

SRDEČNÍ

VÝDEJ

SRDEČNÍ VÝDEJ JE MNOŽSTVÍ KRVE PŘEČERPANÉ JEDNOU KOMOROU DO PŘÍSLUŠNÉ ČÁSTI KREVNÍHO OBĚHU ZA ZVOLENOU ČASOVOU JEDNOTKU.

Obvykle se užívá doba jedné minuty.

Z tohoto důvodu se ještě někdy užívá starší název:
„MINUTOVÝ OBJEM SRDEČNÍ“.

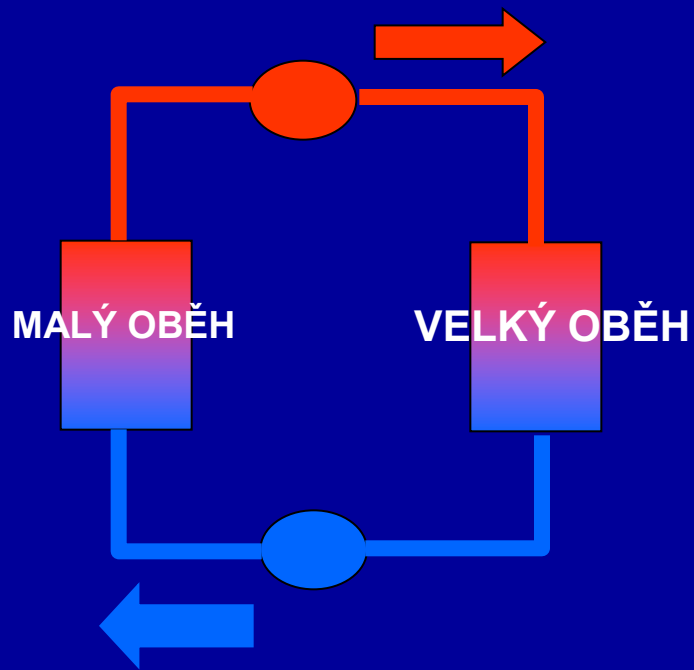
Protože je krev **NESTLAČITELNÁ** je srdeční výdej levé a pravé komory stejný.

Pokud není splněna podmínka o rovnosti výdeje levé a pravé komory, dochází k městnání.

Městnání nastává před tou polovinou srdce (levou či pravou), jejíž výdej je menší než poloviny druhé.

Městnání se projeví otoky.

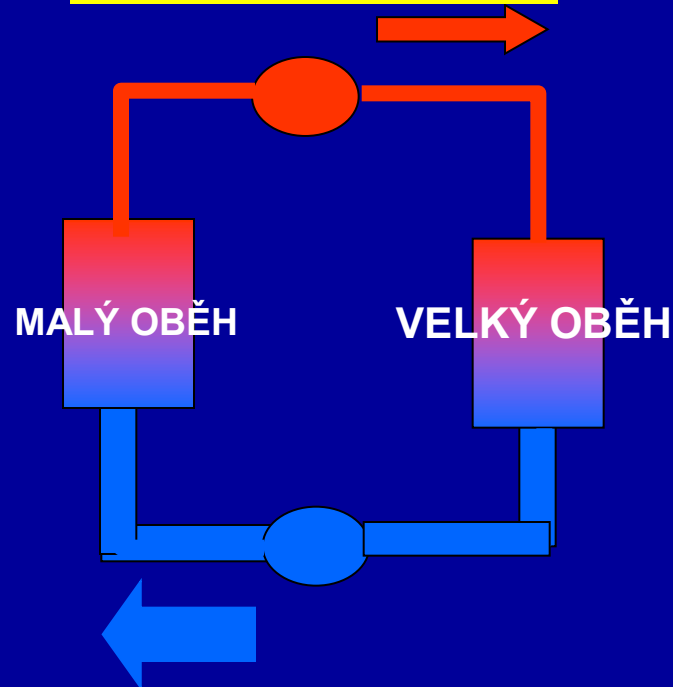
6 LITRŮ/MIN



6 LITRŮ/MIN

NORMÁLNÍ
POMĚRY

5.2 LITRŮ/MIN



6 LITRŮ/MIN

NEROVNOVÁHA
VÝDEJE LEVÉHO A
PRAVÉHO SRDCE

**Velikost
srdečního
výdeje**

**Formálně lze určit velikost srdečního výdeje jako součin
Minutové srdeční frekvence a systolického objemu.**

SRDEČNÍ VÝDEJ = SV

FREKVENCE = f

SYSTOLICKÝ OBJEM = SO

$$SV = f \cdot SO$$

**KLIDOVÁ f SE POHYBUJE V ROZMEZÍ 60 – 80 TEPŮ/ min
KLIDOVÝ SO MÁ ROZMĚR 60 – 80 ml/min**

Z uvedeného plyne, že formální průměrná hodnota srdečního výdeje se bude pohybovat v těchto rozmezích:

$$SV = \text{frekvence} \times SO$$

$$\text{Dolní hranice: } SV = 60 \times 60 = 3600 \text{ ml (3,6 litru)}$$

$$\text{Horní hranice: } SV = 80 \times 80 = 6400 \text{ ml (6,4 litru)}$$

Jako snadno pamatovatelné číslo orientačně určující SO je **5 litrů/min**

Ve skutečnosti je skutečná velikost náležitého (fyziologického) srdečního výdeje závislá na řadě parametrů (výška, hmotnost, pohlaví, věk, trénovanost, zdravotní stav, atd.)

