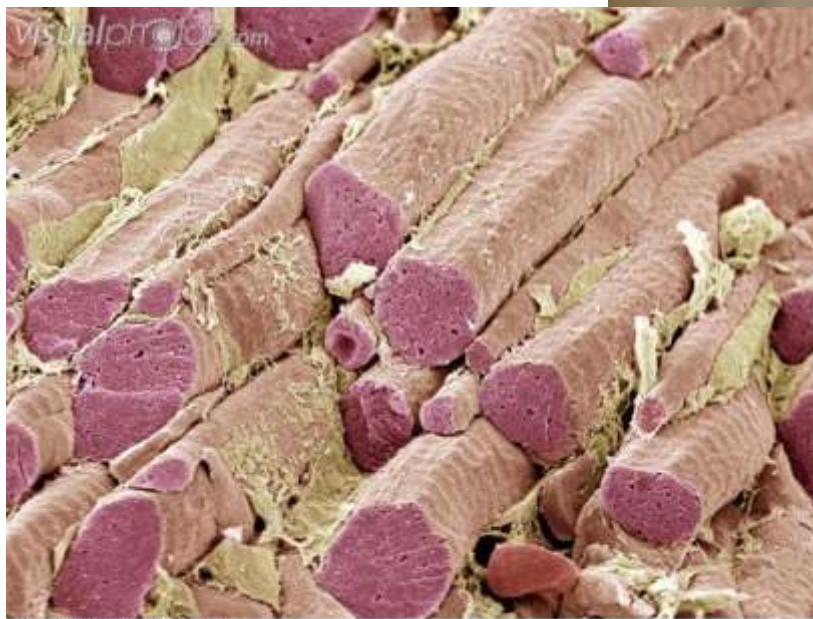


# Pohyb a svaly

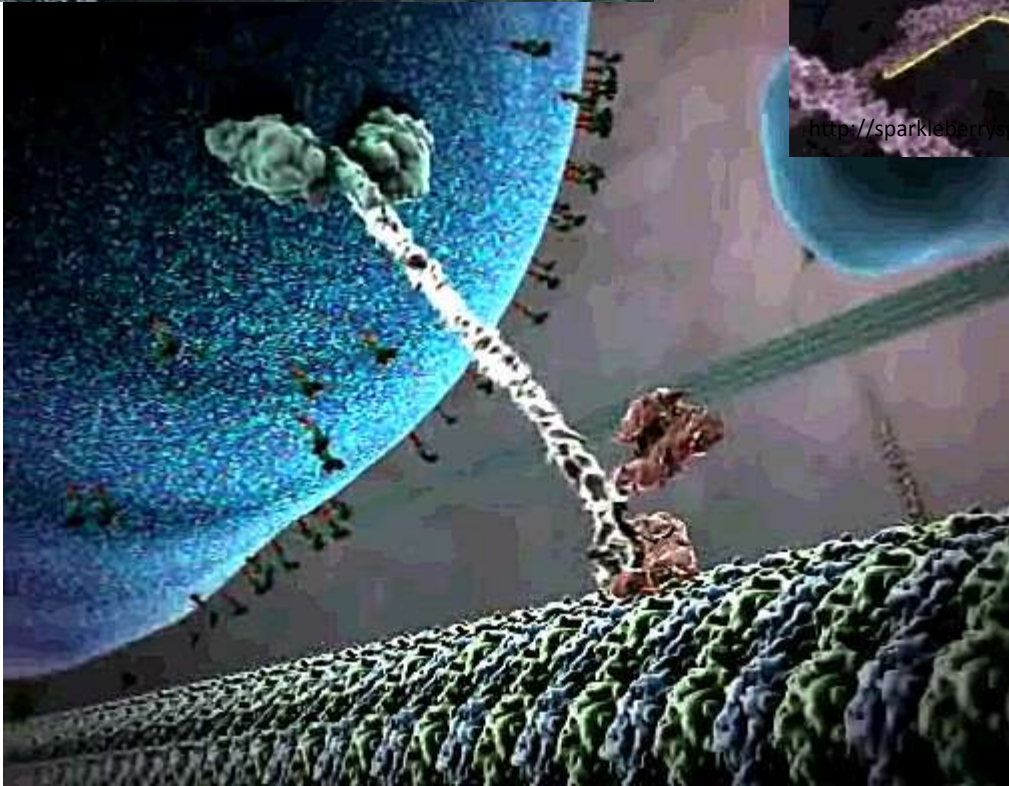
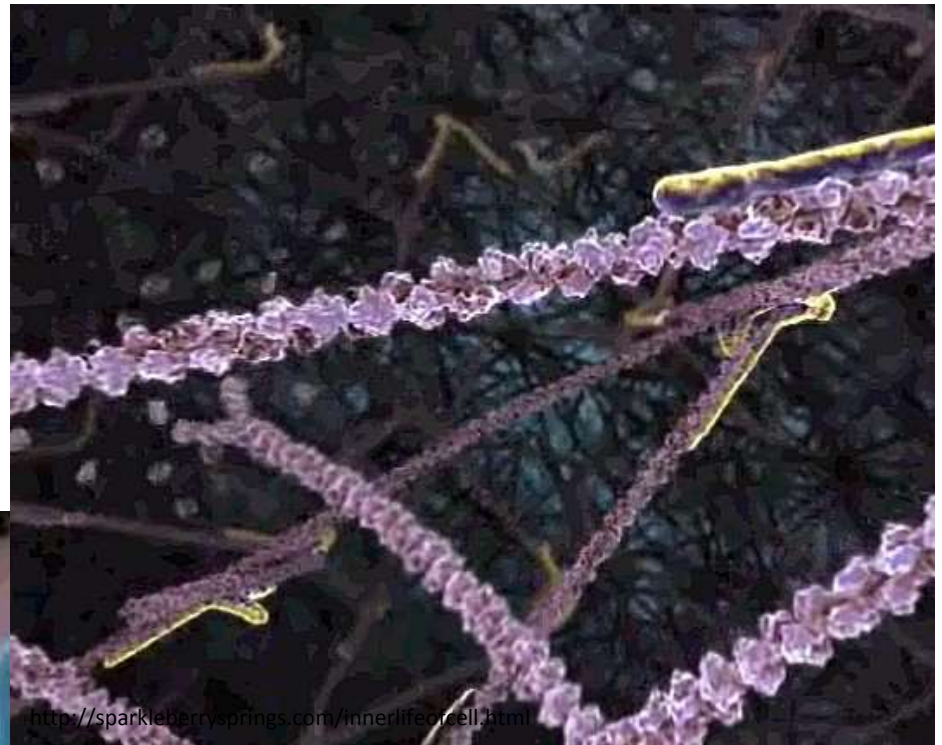


F0010030 [HR] © www.visualphotos.com



<http://www.simplethriftyliving.com/category/money-saving-tips/pets/>

Jeden ze základních rysů  
života.

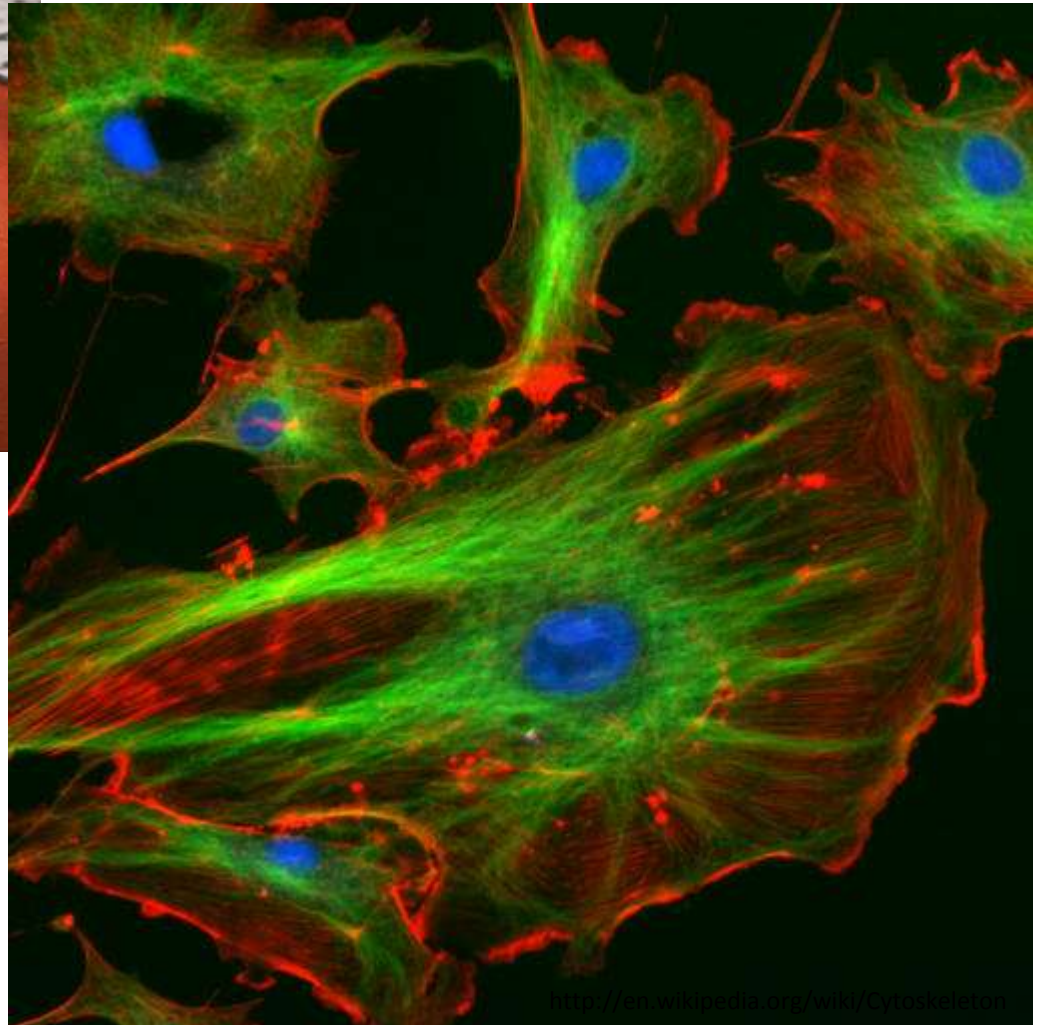


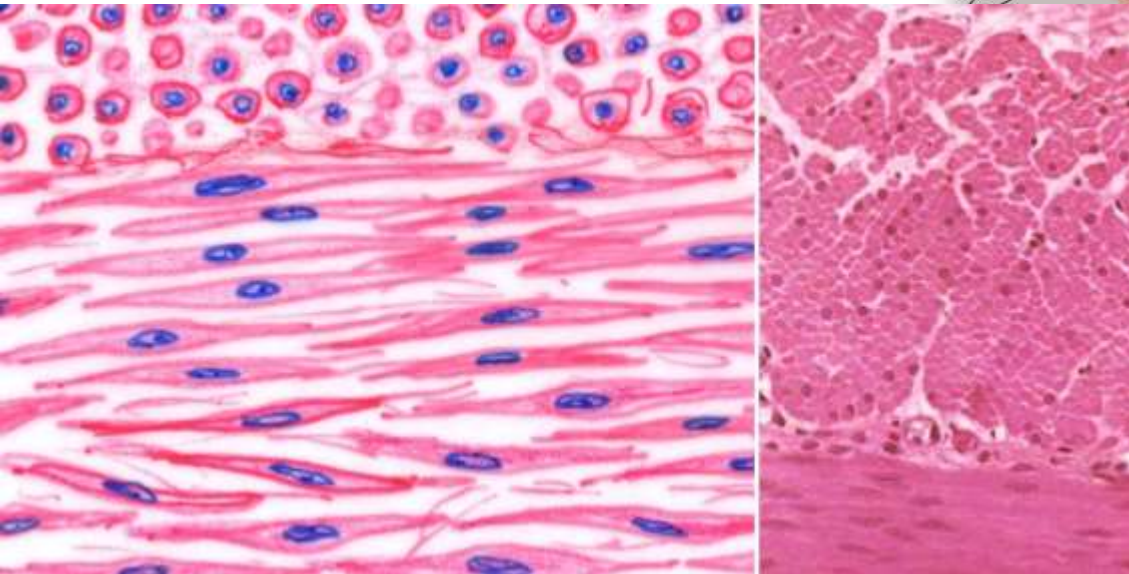
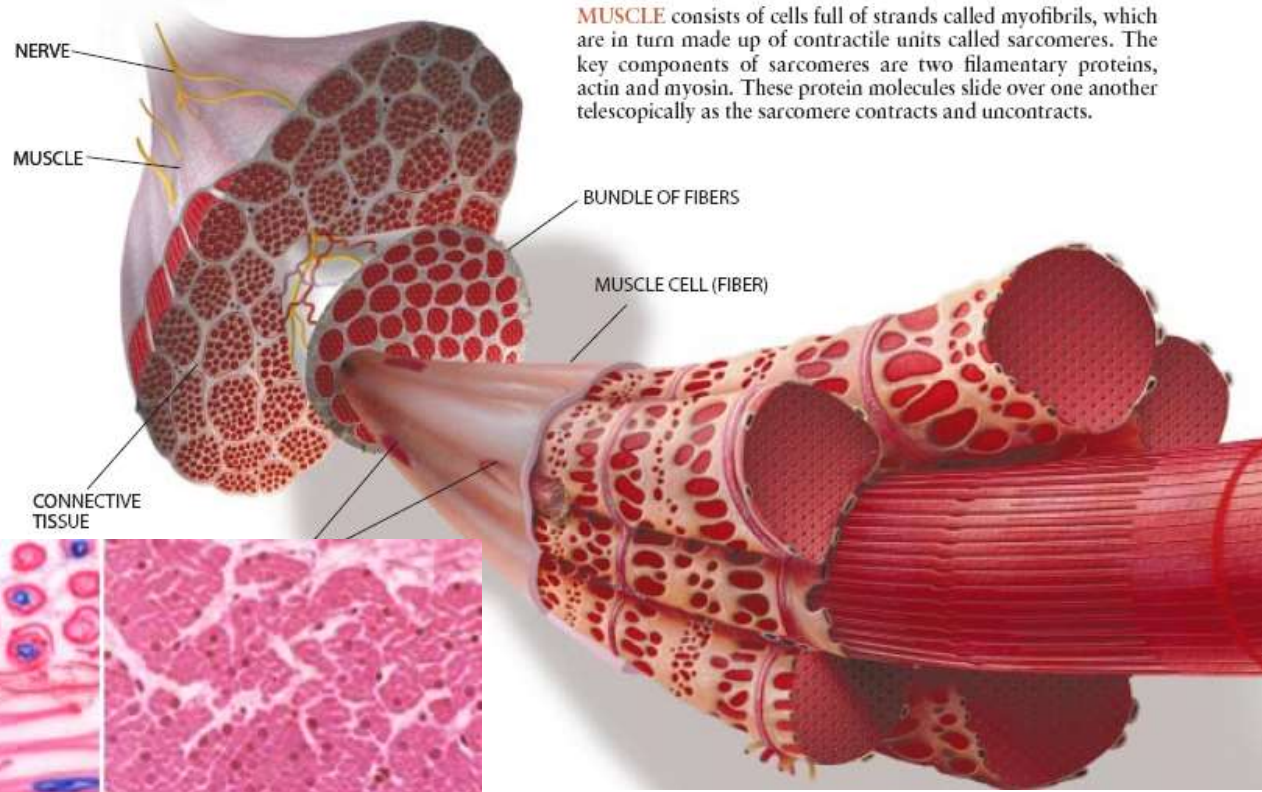
Pohyb v buňce je možný díky cytoskeletu.





