

# 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

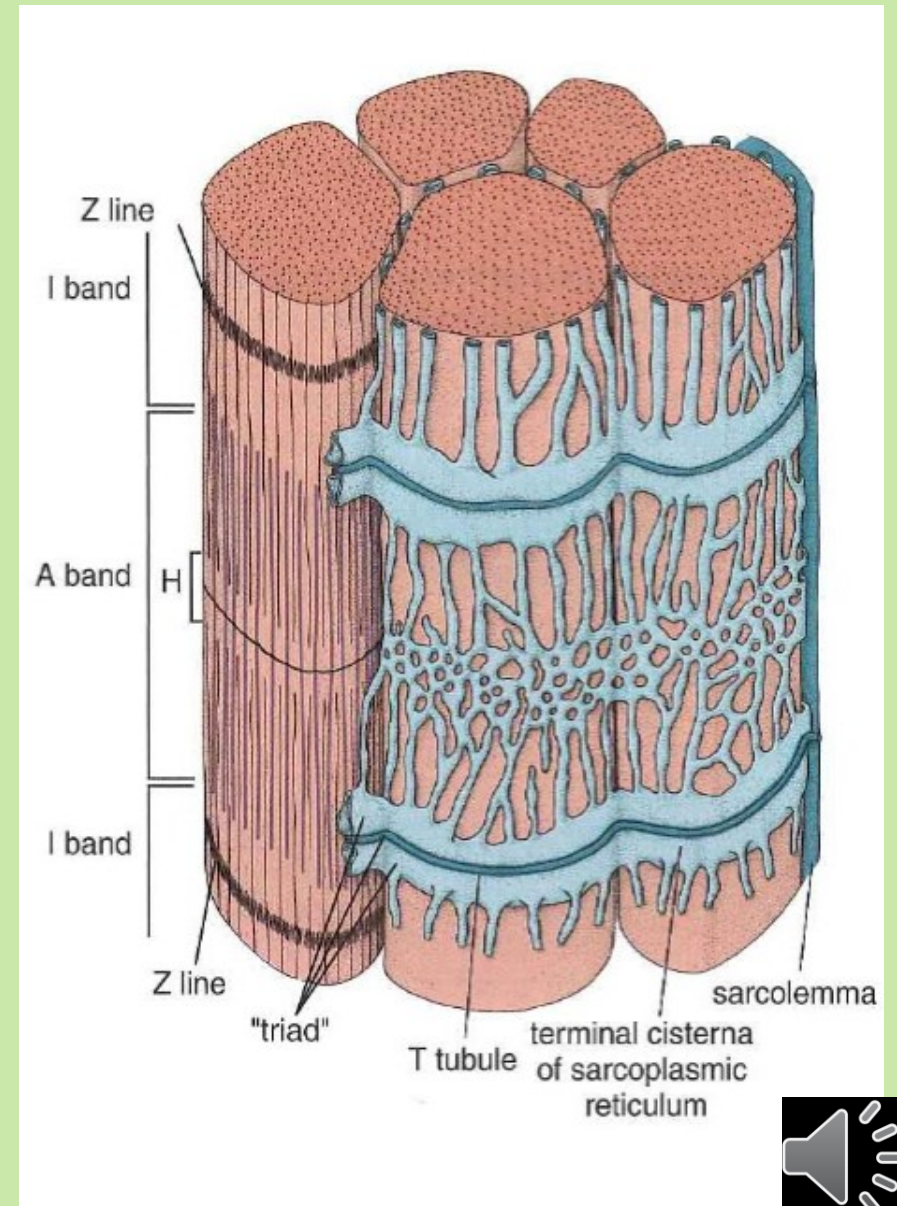
- Houby: nemají pohybovou soustavu žijí přisedle
- Žahavci: je svalový epitel je tvořen myofibrily, zajišťují pohyb
- Ploštěnci a hlísti: hladká svalovina (kožněsvalový vak)
- Mekkýši: kožněsvalový vak přesunut do nohy
- Kroužkovci: mají okružní a podélnou svalovinu
- Členovci: pokožka vylučuje pevnou 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**

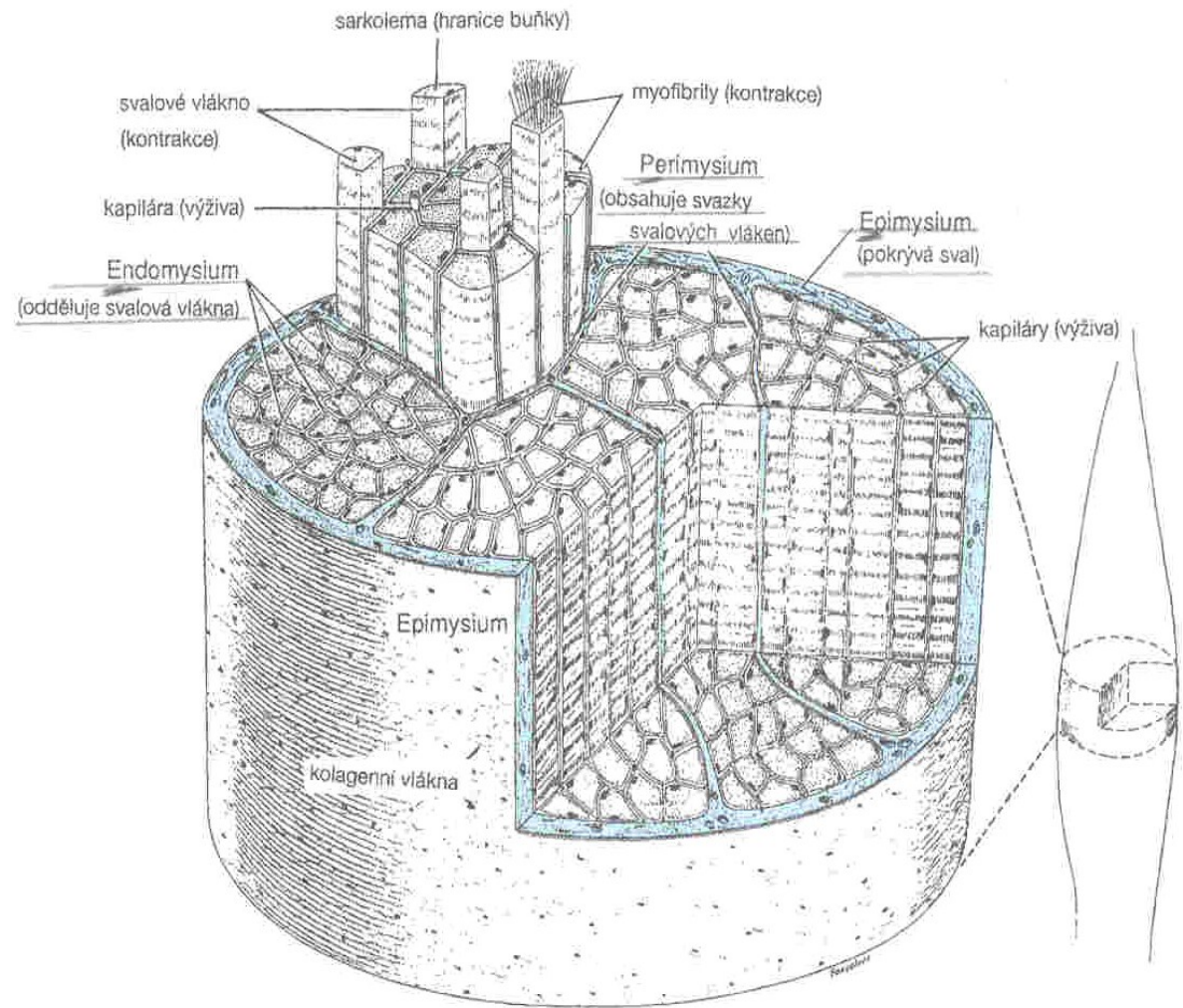
svazky s. vláken - **peri**

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

- **Přechod svalu ve šlachy**

(myotendinózní spojení):

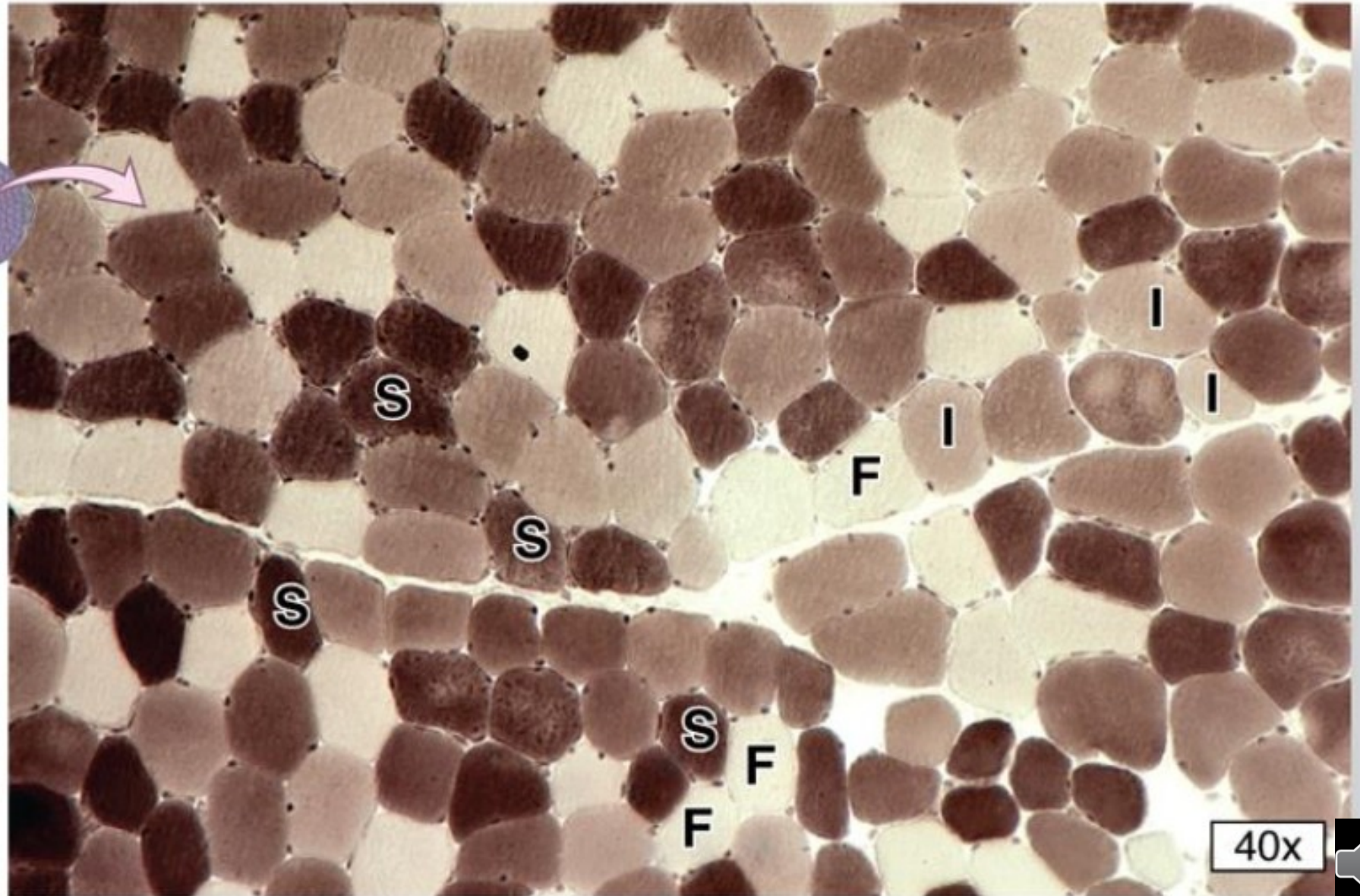
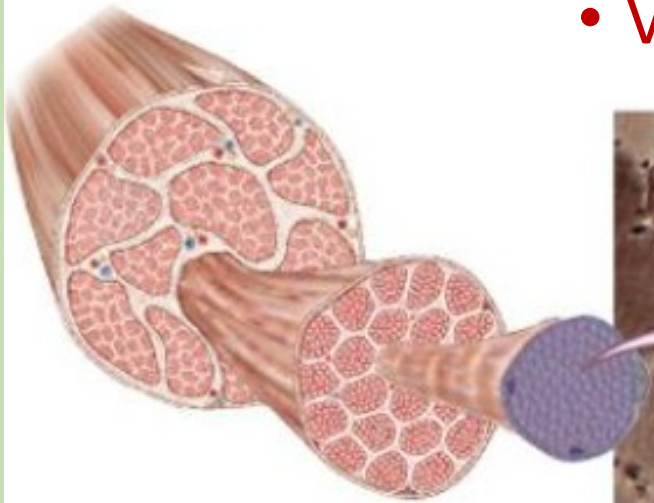
kolagenní vlákna šlachy i obaly s. vláken do sebe přecházejí



