

Fyziologie srdce

Převodní systém

Srdeční buněčná elektrofyzilogie

Spřažení excitace s kontrakcí

Doc. MUDr. Markéta Bébarová, Ph.D.



Fyziologický ústav
Lékařská fakulta
Masarykova univerzita



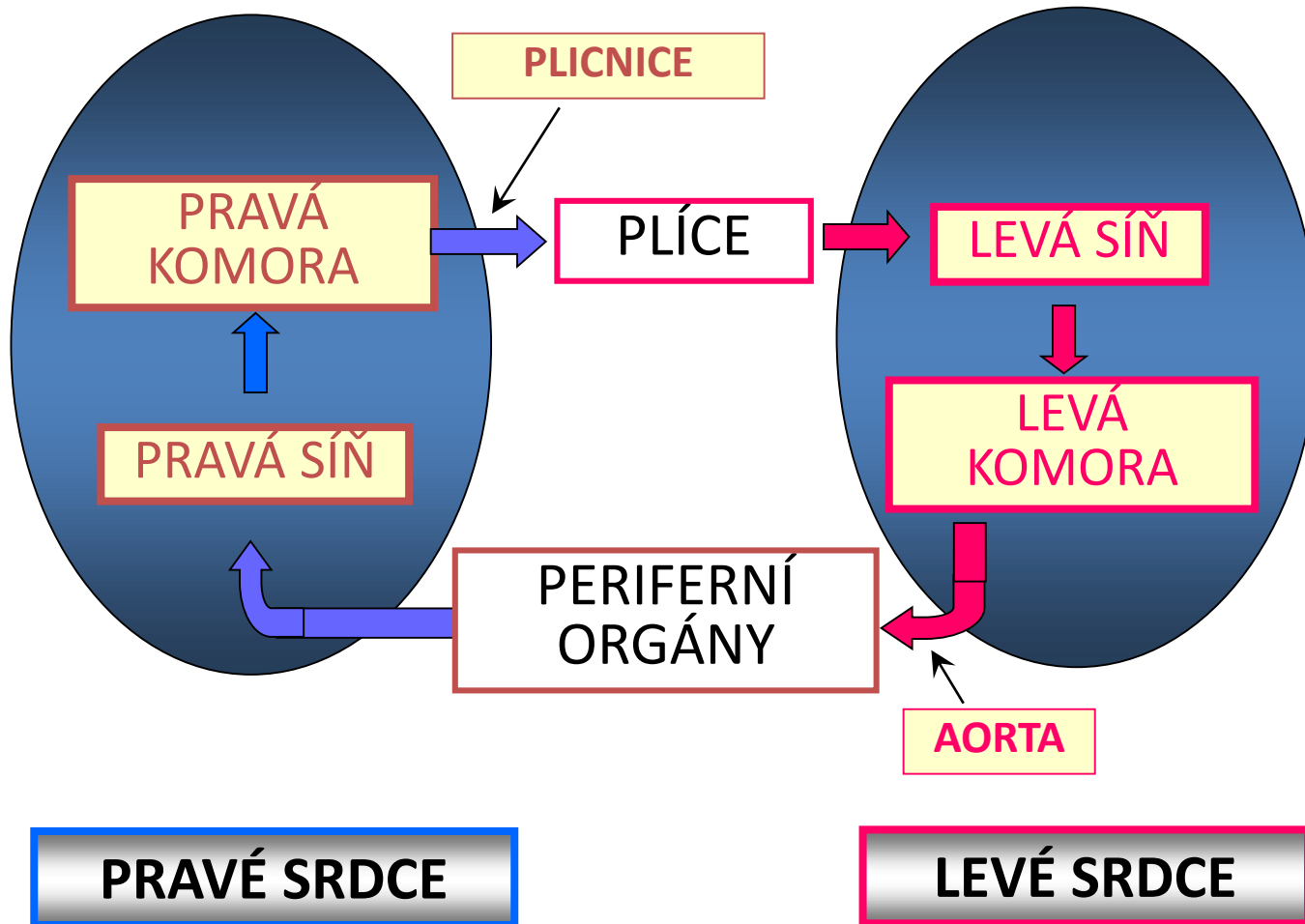
ORGANIZACE KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU

Role kardiovaskulárního systému

- **primární role** - distribuce rozpuštěných plynů a dalších živin
- **několik sekundárních rolí, např.:**
 - rychlý přenos chemické signalizace k buňkám (hormony, neurotransmitery)
 - termoregulace (přenos tepla z tělesného jádra k povrchu těla)
 - imunitní reakce
- **role srdce:**
 - primární role – pumpování krve
 - endokrinní orgán (natriuretické peptidy)

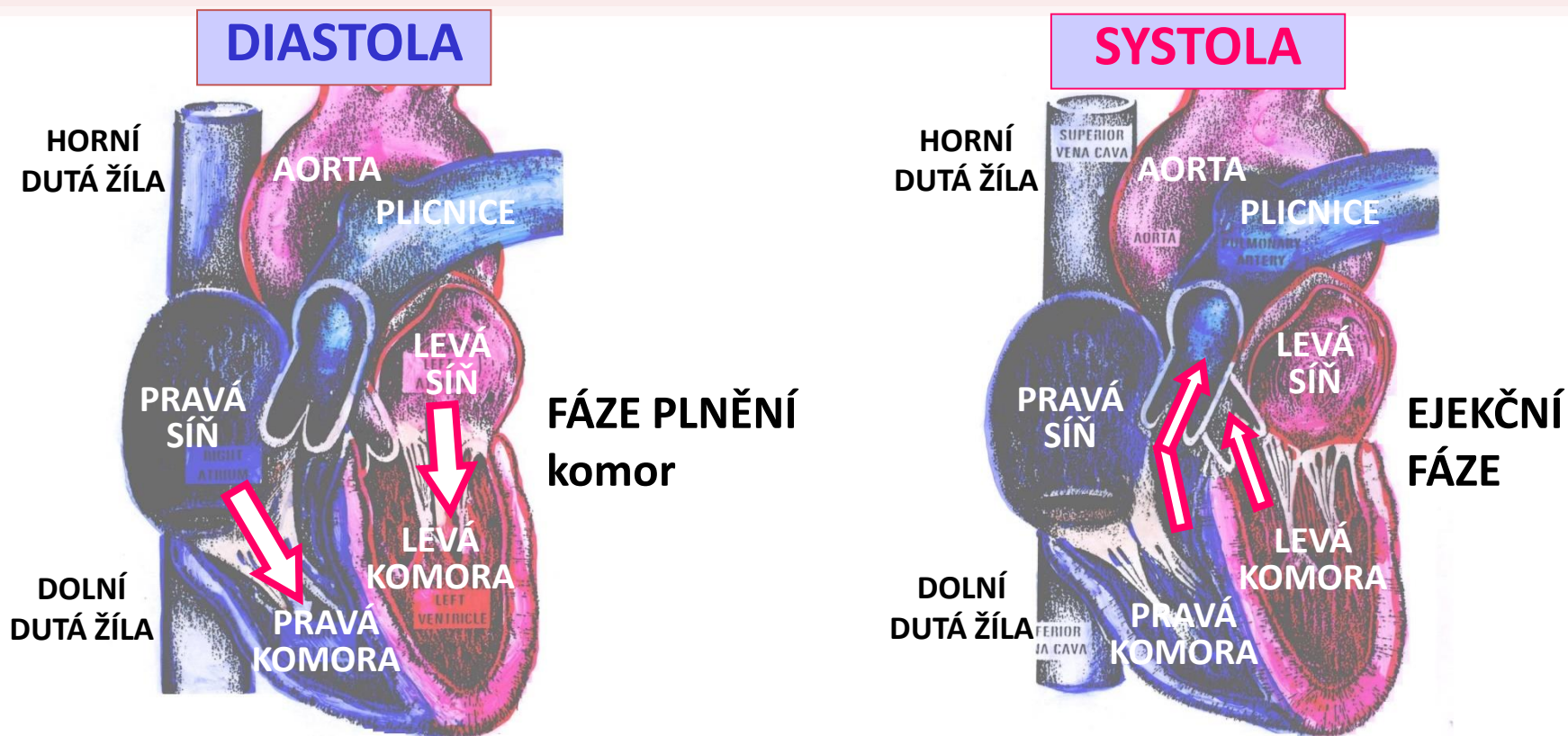
ORGANIZACE KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU

DVĚ SÉRIOVĚ PROPOJENÉ PUMPY



ORGANIZACE KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU

Dvě hlavní fáze srdečního cyklu



JEDNOSMĚRNÉ CHLOPNĚ

ATRIOVENTRIKULÁRNÍ (mitrální a trikuspidální)

SEMILUNÁRNÍ (aortální a pulmonální)

