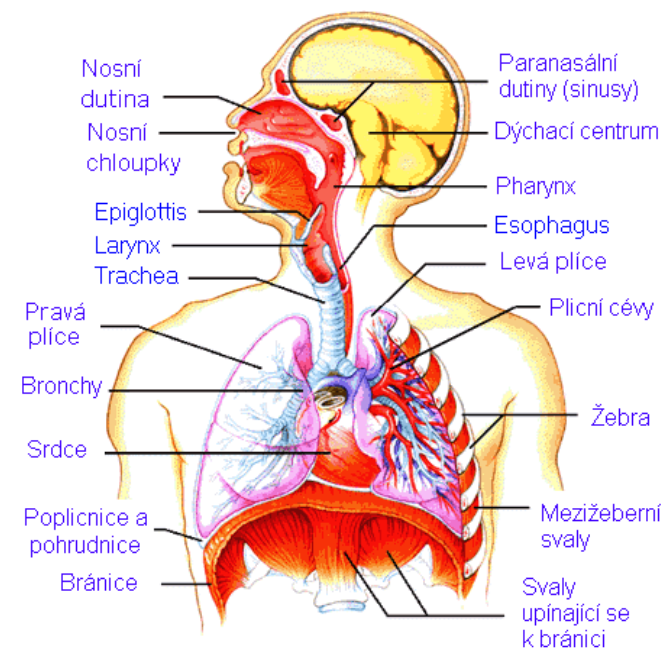




Přednášky z lékařské biofyziky

Biofyzika dýchání. Spirometrie



Obsah přednášky

Mechanismus výměny plynů mezi organismem a okolím (dýchací pohyby – mechanika dýchání, difuze a rozpouštění plynů)

Dechové objemy a kapacity

Dechový odpor

Dechová práce

Spirometrie

Některé biofyzikální aspekty dýchání

Ventilační pohyby



Účastní se především
mezižeberní svaly a
bránice
dýchání hrudní
(převažuje u žen) a
břišní (převažuje u
mužů)

Difuze O₂ a CO₂ v plazmě



Bunsenovy koeficienty rozpustnosti (α) pro plyny v krvi o tělesné teplotě. Jednotkou rozpustnosti je (ml plynu při standardní teplotě a tlaku)*(ml krve)⁻¹ *(101,3 kPa)⁻¹

| | |
|-----------------|------------------------------|
| CO ₂ | 0,52 |
| CO | 0,018 |
| N ₂ | (Voda: 0,013; Tuk: 0,065) |
| O ₂ | 0,022 |

Molekulové hmotnosti:

