

Funkční a mikroskopická anatomie kosterního svalu

- Svaly = výkonný orgán svalové soustavy
- Svaly jsou elastické, po dodání vzrušivého podnětu se stahují a dále relaxují = kontraktilita
- Přeměňují chemickou energii v pohybovou.
- Funkce: pohyb, přijímání potravy, dýchání, rozmnožování, komunikace ...
- Svalstvo **příčně pruhované**, hladká svalovina, svalovina srdce myokard.
- Svalové struktury jsou pospojovány **vazivem**.
- **Svaly pomalé** pro statickou práci, méně výkonné, méně unavitelné – např. posturální svaly.
- **Svaly rychlé** umožňují rychlý, intenzivní, ale krátkodobý výkon.

Stavba svalu

- **Začátek** (*origo*) – místo začátku svalu.
- **Úpon** (*insertio*) – místo úponu svalu.
- **Svalové bříško** (*venter musculi*) – nejmohutnější místo svalu.
- **Šlacha** (*tendo*) – uspořádané kolagenní vazivo, které sval upíná nejčastěji do kosti, někdy do kůže nebo kloubu.
- **Povázka** (*fascie*) – pružný vazivový obal svalu. Jsou součástí **osteofasciálních sept**, které tvoří spatia mezi periostem kosti a povrchovou fascií.

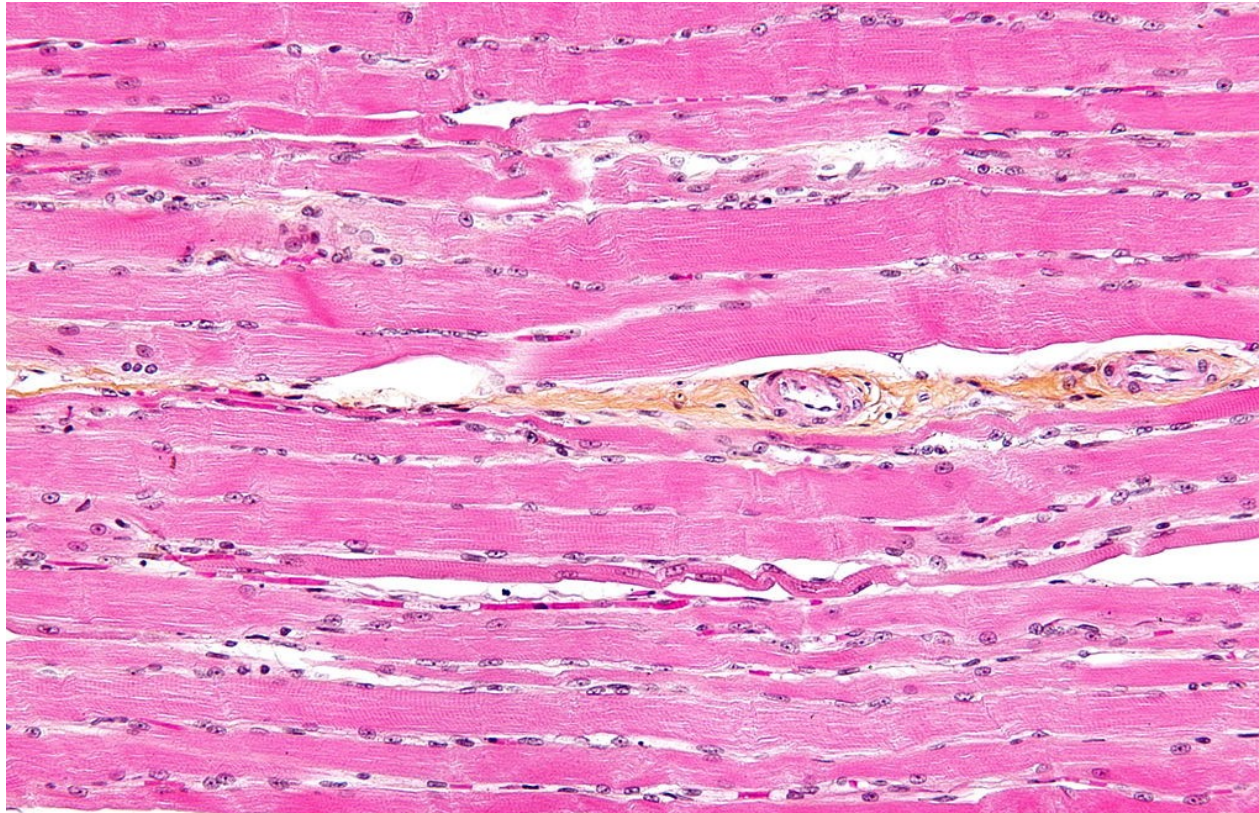
Perimysium - obal z vaziva obklopující svazky svalových vláken.

