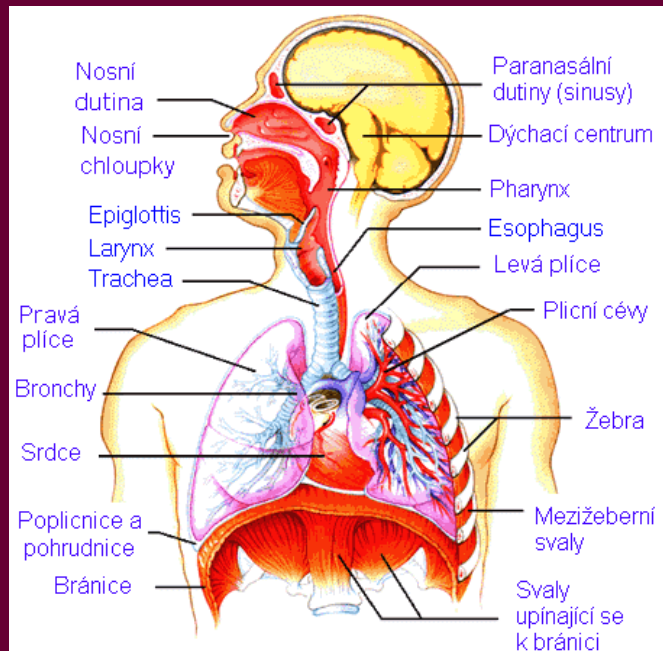


# Přednášky z lékařské biofyziky

Biofyzikální ústav Lékařské fakulty  
Masarykovy univerzity, Brno



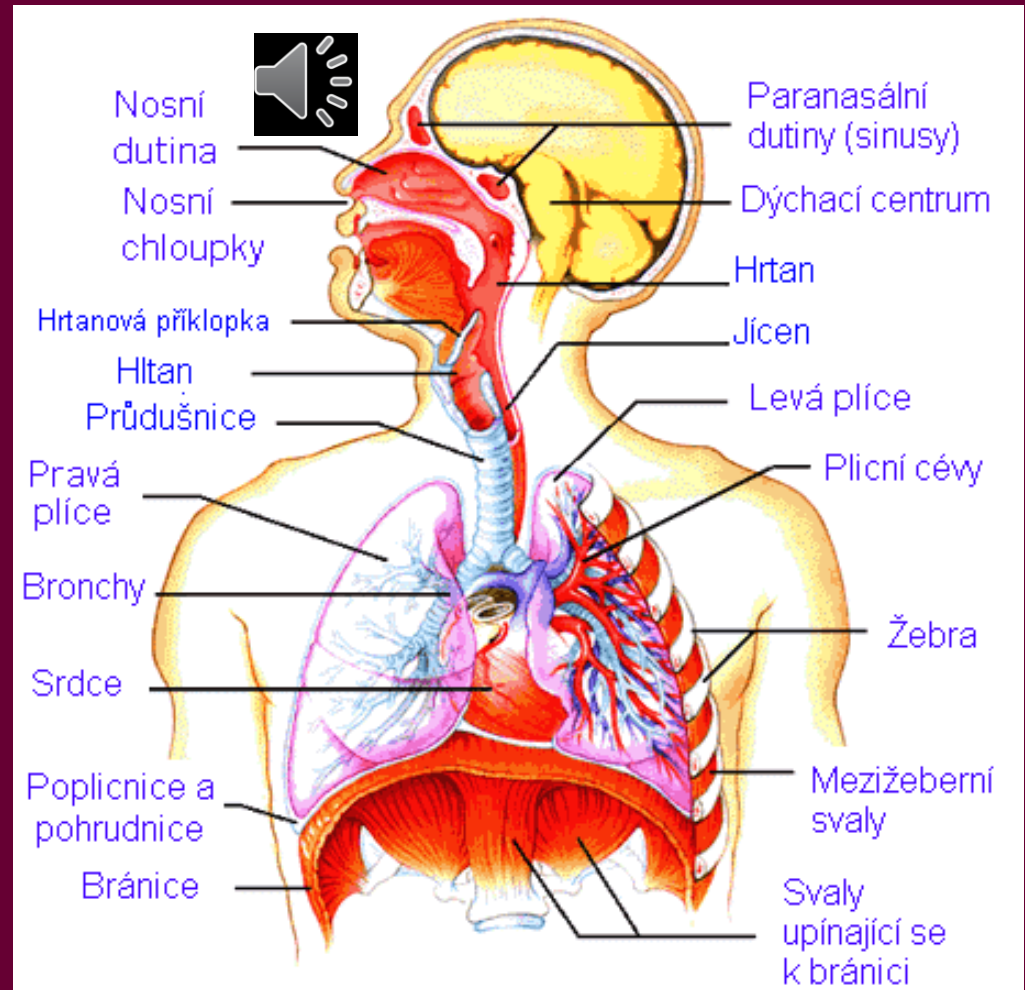
## Biofyzika dýchání. Spirometrie

# 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 mezižební svaly a bránice
- dýchání hrudní (převažuje u žen) a břišní (převažuje u mužů)



# Difuze O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> v plazmě

Bunsenovy koeficienty rozpustnosti ( $\alpha$ ) pro plyny