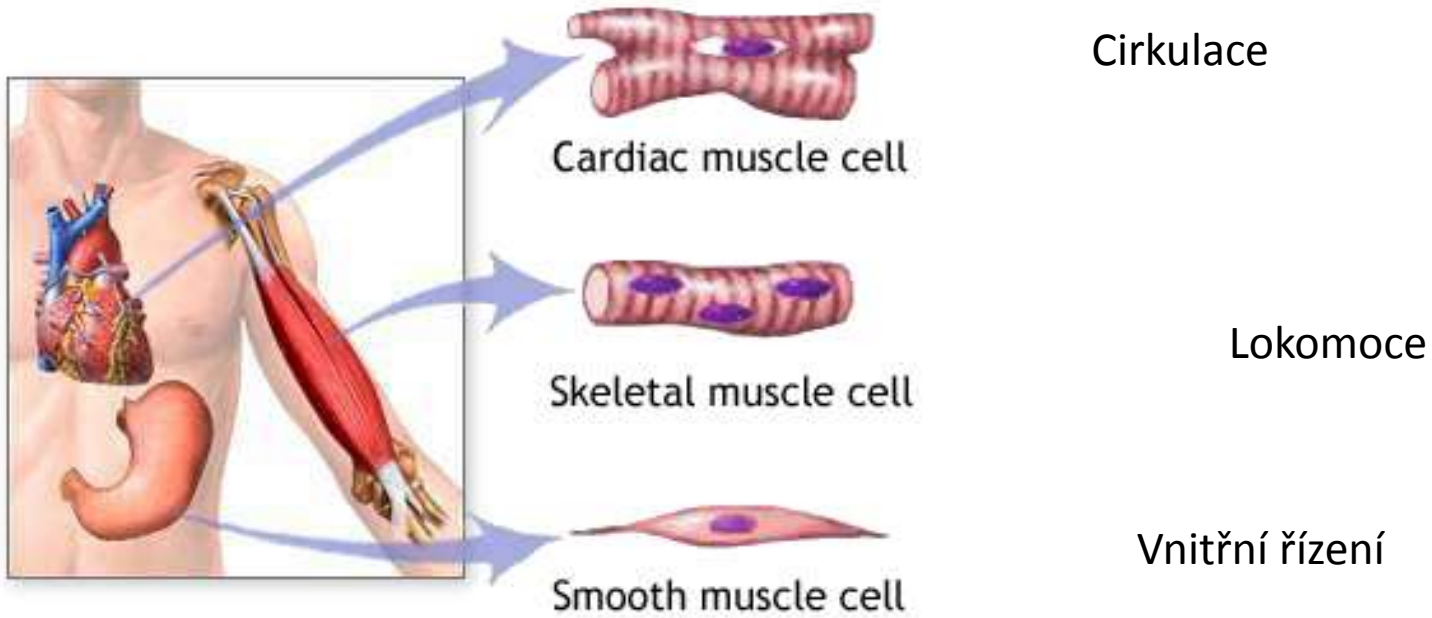
Pohyb celých buněk díky cytoskeletu





Pohyb svalů díky uspořádané staživosti spolupracujících buněk.

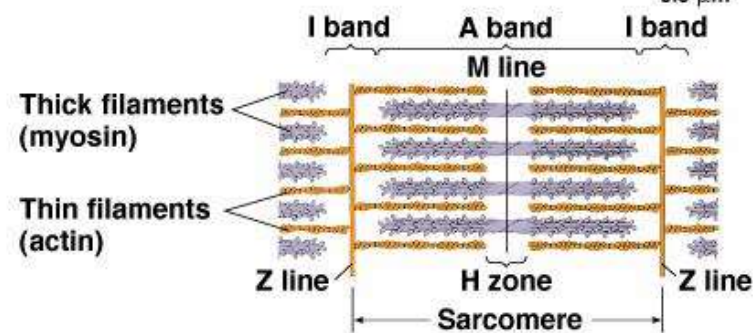
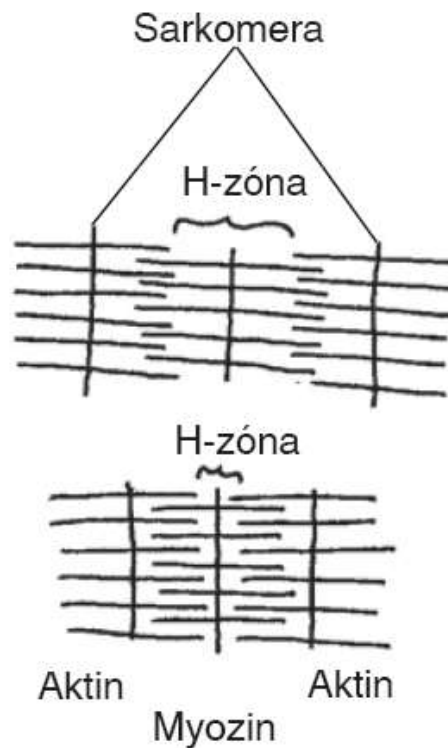
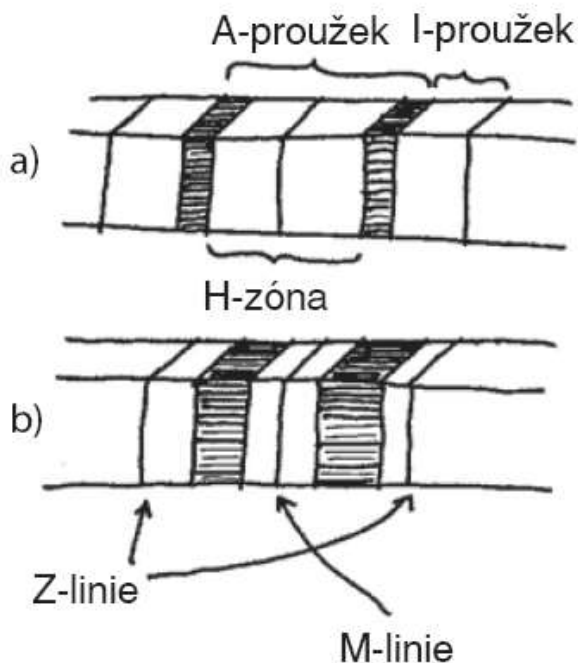
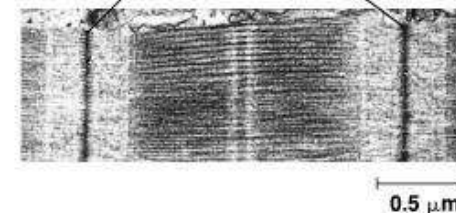
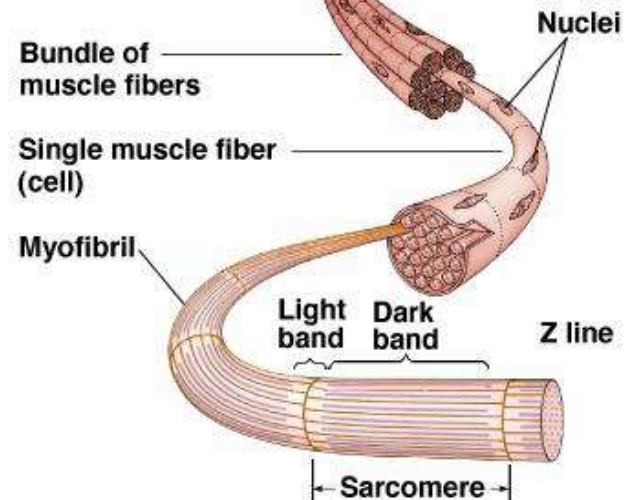
# Tři typy svalů





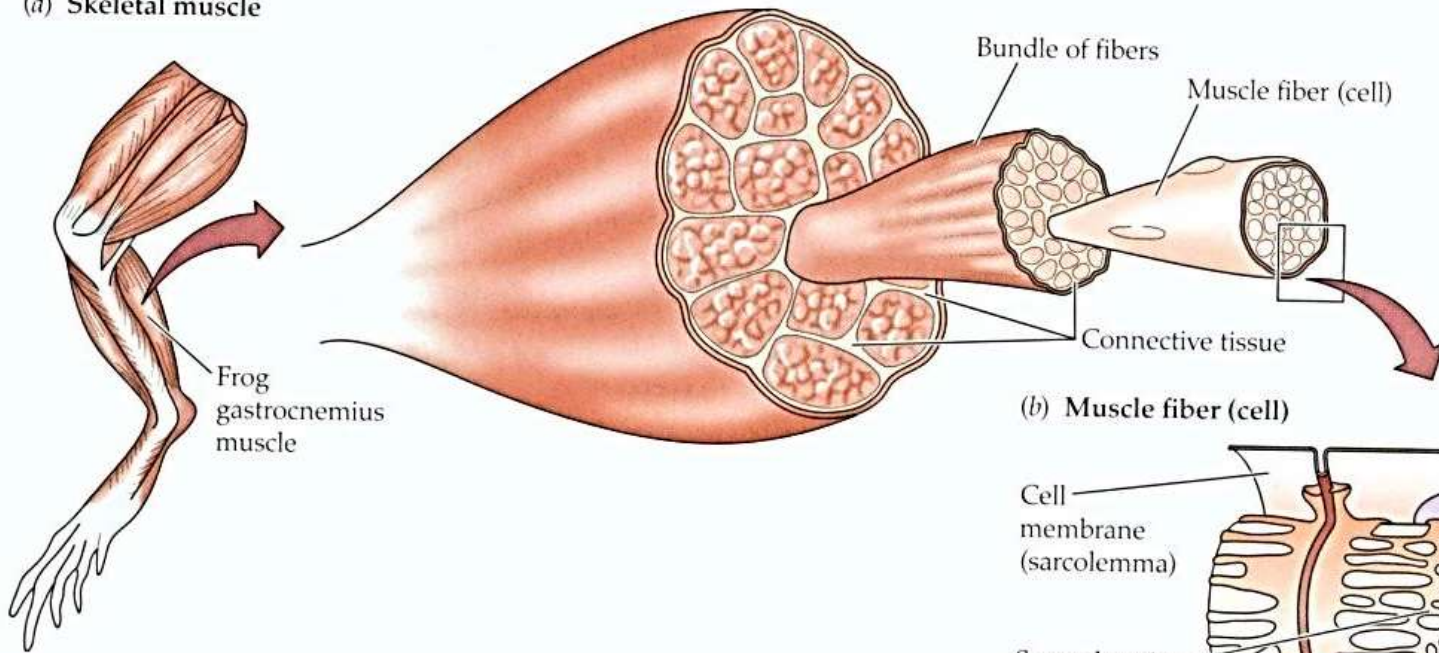
# Stavba kosterního svalu

Proužkování kosterního svalu.  
Sarkomery a jejich části.

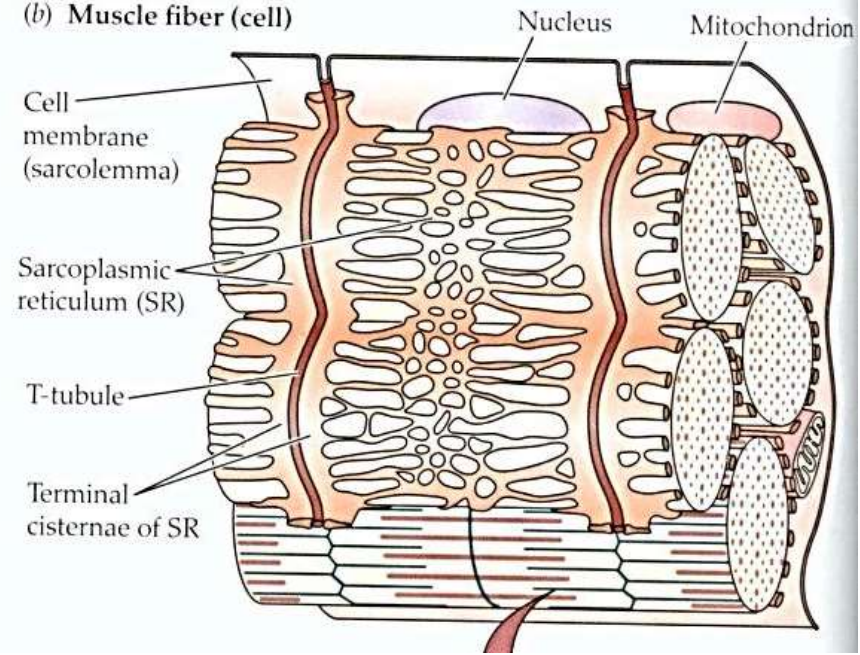


# Stavba kosterního svalu

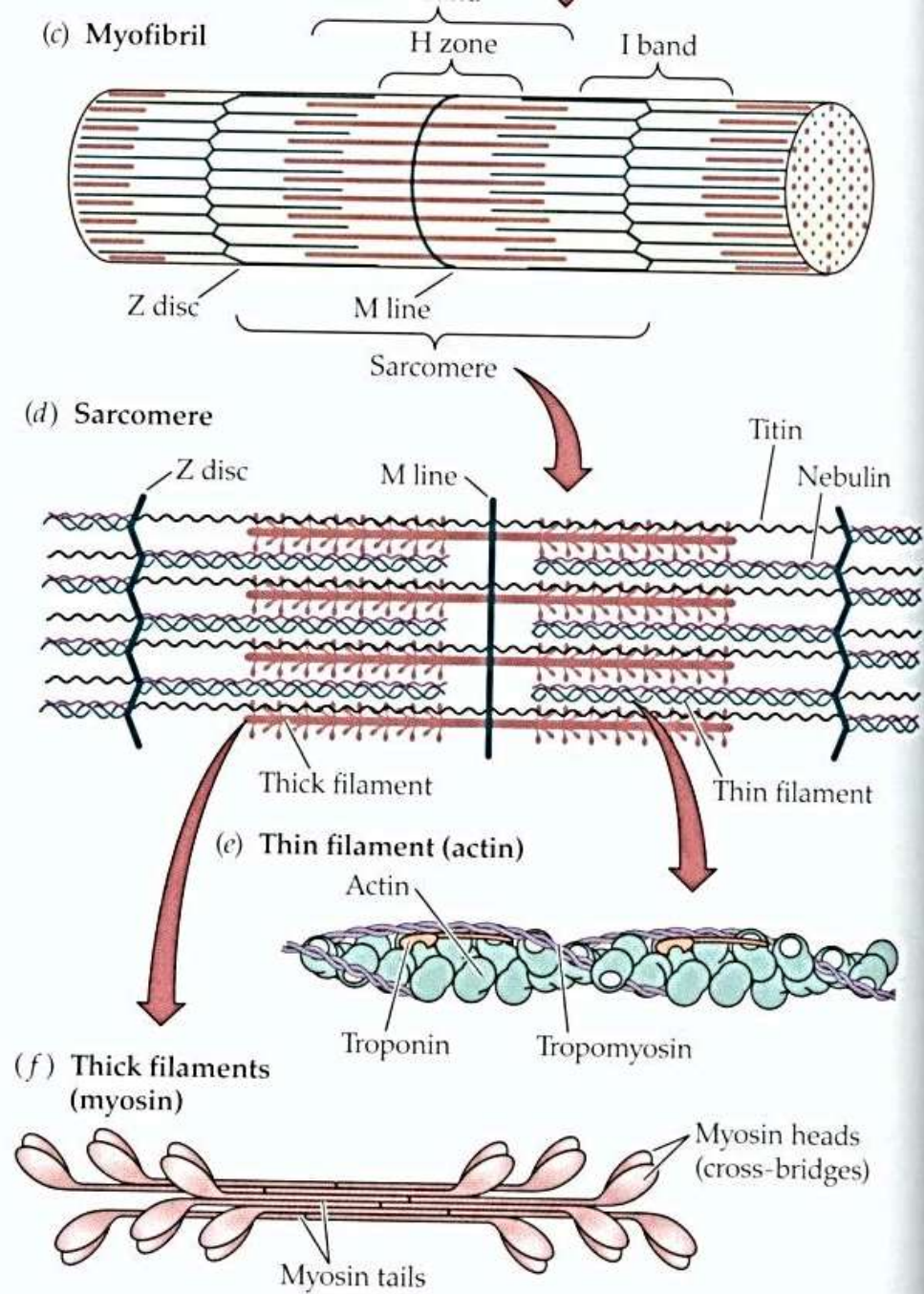
(a) Skeletal muscle



(b) Muscle fiber (cell)



