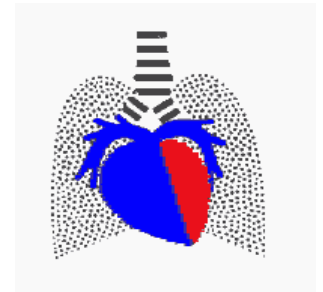


Fyziologie srdce I.

(excitace, vedení, kontrakce...)



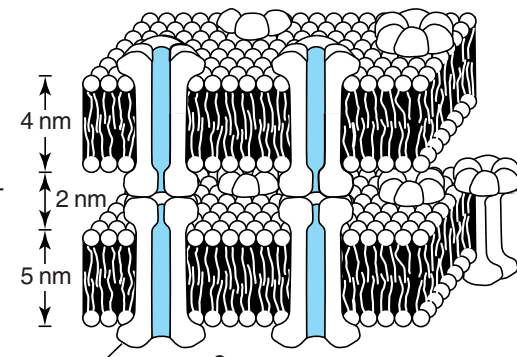
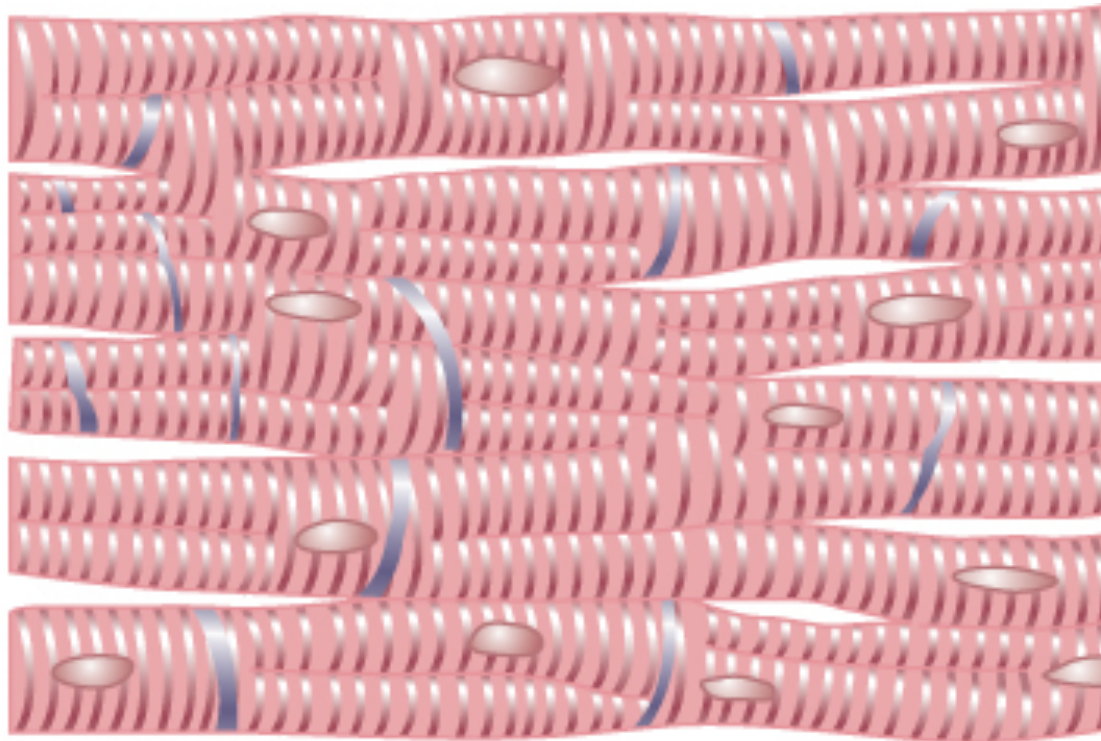
Milan Chovanec
Ústav fyziologie 2.LF UK



Fyziologie srdce

- Akční potenciál v srdci (pracovní myokard)
- Automacie srdeční aktivity a převodní systém
- Mechanismus spřažení excitace – kontrakce

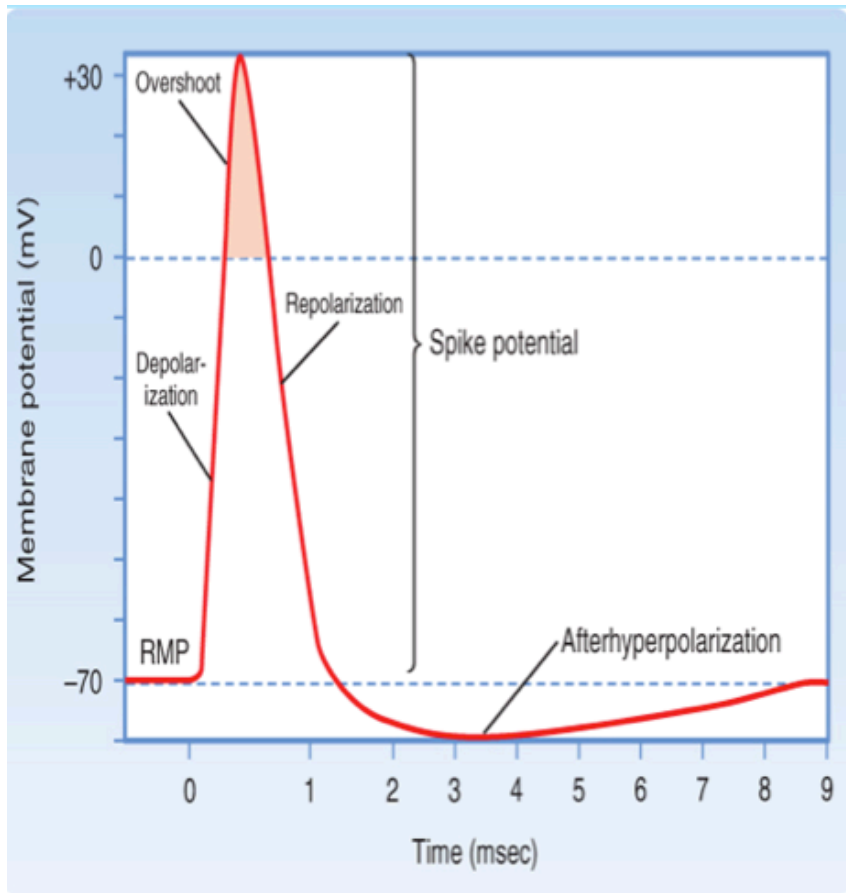
Myokard = syntitium



Gap junction = nexus

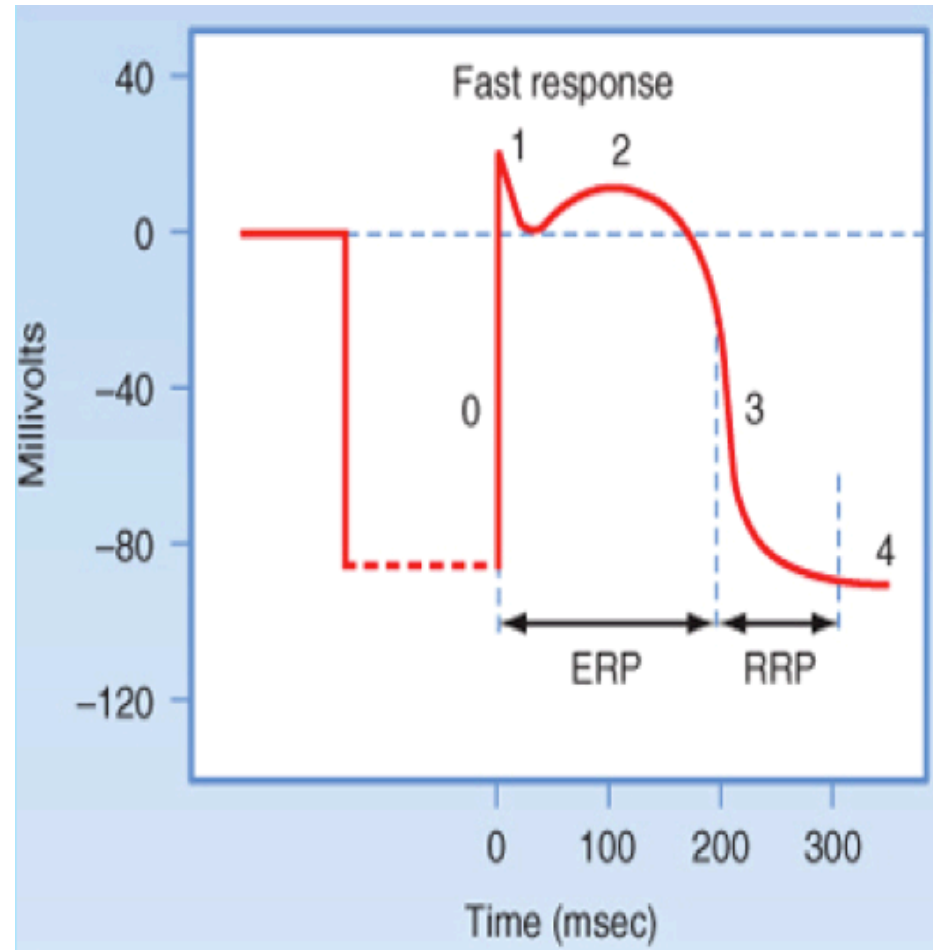
Porovnání různých typů akčního potenciálu v jednotlivých tkáních