v krvi o tělesné teplotě. Jednotkou rozpustnosti je (ml plynu při standardní teplotě a tlaku)\*(ml krve)<sup>-1</sup> \*(101,3 kPa)<sup>-1</sup>

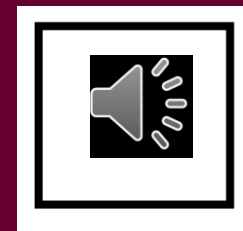
CO <sub>2</sub>	0,52
CO	0,018
N <sub>2</sub>	(Voda: 0,013; Tuk: 0,065)
O <sub>2</sub>	0,022

- Molekulové hmotnosti:


$$M_{O_2} = 32$$

$$M_{CO_2} = 44$$

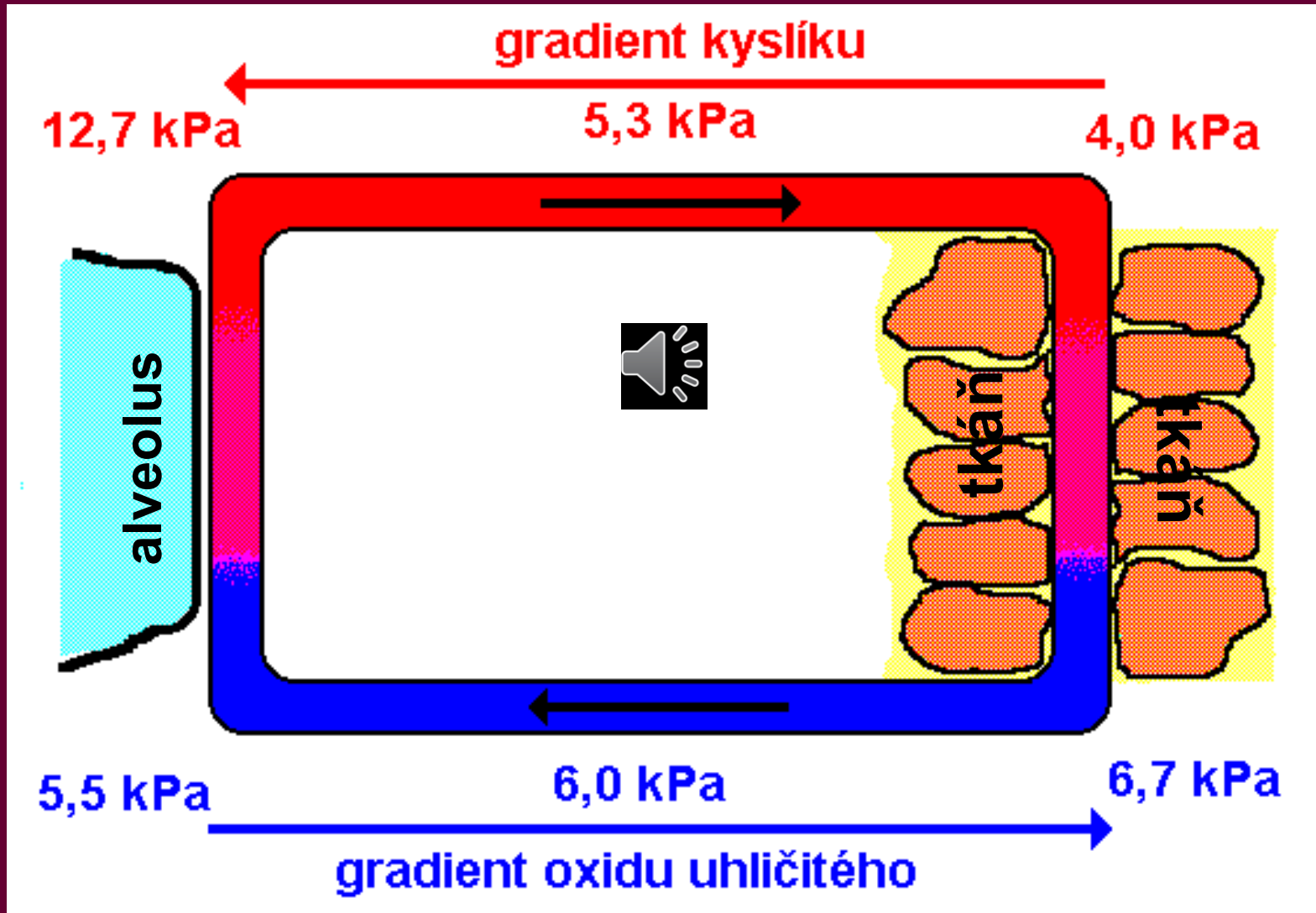
$$\frac{D_{CO_2}}{D_{O_2}} = \frac{\alpha_{CO_2}}{\alpha_{O_2}} \cdot \sqrt{\frac{M_{O_2}}{M_{CO_2}}} = 20,9$$



