

MECHANIKA SRDEČNÍ ČINNOSTI

SRDCE JAKO PUMPA

SRDEČNÍ CYKLUS

SRDEČNÍ SELHÁNÍ

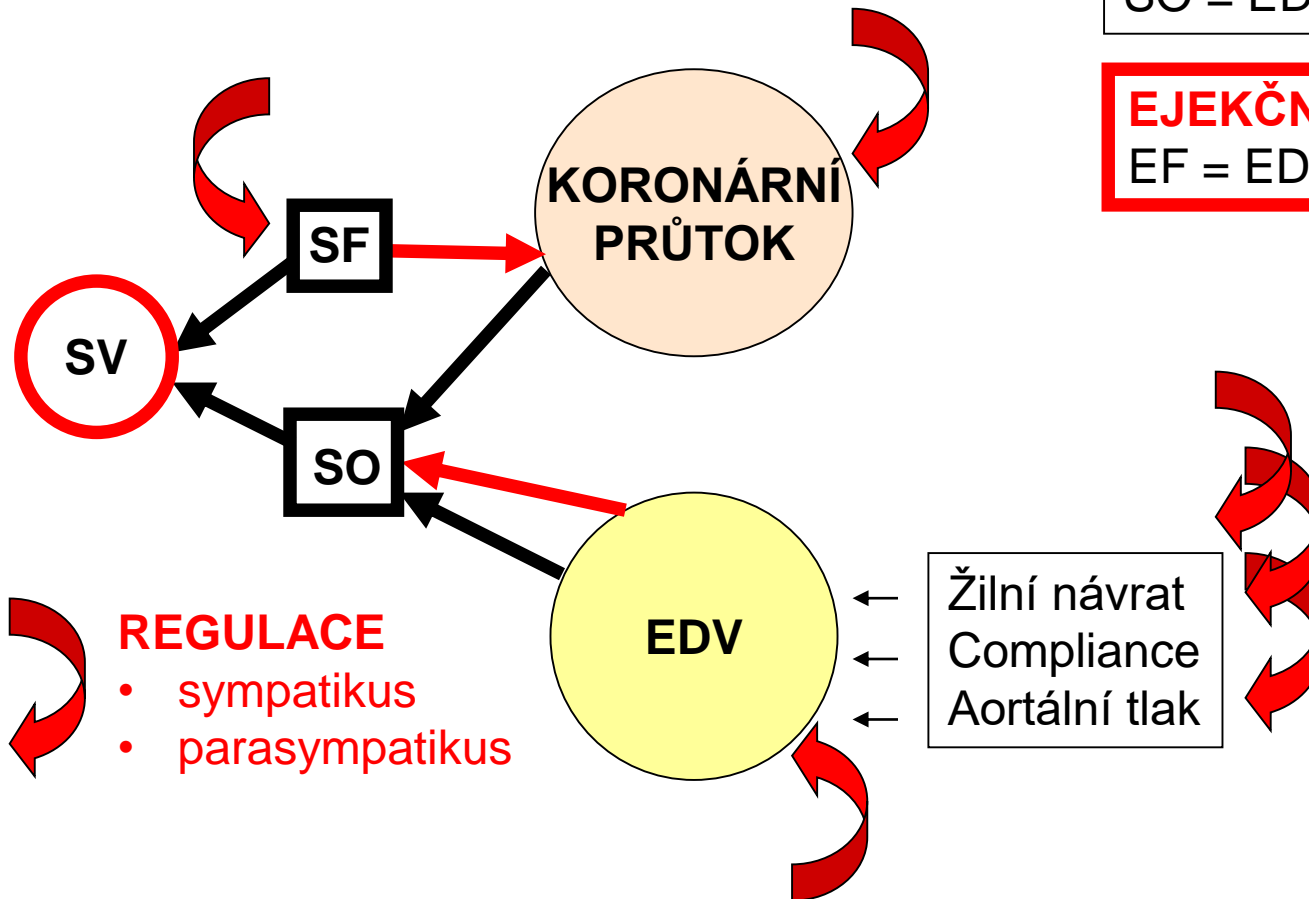
SRDEČNÍ VÝDEJ, MINUTOVÝ OBJEM (SV, MO)

$$LK = PK$$

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

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

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



REGULACE

- sympatikus
- parasympatikus

AUTOREGULACE síly stahu

- HETEROMETRICKÁ - Starlingův jev
- HOMEOMETRICKÁ - Frekvenční jev

KONTRAKTILITA

- schopnost myokardu se stáhnout
- závisí na:.....

SRDEČNÍ REZERVA = maximální SV / klidový SV

4 - 7

KORONÁRNÍ REZERVA = maximální KP / klidový KP

3,5

CHRONOTROPNÍ REZERVA = maximální SF / klidová SF

3 - 5

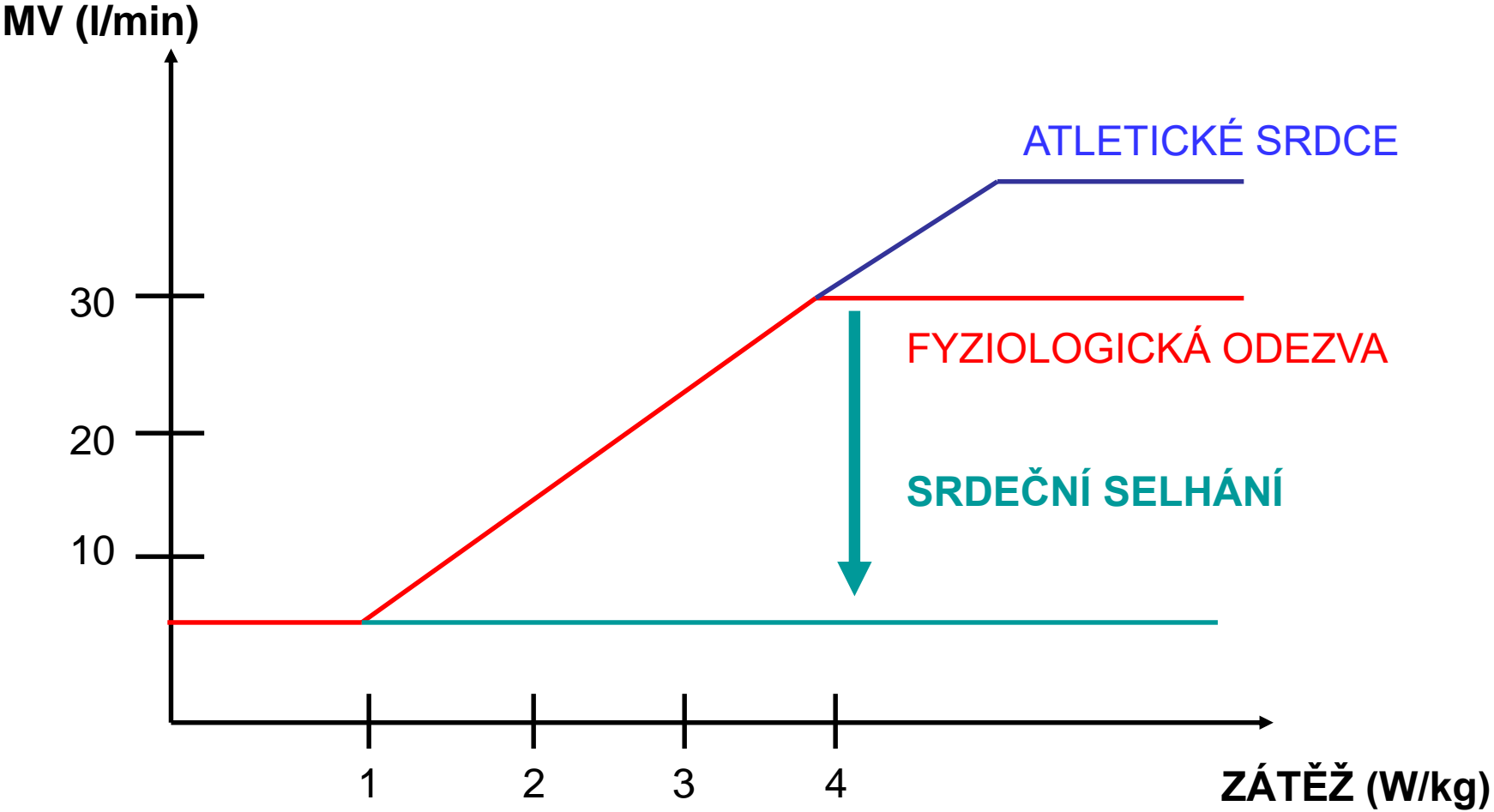
OBJEMOVÁ REZERVA = maximální SO / klidový SO

