

Svalové tkáně

Původ v embryogenezi: z mezodermu

Společný znak všech typů: kontraktilní proteiny

Myofilamenta:

tenká 6 – 10 nm x 1 μm , aktin, tropomyozin, troponin

tlustá 15 nm x 1,5 μm, myozin

Typy svalové tkáně: svalový epitel, příčně pruhovaná (žíhaná), hladká, srdeční

- 1. svalový epitel** – svalová b. vmezeřená mezi b. epitel.
- 2. příčně pruhovaná (žíhaná)** – mnohoaderná buňka (**svalové vlákno** - sarkocyt) 10 – 100 μm x až 30 cm.
- 3. hladká** – vřetenovitá buňka s jádrem (**myocyt**)
- 4. srdeční** – rozvětvená buňka s jádrem (**kardiomyocyt**)

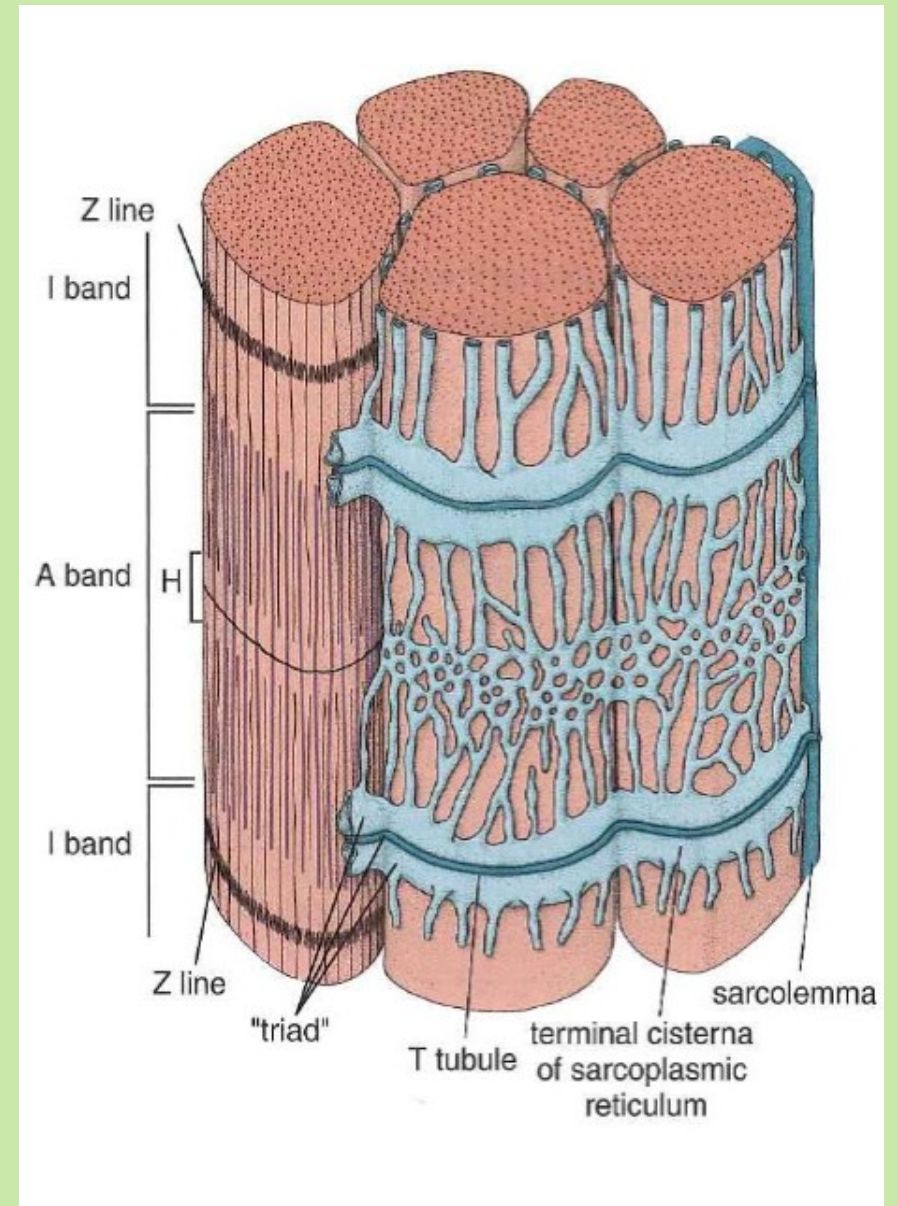
Pohybová soustava - bezobratlí

- Houby: nemají pohybovou soustavu žijí přisedle
- Žahavci: je svalový epitel je tvořen myofibrily, zajišťují pohyb
- Ploštěnci a hlísti: hladká svalovina (kožněsvalový vak)
- Mekkýši: kožněsvalový vak přesunut do nohy
- Kroužkovci: mají okružní a podélnou svalovinu
- Členovci: pokožka vylučuje pevnou chitinovou kutikulu, na vnější kostra (exoskelet) se upínají příčně pruhované svaly

Svalová tkáň žíhaná, uspořádání sarkoplasmatického retikula a proužků

- **Sarkoplazmatické retikulum** – v sarkoplazmě svalových vláken, hladké endoplazmatické retikulum – Specializace na **segregaci kalciových iontů** – **rozvětvené cisterny a tubuly** obklopující jednotlivé myofibrily, tubuly orientovány longitudinálně ve svalovém vlákně, – příčně uložené do **H proužku** – **Terminální** rozšíření sarkoplazmatického retikula, na úrovni spojení A a I proužku, na každé straně T tubulu.

- **Sarkolema** – Příčné tubuly (T tubuly) – tubulární invaginace sarkolemy penetrující do svalového vlákna v oblasti spojení mezi A a I proužkem, na povrchu myofibril – Triáda: specializovaný komplex 2 terminální cisterny a 1 T tubulus, význam pro zahájení svalové kontrakce, sarkomera od Z-Z linie – telofragma (Hensenův proužek)



Typy svalové tkáně žíhané

- Inkluze ve svalových vláknech – **Glykogen–granula**, nahromaděná mezi myofibrilami na úrovni I proužku, zásoba energie pro svalovou kontrakci – **Kapénky lipidů v sarkoplasmě** – přibývají s věkem – **Myoglobin** – protein podobný hemoglobinu, schopný vázat kyslík, ve vysokých koncentracích – tmavě červené zbarvení svalů
- Typy svalových vláken – Morfologické, histochemické a funkční hledisko → **červená, bílá a smíšená vlákna** – Rozdíl v obsahu myoglobinu, počtu mitochondrií a rychlosti kontrakce
 - **Červená vlákna** (oxidativní): velké množství myoglobinu a mitochondrií • odpověď na nervovou stimulaci pomalá a vytrvalá
 - **pomalá vlákna** • př. dýchací svaly, extenzory páteře
 - **Bílá vlákna** (glykolytická): • méně myoglobinu a mitochondrií, více myofibril, hodně glykogenu, rychlá reakce krátkou prudkou kontrakcí
 - **rychlá vlákna** • př. převažují v okohybných svalech
 - **Smíšená vlákna** (oxidativně glykolytická)

Kosterní svalovina – struktura svalu

- **Myofilamenta – myofibrily** (aktin, myozin ...) - svalové vlákno – svazek svalových vláken – sval
- **Vazivové obaly:** endo, peri a epimysium – ř. vl. pojivo

s. vlákno – sarkolema, bazální membrána, **endo**

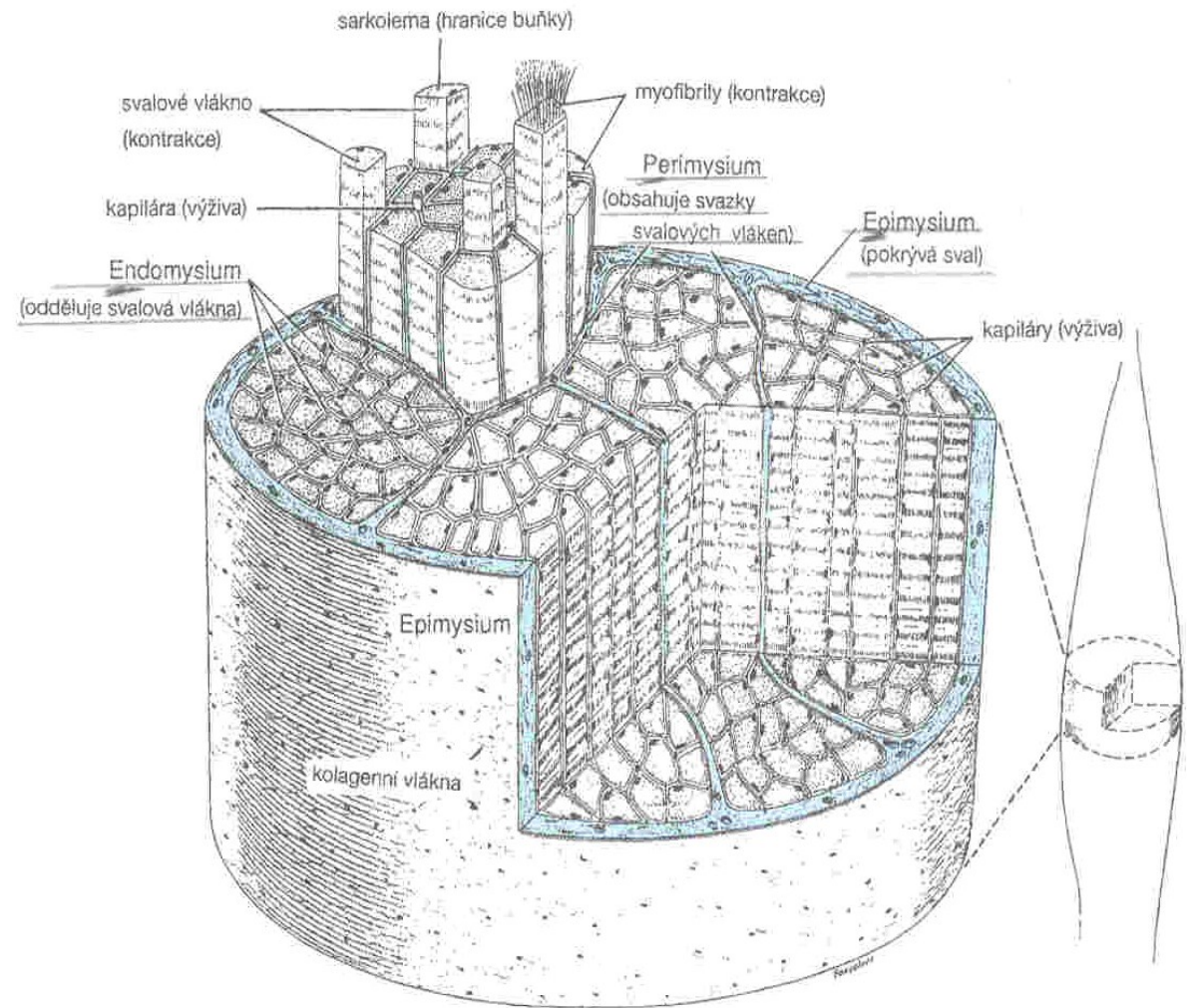
svazky s. vláken - **peri**

více svazků tvoří sval – **epi** (vazivová pochva)

