

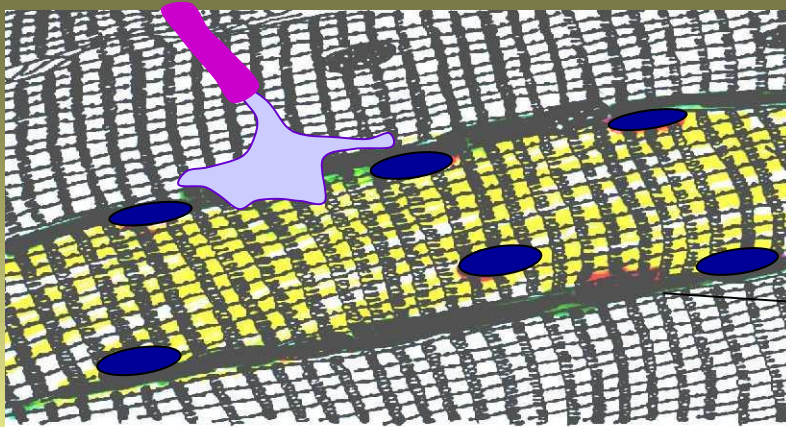
# **KOSTERNÍ, SRDEČNÍ A HLADKÝ SVAL**

# KOSTERNÍ, SRDEČNÍ A HLADKÝ SVAL

- ➔ ○ **Strukturální charakteristické vlastnosti**
- **Elektrická a mechanická aktivita**
- **Molekulární mechanizmy kontrakce**
- **Biofyzikální vlastnosti svalů**
- **Mechanizmy stupňování a modulace kontrakce**
- **Přehled charakteristických vlastností kosterního, srdečního a hladkého svalu**

## KOSTERNÍ SVAL

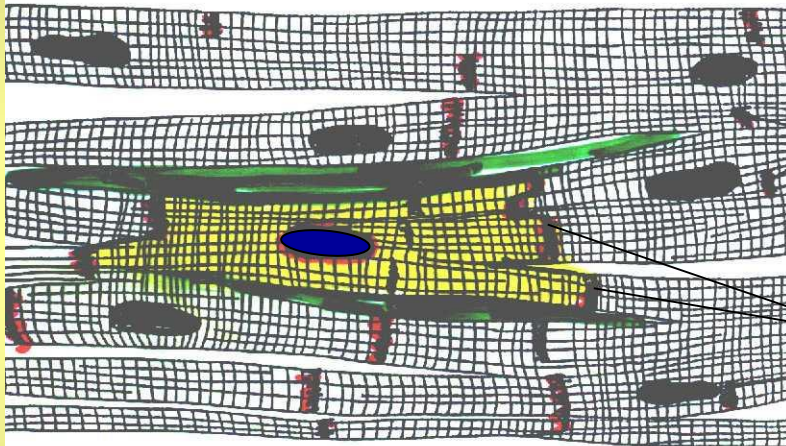
30  $\mu\text{m}$



sarkolema

## SRDEČNÍ SVAL

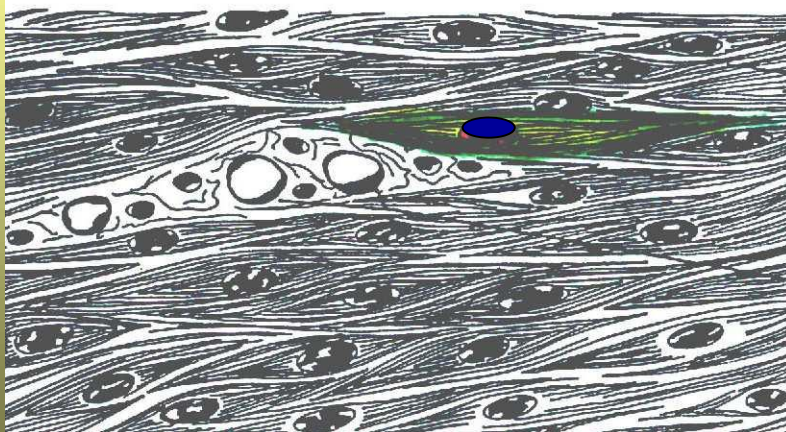
20  $\mu\text{m}$



interkalární disky

## HLADKÝ SVAL

3  $\mu\text{m}$



(cévní systém, dýchací cesty,  
gastrointestinální a  
urogenitální systém)

# ELEKTRICKÉ SPOJE „GAP JUNCTIONS“

## ZÁKLADNÍ STRUKTURÁLNÍ ELEMENTY FUNKČNÍHO SYNCYTTIA

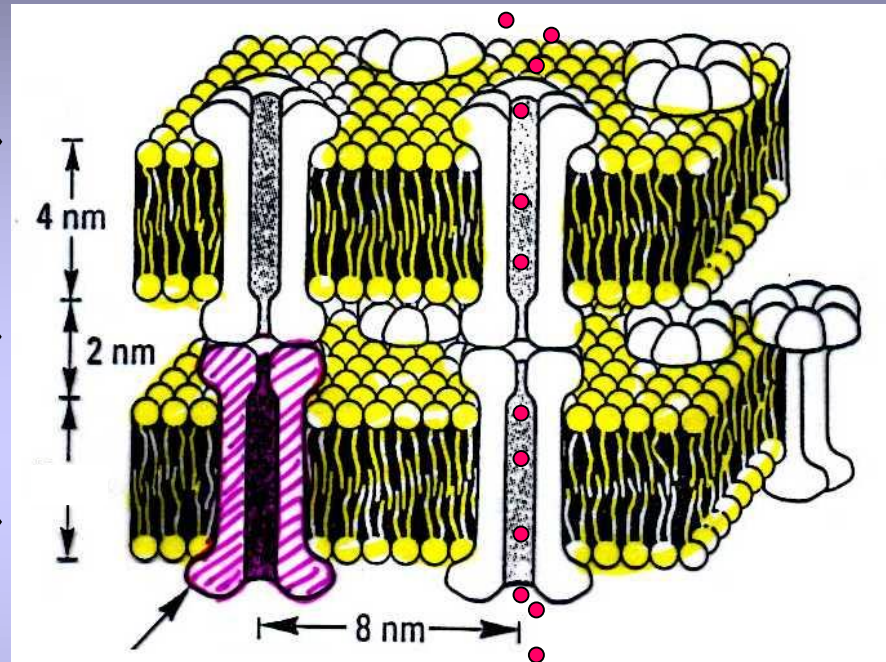
CONEXON 1



„gap“ (mezera)  
(extracelulární prostor)



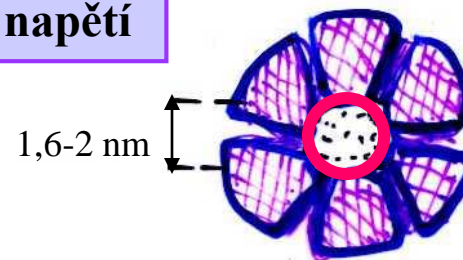
CONEXON 2



MYOKARD

HLADKÝ SVAL

pH  
 $[Ca^{2+}]_i$   
membránové napětí



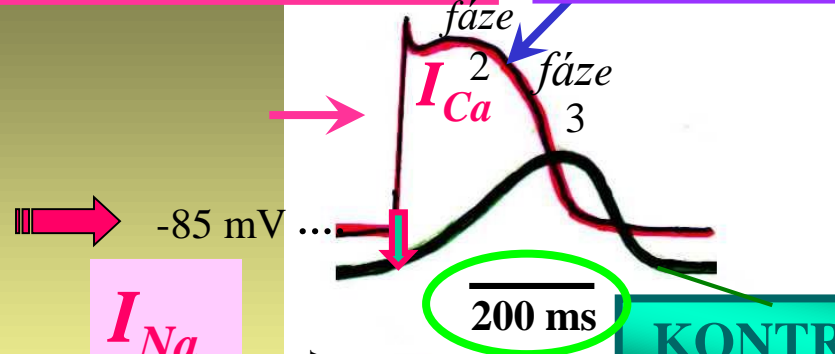
# KOSTERNÍ, SRDEČNÍ A HLADKÝ SVAL

- **Strukturální charakteristické vlastnosti**
- ➔ ○ **Elektrická a mechanická aktivita**
- **Molekulární mechanismy kontrakce**
- **Biofyzikální vlastnosti svalů**
- **Stupňování a modulace kontrakce**
- **Přehled charakteristických vlastností kosterního, srdečního a hladkého svalu**

**DEPOLARIZACE**

**REPOLARIZACE**

**SRDCE**

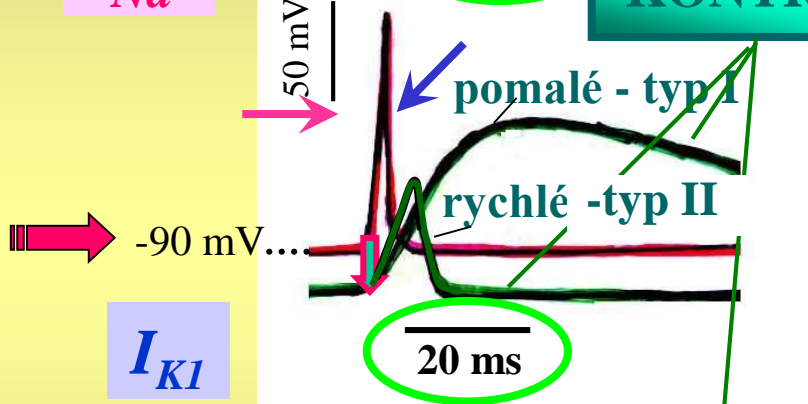


$I_{Ca}$  inakt

aktivace  $K^+$  proudů

pravidelný pacemaker (SA, AV uzel)