Obr. 10-2. Stavba a funkce kosterního svalu. Nákres vpravo znázorňuje oblast svalu, detailizovanou ve větším měřítku vlevo. 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:

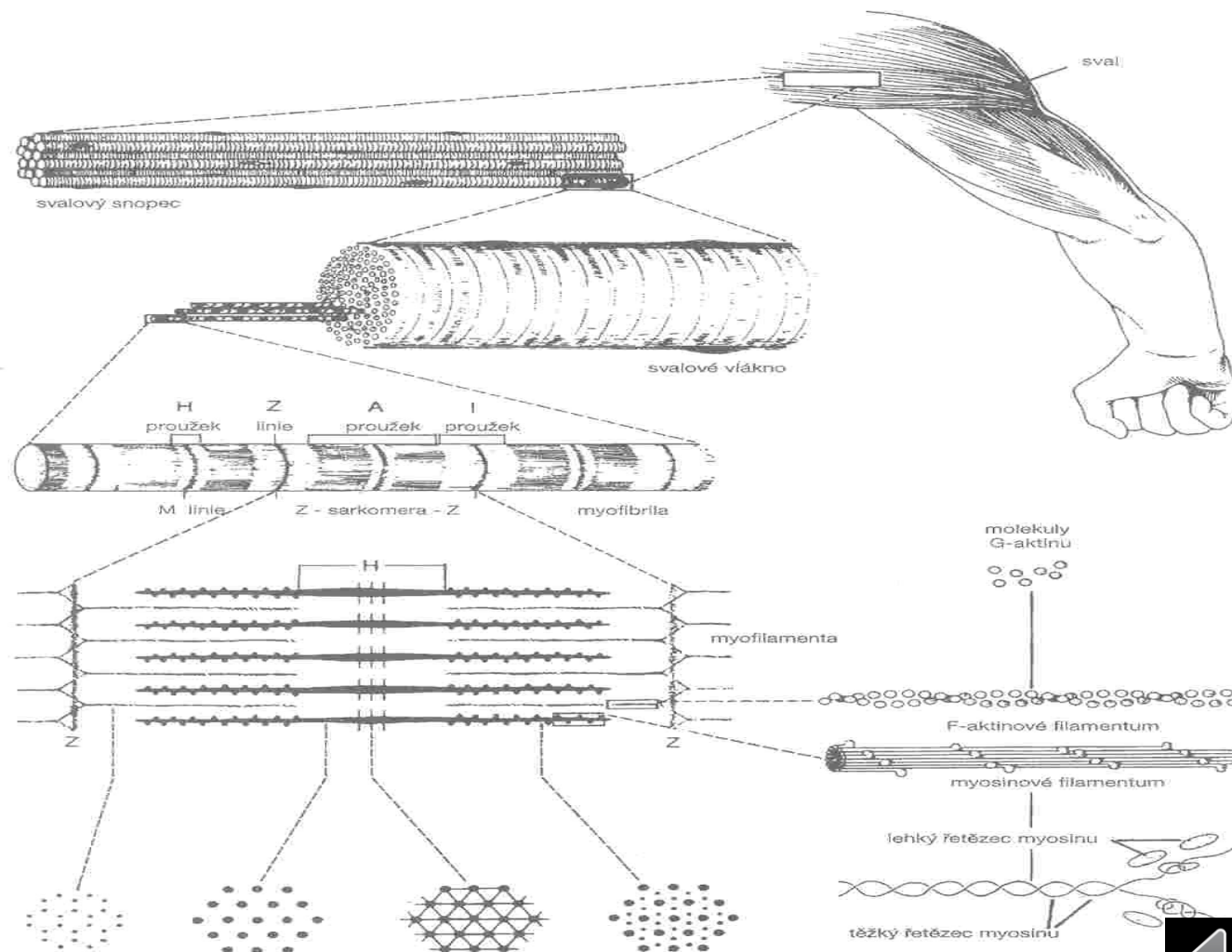
**tmavé** (anizotropní, dvojlomné, A-proužky)

**světlé** (izotropní, jednol., I-proužky)

Mezi nimi tmavá Z linie (telofragma), Hensenův proužek

- Sarkomera Z telofragma-Z telofragma (2,5  $\mu\text{m}$ )

Umístění tenkých a tlustých filament v sarkomeře  
Molekulární struktura těchto filament

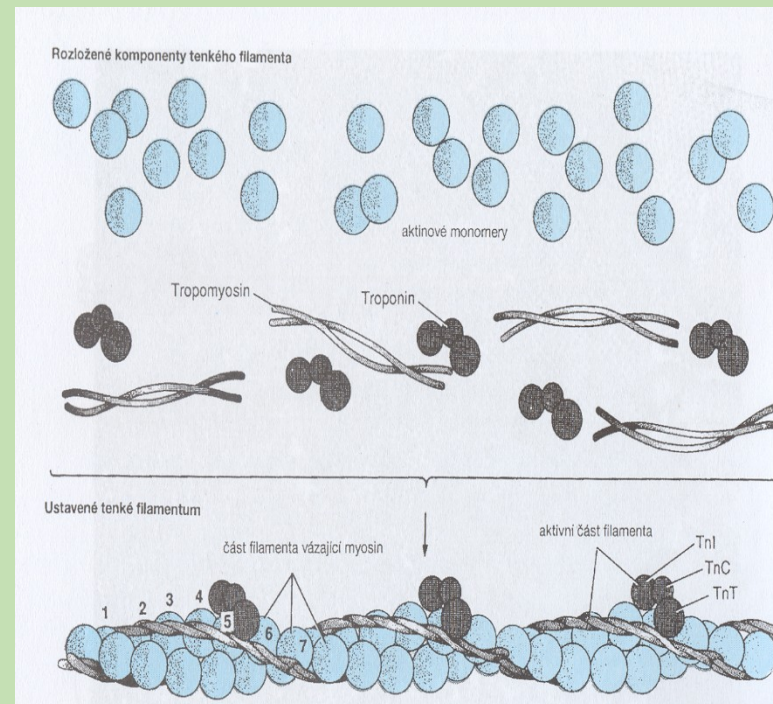
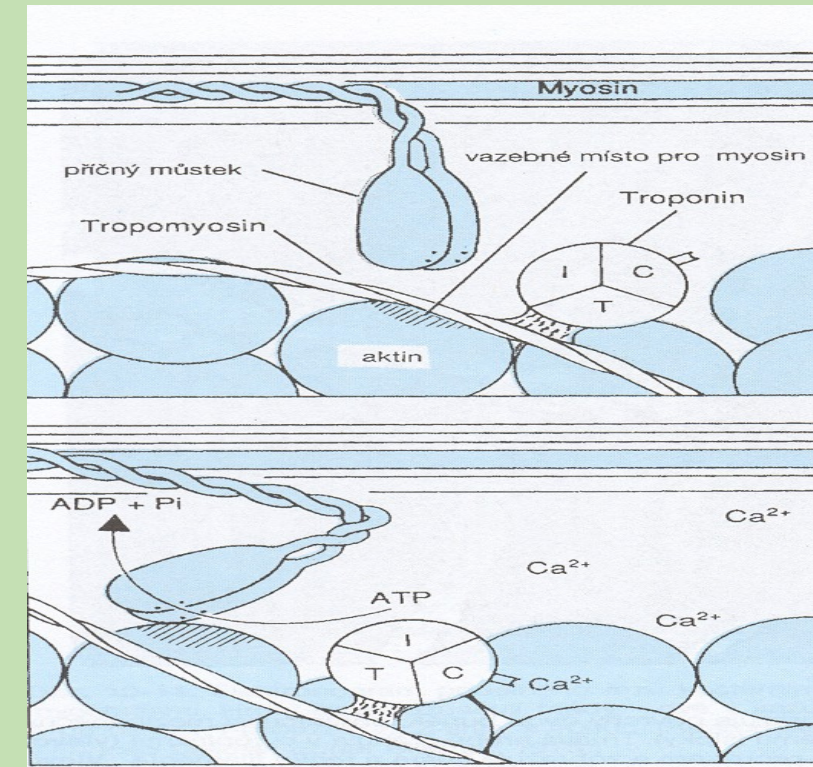
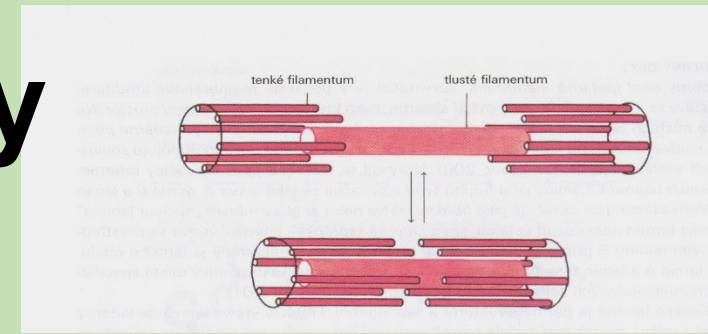


Obr. 10-6. Diagram znázorňující stavbu a umístění tlustých a tenkých filament v sarkomeře. Molekulární struktura komponent je zobrazena vpravo. (Nákres Sylvia Colard Keene. Reprodukováno se svolením z Bloom W, Fawcett DW: A Textbook of Histology, 9. ed., Saunders, 1968.)