- **Přechod svalu ve šlachy**

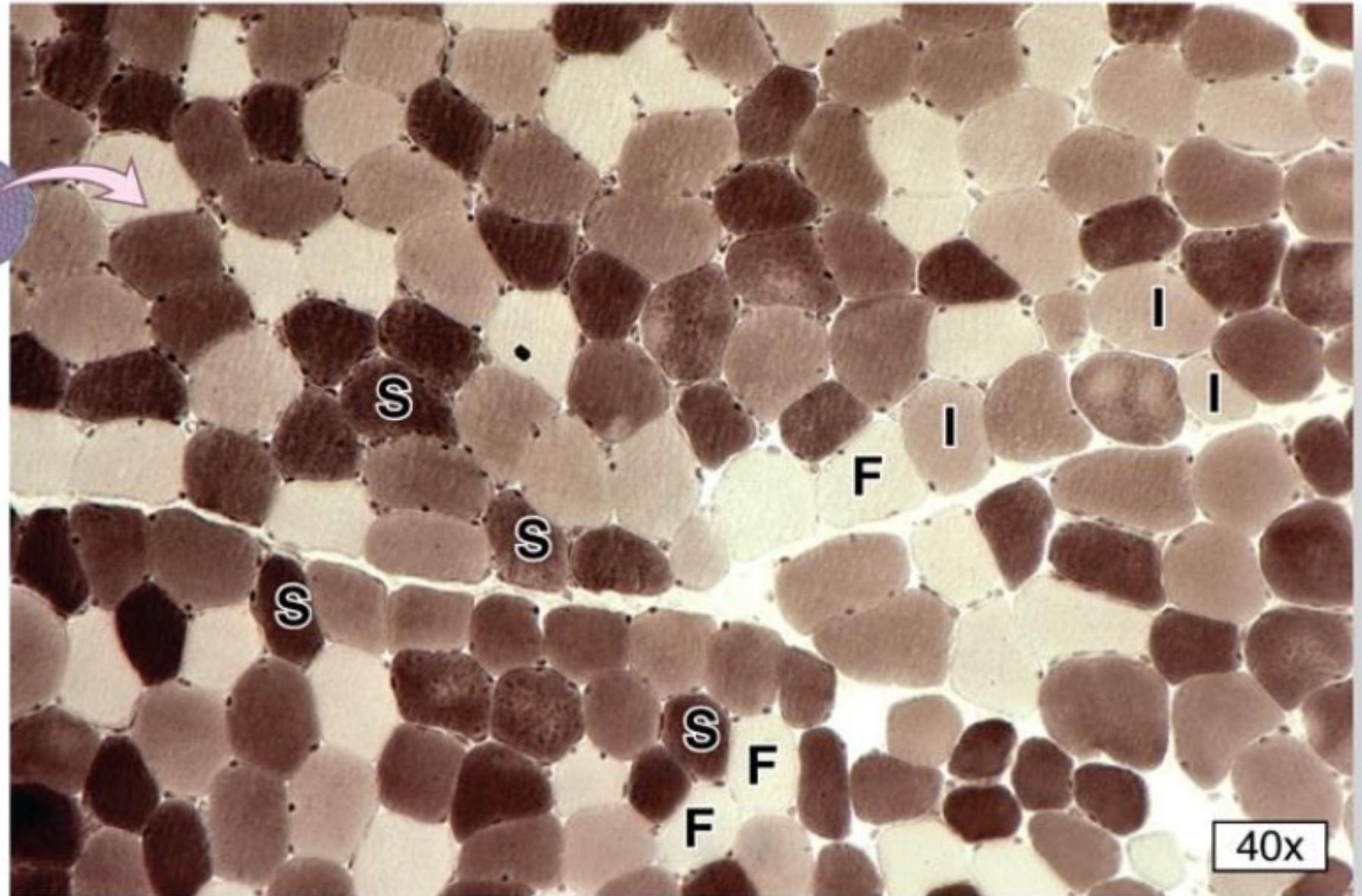
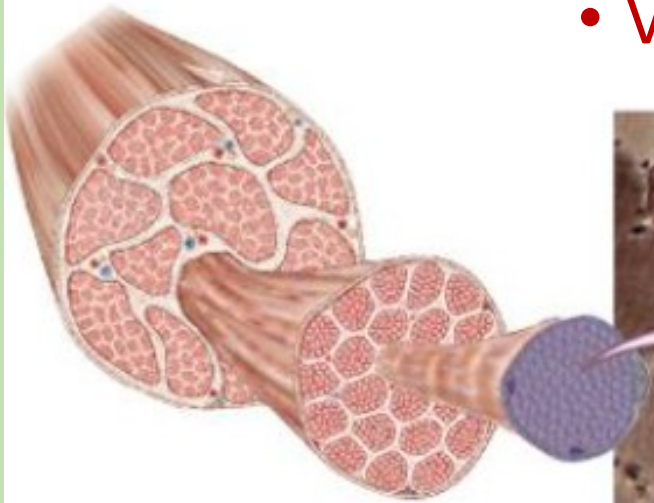
(myotendinózní spojení):

kolagenní vlákna šlachy i obaly s. vláken do sebe přecházejí



Obr. 10-2. Stavba a funkce kosterního svalu. Nákres vpravo znázorňuje oblast svalu, detailizovanou ve větším zvětšení. Barevně je odlišeno endomysium, perimysium a epimysium.

- **Vazivové obaly:** endo, peri a epimysium – ř. vl. pojivo



Kosterní svalovina – struktura svalového vlákna

- Žíhání - střídají se proužky:

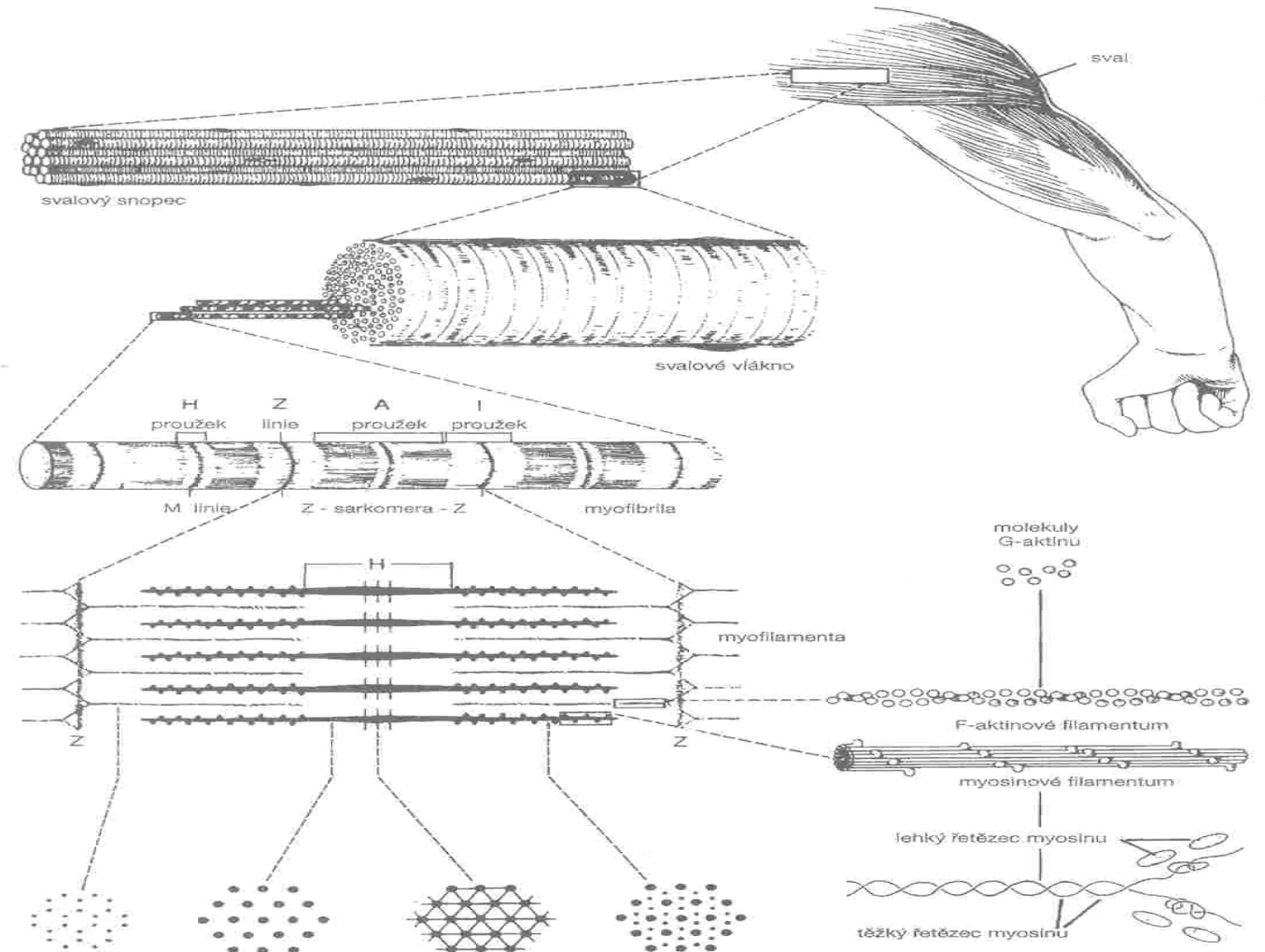
tmavé (anizotropní, dvojlomné, A-proužky)

světlé (izotropní, jednol., I-proužky)

Mezi nimi tmavá Z linie (telofragma), Hensenův proužek

- Sarkomera Z telofragma-Z telofragma (2,5 μm)

