

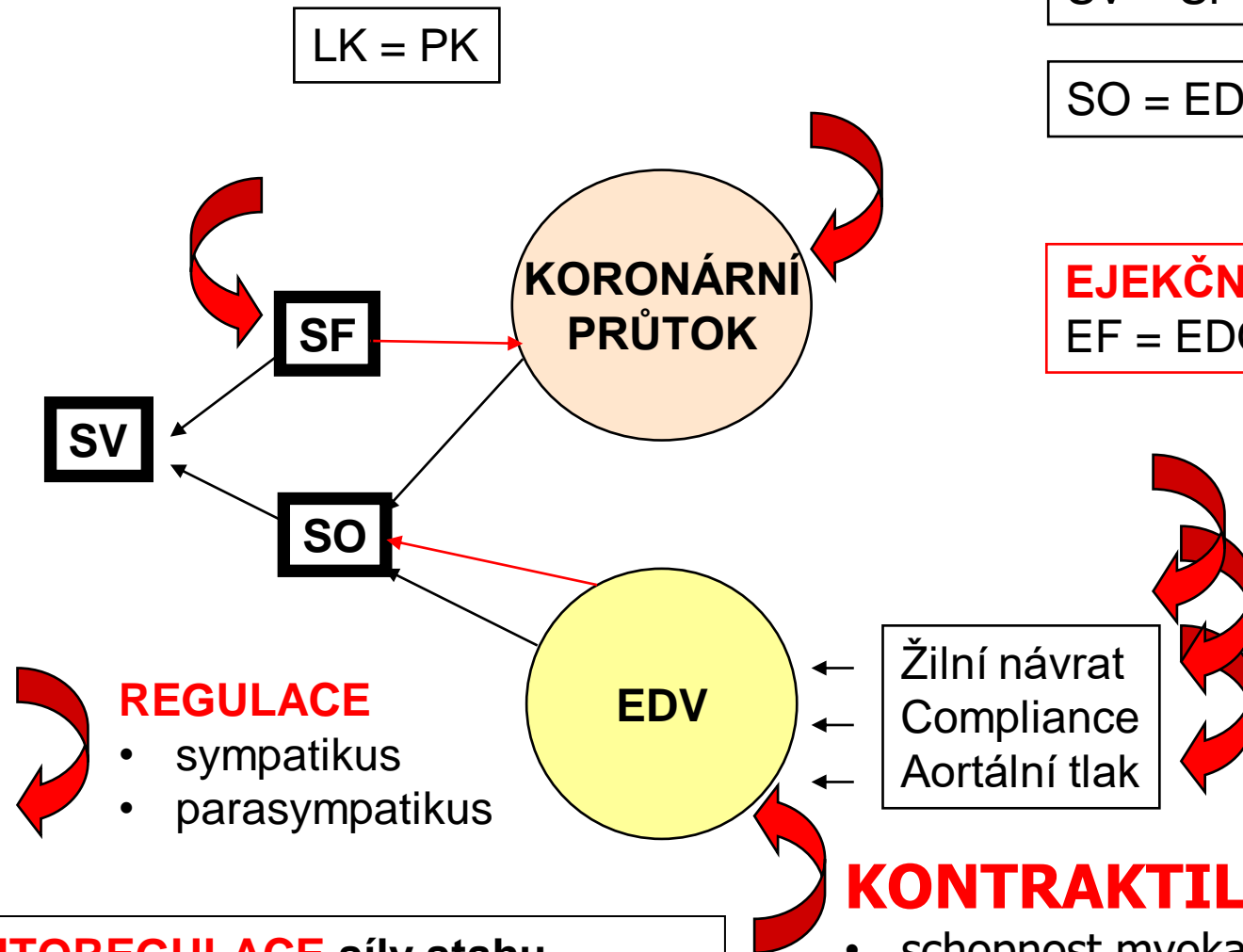
# **MECHANIKA SRDEČNÍ ČINNOSTI**

## **SRDCE JAKO PUMPA**

## **SRDEČNÍ CYKLUS**

## **SRDEČNÍ SELHÁNÍ**

# SRDEČNÍ VÝDEJ (SV nebo MINUTOVÝ OBJEM, MO)



$$SV = SF \times SO \quad 5l/min$$

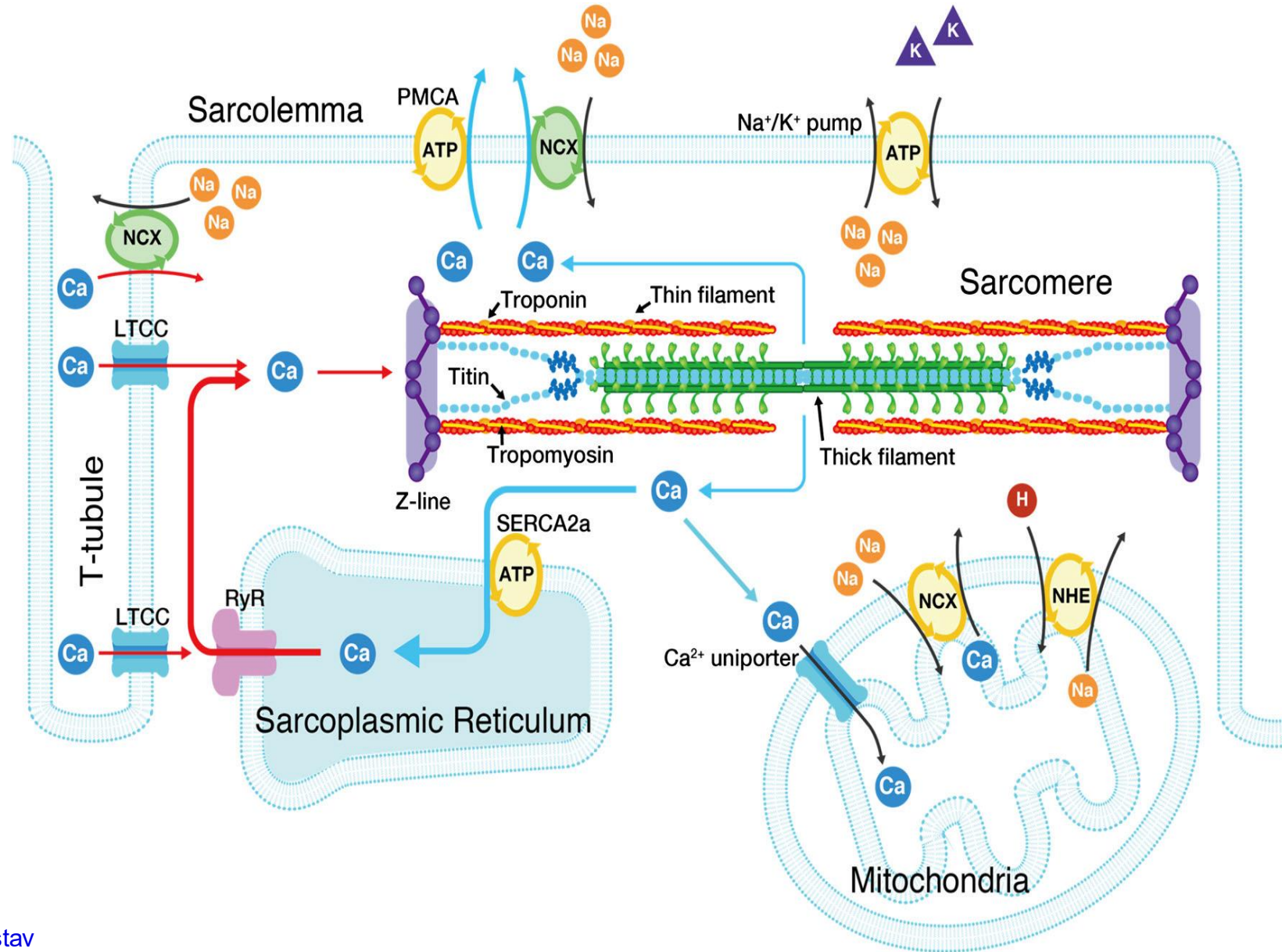
$$SO = EDO - ESO \quad 70ml$$

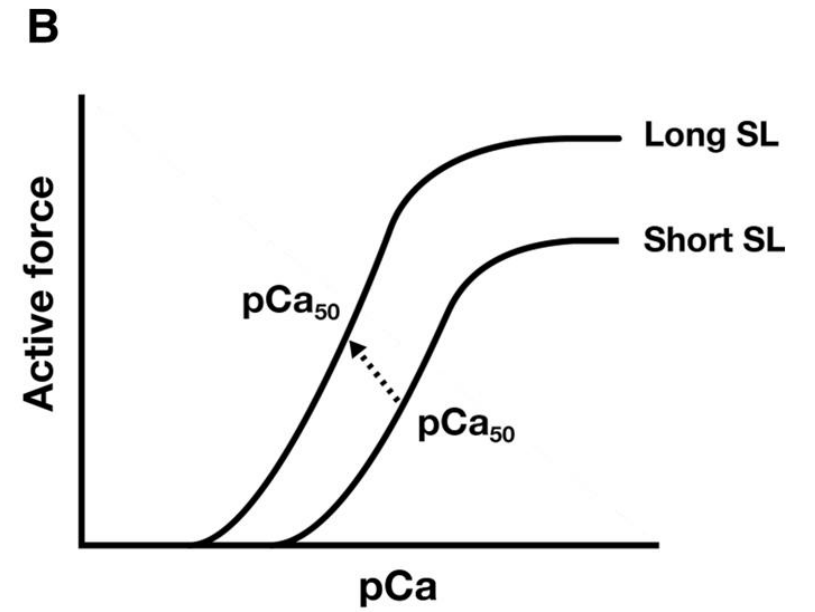
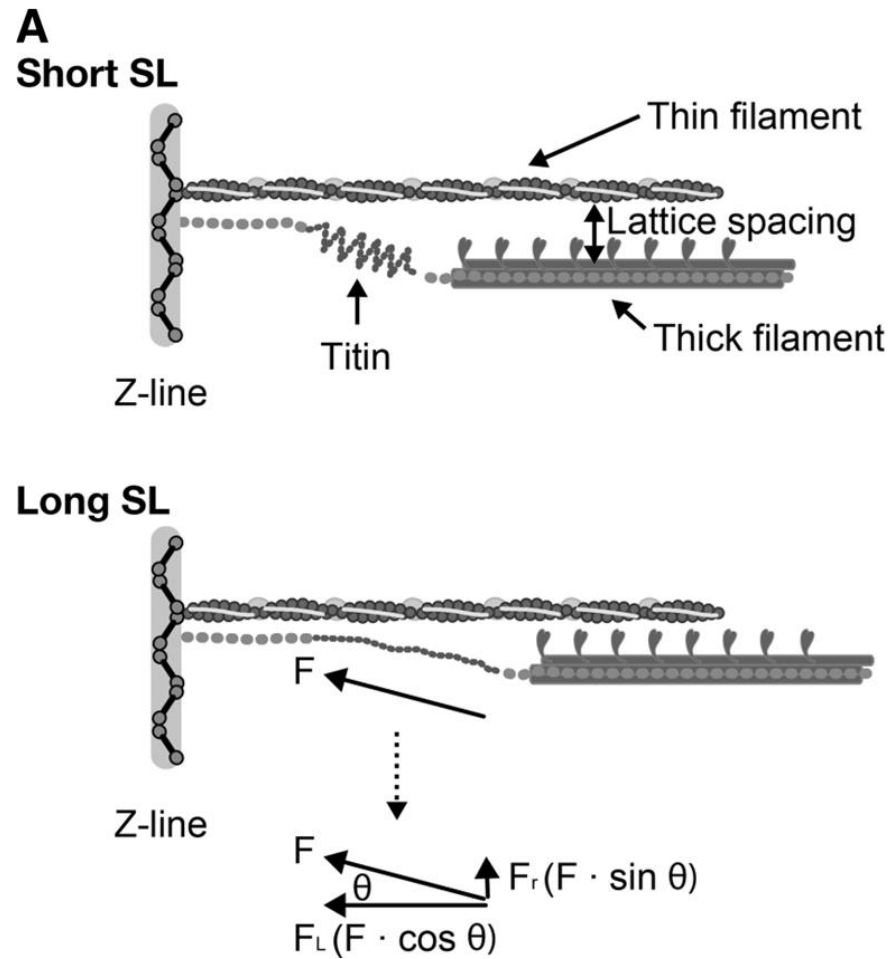
