

**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)

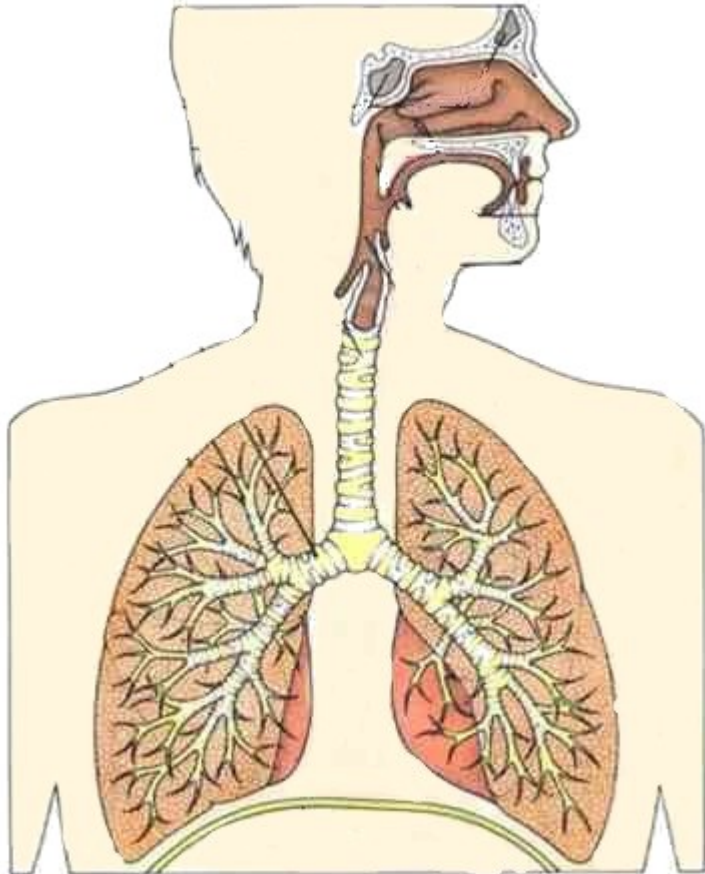
# DÝCHÁNÍ

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

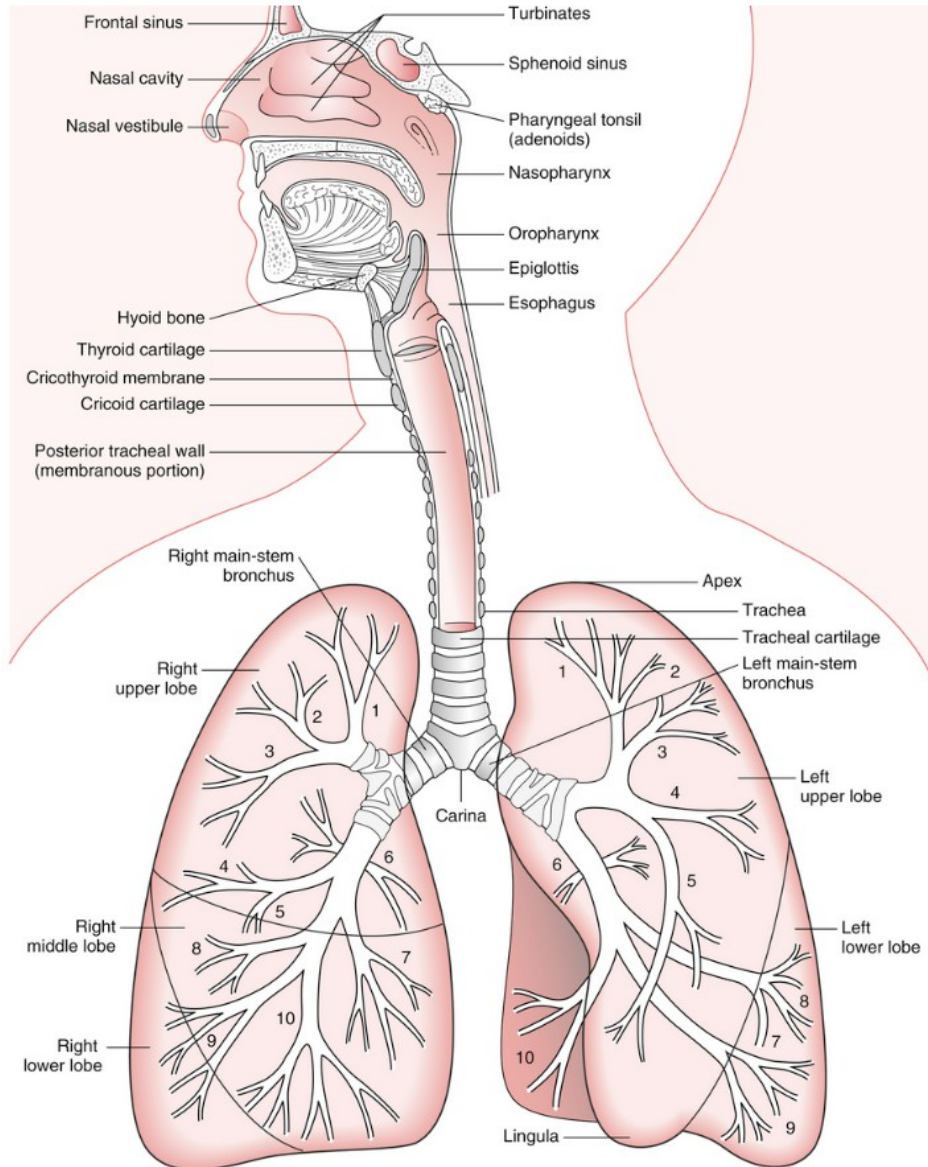
# DÝCHACÍ SOUSTAVA, JEJÍ FUNKCE



## Funkce dýchacích cest:

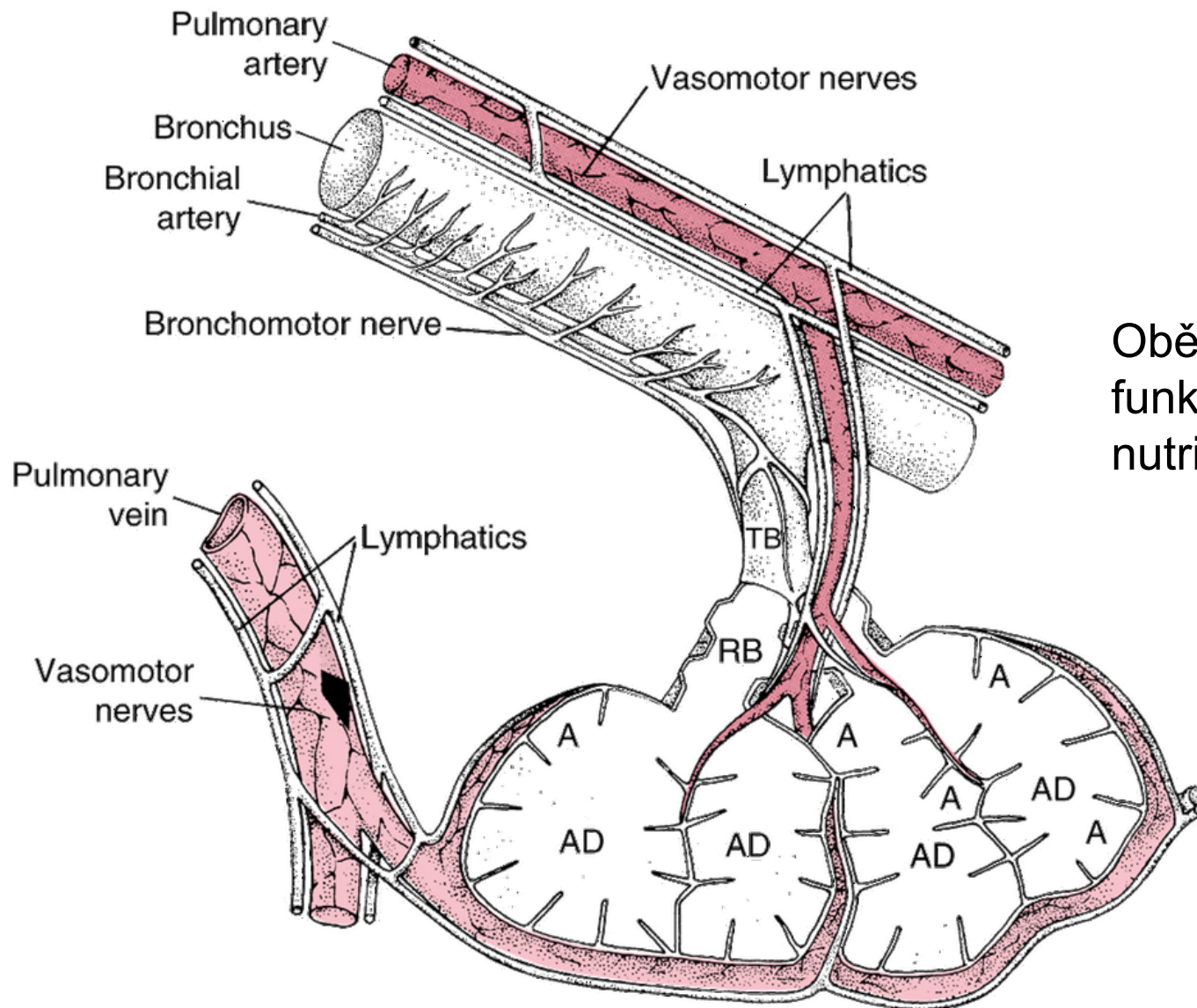
- zbavování mechanických nečistot – zachycení ve vrstvičce hlenu (řasinky ho pak sunou do faryngu)
- bariéra proti vniknutí infekce – lymfatická tkáň
- úprava teploty vdechovaného vzduchu – na tělesnou teplotu, zvlhčení
- aktivita hl. svaloviny – ovlivňuje plicní ventilaci
- hlasové vazy → základní tón

# DÝCHACÍ SOUSTAVA, JEJÍ FUNKCE



	Generation		Diameter, cm	Length, cm	Number	Total cross sectional area, cm <sup>2</sup>	
Conducting zone	Trachea	0	1.80	12.0	1	2.54	
	Bronchi	1	1.22	4.8	2	2.33	
		2	0.83	1.9	4	2.13	
	Bronchioles	3	0.56	0.8	8	2.00	
		4	0.45	1.3	16	2.48	
5		0.35	1.07	32	3.11		
Terminal bronchioles	16	0.06	0.17	$6 \times 10^4$	180.0		
Transitional and respiratory zones	Respiratory bronchioles	17					
		18					
		19	0.05	0.10	$5 \times 10^5$	$10^3$	
	Alveolar ducts	T <sub>3</sub>	20				
		T <sub>2</sub>	21				
		T <sub>1</sub>	22				
Alveolar sacs	T	23	0.04	0.05	$8 \times 10^6$	$10^4$	

