

**MUNI**  
**MED**

**DÝCHÁNÍ**

# DÝCHÁNÍ

- 28. Ventilace, difuze, perfuze (přehledy nejčastějších nemocí)
- 29. Mechanika dýchání (funkce svalů, mechanismus pohybu žeber)
- 30. Statické a dynamické plicní objemy (jejich přehled, fyziologické hodnoty; metody vyšetření)
- 31. Transport a výměna dýchacích plynů (složení alveolárního a atmosférického vzduchu, gradienty  $pO_2$  a  $pCO_2$ )
- 32. Nervová a chemická regulace dýchání
- 33. Hypoxie – druhy a projevy (např. výšková hypoxie a možnosti adaptace)

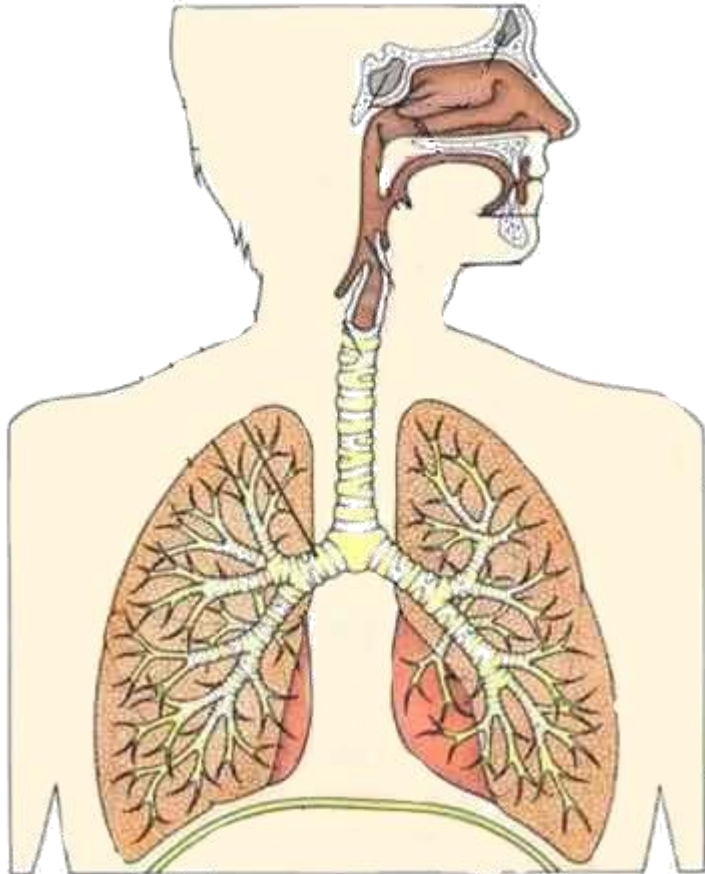
# DÝCHÁNÍ

Soubor procesů sloužící k výměně dýchacích a krevních plynů:

- mezi vnějším prostředním a plícemi - vnější dýchání
- mezi krví a tkání - vnitřní dýchání

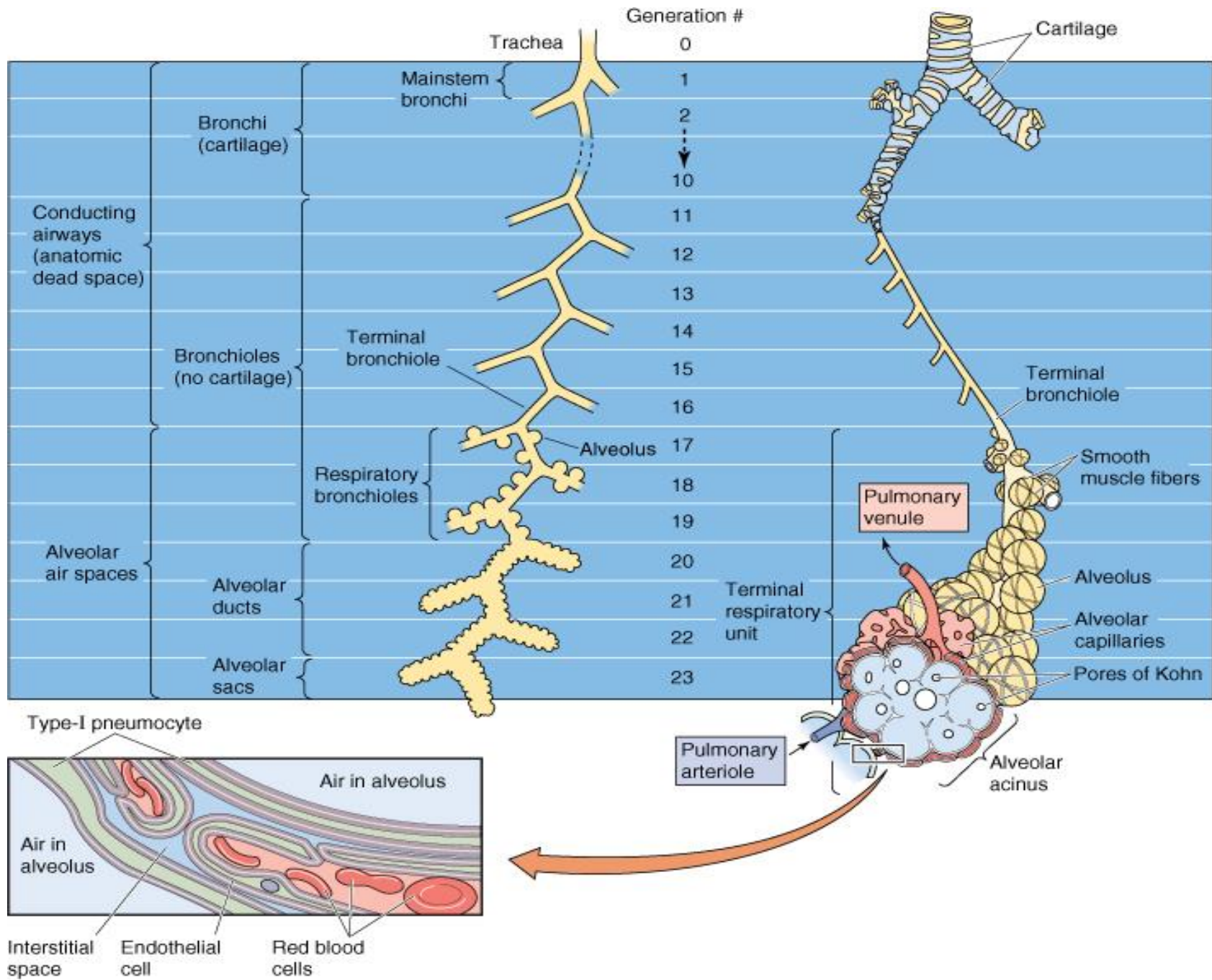
Vnější dýchání zahrnuje ventilaci, distribuci a difuzi plynů - aby bylo účinné, musí na to navazovat perfúze (prokrvení) plic

# DÝCHACÍ SOUSTAVA, JEJÍ FUNKCE

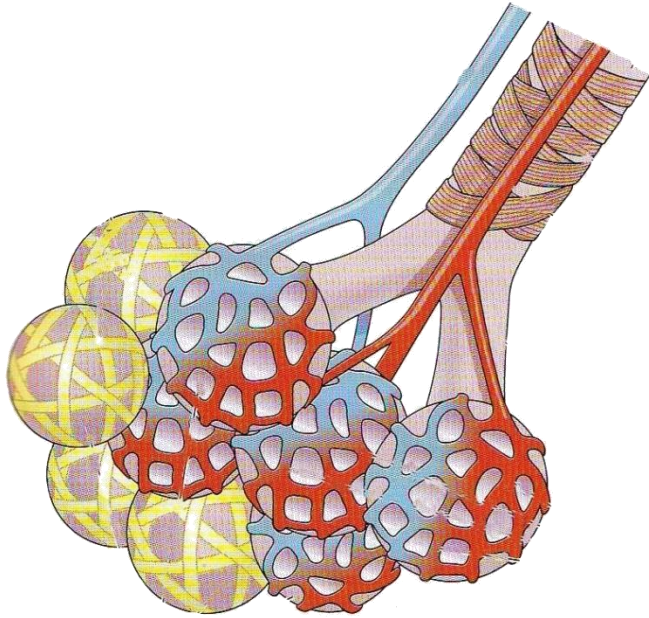


## Funkce dýchacích cest:

- zbavování mechanických nečistot – zachycení ve vrstvičce hlenu (řasinky ho pak sunou do faryngu)
- bariéra proti vniknutí infekce – lymfatická tkáň
- úprava teploty vdechovaného vzduchu – na tělesnou teplotu, zvlhčení
- aktivita hl. svaloviny – ovlivňuje plicní ventilaci
- hlasové vazy → základní tón



