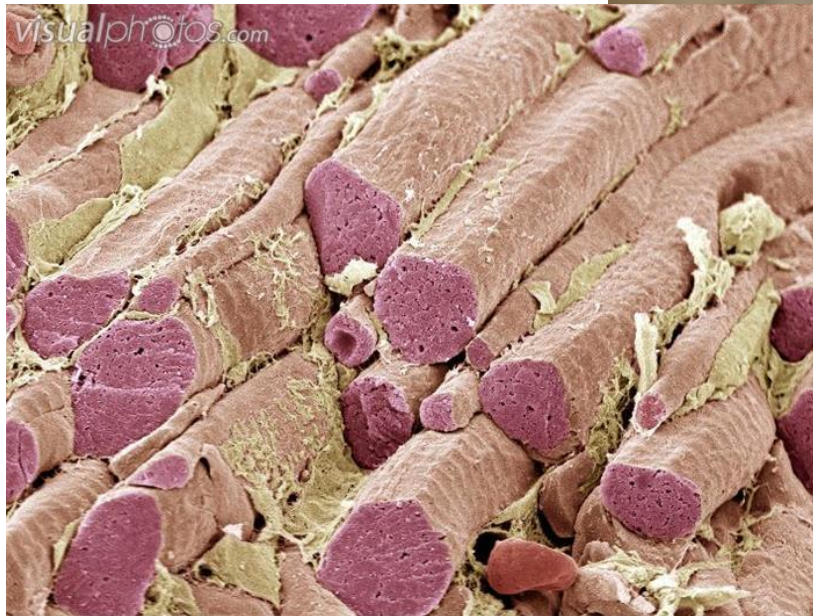


# Pohyb a svaly



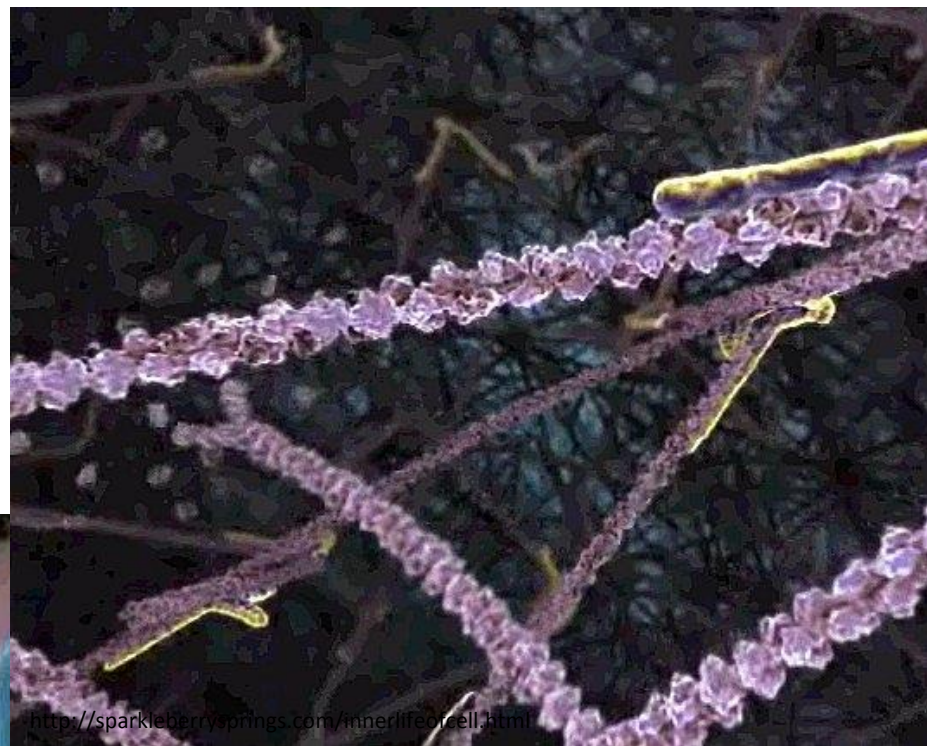
F0010030 [RF] © www.visualphotos.com



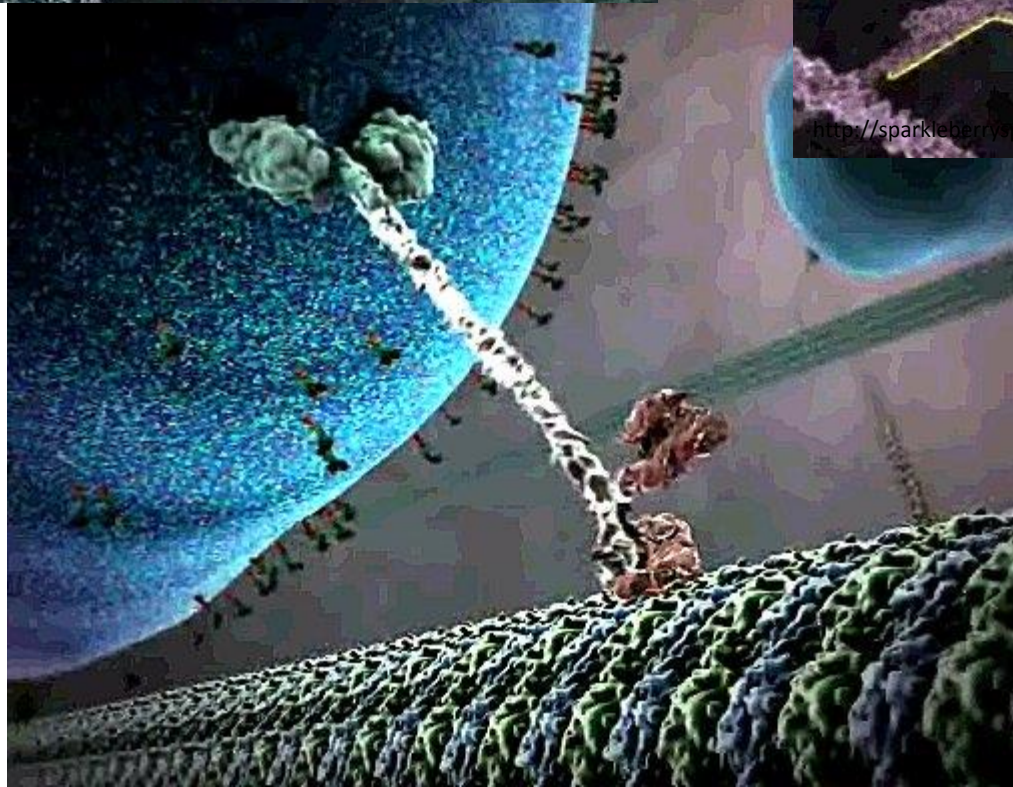
<http://www.simplethriftyliving.com/category/money-saving-tips/pets/>

Jeden ze základních rysů  
života.



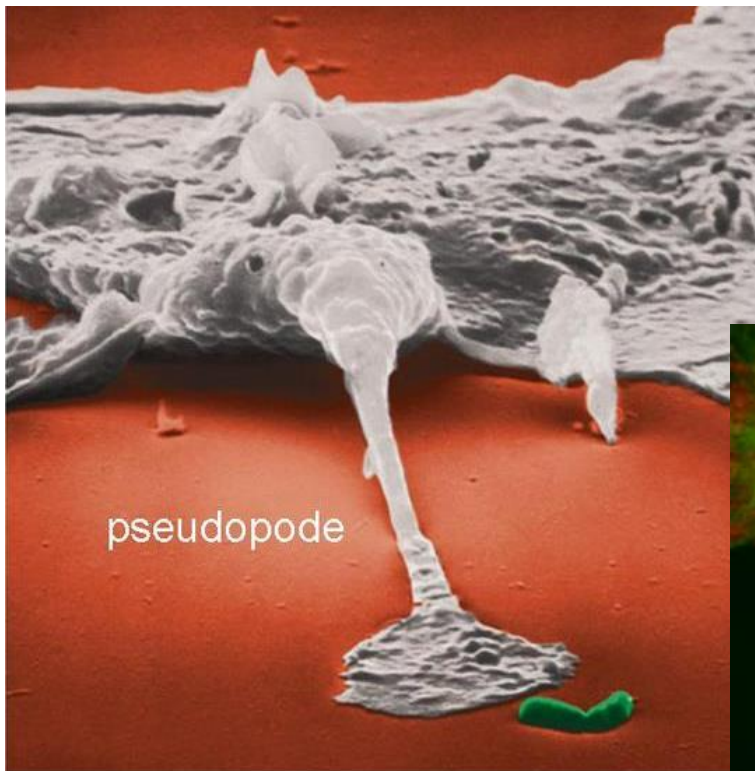


<http://sparkleberry springs.com/innerlifeofcell.html>

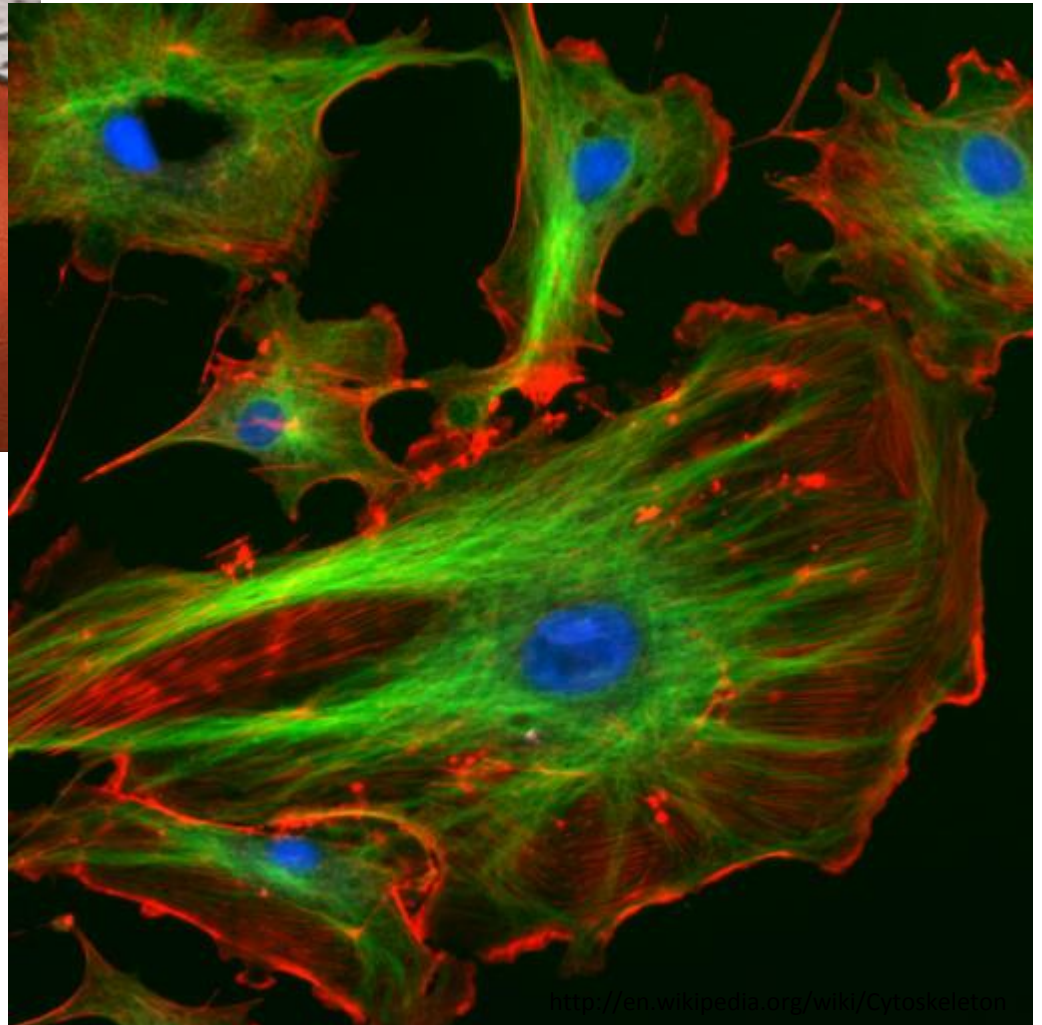


Pohyb v buňce je možný díky cytoskeletu.

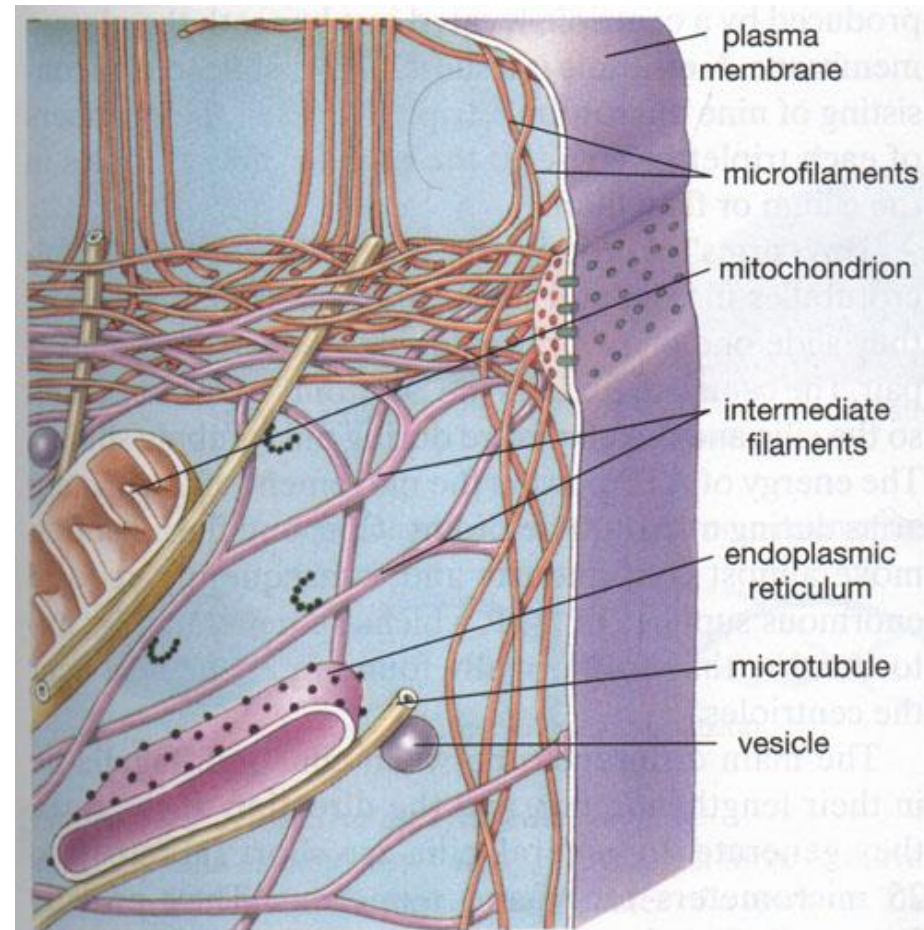
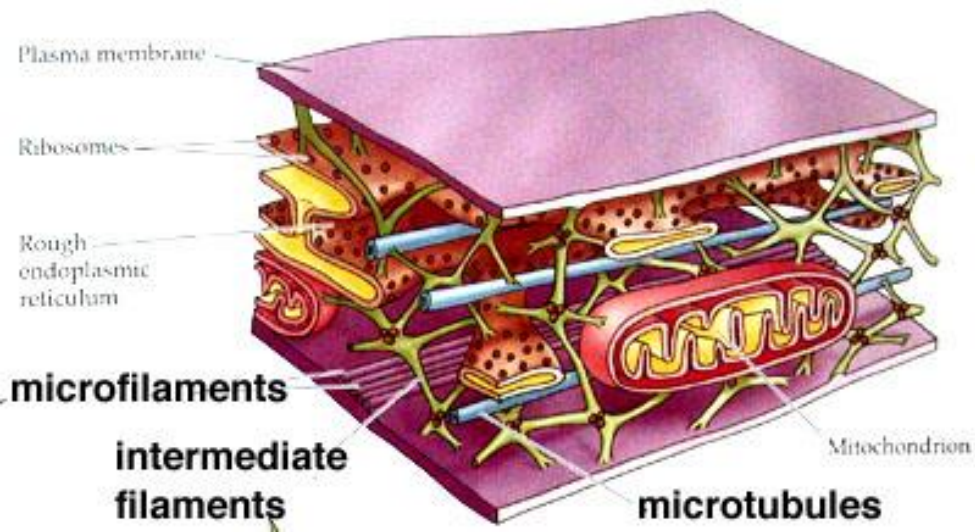




Pohyb celých buněk zajišťuje cytoskelet => bez cytoskeletu není aktivní pohyb



# Cytoskelet



3 type filament

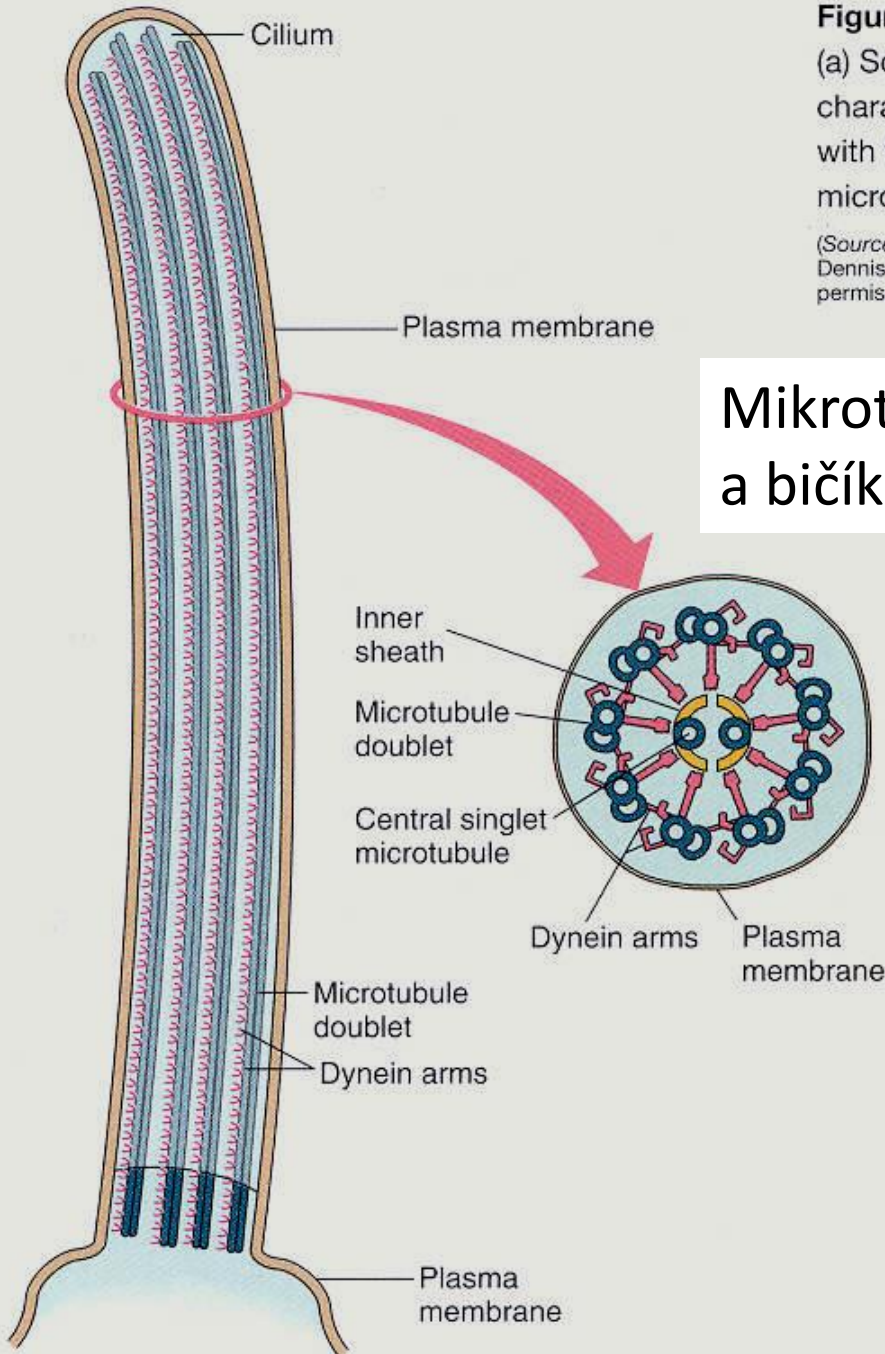


**Figure 2-27** • Internal structure of cilia and flagella.

(a) Schematic diagram of a cilium in cross-section show characteristic “nine plus two” arrangement of microtubule with the dynein arms and other accessory proteins. (b) E micrograph of numerous cilia in cross-section.

(Source: Adapted from *Molecular Biology of the Cell*, Fig. 10-27, p. 565 by Bruce Alberts, Dennis Bray, Julian Lewis, Martin Raff, Keith Roberts, and James D. Watson. Reprinted with permission of Garland Science/Taylor & Francis Books, Inc.)