# Stavba myofibrily

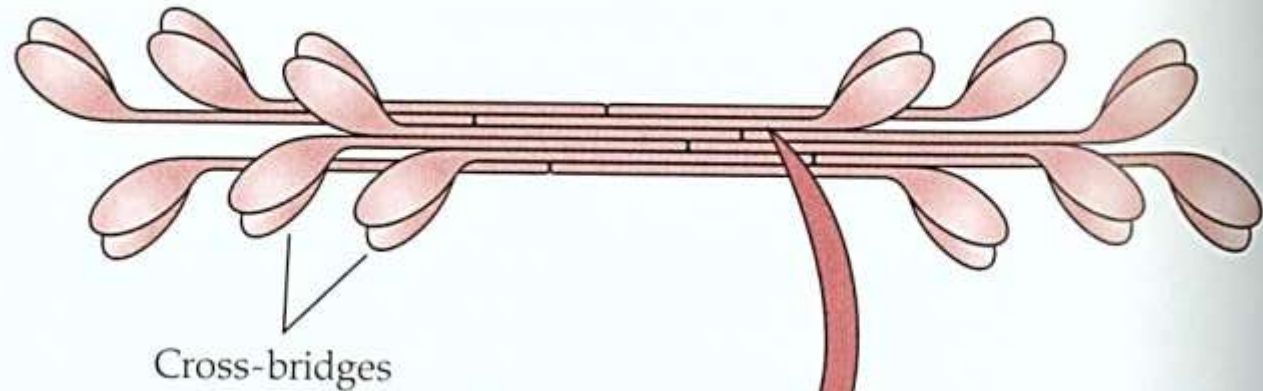




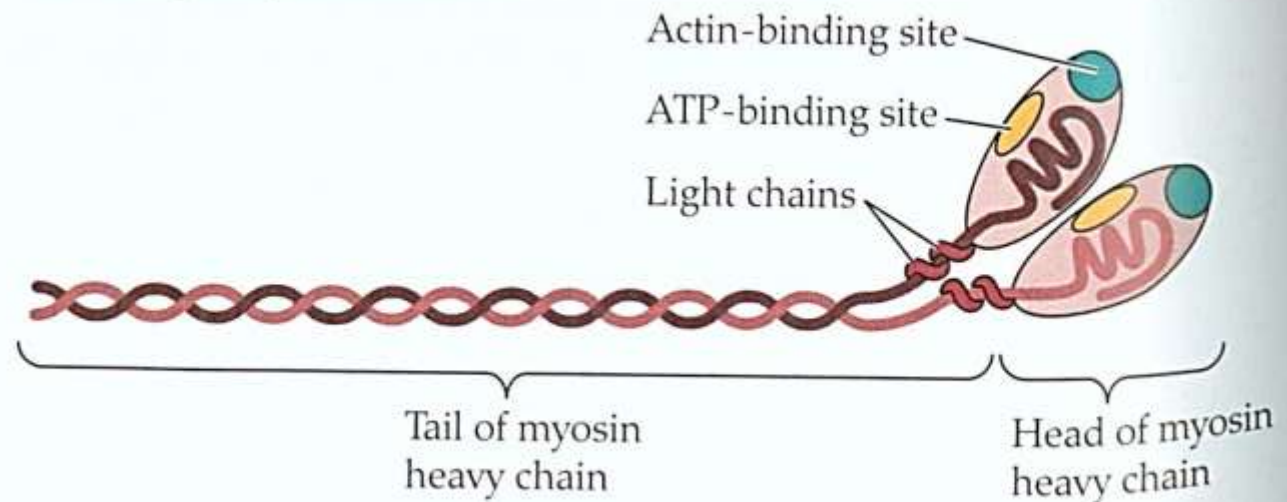
# Stavba myosinové fibrily

Myosinové hlavy mají dvě vazebná místa. Jedno pro ATP s ATPázovou aktivitou, druhé pro aktin.

(a) Myosin molecules of a thick filament



(b) A single myosin molecule



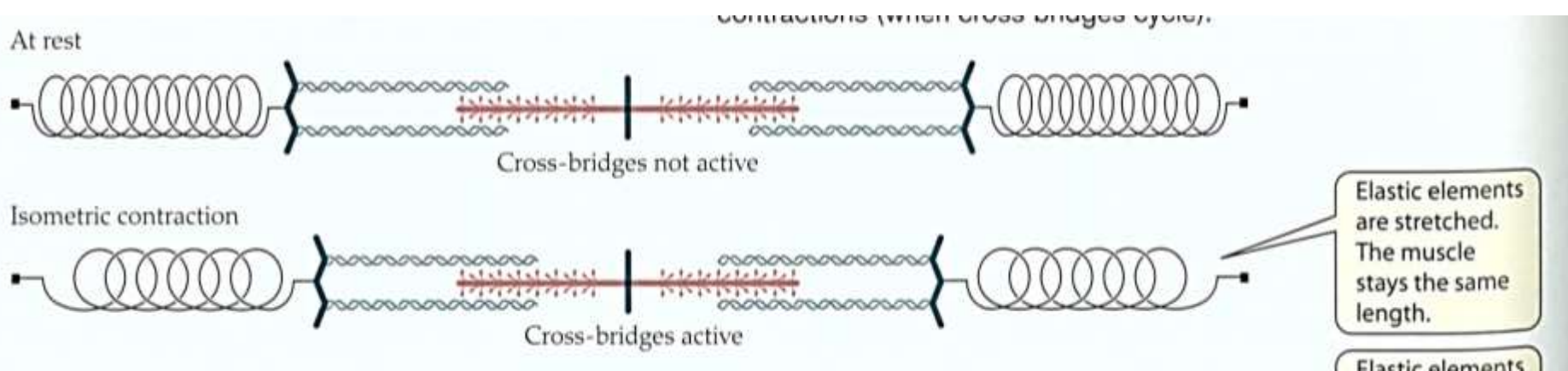
Spolupráce mnoha můstků – molekulární děje

