

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:

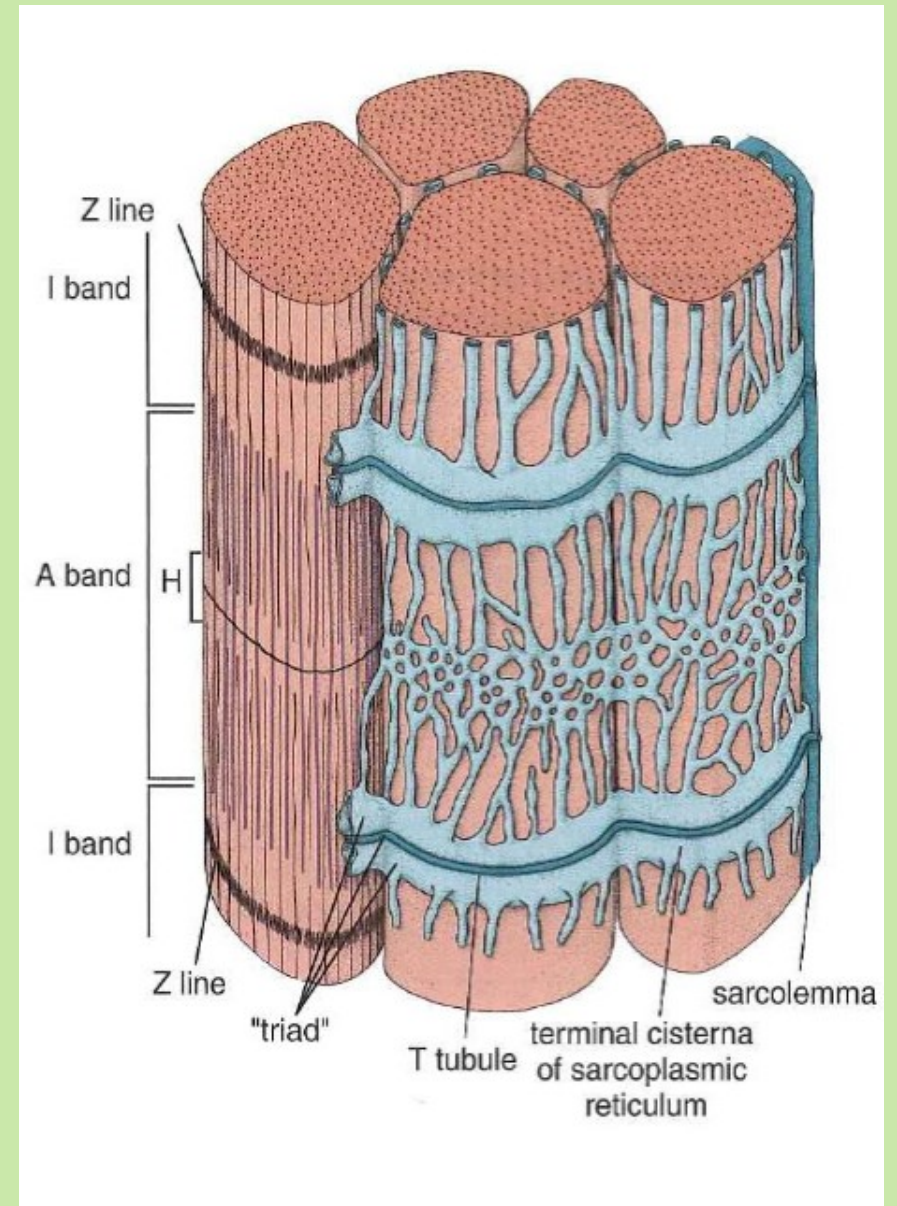
- 1. svalový epitel** – svalová b. vmezeřená mezi b. epitel. charakteru, podkožní svalovina **láčkovců**, okružní s., podkožní a podélná střevní s. **ploštěnců**
- 2. příčně pruhovaná (žíhaná)** – mnohoaderná buňka (**svalové vlákno** - sarkocyt) 10 – 100 μm x až 30 cm.
- 3. hladká** – vřetenovitá buňka s jádrem (**myocyt**)
- 4. srdeční** – rozvětvená buňka s jádrem (**kardiomyocyt**)

SVALOVÁ TKÁŇ

- **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 sarkoplasmatického 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



SVALOVÁ TKÁŇ

- 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)

TYP SVALU

PODÉLNÝ ŘEZ

PŘÍČNÝ ŘEZ

AKTIVITA

buňka (vláknno)
kosterního svalu

jádro

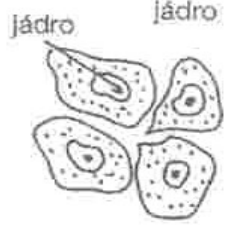
srdeční sval

jádro

interkalární disk

hladké svalstvo

jádro



silná, rychlá,
přetržitá, vůlí
ovládaná kontrakce

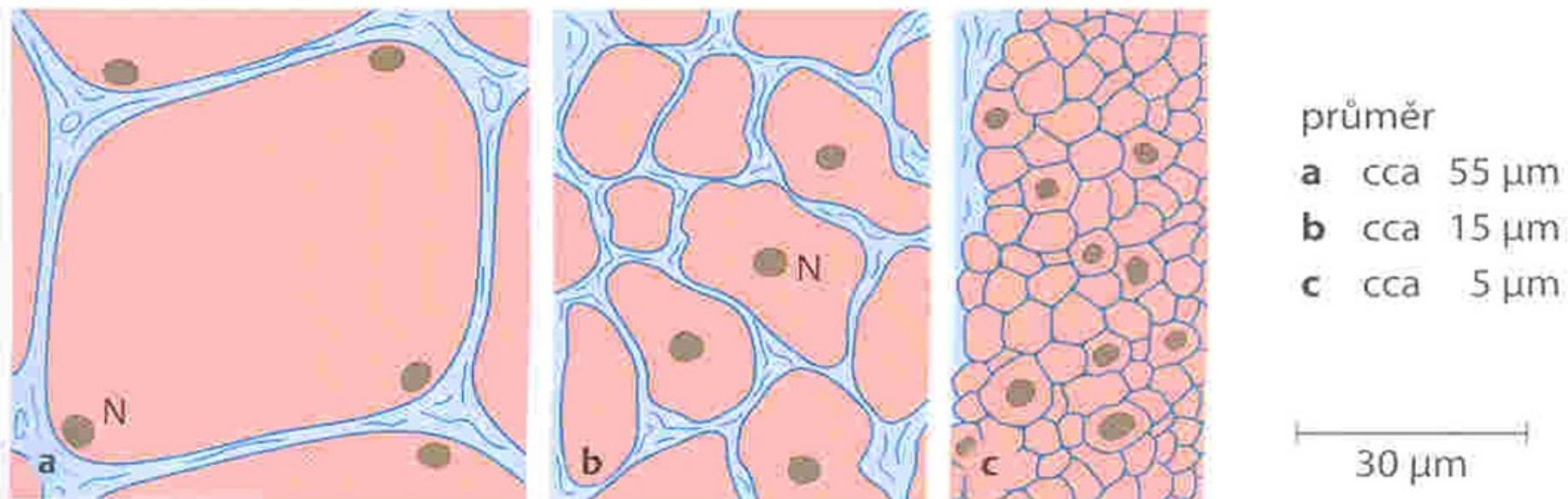
silná, rychlá,
nepřetržitá
autonomní kontrakce

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





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)