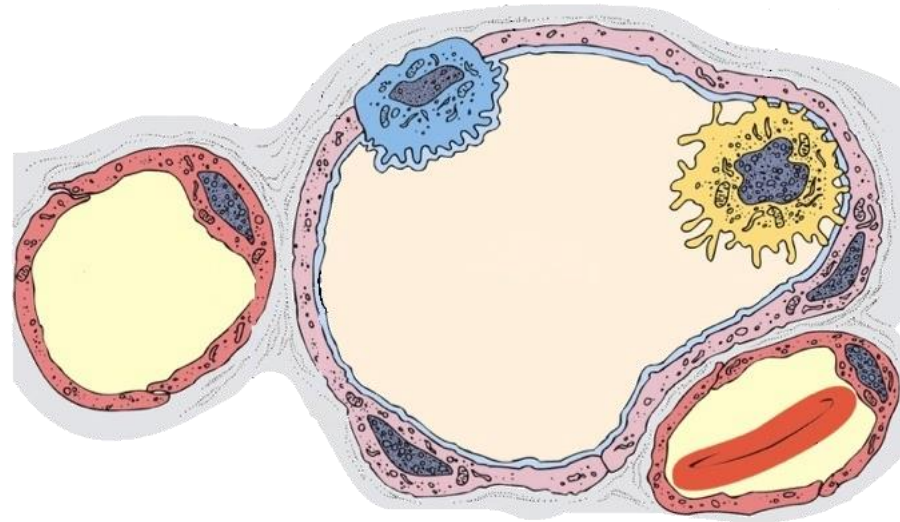
# ALVEOLÁRNÍ SYSTÉM



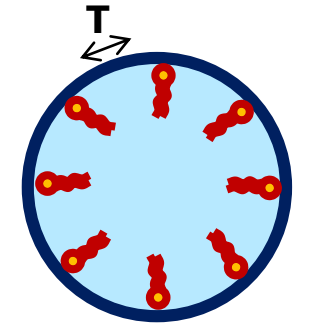
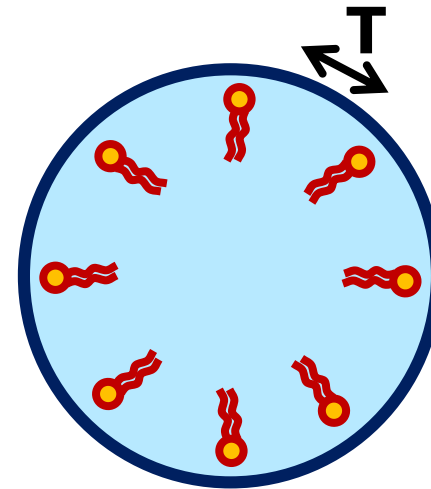
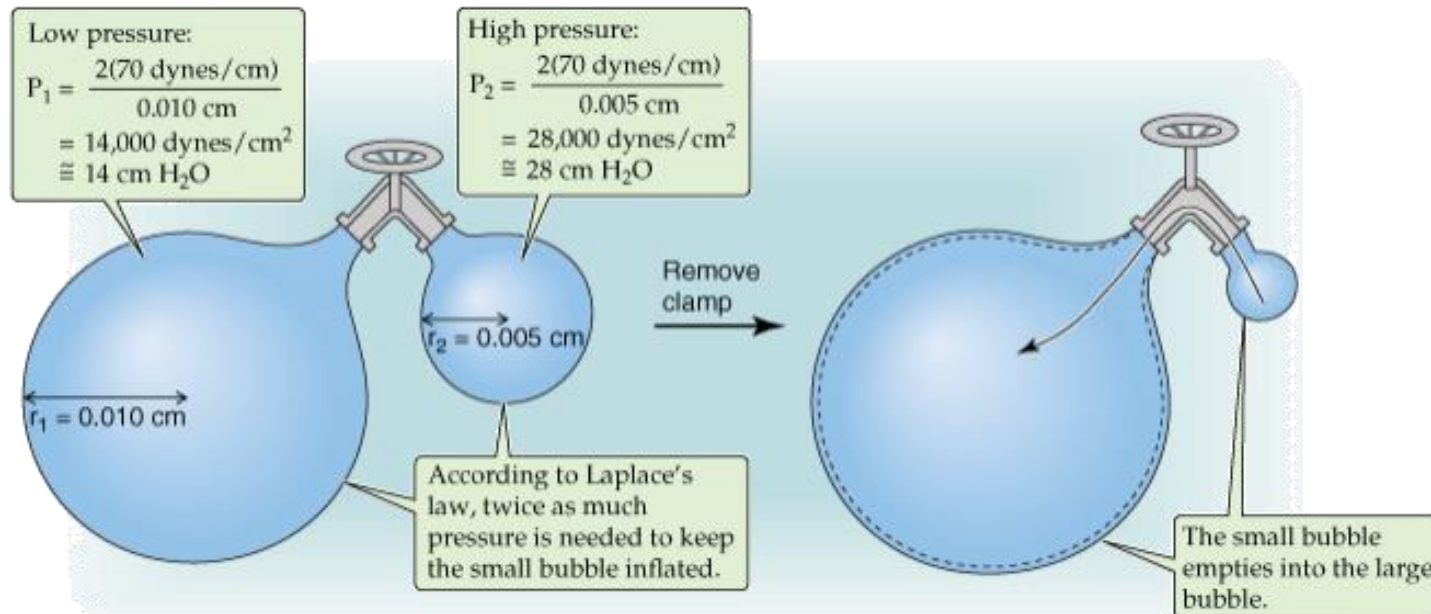
Průměr alveolů: 0,1 – 0,3 mm  
Počet alveolů: 300 – 400 milionů  
Plocha alveolů: 50 – 100 m<sup>2</sup>  
Tloušťka alveolu: desetina  $\mu\text{m}$   
→ **Účinná výměna plynů**

## Složení alveolu

- Pneumocyt I. typu - tvoří membránu alveolu
- Pneumocyt II. typu - tvorba surfaktantu
- Kapiláry – často menší než velikost krvinky
- Makrofágy



# LAPLACEŮV ZÁKON



$$P = \frac{2T}{r}$$

**Laplaceův zákon** (při konstantní tenzi):

čím větší je poloměr alveolu, tím menší je tlak v alveolu

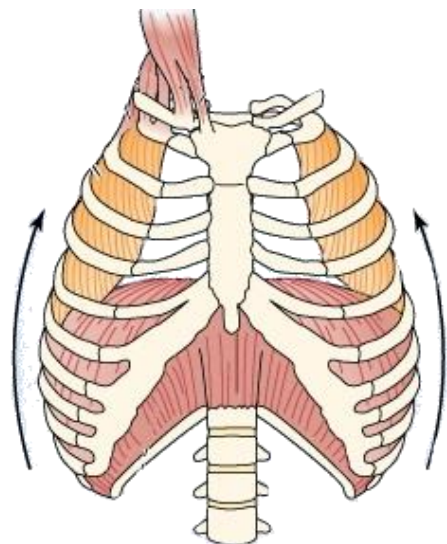
→ docházelo by k přesunu vzduchu z menšího alveolu do většího

→ kolaps menších alveolů

P: tlak v alveolu, T: tenze alveolární stěny, r: poloměr alveolu

# DÝCHACÍ SVALY

Vdechové svaly



## a) hlavní:

- diaphragma (80 % dechové práce)
- musculi intercostales externi

## b) pomocné:

- musculi scaleni
- m.serratus anterior, posterior superior
- m.latissimus dorsi
- m.pectoralis major, minor
- m.subclavius
- m.sternocleidomastoideus



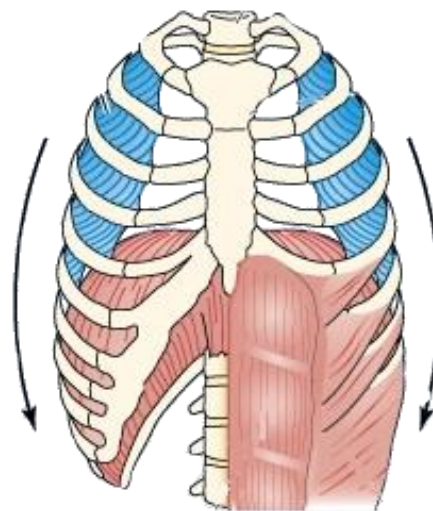
Výdechové svaly

## a) hlavní:

- musculi intercostales interni

## b) pomocné:

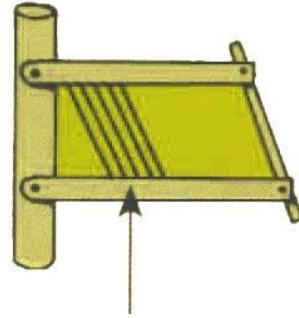
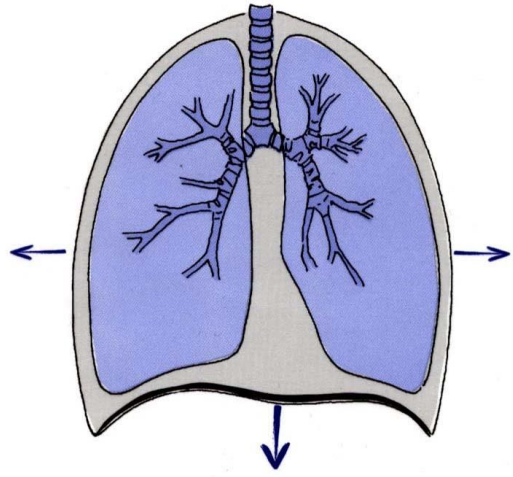
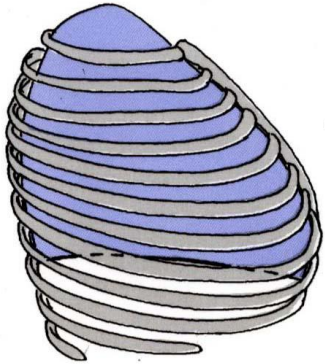
- svaly stěny břišní
- m.serratus posterior inferior
- m.quadratus lumborum





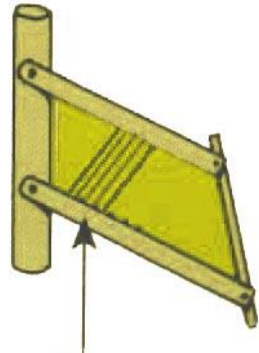
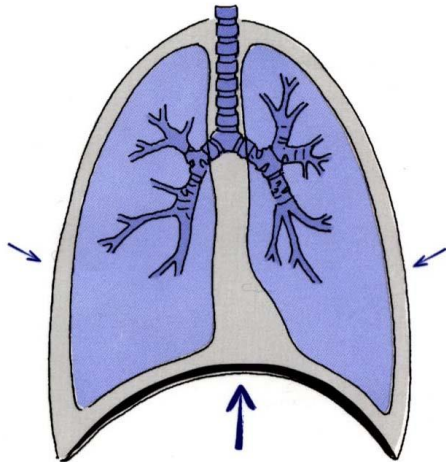
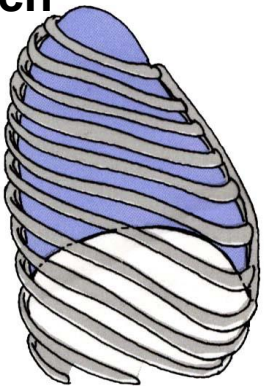
# DÝCHACÍ SVALY

**nádech**



**Nádech je aktivní**

**výdech**

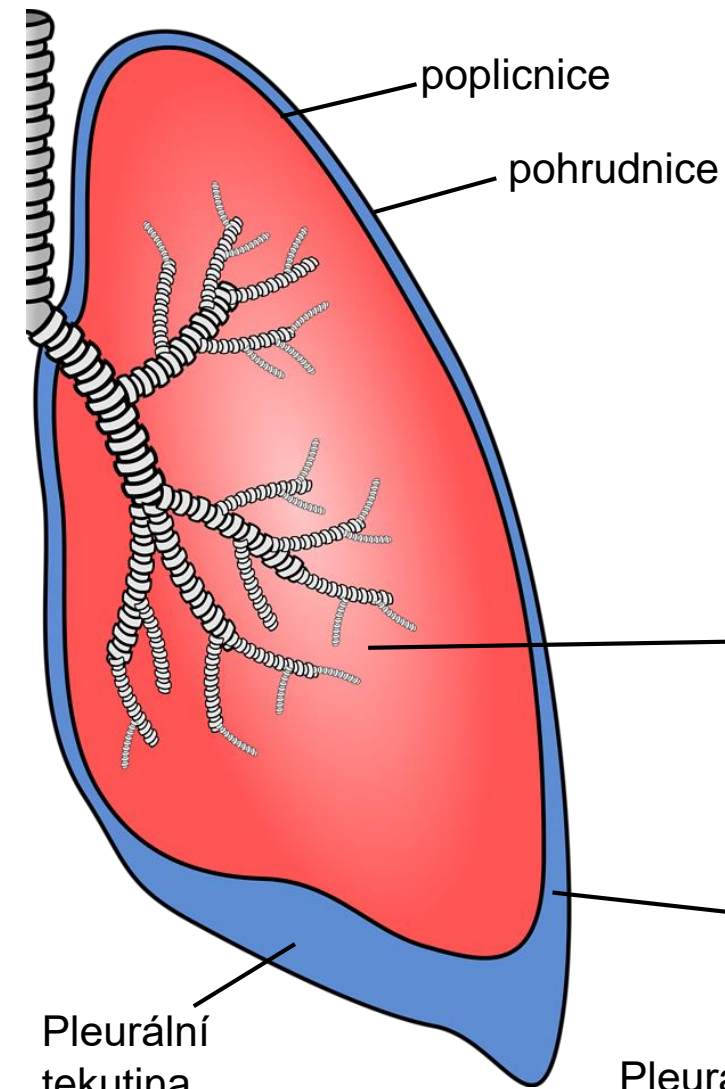


**Klidový výdech pasivní**

- elastické vlastnosti plic a hrudního koše

**Usilovný výdech je aktivní**

# TLAKY V PLICÍCH



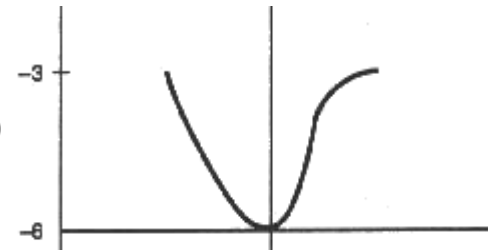
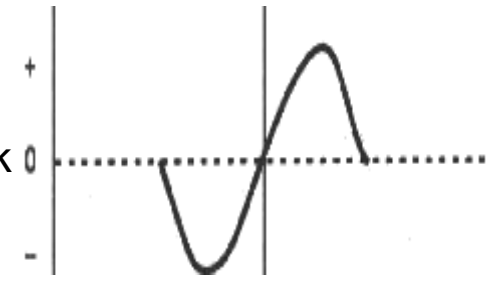
pohrudnice

