

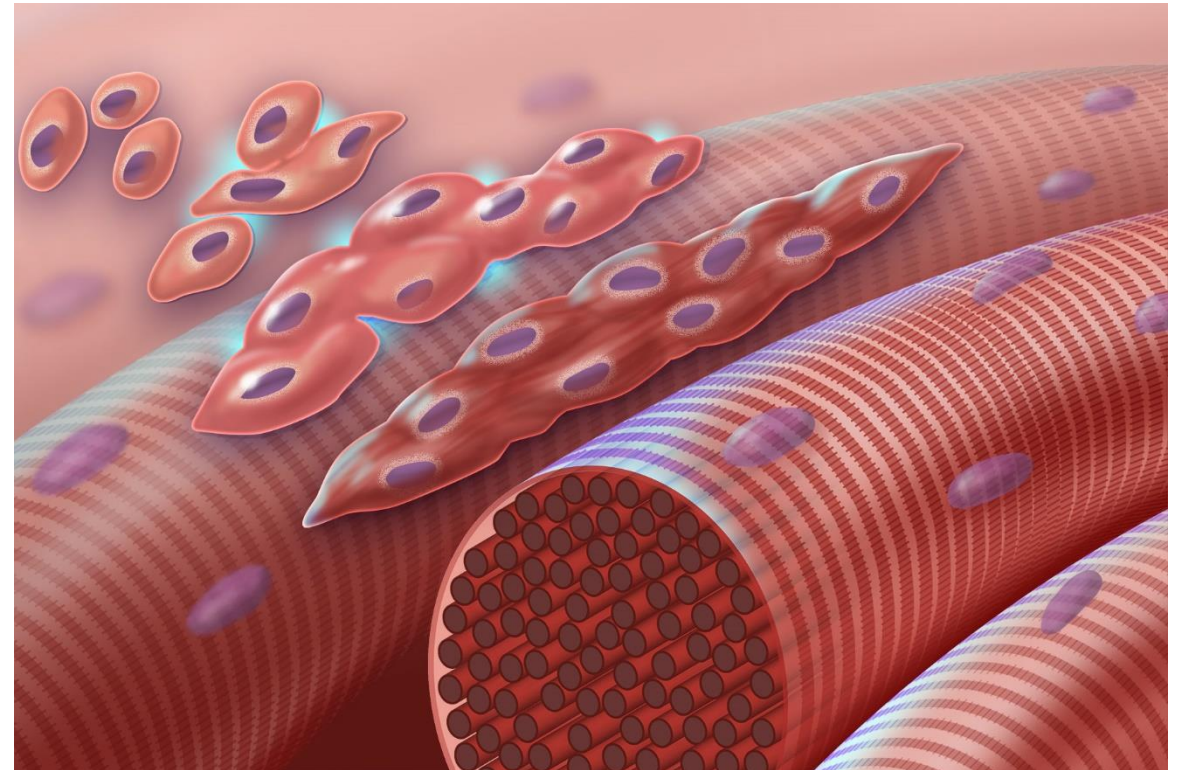
**Regenerace svalové tkáně. Stavba svalu,
šlachy. Pomocná svalová zařízení,
Motorická jednotka**

Zkouškové otázky

- 12. Stavba svalu. Motorická jednotka.
- 13. Cévní a nervové zásobení svalu. Stavba šlachy.
- 14. Pomocná svalová zařízení.

Embryologický vývoj kosterní svaloviny

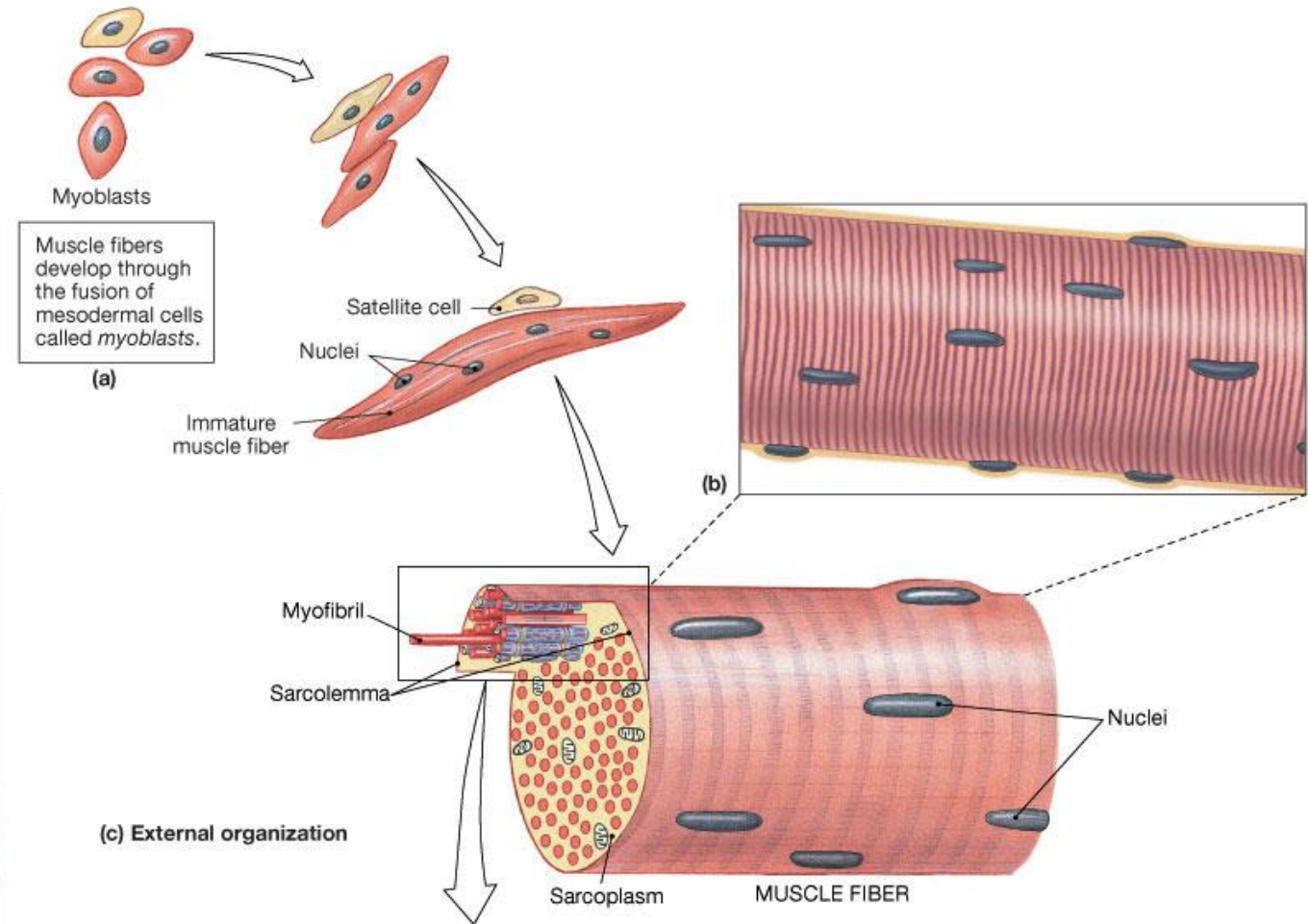
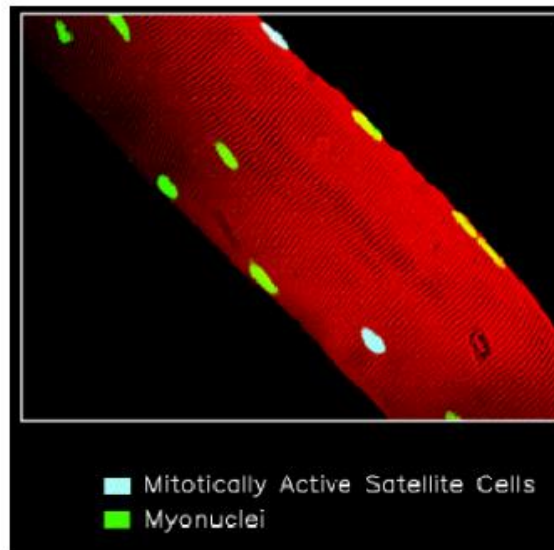
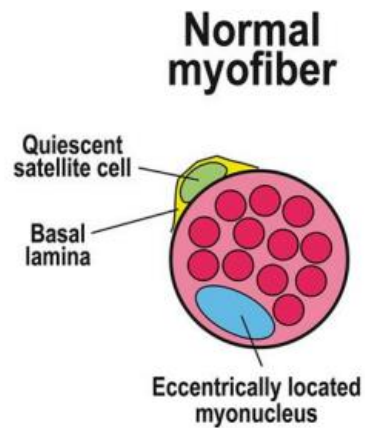
- **myoblast** - jednojaderná vřetenovitá buňka bez myofibril
- splýváním myoblastů → **myotuby**
- **myotuby** - mnohojaderné válcovité buňky v nichž se již začínají tvořit myofibrily
- v dalším průběhu - jádra k periferii a myofibrily k centru → **rhabdomyocyt**



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Myoblast_Fusion_-_Myogenesis.jpg

Satelitní buňky

- leží mezi **lamina basalis** a sarkolemou rhabdomyocytu
- kmenové buňky svalové tkáně

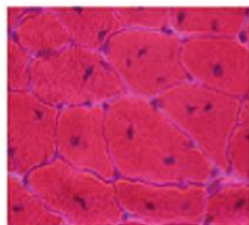
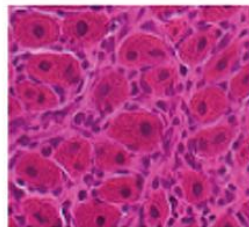
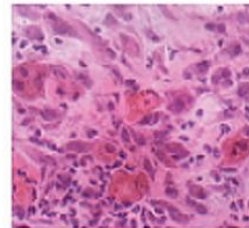
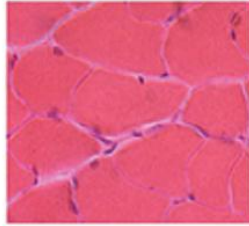
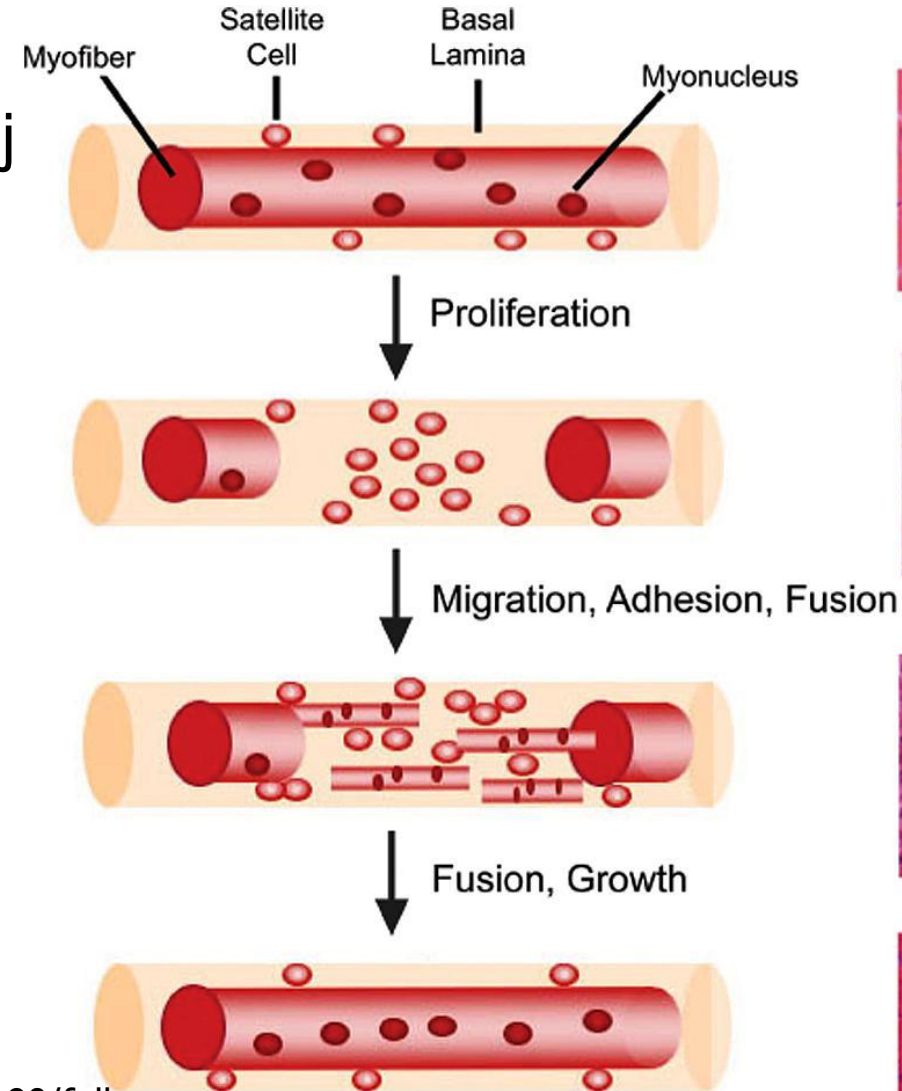