Molekulární události stahu – jeden můstek

Molekulární organizace sarkomery



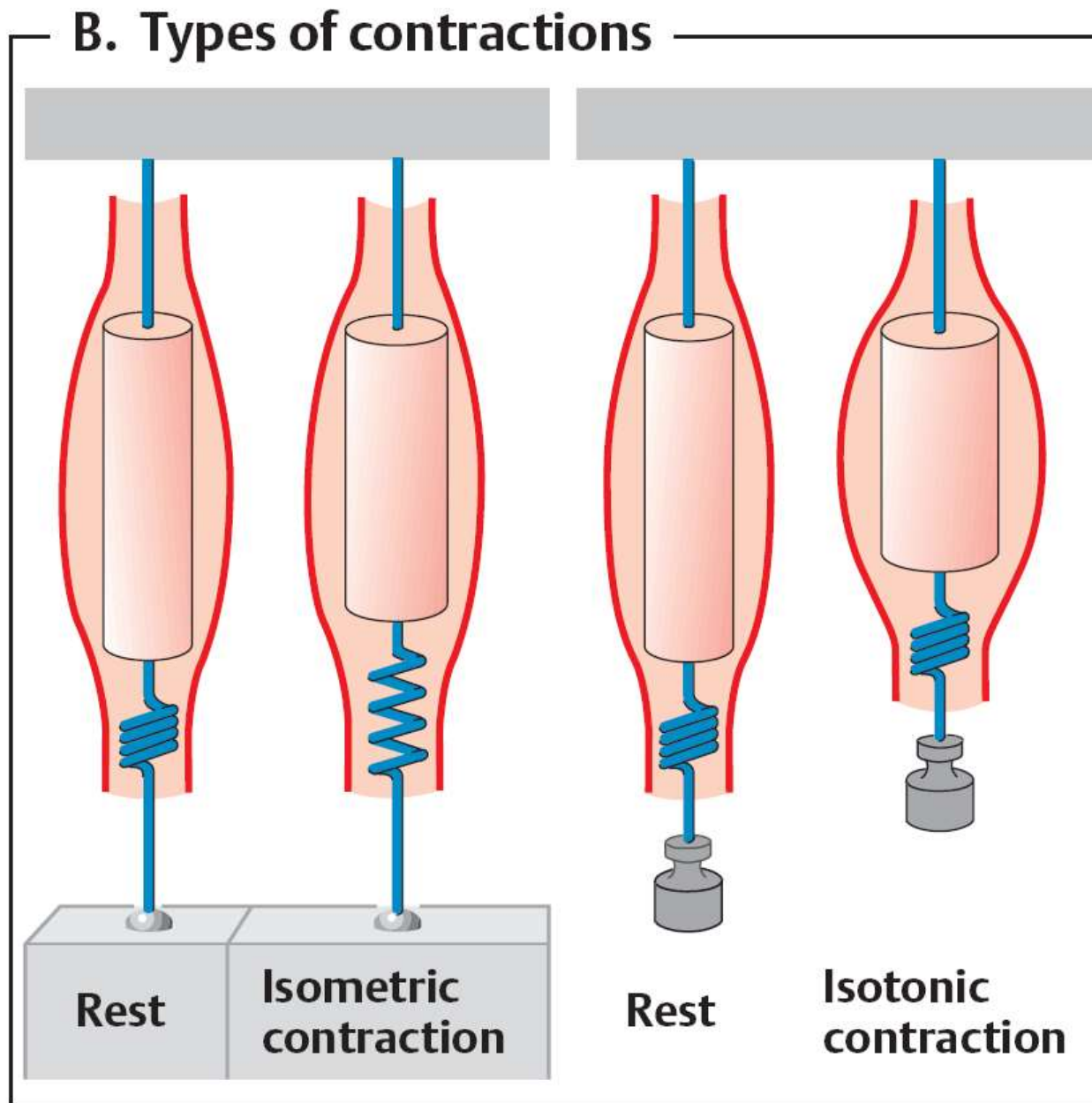
# Stavba myofibrily



Elastické elementy umožňují izometrickou kontrakci

# Typy stahu

Izometrická a izotonická kontrakce

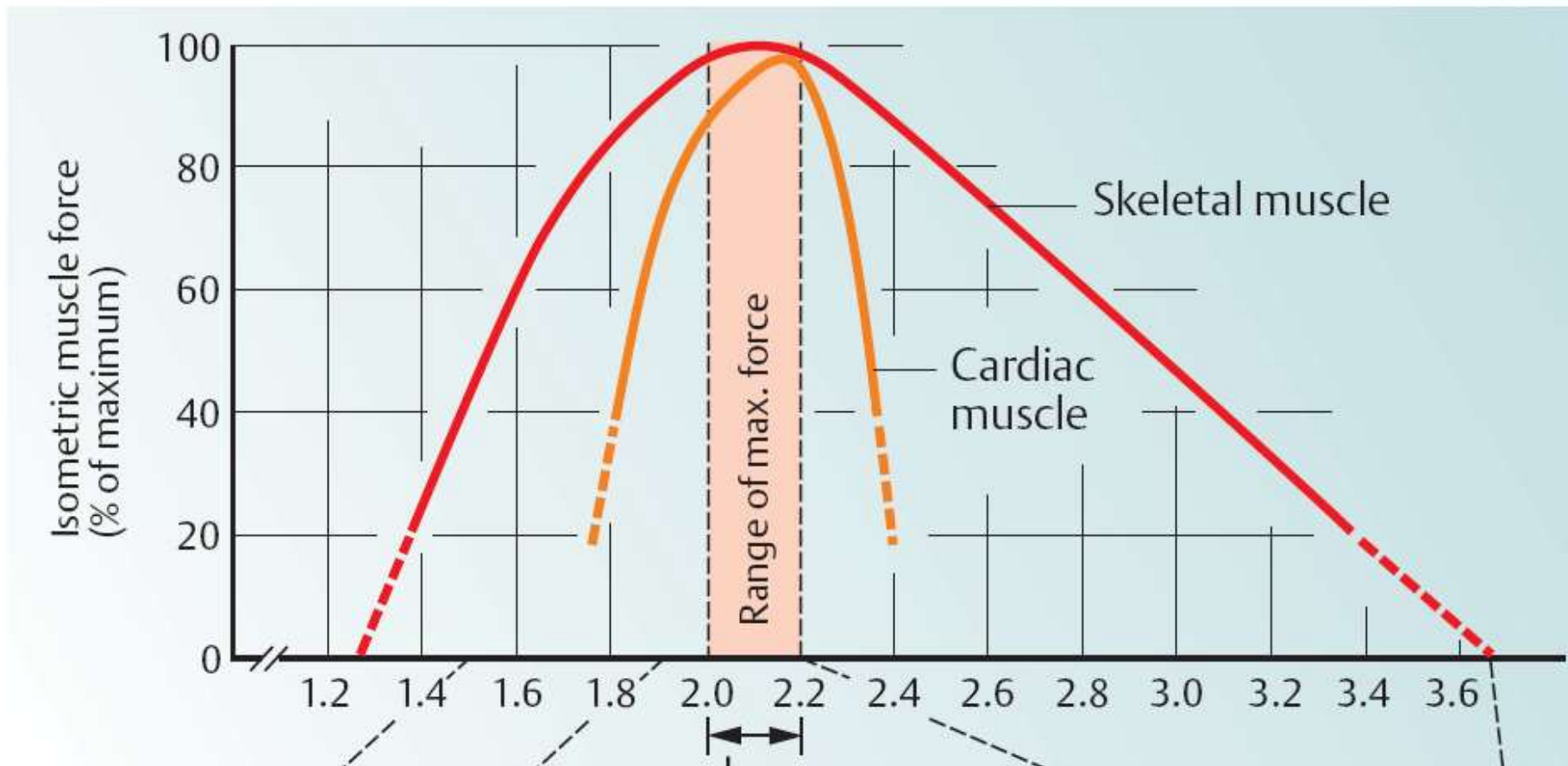




# Typy stahu

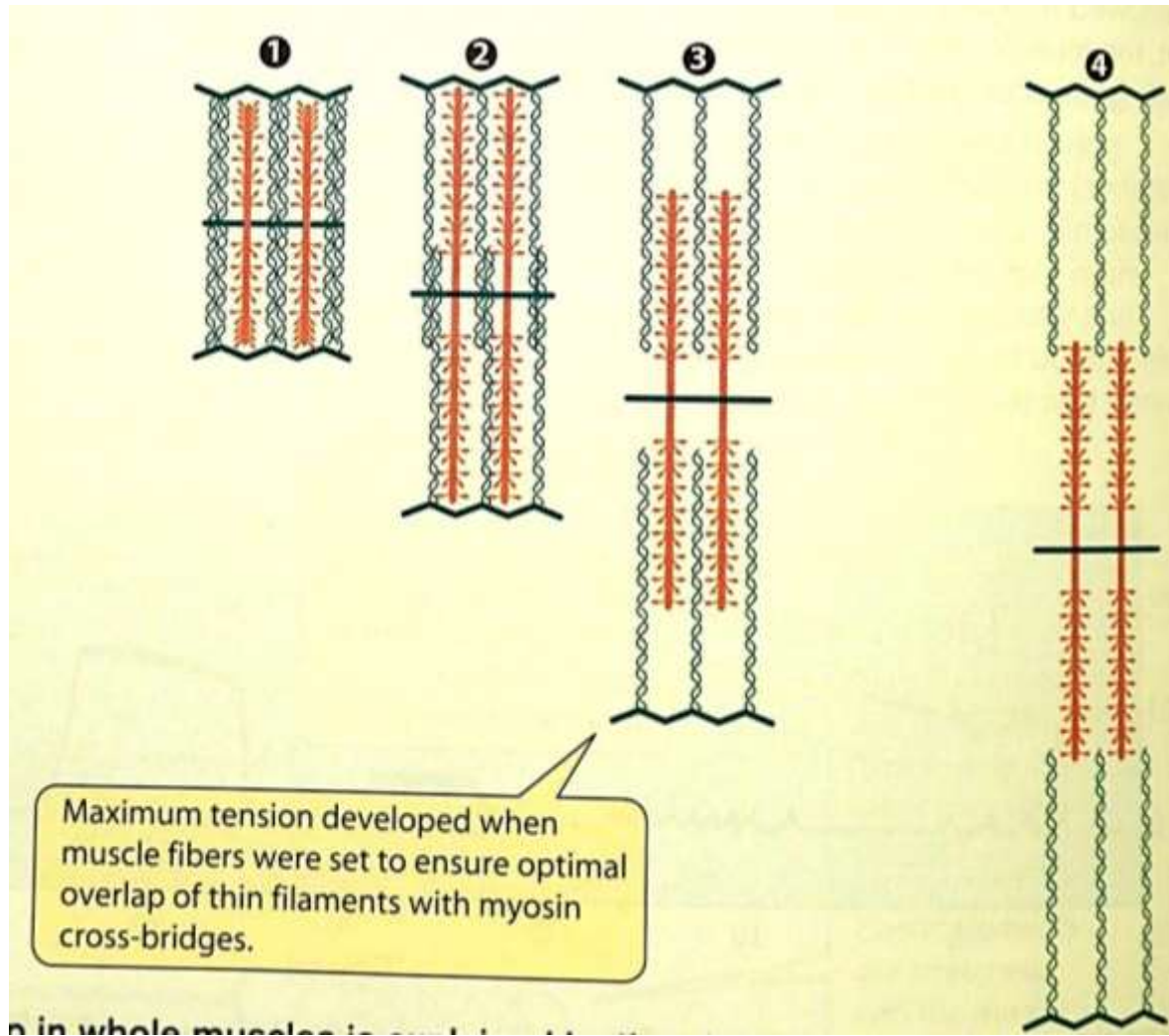
Největší sílu u izometrické kontrakce má sval uprostřed délky sarkomery

## C. Isometric muscle force relative to sarcomere length



# Typy stahu

Největší sílu u izometrické kontrakce má sval uprostřed délky sarkomery

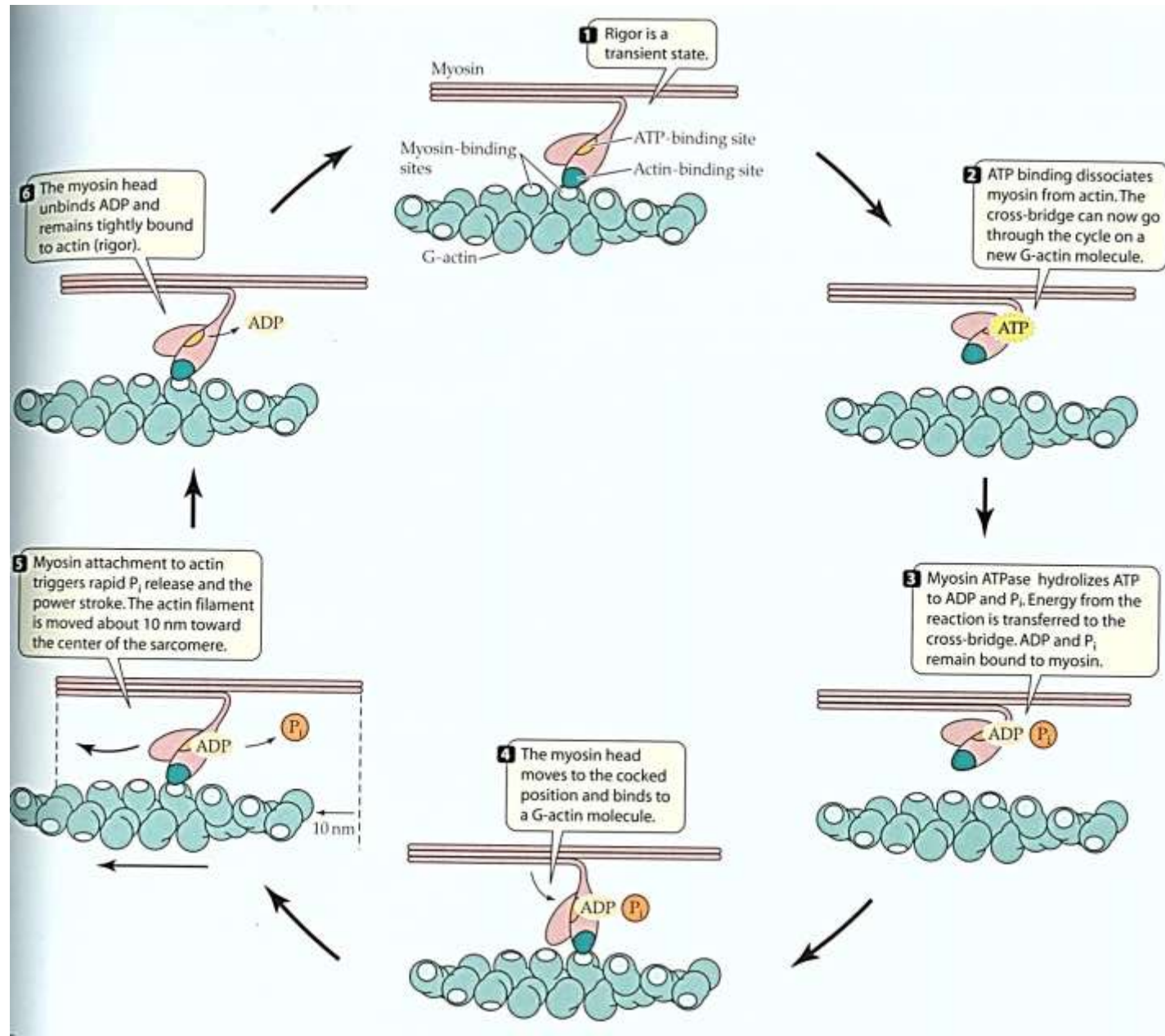




# Cyklus stahu

Odpojení myosinu od aktinu vyžaduje navázání ATP, čímž se změní konformace vazebného místa, ale není k tomu potřeba energie ATP.

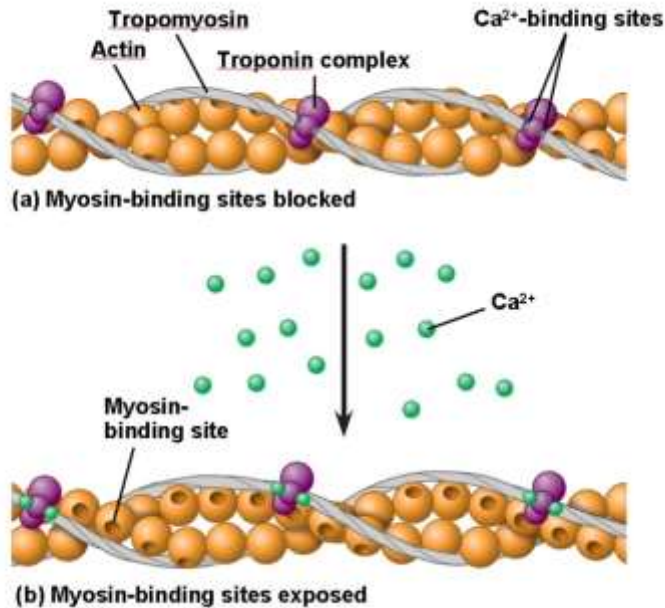
Jak se hlava odpoutá od aktinu, hydrolizuje ATP.



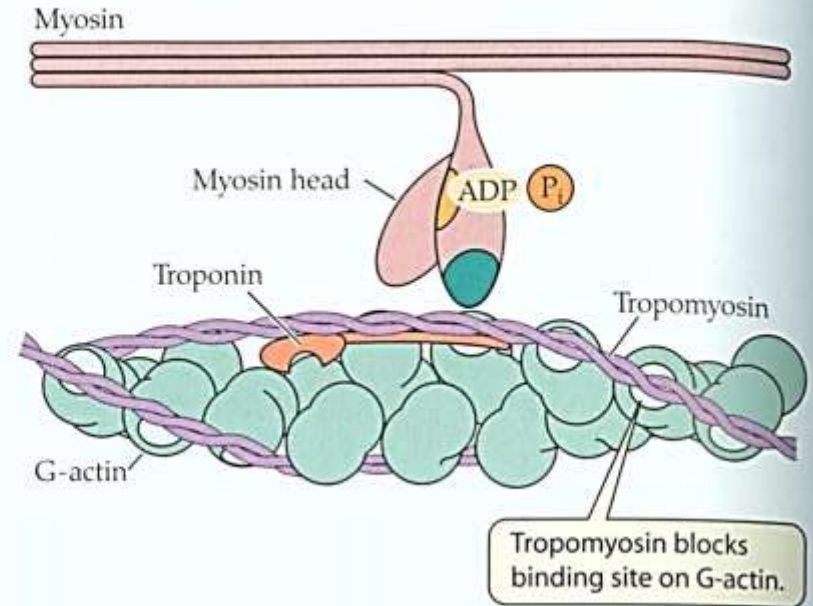
# Ca spouští interakci myosinu s aktinem

Vápník iniciuje setkání Myosinu s Aktinem

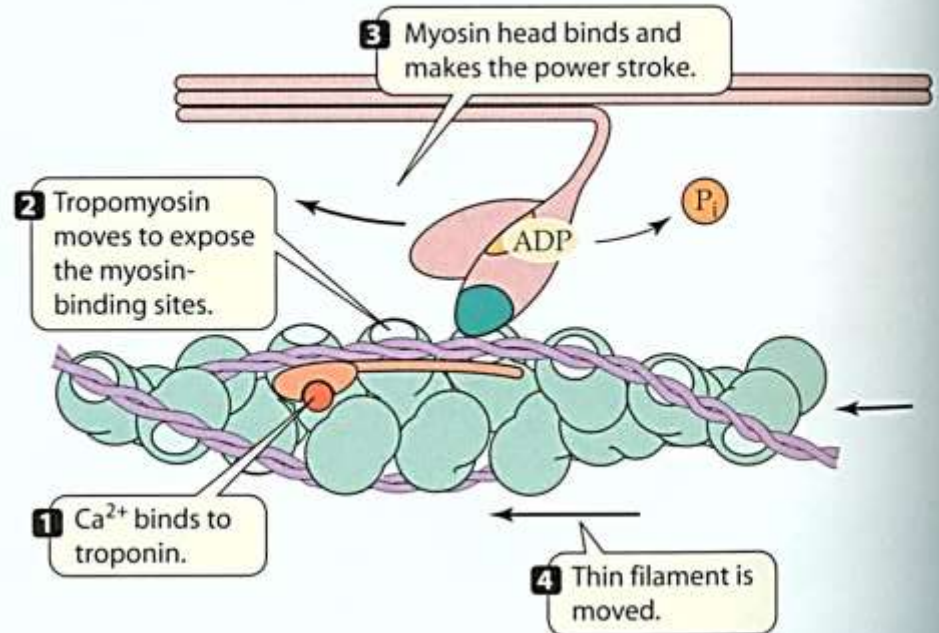
Fig. 50-26



(a) No  $\text{Ca}^{2+}$  ions present in cytoplasm (relaxed)