# 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



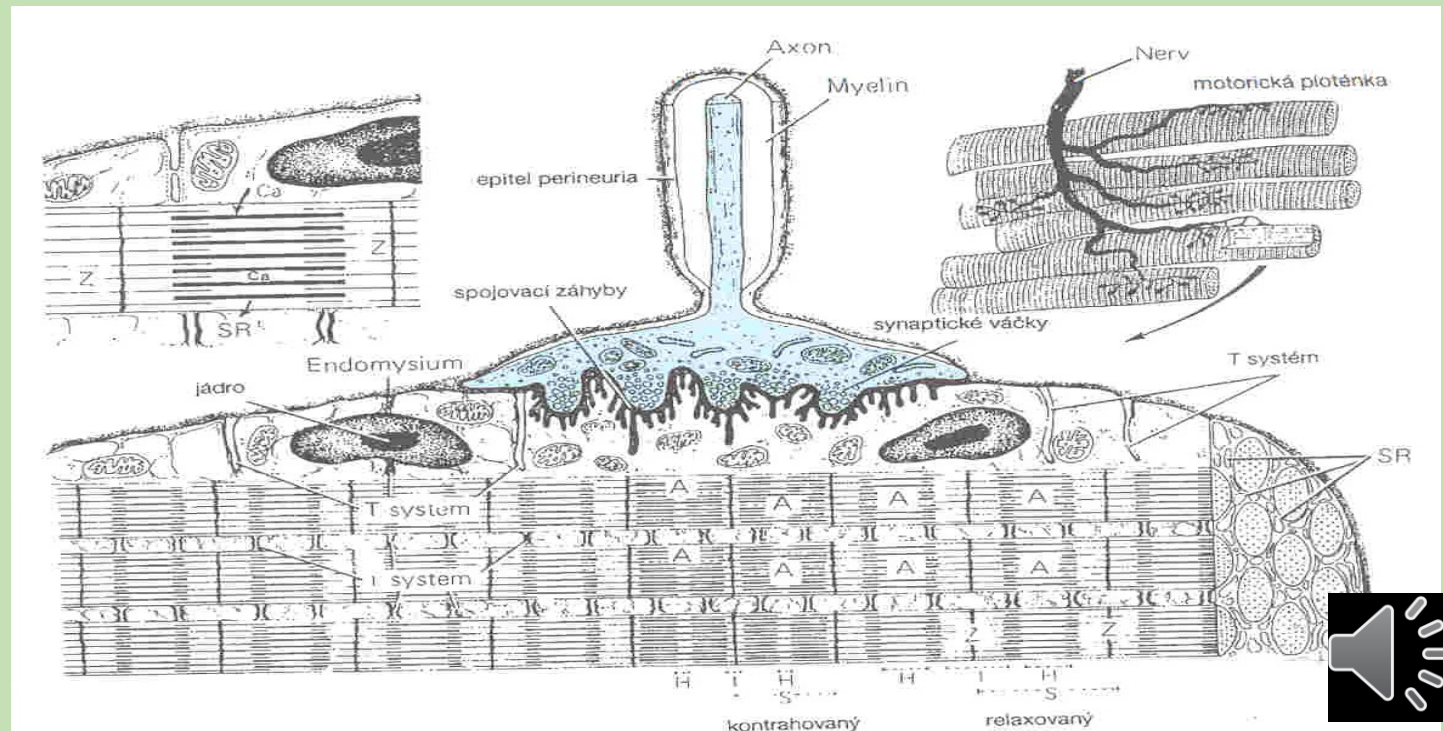


# Přenos vzruchu a mechanismus kontrakce

## Nervosvalová ploténka:

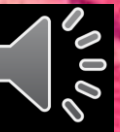
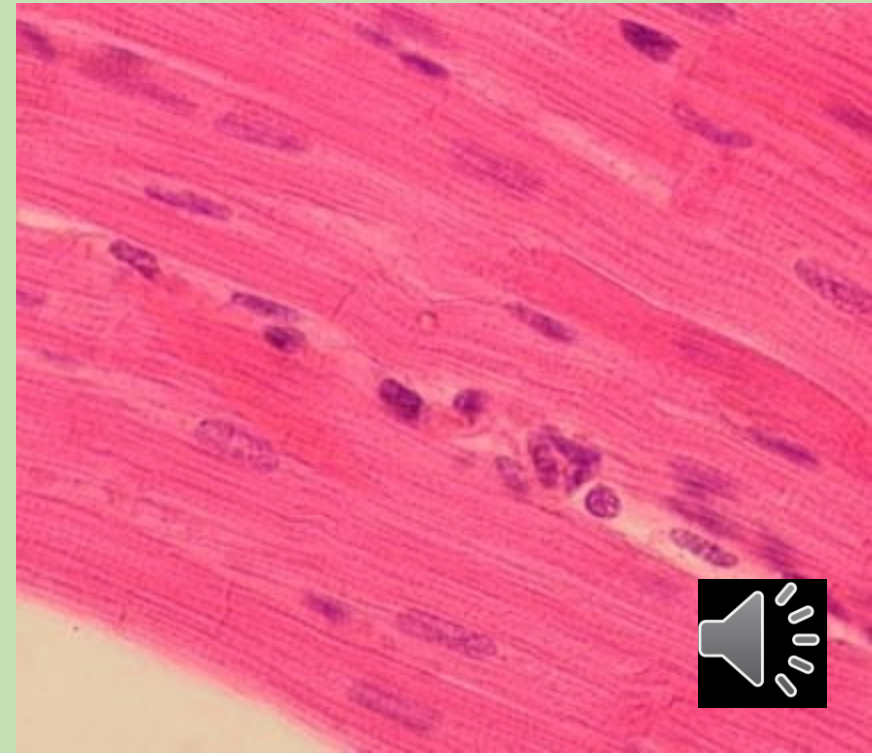
motorické nervové vlákno – **acetylcholin** – depolarizace sarkolemy – přenos depolarizace na sarkoplazmatické retikulum – vylití  $\text{Ca}^{2+}$  - vazba na troponin – změna prostorové konfigurace **troponin-tropomyozinového** komplexu - uvolnění vazebného místa pro aktin – vazba aktinu na myozin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

