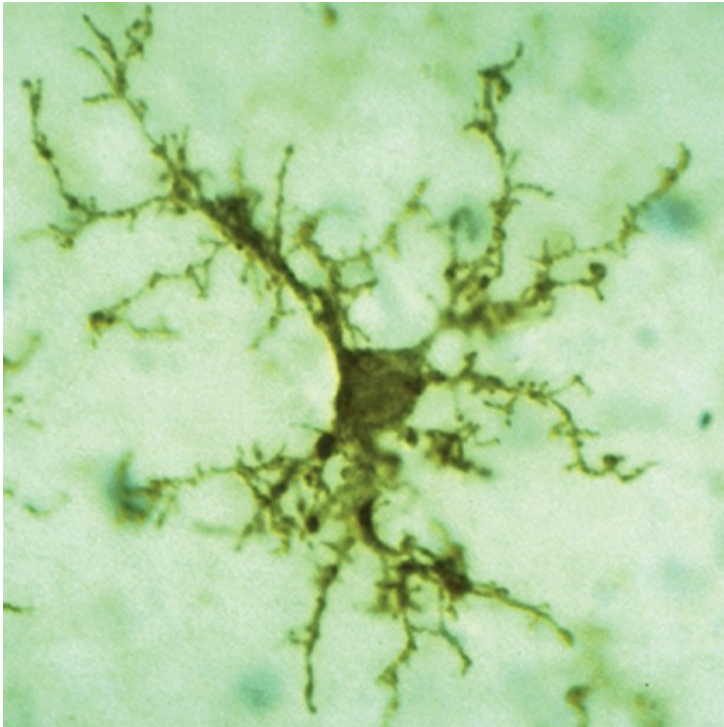
Neuroglie - Oligodendrocyty

- ✓ menší než astrocyty; tmavší, okrouhlé jádro, hojně RER, hojný golgiho aparát
- ✓ tvoří myelinové pochvy v CNS
- ✓ jedna buňka obsluhuje více jak jeden axon
- ✓ nemohou migrovat kolem axonů (na rozdíl od Schwannových buněk) – vtačují nové vrstvy myelinu pod již existující směrem k nervovému vláknu
- ✓ neurilema ani endoneurium s kolem nervový vlákna v CNS nevytváří
- ✓ výběžky obklopují axony a vytváří izolační vrstvu urychlující přenos signálů
- ✓ multiple sclerosis – důsledek poškození funkce oligodendrocytů



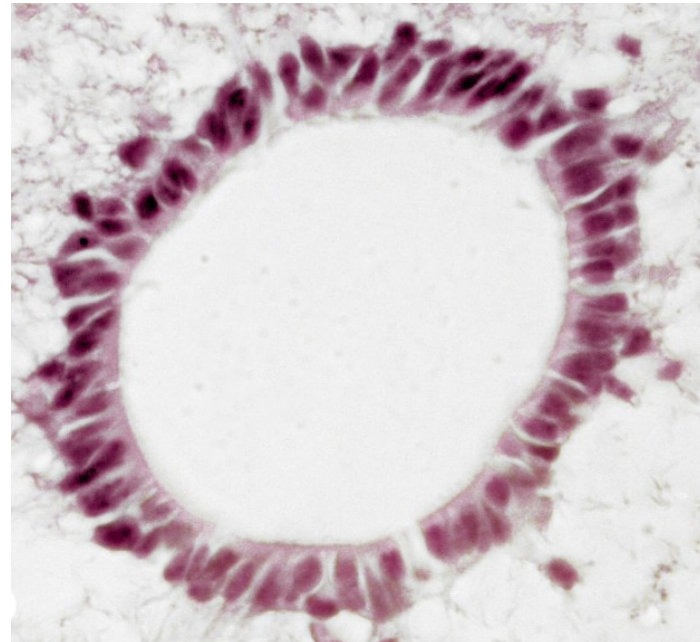
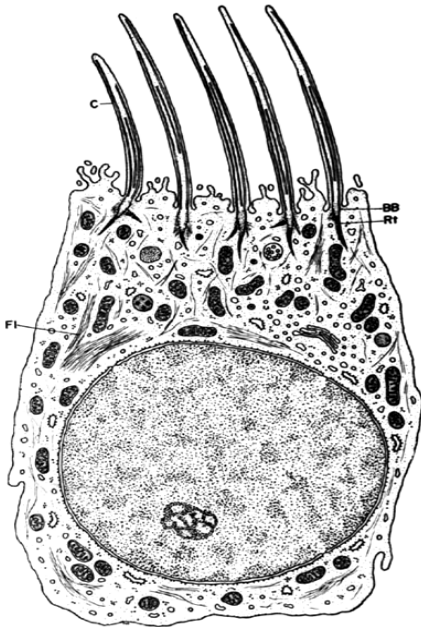
Neuroglie - Mikroglie

- ✓ nejmenší neuroglioové buňky
- ✓ malá, tmavá, protáhlá jádra
- ✓ mají fagocytární vlastnosti
- ✓ jsou-li aktivovány – antigen prezentující buňky
- ✓ mají původ v kostní dřeni (mezodermální)

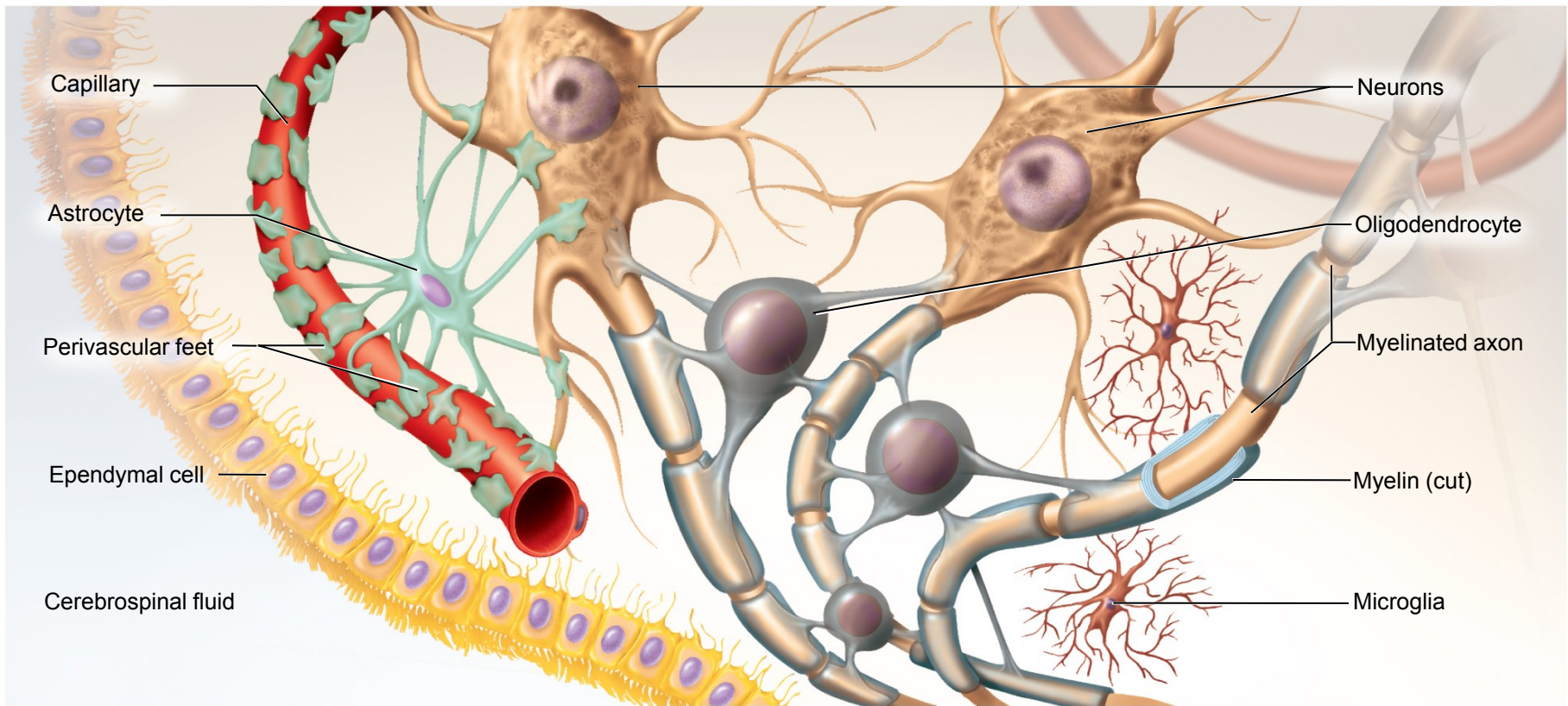


Neuroglie – Ependymové buňky

- ✓ vystylají komory v mozku CNS a míšňí kanál
- ✓ kubické až nízké cylindrické
- ✓ chybí bazální lamina
- ✓ produkují cerebrospínální mok (CSM)
- ✓ některé jsou opatřeny řasinkami (pohyb CSM)
- ✓ spoluvytváří *Plexus choroideus*