1,5

SRDEČNÍ INDEX = MV / povrch těla

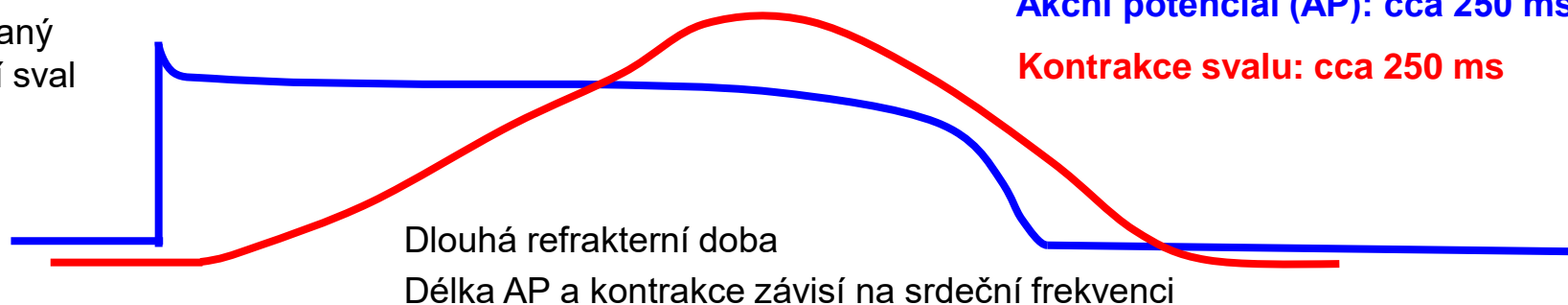
KP = koronární průtok

SRDEČNÍ REZERVA

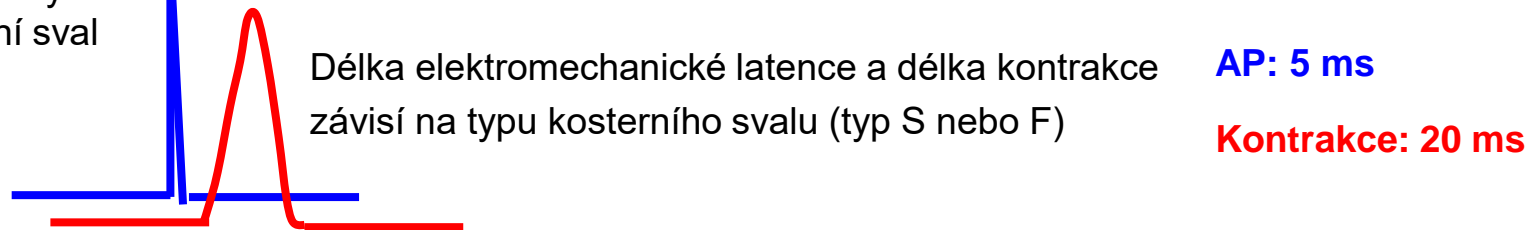


Kosterní, srdeční a hladký sval – časové souvislosti mezi AP a kontrakcí

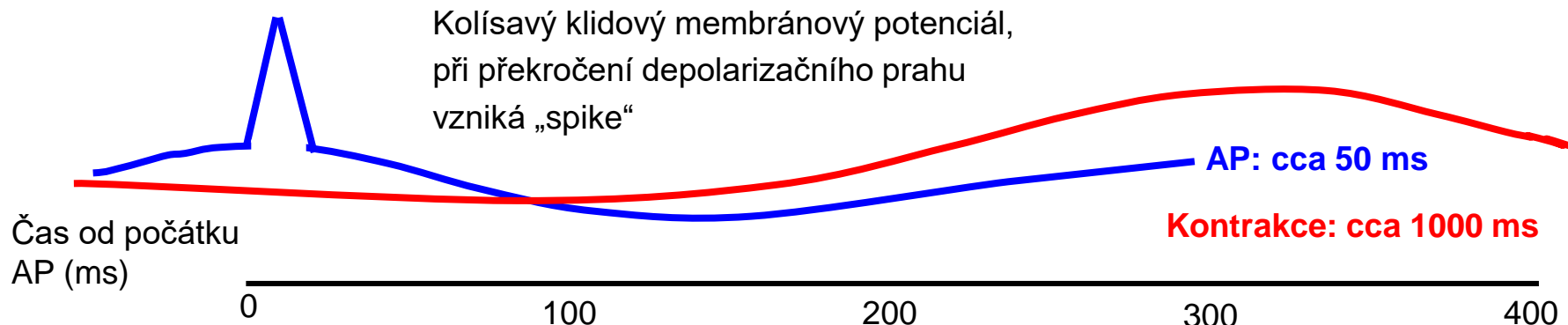
Příčně
pruhovaný
srdeční sval



Příčně