Kosterní sval, nerv

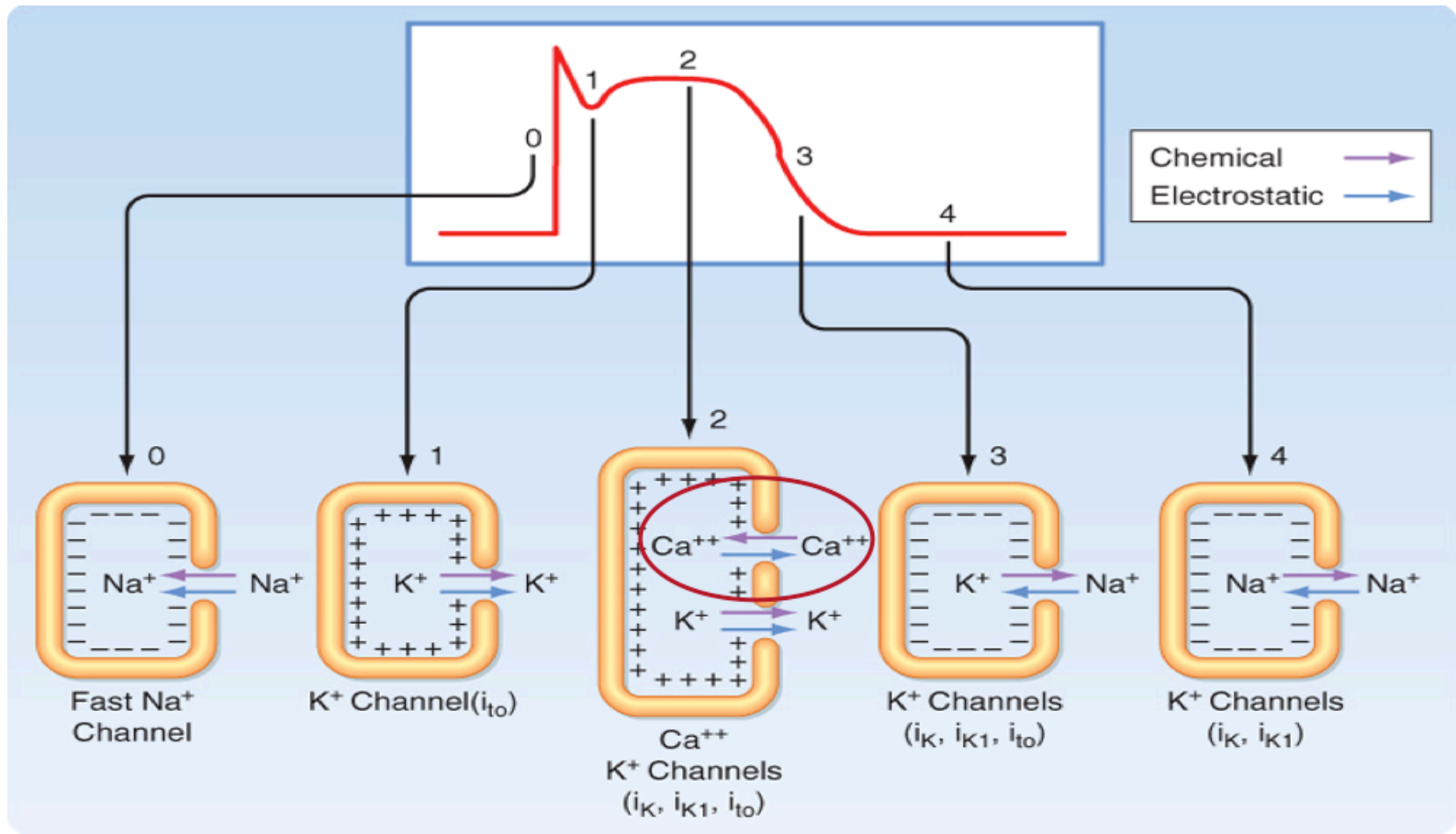


Koeppen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.
Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved

Srdeční sval

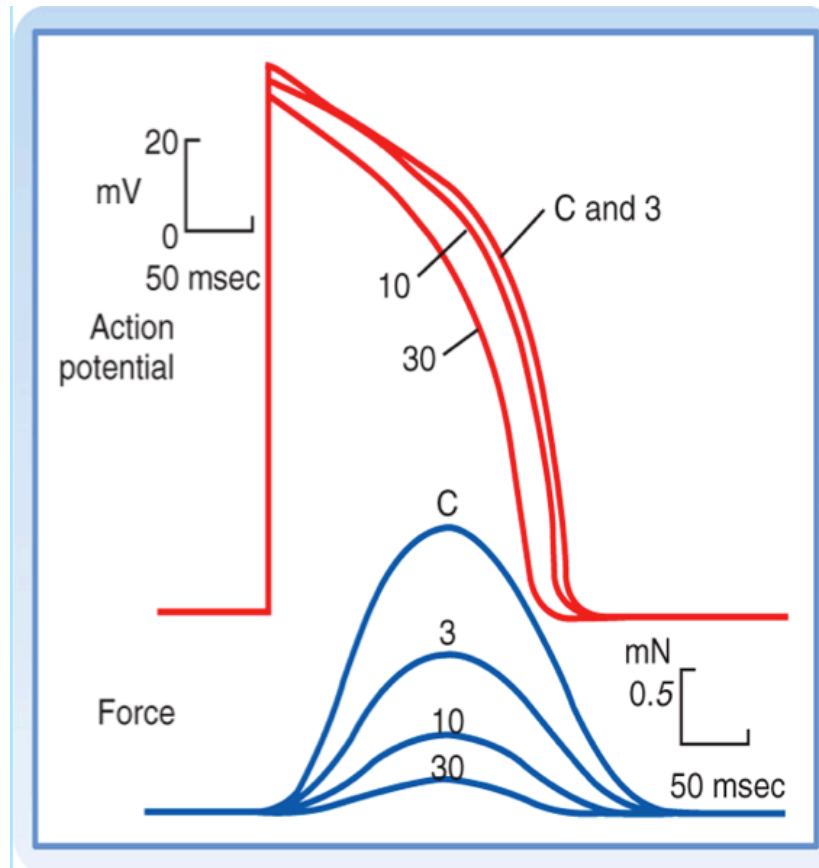


Napětově řízené Ca^{2+} kanály (L-ty) jsou zodpovědné za odlišný průběh AP v myokardu

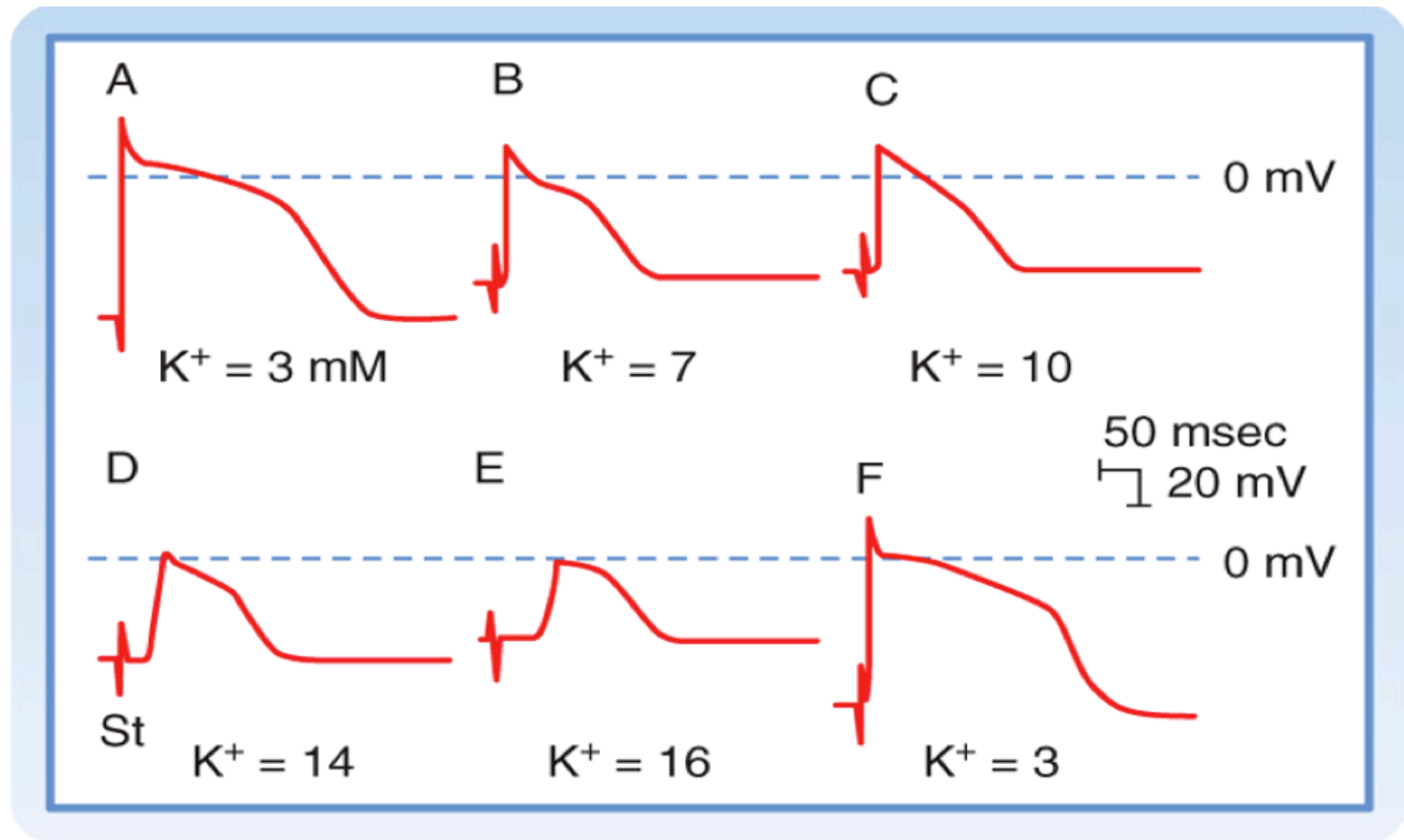


Ovlivnění influxu Ca^{2+} má zásadní význam na sílu a délku trvání kontrakce myokardu