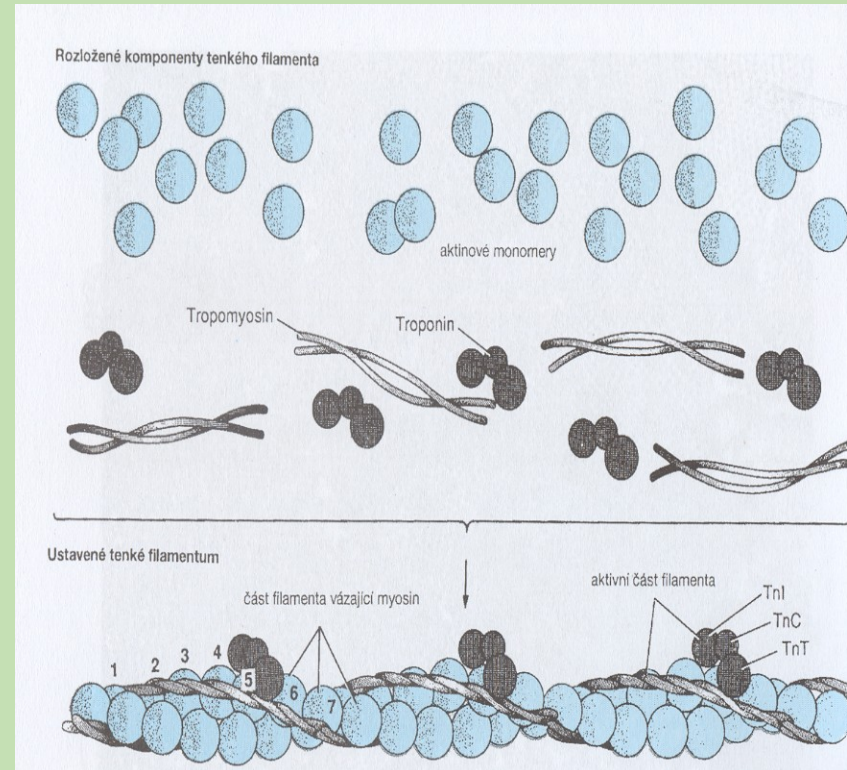
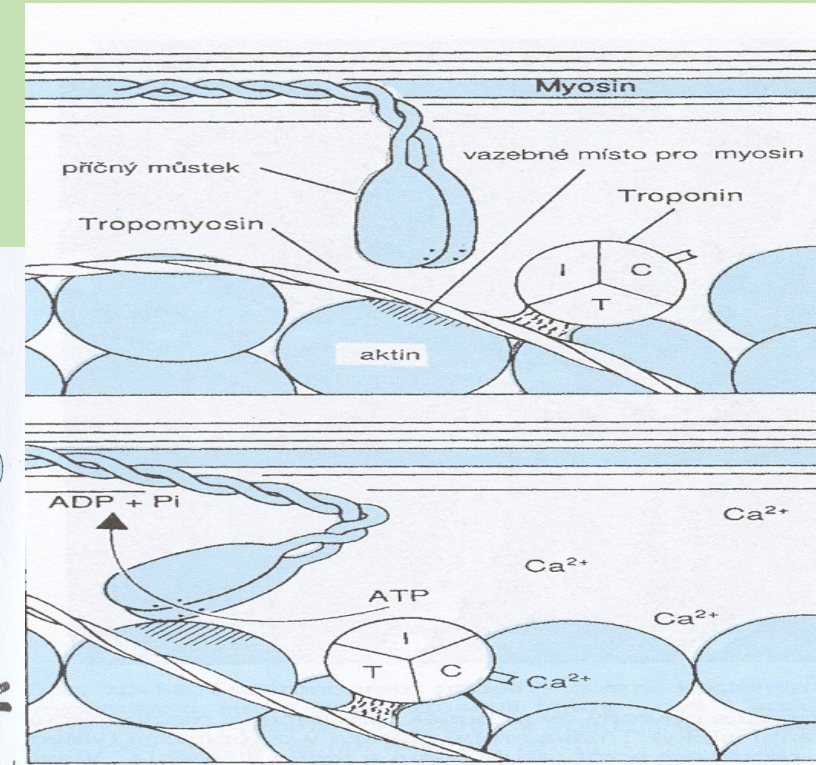
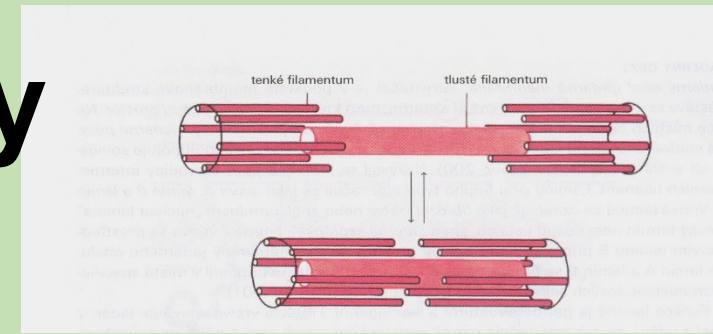
Umístění tenkých a tlustých filament v sarkomeře
Molekulární struktura těchto filament



Obr. 10-6. Diagram znázorňující stavbu a umístění tlustých a tenkých filament v sarkomeře. Molekulární struktura těchto komponent je zobrazena vpravo. (Nákres Sylvia Colard Keene. Reprodukováno se svolením z Bloom/W, Fawcett DW: A Textbook of Histology, 9. ed., Saunders, 1968.)

Kontraktlní proteiny

- F-aktin – polymerizace G aktinu, vazebné místo pro myozin
- Tropomyozin – dvoušroubovice kolem aktinu
- Troponin -3 podjednotky: T, C, I
- Myozin – tvar golfové hole
 - vazebné místo pro ATP
 - pro aktin
 - ATPázová aktivita

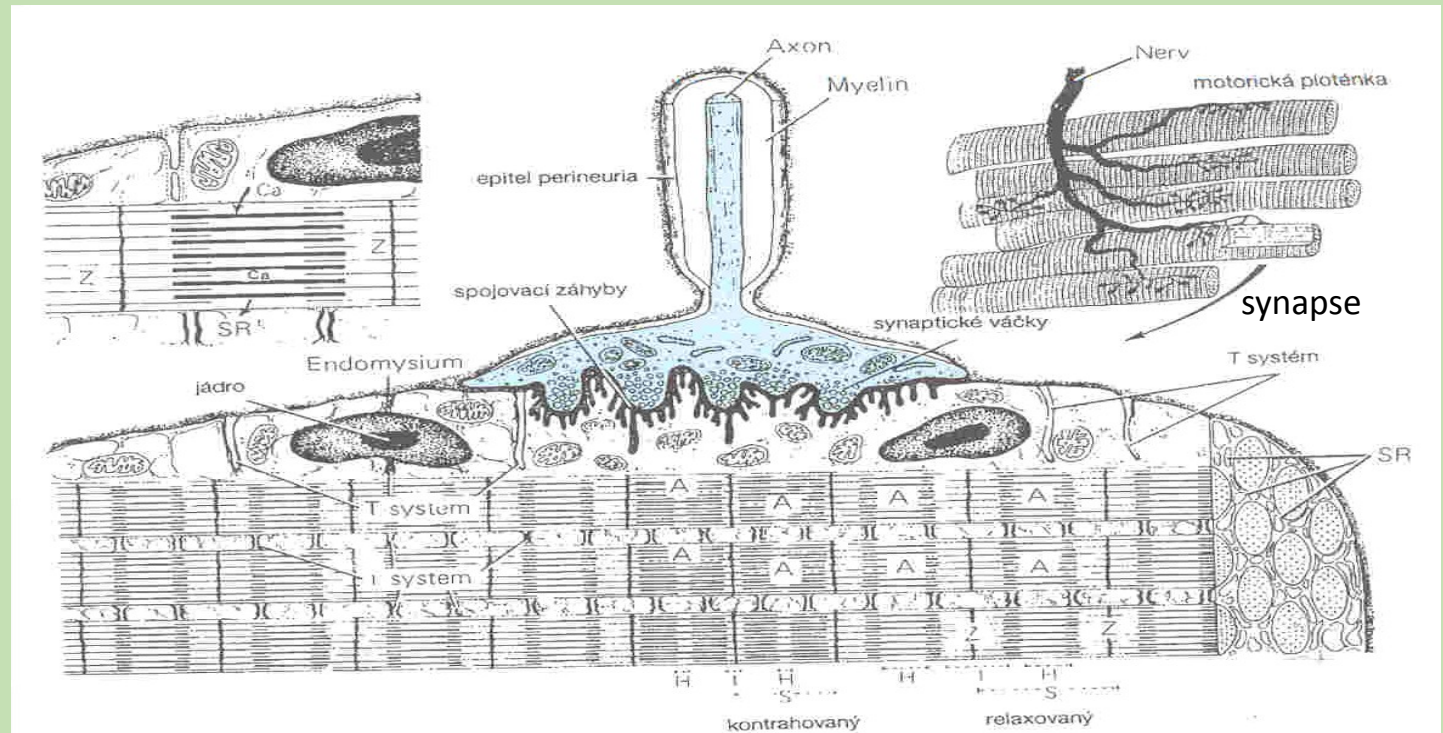


Přenos vzruchu a mechanismus kontrakce

Nervosvalová ploténka:

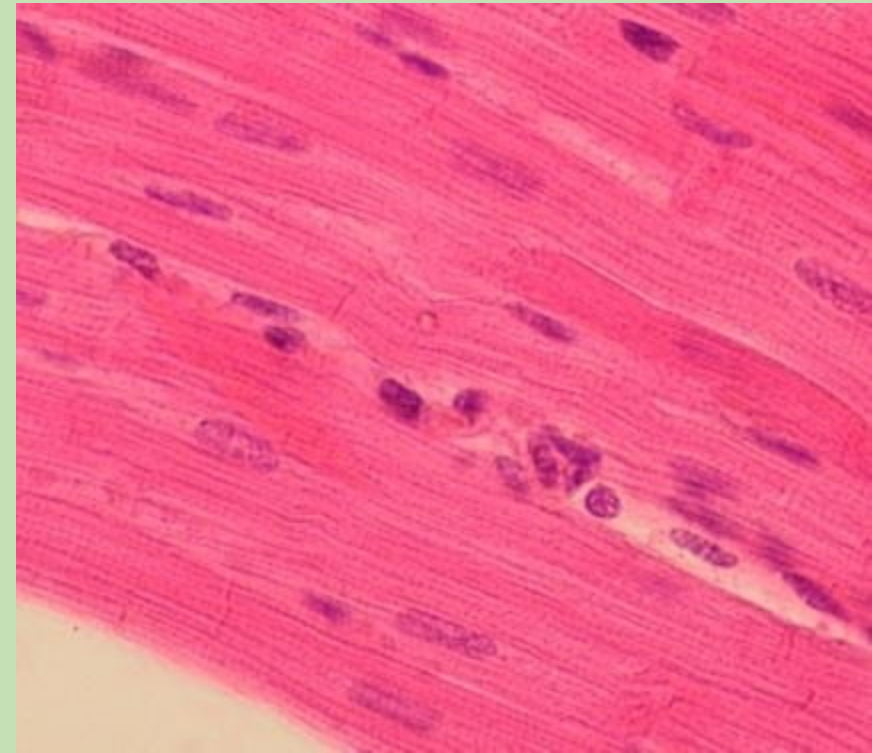
motorické nervové vlákno – **acetylcholin** – depolarizace sarkolemy – přenos depolarizace na sarkoplazmatické retikulum – vylití Ca^{2+} - vazba na troponin – změna prostorové konfigurace **troponin-tropomyozinového** komplexu - uvolnění vazebného místa pro aktin – vazba aktinu na myozin – posun tenkého filamenta do středu sarkomery – kontrakce

Zastavení impulzu - konec depolarizace Ca^{2+} ze sarkoplasmu na sarkopl. retikulum – obnova troponin – tropomyozinového komplexu - pasivní návrat filament do relax. stavu