$$M_{\text{O}_2} = 32$$

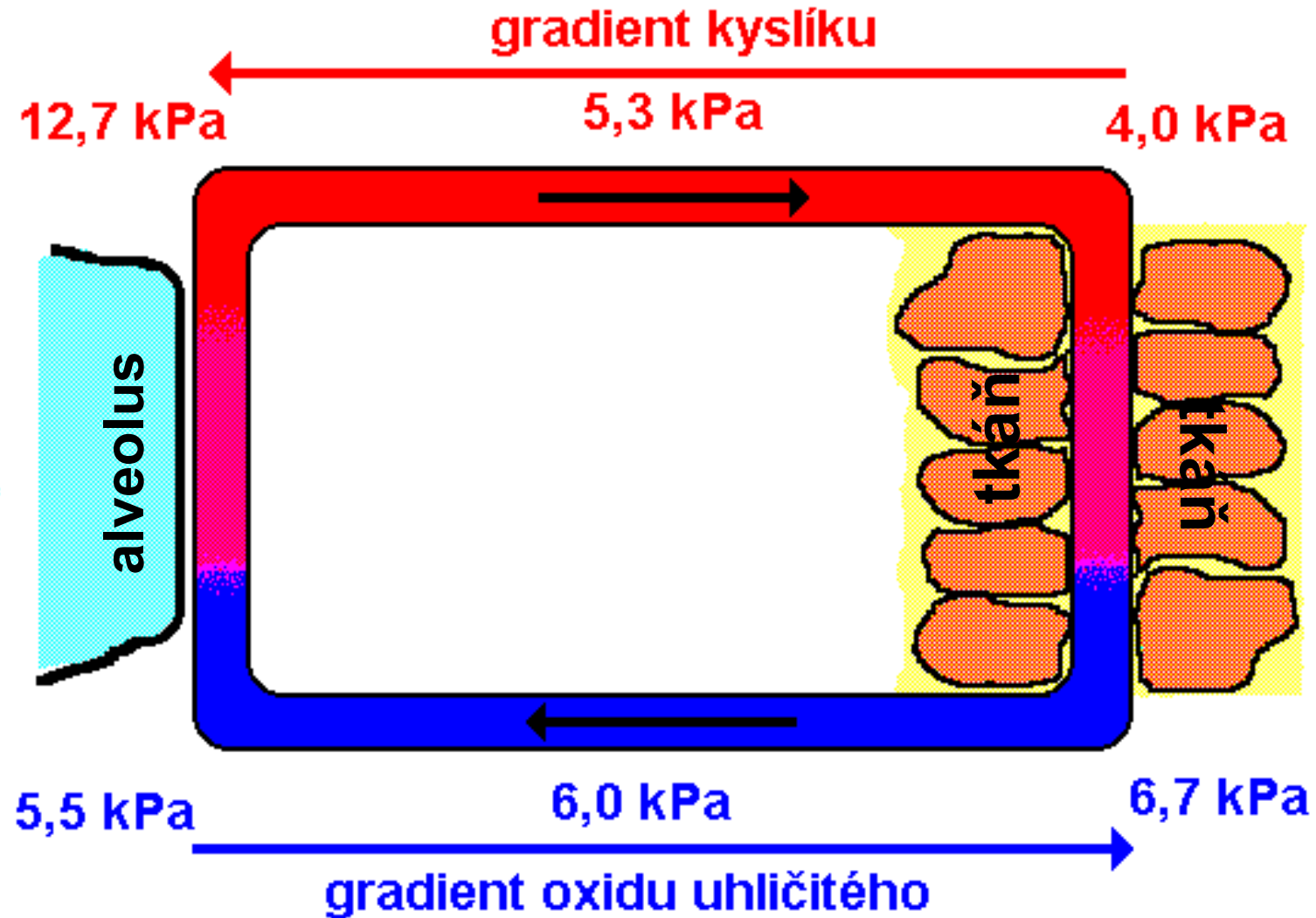
$$M_{\text{CO}_2} = 44$$

Výměna plynů

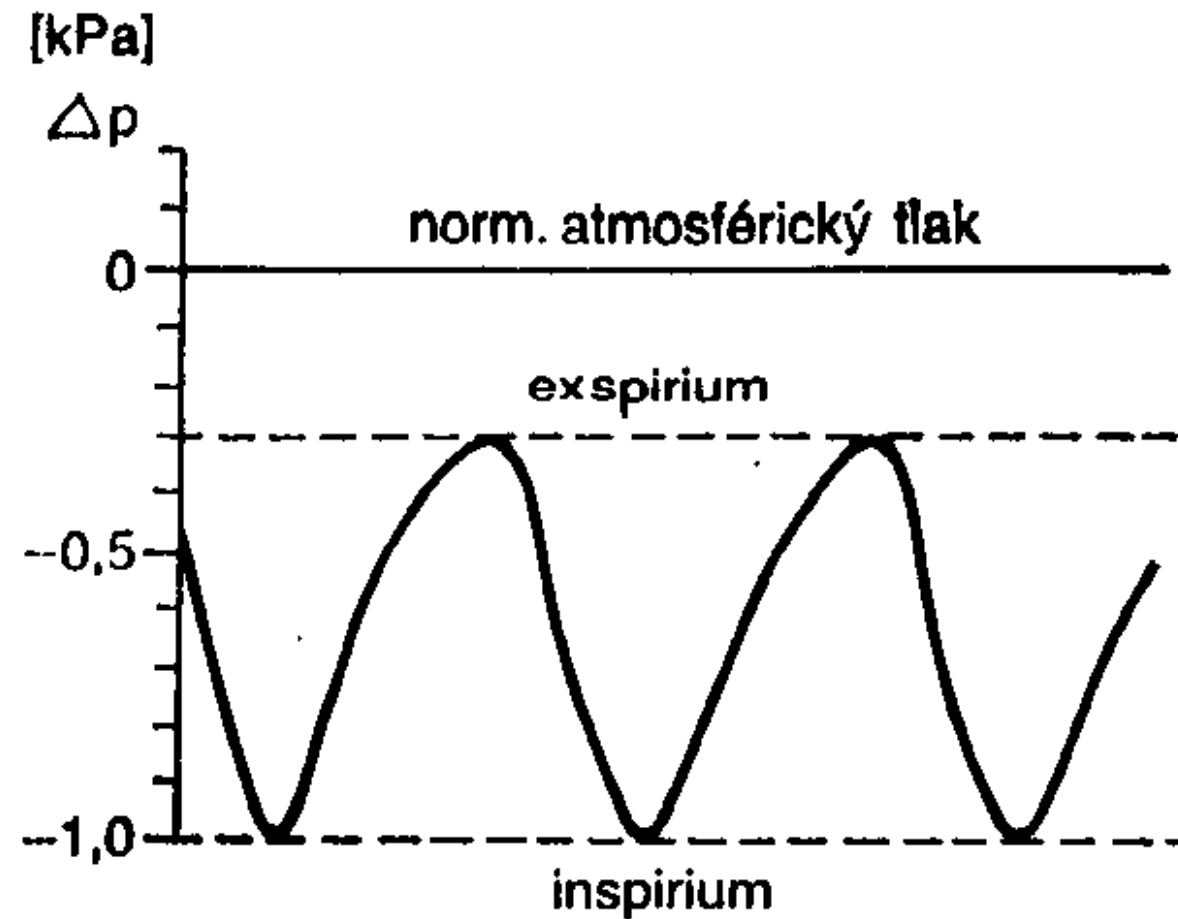


| Prostředí | Druh transportu | pO ₂ (kPa) | pCO ₂ (kPa) |
|---|-----------------|---------------------------|--------------------------|
| alveoly | proudění | 13,3 | 5,2 |