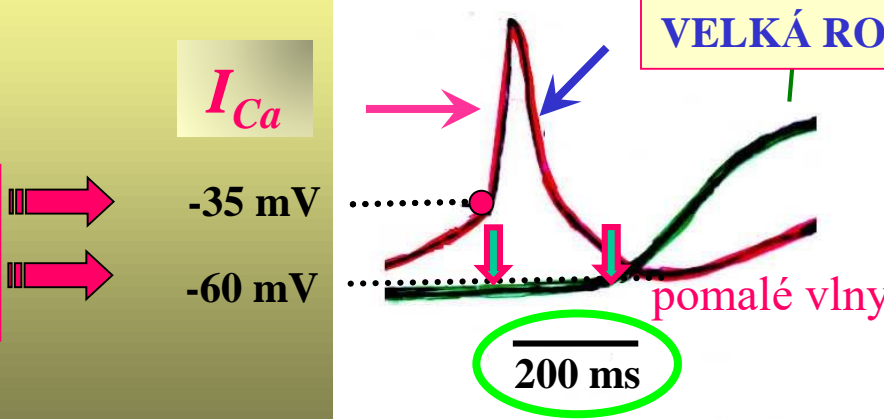
**KOSTERNÍ SVAL**



$I_{Na}$  inakt

aktivace  $I_K$

**HLADKÝ SVAL**



**VELKÁ ROZMANITOST**

$I_{Ca}$  inakt

aktivace  $I_{K(Ca)}$

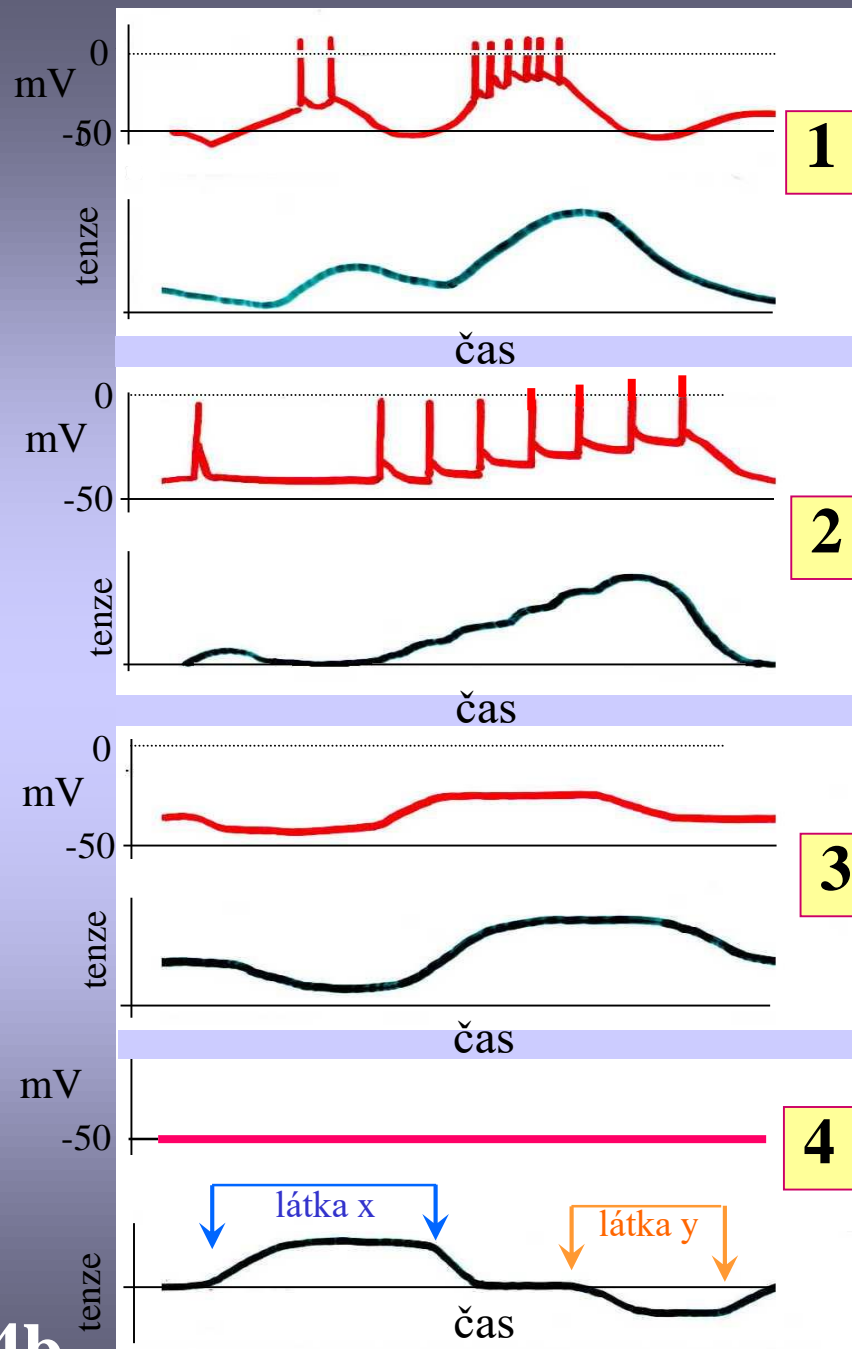
nepřavidelná pacemakerová aktivita v nestabilních ohniscích

# HLADKÝ SVAL

SPUŠTĚNÍ A MODULACE MECHANICKÝCH ODPOVĚDÍ

VELKÁ ROZMANITOST  
V ELEKTRO-MECHANICKÝCH VZTAZÍCH





ELEKTRO-MECHANICKÁ VAZBA

pomalé nepravidelné polarizační vlny s AP

**POMALÉ VLNY V KONTRAKCI**

(GIT)

↑ frekvence AP

**TETANICKÝ STAĤ**

(ureter, ductus choledochus, uterus)

pomalé změny v polarizaci membrány

**POMALÉ ZMĚNY V TONU SVALU**

(např. m. ciliaris, iris, arterioly)

konstantní membránové napětí

**POMALÉ ZMĚNY V TONU**

(svalovina krevních cév)

**NEUROHUMORÁLNÍ STIMULACE**

(hlavně vazby LIGAND-RECEPTOR ...)



# HLADKÝ SVAL

**MECHANICKÉ ODPOVĚDI** mohou být spuštěny/modulovány

- různými typy elektrické aktivity

## **ELEKTRO-MECHANICKÁ VAZBA**

(nepravidelná pacemakerová aktivita)

**ELEKTRICKÁ STIMULACE**

- různými typy **NEUROHUMORÁLNÍ STIMULACE** -

**NEUROTRANSMITERY** (*acetylcholin, noradrenalin, ...*)

**NERVOVÁ STIMULACE**

**HORMONY** (např. *progesteron, oxytocin, angiotensin II, ...*)

**LOKÁLNÍ TKÁŇOVÉ FAKTORY** (*NO, adenosin,  $P_{CO_2}$ ,  $P_{O_2}$ , pH, ...*)

**HUMORÁLNÍ STIMULACE**

- **NATAŽENÍM SVALU** ( $Ca^{2+}$ - iontové kanály aktivované natažením)

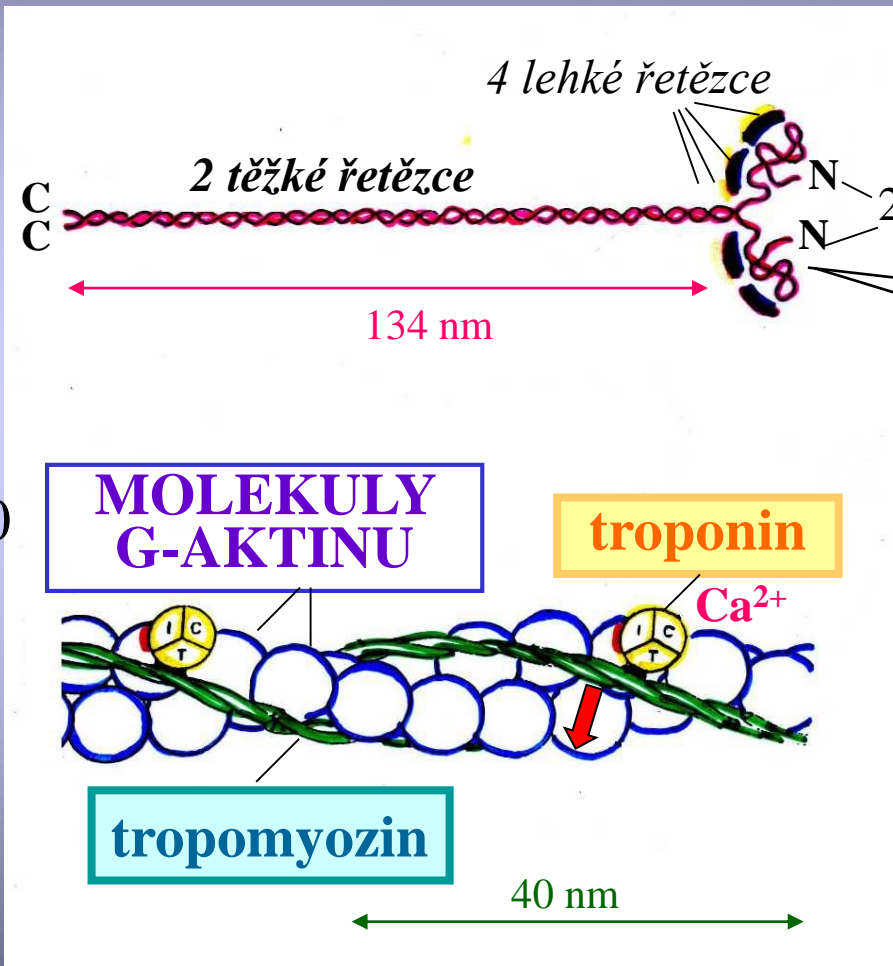
**MECHANICKÁ STIMULACE**

# KOSTERNÍ, SRDEČNÍ A HLADKÝ SVAL

- **Strukturální charakteristické vlastnosti**
- **Elektrická a mechanická aktivita**
- ➔ ○ **Molekulární mechanismy kontrakce**
- **Biofyzikální vlastnosti svalů**
- **Stupňování a modulace kontrakce**
- **Přehled charakteristických vlastností kosterního, srdečního a hladkého svalu**