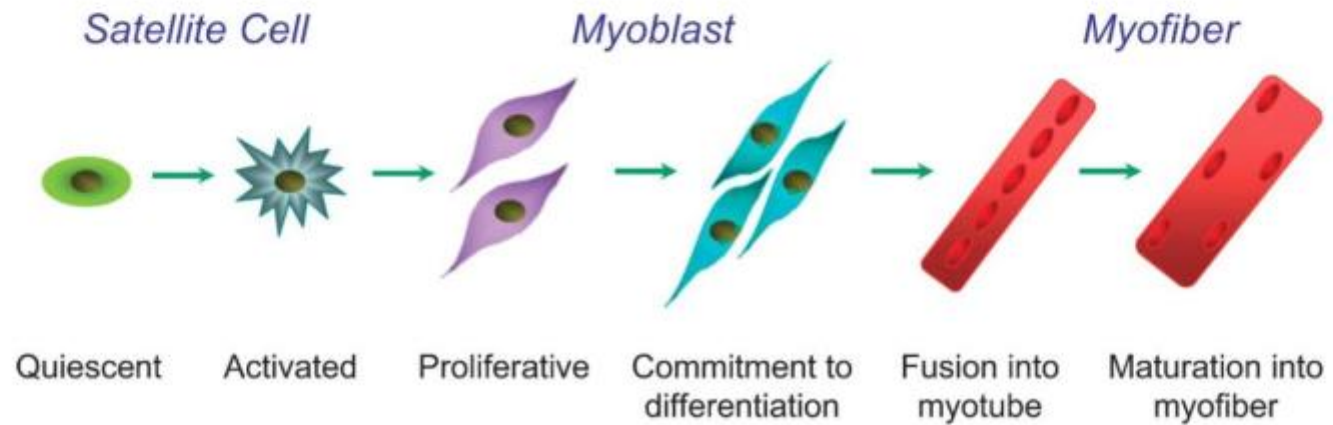
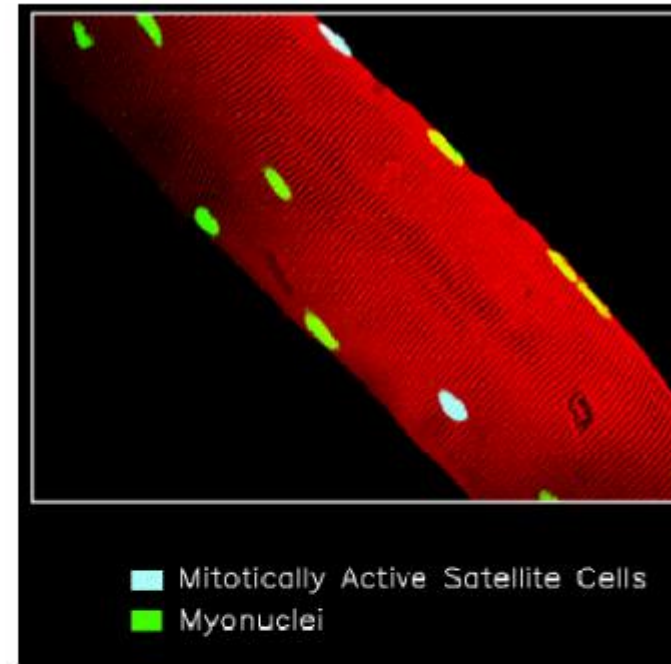
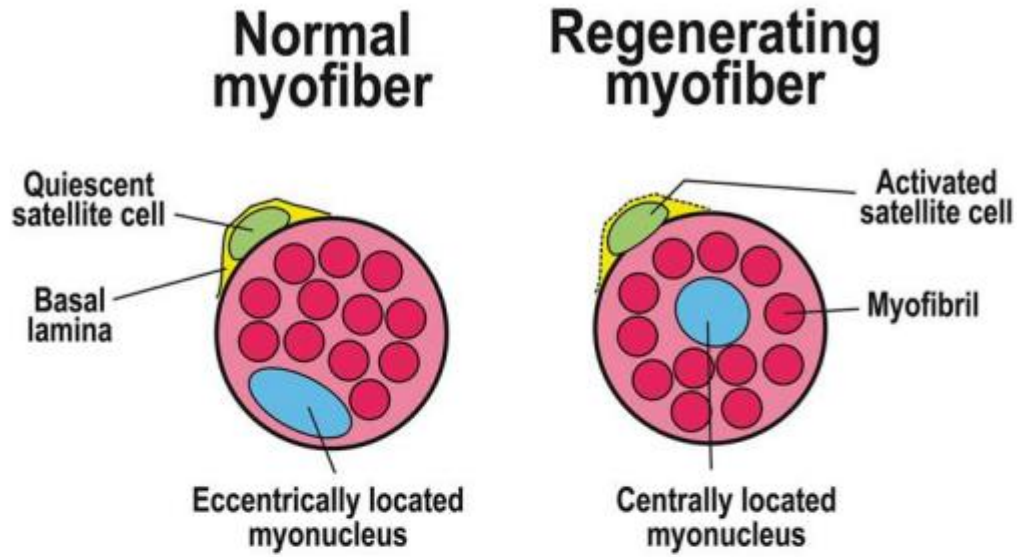
Copyright © 2003 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

https://www.apsbiology.org/anatomy/2010/2010_Exam_Review/Exam_3_Review/CH_09_General_Muscle_Terminology.htm

Regenerace kosterní svaloviny

- do značné míry opakuje embryonální vývoj
- **satelitní buňky** proliferují
- ze satelitních buněk → **myoblasty**
- myoblasty → **fúzí v myotuby**
- myoblasty/myotuby **fúzí mezi sebou** a také **s pahýly rhabdomyocytů**
- **svalová vlákna regenerují** (dají se odlišit podle centrálně umístěných jader)





Regenerace srdeční svaloviny

- kardiomyocyty se nedělí
 - **chybí satelitní buňky**
 - existence srdečních kmenových buněk – kontroverzní téma
 - srdeční tkáň → minimální regenerace (~1 % ročně)
-
- vazivová jizva
 - hypertrofie zbylé tkáně

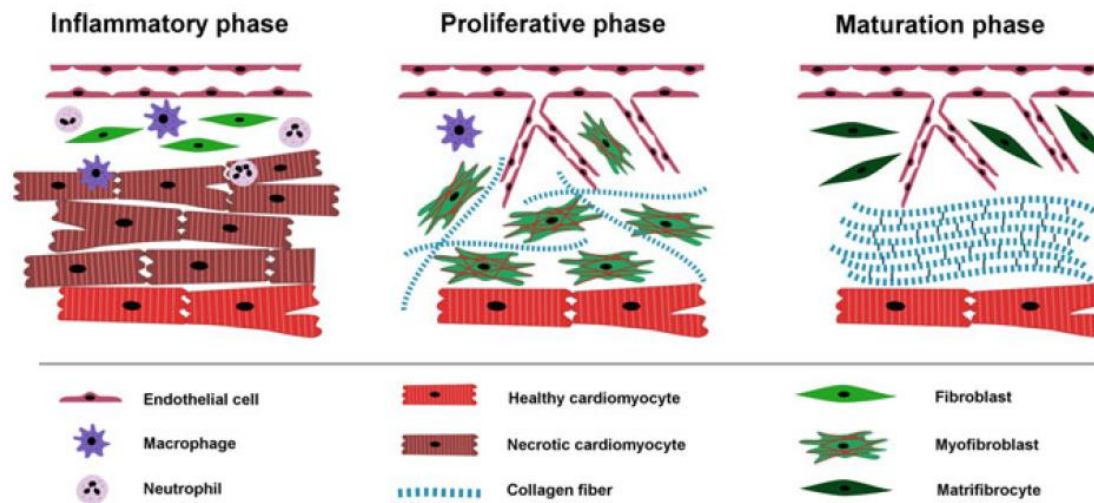


Fig. 9.1 Phases of healing post-myocardial infarction

<https://www.springer.com/gp/book/9783030312602>

Regenerace hladké svaloviny

- leiomyocyty jsou schopné dělení
- regenerace je možná

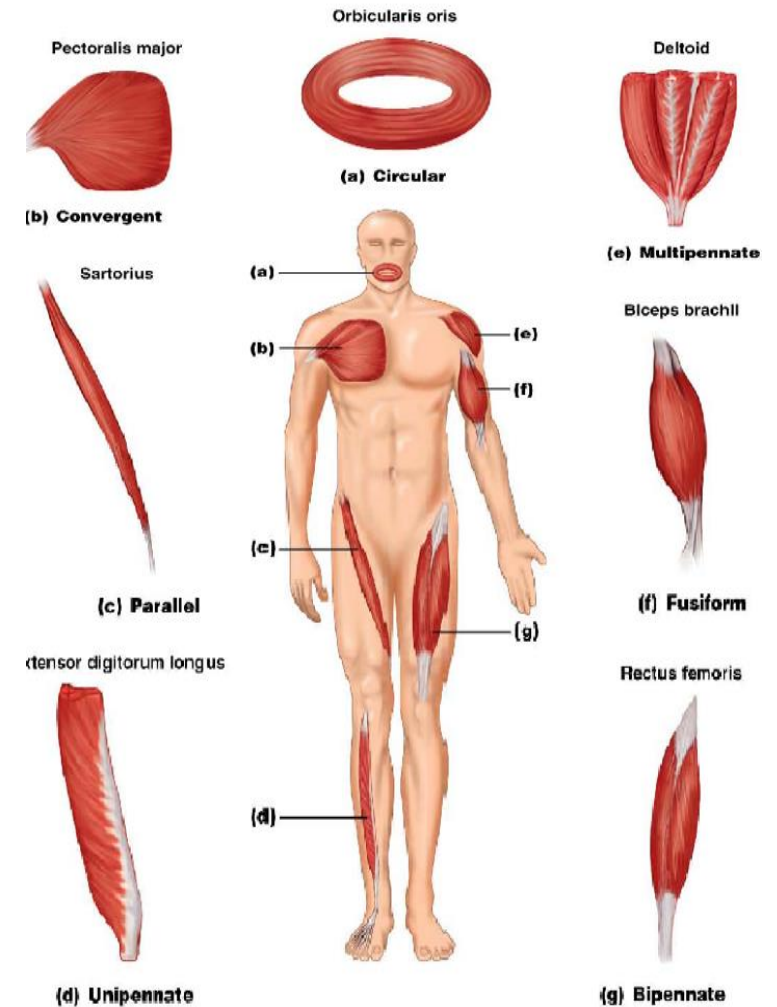
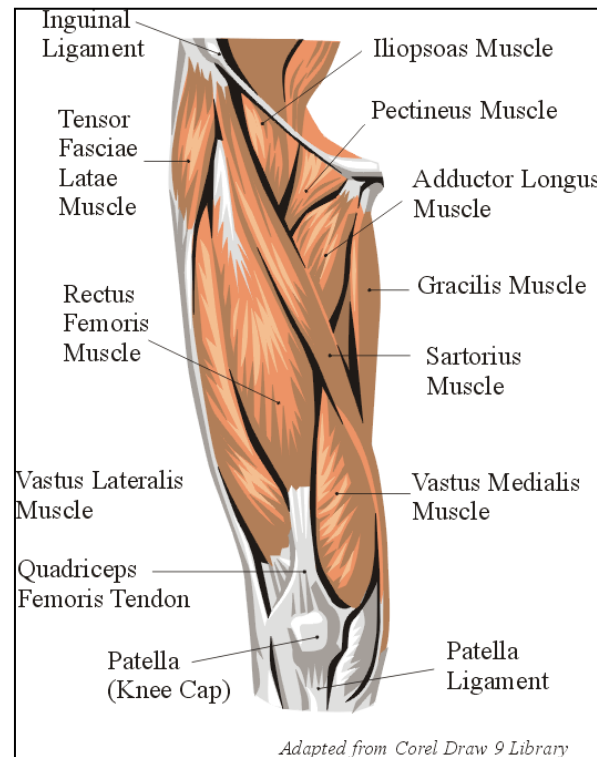
Regenerace svalové tkáně - shrnutí