Epimysium - vazivový obal, který pokrývá celý sval. Jeho primární funkce je ochrana svalu před mechanickým poškozením.

Endomysium - vazivový obal na povrchu jednotlivých svalových vláken.

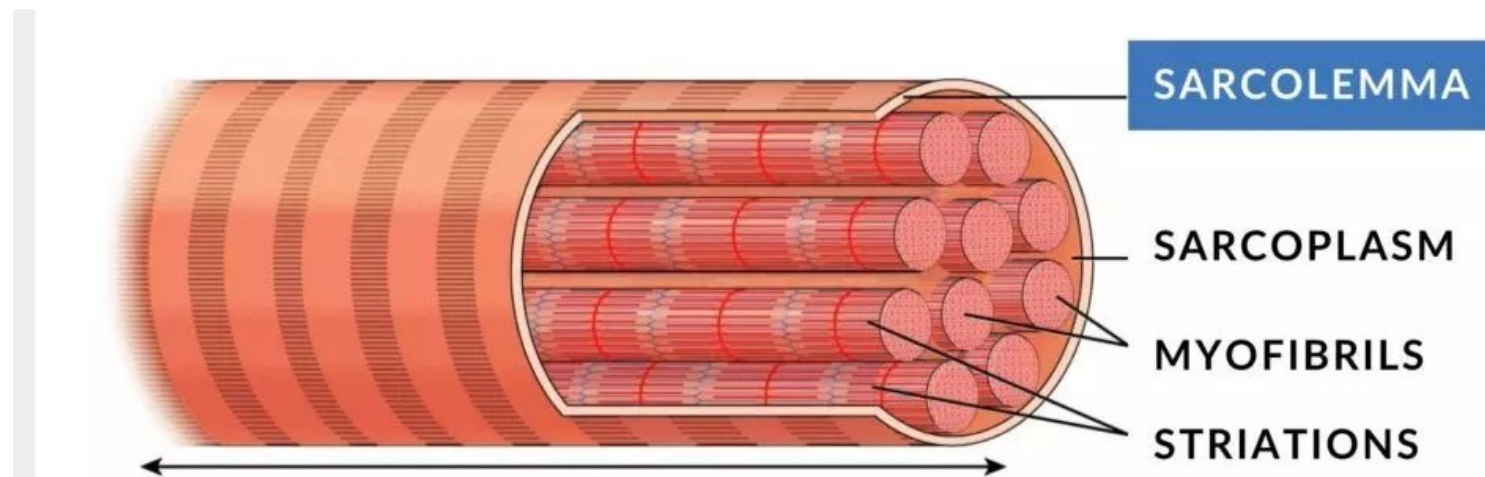
Mikroskopická anatomie svaloviny

- Jádra jsou koncentrována pod cytoplazmatickou membránu – typické pro mikroskopický snímek svaloviny.
- Zahrnují kontraktilní bílkoviny **aktin** a **myozin**, které vzájemným klouzáním umožňují stah svalu.
- Součástí aktinového myofilamenta jsou regulační proteiny – **troponin** a **tropomyozin**.



Mikroskopická stavba příčně pruhované svaloviny

- **Svalové vlákno, myofibril** je základní anatomická jednotka. Svalové vlákno je **syncitium**. Rozlišujeme dvě hlavní myofibrila - **aktin a myozin**.
- **Sarkolema** vysoce dráždivá pro cytoplasmatickou membránu
- **Sarkoplasma** je tekutý obsah svalových vláken u kosterní svaloviny, jde v podstatě o typ cytoplazmy.
- **Sarkoplasmatické retikulum** je síť membránových tubulů okolo myofibril, specialisovaná část endoplasmatického retikula. Shromažďují se zde Ca^{2+} a čekají na impuls, kdy se uvolní; zvýšení lokální koncentrace Ca^{2+} způsobí kontrakci myofibril.
- **Sarkomera** - pravidelné úseky, které jsou základní funkční jednotkou. Tyto sarkomery obsahují charakteristické linie a zóny.