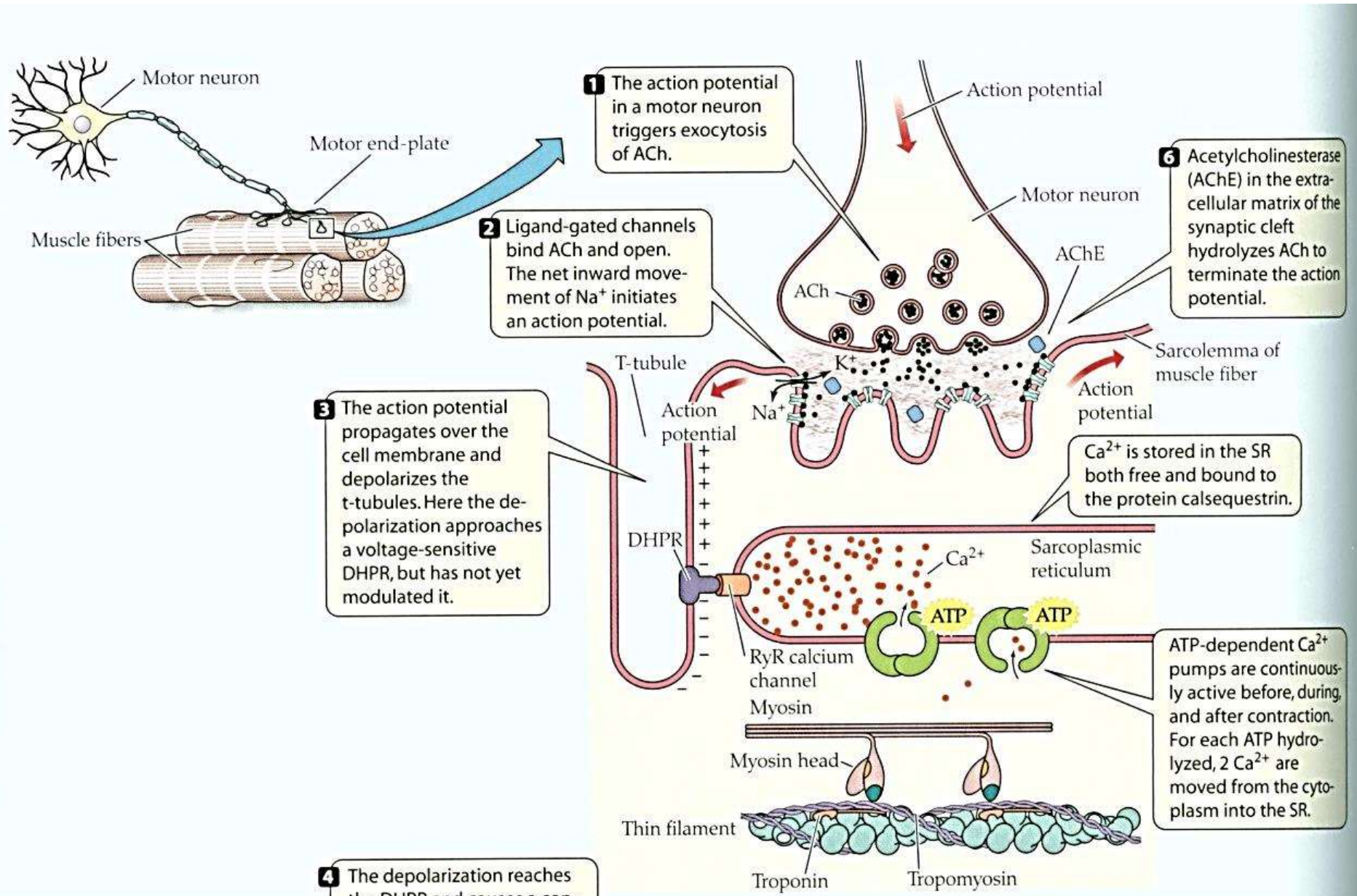


(b)  $\text{Ca}^{2+}$  ions released from the sarcoplasmic reticulum



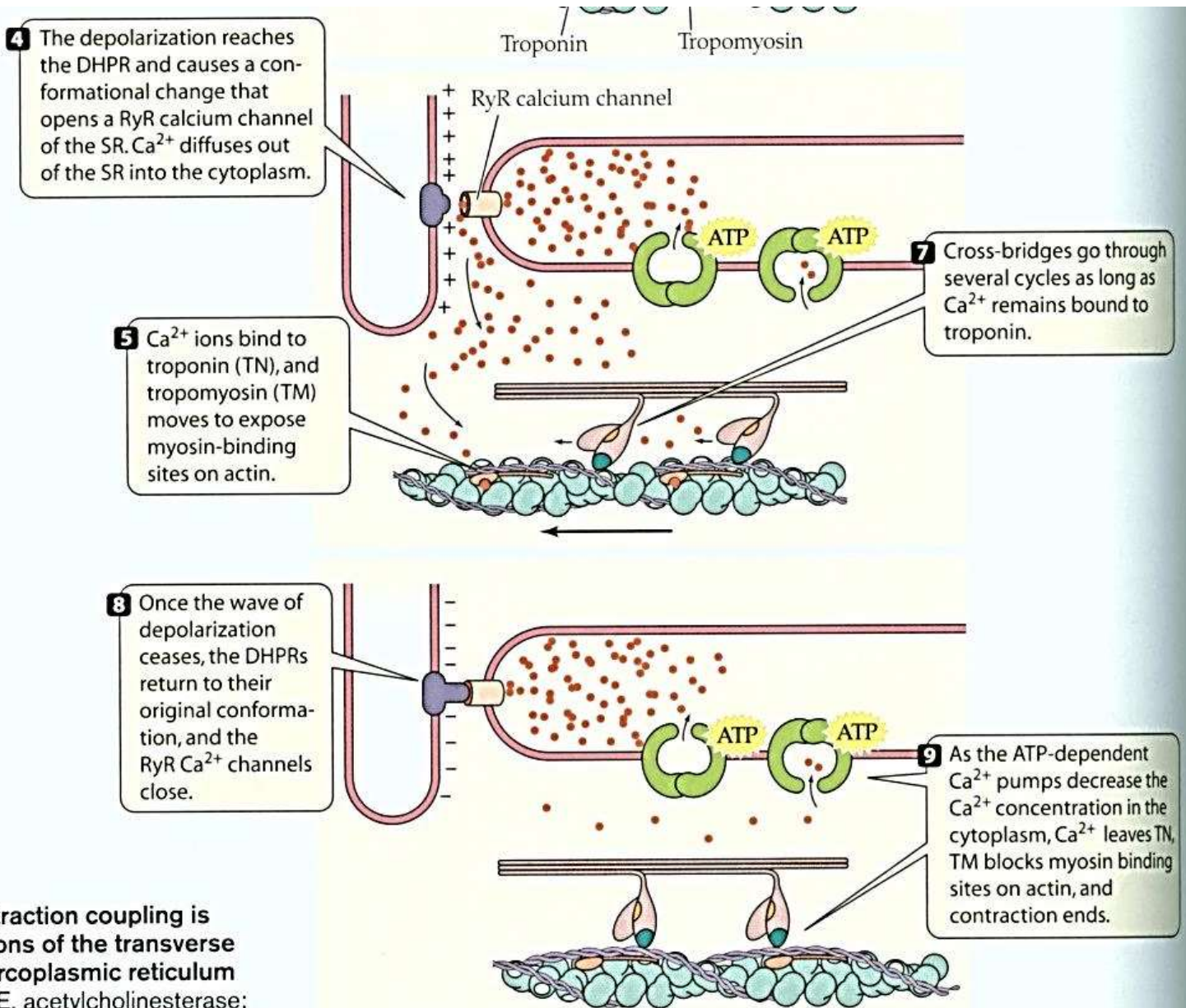


# Spřažení excitace a kontrakce kosterního svalu

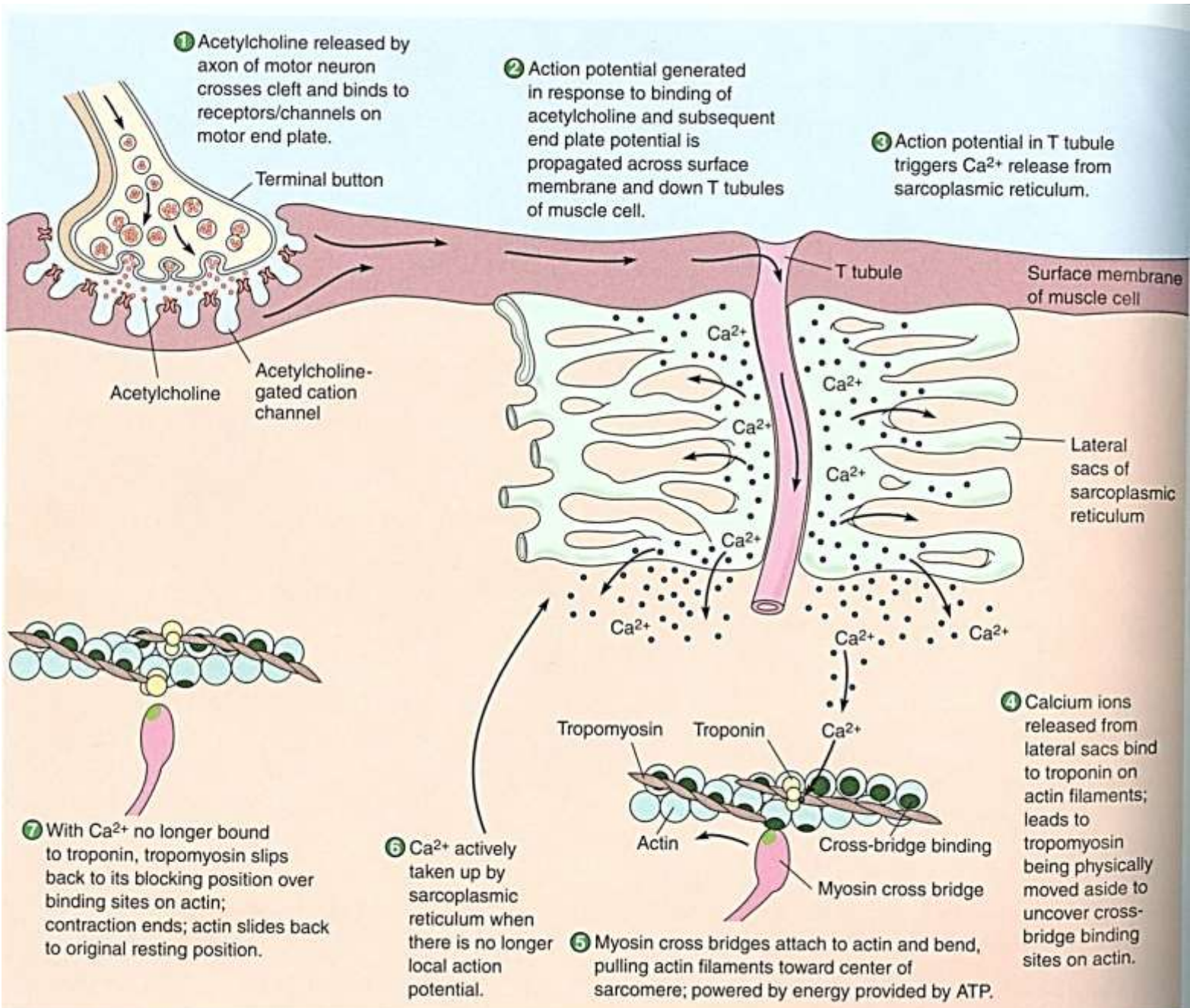




# Spřažení excitace a kontrakce



**FIGURE 20.7** Excitation-contraction coupling is accomplished by the interactions of the transverse tubules (t-tubules) and the sarcoplasmic reticulum (SR). ACh, acetylcholine; AChE, acetylcholinesterase; DHPR, dihydropyridine receptor; RyR, ryanodine receptor.



① Acetylcholine released by axon of motor neuron crosses cleft and binds to receptors/channels on motor end plate.

② Action potential generated in response to binding of acetylcholine and subsequent end plate potential is propagated across surface membrane and down T tubules of muscle cell.

③ Action potential in T tubule triggers  $Ca^{2+}$  release from sarcoplasmic reticulum.

④ Calcium ions released from lateral sacs bind to troponin on actin filaments; leads to tropomyosin being physically moved aside to uncover cross-bridge binding sites on actin.

⑤ Myosin cross bridges attach to actin and bend, pulling actin filaments toward center of sarcomere; powered by energy provided by ATP.

⑥  $Ca^{2+}$  actively taken up by sarcoplasmic reticulum when there is no longer local action potential.

⑦ With  $Ca^{2+}$  no longer bound to troponin, tropomyosin slips back to its blocking position over binding sites on actin; contraction ends; actin slides back to original resting position.