- vysoce diferencovaná tkáň (zejména příčně pruhovaná)
- nízká schopnost regenerace
- **kosterní** sval se hojí jizvou + lehce regeneruje ze satelitových bb.
- **srdeční** sval se hojí vazivovou jizvou
- **hladké** svalové bb. se dělí a snadno regenerují

Sval

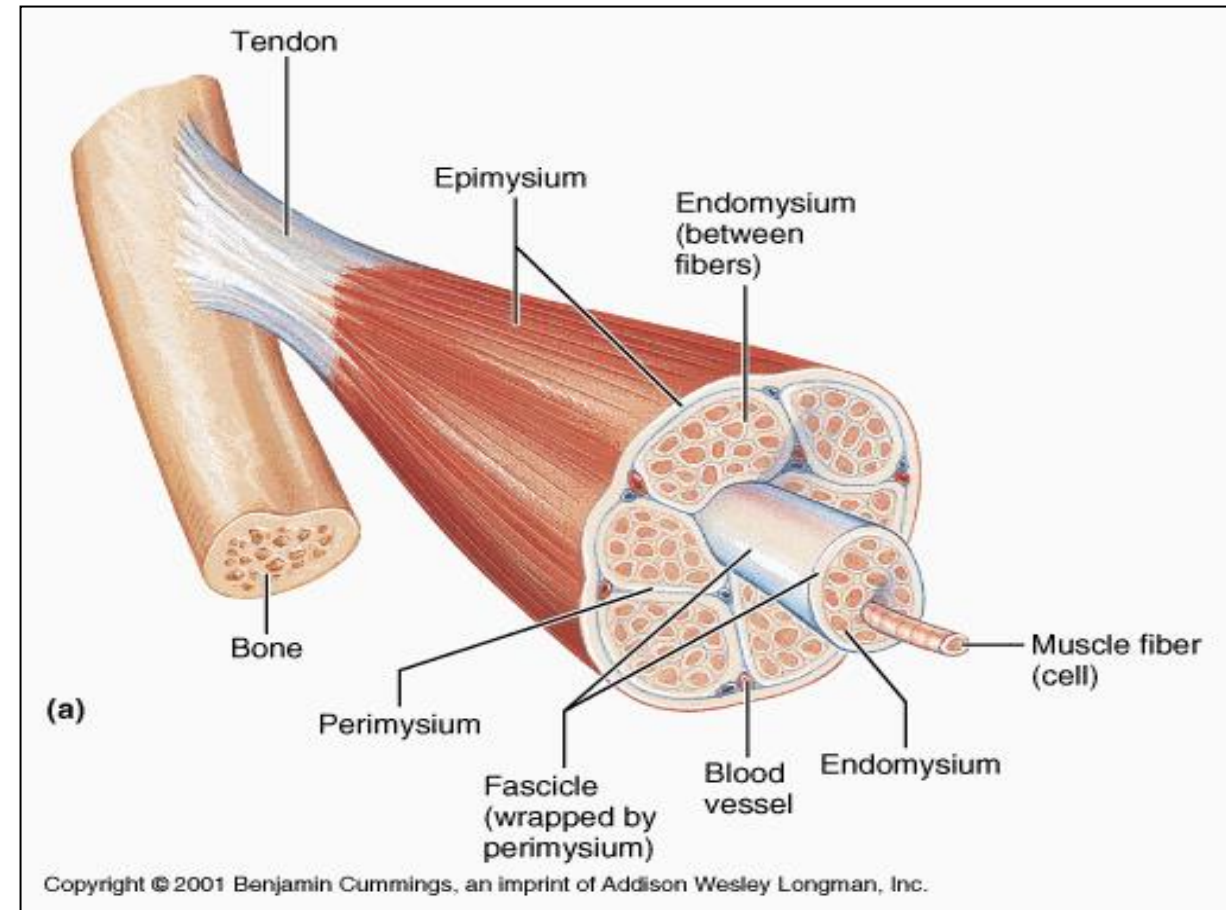
- masitá část svalu
- šlacha
- nervově-cévní svazek

- pomocná svalová zařízení
 - povázky (fascie)
 - šlachové pochvy
 - synoviální váčky
 - kladky



Masitá část svalu

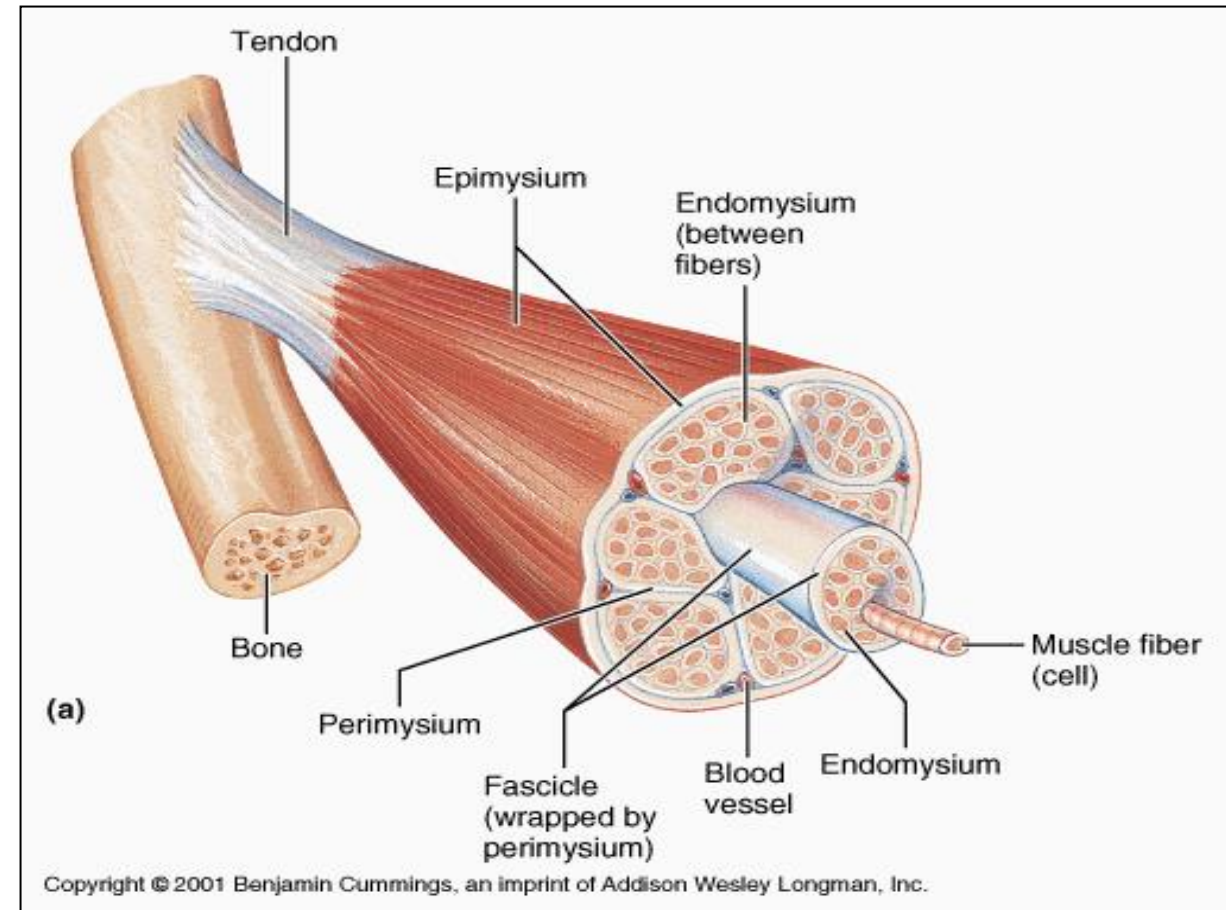
- tvar – různý, barva – červenohnědá
- primární svalové snopce - svazky 10–50 rhabdomyocytů
- sekundární snopce – seskupením primárních
- terciární snopce – seskupením sekundárních
- sval



Masitá část svalu

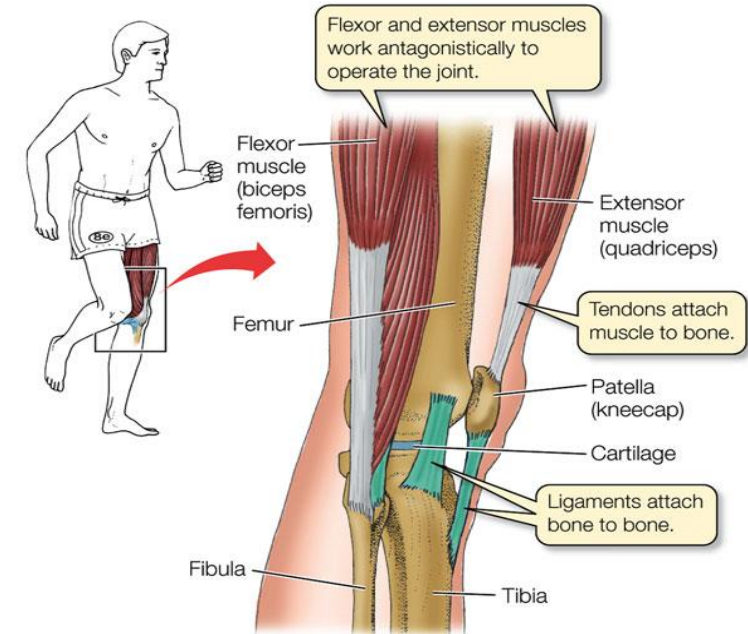
Vazivo svalu

- **endomysium** – obaluje **jednotlivé rhabdomyocyty** v rámci primárních snopců - jemné vazivo, kolagenní a retikulární vlákna, ojedinělé fibrocyty
- **perimysium** – obaluje **svalové snopce** (svazky) - řídké kolagenní vazivo, cévy, nervy, tukové buňky
- **epimysium** – obaluje **celý sval** - husté kolag. vazivo neuspořádané, plynule přechází do fascie (což je pomocné svalové zařízení)



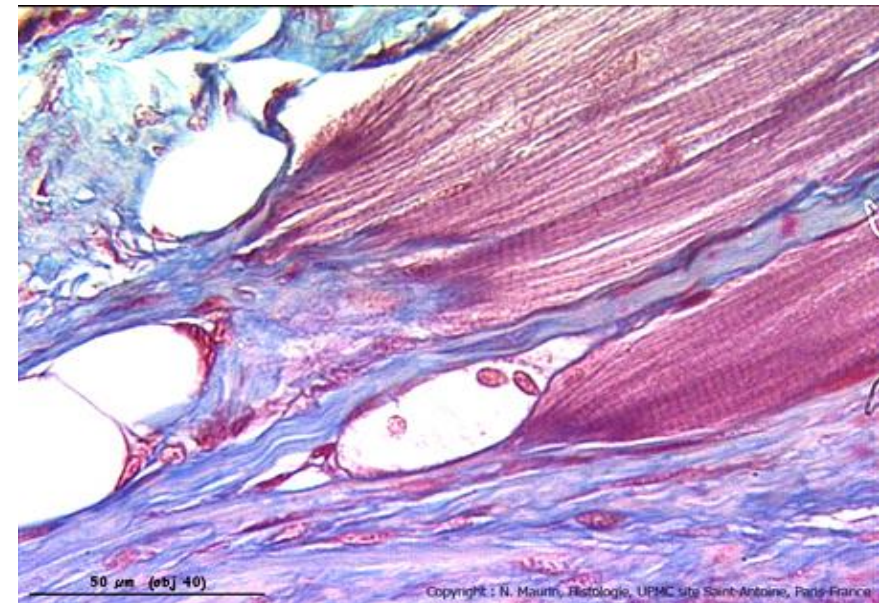
Šlacha

- připojuje masitou část ke kosti
- úzká nebo rozprostřená do plochy (= aponeuróza)
- husté kolagenní vazivo uspořádaného typu
- svazky kolag. vláken typu I (fibrae tendinae)
- fibrocyty oploštělé (křídlaté buňky)
- peritenonium – povrchový obal šlachy