Sarkomera

- **Z-disky** – ohraničují sarkomeru. V těchto discích jsou ukotvena **tenká aktinová filamenta**.
- **M-linie** – jsou vedeny středem sarkomery a které ukotvují **tlustá myozinová filamenta** v jejich středu.
- **I-proužek (izotropní)** – část sarkomery, kde se aktinová filamenta nepřekrývají s myozinovými, (7 nm);
- **A-proužek (anizotropní)** – tmavší část sarkomery, kde se nachází myozinová filamenta (včetně úseku, kde se myozin překrývá s aktinem, (15 nm).
- **H-zóna** – světlejší část sarkomery, kde se nachází pouze myozinová filamenta.
- Při kontrakci se zkracuje I-proužek a H-zóna, A-proužek zůstává zachován.

Proteiny sarkomery

Tlustá filamenta – základem je **myosin typu II**, skládá se z vláknitého a globulárního segmentu, celkem 300–400 myosinových molekul, myosin je uspořádán symetricky, hlavičky směřují k bližšímu konci vlákna → hladká centrální zóna bez globulárních segmentů + periferní zóna s laterálně vyčnívajícími glob. segmenty

Tenká filamenta – z F-aktinu, resp. polymer G-aktinu = globulární G-aktinový monomer, polarizovaný → přesné řazení během polymerace. Vznik 2 spirálovitě obtočených řetězců z G-aktinových jednotek.

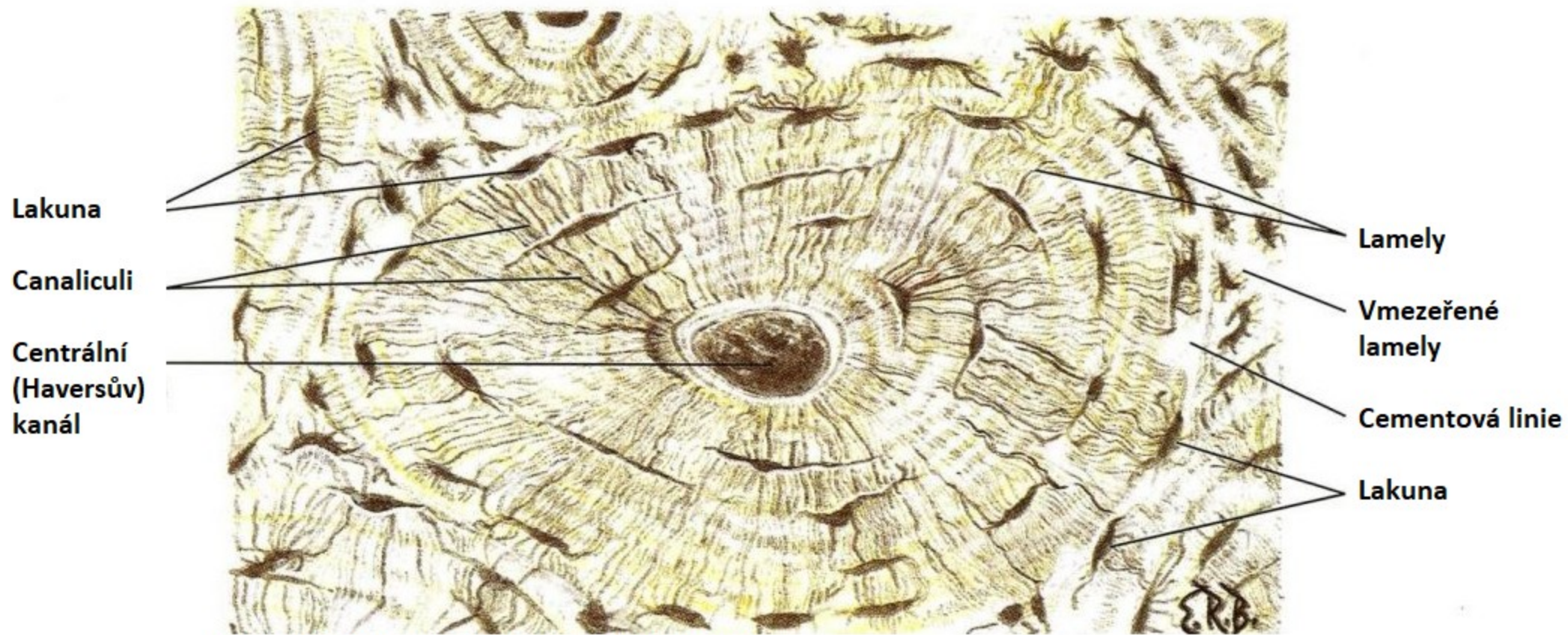
Tropomyosin – z dvou spirálovitě obtočených řetězců. Molekuly jsou uspořádány jedna za druhou, vloženy do žlábků F-aktinového vlákna.