DIASTOLA

otevřené

zavřené

SYSTOLA

zavřené

otevřené

ORGANIZACE KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU

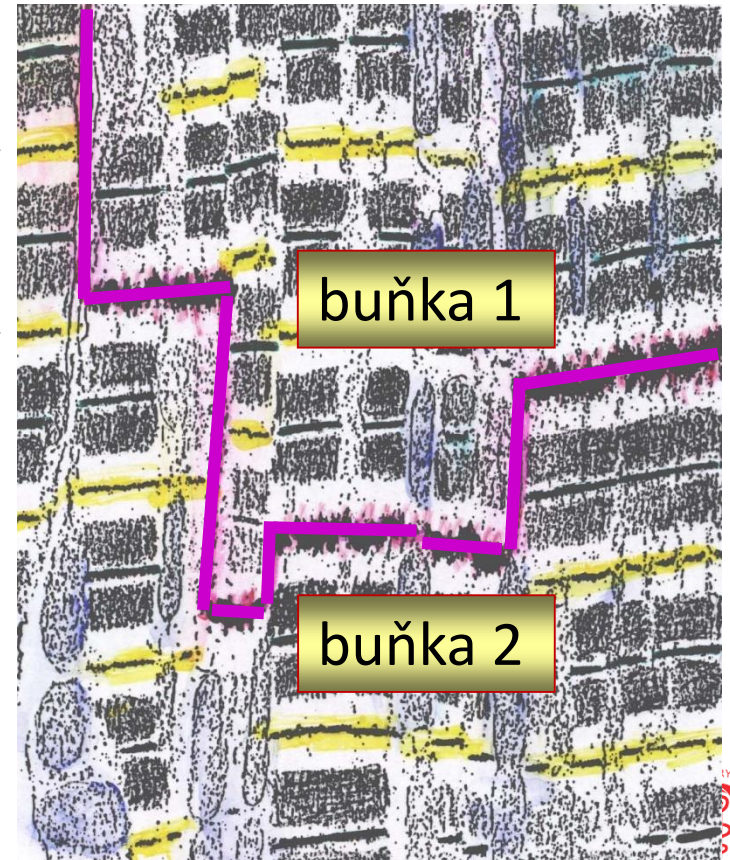
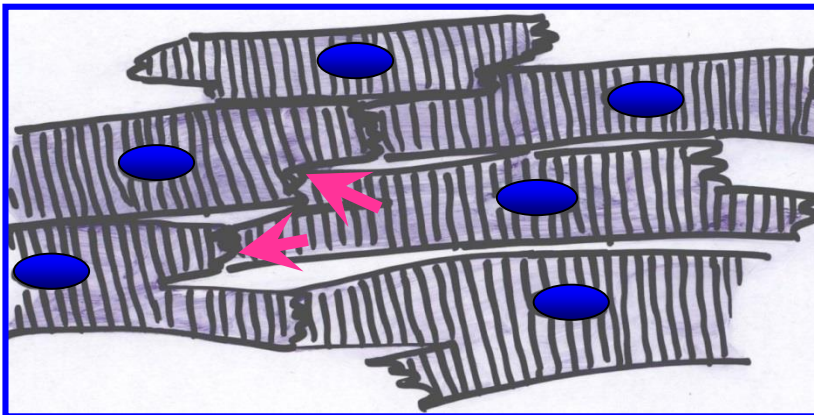
Dva hlavní typy srdečních buněk

- srdeční buňky pracovního myokardu – specializované pro kontrakci (síňové a komorové buňky)

FUNKČNÍ SYNCITIUM

- mechanická spojení
- elektrická spojení - **gap junctions**

sarkomera



ORGANIZACE KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU

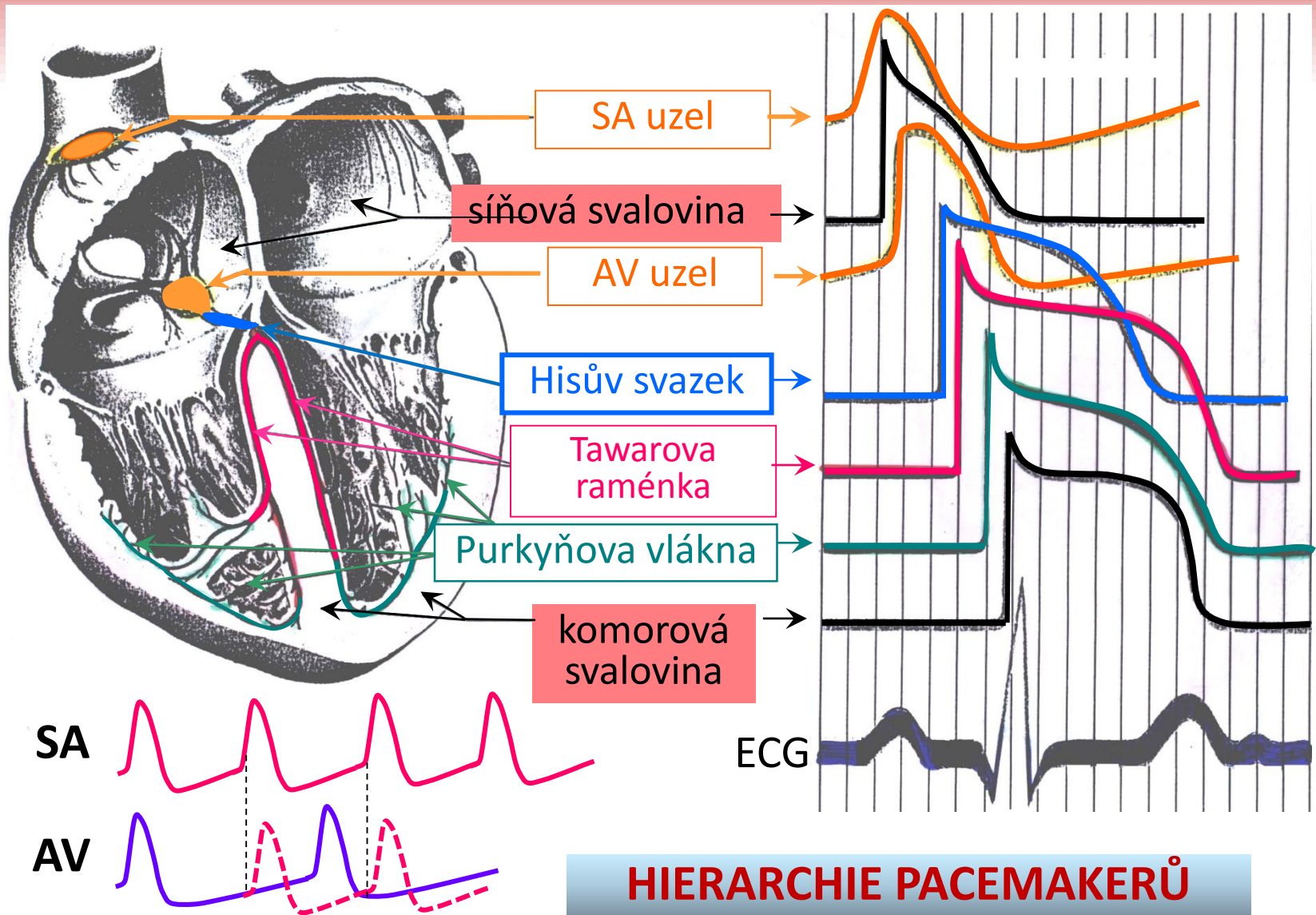
Dva hlavní typy srdečních buněk

- **srdeční buňky pracovního myokardu** – specializované pro kontrakci (síňové a komorové buňky)
- **srdeční buňky převodního srdečního systému** – specializované pro:
 - automatickou excitaci (pacemakerová aktivita)
 - vedení excitace

Převodní srdeční systému zajišťuje:

- 1) vznik automatické elektrické aktivity srdce (pacemakerové aktivity), která zahajuje jeho mechanickou aktivitu
- 2) optimální načasování mechanické aktivity srdce jako pumpy

PŘEVODNÍ SRDEČNÍ SYSTÉM



HIERARCHIE PACEMAKERŮ

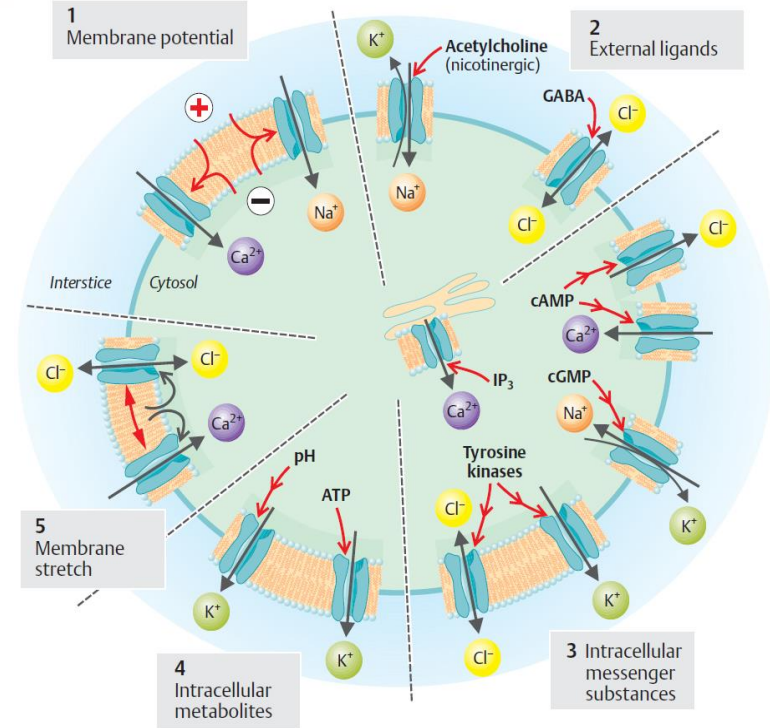
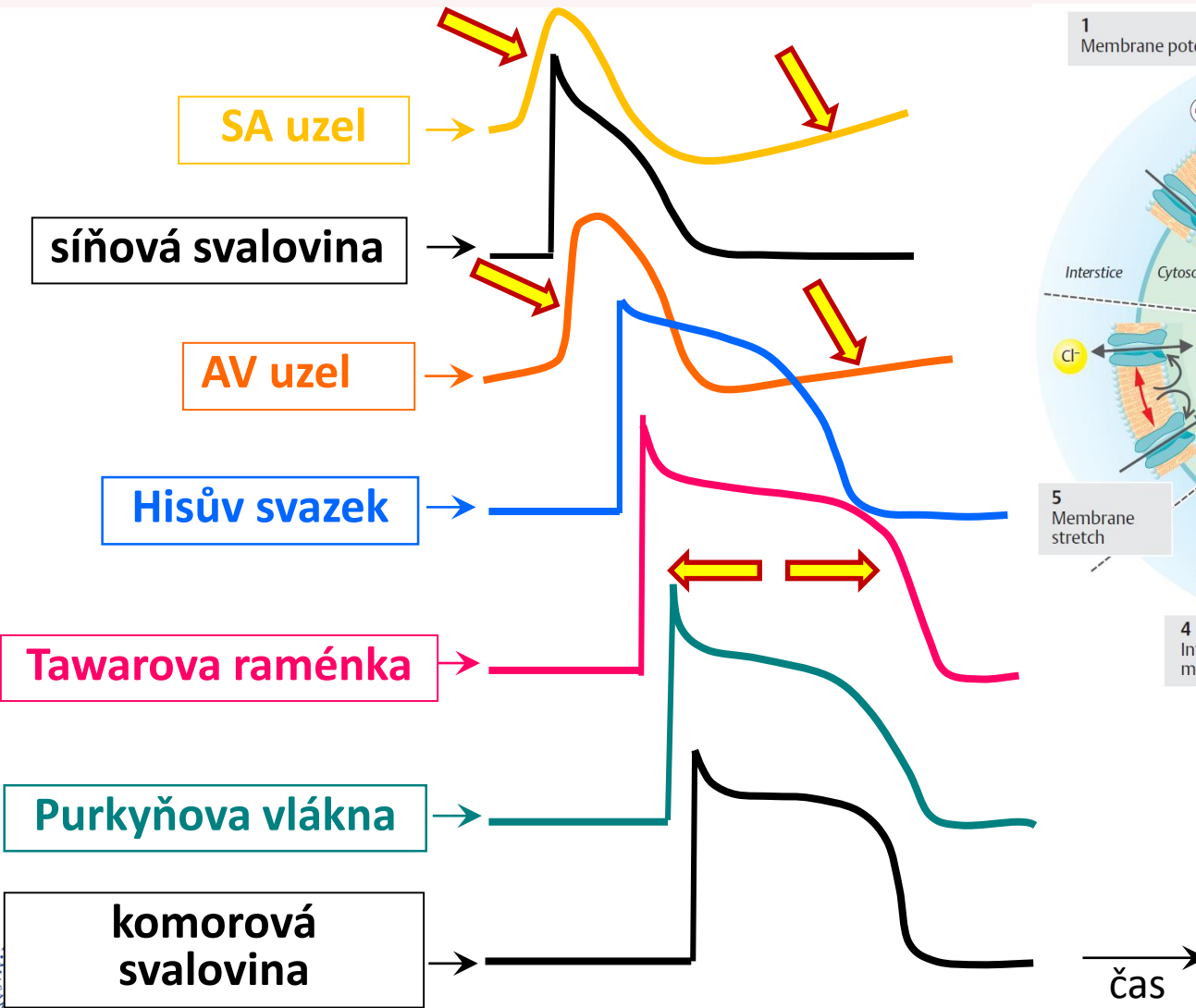
PŘEVODNÍ SRDEČNÍ SYSTÉM

