

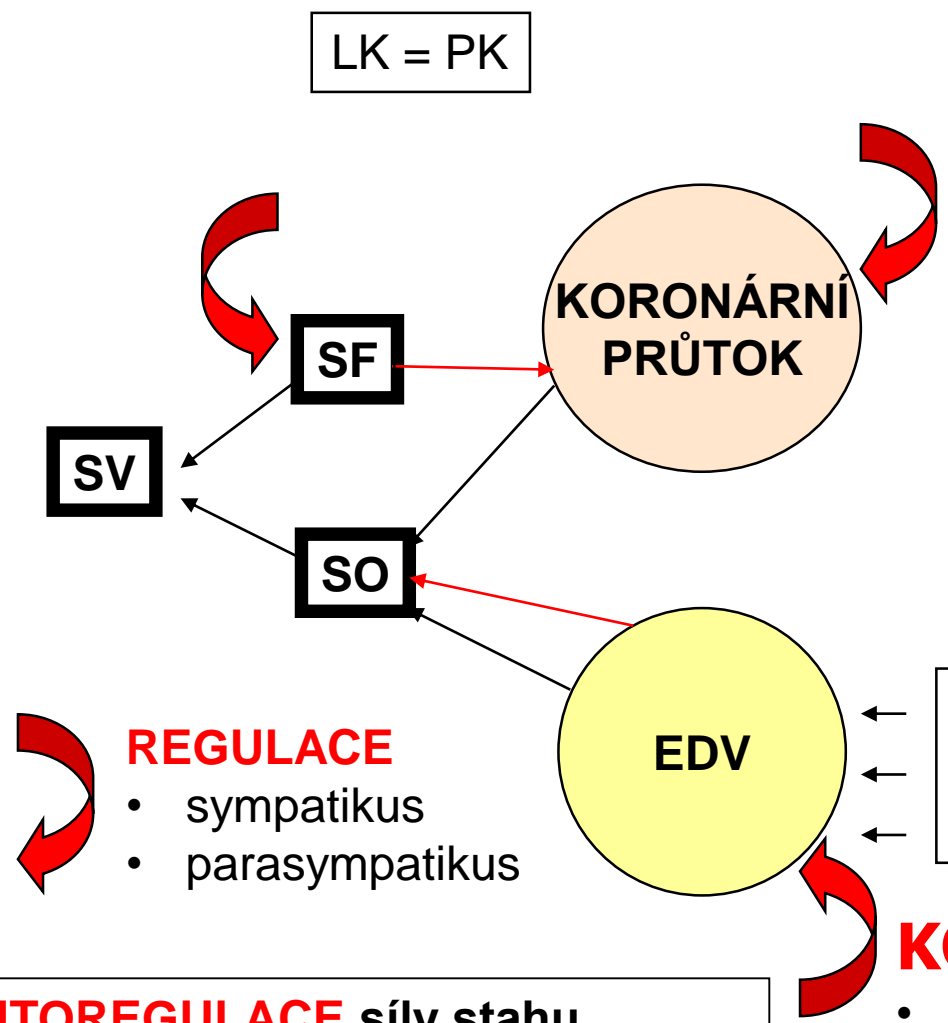
MECHANIKA SRDEČNÍ ČINNOSTI

SRDCE JAKO PUMPA

SRDEČNÍ CYKLUS

SRDEČNÍ SELHÁNÍ

SRDEČNÍ VÝDEJ (SV nebo MINUTOVÝ OBJEM, MO)



$$LK = PK$$

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

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

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

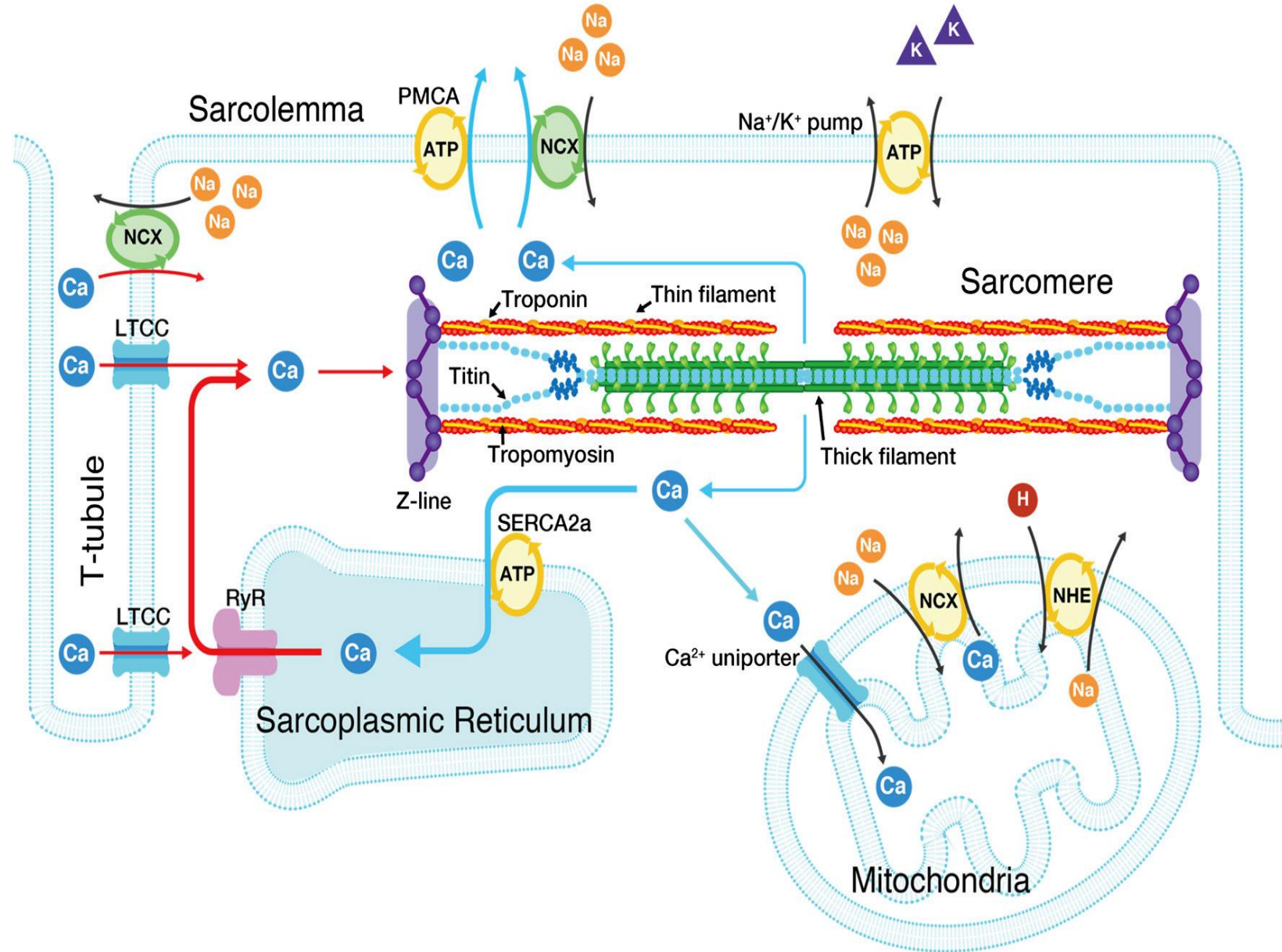
- REGULACE**
- sympatikus
 - parasympatikus