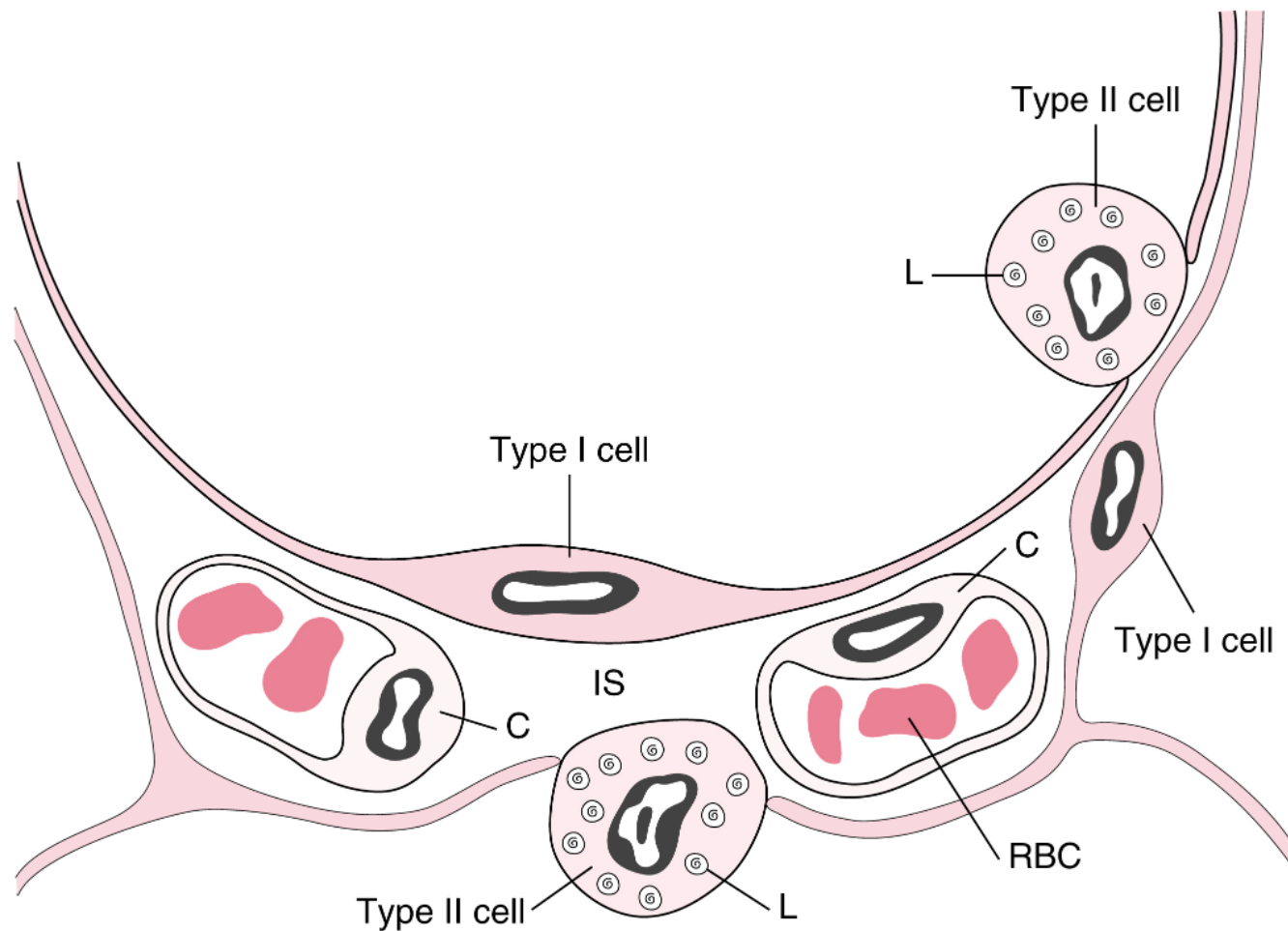
# DÝCHACÍ SOUSTAVA, JEJÍ FUNKCE



Oběh:  
funkční (okysličení krve, krev z pravé komory)  
nutriční (výživa plic, krev z levé komory)



# ALVEOLÁRNÍ SYSTÉM

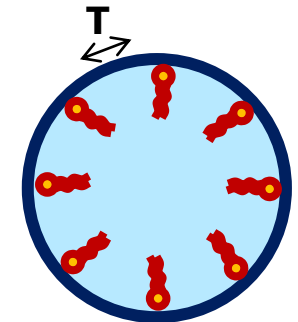
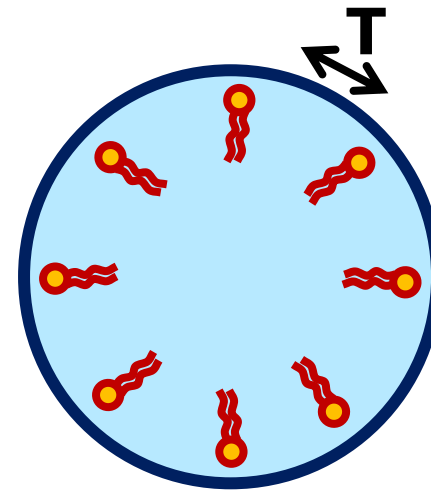
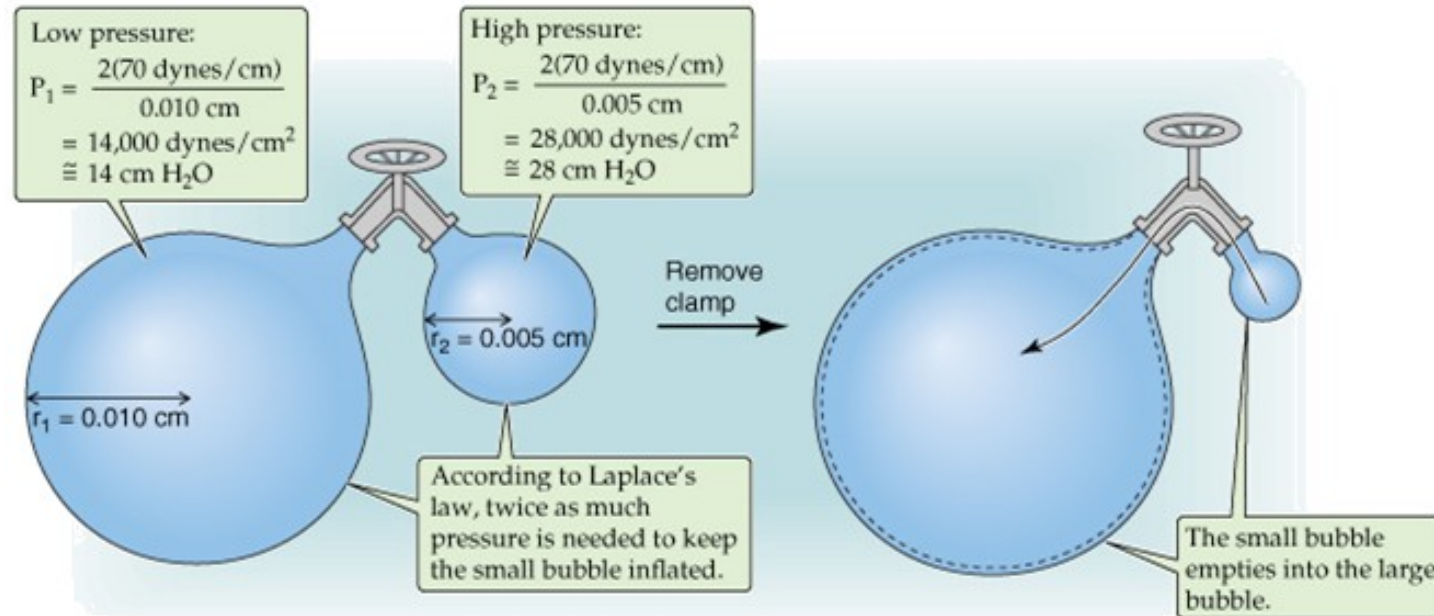


Průměr alveolů: 0,1 – 0,3 mm  
Počet alveolů: 300 – 400 milionů  
Plocha alveolů: 50 – 100 m<sup>2</sup>  
Tloušťka alveolu: desetina μm  
→ **Účinná výměna plynů**