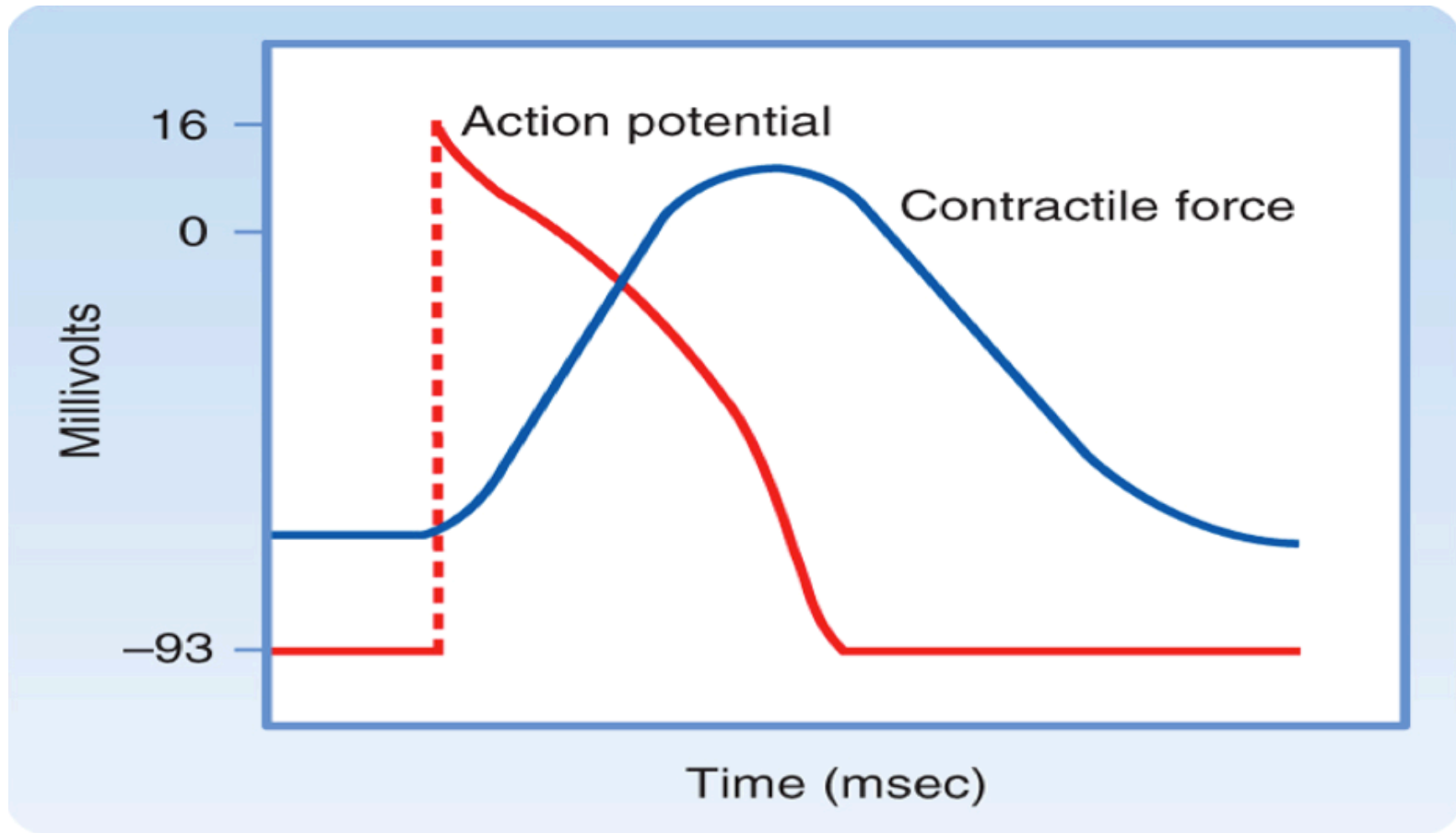
Závislost trvání AP a síly kontrakce na koncentraci blokátoru Ca^{2+} kanálů (Verapamil)



Kalémie ovlivňuje hodnotu klidového membránového potenciálu tzn. excitabilitu myokardu

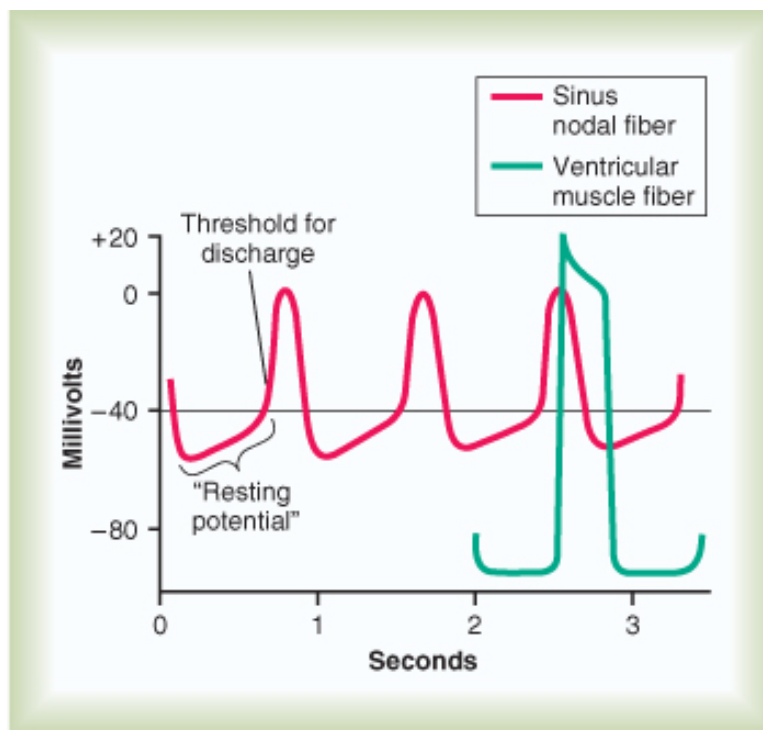


Důsledkem odlišného průběhu AP v myokardu je prevence tetanické kontrakce srdečního svalu

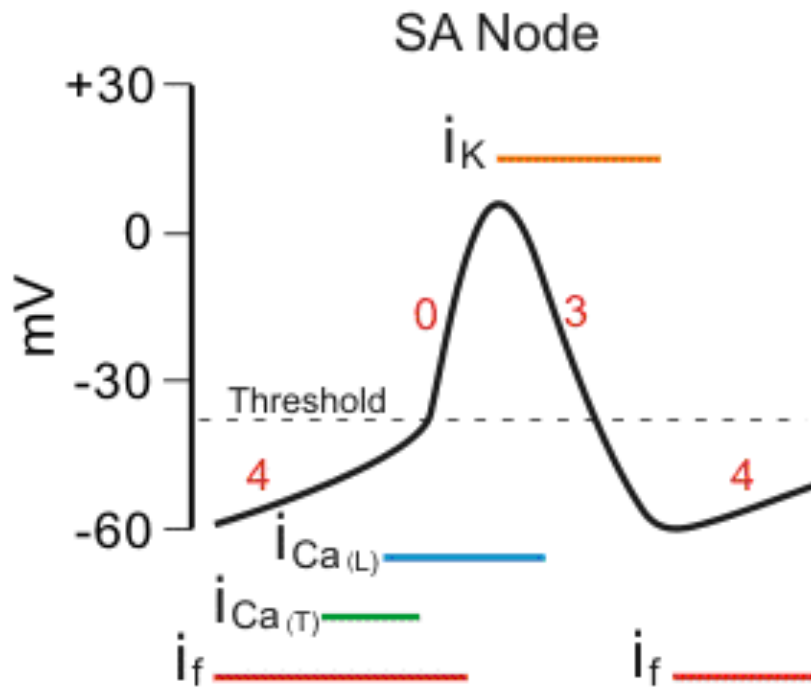


Typy kardiomyocytů

- buňky pracovního myokardu cca 99%
- buňky vodivého myokardu cca 1%



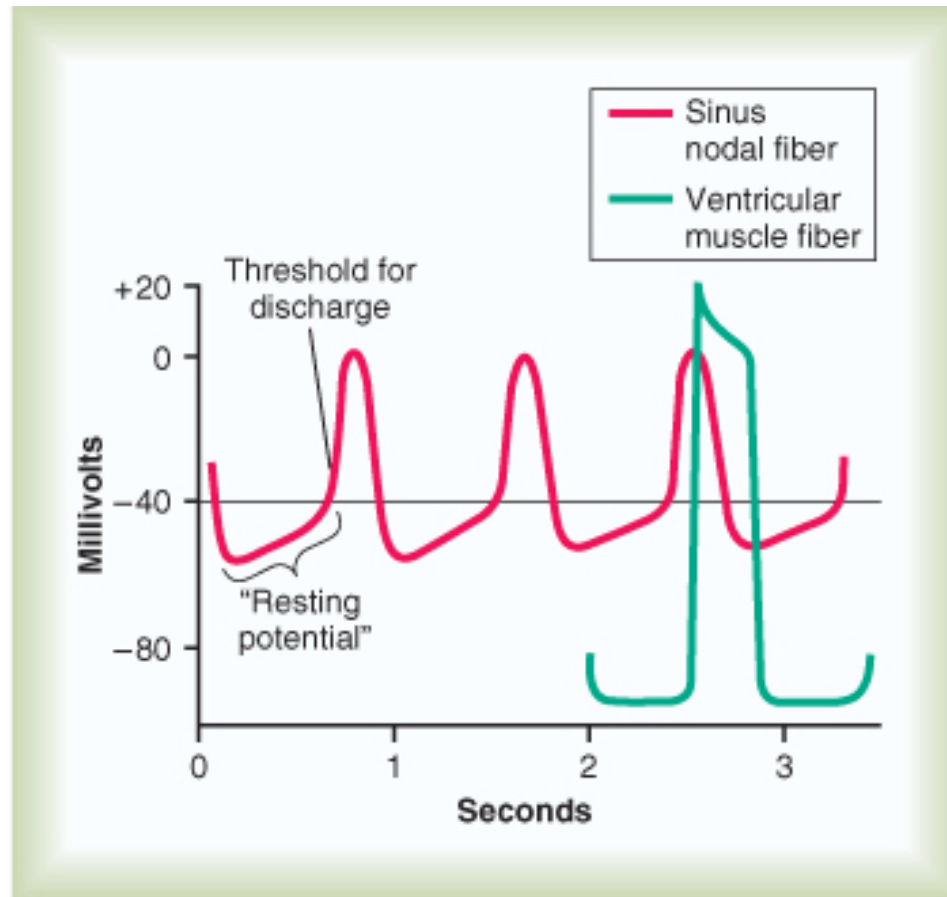
Akční potenciál buněk vodivého myokardu



i_f – „funny current“, Na^+ - channels
 $i_{Ca(T)}$ – „transient“ Ca^{2+} channels
 $i_{Ca(L)}$ – „long lasting“ Ca^{2+} channels