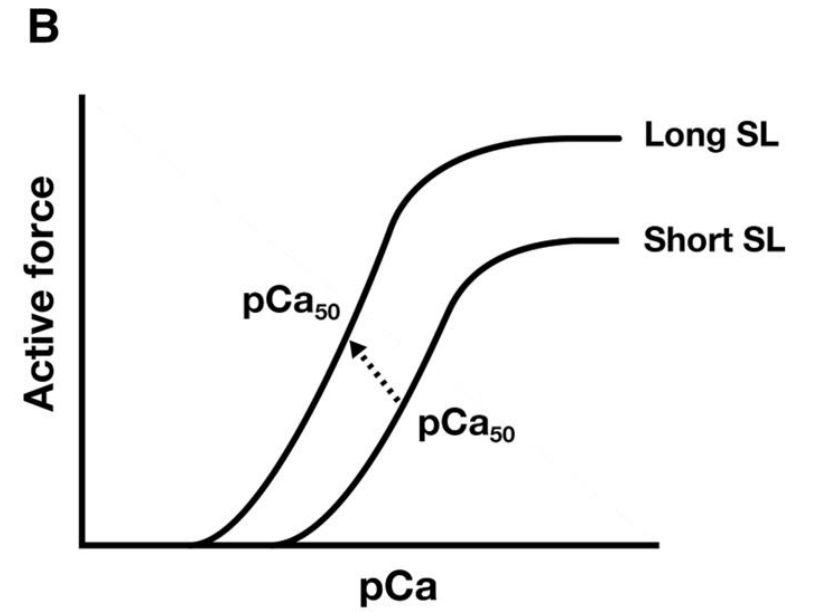
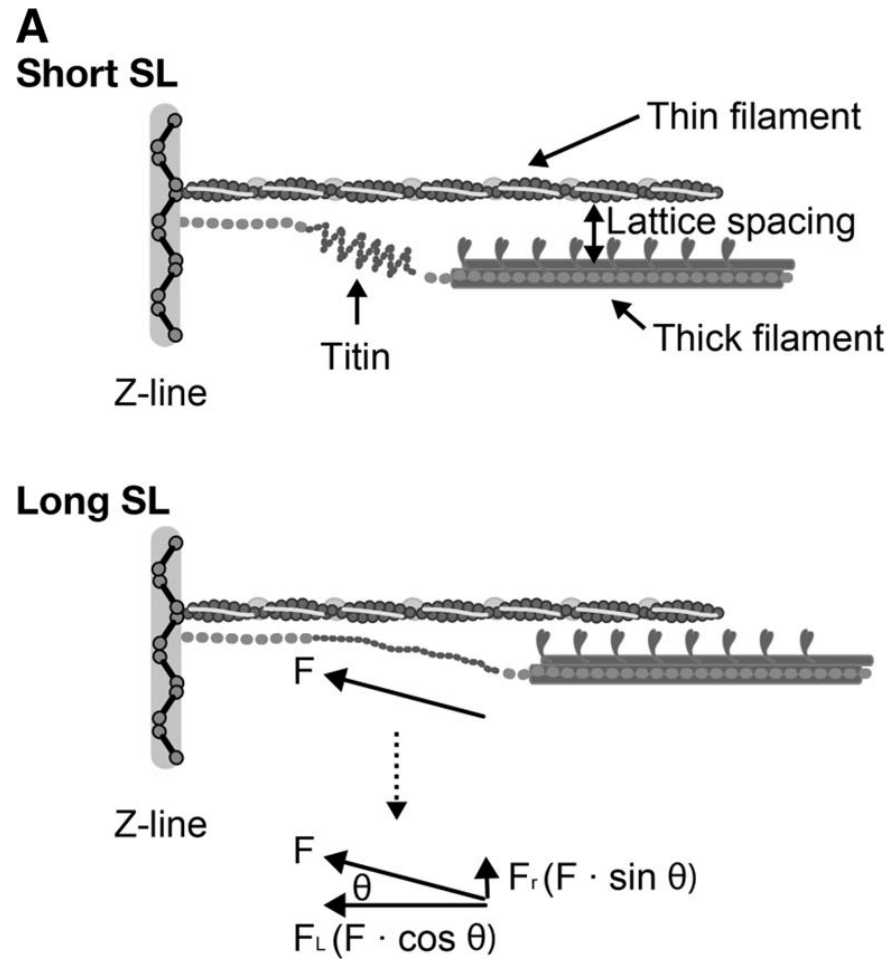
- ← Žilní návrat
- ← Compliance
- ← Aortální tlak

- 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

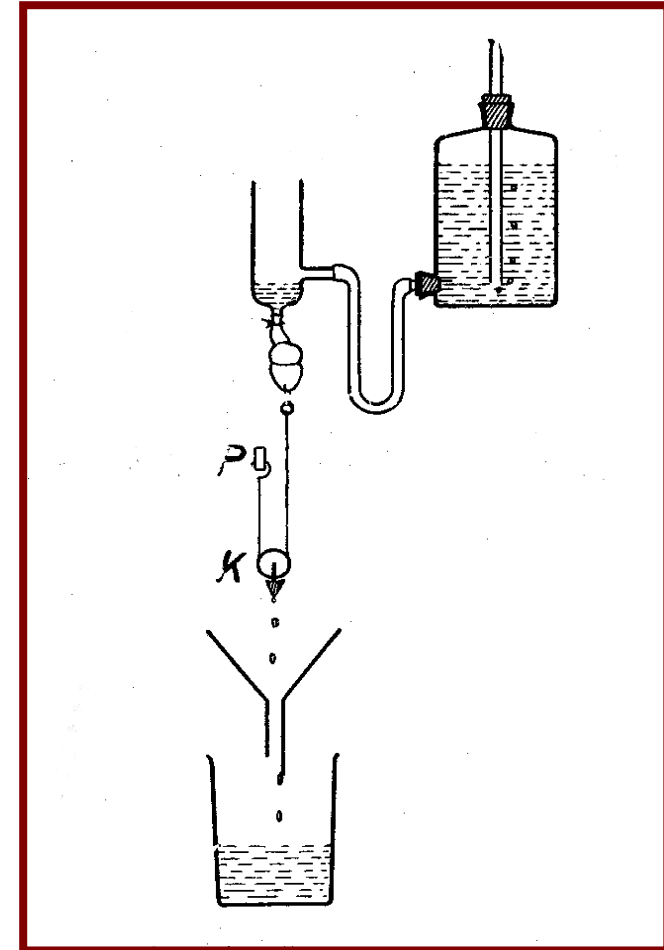
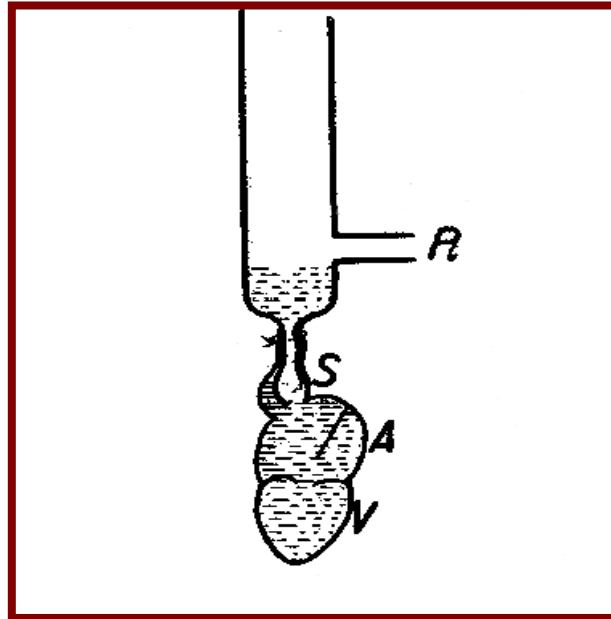
HETEROMETRICKÁ AUTOREGULACE (STARLINGŮV JEV)