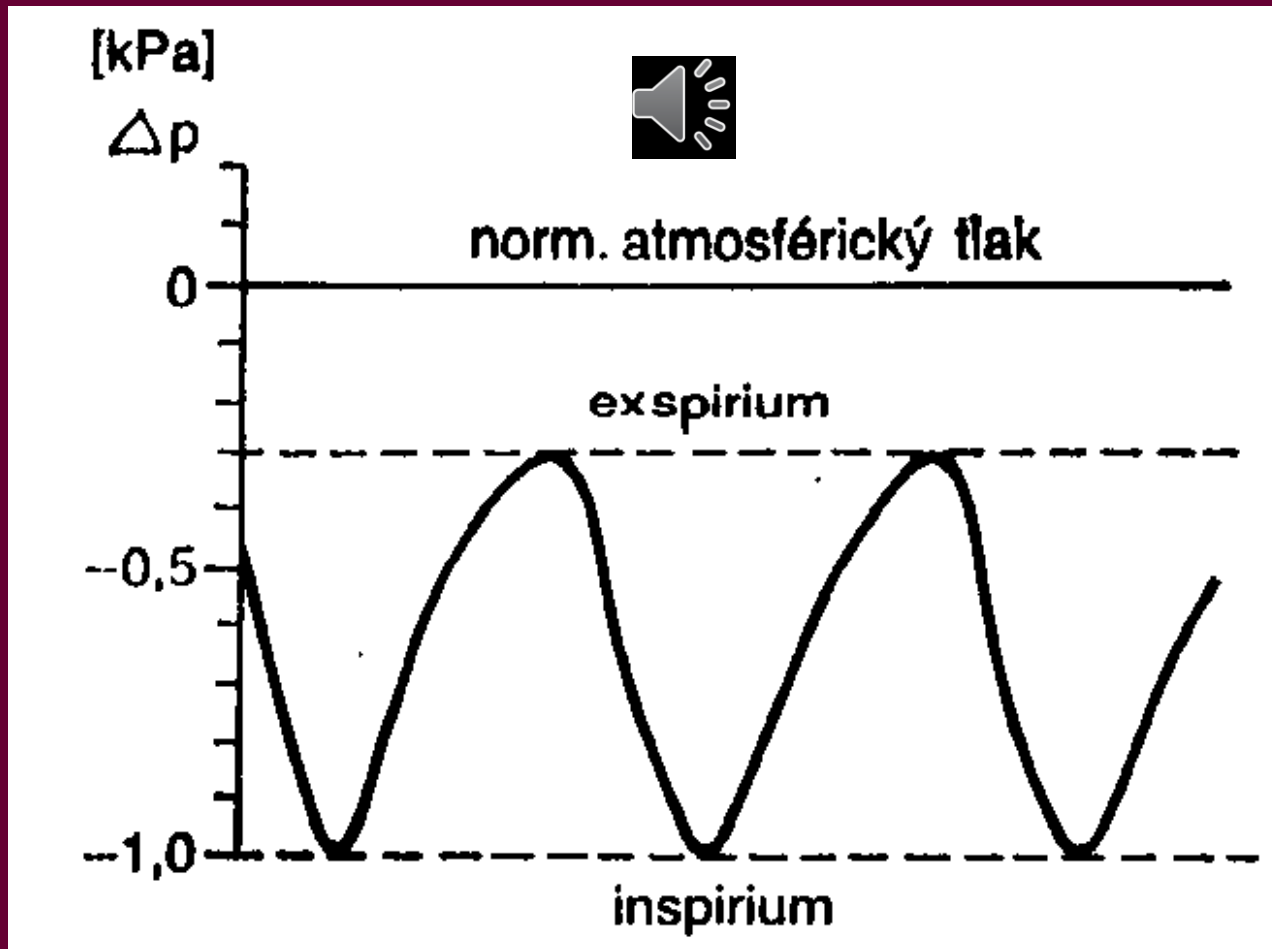
# Výměna plynů

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

