

# Spirometrie. Rozepsaný výdech vitální kapacity

Praktické cvičení z fyziologie (podzimní semestr: 7. – 9. týden)

Studijní materiály byly vytvořeny za podpory projektu MUNI/FR/1474/2018

# Statické objemy plic

## – Statické plicní objemy:

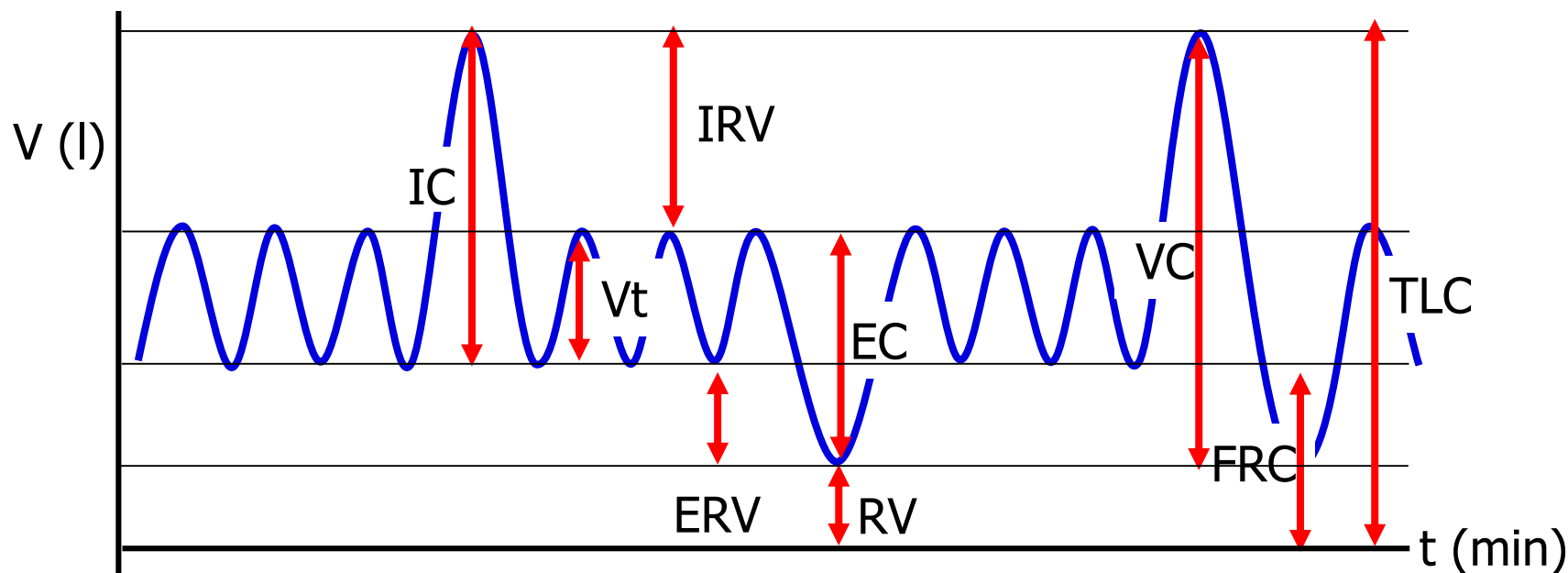
- dechový objem  $V_t$  (0,5 l)
- inspirační rezervní objem IRV (2,5 l)
- expirační rezervní objem ERV (1,5 l)
- reziduální objem RV (1,5 l)

## – Statické plicní kapacity:

- vitální kapacita plic VC (4,5 l) = IRV +  $V_t$  + ERV
- celková kapacita plic TLC (6 l) = IRV +  $V_t$  + ERV + RV
- inspirační kapacita IC (3 l) = IRV +  $V_t$
- funkční reziduální kapacita FRC (3 l) = ERV + RV

– Závisí na výšce, váze, věku a pohlaví – (RV se zvyšuje, VC se snižuje s věkem)