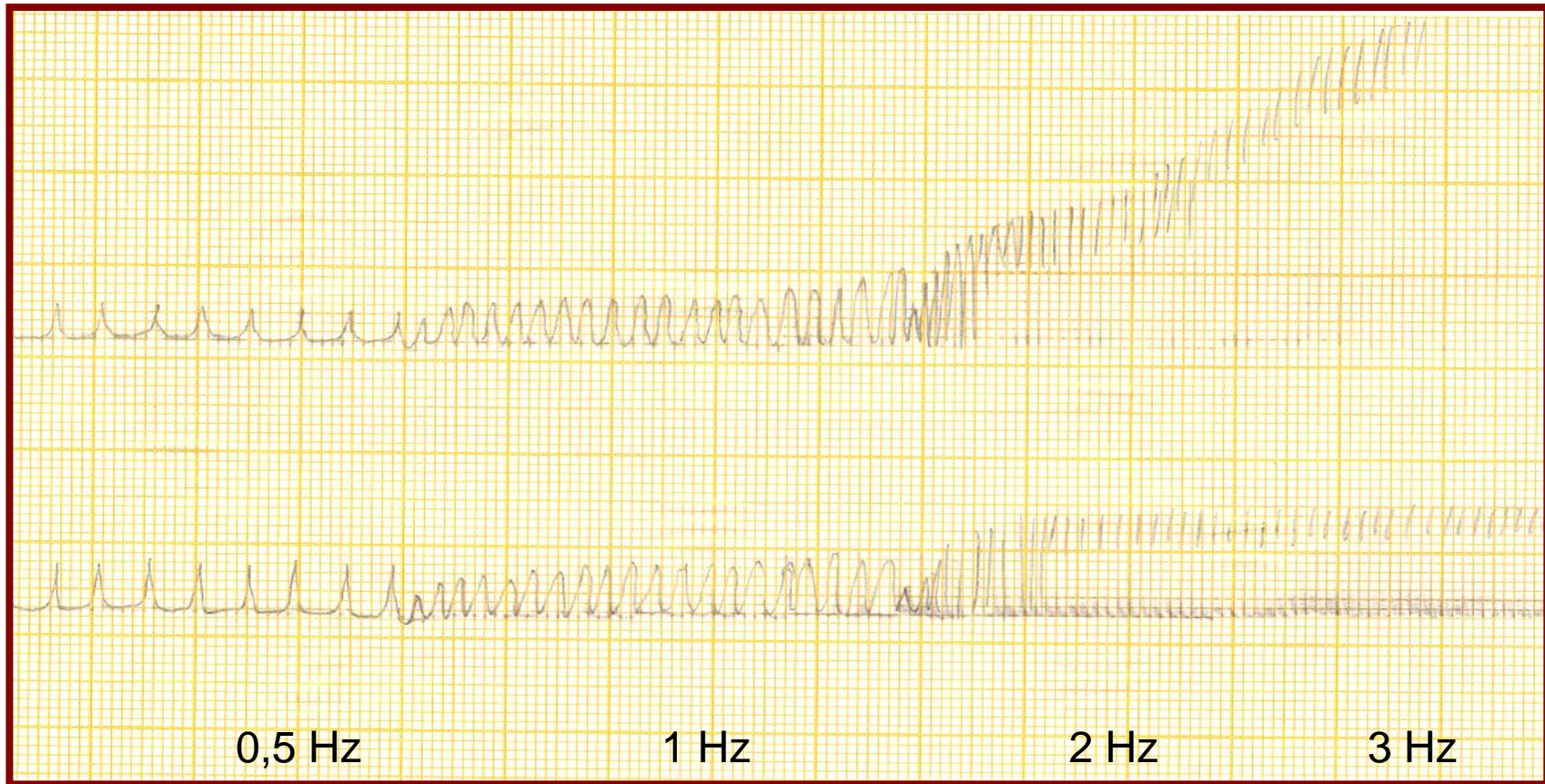
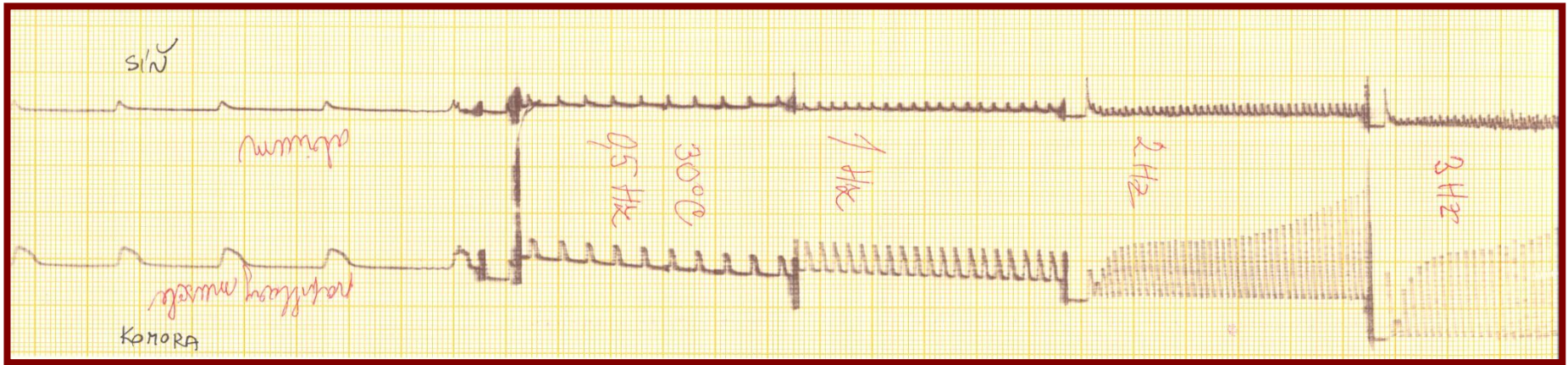


Henry Pickering Bowditch
(1840 – 1911)



HOMEOMETRICKÁ AUTOREGULACE (FREKVENČNÍ JEV)