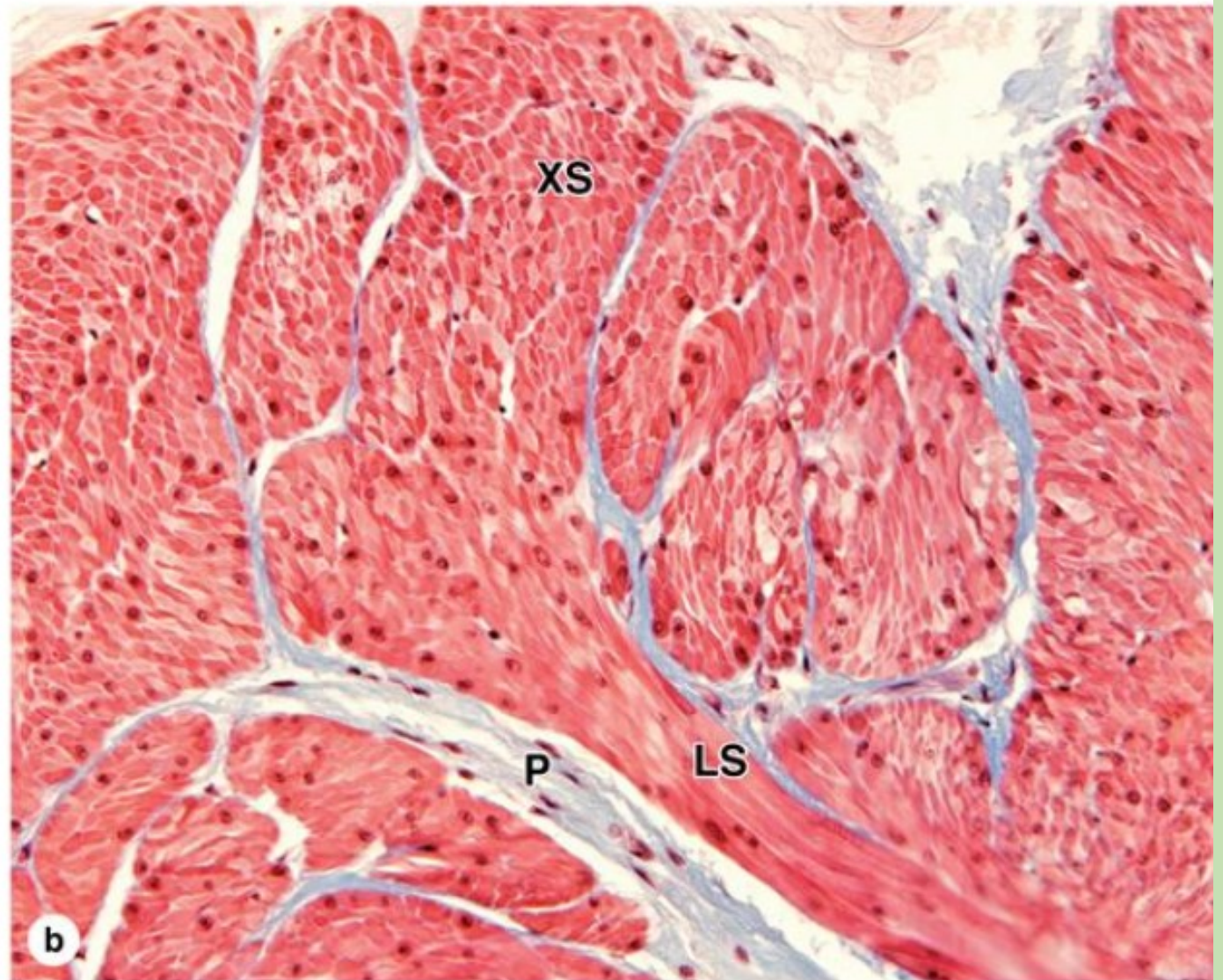
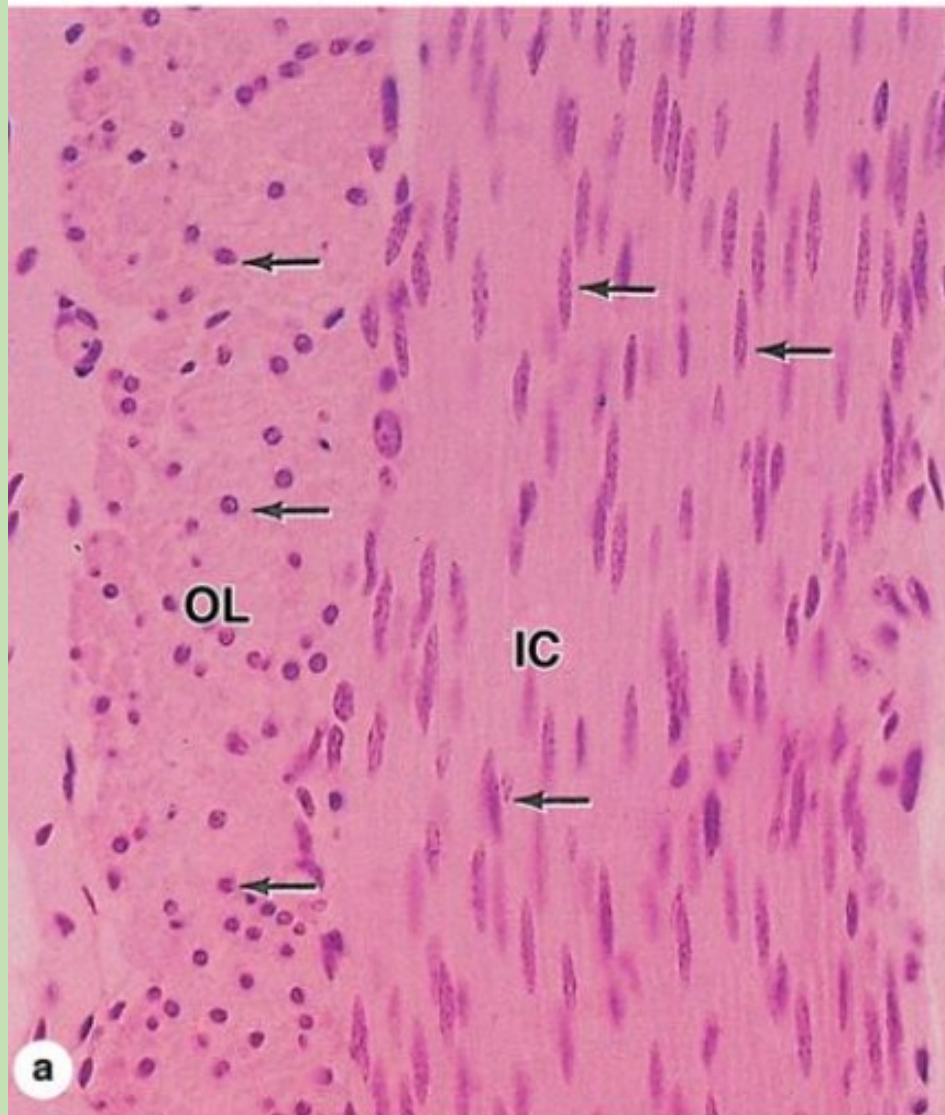
Srdeční svalovina

- Kardiomyocyty, 1 jádro, v sarkoplazmě u pólů jádra četné mitochondrie (v řadách mezi myofilamenty), glykogenová granula, malé množství lipofuchsinu, lipidové kapénky
- Uspořádání aktinových a myozinových myofilament–příčné pruhování, endomysium
- **Interkalární disky**: schodovité útvary v místě spojení kardiomyocytů **propojení mezi b.**
 - desmozomy a adherentní kontakty na příčné části
 - nexy na částech podélných s dlouhou osou buňky
- Kardiomyocyty **kontraktilní** a **inervační** –



Mechanismus kontrakce srdeční svaloviny

- Uspořádání myofilament jako u kosterní svaloviny, na buněčné úrovni kontrakce v zásadě stejná
- Kardiomyocyty pracovní (**kontraktilní**) –v myokardu
- Kardiomyocyty vzrušivé (**inervační**)
- součást převodního aparátu srdce (sinusový uzlík, sinoatriální uzlík, Hissův svazek a Purkyňova vlákna)
- Schopnost tvořit impulsy a rozvádět je
- K. vzrušivé: nízký počet myofibril, náhodné uspořádání, hodně glykogenu, hojné nexy, chybí T-tubuly a interkalární disky. Kontrakce: Spontánně ve vlastním rytmu
- Inervace autonomními nervy



srdeční

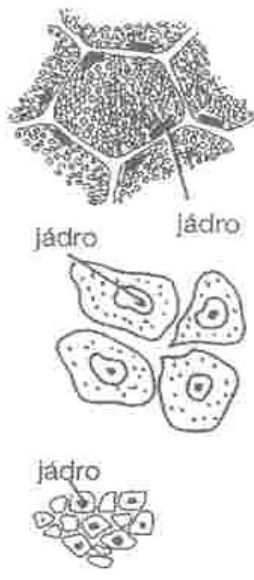
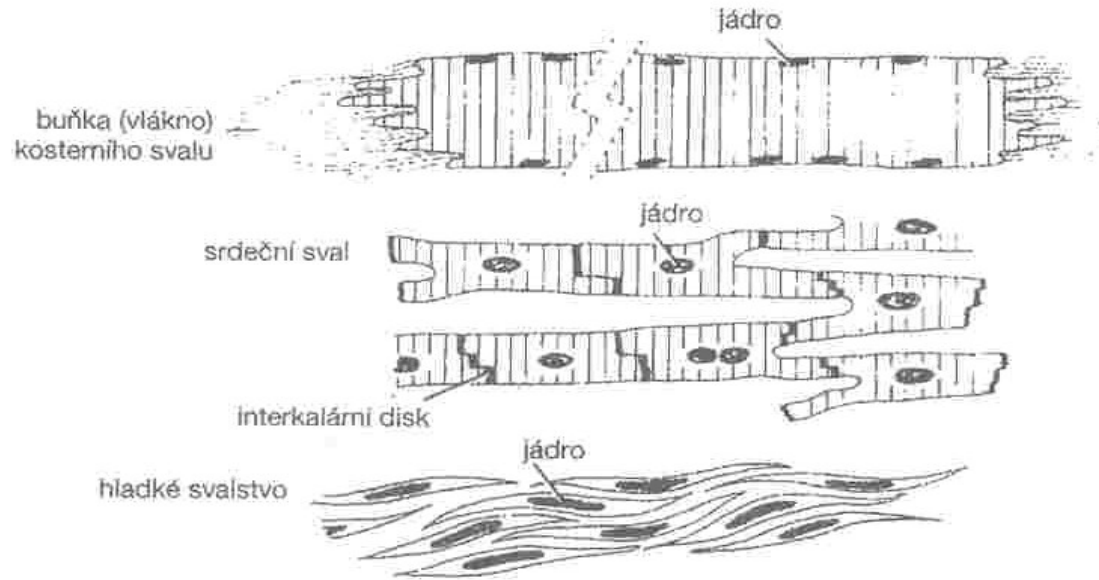