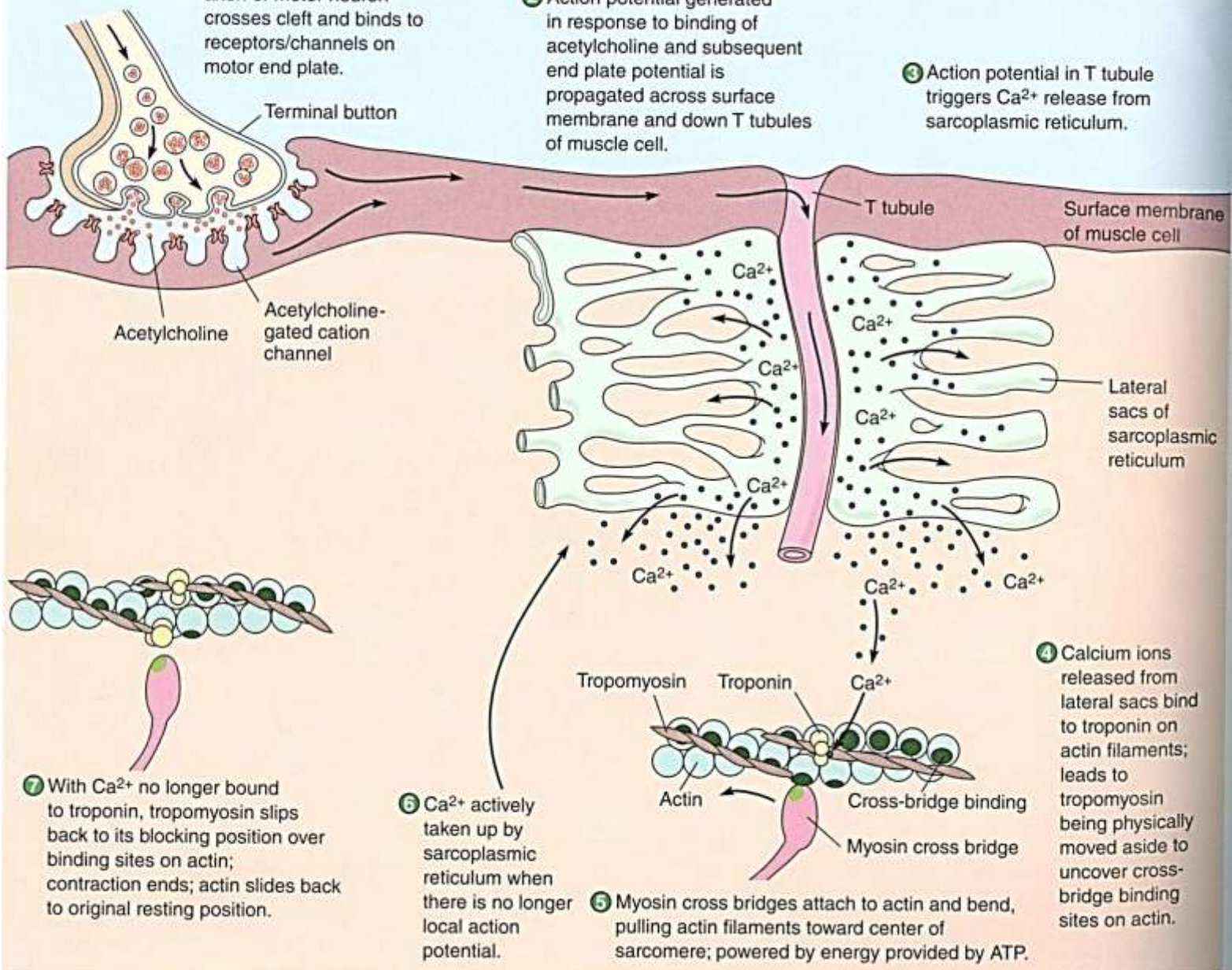


Fig. 50-27-1

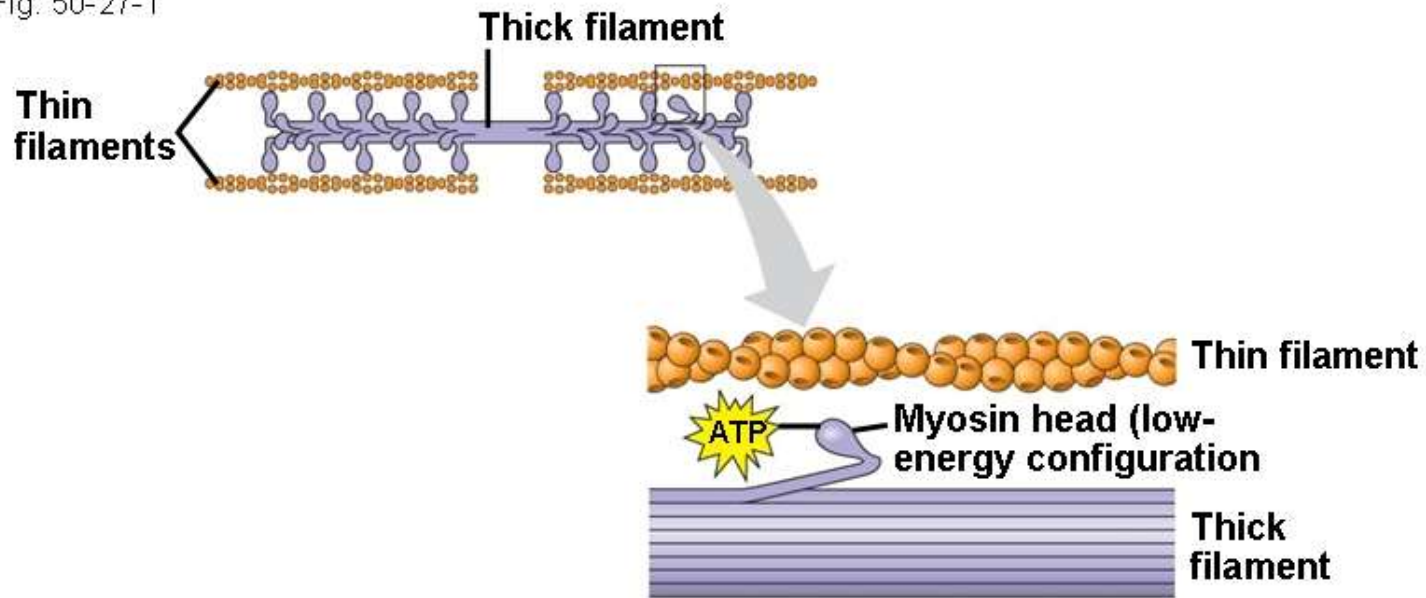




Fig. 50-27-3

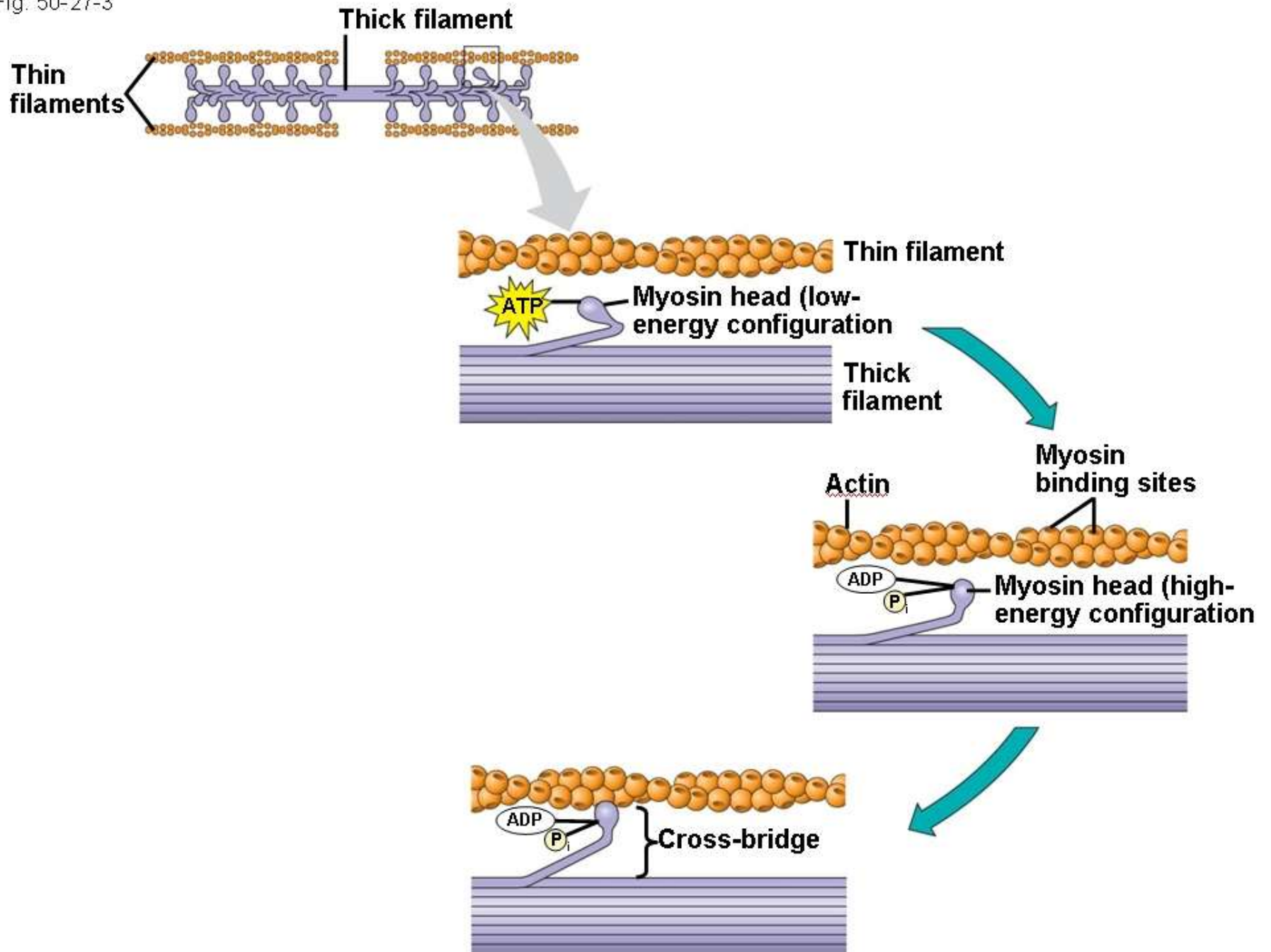
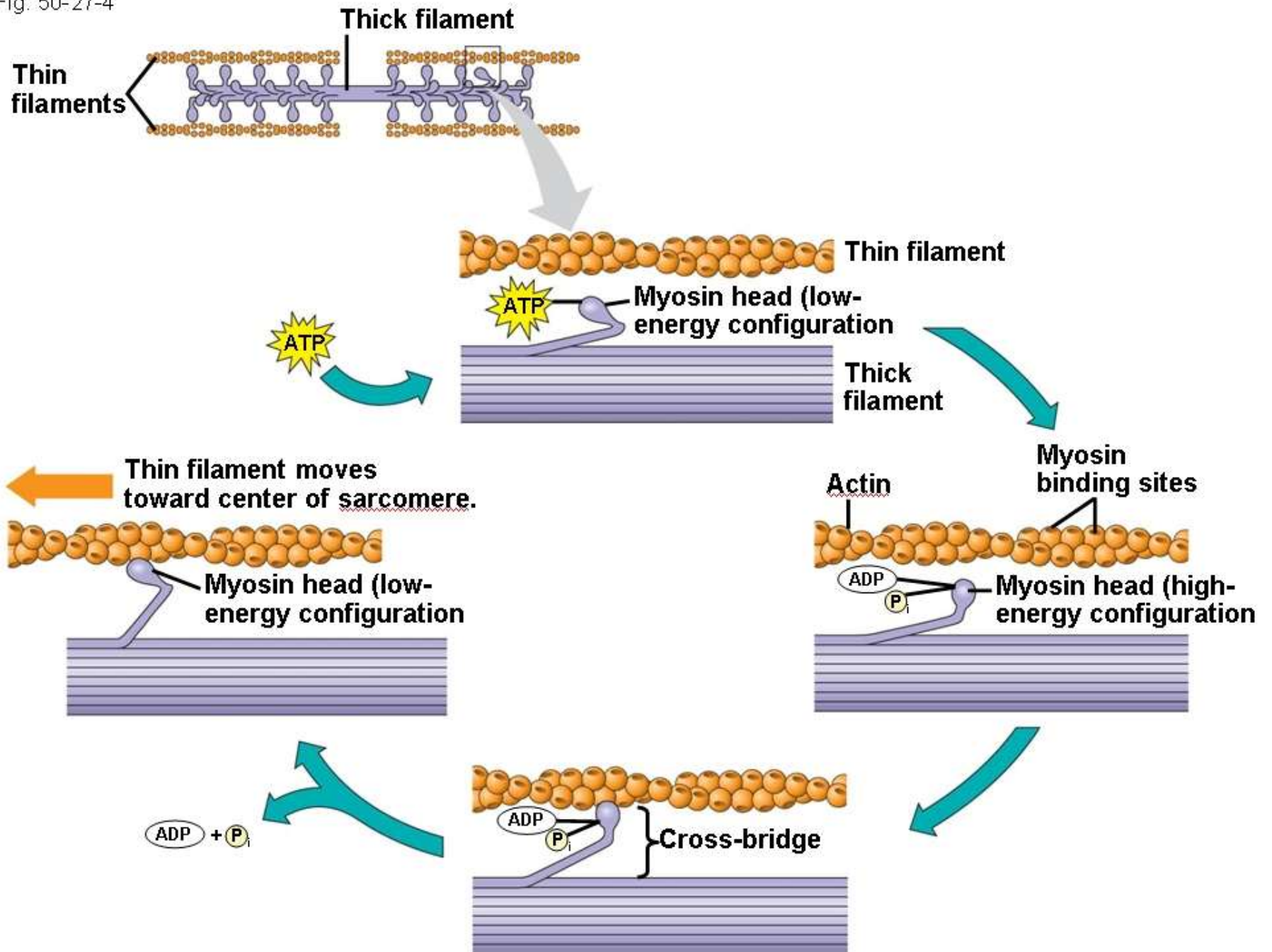


Fig. 50-27-4



## Odstupňování stahu – časová sumace

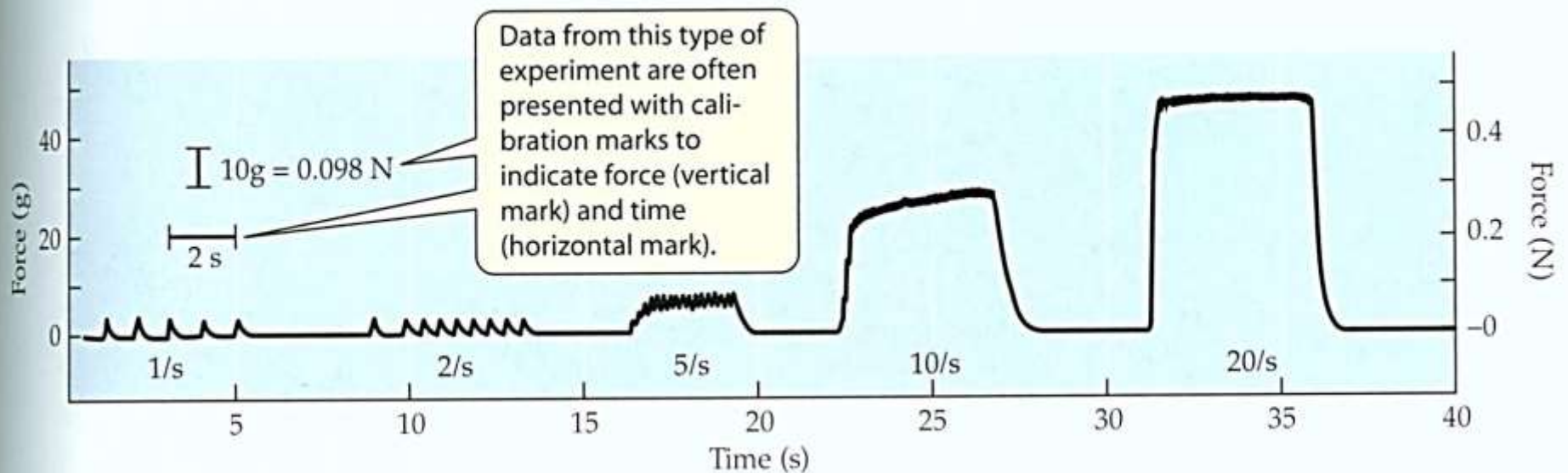
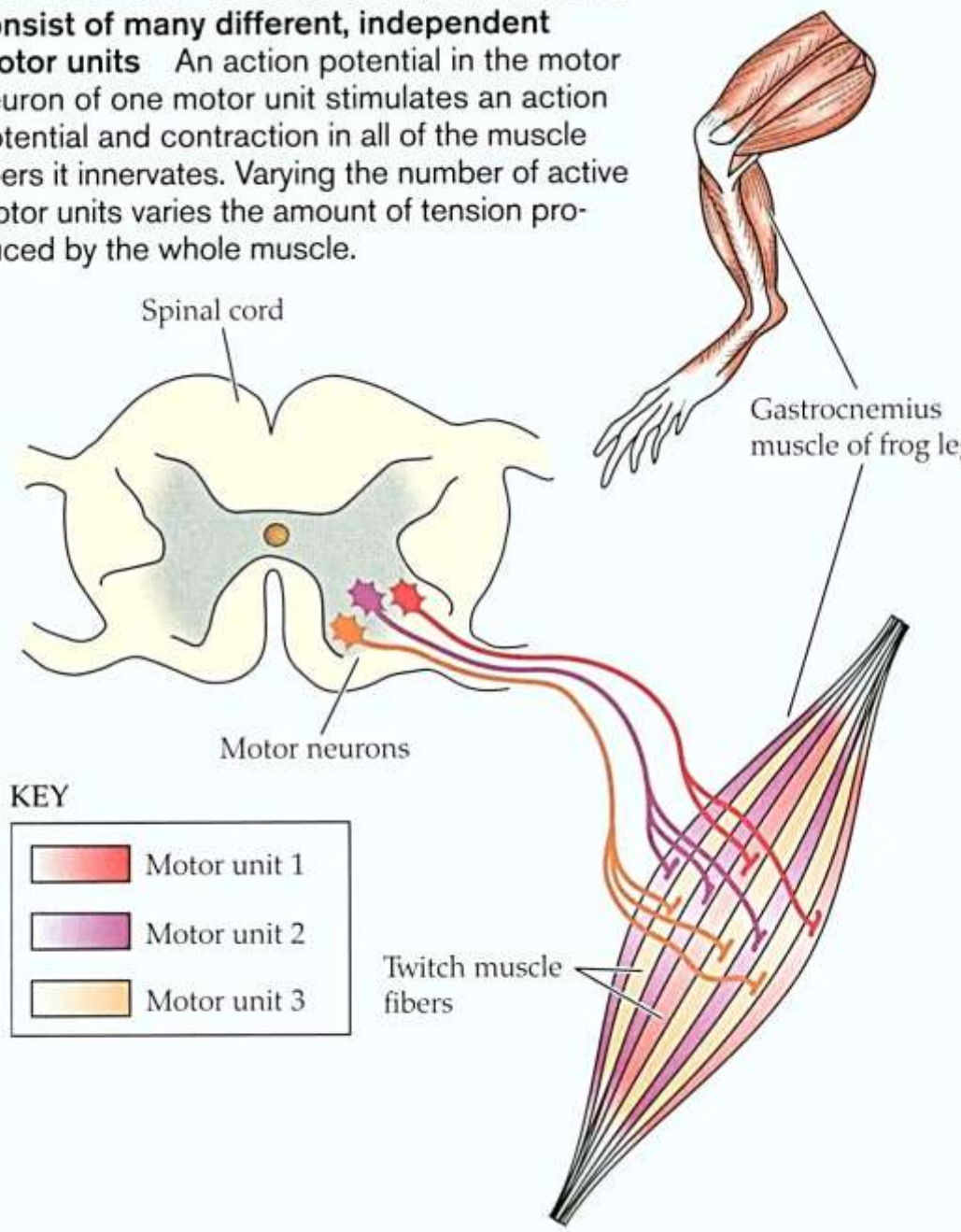


FIGURE 20-10 Contraction and Tetanus. Increasing the frequency of tetanus occurred at a rate of 20/s. Expe



# Motorické jednotky a odstupňování stahu – prostorová sumace

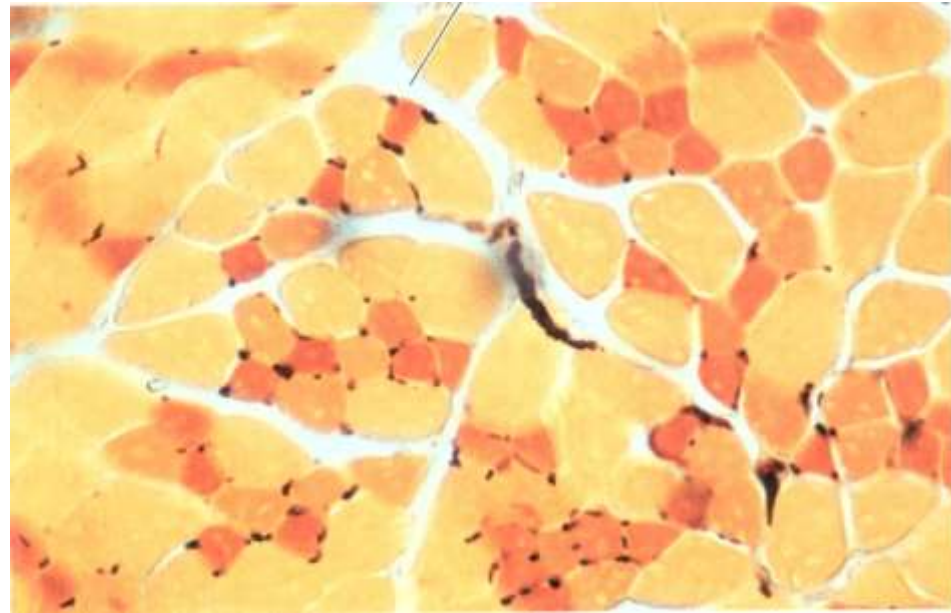
**FIGURE 20.15** Vertebrate skeletal muscles consist of many different, independent motor units. An action potential in the motor neuron of one motor unit stimulates an action potential and contraction in all of the muscle fibers it innervates. Varying the number of active motor units varies the amount of tension produced by the whole muscle.