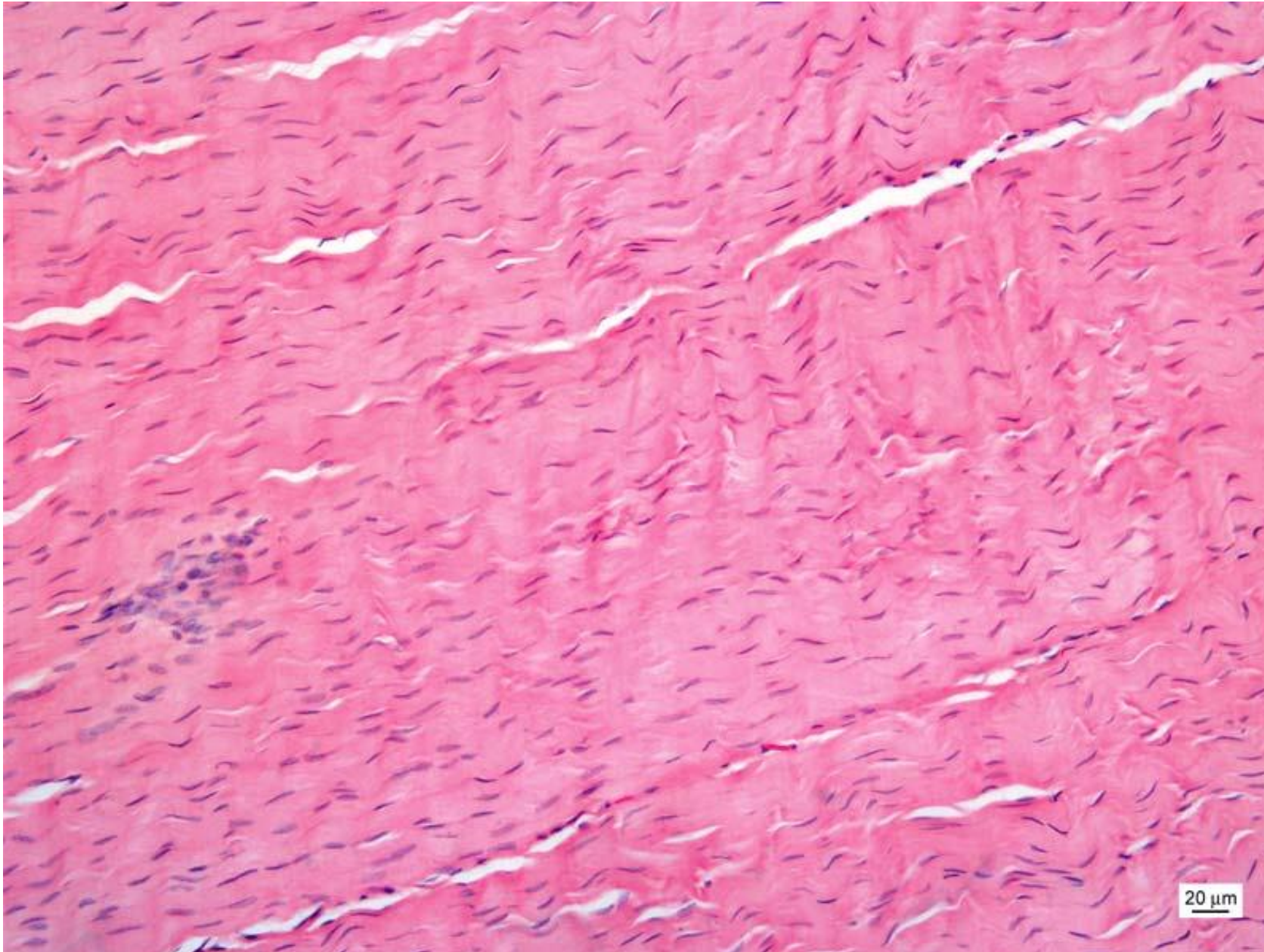


LIFE 8e, Figure 47.20

LIFE: THE SCIENCE OF BIOLOGY, Eighth Edition © 2007 Sinauer Associates, Inc. and W. H. Freeman & Co.

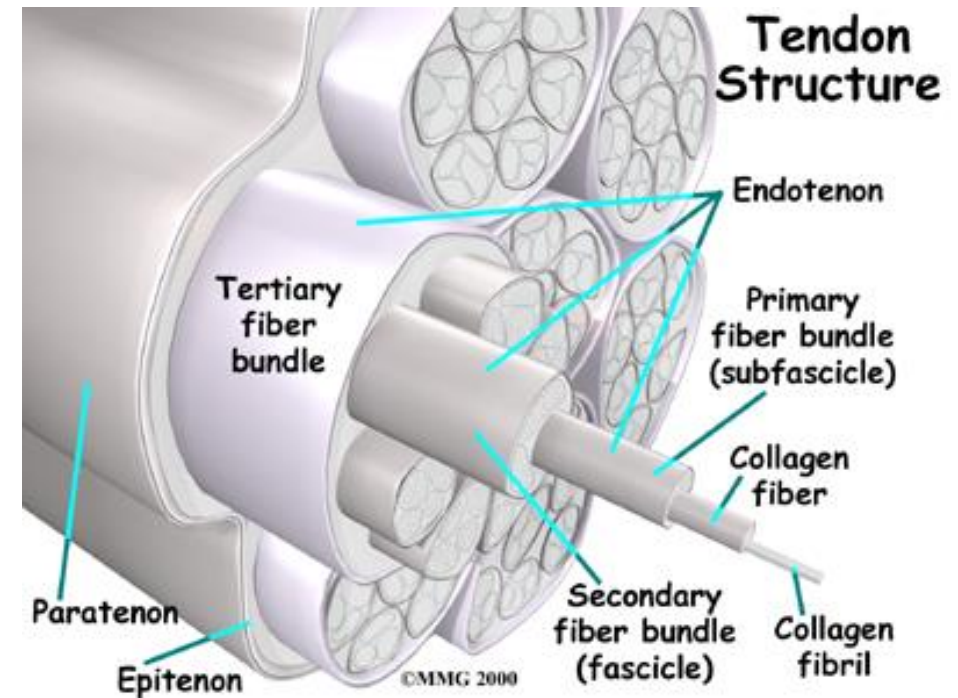
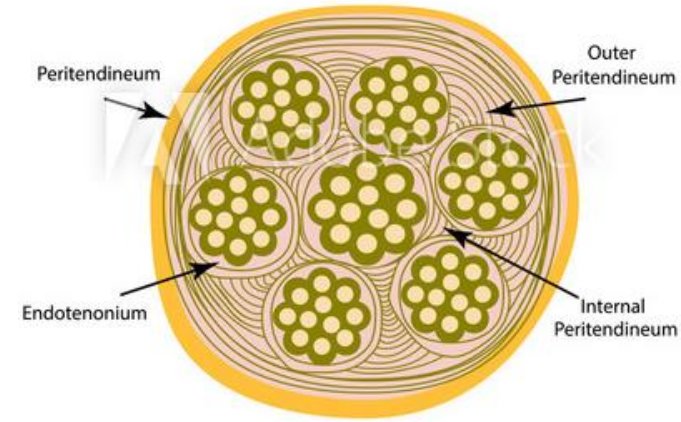


Husté kolagenní vazivo uspořádaného typu - šlacha



Šlacha

- primární snopce kolagenních vláken (fibrae tendinae) – obaluje je **endotenonium**
- sekundární snopce – svazky primárních – obaluje je **peritenonium**
- terciární – svazky sekundárních - obaluje je peritenonium
- šlacha – její obal **epitenonium**



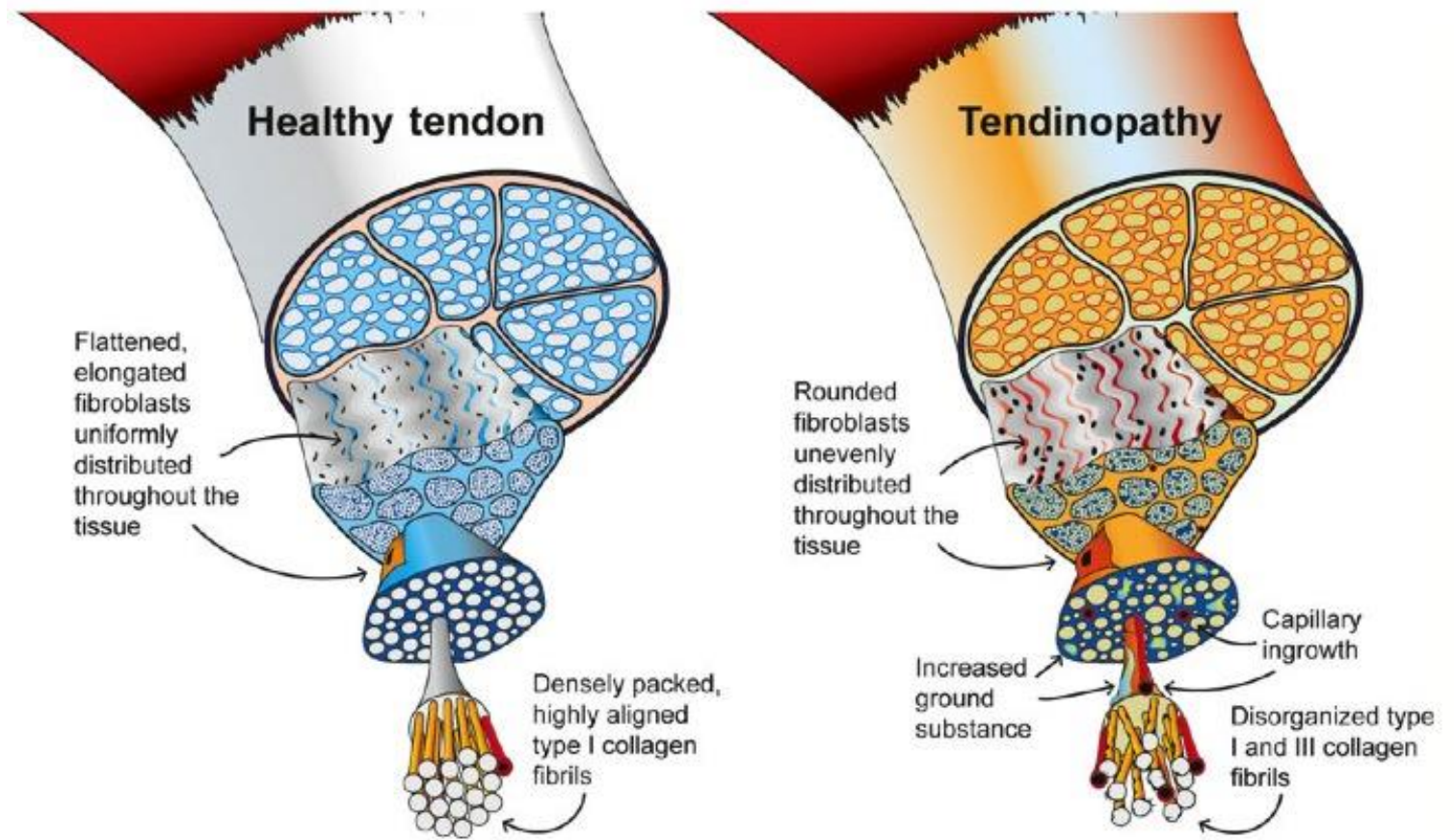
Šlacha

Zdravá šlacha

- protáhlé a oploštělé fibroblasty homogenně rozptýlené
- paralelně jdoucí a těsně na sebe nakupená kolagenní vlákna

Patologie

- zakulacené fibroblasty, nehomogenně rozptýlené
- organizace kolagenních vláken se zhoršuje
- zvyšuje se množství amorfní hmoty
- vrůstají kapiláry