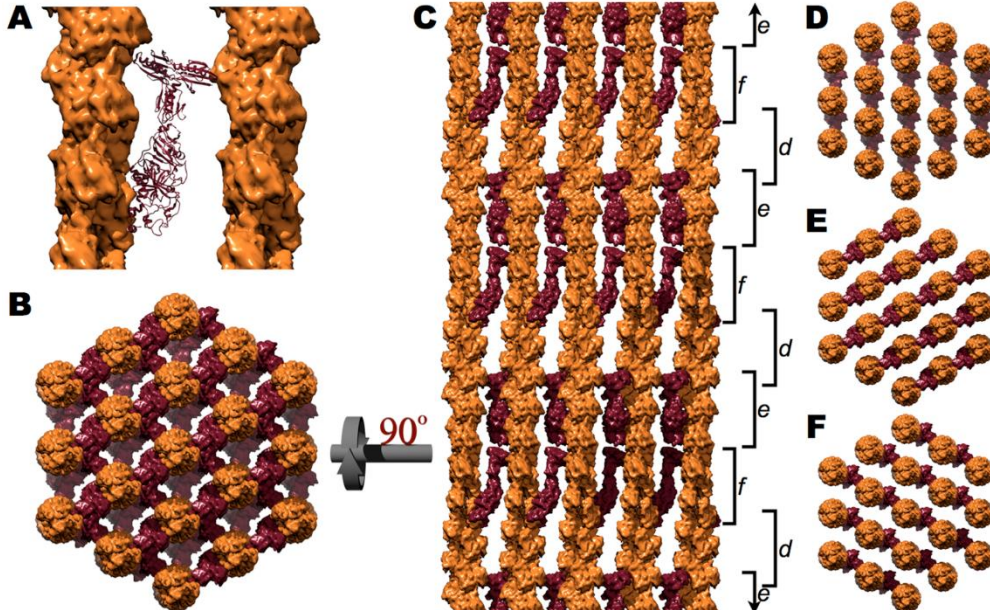
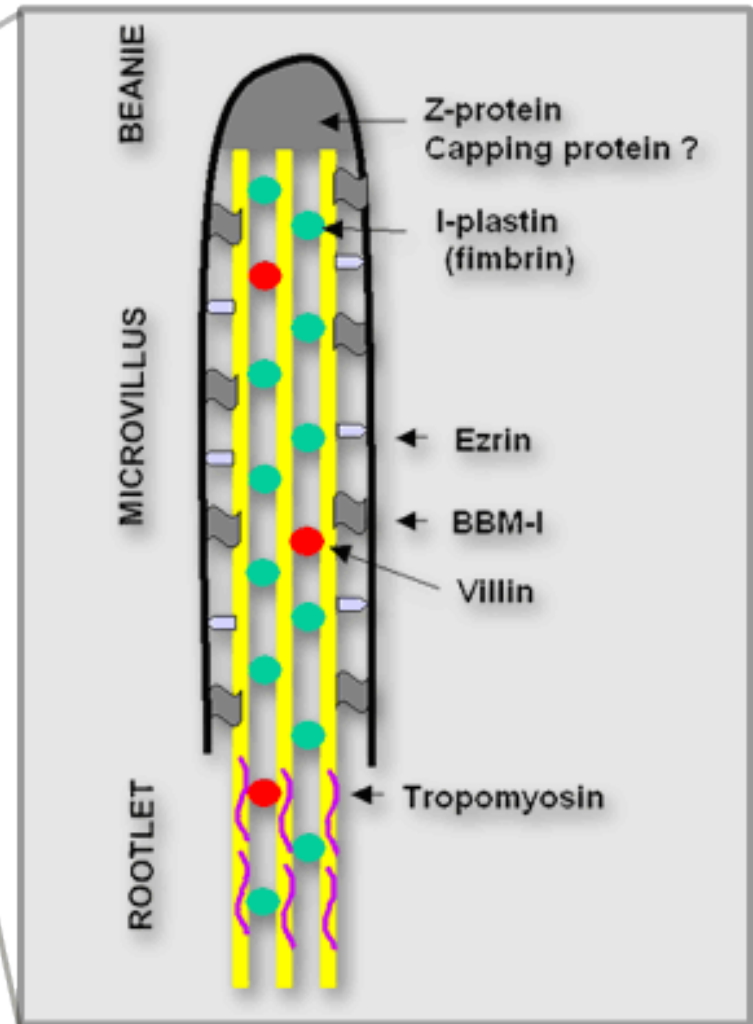
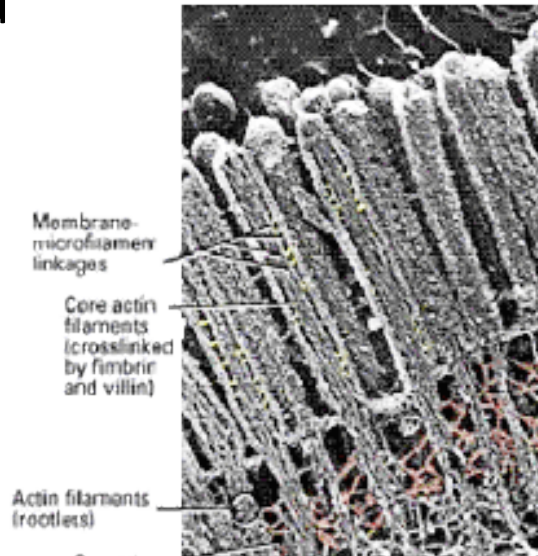
Mikrotubulární struktura řasinky, brvy – cilie  
a bičíku, brvy - flagellum



(a)

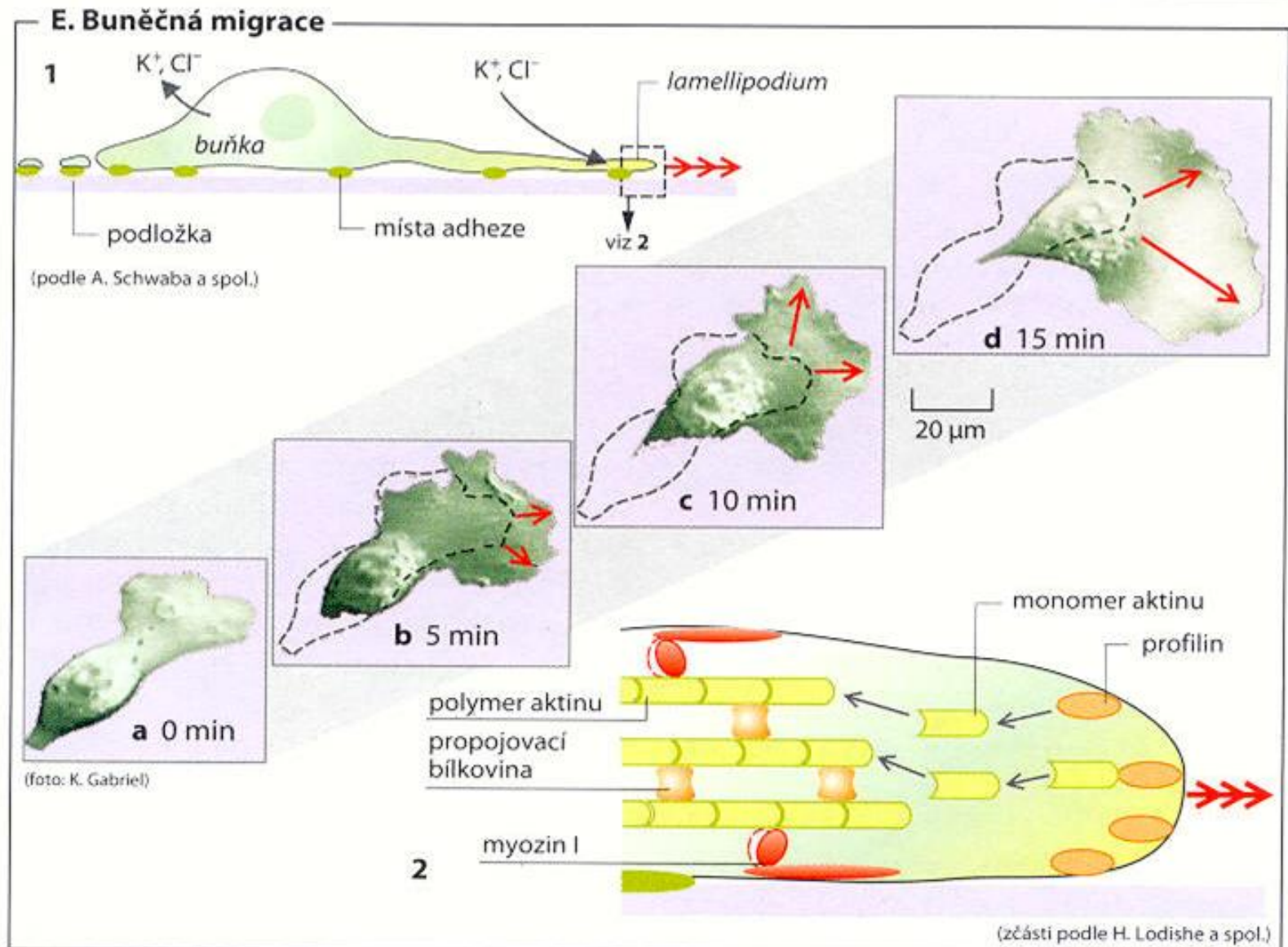
(b)

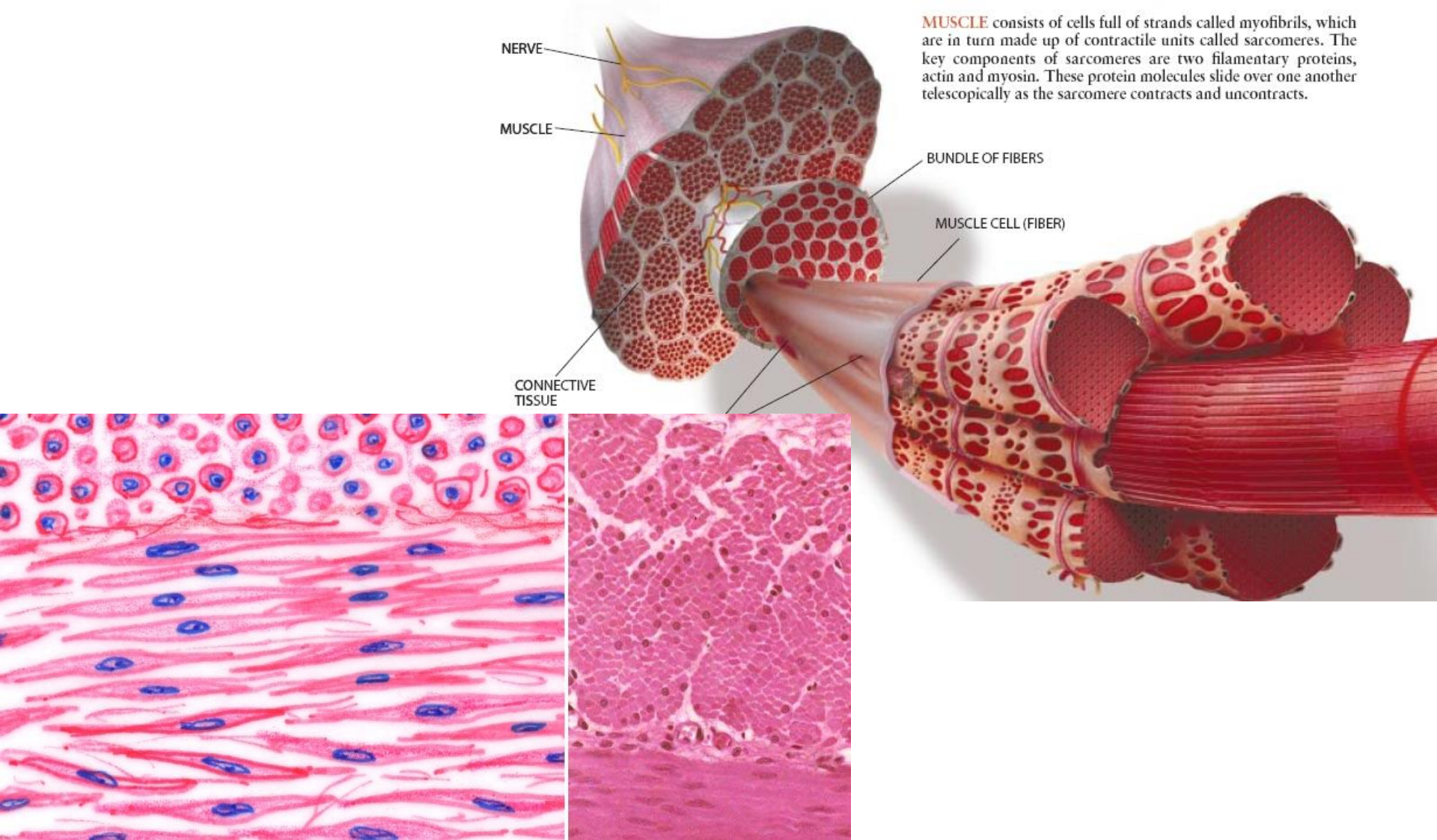
# Mikrofilamentární (aktinová) struktura střevního mikrokliku - mikrovilu





# Améboidní pohyb a úloha mikrofilament

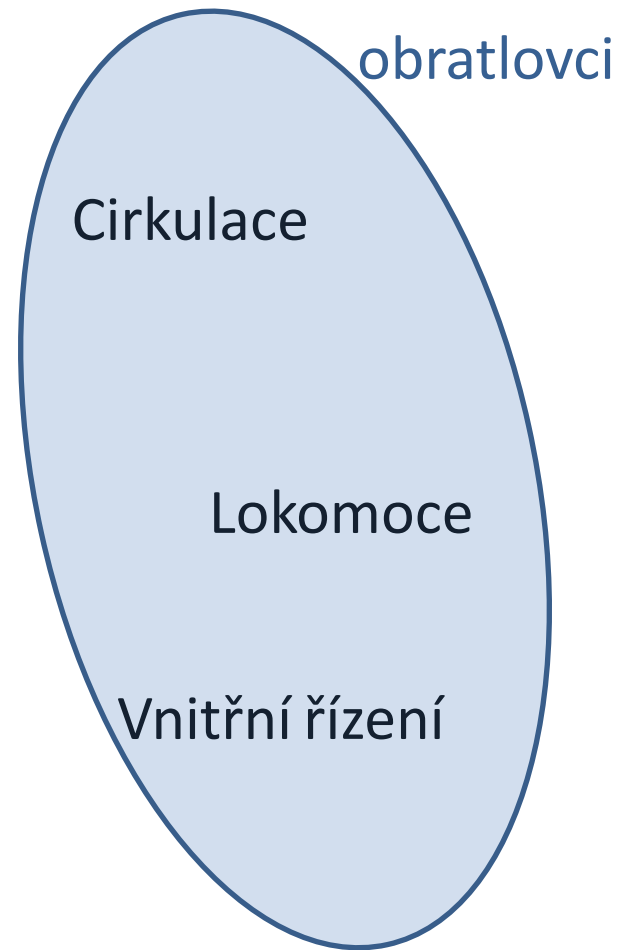
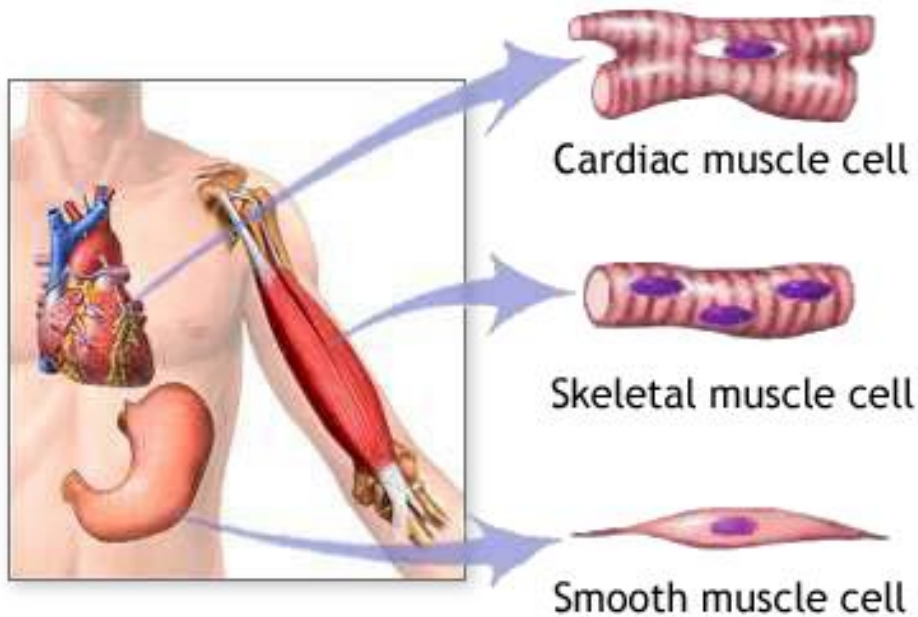




Svaly využívají buněčného pohybového aparátu. Pohyb svalů a tedy i celých živočichů je možný díky uspořádané stažlivosti spolupracujících buněk.



# Tři typy svalů



ADAM.

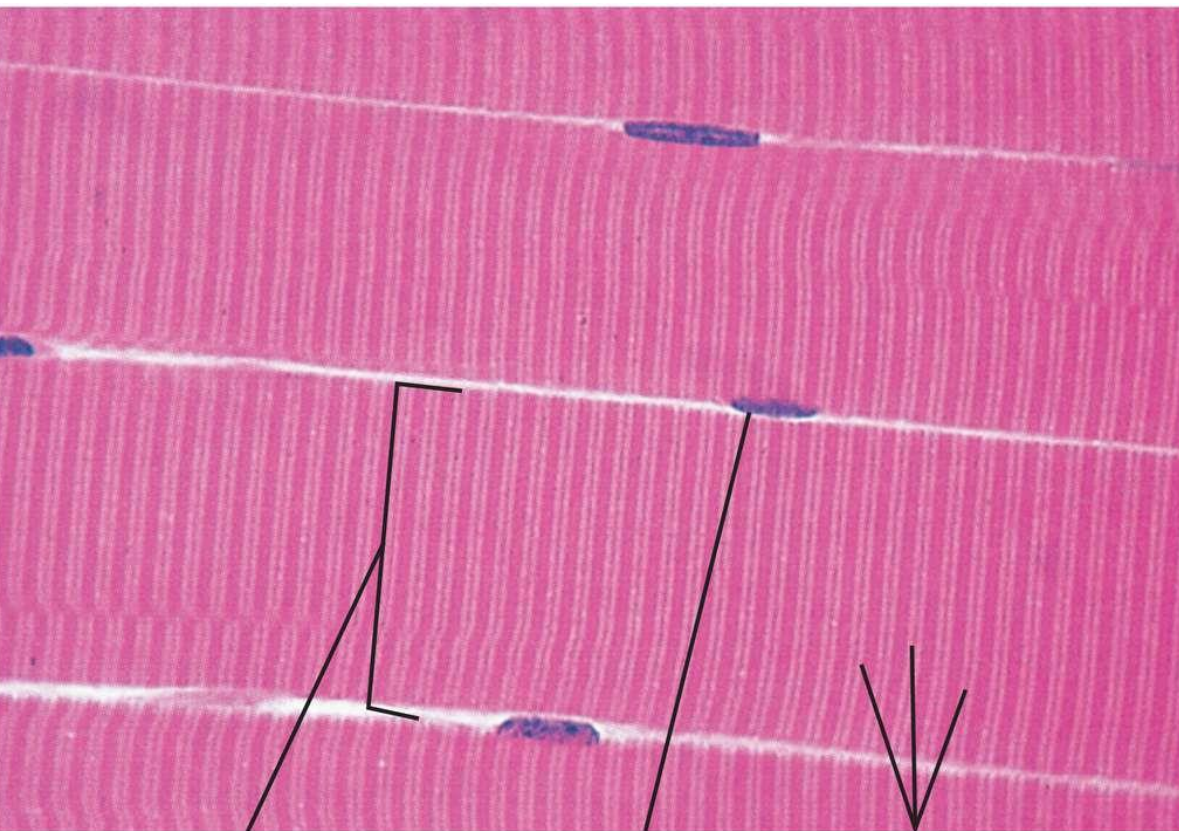
Neplatí u všech živočichů:

U měkkýšů pouze hladká svalovina.

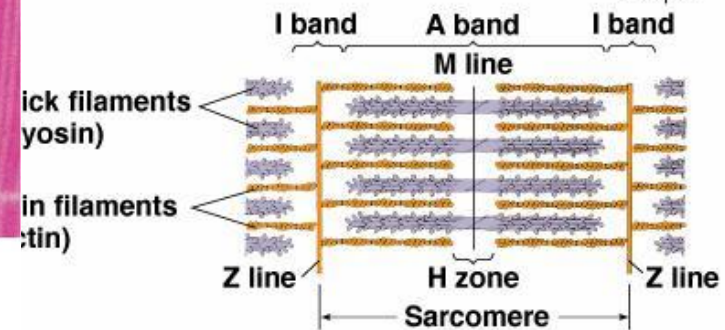
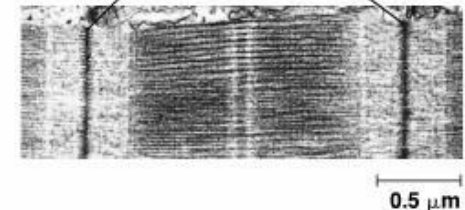
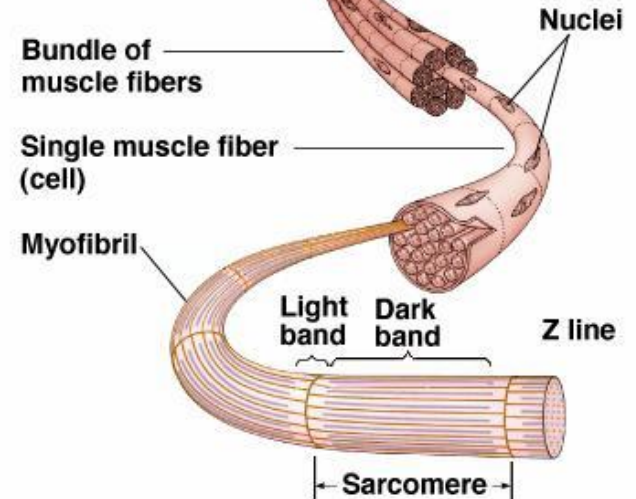
U hmyzu pouze žíhaná.