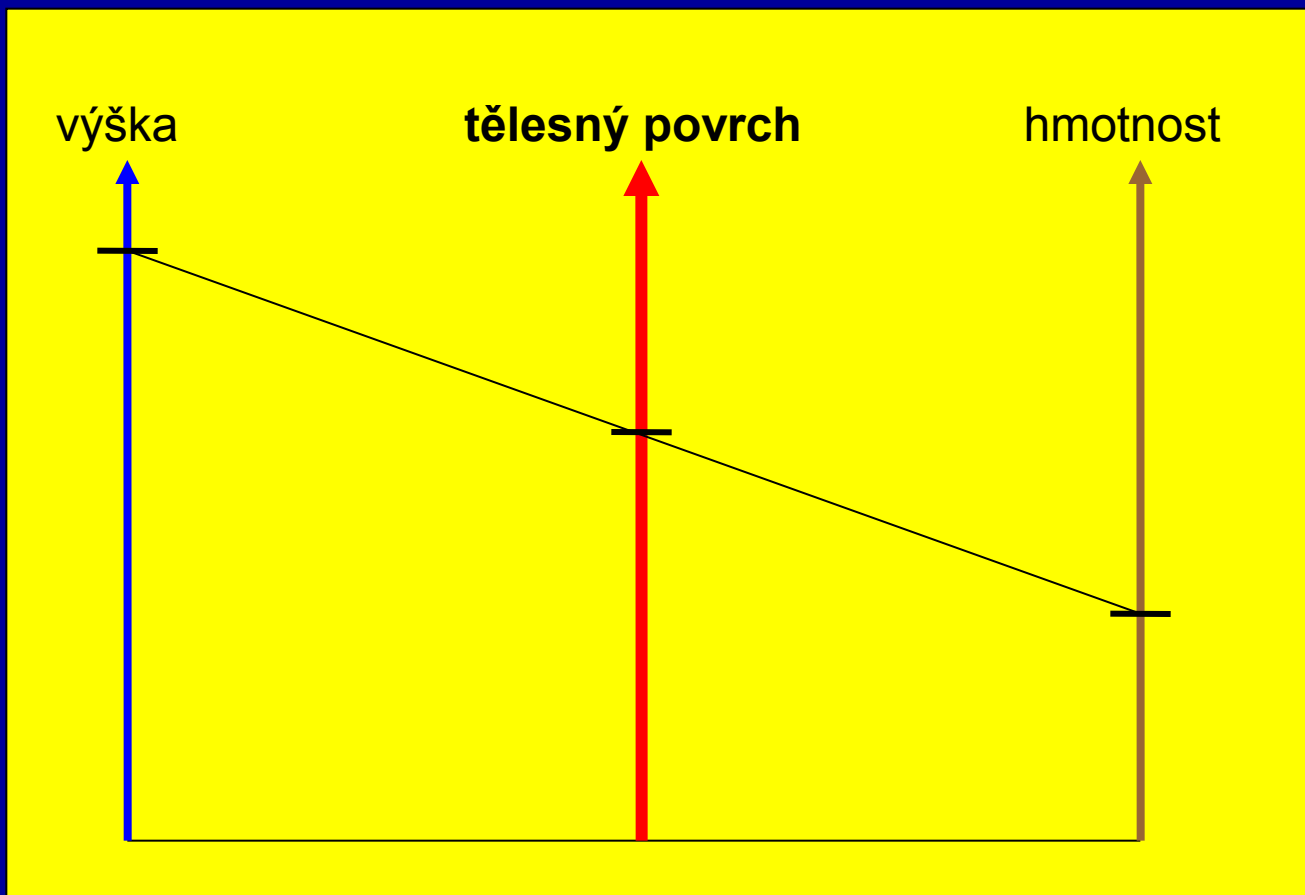
Z těchto důvodů byl hledán jakýsi společný parametr, který by umožnil porovnávat srdeční výdej a principiálně jeho kvalitu u různých osob.

Bylo zjištěno, že oním společným jmenovatelem pro určité pohlaví a danou věkovou skupinu je **tělesný povrch**.

Stanovuje se proto tzv.:

SRDEČNÍ INDEX

Srdeční index (SI) se určuje jako srdeční výdej připadající na m^2 Tělesného povrchu. Tělesný povrch se určuje obtížně a proto je možné užít tzv, nomografického určení tělesného povrchu (podle různých parametrů) pro příslušné pohlaví a věkovou skupinu.



Jako prototypovou hodnotu volíme tělesný povrch pro dvacetiletého muže hmotnosti 70 kg cca 1,7 m².

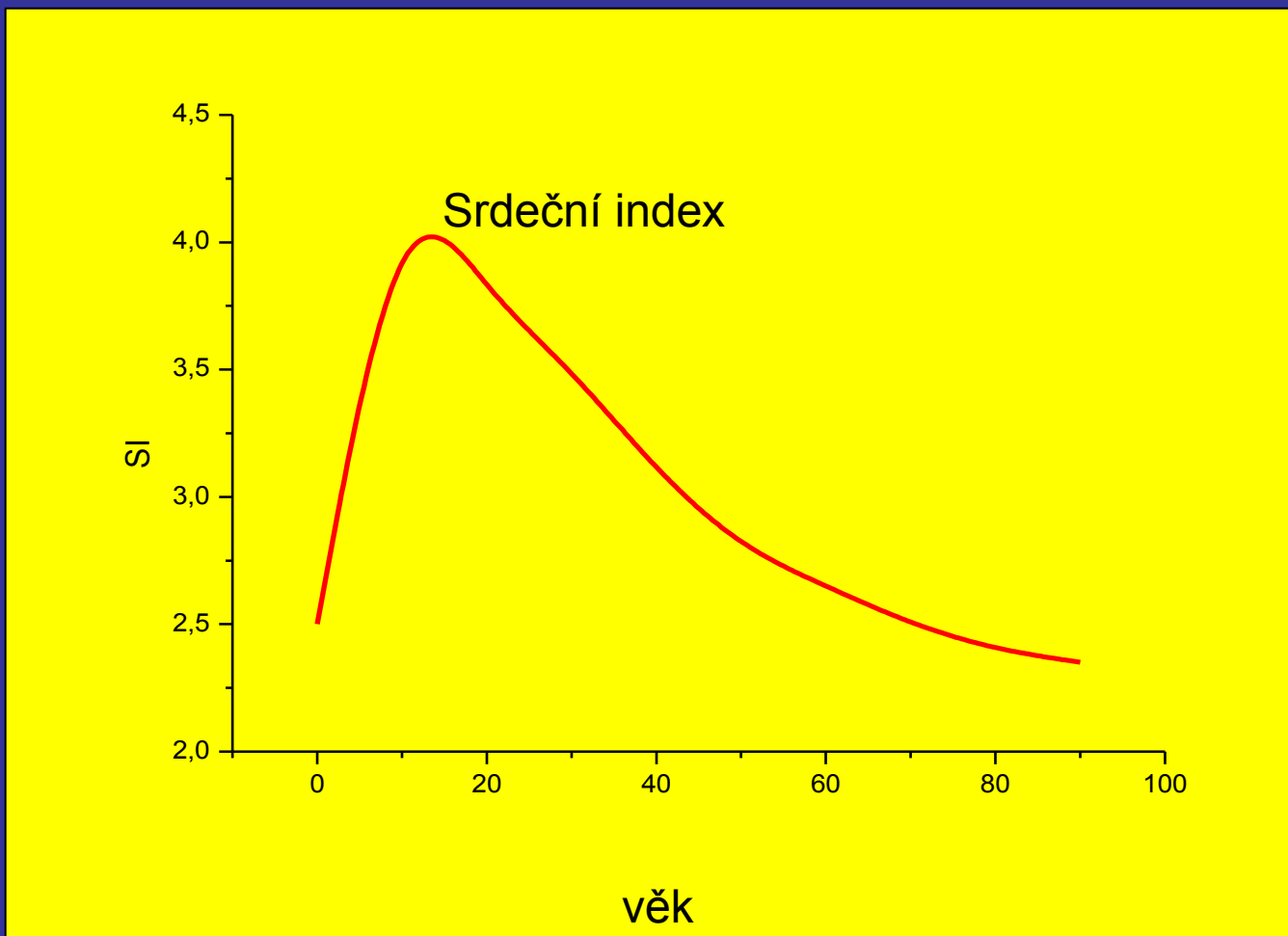
Přiměřeně trénovaný muž vykazuje SI =

$$SV = 5,5 \text{ l/min}$$

$$\text{Tělesný povrch} = 1,7 \text{ m}^2$$

$$SI = \frac{SV}{\text{tělesný povrch}} = \frac{5,5}{1,7} = 3.2 \text{ litru/m}^2$$