pruhovaný
kosterní sval

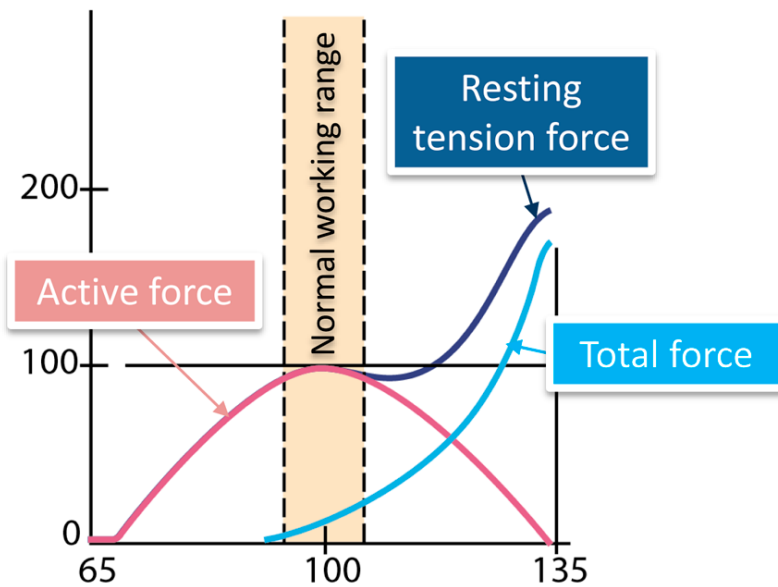


Hladký sval



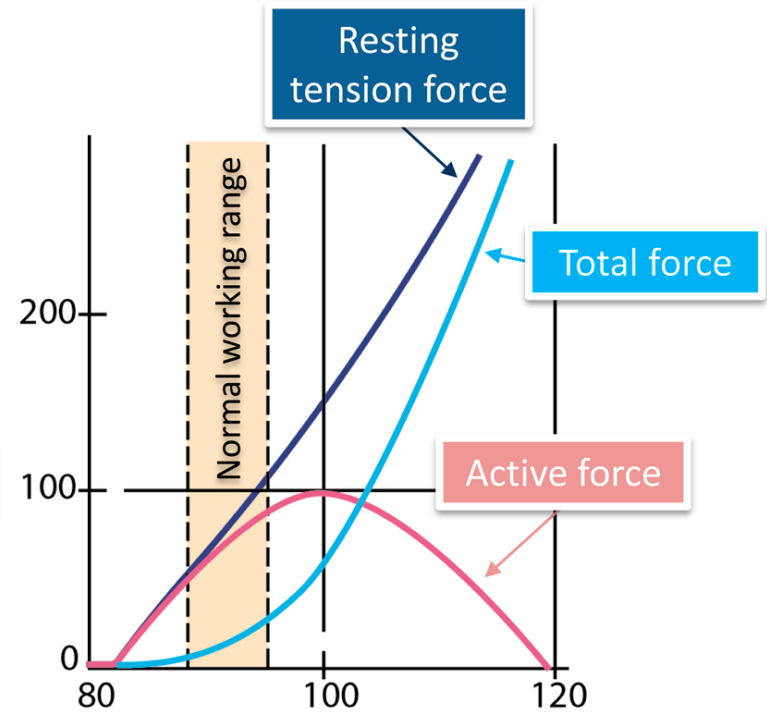
VZTAH DĚLKA - TENZE

1. Striated muscle



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

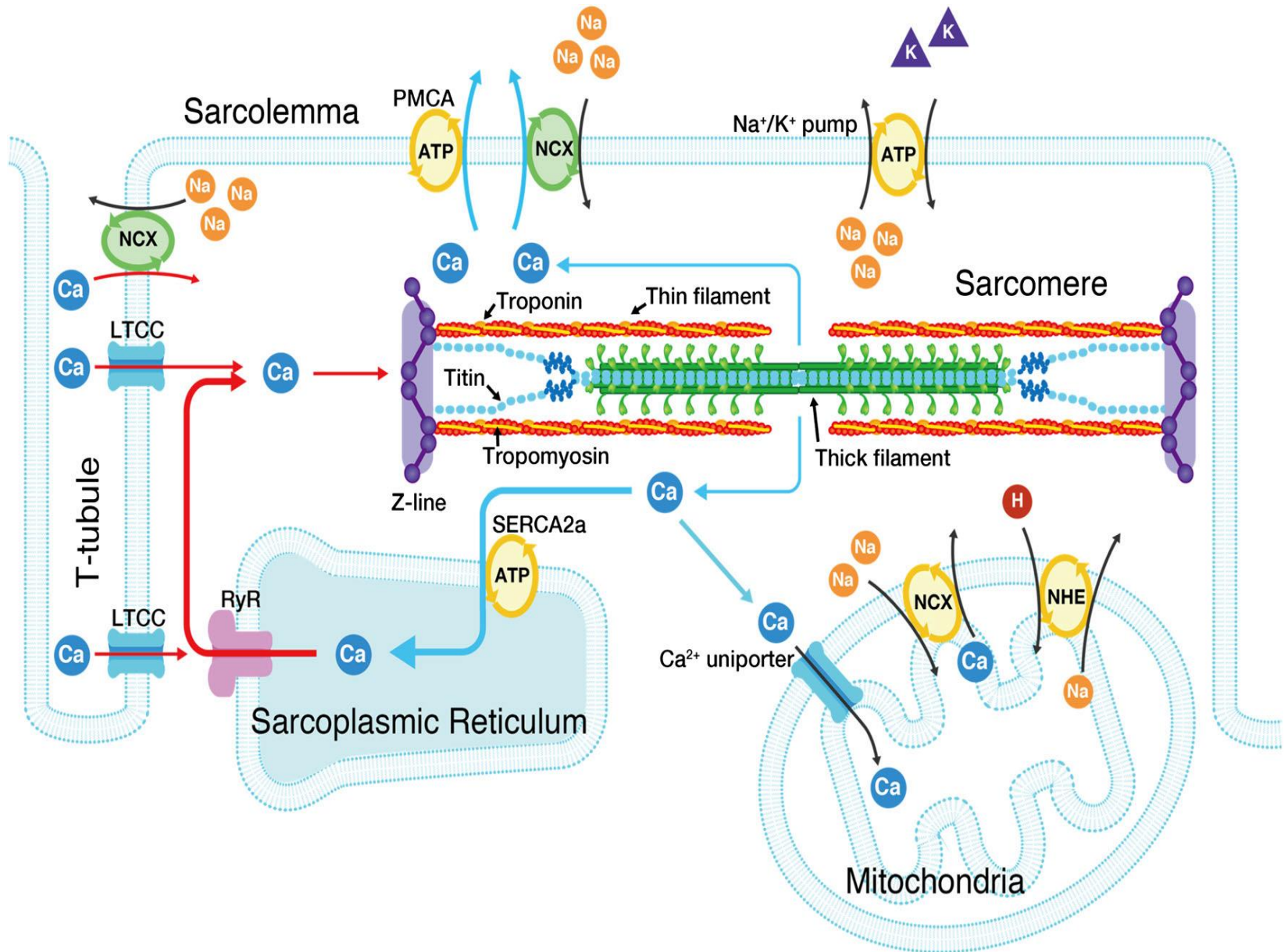
2. Cardiac muscle



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