# PŘÍČNĚ PRUHOVANÝ SVAL

## základní složky kontraktilního systému



**MYOZINOVÉ  
FILAMENTUM**

**MOLEKULA  
MYOZINU II**

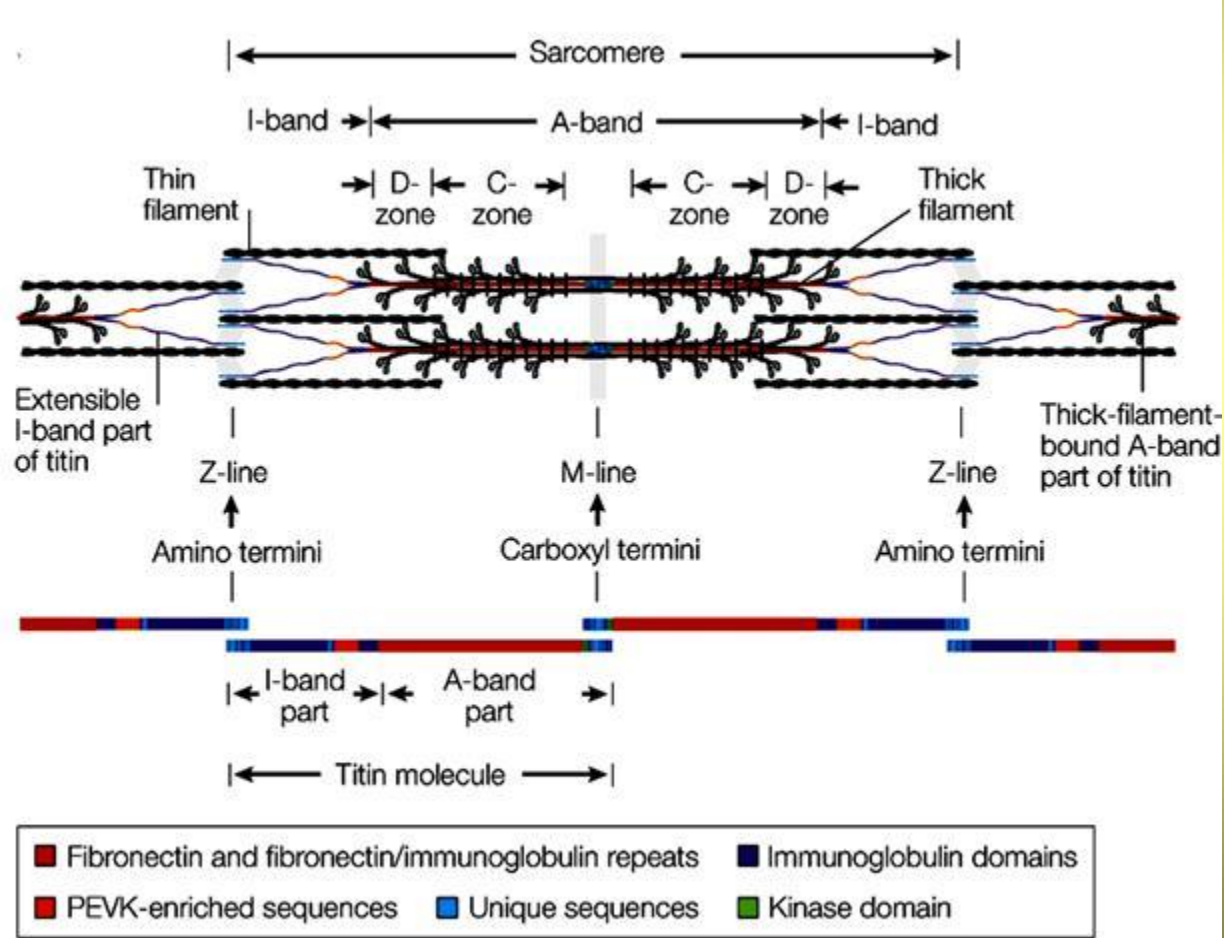
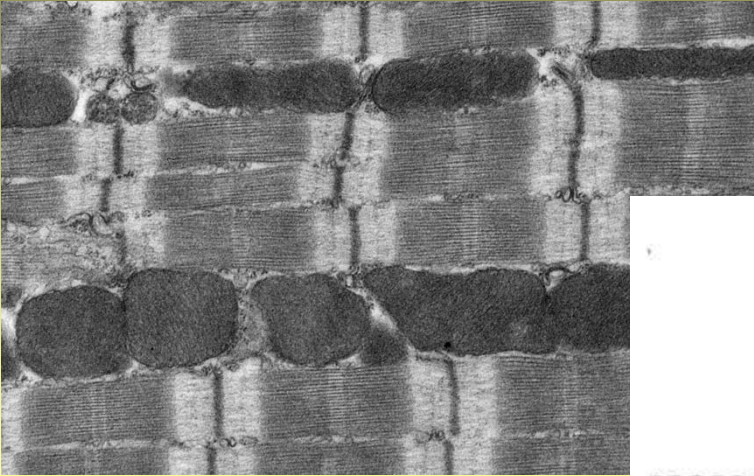
vazebné místo pro AKTIN  
vazebné místo pro ATP  
ATP → ADP + P<sub>i</sub>