- **SINOATRIÁLNÍ (SA) UZEL**
PRIMÁRNÍ pacemaker (60-100 impulzů/min) 0.05 m/s
- **INTERNODÁLNÍ PREFERENČNÍ DRÁHY** 1 m/s
- **ATRIOVENTRIKULÁRNÍ (AV) UZEL**
SEKUNDÁRNÍ pacemaker (40-55 impulzů/min) 0.05 m/s
- **HISŮV SVAZEK** 1 m/s
- **TAWAROVA RAMÉNKA (LEVÉ A PRAVÉ)** 1 m/s
- **PURKYŇOVA VLÁKNA**
TERCIÁRNÍ pacemaker (25-40 impulzů/min) 4 m/s

Rychlost vedení excitace v myokardu síní a komor: 1 m/s

SRDEČNÍ BUNĚČNÁ ELEKTROFYZIOLOGIE

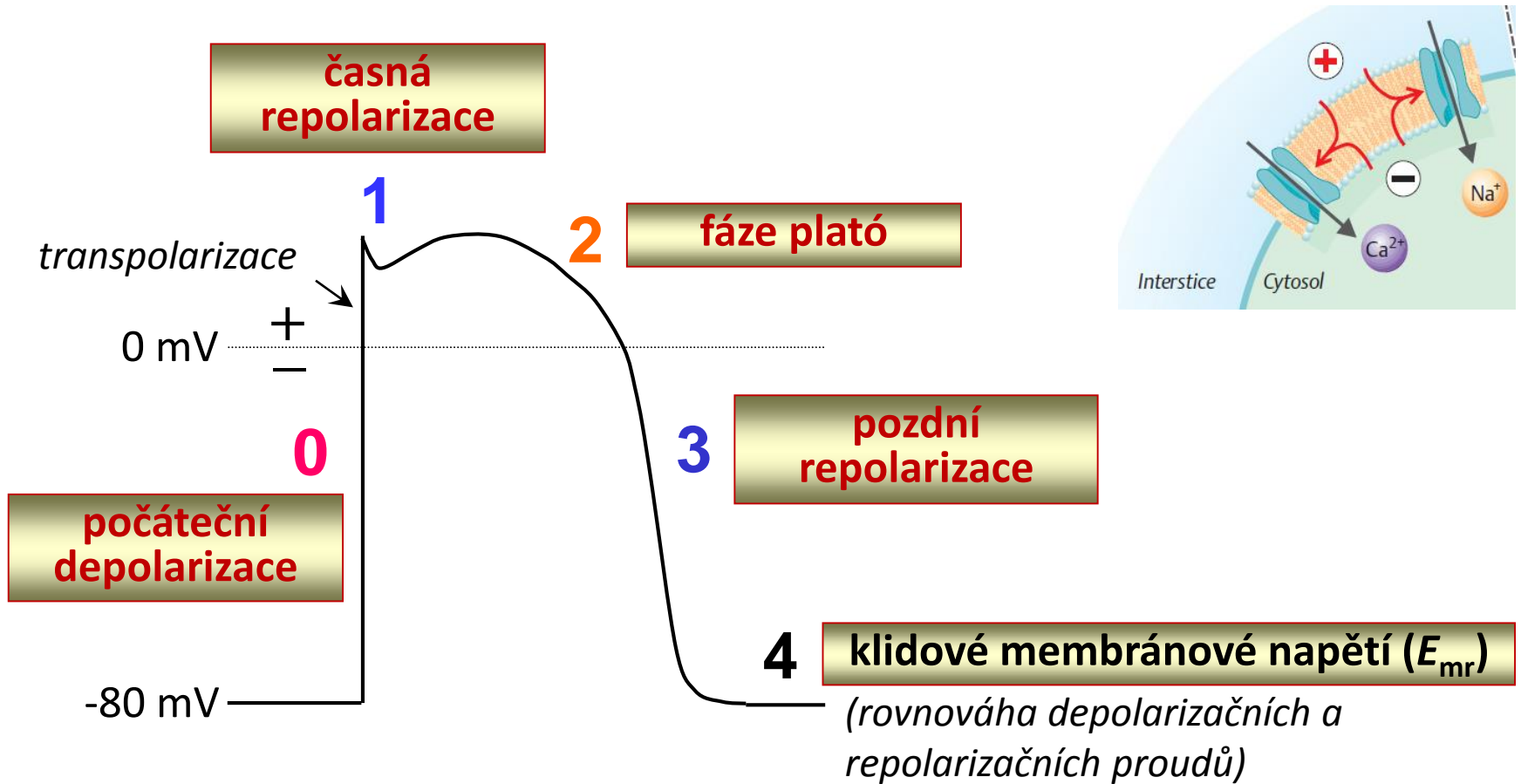
