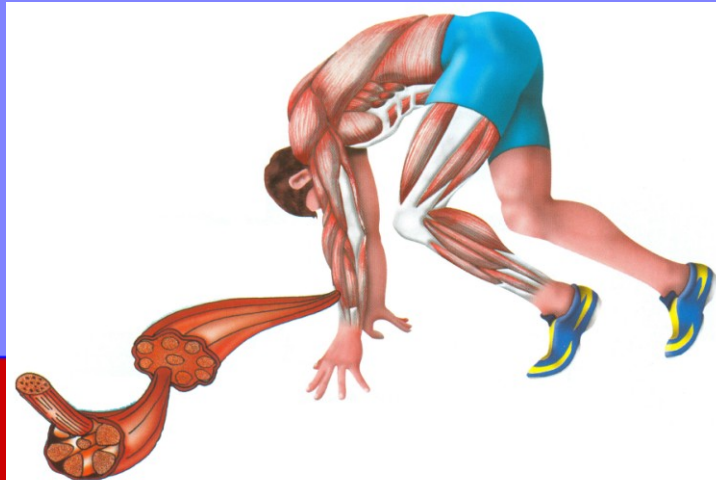
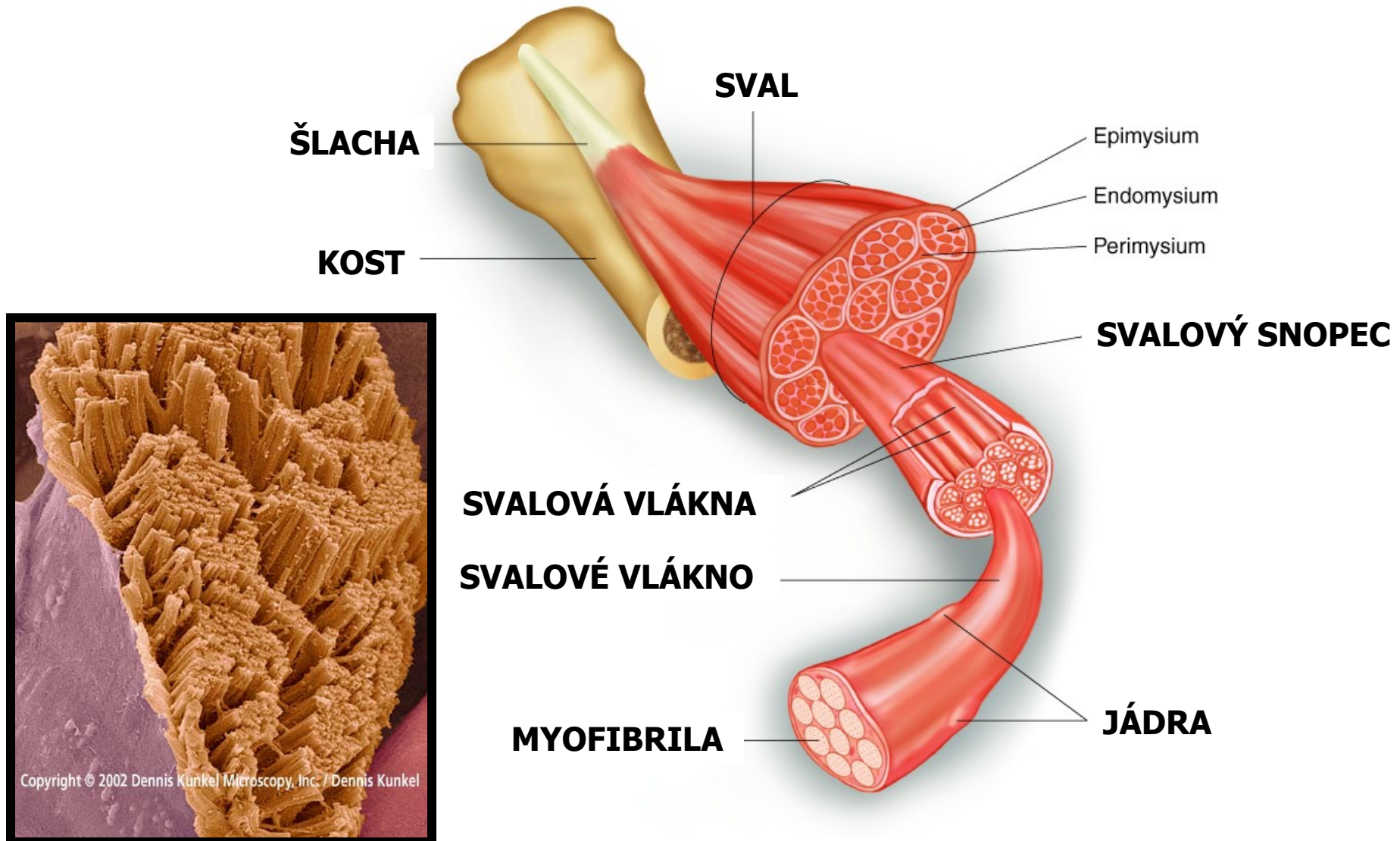




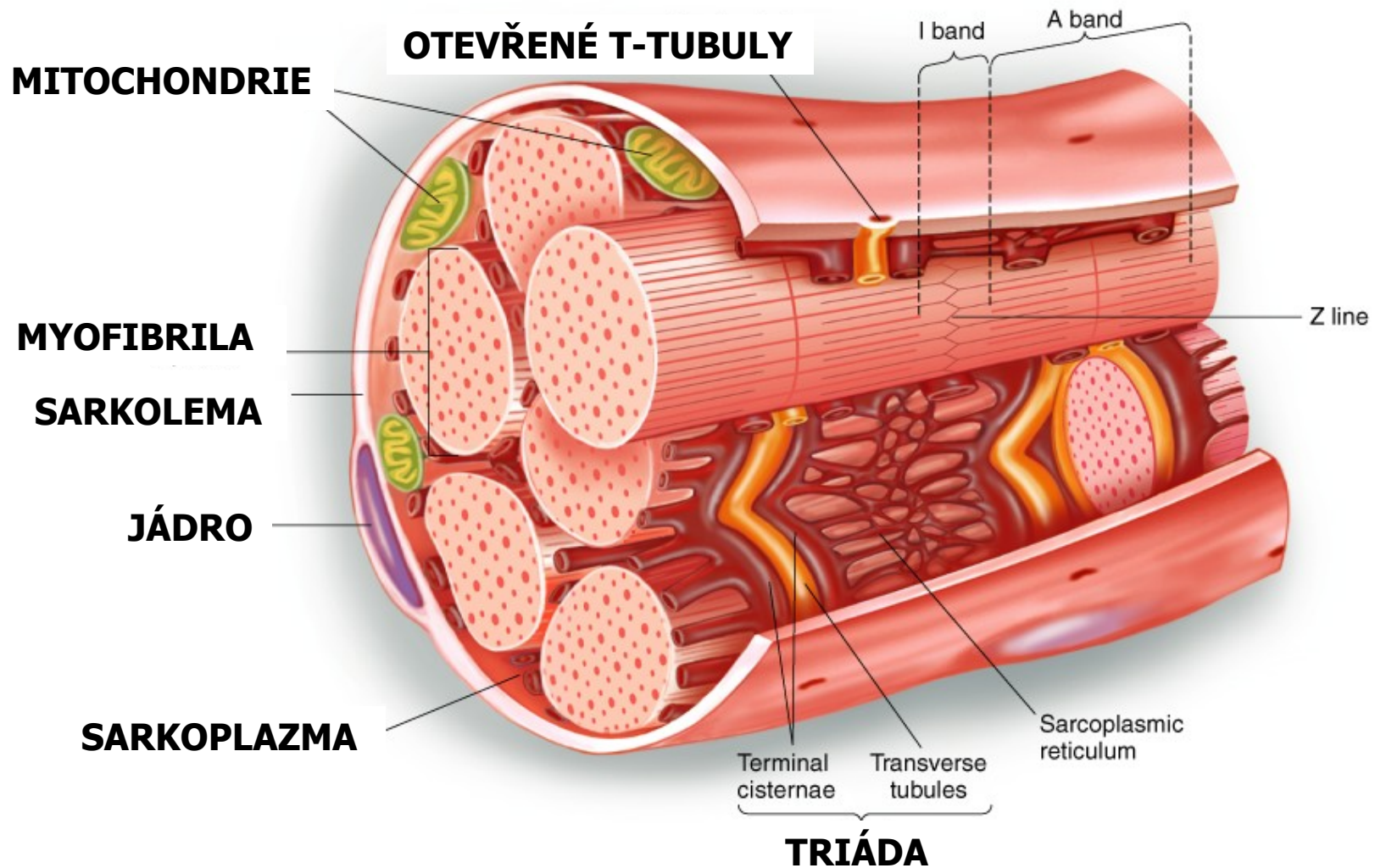
POHYBOVÁ SOUSTAVA SVALY A TYPY SVALOVÝCH VLÁKEN



STRUKTURA KOSTERNÍHO SVALU



SVALOVÉ VLÁKNO (buňka)