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**

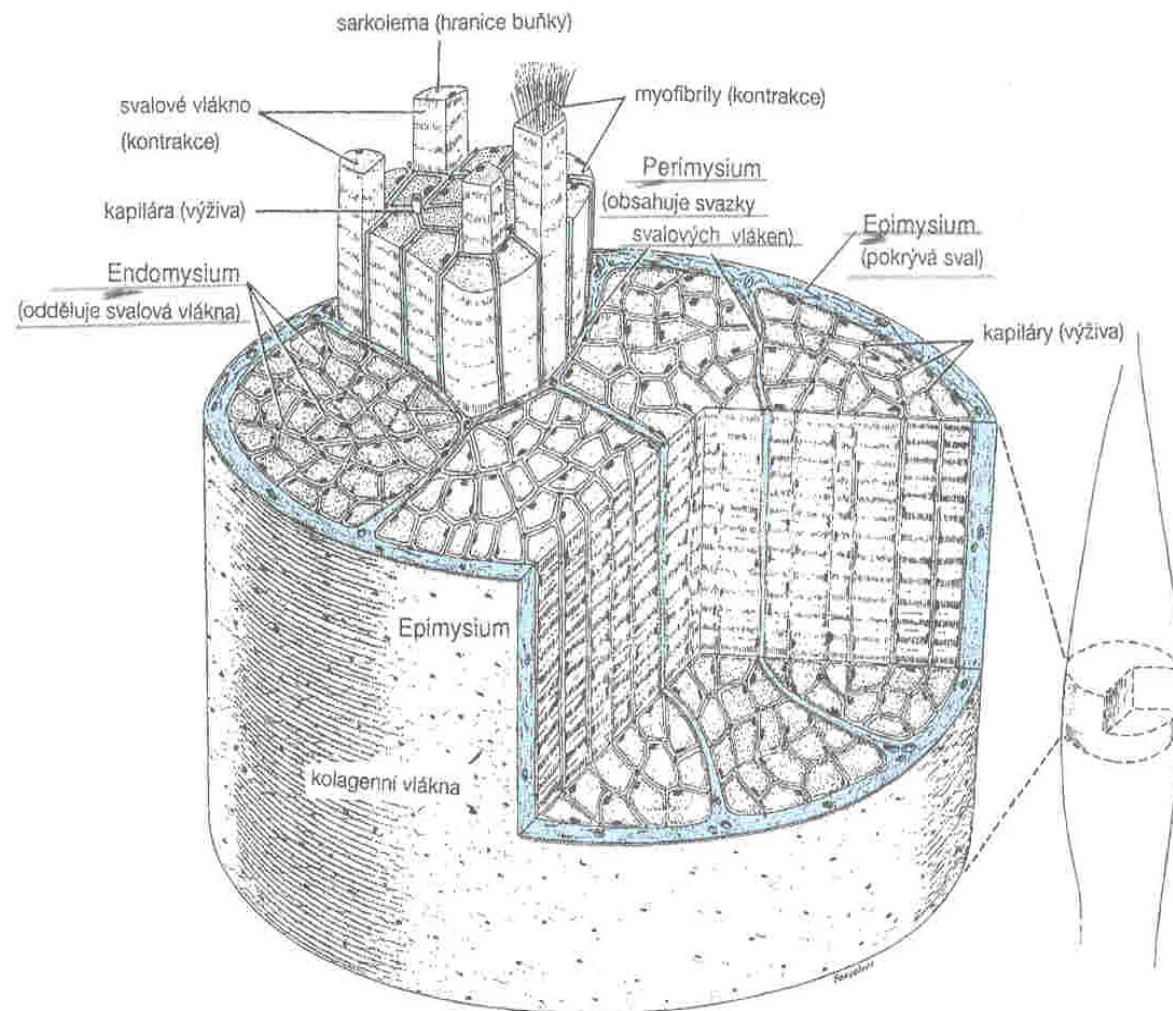
svazky s. vláken - **peri**

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

- **Přechod svalu ve šlachy**

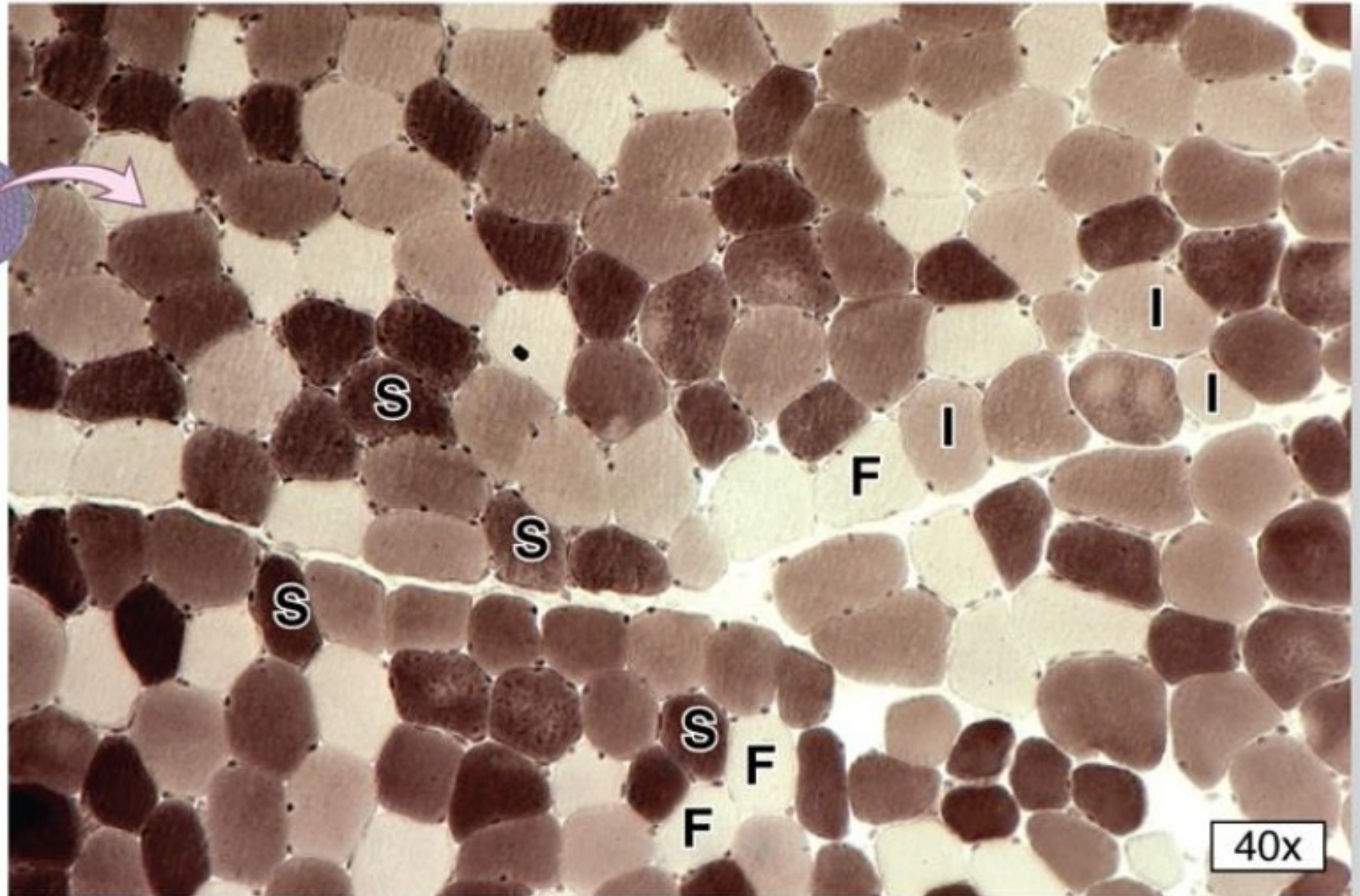
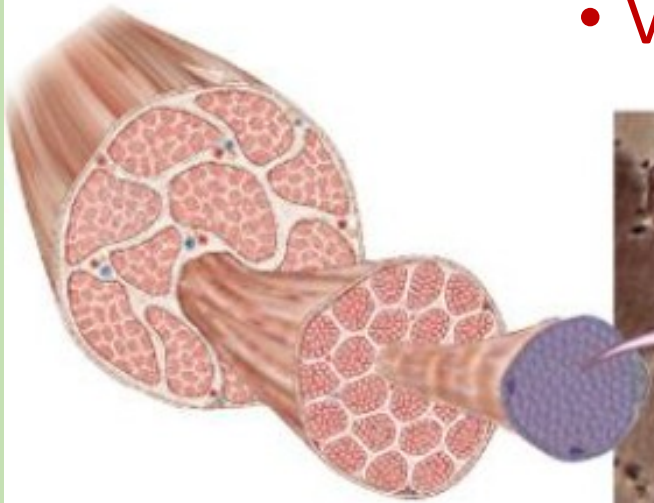
(myotendinózní spojení):

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:

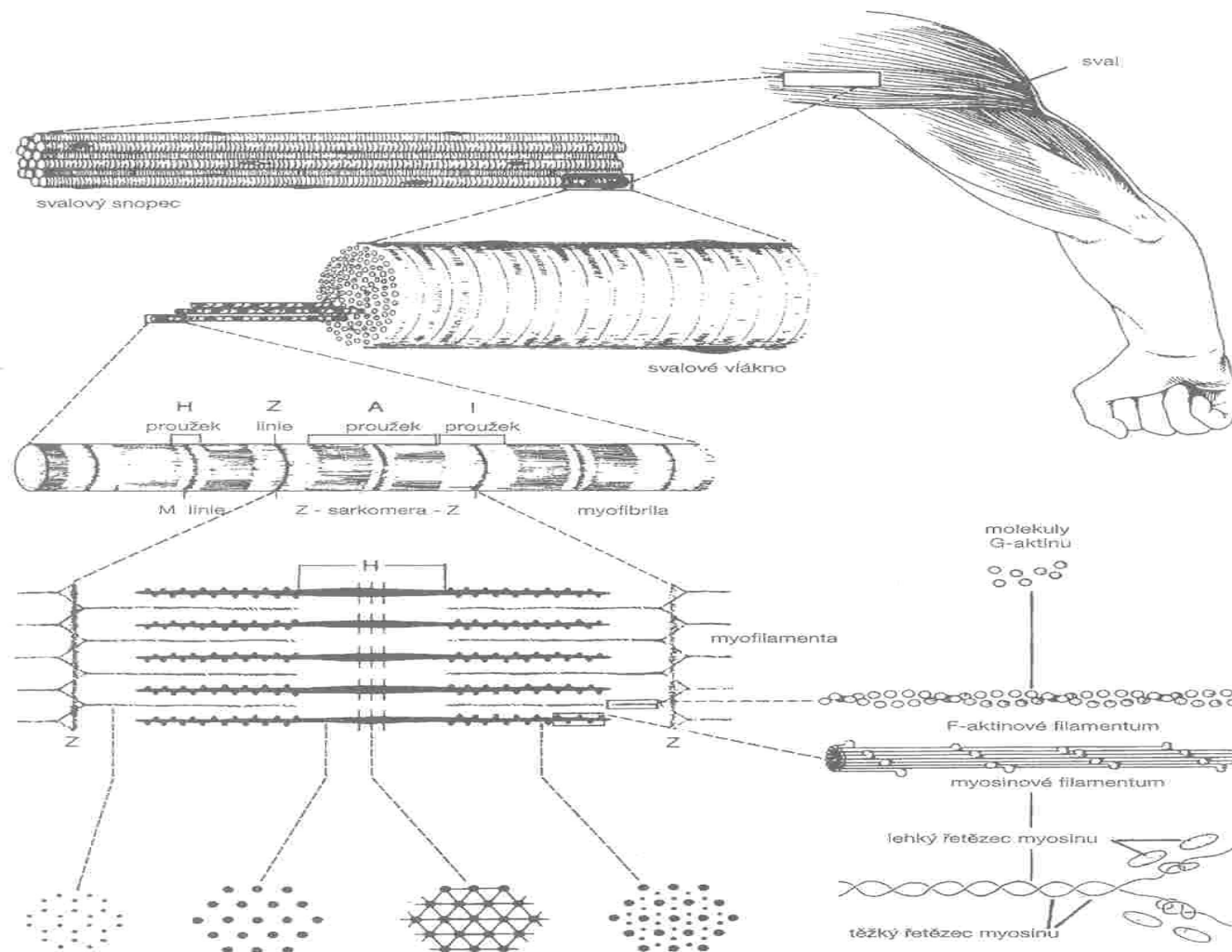
tmavé (anizotropní, dvojlomné, A-proužky)

světlé (izotropní, jednol., I-proužky)