TYP SVALU

PODÉLNÝ ŘEZ

PŘÍČNÝ ŘEZ

AKTIVITA



silná, rychlá, nepřetržitá, vůlí ovládaná kontrakce

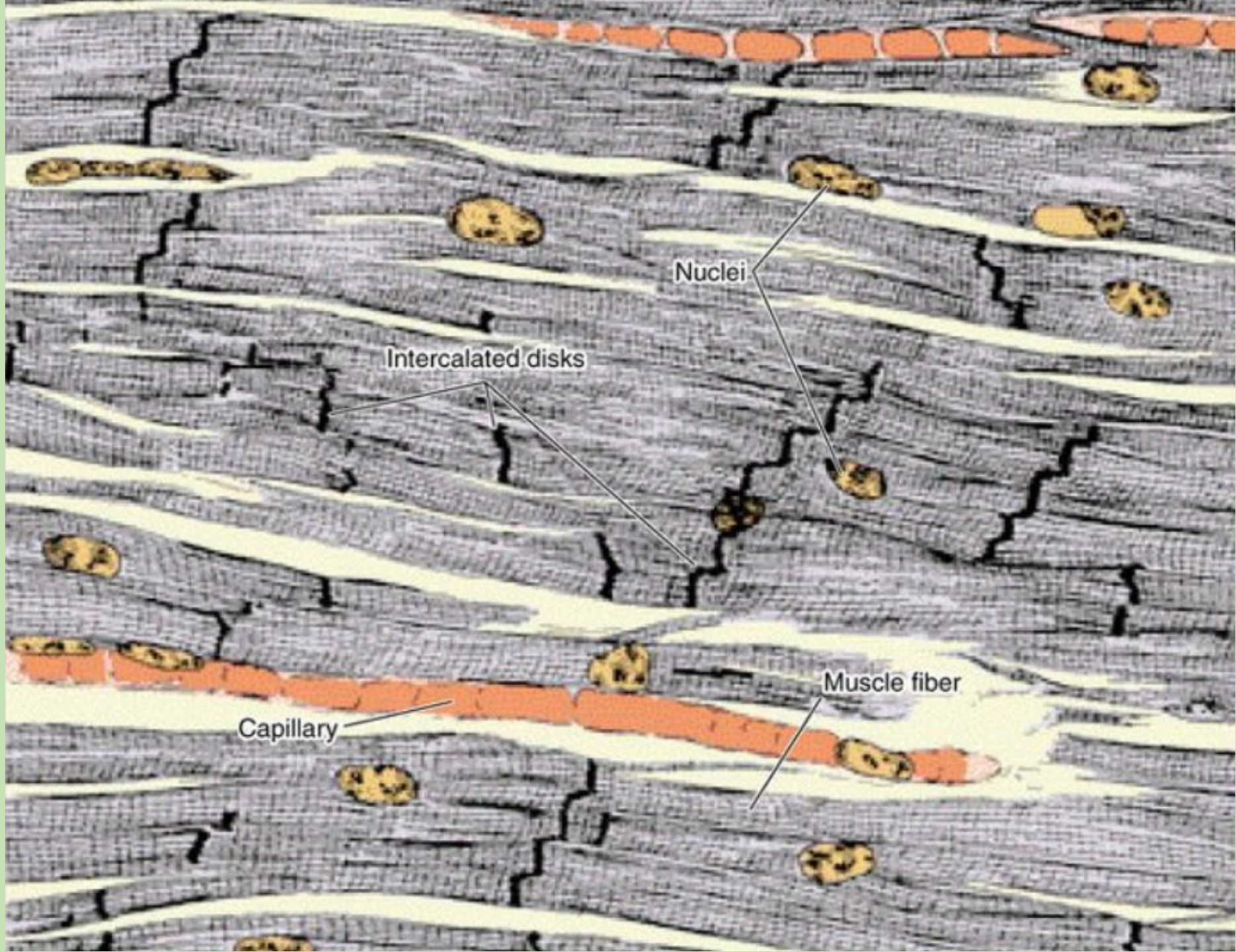
silná, rychlá, nepřetržitá autonomní kontrakce

slabá, pomalá, autonomní kontrakce

Obr. 10-1. Diagram stavby tří typů svalové tkáně. Obrázek vpravo ukazuje tyto svaly na příčném řezu. Kosterní sval se skládá z velkých, protáhlých mnohojaderných vláken. Srdeční sval je tvořen nepravidelně se větvicími buňkami, které jsou k sobě poutány interkalárními disky. Hladká svalovina je aglomerátem větvenovitých buněk. Hustota distribuce svalových buněk závisí na množství vaziva, které je odděluje.

Svalový epitel





Nuclei

Intercalated disks

Capillary

Muscle fiber

srdeční

6

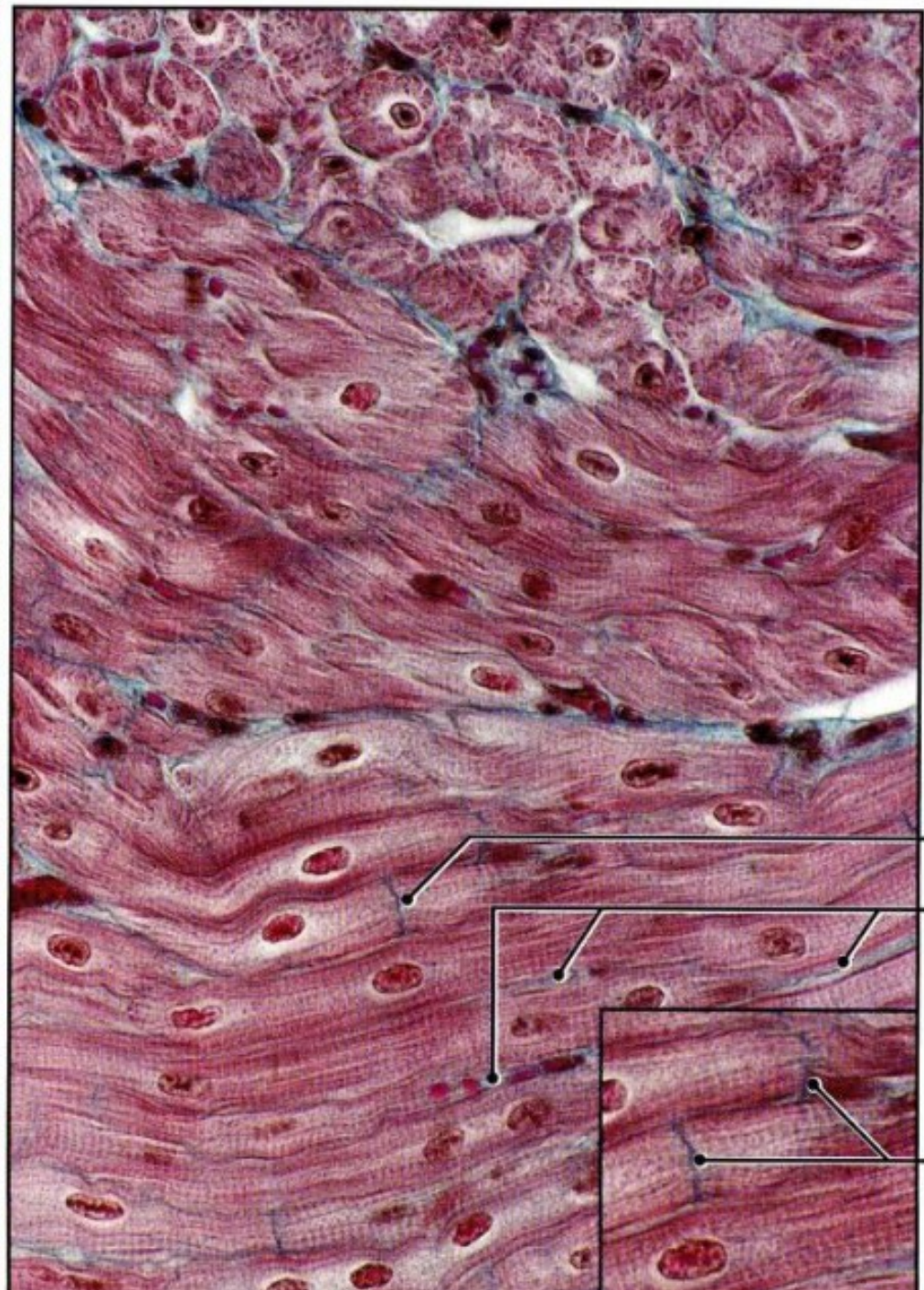
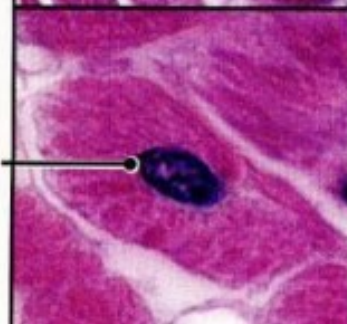
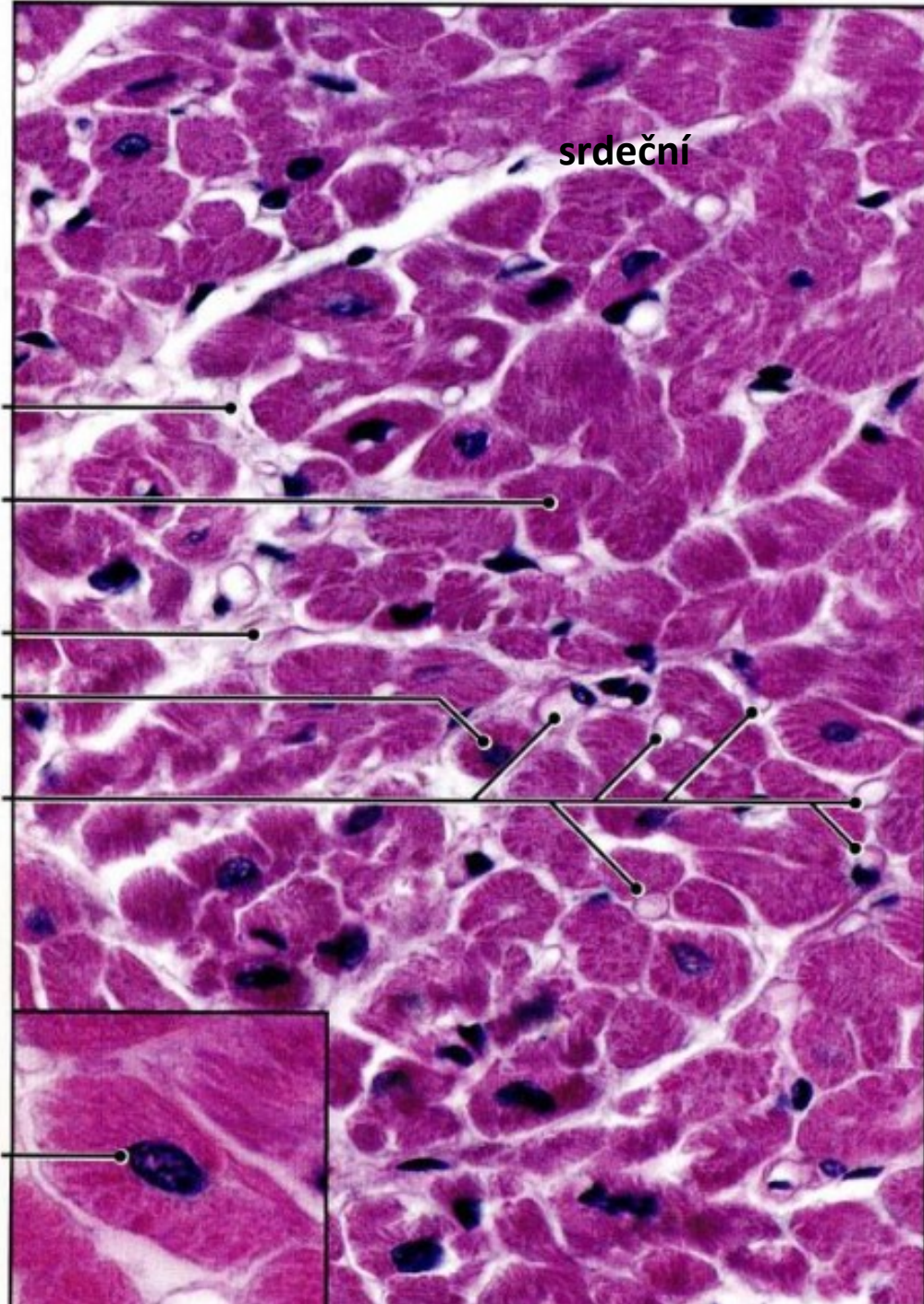
5