# Druhy kosterní svaloviny

U člověka existují tři typy :

- **typ I** (pomalá) – koná vytrvalostní aerobní práci (obsahuje hodně myoglobinu a sarkozomů),
- **typ II** (rychlá)
  - *Ila* má i určitý aerobní potenciál, je pomalejší
  - *Ilb* se uplatňuje při krátkodobých anaerobních výkonech (má málo myoglobinu a sarkozomů, obsahuje hodně myofibril),
- typ I a *Ila* se označuje též jako **svalovina červená** (zbarvení propůjčuje myoglobin), typ *Ilb* jako **bledá**



**TABLE 20.2** Characteristics of mammalian skeletal twitch muscle fibers

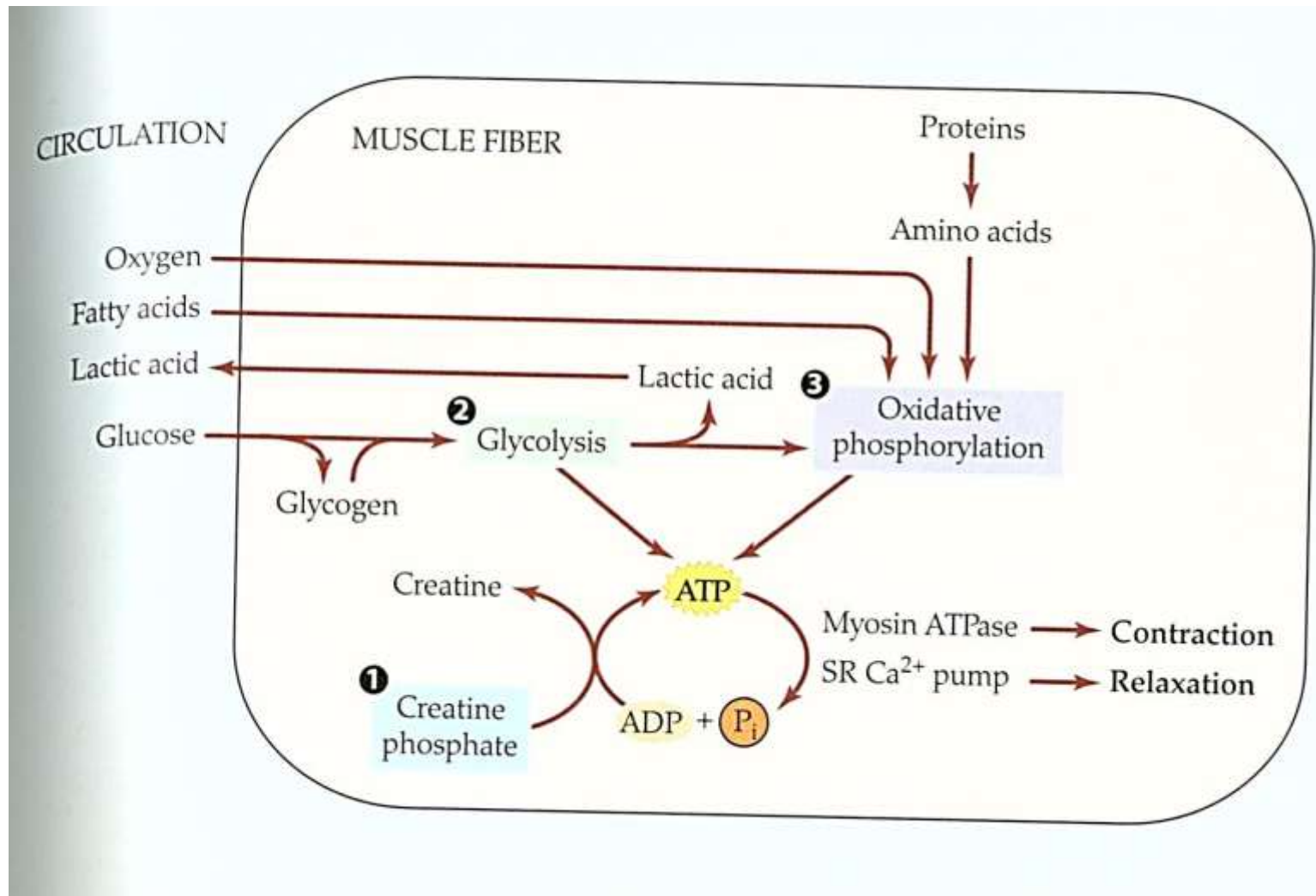
	Slow oxidative (SO)	Fast oxidative glycolytic (FOG)	Fast glycolytic (FG)
Myosin ATPase activity	Slow	Fast	Fast
Speed to reach peak tension	Slow	Intermediate to fast	Fast
Duration of twitches	Long	Short	Short
Rate of Ca <sup>2+</sup> uptake by sarcoplasmic reticulum	Slow to intermediate	High	High
Resistance to fatigue	High	Intermediate	Low
Number of mitochondria	Many	Many	Few
Myoglobin content	High	High	Low
Color	Red	Red	White
Diameter of fiber	Small	Intermediate	Large
Number of surrounding capillaries	Many	Many	Few
Levels of glycolytic enzymes	Low	Intermediate	High
Ability to produce ATP using oxidative phosphorylation	High	High	Low
Force developed per cross-sectional area of entire fiber	Low	Intermediate	High
Function in animal	Posture	Standing, walking, rapid repetitive movements	Jumping, bursts of high-speed locomotion
Frequency of use by animal	High	Intermediate to high	Low

Sources: After Randall et al. 2002 and Sherwood 2004.

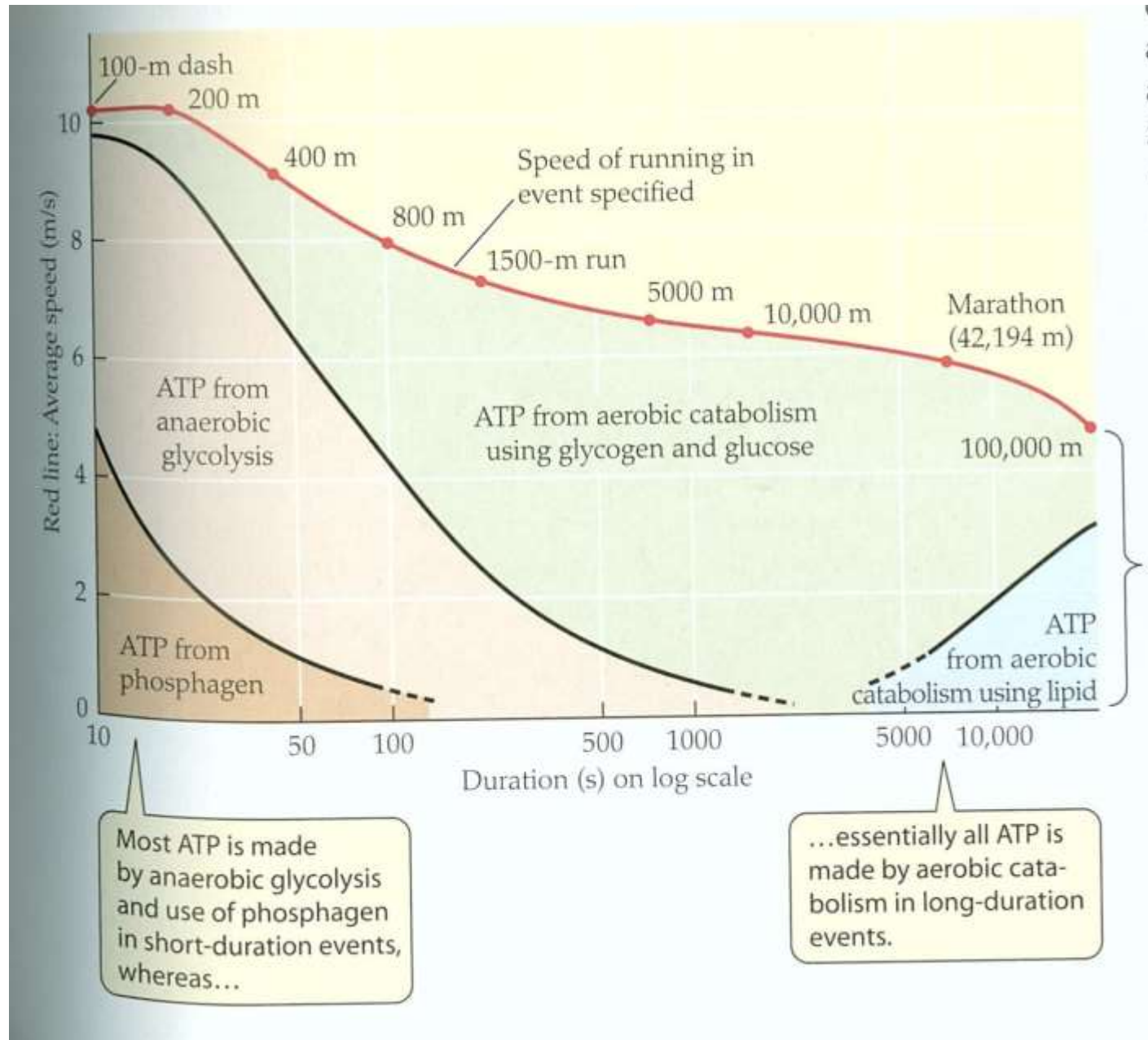
Note: The names of different types of skeletal muscle fibers vary in the literature. Slow oxidative fibers are also called Type I; and fast oxidative fibers, Type IIa. Different types of fast glycolytic fibers are found in mammals, IIb in small mammals and IIx in large mammals.

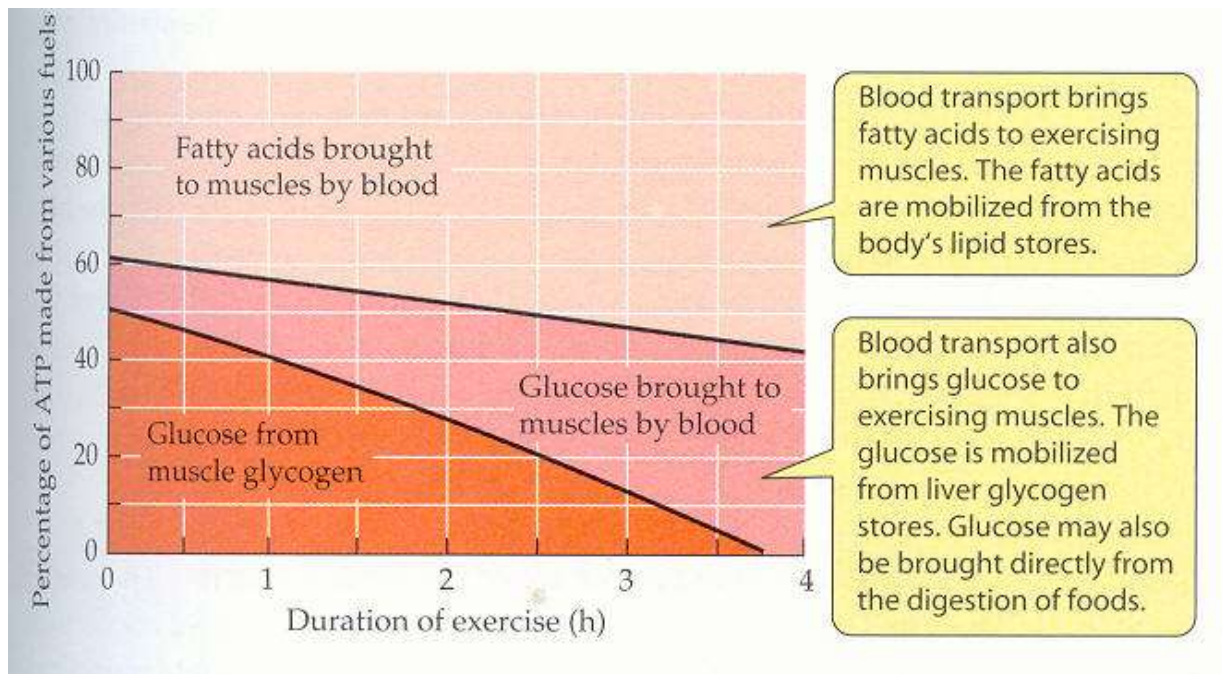


# Zdroje energie



# Zdroje energie kosterního svalu







# Srovnání charakteristik 3 základních typů svalů

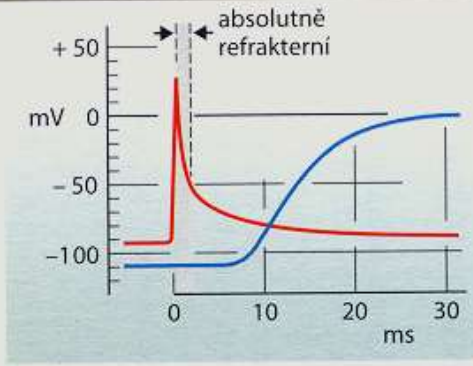
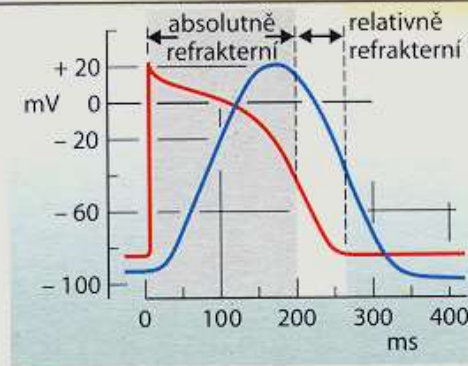
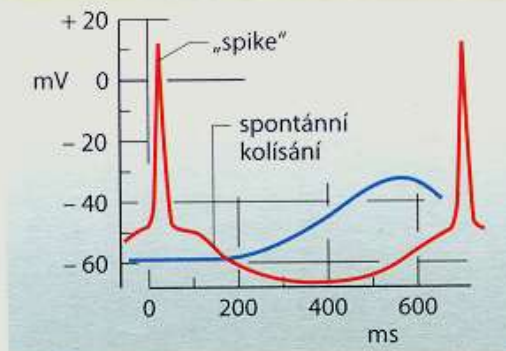
## A. Stavba a funkce hladkého, srdečního a kosterního svalu

### Stavba a funkce

	hladký sval	srdeční sval (příčně pruhovaný)	kosterní sval (příčně pruhovaný)
motorická ploténka	žádná	žádná	ano
vlákna	fuziformní, krátká (max. 0,2 mm)	větvená	cylindrická, dlouhá (max. 15 cm)
mitochondrie	nečetné	četné	nečetné (v závislosti na typu svalu)
buněčné jádro/vlákno	1	1	četná
sarkomera	žádná	ano, délka max. 2,6 $\mu\text{m}$	ano, délka max. 3,65 $\mu\text{m}$
elektrické spřažení	částečné (jednotkový typ)	ano (funkční syncytium)	ne
sarkoplazmatické retikulum	málo vyvinuté	přiměřeně vyvinuté	silně vyvinuté
Ca <sup>2+</sup> -„spínač“	kalmodulin/kaldesmon	troponin	troponin
pacemaker	zčásti spontánně rytmicky činný (1 s <sup>-1</sup> -1h <sup>-1</sup> )	ano (sinoatriální uzel asi 1 s <sup>-1</sup> )	ne (nutný nervový podnět)
odpověď na podnět	změna tonu nebo frekvence rytmu	„vše nebo nic“	odstupňovaná
tetanizovatelný	ano	ne	ano
pracovní rozsah	křivka délka/síla je proměnlivá	na vzestupu křivky síla/délka (viz tab. 2.15 E)	v maximu křivky síla/délka (viz tab. 2.15 E)