| alveolo-kapilární stěna | difuze | - | - |
| Krevní oběh: tepny žíly | proudění | 12,7 5,3 | 5,5 6,0 |
| Kapilární stěna, buněčná membrána | difuze | - | - |
| Buňka | difuze | 4,0 | 6,7 |

Výměna dýchacích plynů



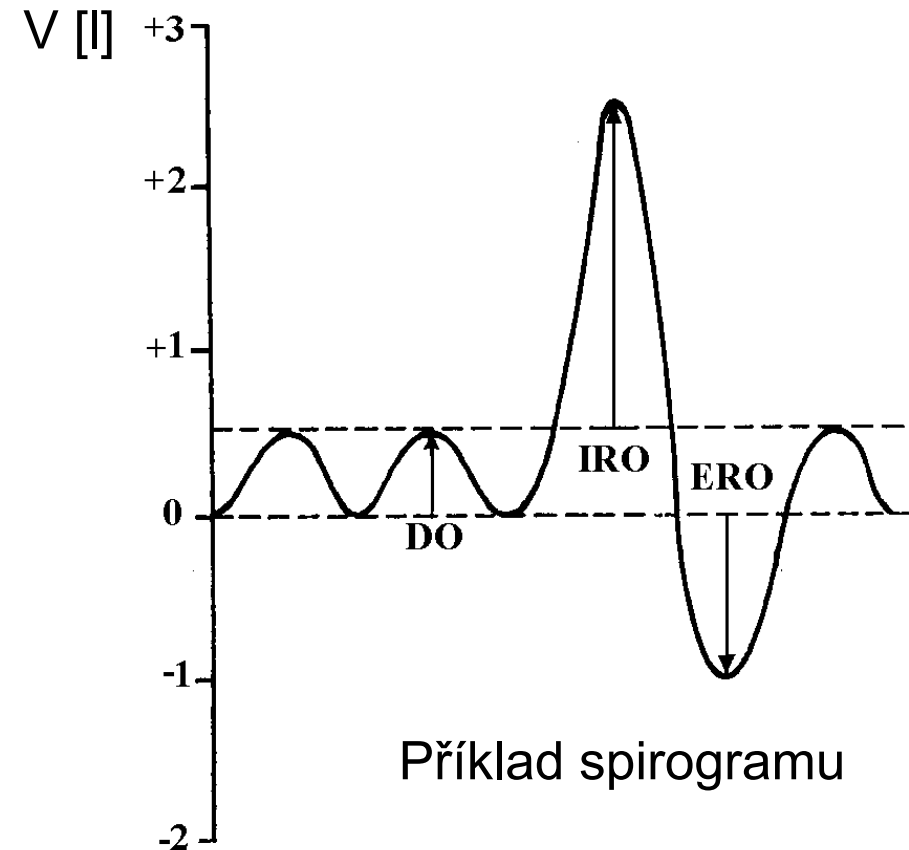
Změny negativního nitrohrudního tlaku během dýchání