Troponin

- Troponin T – vazba k tropomyosinu
- Troponin C – váže vápenaté ionty
- Troponin I – inhibuje na aktinu vazné místo pro myosin

Molekulární princip kontrakce příčně pruhovaného svalstva

- Aktiniové myofilamenty zasouvají mezi myozinové myofilamenty a tímto zkrácením vyvinou napětí, které se při úponové šlaše projeví jako síla vyvolávající pohyb.
- Kontrakci vyvolává nervové podráždění.
- Těžká myozinová vlákna klouzají po aktinových filamentech. Molekula myozinu sestává z dlouhé části tvořené dvěma obtáčejícími se polypeptidovými řetězci, na jejichž koncích jsou globulární hlavy. V části krčku této molekuly je místo, které konformační změnou může naklopit hlavu vůči dlouhé části a tím vyvolat pohyb na způsob páky. Tato hlava je přitom orientována proti aktinovému vláknu. Aktinové vlákno je dvoušroubovice vláknitého **F-aktinu**, tvořeného monomery globulárního G-aktinu. Po obou stranách dvoušroubovice se nachází molekuly tropomyozinu s molekulami troponinu.
- Troponin obsahuje tři podjednotky:
 - 1) **Tn-C** – místo vážící kationty Ca^{2+} ;
 - 2) **Tn-T** – místo, kde se troponin váže k tropomyozinu;
 - 3) **Tn-I** – místo, které zakrývá aktivní místa aktinu pro interakci s myozinem.
- Vše proběhne za přítomnosti Ca^{2+} , z **sarkoplazmatického retikula** po přenosu excitace z T-tubulů v odpověď na příchozí depolarizační stimul. Vazba Ca^{2+} na Tn-C podjednotku troponinu vyvolá **konformační změnu**, kdy se tropomyozin zasune ještě více do žlábků aktinu. Tím je umožněno hlavě myozinu se navázat na aktivní místo (myozin se "opře" o aktin) a aktivovat ATP-ázu. **ATP** se spotřebuje za produkce ADP + Pi a hlava myozinu se nakloní v podélné ose sarkomery – dojde k posunu filament a kontrakci.
- Vzniká stabilní **komplex**. Za účasti dalšího ATP se stav relaxuje.



Kompaktní kost, vysušeno: osteon (příčný řez)