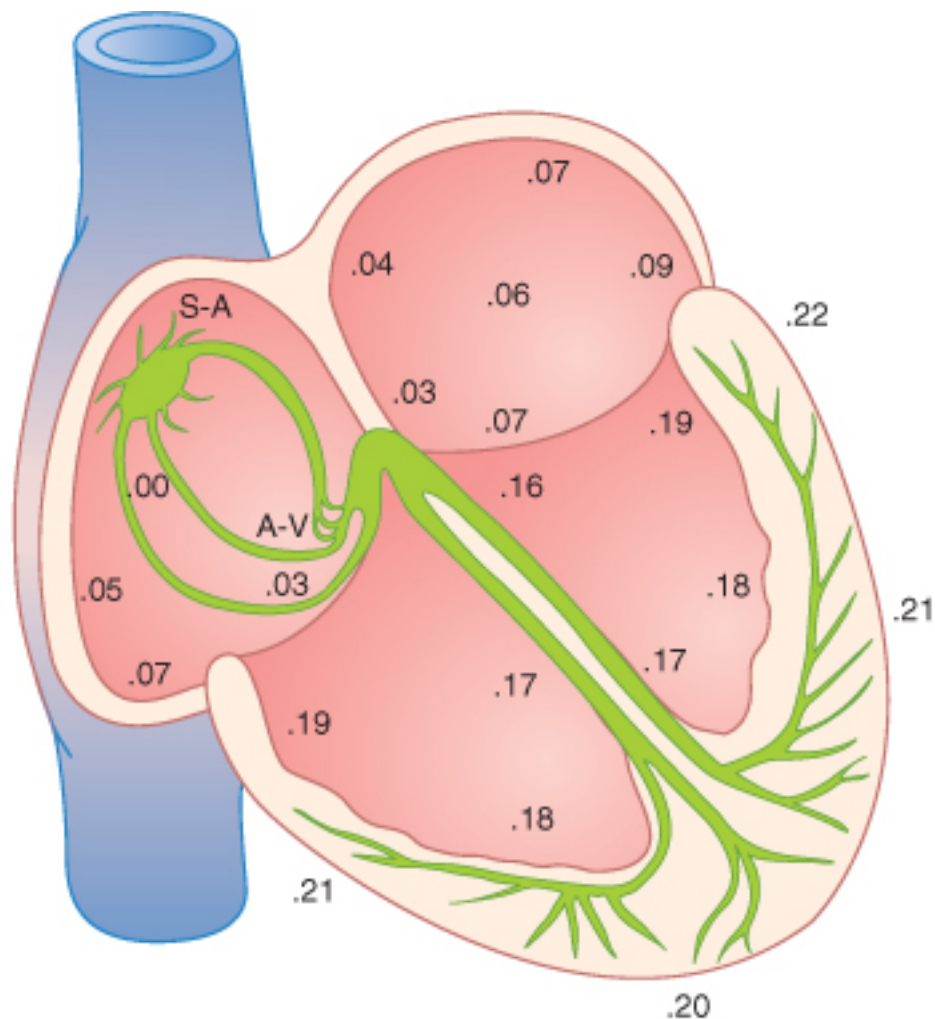
sinoatrial (SA) pacemaker action potencial

Rozdíl AP v buňkách vodivého a pracovního myokardu

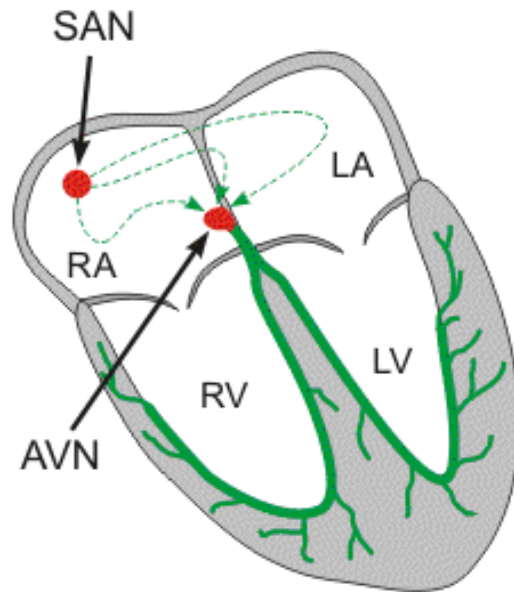


← KMP
←

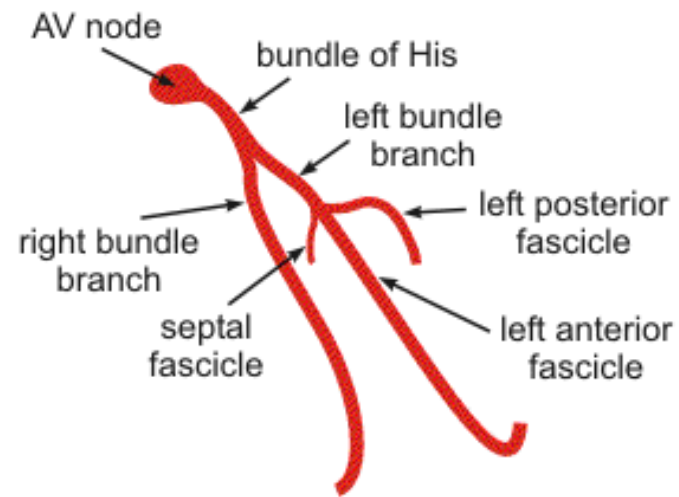
Převodní systém srdce



Převodní systém srdce



SAN, sinoatrial node; AVN, atrio-ventricular node; RA, right atrium; LA, left atrium, RV, right ventricle; LV, left ventricle.



SA \approx 60/min

AV \approx 40/min

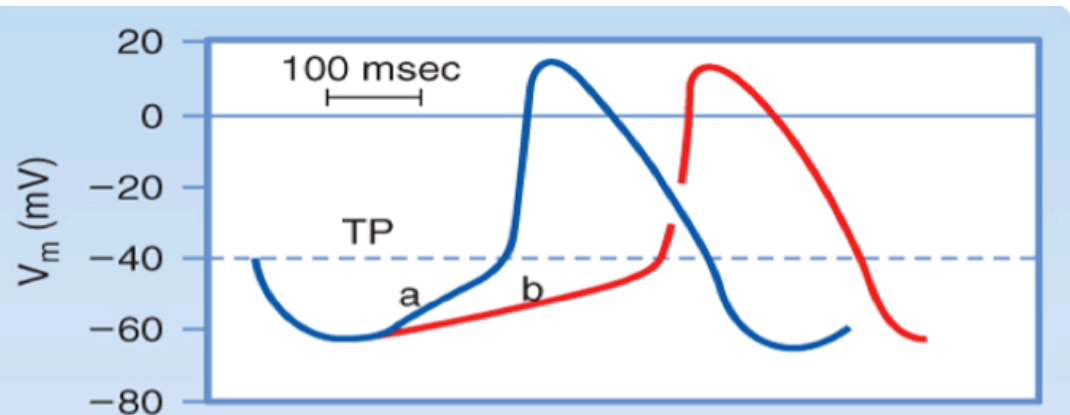
TWR \approx 20-30/min

Šíření AP v srdci



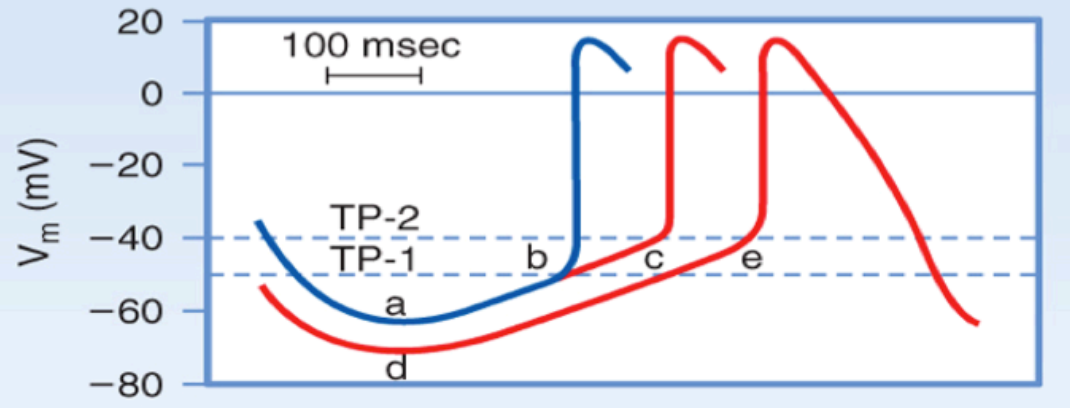
Mechanismus ovlivnění srdeční frekvence vodivého systému

Zpomalení/zrychlení
depolarizace



A

Hyperpolarizace
(hyperkalémie)



B

Elektrické charakteristiky myokardu

Konstantní parametry myokardu
(za fyziologických podmínek):

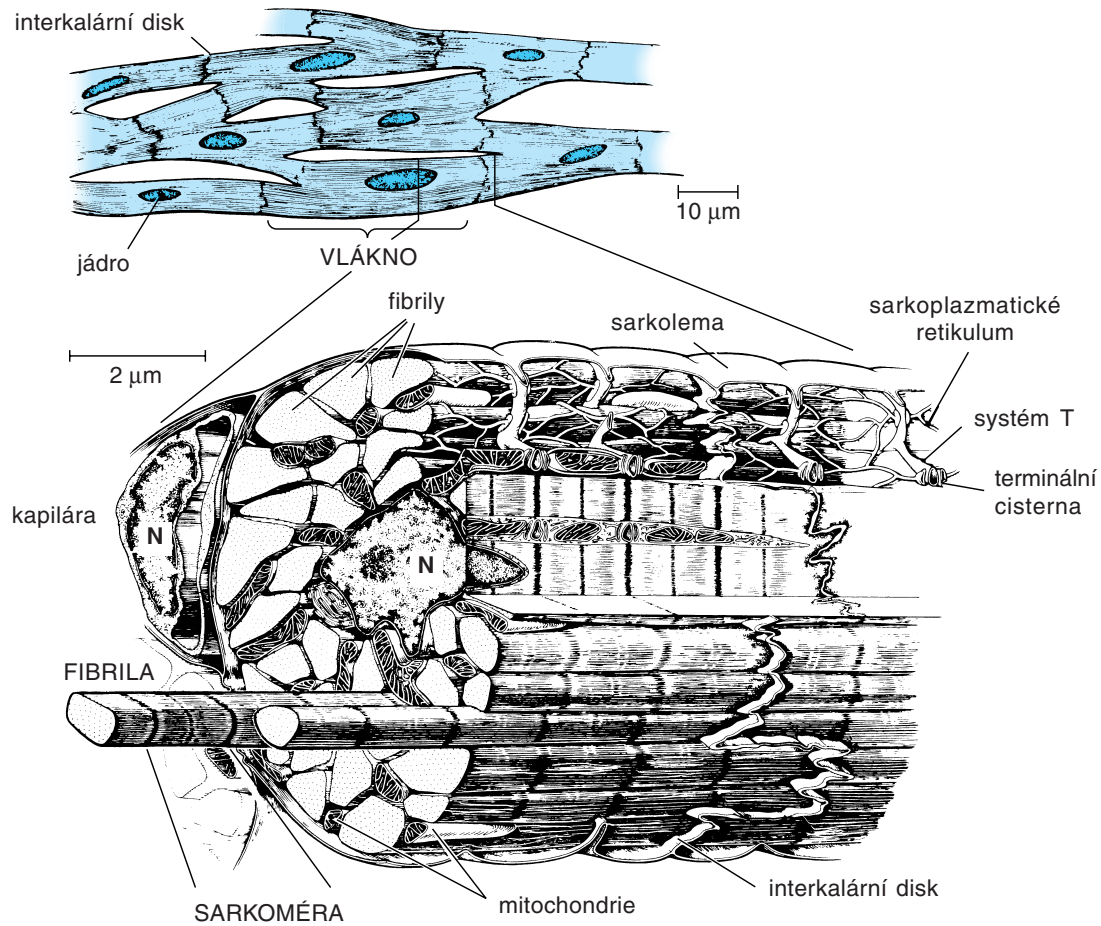
1. rychlost šíření vzruchu
2. refrakterní doba myokardu
3. anatomické poměry – rozměry srdce