**AKTINOVÉ  
FILAMENTUM**

**REGULAČNÍ  
PROTEINY**

**TROPOMYOZIN-  
TROPONINOVÝ KOMPLEX**

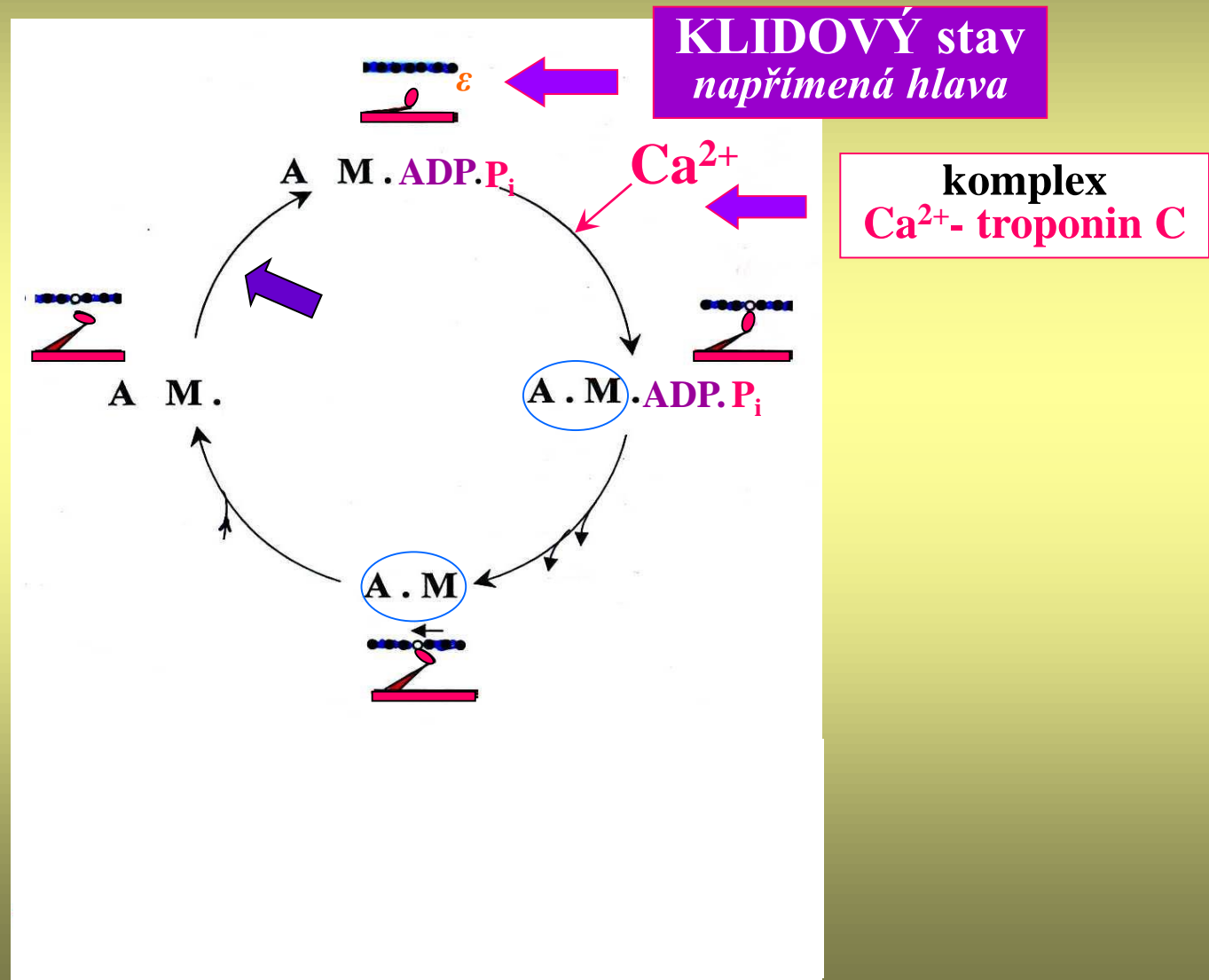
# PŘÍČNĚ PRUHOVANÝ SVAL



# PŘÍČNĚ PRUHOVANÝ SVAL

## ELEMENTÁRNÍ CYKLUS KONTRAKCE A RELAXACE

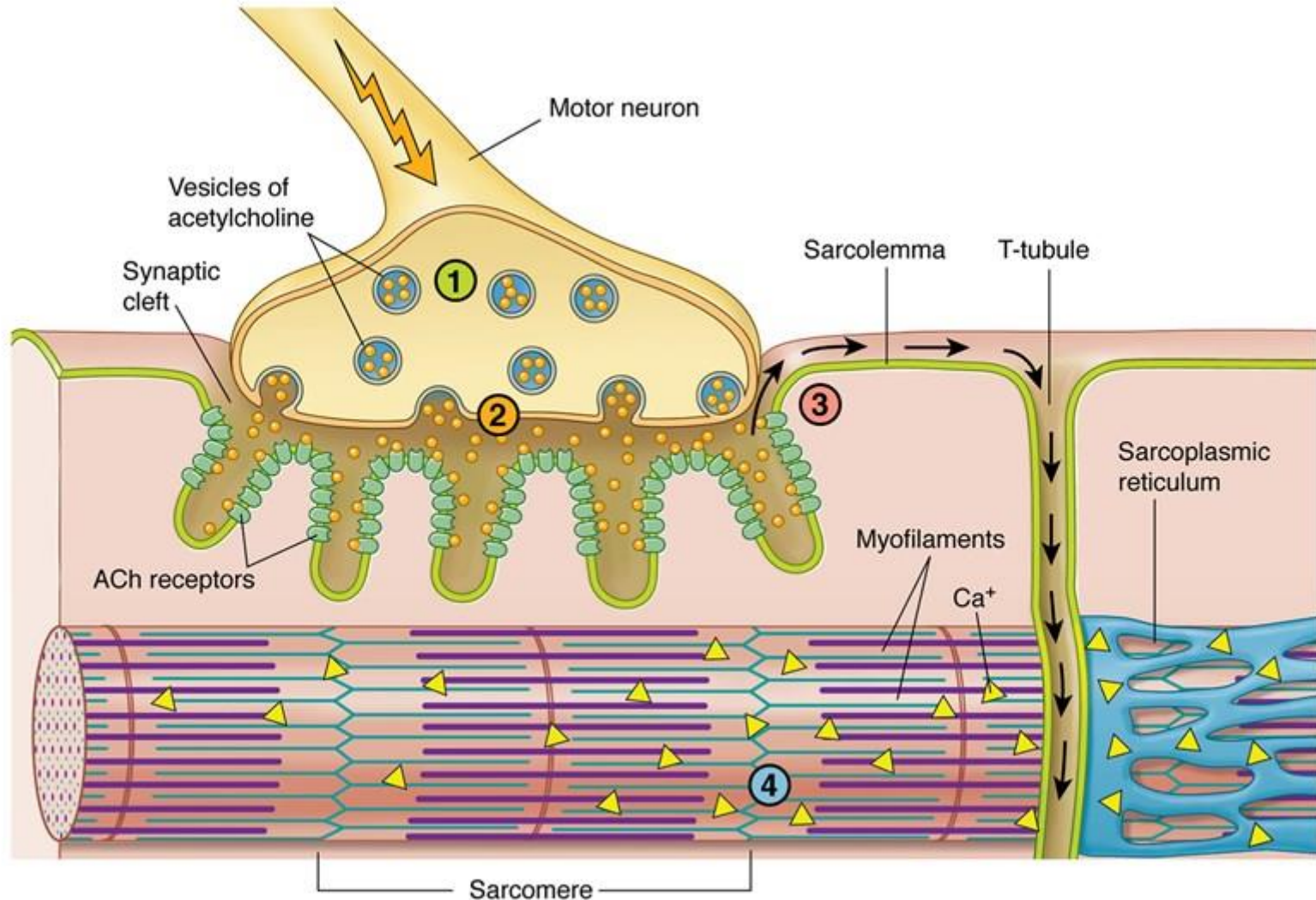
### MOLEKULÁRNÍ ÚROVEŇ



# PŘÍČNĚ PRUHOVANÝ SVAL

## ELEMENTÁRNÍ CYKLUS KONTRAKCE A RELAXACE

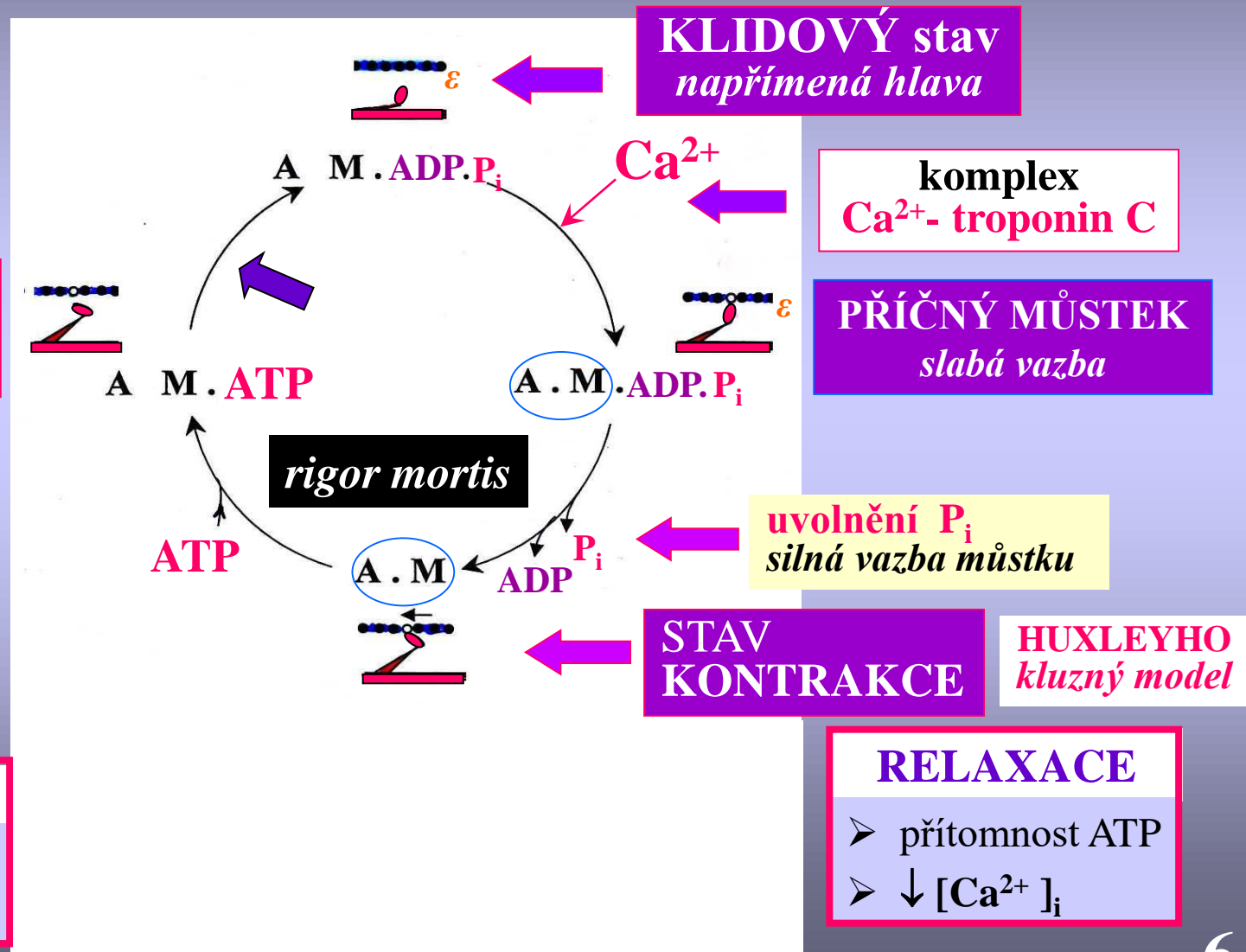
### MOLEKULÁRNÍ ÚROVEŇ



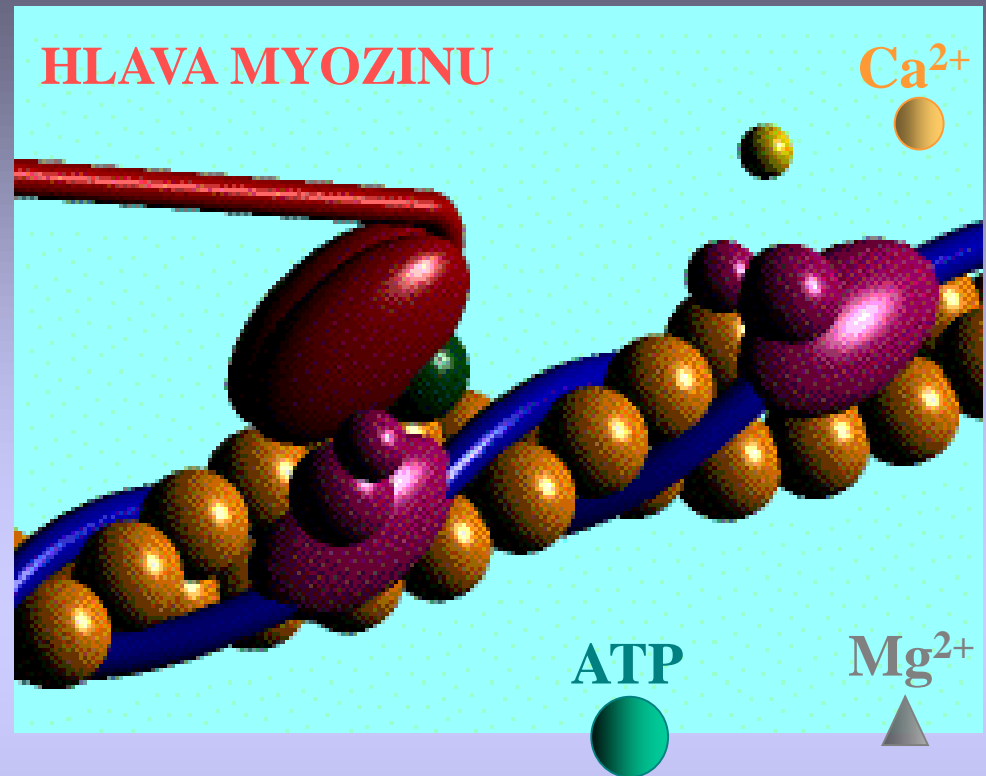
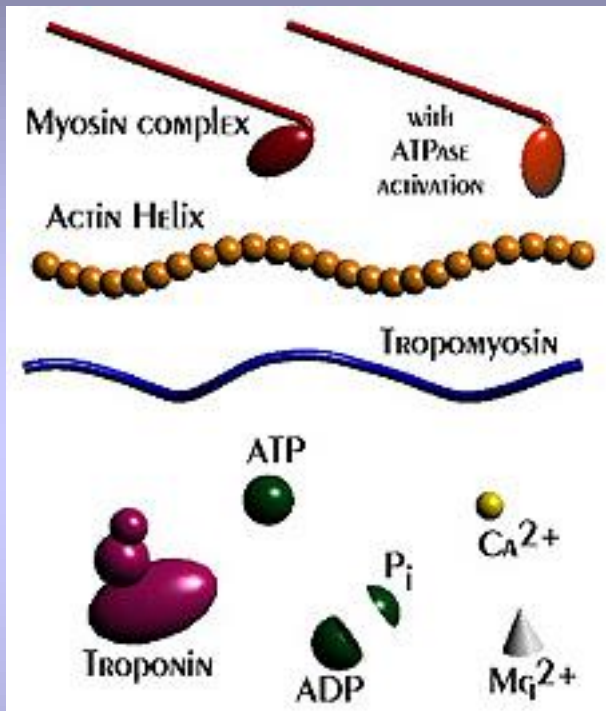
# PŘÍČNĚ PRUHOVANÝ SVAL

## ELEMENTÁRNÍ CYKLUS KONTRAKCE A RELAXACE

### MOLEKULÁRNÍ ÚROVEŇ



# PŘÍČNĚ PRUHOVANÝ SVAL



*Animace modelu interakce hlavy myozinu a aktinového filamenta („pádlování“)*

## MYOZIN – MOLEKULÁRNÍ MOTOR

Využívá chemickou energii uvolněnou hydrolýzou ATP a přeměňuje ji v pohyb (mechanickou práci)

komplex  
**troponin–tropomyozin**



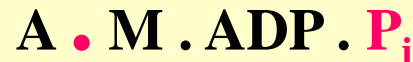
# PŘÍČNĚ PRUHOVANÝ SVAL

## MOLEKULÁRNÍ MECHANIZMUS KONTRAKCE

- Vazba  $\text{Ca}^{2+}$  na TROPONIN C  $\Rightarrow$  posun troponin-tropomyozinového komplexu  $\rightarrow$  vazebná místa na aktinu pro myozin jsou odkryta



- Utváření PŘÍČNÝCH MŮSTKŮ mezi aktinem a myozinem (příčný můstek se slabou vazbou)



- Uvolnění  $\text{P}_i$  (příčný můstek se silnou vazbou)  $\Rightarrow$  konformační změna molekuly myozinu  $\rightarrow$  sklon hlavy  $\rightarrow$  posun aktinových filament podél myozinových filament  $\Rightarrow$  ZKRÁCENÍ SARKOMERY

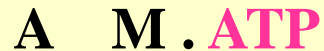


- Uvolnění ADP  $\Rightarrow$  komplex aktin-myozin se nachází v rigidní vazbě

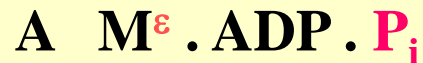




- Vazba ATP na myozin  $\Rightarrow$  nízká afinita myozinu k aktinu  $\Rightarrow$  disociace komplexu AKTIN–MYOZIN

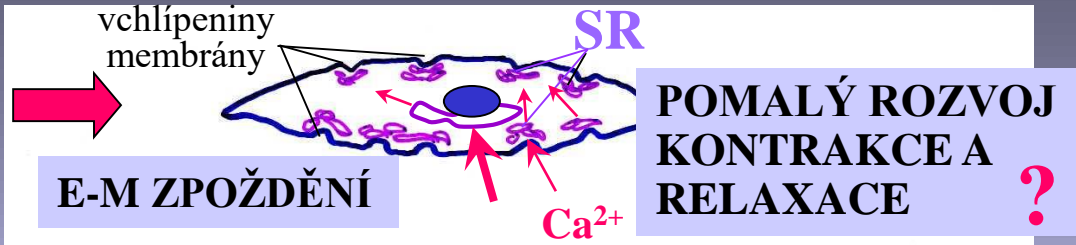


- **ATP-ázová aktivita** myozinové hlavy  $\Rightarrow$  **částečná hydrolýza ATP**, získaná energie je užitá pro **napřímení hlavy myozinu** (*analogie natažené pružiny*).