# Výměna dýchacích plynů



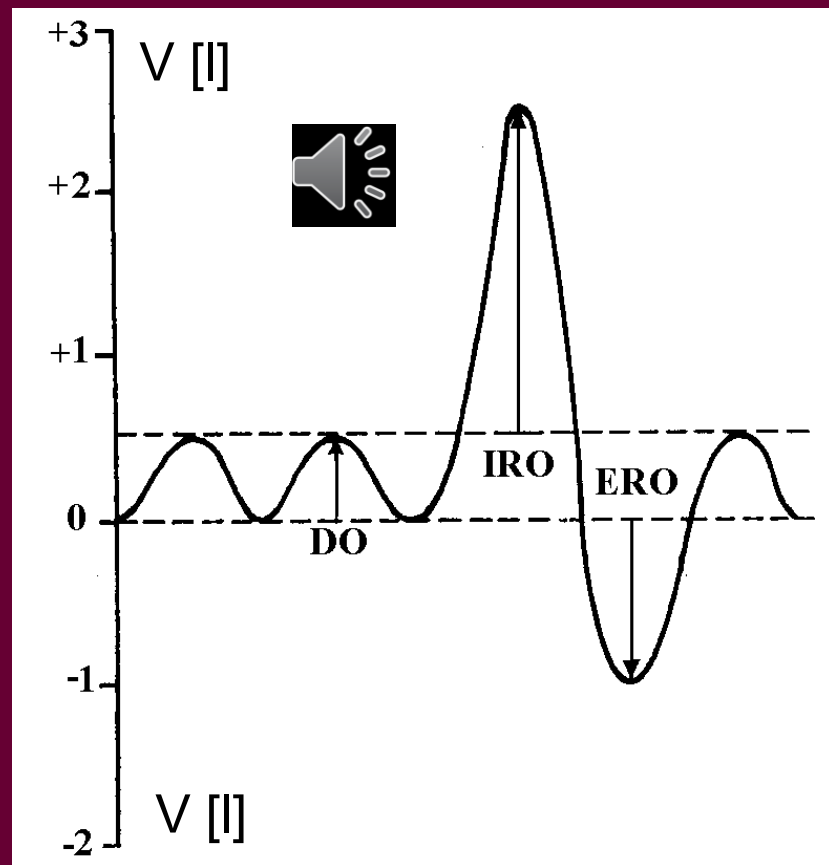
# Změny negativního nitrohrudního tlaku během dýchání