$$\text{EJEKČNÍ FRAKCE} \\ EF = EDO - ESO / EDO \quad > 60\%$$

- AUTOREGULACE síly stahu**
- **HETEROMETRICKÁ** - Starlingův jev
  - **HOMEOMETRICKÁ** - Frekvenční jev

- KONTRAKTILITA**
- schopnost myokardu se stáhnout
  - závisí na perfúzi tkáně (kyslík a substráty pro tvorbu ATP) a na dostupnosti vápníku

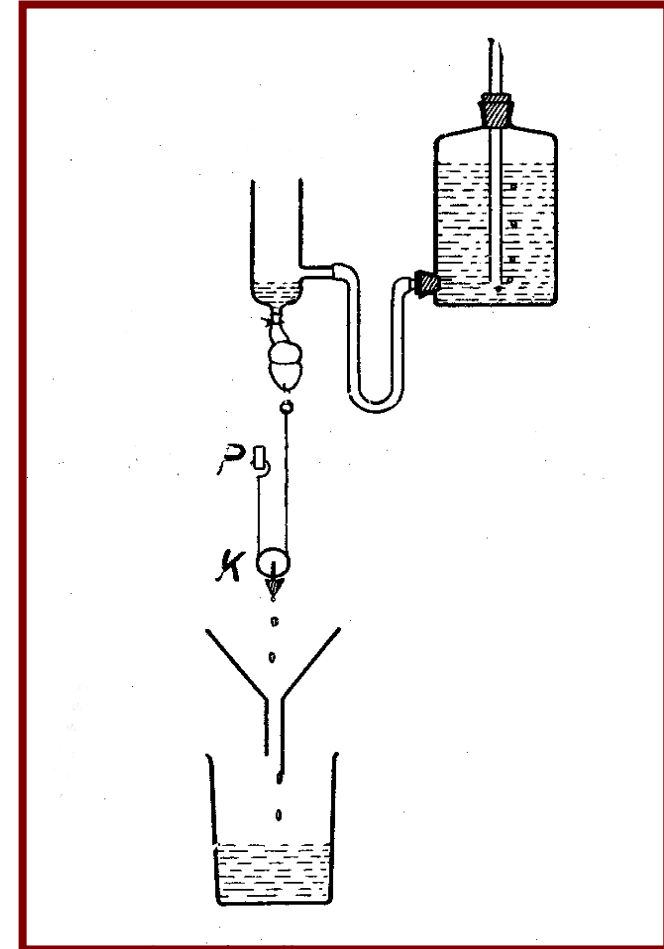
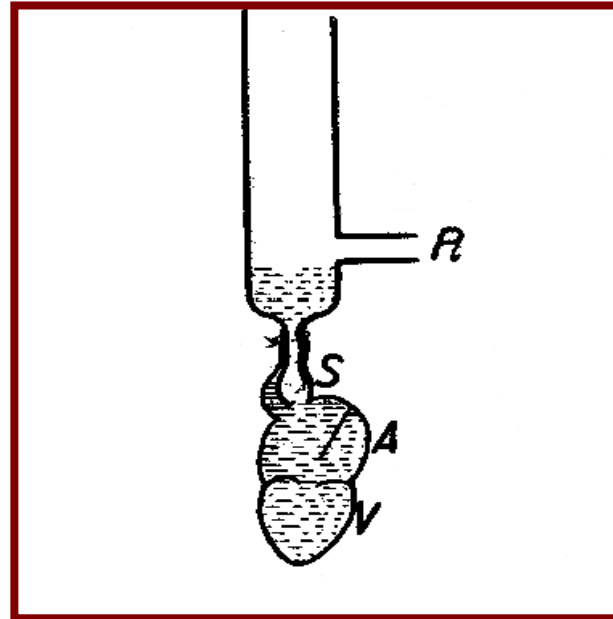
# HETEROMETRICKÁ AUTOREGULACE (STARLINGŮV JEV)