Pleurální tekutina

Pleurální štěrbina – mezi poplicnicí a pohrudnicí

Alveolární (pulmonální) tlak

Pleurální tlak (vždy záporný)



# SLOŽENÍ VZDUCHU

## SLOŽENÍ SUCHÉHO ATMOSFERICKÉHO VZDUCHU

$O_2$	20,95 %	$F_{O_2} \approx 0,21$
$N_2$	78,09 %	$F_{N_2} \approx 0,78$
$CO_2$	0,03 %	$F_{CO_2} = 0,0004$
Ostatní složky		

## BAROMETRICKÝ TLAK VZDUCHU NA ÚROVNI MOŘE

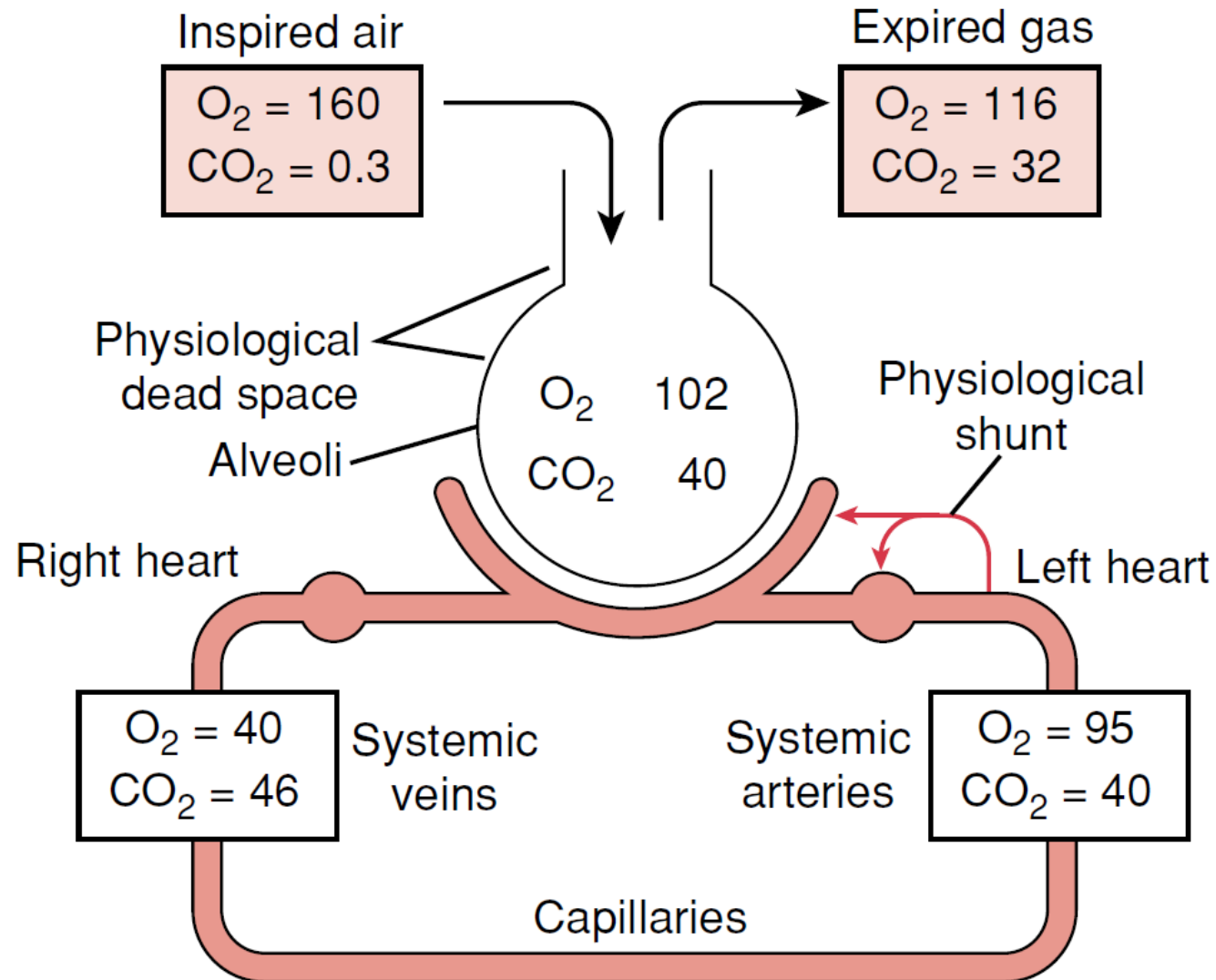
1 atmosféra = 760 mm Hg

## PARCIÁLNÍ TLAKY PLYNŮ SUCHÉHO VZDUCHU NA ÚROVNI MOŘE

$$\begin{aligned} P_{O_2} &= 760 \times 0,21 = \sim 160 \text{ mm Hg} \\ P_{N_2} &= 760 \times 0,78 = \sim 593 \text{ mm Hg} \\ P_{CO_2} &= 760 \times 0,0004 = \sim 0,3 \text{ mm Hg} \end{aligned}$$

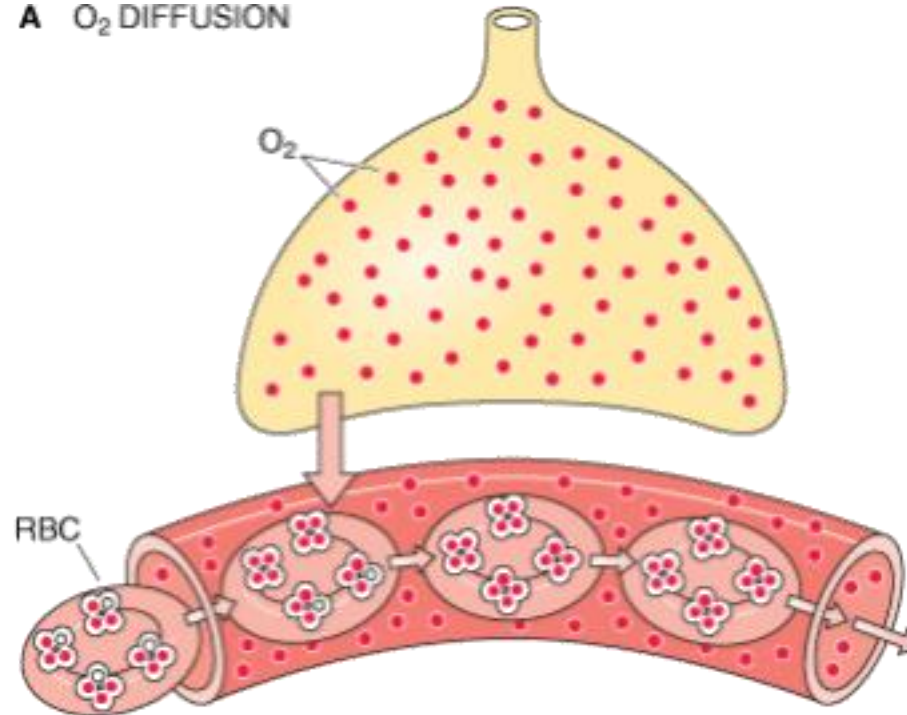
1 kPa = 7,5 mm Hg (torr)

# DIFUZE PLYNŮ



# TRANSPORT O<sub>2</sub>

A O<sub>2</sub> DIFFUSION

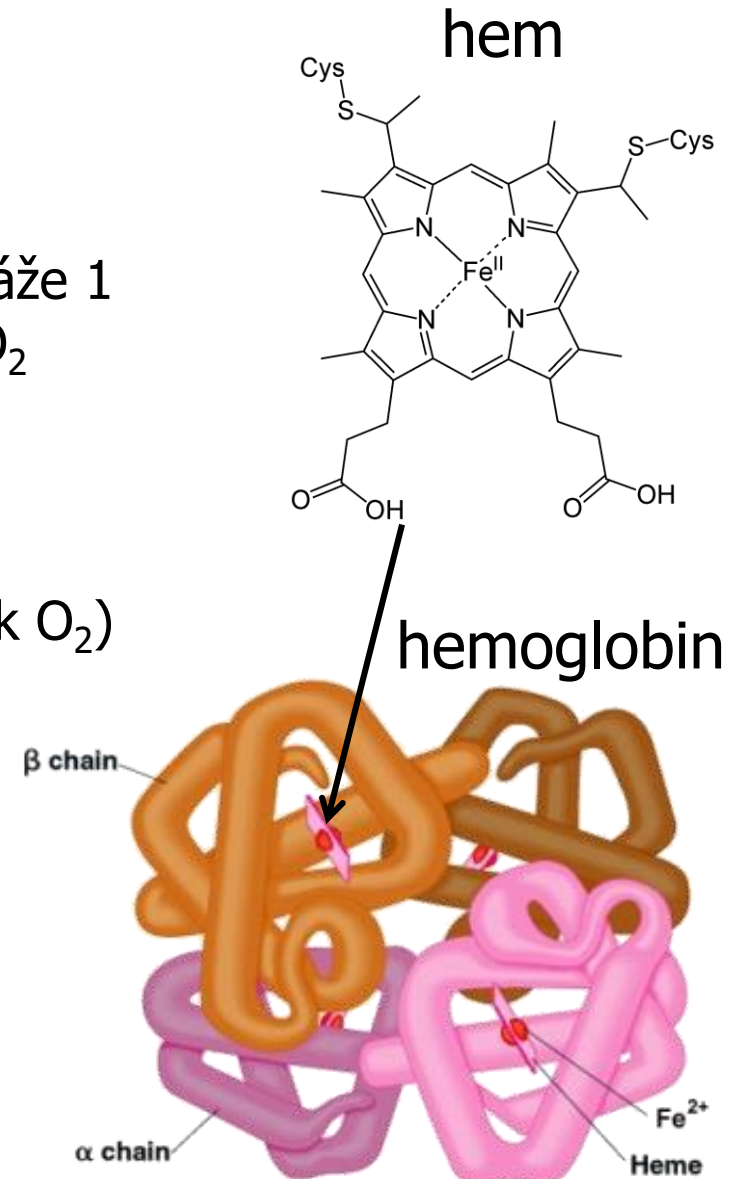


O<sub>2</sub> je přenášen krví:

