

Fyziologie pohybu

Živočišné buňky mají vnitřní stabilní strukturu zajišťující oporu a udržující tvar – **cytoskelet** (dynamický a pohyblivý aparát) složení: mikrotubuly a mikrofilamenta-proteinová vlákna.

Vnitřní kostra cytoplazmy: vlastnosti:

1. určují vnější tvar 2. vnitřní architekturu buňky (subcelulární pohyb)

Mikrotubuly - tvar trubiček - složené z mnoha filament (složená z řady kuliček bílkoviny tubulinu), trubičky spojené příčnými spojkami z asociovaných proteinů (např. dyneinu), spojení ve vyšší celky.

dynein schopen transformovat energii ATP na svou konformační změnu

Mikrofilamenta - vytvářejí v cytoplazmě souvislou síť: aktin, myozin

Typy pohybu

1. Brvami, bičíky 2. améboidní 3. svalový

ad 1. jednobuněční, epitel. b., spermie

Ad 2. jednobuněční (kořenonožci), bílé krvinky

Ad 3.Svalový pohyb

- Buňky svalů jsou specializovány na 1. přeměnu energii ATP na kontraktilní pohyb 2. vytváří akční potenciál
- Předchůdce svalových buněk - myoepiteliální stažlivé buňky žahavců a houbovců.
- Svalový epitel u bezobratlých
- Podle histologické stavby a funkce rozlišujeme tři typy svalů:
- Příčně pruhované (kosterní) svaly, které tvoří různě diferencované svalové skupiny připojené na kostru.
- Hladké svaly vystylající stěny tělních dutin a vnitřních orgánů s výjimkou např. hmyzu.
- Srdeční sval je zvláštní kontraktilní svalovinou, která se stavbou podobá svalovině příčně pruhované, ale vyznačuje se zvláštnostmi, které jsou typické pro svaly hladké.