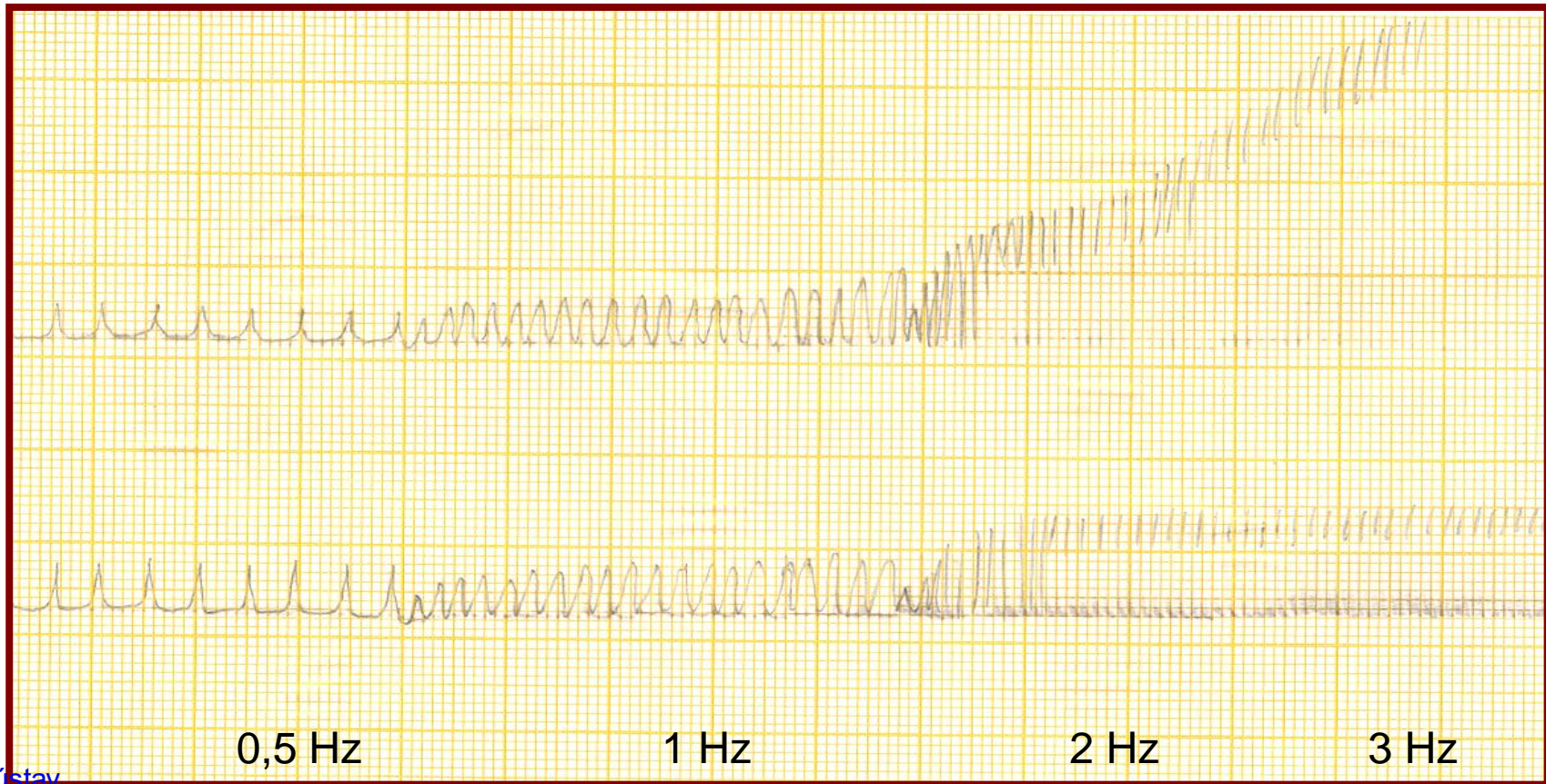
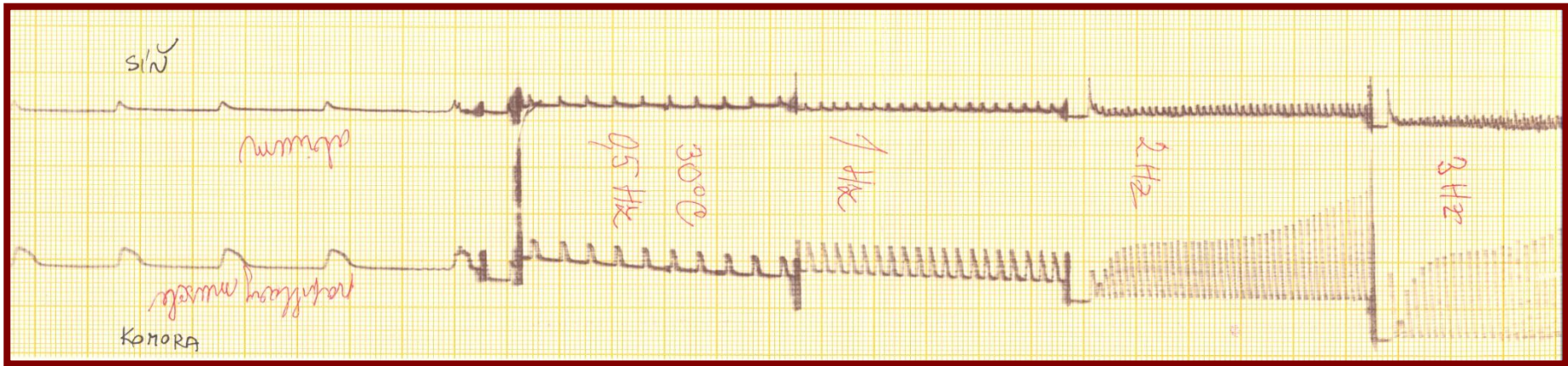


Henry Pickering Bowditch  
(1840 – 1911)

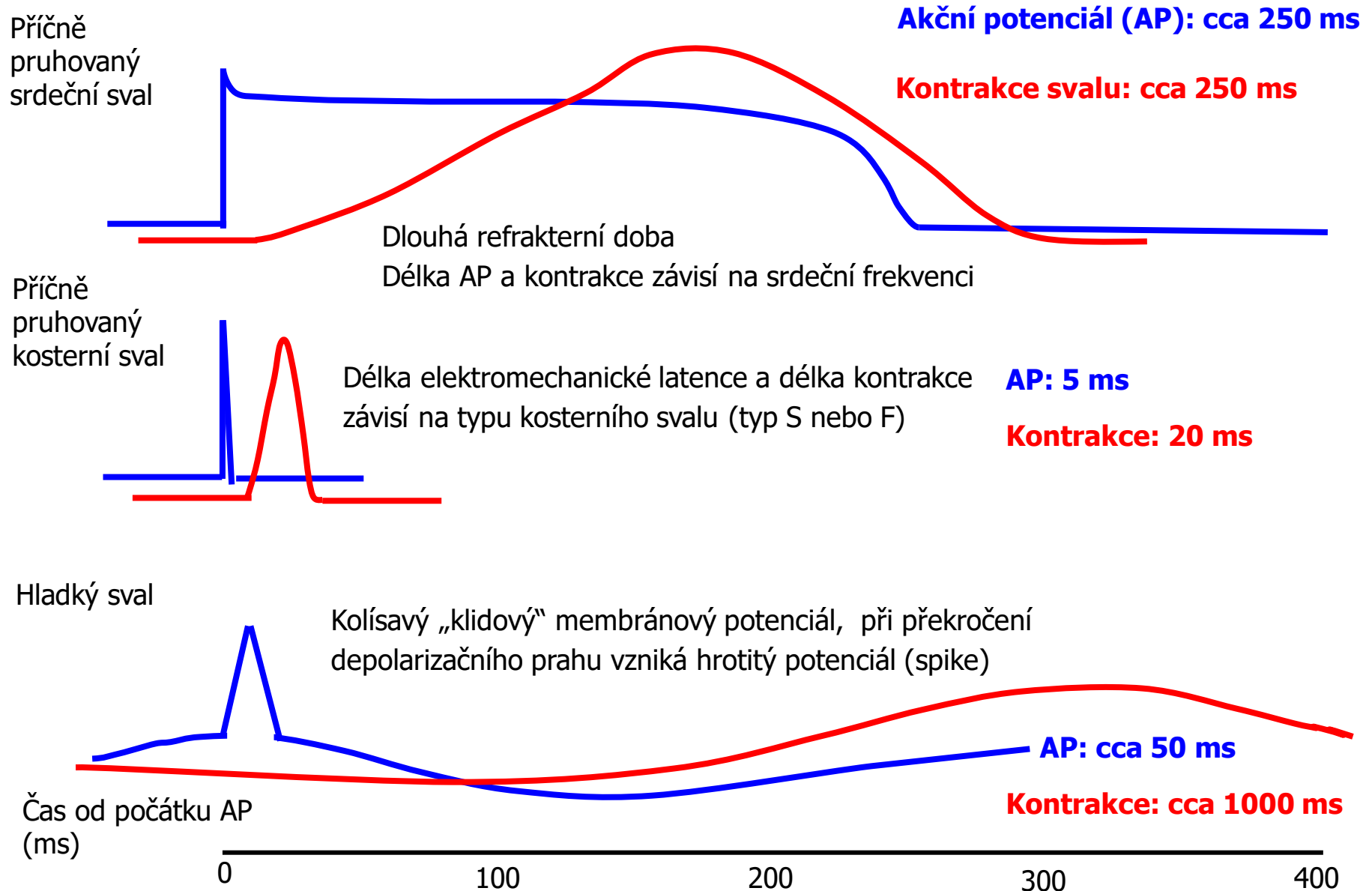


## HOMEOMETRICKÁ AUTOREGULACE (FREKVENČNÍ JEV)

Při zvyšující se srdeční frekvenci stoupá síla stahu  
Zvyšuje se poměr mezi intra- a extracelulární koncentrací vápníku