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



# Srdeční svalovina

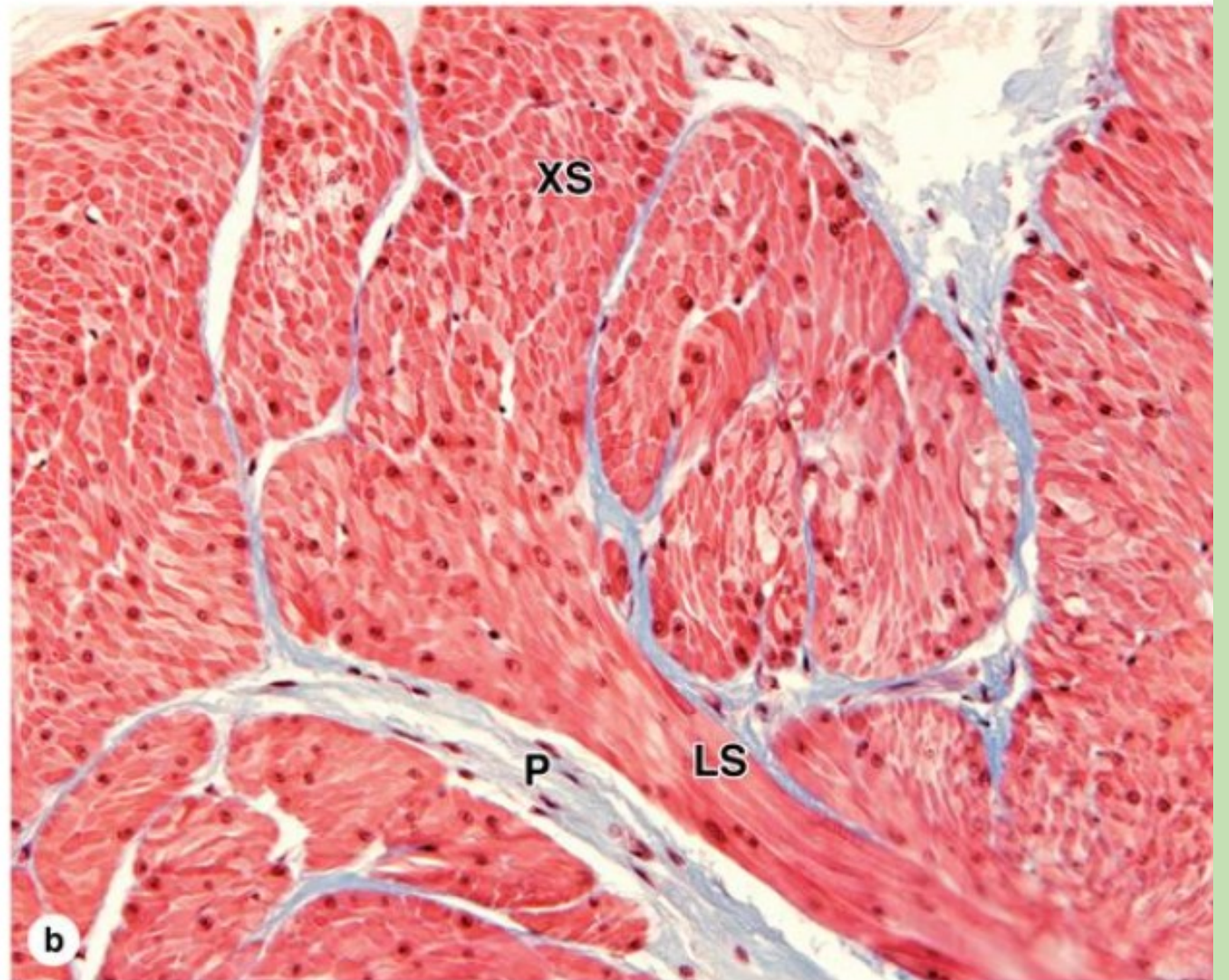
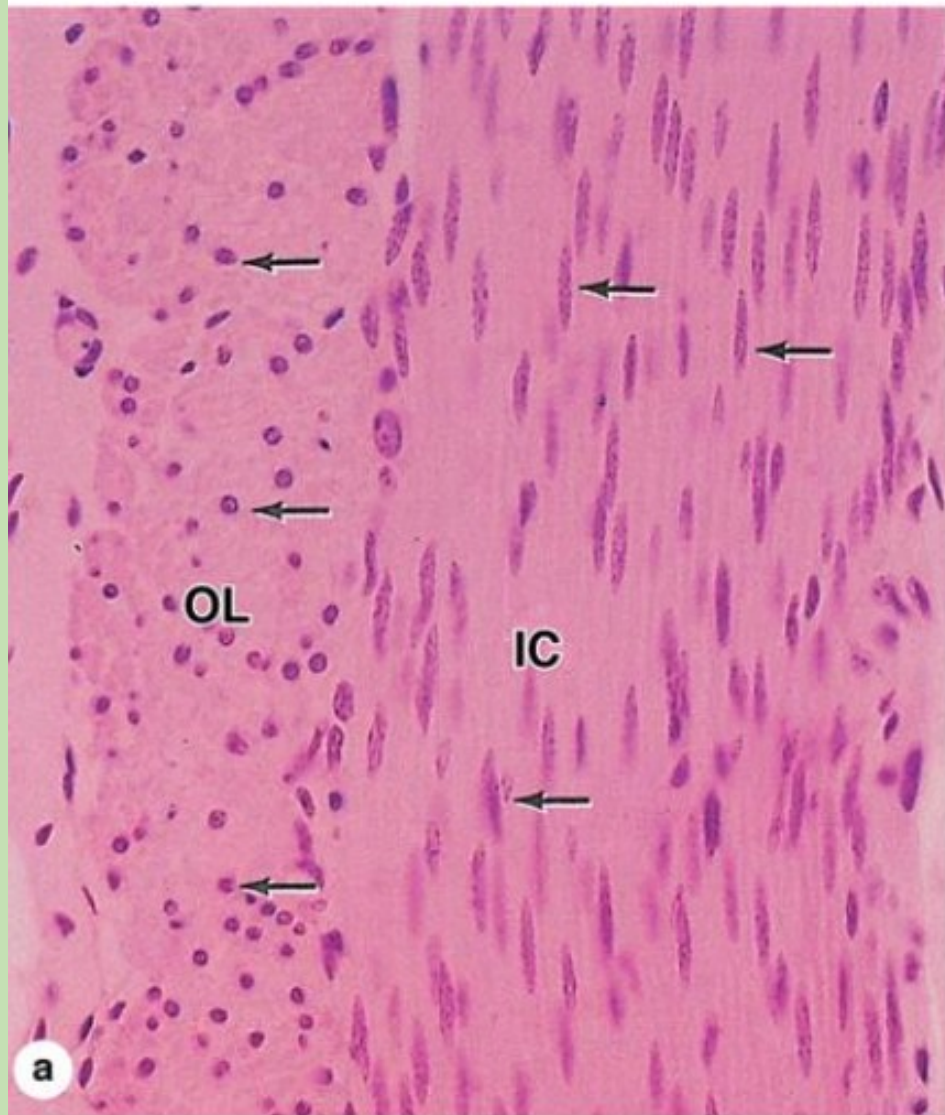
- Kardiomyocyty, 1 jádro, v sarkoplazmě u pólů jádra četné mitochondrie (v řadách mezi myofilamenty), glykogenová granula, malé množství lipofuchsinu, lipidové kapénky
- Uspořádání aktinových a myozinových myofilament–příčné pruhování, endomysium
- Interkalární disky: schodovité útvary v místě spojení 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





TYP SVALU

PODÉLNÝ ŘEZ

PŘÍČNÝ ŘEZ

AKTIVITA

buňka (vláknno)  
kosterního svalu

jádro

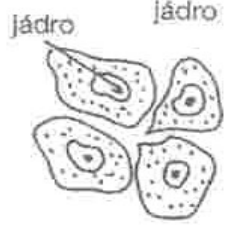
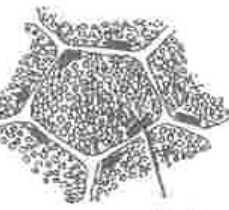
srdeční sval

jádro

interkalární disk

hladké svalstvo

jádro



silná, rychlá,  
přetržitá, vůlí  
ovládaná kontrakce

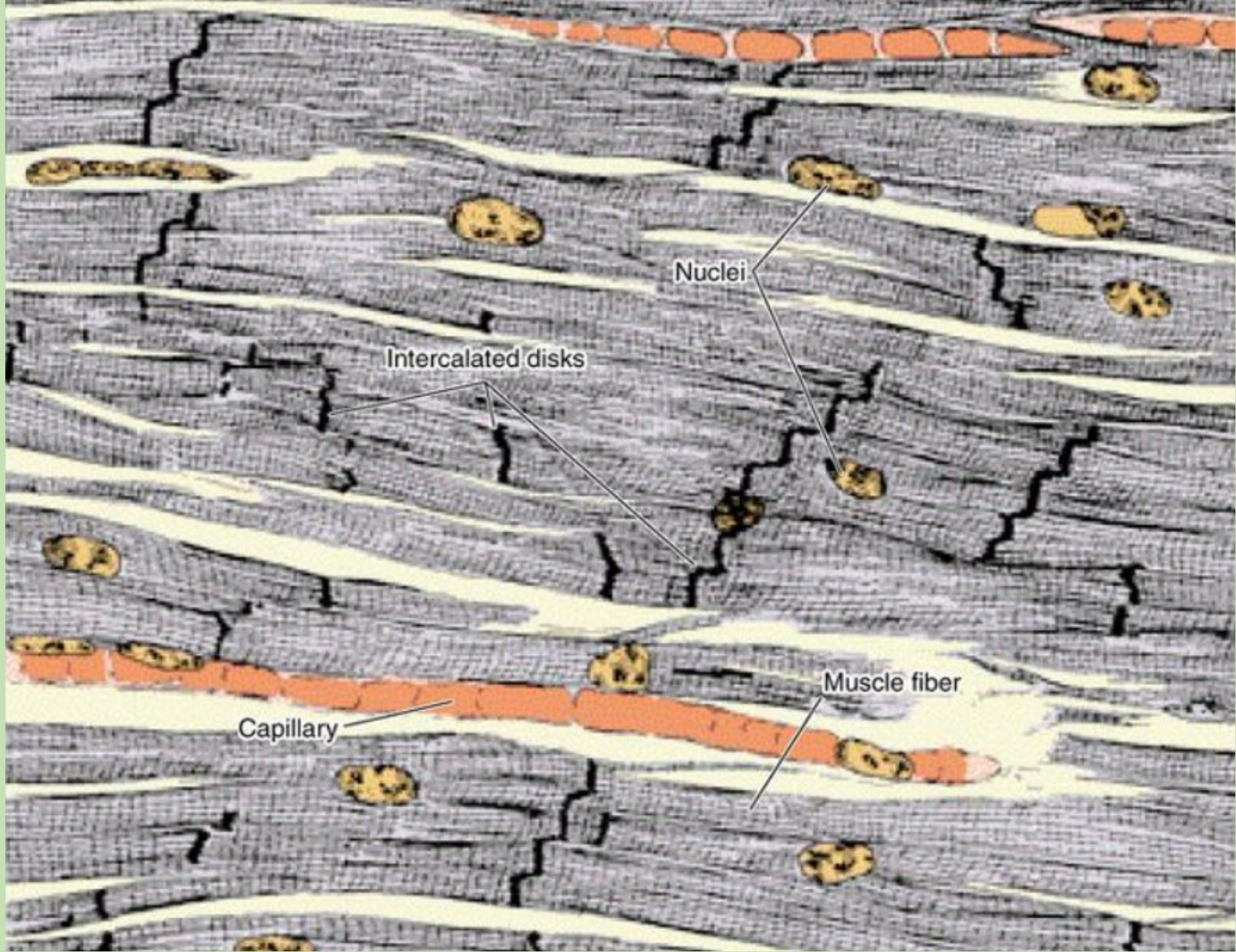
silná, rychlá,  
nepřetržitá  
autonomní kontrakce