Fyziologie svalů

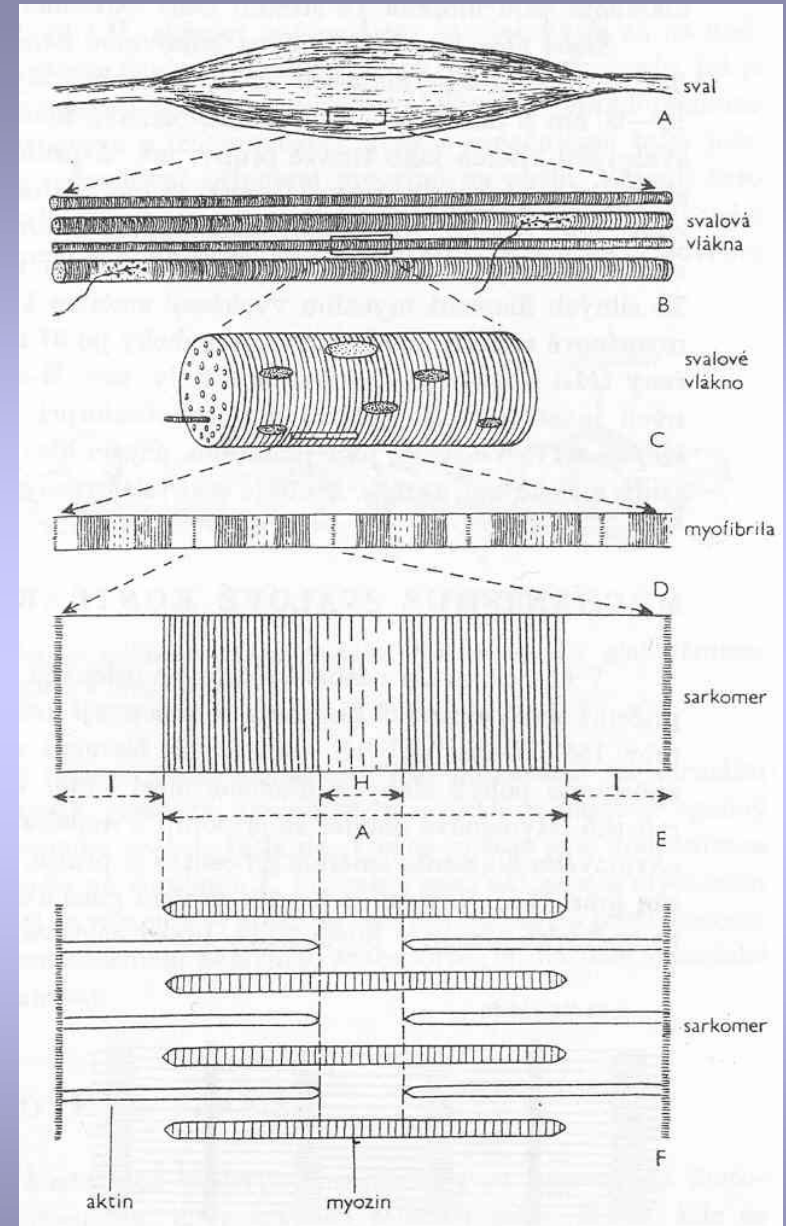
Kosterní sval

Sval (až 30 cm) –

svalové vlákno (myofibrila) (d 30 cm, Ø až 100 µm), na povrchu **sarkolema**- polopropustná, od sebe oddělené jednotky **ze sarkomer** (d 2,5 µm).

Sarkomera

(příčné linie - **Z-linie** se světlými **aktinovými filamenty** se zasouvají mezi tmavá **myozinová filamenta** pomocí **myozinových můstků**) – příčné pruhování