# ČASOVÉ SOUVISLOSTI MEZI AKČNÍM POTENCIÁLEM A KONTRAKCÍ



**SRDEČNÍ REZERVA** = maximální SV / klidový SV

4 - 7

**KORONÁRNÍ REZERVA** = maximální KP / klidový KP

3,5

**CHRONOTROPNÍ REZERVA** = maximální SF / klidová SF

3 - 5

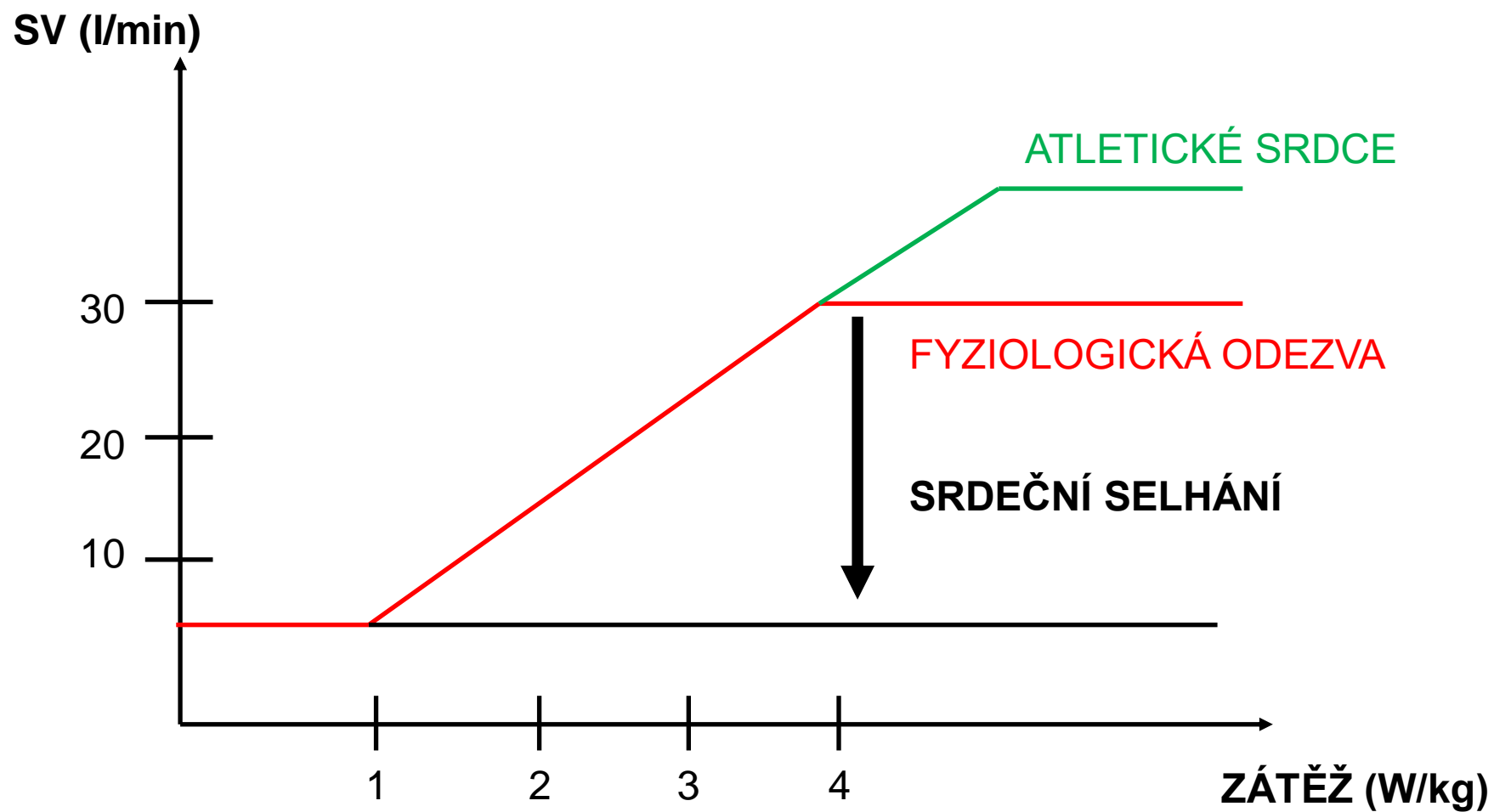
**OBJEMOVÁ REZERVA** = maximální SO / klidový SO

1,5

KP = koronární průtok  
SF = srdeční frekvence  
SO = systolický objem



# SRDEČNÍ REZERVA



# DŮLEŽITÉ TERMÍNY

Vztah délka-tenze

Minimální délka  $l_0$

Optimální délka

Pasivní, aktivní, celková síla

Stah **izometrický, izotonický, auxotonický**

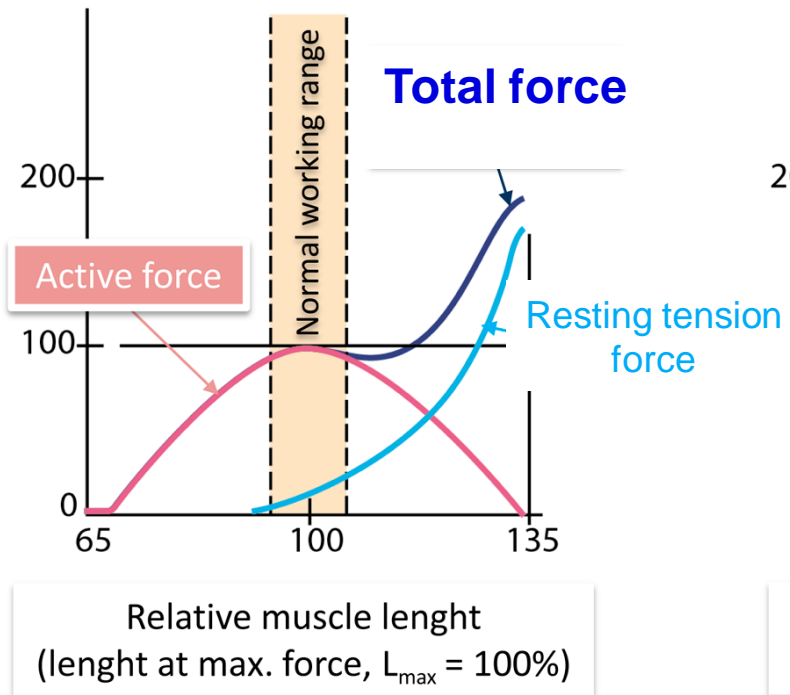
**Autoregulace** srdeční činnosti – **heterometrická** (Starling)

**Preload, afterload**

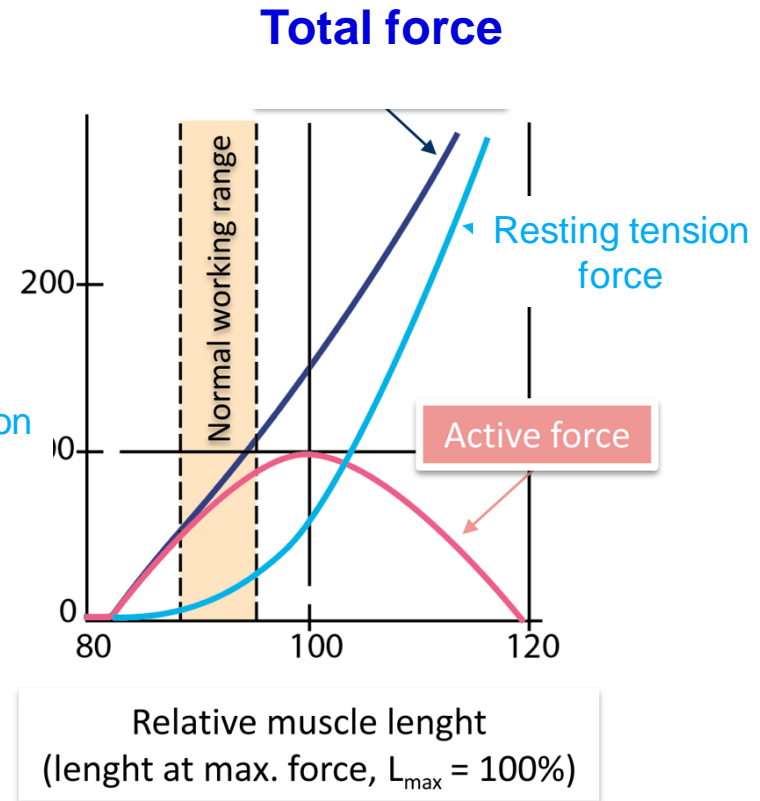
# VZTAH DÉLKA - TENZE

pasivní protažení  
aktivní protažení  
izometrický stah  
izotonický stah  
auxotonní stah