## 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

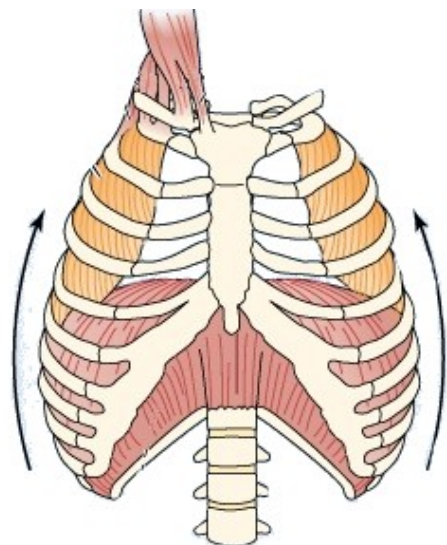
→ kolaps menších alveolů

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



# DÝCHACÍ SVALY

Vdechové svaly

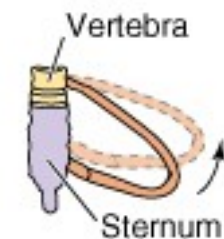


## a) hlavní:

- 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



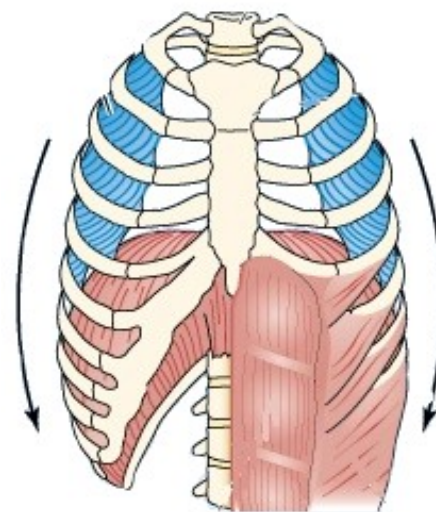
Výdechové svaly

## a) hlavní:

- musculi intercostales interni

## b) pomocné:

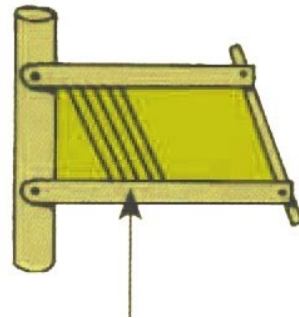
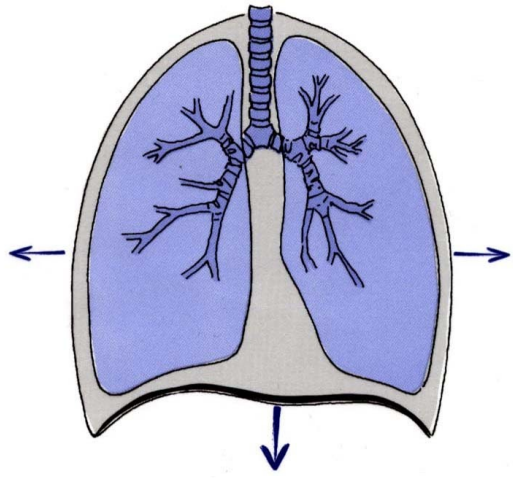
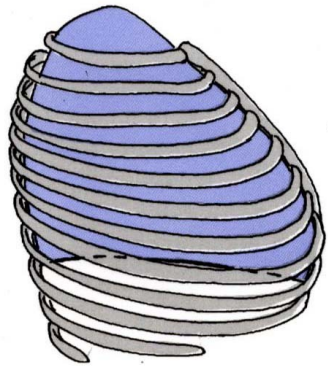
- svaly stěny břišní
- m.serratus posterior inferior
- m.quadratus lumborum



MUNI  
MED

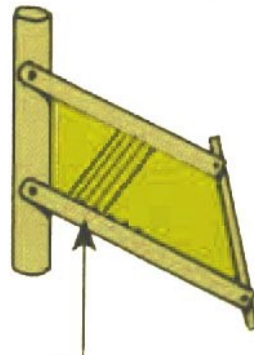
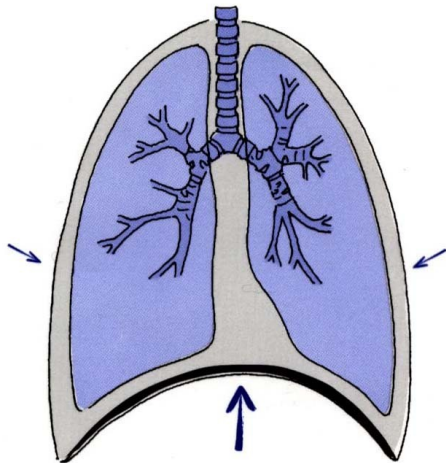
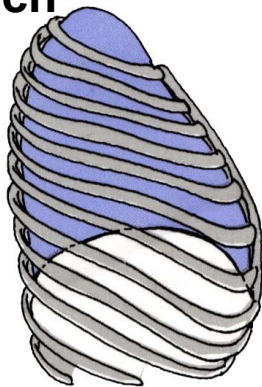
# DÝCHACÍ SVALY

**nádech**



**Nádech je aktivní**

**výdech**

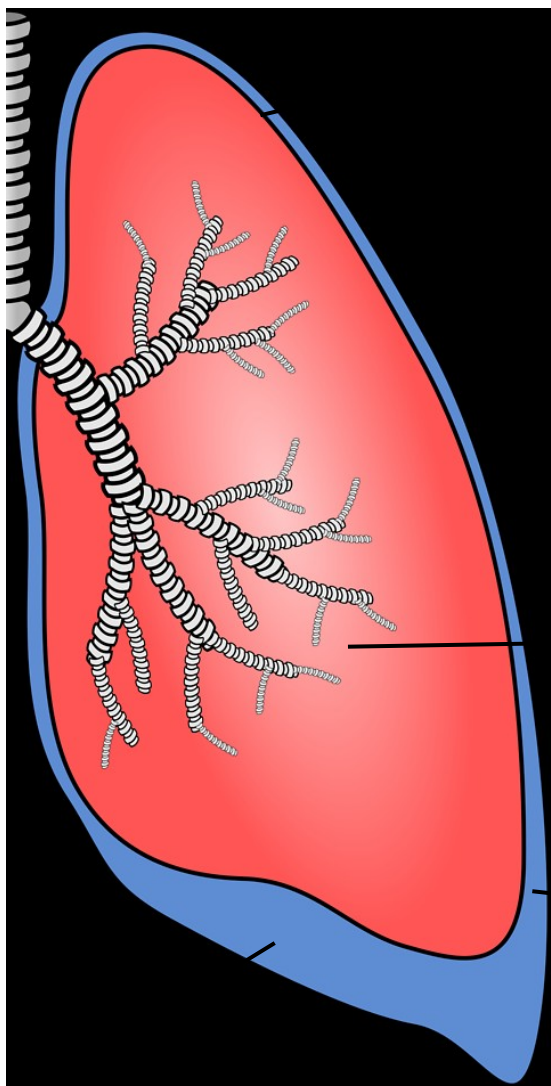


**Klidový výdech pasivní**

- elastické vlastnosti plic a hrudního koše

**Usilovný výdech je aktivní**

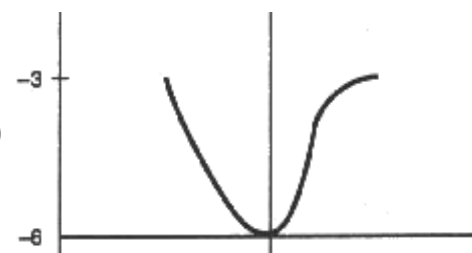
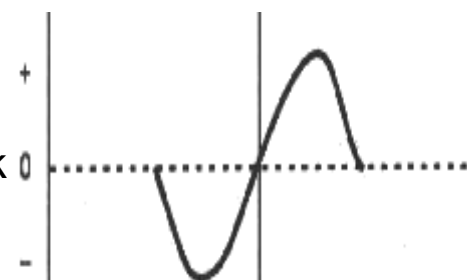
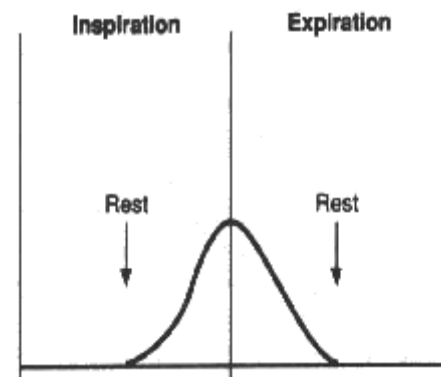
# TLAKY V PLICÍCH



Pleurální šterbina – mezi poplicnicí a pohrudnicí

Pleurální tlak (vždy záporný)