Iontový podklad akčního napětí



Despopoulos, Color Atlas of Physiology © 2003

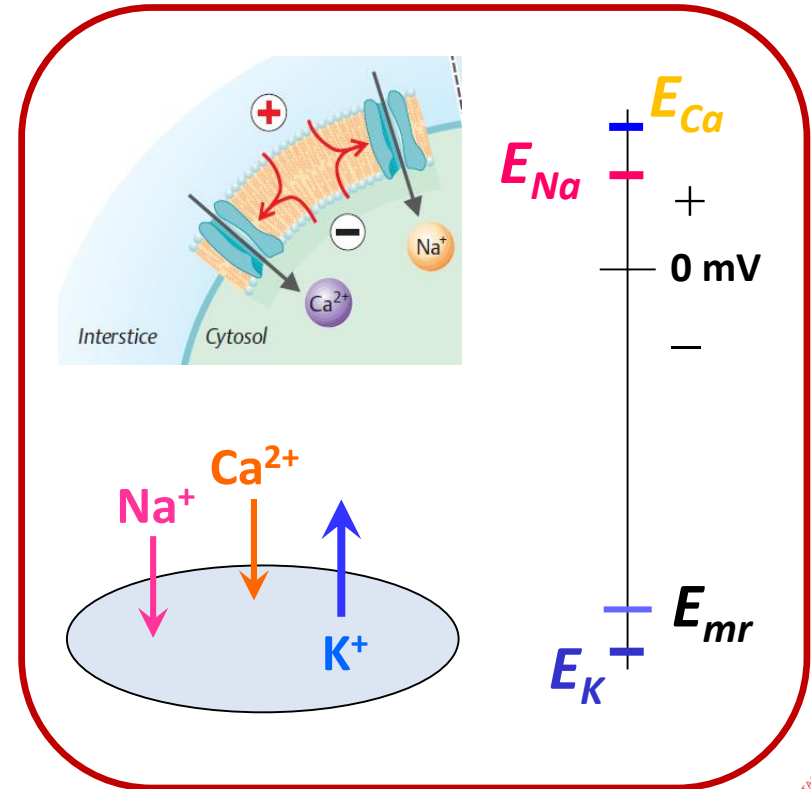
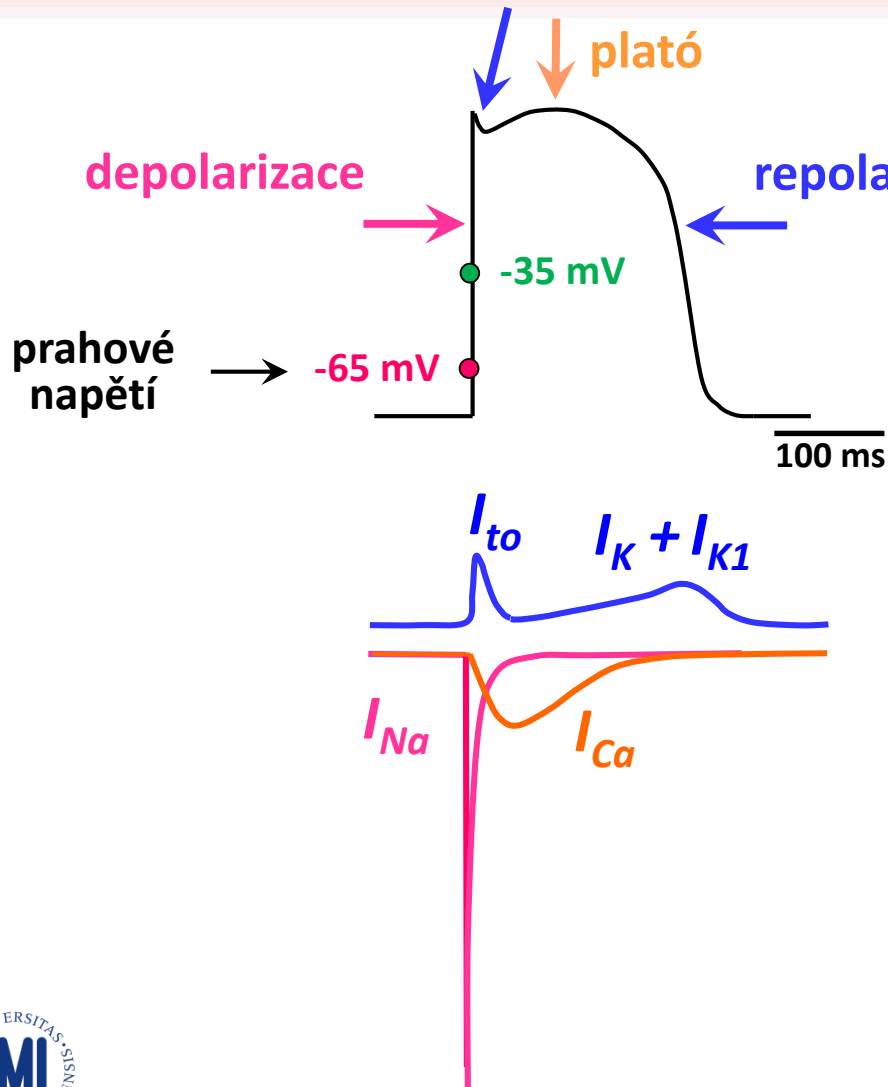
SRDEČNÍ BUNĚČNÁ ELEKTROFYZIOLOGIE

Iontový podklad akčního napětí



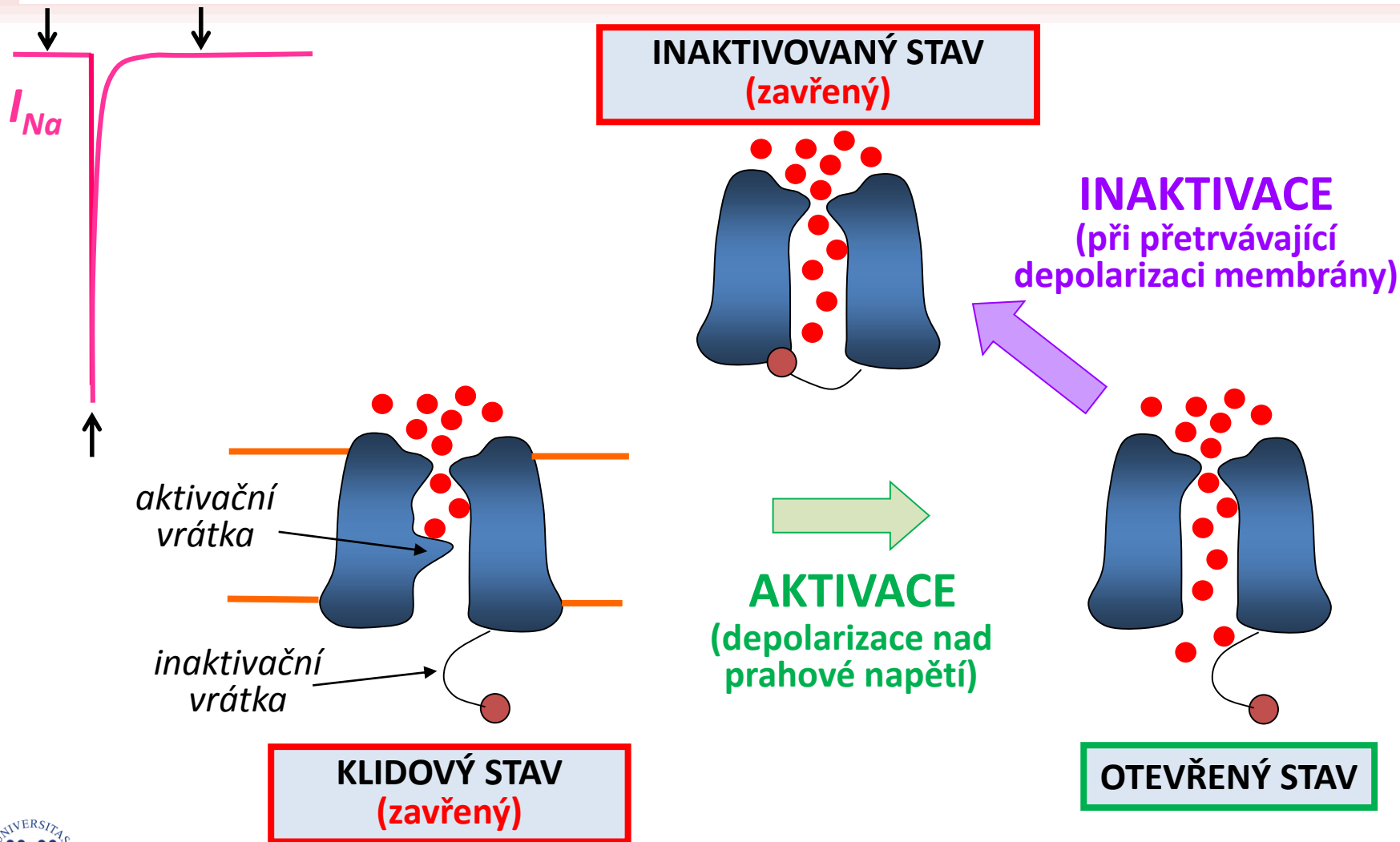
SRDEČNÍ BUNĚČNÁ ELEKTROFYZIOLOGIE

Iontový podklad akčního napětí



SRDEČNÍ BUNĚČNÁ ELEKTROFYZIOLOGIE

Iontový podklad akčního napětí

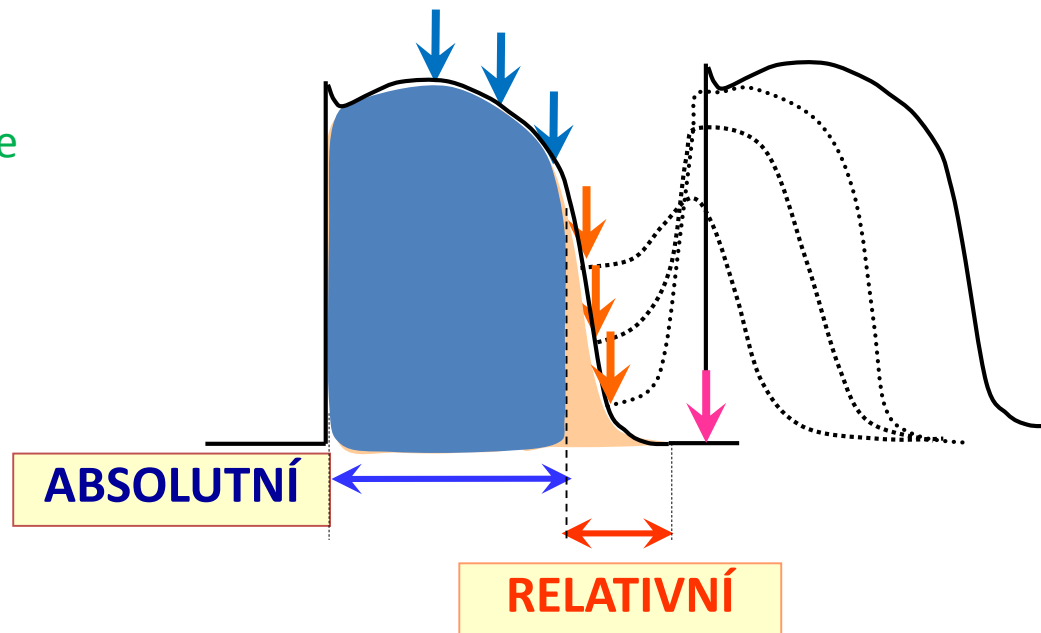
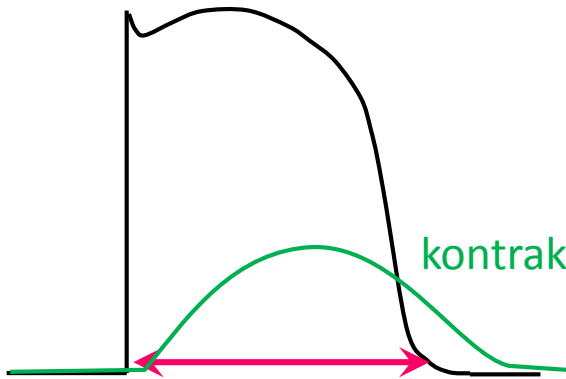