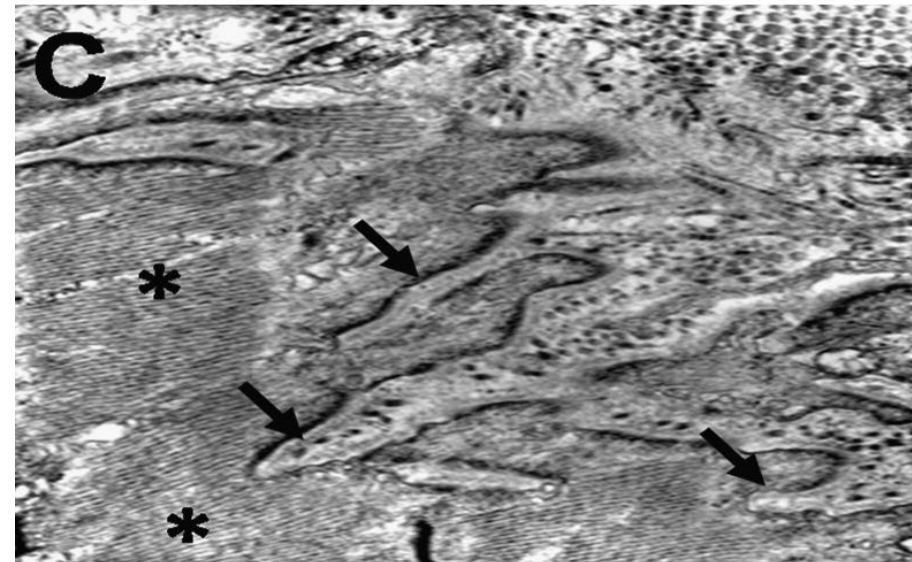
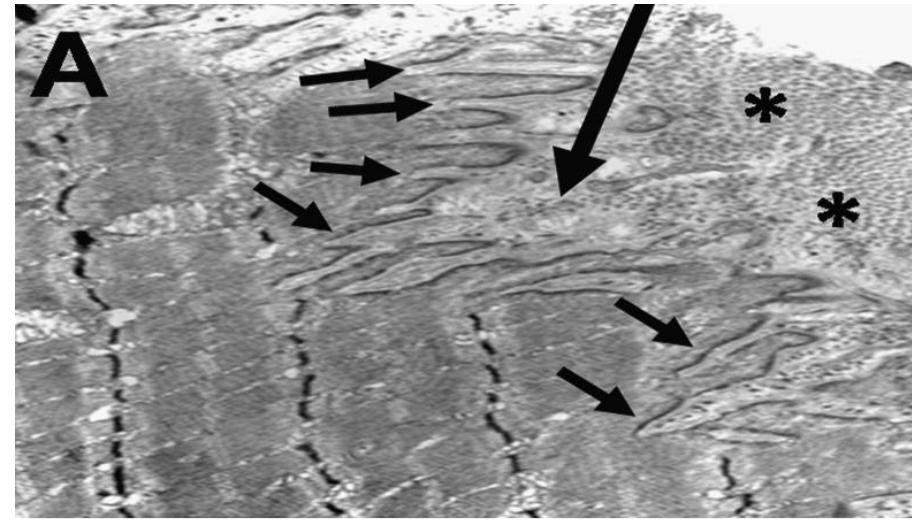


<https://www.mendcolorado.com/physical-therapy-blog/2018/4/14/updates-on-the-successful-management-of-tendon-pain>

Šlacha

Spojení šlachy s masitou částí

- v místě přechodu má každý konec rhabdomyocytu dlouhé **tubulární invaginace sarkolemy**, do kterých se jednotlivě nebo ve skupinkách **vsouvají konce kolagenních vláken**
- z nich se odvětvují kolagenní fibrily, které končí v síti retikulárních vláken na povrchu sarkolemy, tedy v lamina basalis
- **Šlachová vřeténka**



<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968432810000703>

Šlacha

- Spojení šlachy s kostí (enthesis)**
- kolagenní vlákna prochází skrze následující zóny
- husté kolagenní vazivo uspořádaného typu (šlacha) → **nemineralizovaná vazivová chrupavka** → **mineralizovaná vazivová chrupavka** → **kost**
- patologie - entezopatie

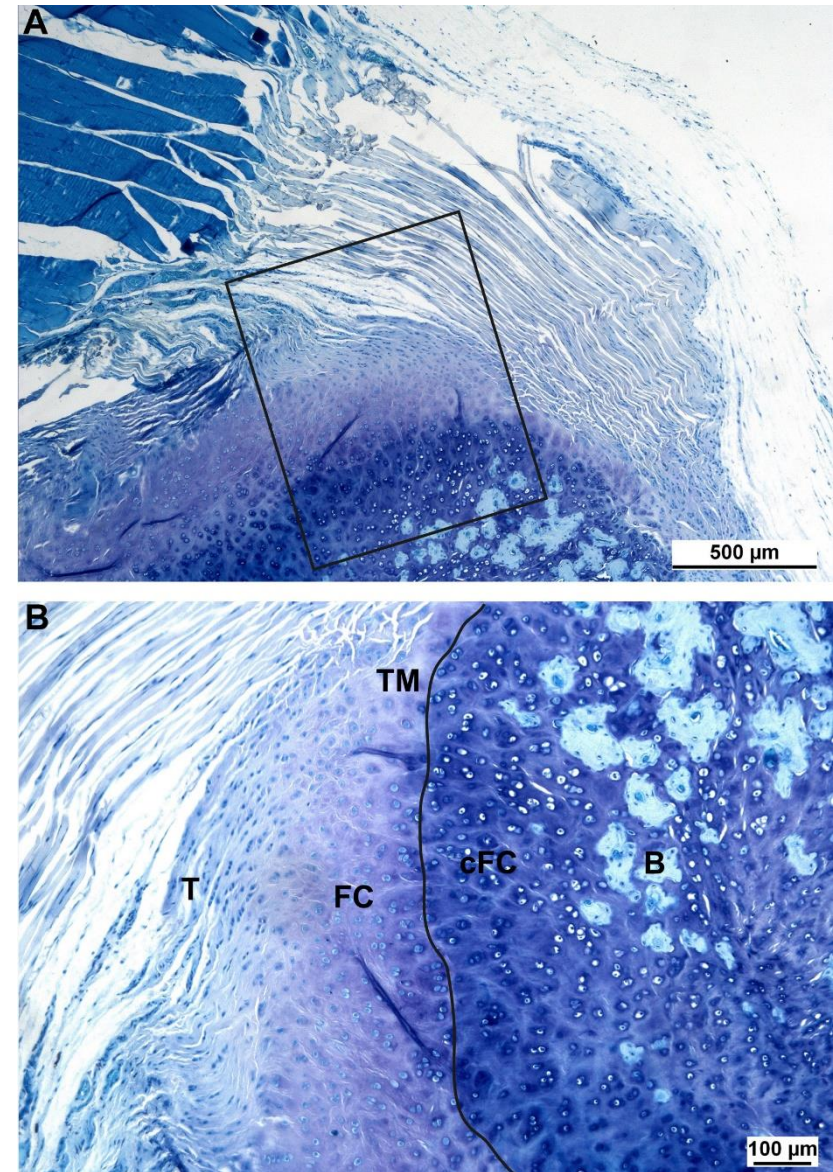


Fig. 1. A and B. A physiologic structure of an enthesis consists of 4 zones which are visible in the left picture (A, 500 µm). Details of the enthesis (B, 100 µm) with the tendon (T), the unmineralized fibrocartilage (FC) the mineralized fibrocartilage (cFC) and the bone (B). The tidemark (TM) as the transition from cartilaginous to calcified fibrocartilage is marked with a black line.

Šlacha

- regenerace šlach - dobrá
- nutno přiložit/sešít přetržené pahýly k sobě
- srůst a obnova funkce

Nervově-cévní zásobení svalu

- **cévy** i nervy se větví ve vazivu svalu
- **přívodná tepna** → větve probíhající v perimysiu → arterioly vstupující do primárních svalových snopců → kapiláry (cca 4-5 kapilár na 1 svalové vlákno)
- **žilní systém** – obdobné větvení
- **mízní cévy** nejsou příliš početné – probíhají spolu s cévami

Nervově-cévní zásobení svalu

- cévy i **nervy** se větví ve vazivu svalu
- **motorické nervy** - myelinizované axony motoneuronů (kořenových buněk, multipolární neurony, α a γ) z předních rohů míšních končí ve svalu jako
 - **motorické ploténky** → pojem **motorická jednotka** (α motoneurony inervují motoricky extrafusální sv. vlákna, γ motoneurony inervují intrafusální sv. vlákna svalových vřetének)
- **senzitivní nervy** – pseudounipolární neurony spinálních ganglií a končí jako
 - **Golgiho šlachová vřeténka** (napětí svalu)
 - v oblasti přechodu masité části ve šlachu
 - **nervosvalová (svalová) vřeténka** (délka svalu)
 - **volná nervová zakončení** (bolest)

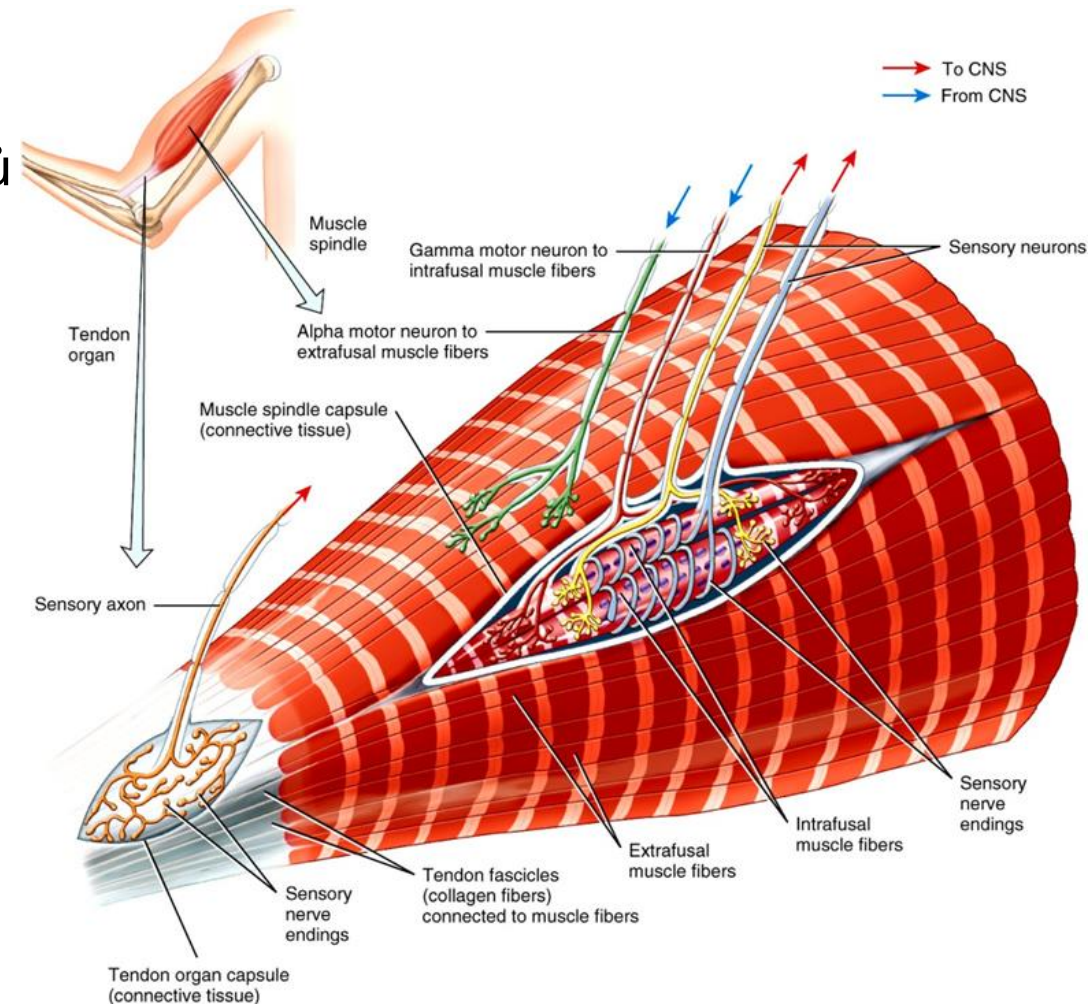
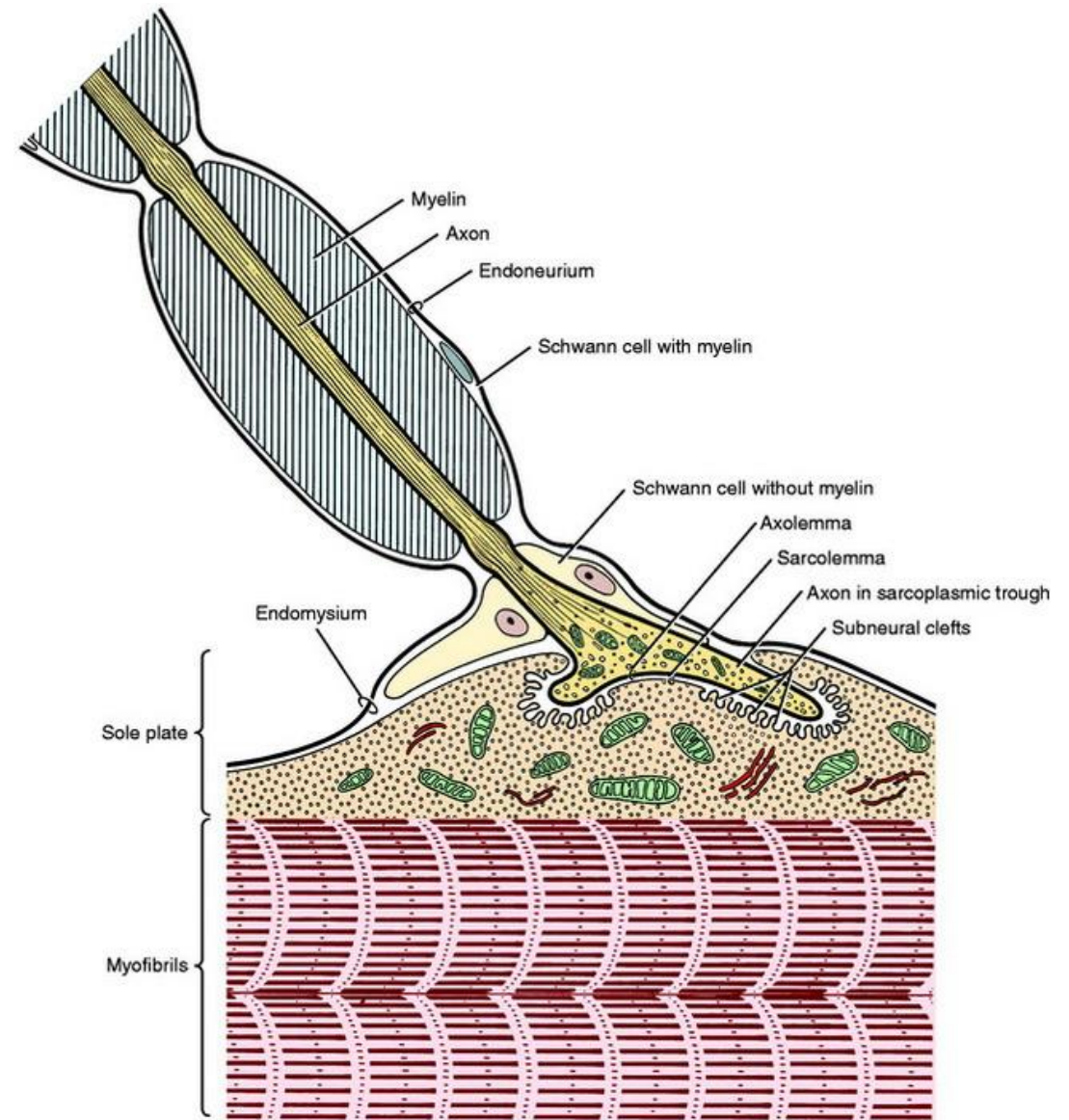