Spřažení excitace – kontrakce v myokardu

K vyvolání a šíření kontrakce myokardu jsou potřeba:

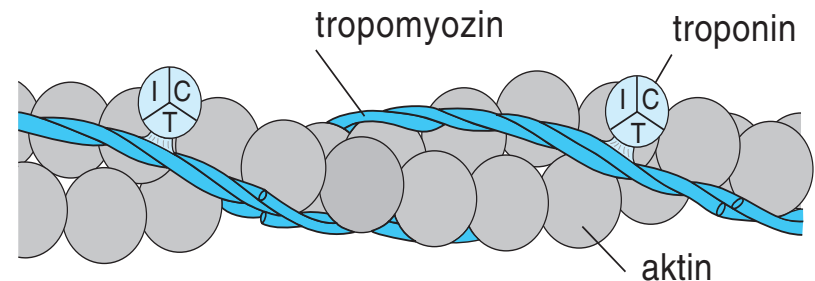
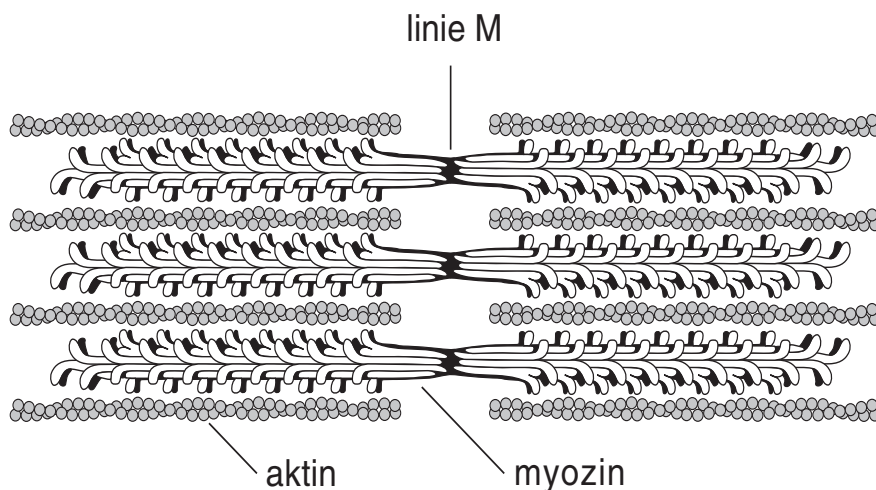
- Spontánní vznik akčního potenciálu (automacie)
- Gap junction
- T-tubuly
- Kontraktilní elementy
- SR
- Mitochondrie (ATP)
- Ca^{2+}

Struktura myokardu

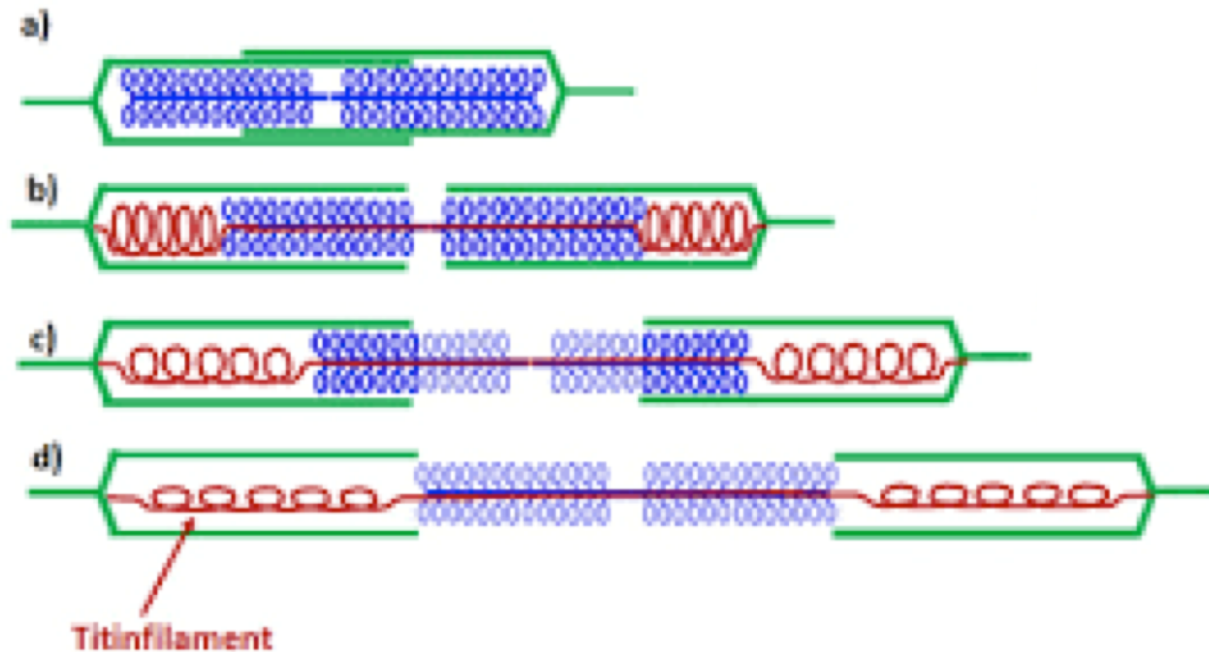


Kontraktilní elementy

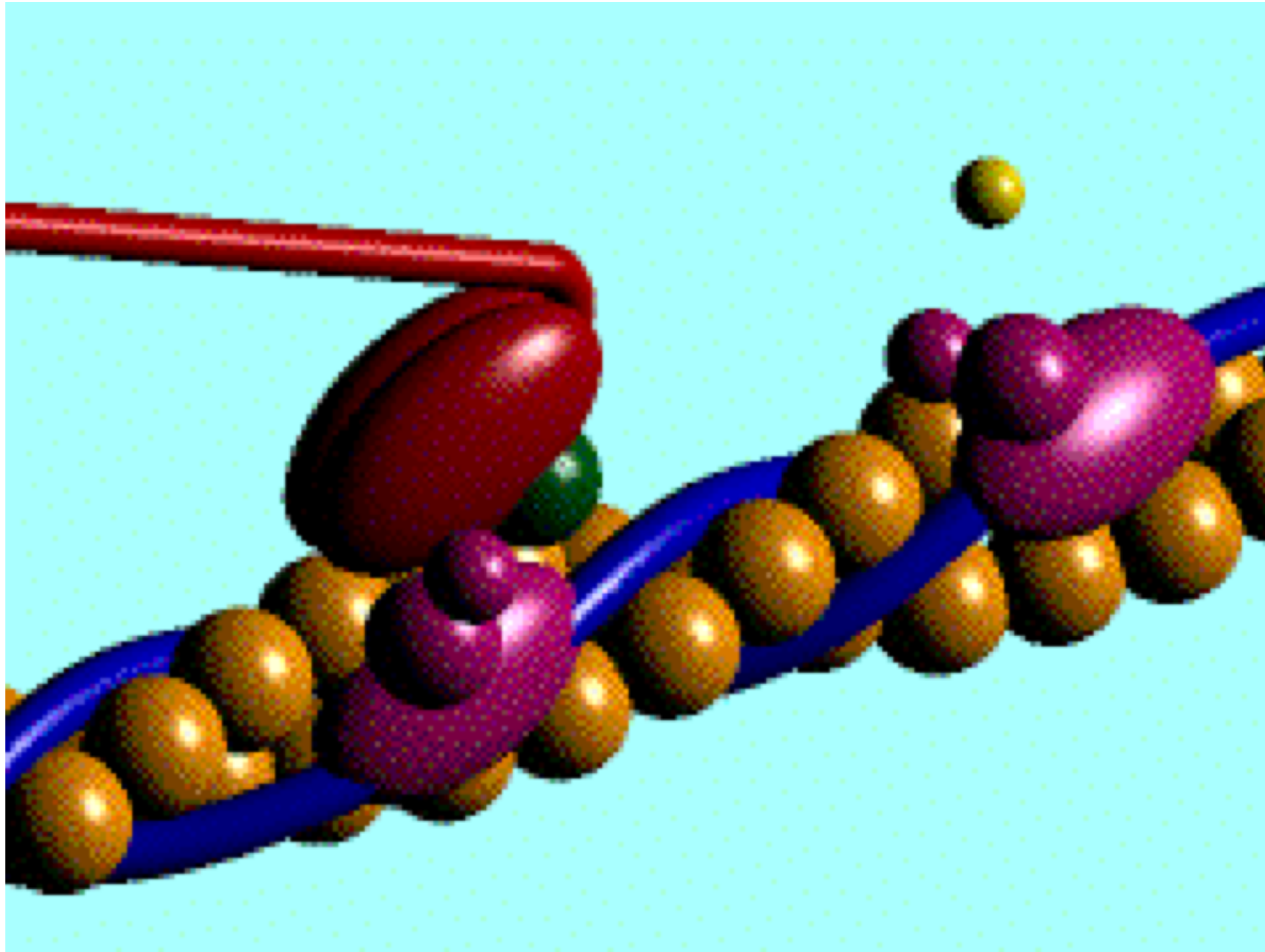
- Myozin – hlavice=ATPázová aktivita
- Aktin
- Tropomyozin
- Troponinový komplex – TnT, TnC, TnI
- Jeden cyklus aktivace kontr.elementů = 2xATP (kontrakce hlavice myozinu, uvolnění elementů), rigor mortis...
- Čím více je svalové vlákno natažené, tím více interakcí (aktin-myozin), tím více uvolněné energie, tím silnější kontrakce – **heterometrická regulace kontrakce (Frank-Starlinova závislost)**