Mezi nimi tmavá Z linie (telofragma), Hensenův proužek

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

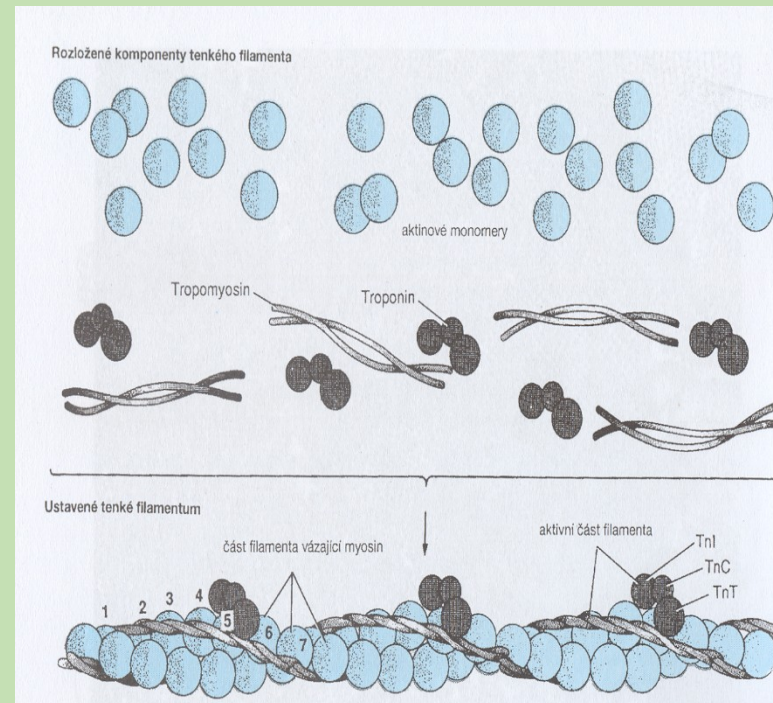
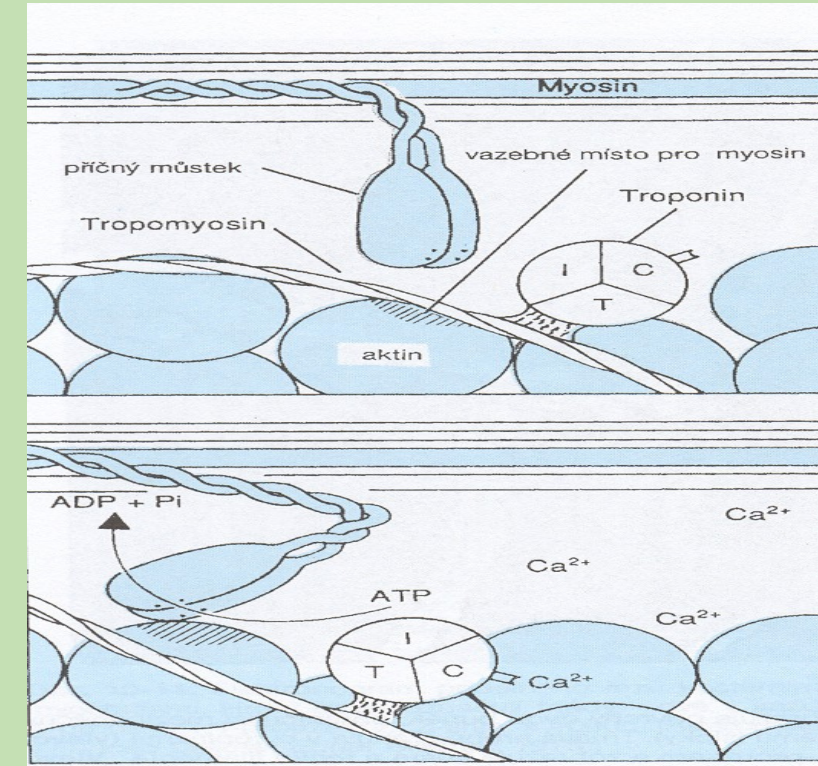
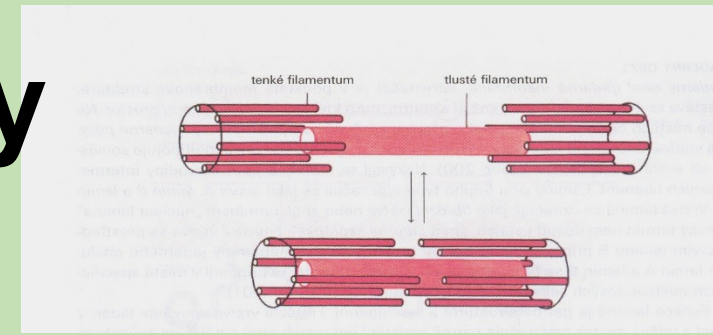
Umístění tenkých a tlustých filament v sarkomeře
Molekulární struktura těchto filament



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.)

Kontraktální 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

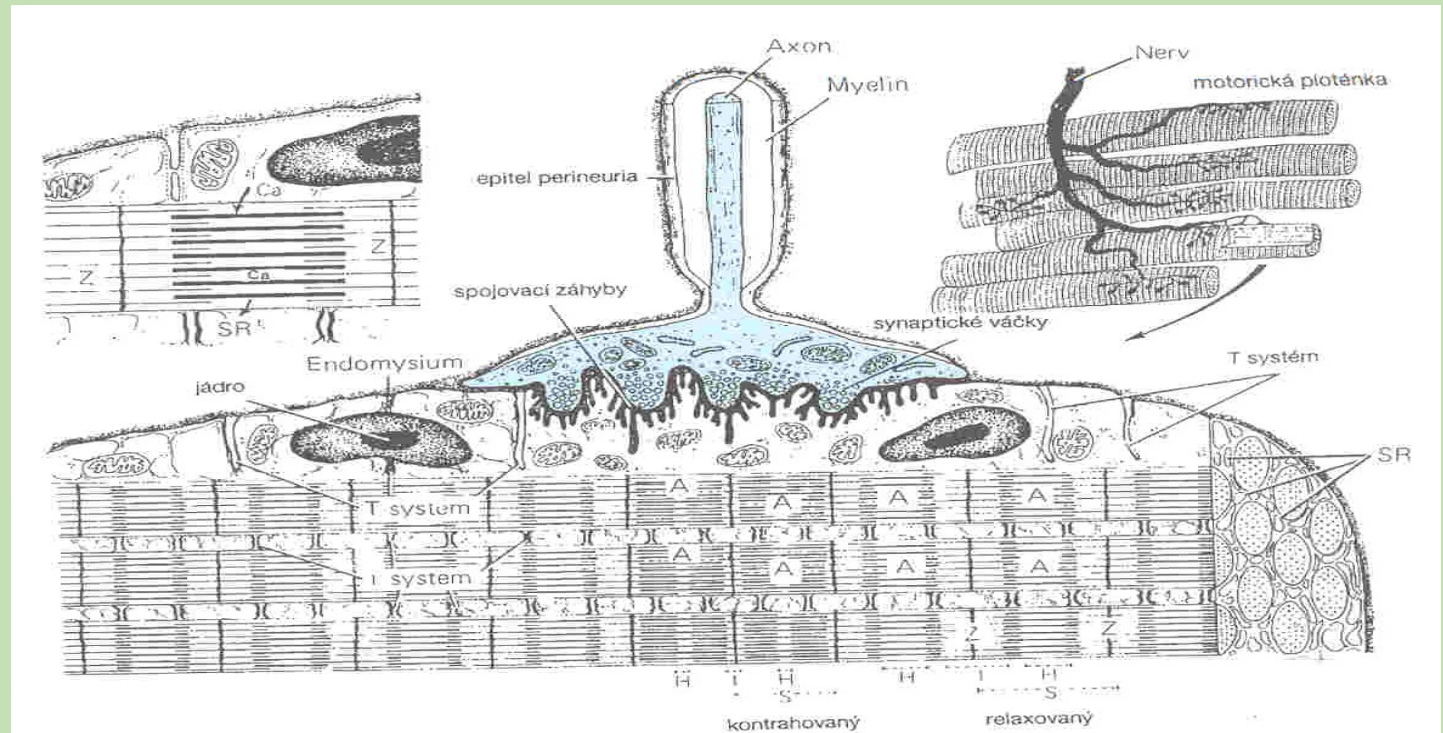


Přenos vzruchu a mechanismus kontrakce

Nervosvalová ploténka:

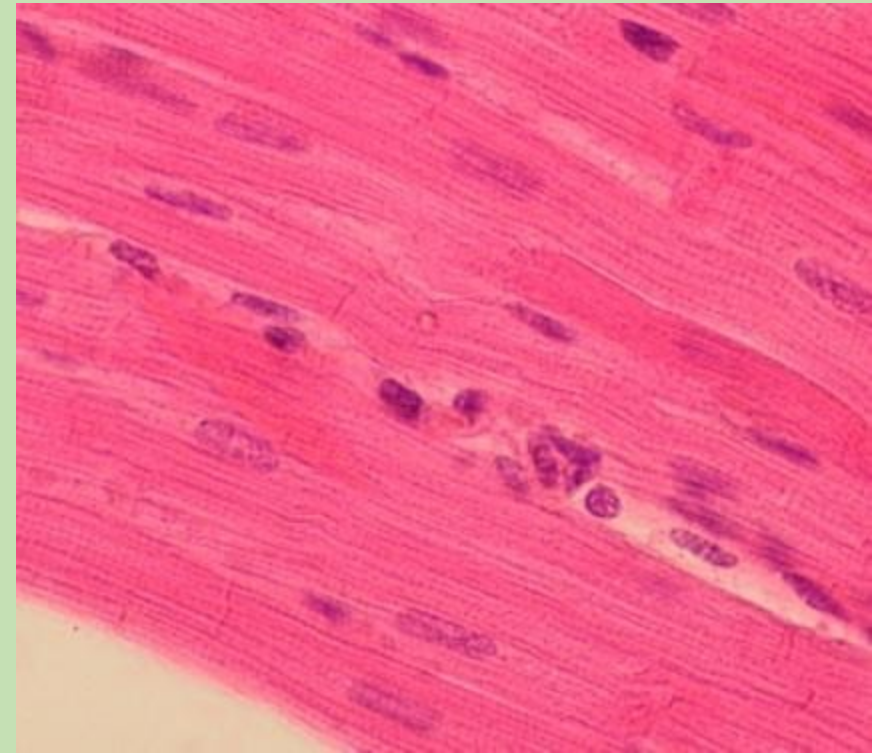
motorické nervové vlákno – **acetylcholin** – depolarizace sarkolemy – přenos depolarizace na sarkoplazmatické retikulum – vylití Ca^{2+} - vazba na troponin – změna prostorové konfigurace **troponin- tropomyozinového** komplexu - uvolnění vazebného místa pro aktin – vazba aktinu na myozin – posun tenkého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