– Všechny objemy lze měřit spirometricky kromě RV a FRC

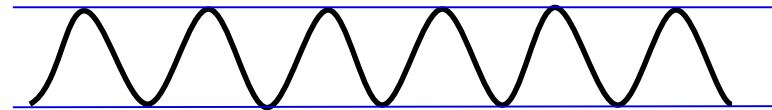


# Frekvence a hloubka dýchání

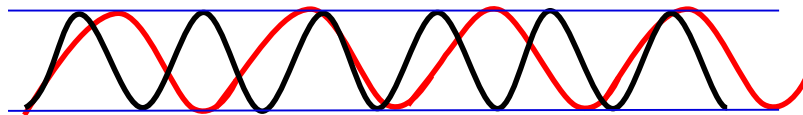
Zněny frekvence dýchání

Zněny hloubky dýchání

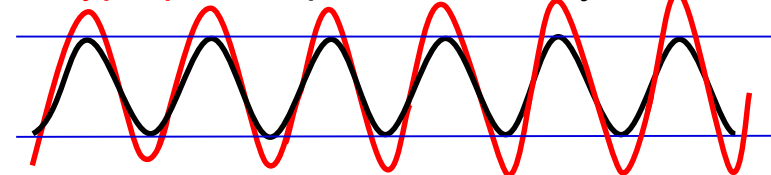
Eupnoe – normální dýchání



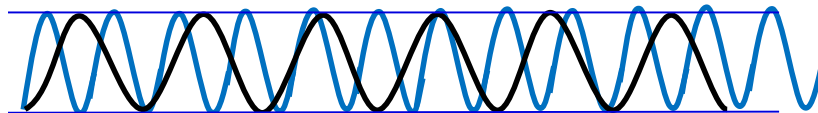
Bradypnoe – zpomalené dýchání



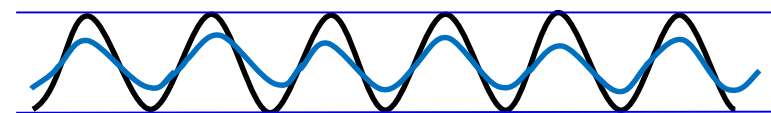
Hyperpnoe – prohloubené dýchání



Tachypnoe – zrychlené dýchání

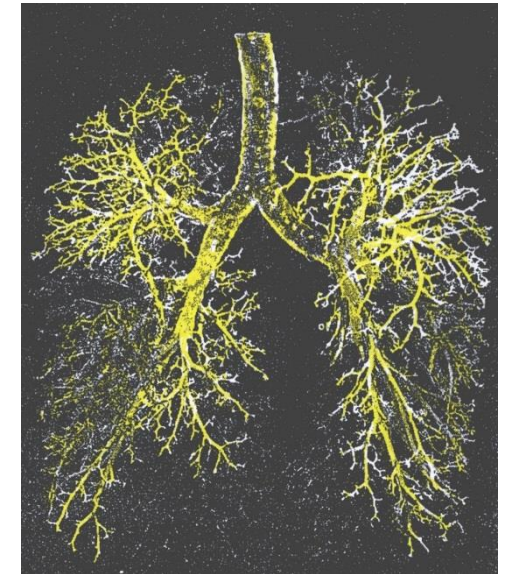


Hypopnoe – mělké dýchání



# Mrtvý prostor

- Objem vzduchu v konduktivní oblasti dýchacích cest, kde neprobíhá výměna plynů s krví
  - Anatomický MP: objem respiračního systému mimo alveoly (150-200 ml)
  - Funkční (fyziologický) MP: objem vzduchu, který se neúčastní výměny plynů s krví – zahrnuje neprokrvené alveoly
- U zdravých jedinců jsou oba mrtvé prostory stejné



# Dynamické parametry

- Klidové dýchání:
  - Frekvence dýchání 10 – 18 dechů/min
  - Minutová ventilace – objem vzduchu prodýchání za minutu ( $V_t \times$  frekvence dýchání) 5 – 9 l/min
- Maximální minutová ventilace (MMV) – množství vzduchu, které může být ventilováno při maximálním úsilí (až 160 l/min)
  - Ventilace se zvýší zvýšením jak frekvence dýchání tak prohloubením
- Dechová rezerva = maximální ventilace/klidová ventilace
- Parametry rozepsaného usilovného výdechu