# 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

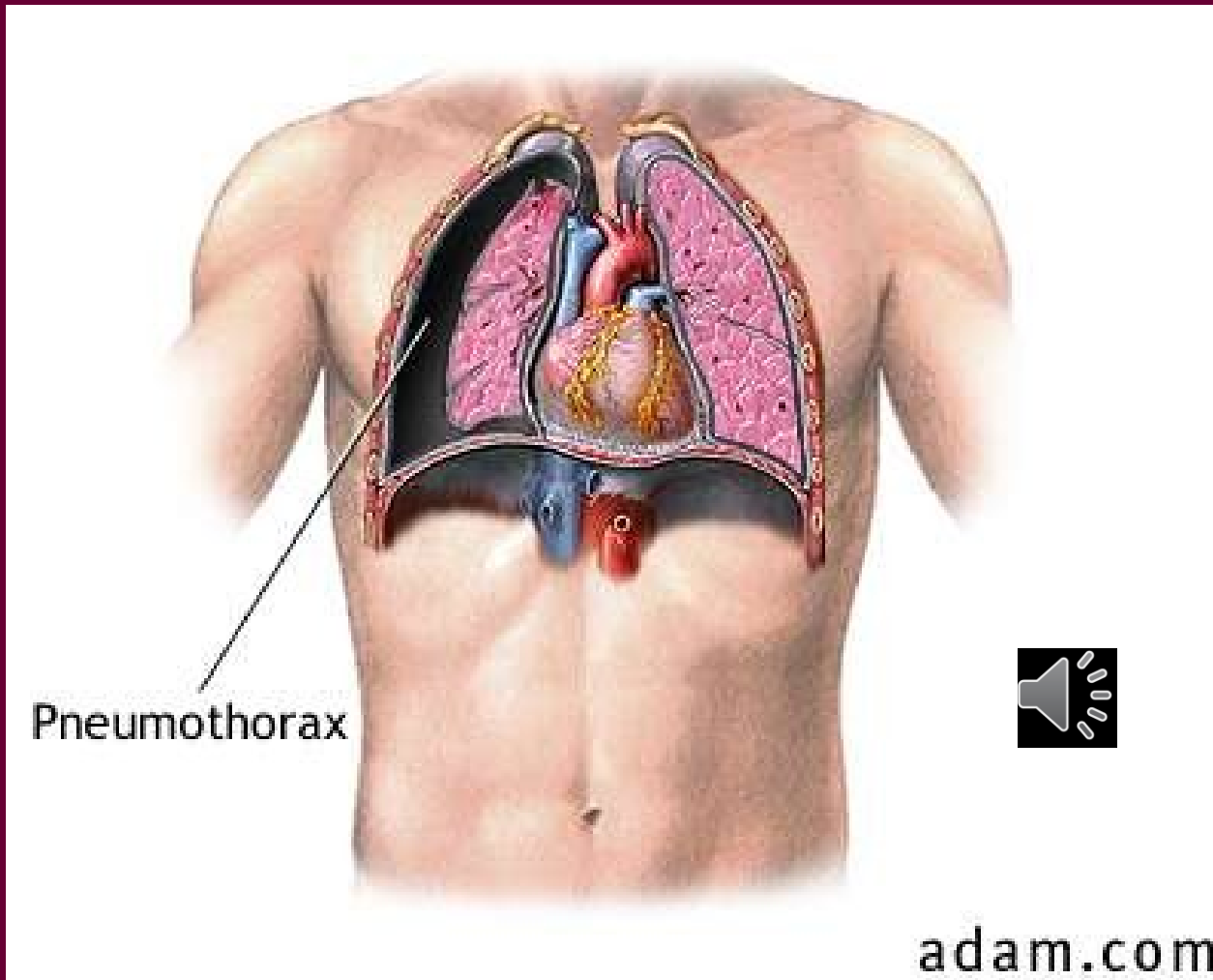
$$MO = DO \cdot f$$



Příklad spiogramu

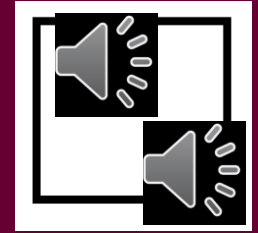


# Pneumothorax



•[http://www.pennhealth.com/health/health\\_info/Surgery/graphics/Pneumothorax\\_2.jpg](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.