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



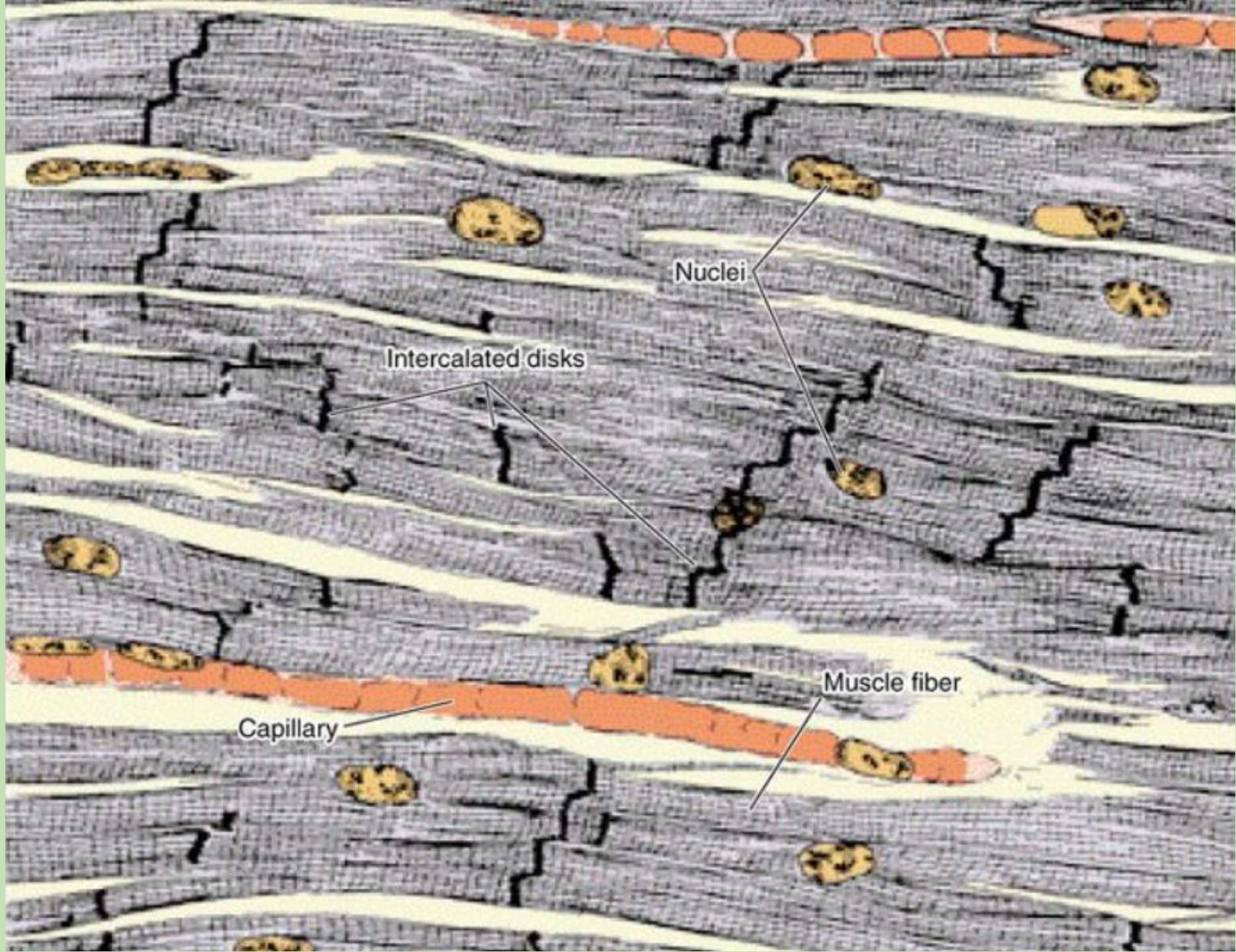
Srdeční svalovina

- 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
- Nízký počet myofibril, náhodné uspořádání, hodně glykogenu, hojně nexy, chybí T-tubuly a interkalární disky–Kontrakce: •Spontánně ve vlastním rytmu
- Inervace autonomními nervy

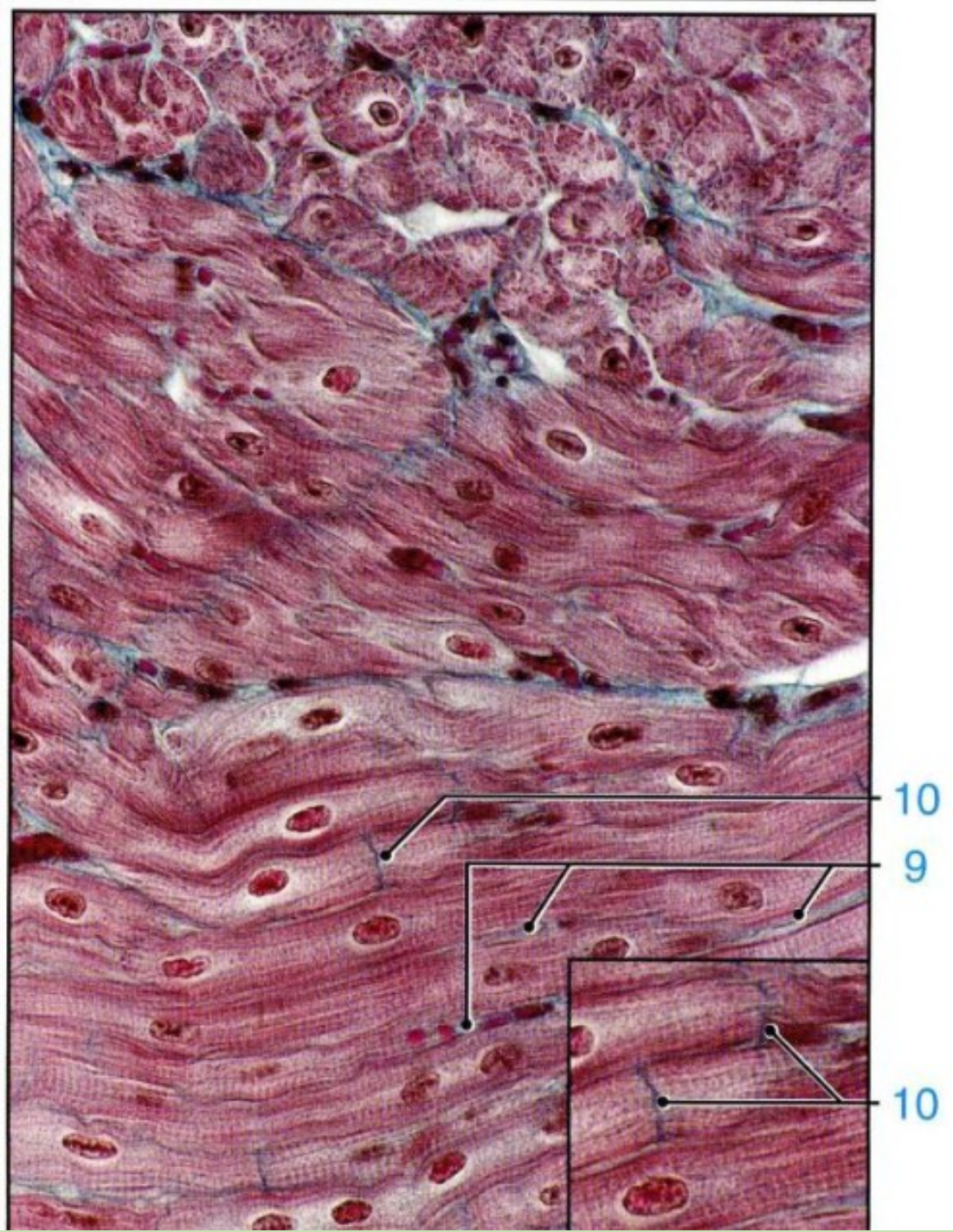
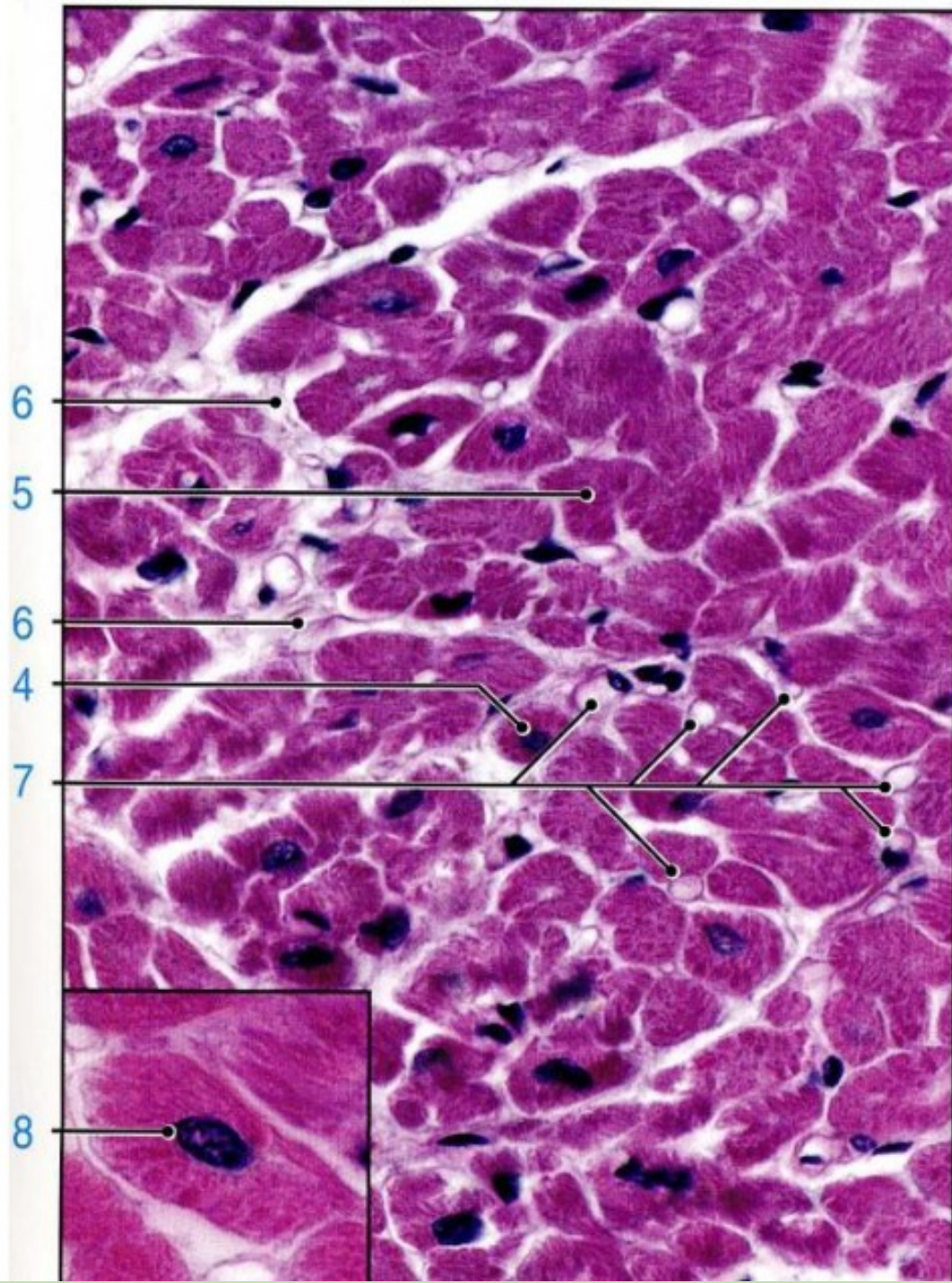