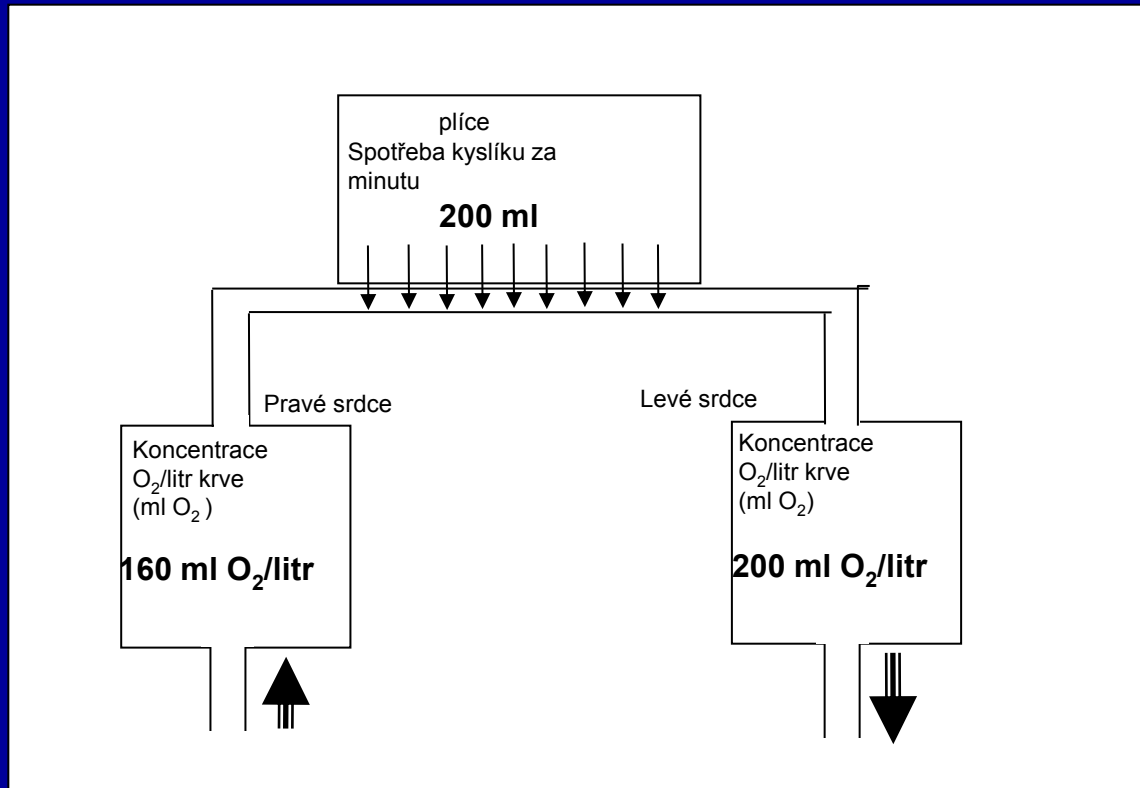
Změny srdečního indexu s věkem u průměrně trénované osoby



Pokud chceme určit skutečný srdeční výdej (například pro výpočet Srdečního indexu) můžeme užít dvou způsobů:

- 1) Výpočet vycházející ze spotřeby kyslíku v plicích a znalosti tzv, arteriovenozní difference; užití tzv. **Fickova úprincipu**
- 2) Vyšetření využívající tzv. **indikátorové diluční metody**

Předpokládá se, že kyslík vstřebaný v plicích za 1 minutu obohatí žilní krev na úroveň krve tepenné. Zjistí se rozdíl mezi množstvím kyslíku v litru žilní krve a v litru krve arteriální. Rozdíl je arteriovenózní difference.

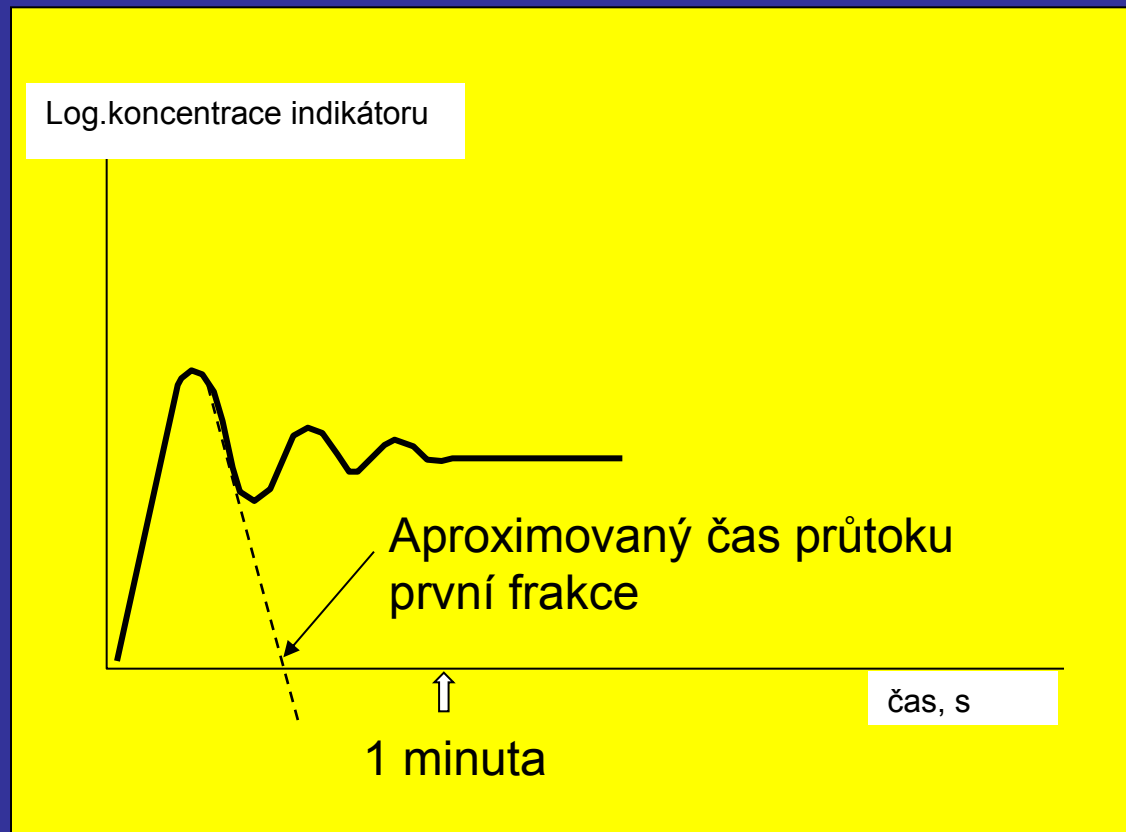


V konkrétním případě činí AV-diference $200 - 160 = 40$ ml O₂ litr krve. Za minutu bylo spotřebováno 200 ml O₂. Hledá se množství krve v jakém se 200 ml kyslíku za minutu vstřebalo.