Neuroglia – CNS - Sumarizace

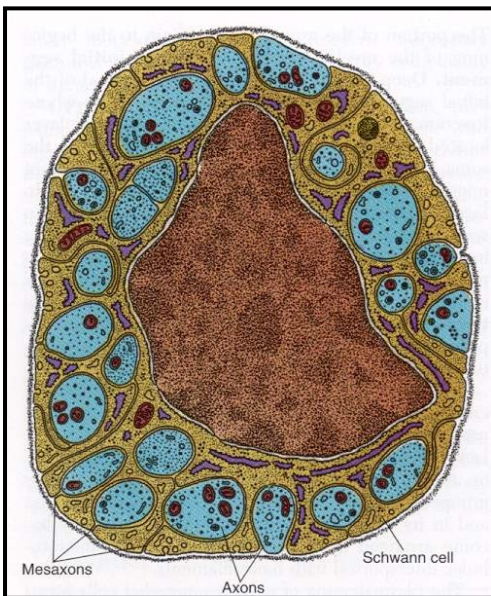


Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Neuroglie PNS – Schwannovy buňky 1

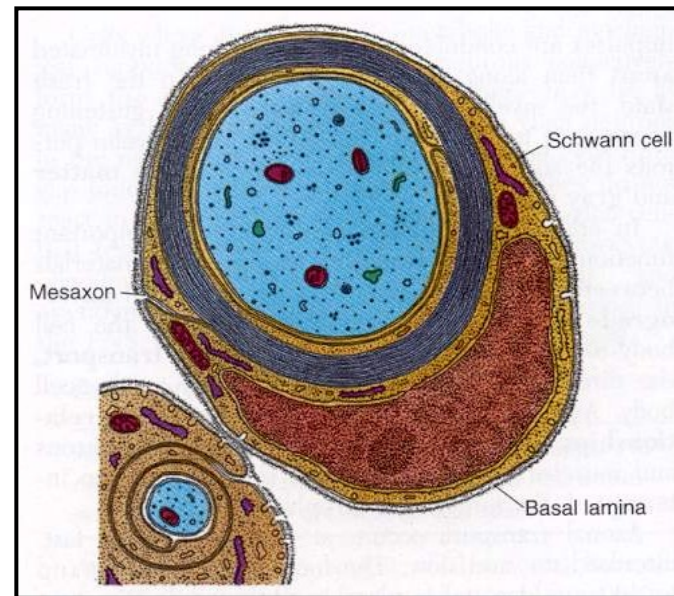
- buňky, které ovinují všechny axony v PNS
- poskytují strukturální a metabolickou podporu axonům
- poskytují vedení (navigaci) pro růst axonů

Axony malého průměru
Obdávají je cytoplasmou



pouze Schwannova pochva – šedá vlákna

Axony velkého průměru
Obtáčejí je myelinovou pochvou

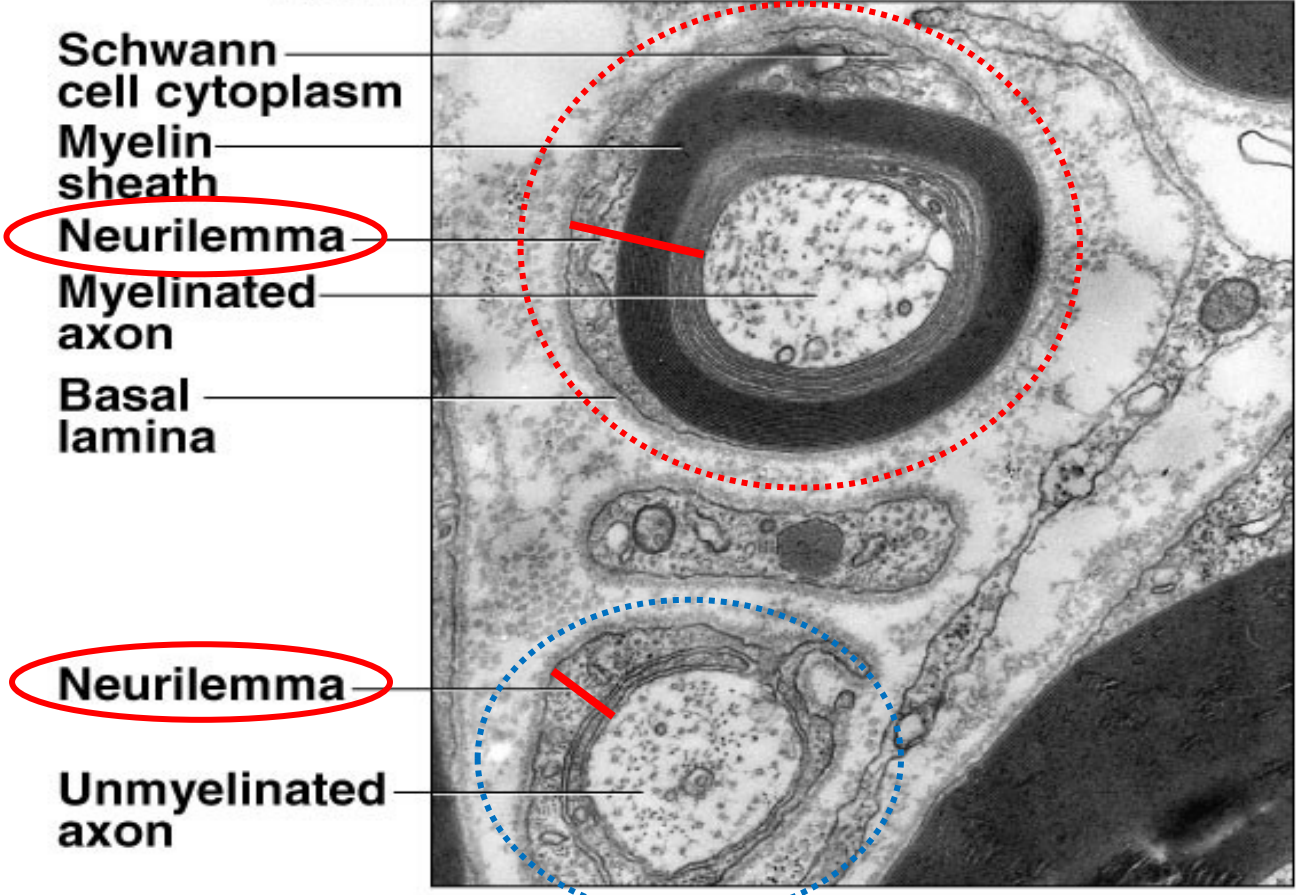


Schwannova + myelinová pochva – dvojité konturovaná vlákna

Neuroglie PNS – Schwannovy buňky 2

dvojitě konturované vlákno (myelinizované)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Schwann cell cytoplasm
Myelin sheath
Neurilemma
Myelinated axon
Basal lamina

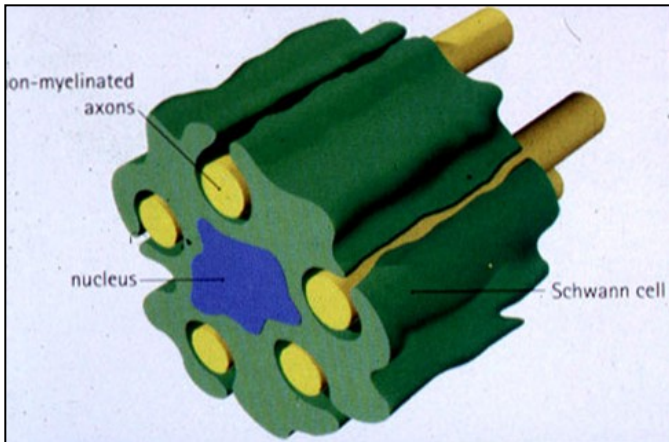
Neurilemma
Unmyelinated axon

šedé vlákno (ne-myelinizované)

3 μm

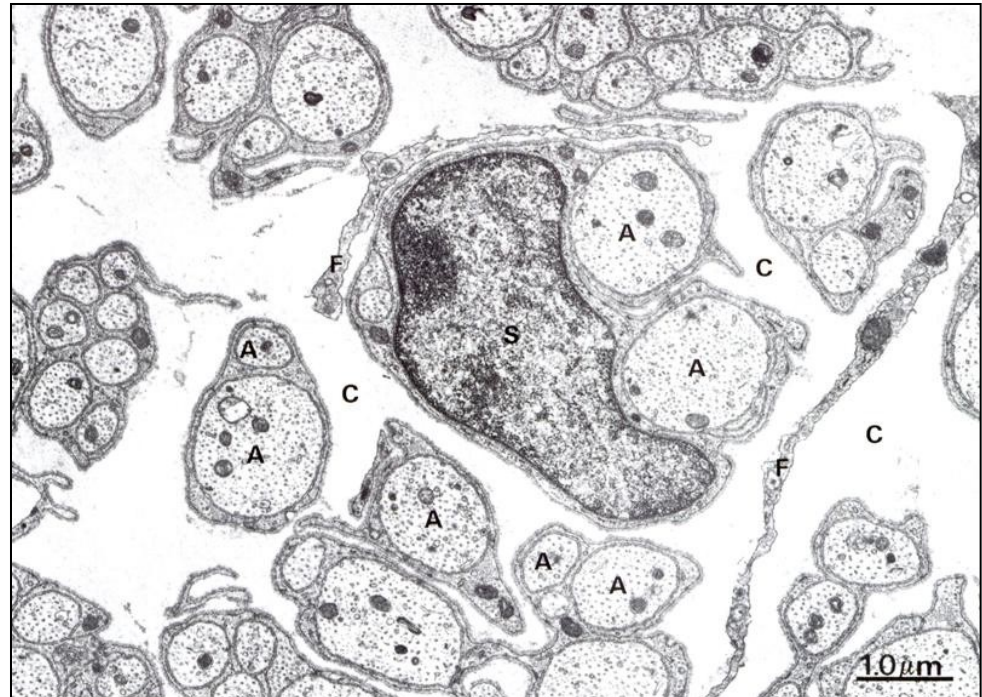
Neuroglie PNS – Schwannovy buňky 3

Axony malého průměru \Rightarrow Nemyelinizovaná vlákna
(typické pro autonomní nervový systém)