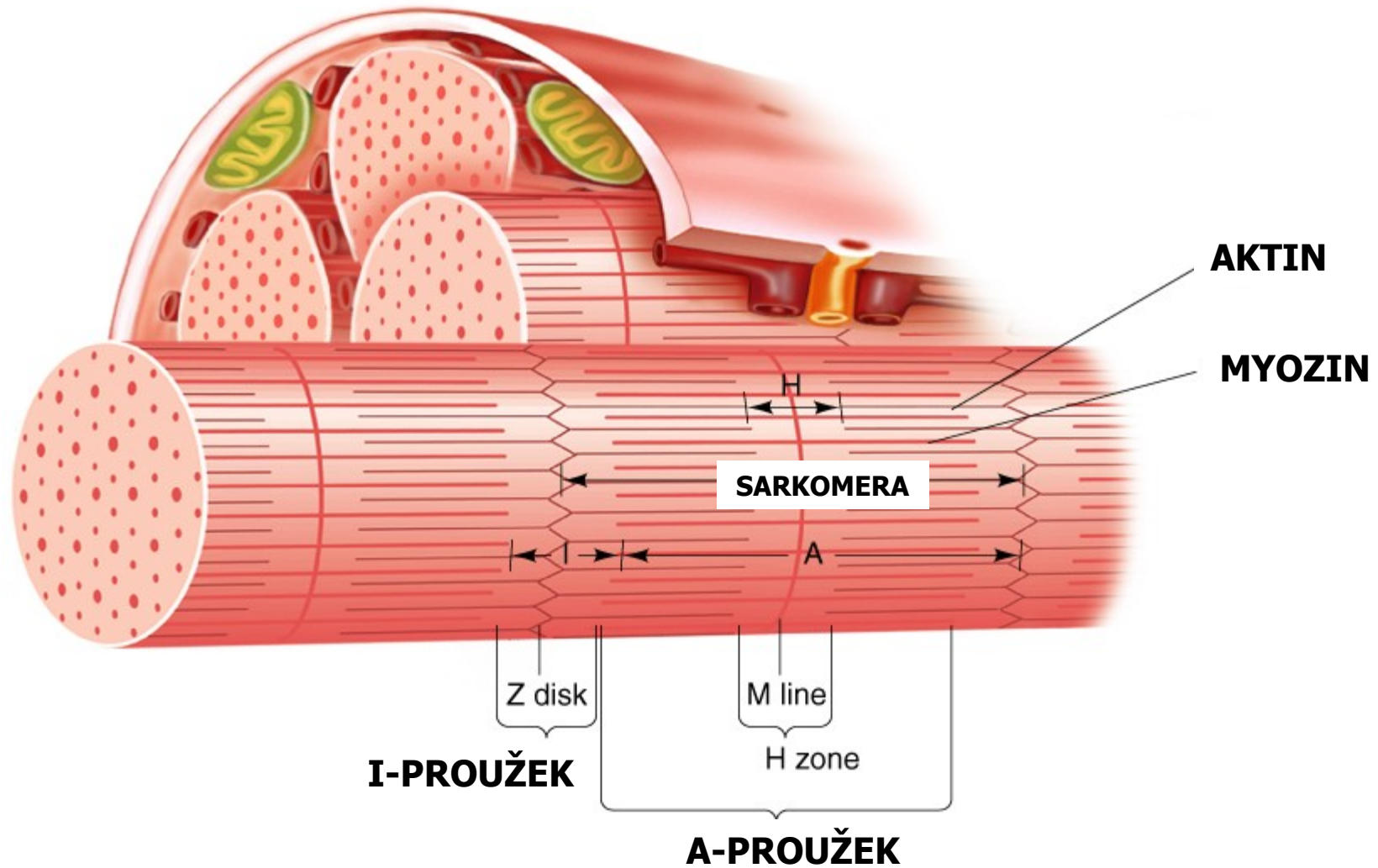


Důležité

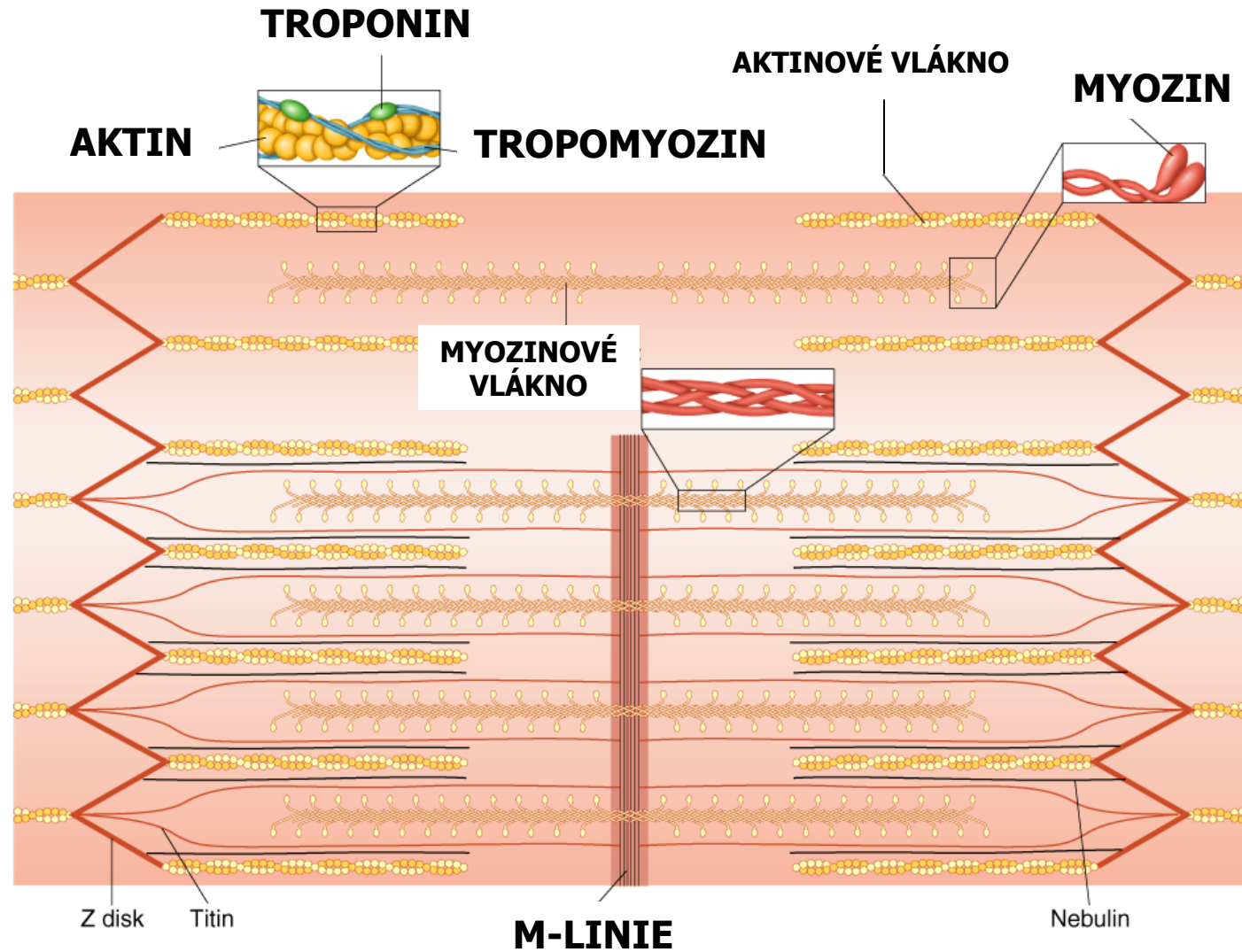
Svalové vlákno

- ♦ Svalová buňka se nazývá svalové vlákno.
- ♦ Svalové vlákno je ohraničeno plazmatickou membránou nazývanou sarkolema.
- ♦ Cytoplazma svalového vlákna se nazývá sarkoplazma.
- ♦ Uvnitř sarkoplazmy, T-tubuly umožňují transport aktivních látek ke svalovému vláknu.
- ♦ Sarkoplazmatické retikulum obsahuje kalcium.