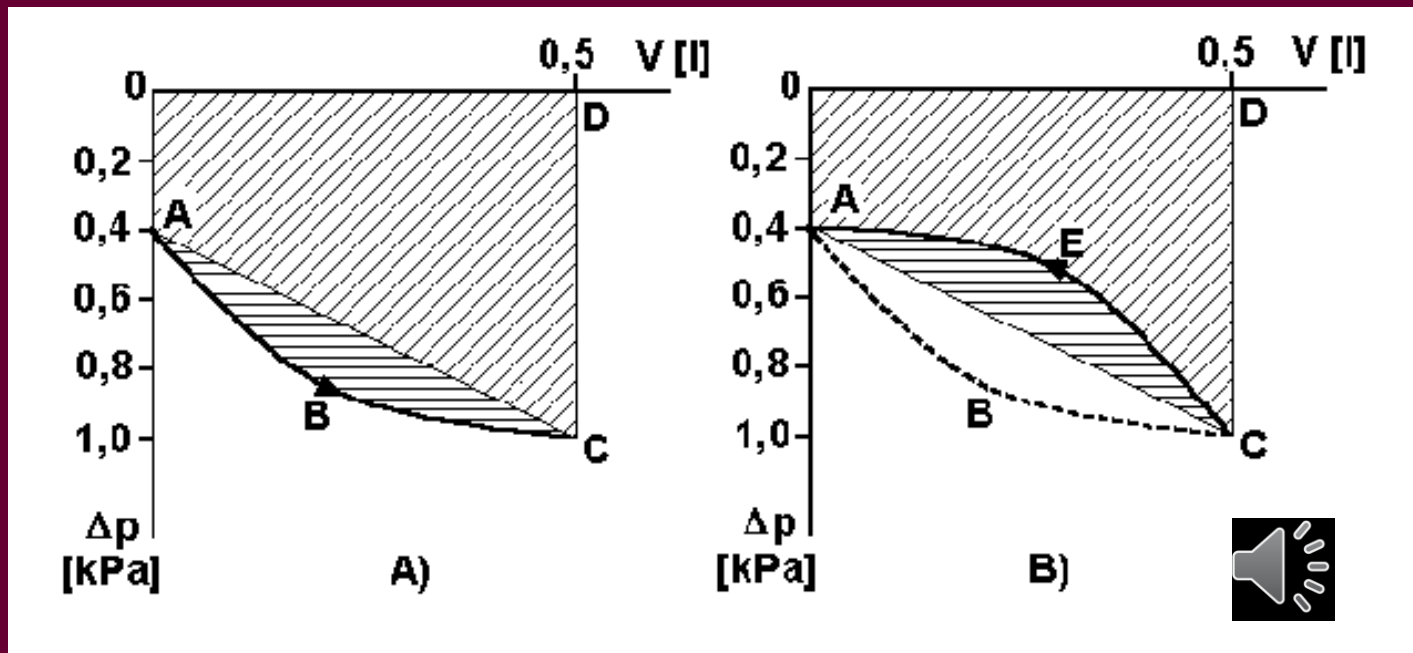
# Dýchací práce

a obrázek k zamyšlení

Při překonávání souhrnu dýchacích odporů platí:

$$W = p\Delta V$$

$p$  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<sup>-1</sup>

tlak p: 0,7 kPa

dechový objem V: 0,5 l ( $5 \cdot 10^{-4}$  m<sup>3</sup>)

práce W = 0,35 J - pro jeden vdech

294 J - za 1 hodinu



**při velké zátěži:**

MO = 200 l

DF 100 min<sup>-1</sup>

p = 0,7 kPa

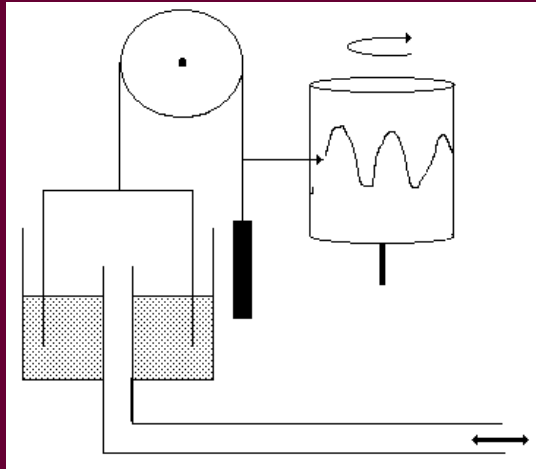
V = 2 l ( $2 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>)