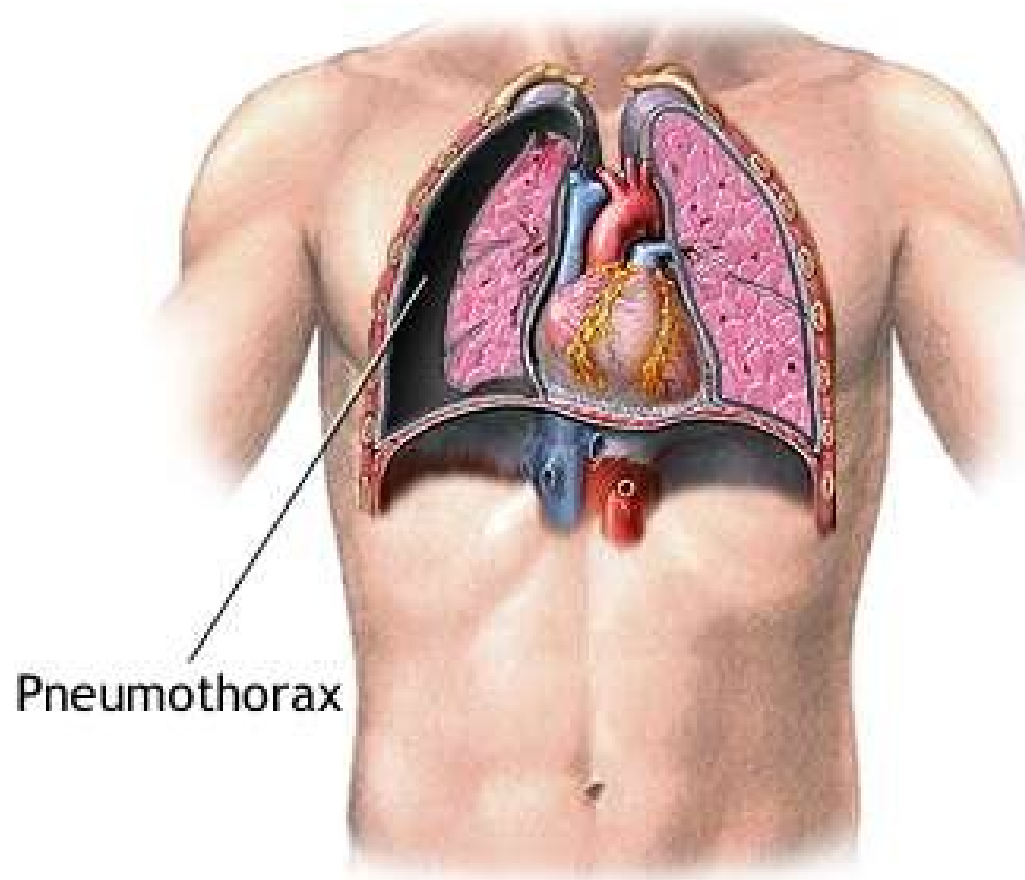
Dechové objemy a kapacity



- vzduch v dýchacích trubicích - mrtvý prostor - 150 ml
- reziduální objem vzduchu v alveolech - RO - 1 l
- expirační rezervní objem - ERO - 1,5 l
- (klidový) dechový objem - DO - 0,5 l
- inspirační rezervní objem - IRO - 2,5 l
- vitální kapacita $VK = ERO + DO + IRO$
- funkční reziduální kapacita $FRK = RO + ERO$
- Mírou ventilace plic je minutový objem $MO = DO \cdot f$



Pneumothorax



http://www.pennhealth.com/health/health_info/Surgery/graphics/Pneumothorax_2.jpg



Dýchací odpory

Elastický odpor plic a hrudníku - dán napětím elastických vláken v plicní tkáni, podobný vliv má **povrchové napětí alveolů**.