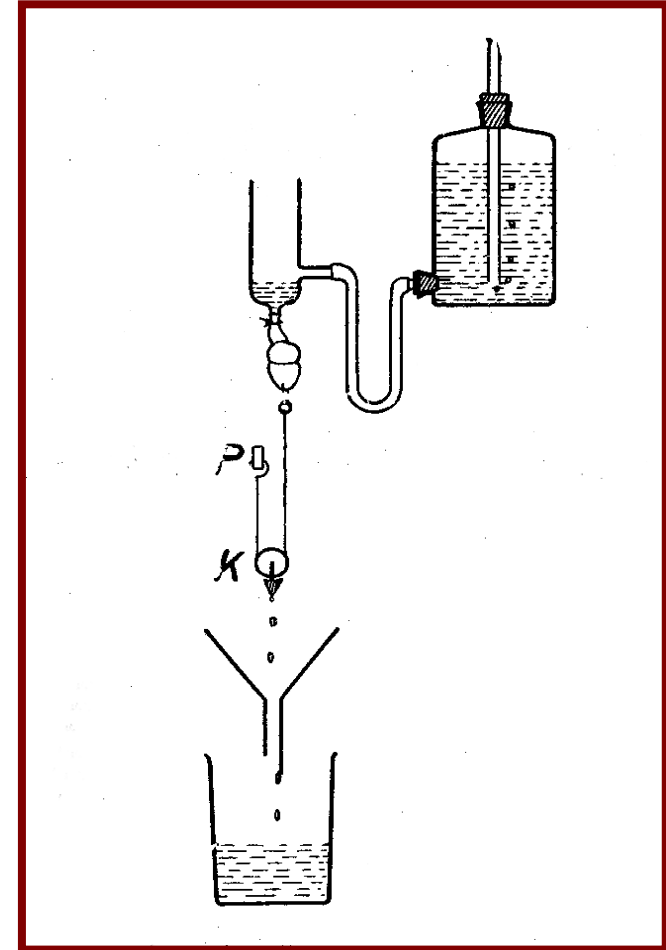
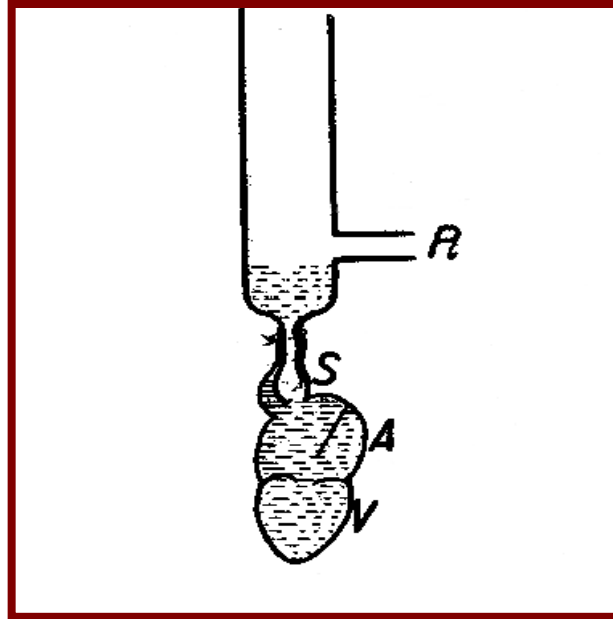
Pasivní protažení, aktivní protažení, izometrický stah, izotonický stah, auxotonní stah

HETEROMETRICKÁ AUTOREGULACE (STARLINGŮV JEV)



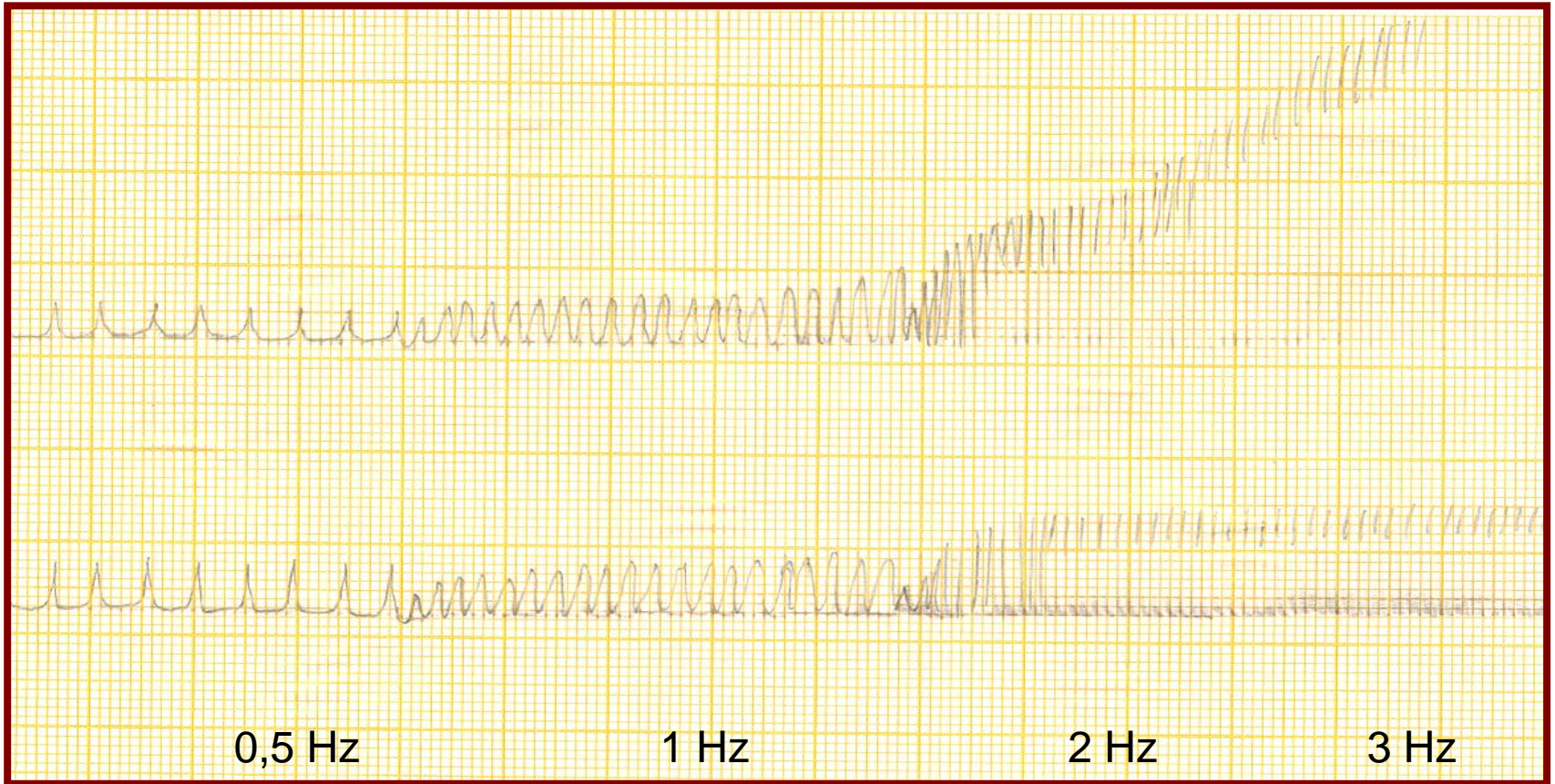
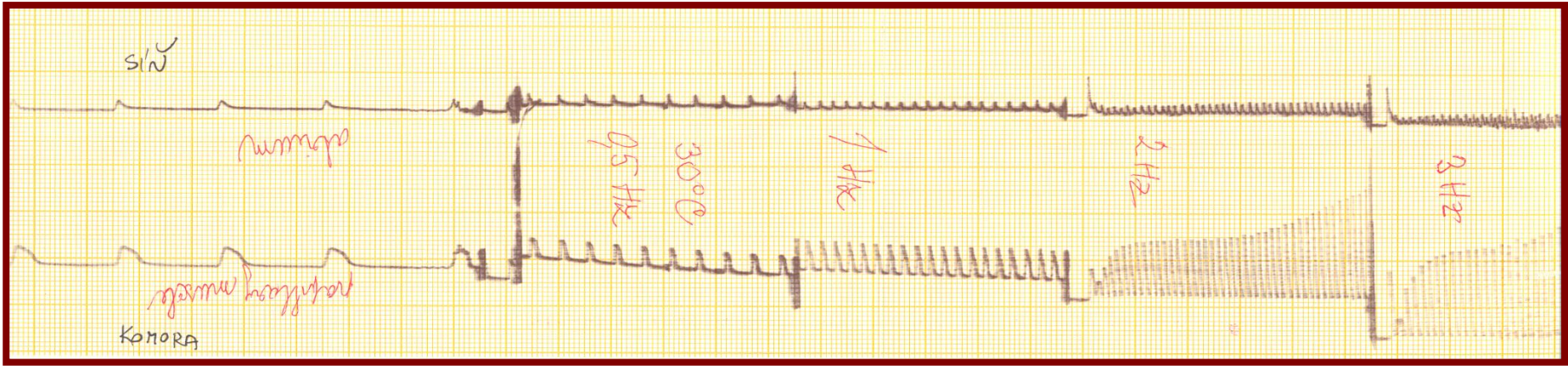