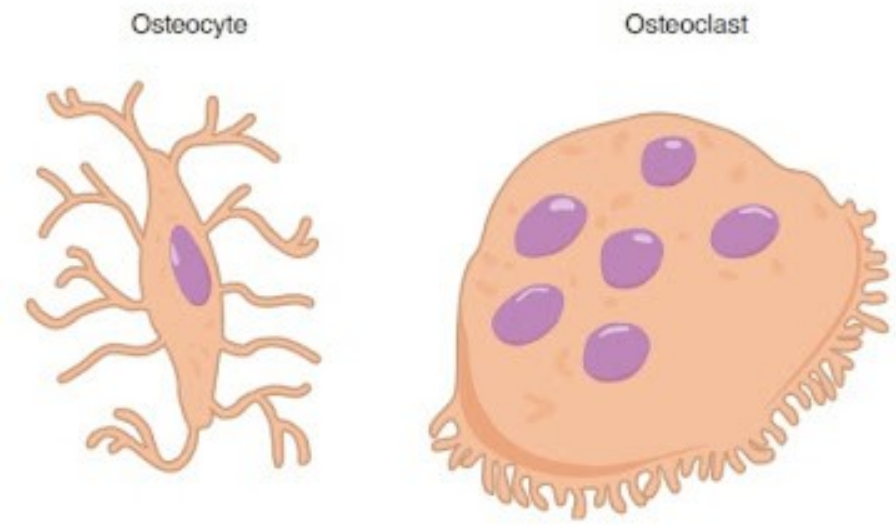
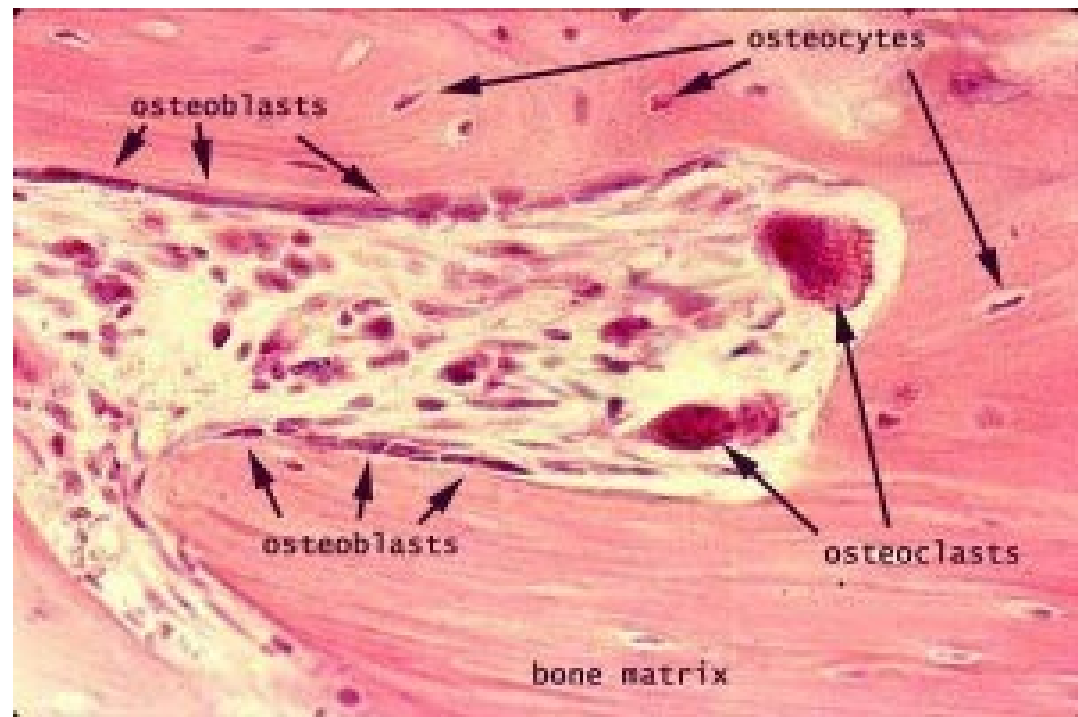