SRDEČNÍ BUNĚČNÁ ELEKTROFYZIOLOGIE

Refrakterní perioda – pokles dráždivosti

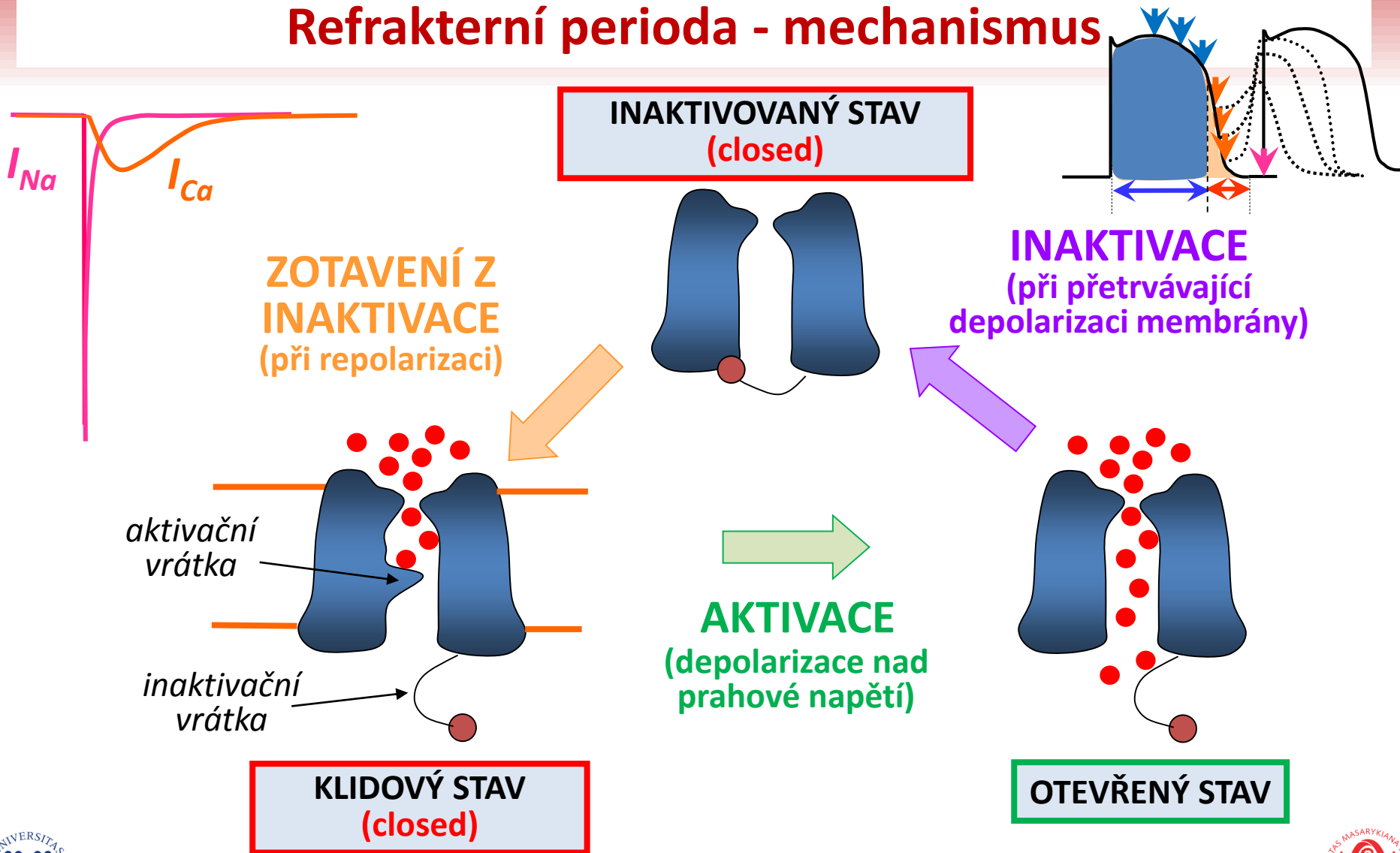
akční napětí

kontrakce



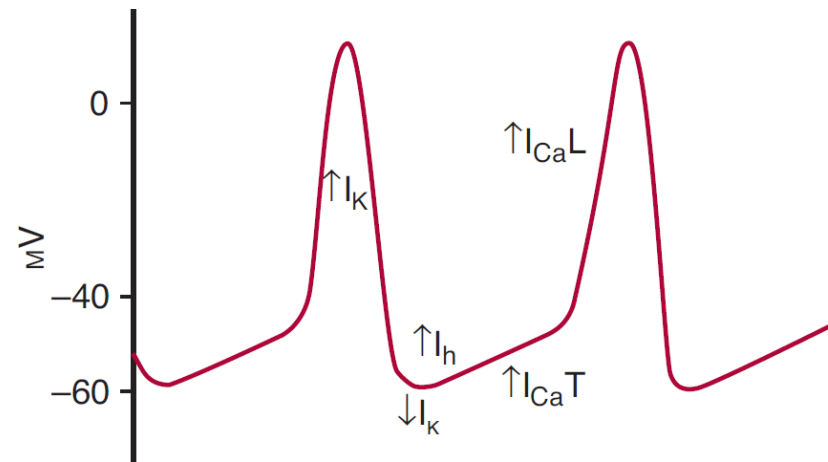
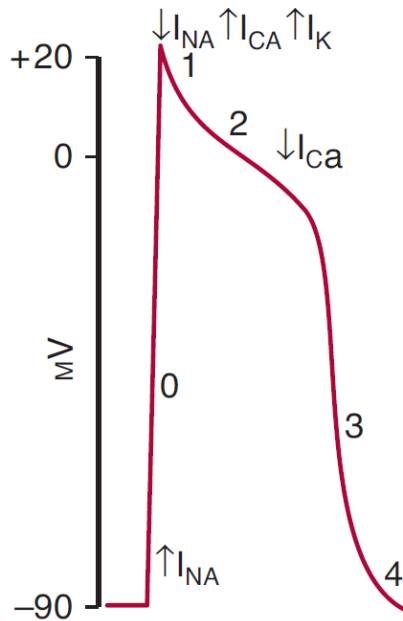
SRDEČNÍ BUNĚČNÁ ELEKTROFYZIOLOGIE

Refrakterní perioda - mechanismus



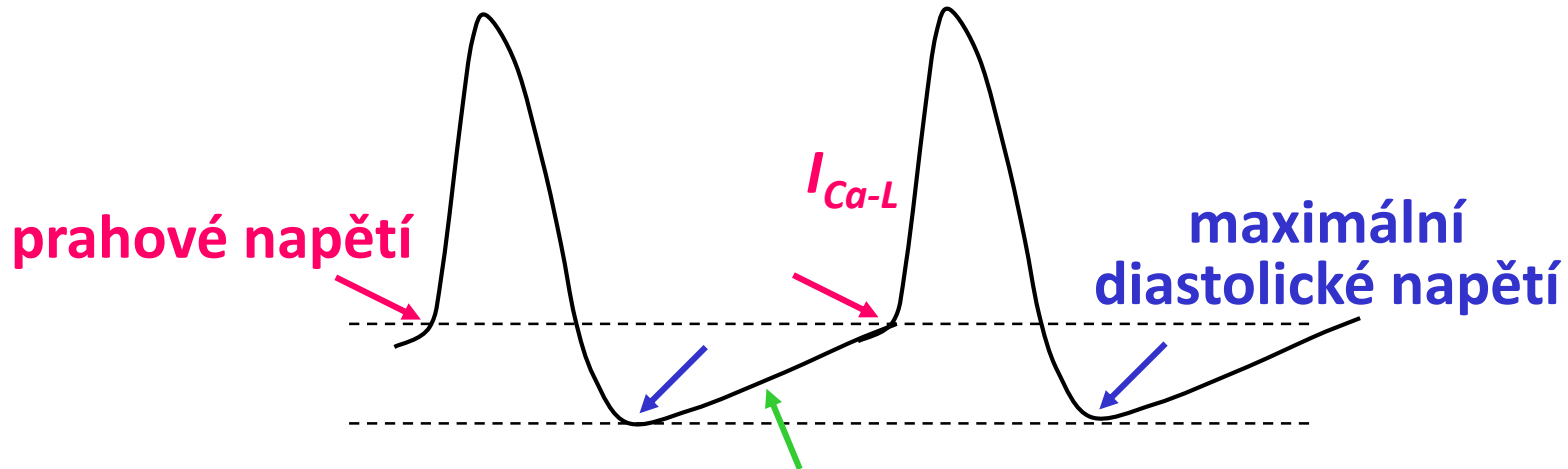
SRDEČNÍ BUNĚČNÁ ELEKTROFYZIOLOGIE

Pacemakerová aktivita - mechanismus



SRDEČNÍ BUNĚČNÁ ELEKTROFYZIOLOGIE

Pacemakerová aktivita - mechanismus

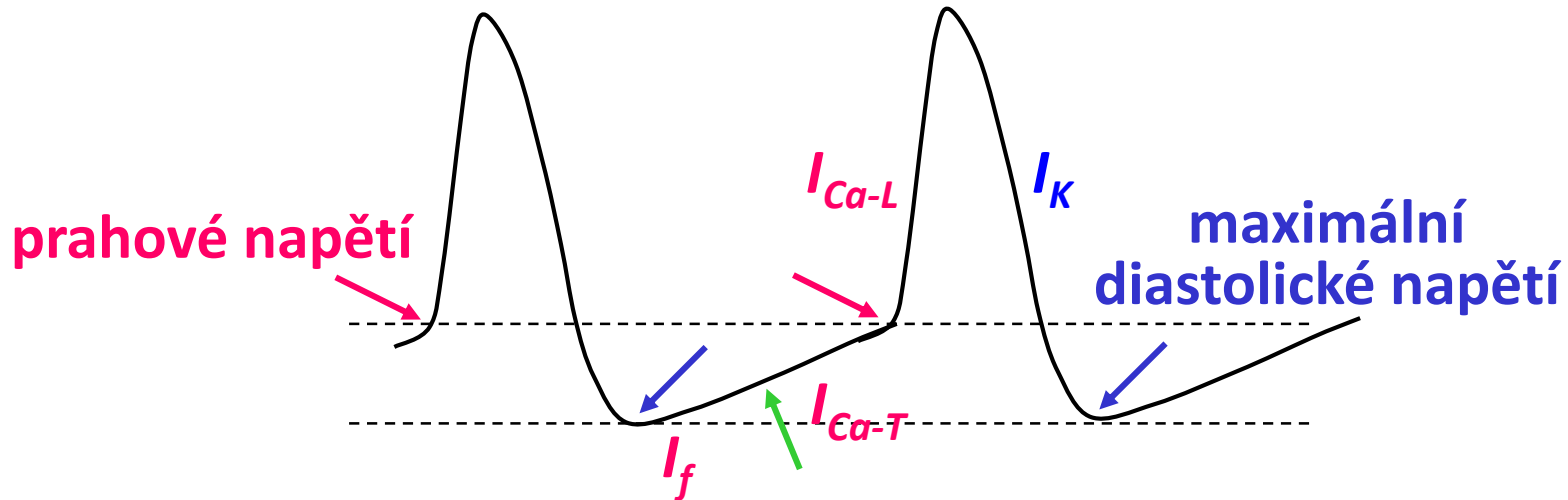


FAKTORY URČUJÍCÍ SRDEČNÍ FREKVENCI:

- 1) maximální diastolické napětí
- 2) strmost diastolické depolarizace
- 3) prahové napětí pro aktivaci I_{Ca-L}

SRDEČNÍ BUNĚČNÁ ELEKTROFYZIOLOGIE

Pacemakerová aktivita - mechanismus

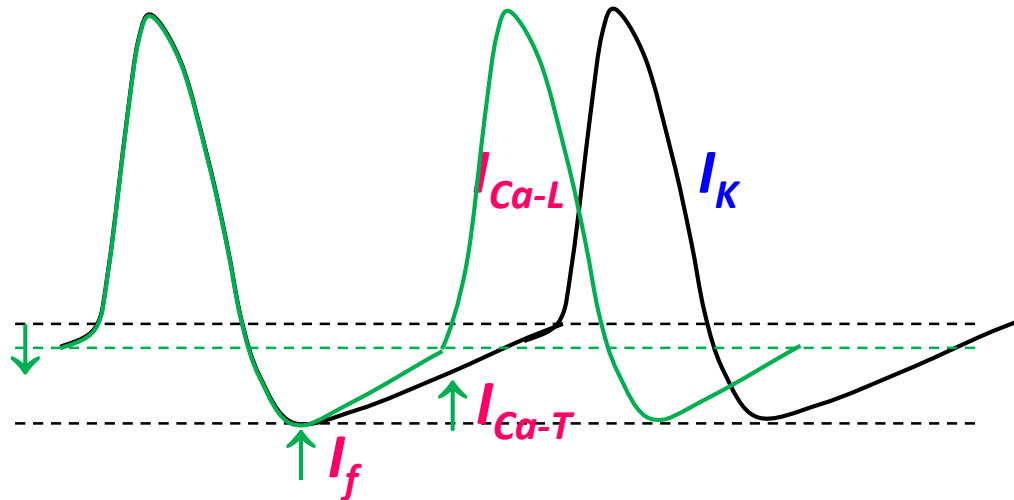


SLOŽITÝ PROCES, který je VÝSLEDKEM SOUHRY mezi

- **REPOLARIZAČNÍMI PROUDY, zejména I_K (včetně $I_{K,Ach}$)**
- **DEPOLARIZAČNÍMI PROUDY, zejména I_f a I_{Ca-T}**

SRDEČNÍ BUNĚČNÁ ELEKTROFYZIOLOGIE

Pacemakerová aktivita - mechanismus

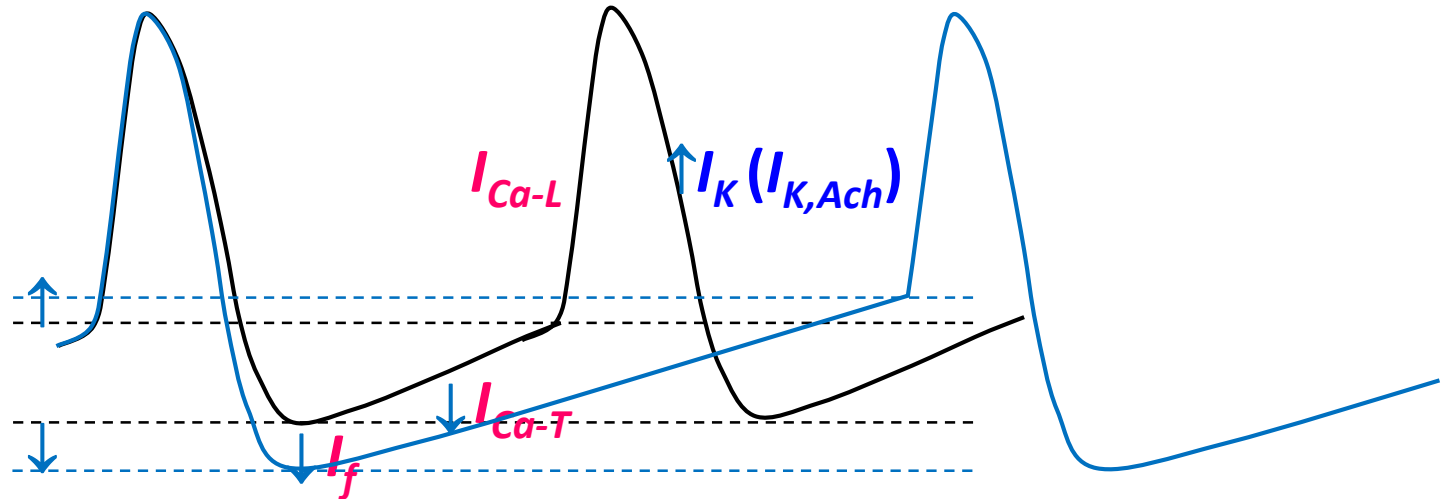


STIMULACE SYMPATIKU

- \uparrow cAMP \longrightarrow \uparrow I_f a I_{Ca-T} \longrightarrow \uparrow strmost diastolické depolarizace
 \longrightarrow \downarrow prahové napětí pro aktivaci I_{Ca-L}
(\uparrow excitabilita)

SRDEČNÍ BUNĚČNÁ ELEKTROFYZIOLOGIE

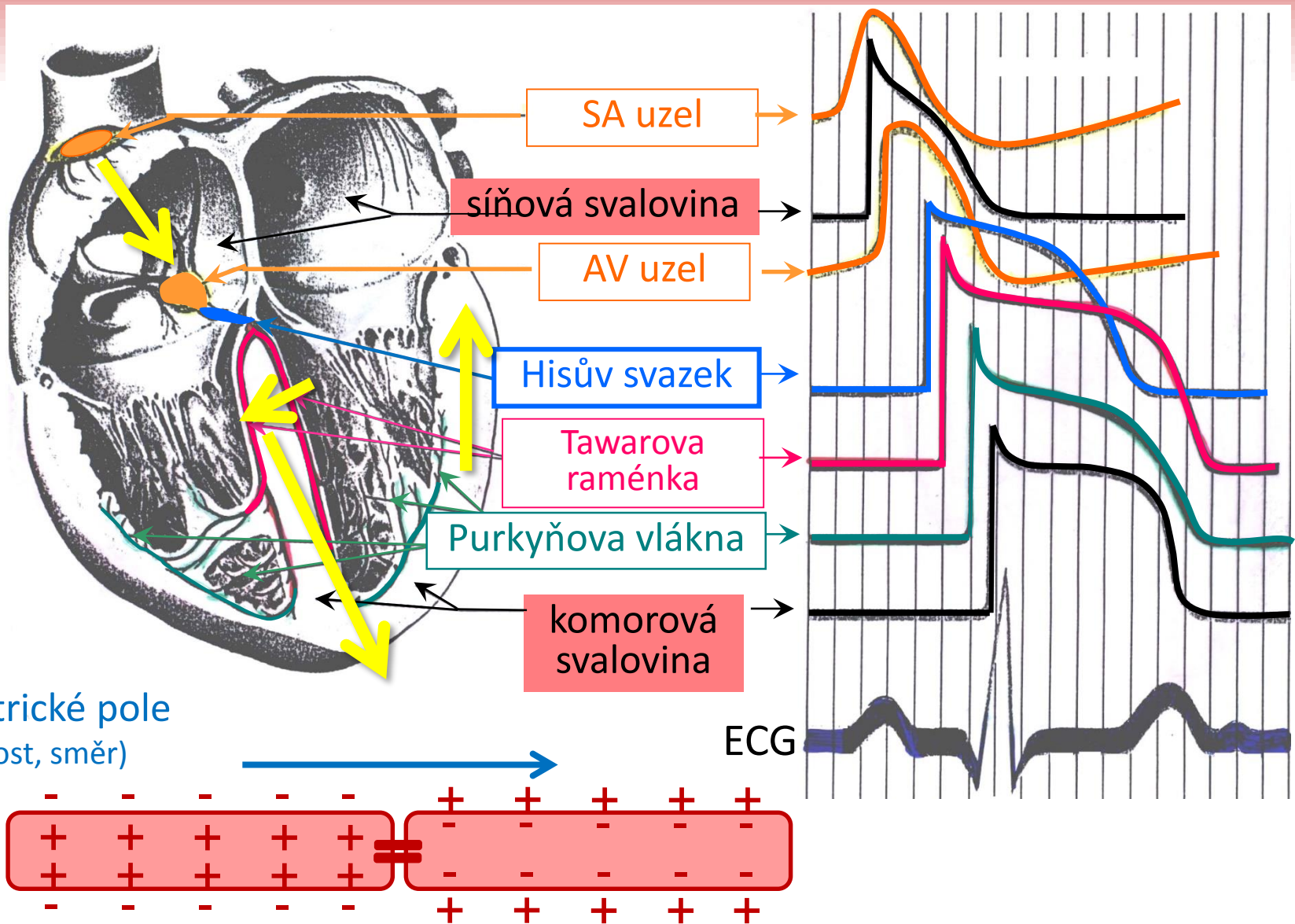
Pacemakerová aktivita - mechanismus



STIMULACE PARASYMPATIKU

- \downarrow cAMP \longrightarrow \downarrow I_f a I_{Ca-T} \longrightarrow \downarrow strmost diastolické depolarizace
 \longrightarrow \uparrow prahové napětí pro aktivaci I_{Ca-L}
(\downarrow excitabilita)
- aktivace $I_{K,Ach}$ \longrightarrow \downarrow maximální diastolické napětí