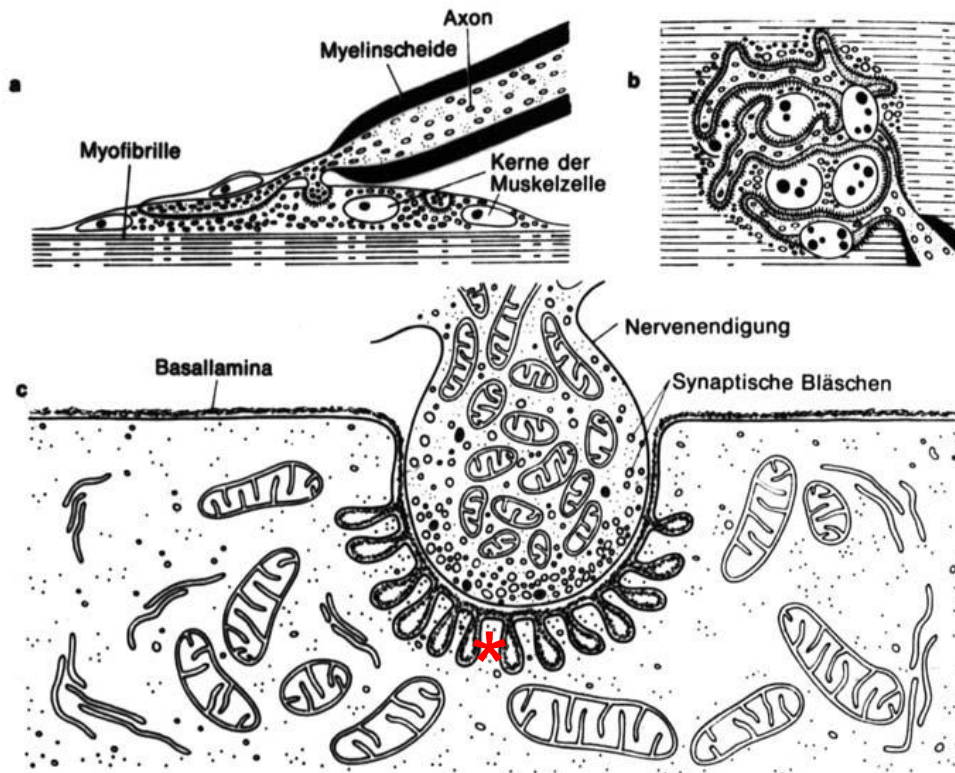
Figure 16.04 Tortora - PAP 12/e
Copyright © John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

Motorická ploténka

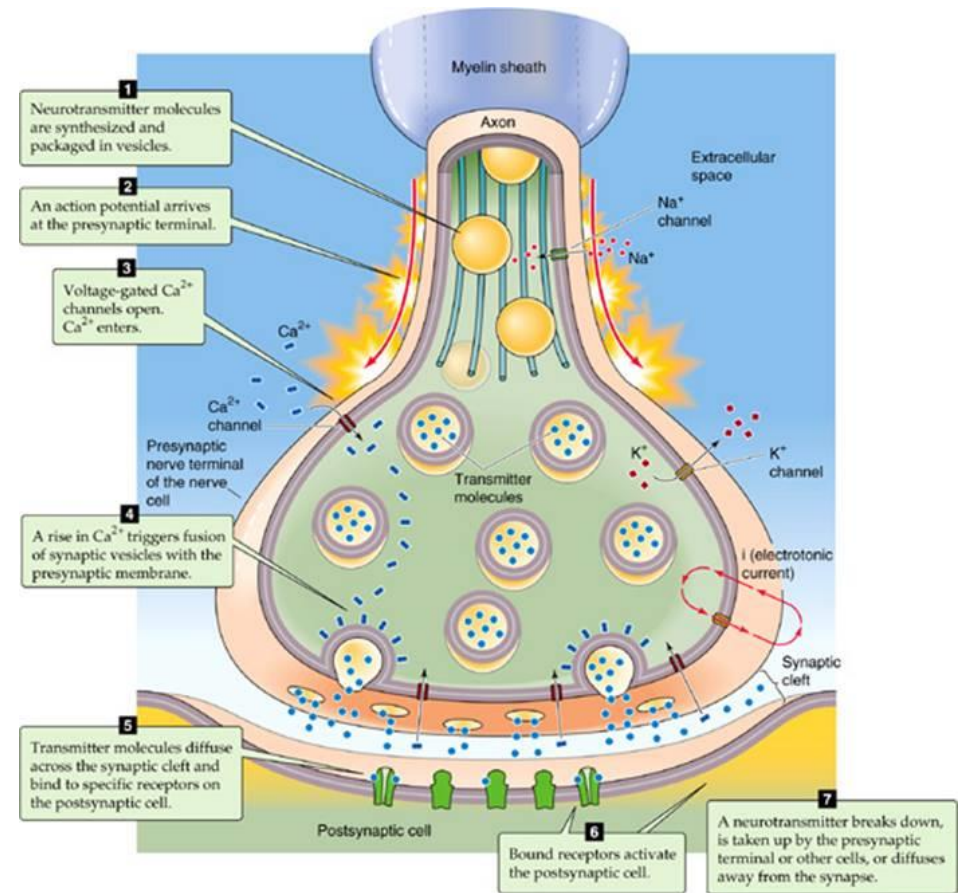
- speciální velkoplošné synapse mezi axonem motoneuronu a rhabdomyocytem
- axon motoneuronu ztrácí myelinovou pochvu, rozpadne se v několik paličkovitě rozšířených **terminálních arborizací**, které obsahují **synaptické váčky** s mediátorem – **acetylcholin**
- arborizace se vkládají do **miskovité prohloubeniny** na rhabdomyocytu
- sarkolema je poskládána v četné záhyby - „**subneurální aparát**“ – obsahuje **acetylcholinové receptory**
- arborizace shora **kryty Schwanovými buňkami**



<https://veteriankey.com/lower-motor-neuron-spinal-nerve-general-somatic-efferent-system/>



* subneurální aparát s Ach-receptory



<https://doctorlib.info/physiology/medical-physiology-molecular/9.html>

Motorická ploténka

- akční potenciál na axonu → **acetylcholin** se uvolní ze synaptických váček
- přestupuje přes synaptickou šěrbinu
- naváže se na **acetylcholinové receptory na sarkolemě** → **depolarizace**
- depolarizace se **šíří pomocí T-tubulů** dovnitř svalového vlákna
- aktivace iontových kanálů na **sarkoplazmatickém retikulu** – vylití **Ca²⁺** → **kontrakce**

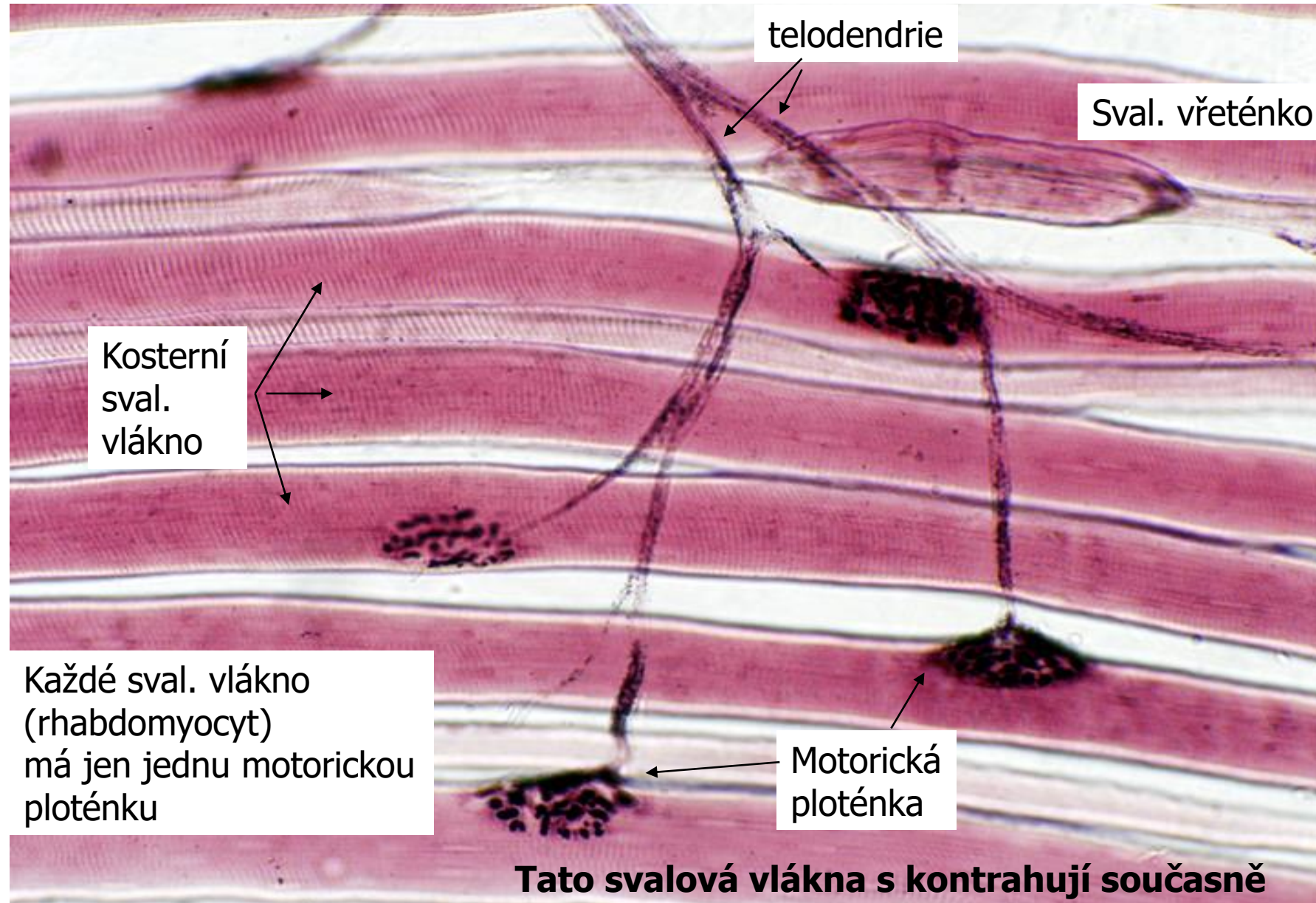
- přenos je ukončen odstraněním acetylcholinu pomocí **acetylcholinesterázy**