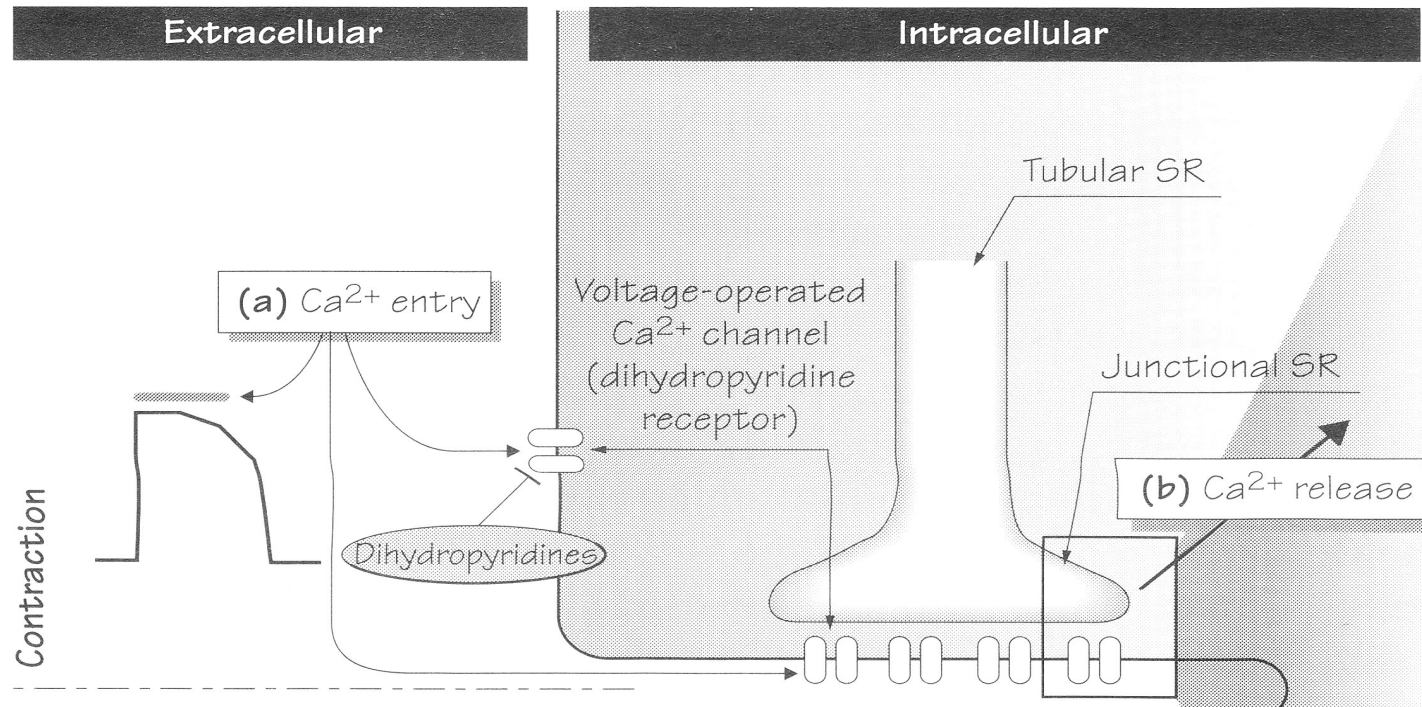
Aktin-myozin interakce, délka sarkomery



Interakce aktinu a myosinu



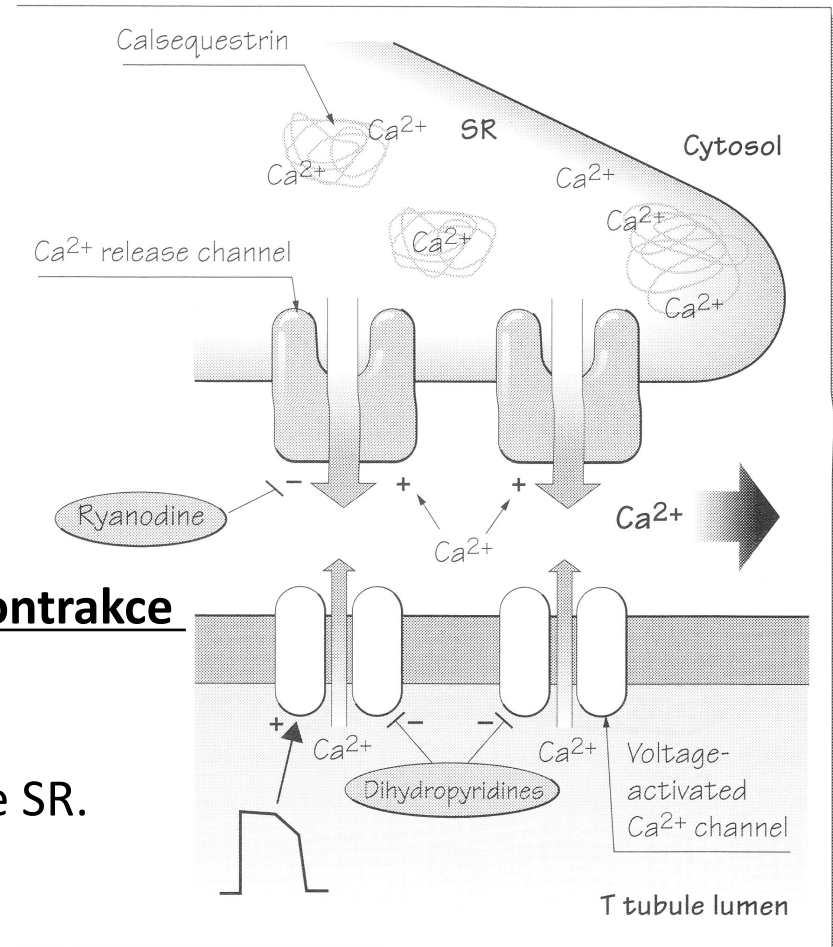
Spřažení excitace-kontrakce: iniciace kontrakce



K inicializaci je nezbytný influx Ca²⁺ z extracelulárního prostoru (cca 20% Ca²⁺), na vyvolání kontrakce myokardu to však nestačí.

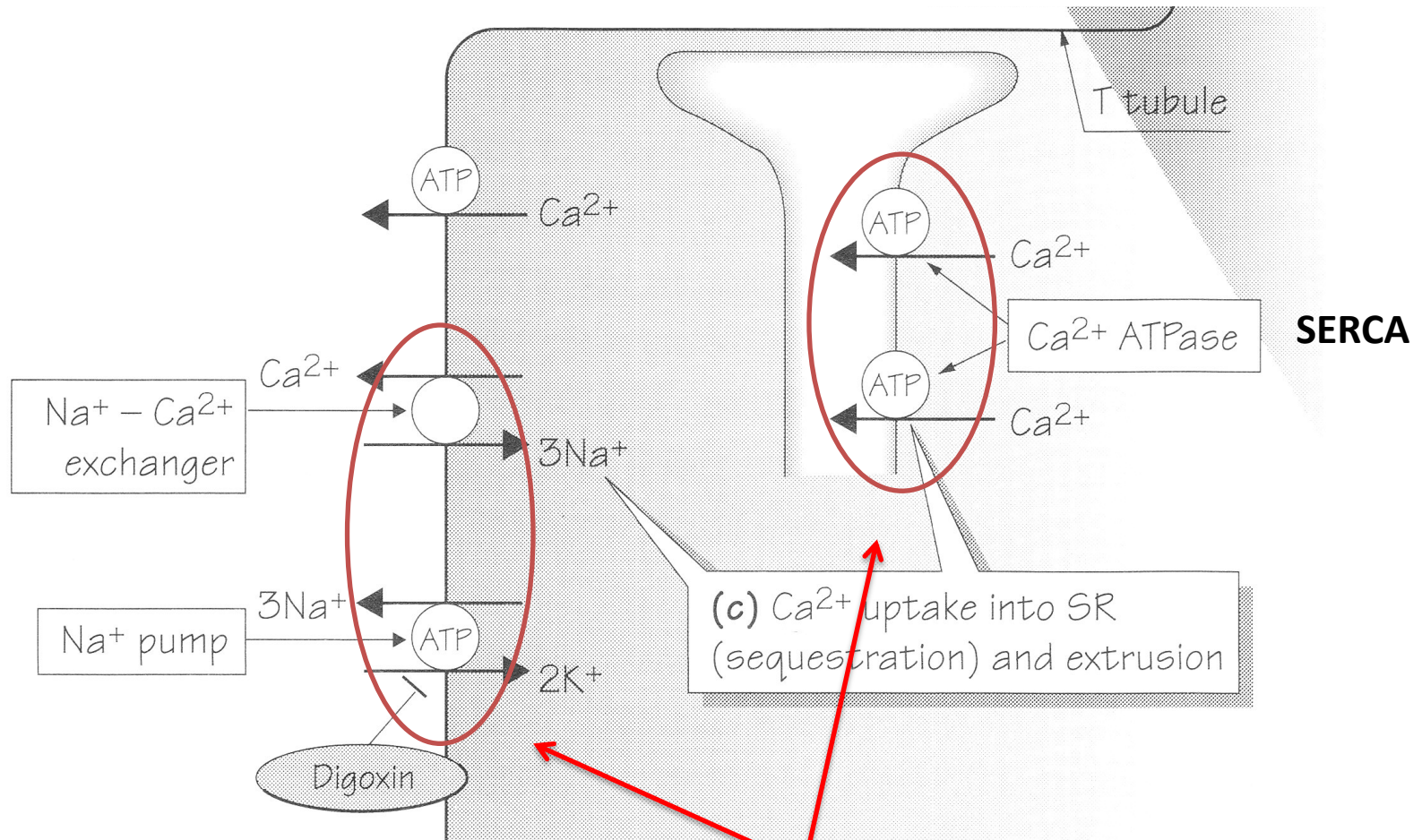
Spřažení excitace-kontrakce: uvolnění Ca^{2+} ze SR

- CIRC – calcium-induced calcium release
- Ca^{2+} ze SR uvolní cca 80% vápníku potřebného ke kontrakci
- Čím více Ca^{2+} v cytoplasmě tím silnější kontrakce
(homeometrická regulace kontrakce)
tzn. síla kontrakce závisí na zásobě Ca^{2+} ve SR.