Neboli:

$$SV = \frac{\text{Minutová spotřeba kyslíku}}{\text{Arteriovenozní difference}} = \frac{200 \text{ ml}}{40 \text{ ml}} = 5 \text{ litrů/min}$$

Po aplikaci indikátoru se vyšetřuje křivka průtoku a z ní se určí aproximací čas Průtoku první frakce (odpovídá určitý čas i naředění)



V daném případě bylo podáno 6 mg indikátoru; první průtok proběhl za 32 s. Výpočtem z plochy, kterou uzavírá křivka koncentrace nad časovou osou byla vypočtena průměrná koncentrace, která činila 2.1 mg indikátoru.

Za 32 s. proteklo 6 mg indikátoru (první průtok), přičemž se indikátor naředil a průměrná koncentrace činí (nutno zjistit výpočtem) 2.1 mg.

Tudíž množství krve, které proteklo za 32 s činí = množství apl. indikátoru/průměrná koncentrace indikátoru při prvním průběhu = $6/2.1 = 2.85$ l.

Protože SV udáváme za dobu jedné minuty, musíme průtok za 32 s převést na průtok za 60 s, což je $2.85 \text{ litru}/32 \text{ s}$; čili $2.85 \times 60/32 = 5.34$ litru. Neboli srdeční výdej stanovený touto metodou je 5.34 litru krve za minutu.

Velikost srdečního výdeje (SV) je v klidu odlišná od různých situací. U zdravého, dobře trenovaného jedince může SV vzrůst až 6krát v extrémních případech až 8x.

Velikost srdečního výdeje závisí :

- 1) Žilním návratu !!!
- 2) Srdeční frekvenci
- 3) Systolickém objemu
- 4) Kvalita myokardu, metabolismus, věk, trenovanost, způsob života, atd.

S ohledem na skutečnost, že krev je nestlačitelná, může srdce vypudit jen tolik krve, kolik do něj prostřednictvím žilního návratu nateče.

Faktory, které se promítají do srdeční frekvence, resp. do systolického objemu závisí na kvalitě myokardu a na regulaci a autoregulaci za různých okolností.

Protože:

$$SV = f \times SO$$

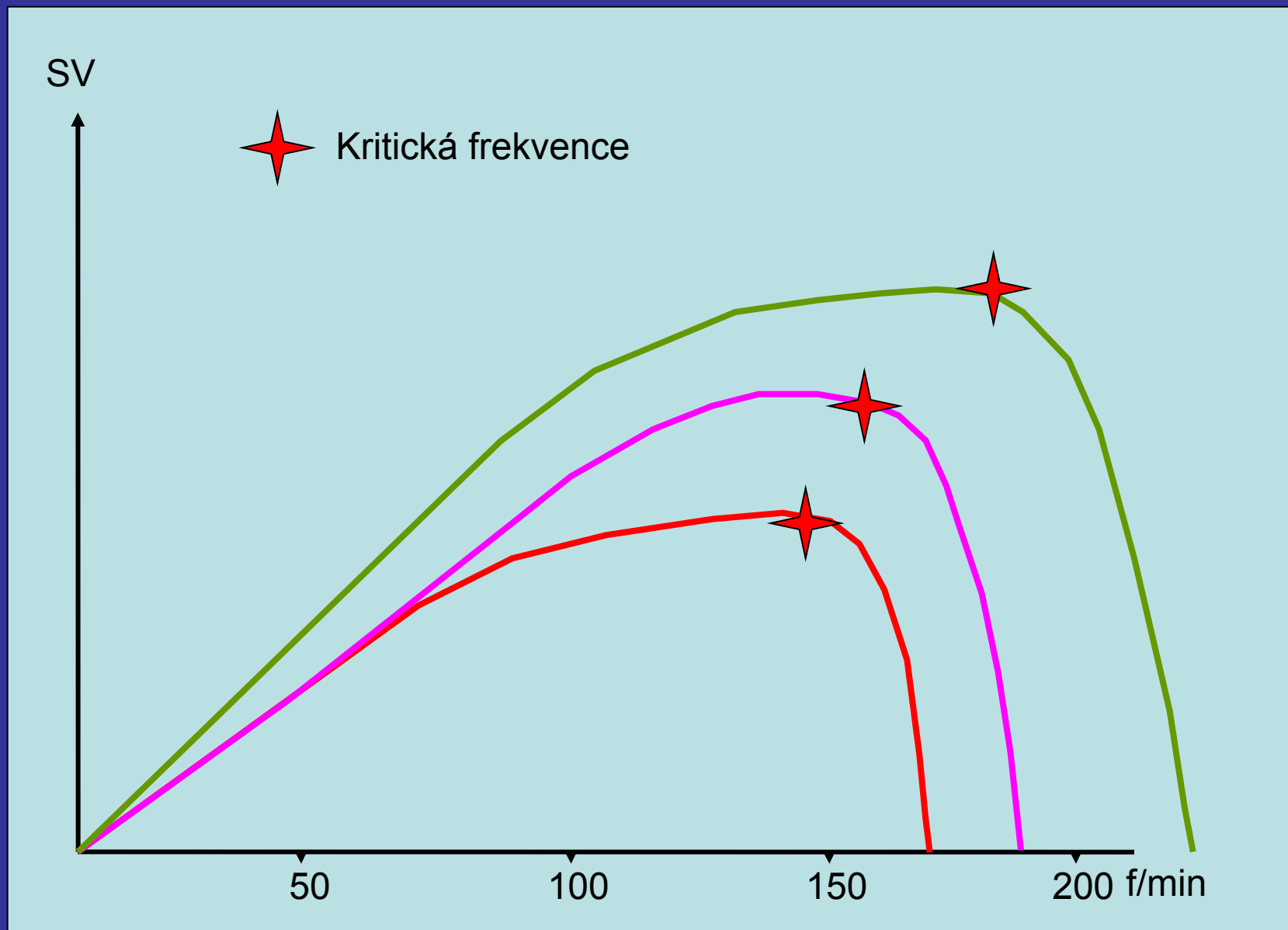
Probereme význam obou faktorů odděleně, i když platí, že za normálních okolností se oba faktory (tedy f a SO) mění se změnou SV současně.