Jedna Schwannova obdává několik axonů

pouze Schwannova pochva – šedé nervové vlákno

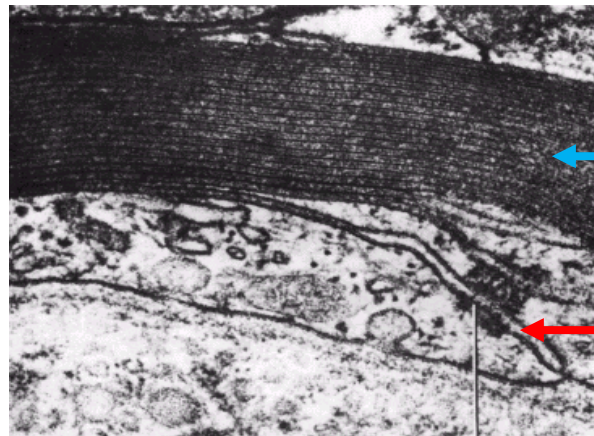
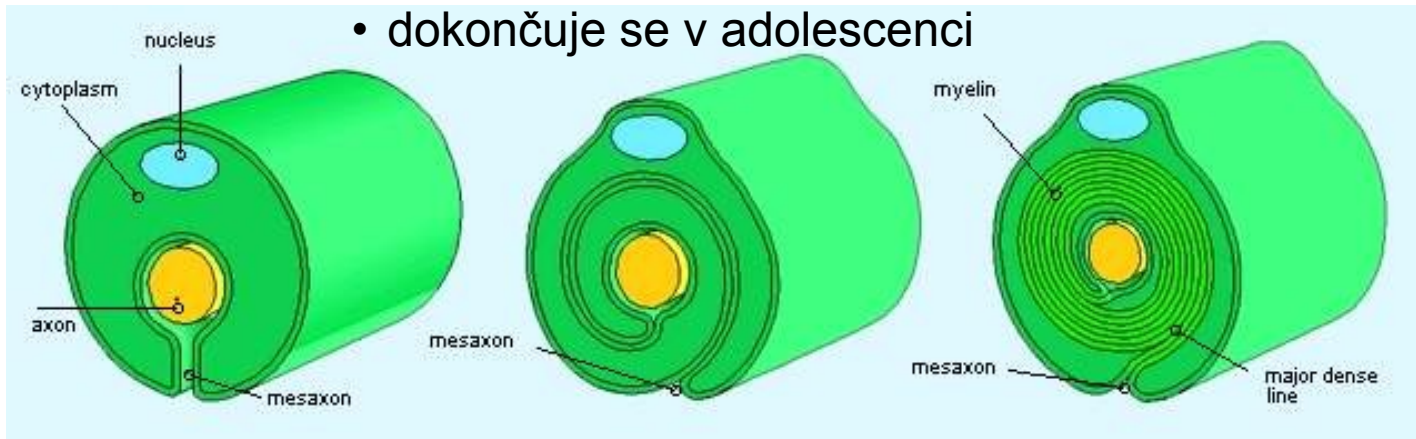


Neuroglie PNS – Schwannovy buňky 4

Axony velkého průměru \Rightarrow Myelinizovaná vlákna

Myelinizace

- začíná ve 14-tém týdnu vývoje
- pokračuje rychle v novorozeneckém období
- dokončuje se v adolescenci



Myelinová pochva

Mesaxon

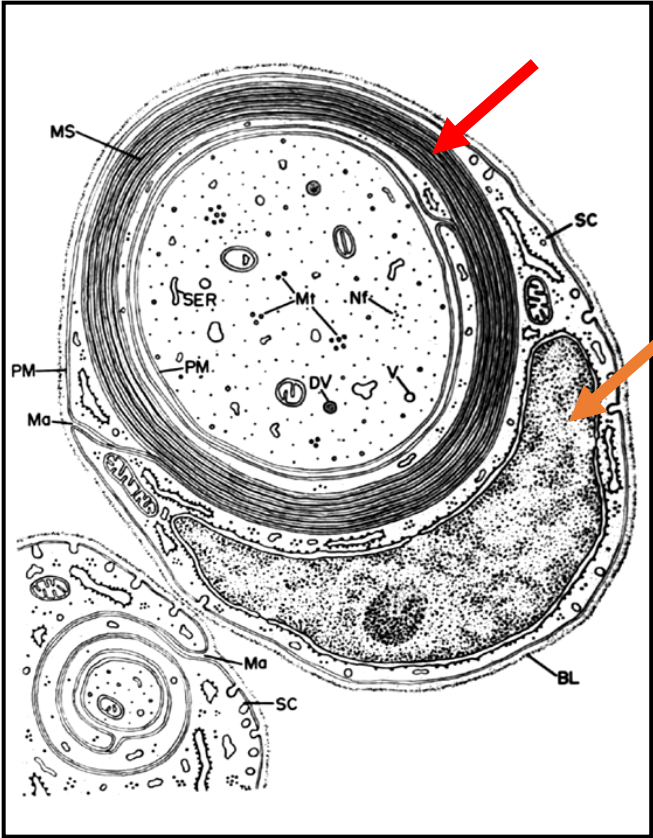
Neuroglie PNS – Schwannovy buňky 5

Dvojitě konturované nervové vlákno



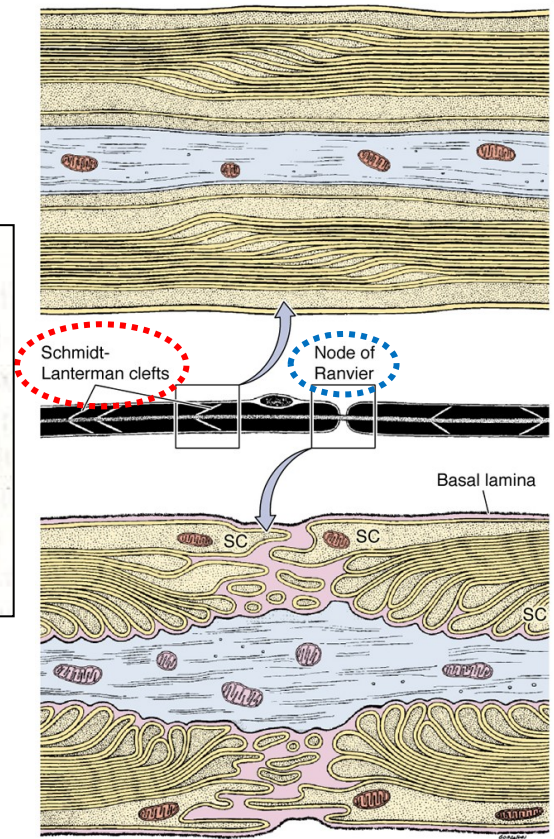
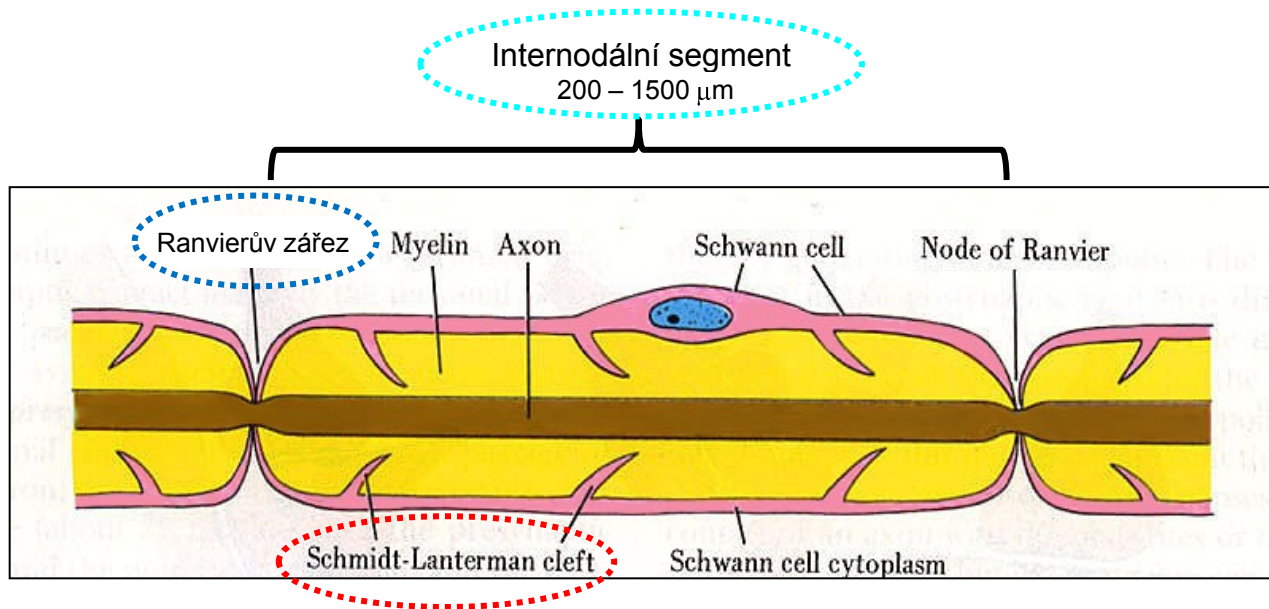
Schwannova pochva
+
Myelinová pochva