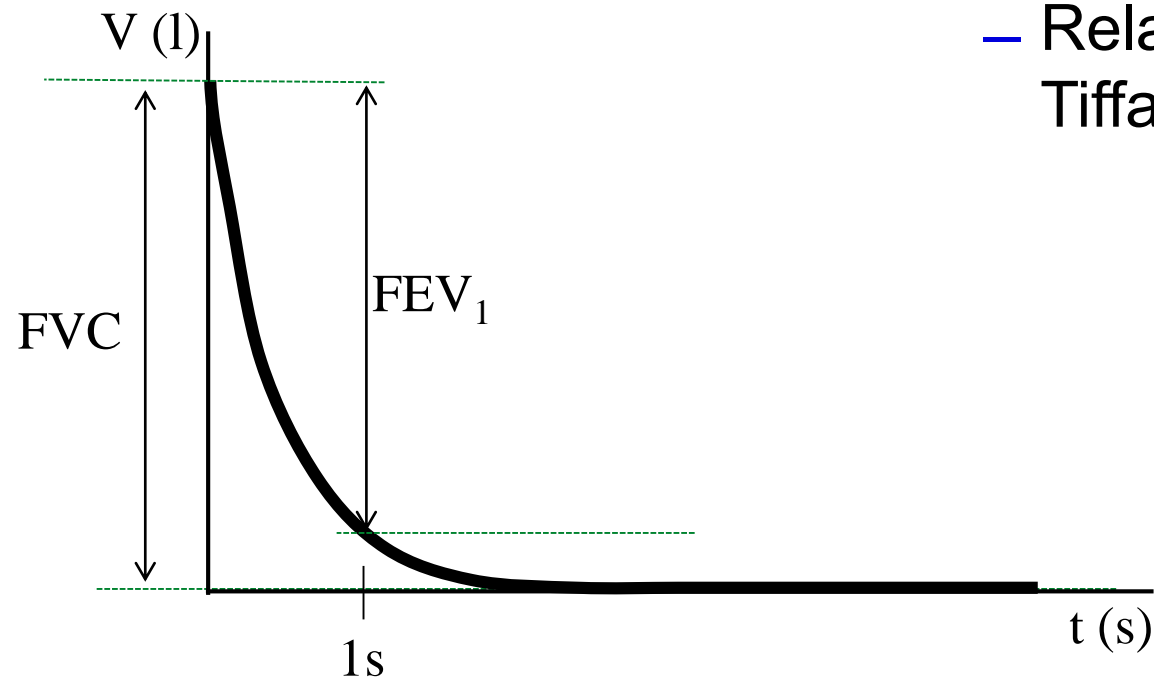
# **Rozepsaný výdech**

# Plicní poruchy

- Obstrukce: zvýšený odpor dýchacích cest (astma, bronchitida, otok hlasivek, tracheální stenóza, CHOPN, nádor v dýchacích cestách)
- Restrikce: snížené plicní objemy (nádor, zánět, otoky plic, pneumotorax,... )
  
- Zvýšení dechové frekvence při konstantním dechovém objemu vede k relativnímu nárůstu mrtvého prostoru

# Rozepsaný usilovný výdech

- Usilovná vitální kapacita FVC (maximální objem vzduchu, který lze po maximálním nádechu prudce vydechnout)
- Absolutní jednosekundová vitální kapacita  $FEV_1$  (objem vzduchu vydechnutý s největším úsilím za 1. sekundu po maximální nádechu)