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



SRDEČNÍ REZERVA = maximální SV / klidový SV

4 - 7

KORONÁRNÍ REZERVA = maximální KP / klidový KP

3,5

CHRONOTROPNÍ REZERVA = maximální SF / klidová SF

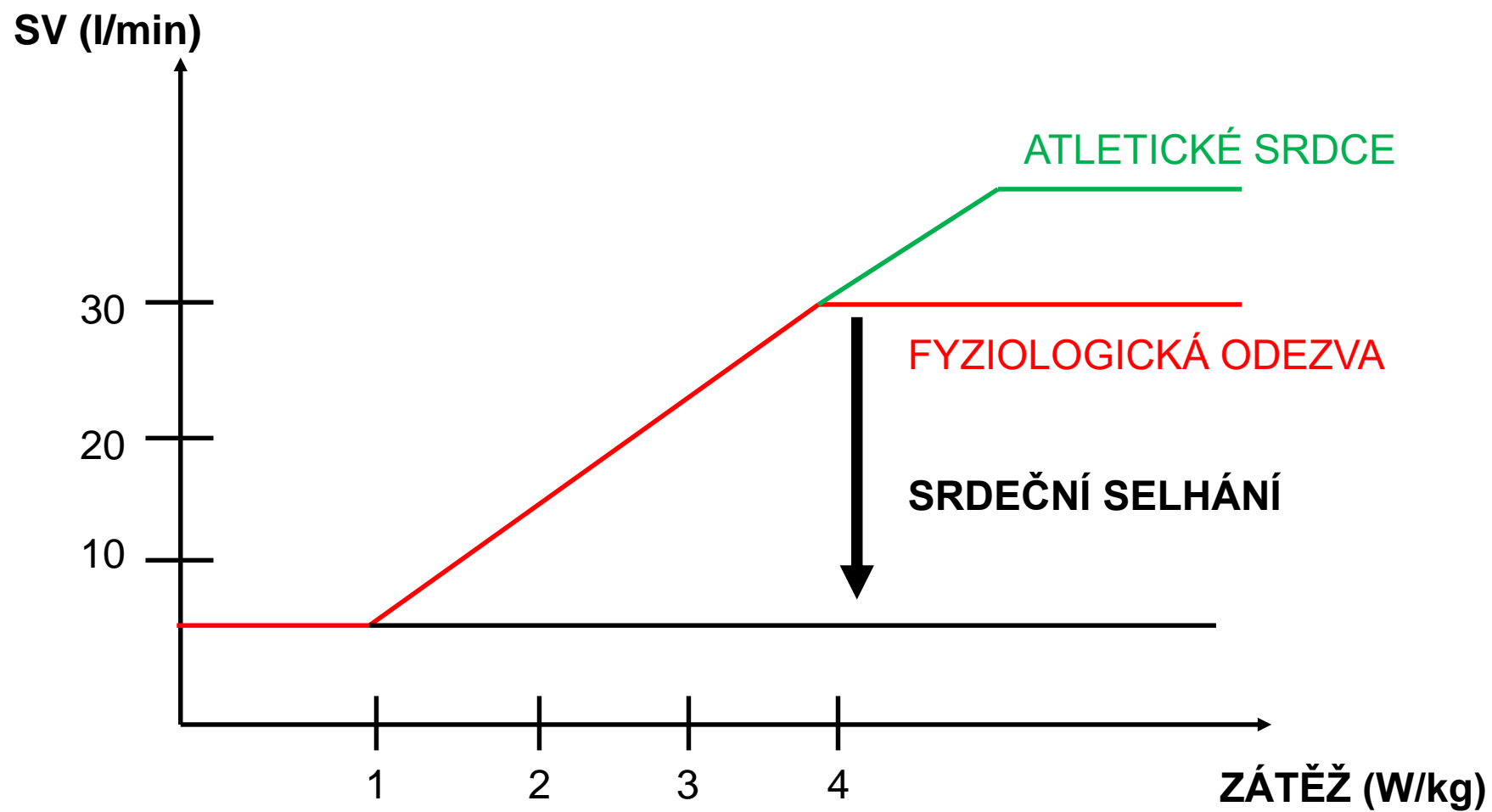
3 - 5

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

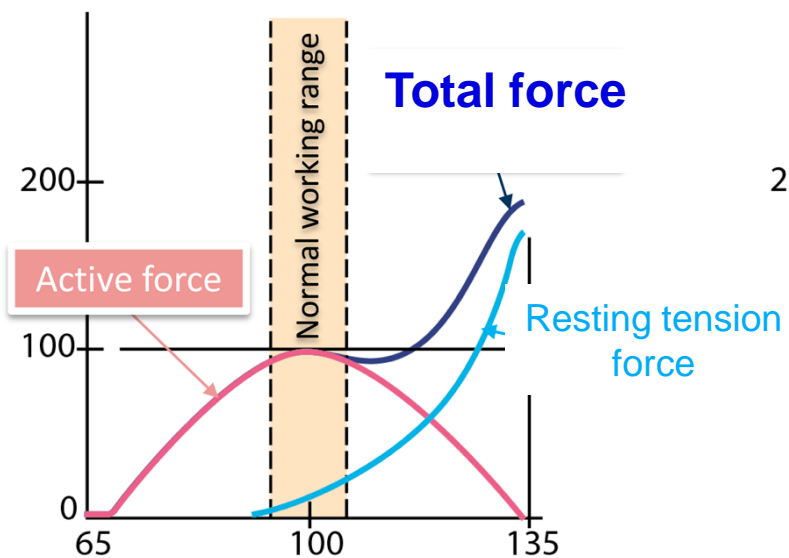
aktivní protažení

izometrický stah

izotonický stah

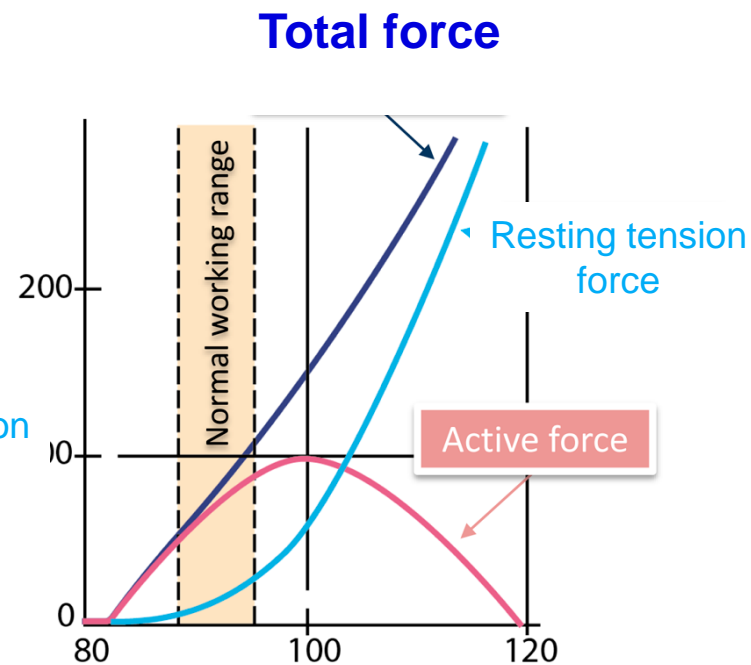
auxotonní stah

1. Striated muscle



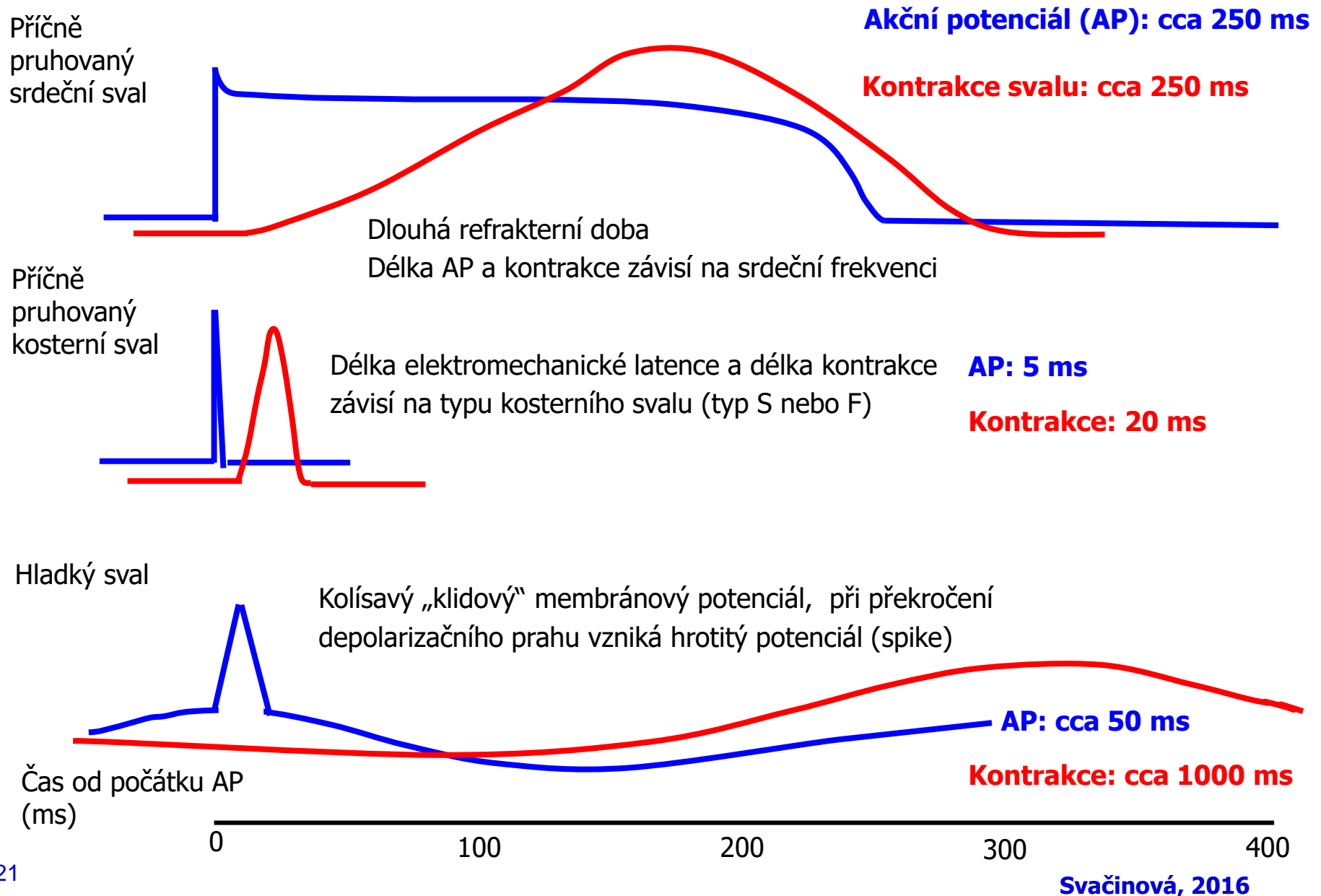
Relative muscle length
(length at max. force, $L_{\max} = 100\%$)