Nuclei

Intercalated disks

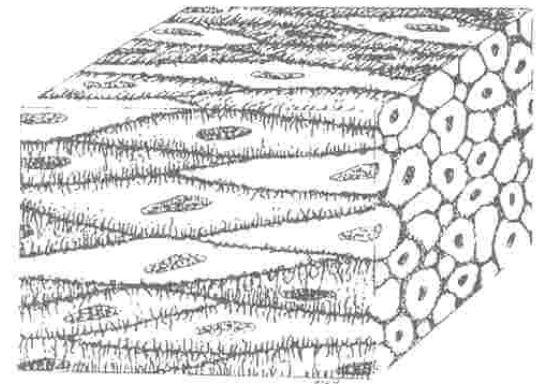
Capillary

Muscle fiber



Hladká svalovina

Protáhlé vřetenovité buňky, 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.



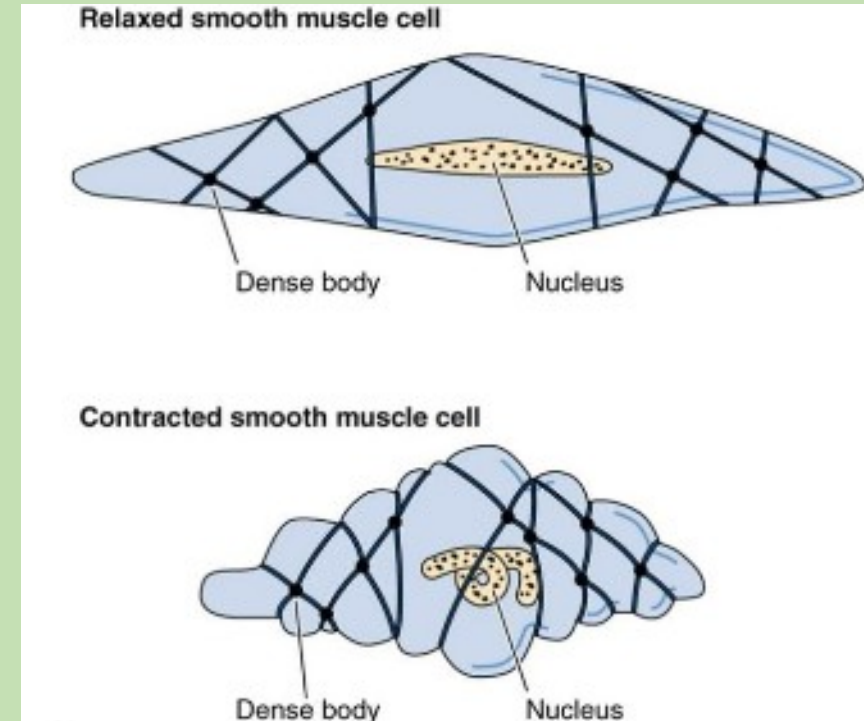
Obr. 10-21. Nákres úseku hladkého svalu. Buňky jsou obklopeny sítí retikulárních vláken. Na příčném řezu mají jednotlivé buňky různý průměr.

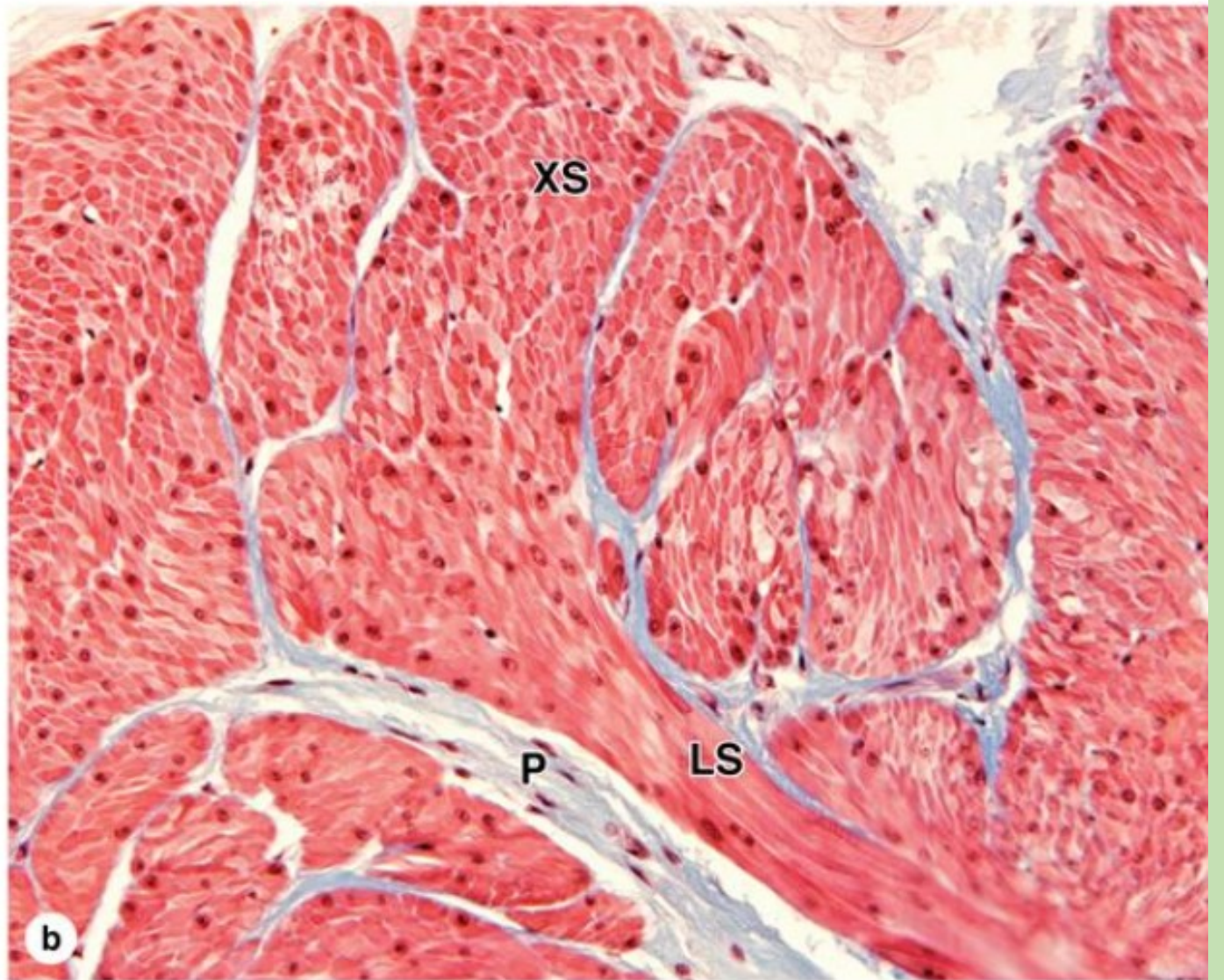
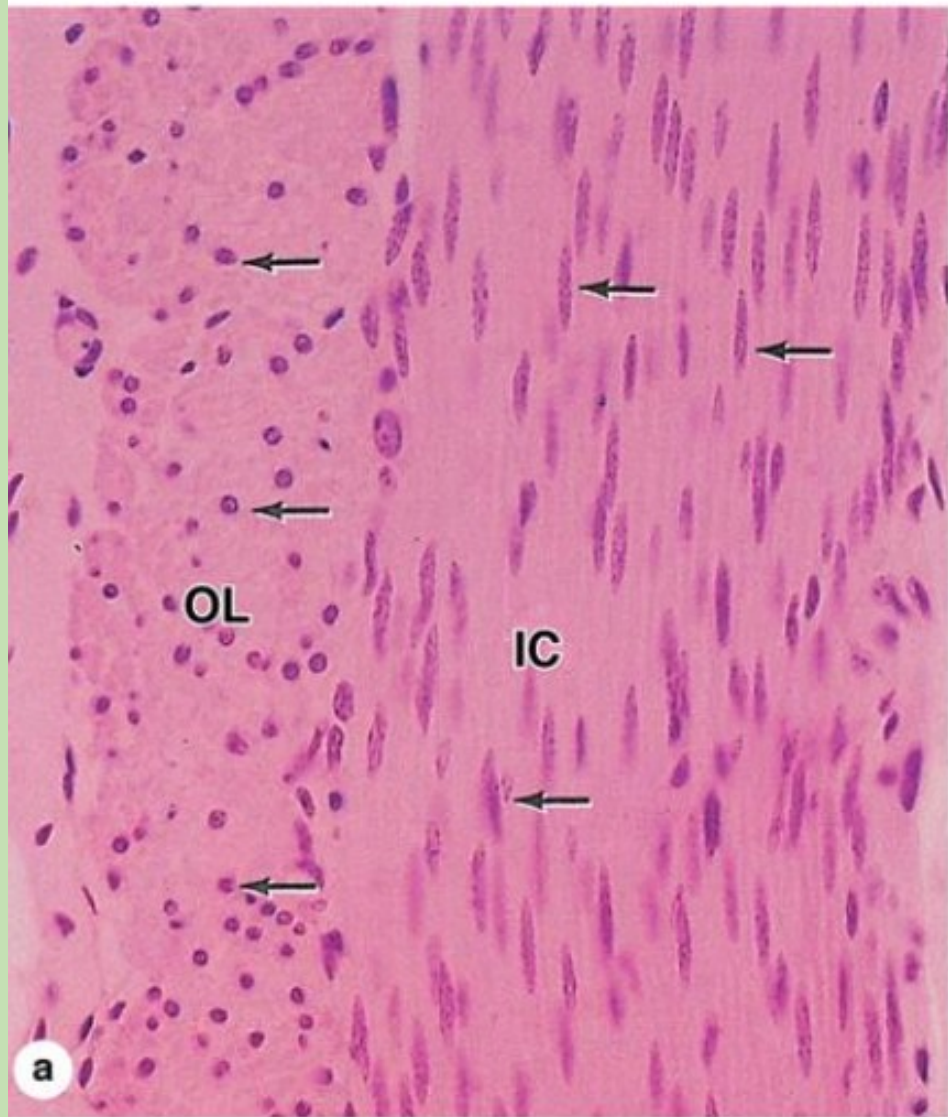
• HLADKÁ SVALOVINA