# Stavba kosterního svalu

Proužkování kosterního svalu.  
 Myofibrily tvoří svalové vlákno.  
 Cytoplasma vyplněna cytoskeletem.



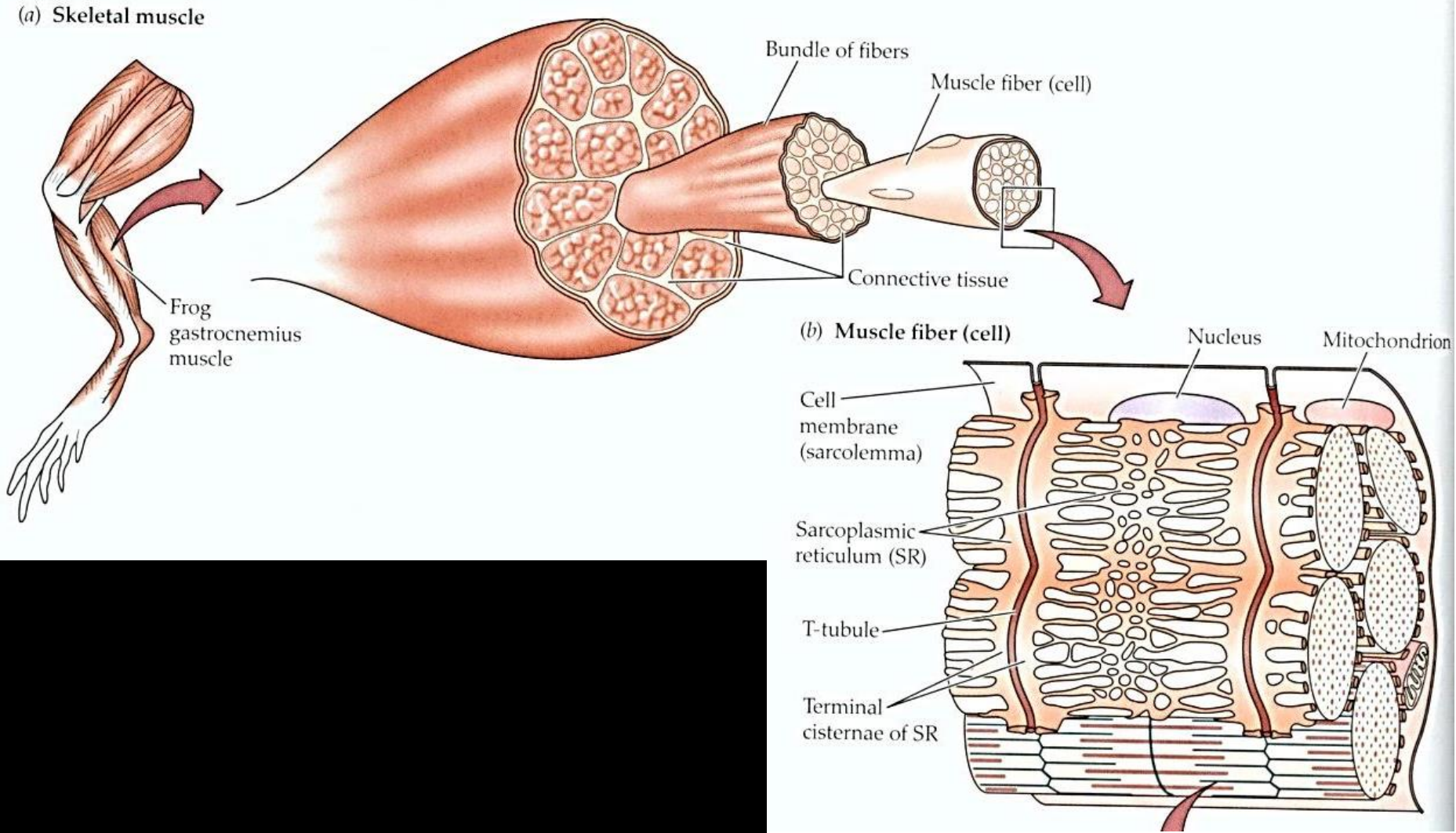
Skeletal muscle fiber      Nucleus      Striations





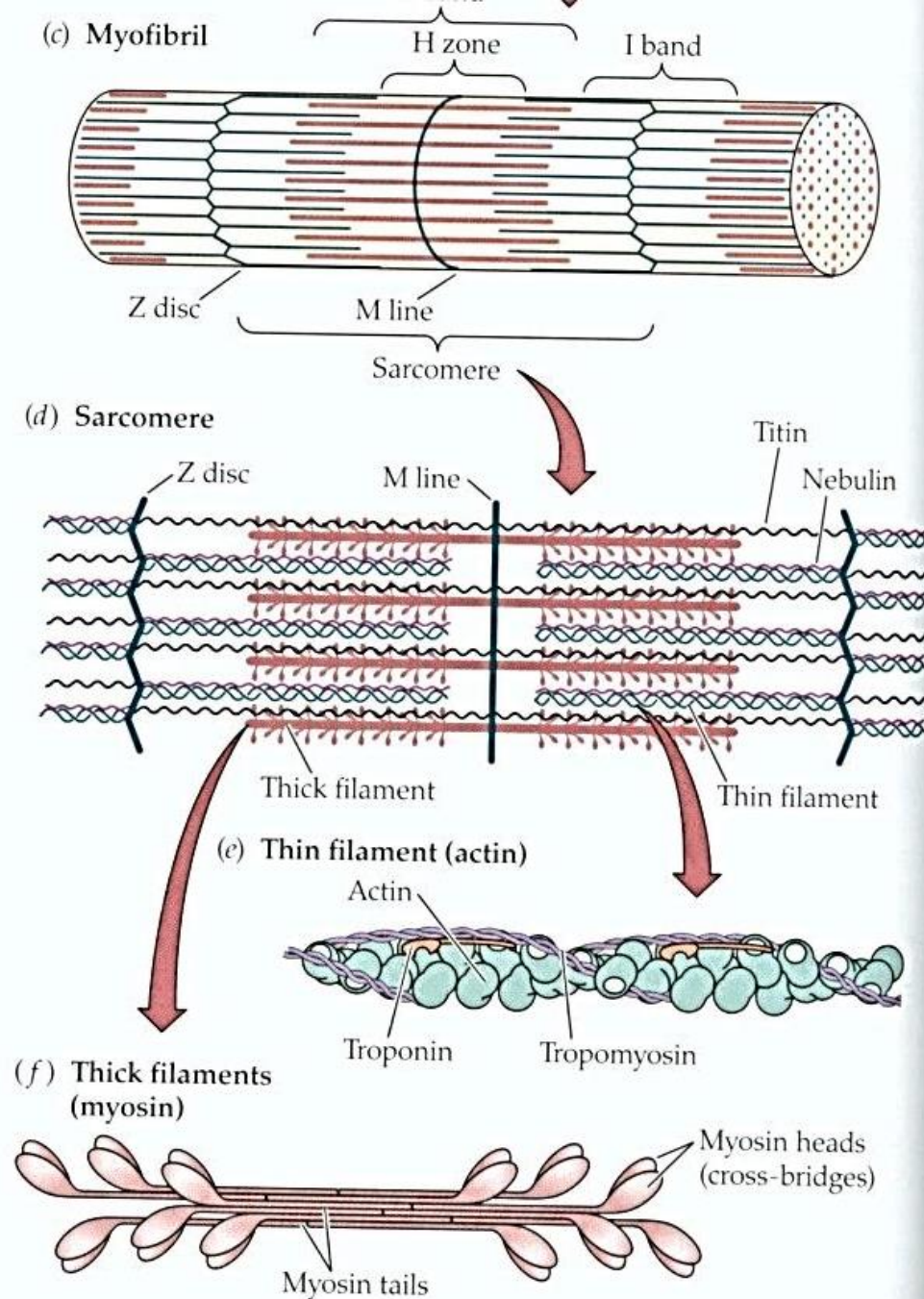
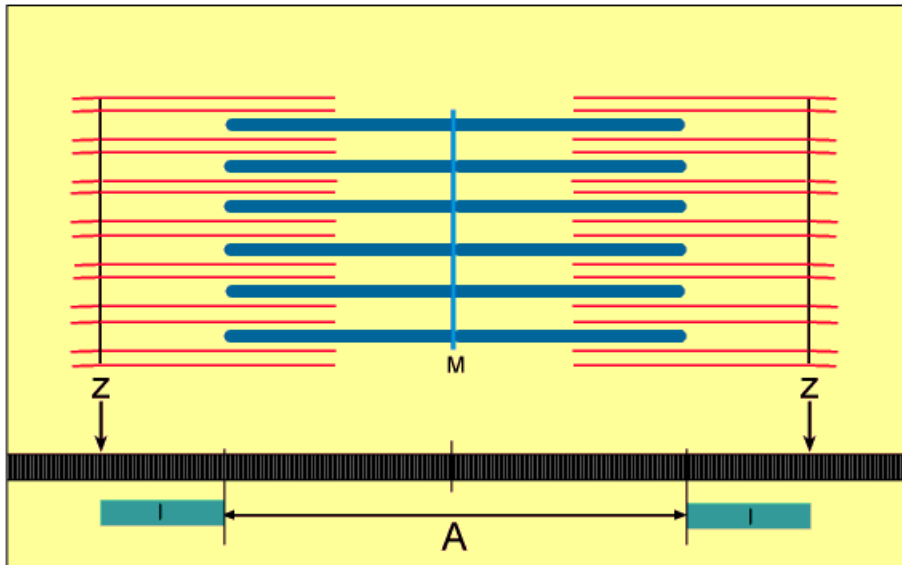
# Stavba kosterního svalu

Mitochondrie (sarkozomy) a sarkoplasmatické retikulum



# Stavba myofibrily

Součásti aktivní, pasivní (nebulin), regulační, elastické (titin)

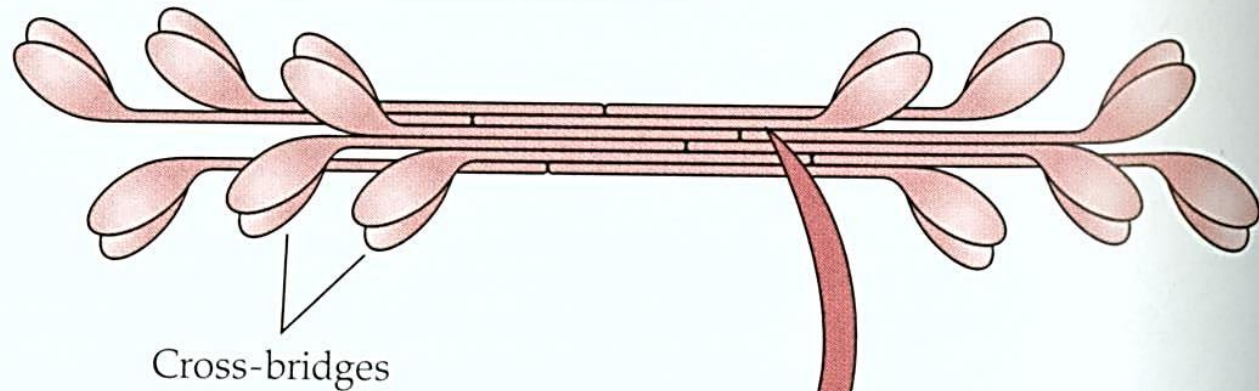




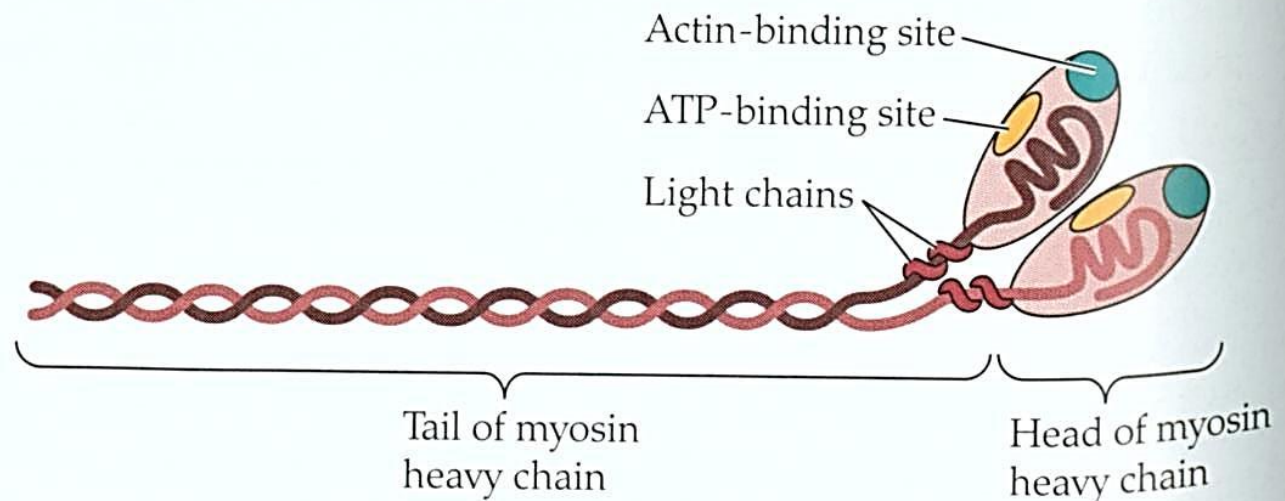
# Stavba myosinové fibrily

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



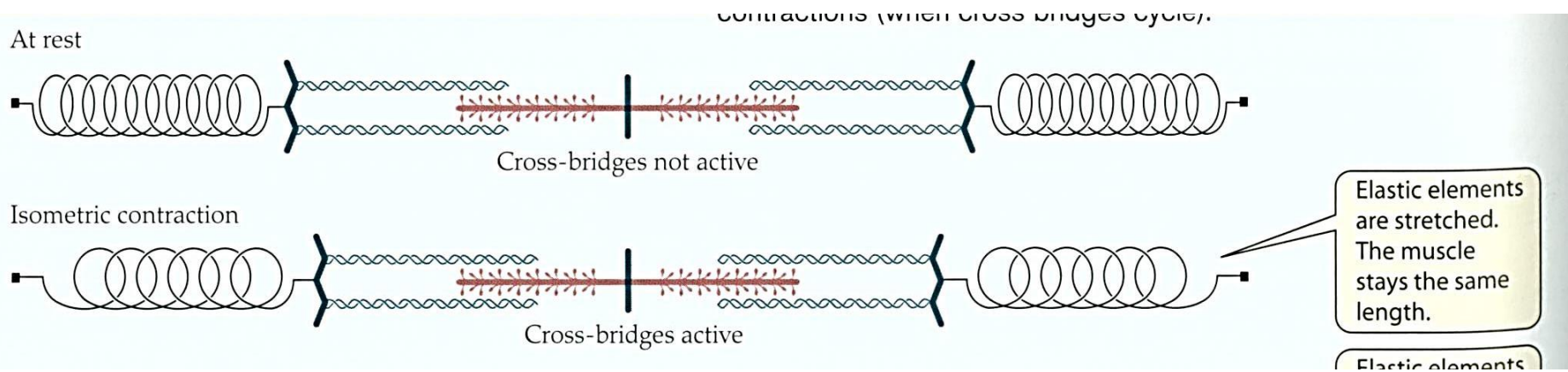
# Animace spolupráce aktinu a myozinu

Spolupráce mnoha můstků – molekulární děje

Molekulární organizace sarkomery



# Stavba myofibrily



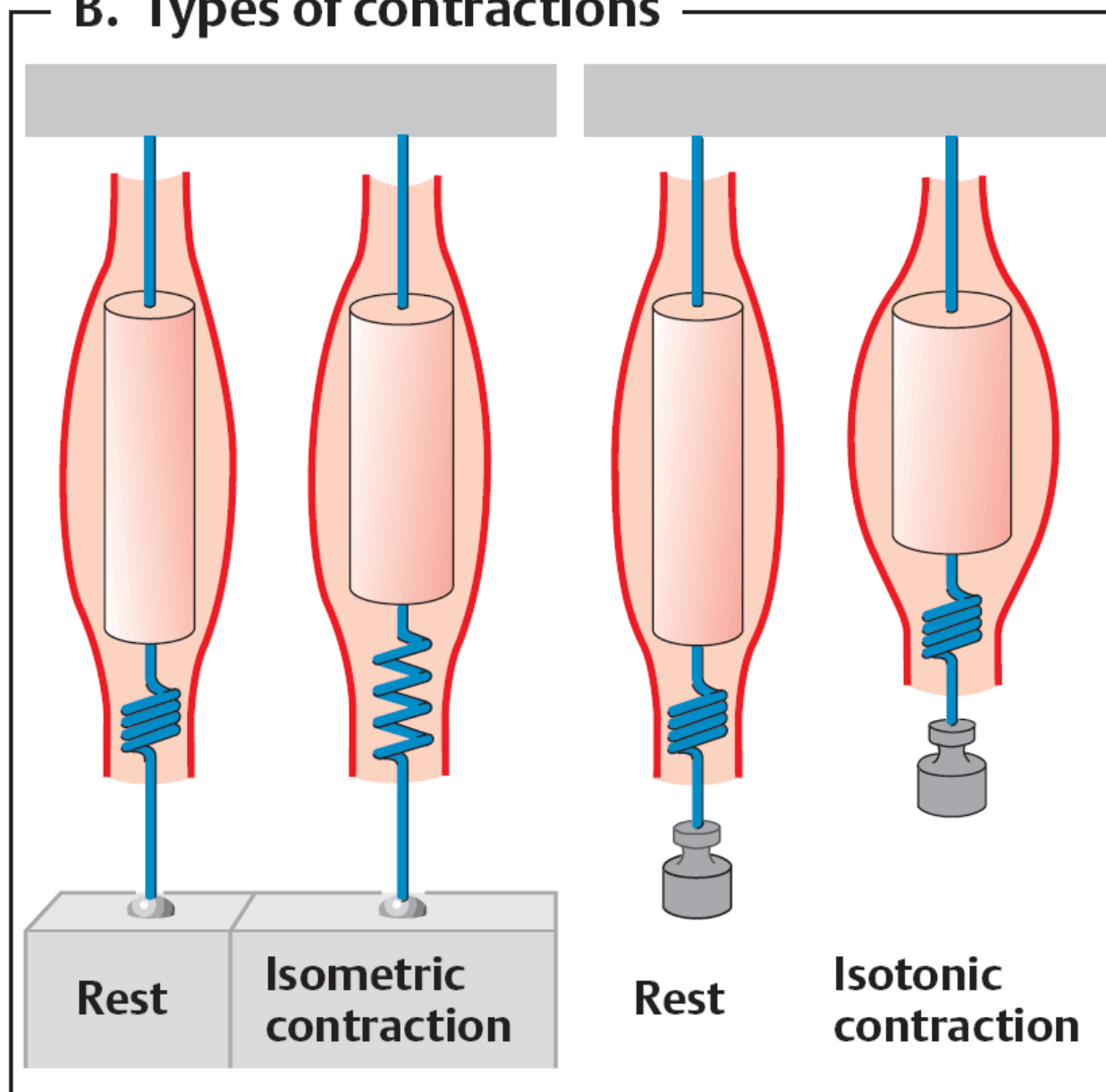
Elastické elementy umožňují izometrickou kontrakci