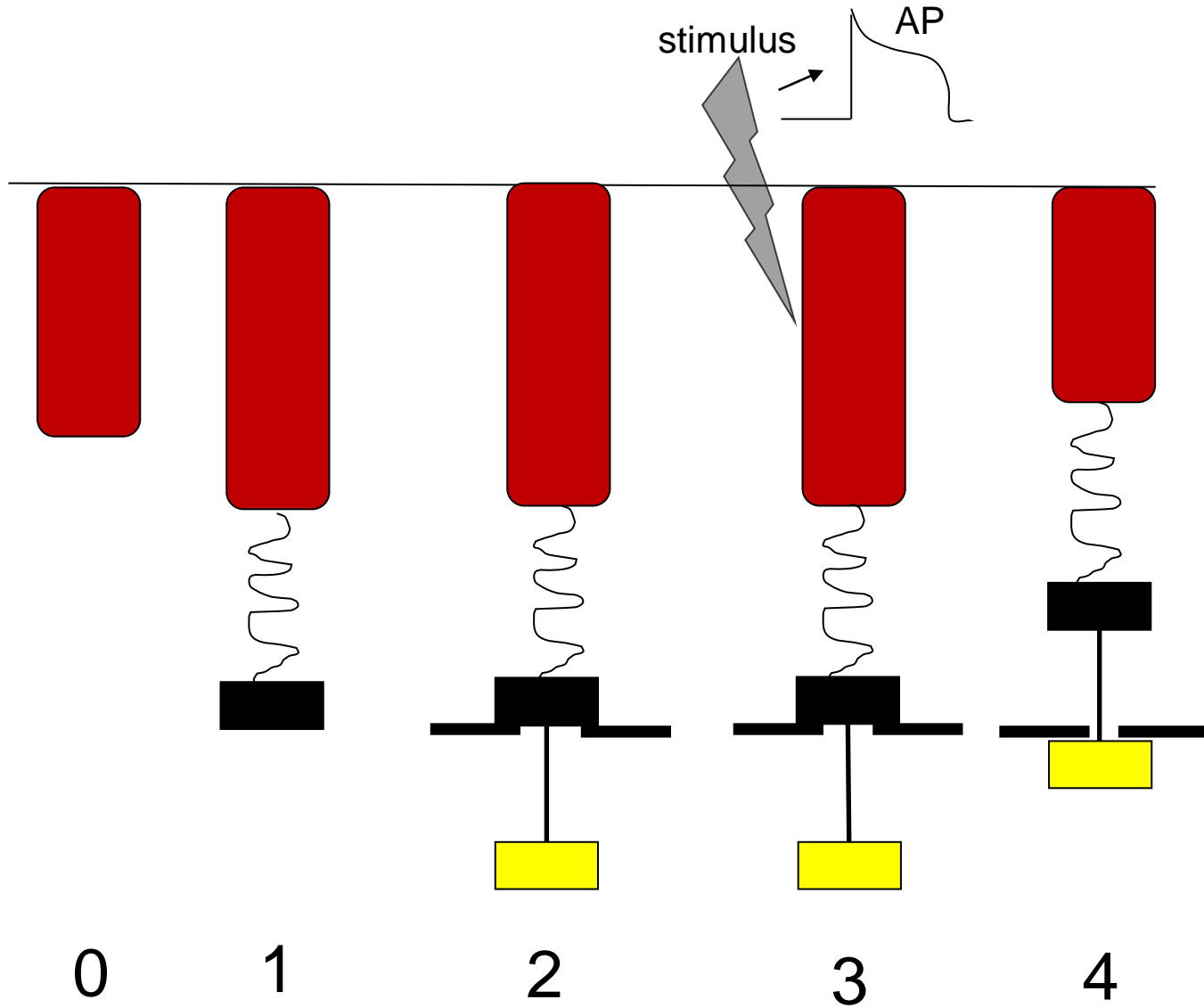
## 1. Striated muscle



## 2. Cardiac muscle



# DOTÍŽENÁ KONTRAKCE



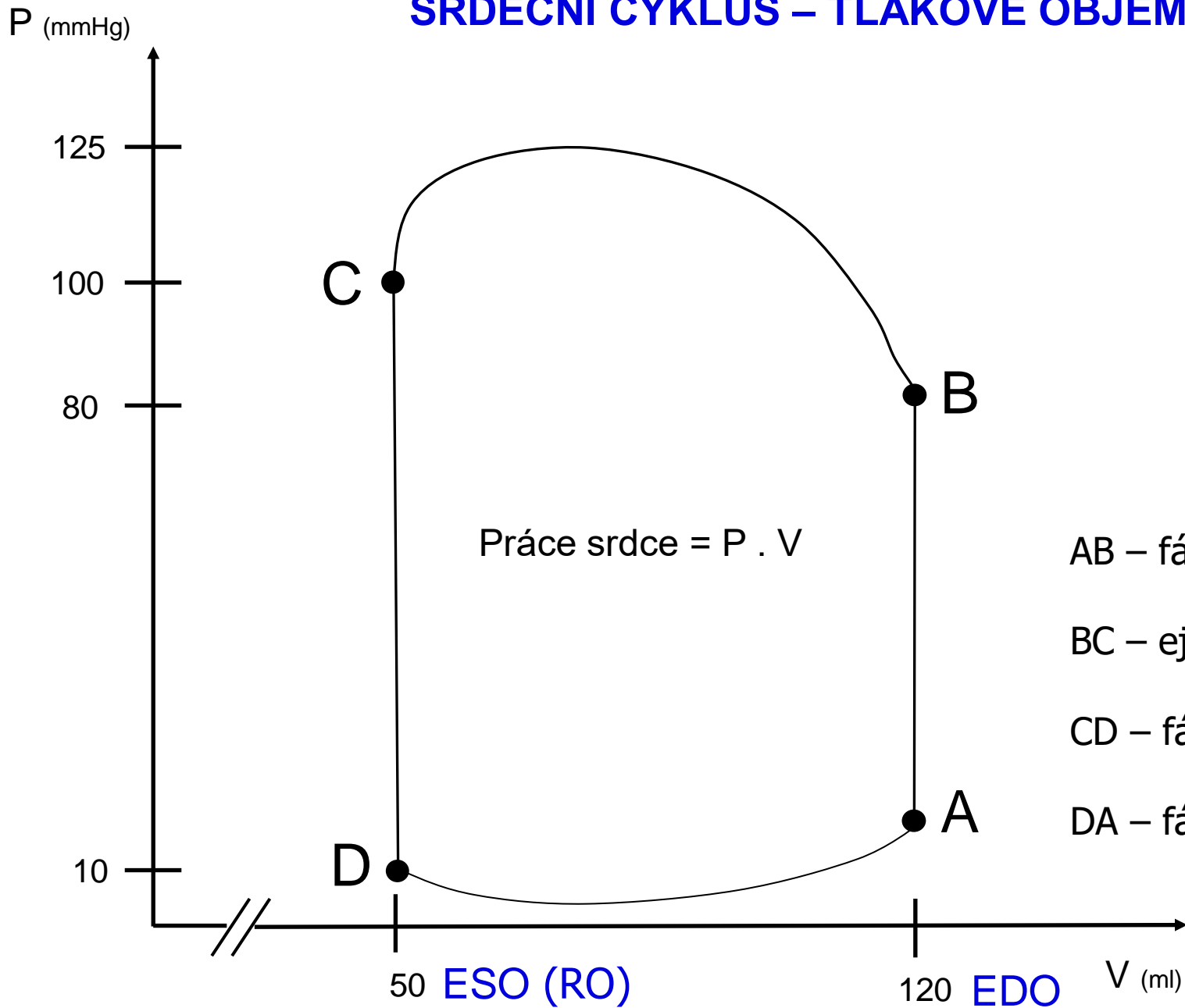
**PRELOAD** – předtížení  
(~ náplň srdeční dutiny)



**AFTERLOAD** – dotížení  
(~ odpor za srdeční dutinou)



# SRDEČNÍ CYKLUS – TLAKOVĚ OBJEMOVÝ DIAGRAM (P/V smyčka)



LAPLACEův zákon:

$$T = P \cdot R / 2h$$

$$\uparrow P = T \cdot \uparrow 2h / \downarrow r$$

AB – fáze izovolumické kontrakce

BC – ejekční fáze

CD – fáze izovolumické relaxace

DA – fáze plnění

$\underline{P} = \underline{T} \cdot 2h \cdot r^{-1}$       **Izovolumická kontrakce:** T roste při uzavřených chlopních – vzestup P

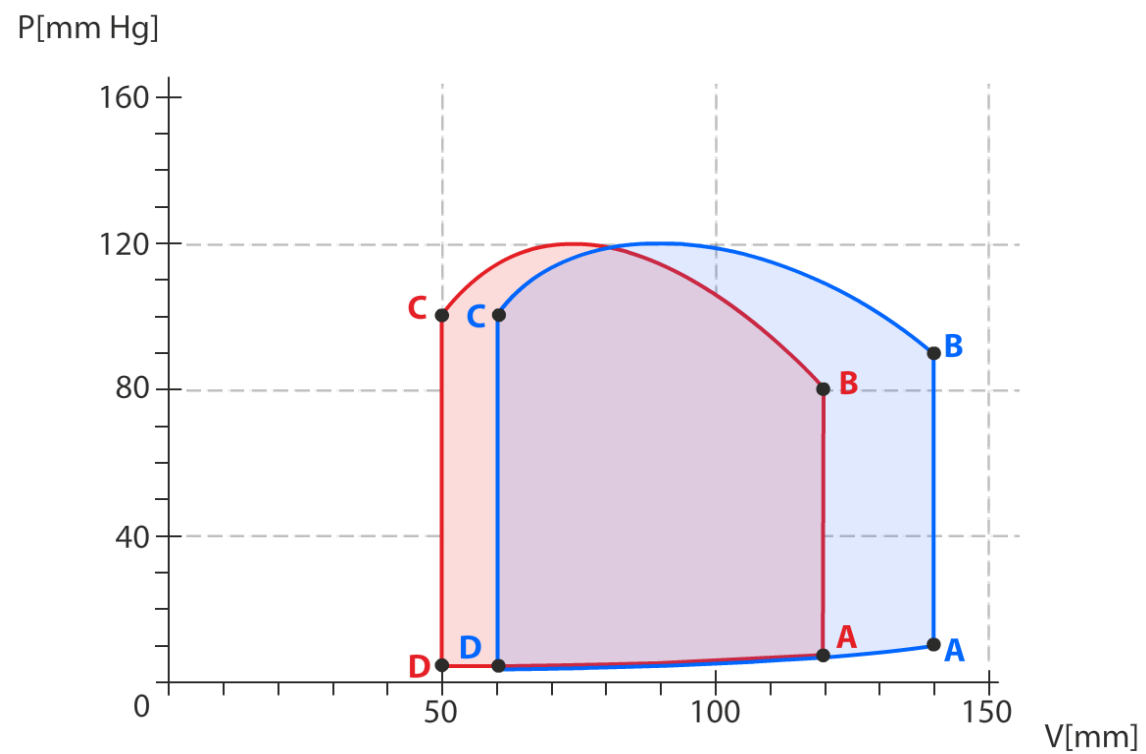
$\underline{P} = T \cdot 2\underline{h} \cdot r^{-1}$       **Ejekce:** r klesá, h roste, proto P roste i při stejné T

$\underline{P} = T \cdot 2h \cdot r^{-1}$       **Izovolumická relaxace:** T klesá při uzavřených chlopních – pokles P