ŠÍŘENÍ EXCITACE SRDCEM

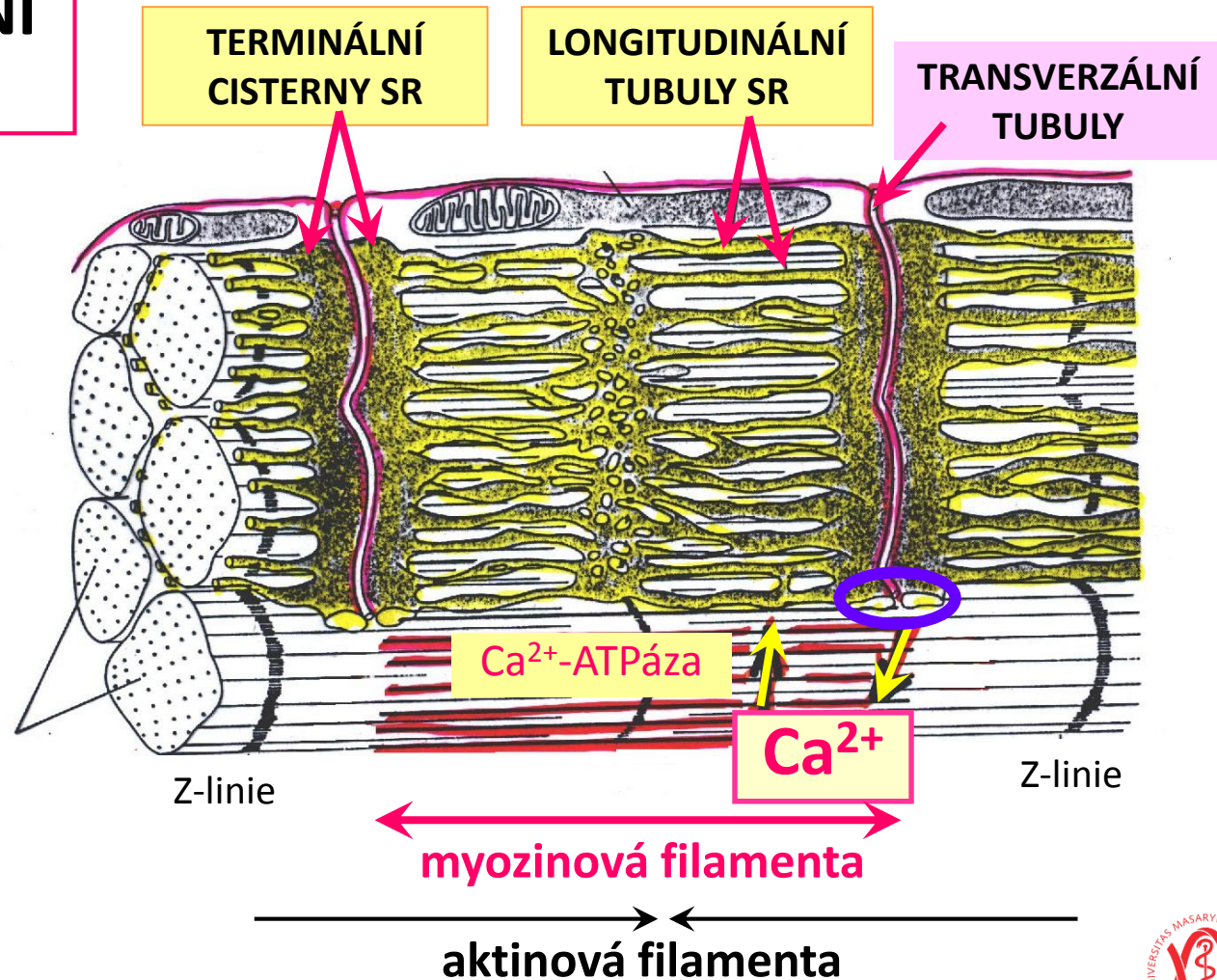


SPŘAŽENÍ EXCITACE S KONTRAKCÍ

Mechanismus spřažení excitace s kontrakcí

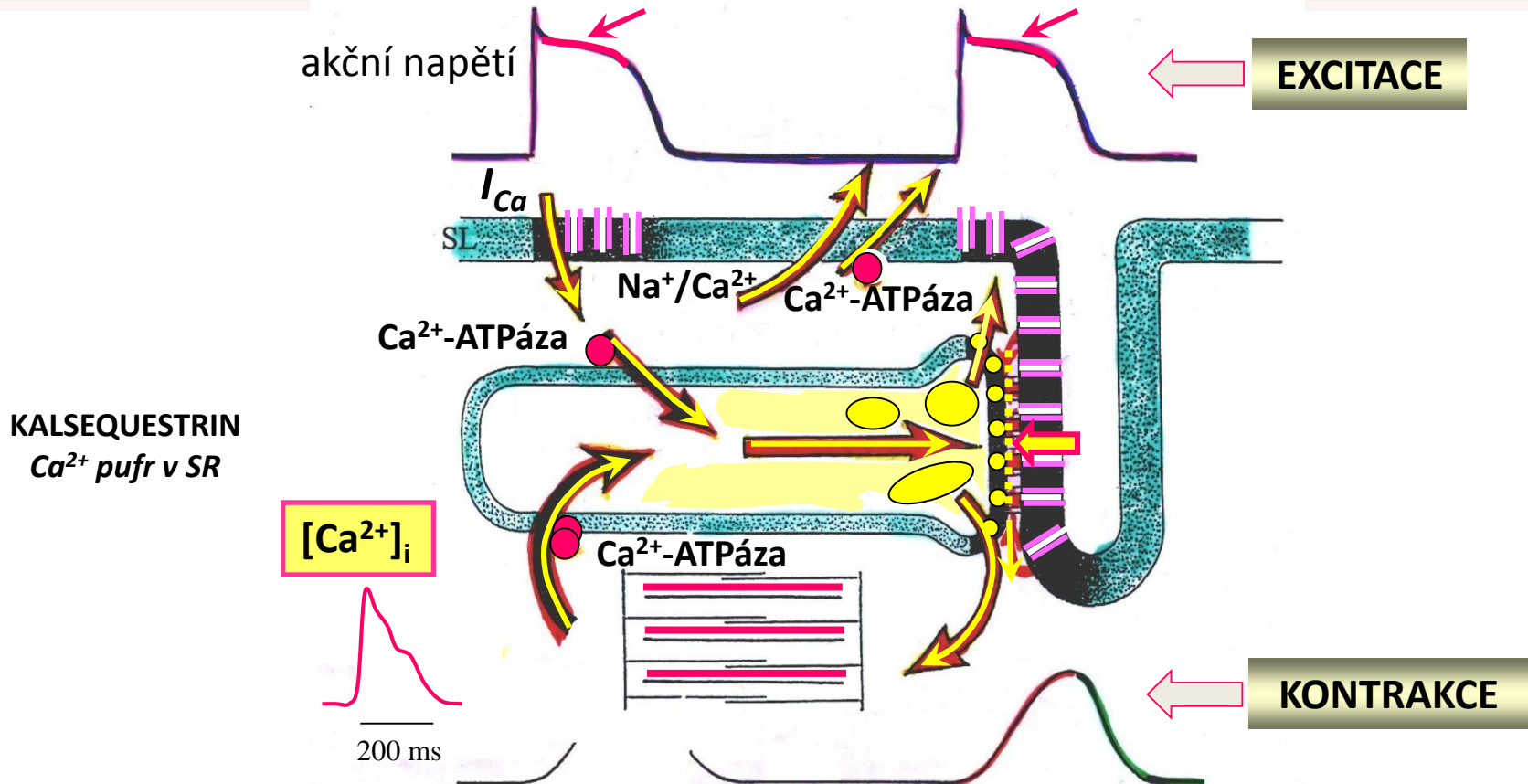
SARKOTUBULÁRNÍ SYSTÉM

OBDONNÉ USPOŘÁDÁNÍ
U SRDEČNÍCH BUNĚK A
U BUNĚK KOSTERNÍ
SVALOVINY



SPŘAŽENÍ EXCITACE S KONTRAKCÍ

Mechanismus spřažení excitace s kontrakcí u kardiomyocytů



napětím řízené Ca^{2+} kanály v buněčné membráně (jak v povrchové membráně, tak v membráně t-tubulů)