# Typy stahu

## B. Types of contractions

Izometrická a izotonická kontrakce

Práce elastických komponent

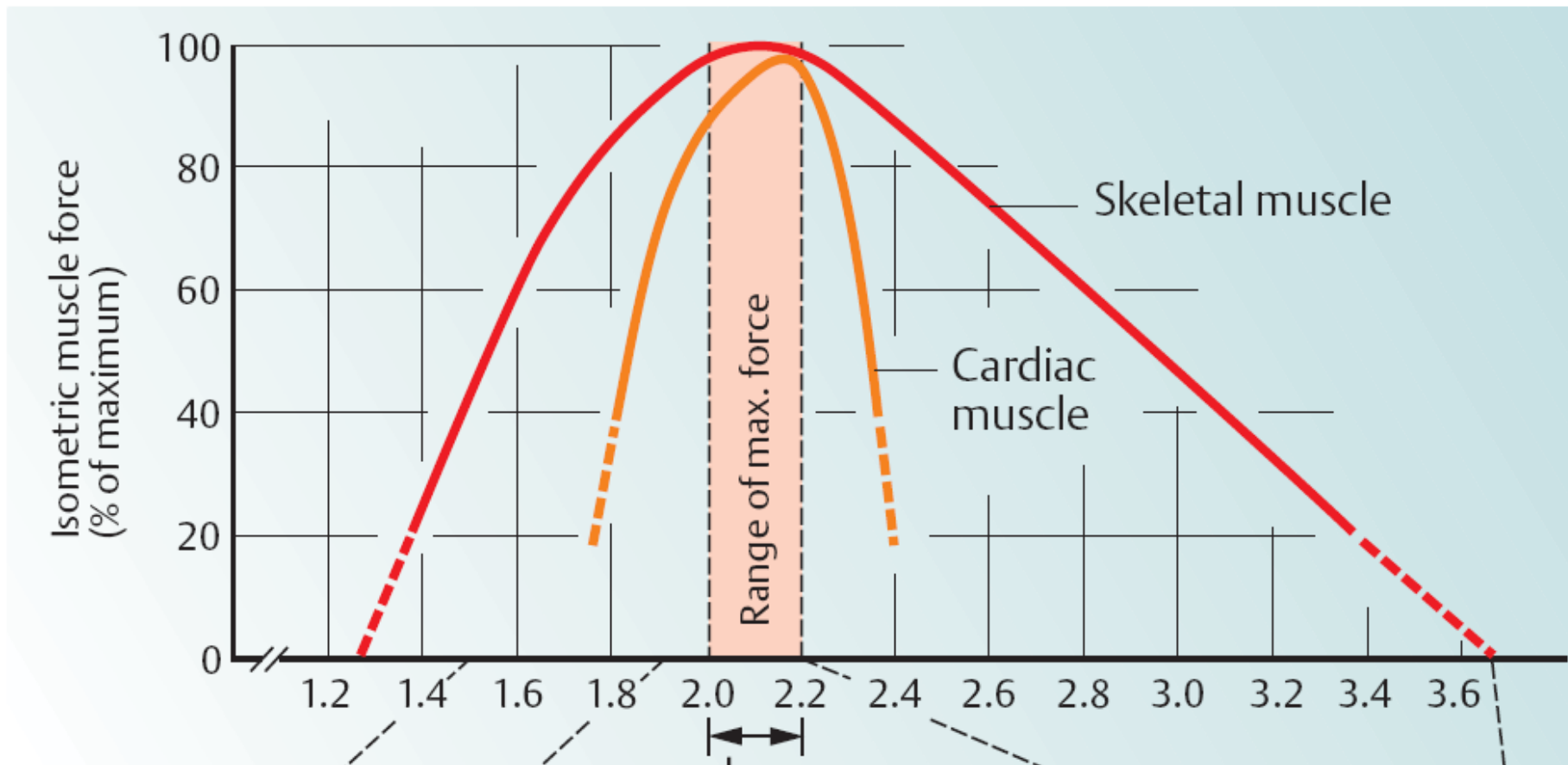




# Typy stahu

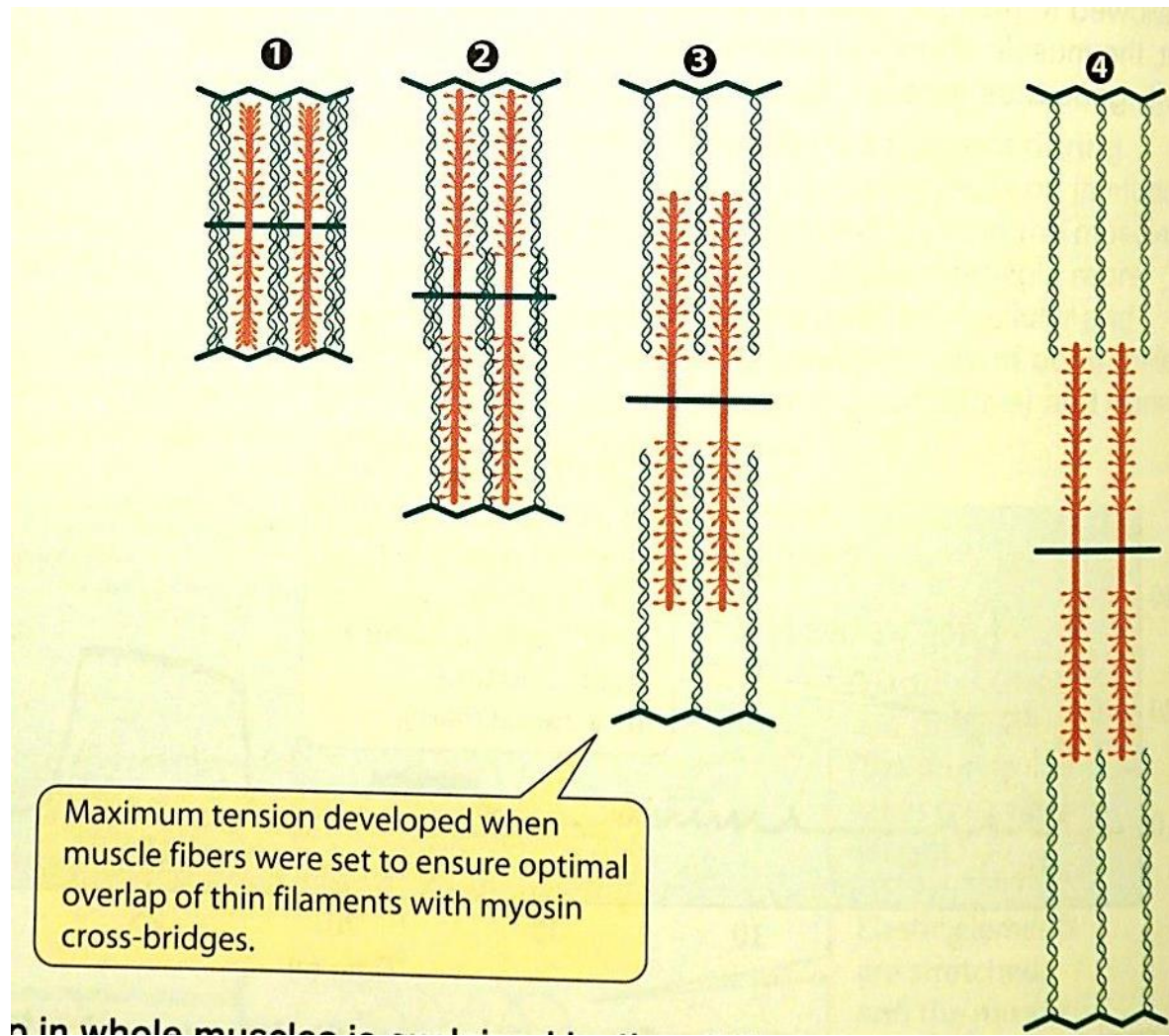
Největší sílu u izometrické kontrakce má sval uprostřed délky sarkomery

## C. Isometric muscle force relative to sarcomere length



# Typy stahu

Největší sílu u izometrické kontrakce má sval uprostřed délky sarkomery





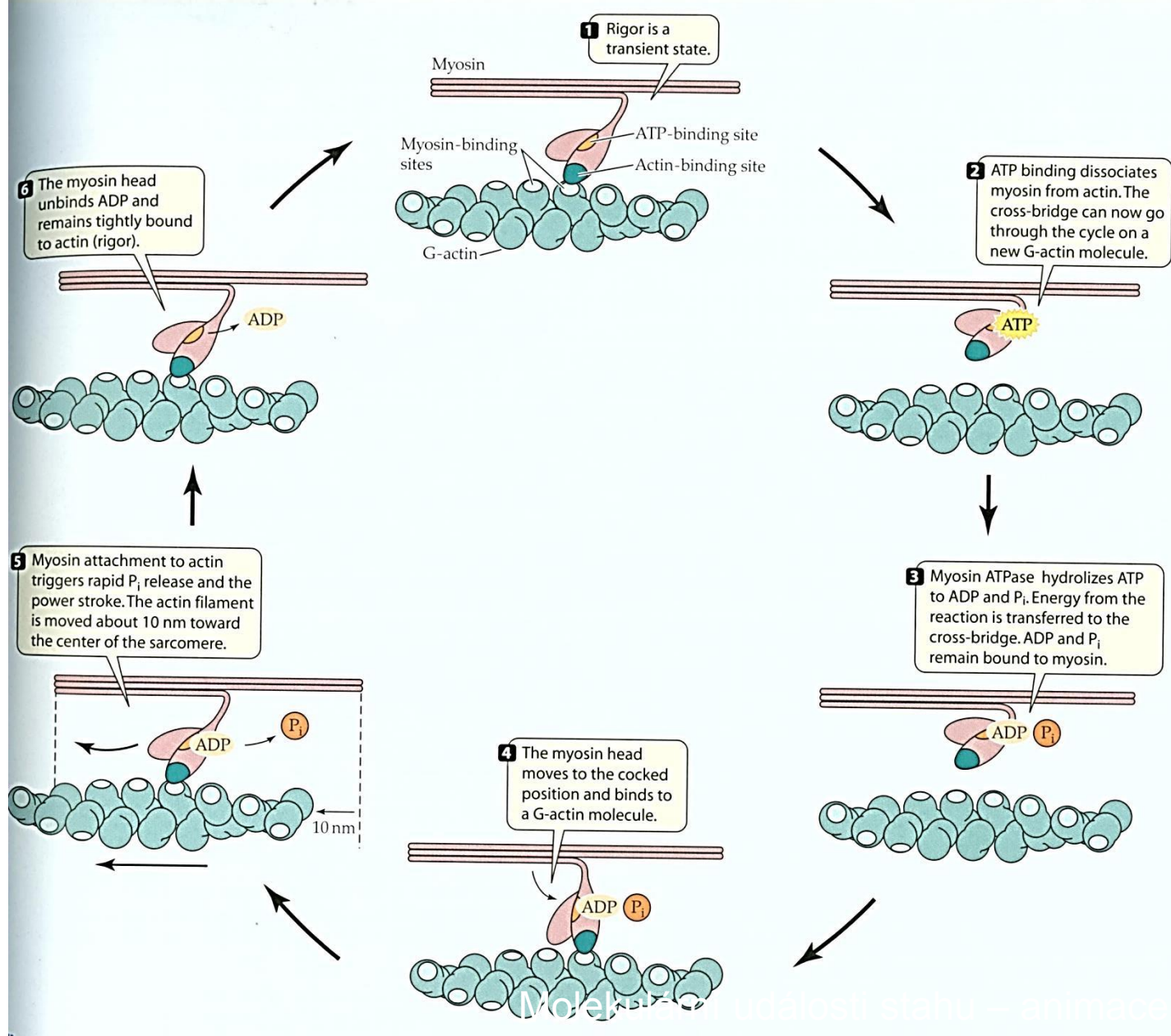
# Cyklus stahu a úloha ATP

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, hydrolyzuje ATP. Energie ATP vztyčí hlavu.

Setkání A a M uvolní  $P_i$  a sklápí se hlava. 10nm posun

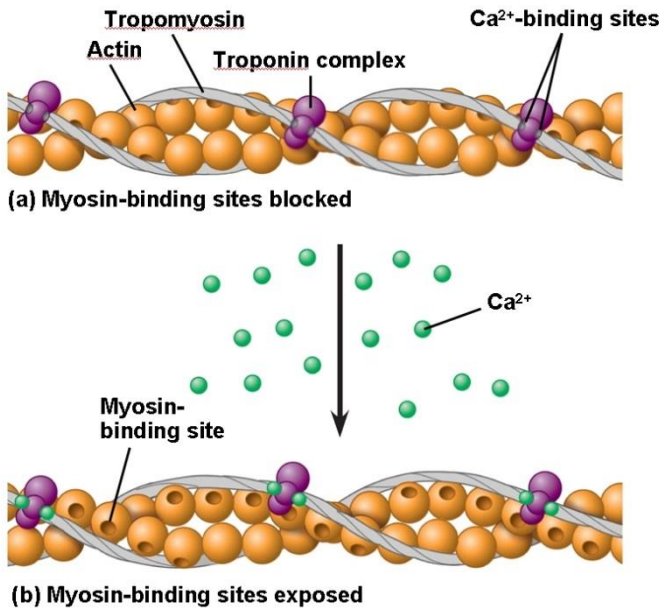
ADP se odpojí, ale A a M zůstávají vázani



# Ca spouští interakci myosinu s aktinem

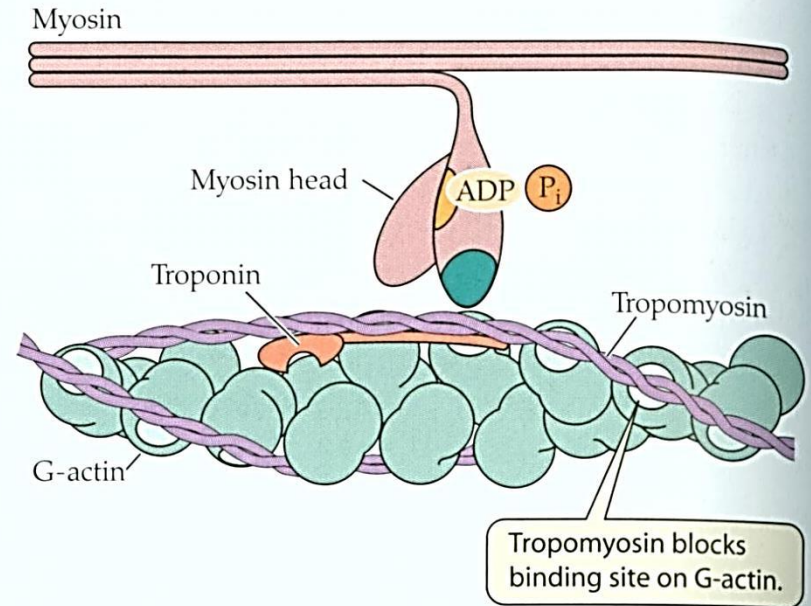
## Vápník iniciuje setkání Myosinu s Aktinem

Fig. 50-28

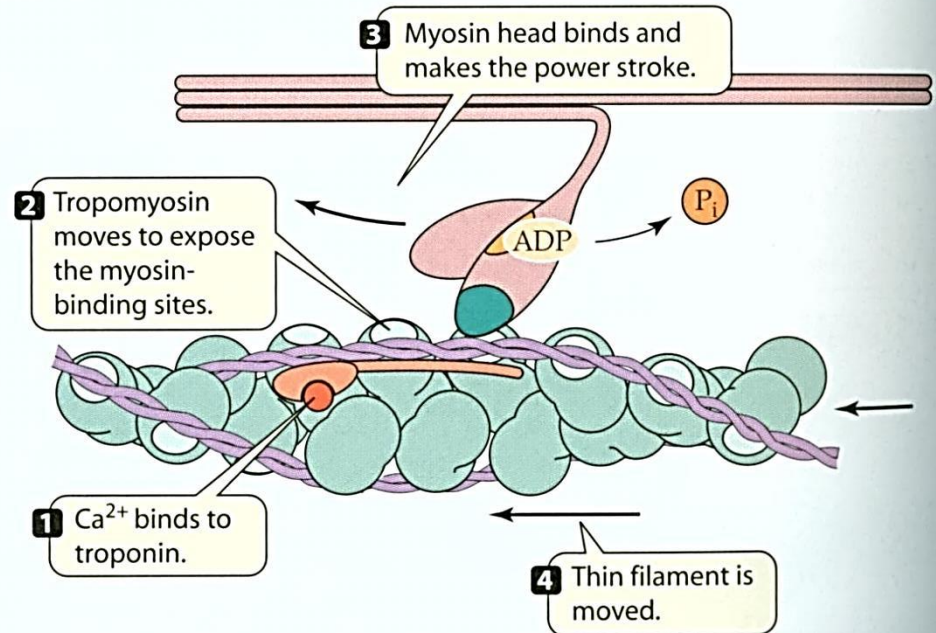


Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

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

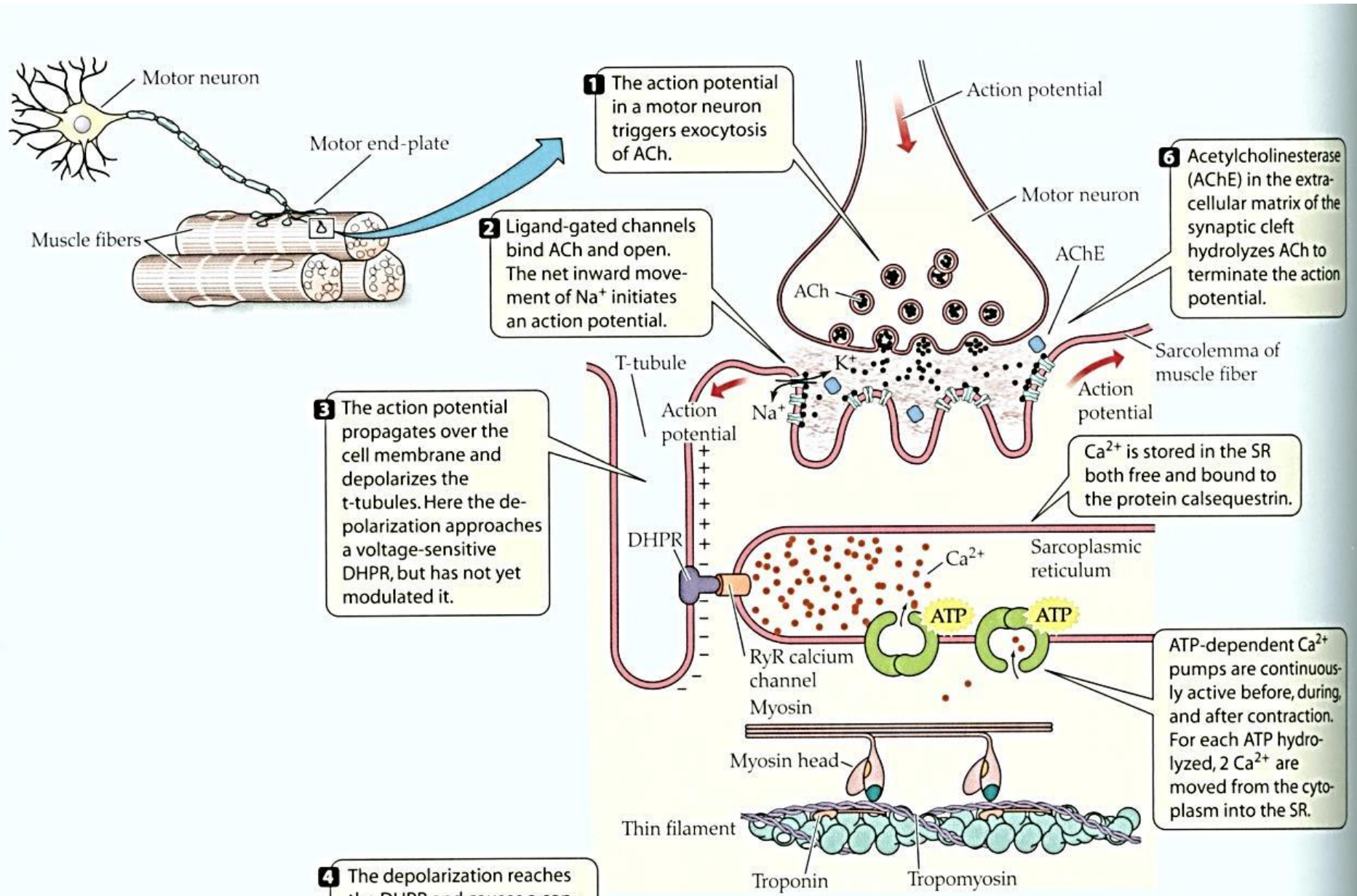


(b)  $\text{Ca}^{2+}$  ions released from the sarcoplasmic reticulum



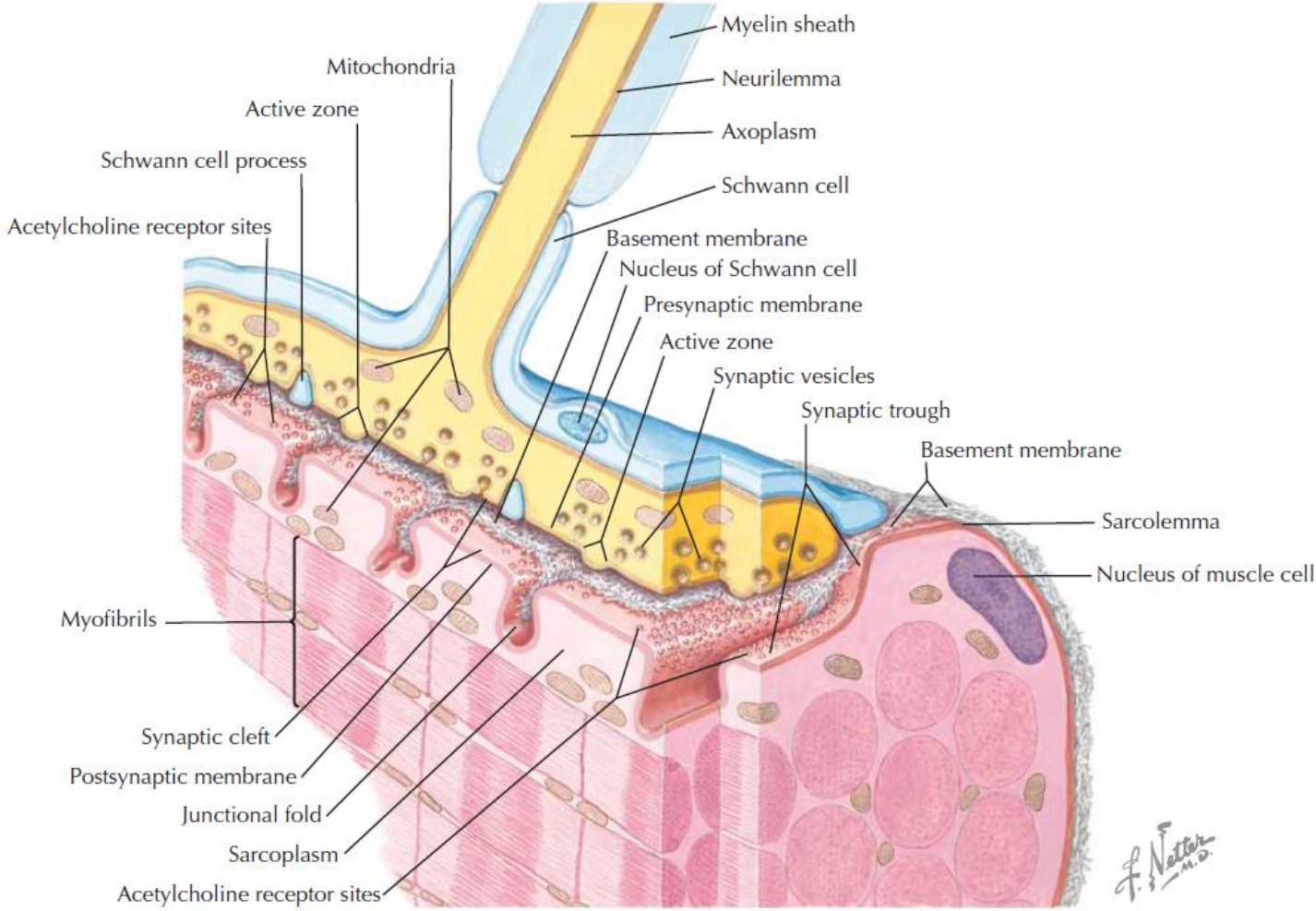


# Spřažení excitace a kontrakce kosterního svalu



# Spřažení excitace a kontrakce kosterního svalu

## Nervosvalová ploténka:





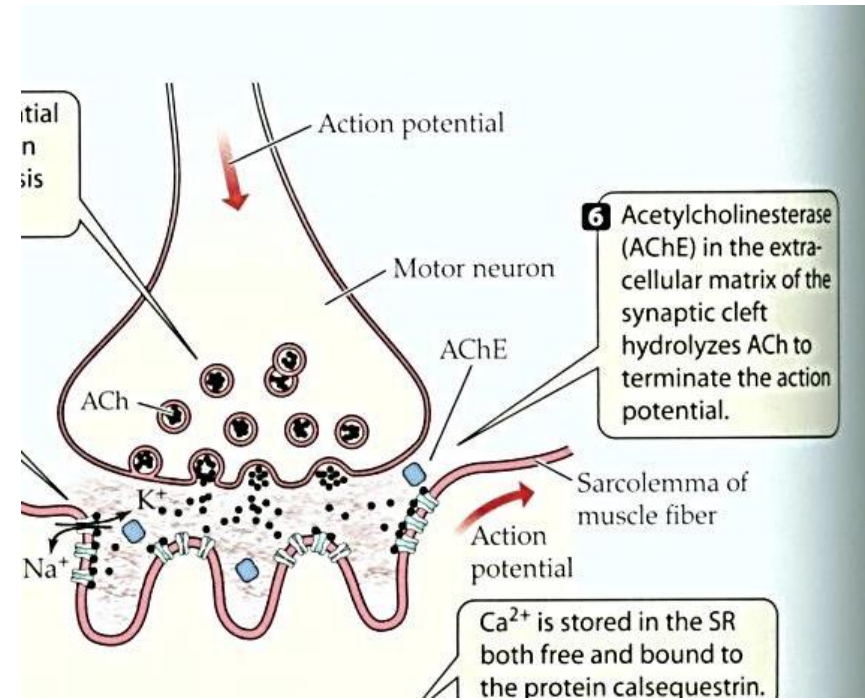
# Spřažení excitace a kontrakce kosterního svalu

**Nervosvalovou ploténku může zablokovat:**

Kurare, hadí jedy – kompetitivní inhibice receptorů

Pesticidy – blokáda AChE

Botulin – rozpad proteinů vezikulární exocyt.