$\underline{P} = \underline{T} \cdot 2h \cdot \underline{r}^{-1}$       **Diastola:** r i T rostou, P nejprve klesá, poté roste (vztah délka/tenze)

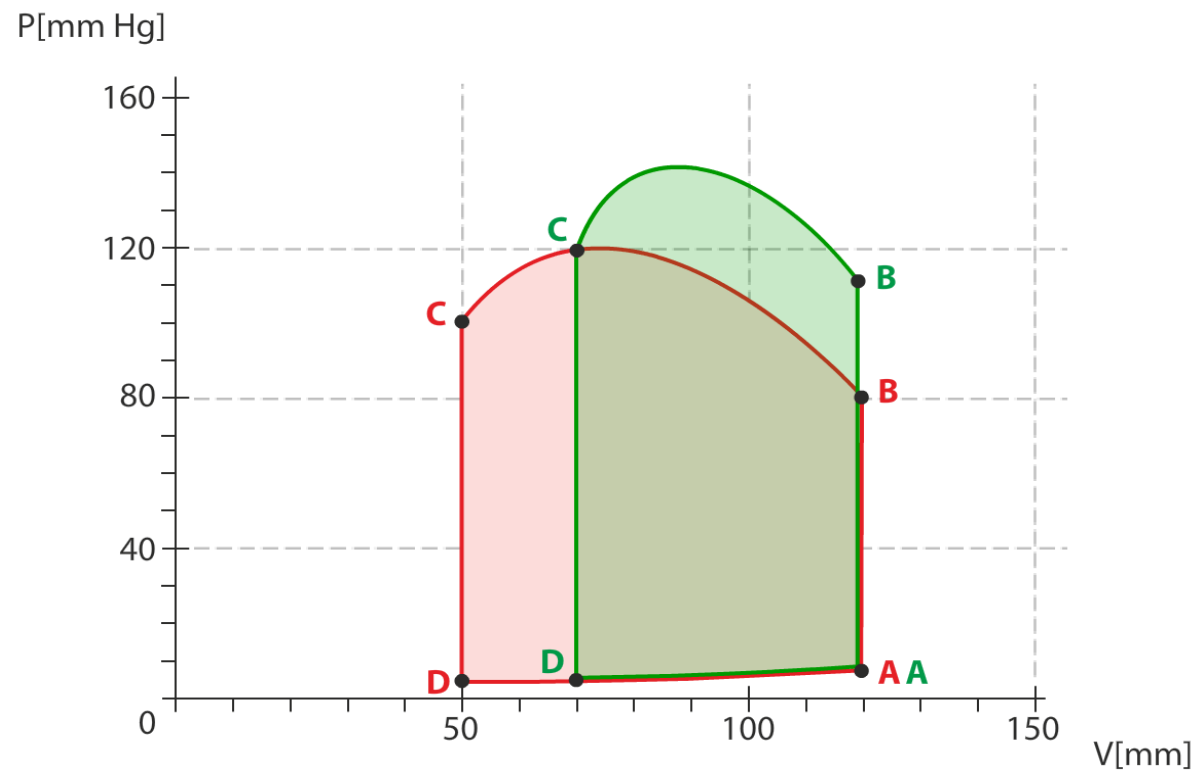
# ZVĚTŠENÝ PRELOAD

## MODEL



# ZVĚTŠENÝ AFTERLOAD

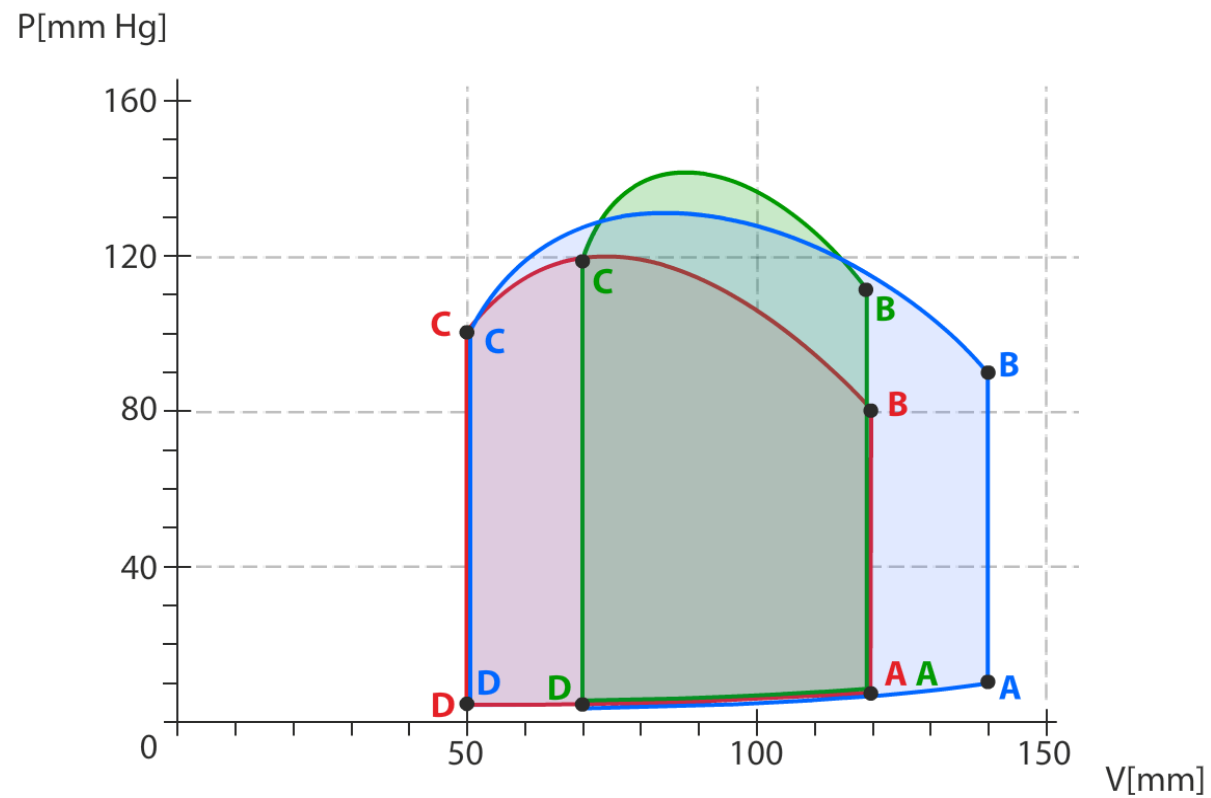
## MODEL





# ZVĚTŠENÝ PRELOAD I AFTERLOAD

## MODEL



# SRDEČNÍ OZVY

Způsobeny **vibrací různých anatomických struktur + ev. změnou proudění krve:**

- **Uzávěr a napínání chlopní**
- Izovolumické kontrakce srdečního svalu (papilární svaly, šlašinky)
- Turbulentní proudění krve

I. - **uzávěr mitrální (+ trikuspidální) chlopně**

II. - **uzávěr aortální (+ pulmonální) chlopně**

III. - rychlé plnění komor - **patologická**

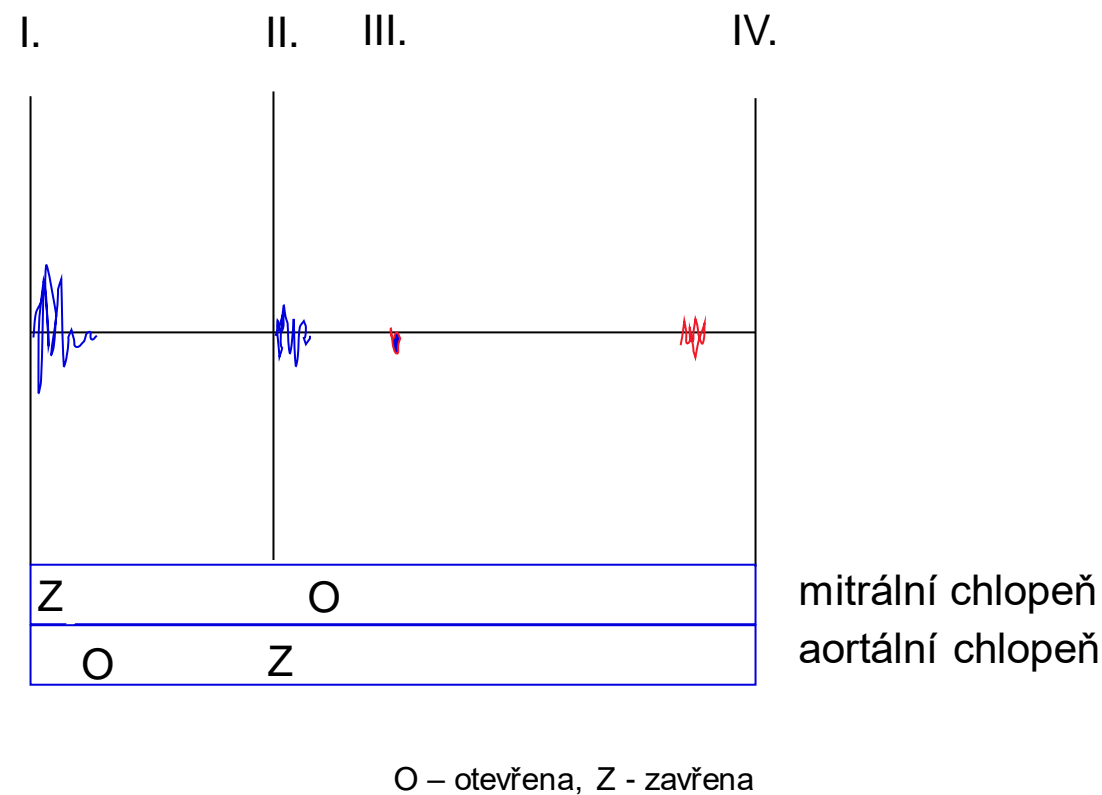
IV. - síňový stah - **většinou patologická**

Vibrace komorové stěny

**Rozštěp** I. nebo II. ozvy:

asynchronní uzavěr M - T chlopně (I.)

nebo Ao - P chlopně (II.) (inspirace, hypertenze....)