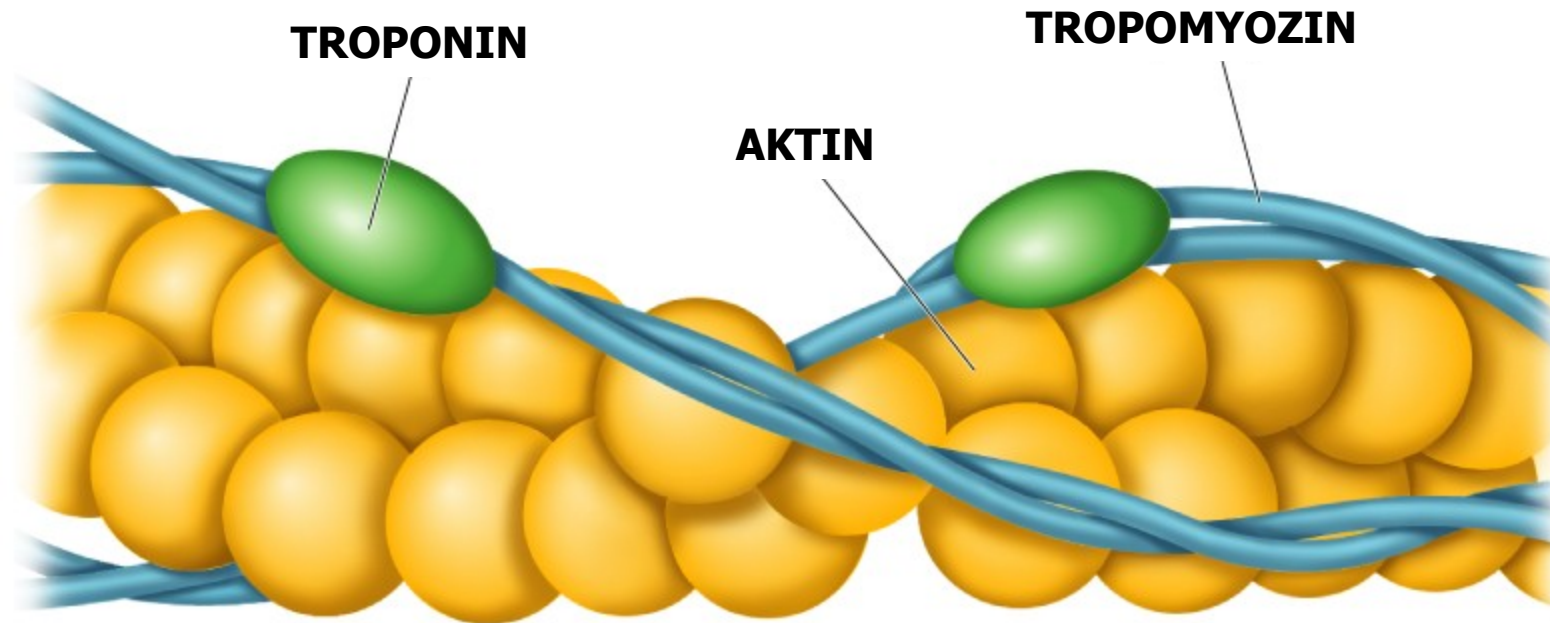
USPOŘÁDÁNÍ FILAMENT



USPOŘÁDÁNÍ FILAMENT V SARKOMEŘE

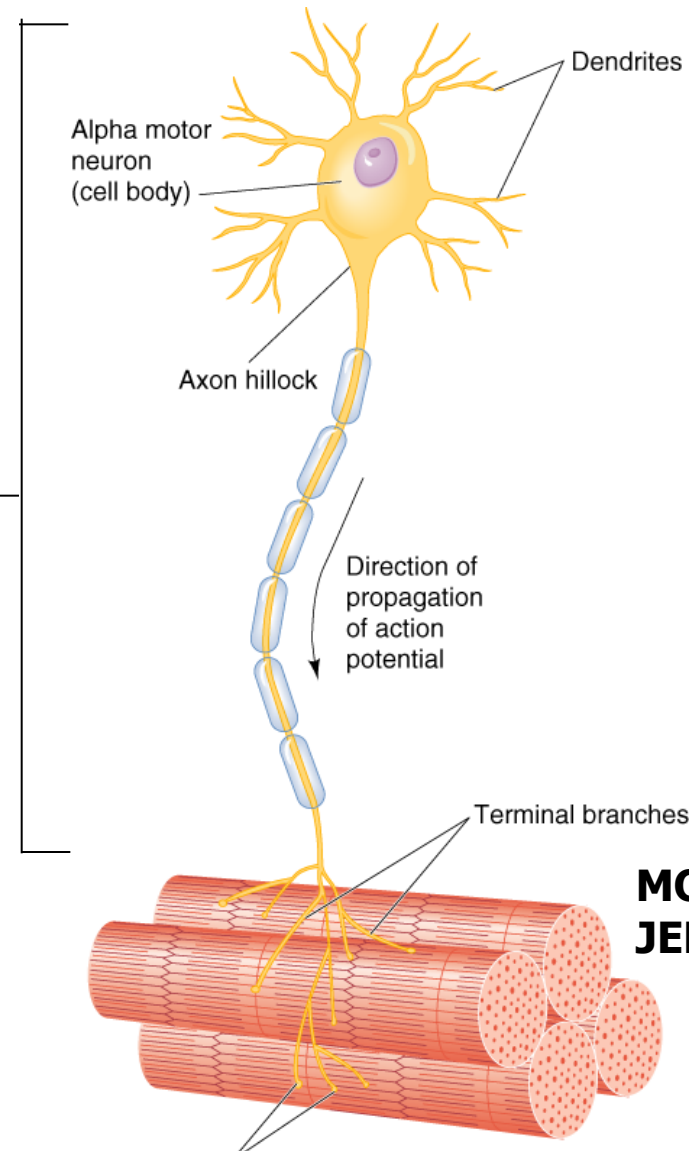


AKTINOVÉ VLÁKNO



MOTORICKÁ JEDNOTKA

MOTONEURON



NERVOSVALOVÁ PLOTÉNKA

Důležité

Myofibrily

- ♦ Myofibrily jsou kontraktlní jednotky kosterních svalů, sval tvoří několik stovek až tisíc myofibril.
- ♦ Myofibrily se skládají ze sarkomer, nejmenších funkčních jednotek svalu.
- ♦ Sarkomera se skládá z vláken dvou bílkovin, myozin a aktin, které jsou zodpovědné za svalovou kontrakci.
- ♦ Myozin je tenké vlákno s kulovitými hlavičkami na jednom konci.
- ♦ Aktinové vlákno tvoří: aktin, tropomyozin, a troponin (připojeno k Z disku).

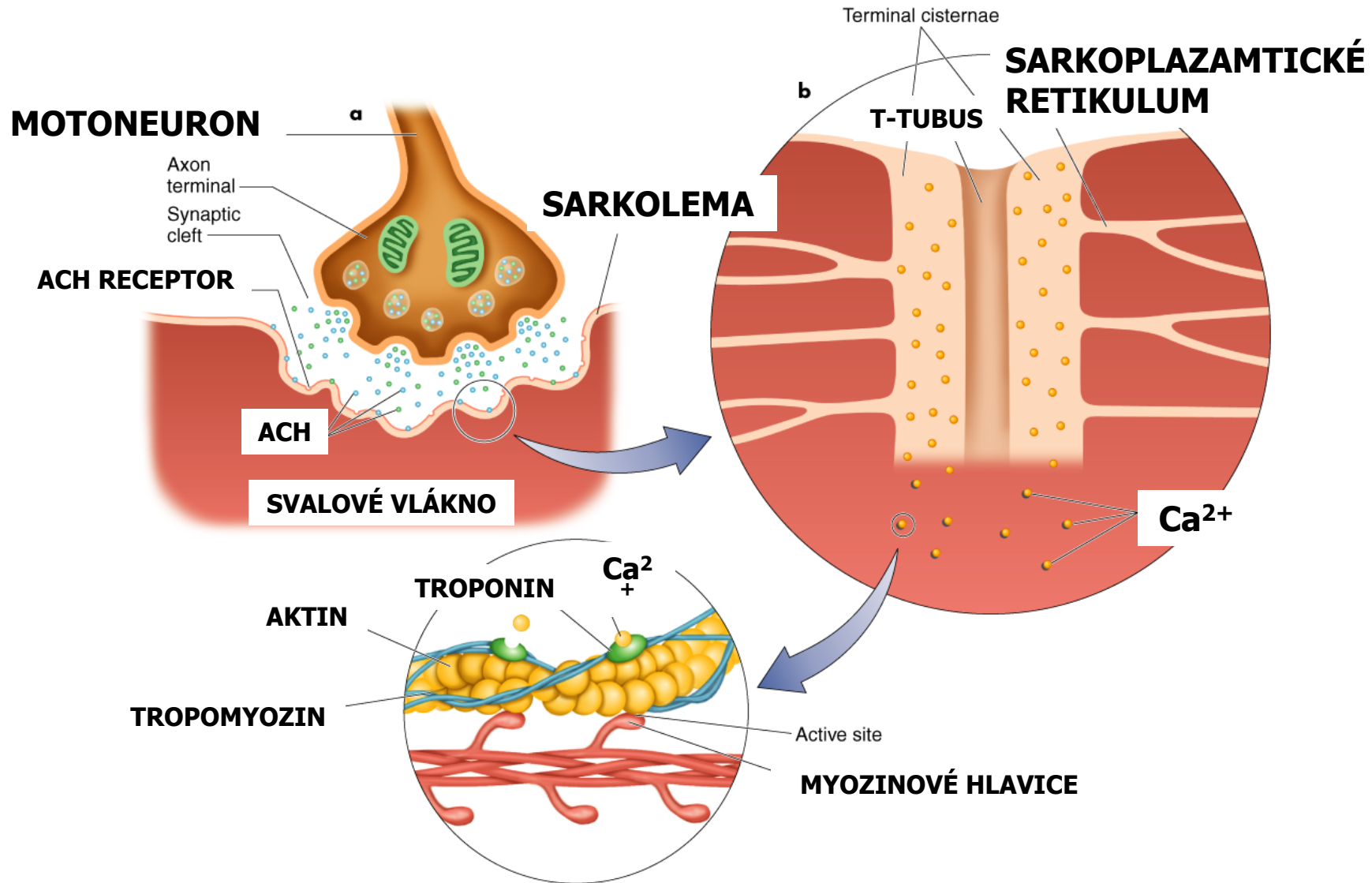
Podráždění/Kontrakce

1. Motoneuron, vysílající signály z mozku nebo míchy, uvolňuje mediátor (neurotransmitér) tzv. acetylcholin (ACh) z nervosvalové ploténky.
2. Navázáním ACh na receptor způsobí v membráně otevření kanálů pro sodné ionty, a vyvolá tak vznik akčního potenciálu svalové buňky.
3. Akční potenciál se šíří po sarkolemě a skrz T-tubuly k sarkoplazmatickému retikulu, pak se do sarkoplazmy vylijí ionty Ca^{2+} .
4. Ca^{2+} ionty se váží na troponin na aktinovém vláknu, troponin změní svoji prostorovou konfiguraci a umožní tropomyozinu zanořit se mezi vlákna aktinu, a odkrýt tak jeho aktivní místa.

Podráždění/Kontrakce

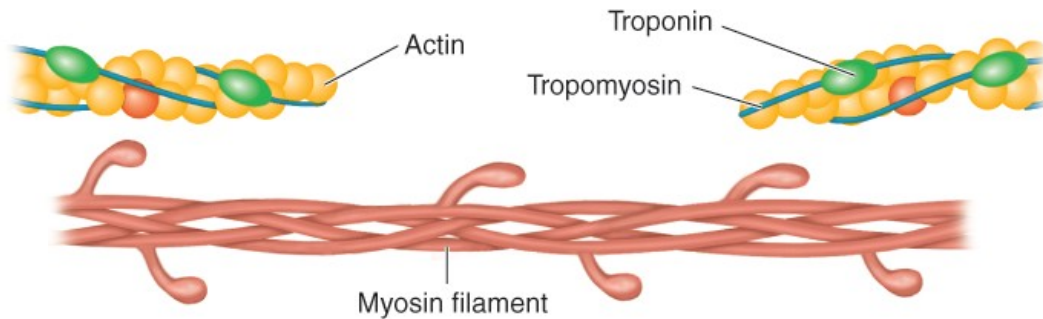
5. Po těchto aktivních místech se „natahují“ hlavy myozinu, kloužou po nich a vytvářejí spojení neboli můstky mezi aktinem a myozinem.
6. Myozinové vlákno tak aktivně přitahuje dvě aktinová vlákna zakotvená do protilehlých Z-proužků, a tím k sobě tyto proužky přitahuje.
7. Výsledkem je zkrácení sarkomery, zkrácení myofibrily, a tím i zkrácení svalu čili svalový stah.
8. Na konci svalové akce jsou vápenaté ionty aktivně pumpovány zpět do plazmatického retikula, kde zůstanou uskladněna do příchodu dalšího akčního potenciálu.