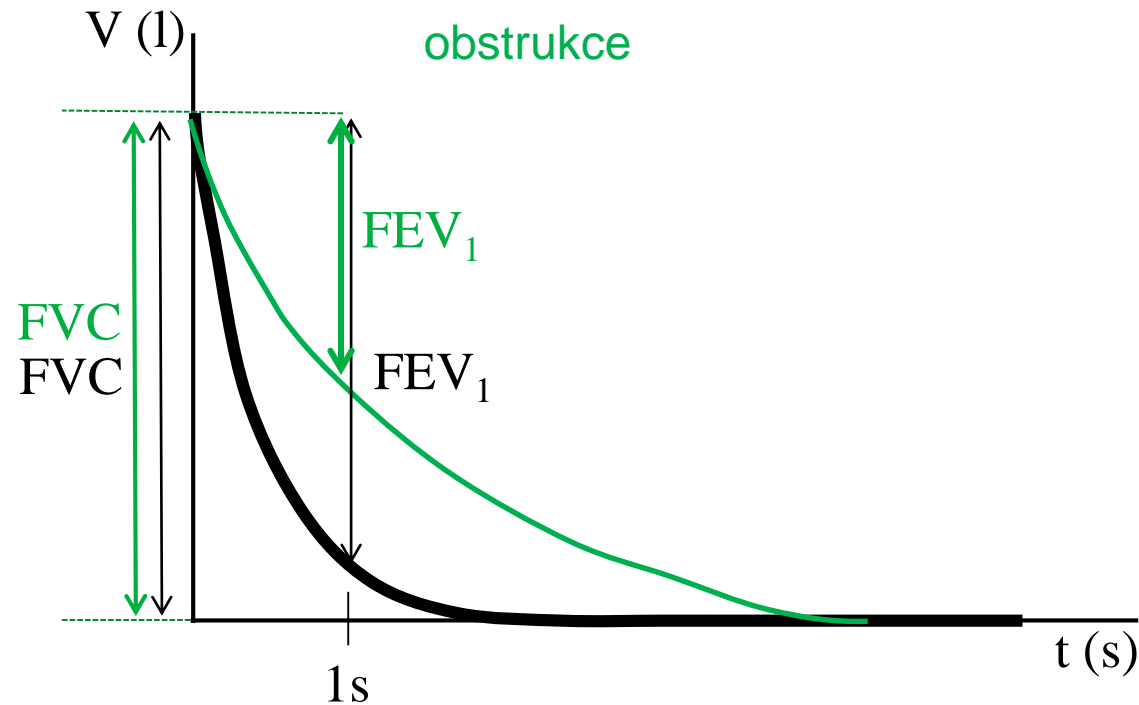


- Relativní jednosekundová vitální kapacita:  
Tiffaneův index =  $FEV_1/FVC \approx 0,7 - 1$



# Usilovný výdech – obstrukční porucha

- Obstrukce : zvýšený odpor dýchacích cest
- Příčiny: astma, bronchitida, otok hlasivek, tracheální stenóza, CHOPN, nádor v dýchacích cestách
- Snížené FEV<sub>1</sub>, Tiffaneův index < 0,7



# Odpor dýchacích cest (Hagen-Poiseuillův zákon)

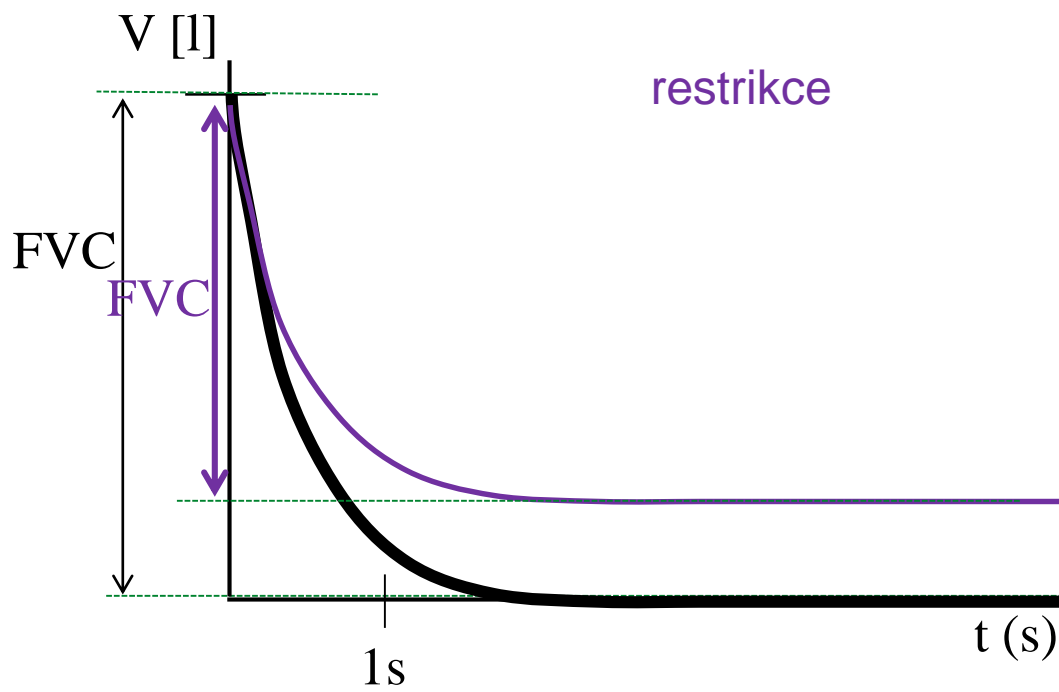
- Odpor dýchacích cest (**R<sub>d</sub>**) vzniká následkem vnitřního tření mezi proudícím plynem a stěnou dýchacích cest.

$$R_d = \frac{\Delta P}{Q} = \frac{8 \cdot l \cdot \eta}{\pi \cdot r_d^4}$$

- Malá změna poloměru dýchacích cest ( $r_d$ ) způsobí podstatně větší změnu jejich odporu vůči proudění vzduchu ( $R_d$ ).
- Ke zúžení (obstrukci) dýchacích cest dochází při kompresi hrudníku, zduření sliznice, otoku hlasivek, konstrikci hladkých svalů dýchacích cest při vdechnutí cizího tělesa, astmatickém záchvatu či jiné alergické reakci
  - Na odporu se nejvíce podílí bronchioly: velký podíl hladké svaloviny a žádná chrupavčitá výztuha, obsahují receptory pro různé působky (histamin – bronchiolokonstrikce, adrenalin - bronchiolodilatace)