Henry Pickering Bowditch
(1840 – 1911)



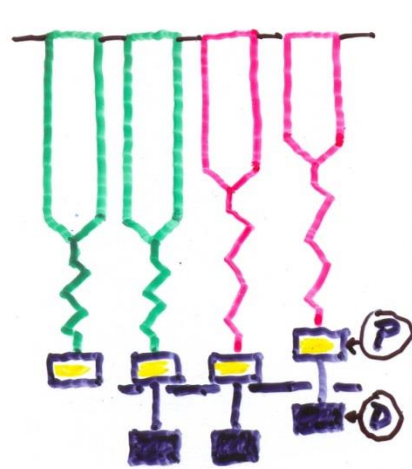
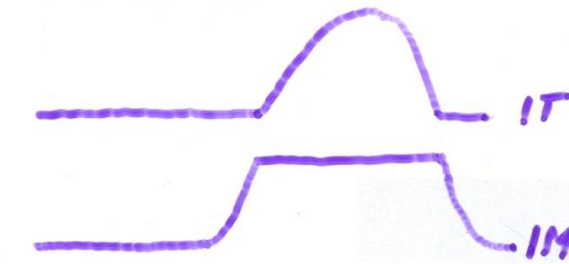
HOMEOMETRICKÁ AUTOREGULACE (FREKVENČNÍ JEV)

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

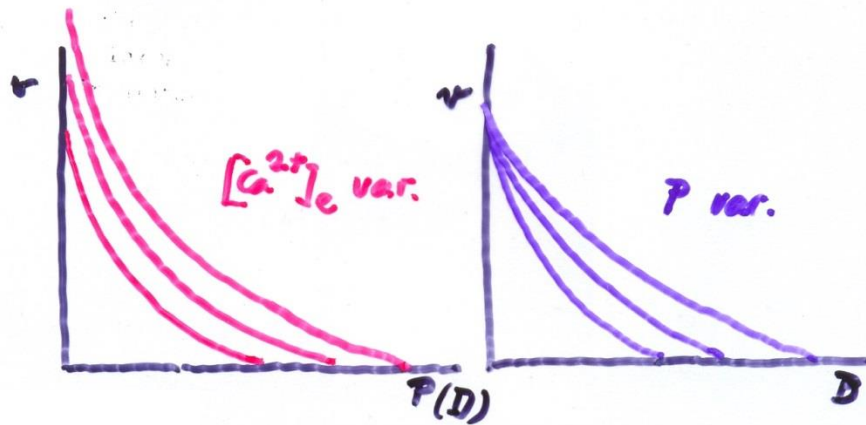


DOTÍŽENÁ KONTRAKCE

PRELOAD – předtížení, AFTERLOAD - dotížení



Vztah síly a rychlosti stahu



AB – fáze izovolumické kontrakce
 BC – ejekční fáze
 CD – fáze izovolumické relaxace
 DA – fáze plnění

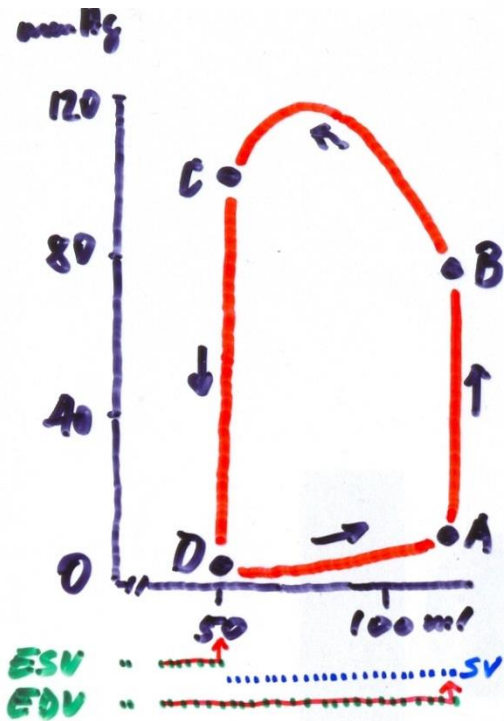
LAPLACEŮV ZÁKON

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

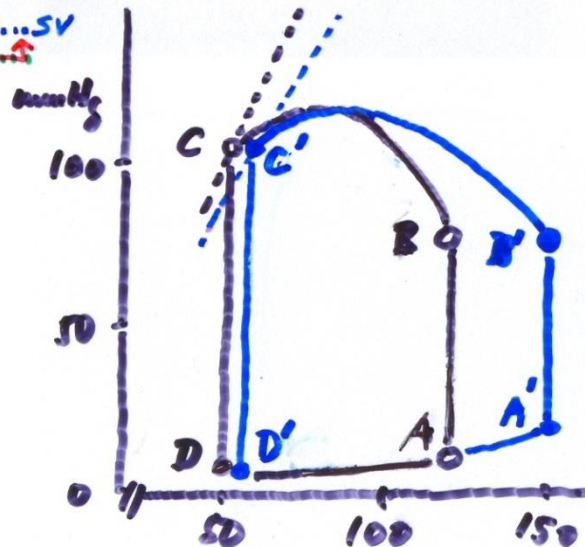
$$\uparrow P = T \uparrow h / \downarrow r$$