Spřažení excitace-kontrakce: mechanismus relaxace

Relaxation

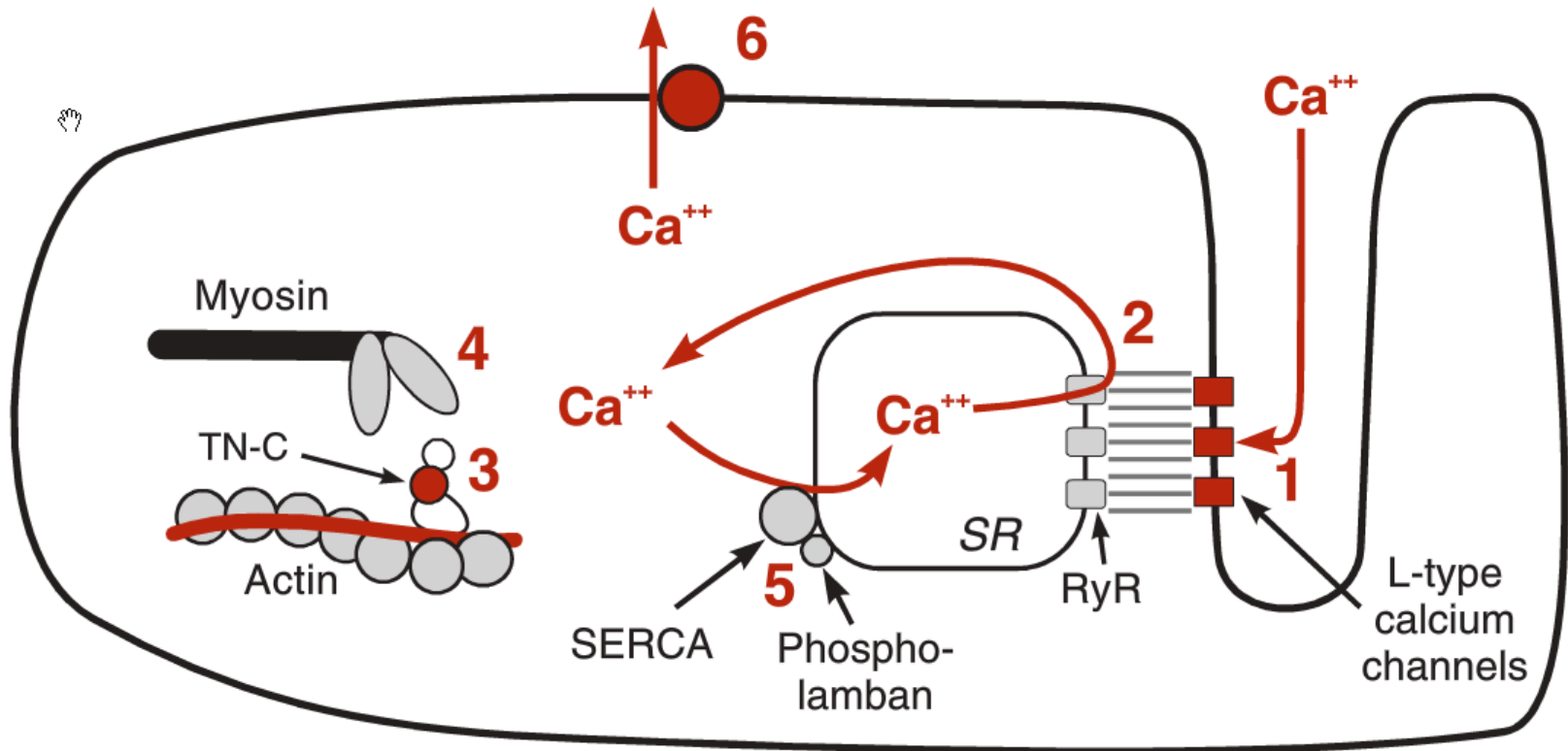


Energeticky náročné procesy - hydrolýza ATP

Spřažení excitace-kontrakce, shrnutí

1. Vstup Ca^{2+} do buňky v průběhu depolarizace membrány a spuštění uvolnění Ca^{2+} ze SR
2. Vazba Ca^{2+} na Tn-C, indukce konformačních změn
3. Vazba aktin-myozin, pohyb hlavice myozinu (ATP), redukce délky sarkoméry
4. Pumpování Ca^{2+} zpět do SR (SERCA)
5. Uvolnění Ca^{2+} z vazby na Tn-C, uvolnění interakce aktin-myozin (další ATP), obnovení původní délky sarkoméry