- TRVAJÍCÍ KONTRAKCE je výsledkem opakujících se cyklů při  $\uparrow [Ca^{2+}]_i$  a v přítomnosti **ATP**
- RELAXACE svalové buňky vyžaduje **ATP** a  $\downarrow [Ca^{2+}]_i$  ( $Ca^{2+}$  ionty jsou nasávány zpět do SR a vytěšňovány ven z buňky)

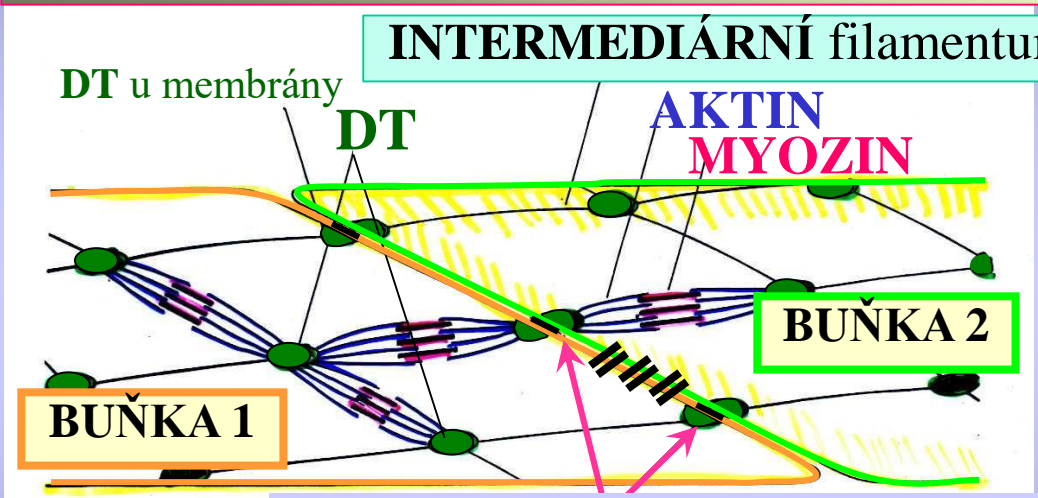
# HLADKÝ SVAL



**POMALÉ IZOFORMY**

- myozinové ATPázy
- transportních systémů Ca<sup>2+</sup>

## ORGANIZACE CYTOSKELETU A MYOFILAMENT



● **DT - denzní tělíska**  
analogie Z linií

|| elektrické spoje

**mechanická spojení mezi buňkami**

**TROPONIN CHYBÍ !!**

### REGULAČNÍ PROTEINY

TROPOMYOZIN

KALMODULIN (TNC)

KALPONIN

KALDESMON

# HLADKÝ SVAL

TROPONIN není přítomný

KALMODULIN

2 ÚLOHY KOMPLEXU  $\text{Ca}^{2+}$ -KALMODULIN

LEHKÉ ŘETĚZCE  
myozinu

MYOZIN

KLIDOVÝ  
STAV

KALMODULIN

$\text{Ca}^{2+}$ -KALMODULIN komplex

kaldesmon  
kalponin

tropomyozin AKTIN

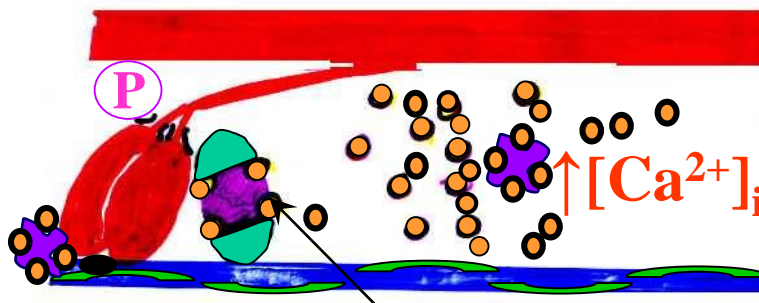
$\text{Ca}^{2+}$ /KALMODULIN-MLCK  
aktivovaná MLCK

KINÁZA LEHKÉHO ŘETĚZCE MYOZINU

MLCK

(P) LEHKÝCH ŘETĚZCŮ  
MYOZINU

$\text{Ca}^{2+}$ -KALMODULIN-kalponin  
komplex

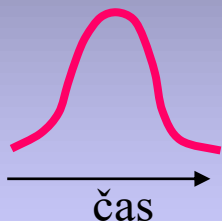


$\text{Ca}^{2+}$ /KALMODULIN-MLCK komplex  
aktivovaná MLCK

INTERAKCE  
MYOZINU s AKTINEM

# VARIANTY KONTRAKCE BUŇKY HLADKÉHO SVALU

## 1 FÁZOVÁ VARIANTA KONTRAKCE - režim opakovaných cyklů



• **P** lehkých regulačních řetězců myozinu je předpokladem **FÁZOVÉ** složky kontrakce

• **ATP** se spotřebovává



## 2 TONICKÁ VARIANTA KONTRAKCE - zablokovaný můstek



Defosforylace lehkých řetězců myozinu ve stavu **KONTRAKCE** při **↑MLCP**

zpomalení **DISOCIACE** **M.A** komplexu

→ **PRODLOUŽENÁ**  
**TONICKÁ** kontrakce

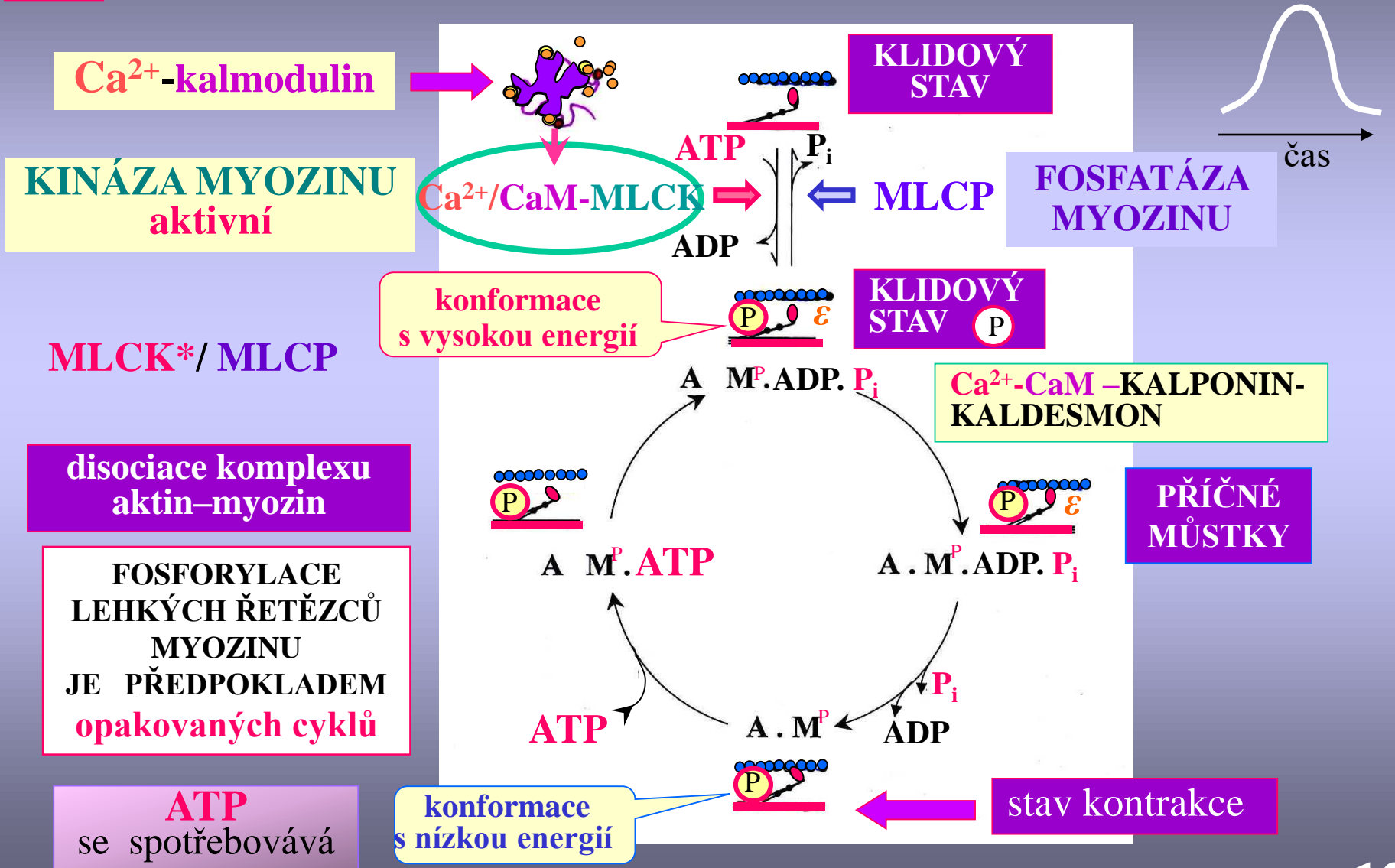
**ATP** se šetří

**P**

# HLADKÝ SVAL

1

FÁZOVÁ VARIANTA KONTRAKCE - režim **opakovaných cyklů**

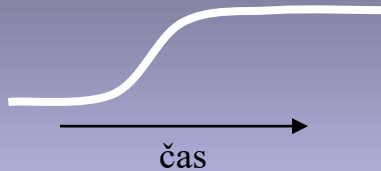


Adaptováno podle Berne and Levi (2004)