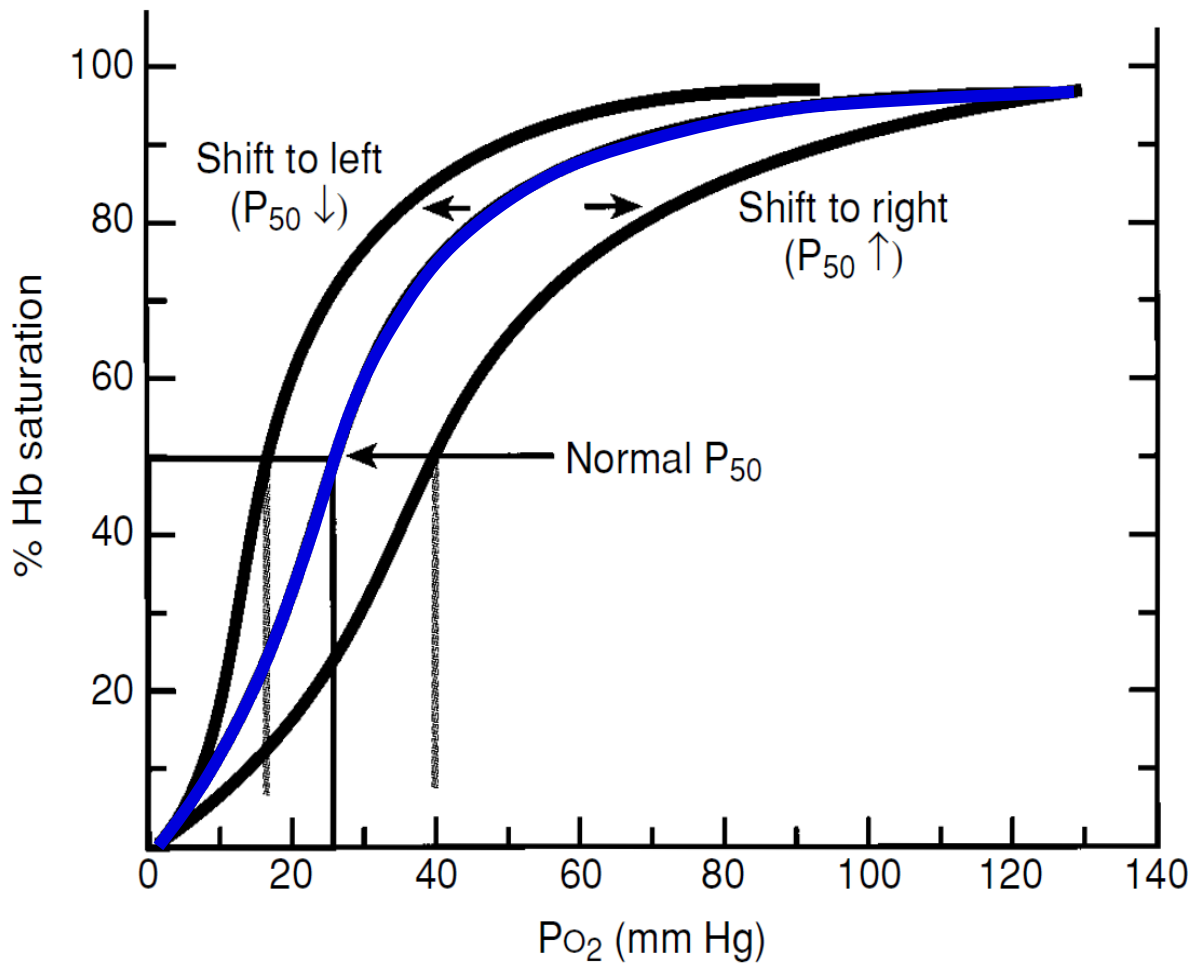
- Fyzikálně rozpuštěný (1%)
- V chemické vazbě s Hb (99%)

# HEMOGLOBIN

- Hemoglobin:
  - 2  $\alpha$ , 2  $\beta$  podjednotky,
  - Každá podjednotka má 1 hem, který váže 1  $O_2$  → hemoglobin váže 4 molekuly  $O_2$
- Fetální hemoglobin (2 $\alpha$ , 2 $\gamma$ , vysoká afinita k  $O_2$ )
- Methemoglobin ( $Fe^{3+}$ )
- Karboxyhemoglobin (otrava CO)
- Karbaminohemoglobin (navázaný  $CO_2$ )
- Oxyhemoglobin (navázaný  $O_2$ )
- Deoxyhemoglobin (bez navázaného plynu)



# DISOCIAČNÍ KŘIVKA



Vazebnou křivku Hb ovlivňují změny:

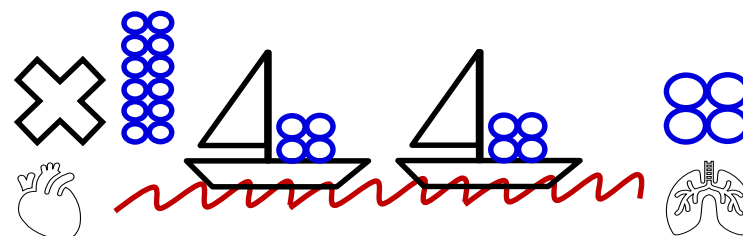
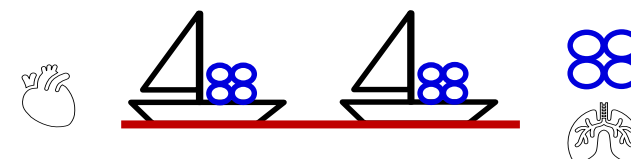
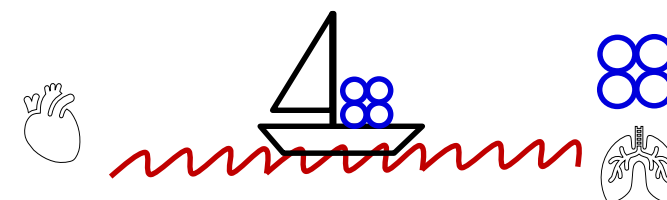
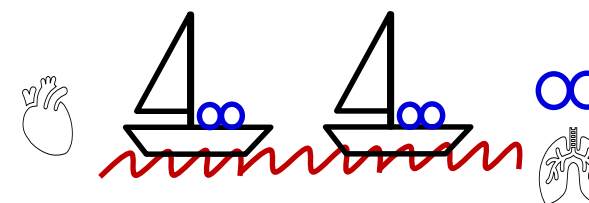
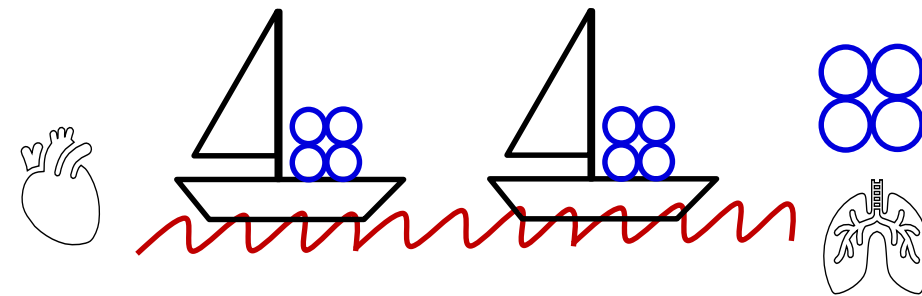
- pH krve
- Obsahu  $CO_2$  v krvi
- Teploty
- Koncentrace 2,3 - BPG

# HYPOXIE

nedostatek kyslíku ve tkáních (neplést s ischemií)

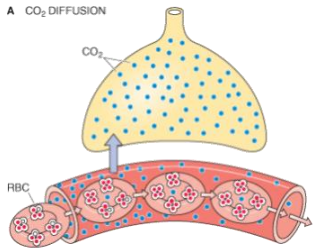
(ischemie – nedostatečné prokrvení tkáně – zahrnuje hypoxii, hyperkapnii, nahromadění metabolitů, nedostatek živin,....)

- Hypoxická hypoxie – méně  $pO_2$  v arteriální krvi (menší % kyslíku ve vzduchu, vyšší nadmořská výška, porucha dýchacích svalů, dechového centra, opiáty, porucha ventilace-perfuze, snížená difuze přes alveolární membránu)
- Anemická hypoxie – porucha přenosu kyslíku krví (méně krvinek, méně hemoglobinu, nefunkční hemoglobin, otrava CO)
- Ischemická (cirkulační, stagnační) hypoxie – snížený průtok krve tkání (obstrukce arterie, selhávání srdce)
- Histotoxická hypoxie - porušené využití  $O_2$  buňkami (toxiny, kyanid)



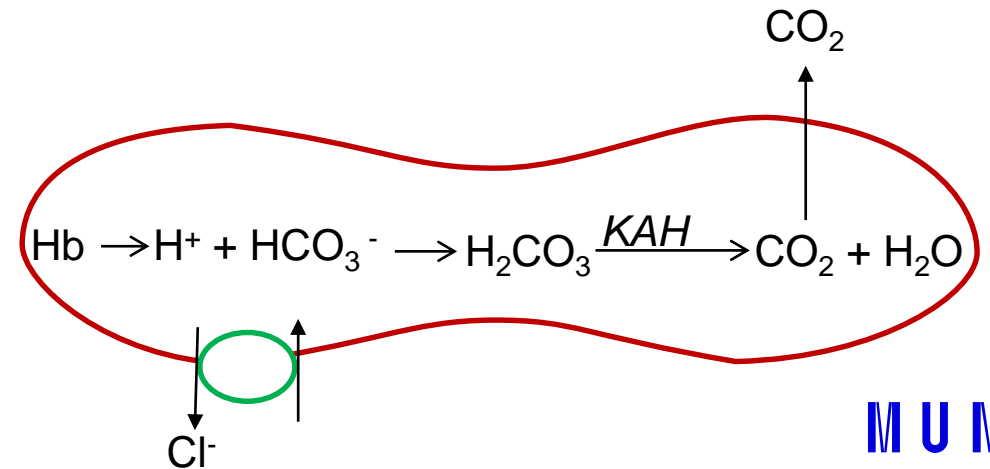
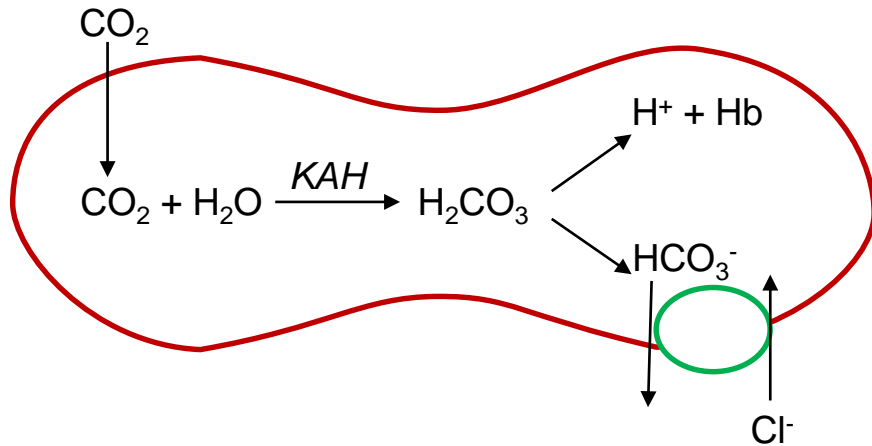