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





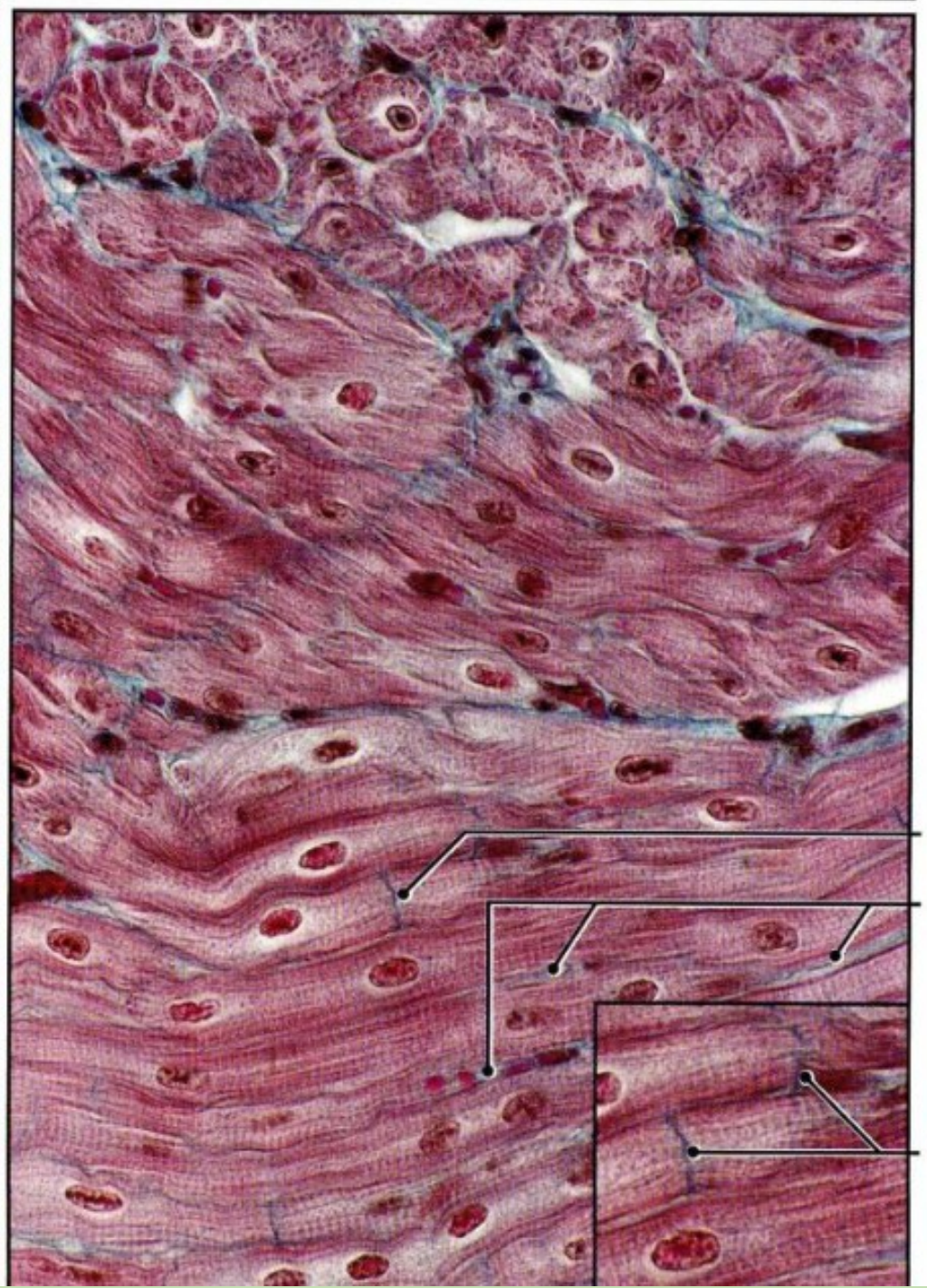
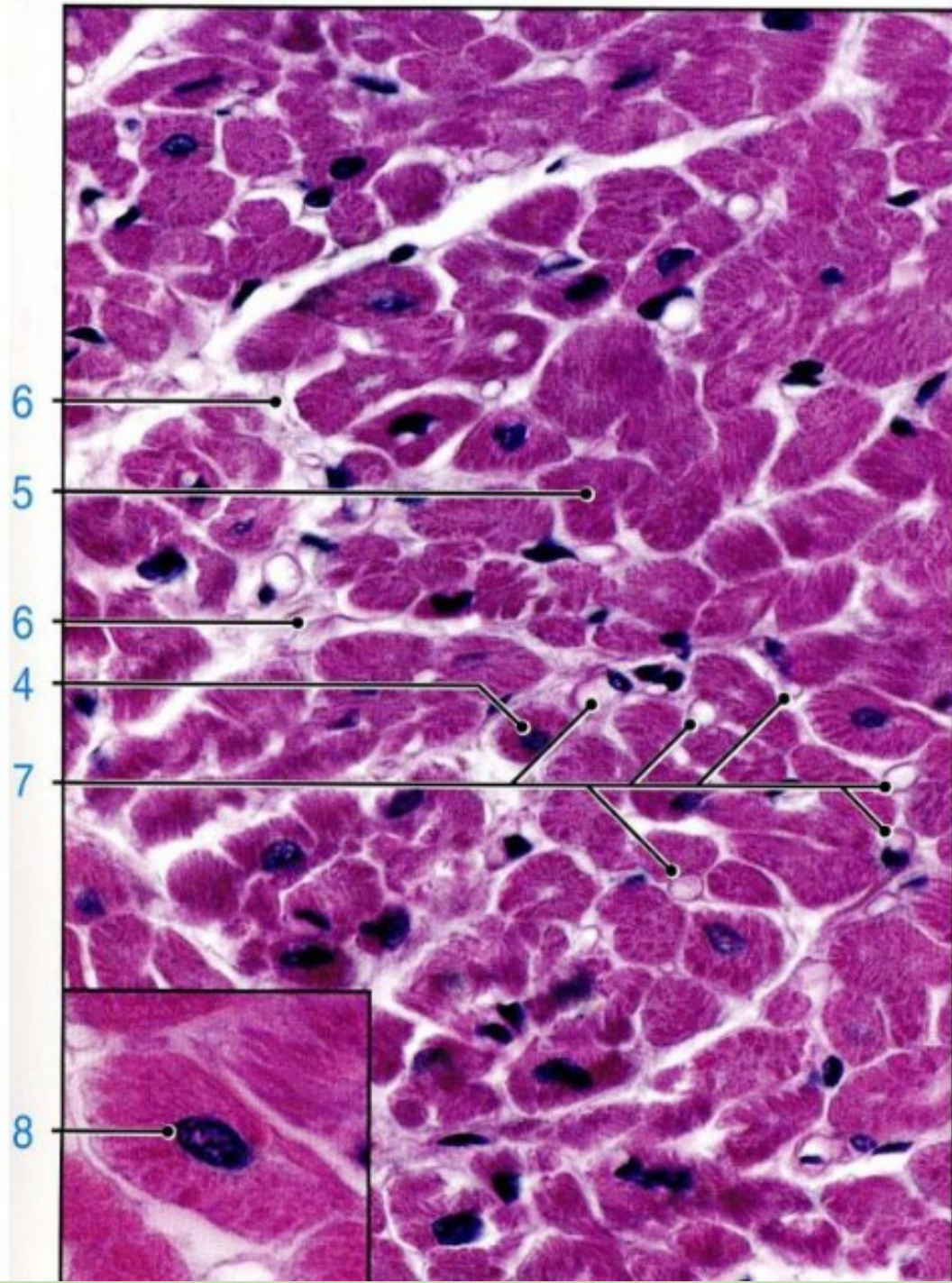
Nuclei

Intercalated disks

Capillary

Muscle fiber





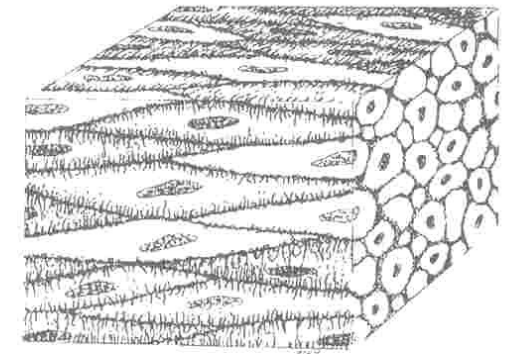
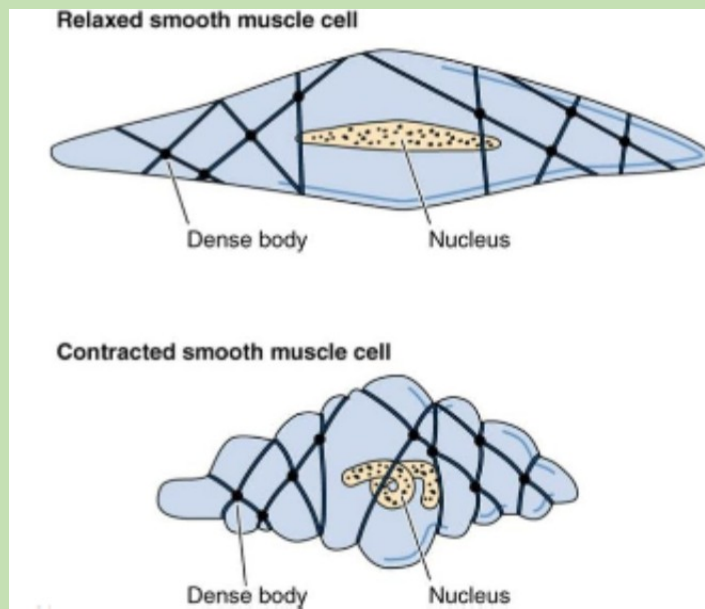
10  
9

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.



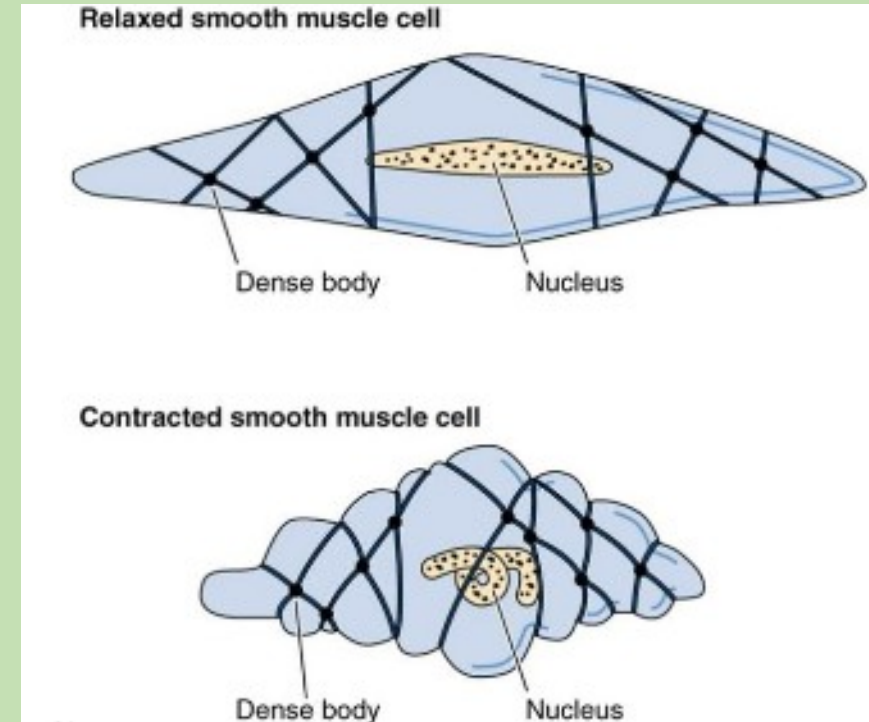
Obr. 10-21. Náčrtes úseku hladkého svalu. klopeny sítí retikulárních vláken. Na příčné notlivé buňky různý průměr.