Viz následující příklad:

Změny srdečních funkcí při námaze

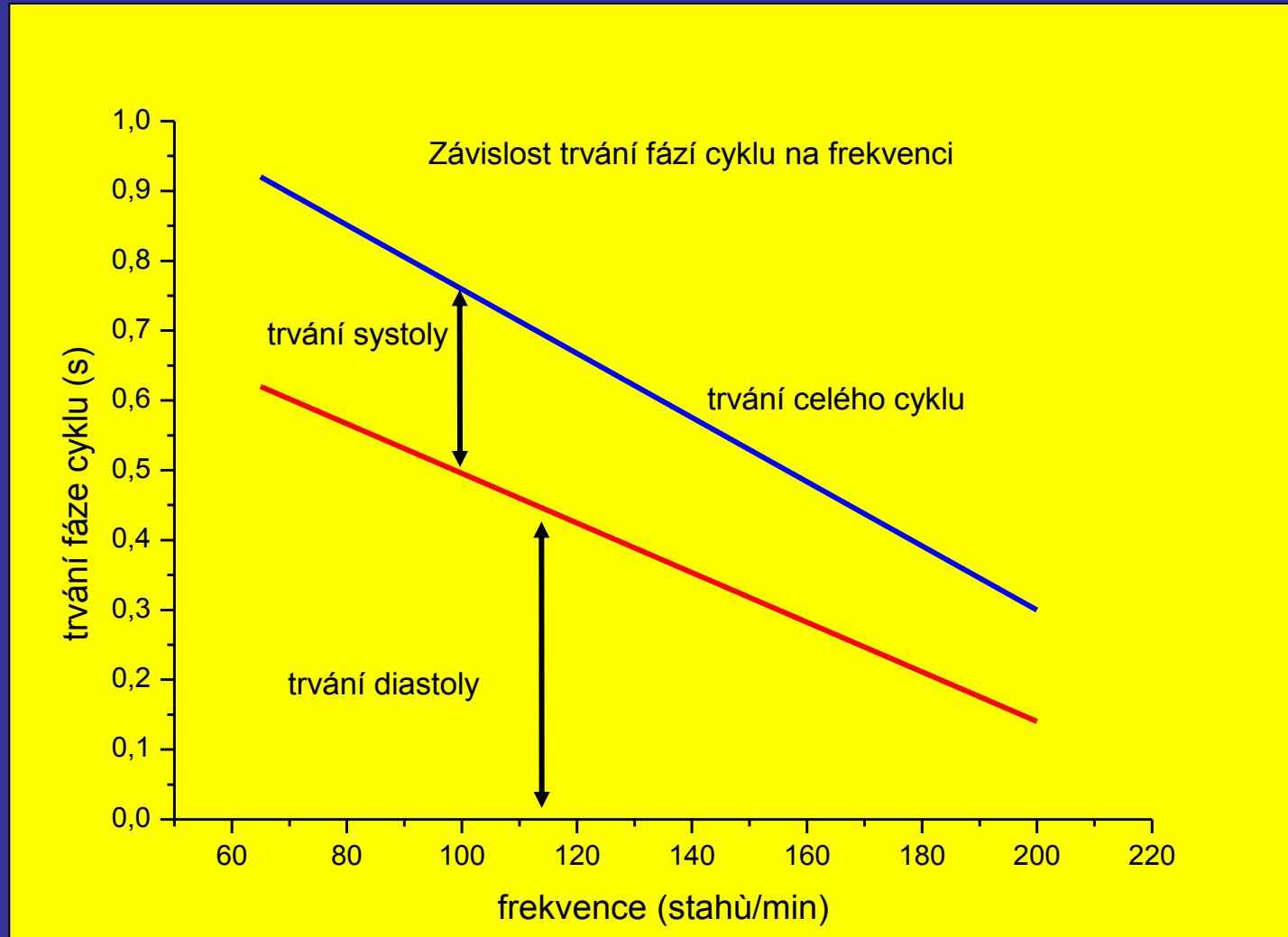
PRÁCE (kJ/min)	f pulsů/min	SO (ml)	spotřeba O ₂ (ml/min)	SV (l/min)
Klid	64	100	267	6.4
288	104	126	910	7.0
540	122	125	1430	9.4
900	161	110	2143	12.3
1260	173	120	3007	14.5

Vliv frekvence na hodnoty srdečního výdeje:



S rostoucí frekvencí se diastola zkracuje výrazněji než systola.

Při $f = 65$ je trvání diastoly 0,62 s, při $f = 200$ je 0,14 s; vzrůstem frekvence se diastola zkrátí více než 4x. Systola se za stejných okolností zkrátí z 0,3 na 0,16, tedy 2 x.



Frekvenčně závislé progresivní zkracování systoly způsobuje:

1) zkrácení doby plnění komory krví

2) poruchu v zásobení levokomorového myokardu kyslíkem

Krev proudí tepnami po tlakovém spádu.

Zatímco ve všech částech koronárního řečiště, které zásobuje obě síně a pravou komoru je nevyšší tlak ve stěně nižší než nejnižší tlak v kořeni aorty. Z tohoto důvodu myokardem uvedených částí srdce permanentně proudí krev.



Průtok okysličené krve myokardem levé komory je v době systoly zanedbatelný.

Výživa probíhá jen v období diastoly.

Při vzrůstu frekvence se diastola výrazně zkracuje a tím se rovněž zkracuje doba průtoku krve koronárním řečištěm levé komory.

Nejcitlivější k tomuto jevu je subendokardiální oblast levé komory.

**Význam
změn
velikosti
systolického
objemu**

Systolický objem se u zdravého jedince mění charakteristicky v závislosti na fyzické zátěži organismu; ty se uplatňují rozmanitými mechanizmy autoregulace a regulace.

Jsou to zejména:

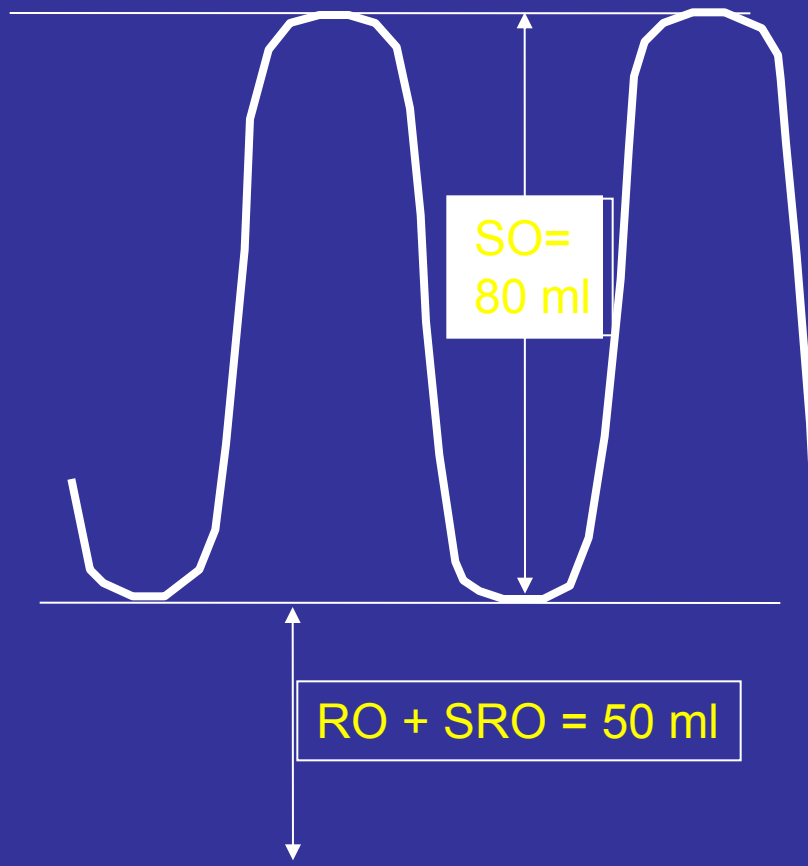
- 1) Závislost aktuálního endiastolického objemu a síly následující kontrakce jde o tzv. Frank-Starlingův mechanismus. Je nejdůležitější z autoregulačních dějů.
- 2) Trvání diastoly určuje velikost EDO (viz diskuze o vlivu frekvence)
- 3) Rozmanité pozitivně-, resp. negativně inotropní vlivy extrakardiálního původu (nervové, humorální)
- 4) Kvalita myokardu