- Histogeneze: z mezodermy ve stěnách vyvíjejících se dutých orgánů kardiovaskulárního, zažívacího, močového a pohlavního systému, během diferenciací se buňky prodlužují a hromadí se v nich myofilamenta
- **Myofilamenta** – svazky myofilament se v buňkách šikmo kříží, tvoří mřížovitou strukturu
- – **Tenká** filamenta obdobná jako v žíhané svalovině • dvojitá šroubovice F-aktinu, obtočená molekulou tropomyozinu, troponinový komplex chybí, kalciové ionty váže kalmodulin • Stabilní, zakotvená aktinem k denzním tělískům, ta připojena k buněčné membráně
- – **Tlustá** filamenta • Jiný typ myozinu, málo stabilní, globulární části uspořádány téměř po celé délce filamentu, oblast bez globulární části je na konci filament
- – **Intermediální** filamenta • Průměr kolem 10 nm • Křížují cytoplazmu (sít') • Hlavní protein **desmin**, ve svalstvu cév i vimentin • Denzní tělíška • Připojená k sarkolemě
-

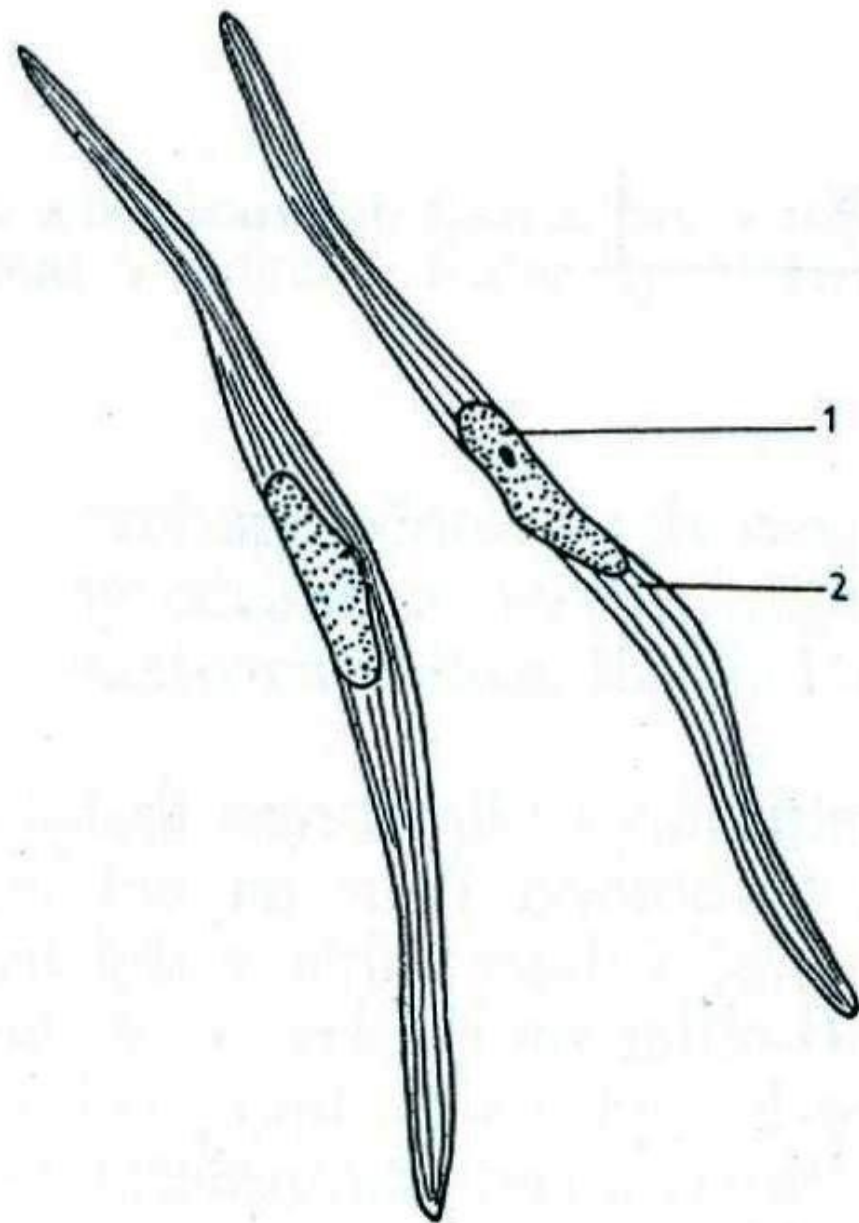
Kontrakce

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





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

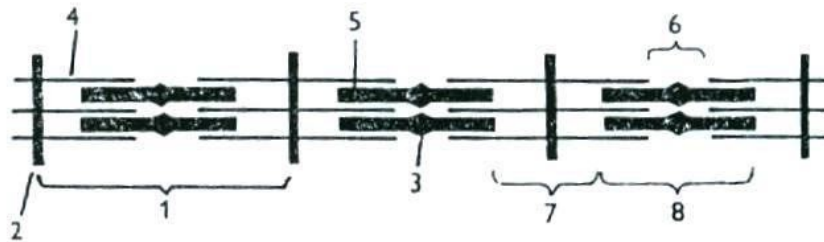
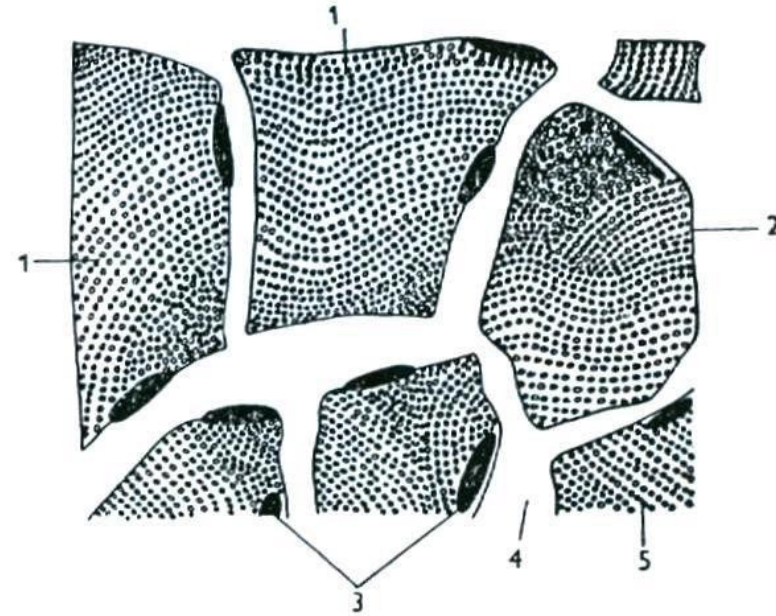




Hladká svalovina na podélném řezu (foto: M. Nakládal)

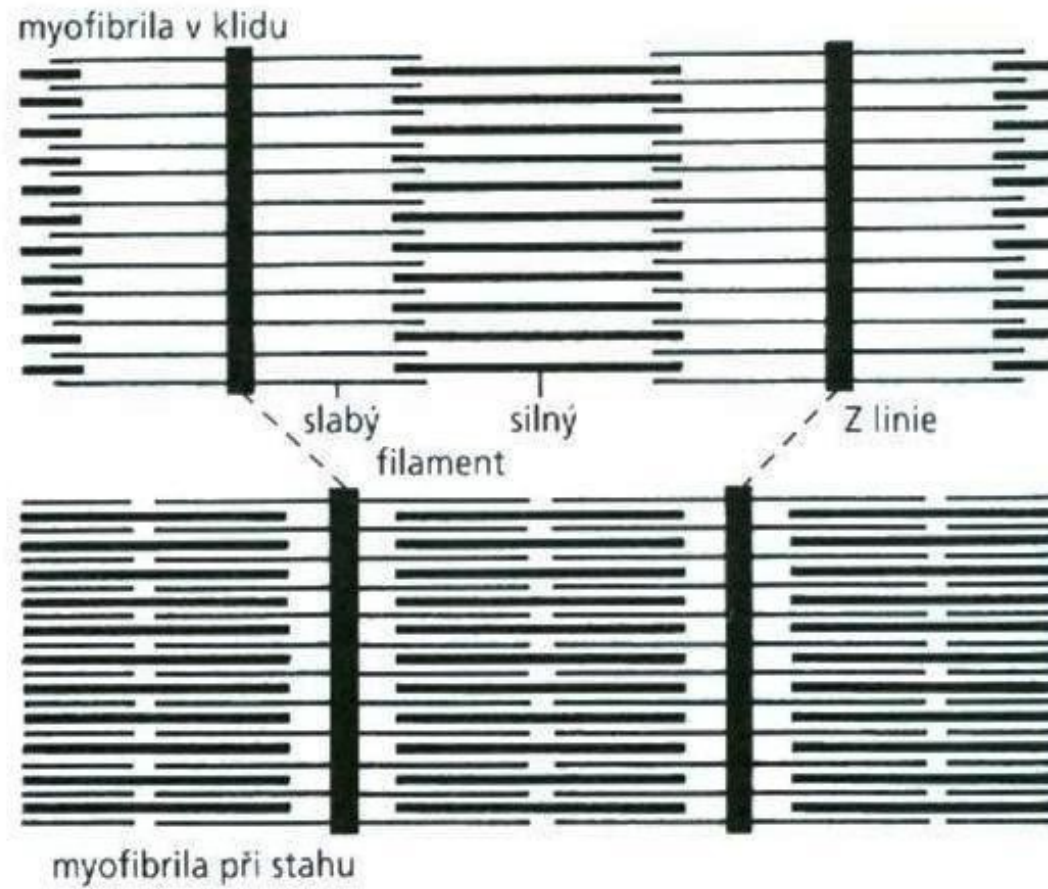
28. Příčný řez žíhanými svalovými vlákny