2. Cardiac muscle

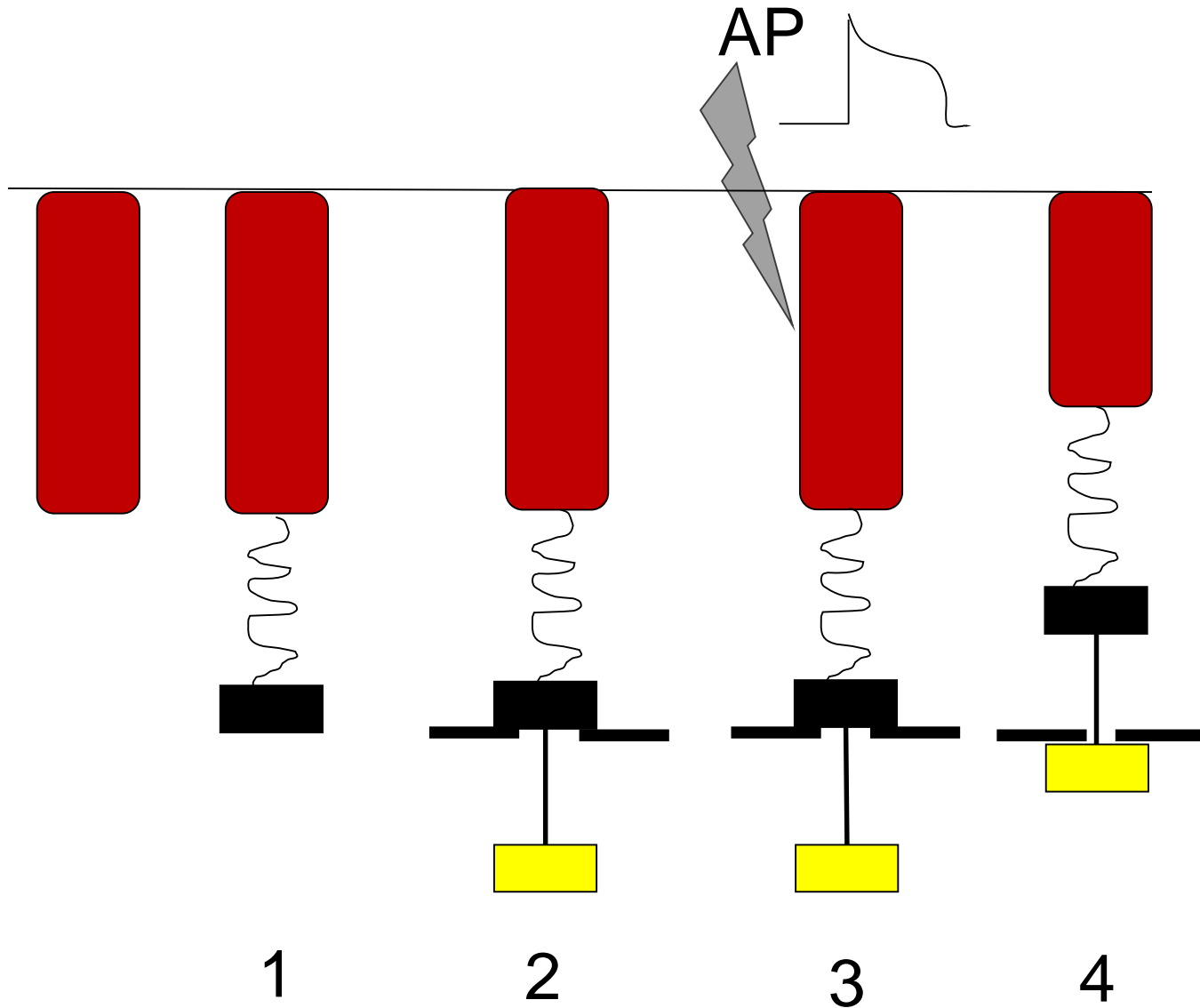


Relative muscle length
(length at max. force, $L_{\max} = 100\%$)

ČASOVÉ SOUVISLOSTI MEZI AKČNÍM POTENCIÁLEM A KONTRAKCÍ



DOTÍŽENÁ KONTRAKCE



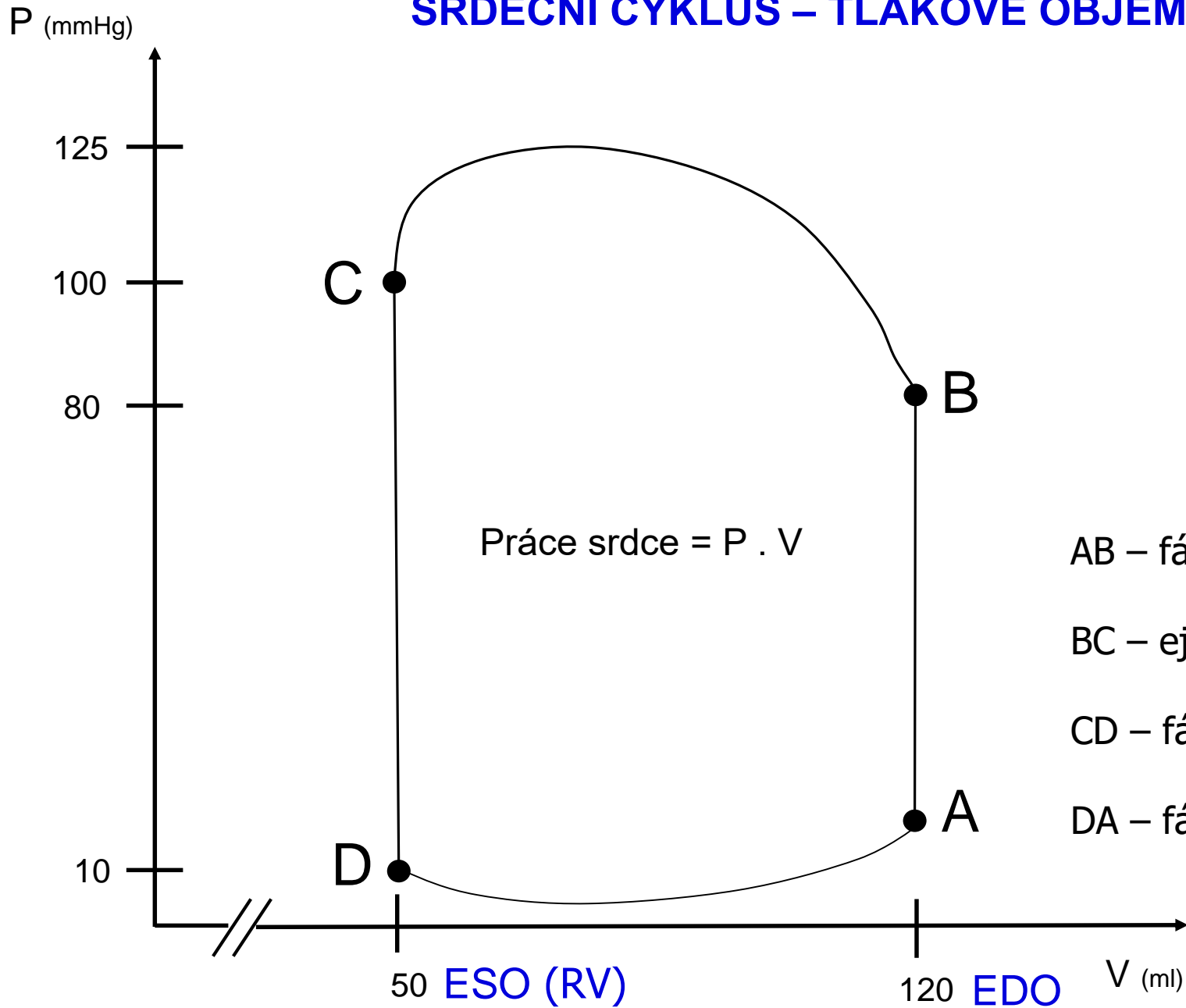
PRELOAD – předtížení
(~ náplň srdeční dutiny)



AFTERLOAD – dotížení
(~ odpor za srdeční dutinou)



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



LAPLACEův zákon:

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

$$\uparrow P = T \cdot \uparrow H / \downarrow r$$

AB – fáze izovolumické kontrakce

BC – ejekční fáze

CD – fáze izovolumické relaxace

DA – fáze plnění

$$P = \underline{T} \cdot 2h \cdot \underline{r}^{-1}$$

Diastola: r i T rostou, P nejprve klesá, poté roste (vztah délka/tenze)

$$\underline{P} = \underline{T} \cdot 2h \cdot r^{-1}$$

Izovolumická kontrakce: T roste při uzavřených chlopních –
vzestup P

$$\underline{P} = T \cdot 2\underline{h} \cdot r^{-1}$$

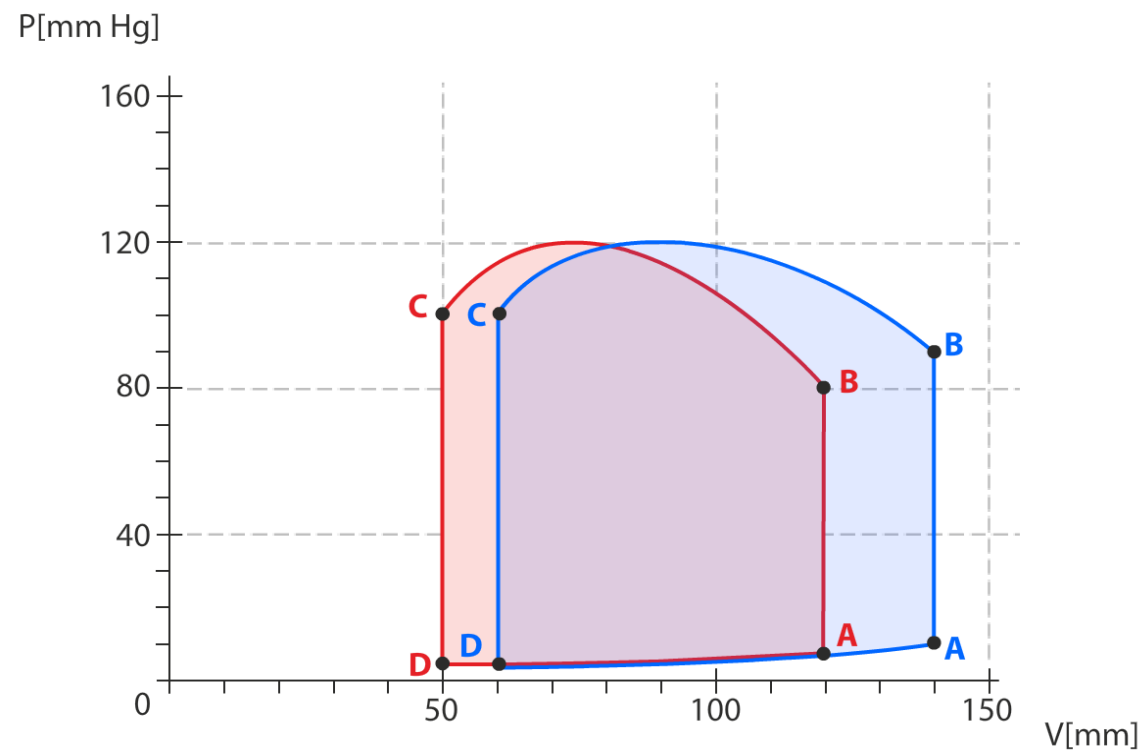
Ejekce: r klesá, h roste, proto P roste i při stejné T