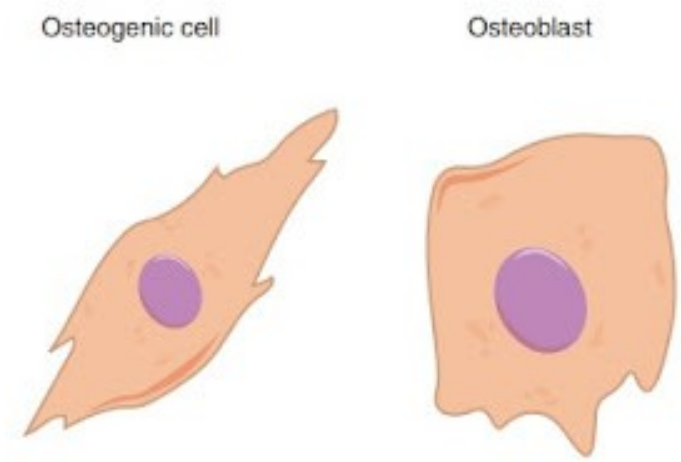
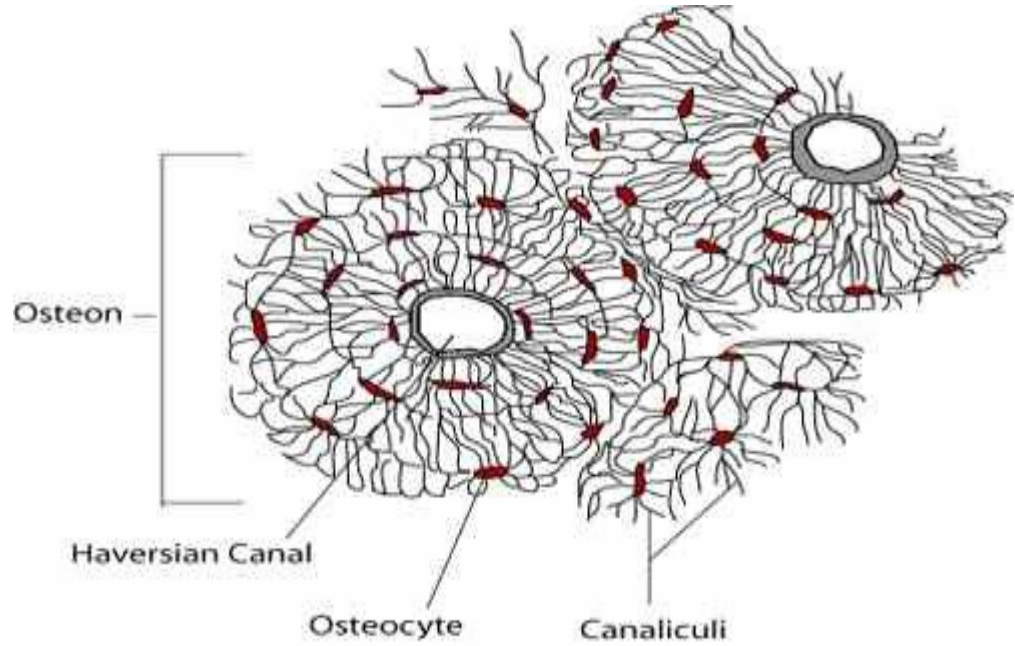
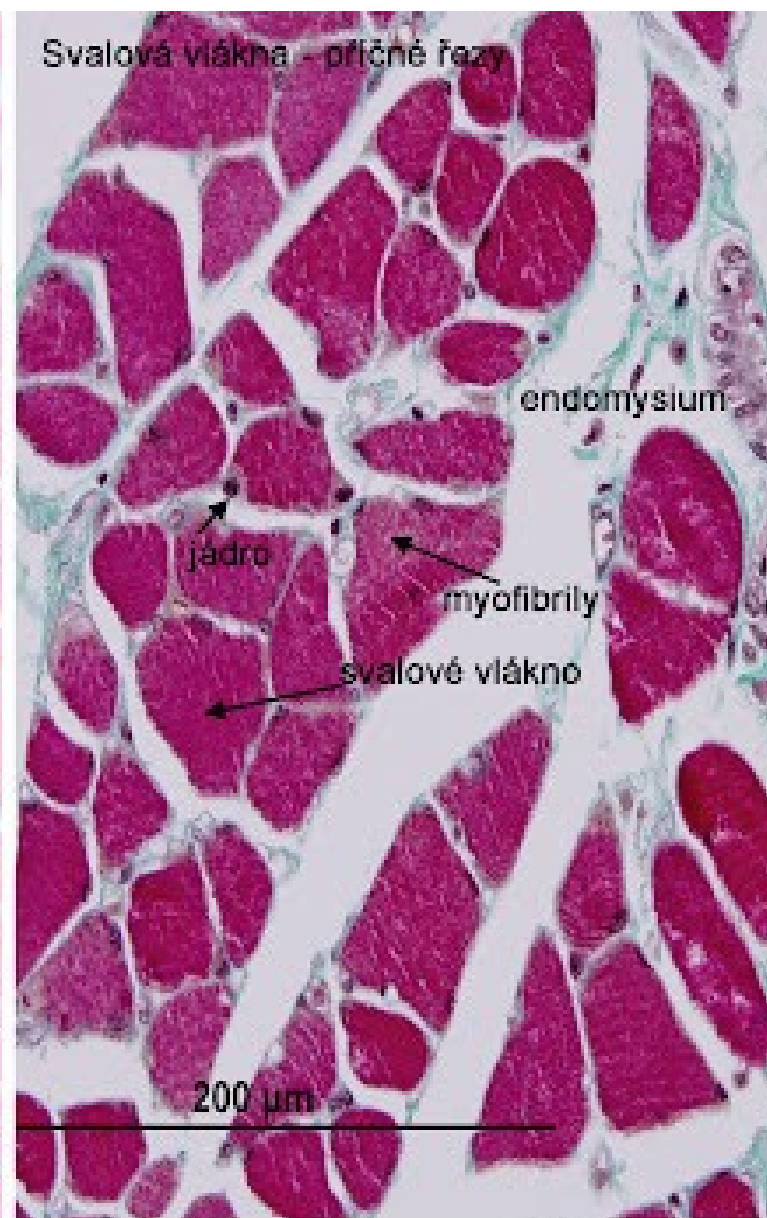