**Ionotropní řízení:  
Nervosvalová ploténka**

# Spřažení excitace a kontrakce

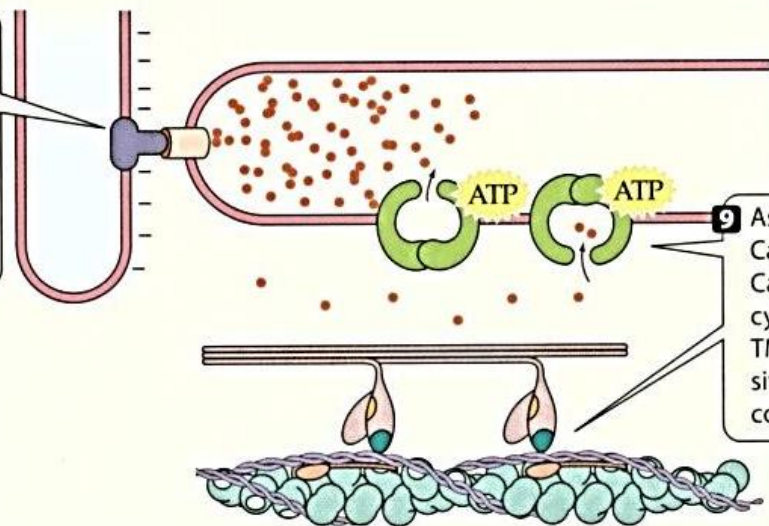
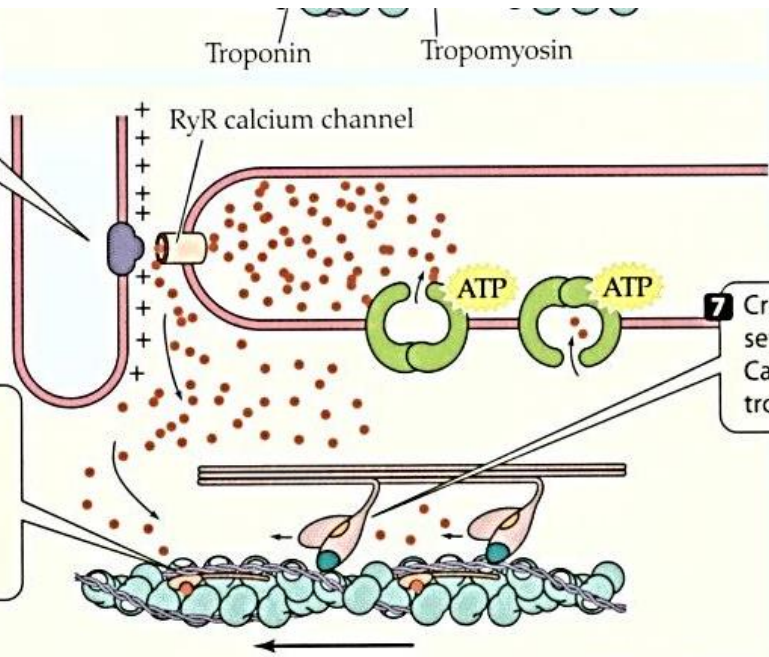
**4** The depolarization reaches the DHPR and causes a conformational change that opens a RyR calcium channel of the SR.  $Ca^{2+}$  diffuses out of the SR into the cytoplasm.

**5**  $Ca^{2+}$  ions bind to troponin (TN), and tropomyosin (TM) moves to expose myosin-binding sites on actin.

**7** Cross-bridges go through several cycles as long as  $Ca^{2+}$  remains bound to troponin.

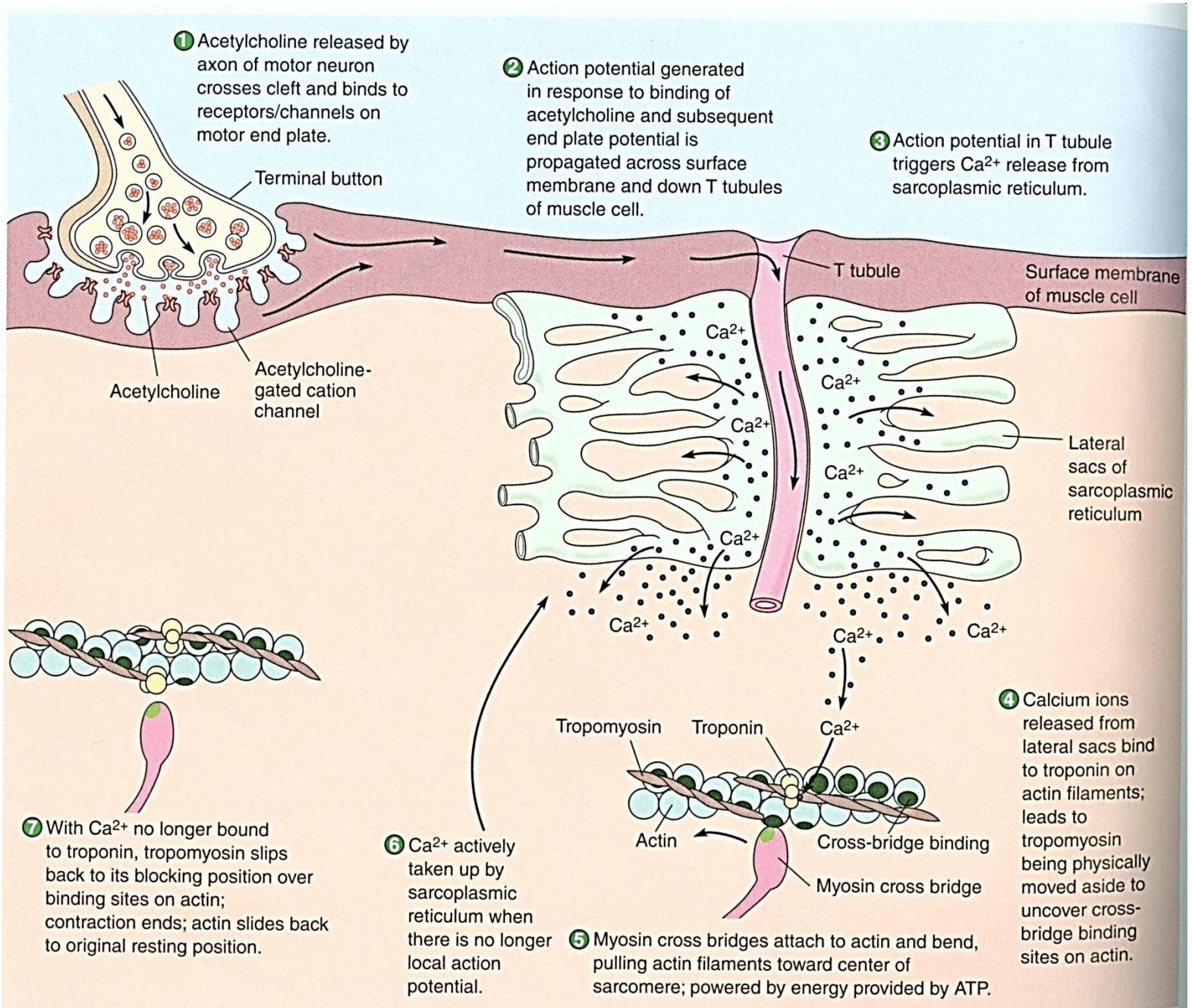
**8** Once the wave of depolarization ceases, the DHPRs return to their original conformation, and the RyR  $Ca^{2+}$  channels close.

**9** As the ATP-dependent  $Ca^{2+}$  pumps decrease the  $Ca^{2+}$  concentration in the cytoplasm,  $Ca^{2+}$  leaves TN, TM blocks myosin binding sites on actin, and contraction ends.

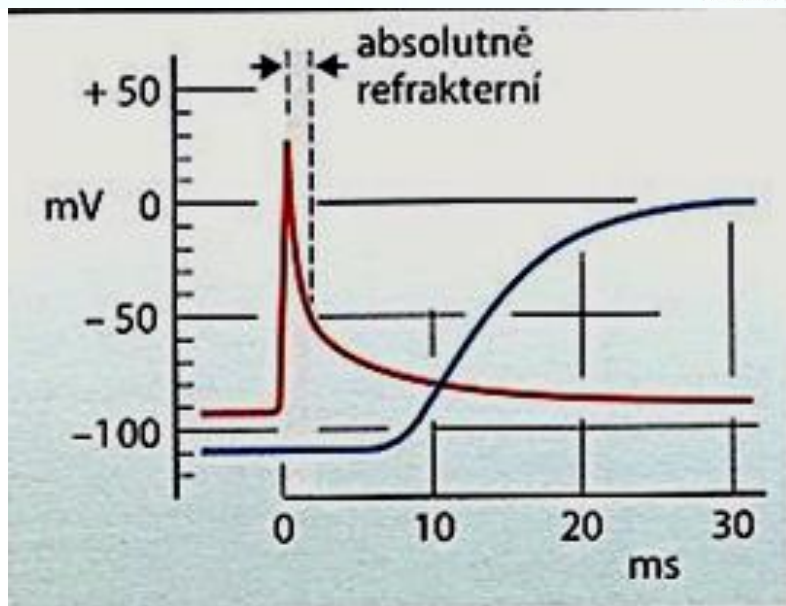
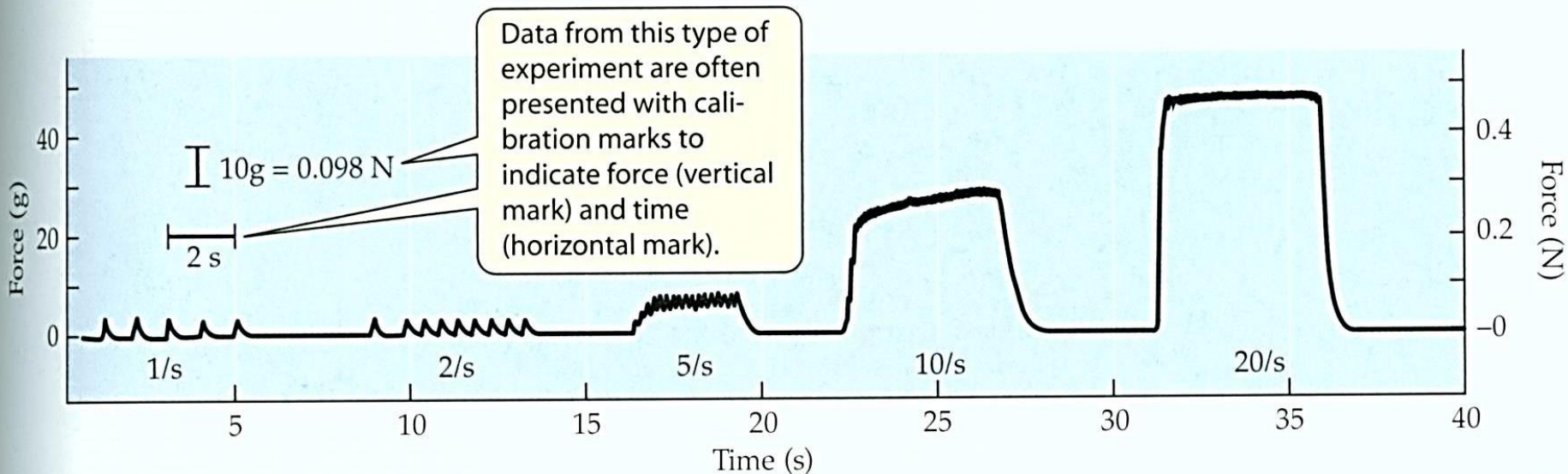


...raction coupling is  
...ons of the transverse  
...rcoplasmic reticulum  
...E, acetylcholinesterase;  
...D, D, ...





# Odstupňování stahu – časová sumace



**Vyšší frekvence AP udrží sval v trvalém stahu – hladký tet.**

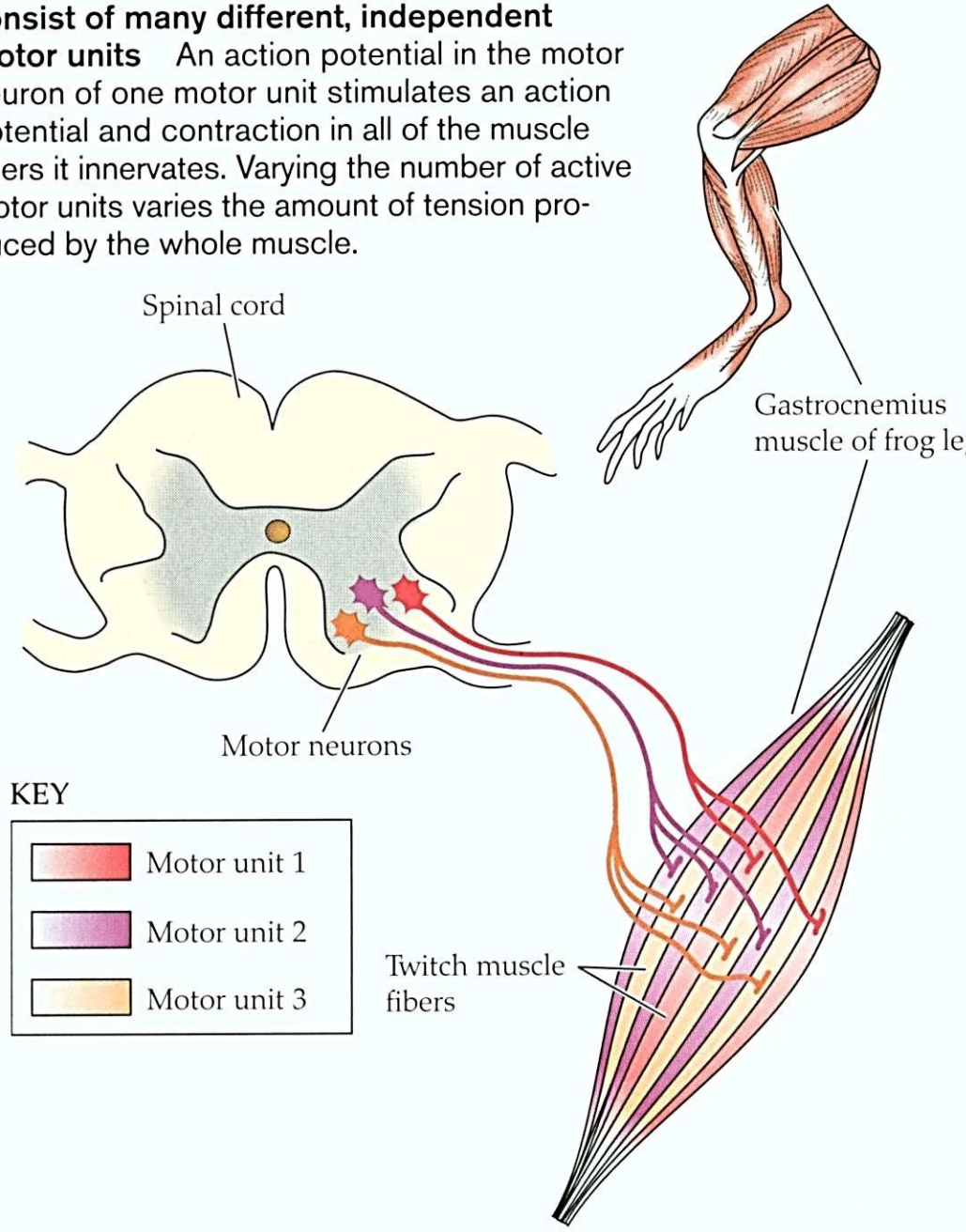
**Další zvyšování  $f$  zvýší sílu stahu – čas. sumace**



# Motorické jednotky a odstupňování stahu – prostorová sumace

V pracujícím svalu se zapíná  
více či méně motorických  
jednotek.  
Tzv. nábořem se odstupňuje  
síla stahu