6

4

7

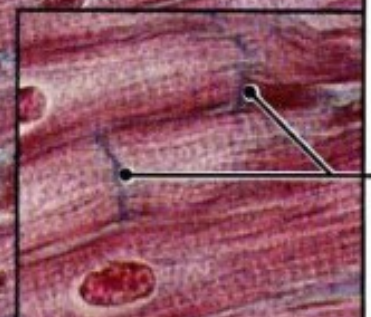
8



10

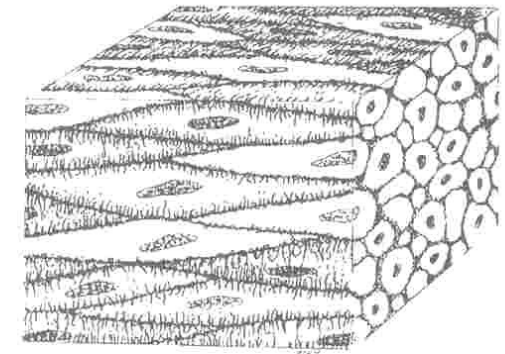
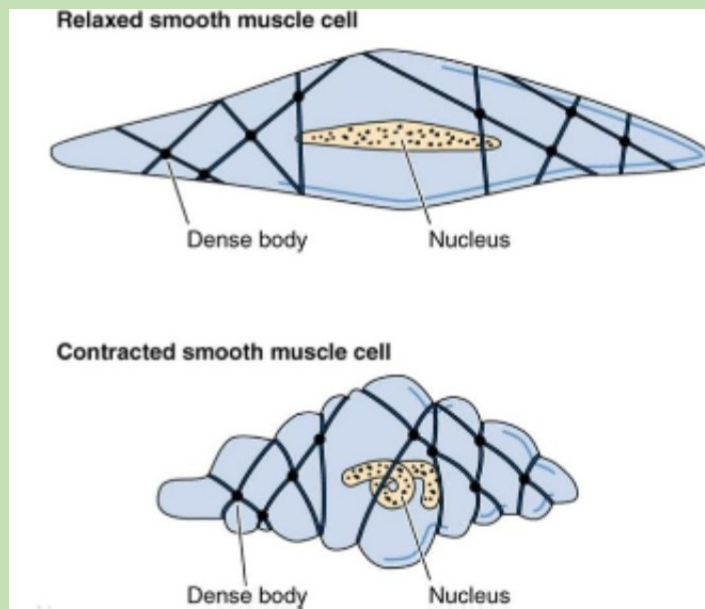
9

10



Hladká svalovina

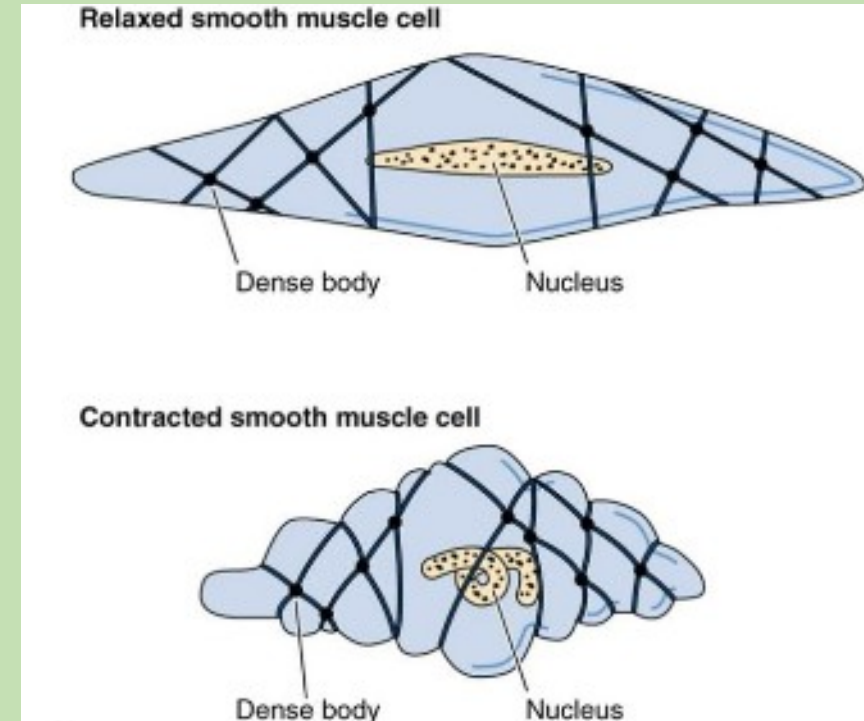
Protáhlé vřetenovité buňky **myocyty**, obklopeny bazální laminou a sítí retikulárních vláken, myofilamenta se šikmo kříží, **denzní tělíska** (připojená k sarkolemě a volná v cytoplasmě, upínají se zde aktinová a desminová filamenta).
Tlustá filamenta - **jiný typ myozinu**, tenká – **aktin a tropomyozin**, troponin není, intermediální filamenta – desmin, vápník se váže na **kalmodulin**.



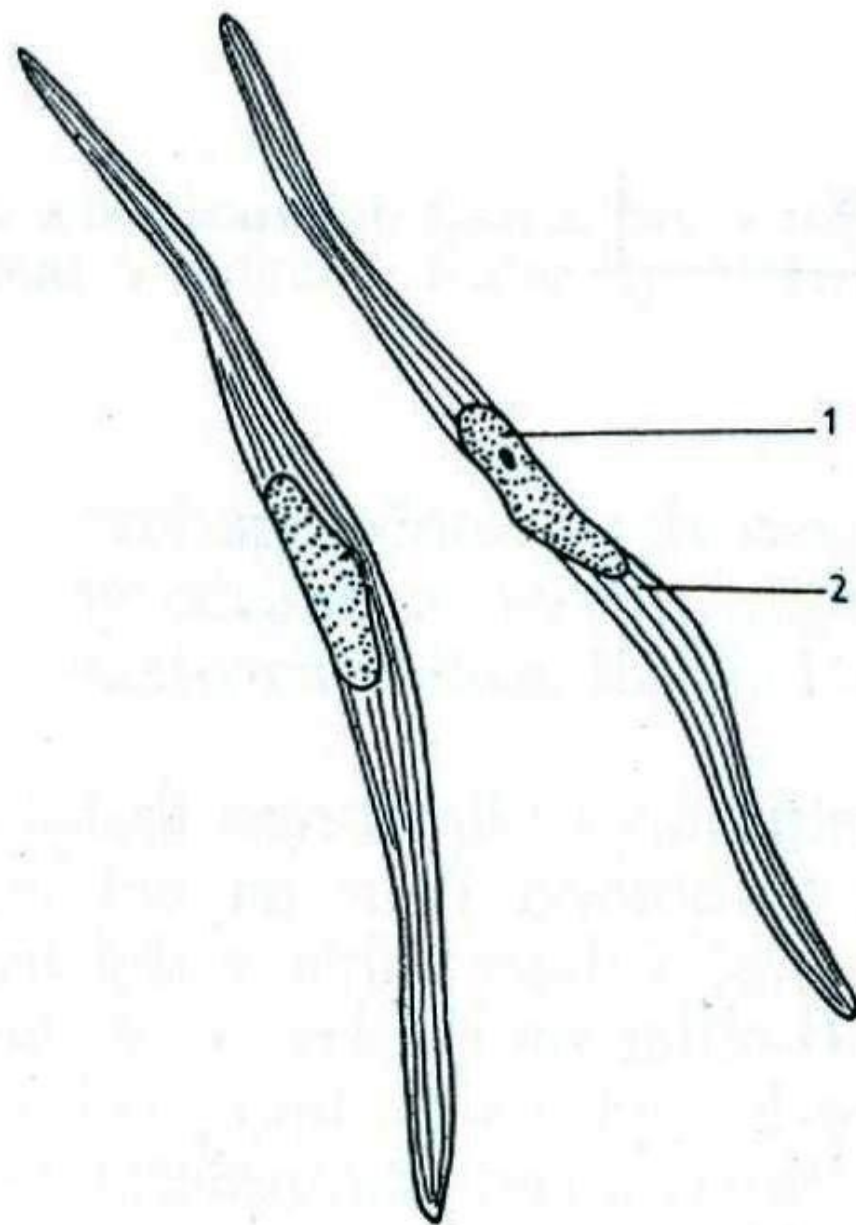
Obr. 10-21. Náčrt úseku hladkého svalu. Buňky jsou obklopeny sítí retikulárních vláken. Na příčném řezu mají jednotlivé buňky různý průměr.

Kontrakce

Při kontrakci se fosforyluje myozin, ten reaguje s aktinem, kontraktilní proteiny a denzní tělíska jsou vázána zevnitř k membráně a k sarkolemě, při kontrakci se buňka šroubovitě stáčí a zkracuje

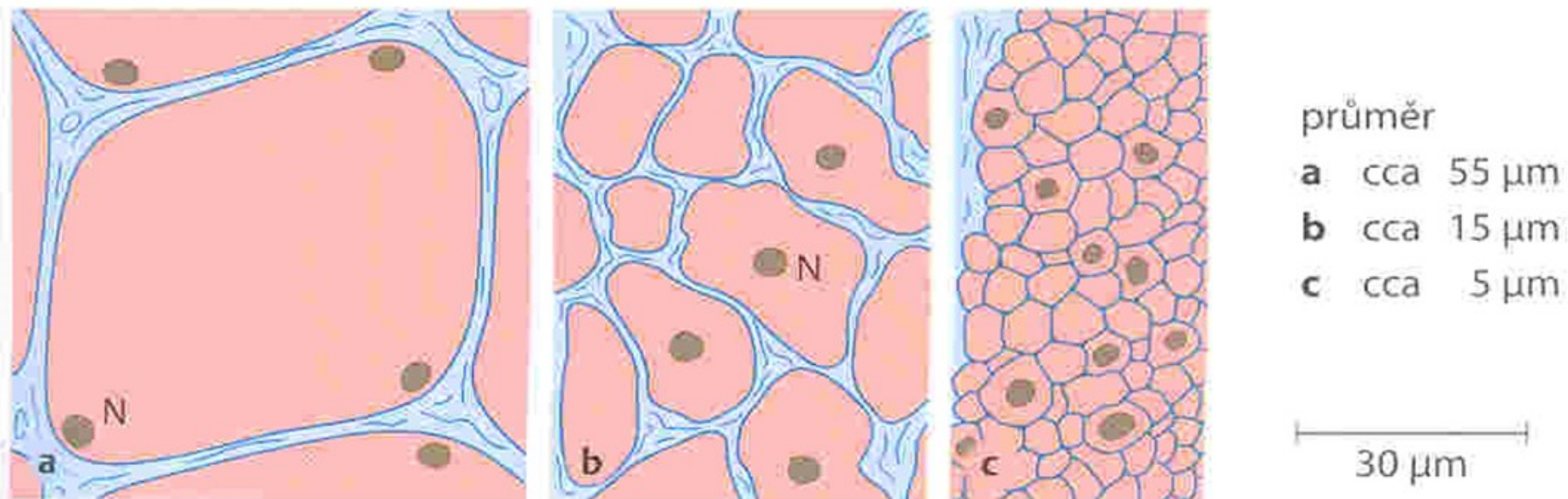


**27. Izolované buňky
hladkého svalu (střevo)**
1 jádro; 2 cytoplazma.





Hladká svalovina na podélném řezu (foto: M. Nakládal)