# HLADKÝ SVAL

2

## TONICKÁ VARIANTA KONTRAKCE - zablokovaný můstek



↓ **MLCK\*** / **MLCP**

**DEFOSFORYLACE**  
lehkých řetězců myozinu  
VE STAVU KONTRAKCE

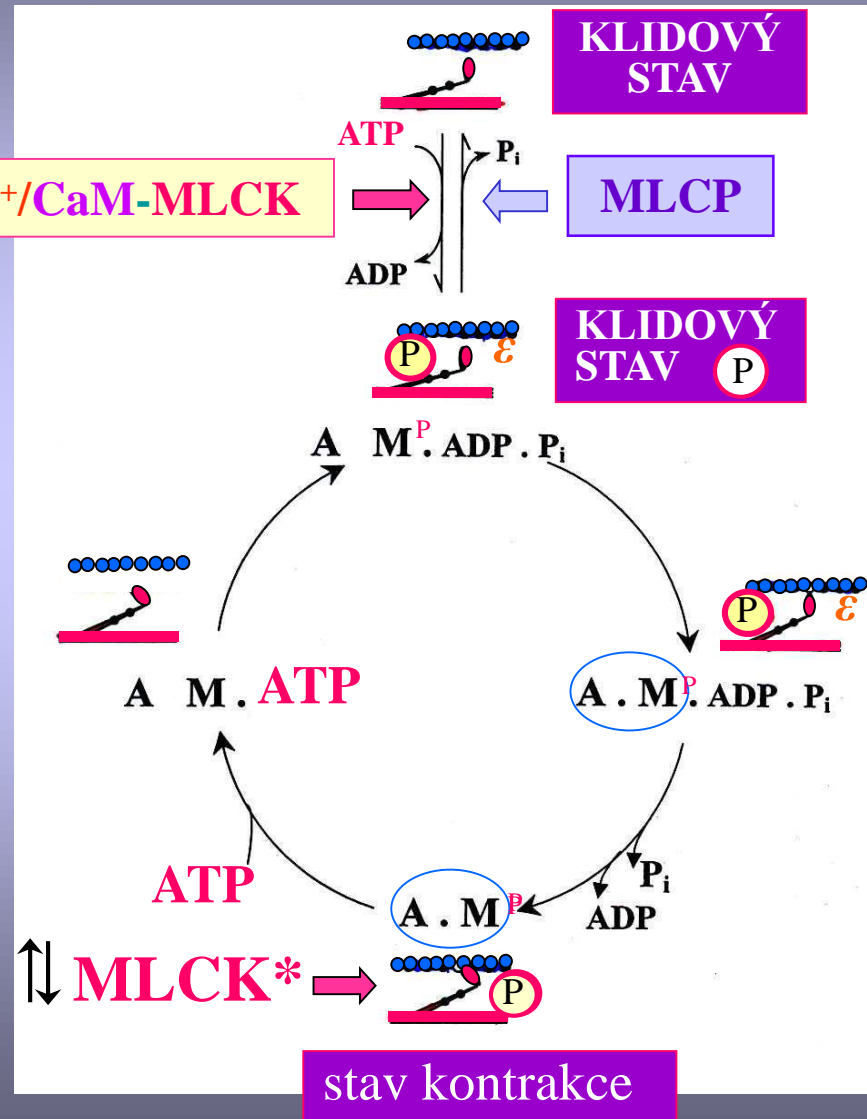
**M.A disociace** probíhá  
velmi pomalu i při **ATP**

**TONICKÁ KONTRAKCE**  
modu zablokovaného můstku  
*“latch bridge”*

**ATP**  
se šetří

↑ **MLCK\*** / **MLCP**

**Ca<sup>2+</sup>/CaM-MLCK**



# HLADKÝ SVAL

Vazba  $\text{Ca}^{2+}$  na **KALMODULIN**  $\Rightarrow$   **$\text{Ca}^{2+}$ -CM** komplex

Aktivace **KINÁZY LEHKÉHO ŘETĚZCE MYOZINU**

**$\text{Ca}^{2+}$ -CM-MLCK**

**FOSFORYLACE** lehkých řetězců myozinu a současné konformační změny komplexu  **$\text{Ca}^{2+}$ -CM-KALPONIN-KALDESMON-aktin-tropomyozin**  $\Rightarrow$  utváření **příčných můstků**

Konformační změny molekuly myozinu  $\Rightarrow$  **SKLON HLAVY** myozinu  $\Rightarrow$  **KLUZNÝ POHYB aktinu** podél myozinu  $\Rightarrow$  kontrakce myocytu

**OPAKOVANÉ CYKLY**  
*lehké řetězce myozinu  
zůstávají fosforylovány*

**TONICKÁ KONTRAKCE**  
mechanizmem **zablokovaných můstků**  
„*latch bridge*“, *lehké řetězce myozinu jsou defosforylovány ve stavu kontrakce*

Spotřebovává se **ATP**

Šetří se **ATP**



# KOSTERNÍ, SRDEČNÍ A HLADKÝ SVAL

- **Strukturální charakteristické vlastnosti**
- **Elektrická a mechanická aktivita**
- **Molekulární mechanismy kontrakce**
- ➔ ○ **Biofyzikální vlastnosti svalů**
- **Stupňování a modulace kontrakce**
- **Přehled charakteristických vlastností kosterního, srdečního a hladkého svalu**

# IZOMETRICKÁ A IZOTONICKÁ KONTRAKCE

## KOSTERNÍ SVAL

KLIDOVÁ TENZE

IMK

IZOMETRICKÁ  
kontrakce

při KONSTANTNÍ DÉLCE  
měří se změny v TENZI

ITK

IZOTONICKÁ  
kontrakce

při KONSTANTNÍ TENZI  
měří se změny DÉLKY

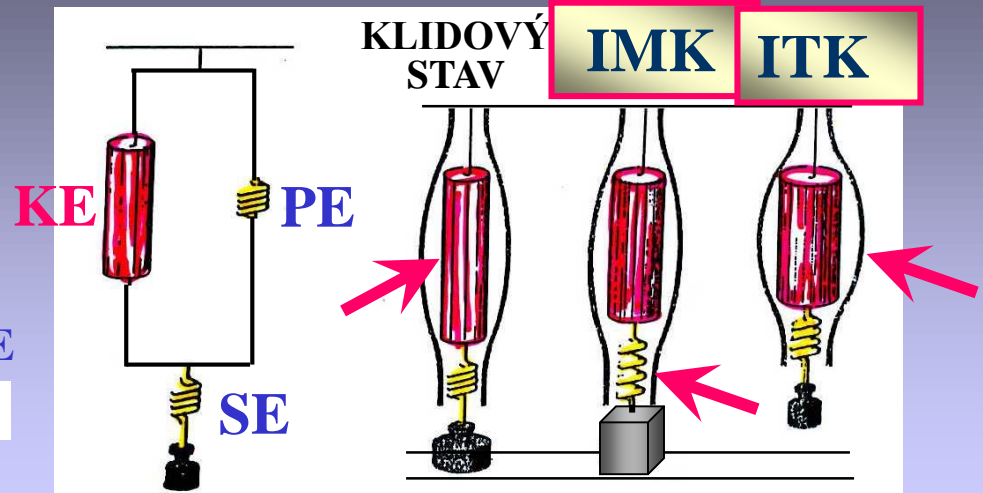
AUXOTONICKÁ kontrakce

SRDEČNÍ SVAL

IZOVOLUMICKÁ FÁZE (IZOMETRICKÁ)  
EJEKČNÍ FÁZE (IZOTONICKÁ) AUXOTONICKÁ

HLADKÝ SVAL

TONICKÁ KONTRAKCE (*tonus krevních cév*)  
FÁZOVÁ KONTRAKCE (*kontrakce moč. měchýře*)

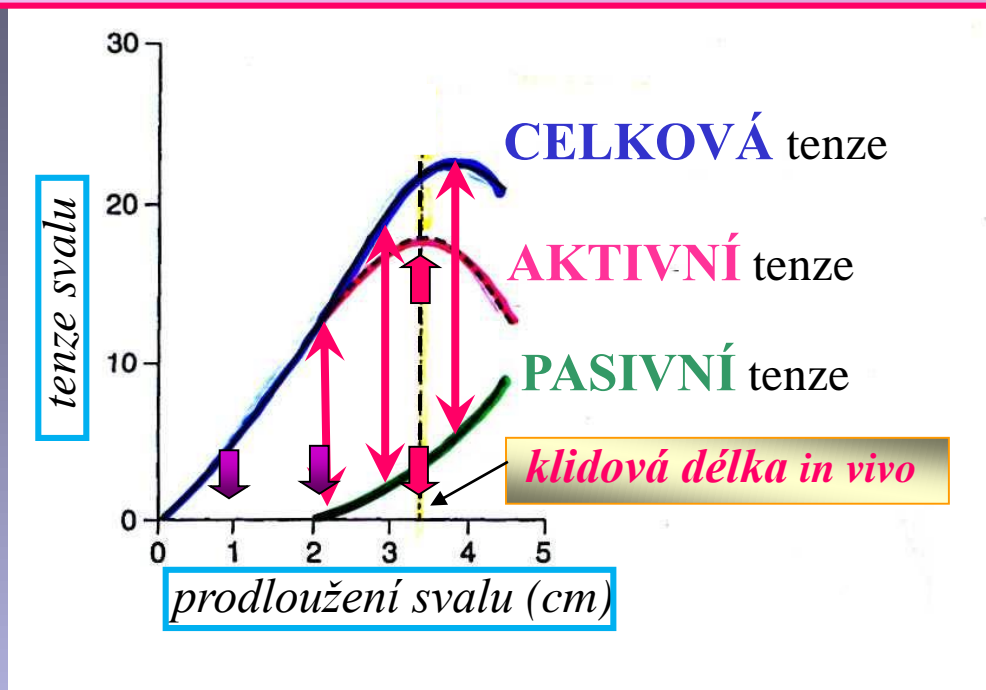


KE - kontraktilní elementy  
PE, SE – paralelní a sériová elasticita  
(s kontraktilními elementy)

PE – extracelulární a intracelulární elastické komponenty (*titin* spojující M a Z linie)  
SE - fibrózní tkáň úponu šlachy

# ZÁVISLOST TENZE NA PROTAŽENÍ SVALU

## KOSTERNÍ SVAL



### PASIVNÍ tenze

tenze při postupném natahování nestimulovaného svalu (**ELASTICKÁ KOMPONENTA**)