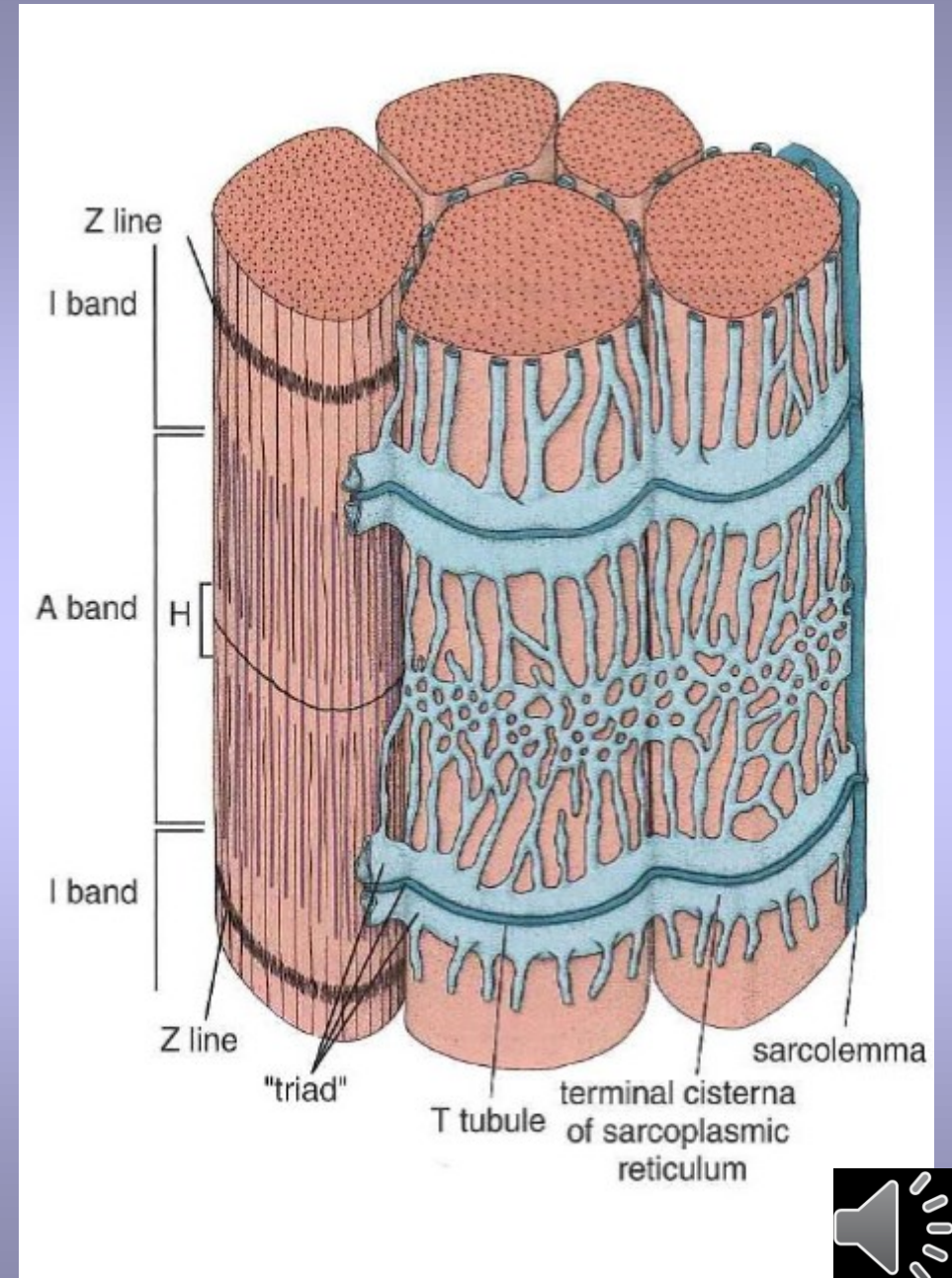


Svalová tkáň žíhaná (sarkoplasma - cyto, sarkozómy - mito),
uspořádání sarkoplasmatického retikula a proužků

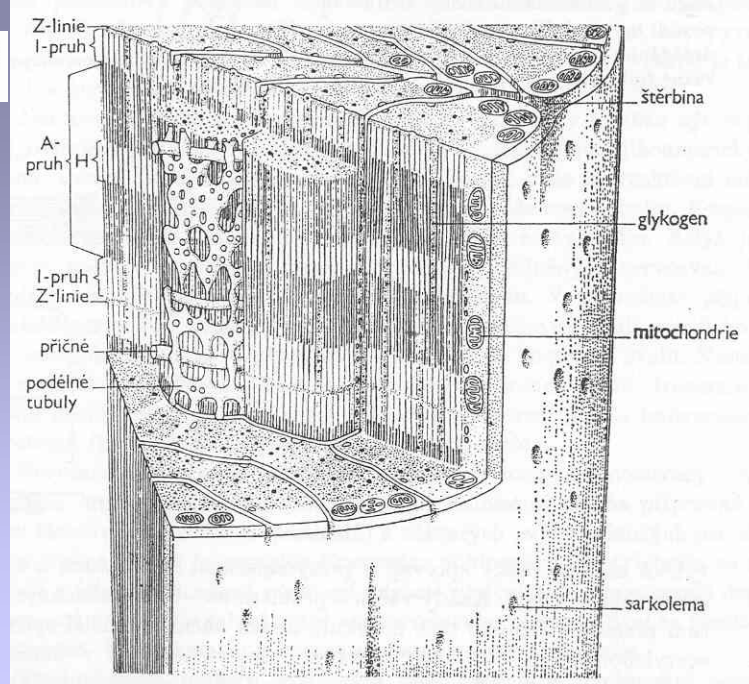
- **Sarkoplasmatické retikulum** –v sarkoplazmě svalových vláken, hladké endoplasmatické retikulum–
Specializace na **segregaci kalciových iontů**–**rozvětvené cisterny a tubuly** obklopující jednotlivé myofibrily,
tubuly orientovány longitudinálně ve svalovém vlákně, –příčně uložené do **H proužku**–**Terminální** rozšířeniny 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, sarkomera od Z-Z linie – telofragma (Z linie - Hensenův proužek)



Obr. 158. Ultrastruktura svalového vlákna žáby. Zvláště jsou zdůrazněny příčné tubuly (T-tubuly) a podélné tubuly sarkoplazmatického retikula.