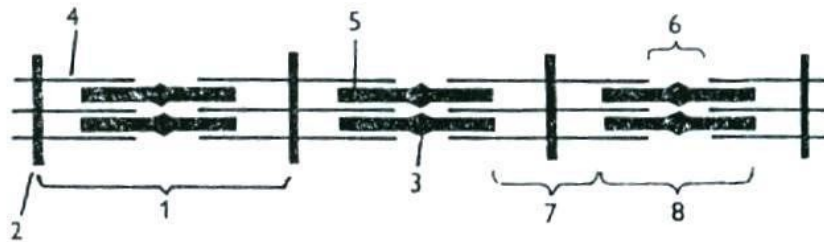
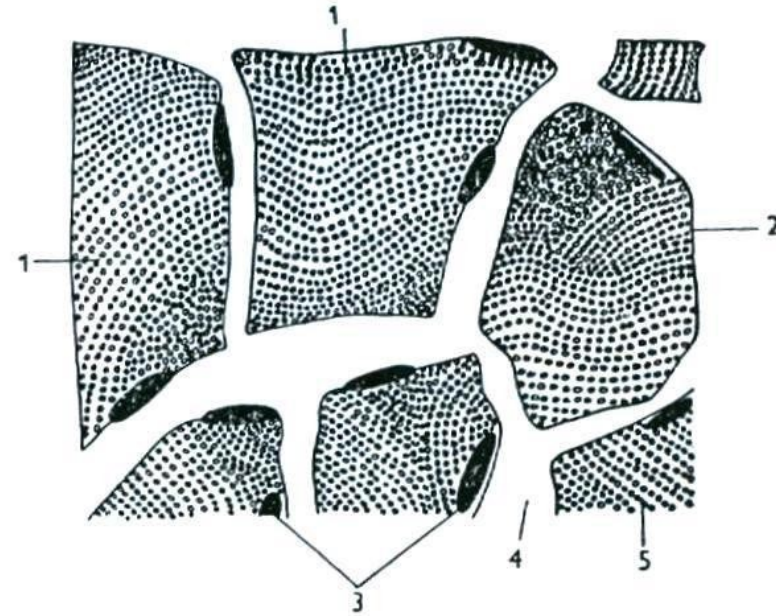


Obr. 10. **16** Porovnání tří druhů svaloviny v příčných řezech při stejném zvětšení (kresba podle histologických preparátů). **a** Kosterní svalové vlákno. **b** Buňky srdečního svalu. **c** Hladké svalové buňky. Extracelulární matrix *modře*. Zvětš. 575x.

Uspořádání myofibril:
 Rovnoměrné
 Conheimova políčka
 Radiální (myotenie)

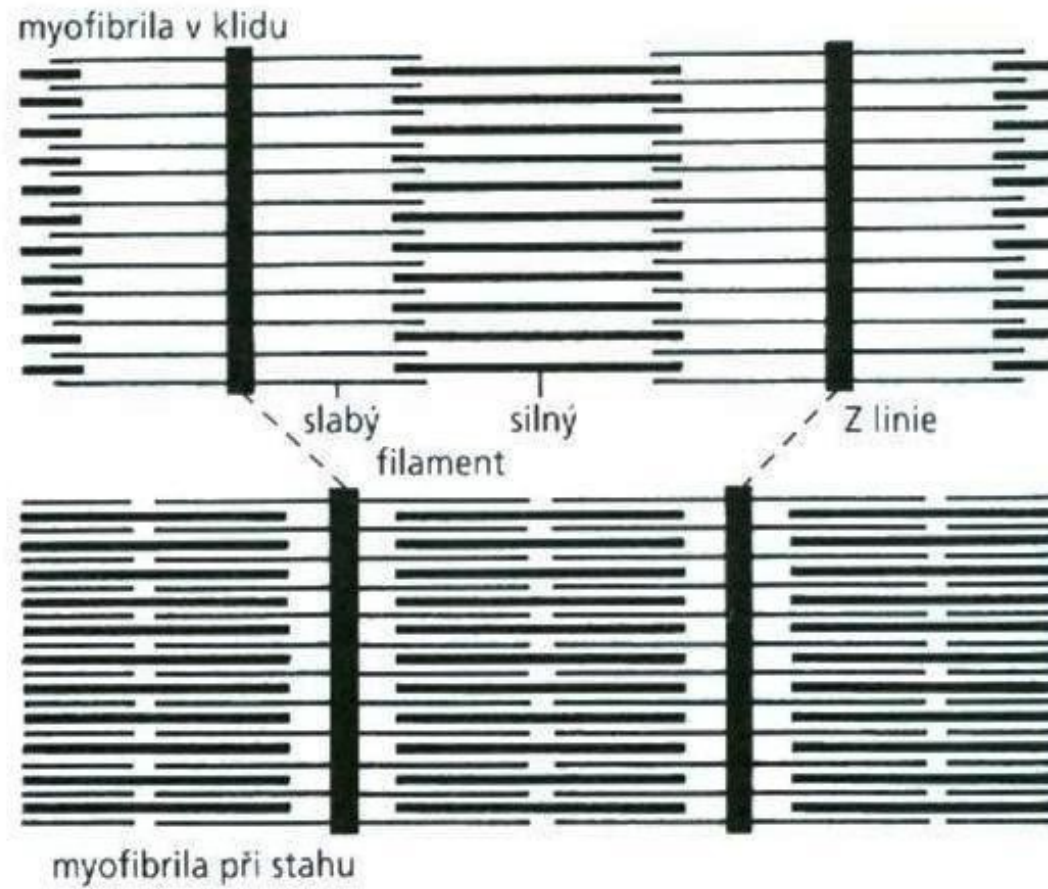
28. Příčný řez žíhanými svalovými vlákny

1 svalová vlákna; 2 sarkolema;
3 periferně uložená jádra;
4 prostory vyplněné vazivem (endomysium);
5 myofibrily.

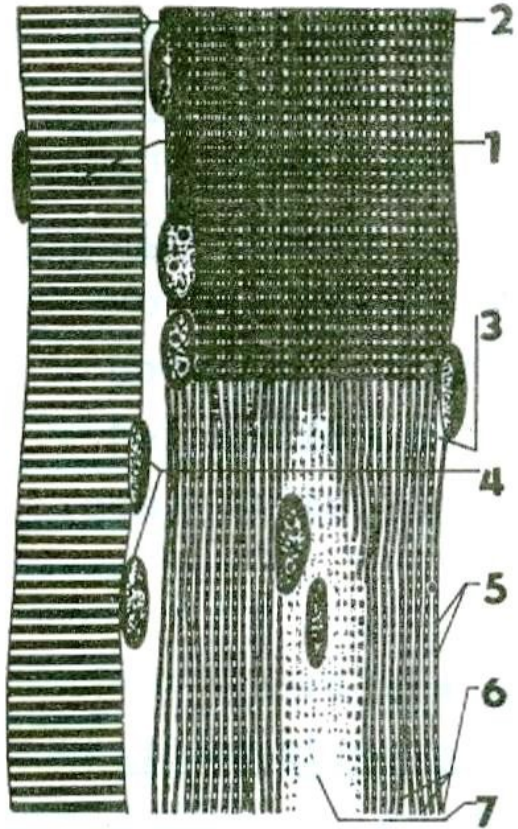


29. Schéma uspořádání myosinových a aktinových filamentů v myofibrile

1 sarkomera; 2 telofragma; 3 mezofragma;
4 aktinové filamenty; 5 myosinové filamenty;
6 H-zóna; 7 I-terček; 8 A-terček.

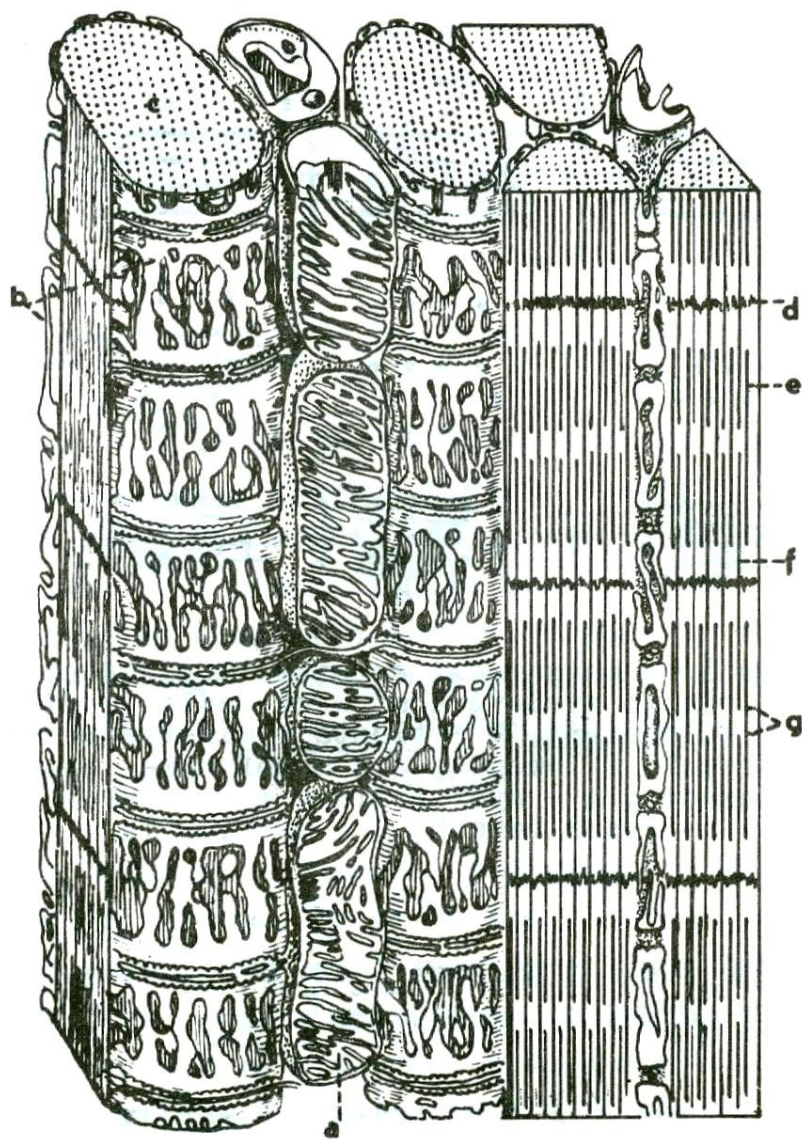


Obr. 5.359 Posun aktinových a myozinových filament (vlákének) při stahu kosterního svalu. Několik filament tvoří myofibrilu. Myofibrily jsou uloženy v cytoplazmě svalového vlákna.