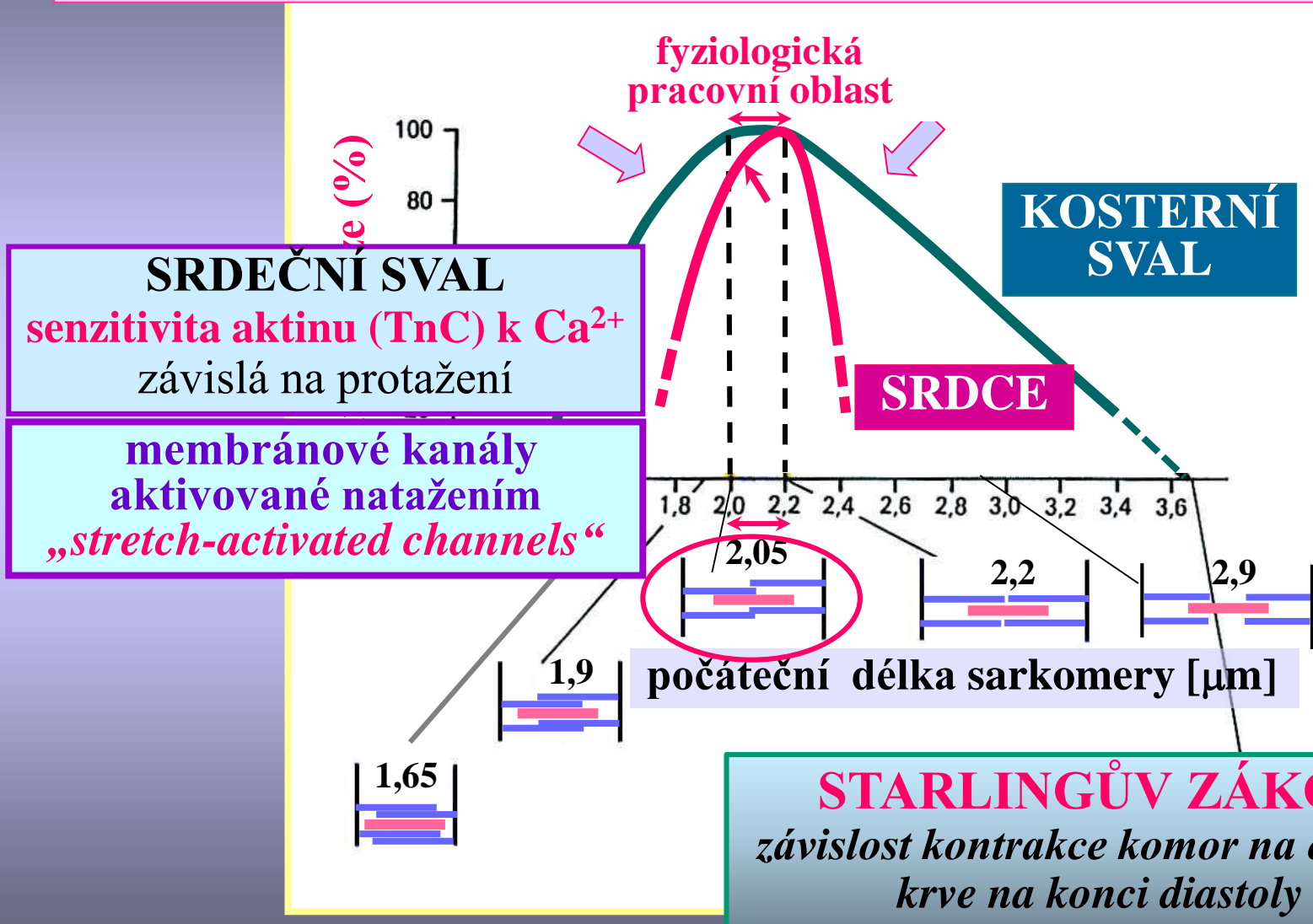
### CELKOVÁ tenze

**IZOMETRICKÁ kontrakce** (stimulovaného svalu) při postupně se prodlužující **počáteční délce**

### AKTIVNÍ tenze

**rozdíl** mezi **CELKOVOU** a **PASIVNÍ** tenzí - tenze tvořená **interakcí KONTRAKTILNÍCH** elementů (úměrná počtu vytvořených příčných můstků)

# AKTIVNÍ TENZE příčně pruhovaného svalu v závislosti na POČÁTEČNÍ DÉLCE (PROTAŽENÍ) SARKOMERY



**SRDEČNÍ SVAL**  
senzitivita aktinu (TnC) k  $Ca^{2+}$   
závislá na protažení

membránové kanály  
aktivované natažením  
„stretch-activated channels“

**STARLINGŮV ZÁKON**  
závislost kontrakce komor na objemu  
krve na konci diastoly

# HLADKÝ SVAL

## HLAVNÍ CHARAKTERISTICKÉ RYSY

- **VÝRAZNÁ ROZTAŽNOST**

(např. myocyty **močového měchýře** se mohou natáhnout až na **200%**, myocyty **uteru** až na **1000%** na konci těhotenství ve srovnání s původní délkou svalové buňky)

- **PLASTICITA**

U myocytů hladké svaloviny **není přímý vztah** mezi **DÉLKOU** a **TENZÍ**. *Zvýšená tenze* po natažení téměř okamžitě spontánně *poklesne*

U dutých orgánů (*gastrointestinální trakt, močový měchýř, ...*) obdobný vztah mezi **OBJEMEM** a **TLAKEM**



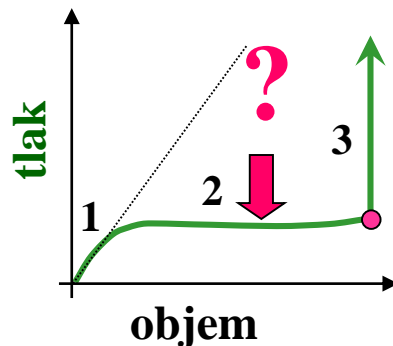
# PLASTICITA HLADKÉHO SVALU

**CYSTOMETROGRAM**

močový měchýř

**IZOLOVANÝ MYOCYT**

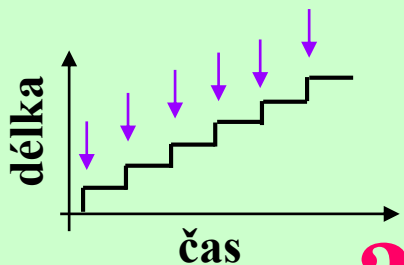
(jejunum člověka)



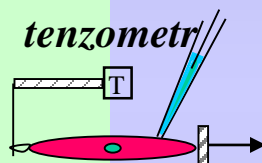
spuštění reflexu mikce

$$P = 2T/r$$

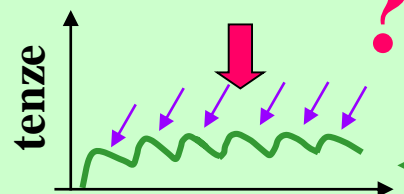
LAPLACEŮV ZÁKON



elektrofyzilogická měření



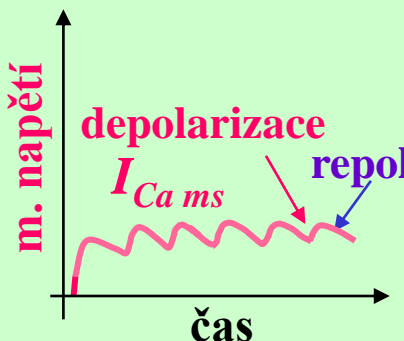
Ca<sup>2+</sup>-kanály aktivované natažením „stretch-activated channels“



**PLASTICITA**

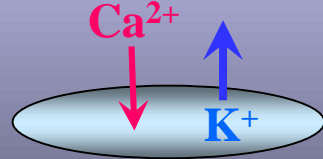
$I_{Ca\ ms}$  ↓ DEPOLARIZACE

↑ [Ca<sup>2+</sup>]<sub>i</sub>



↑ TONUS

K<sup>+</sup>-kanály aktivované [Ca<sup>2+</sup>]<sub>i</sub>



↓  $I_{KCa}$

REPOLARIZACE

↓ TONUS

↓ [Ca<sup>2+</sup>]<sub>i</sub>

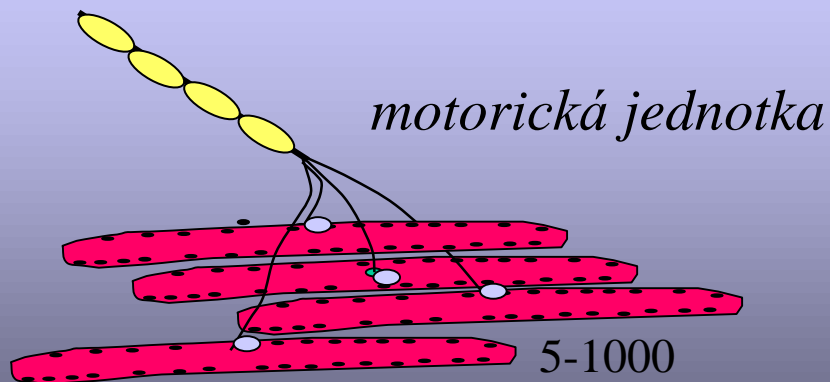
# KOSTERNÍ, SRDEČNÍ A HLADKÝ SVAL

- **Strukturální charakteristické vlastnosti**
- **Elektrická a mechanická aktivita**
- **Molekulární mechanismy kontrakce**
- **Biofyzikální vlastnosti svalů**
- ○ **Stupňování kontrakce**
- **Charakteristické rysy kosterního, hladkého a srdečního svalu**

# KOSTERNÍ SVAL

## HLAVNÍ FAKTORY STUPŇOVÁNÍ KONTRAKCE

- ↑ FREKVENCE EXCITACÍ v motorickém neuronu ⇒  
→ **FREKVENČNÍ SUMACE** kontrakcí ve svalových buňkách  
(TETANICKÁ KONTRAKCE)
- **PROSTOROVÁ SUMACE** - nábor ↑ počtu aktivovaných  
MOTORICKÝCH JEDNOTEK (při zvýšeném volním úsilí)