$$P = T \cdot 2h \cdot r^{-1}$$

Izovolumická relaxace: T klesá při uzavřených chlopních – pokles P

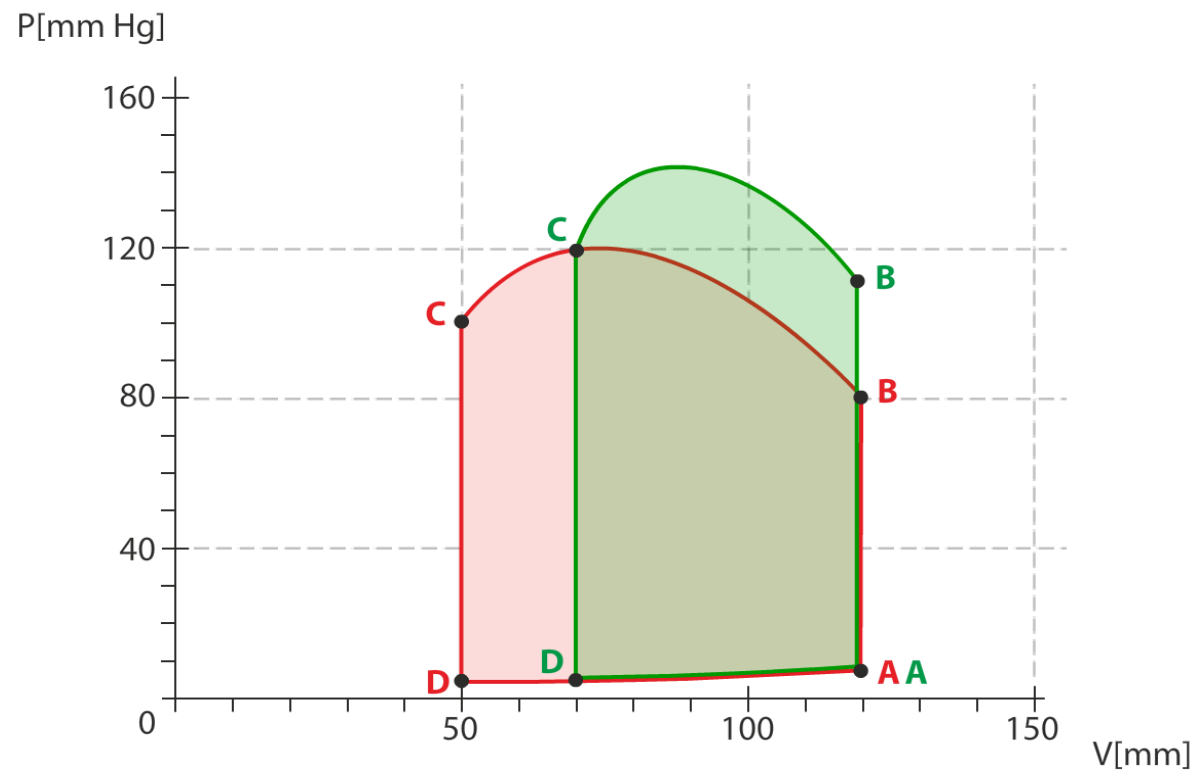
ZVĚTŠENÝ PRELOAD

MODEL



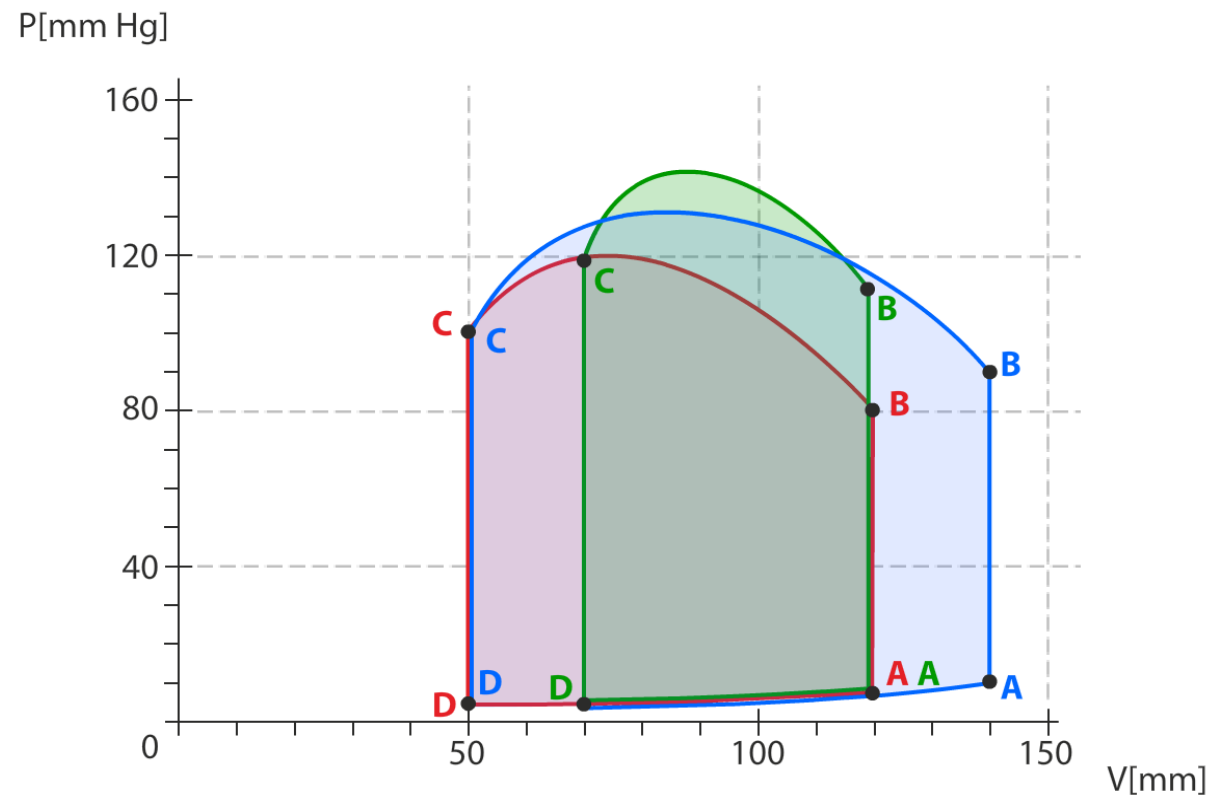
ZVĚTŠENÝ AFTERLOAD

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. - uzavěr mitrální (+ trikuspidální) chlopně