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

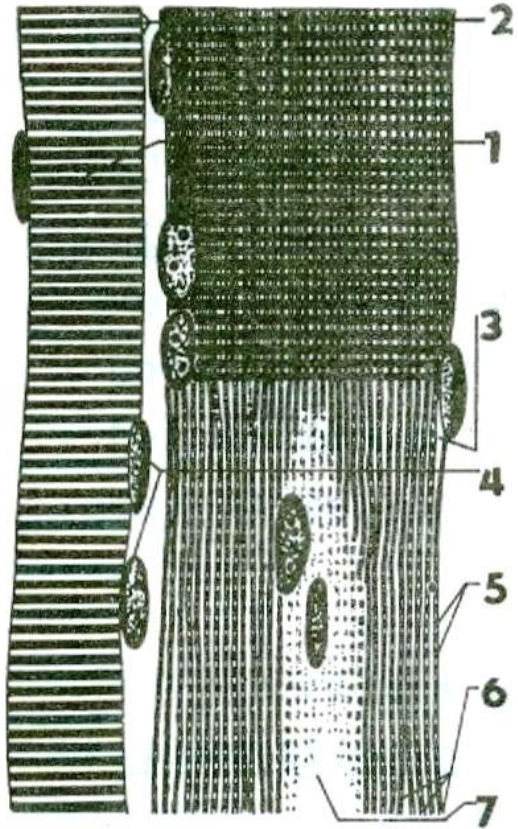


29. Schéma uspořádání myosinových a aktinových filamentů v myofibrile

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

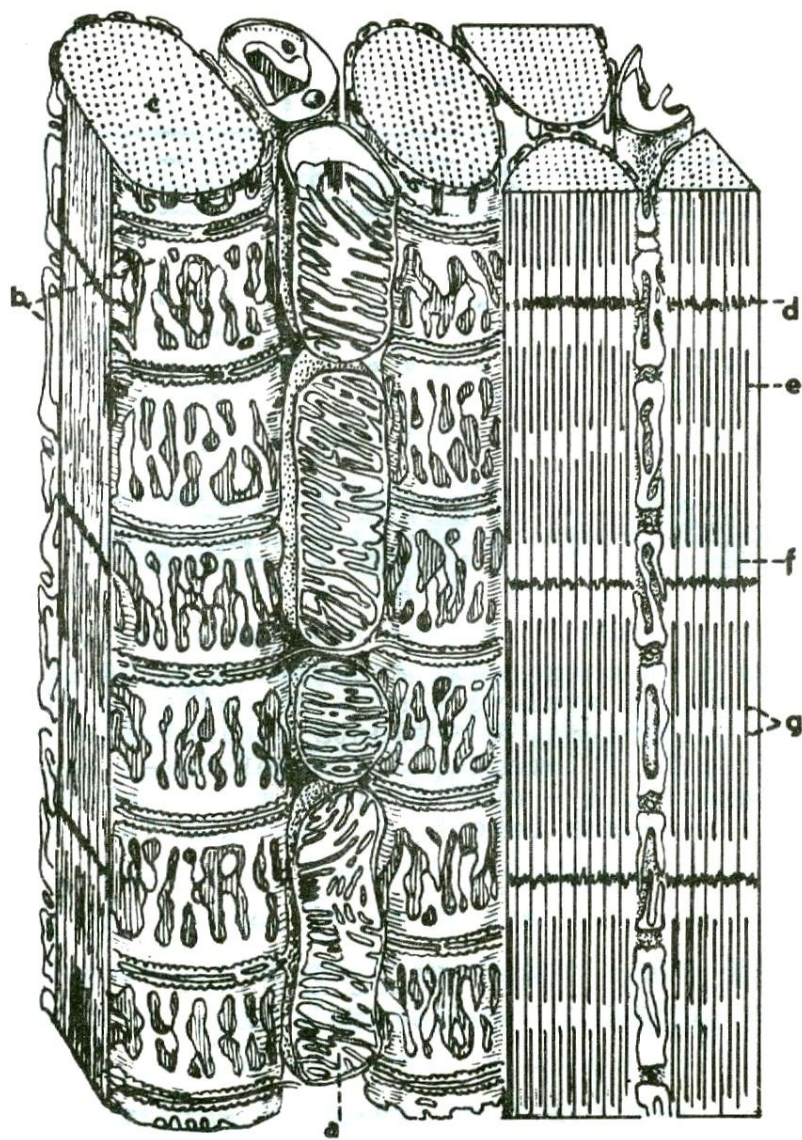


Obr. 5.359 Posun aktinových a myozinových filament (vlákének) při stahu kosterního svalu. Několik filament tvoří myofibrilu. Myofibrily jsou uloženy v cytoplazmě svalového vlákna.



Obr. 62

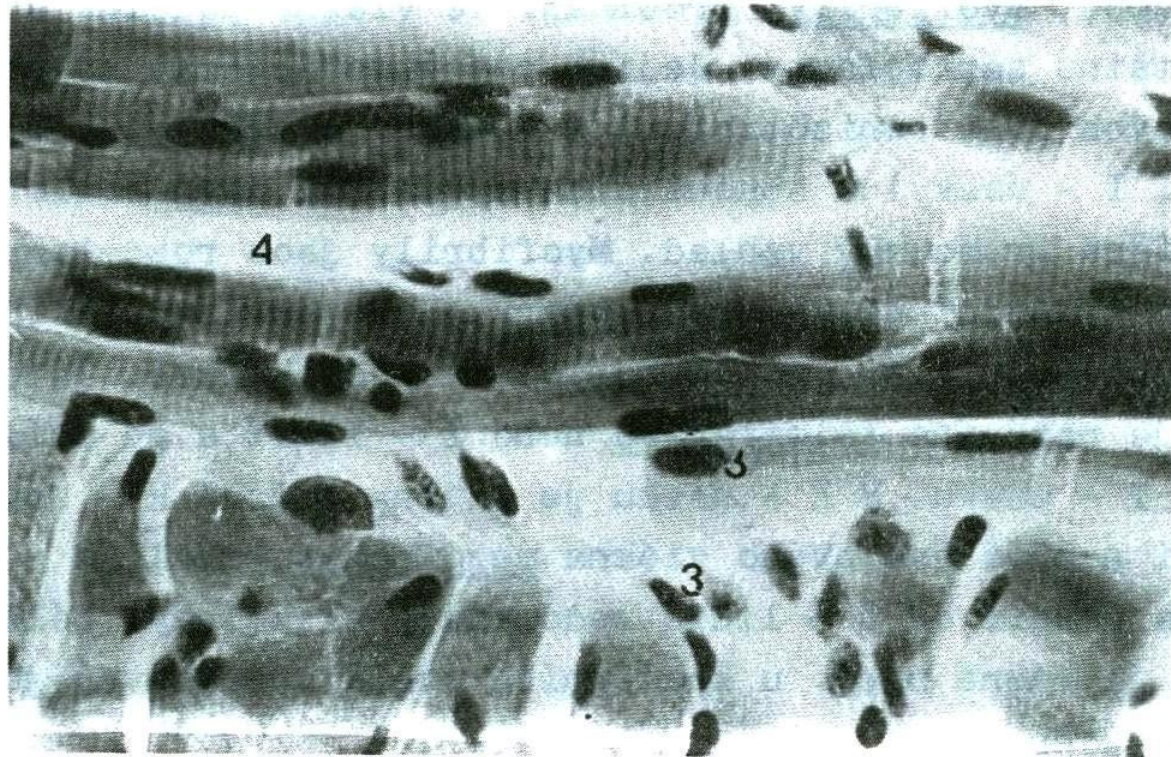
Schematické zobrazení části svalového vlákna žíhané svaloviny. 1 - svalové vlákno. 2 - žíhání. 3 - sarkoplazma. 4 - jádra vlákna. 5 - žíhání myofibril. 6 - myofibrily. 7 - sarkolema



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.