W = 1,4 J - pro jeden vdech

8400 J - za 1 hodinu



# Měření dechových objemů - spirometrie

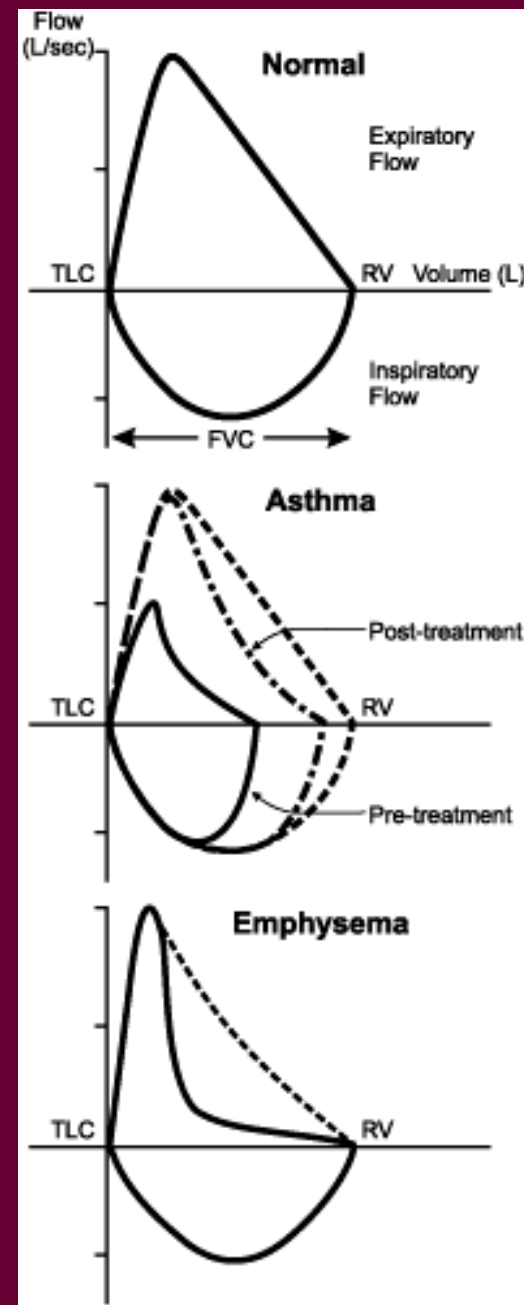
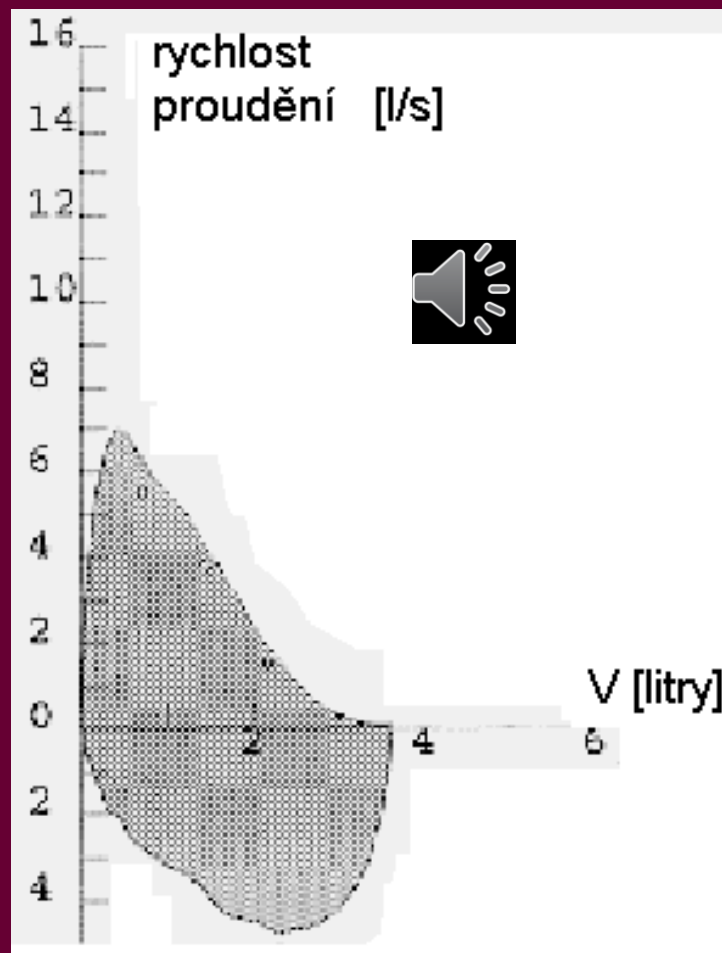


# Spirogram

Měříme  
závislost  
objemu na  
čase

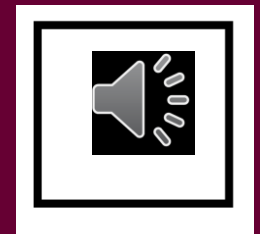
nebo

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 litotripsii



Autor:  
**Vojtěch Mornstein**

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

Poslední revize a ozvučení: březen 2020