NERVOUSVALOVÝ PŘENOS

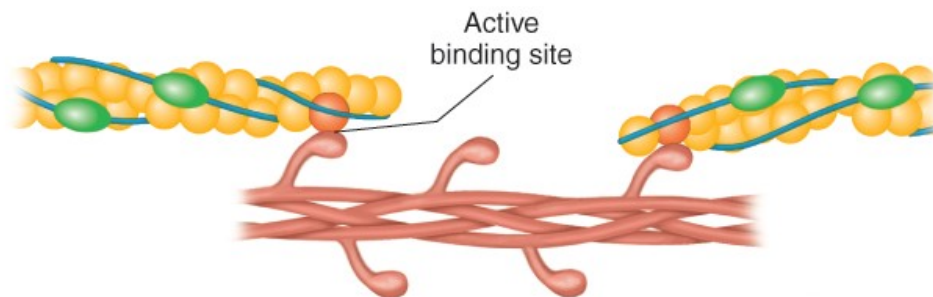


KONTRAKCE SVALOVÉHO VLÁKNA

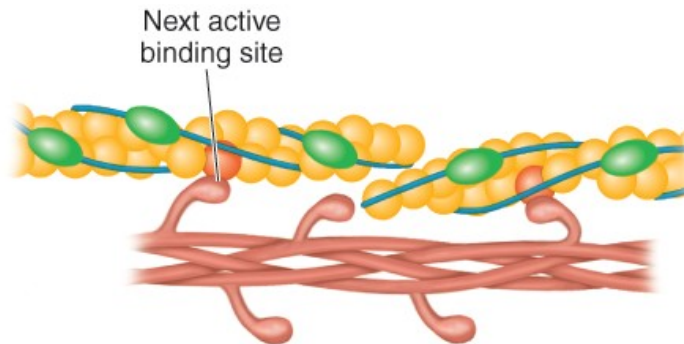
**UVOLNĚNÉ
SVALOVÉ VLÁKNO**

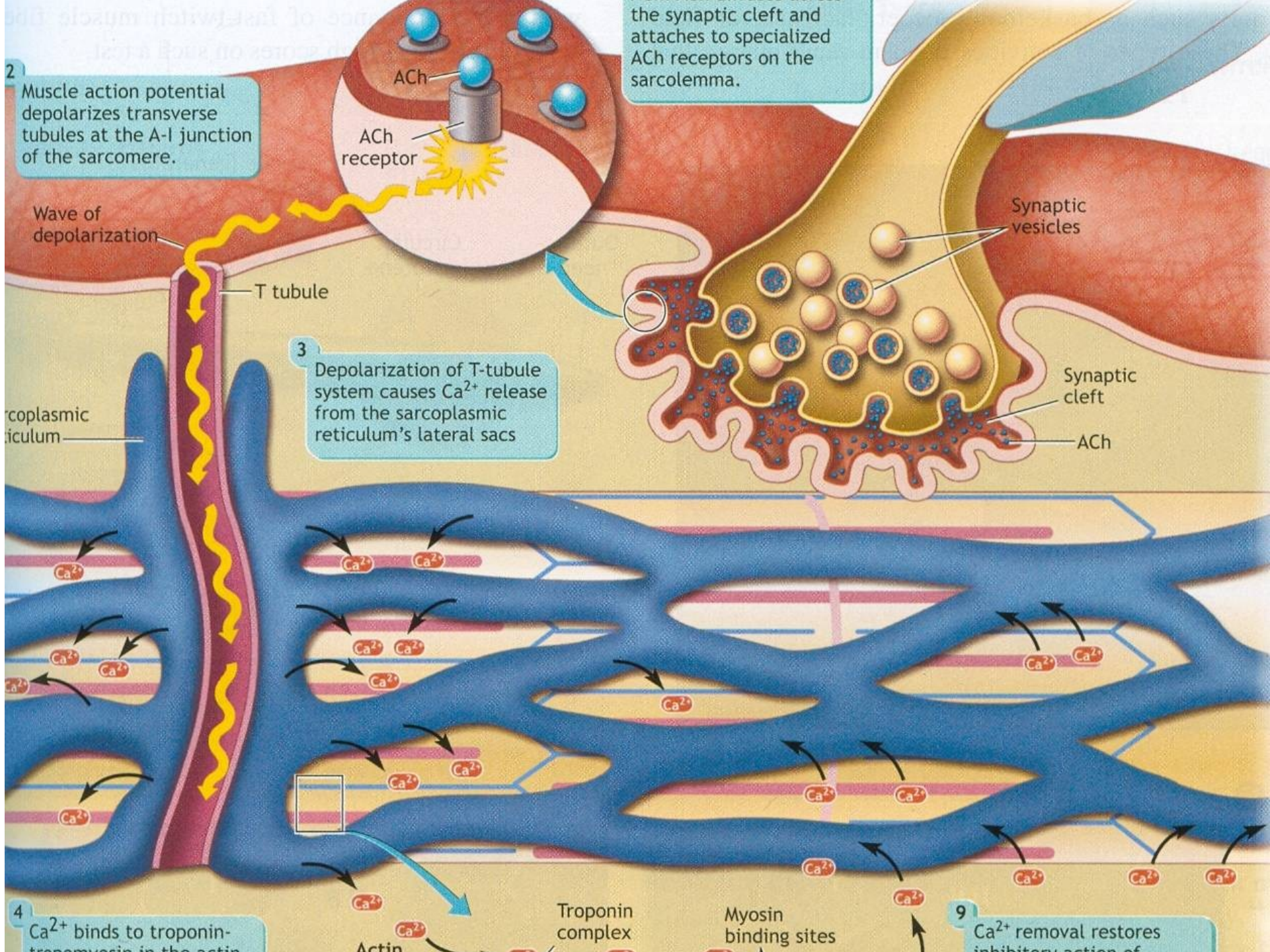


KONTRAKCE



MAXIMÁLNÍ KONTRAKCE





2 Muscle action potential depolarizes transverse tubules at the A-I junction of the sarcomere.

the synaptic cleft and attaches to specialized ACh receptors on the sarcolemma.

3 Depolarization of T-tubule system causes Ca^{2+} release from the sarcoplasmic reticulum's lateral sacs

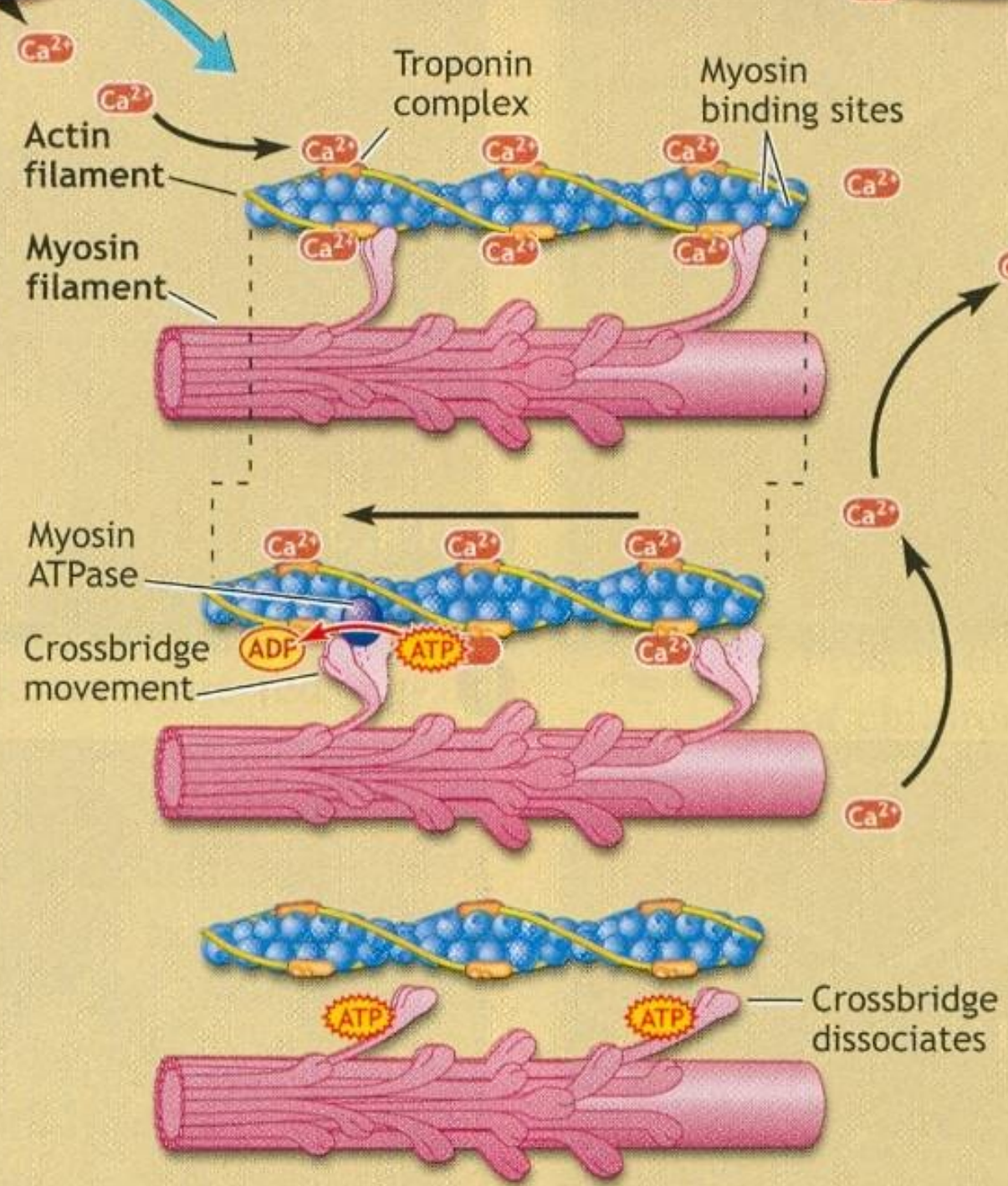
4 Ca^{2+} binds to troponin-tropomyosin in the actin

9 Ca^{2+} removal restores inhibitory action of

4 Ca^{2+} binds to troponin-tropomyosin in the actin filaments. This releases the inhibition that prevented actin from combining with myosin.

5 During muscle action, actin combines with myosin ATPase to split ATP with energy release. Tension created from the energy release produces myosin crossbridge movement.

6 ATP binds to the myosin crossbridge, breaking the actin-myosin bond allowing the crossbridge to dissociate from actin. This leads to sliding of thick and thin filaments, causing muscle shortening.

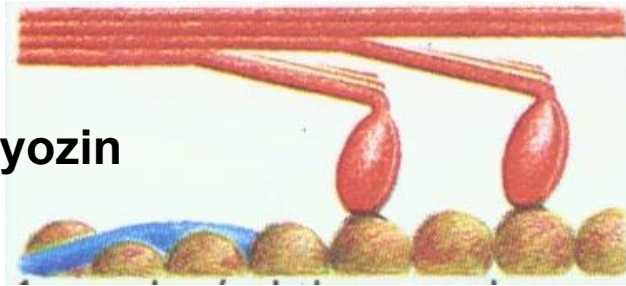


9 Ca^{2+} removal restores inhibitory action of troponin-tropomyosin. In the presence of ATP, actin and myosin remain in their dissociated relaxed state.

8 When muscle stimulation ceases, Ca^{2+} moves back into the sarcoplasmic reticulum's lateral sacs through active transport, a process requiring ATP hydrolysis.

7 Crossbridge activation continues when the concentration of Ca^{2+} remains high (from membrane depolarization) to inhibit action of the troponin-tropomyosin complex.