Alveolární (pulmonální) tlak



# SLOŽENÍ VZDUCHU

## SLOŽENÍ SUCHÉHO ATMOSFERICKÉHO VZDUCHU

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

## BAROMETRICKÝ TLAK VZDUCHU NA ÚROVNI MOŘE

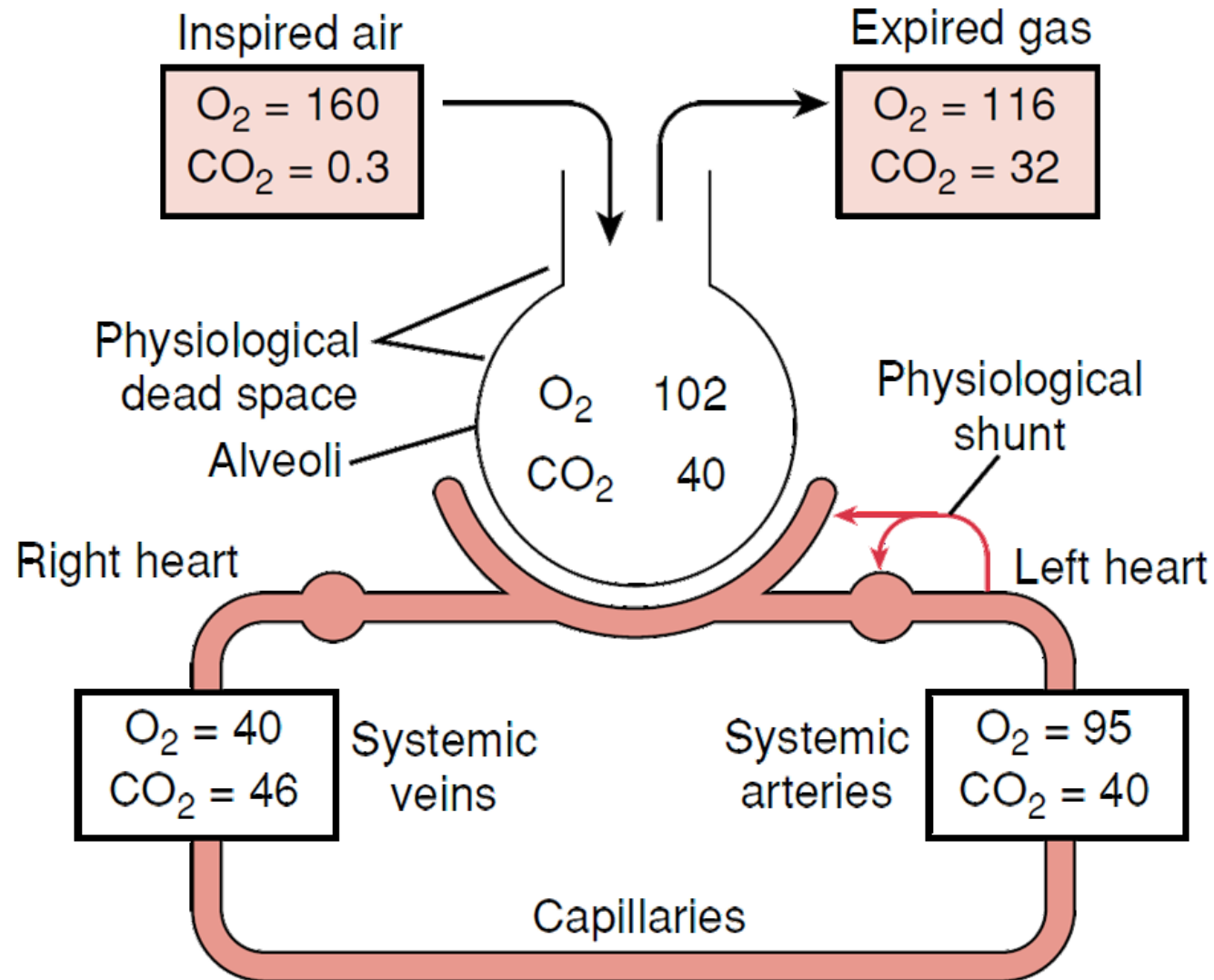
1 atmosféra = 760 mm Hg

## PARCIÁLNÍ TLAKY PLYNŮ SUCHÉHO VZDUCHU NA ÚROVNI MOŘE

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

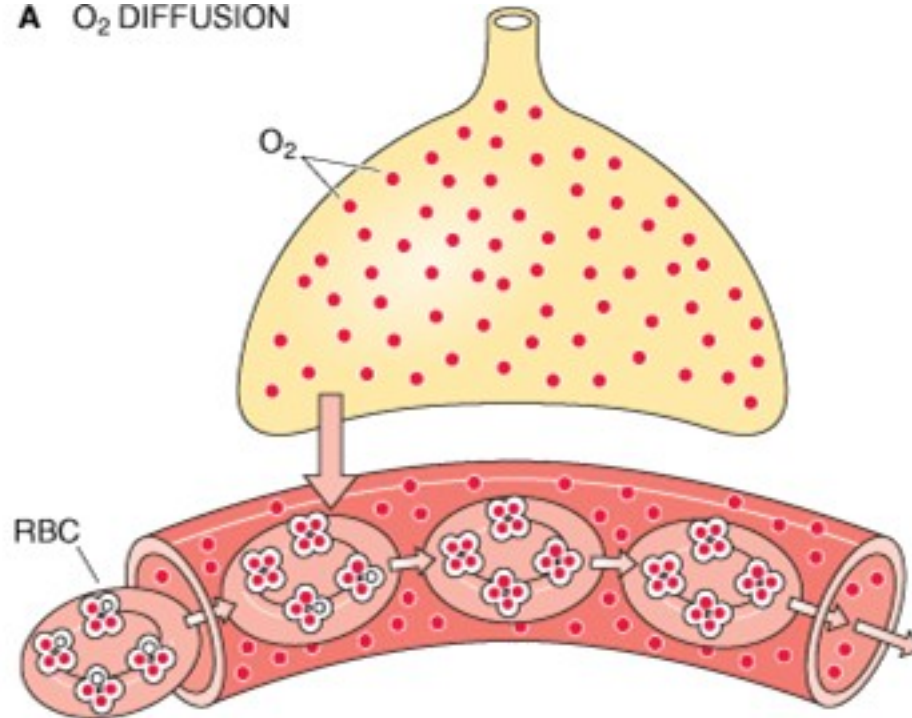
1 kPa = 7,5 mm Hg (torr)

# DIFUZE PLYNŮ



# TRANSPORT O<sub>2</sub>

A O<sub>2</sub> DIFFUSION



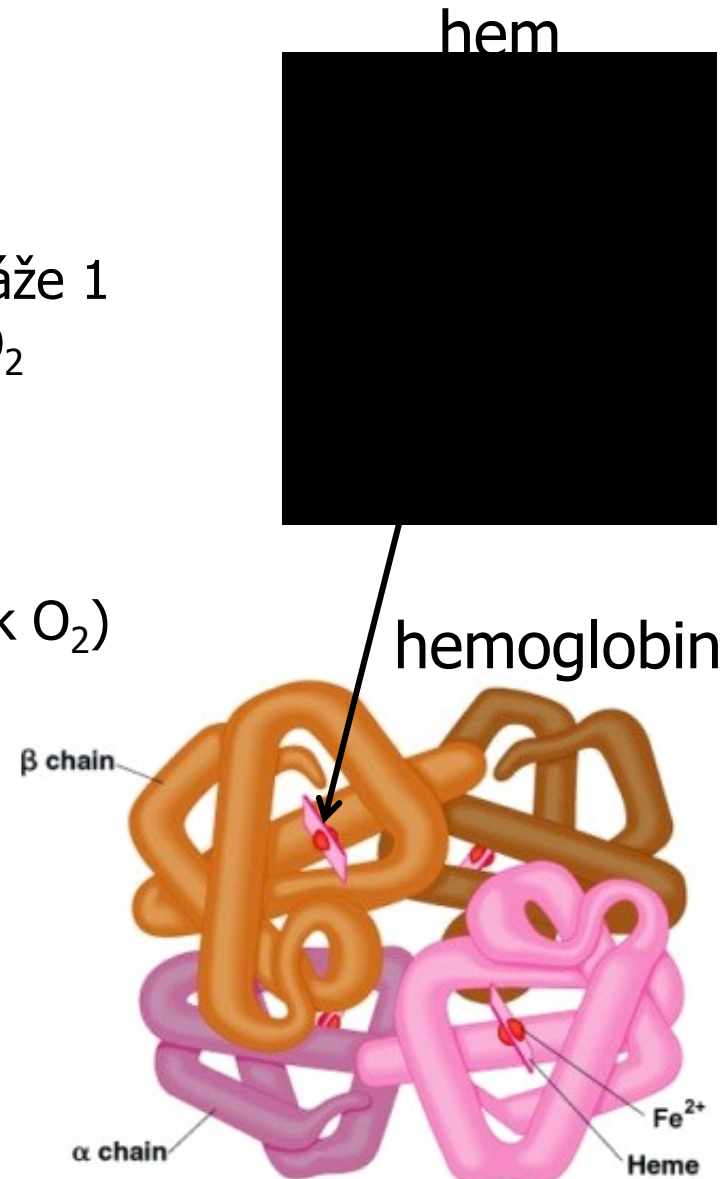
O<sub>2</sub> je přenášen krví:

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

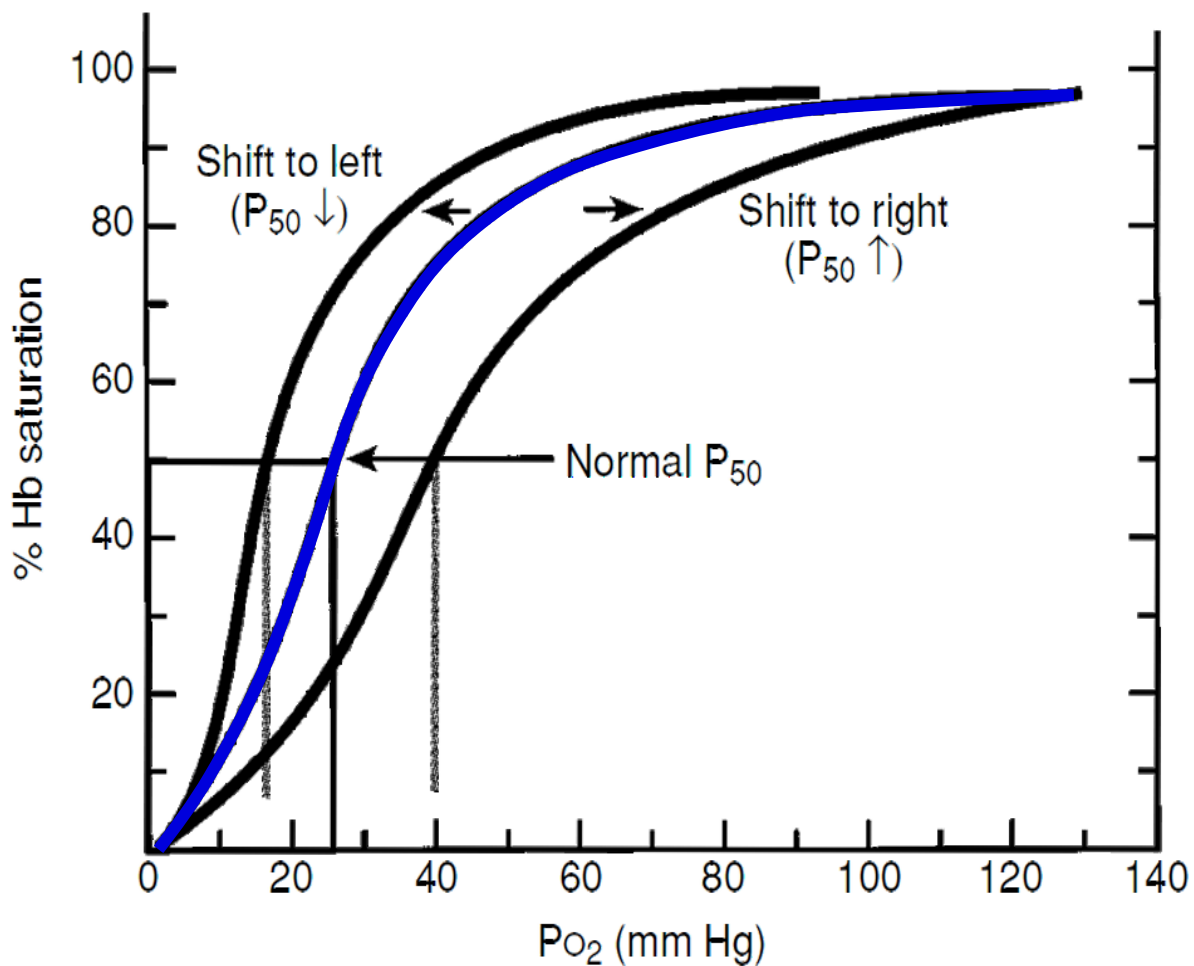


# HEMOGLOBIN

- 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:

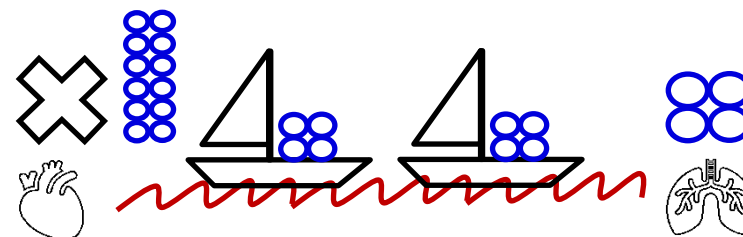
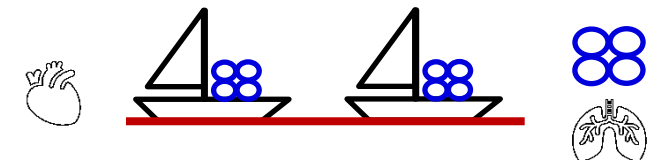
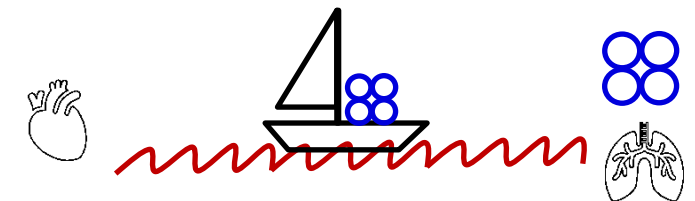
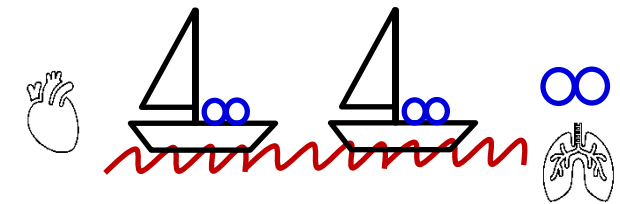
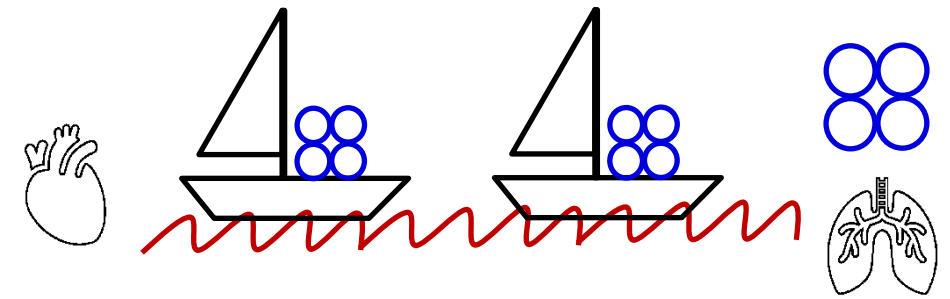
- pH krve
- Obsahu  $CO_2$  v krvi
- Teploty
- Koncentrace 2,3 - BPG

# HYPOXIE

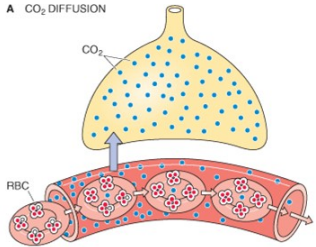
nedostatek kyslíku ve tkáních (neplést s ischemií)

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

- Hypoxická hypoxie – méně  $pO_2$  v arteriální krvi (menší  $pO_2$  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)

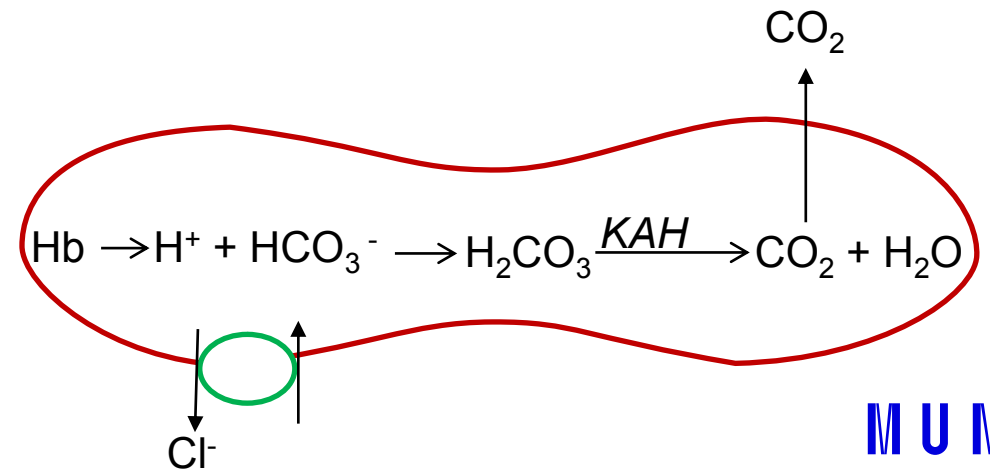
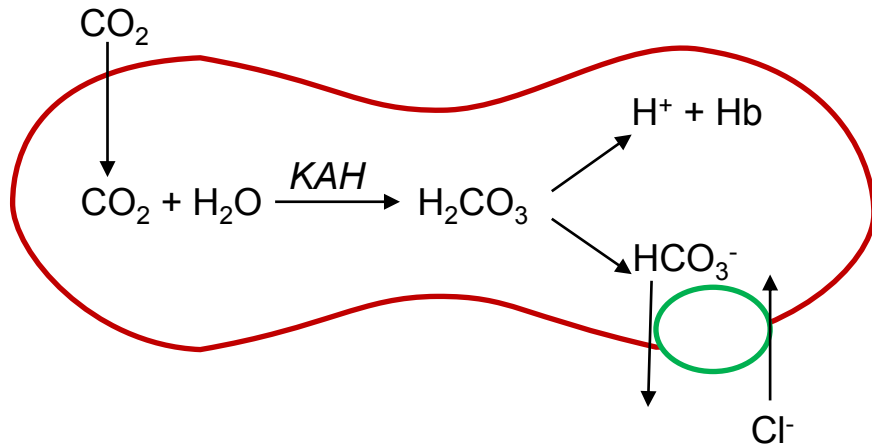


# TRANSPORT CO<sub>2</sub>

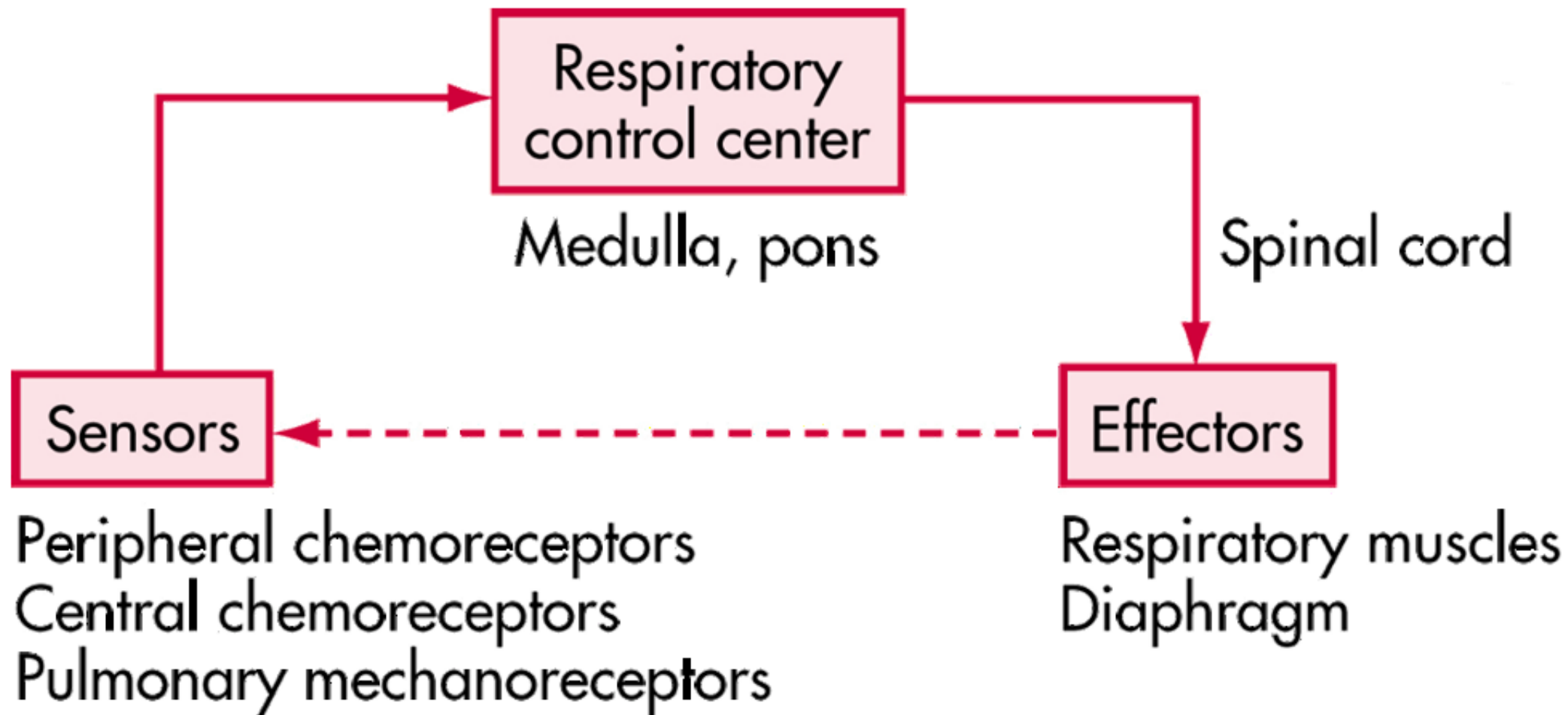


CO<sub>2</sub> je přenášen krví:

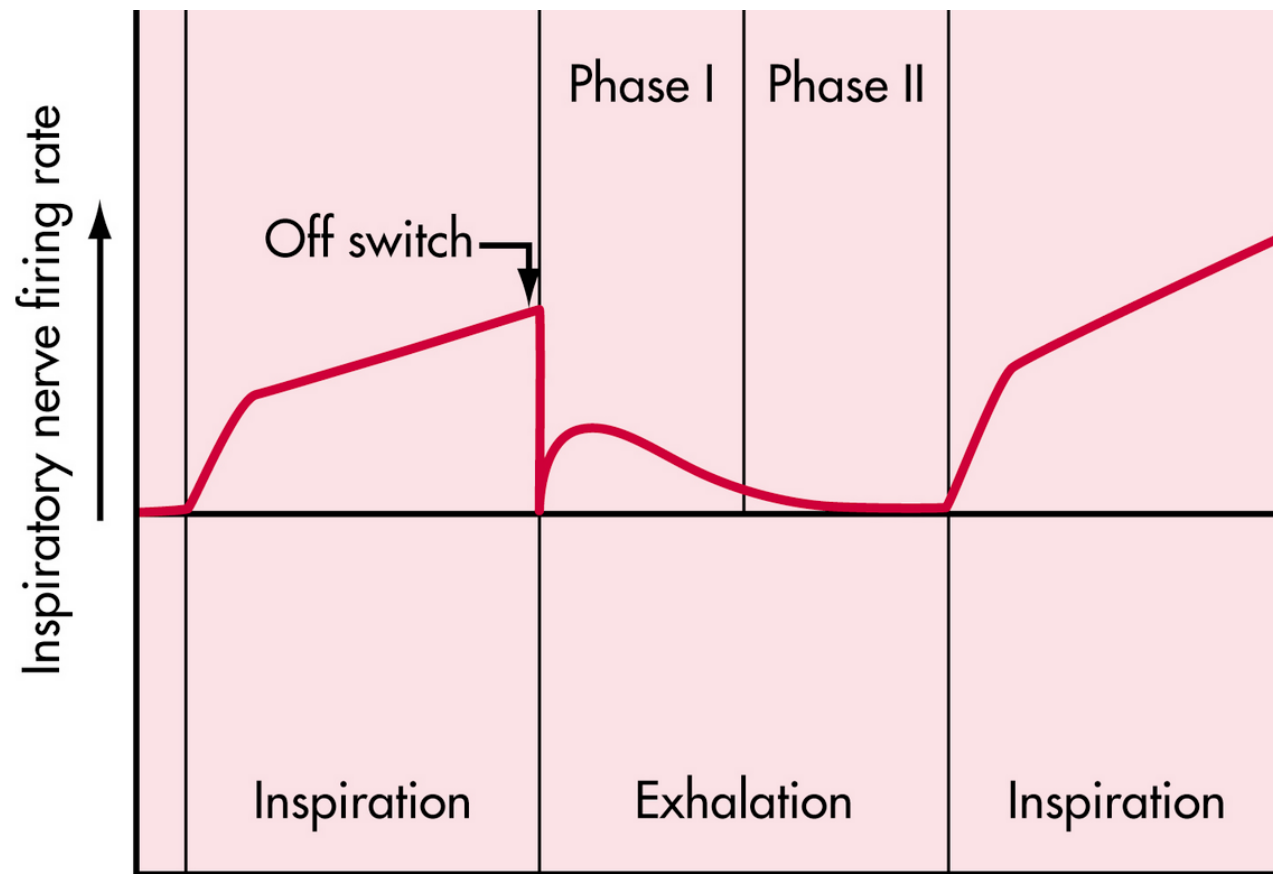
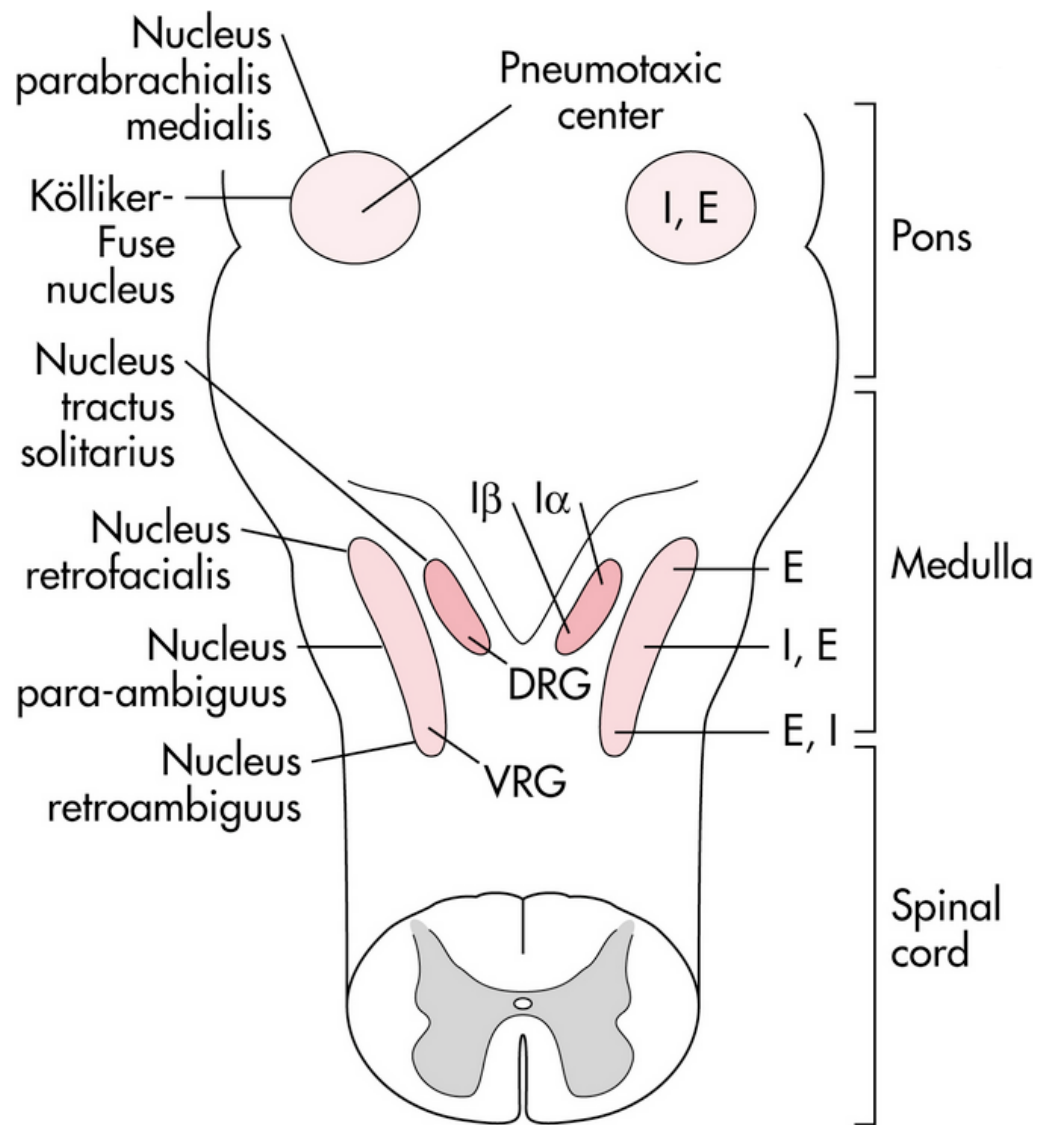
- Fyzikálně rozpuštěný (5%)
- Ve formě bikarbonátových aniontů (85%)
- V chemické vazbě s Hb a plazmatickými proteiny (10%)