### odpověď na podnět

potenciál —  
napětí svalu —

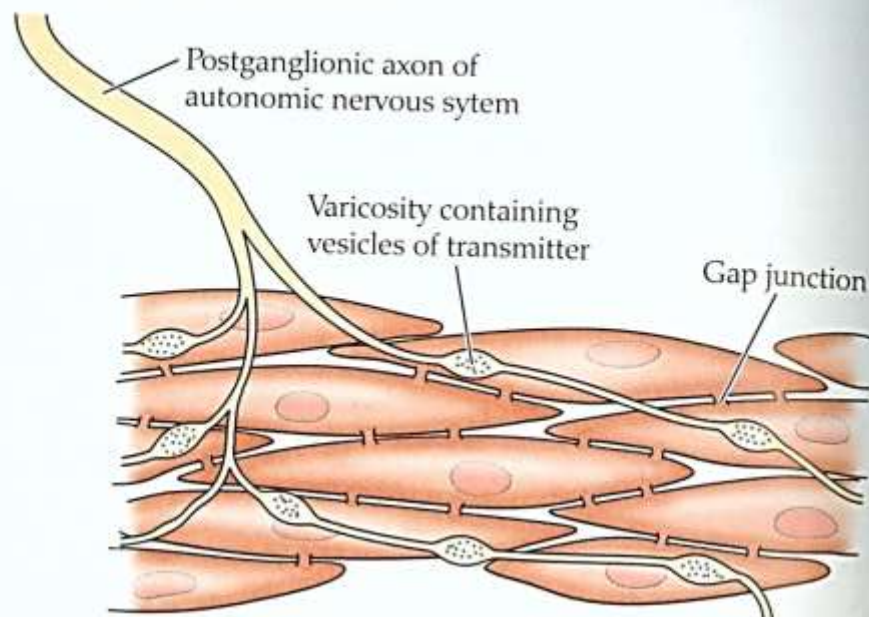


# Hladká svalovina

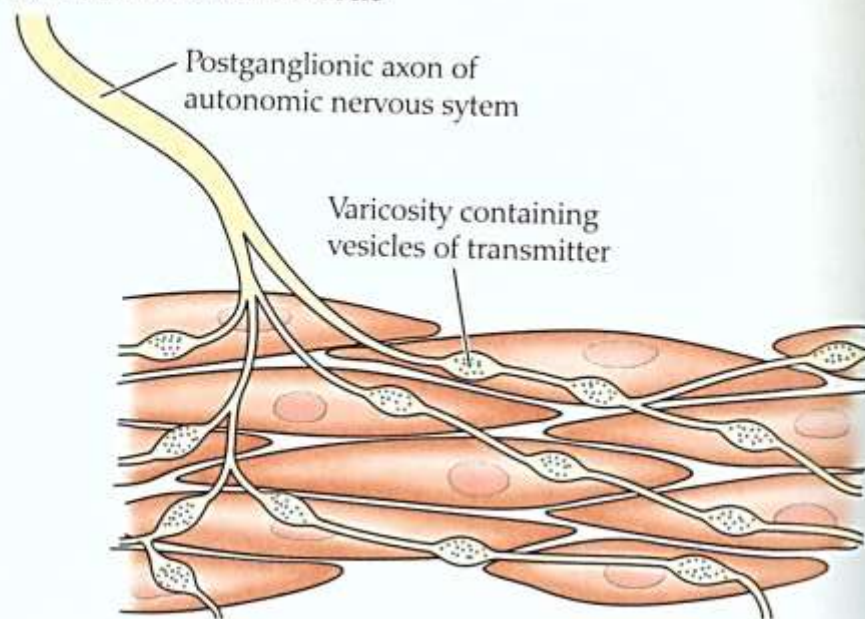
Buňky jsou menší, mají jen jedno jádro, jsou vřetenovitého tvaru, propojené mechanickými soji zaručujícími přenos síly celým svalem. Nemají transverzální tubuly, troponin, tropomyosin. ATPáza myozinu je mnohem pomalejší, což vede k pomalejší kontrakci, ale udrží stah s mnohem menším vynaložením energie.

Jednotková a vícejednotková organizace

(a) Single-unit smooth muscle



(b) Multiunit smooth muscle

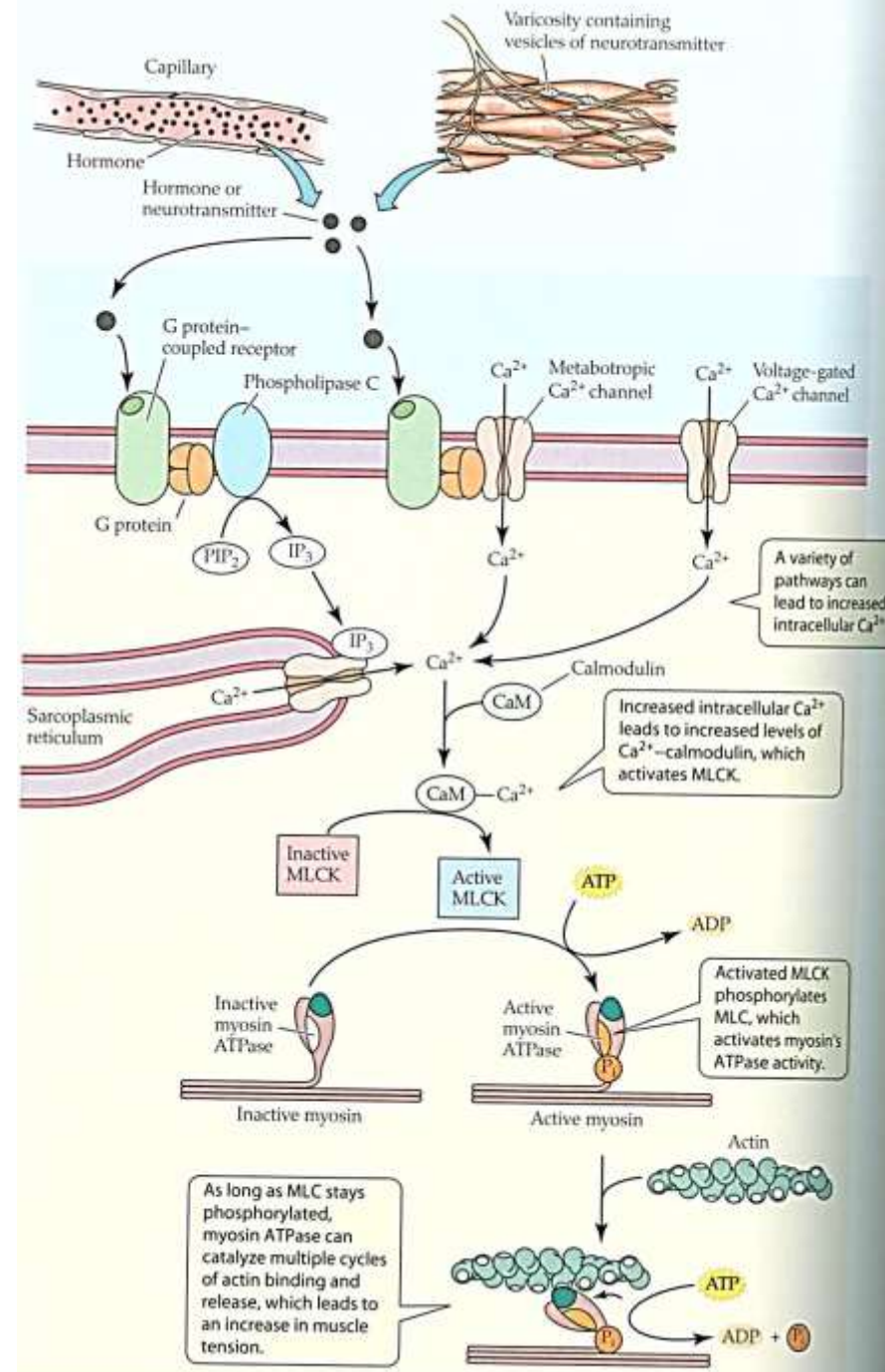




# Hladká svalovina - kontrakce

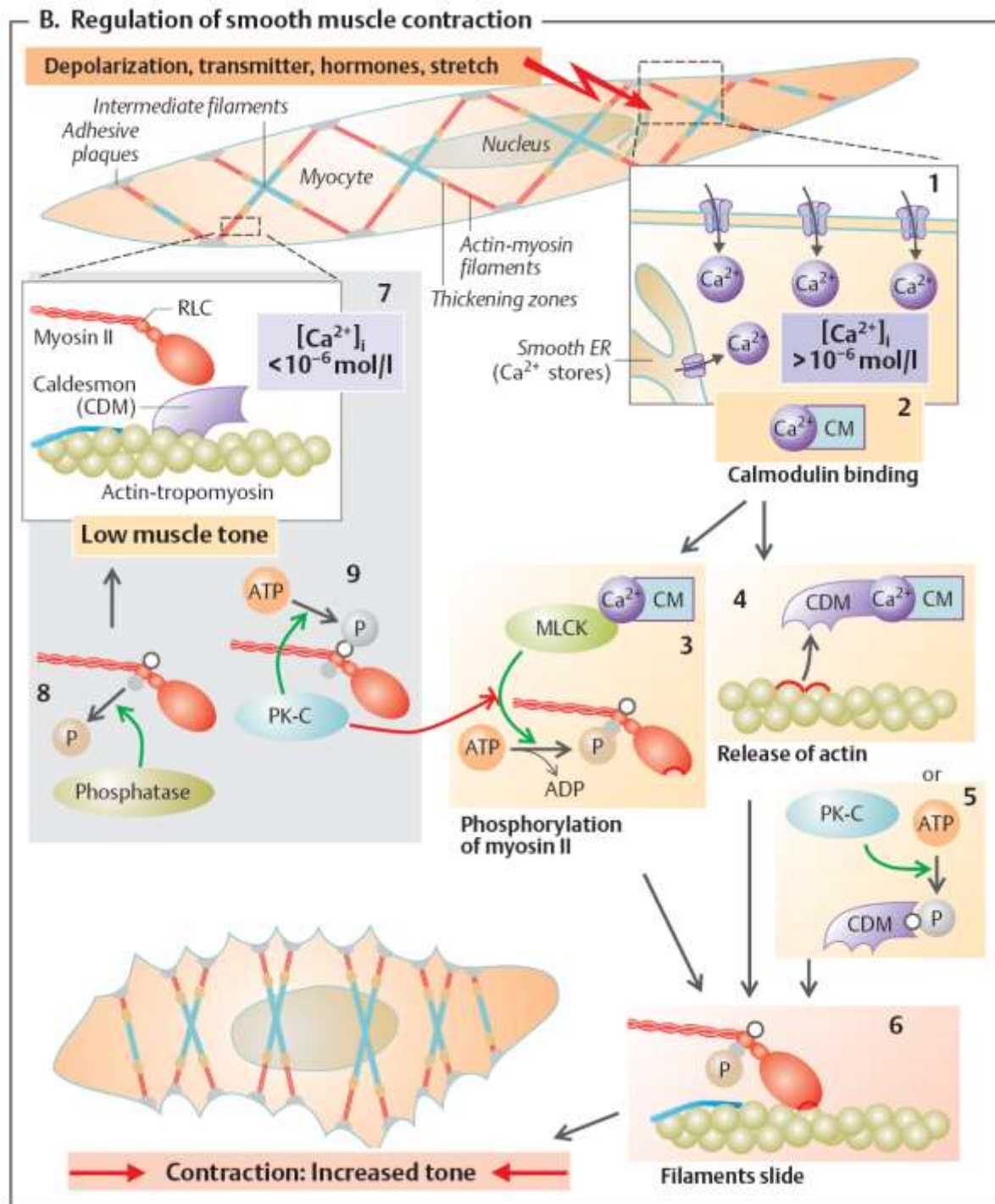
Řízení stahu je opět přes Ca, ale jinak, spíše přes tlusté (myosinové) vlákno. MLCK (myosin light chain kinase). Fosforyluje jednu myosinovou hlavičku, což vede ke zvýšení ATPázové aktivity a spustí navázání na aktin.

Citlivé na hormony i mediátory. Avšak různě podle typu receptorů. Acetylcholin (parasymptický mediátor) vede ke kontrakci svaloviny močového měchýře, ale Adrenalin inhibuje stah. Naopak u většiny cév sympatický noradrenalin způsobí k kontrakci hladké svaloviny ve stěnách.



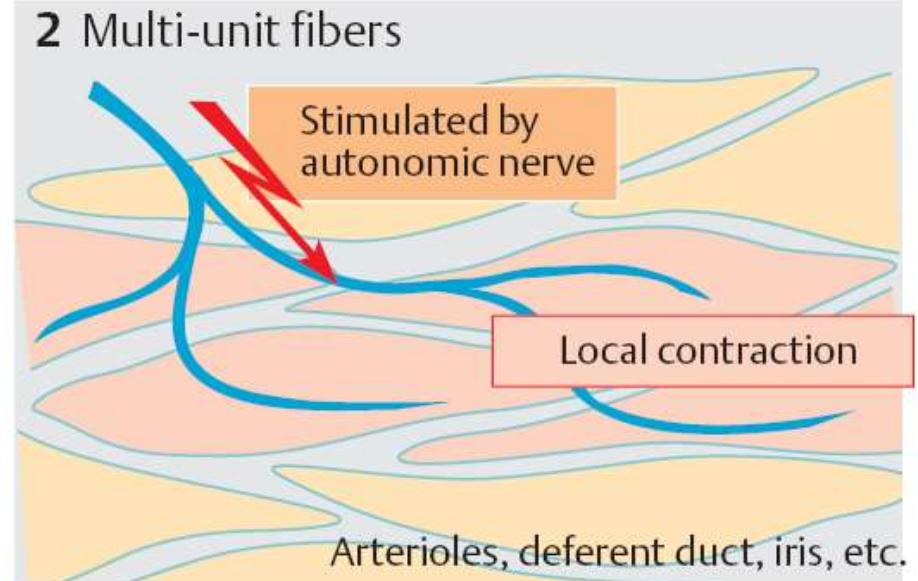
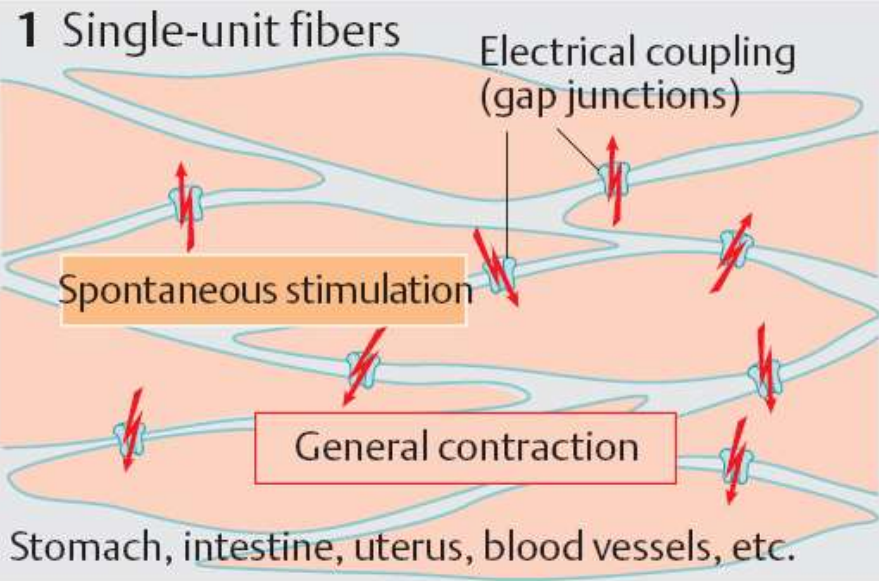


# Hladká svalovina - kontrakce



# Hladká svalovina – různé podněty

## A. Smooth muscle fibers according to type of stimulation



Nervově

Látkově

Mechanicky

Autonomně - pacemakery

# Ach relaxuje svalovinu v cévní stěně střeva (?)

<http://www.physiome.cz/atlas/bunka/01/>