= Neurilema



Neuroglie PNS – Schwannovy buňky 6

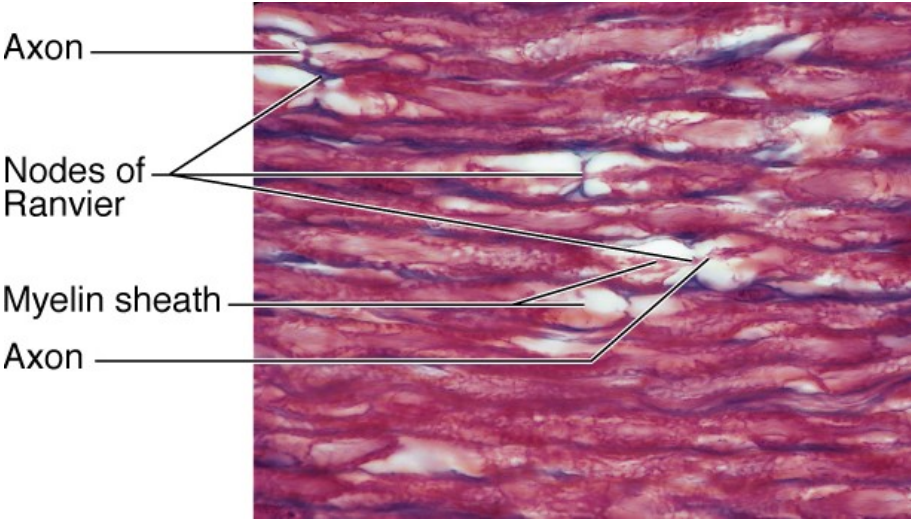
Myelinová pochva je segmentovaná = mnoho Schwannových buněk je potřeba k pokrytí celé délky axonu



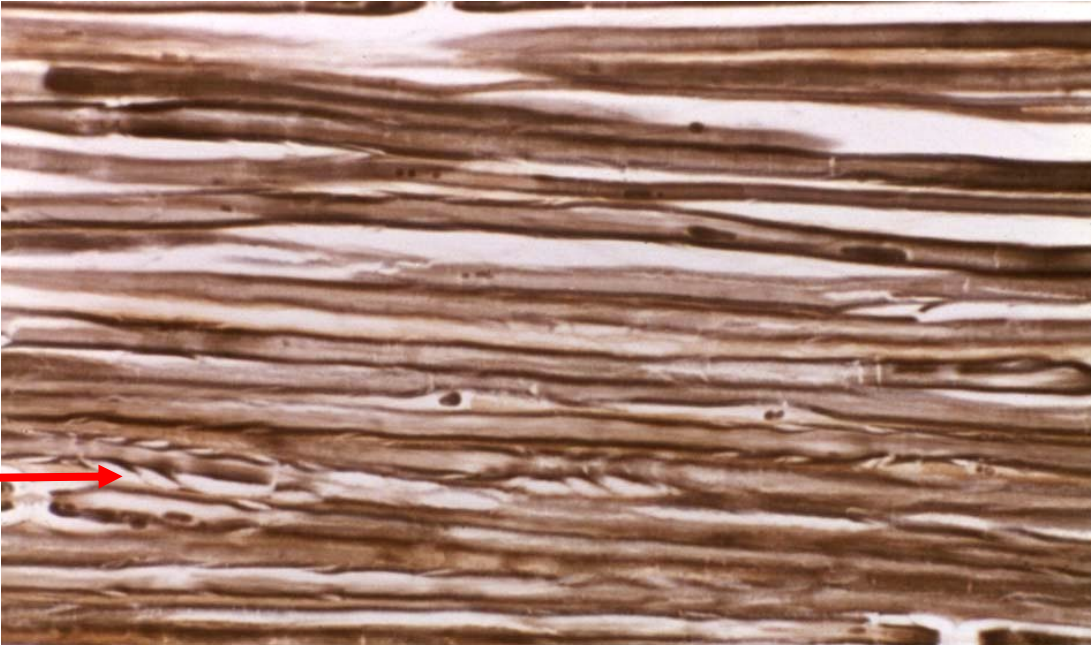
Schmidt-Lantermanovy štěrby

- Cytoplazma Schwannových buněk zachycená mezi lamelami myelinu

Neuroglie PNS – Schwannovy buňky 7



Schmidt-Lantermanovy šterbiny

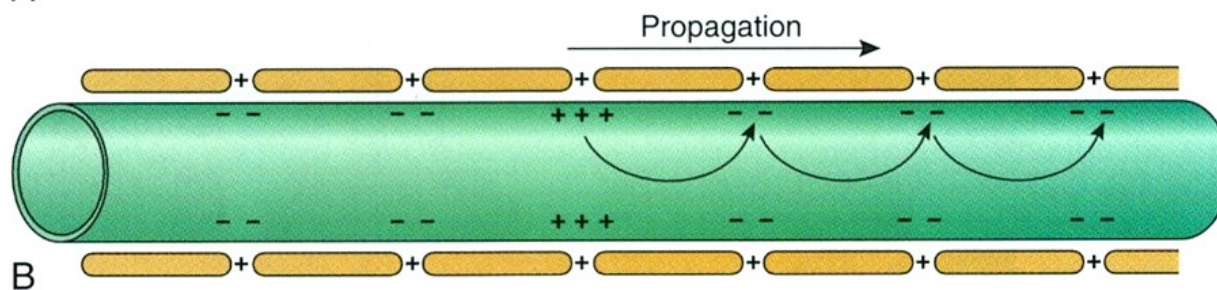
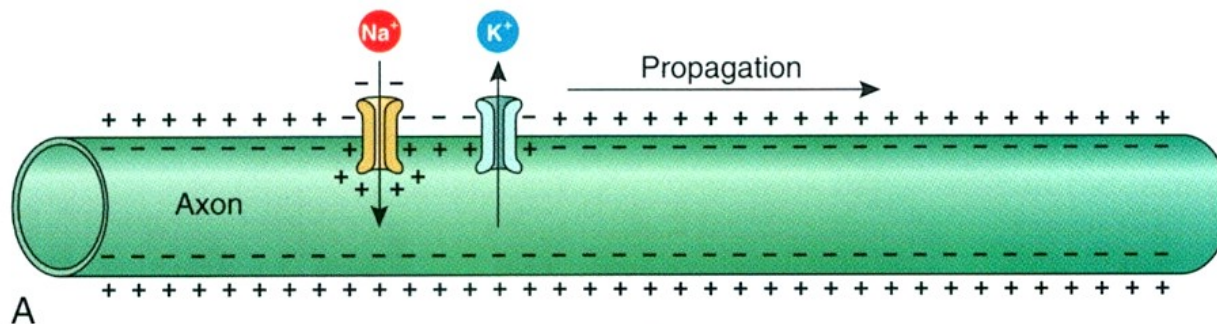


Neurologie – Funkční efekt myelinizace

Přenos signálu

Ne-myelinizované axony – pomalý (0.5 – 2 m/s)

Myelinizované axon – rychlé (15 – 20 m/s)