# TRANSPORT CO<sub>2</sub>

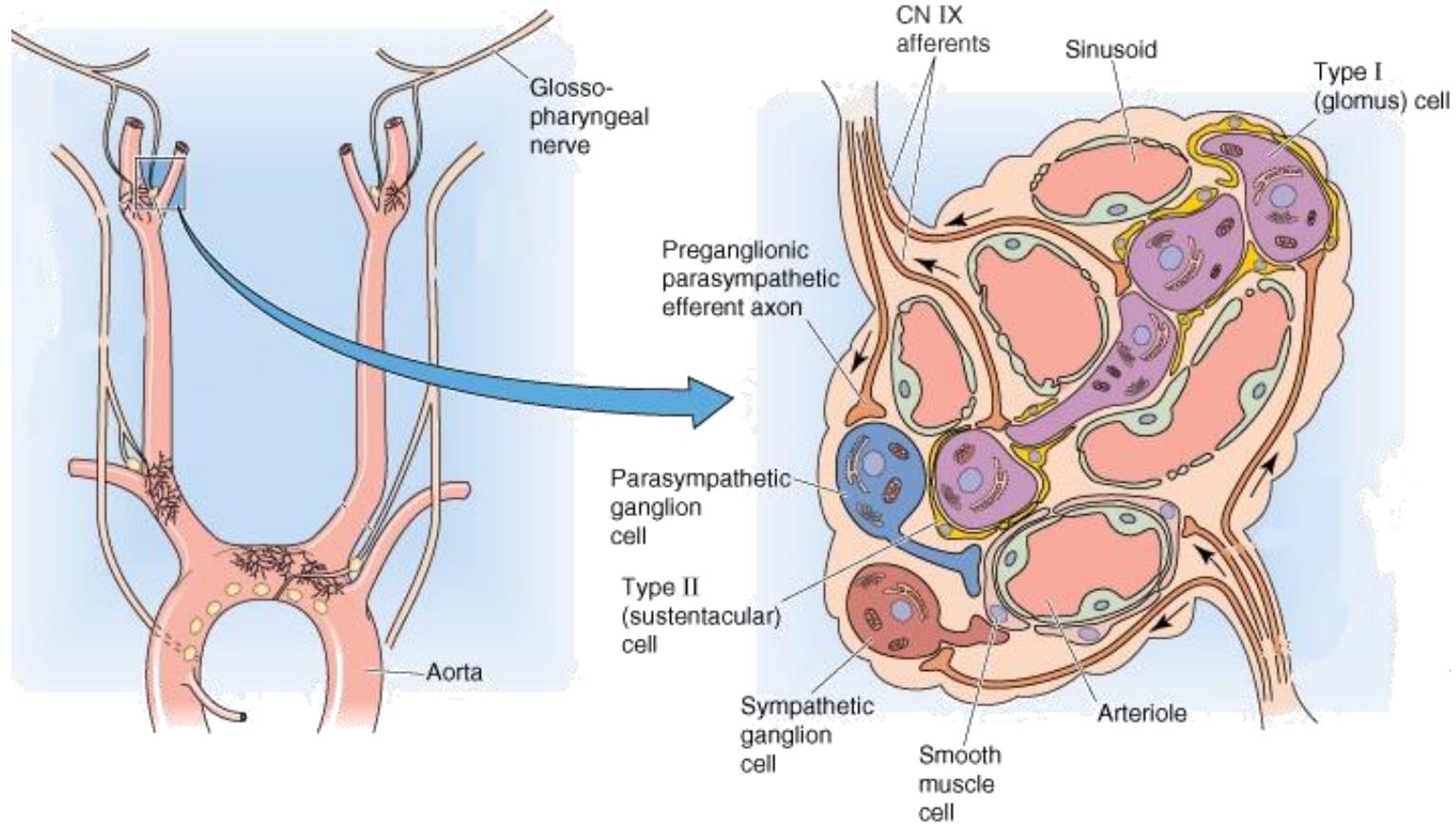


CO<sub>2</sub> je přenášen krví:

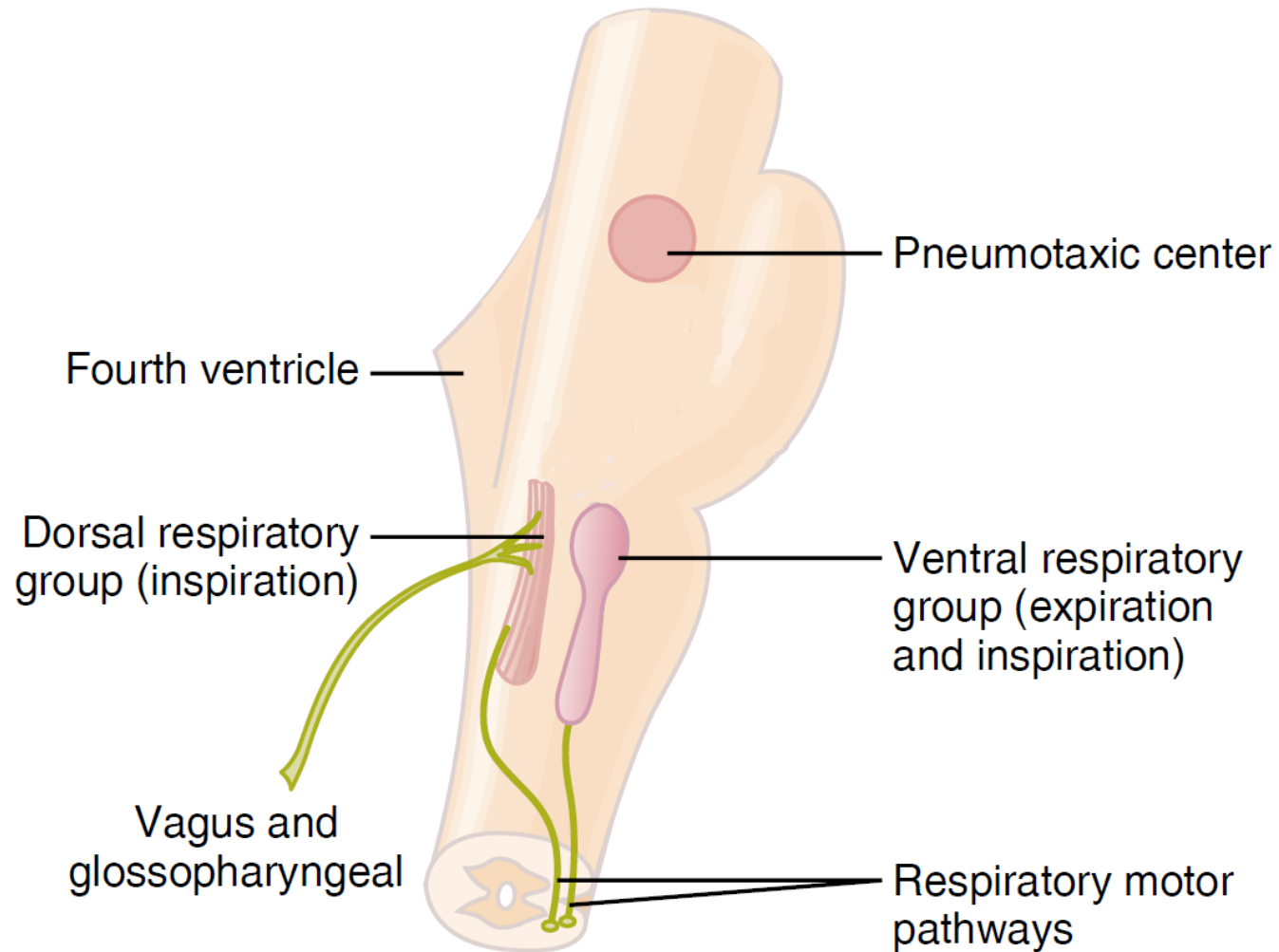
- Fyzikálně rozpuštěný (5%)
- Ve formě bikarbonátových aniontů (85%)
- V chemické vazbě s Hb a plazmatickými proteiny (10%)