# SRDEČNÍ ŠELESTY – PATOLOGICKÉ FENOMÉNY založené na turbulentním proudění krve

## 1. SYSTOLICKÝ

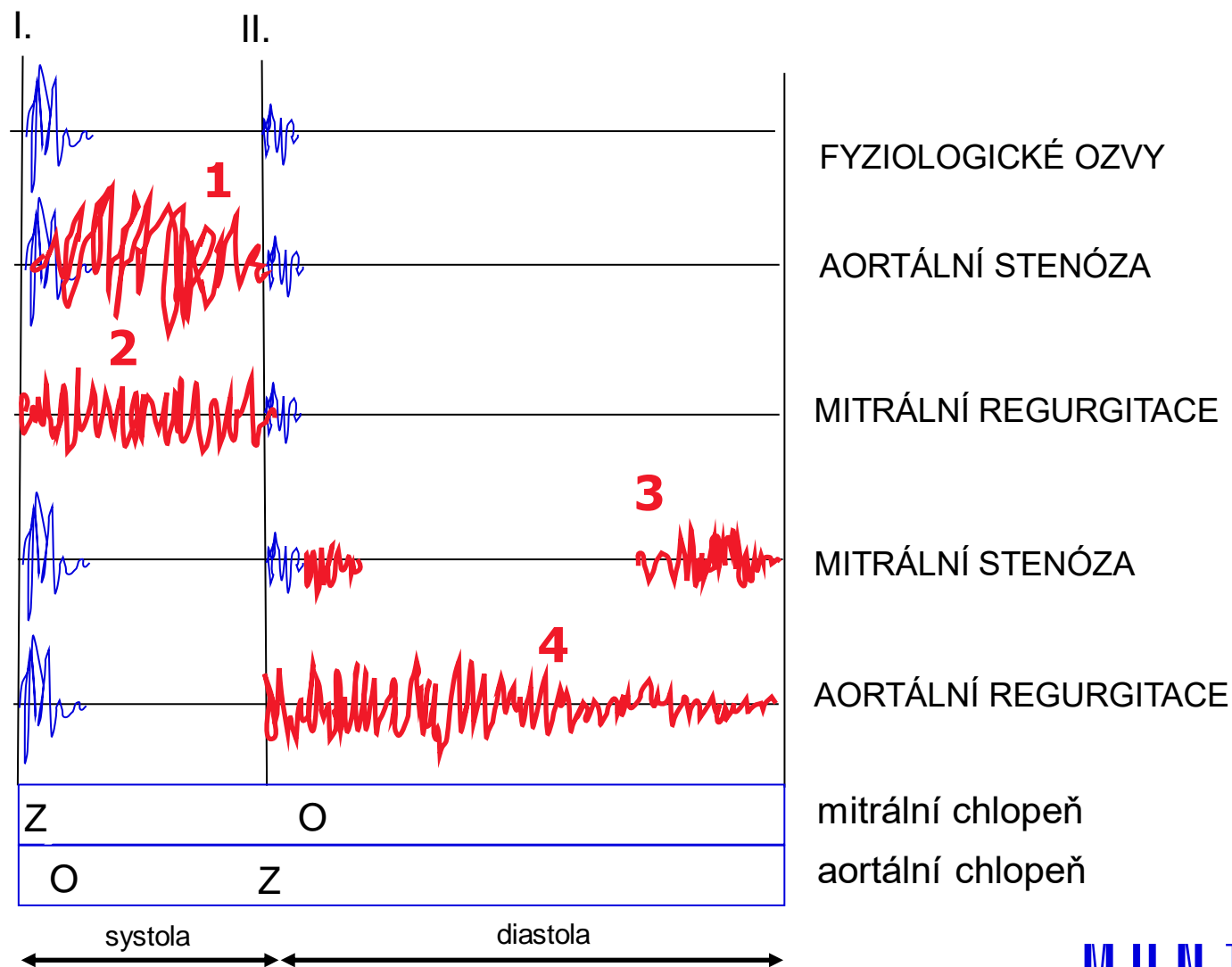
- Stenóza – aortální, pulmonální (1)
- Regurgitace – mitrální, trikuspidální (2)

## 2. DIASTOLICKÝ

- Stenóza – mitrální, trikuspidální (3)
- Regurgitace – aortální, pulmonální (4)

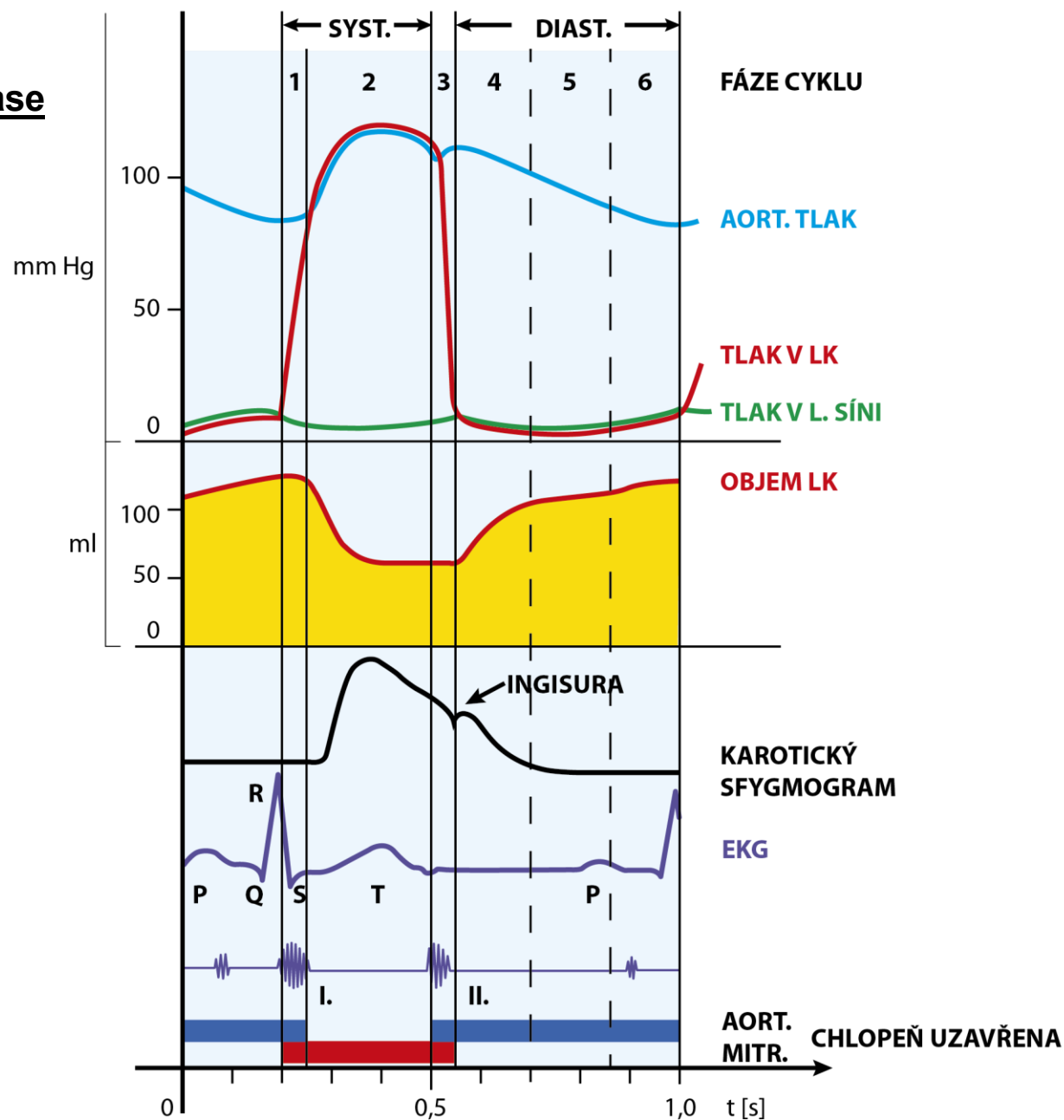
## 3. TRVALÝ

- Defekty septa



# POLYGRAFIE (polygram)

Současný záznam více parametrů v čase



## SRDEČNÍ SELHÁNÍ = ztráta srdeční rezervy

Neschopnost srdeční pumpy uspokojit oběhové nároky periferie při normálním žilním návratu.