II. - uzavěr aortální (+ pulmonální) chlopně

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

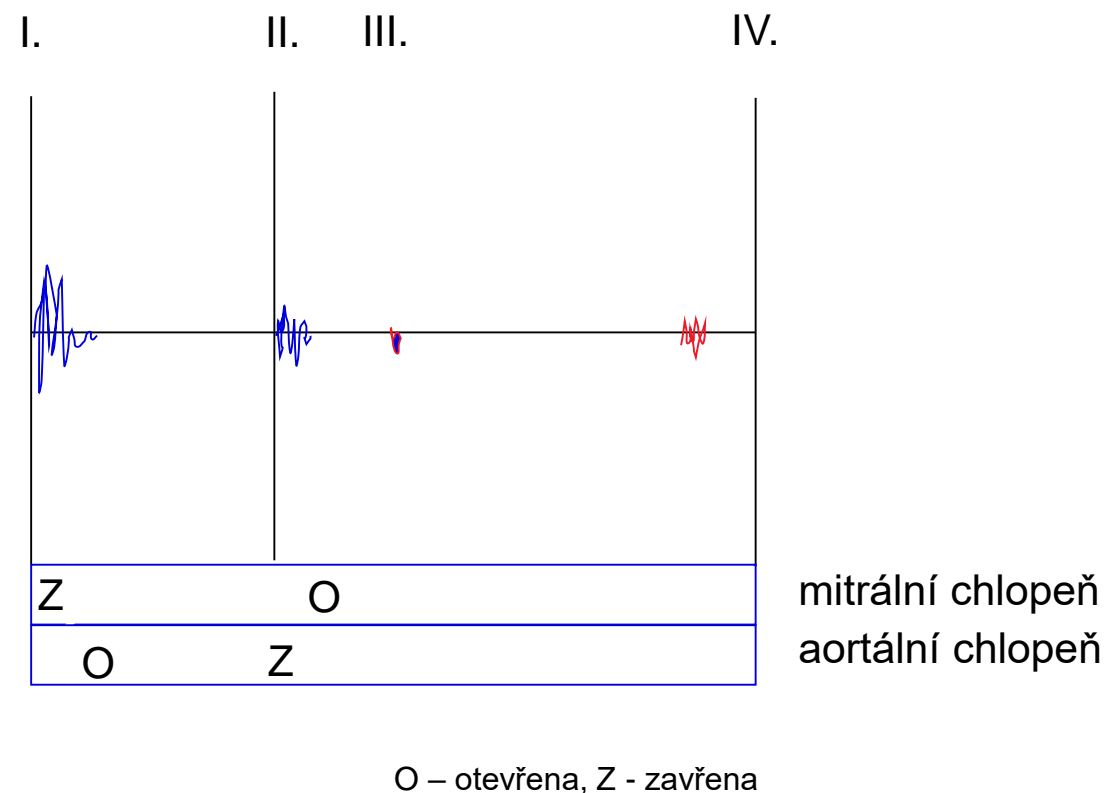
IV. - síňový stah - **většinou patologická**

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

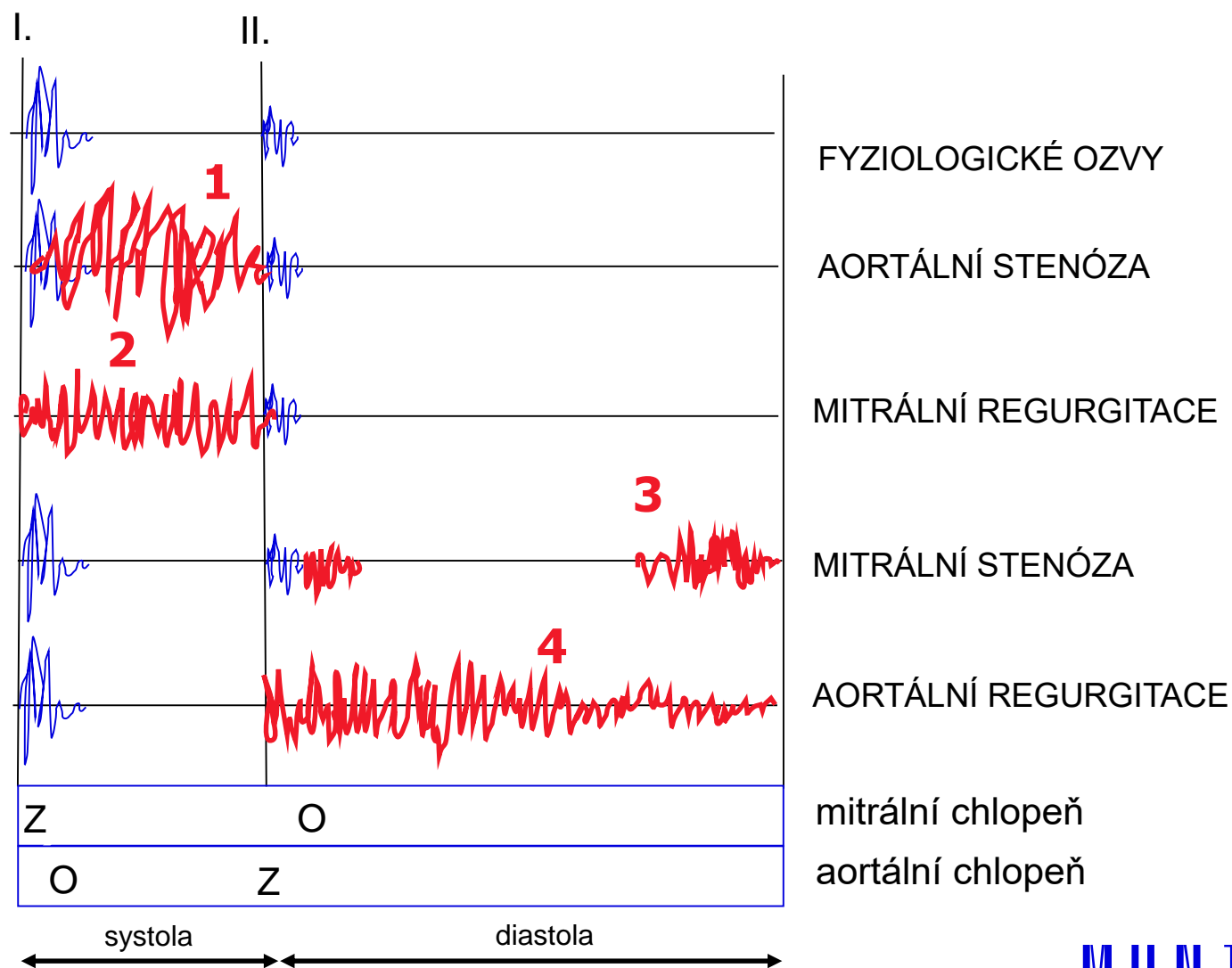
- Stenóza – aortální, pulmonální (1)
- Regurgitace – mitrální, trikuspidální (2)