# REGULACE DÝCHÁNÍ

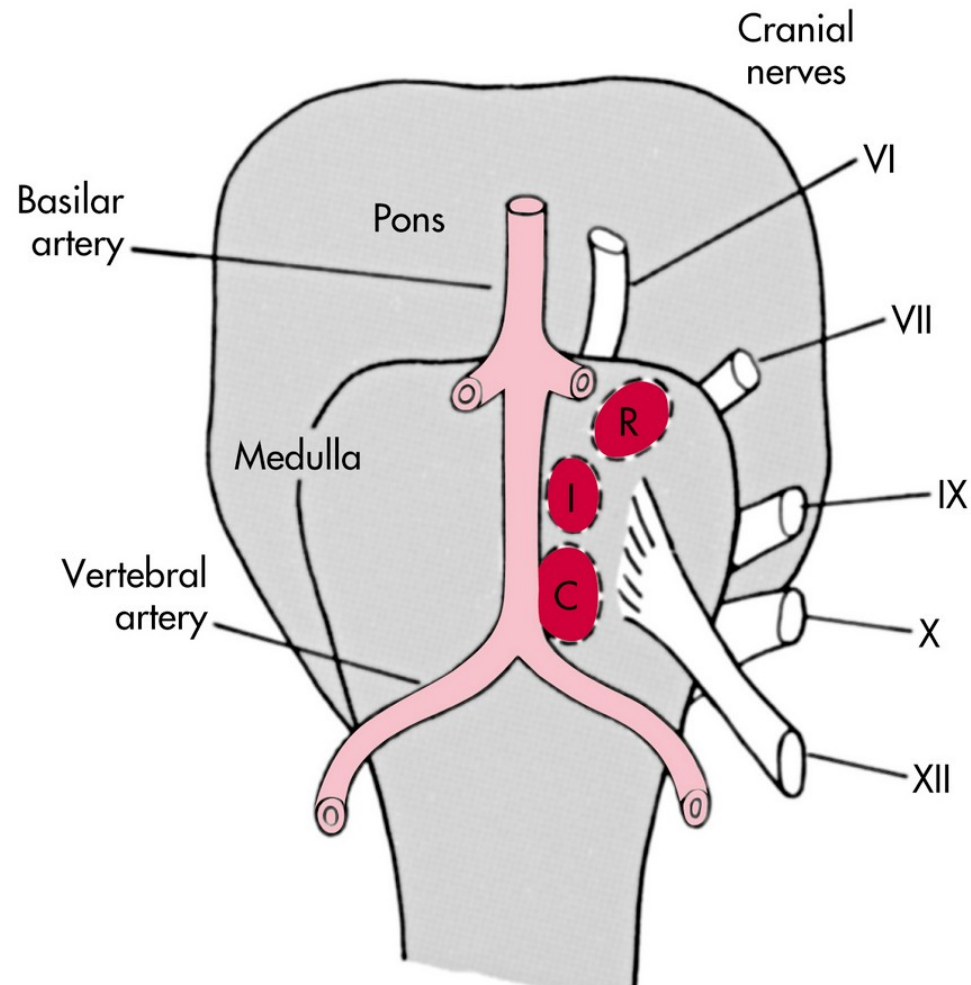


# REGULACE DÝCHÁNÍ

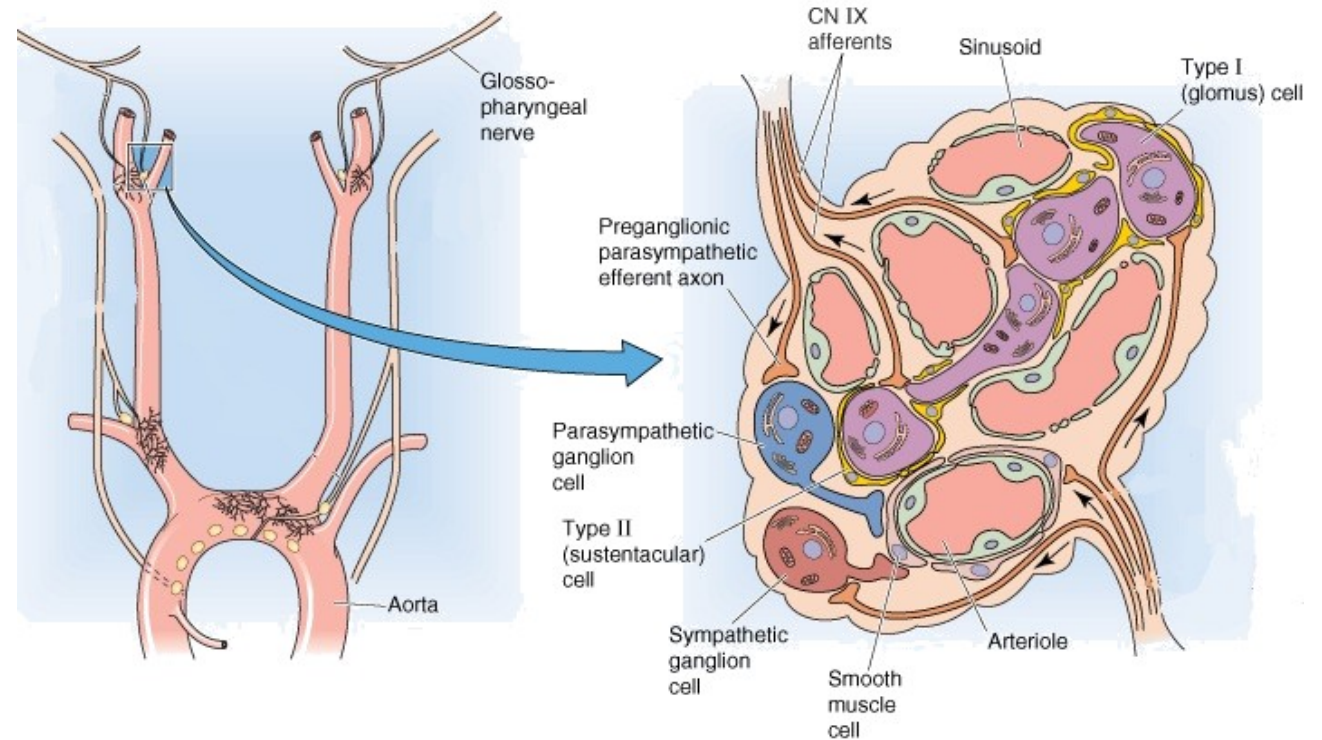




# CHEMICKÁ REGULACE

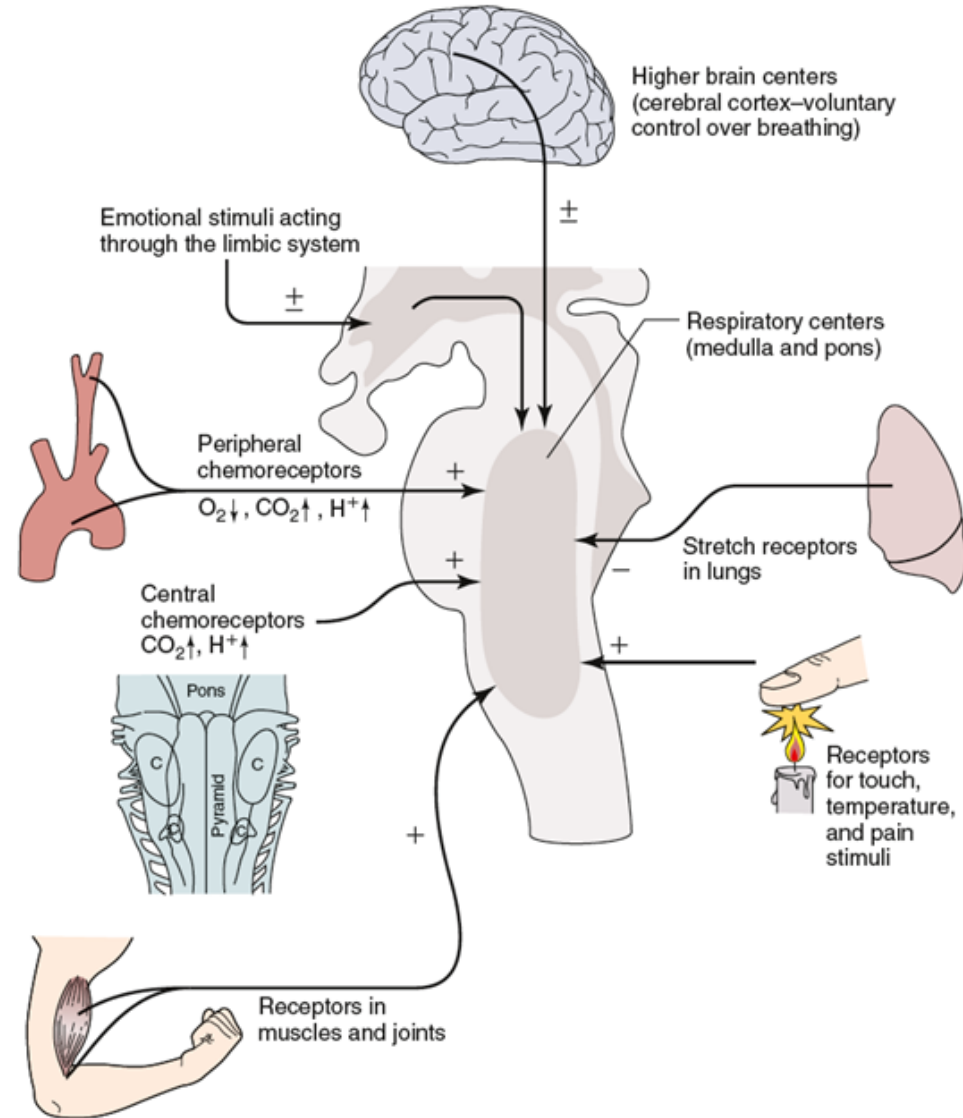


Centrální chemoreceptory



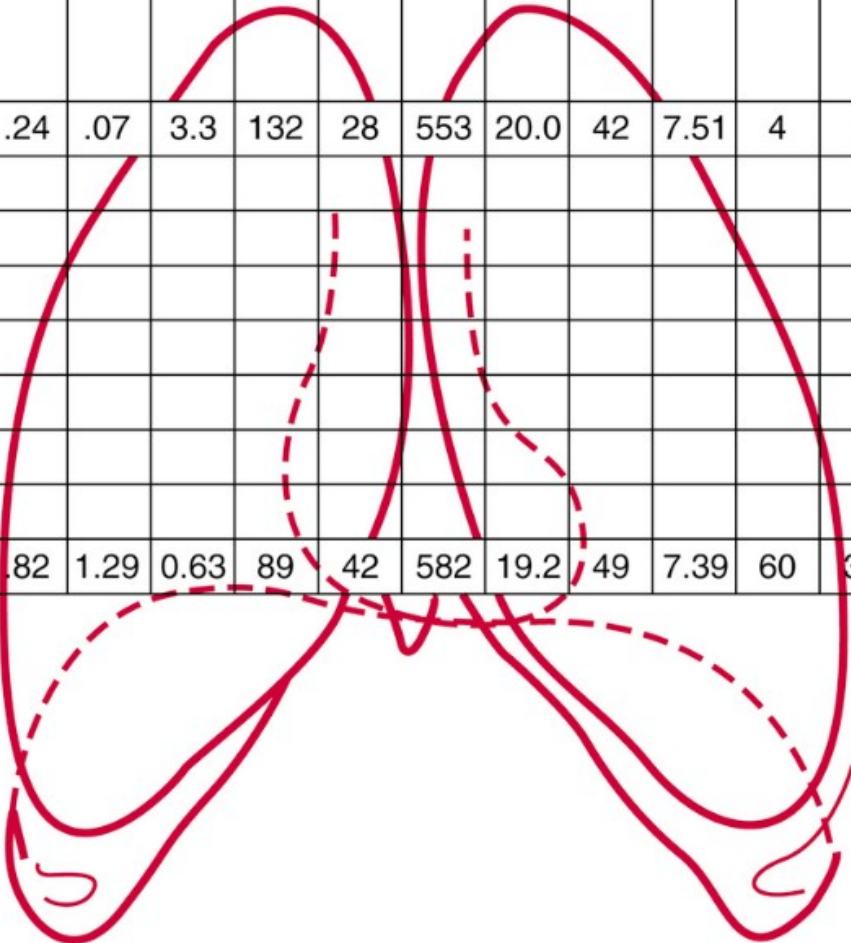
Periferní chemoreceptory

# REGULACE DÝCHÁNÍ



# Ventilace, difuze, perfuze

Vol (%)	$\dot{V}$ (L/min)	$\dot{Q}$	$\dot{V}/\dot{Q}$	$P_{O_2}$	$P_{CO_2}$	$P_{N_2}$	$O_2$	$CO_2$	pH	$O_2$ in	$CO_2$ out
				(mmHg)			content (mL/100 mL)			(mL/min)	(mL/min)
7	.24	.07	3.3	132	28	553	20.0	42	7.51	4	8
13	.82	1.29	0.63	89	42	582	19.2	49	7.39	60	39