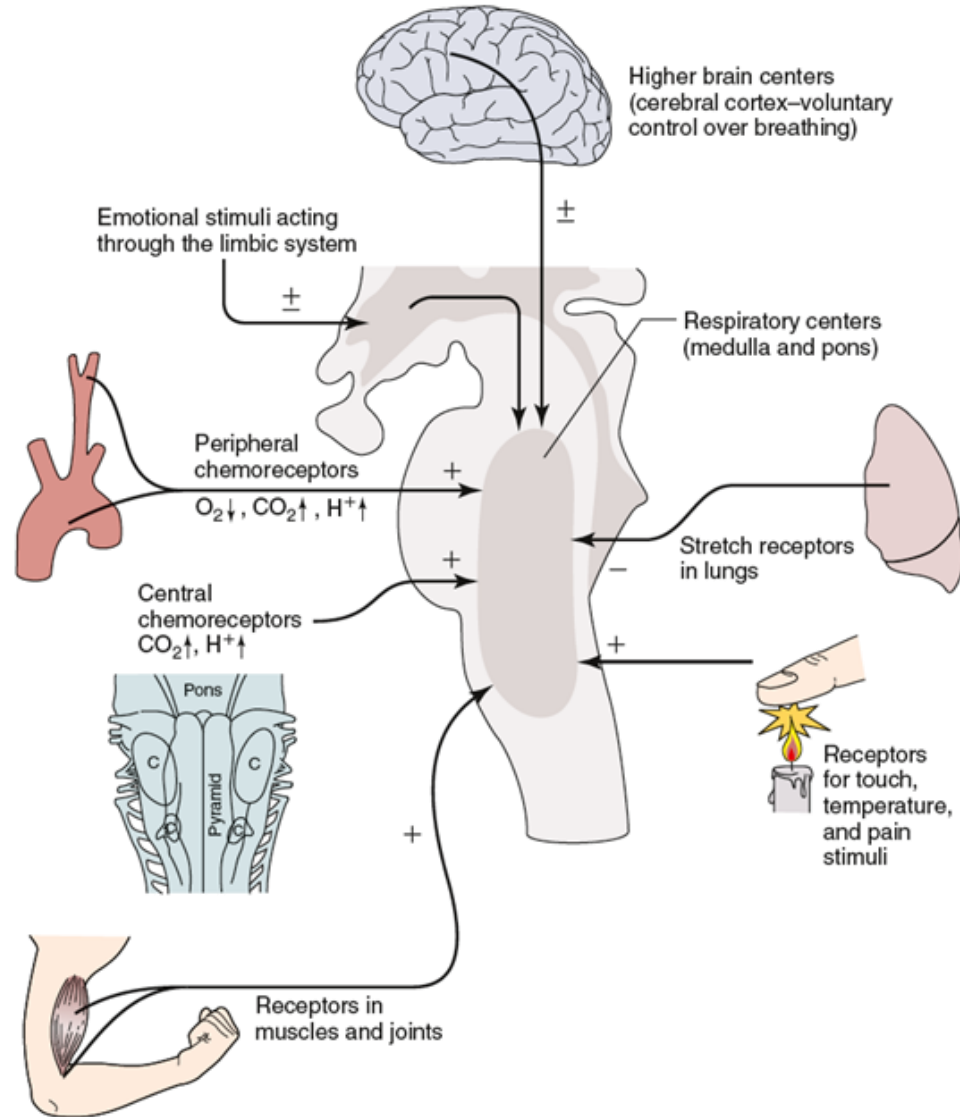
# CHEMICKÁ REGULACE



# REGULACE DÝCHÁNÍ



# REGULACE DÝCHÁNÍ



# OCHRANNÉ A OBRANÉ DÝCHACÍ REFLEXY

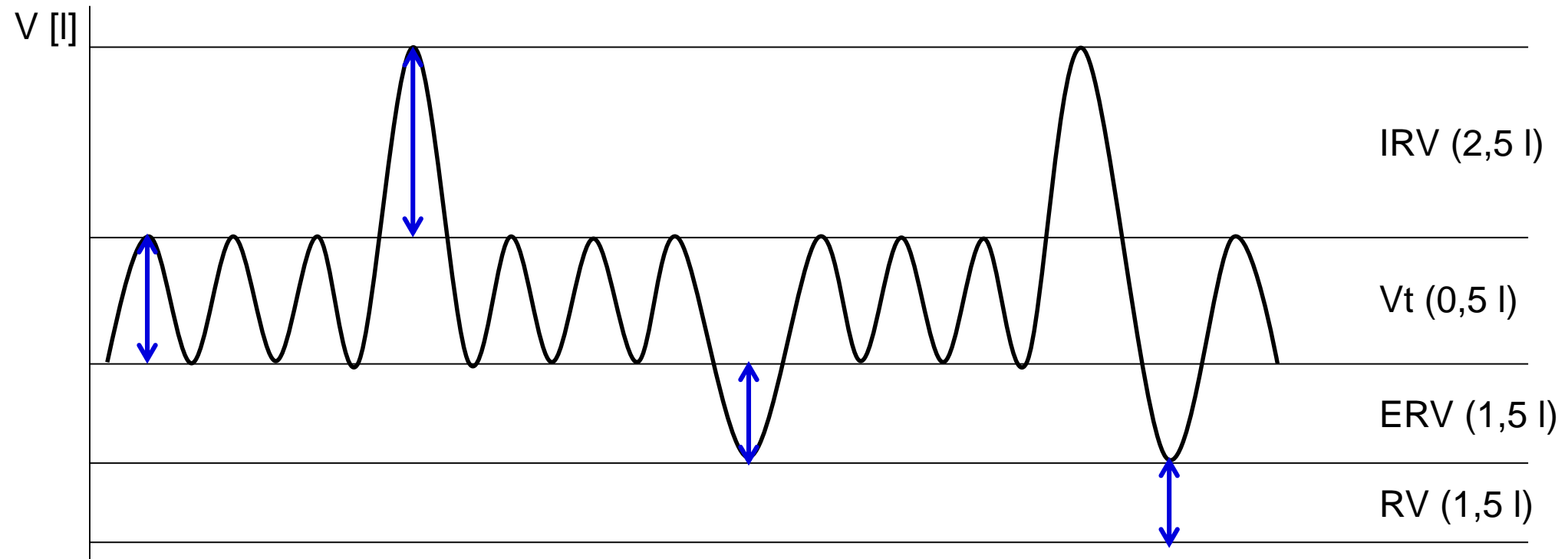
- **Kratschmerův apnoický reflex** – různé škodliviny a chemické látky podrážděním sliznice nosu vyvolají zpomalení až zástavu dýchání, laryngo a bronchokonstrikci – ochrana před průnikem škodliviny do plic
- **Diving reflex** – studený podnět na tváři a sliznici nosu vede k zástavě dýchání
- **Laryngální chemoreflex** – podráždění laryngeálních chemoreceptorů vyvolá apnoi, laryngo- a bronchokonstrikci, hypertenzi a bradykardii (zástava dechu a šetření kyslíku pro mozek a srdce během apnoe) – ochrana dolních dýchacích cest před vstupem škodlivých látek
- **Kýchání** – aktivované mechano a chemoreceptory v nose – silný nádech, zvýšení tlaku v plicích při zavřené hlasivkové štěrbině (kompresivní fáze), otevření štěrbině a vypuzení cizího tělesa nebo hleny ven (explozivní fáze)
- **Kašel** - podobně jako kýchání, ale podrážděny jsou receptory laryngu, trachey a bronchů a cílem je posunout cizí těleso nebo hlen jen na laryngus
- **Expirační reflex** – prudká respirace při podráždění hlasivek – ochrana před vstupem tělesa do dolních dýchacích cest

- Kromě výše popsaných reflexů jsou plíce chráněny před poškozením:
  - ✓ přítomností **chlupů** (vibrissae) v dutině nosní (zachytává prachové částice)
  - ✓ přítomností **řasinkového epitelu** krytého hlenem (řasinky posouvají hlen stále jedním směrem – do hltanu, nověji se hovoří o tzv. mukociliárním eskalátoru).
  - ✓ **plicními alveolární makrofágy** (fagocytují cizorodé, např. prachové částice)
  - ✓ přítomností **protilátek** v bronchiálním sekretu (IgA)

# SPIROMETRIE

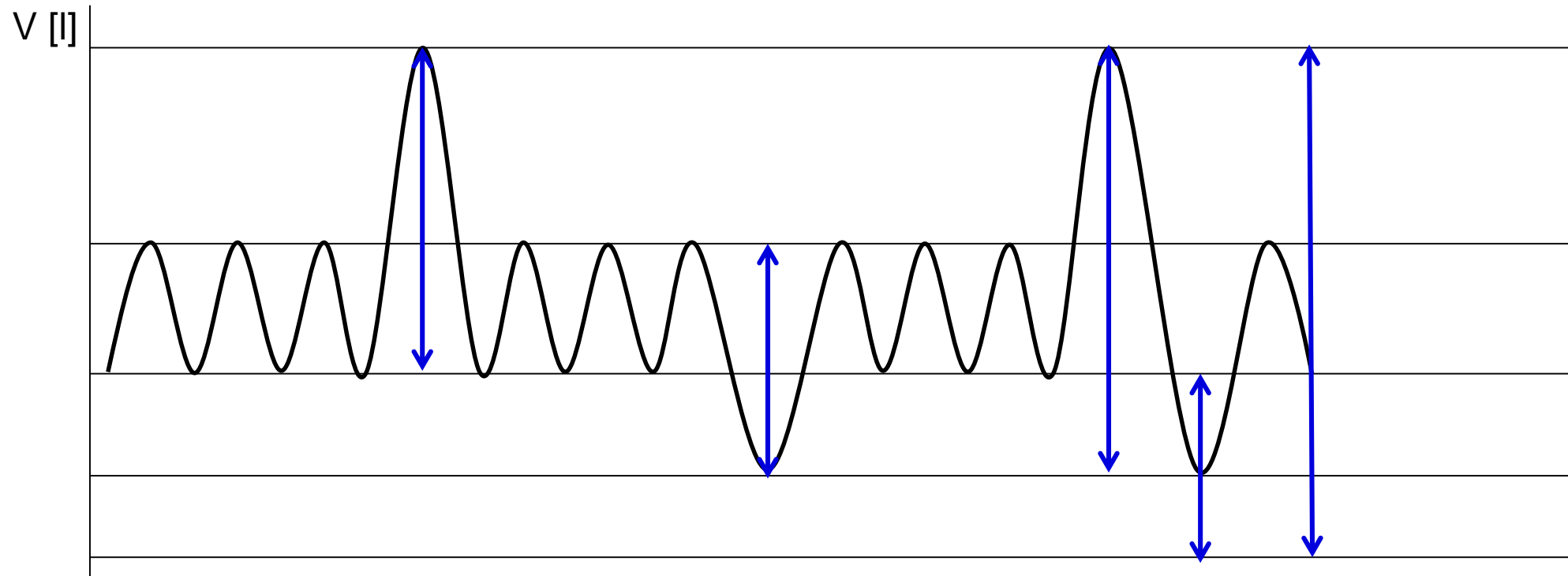
- **Principem** je stanovení rychlosti proudění vzduchu z měřených rozdílů tlaků mezi vnitřní a vnější stranou membrány spirometru, objemy jsou dopočítávány (spirometry systému PowerLab).
- **Principem** je měření rychlosti proudění vzduchu definovaným průřezem z otáček turbíny a objemy jsou dopočítávány (Cosmed).
- **Kroghův respirometr**

# SPIROMETRIE



- **klidový dechový objem [Vt]** – objem vzduchu vdechnutý do plic z polohy klidového výdechu
- **rezervní inspirační objem [IRV]** – maximální objem vzduchu, který může být usilovně nadechnut navíc po normálním nádechu
- **rezervní expirační objem [ERV]** – maximální objem vzduchu, který může být usilovně vydechnut navíc po normálním výdechu
- **reziduální objem [RV]** – objem vzduchu, který zůstává v plicích po maximálně usilovném výdechu