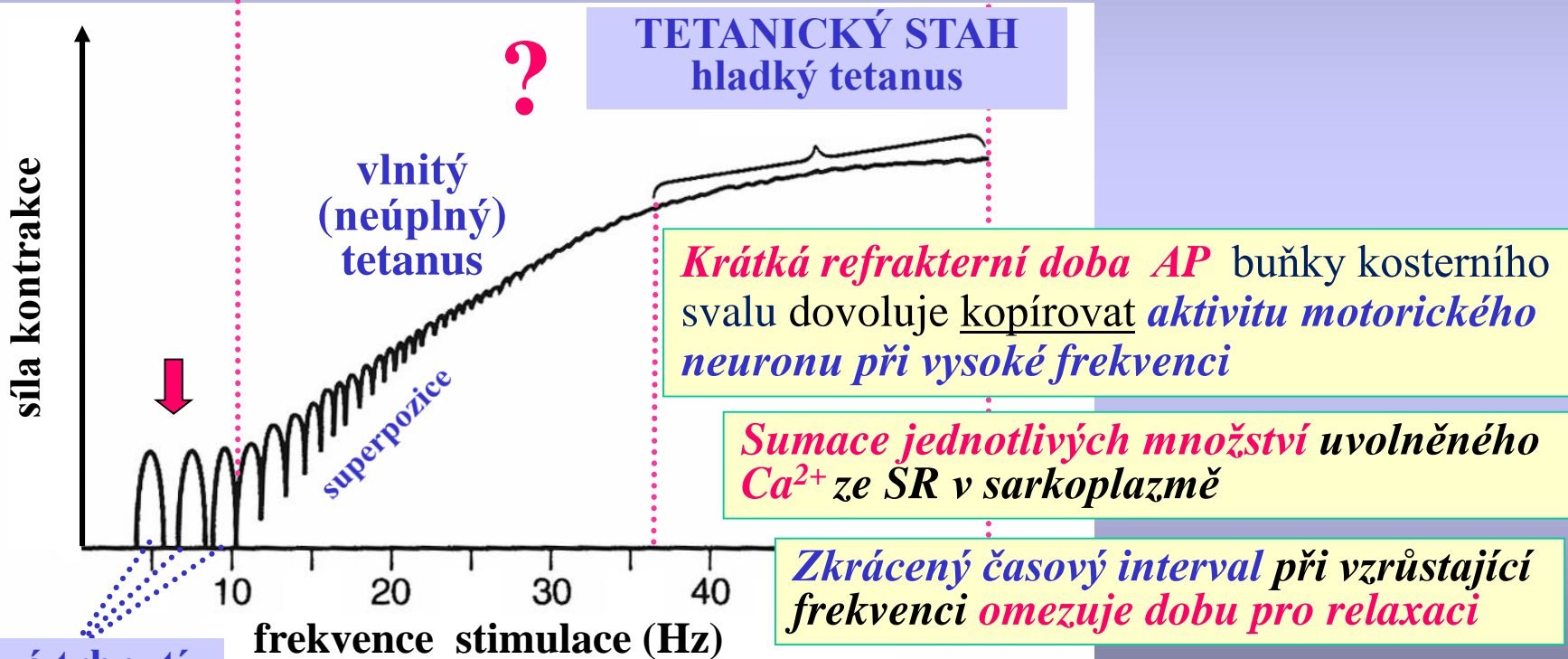


# KOSTERNÍ SVAL

GRADACE KONTRAKCE PŘI ZVYŠUJÍCÍ SE FREKVENCI STIMULACE

IZOLOVANÁ SVALOVÁ BUŇKA

OBLAST SUMACE



$\uparrow [Ca^{2+}]_i$

# SRDCE

## HLAVNÍ FAKTORY STUPŇOVÁNÍ KONTRAKCE

- **↑ DIASTOLICKÁ NÁPLŇ KOMOR („preload“)** ⇒  
↑ kontrakce komor, která je úměrná natažení kardiomyocytů na konci diastoly

### FRANK-STARLINGŮV ZÁKON

- **↑ FREKVENCE ELEKTRICKÉ AKTIVITY** srdečních buněk při modulaci *pacemakerové aktivity SA uzlu* ↑ *tonem sympatiku* ⇒ **pozitivní FREKVENČNÍ EFEKT**

- Vazba **LIGAND-RECEPTOR** s následující intracelulární sekvencí dějů ⇒ **↑ [Ca<sup>2+</sup>]<sub>i</sub>** (noradalin, adrenalin, tyroxin, ...)



↑ [Ca<sup>2+</sup>]<sub>i</sub>

# HLADKÝ SVAL


## HLAVNÍ FAKTORY STUPŇOVÁNÍ KONTRAKCE / TONU

- **DEPOLARIZACE MEMBRÁNY** (i bez spuštění akčních napětí)  
⇒ *aktivace napět'ově závislých  $Ca^{2+}$  kanálů* ⇒  $\uparrow [Ca^{2+}]_i$
- **FAKTORY NA POLARIZACI MEMBRÁNY NEZÁVISLÉ**
  - Vazba *ligand-receptor* s následující aktivační kaskádou ⇒  $\uparrow [Ca^{2+}]_i$   
(např. aktivace PLC ⇒  $\uparrow IP_3$  ⇒ uvolnění  $Ca^{2+}$  ze SR)
  - *Protažení svalových buněk* ⇒ *otevření  $Ca^{2+}$  kanálů aktivovaných protažením membrány („stretch channels“)* ⇒  $\uparrow [Ca^{2+}]_i$



$\uparrow Ca^{2+}$ -kalmodulin

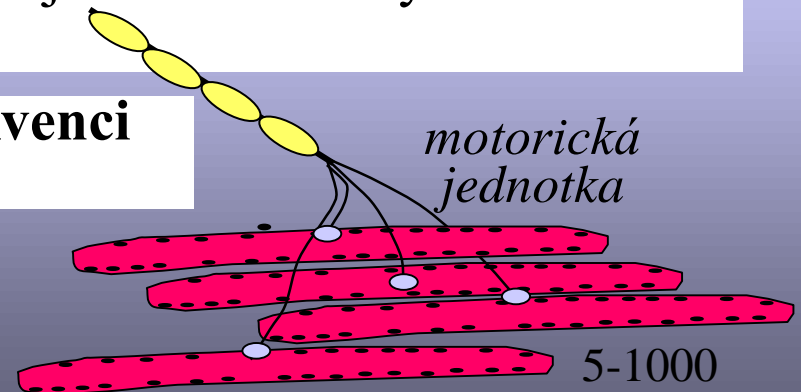
## **KOSTERNÍ, SRDEČNÍ A HLADKÝ SVAL**

- **Strukturální charakteristické vlastnosti**
- **Elektrická a mechanická aktivita**
- **Molekulární mechanismy kontrakce**
- **Biofyzikální vlastnosti svalů**
- **Stupňování kontrakce**
-  ○ **Přehled charakteristických vlastností kosterního, srdečního a hladkého svalu**

# KOSTERNÍ SVAL

## HLAVNÍ CHARAKTERISTICKÉ VLASTNOSTI

- **Mnohjaderné** dlouhé cylindrické buňky (max. 20 cm)
- **Bohatě vyvinuté** sarkoplazmatické retikulum
- **Pravidelné uspořádání** myozinových a aktinových filament do sarkomer (**příčné pruhování**)
- **Aktivita** silně závislá na nervovém zásobení (přenos vzruchu **motorickou ploténkou**)
- Svalová vlákna **nejsou** navzájem propojena (žádné „gap junctions“)
- Motorické neurony se větví pro inervaci většího počtu buněk; (**motorická jednotka** definována jako jeden motorický neuron inervující 5-1000 buněk)
- Sumace kontrakcí při vysoké frekvenci excitace (**tetanus**)
- Aktivita pod **volní** kontrolou



# TYPY MYOCYTŮ KOSTERNÍCH SVALŮ

## TYP I

### POMALÝ - ČERVENÝ

*např. zádové svaly, m. soleus*

- Pomalé kontrakce (zajišťující většinou postoj těla)
- Pomalé motorické jednotky s motorickými neurony s nižší rychlostí vedení impulzů (menší průměr)

Převážně **AEROBNÍ METABOLIZMUS** a ↑ **ODOLNOST PROTI ÚNAVĚ**

## TYP II

### RYCHLÝ (ČERVENÝ / BÍLÝ)

*např. okohybné svaly, svaly rukou*

- Krátkodobé stahy pro jemné rychlé cílené pohyby
- Rychlé motorické jednotky s motorickými neurony s velkou rychlostí vedení vzruchů (větší průměr)

**TYP IIa (RYCHLÝ-ČERVENÝ)** a **TYP IIb (RYCHLÝ-BÍLÝ)**

Poměr **AEROBNÍHO** a **ANAEROBNÍHO** (glykolýza) **METABOLIZMU** určuje **NÁCHYLNOST K ÚNAVĚ**

Sportovní aktivitou se **TYP IIb** postupně mění na **TYP IIa**

# SRDEČNÍ SVAL

## HLAVNÍ CHARAKTERISTICKÉ VLASTNOSTI

- **Jednojaderné**, větvené a vzájemně propojené buňky **interkalárními disky** (max. délky 100  $\mu\text{m}$ )
- **Středně vyvinuté** sarkoplazmatické retikulum
- Pravidelné uspořádání myozinových a aktinových filament do sarkomer (**příčné pruhování**)
- Excitace a kontrakce jsou **nezávisle** na nervovém zásobení (**pravidelný „pacemaker“ v SA uzlu, AV uzlu**)
- Funkční syncytium (elektrická spojení – **„gap junctions“**)
- **Receptory pro neurotransmitery** (uvolňované z nervových zakončení) a **hormony** (přiváděné cirkulací); modulace **lokálními mediátory**
- Tetanická kontrakce **nemůže** vzniknout **pro dlouhou refrakterní akčního napětí**
- Aktivita **nezávislá** na vůli

# HLADKÝ SVAL

## HLAVNÍ CHARAKTERISTICKÉ VLASTNOSTI

- **Jednojaderné vřetenovité** buňky variabilní délky (50-200  $\mu\text{m}$ )
- Nepravidelné uspořádání myozinu a aktinu
- **Málo vyvinuté** sarkoplazmatické retikulum; T-systém chybí
- Kontrakce **viscerálního svalstva** nezávisí na nervovém zásobení (**nepravidelná pomalá nestabilní „pacemakerová“ aktivita**), **funkční syncytium** (**gap junctions**)
- Pomalý **fázový, tonický** i **tetanický** stah
- Četné **receptory pro neurotransmitery** (uvolňované z nervových zakončení) a **hormony** (přiváděné cirkulací). Modulace také **lokálními chemickými mediátory**
- Aktivita může být spuštěna natažením svalu (**membránové kanály aktivované protažením - „stretch-activated channels“**)
- Výrazná roztažnost a plasticita
- Aktivita **nezávislá** na vůli



# TYPY HLADKÝCH SVALŮ

## VISCERÁLNÍ – JEDNOTKOVÝ

např. žaludek, střeva, uterus, ureter

- Funkční syncytium (*elektrické spoje „gap junctions“*)
- **Nezávislost** kontrakce na nervové stimulaci (**pomalá nepravidelná nestabilní „pacemakerová“ aktivita**)
- Vznik kontrakce v odezvě na natažení svalu (*vápníkové kanály aktivované natažením – „stretch channels“*)

## VÍCEJEDNOTKOVÝ stimulovaný neurony

např. arterioly, m. ciliaris, m. iris , ...

- Stimulace *autonomními „motorickými“* neurony (*acetylcholin / norepinefrin*) - **autonomní „MOTORICKÉ“ jednotky**
- Svalové buňky **nejsou** propojeny „gap junctions“; AN **nevznikají**
- **Synapse** v průběhu nervových zakončení (*„en passant“*)
- **Kontrakce** jsou *jemně stupňované a lokalizované*