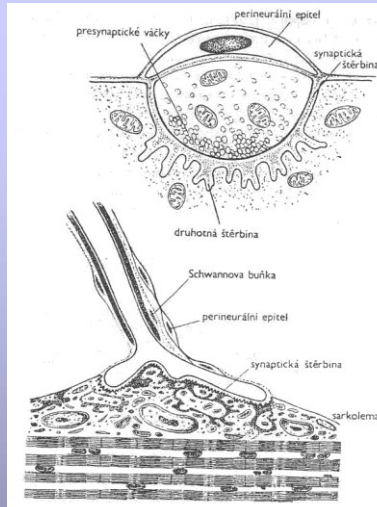


Povrchová membrána (sarkolema)

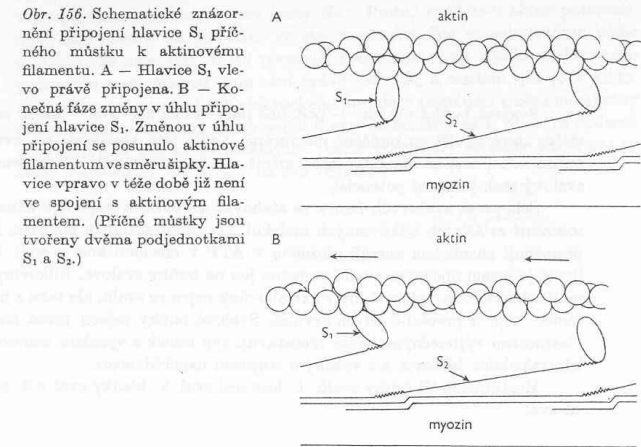
Sarkoplazmatické retikulum (podélné tubuly až váčky) a příčné tubuly (T-tubuly)

Ca²⁺ inhibuje troponin, který blokuje připojení hlavice myozinových můstků, hlavice mění úhel připojení

Nervosvalová (motorická) ploténka – větší synapse – acetylcholin (kurare blokuje reaktivní místa), botulin blokuje uvolnění acetylcholinu)

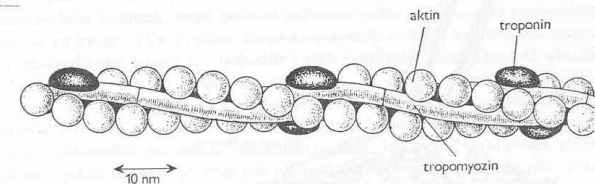


Obr. 160. Nervosvalové spojení v příčné pruhované svaly.



Obr. 156. Schematické znázornění připojení hlavice S₁ příčného můstku k aktinovému filamentu. A – Hlavice S₁ vlevo právě připojena. B – Konečná fáze změny v úhlu připojení hlavice S₁. Změnou v úhlu připojení se posunulo aktinové filamentum vesměru šipky. Hlavice vpravo v téže době již není ve spojení s aktinovým filamentem. (Příčné můstky jsou tvořeny dvěma podjednotkami S₁ a S₂.)