Mírou kvality myokardu, je tzv.

ejekční frakce

Ejekční frakce popisuje míru vyprázdnění komory příslušnou systolou jako % aktuálního enddiastolického objemu

EDO = 130 ml



EDO = 100%

Ejekční frakce =

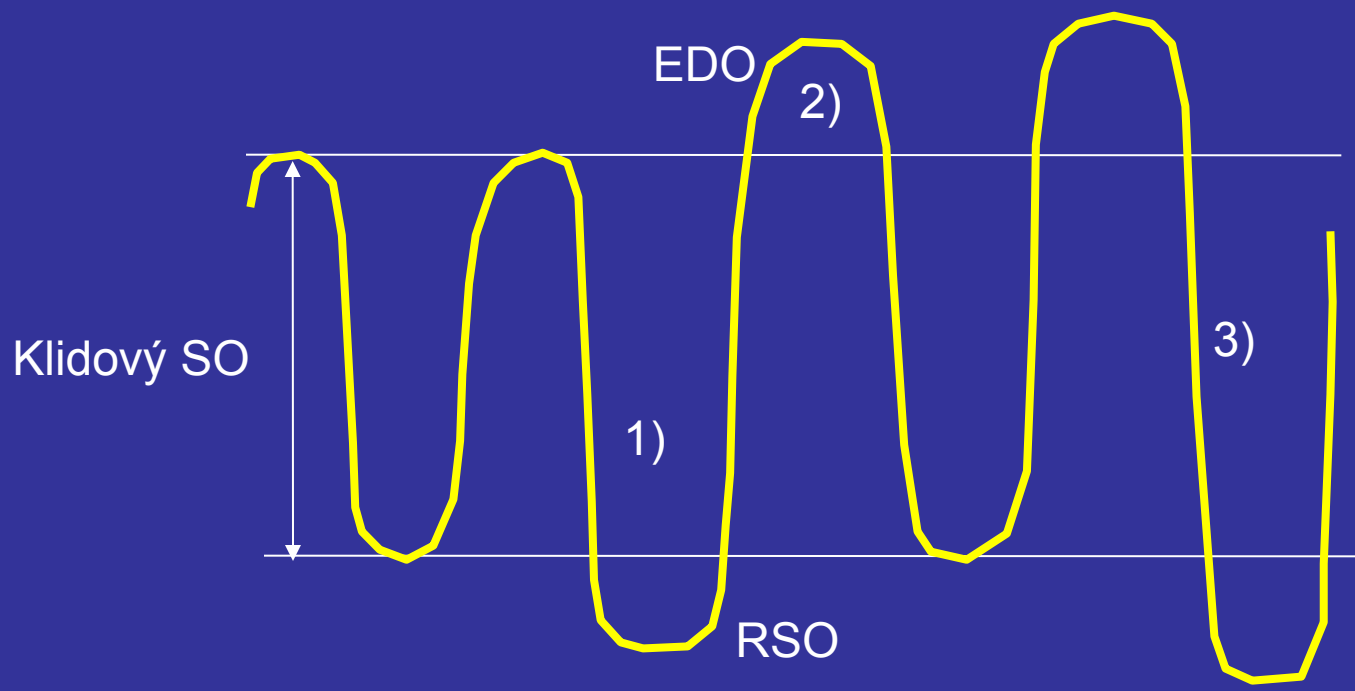
$$\frac{SO}{EDO} \times 100 =$$

$$\frac{80}{130} \times 100 = 62 \%$$

ZA FYZIOLOGICKÝCH OKOLNOSTÍ SE MŮŽE ZVÝŠIT VELIKOST **SO**
TĚMITO MECHANIZMY:

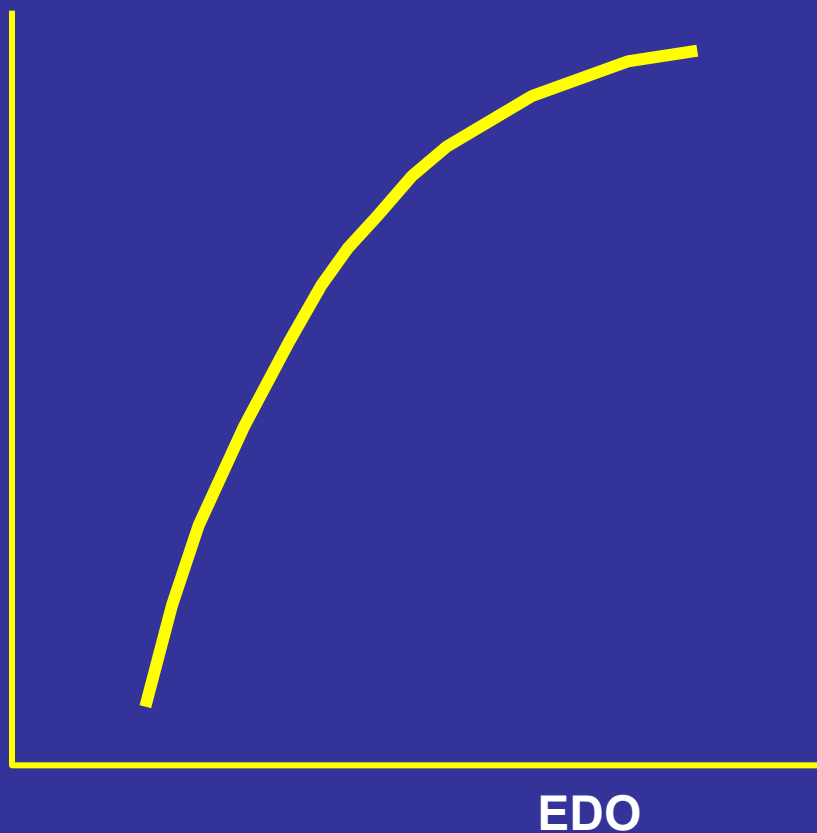
- 1) ZVÝŠENÍM STAŽLIVOSTI (KLESÁ **RSO**)
- 2) ZVĚTŠENÍM **EDO**
- 3) ZVĚTŠENÍM EDO A ZMENŠENÍM **RSO**