**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.

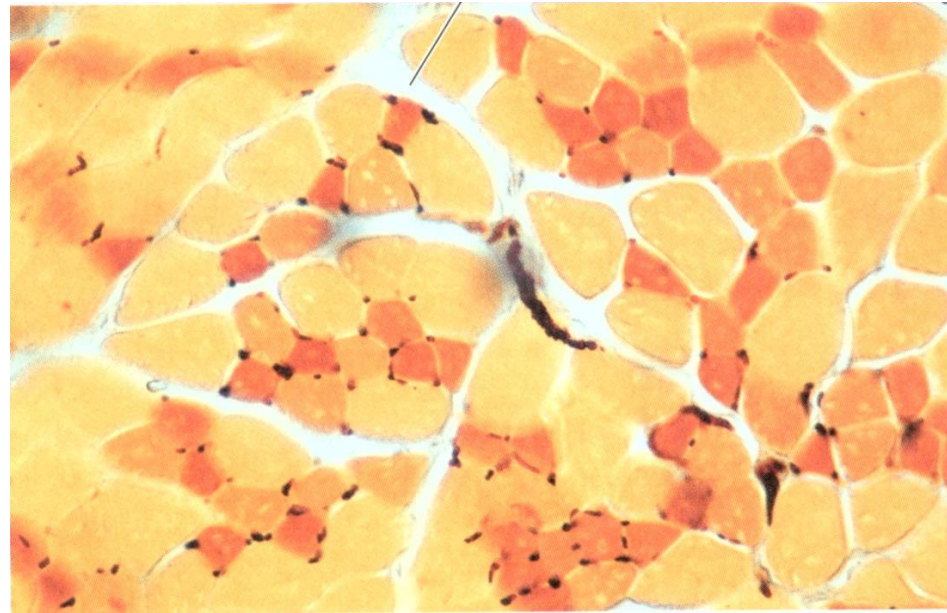




# Druhy kosterní svaloviny

U savců 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**



# Druhy kosterní svaloviny - srovnání

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

# Druhy kosterní svaloviny - srovnání

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



# Druhy kosterní svaloviny - srovnání

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

# Druhy kosterní svaloviny - srovnání

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

# Druhy kosterní svaloviny - srovnání

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



# Druhy kosterní svaloviny - srovnání

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

# Druhy kosterní svaloviny - srovnání

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

# Druhy kosterní svaloviny - srovnání

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



# Druhy kosterní svaloviny - srovnání

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

# Druhy kosterní svaloviny - srovnání

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

# Druhy kosterní svaloviny - srovnání

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



# Druhy kosterní svaloviny - srovnání

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

# Druhy kosterní svaloviny - srovnání

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

# Druhy kosterní svaloviny - srovnání

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

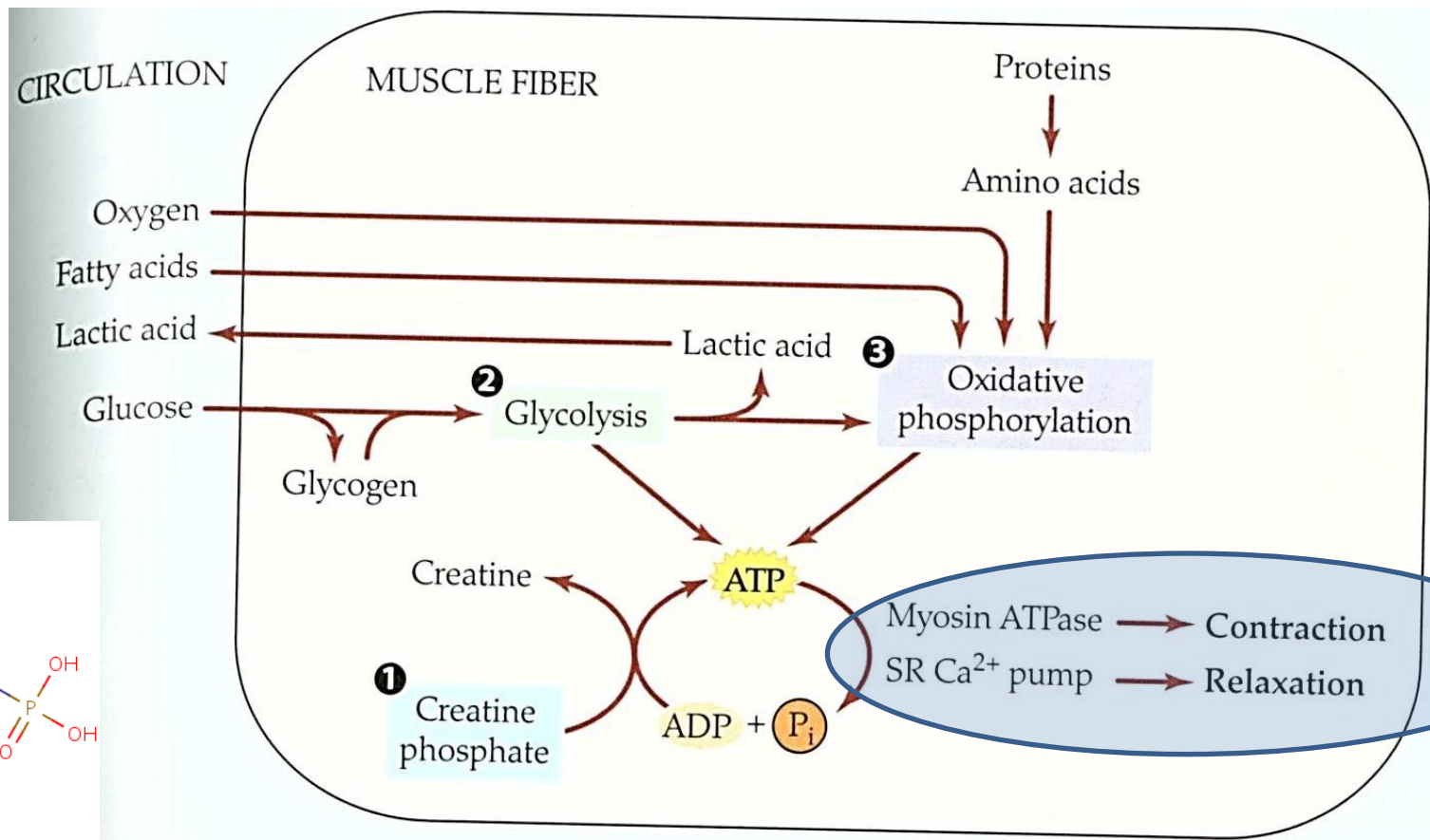
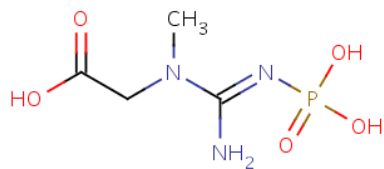


# Druhy kosterní svaloviny - srovnání

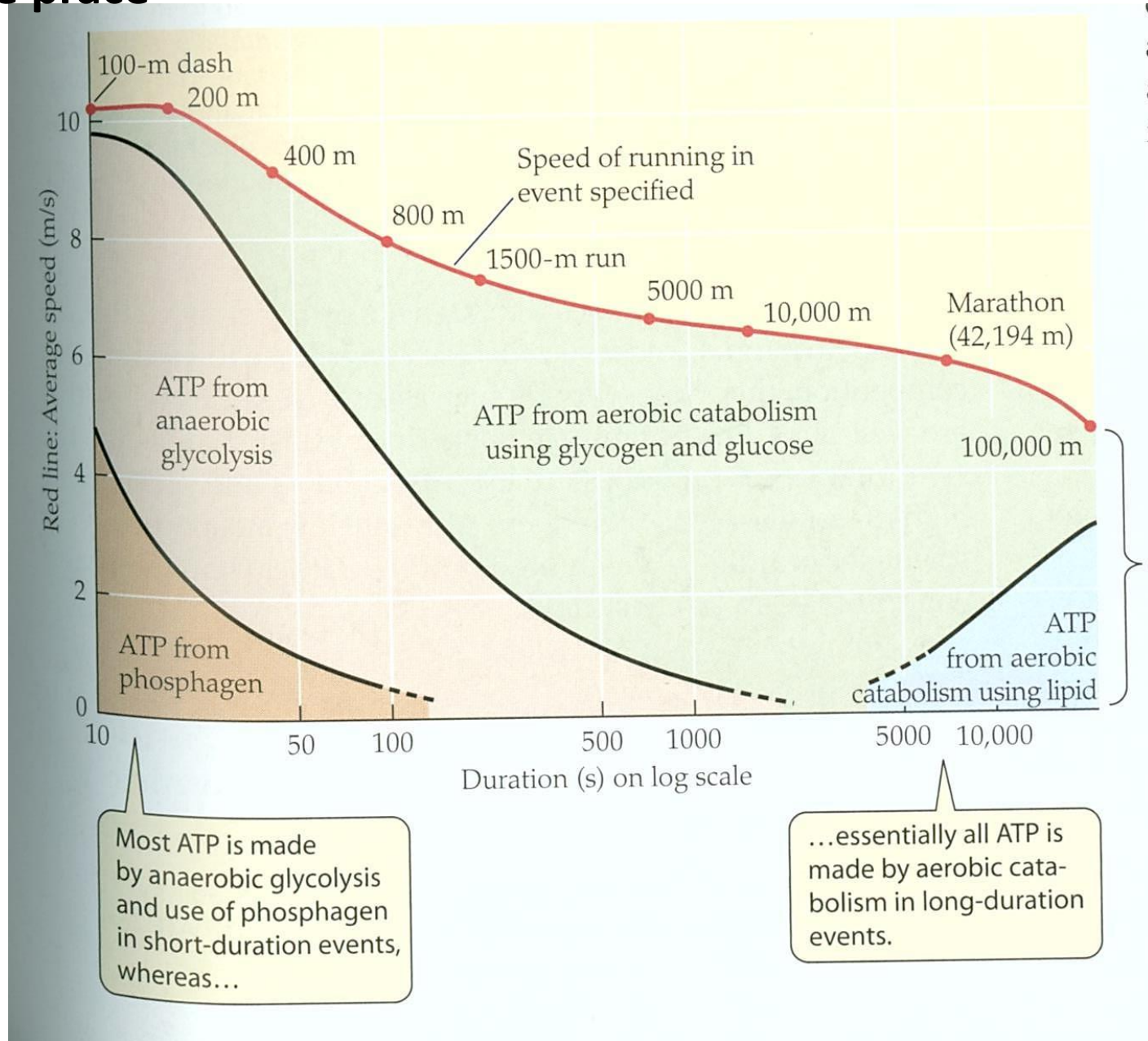
	Slow oxidative (SO)	Fast oxidative glycolytic (FOG)	Fast glycolytic (FG)
Myosin ATPase activity	Slow		Fast
Speed to reach peak tension	Slow		Fast
Duration of twitches	Long		Short
Rate of Ca <sup>2+</sup> uptake by sarcoplasmic reticulum	Slow to intermediate		High
Resistance to fatigue	High		Low
Number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

# Zdroje energie svalového stahu

ATP v centru dění – co jej poskytuje a co spotřebovává



# Zdroje energie pracujícího kosterního svalu závisí na době a intenzitě práce



Rychlost a trvání běhu jdou proti sobě

ATP je asi na 10 kont., což je jen asi 1s v klidu  
CP – 50 kontrakcí

Po řadě v čase :  
Zásoba ATP a CP  
Anaerobní glykolýza  
Aerobní cukry  
Aerobní tuky

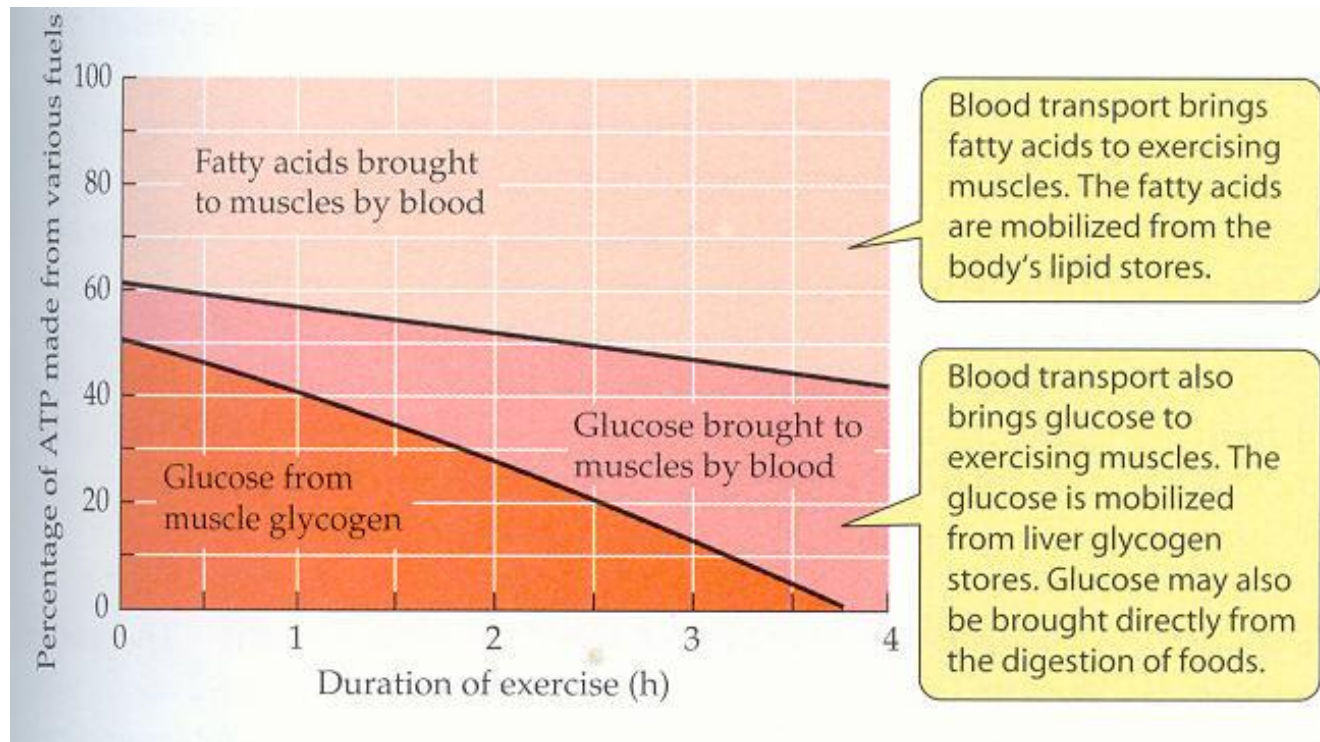
Most ATP is made by anaerobic glycolysis and use of phosphagen in short-duration events, whereas...

...essentially all ATP is made by aerobic catabolism in long-duration events.



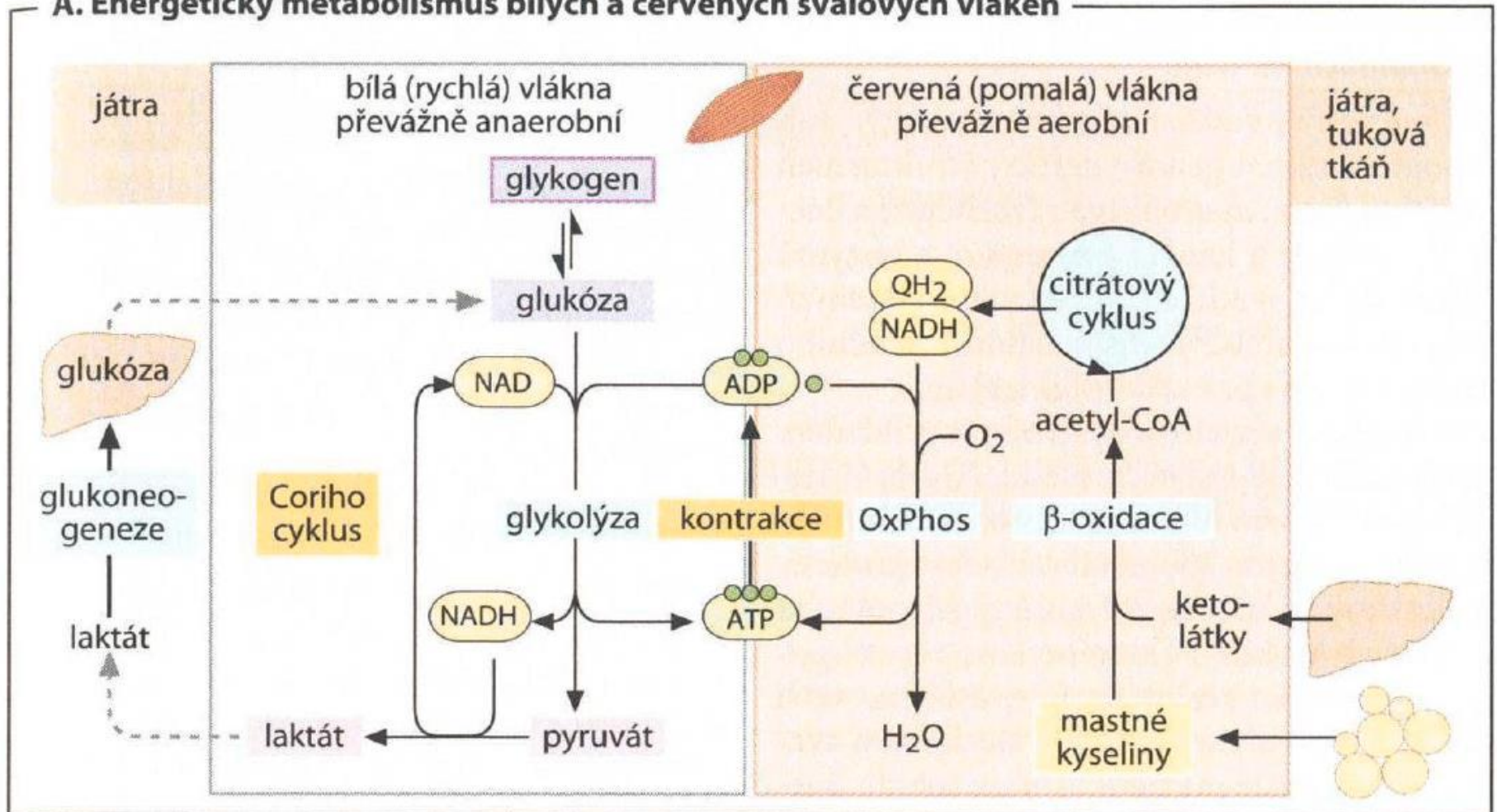
# Zdroje energie pracujícího kosterního svalu závisí na době a intenzitě práce

**Svalový glykogen se vyčerpává a čím dál víc záleží na zásobení krví.**



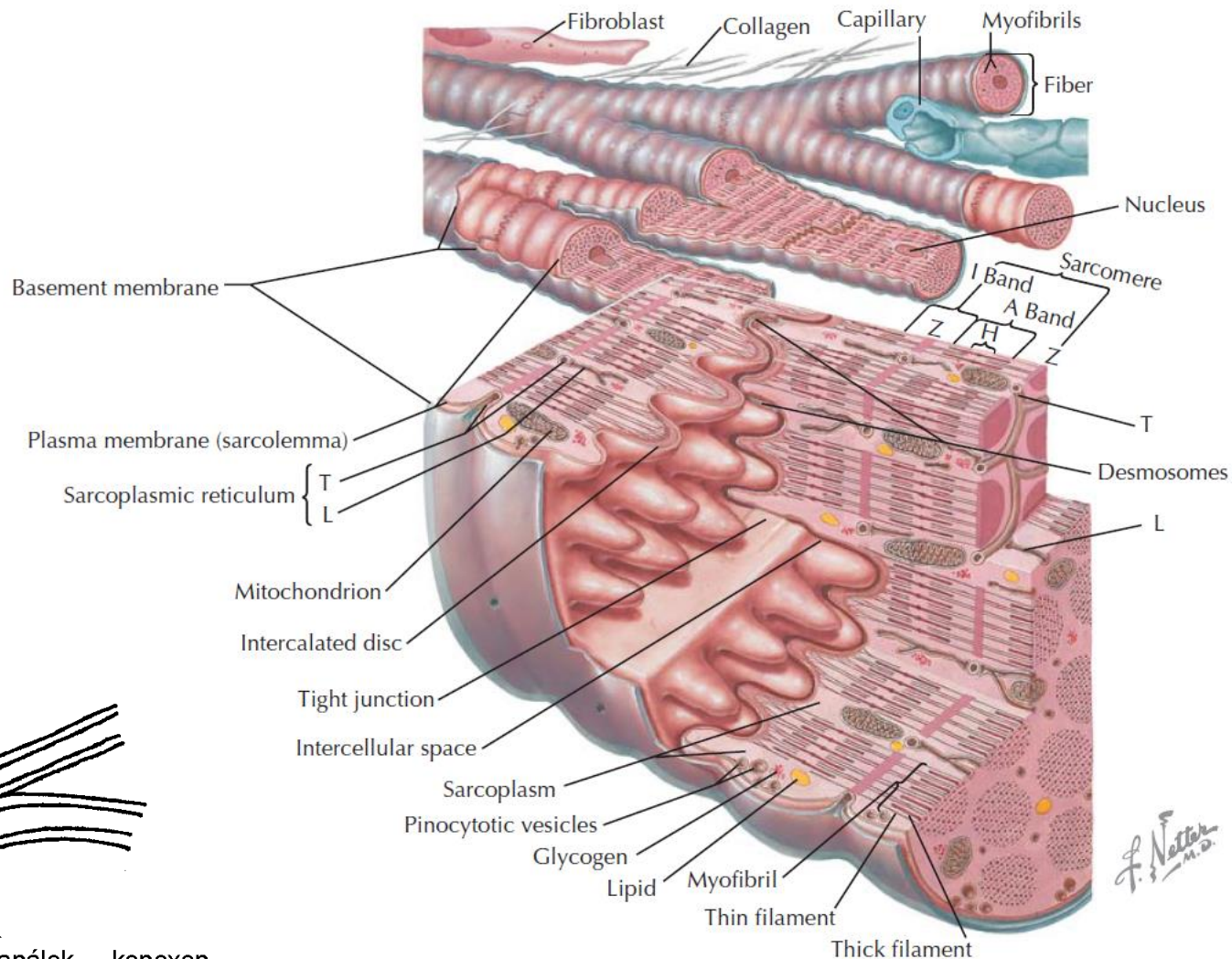
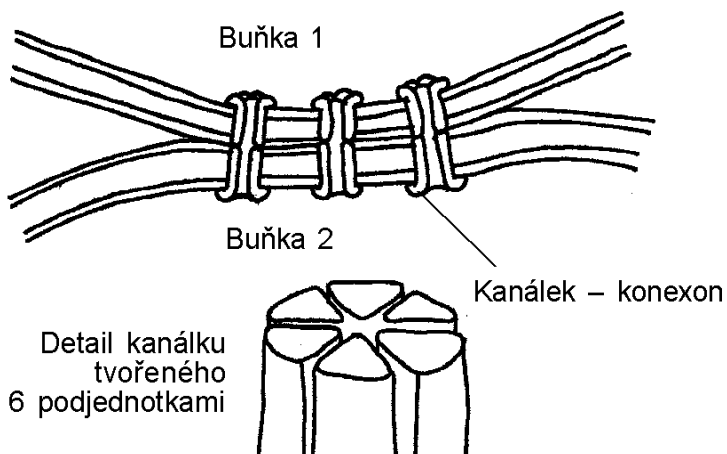
# Červená vlákna mají rezervu kyslíku (myoglobin) Bílá, rychlá vlákna ji nemají a přechází na glykolýzu Potřeba NAD je důvodem vzniku laktátu