Motorická jednotka – rozvětvení axonu na vlákna



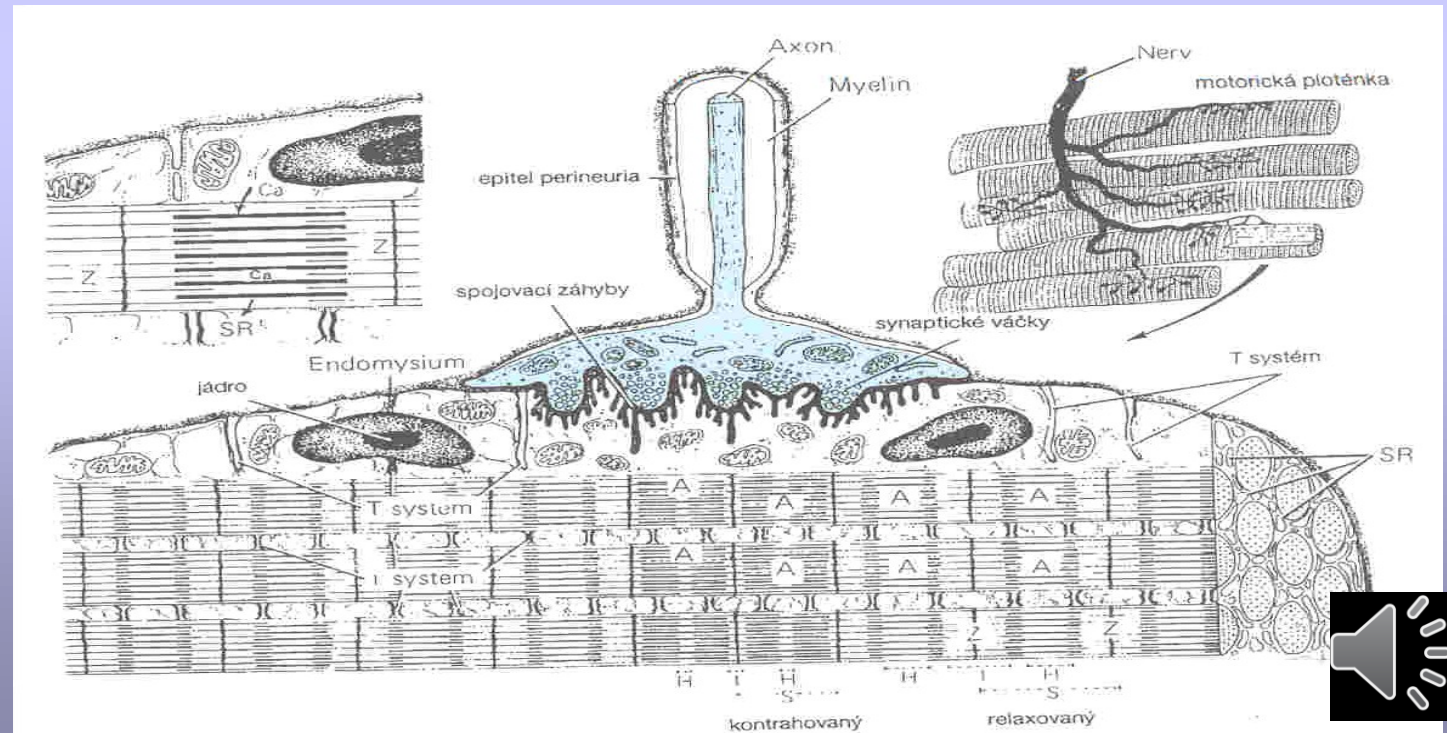
Obr. 159. Model znázorňující mikrostrukturu slabého filamenta. Ke globulárnímu aktinu se připojuje troponin a tropomyozin.