Neelastický odpor tkání (též tkáňový viskózní odpor). Vzniká třením plicní tkáně, hrudníku, dýchacích svalů a orgánů dutiny hrudní.

Proudový odpor dýchacích cest - komplex odporů, které kladou vzdušnému proudu dýchací cesty – příčinou je viskozita vzduchu a turbulence, k nimž dochází i místech větvení dýchacích cest.

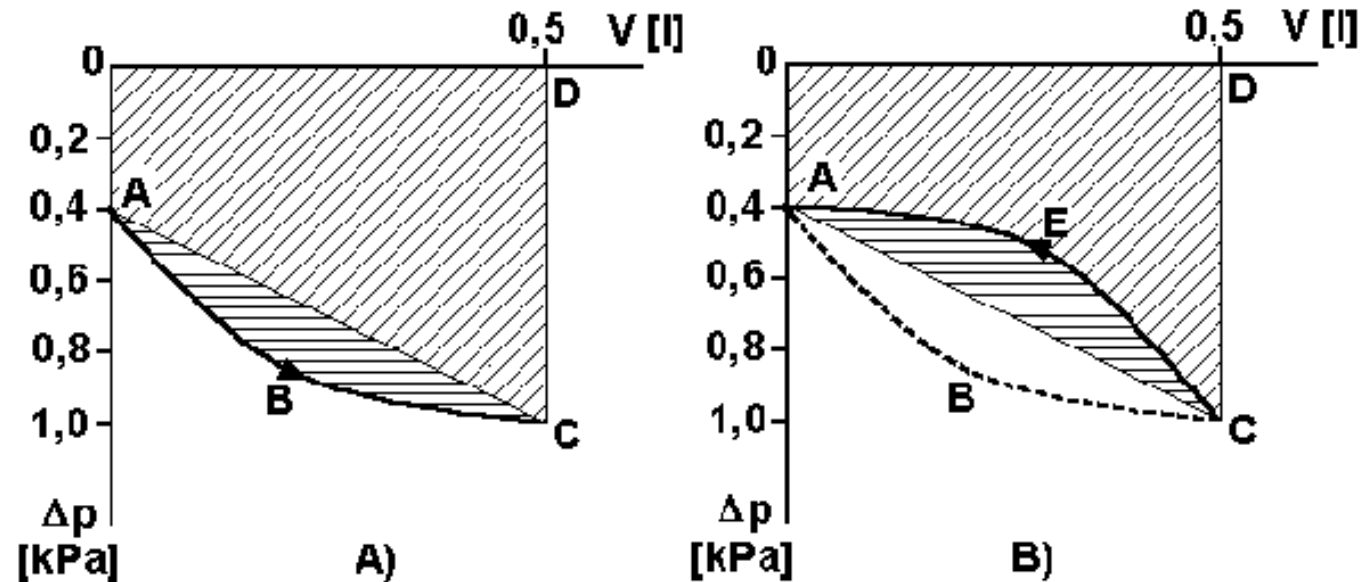
Dýchací práce



a obrázek k zamyšlení

Při překonávání souhrnu dýchacích odporů platí:

$$W = p\Delta V \quad p \text{ je rozdíl tlaku nitrohruďního a nitroplicního}$$



Dýchací práce. A) - při nádechu, B) - při výdechu. Plocha 0ACD0 - elastická práce konaná na úkor energie organismu (při nádechu) nebo pružnými tkáněmi přeměnou potenciální energie (při výdechu). Plocha ABCA je při nádechu aktivní práci proti neelastickému odporu. Plocha ACEA je práci proti neelastickému odporu při výdechu, na úkor potenciální energie nahromaděné při nádechu (podle Pilewského).