# SPIROMETRIE

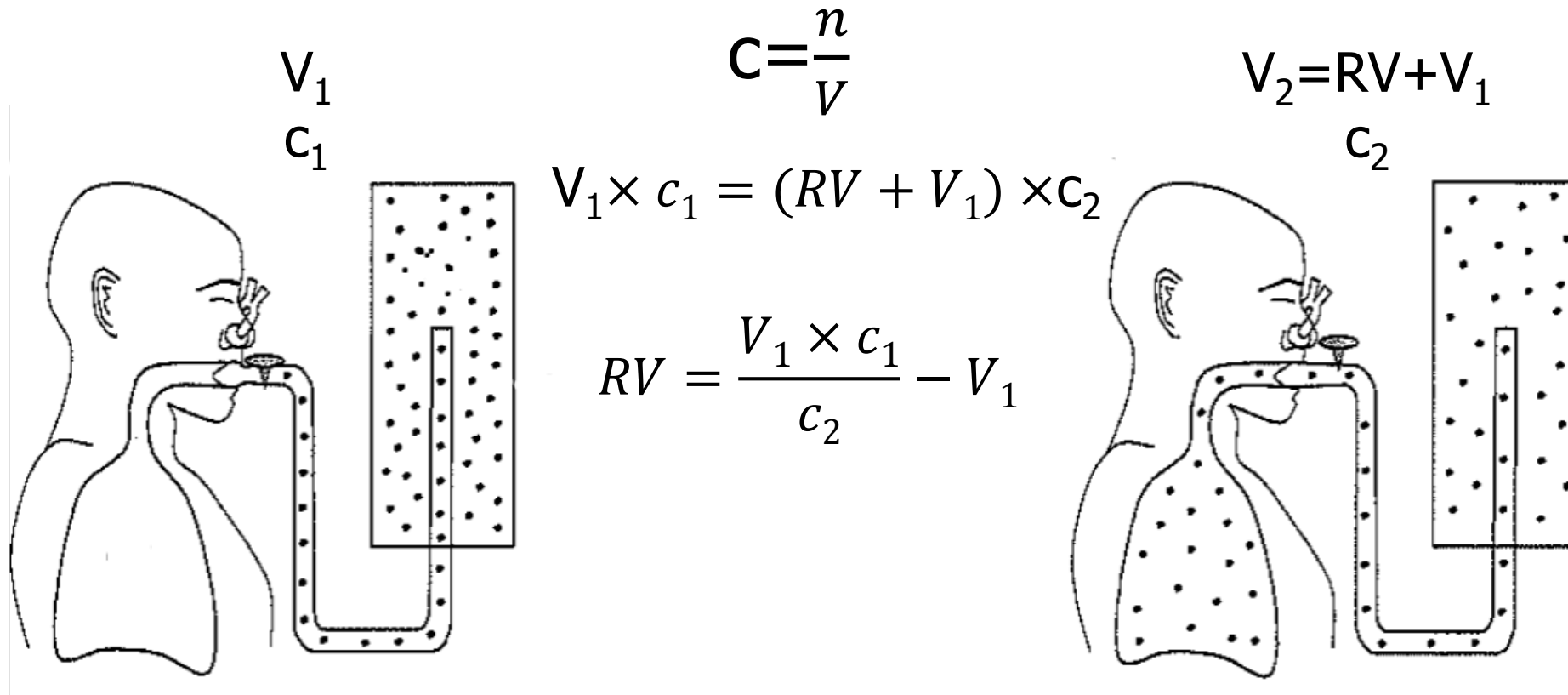


- rezervní inspirační kapacita **[RIC]** =  $IRV + V_t$
- rezervní expirační kapacita **[IRV]** =  $ERV + V_t$
- vitální kapacita plic **[VC]** =  $IVR + V_t + ERV$
- funkční reziduální kapacita **[FRC]** =  $ERV + RV$
- celková plicní kapacita **[TLC]** =  $IRV + V_t + ERV + RV$



# REZIDUÁLNÍ OBJEM

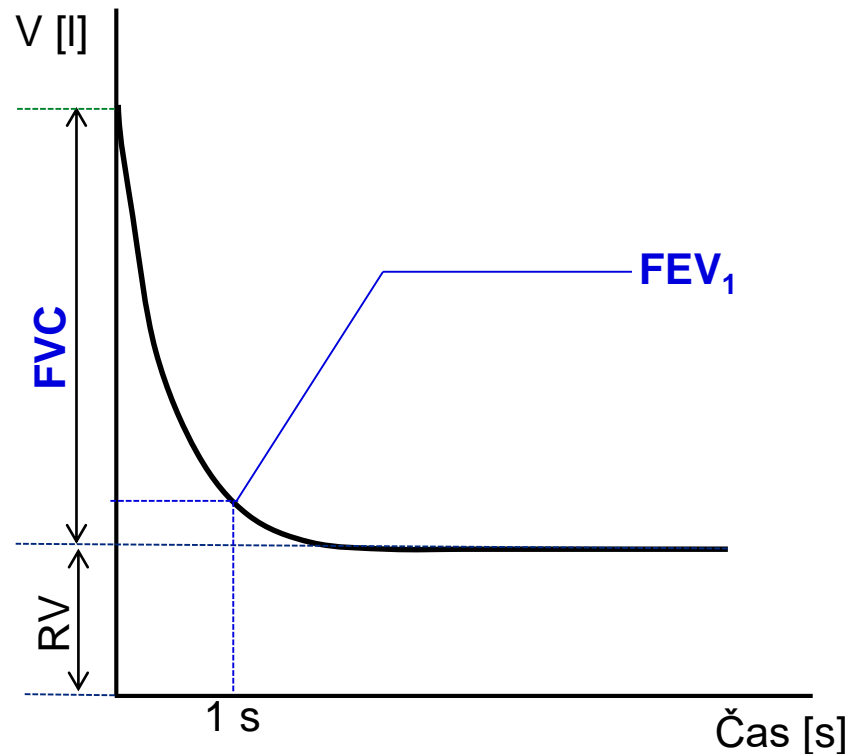
Heliová diluční technika



# SPIROMETRIE

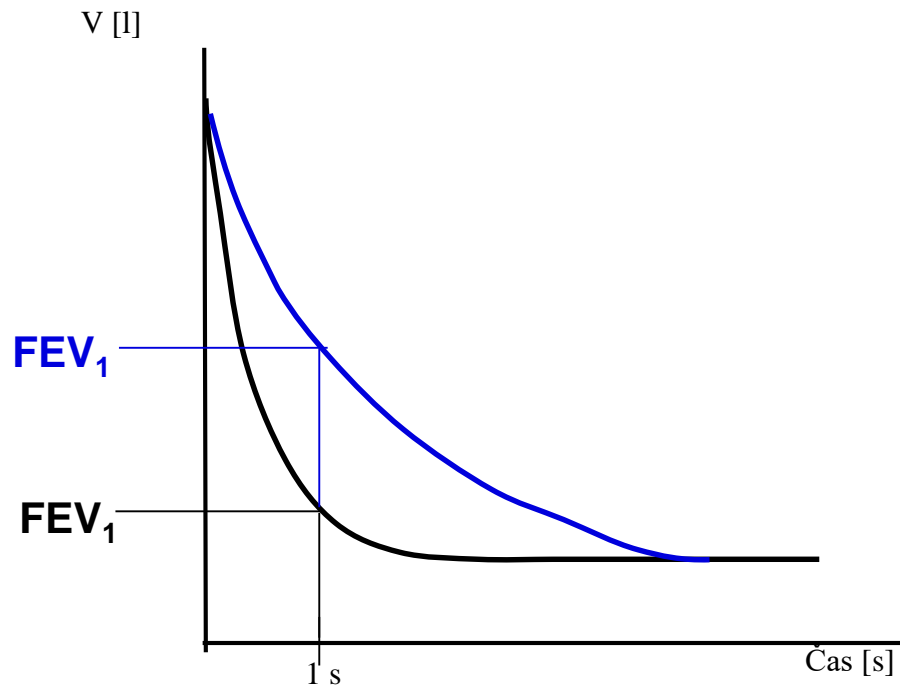
## Dynamické plicní objemy

- Ventilace plic, dechový minutový objem (VE)
- Maximální minutová ventilace (MVV)



- **FVC** – usilovná vitální kapacita; maximální objem vzduchu, který lze po maximálním nádechu prudce vydechnout
- **FEV<sub>1</sub>** – usilovně vydechnutý objem za první sekundu; objem vzduchu vydechnutý s největším úsilím za 1. sekundu po maximální nádechu
- **FEV<sub>1</sub>/FVC (%)** – Tiffeneauův index – kolem 80 %

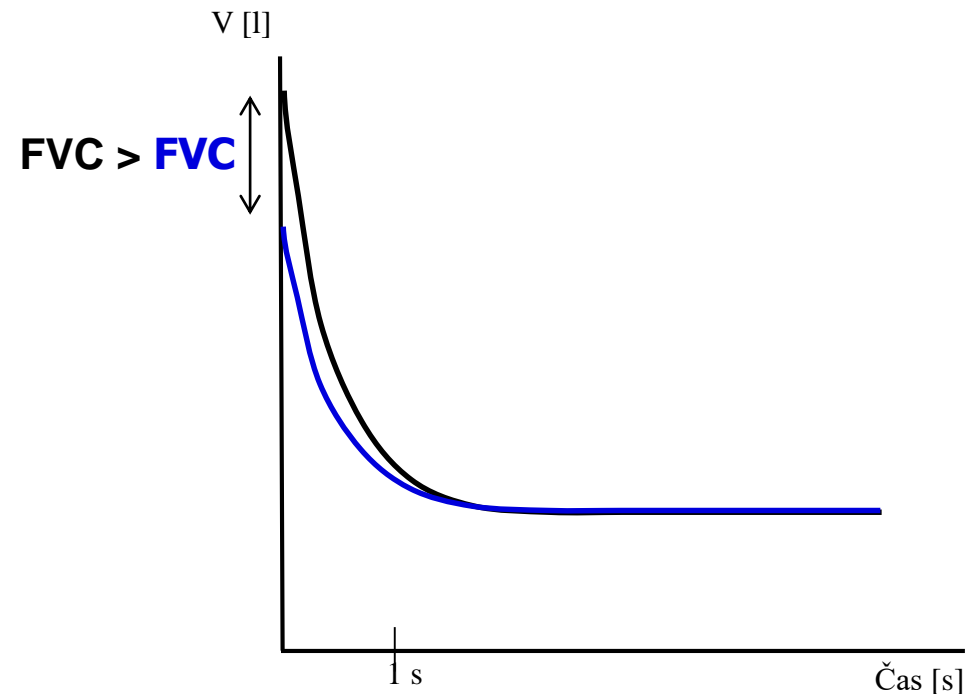
# SPIROMETRIE



## Obstrukční poruchy plic

( $FVC=N$ ;  $FEV_1=\downarrow$ )

- tracheální stenóza
- astma bronchitis
- CHOPN
- nádor v dýchacích cestách



## Restrikční poruchy plic

( $FVC=\downarrow$ ;  $FEV_1=N/\downarrow$ )

### pulmonální příčiny

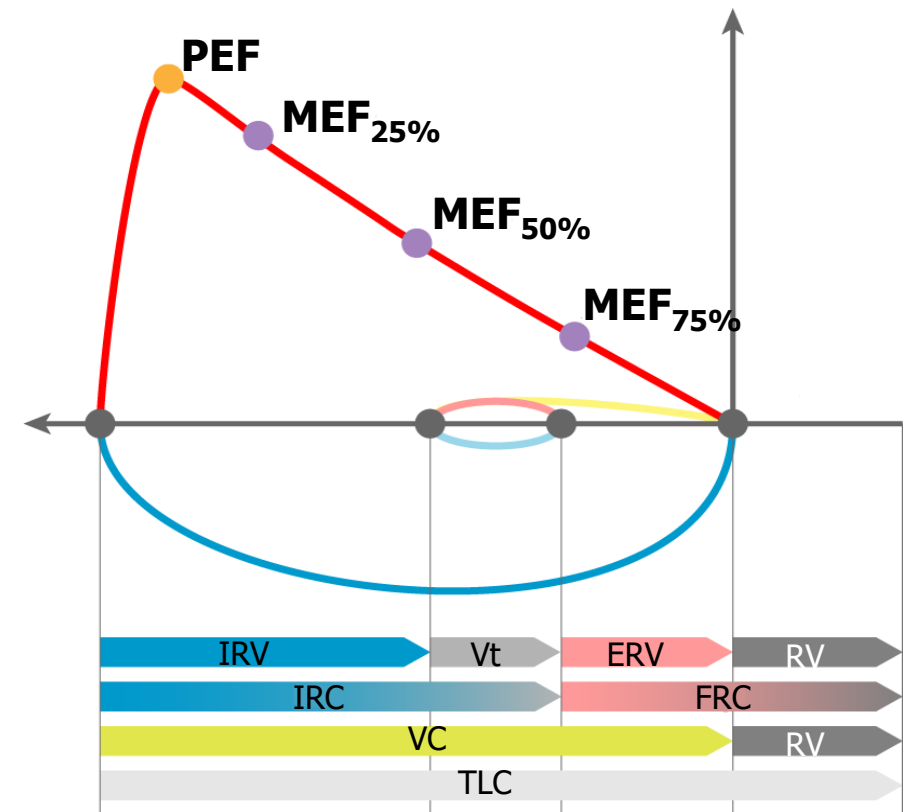
- plicní fibróza
- resekce plic
- plicní edém
- pneumonie