HYPERTROFIE

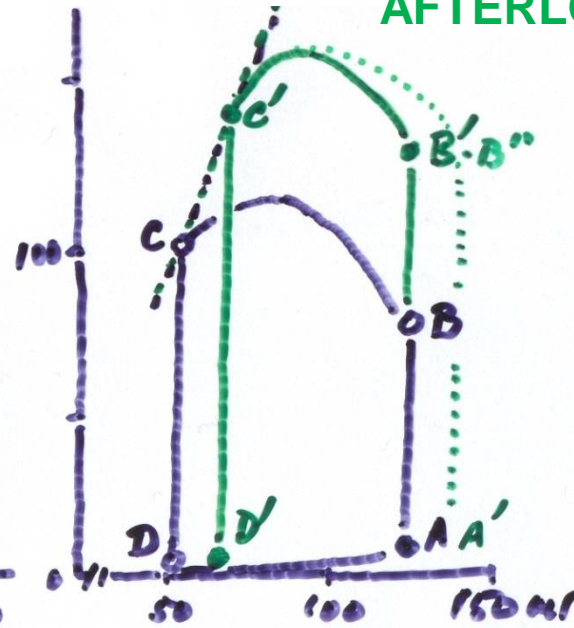
1. $\uparrow T = \uparrow VO_2$
2. $\uparrow h$