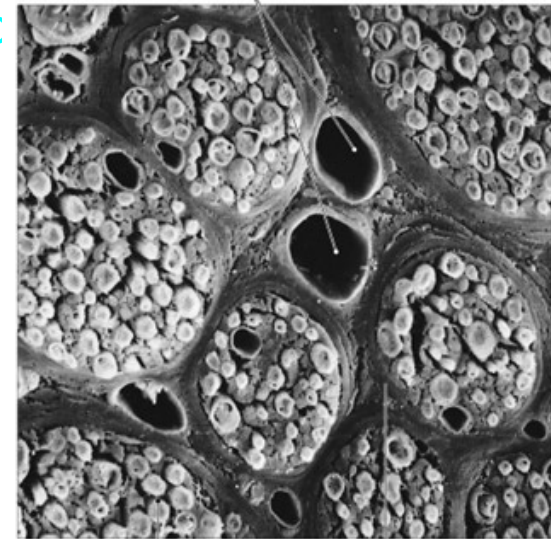
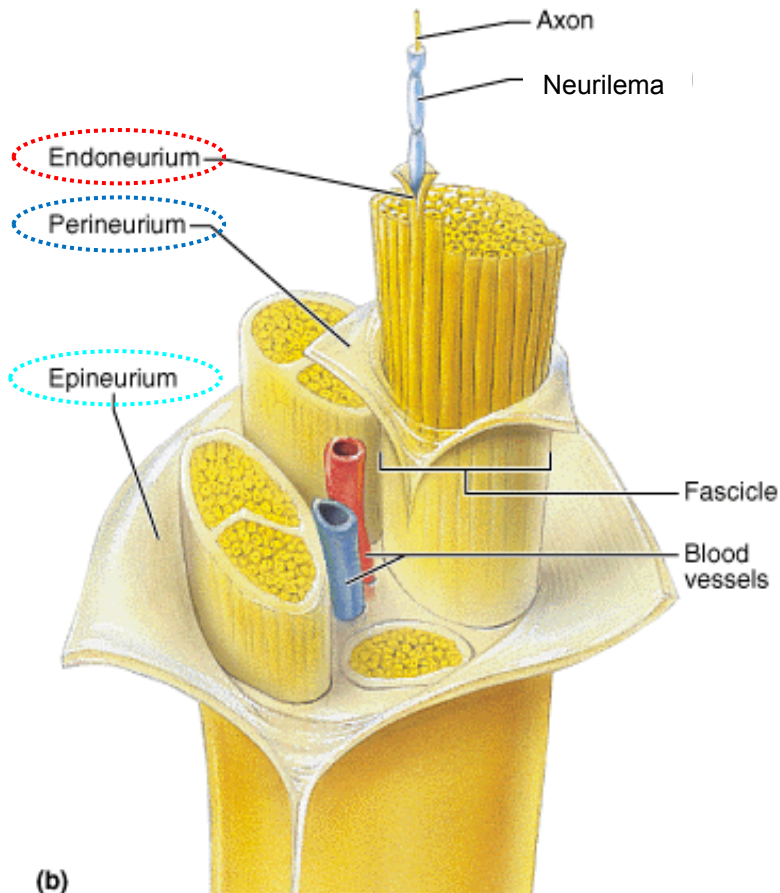
Saltatorní (salta=skok)

Periferní nerv – Organizace 1

Sestává ze 100 a 100 000 tisíc myelinizovaných a nemyelinizovaných axonů (nervových vláken)

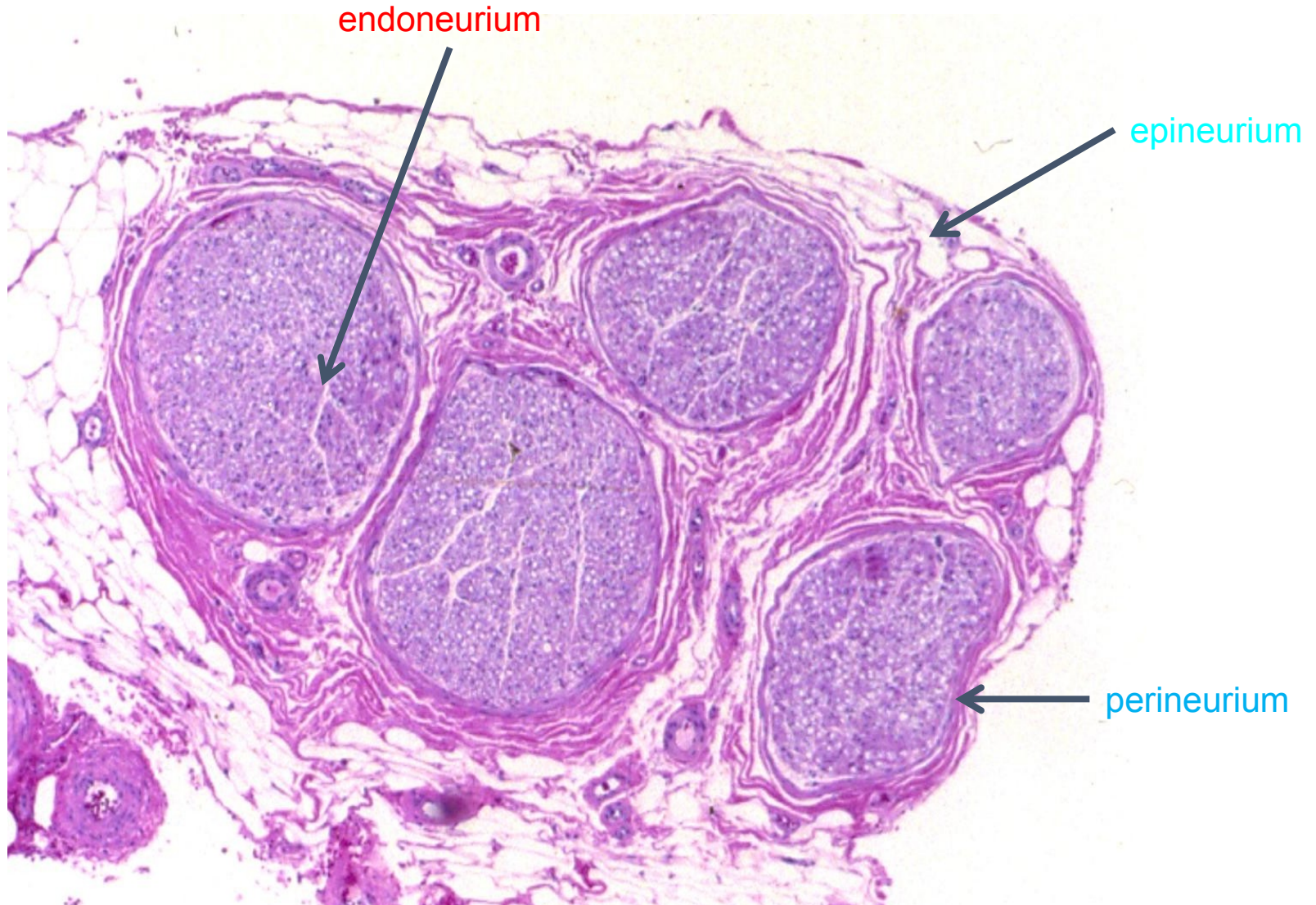
Pojivová tkáň spoluvytvářející nerv:

- **Endoneurium** – obdává axony
- **Perineurium** – obdává svazky
- **Epineurium**

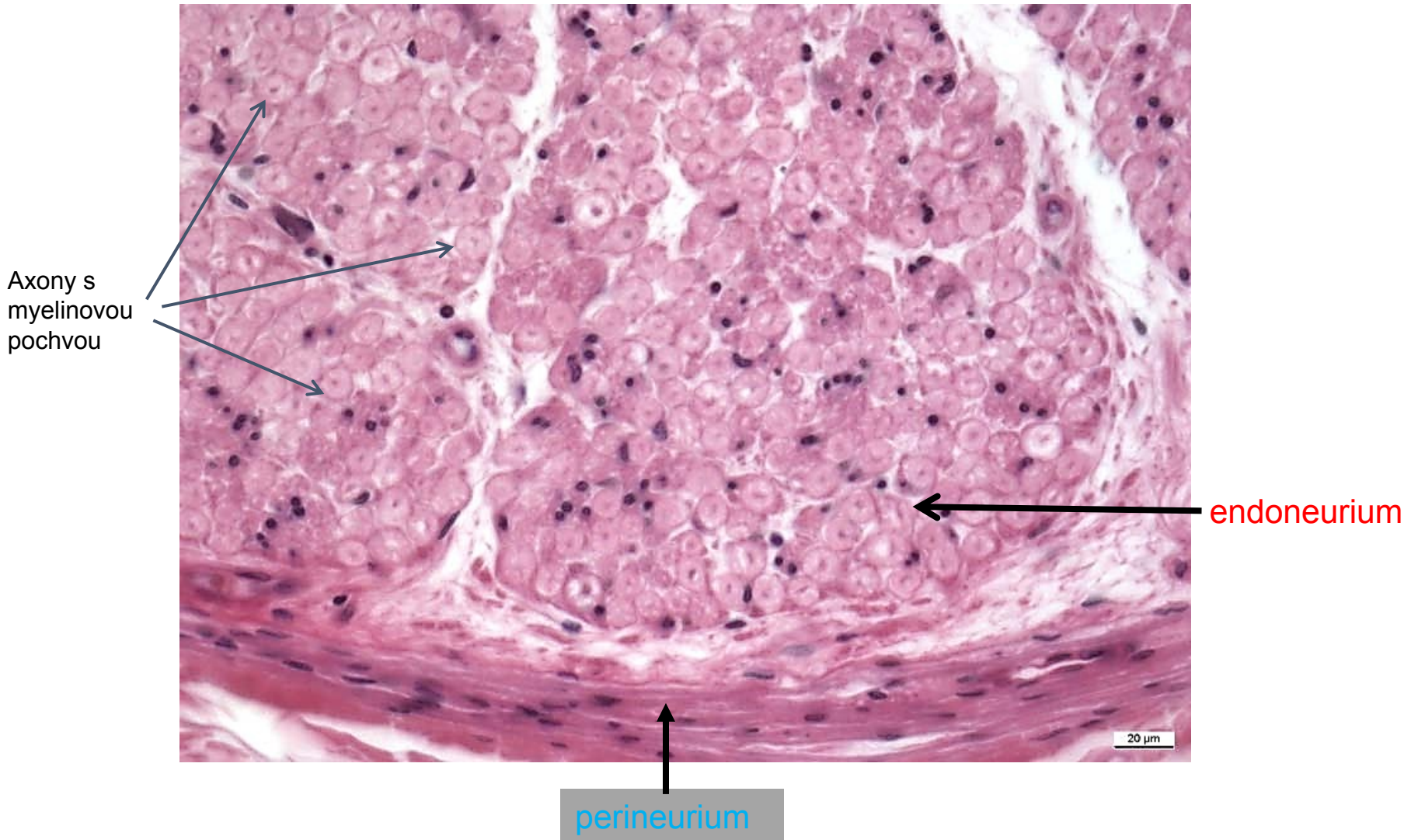


(b) Endoneurium Perineurium (around one fascicle)