2. DIASTOLICKÝ

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

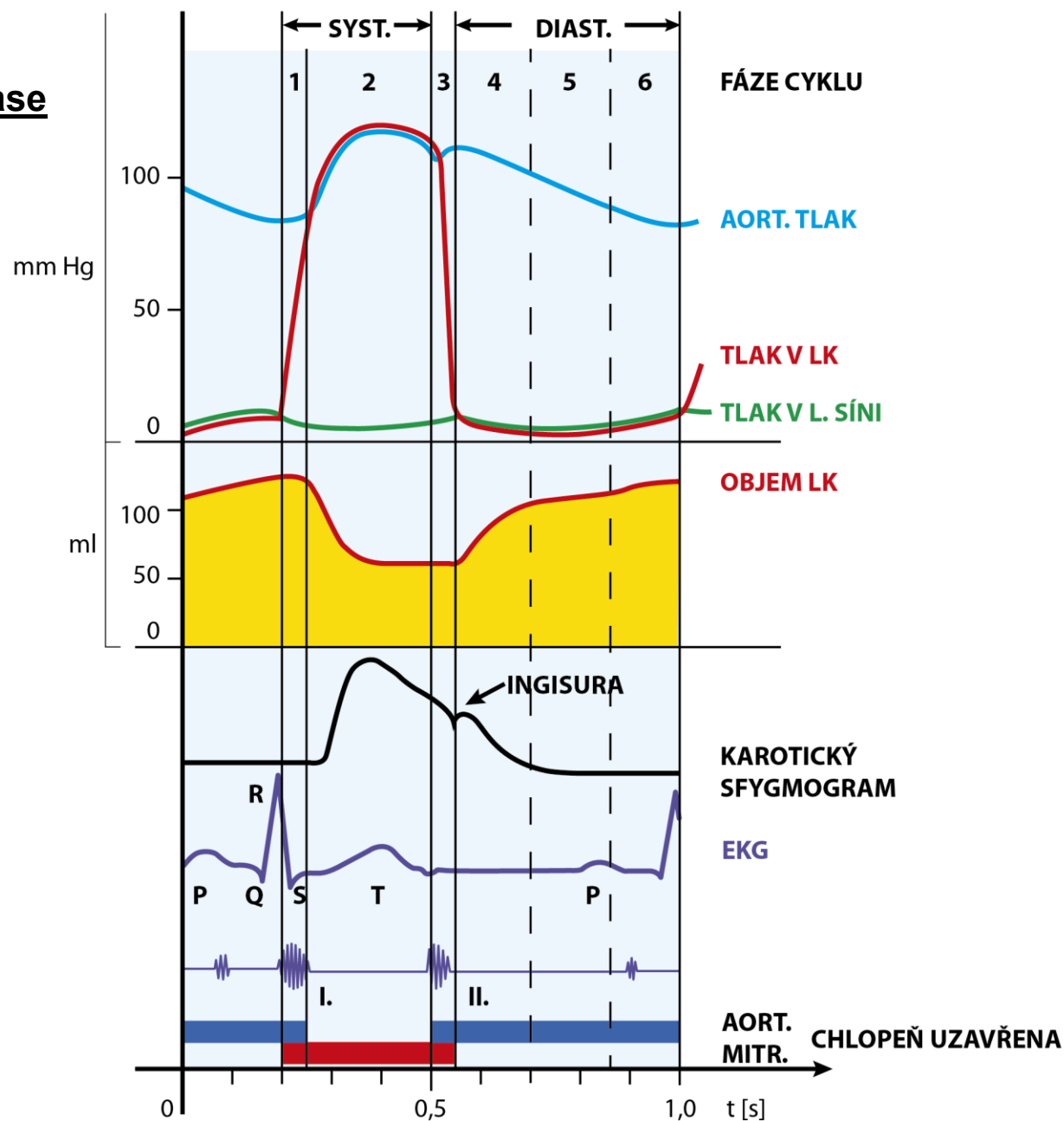
3. TRVALÝ

- 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

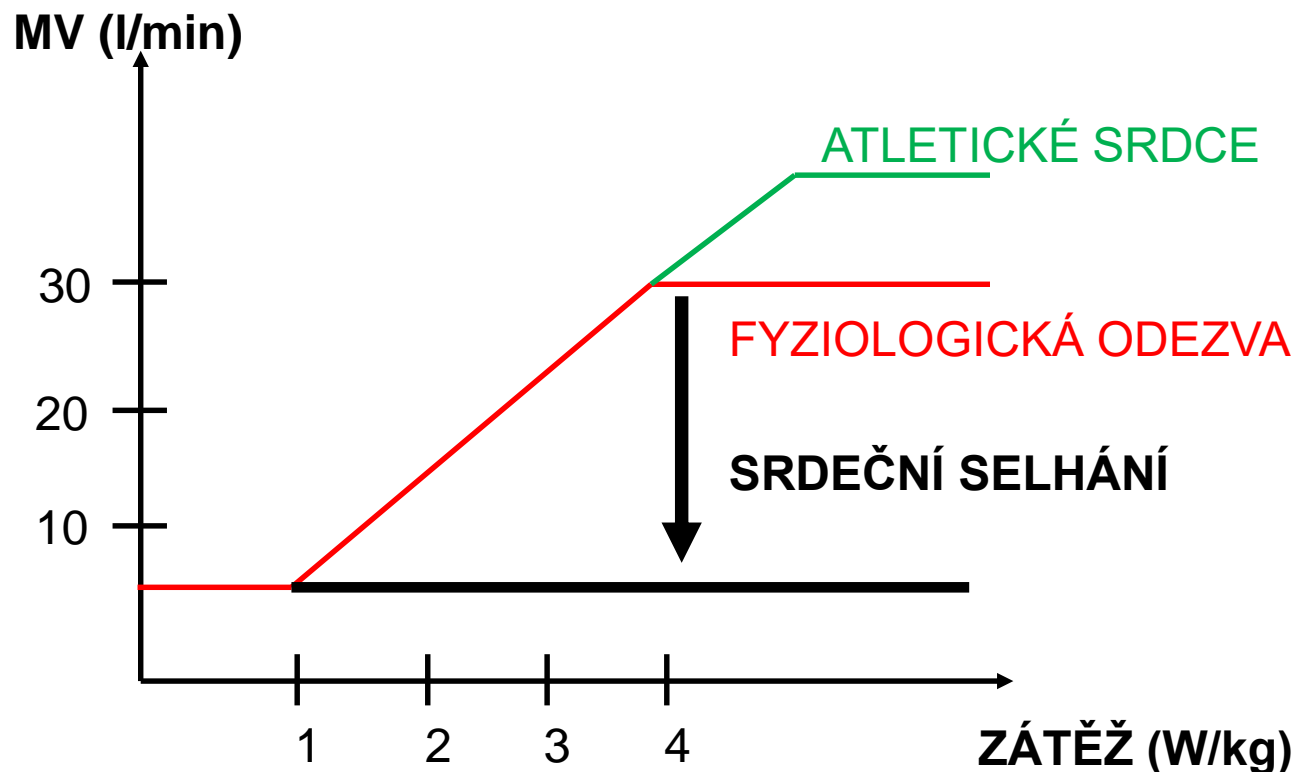
slabost, otoky, žilní městnání, dyspnoe, cyanóza

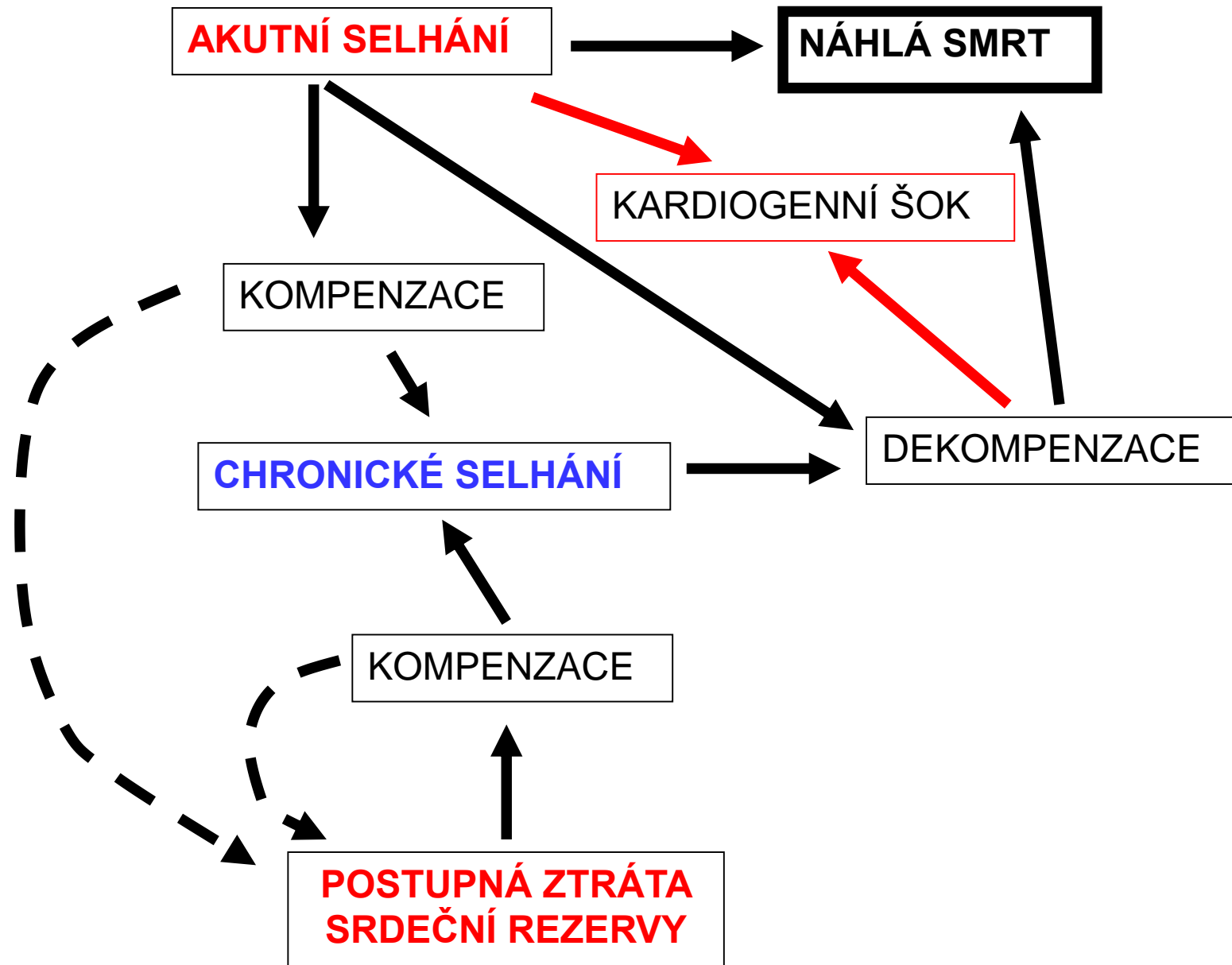
AKUTNÍ x CHRONICKÉ.

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**

β – sympatolytika

Ca²⁺ - 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: $P = \sigma \cdot 2h / r$, intermitentní zvýšení TK (sportovní srdce)

Odpověď: koncentrická remodelace

Patologický signál: trvalý vzestup preloadu nebo afterloadu

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