PRELOAD



AFTERLOAD



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

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

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

Izovolumická kontrakce: T roste při uzavřených chlopních –
vzestup P

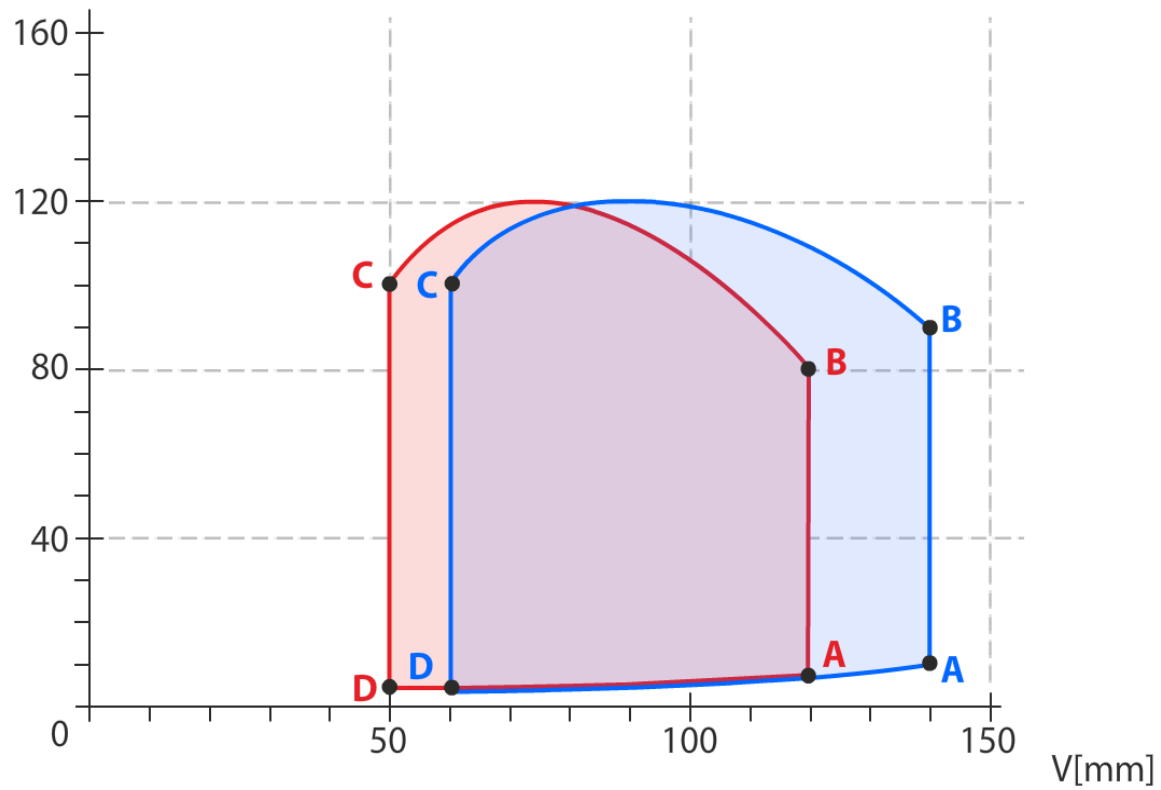
$$P = T \cdot 2h \cdot r^{-1}$$

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

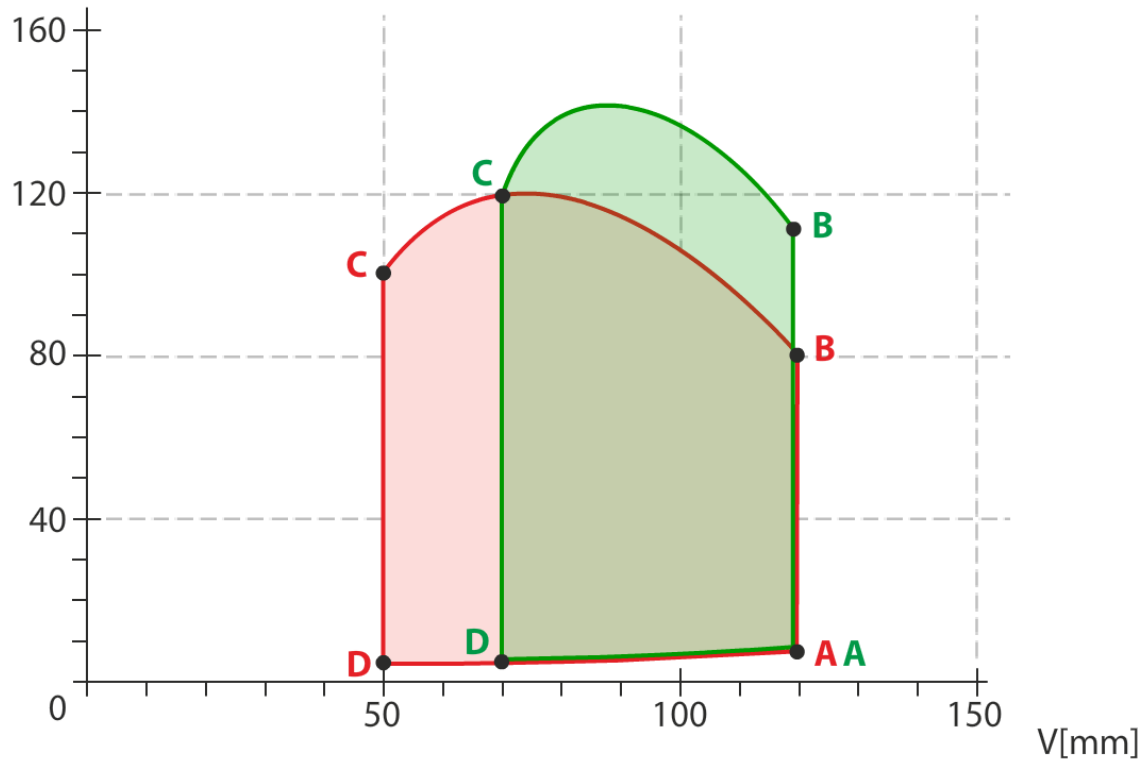
$$P = T \cdot 2h \cdot r^{-1}$$

Izovolumická relaxace: T klesá při uzavřených chlopních – pokles P

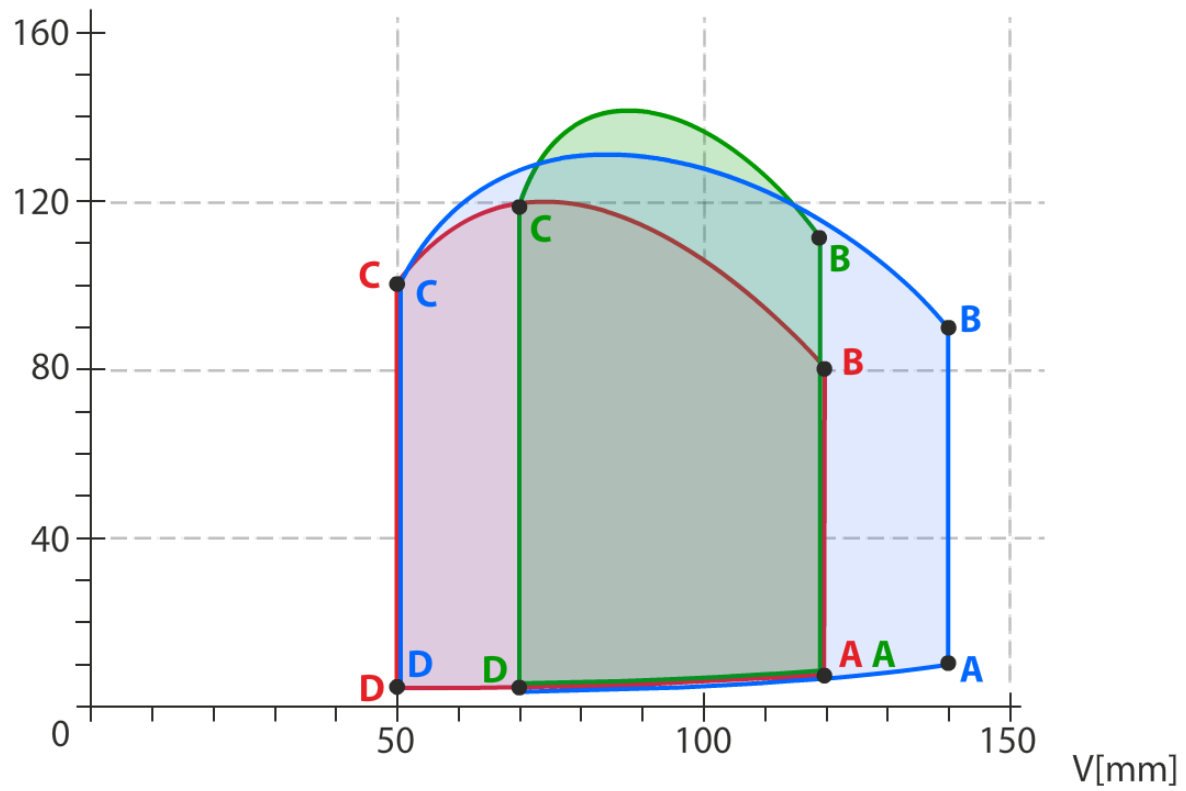
P[mm Hg]

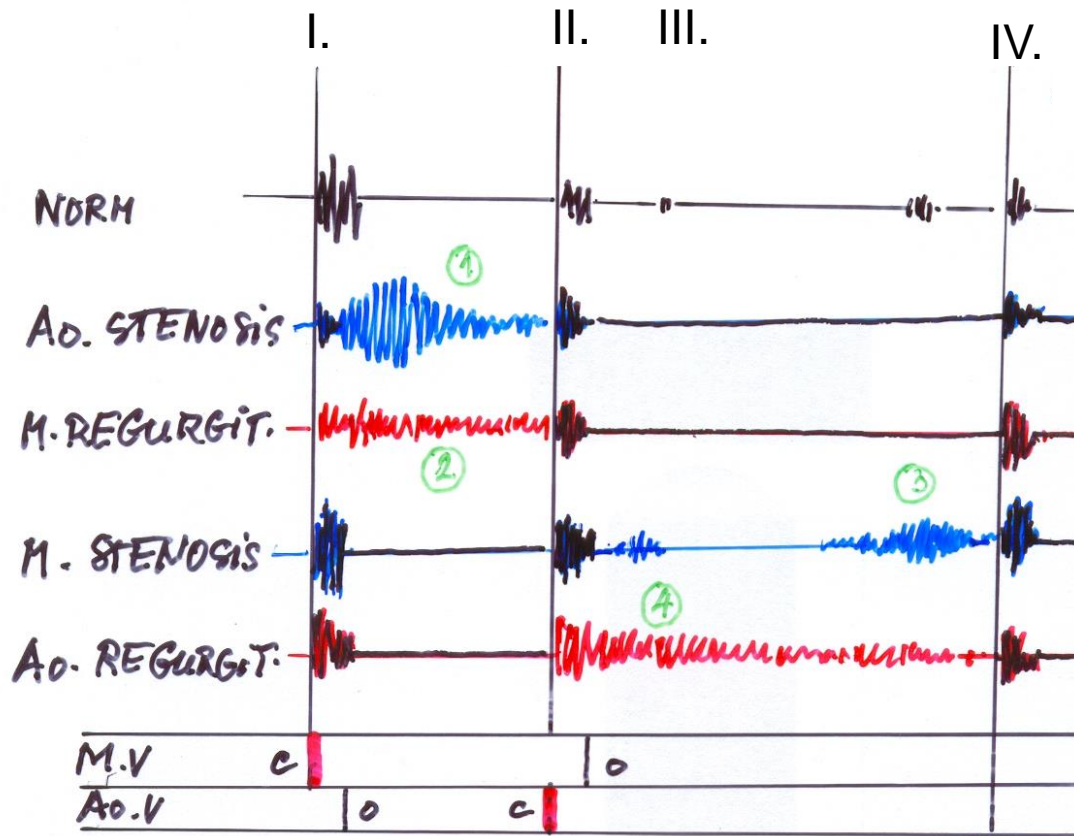


P[mm Hg]



P[mm Hg]





- I. - uzávěr mitrální (+ trikuspidální) chlopně
- II. - uzávěr aortální (+ pulmonální) chlopně
- III. - rychlé plnění komor - **patologická**
- IV. - síňový stah - **většinou patologická**

Způsobeny vibrací:

- Uzávěr a napínání chlopní
- Izovolumické kontrakce srdečního svaly (papil.sv., šlašinky)
- Turbulentní proudění krve