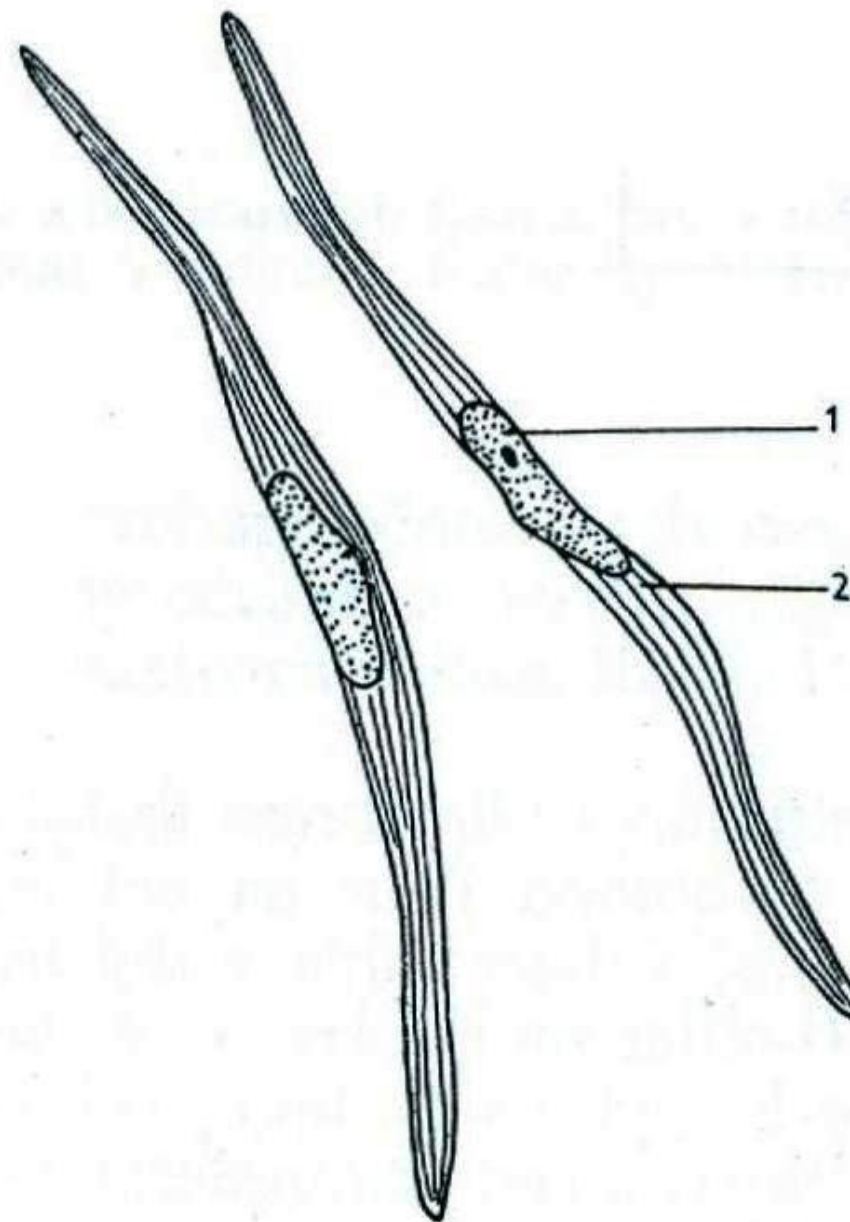


# Kontrakce

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



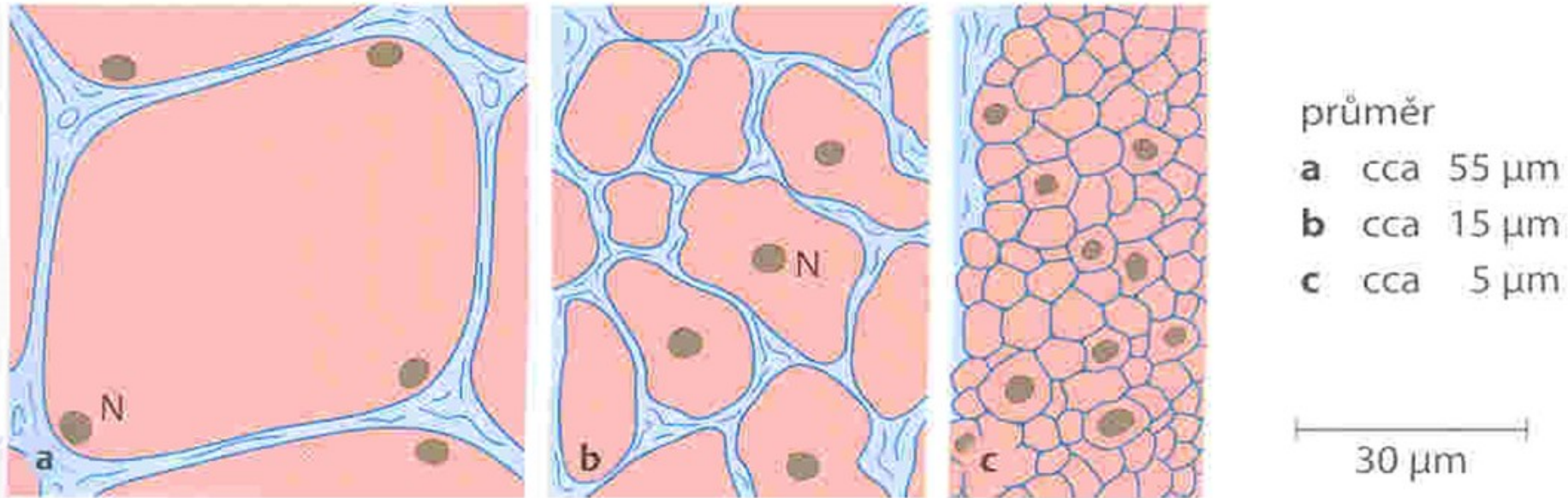
**27. Izolované buňky  
hladkého svalu (střevo)**  
1 jádro; 2 cytoplazma.





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





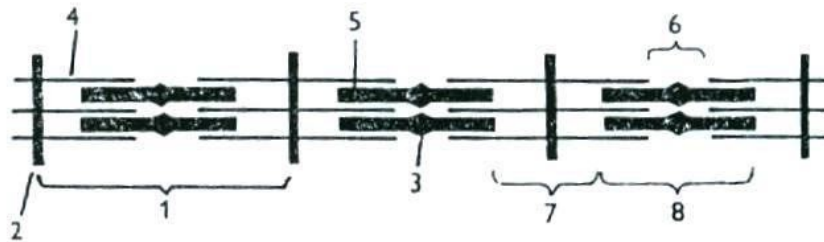
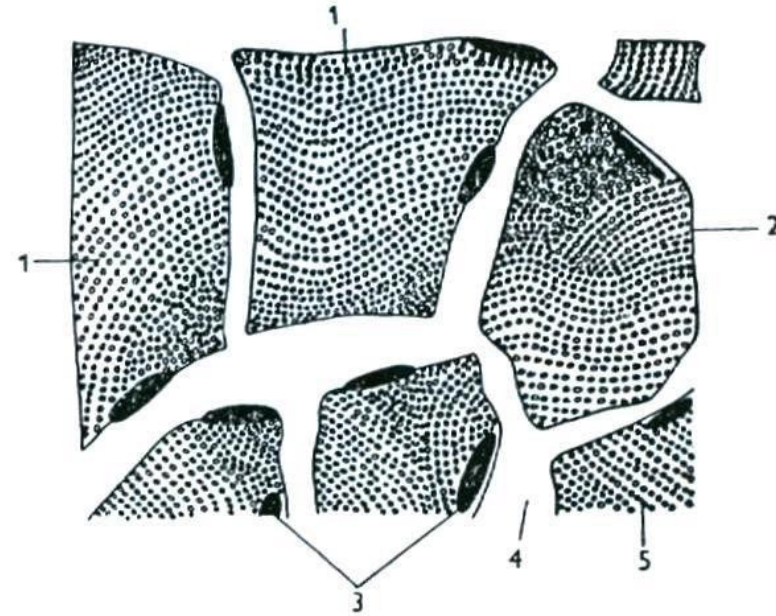
Obr. 10. **16** Porovnání tří druhů svaloviny v příčných řezech při stejném zvětšení (kresba podle histologických preparátů). **a** Kosterní svalové vlákno. **b** Buňky srdečního svalu. **c** Hladké svalové buňky. Extracelulární matrix *modře*. Zvětš. 575x.

**Uspořádání myofibril:**  
 Rovnoměrné  
 Conheimova políčka  
 Radiální (myotenie)



## 28. Příčný řez žíhanými svalovými vlákny

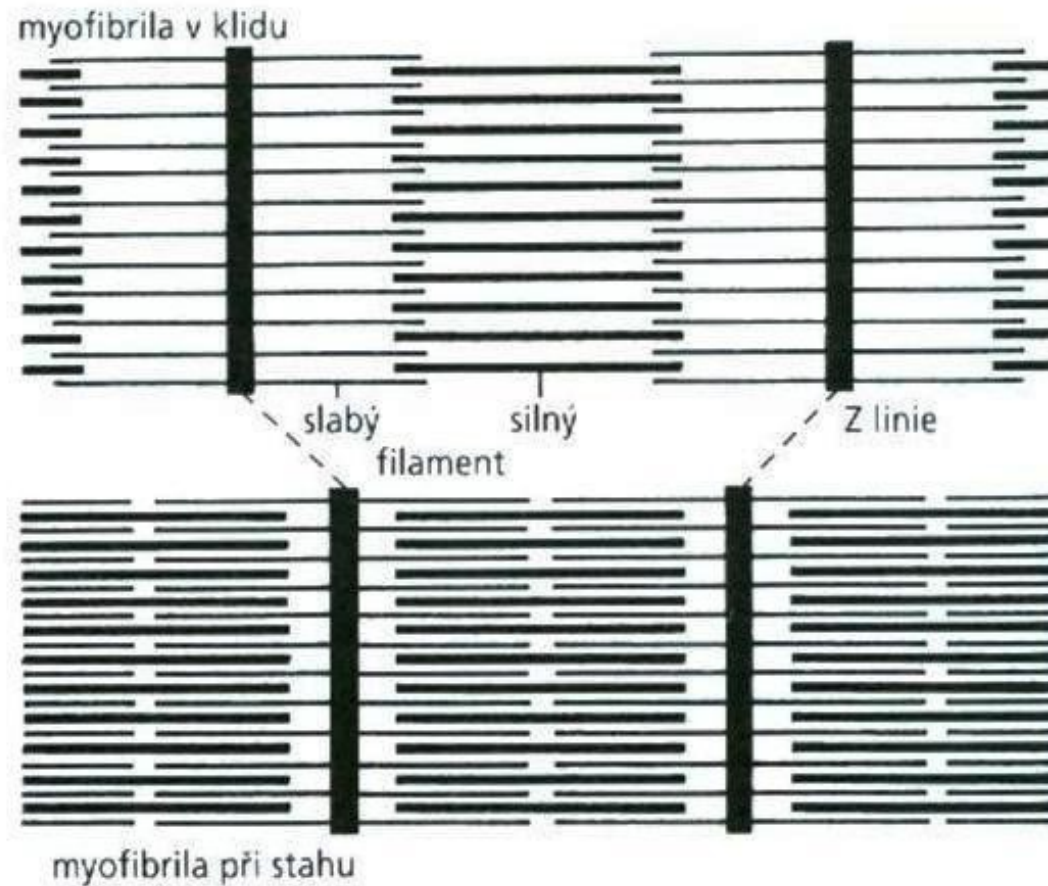
1 svalová vlákna; 2 sarkolema;  
3 periferně uložená jádra;  
4 prostory vyplněné vazivem (endomysium);  
5 myofibrily.