## A. Energetický metabolismus bílých a červených svalových vláken



# Srdeční svalovina - myokard

**Interkalární disky  
vodivě propojují do  
jednoho celku.  
Jsou typem gap  
junction  
Tvoří - Syncytium**

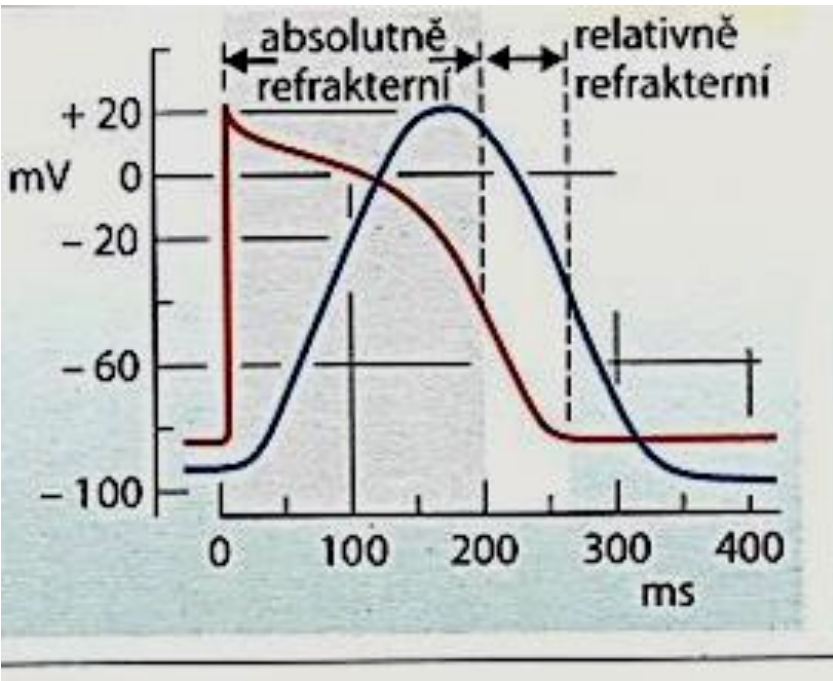


**Možnost odstupňování stahů je omezená –  
Není ani časová ani prostorová sumace**

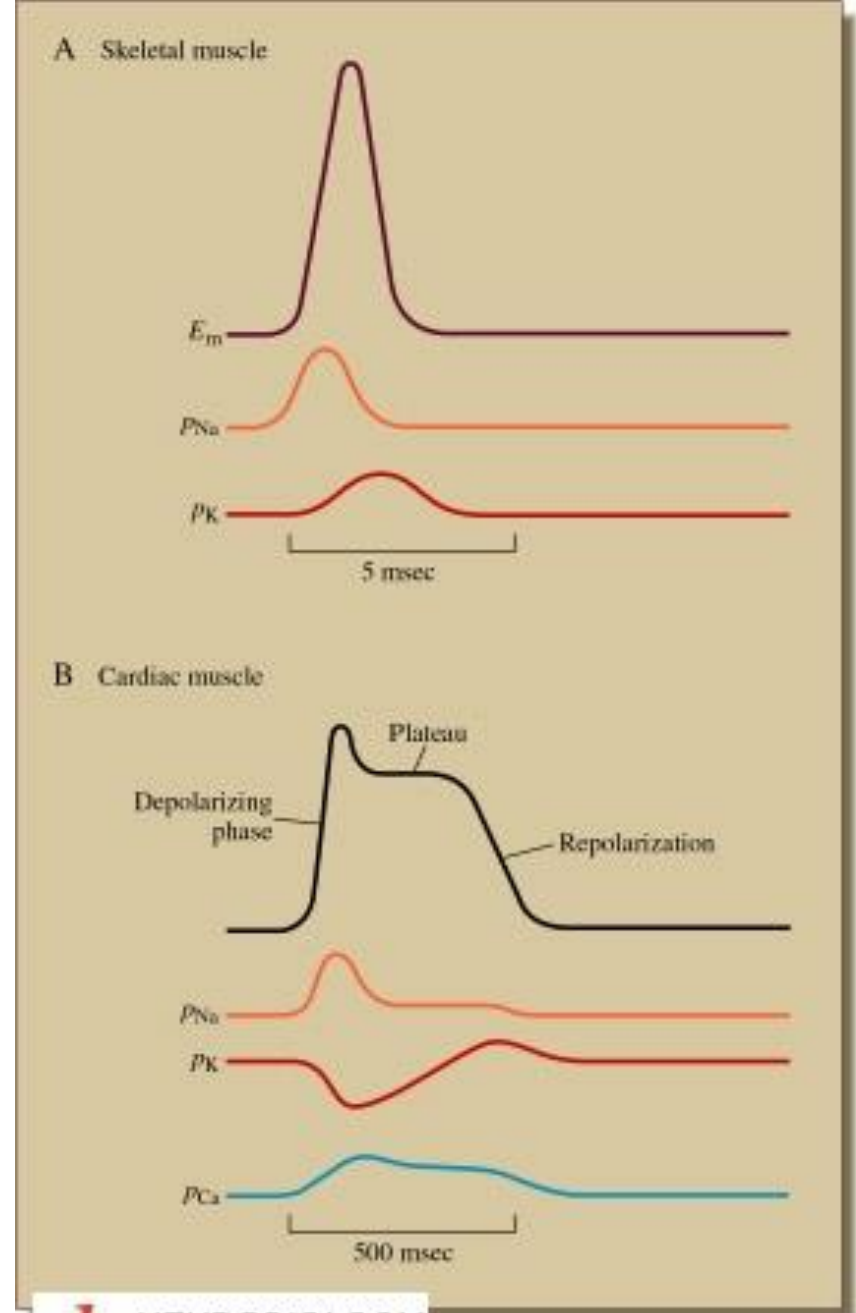


# Ca v myokardu a jeho podíl na tvaru AP

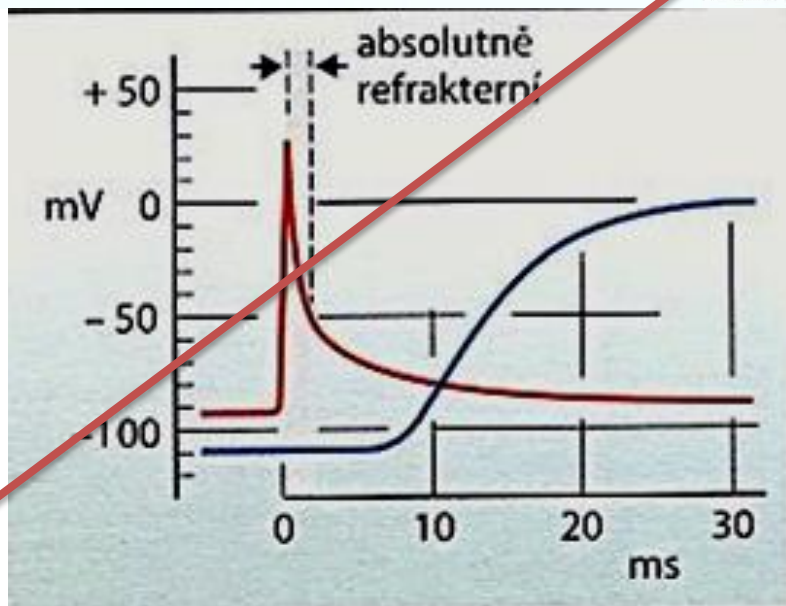
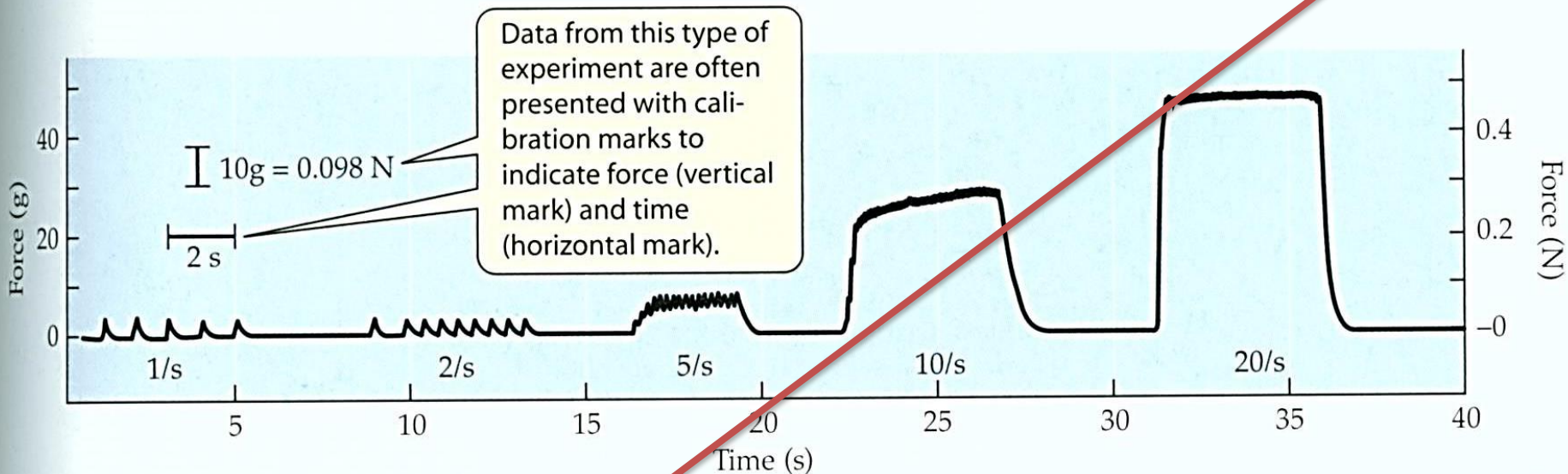
Ca plató – až 500ms trvání



Důsledek dlouhé refrakterní fáze: Nelze fyziologicky vyvolat hladký tetanus



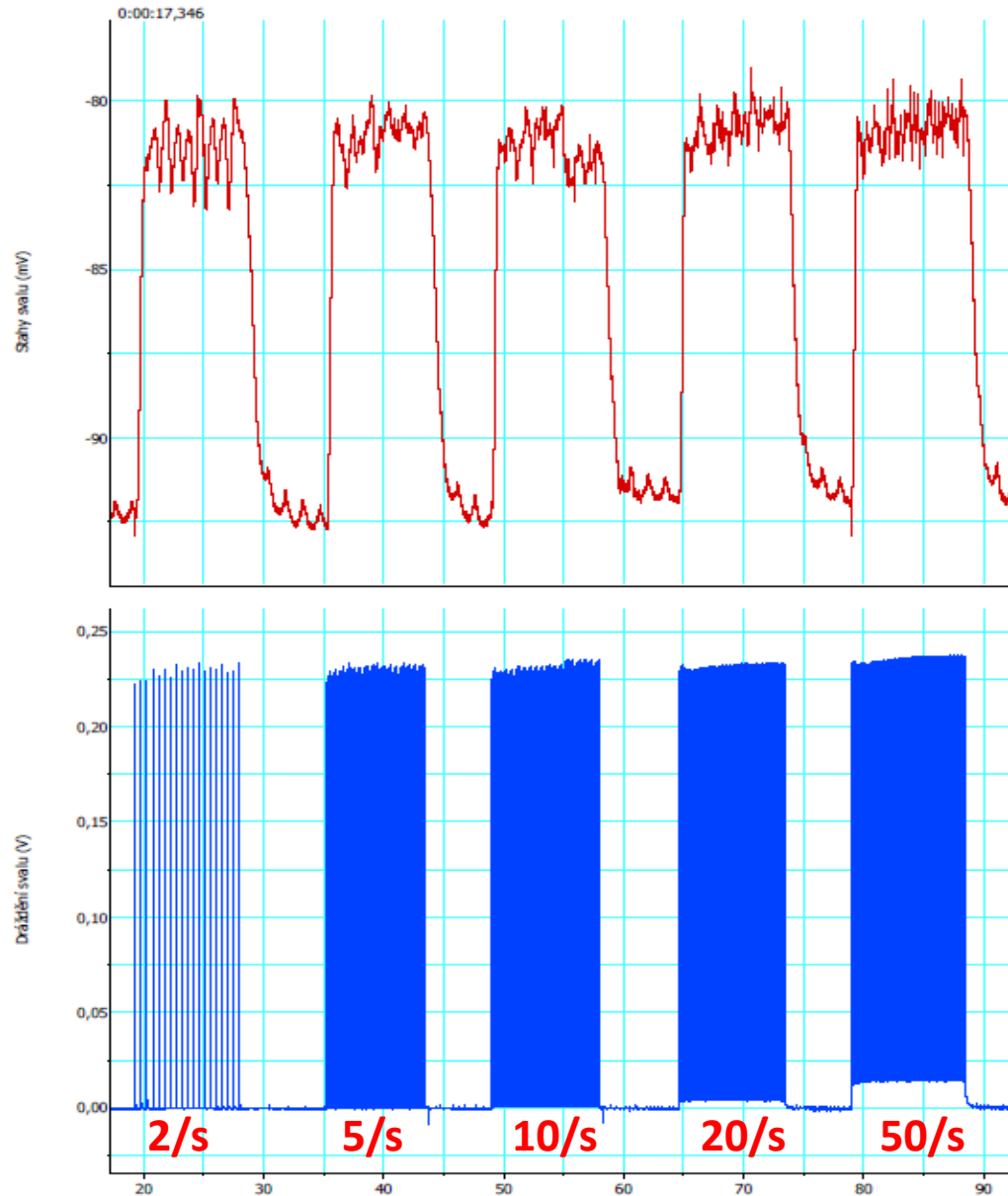
# Odstupňování stahu kosterního svalu – časová sumace



**Vyšší frekvence AP udrží sval v trvalém stahu – hladký tet.**

**Další zvyšování  $f$  zvýší sílu stahu – čas. sumace**

**Srdce nemá hladký tetanus a proto ani časovou sumaci.**





# Srovnání charakteristik 3 základních typů svalů

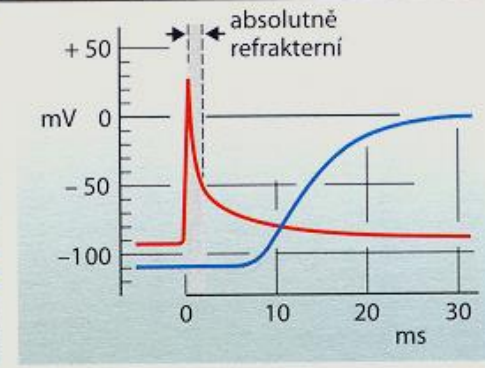
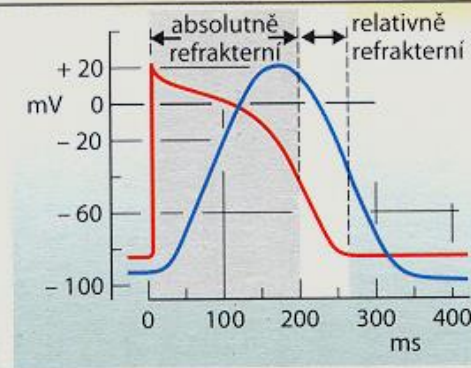
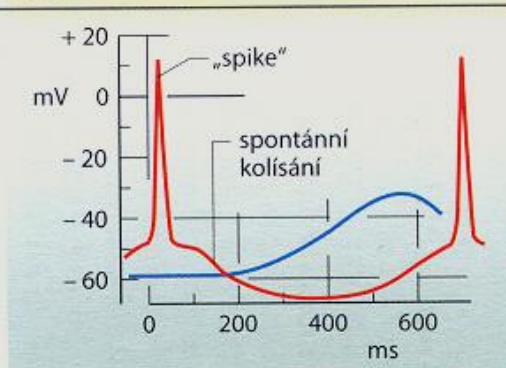
## A. Stavba a funkce hladkého, srdečního a kosterního svalu

### 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	cylinrická, 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

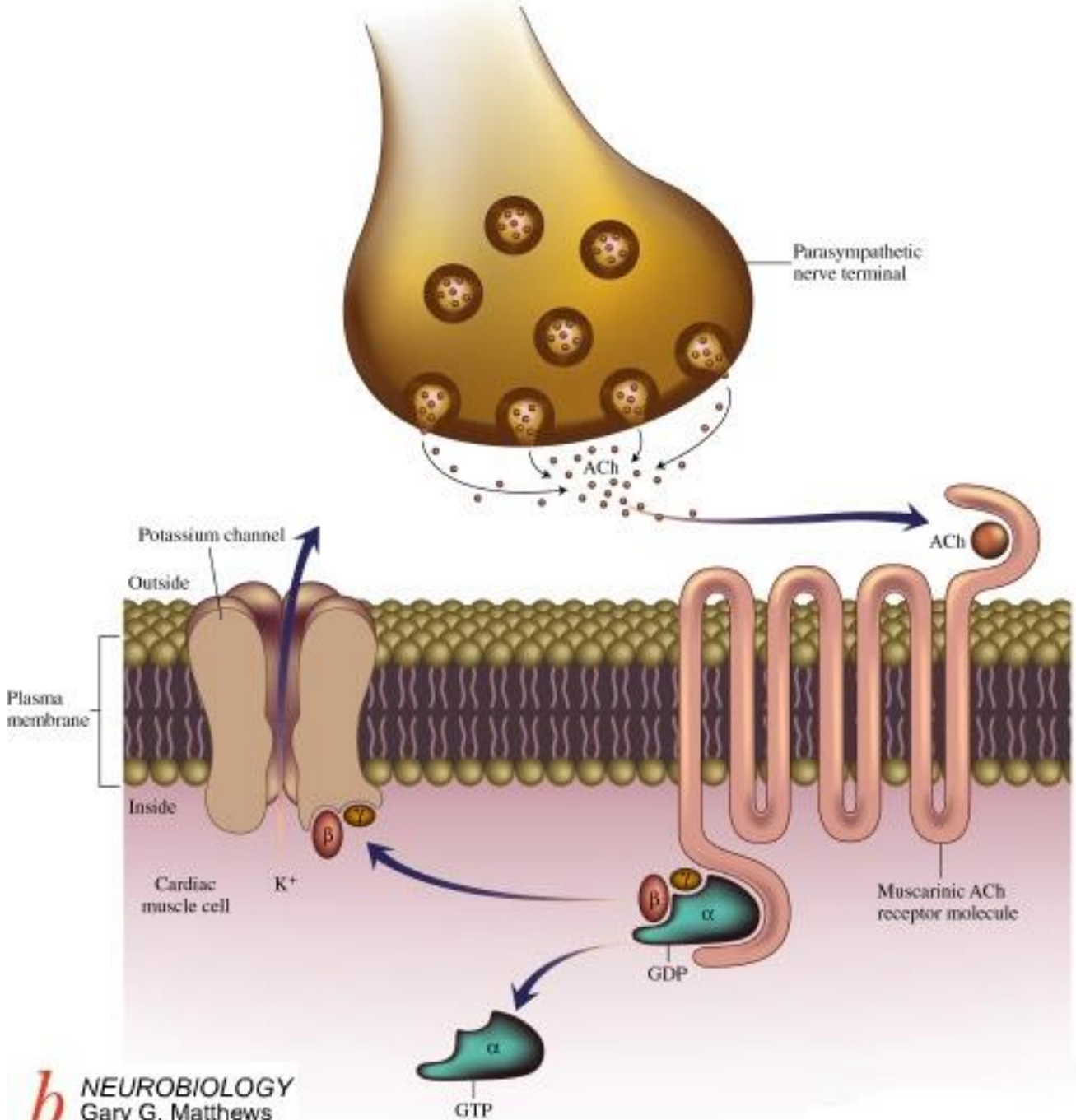
potenciál —  
napětí svalu —



# Parasympatikus na myokardu

Snižuje dráždivost

Ach se váže na muskarinový receptor a přes G-protein otevírá K kanál – hyperpolarizuje membránu