Motorická jednotka

- terminální arborizace jsou větvené –
přikládají se k různým svalovým
vláknům (rhabdomyocytům)
- soubor všech svalových vláken,
která inervačně náleží jednomu
motoneuronu se označuje jako
motorická jednotka
- všechna sv.vlákná inervovaná tímto
motoneuronem se budou
kontrahovat společně/jednotně



Motorické ploténky v motorické jednotce



Golgiho šlachové vřeténko a Nervosvalové vřeténko

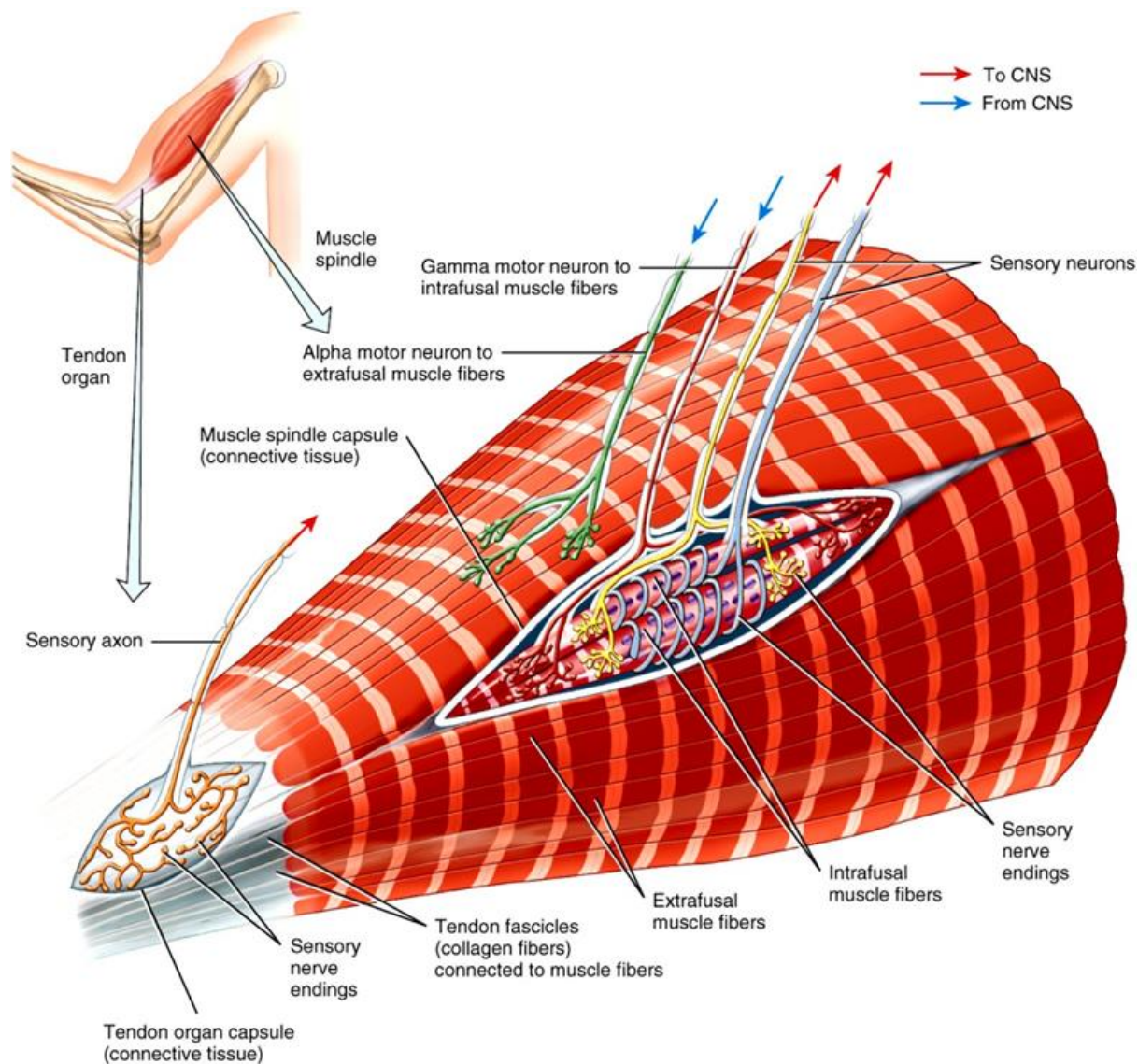


Figure 16.04 Tortora - PAP 12/e
Copyright © John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

Golgiho šlachové vřeténko

- v oblasti přechodu masité části ve šlachu
- **registruje napětí svalu** a tlakové podněty na šlachu
- = **primární šlachový snopec**, na němž končí keříčkovité formace **aferentních nervových vláken** (senzitivních)
- obaleno tenkou vrstvou **řidkého kolagenního vaziva**

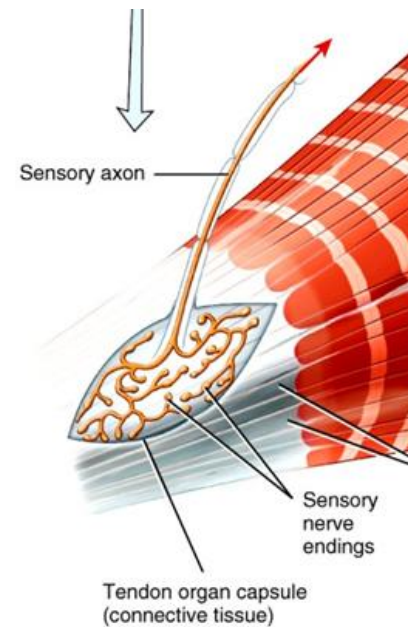
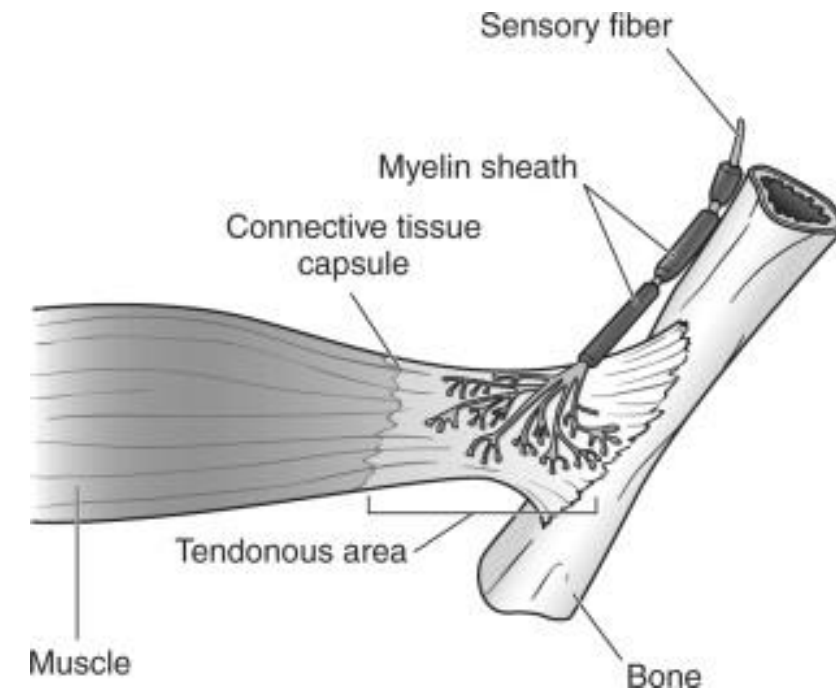
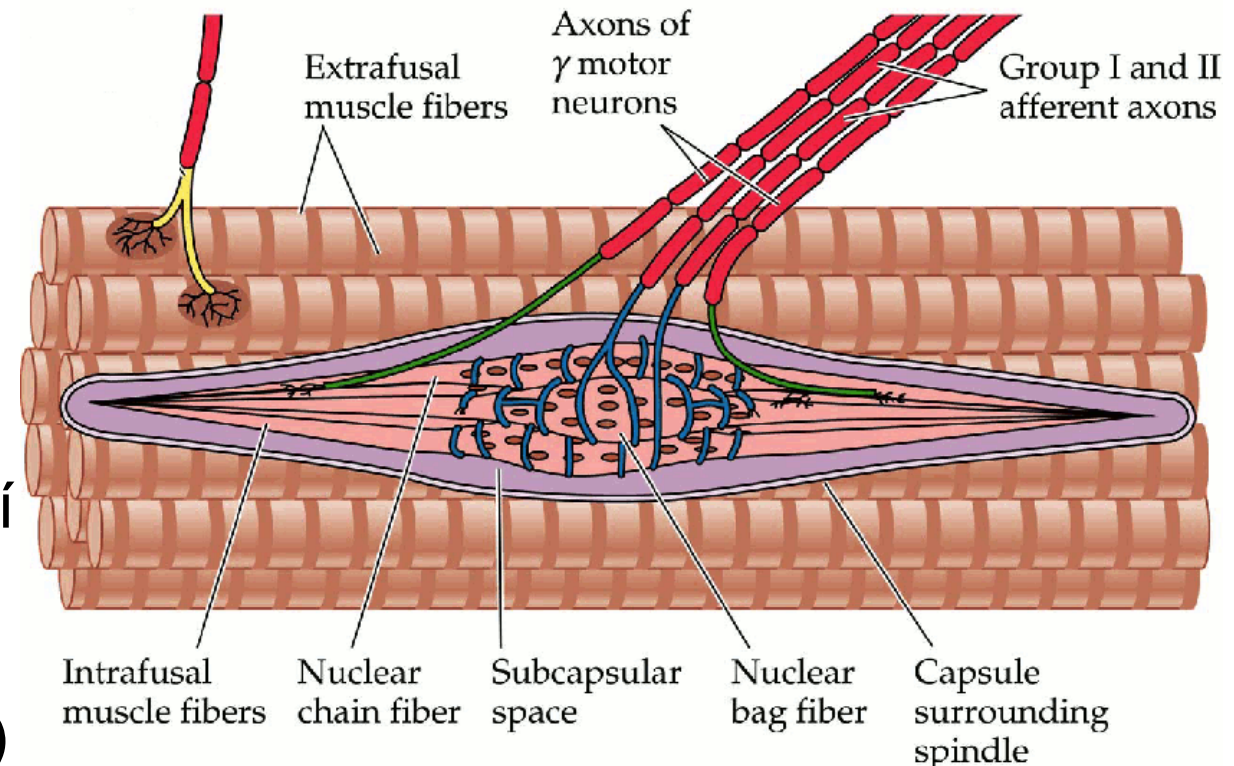


Figure 16.04 Tortora - PAP 12/e
Copyright © John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.