## 29. Schéma uspořádání myosinových a aktinových filamentů v myofibrile

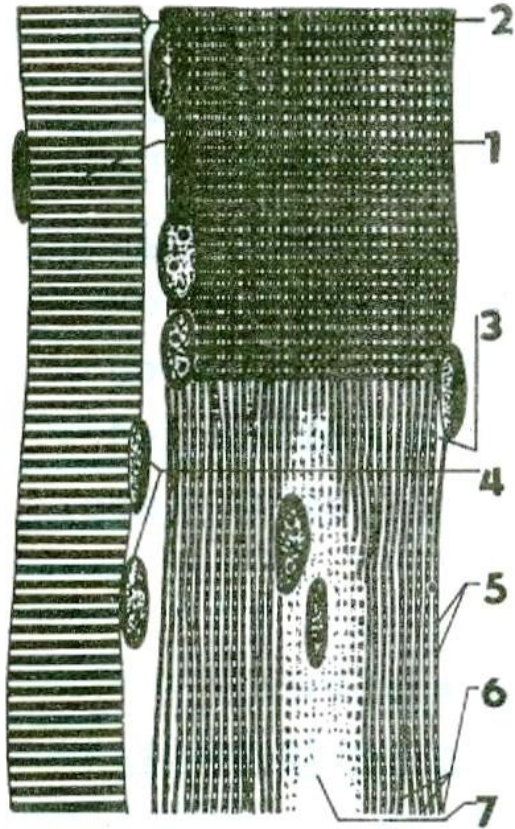
1 sarkomera; 2 telofragma; 3 mezofragma; 4 aktinové filamenty; 5 myosinové filamenty;  
6 H-zóna; 7 I-terček; 8 A-terček.





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

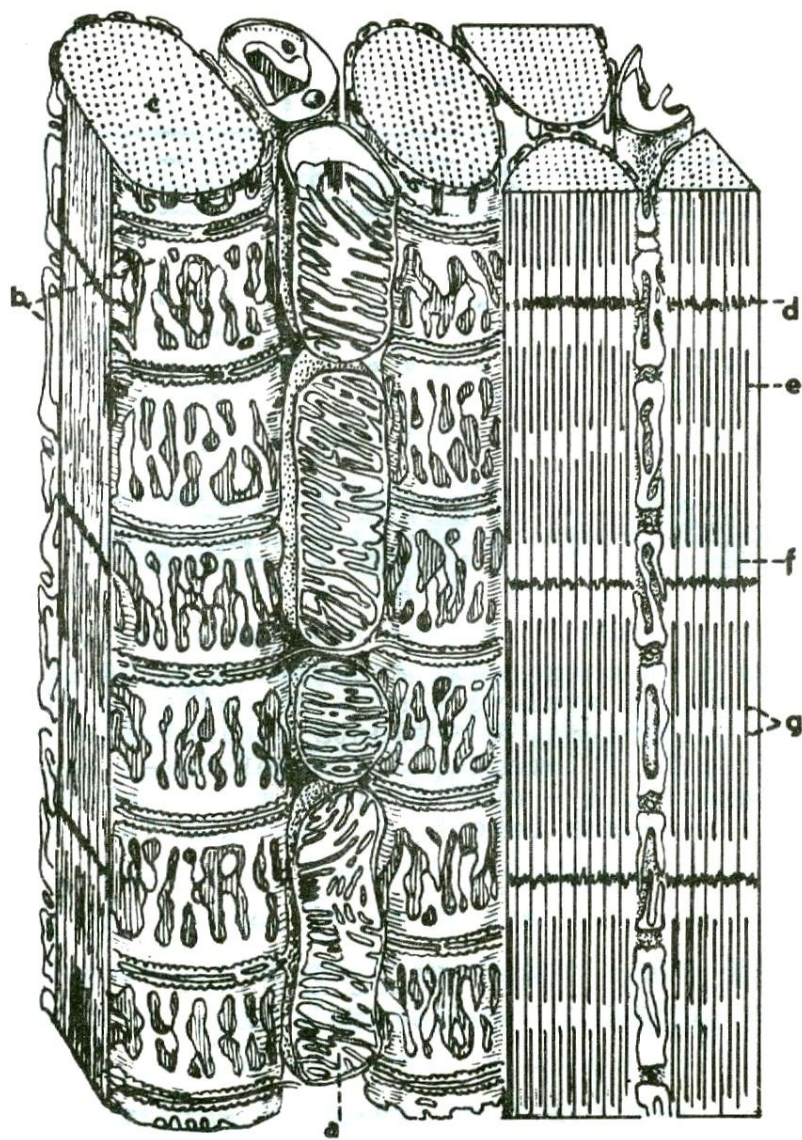




Obr. 62

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





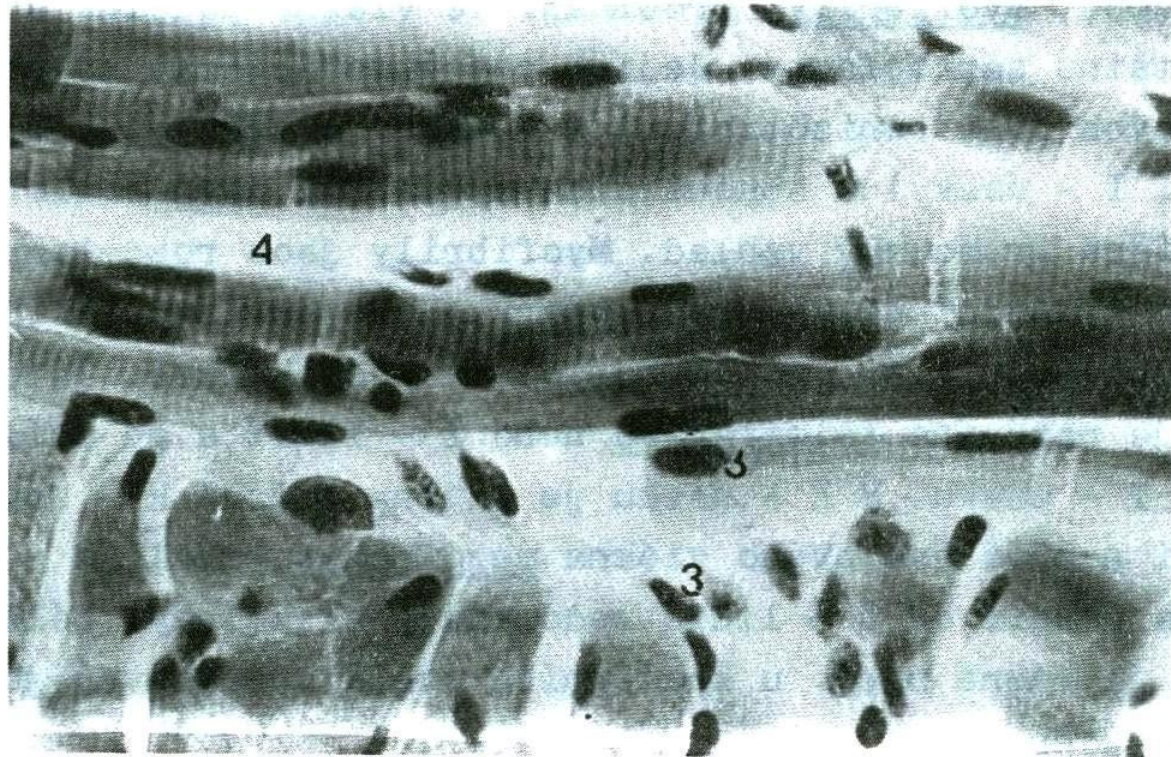
Obr. 130. Šubmikroskopická struktura části svalového vlákna.  
a = sarkozomy, b = endoplazmatická síť, c = myofibrila (svalové vlákénko), d = telofragma, e = tlustá filamenta, f = tenká filamenta, g = Hensenův proužek.





Obr. 63

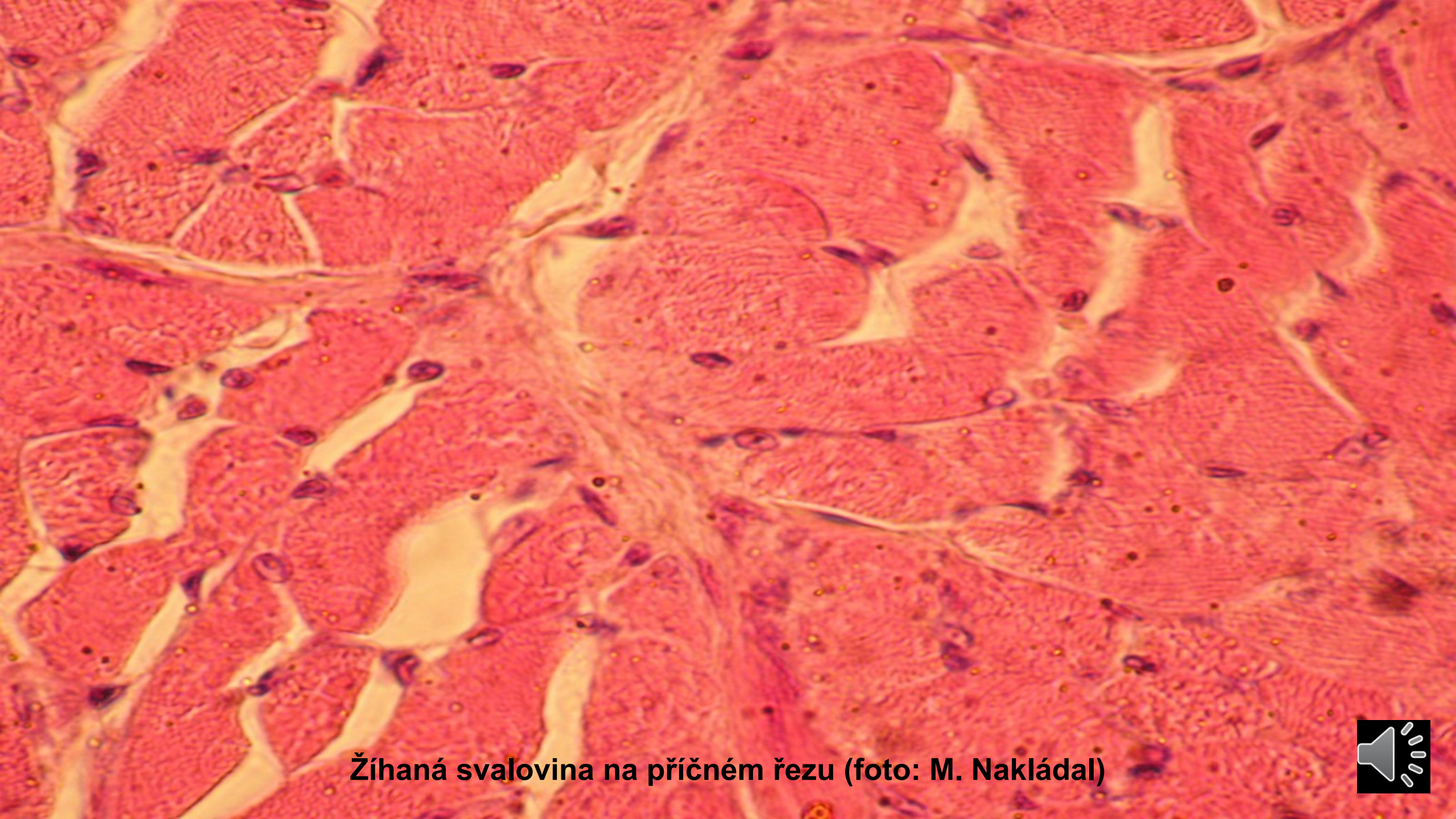
Žíhaná svalovina jazyka myši. Primární i sekundární svazky svalových vláken zde mají rozmanitou orientaci. Na řezovém preparátu při detailním zvětšení pozorujeme jak žíhání podélně běžících svalových vláken (1), tak příčně říznutá svalová vlákna (2). 3 - jádra svalových vláken. 4 - vazivové pochvy nejsou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