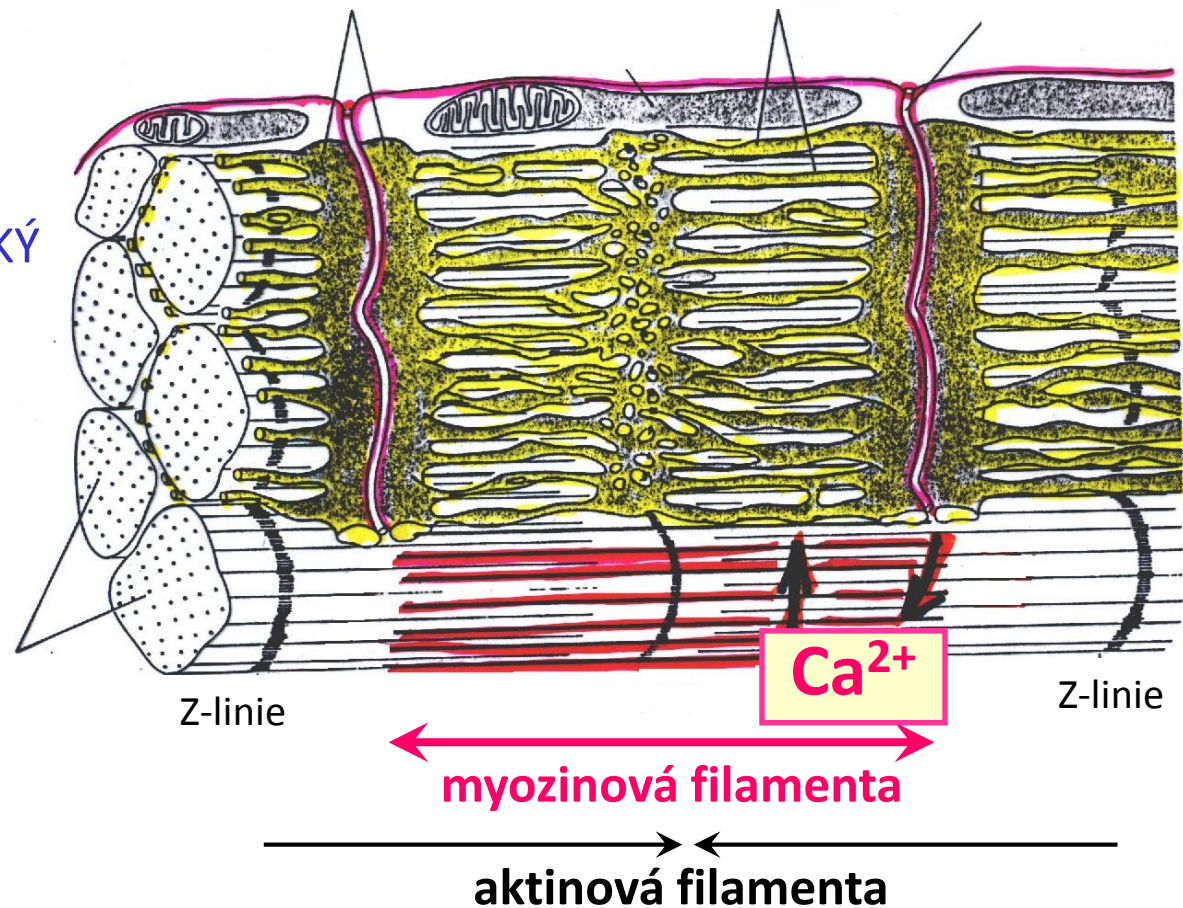
Ca^{2+} -senzitivní kanály SR uvolňující Ca^{2+}

SPŘAŽENÍ EXCITACE S KONTRAKCÍ

Molekulární mechanismus kontrakce

TVORBA PŘÍČNÝCH MŮSTKŮ MEZI VLÁKNY AKTINU A MYOZINU

MECHANISMUS IDENTICKÝ
U SRDEČNÍCH BUNĚK
A U BUNĚK KOSTERNÍHO
SVALSTVA

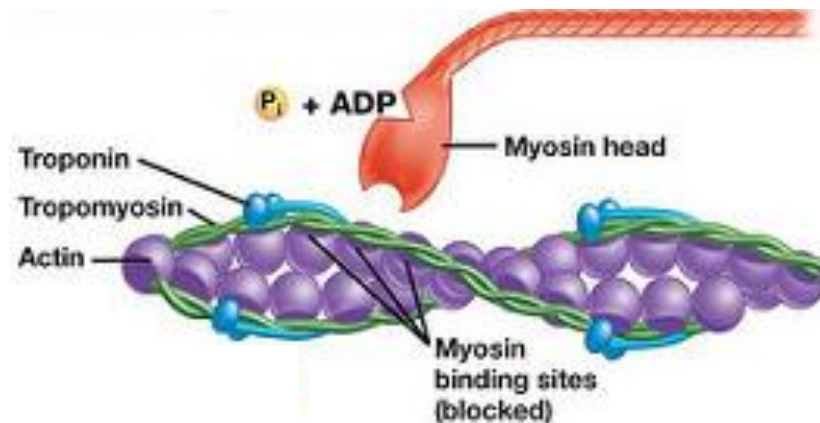
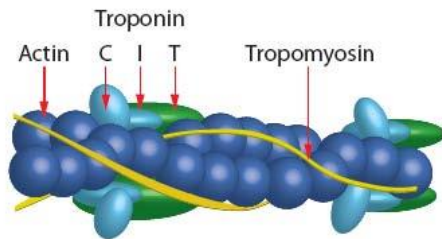


SPŘAŽENÍ EXCITACE S KONTRAKCÍ

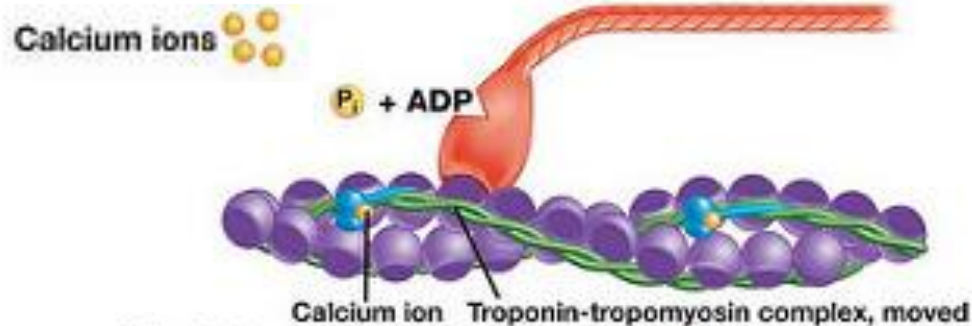
Molekulární mechanismus kontrakce

KOMPLEX TROPONIN-TROPOMYOZIN

UVOLNĚNÝ SVAL



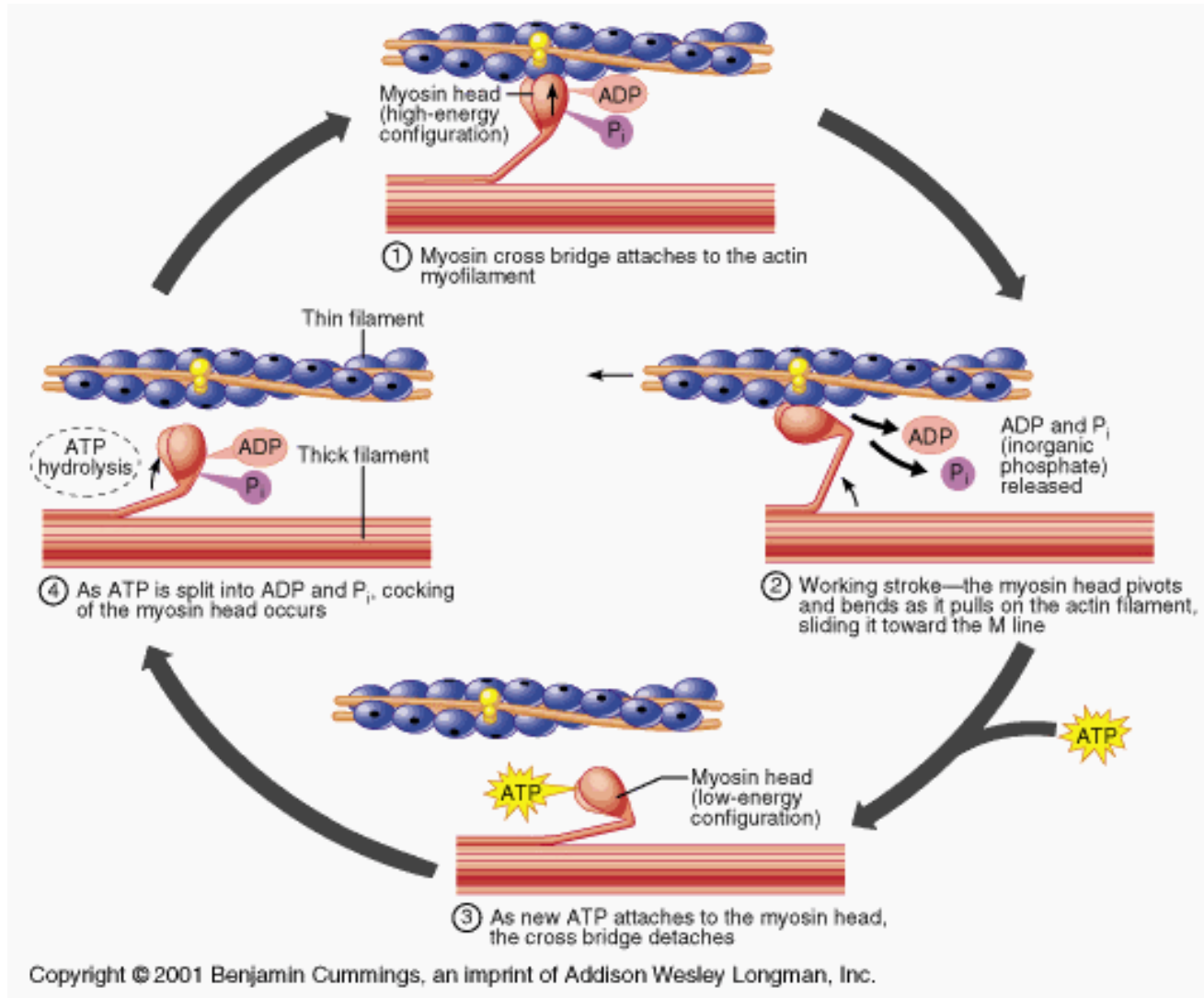
KONTRAHUJÍCÍ SE SVAL



© 2011 Pearson Education, Inc.

SPŘAŽENÍ EXCITACE S KONTRAKCÍ

Molekulární mechanismus kontrakce



SPŘAŽENÍ EXCITACE S KONTRAKCÍ

Molekulární mechanismus kontrakce