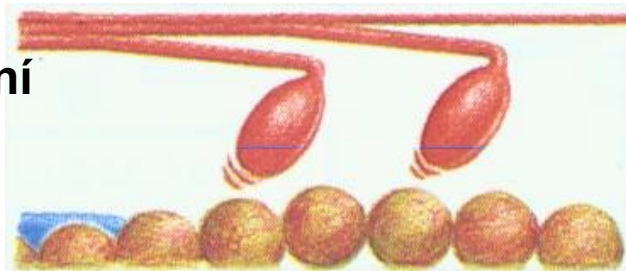
spojení
aktin-myozin



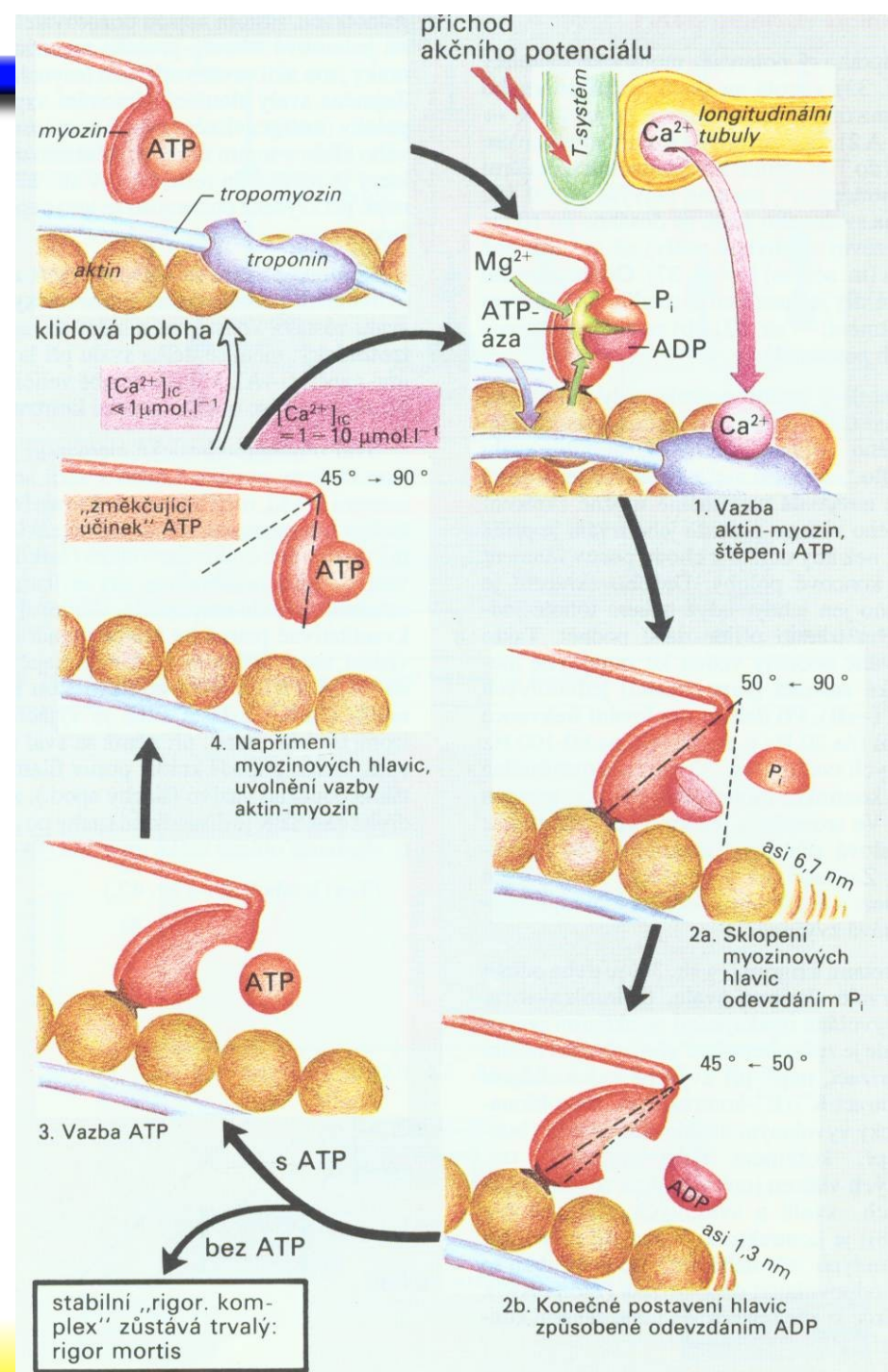
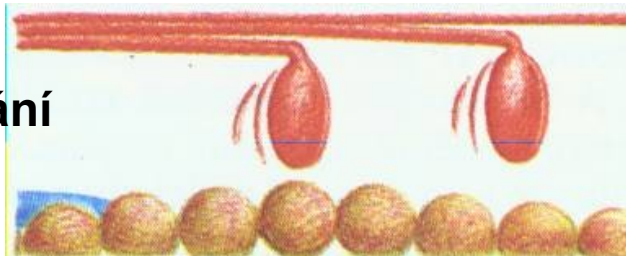
klouzavý
pohyb



odpojení
hlavic



narovnění
hlavic



Činnost svalového vlákna

- ♦ Svalová práce je zahájena nervovým impulsem.
- ♦ Nerv uvolňuje ACh, který následně propouští sodíkové ionty a depolarizuje buňky. Jakmile jsou buňky úspěšně depolarizovány nastane akční potenciál s uvolněním Ca^{2+} iontů.
- ♦ Ca^{2+} ionty se váží na troponin, který zvedá tropomyozinové molekuly a tím odkrývá aktivní místa na aktinu, kde se mohou potom vázat hlavy myozinových vláken (můstky).

Činnost svalového vlákna

- ♦ „Klouzání“ myozinových hlav po aktinovém vlákně umožňuje zasouvání vláken a vede ke kontrakci svalové buňky.
- ♦ Svalová práce končí jakmile vápník je pumpován zpět ze sarkoplazmy do sarkoplazmatického retikula, kde je uskladněn.
- ♦ Hlavy odstupující z myozinového vlákna mají ATPázovou aktivitu (jsou schopné štěpit ATP) a zajišťují energii pro svalový stah.

Pomalé (červené) svalové vlákno (I)

Slow-Twitch (ST) Muscle Fibers

SLOW OXIDATIVE (SO)

- ◆ Vysoká aerobní (oxidativní) kapacita a odolnost vůči únavě
- ◆ Nízká anaerobní (neoxidativní, glykolitická) kapacita a svalová síla
- ◆ Pomalá kontrakce (110 ms/svalový tah) a myozinová ATPáza
- ◆ 10–180 vláken v motorické jednotce

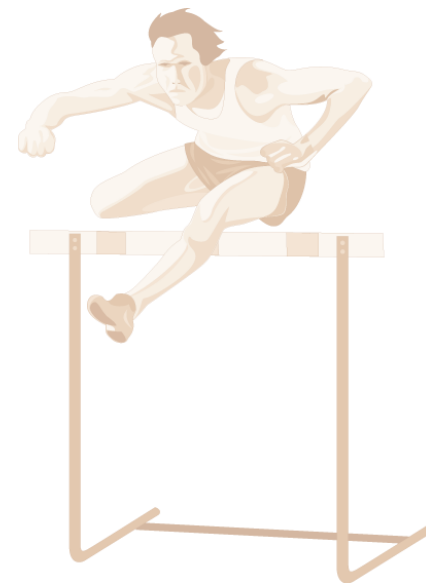


Rychlé (červené) svalové vlákno (IIa)

Fast-Twitch (FT_a) Muscle Fibers

FAST OXIDATIVE GLYCOLYTIC (FOG)

- ◆ Střední aerobní (oxidativní) kapacita a odolnost vůči únavě
- ◆ Vysoká anaerobní (neoxidativní, glykolitická) kapacita a svalová síla
- ◆ Rychlá kontrakce (50 ms/svalový stah) a myozinová ATPáza
- ◆ 300–800 vláken v motorické jednotce

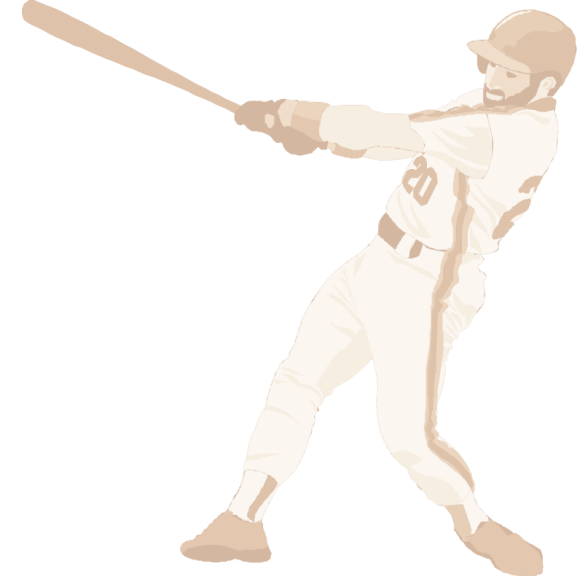


Rychlé (bíle) svalové vlákno (IIX/IIB)

Fast-Twitch (FT_b/FT_x) Muscle Fibers

FAST GLYCOLYTIC (FG)

- ◆ Nízká aerobní (oxidativní) kapacita a odolnost vůči únavě
- ◆ Vysoká anaerobní (neoxidativní, glycolytická) kapacita s svalová síla
- ◆ Rychlá kontrakce (50 ms/svalový stah) a myozinová ATPáza
- ◆ 300–800 vláken v motorické jednotce



Základní vlastnosti sval. vláken (I, IIa, IIx)