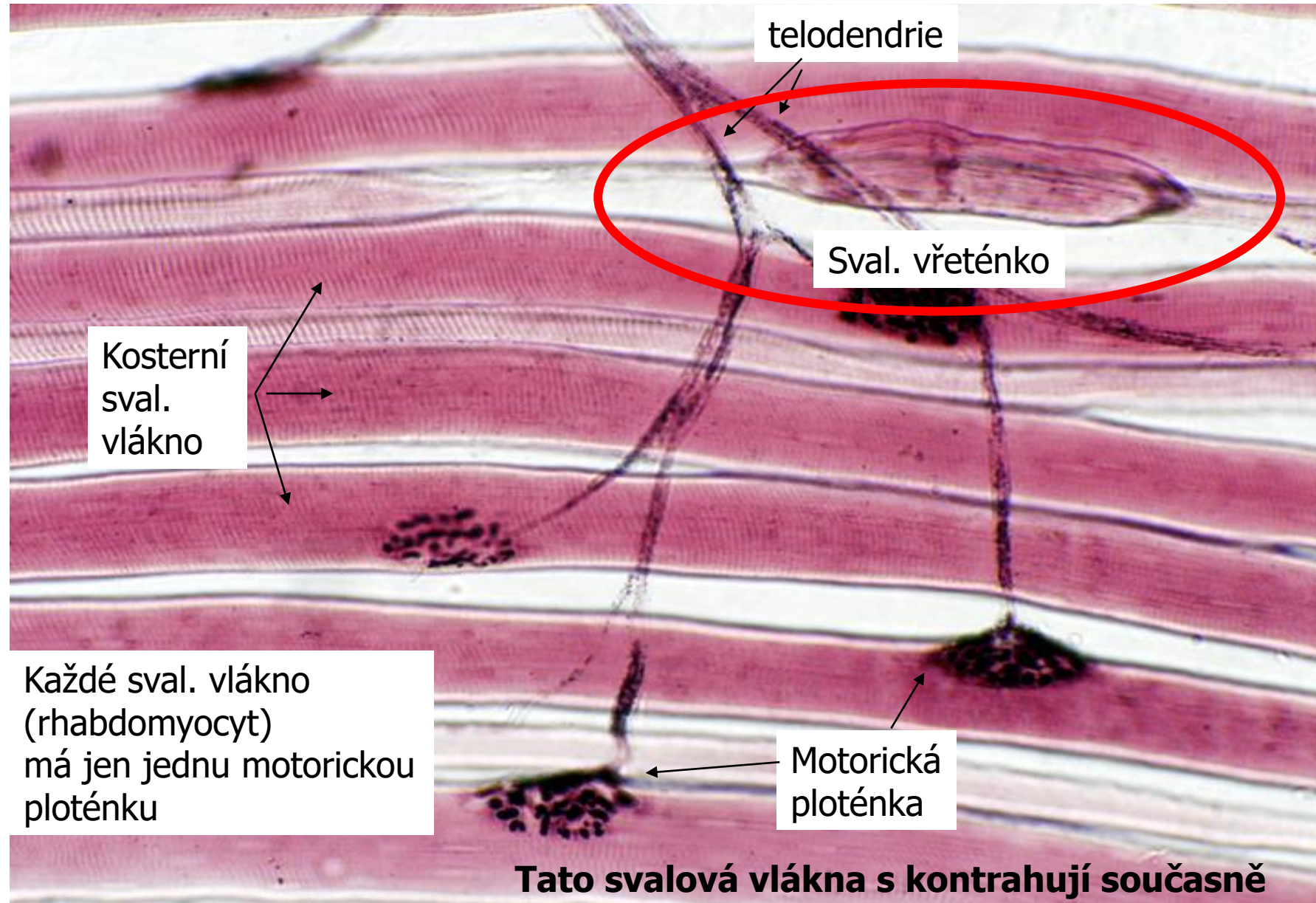
Nervosvalové (svalové) vřeténko

- v masité části svalu
- kontroluje délku svalu, svalové napětí
- = svazek intrafuzálních svalových vláken (fusus=vřeténko) obalený vazivovým pouzdem
- intrafuzální vl. nemají příčné pruhování
- motoricky inervována γ -motoneurony
- jejich povrch je opředen **koncovými rozvětvenými aferentními (senzitivními) vláken**



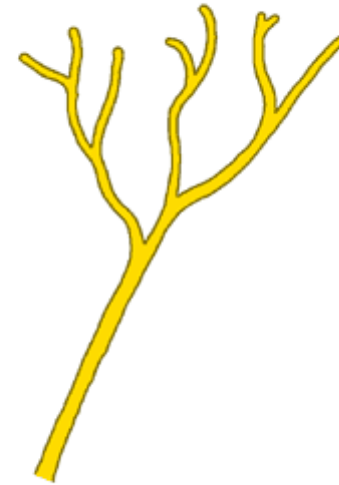
<http://drknight-kinesiology.blogspot.com/2012/09/neural-control-of-movement-part-ii.html>

Nervosvalové (svalové) vřeténko



Volná nervová zakončení

– Bolest



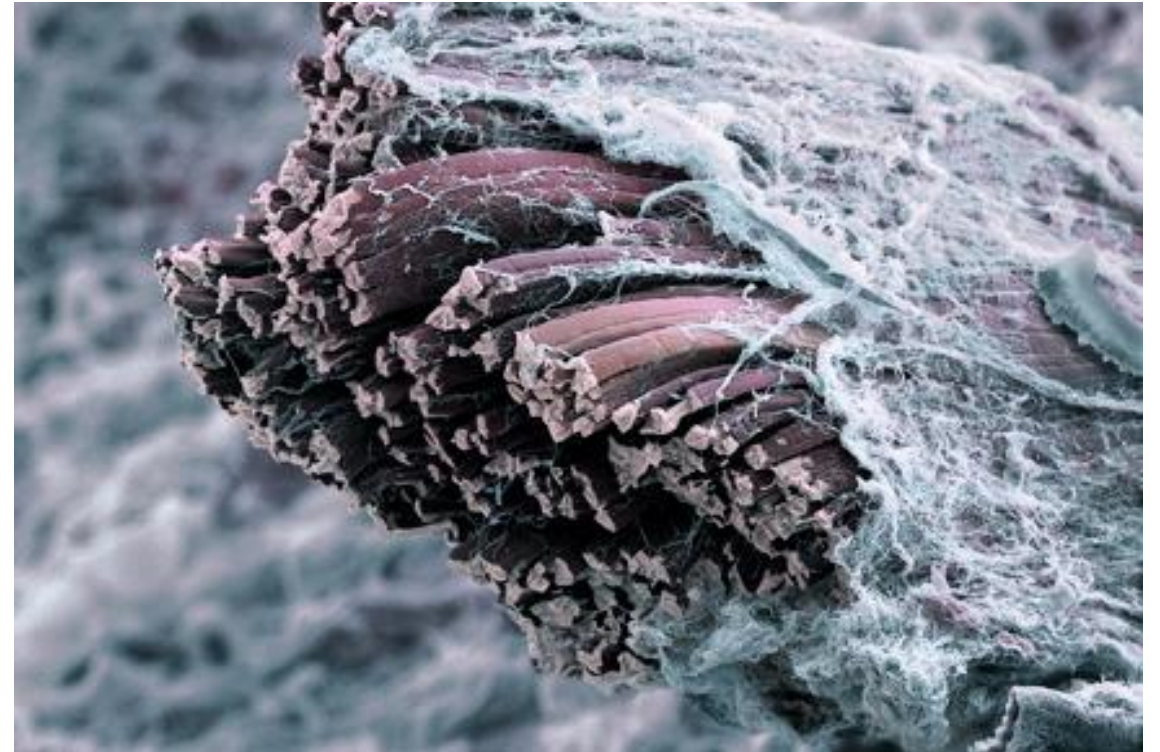
Volné nervové zakončení

Pomocná svalová zařízení

- vazivové struktury
- povázky (fascie)
- šlachové pochvy
- synoviální váčky
- kladky

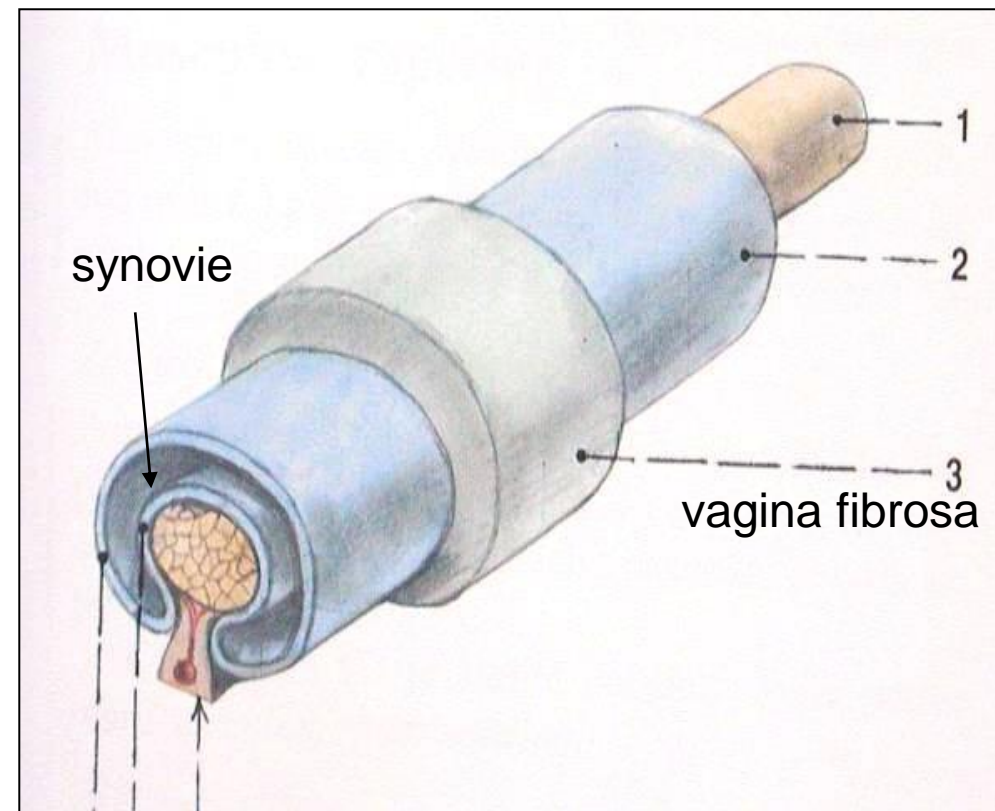
Povázky (fascie)

- různě silné **blány**, které obalují jednotlivé svaly nebo skupiny svalů
- **zabezpečují jejich polohu**
- navazují plynule na epimysium
- **husté kolagenní vazivo** neuspořádaného typu, obsahuje také **elastická vlákna**



Šlachové pochvy

- přidržují šlachu ke skeletu
- povrchová fibrózní vrstva (vagina fibrosa)
- hluboká synoviální vrstva (vagina synovialis)
 - 2 listy - mezi nimi je **synoviální tekutina**, listy místy spojeny vazivovými poutky (mesotenonium) a při okraji pochvy v sebe přechází
 - **viscerální** – srůstá s povrchem šlachy
 - **parietální** – srůstá s fibrózním kanálkem

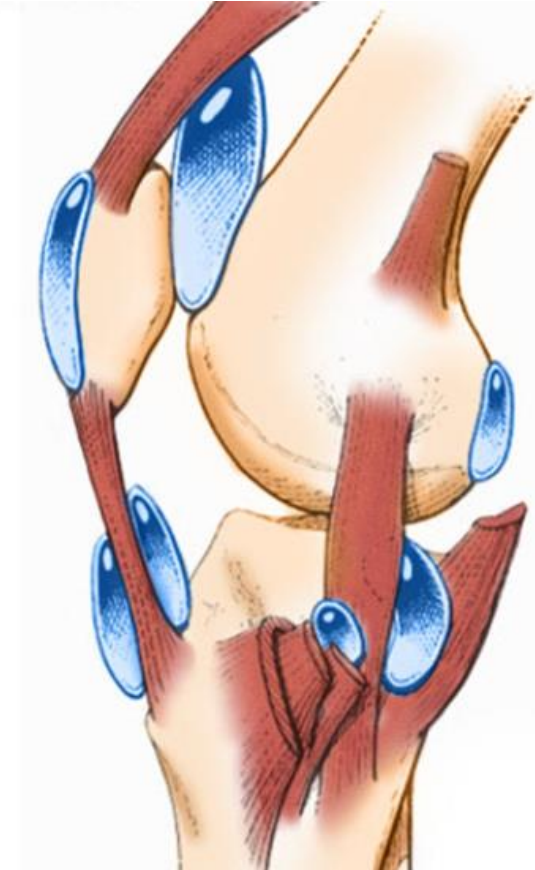


vagina
synovialis

viscerální list
parietální list

Synoviální váčky (burzy)

- stejná stavba jako kloubní pouzdro
- stratum fibrosum
- stratum synoviale
- vyplněné synoviální tekutinou
- v místech styku svalů a šlach s kostním podkladem
- minimalizují tření a usnadňují posun kloubů



Kladky (trochleae)

- **obloučky** z hustého kolagenního vaziva uspořádaného typu
- přidržují šlachy u skeletu
- v místě kladky se **často mění směr průběhu**