Ve všech uvedených případech roste ejekční frakce



Platí závislost mezi EDO a silou následujícího stahu
(Frank-Starlingova křivka)

Síla stahu
(nebo SO,
nebo výkon
komory)



Faktory, které určují EDO a tím
fyziologický průběh závislosti
síla stahu - EDO

Celkový objem krve

Systola síní

Poddajnost myokardu

Žilní návrat

rozepětí myokardu

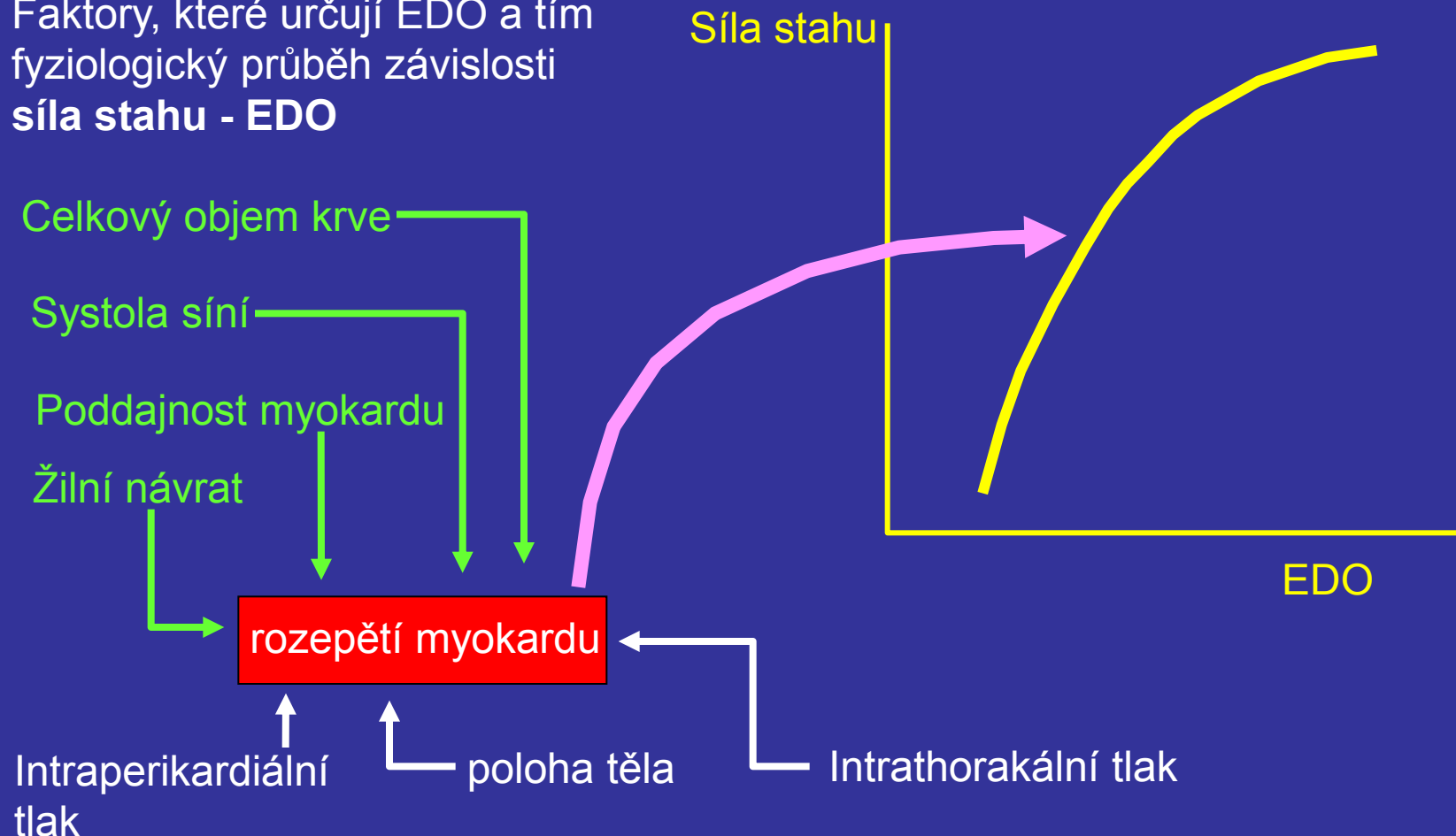
Intraperikardiální
tlak

poloha těla

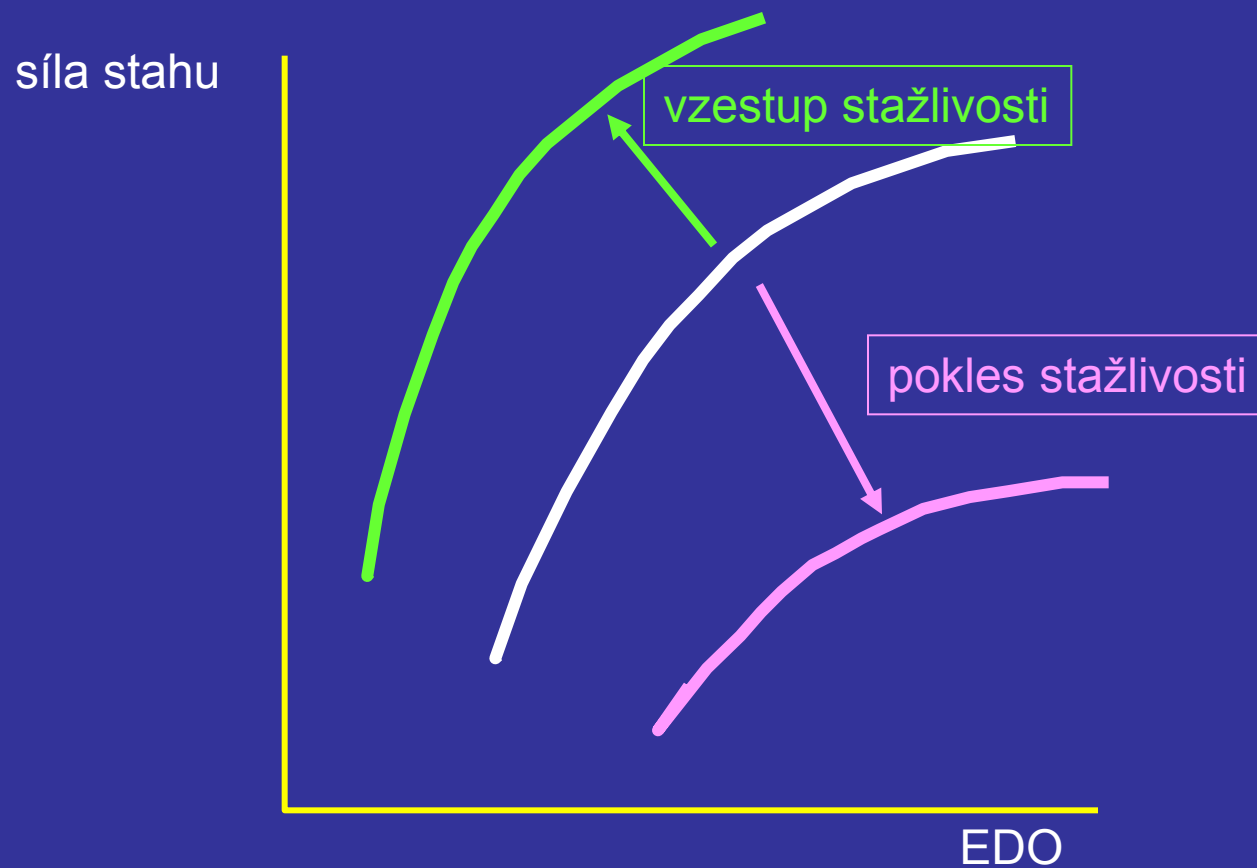
Intrathorakální tlak

Síla stahu

EDO



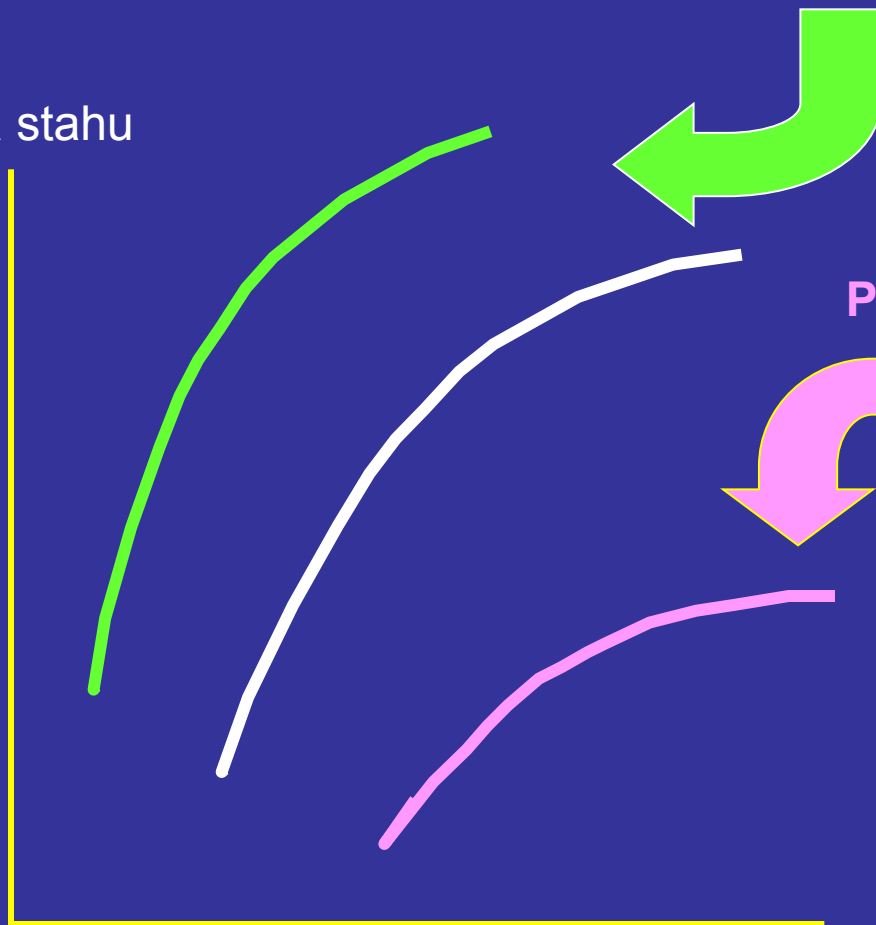
Faktory měnící průběh závislosti EDO-síla stahu



VZESTUP STAŽLIVOSTI VYVOLÁVAJÍ