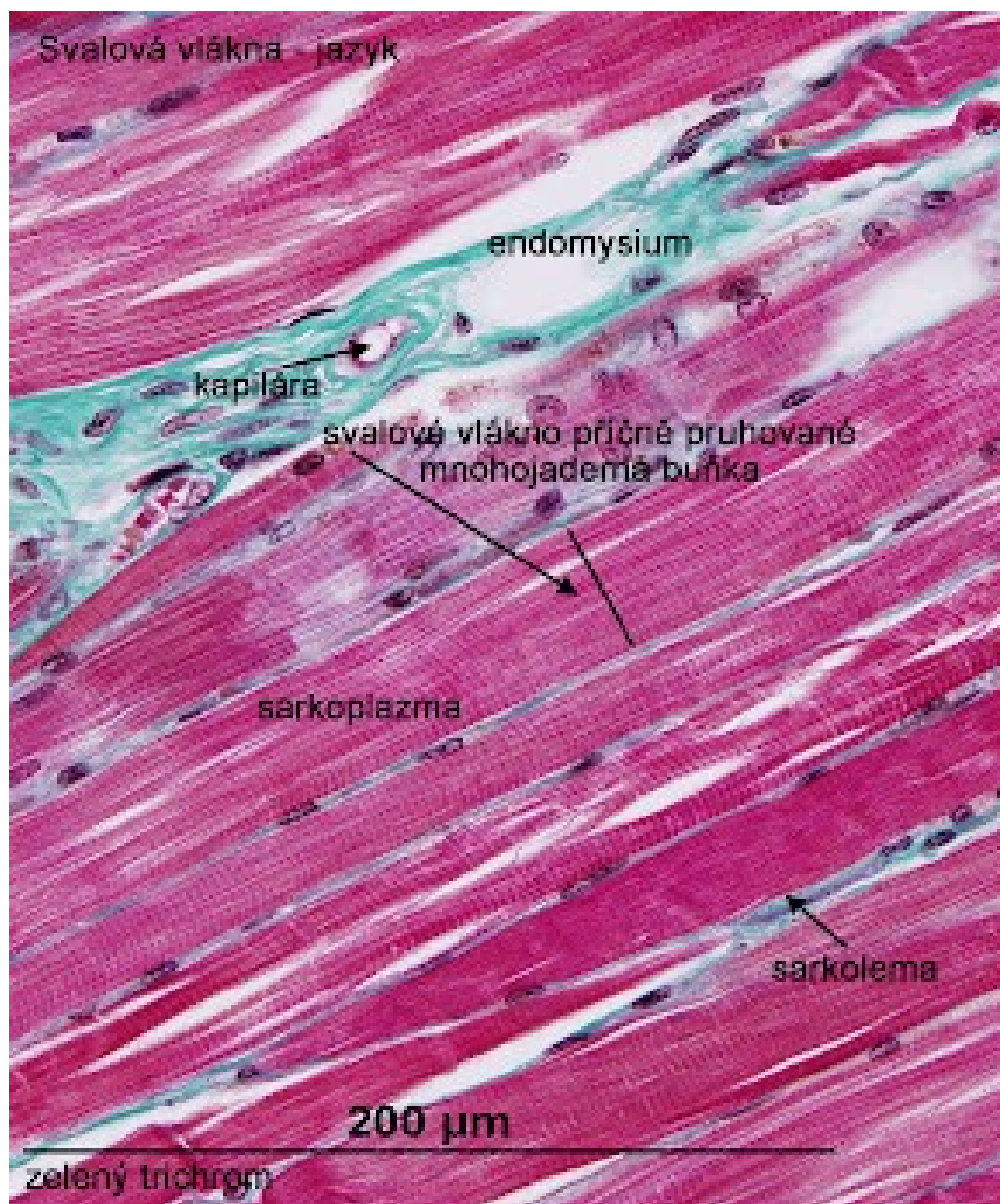


FIGURE 7-4 Types of bone cells.



Svalstvo kosterní