Periferní nerv – Organizace 2



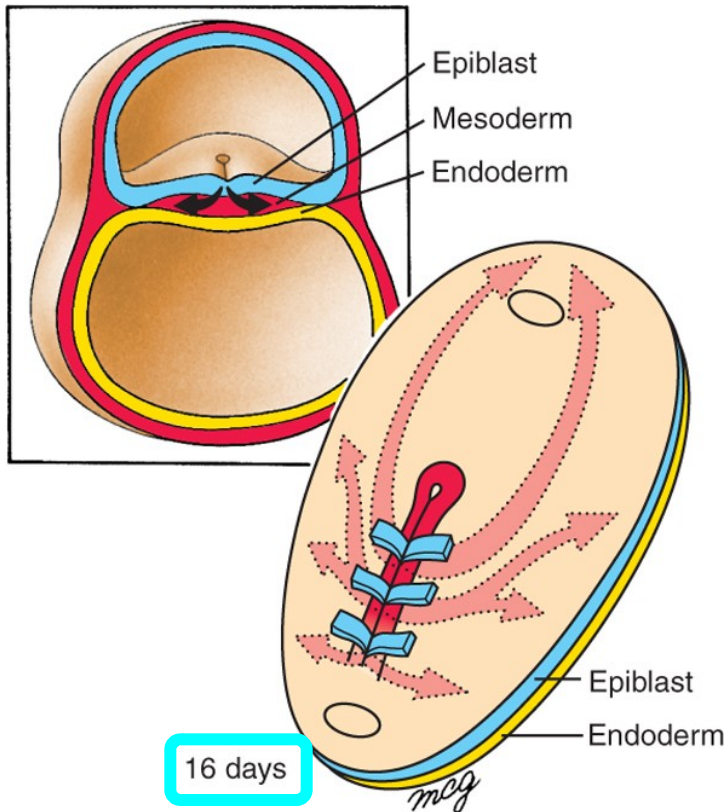
Periferní nerv – Organizace 3



Nervová tkáň – Vývoj 1

Gastrulace

Vznik tří zárodečných listů



Ektoderm: vně, překrývá další zárodečné listy, dává vznik **kůži** a **nervové tkáni**.

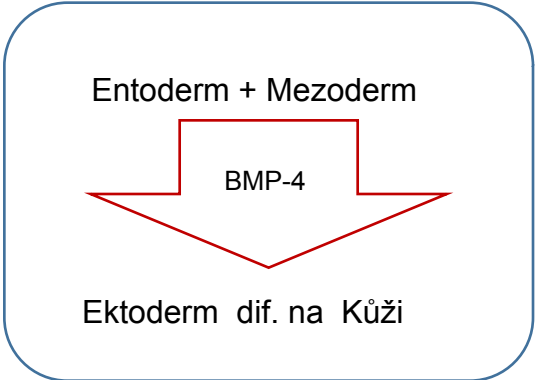
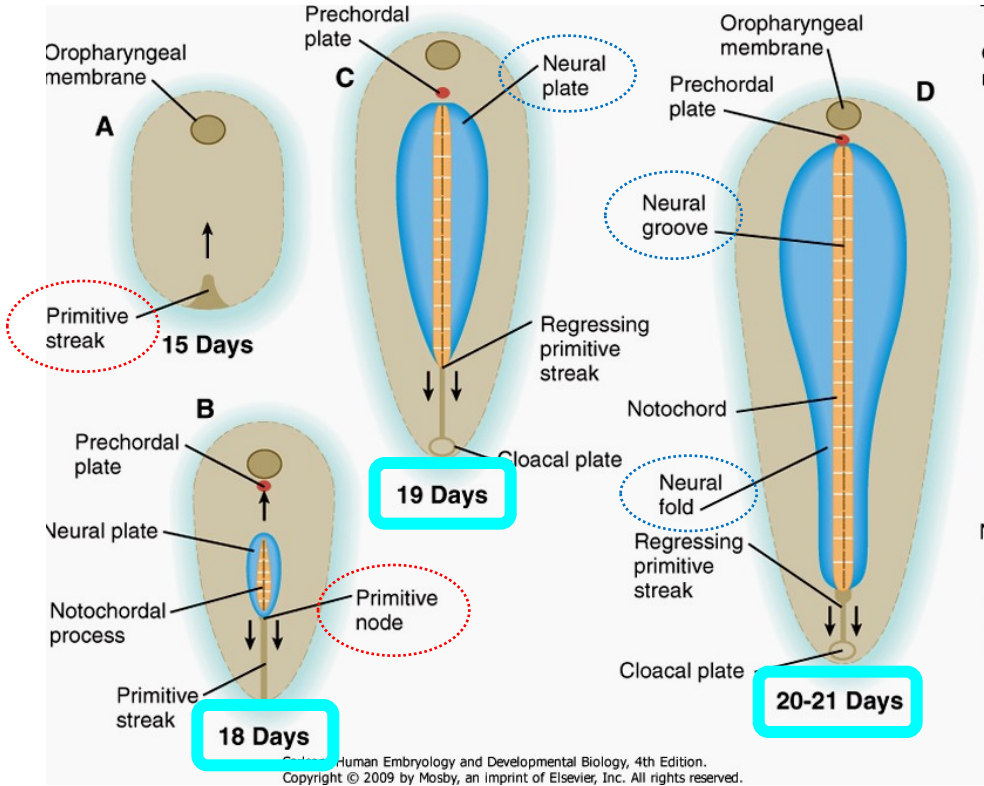
Mesoderm: middle layer, generates most of the **muscle, blood** and **connective tissues** of the body and placenta.

Endoderm: eventually most interior of embryo, generates the **epithelial lining** and associated **glands** of the **gut, lung, and urogenital tracts**.