### PŘÍZNAKY

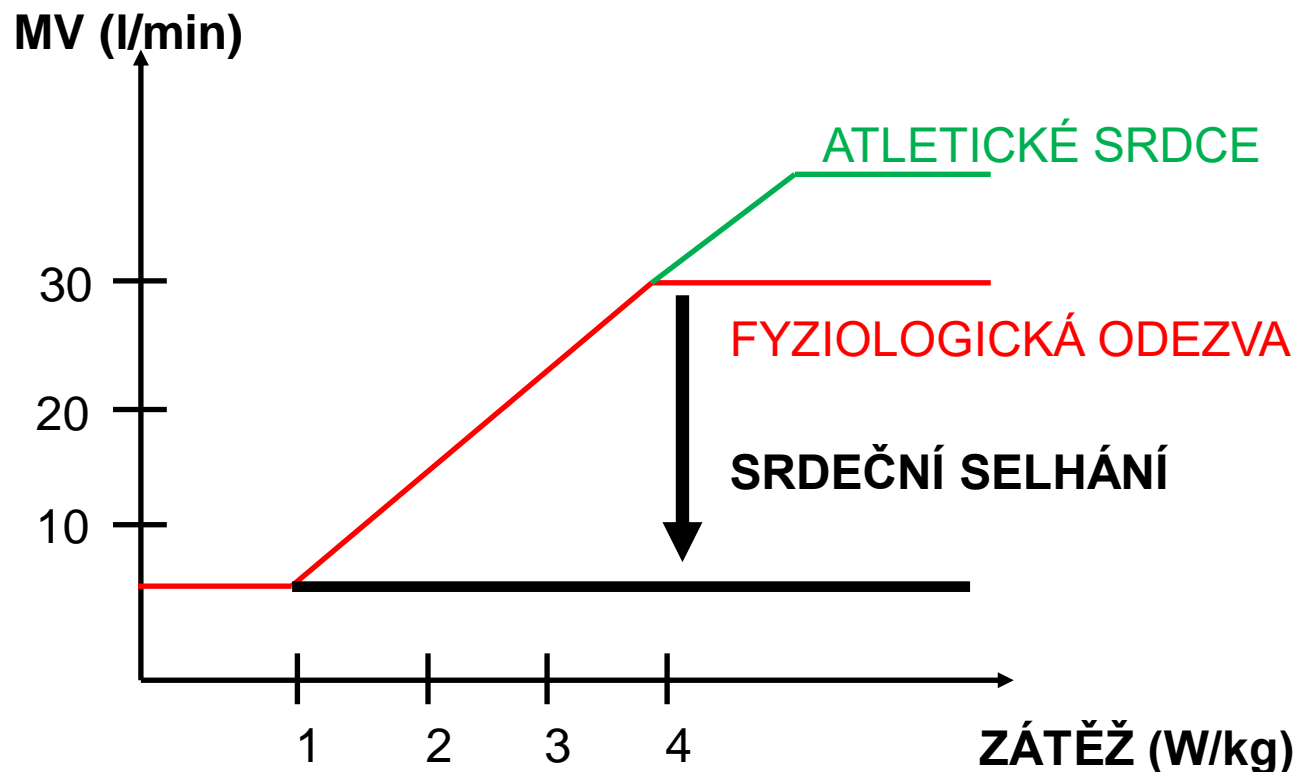
slabost, otoky, žilní městnání, dyspnoe, cyanóza

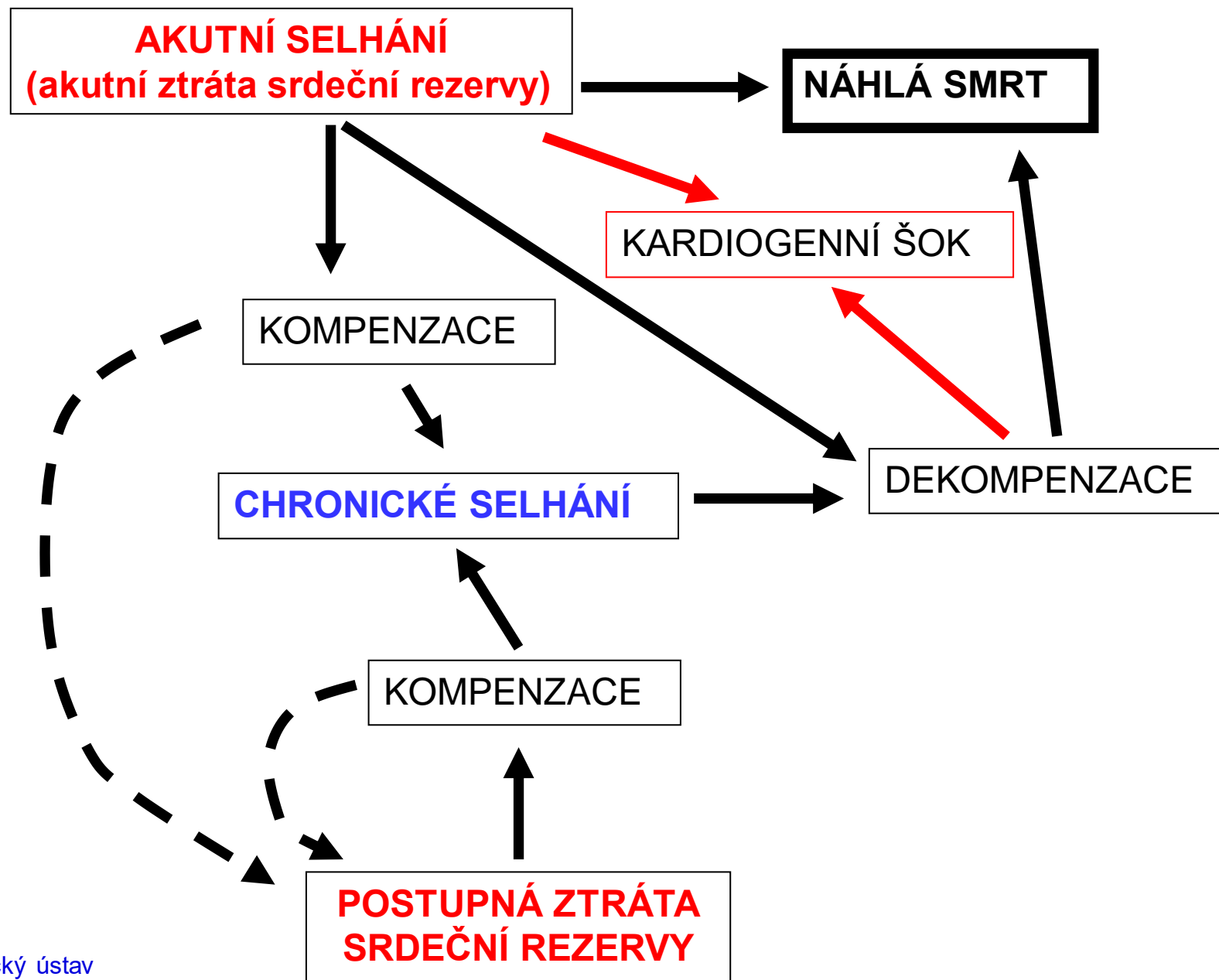
### AKUTNÍ x CHRONICKÉ.

### KOMPENZOVANÉ x DEKOMPENZOVANÉ.

### NEJČASTĚJŠÍ PŘÍČINY:

- Závažné **arytmie**
- **Přetížení** – *objemové* (aortální insuficience, a-v zkraty) nebo *tlakové* (hypertenze a aortální stenóza – přetížení vlevo, plicní hypertenze a stenóza pulmonální chlopně – přetížení vpravo)
- **Kardiomyopatie**





# KOMPENZACE SRDEČNÍHO SELHÁNÍ

## BAROREFLEX

**Fyziologická úloha:** kompenzace poklesu minimálního objemu cirkulujících tekutin

**Signál:** pokles TK (ortostáza, pracovní vazodilatace)

**Senzor:** baroreceptory

**Odpověď:** aktivace SAS (zvýšení SF, inotropie, TK)

**Patologický signál:** dlouhodobý pokles TK při srdeční nedostatečnosti

**Důsledky:** zvýšený výdej energie – **bludný kruh**

$\beta$  – sympatolytika

Ca<sup>2+</sup> - antagonisté

## AKTIVACE RAAS

**Fyziologická úloha:** kompenzace ztráty cirkulujících tekutin (krvácení)

**Signál:** pokles renální perfúze

**Senzor:** juxtaglomerulární aparát ledvin

**Odpověď:** zvýšení TK (angiotenzin II.), retence vody (aldosteron)

**Patologický signál:** pokles renální perfúze při srdeční nedostatečnosti

**Důsledky:** zvýšení preloadu a afterloadu, zvýšený výdej energie – **bludný kruh**

inhibitory angiotenzin-konvertujícího enzymu (AT II. receptory)

## DILATACE (Starlingův jev)

**Fyziologická úloha:** vyrovnání okamžitých pravo-levých rozdílů

**Signál:** ortostáza, hluboké dýchání, začátek pracovního zatížení

**Patologický signál:** trvalé hromadění krve v srdci

**Důsledky:** zvýšený výdej energie – **bludný kruh**

## HYPERTROFIE

**Fyziologická úloha:** úspora energeticky náročné tenze stěny

**Signál:**  $P = \sigma \cdot 2 h / r$ , intermitentní zvýšení TK (sportovní srdce)

**Odpověď:** koncentrická remodelace

**Patologický signál:** trvalý vzestup preloadu nebo afterloadu

**Důsledky:** zhoršená oxygenace, fibrotizace – **bludný kruh**

diuretika

srdeční glykosidy (digitalis)