Výpočty dýchací práce



při klidovém dýchání:

minutový objem MO = 7 l

dechová frekvence DF = 14 min⁻¹

tlak p: 0,7 kPa

dechový objem V: 0,5 l (5·10⁻⁴ m³)

práce W = 0,35 J - pro jeden vdech

294 J - za 1 hodinu



při velké zátěži:

MO = 200 l

DF 100 min⁻¹

p = 0,7 kPa

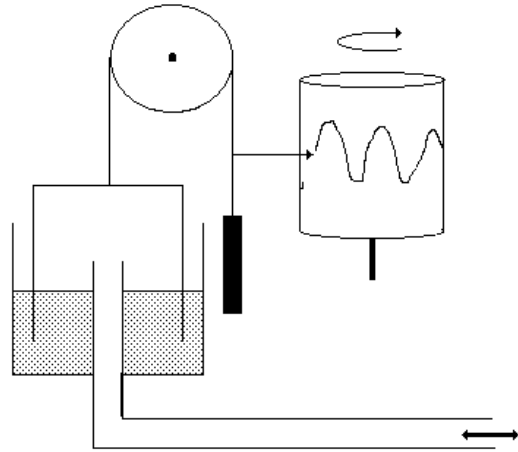
V = 2 l (2·10⁻³ m³)

W = 1,4 J - pro jeden vdech

8400 J - za 1 hodinu



Měření dechových objemů - spirometrie

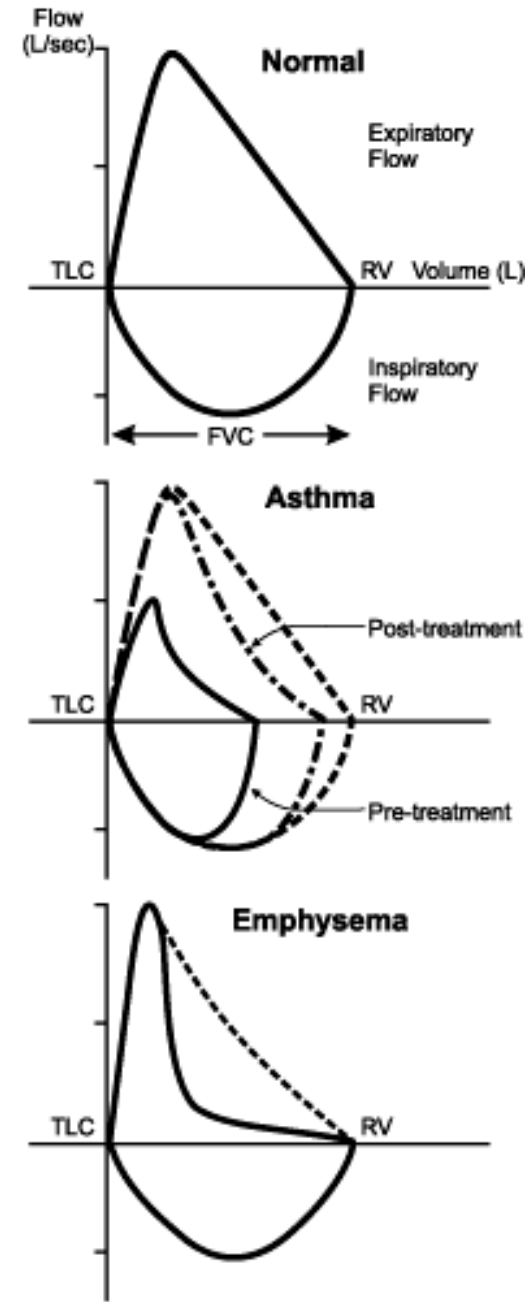


Spirogram

Měříme
závislost
objemu na
čase

nebo

velikosti toku
na dechovém
objemu





Další biofyzikální aspekty dýchání

Projevy fyzikálních vlastností plic v některých oblastech diagnostiky a terapie:

- největší plocha kontaktu s vnějším prostředím
- možnost ovlivnění funkcí organismu prostřednictvím dýchání (hyperventilace)
- rušivý vliv dýchacích pohybů na diagnostické obrazy
- negativní kontrast při rtg. vyšetřeních
- rizika v UZ diagnostice a při litotrypsi

Autor:
Vojtěch Mornstein

Obsahová spolupráce:
C.J. Caruana, I. Hrazdira

Poslední revize a ozvučení: březen 2021