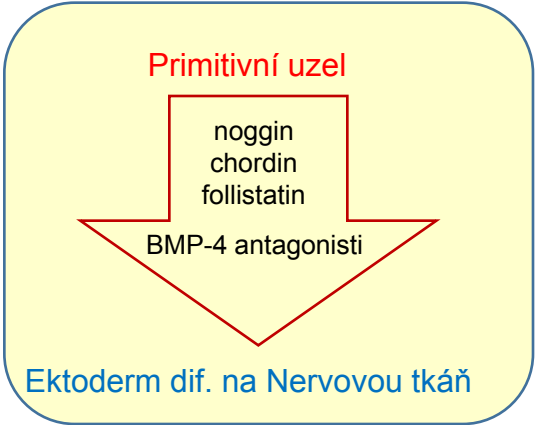
Nervová tkáň – Vývoj 2

Neurální indukce

Signály z **primitivního uzlu** indukují vznik **neurální ploténky**



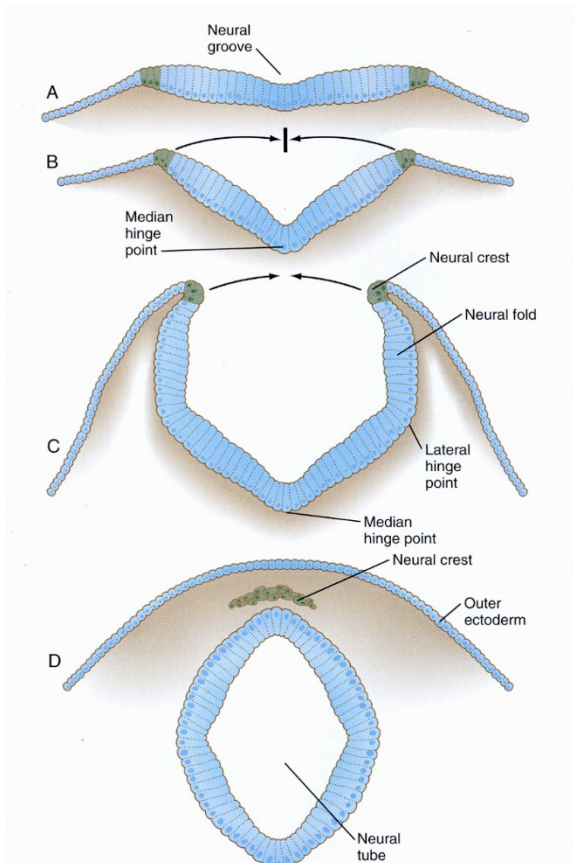
X



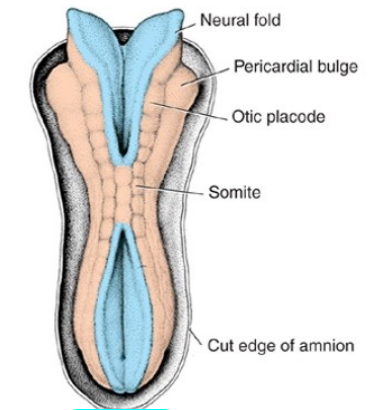
Nervová tkáň – Vývoj 3

Neurulace

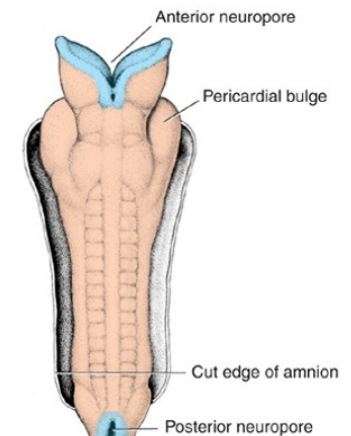
Skládání a uzavírání neurální ploténky



- neurální valy se uzavírají
- buňky neurální lišty delaminují z neuroektodermu a migrují do vzdálených destinací
- neurální trubice se uzavírá nejprve uprostřed a potom zipovitě směrem kranálním a kaudálním
- kranální neuropor se uzavírá cca ve dni 25
- kaudální neuropor se uzavírá cca ve dni 28



A 22 days

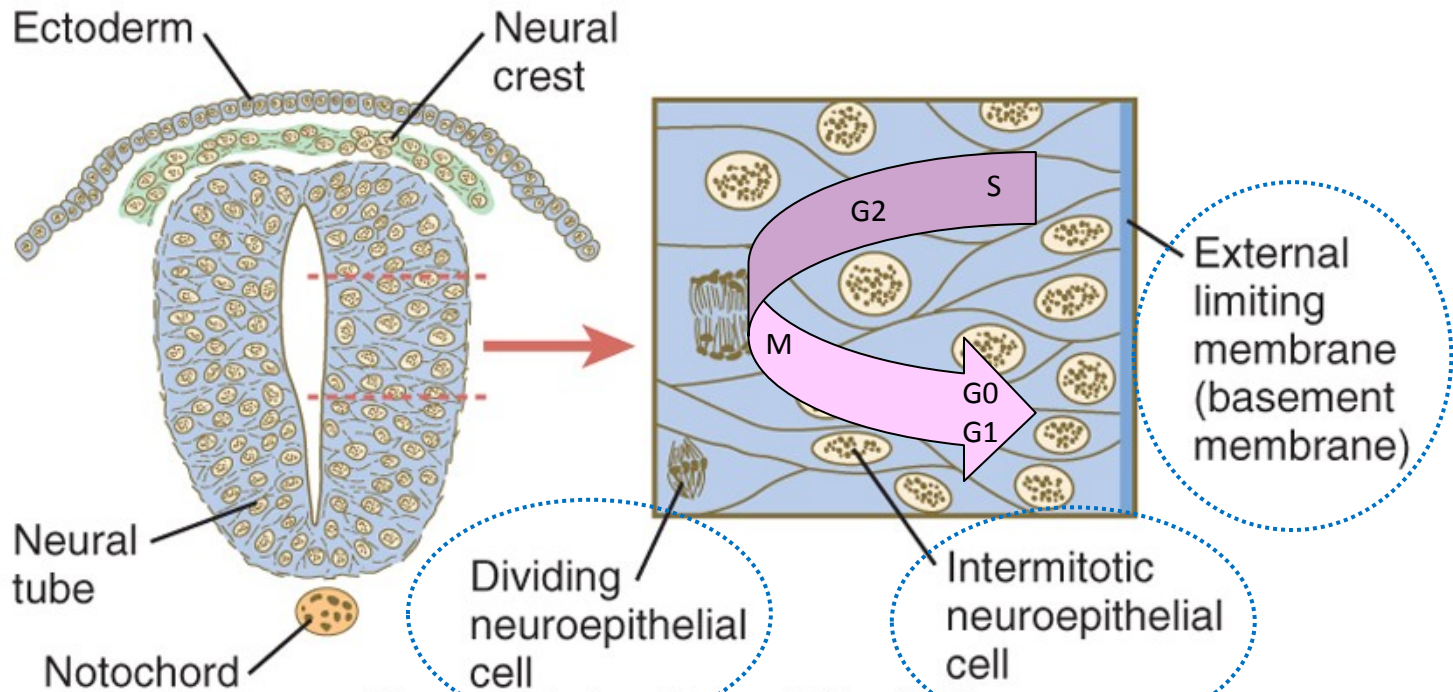


C 23 days

Nervová tkáň – Vývoj 4

Časná nervová trubice je víceřadý epitel

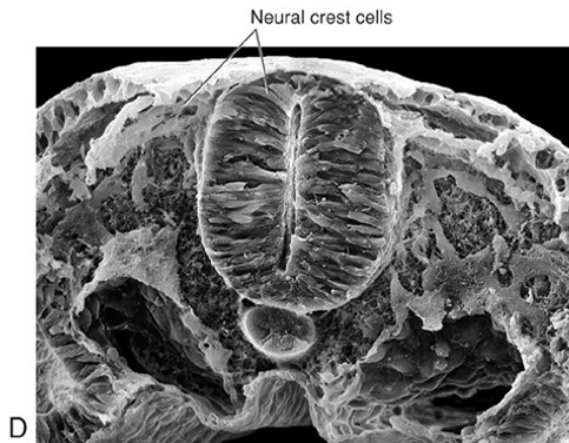
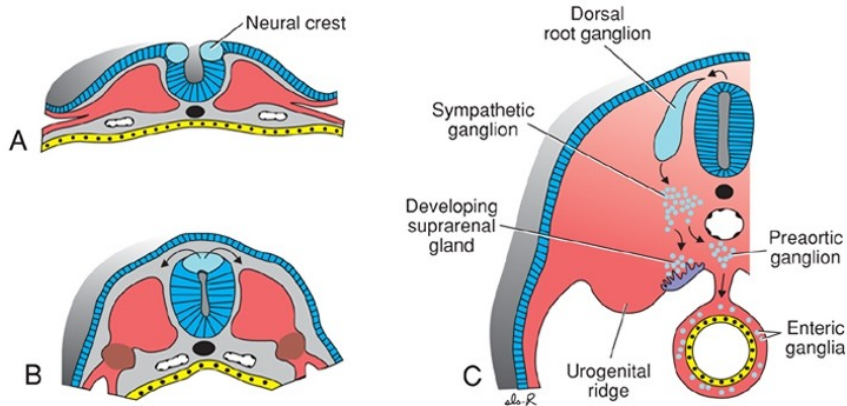
- “**apikální**” strana je přivrácena do **centrálního kanálu**
- “**bazální**” strana je přivrácena k **okolním strukturám** (somity, notochord, etc.).
- dělicí se buňky jsou na apikální straně



Nervová tkáň – Vývoj 5

Neurální lišta

“4th zárodečný list”



Signály z:

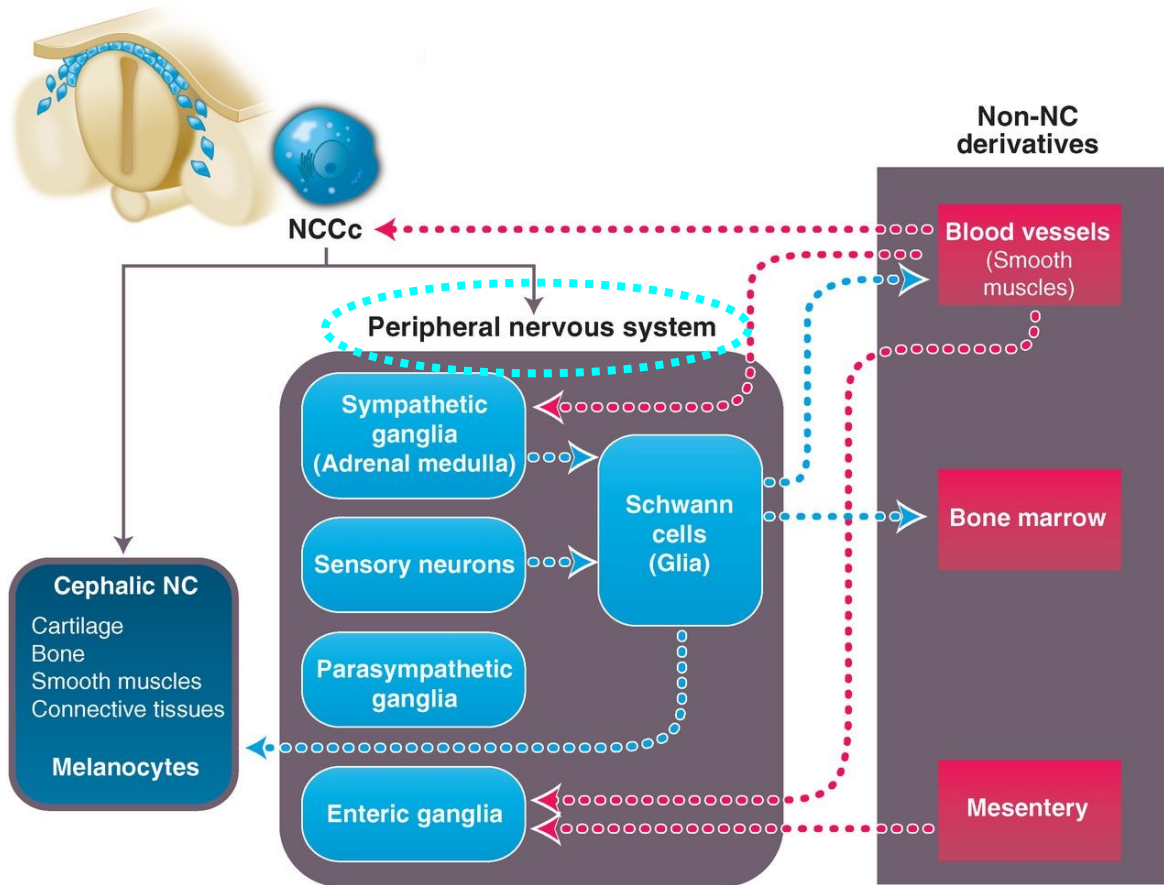
- Mesodermu
- Přilehlé kůže
- Neurální ploténky

Buňky neurální lišty

- Snižují expresi kadherinu
- Delaminují z neuroepitelu
- Transformují se do migratorních mezenchymálních buněk
- Dají vznik mnoha buněčným typům

Nervová tkáň – Vývoj 6

Deriváty neurální lišty

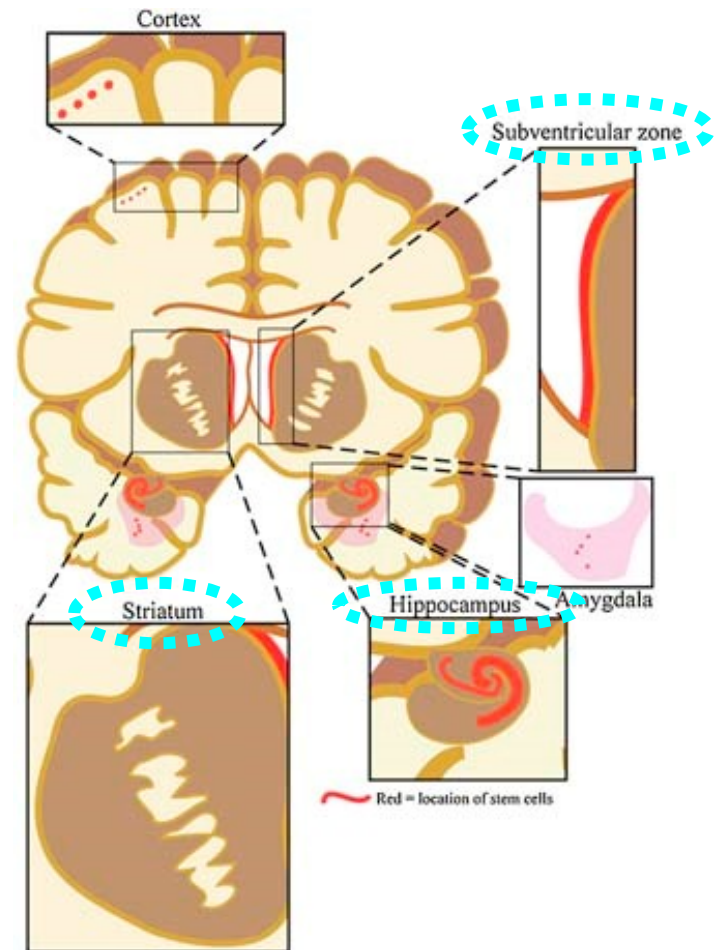


Regenerace nervové tkáně - CNS

Kmenová / progenitorové buňky přítomné v různých oblastech mozku

Celoživotní plasticita CNS

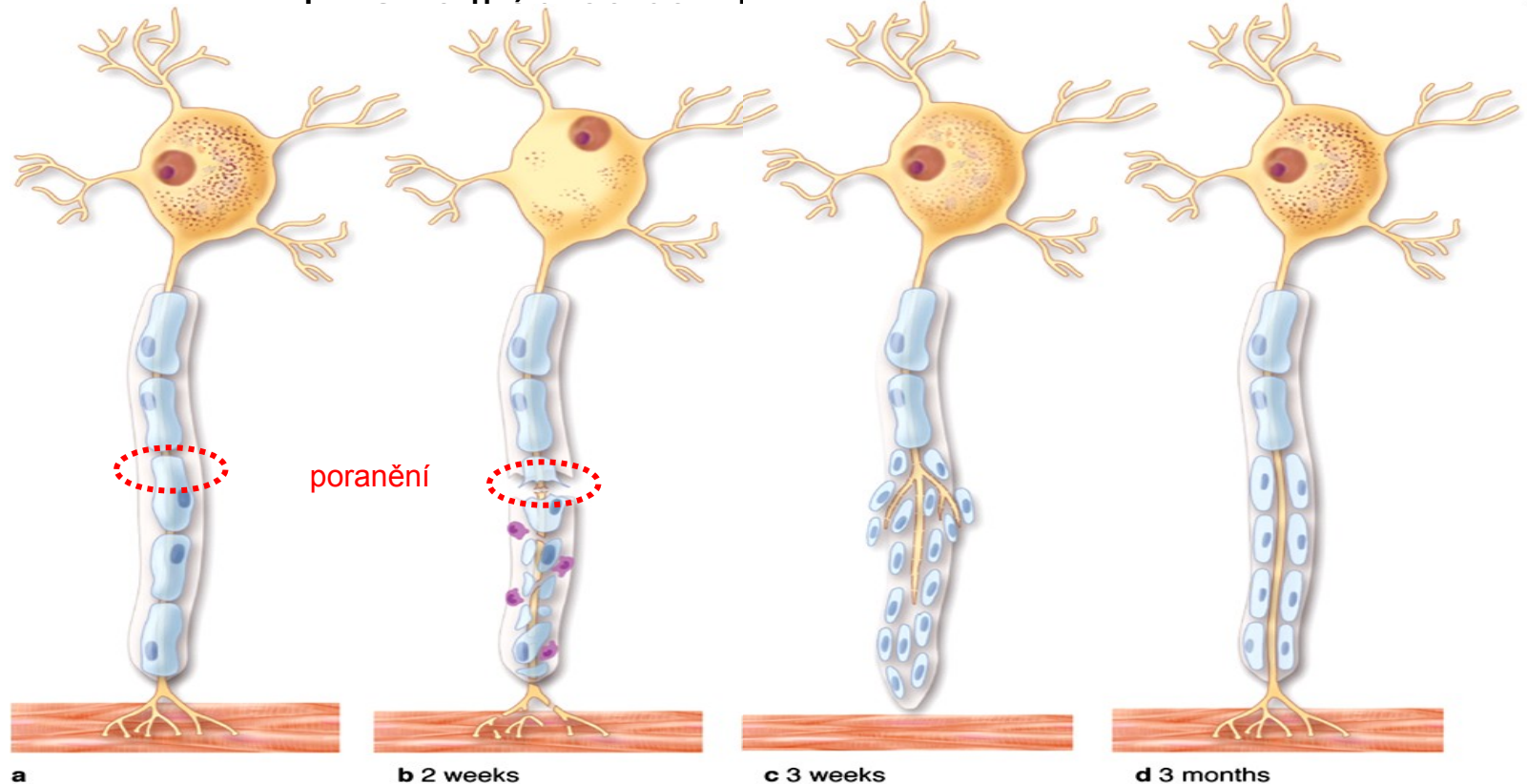
- Vývoj nových dendritů a jejich větvení
- Syntéza nových proteinů
- Změny v synaptických kontaktech



Regenerace nervové tkáně - PNS

Axony i dendrity mohou být opraveny pokud:

- Tělo neuronu je nepoškozené
- Schwannovy buňky jsou aktivní a jsou schopny tvořit navigační dráhu



a

b 2 weeks

c 3 weeks

d 3 months

Rozpad axonu
Rozpad myelinové pochvy

Dělení Schwannových buněk
Růst axonu
(1.5 mm/day)
Navigace Schwannovými buňkami
Zánik kolaterální axonů

Děkuji za pozornost!

Otázky a komentáře na:
ahampl@med.muni.cz

DĚKUJI ZA POZORNOST

pvanhara@med.muni.cz

<http://www.med.muni.cz/histology>