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

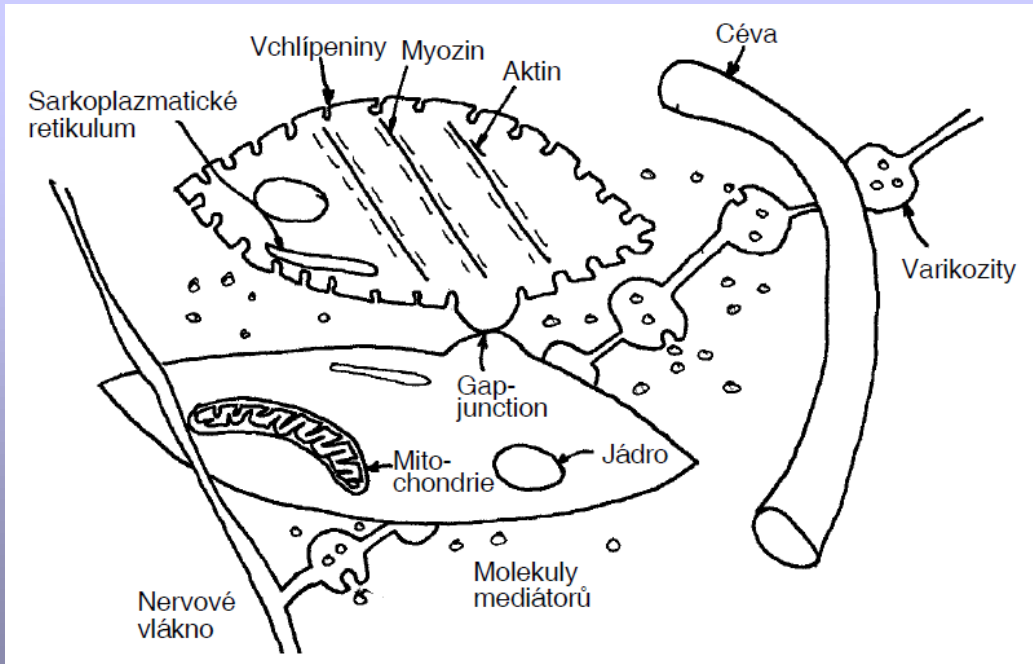


Hladký sval

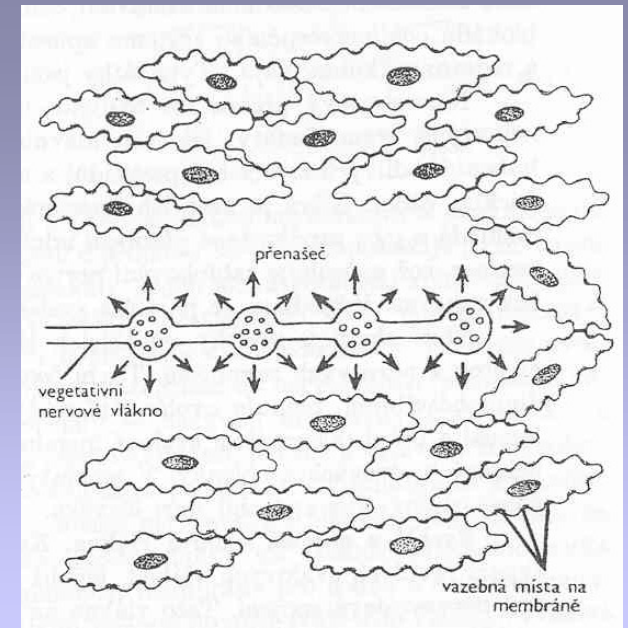
Tenká aktinová filamenta,
bez sarkoplazmatického retikula,
pomalá kontrakce.

Varikozity – zakončení nervů (korálky na niti).

Některé bez podnětů – **myogenní kontrakce**
– vzrušiče se schopností **spontánní depolarizace**.



Obr. 163. Diagramové znázornění interakce vegetativního nervového vlákna s buňkami hladkého svalstva.



Buňky hladké svaloviny a jejich inervace. Aktin s myozinem netvoří viditelné proužkování. Mediátory se vylévají z varikozit vegetativních nervů do prostoru kolem svalových buněk.

Srdeční sval

Příčně pruhovaný, mnohem delší akční potenciál než u kosterního svalu. Časté gap junctions – přenos akčního potenciálu z buňky na buňku.

Buňky s autorytmicitou – vzrušiče – **myogenní srdce (měkkýši, hmyz, obratlovci)** – viz srdce v cévní soustavě

Neurogenní srdce (krabi, pavouci) – původ srdečních rytmů **z aktivních neuronů v srdečním gangliu** u myokardu.