Obr. 62

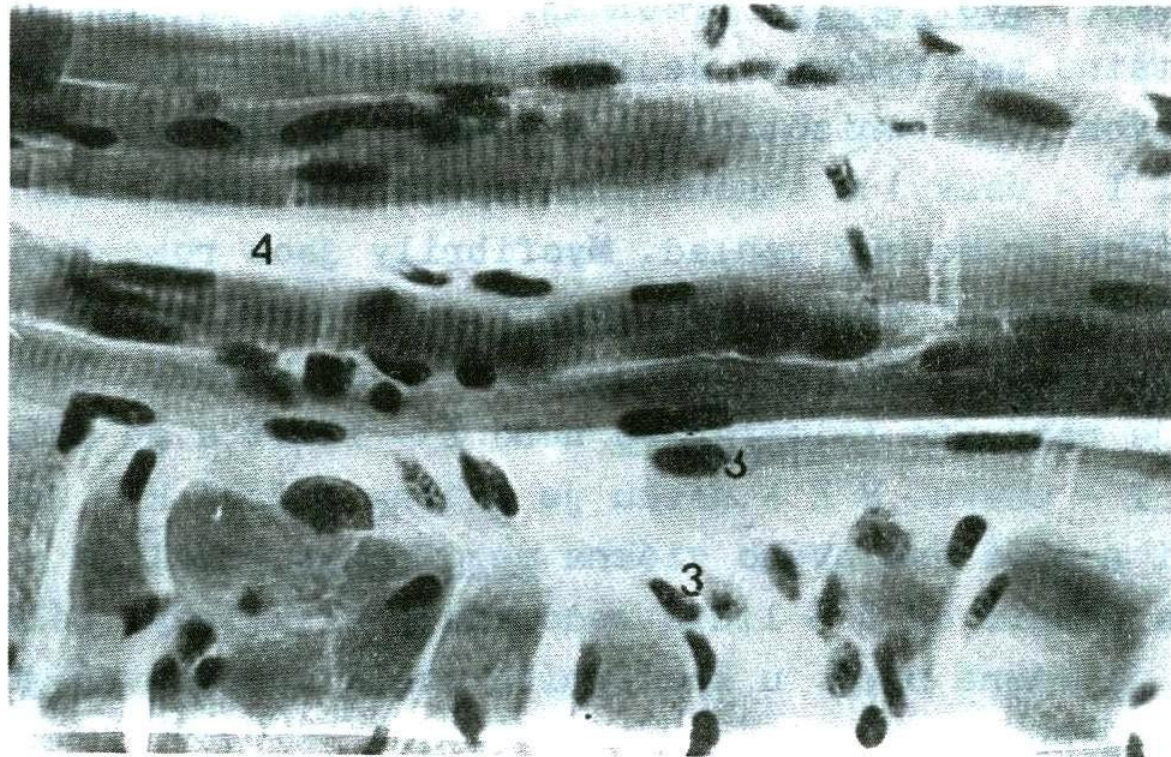
Schematické zobrazení části svalového vlákna žíhané svaloviny. 1 - svalové vlákno. 2 - žíhání. 3 - sarkoplazma. 4 - jádra vlákna. 5 - žíhání myofibril. 6 - myofibrily. 7 - sarkolema



Obr. 130. Šubmikroskopická struktura části svalového vlákna.
a = sarkozomy, b = endoplazmatická síť, c = myofibrila (svalové vlákénko), d = telofragma, e = tlustá filamenta, f = tenká filamenta, g = Hensenův proužek.

Obr. 63

Žíhaná svalovina jazyka myši. Primární i sekundární svazky svalových vláken zde mají rozmanitou orientaci. Na řezovém preparátu při detailním zvětšení pozorujeme jak žíhání podélně běžících svalových vláken (1), tak příčně říznutá svalová vlákna (2). 3 - jádra svalových vláken. 4 - vazivové pochvy nejsou nabarveny, na preparátu světlé

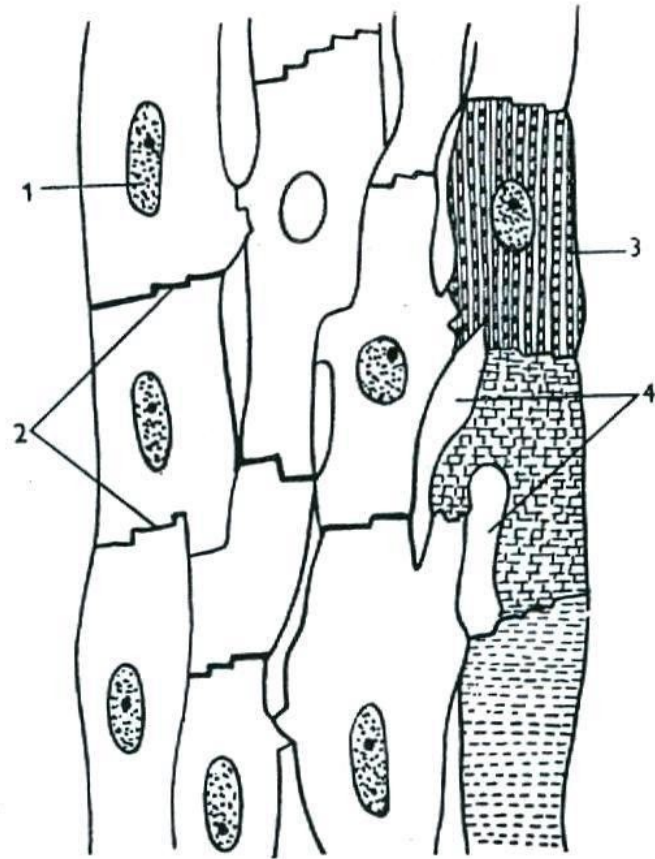




Žíhaná svalovina na podélném řezu (foto: M. Nakládal)

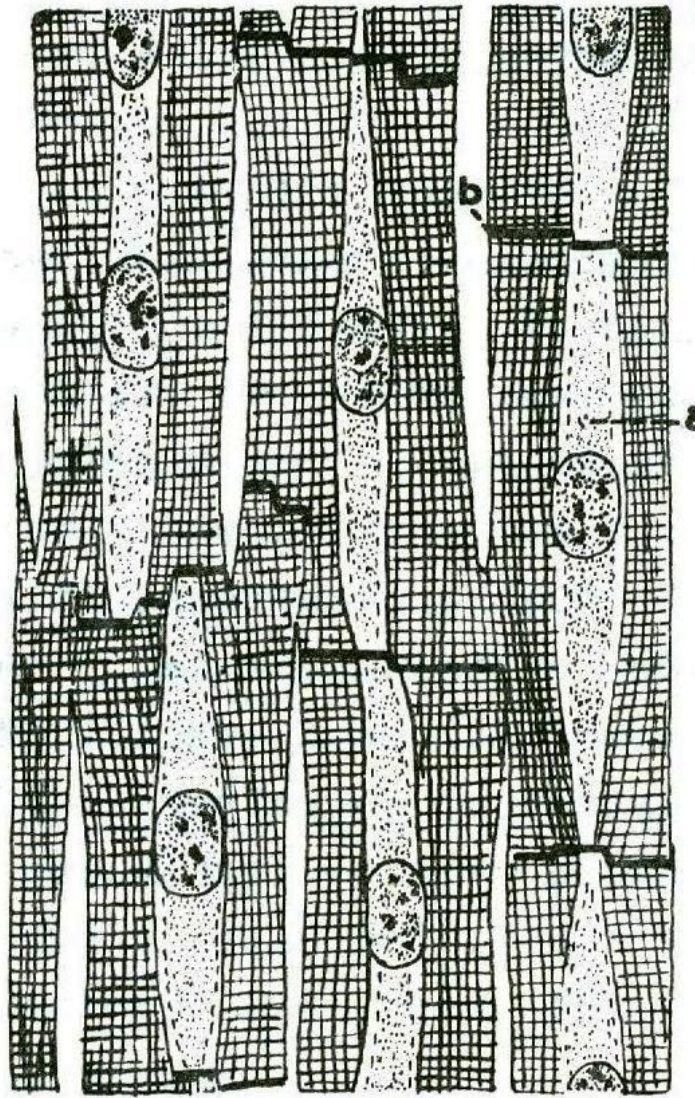


Žíhaná svalovina na příčném řezu (foto: M. Nakládal)



30. Podélný řez srdeční svalovinou

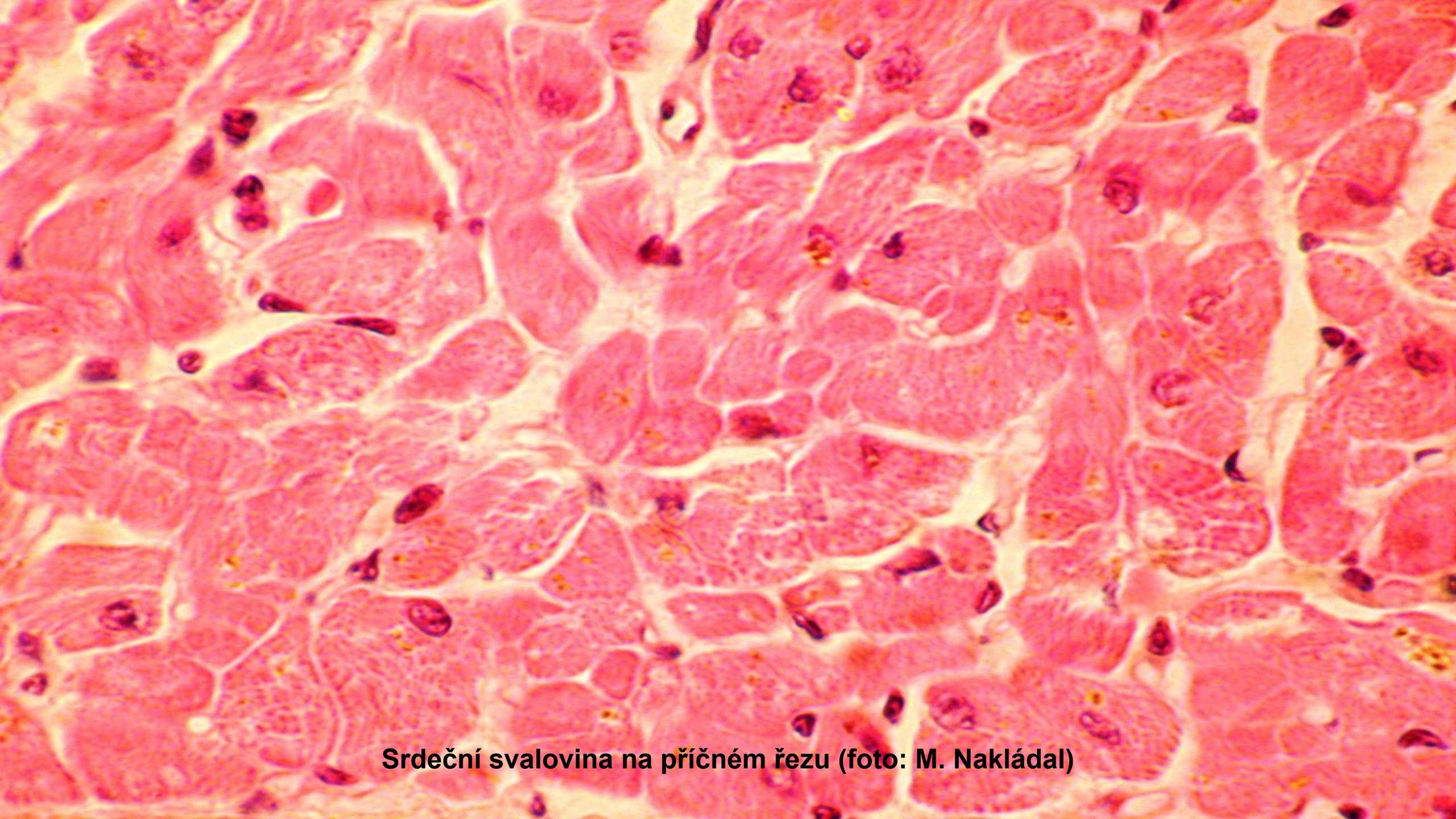
1 jádro; 2 interkalární disky; 3 myofibrily;
4 prostory vyplněné vazivem a kapilárami.



Obr. 132. Srdeční svalovina
a = inokoma, b = interka-
lární disk.



Srdeční svalovina na podélném řezu (foto: M. Nakládal)



Srdeční svalovina na příčném řezu (foto: M. Nakládal)