Typ I – angl. SO
pomalé červené

Typ IIa – angl. FOG
rychlé červené

Typ IIx – angl. FG
rychlé bílé

Rychlost kontrakce

Síla kontrakce

Odolnost vůči únavě

Obsah glykogenu

Průměr

Hustota mitochondrií

Hustota kapilár

Aktivita ATP-ázy

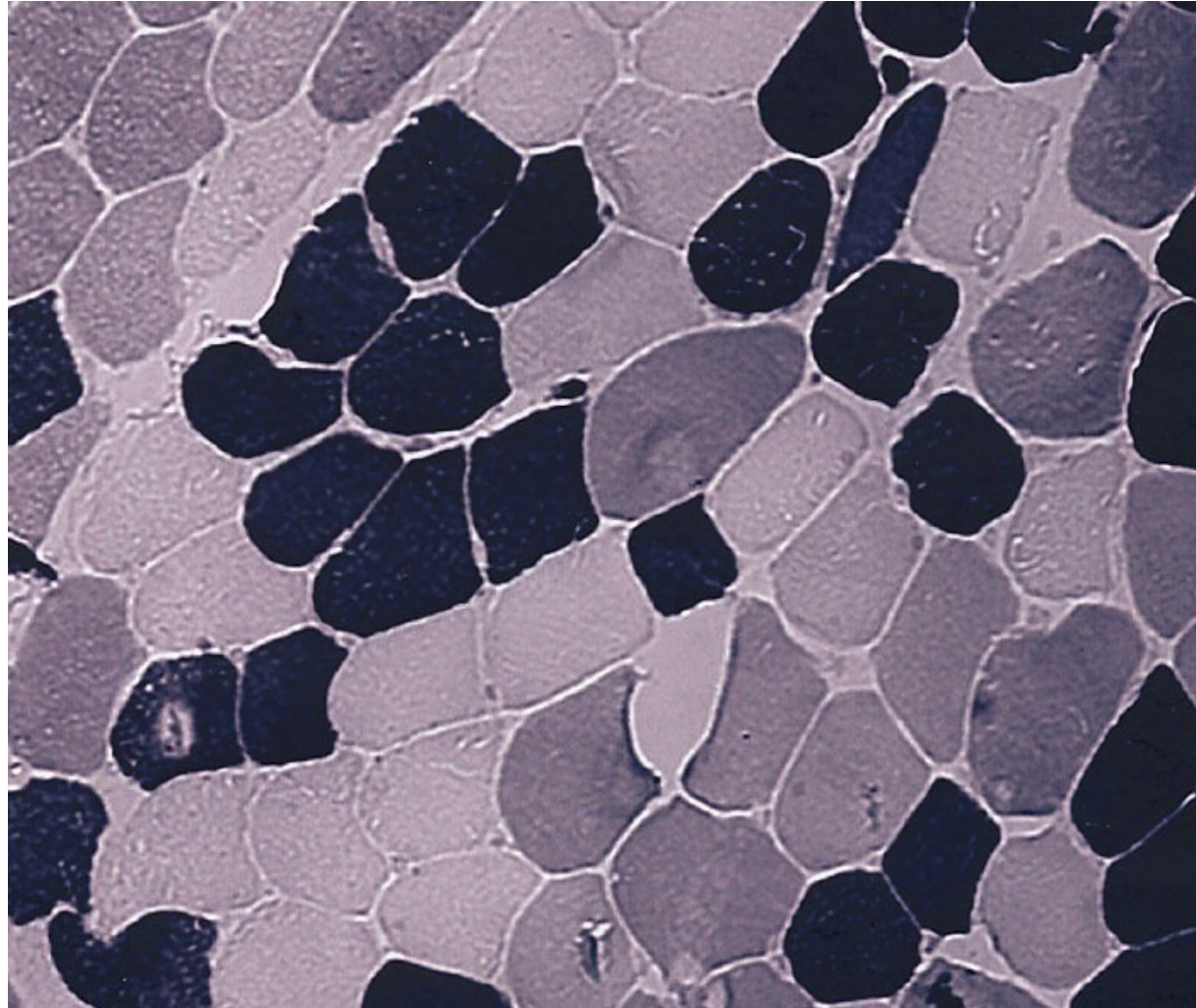
Glykolytická kapacita

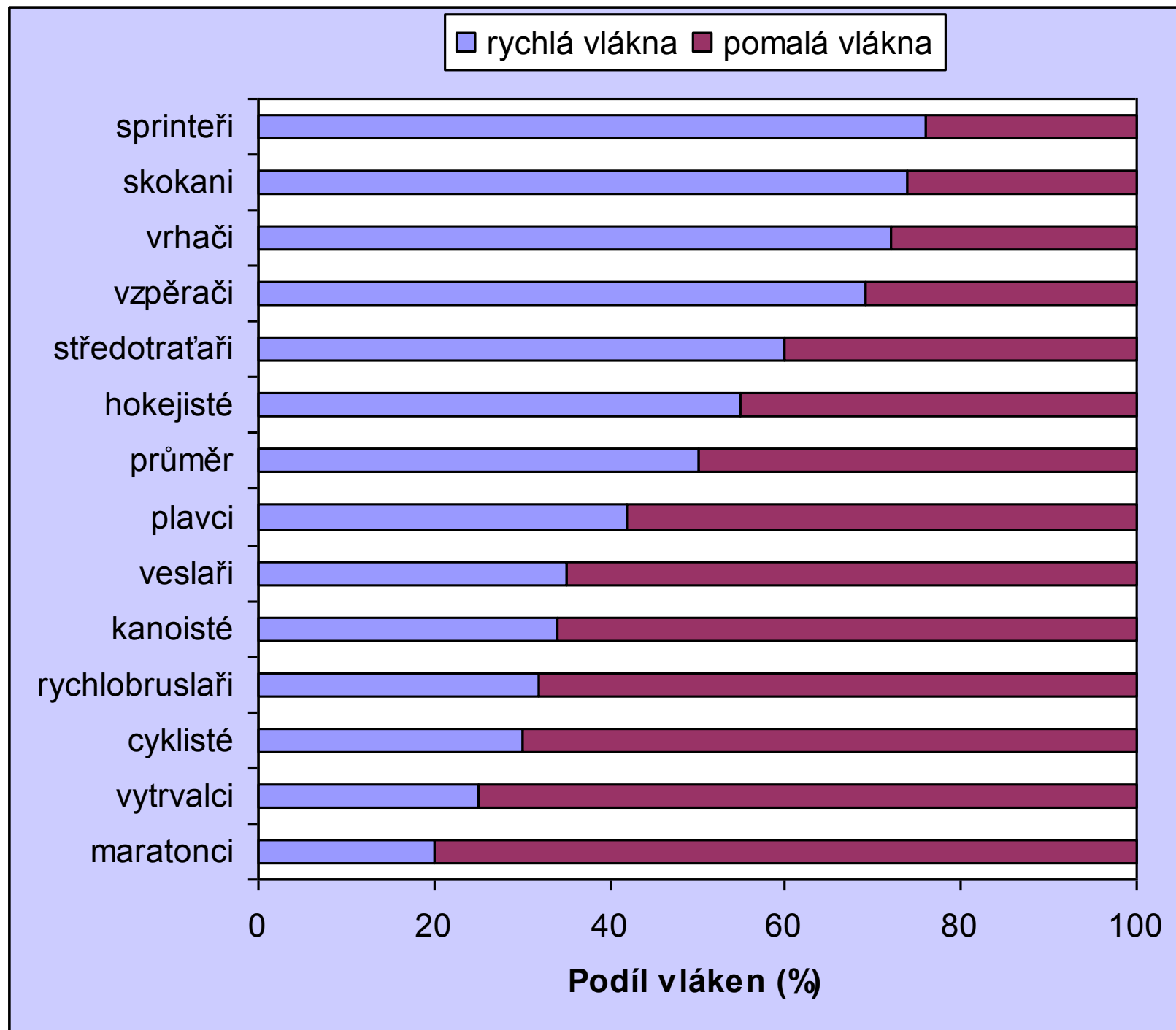
Oxidativní kapacita

Základní vlastnosti sval. vláken (I, IIa, IIx)

	Typ I pomalé červené	Typ IIa rychlé červené	Typ IIx rychlé bílé
Rychlost kontrakce	pomalá	rychlá	rychlá
Síla kontrakce	nízká	střední	vysoká
Odolnost vůči únavě	vysoká	střední	nízká
Obsah glykogenu	nízký	vysoký	vysoký
Průměr	malý	střední	velký
Hustota mitochondrií	vysoká	vysoká	nízká
Hustota kapilár	vysoká	vysoká	nízká
Aktivita ATP-ázy	nízká	vysoká	vysoká
Glykolytická kapacita	nízká	vysoká	vysoká

POMALÁ A RYCHLÁ SVALOVÁ VLÁKNA





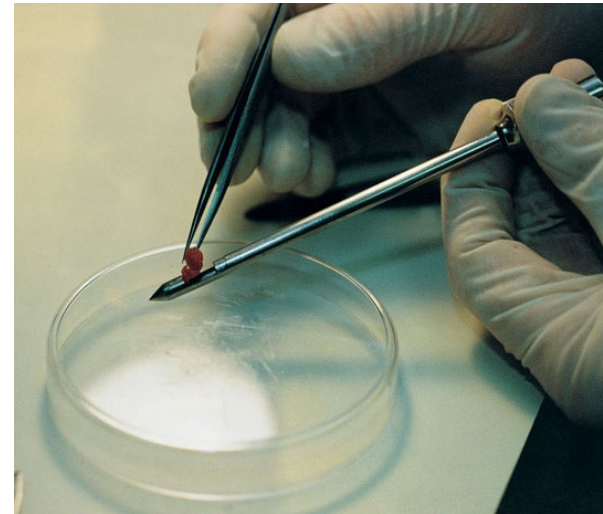
DIAGNOSTIKA svalových vláken

invazivní metoda – svalová biopsie

- ▶ magnetická rezonance se současnou analýzou biochemických parametrů snímaného svalu
- ▶ 1MR a následné cvičení s 80%
< 8 převaha II, 8-12 50%:50%, > 12 převaha I
- ▶ výskoková ergometrie

SVALOVÁ BIOPSIE

- ◆ Dutou jehlou je odebrán vzorek ze svalu.
- ◆ Vzorek se zmrazí, nakrájí na úzké plátky a zkoumá se pod mikroskopem.
- ◆ To umožňuje určit typ svalových vláken.



Důležité

Typy svalových vláken

- ♦ Svaly obsahují tři typy vláken: I, IIa, IIx.
- ♦ ATPáza v rychlých vláknech rychleji dodává energii pro svalovou práci než ATPáza v pomalých vláknech.
- ♦ Rychlá vlákna lépe vyvinutá sarkoplazmatická retikula, tudíž mohou uvolnit více vápníku.

Typy svalových vláken

- ♦ Pomalá vlákna mají vyšší aerobní kapacitu a jsou potřebná pro vytrvalostní výkon.
- ♦ Rychlá vlákna jsou lepší pro anaerobní nebo výbušné pohybové aktivity.

Funkce svalů

Agonista – hlavní vykonavatel pohybu

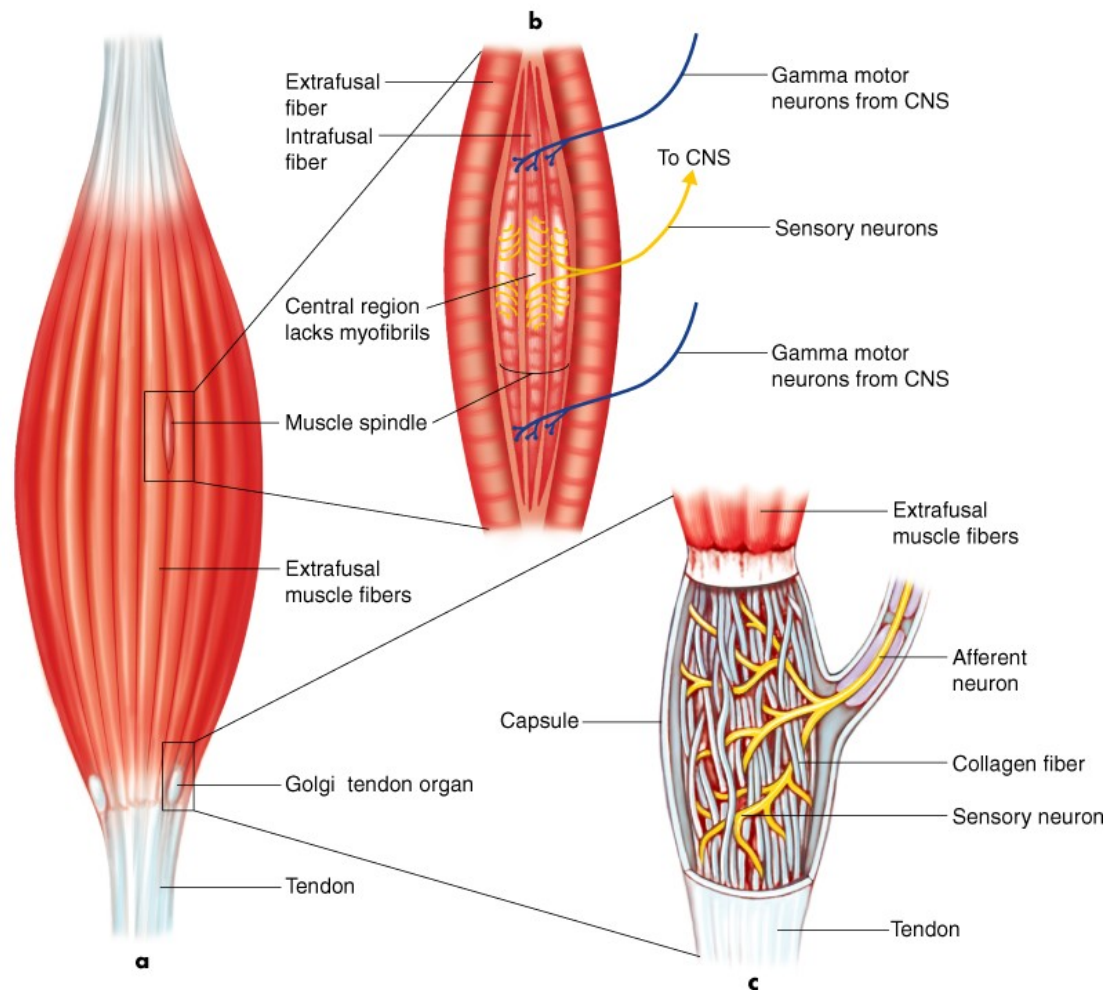
Antagonista – sval vykonávající pohyb v opačném směru