Mechanismus kontrakce srdeční svaloviny

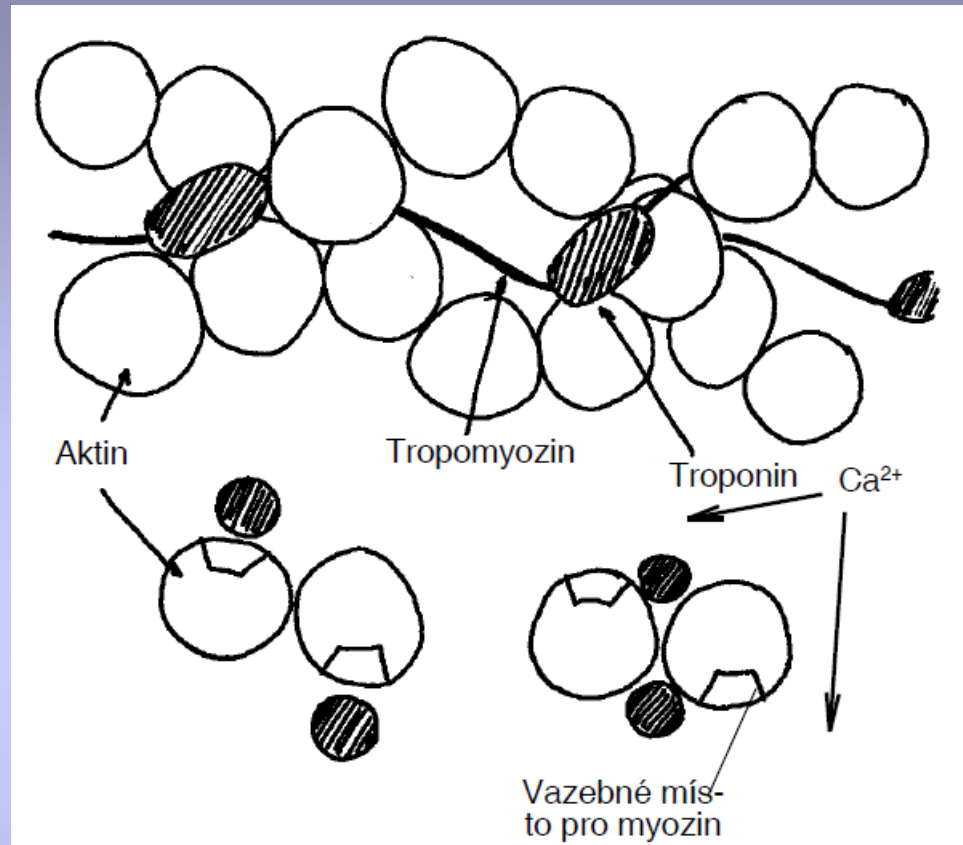
- Uspořádání myofilament jako u kosterní svaloviny, na buněčné úrovni kontrakce v zásadě stejná
- –Kardiomyocyty pracovní (**kontraktilní**) – v myokardu
- –Kardiomyocyty vzrušivé (**inervační**)
- součást převodního aparátu srdce (sinusový uzlík, sinoatriální uzlík, Hissův svazek a Purkyňova vlákna)
- 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



Odlišnost nervosvalových soustav bezobratlých

Létací svaly – na jeden vzruch 5 – 20 stahů (**asynchronní**, fibrilární svaly).

Svěrače lastur (ne příčně pruh.) **iniciuje motoneuron s acetylcholinem**. Pro udržení sevření není nutný ani on, ani depolarizace. **Relaxace** nastane až aktivitou v nervech, které uvolní **serotonin**.



Úloha Ca^{2+} ve svalové kontrakci. Vápenaté ionty způsobí konformační změnu troponinu vedoucí k zasunutí celého tropomyozinového vlákna hlouběji do štěrbiny mezi aktinovými řetězci. Obnaží se tak vazebná místa pro myozinovou hlavici.