působení sympatiku
cirkulující katecholaminy
rozmanité pozitivně-inotropně působící látky
vztah síla frekvence

síla stahu

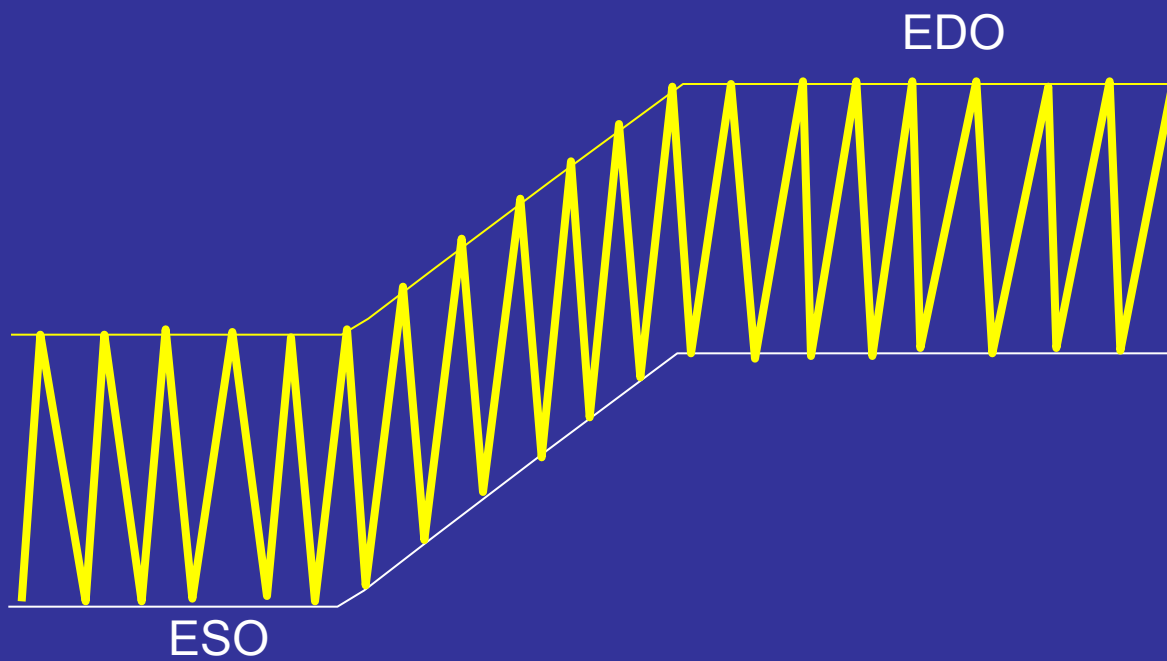


POKLES STAŽLIVOSTI ZPŮSOBUJÍ

Ztráta myokardu (infarkt)
Selhávání srdečního svalu
Hypoxie, hyperkapnie, acidoza
Negativně inotropní vlivy

EDO

Změny systolického objemu vlivem vzrůstu odporu v aortě



Změny systolického objemu v důsledku selhávání myokardu

S poklesem stažlivosti roste ESO, což je zpočátku kompenzováno vzrůstem EDO a působením Frankova-Starlingova mechanismu.

Při určitém EDO nastane zánik stažlivosti a zástava srdeční práce v diastole.