Synergista – sval asistující agonistovi, pomáhá vykonávat pohyb ve stejném směru



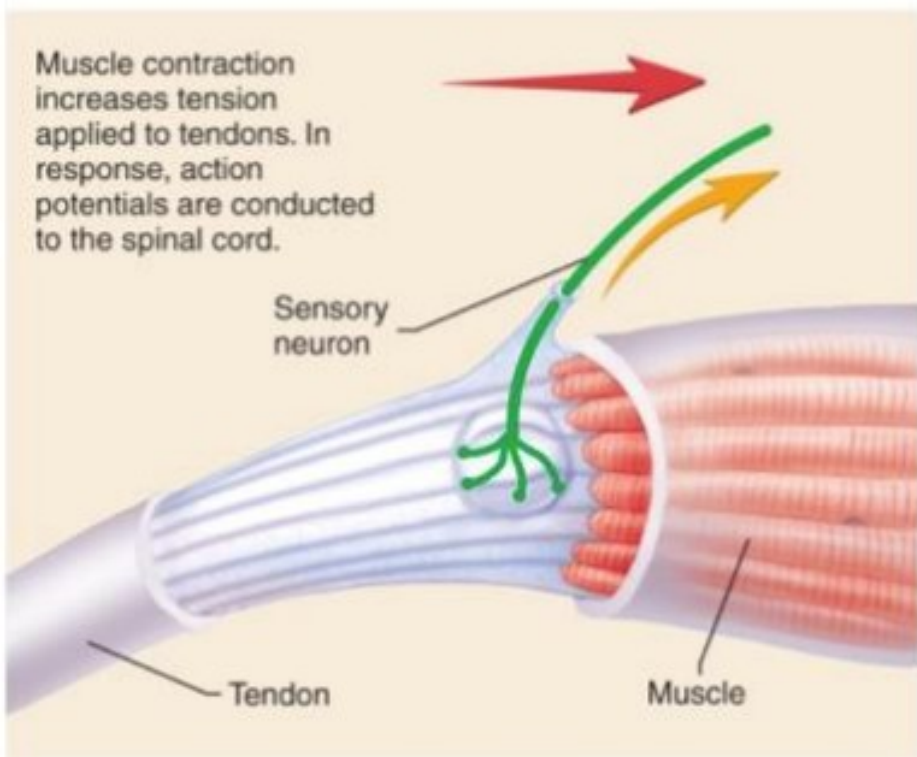
Proprioreceptory ve svalech

- nejvýznamnějšími proprioreceptory jsou svalová vřeténka a šlachová tělíska

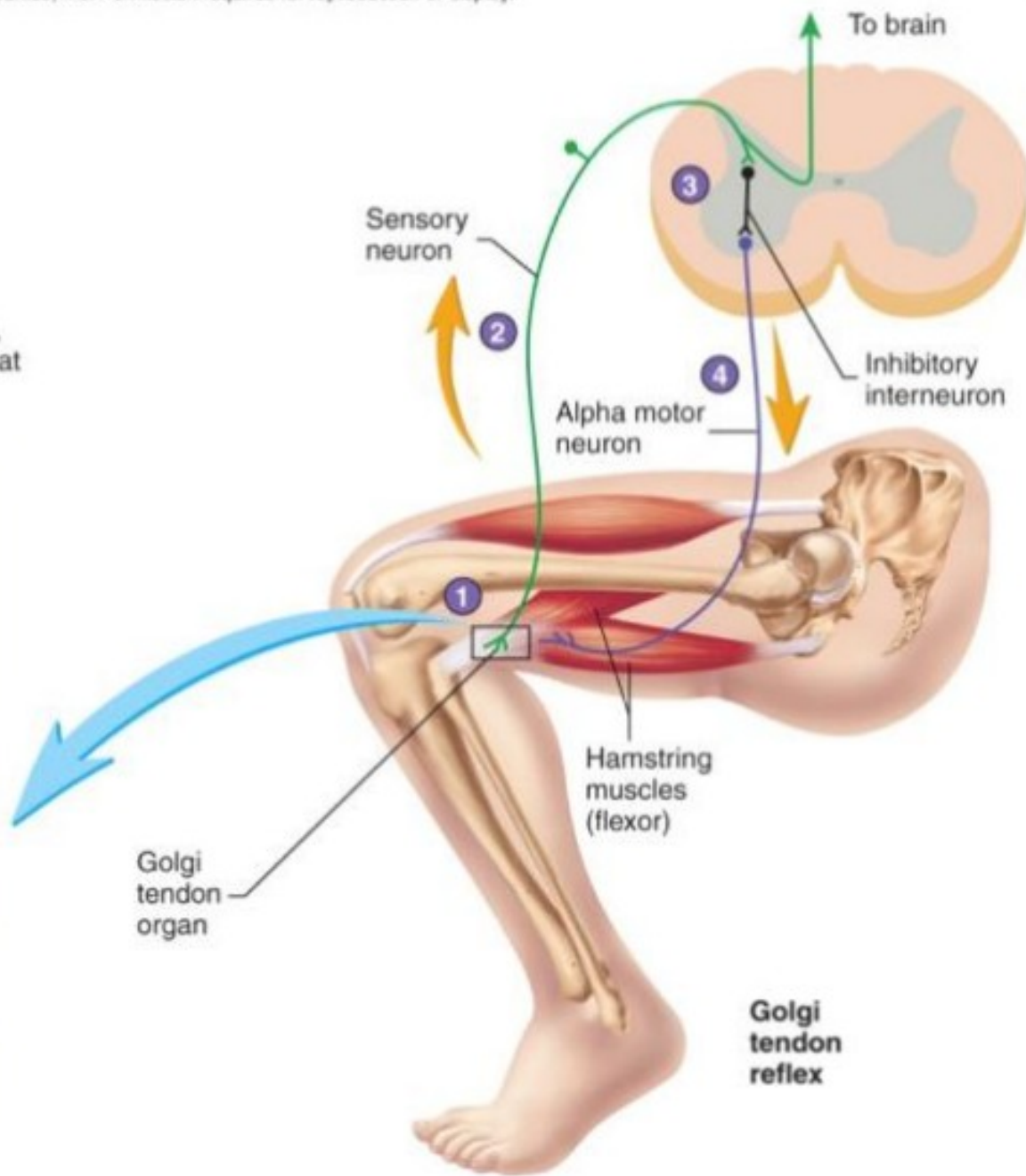


Intense stretch of a skeletal muscle results in:

- 1 Golgi tendon organs detect tension applied to a tendon.
- 2 Sensory neurons conduct action potentials to the spinal cord.
- 3 Sensory neurons synapse with inhibitory interneurons that synapse with alpha motor neurons.
- 4 Inhibition of the alpha motor neurons causes muscle relaxation, relieving the tension applied to the tendon. *Note:* The muscle that relaxes is attached to the tendon to which tension is applied.