Vápenaté ionty v průběhu spřažení kontrakce – relaxace, shrnutí



Vztah síly a frekvence kontrakce: Bowdichův (Treppe) efekt

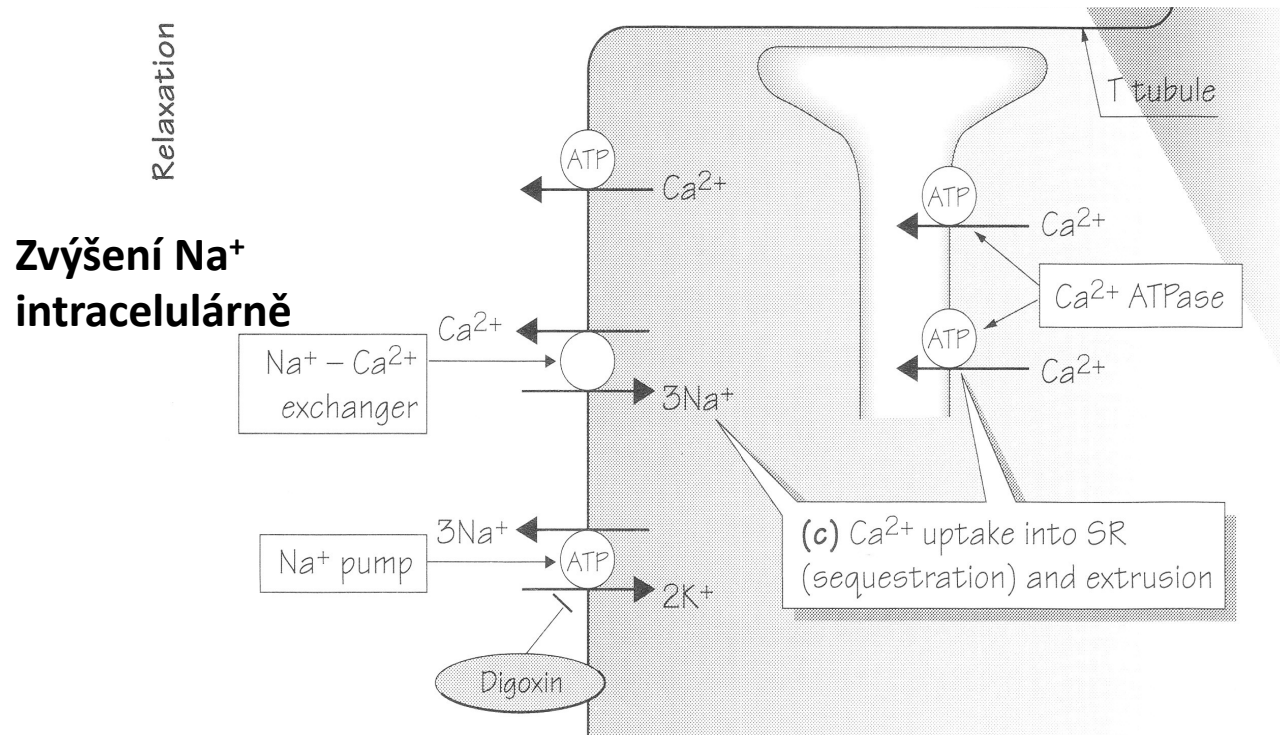
Zvýšení frekvence



Zkrácení diastoly

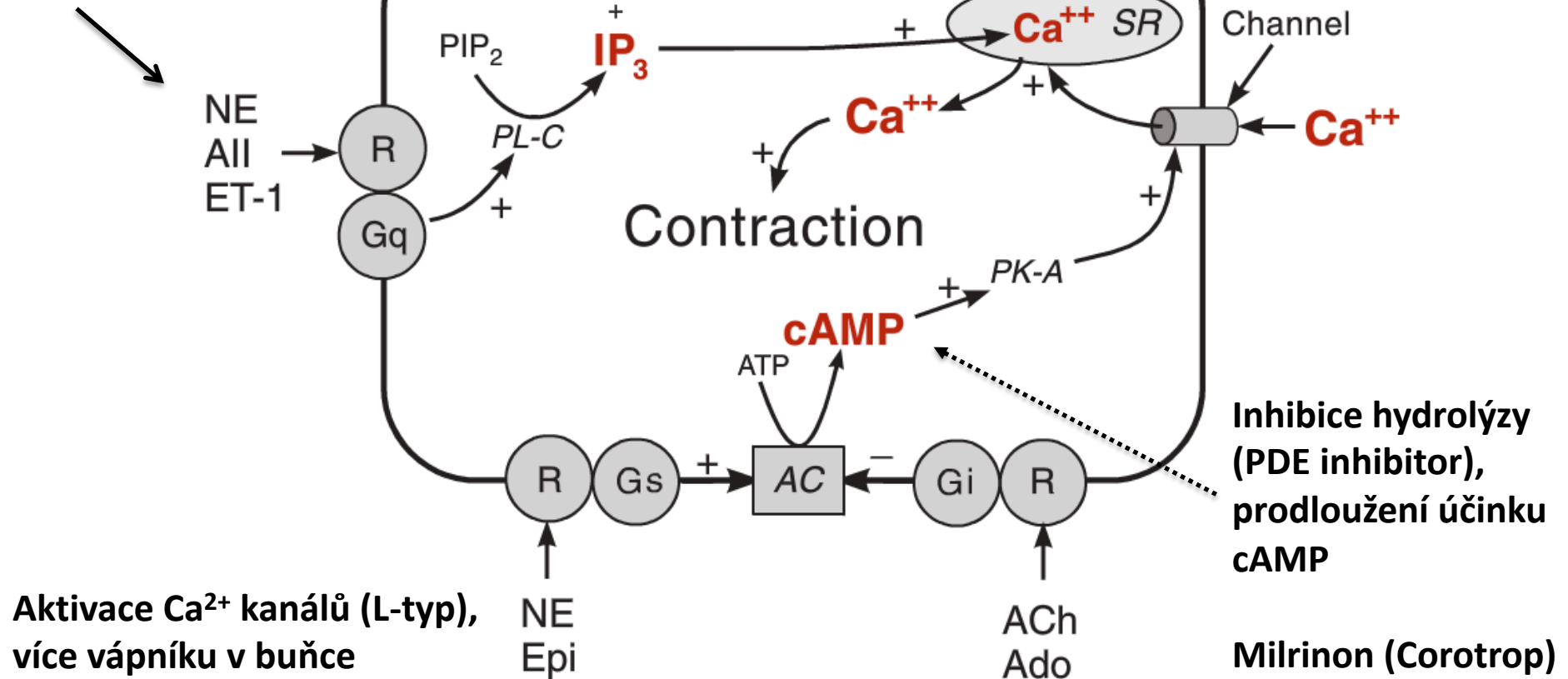


Méně Ca^{2+} se stihne
vypumpovat z cytoplazmy



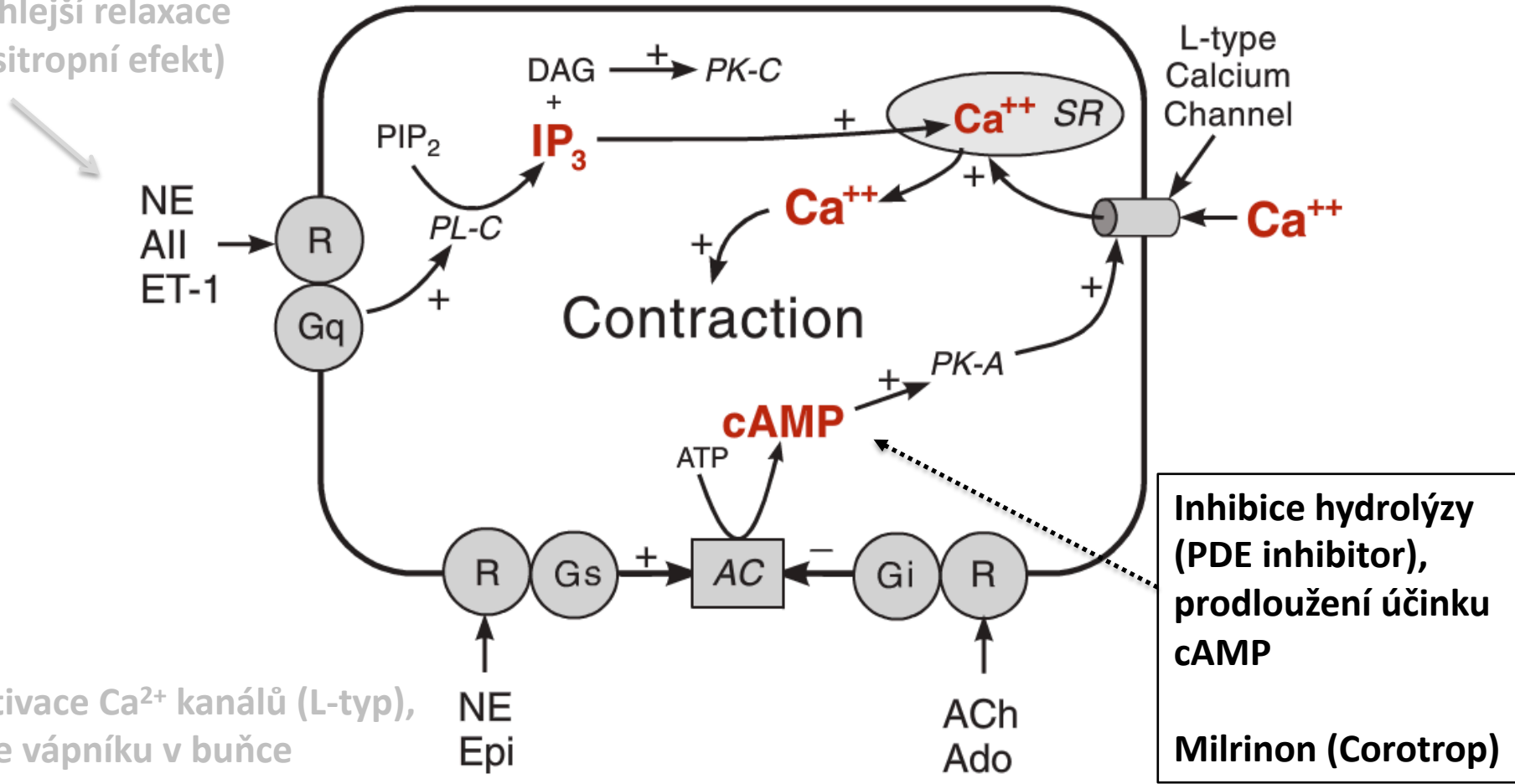
Homeometrické ovlivnění kontrakce katecholaminy

Fosforylace fosfolambanu (Ca^{2+} pumpa) v SERCA, rychlejší relaxace (lusitropní efekt)



Homeometrické ovlivnění kontrakce

Fosforylace fosfolambanu
(Ca²⁺ pumpa) v SERCA,
rychlejší relaxace
(lusitropní efekt)

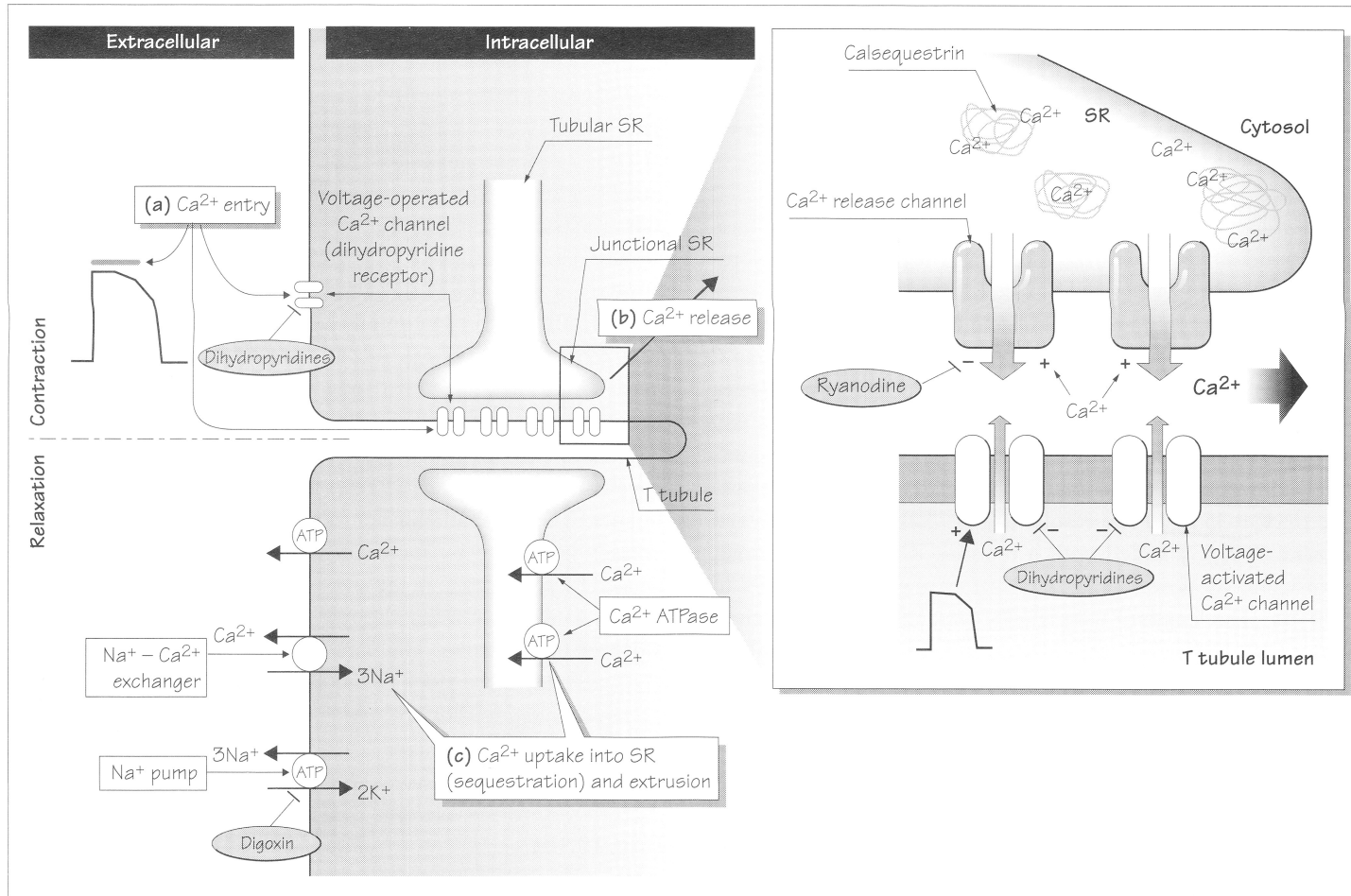


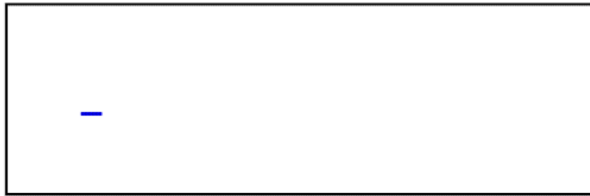
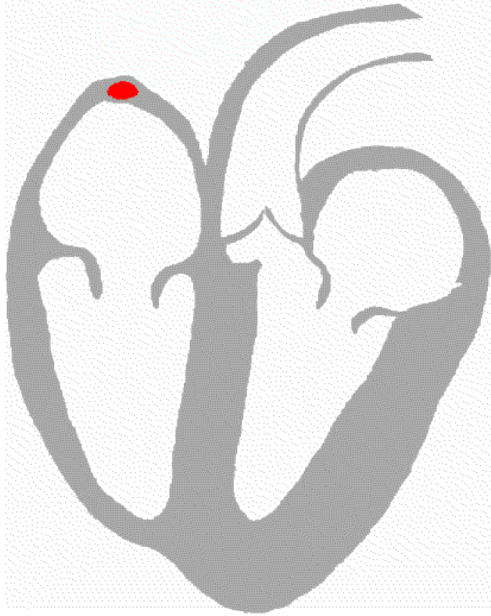
Aktivace Ca²⁺ kanálů (L-ty),
více vápníku v buňce

Děkuji za pozornost

Na shledanou zítra...

Spřažení kontrakce - relaxace





Spřažení excitace - kontrakce