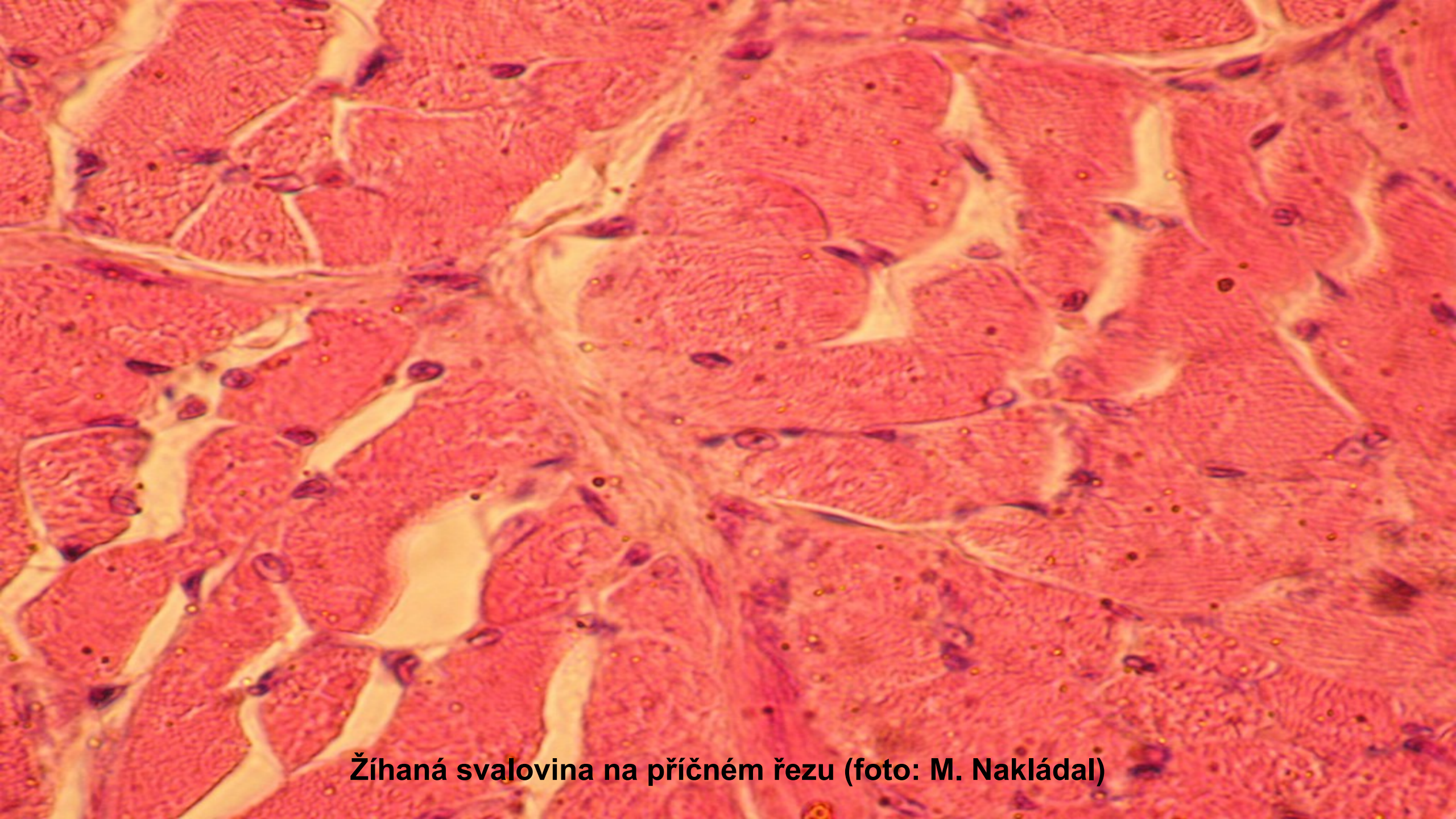
Obr. 63

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

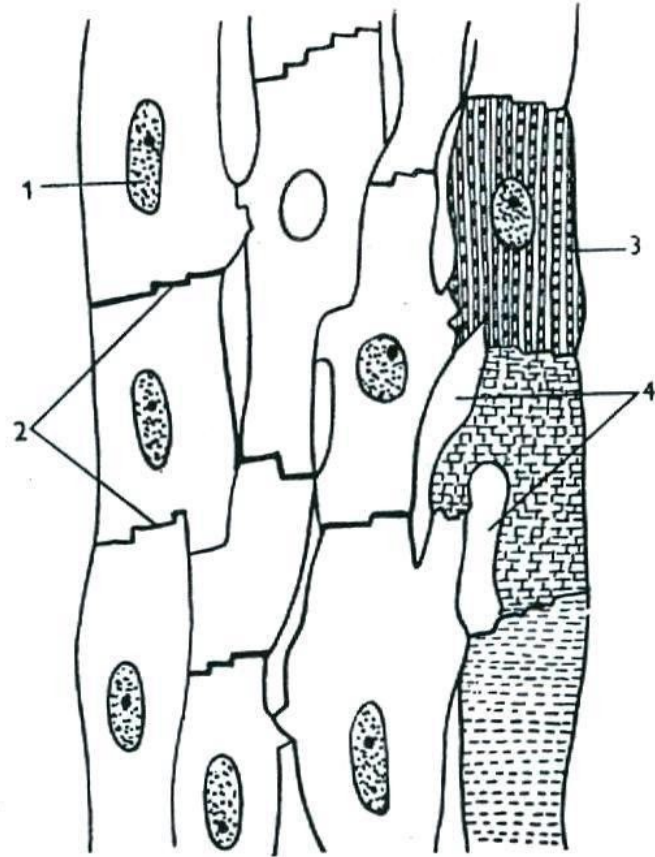




Žíhaná svalovina na podélném řezu (foto: M. Nakládal)

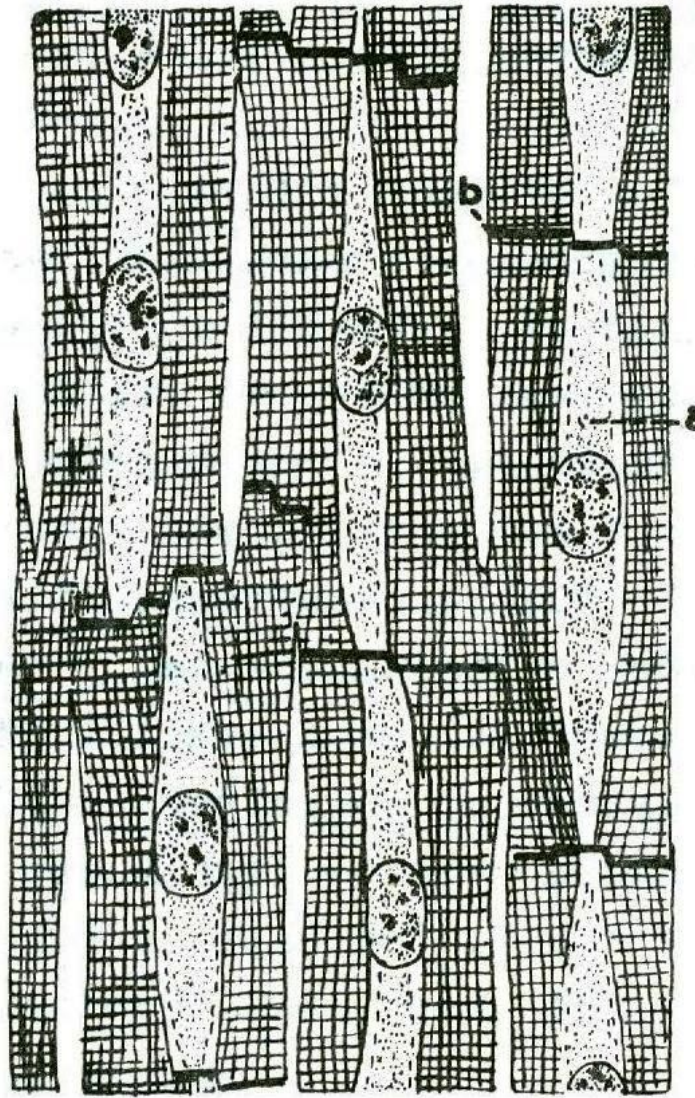


Žíhaná svalovina na příčném řezu (foto: M. Nakládal)



30. Podélný řez srdeční svalovinou

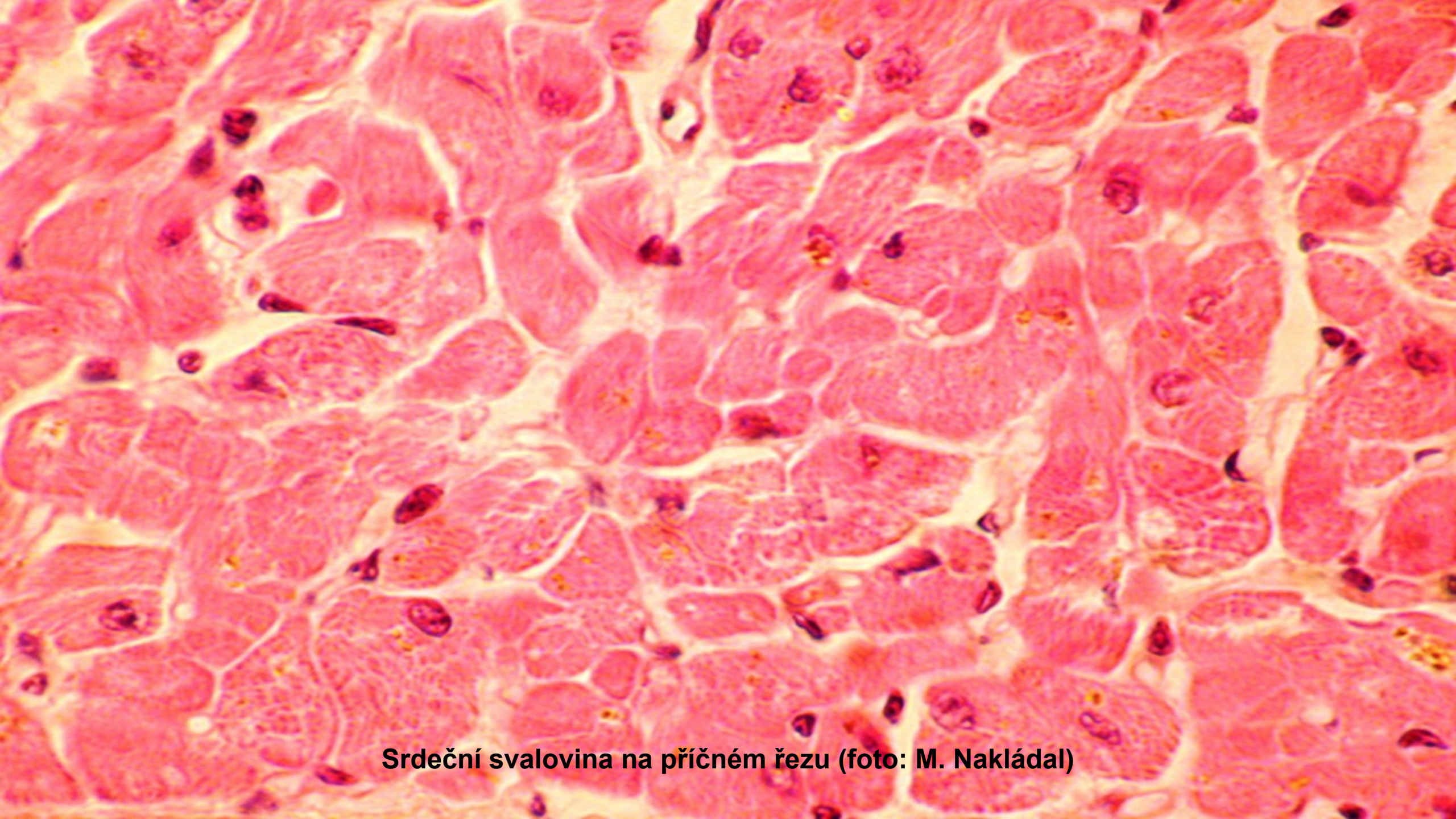
1 jádro; 2 interkalární disky; 3 myofibrily;
4 prostory vyplněné vazivem a kapilárami.



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)