### extrapulmonální příčiny

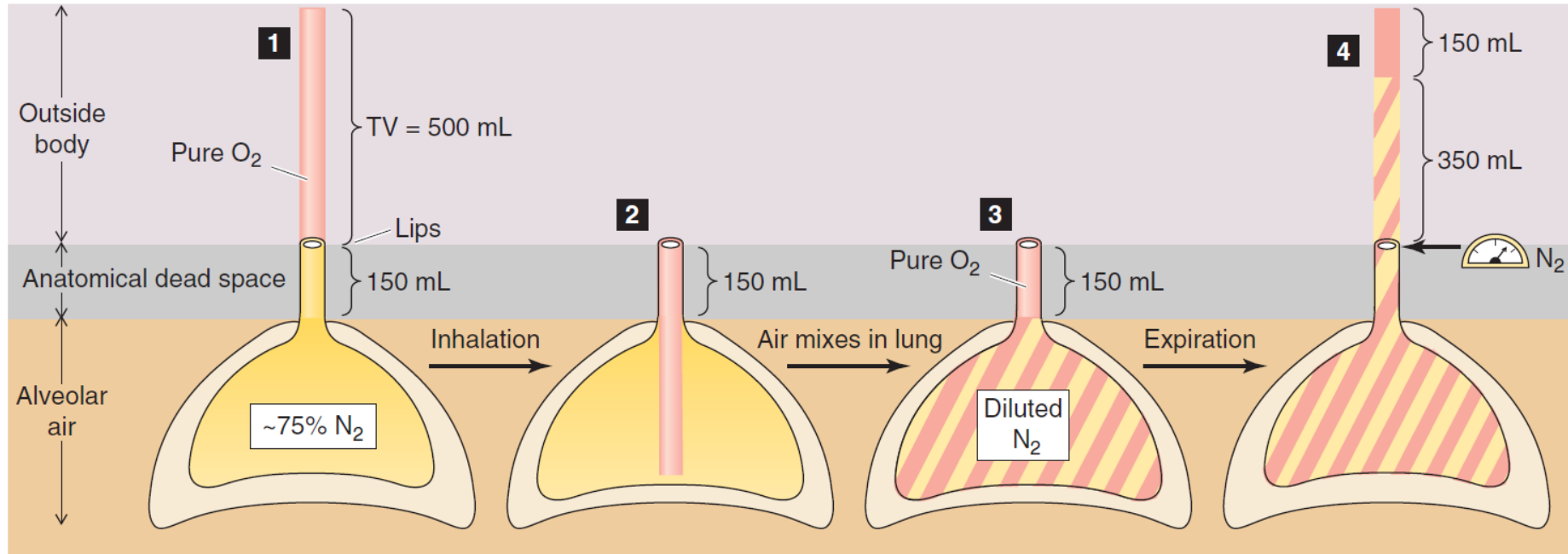
- ascites
- kyfoskolióza
- popáleniny
- vysoký stav bránice

# SPIROMETRIE

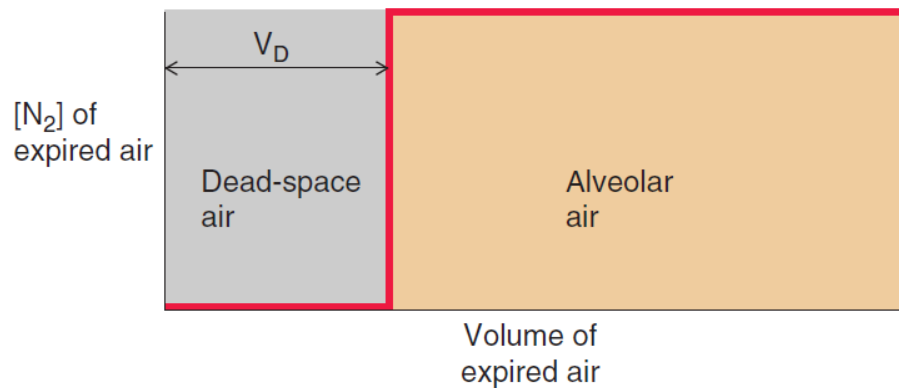
- **PEF** – vrcholový výdechový průtok; nejvyšší rychlost na vrcholu usilovného výdechu (odpovídá vzduchu v horních DC)
- **MEF** – maximální výdechové průtoky (rychlosti) na různých úrovních FVC, kterou je ještě třeba vydechnout (nejčastěji na 75 %, 50 % a 25 % FVC)



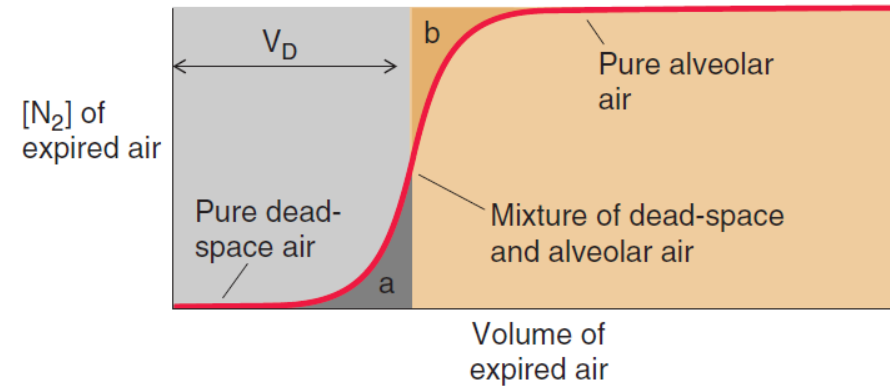
# MRTVÝ PROSTOR



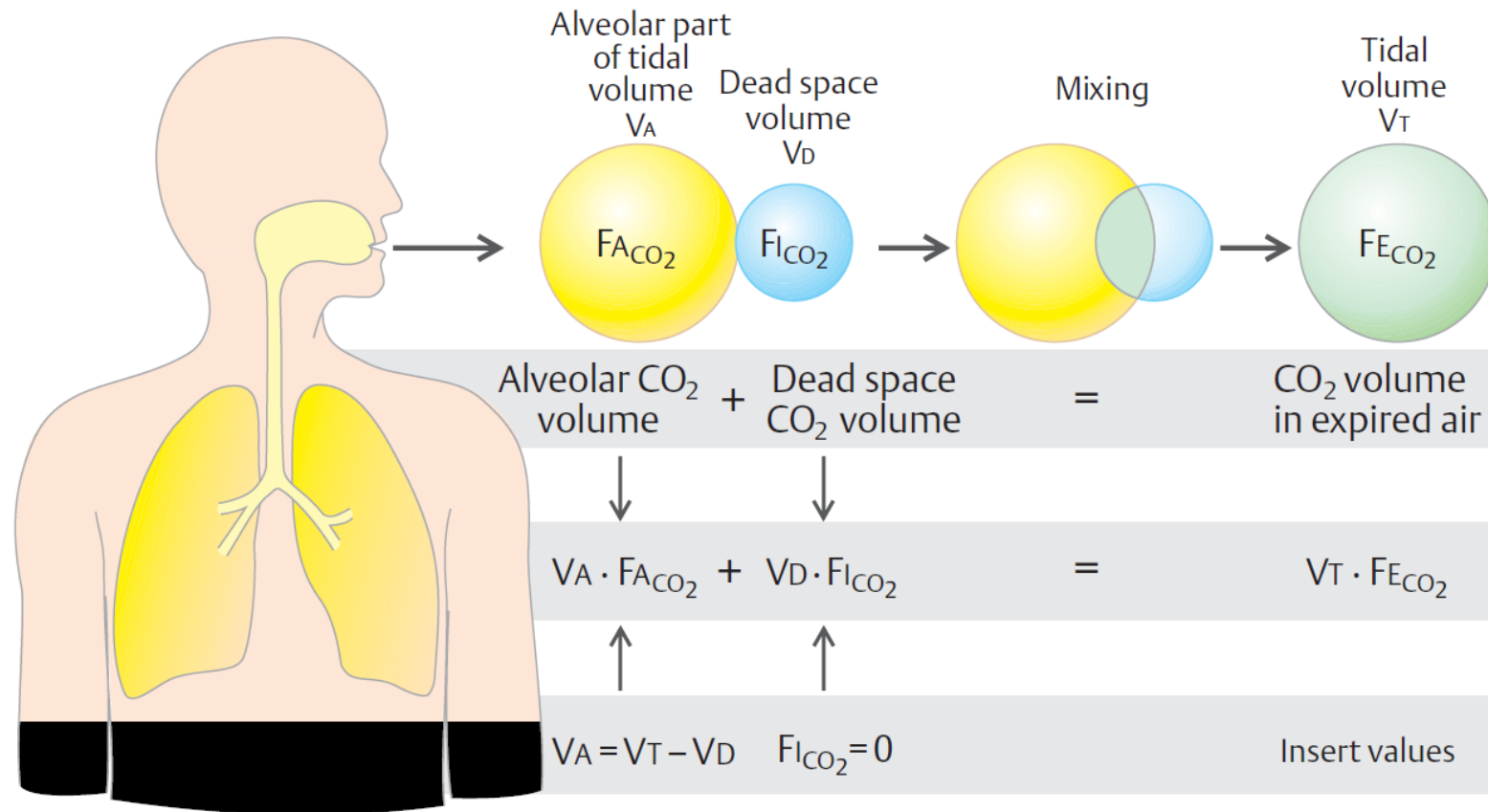
$[\text{N}_2]$  PROFILE OF EXPIRED AIR WITH NO MIXING



MEASURED  $[\text{N}_2]$  PROFILE



# MRTVÝ PROSTOR



Bohr equation

$$\text{Dead space } V_D = \frac{V_T (F_{A_{CO_2}} - F_{E_{CO_2}})}{F_{A_{CO_2}}}$$

Using normal values:

$$V_D = \frac{0.5 (0.056 - 0.040)}{0.056}$$

Dead space  $V_D = 143 \text{ mL}$

**DĚKUJI ZA POZORNOST**