→ Vibrace komorové stěny

ŠELESTY – patologické fenomény

1. SYSTOLICKÝ:

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

TURBULENTNÍ PROUDĚNÍ KRVE

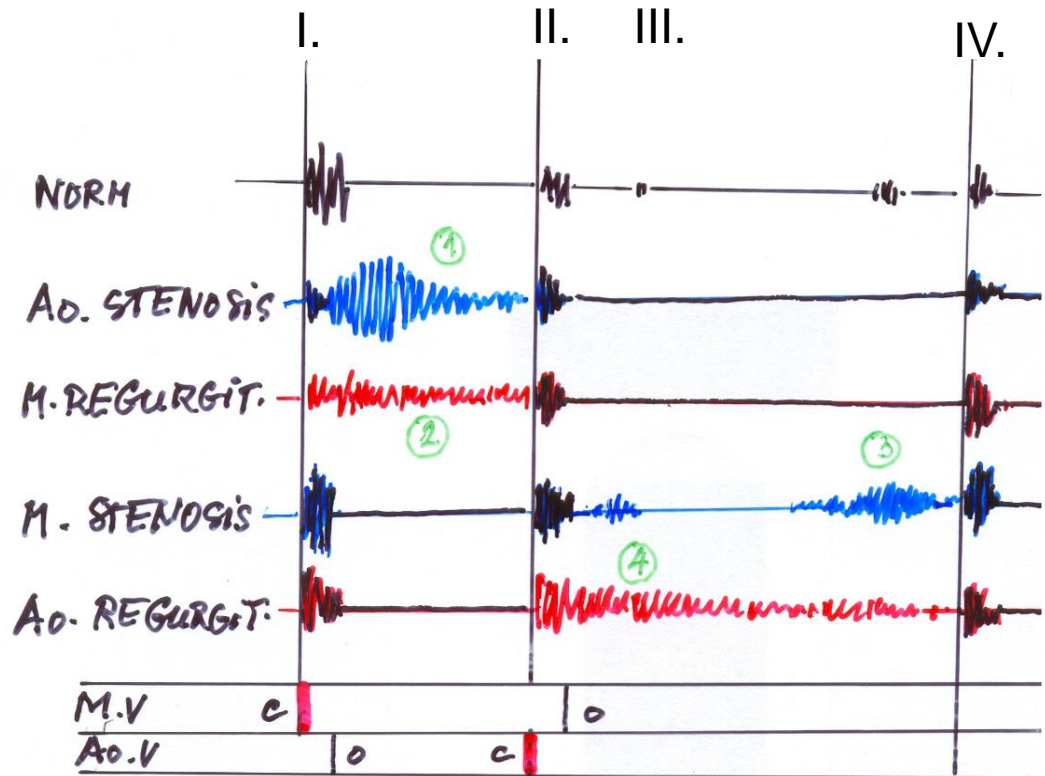
2. DIASTOLICKÝ:

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

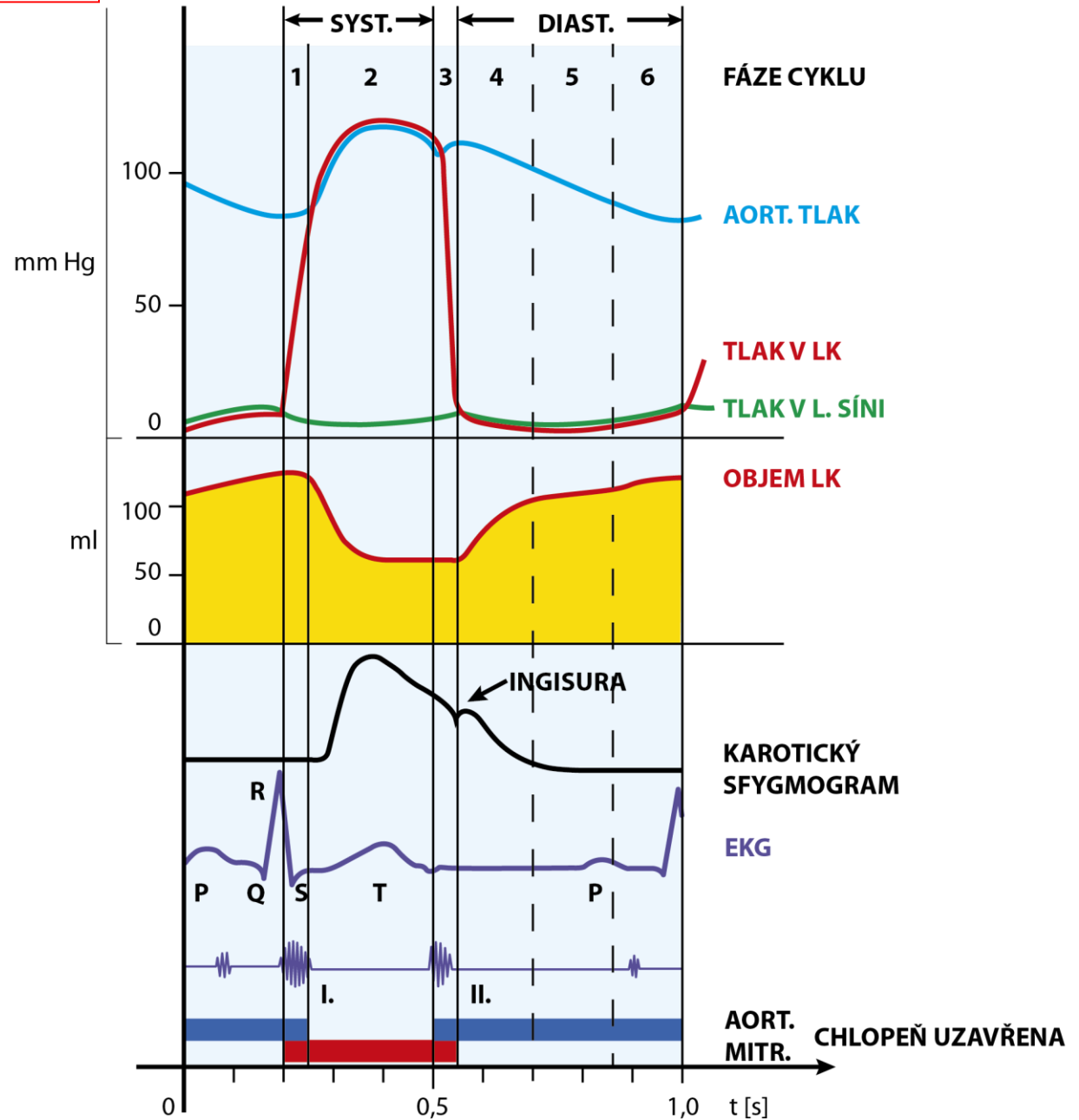
3. TRVALÝ:

- Defekty septa

Rozštěp I. nebo II. ozvy:
asynchronní uzávěr M - T
chlopně (I.)
nebo Ao - P chlopně (II.)
(inspirace, hypertenze....)



POLYGRAFIE (polygram)



SRDEČNÍ SELHÁNÍ – ztráta srdeční rezervy

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

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

PŘÍZNAKY: slabost, otoky, žilní městnání, dyspnoe, cyanóza

AKUTNÍ x CHRONICKÉ. KOMPENZOVANÉ x DEKOMPENZOVANÉ.

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**

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**

DILATACE (STARLINGŮV PRINCIP)

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**