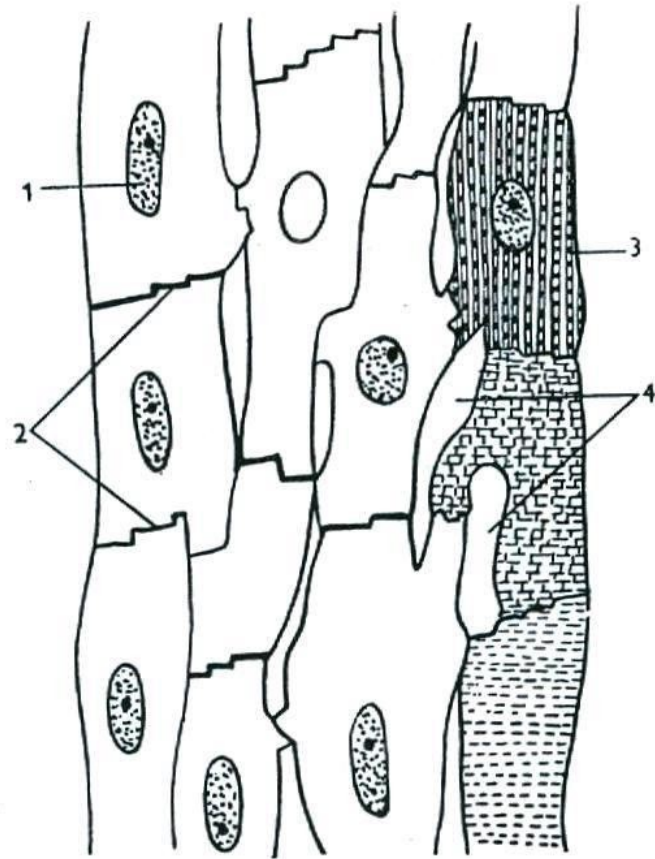
**Žíhaná svalovina na podélném řezu (foto: M. Nakládal)**





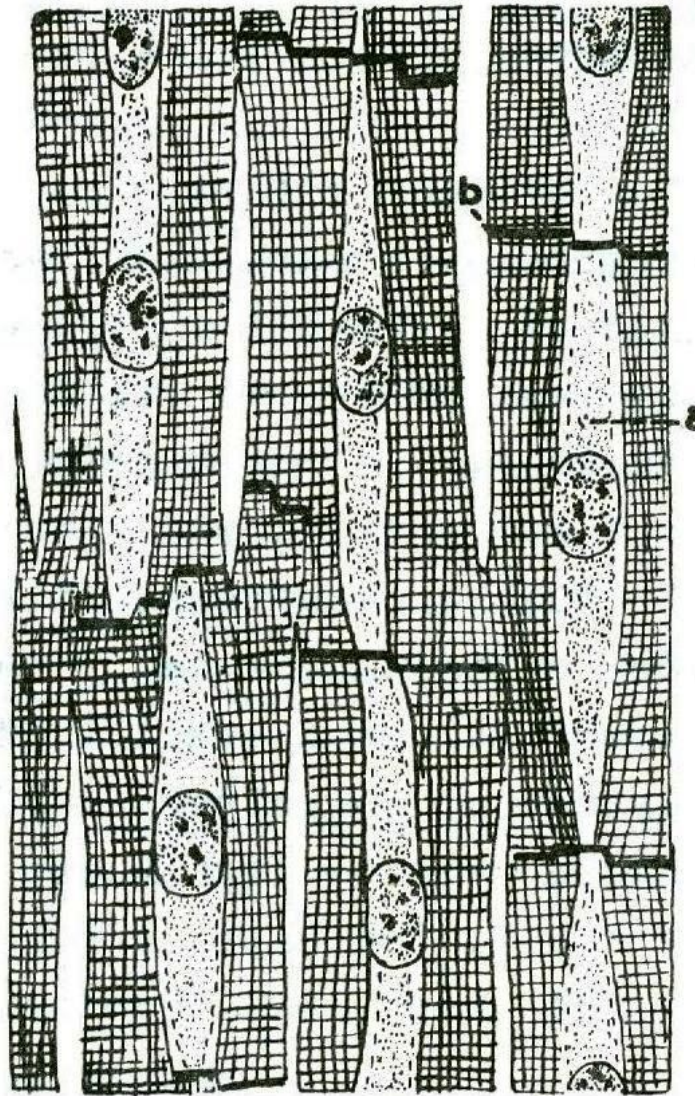
**Žíhaná svalovina na příčném řezu (foto: M. Nakládal)**





**30. Podélný řez srdeční svalovinou**  
1 jádro; 2 interkalární disky; 3 myofibrily;  
4 prostory vyplněné vazivem a kapilárami.





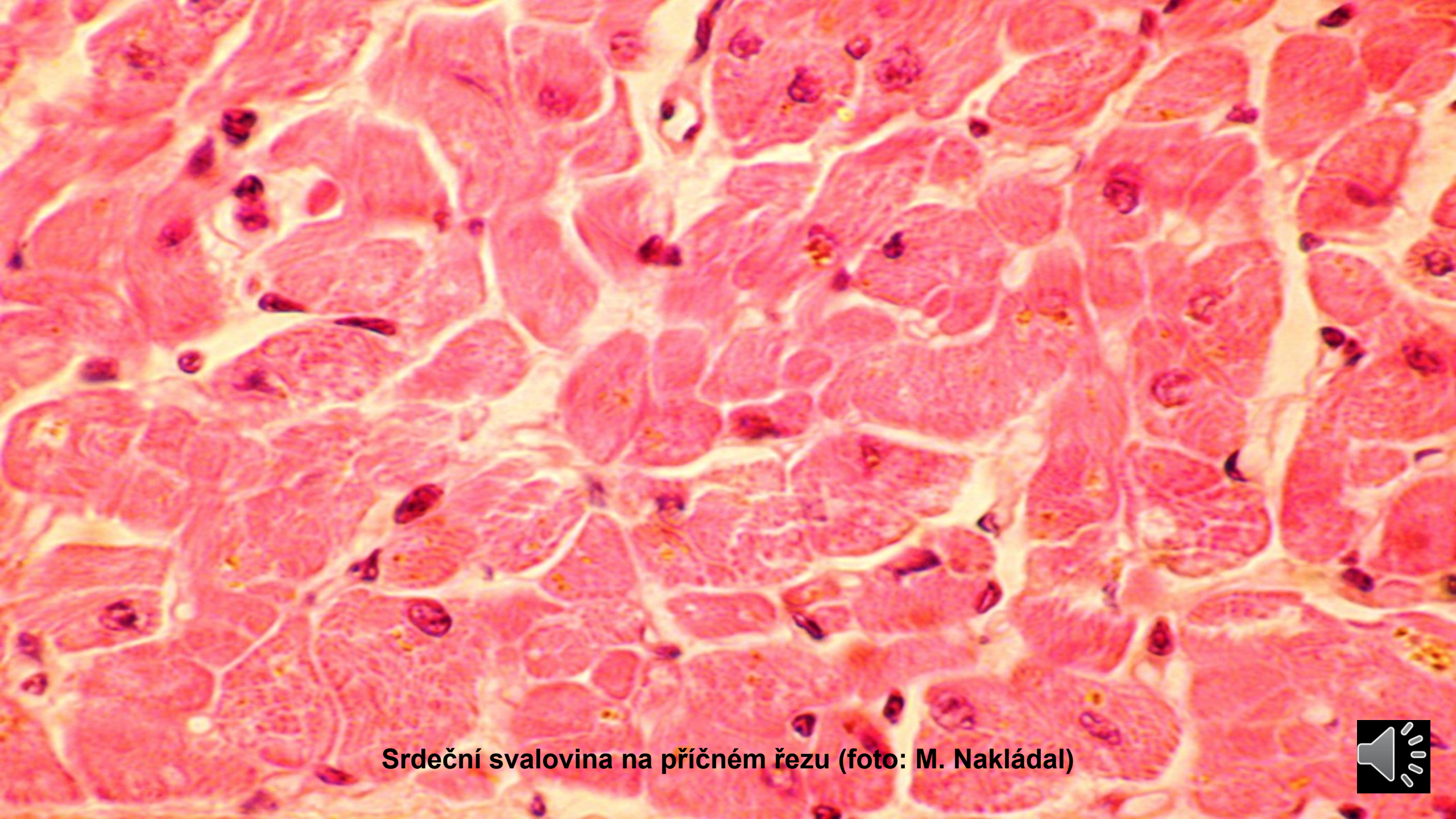
Obr. 132. Srdeční svalovina  
a = inokoma, b = interka-  
lární disk.





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





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