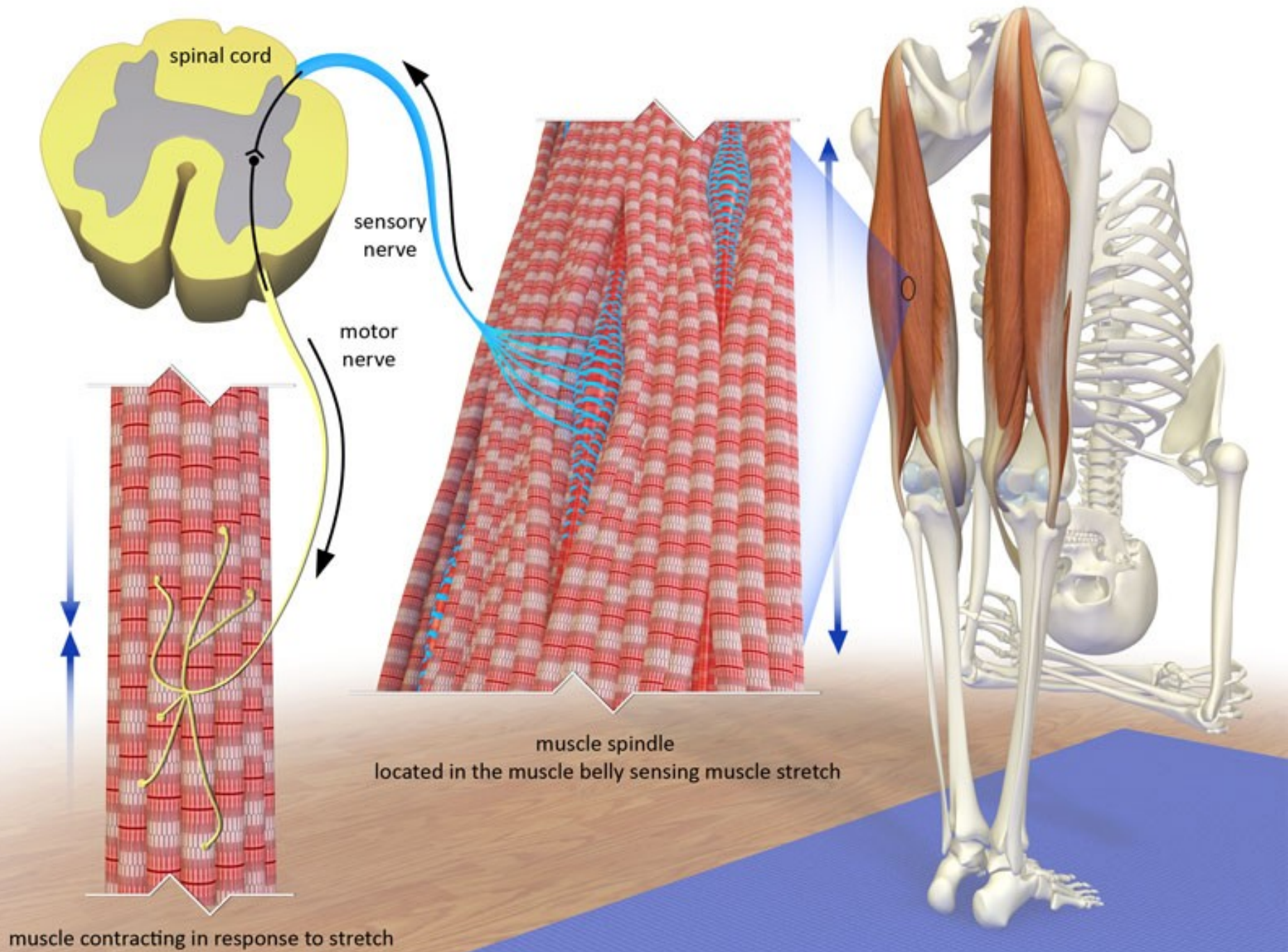


Golgi tendon organ



Svalová vřeténka

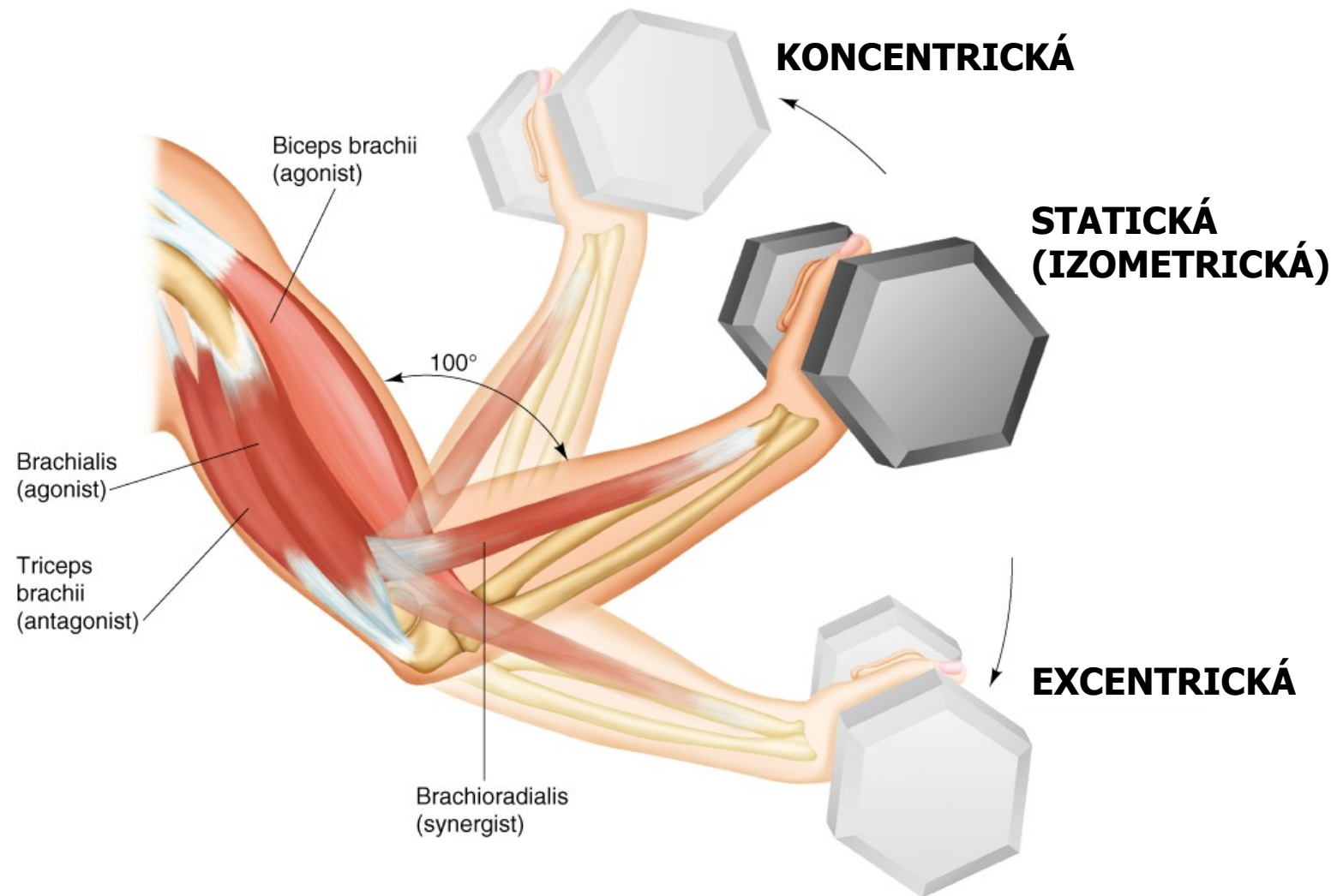
- *Přenášejí informace o napětí a délce svalu (protažení)*
- *čím více je sval protažen, tím více svalových vřetének je drážděno*
- *jejich úkolem je ochrana svalů před poškozením*
- *podnětem pro jejich podráždění je prudké, rychlé protažení svalu (nevědomé – např. uklouznutí či vědomé – např. švihová cvičení)*
- *právě díky podnětu svalových vřetének reaguje sval automaticky stahem, který je obrannou reakcí*



Šlachová tělíska

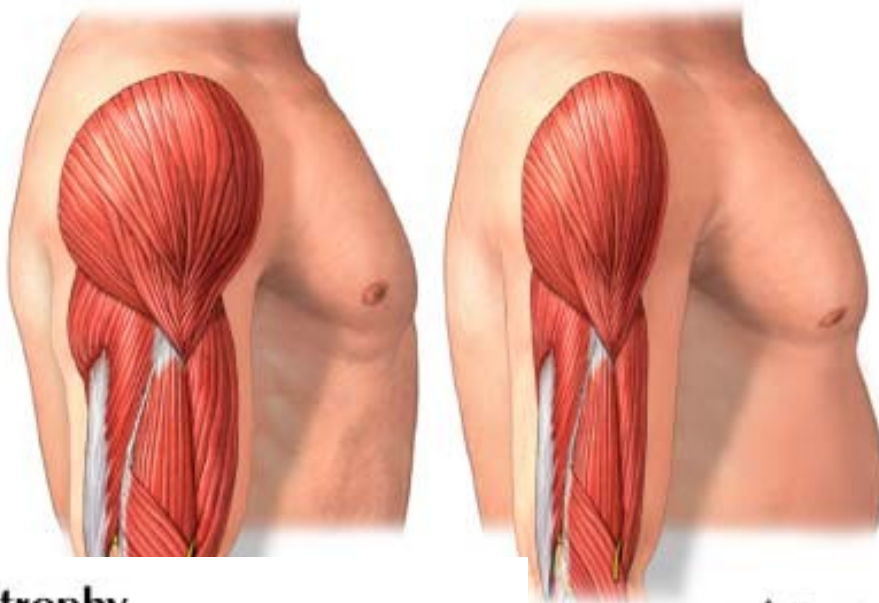
- *k jejich aktivaci dochází při napnutí šlachy při svalové kontrakci nebo při zvýšení svalového napětí*
- *pro svou reakci potřebují poměrně silný podnět; nejsilnějším podnětem je pro ně izometrický svalový stah*
- *při určité intenzitě stahu dojde k jejich podráždění a vyšlou signál do mozku*
- *jako odpověď se vrací příkaz příslušnému svalu na snížení stahu (resp. snížení i zatížení příslušné šlachy)*
- *čím mohutnější byla předchozí kontrakce, tím větší je následné uvolnění svalů; svalový tonus se na krátkou dobu snižuje dokonce pod normální klidovou úroveň (tzv. ochranný útlum – postizometrická reakce).*

TYPY SVALOVÉ KONTRAKCE



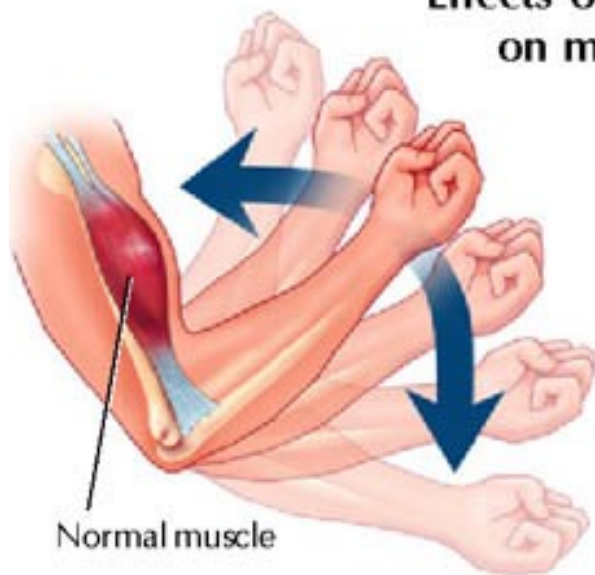
Active

Inactive

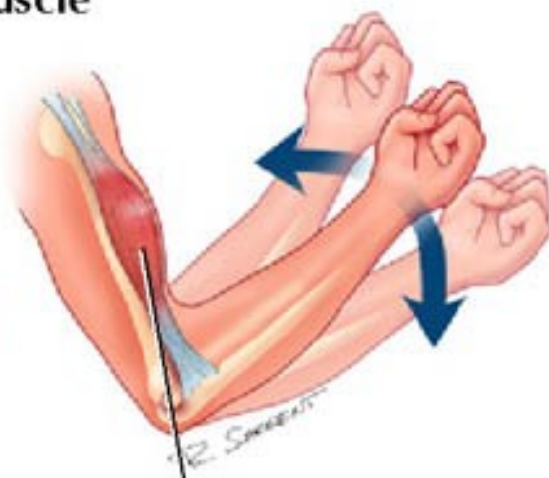


ADAM.

Effects of atrophy on muscle



Normal muscle



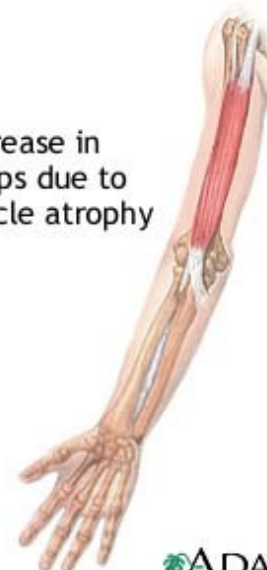
Atrophied muscle:

- decreased size
- decreased strength
- decreased mobility

Normal biceps brachii muscle



Decrease in biceps due to muscle atrophy



ADAM.

Fig. 1

Hodnocení síly

- ♦ Maximální síla se měří speciálními dynamometry (izometrickými a izotonickými - e.g., Cybex)
- ♦ Jedno opakovatelné maximum (1RM) je funkční test, při kterém zjišťujeme jak těžké závaží je člověk schopen uzvednout, stačí uzvednout jedenkrát.