# Usilovný výdech – restriční porucha

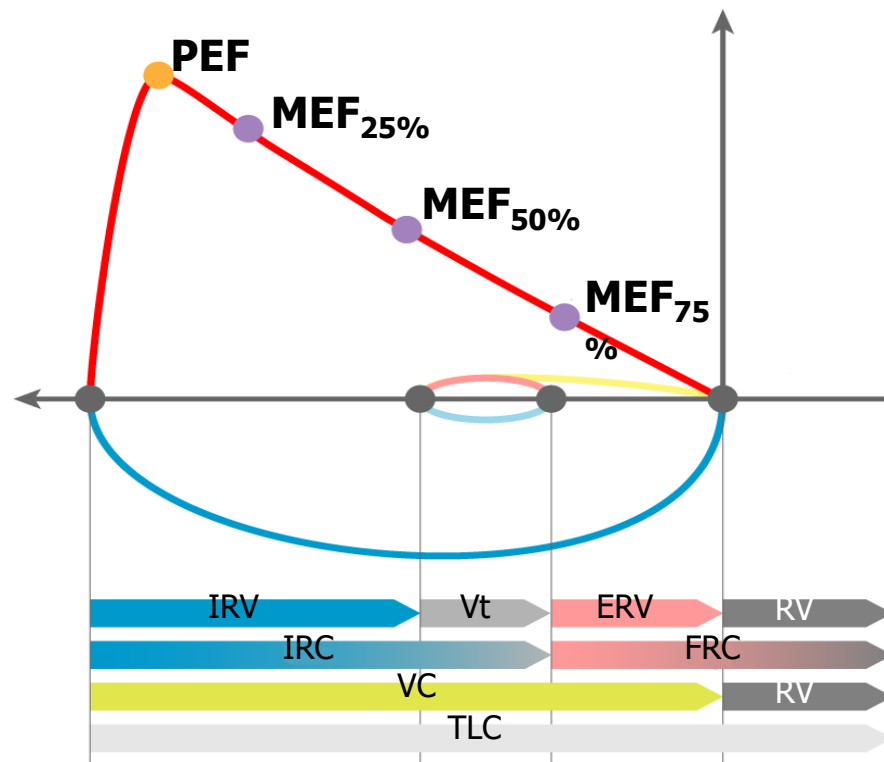
- Usilovná vitální kapacita FVC (maximální objem vzduchu, který lze po maximálním nádechu prudce vydechnout)
- Restrikce: snížené plicní objemy
- Snížený FVC, Tiffaneův index blízký 1



- pulmonální příčiny
  - plicní fibróza
  - resekce plic
  - plicní edém
  - pneumonie
- extrapulmonální příčiny
  - ascites
  - kyfoslóza
  - popáleniny
  - vysoký stav bránice
- Pokud jsou výdechové svaly dostatečně silné, může být tiffaneův index=1 a není to žádná patologie. Proto diagnostika restriční poruchy na jeho základě není vhodná.

# Křivka průtok-objem

- PEF – vrcholový výdechový průtok; nejvyšší rychlost na vrcholu usilovného výdechu (odpovídá vzduchu v horních DC)
- MEF – maximální výdechové průtoky (rychlosti) na různých úrovních FVC, kterou je ještě třeba vydechnout (nejčastěji na 75 %, 50 % a 25 % FVC)



# Pneumotorax

- nahromadění vzduchu či jiného plynu v pleurální dutině s částečným nebo úplným kolapsem plíce
- Může být traumatický (poranění hrudníku, zlomenina žeber), spontánní (není znám původ), důsledek onemocnění (CHOPN, cystická fibróza), způsobený chirurgickým zákrokem
- Projevy: dušnost, bolest, vyšší odpor plic, snížení srdečního plnění, pokles krevního tlaku, tachykardie, snížená saturace krve kyslíkem

**Tenzní pneumotorax:** vzniká tzv. ventilovým mechanismem, kdy při nádechu proniká do pleurální dutiny vzduch a při výdechu se defekt uzavírá, čímž se vzduch hromadí v dutině. Nejnebezpečnější, protože vzduch hromadící se v dutině hrudní postupně utlačuje všechny orgány mediastina na nepostiženou stranu, čímž se utlačuje i druhá plíce, zhoršuje funkce srdce a hrozí poškození velkých cév.