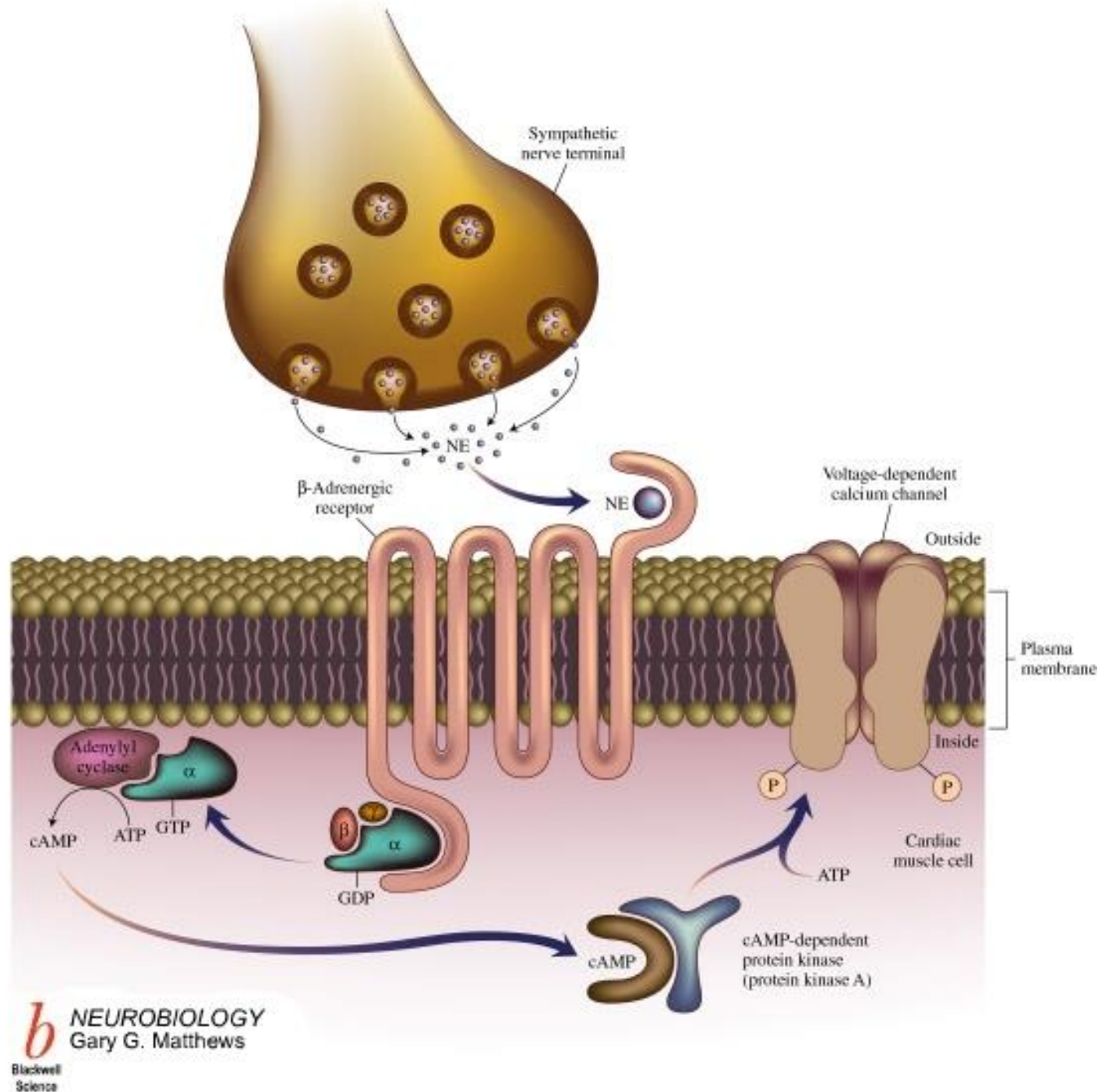




# Sympatikus na myokardu

Zvyšuje  
Dráždivost

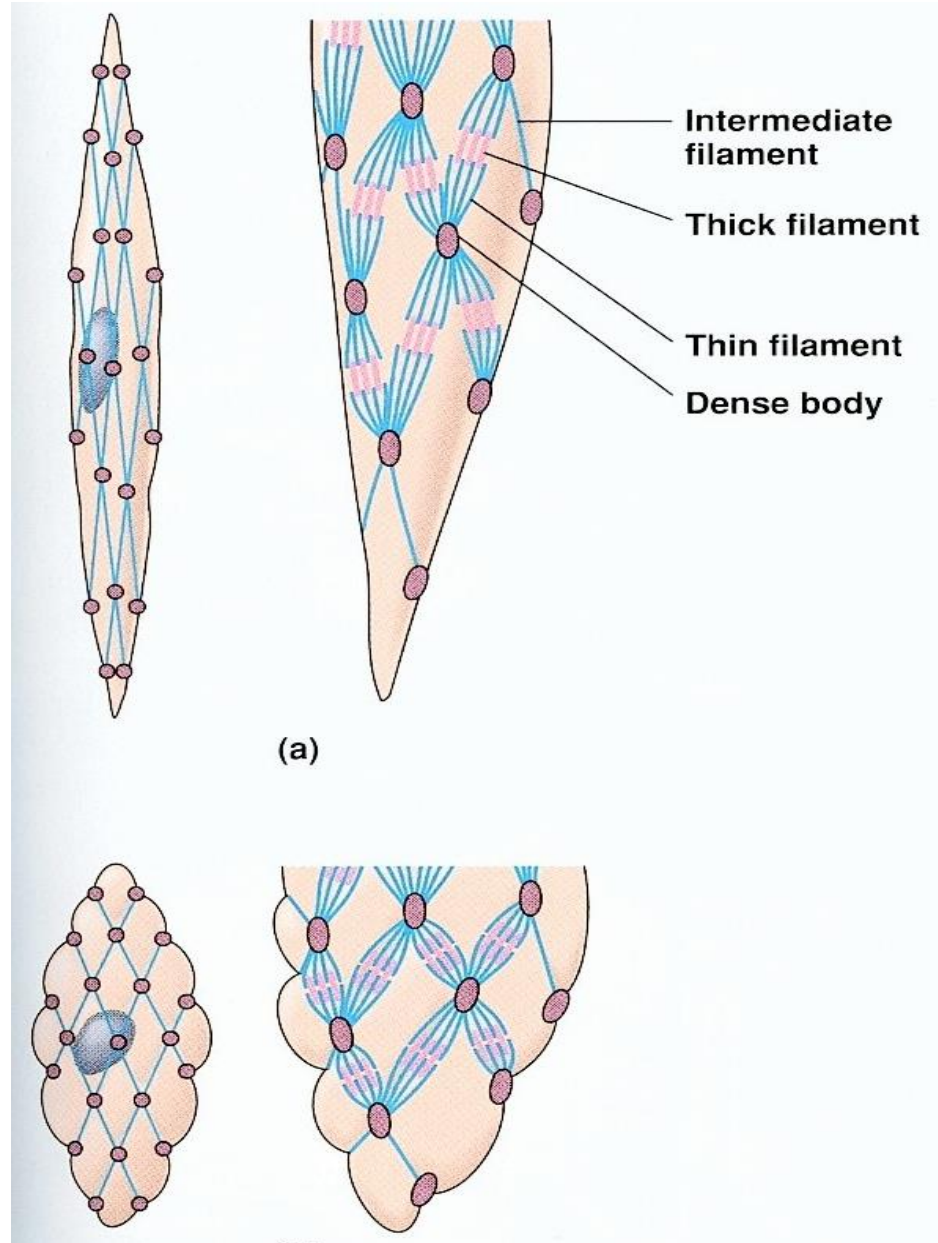
NA se váže na  
adrenergní  
receptor a přes  
G-protein a  
druhého posla  
otevřává Ca kanál  
– depolarizuje  
membránu





# Hladká svalovina

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

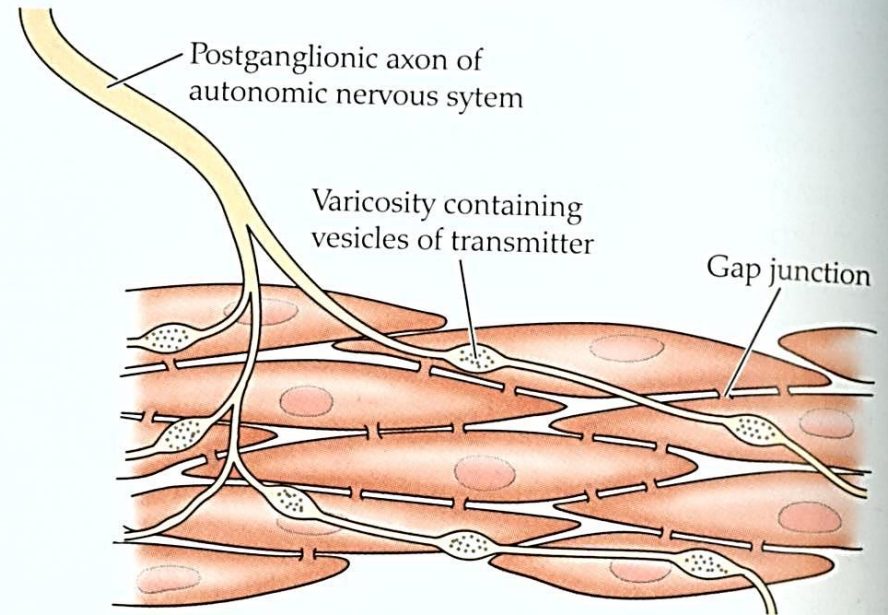


# Hladká svalovina

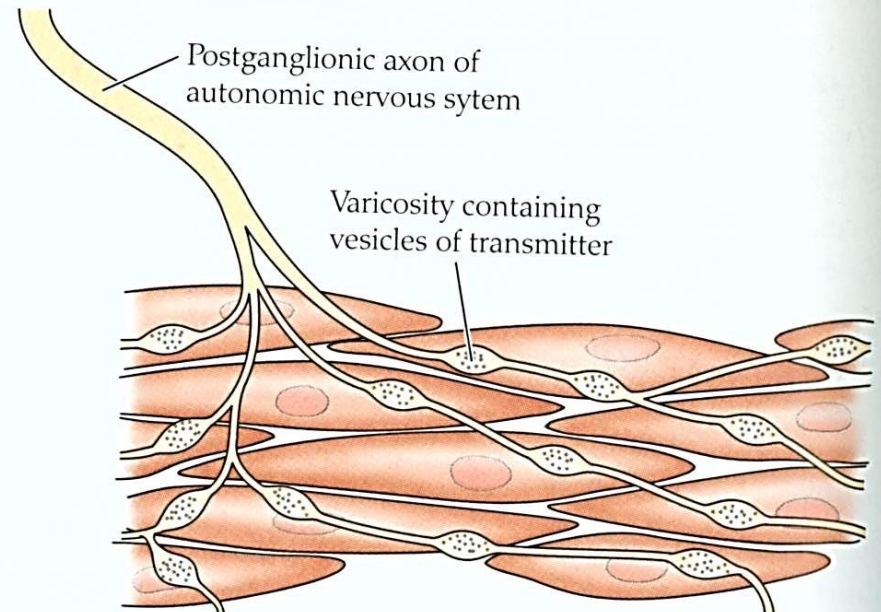
Jednotková (a) a vícejednotková (b) organizace podle propojení gap junction vodivě propojující buňky.

Jednotková potřebuje méně varikosit

(a) Single-unit smooth muscle

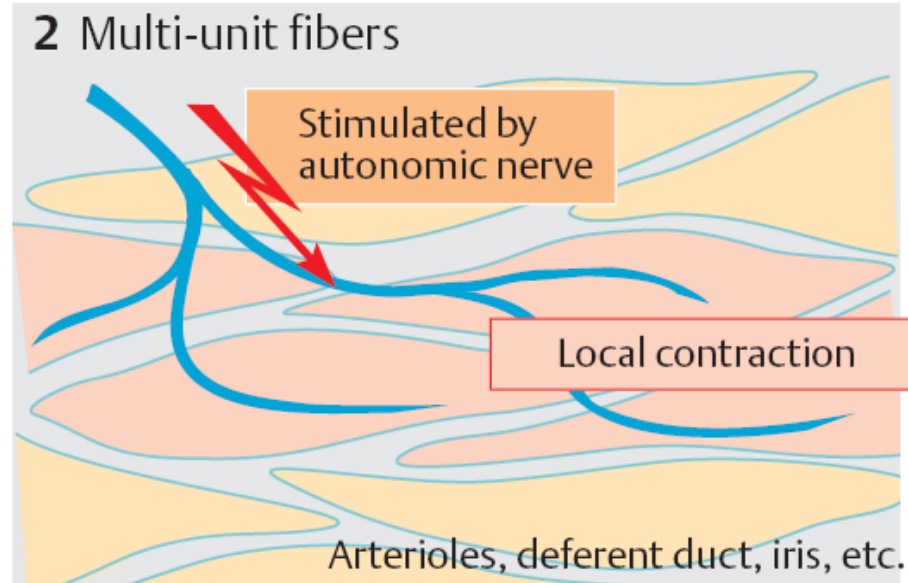
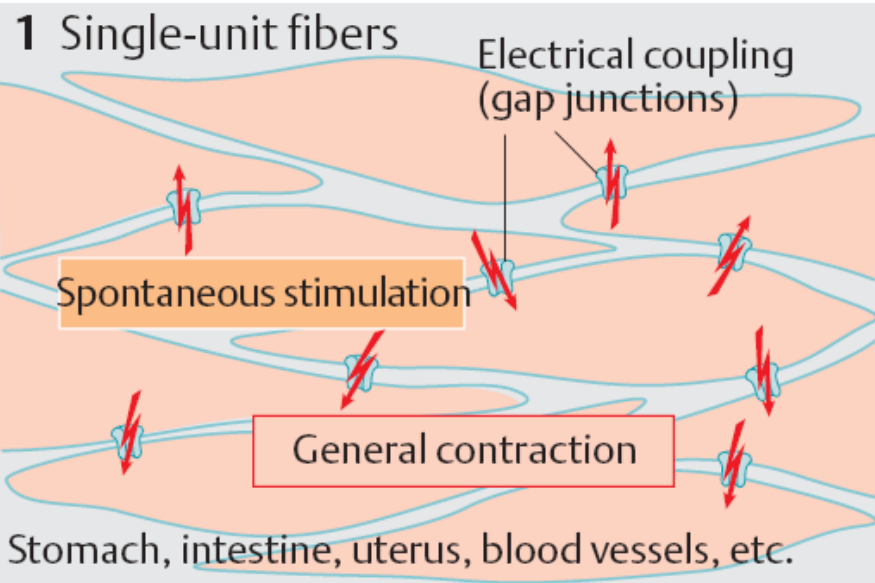


(b) Multiunit smooth muscle



# Hladká svalovina – různé podněty

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



### Stah lze vyvolat:

Nervově

Látkově

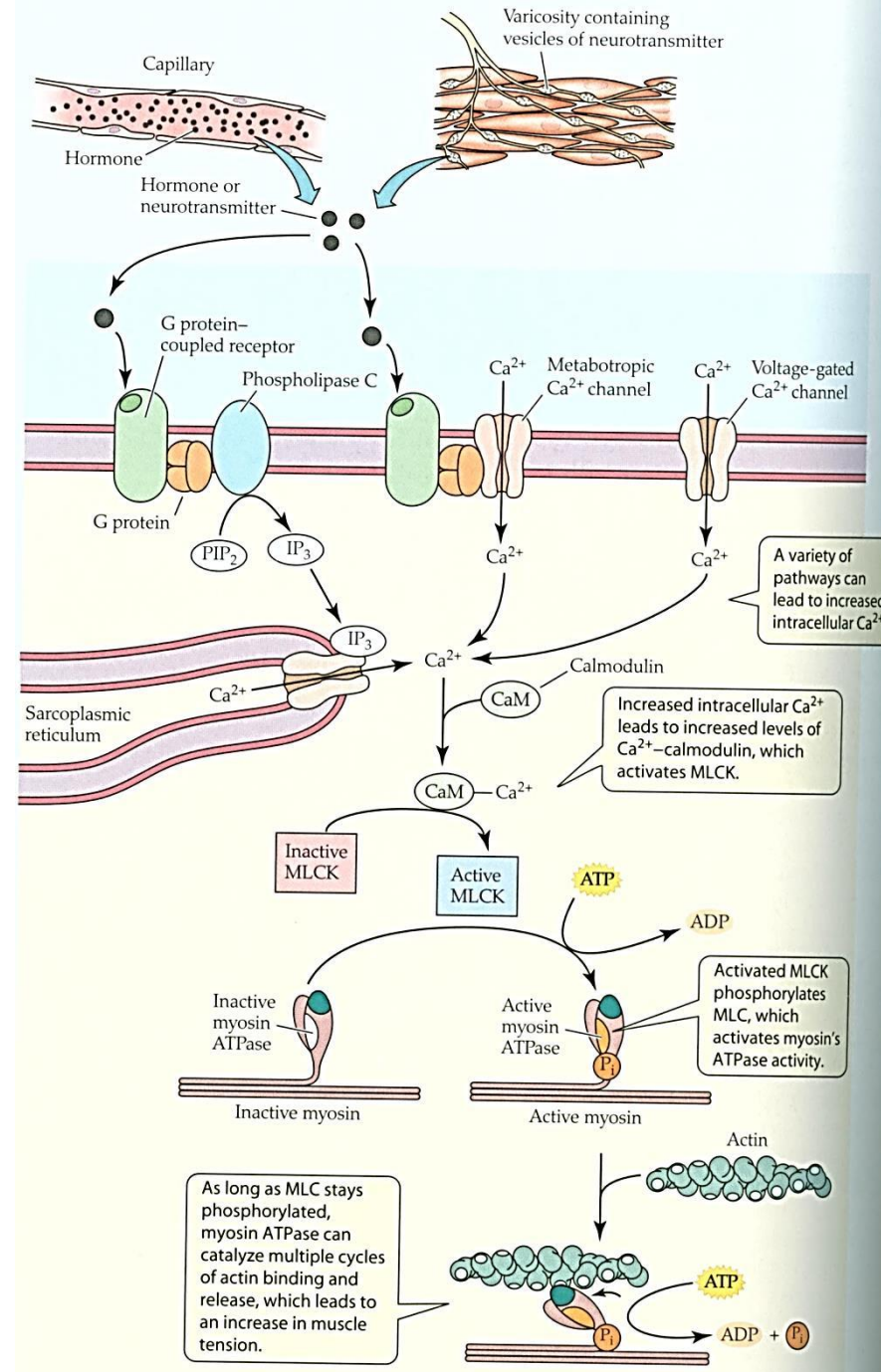
Mechanicky

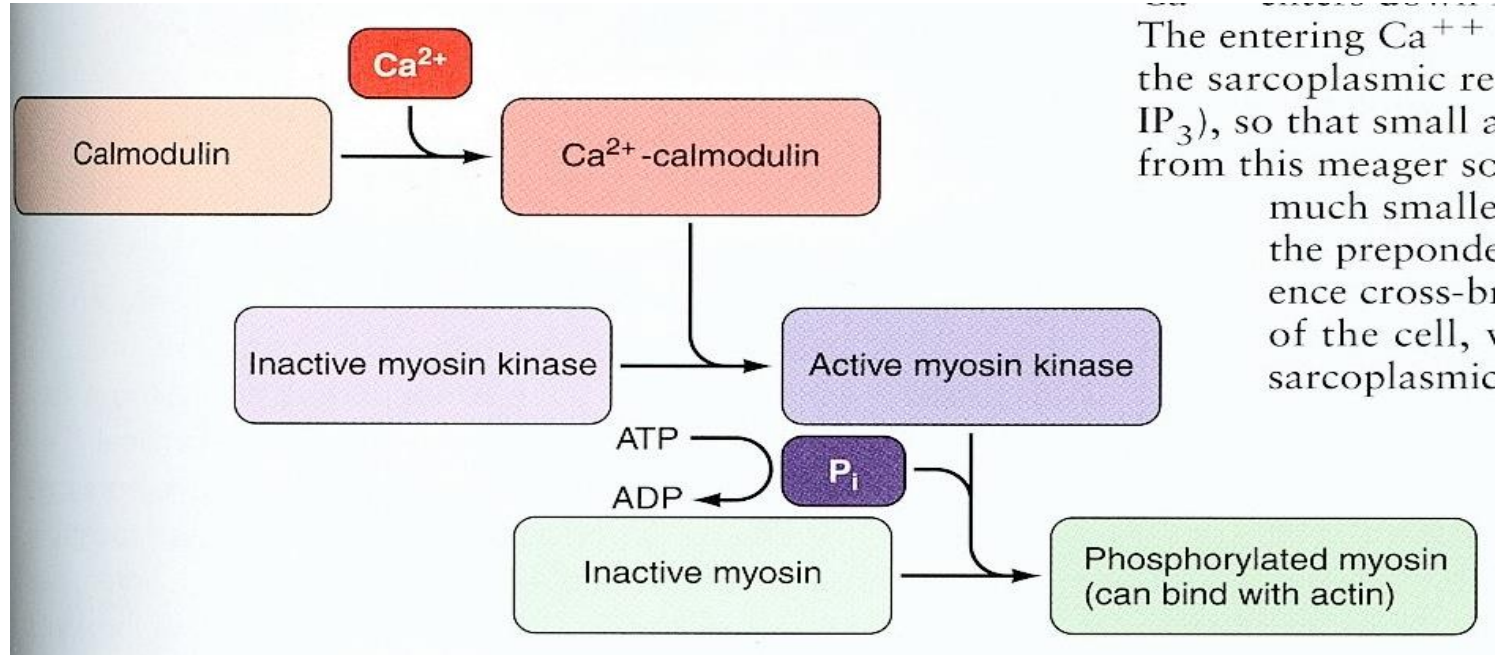
Autonomně - pacemakery



# Hladká svalovina - kontrakce

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





The entering Ca<sup>++</sup> enters the cell from the extracellular space (via IP<sub>3</sub>), so that small amount of Ca<sup>++</sup> from this meager source is much smaller than the preponderance of cross-bridges of the cell, via sarcoplasmic

### Kalciová aktivace myozinu hladké svaloviny.

Ca<sup>2+</sup> vstupuje po podráždění především z extracelulárního prostoru a v komplexu s kalmodulinem aktivuje myozin kinázu. Ta fosforyluje myozin, který je poté schopen interagovat s aktinem a začít stah



# Srovnání charakteristik 3 základních typů svalů

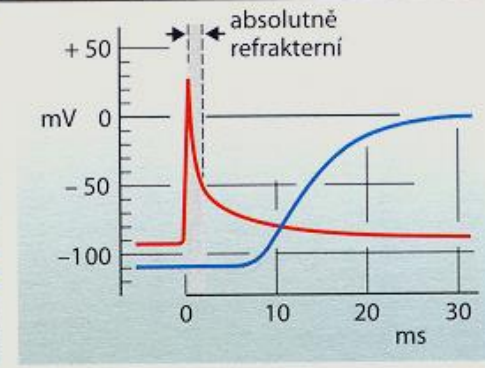
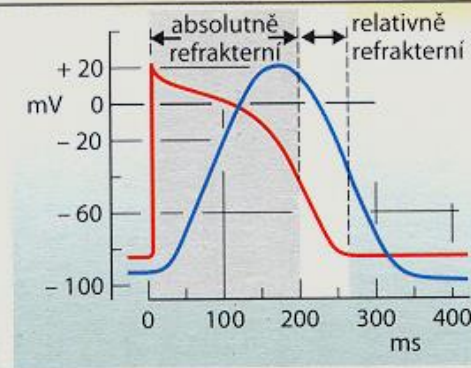
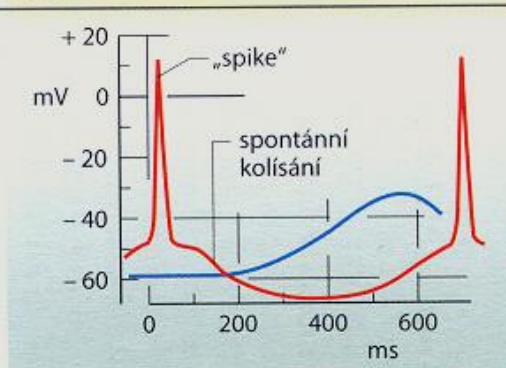
## A. Stavba a funkce hladkého, srdečního a kosterního svalu

### 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	cylinrická, dlouhá (max. 15 cm)
mitochondrie	nečetné	četné	nečetné (v závislosti na typu svalu)
buněčné jádro/vláknko	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 —





## Zdroje některých animací:

<https://neuroscience5e.sinauer.com/index.html>

<http://www.sumanasinc.com/webcontent/animation.html>

<http://highered.mheducation.com/sites/dl/free/0072437316/120060/ravenanimation.html>

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