# 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 hlenu 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

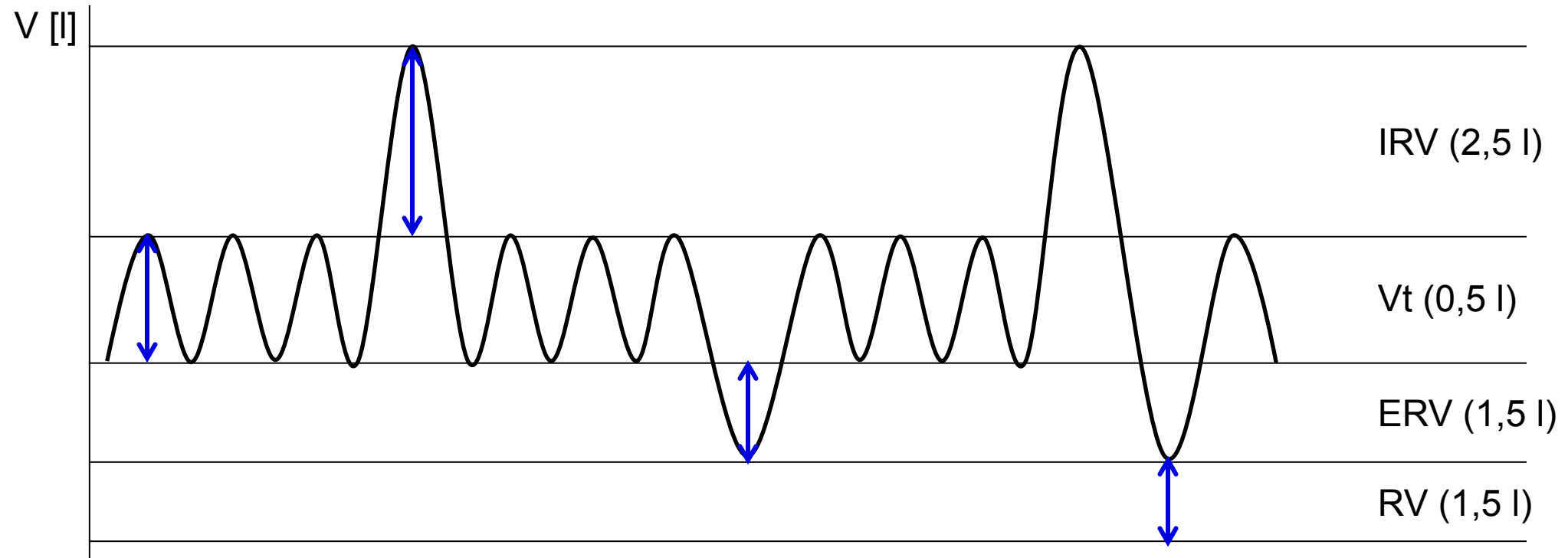
□ Kromě výše popsaných reflexů jsou plíce chráněny před poškozením:

- ✓ 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**

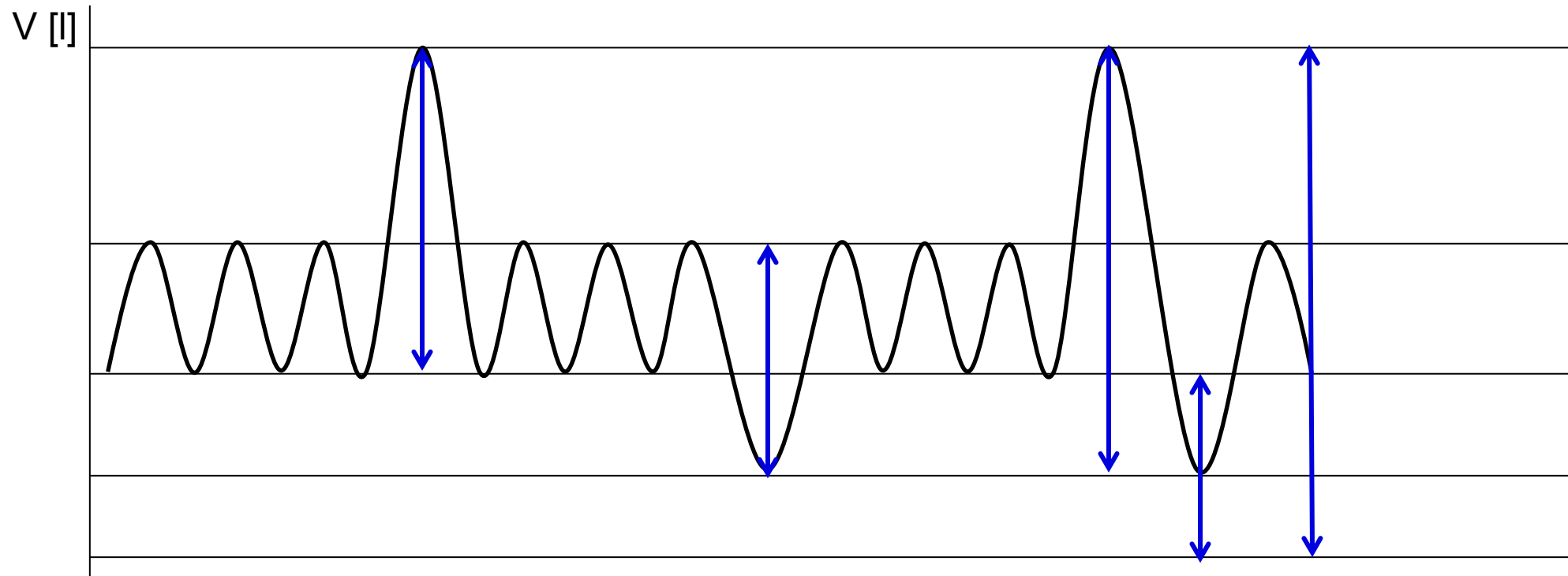
# SPIROMETRIE



- **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



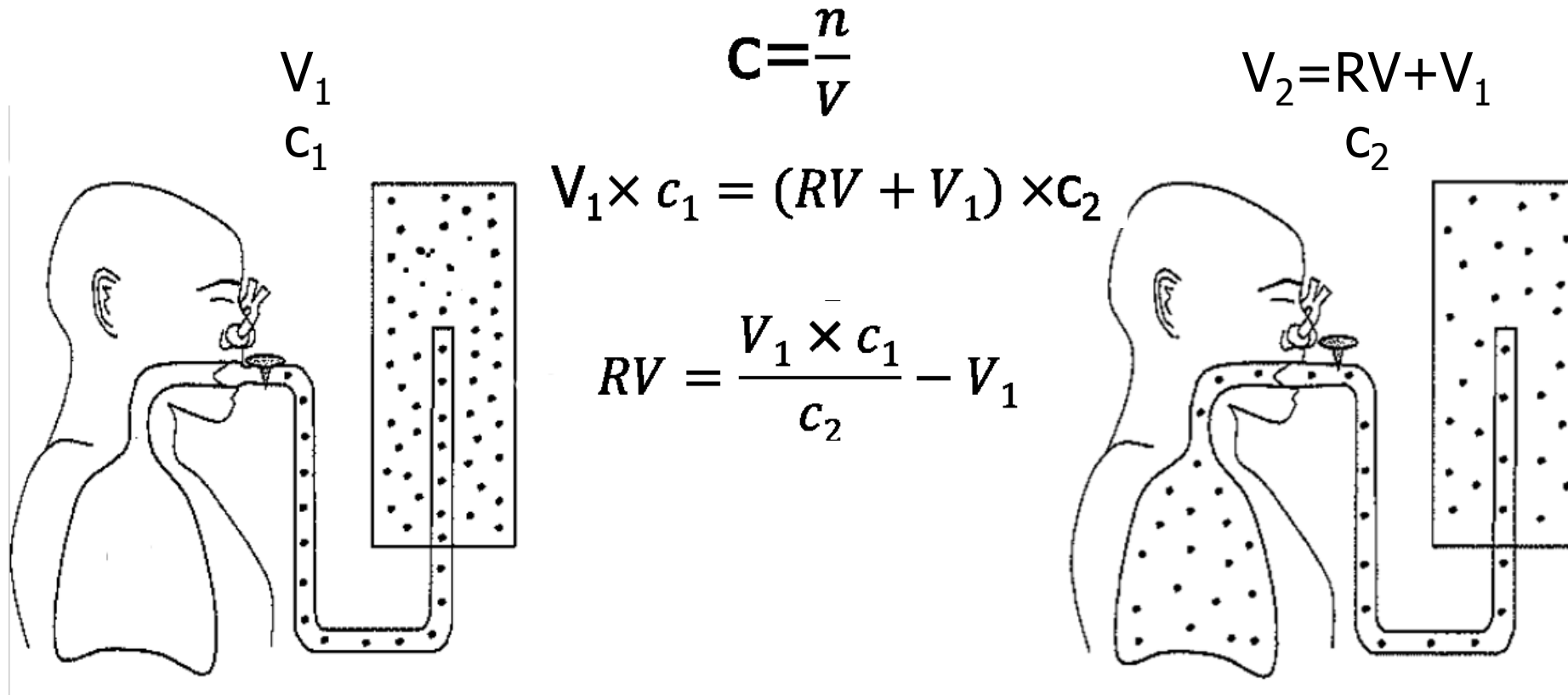
# SPIROMETRIE



- rezervní inspirační kapacita **[RIC]** = IRV+V<sub>t</sub>
- rezervní expirační kapacita **[IRV]** = ERV+V<sub>t</sub>
- vitální kapacita plic **[VC]** = IRV+V<sub>t</sub>+ERV
- funkční reziduální kapacita **[FRC]** = ERV+RV
- celková plicní kapacita **[TLC]** = IRV+V<sub>t</sub>+ERV+RV

# REZIDUÁLNÍ OBJEM

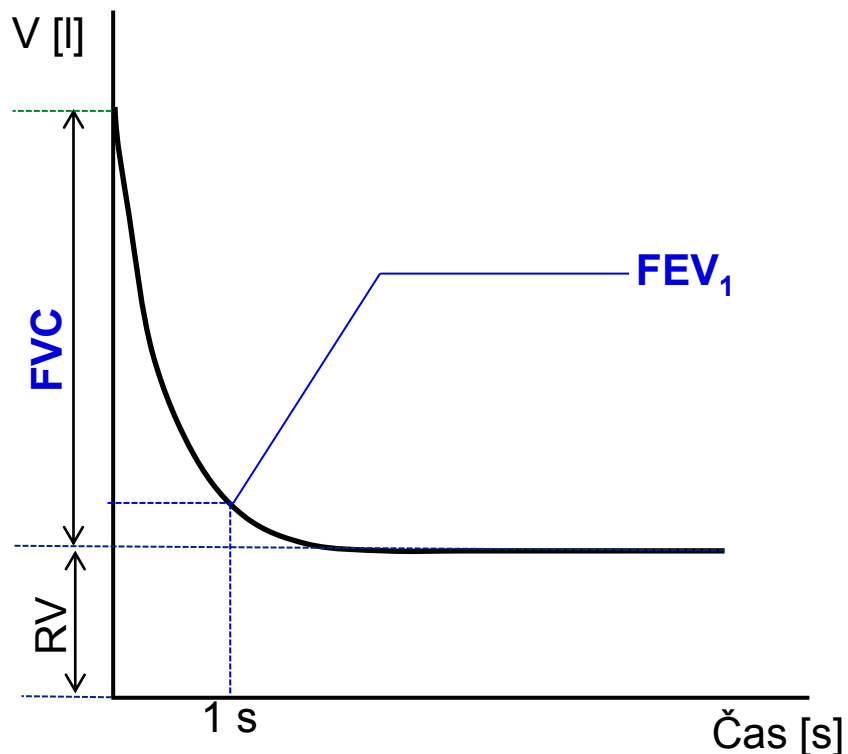
Heliová diluční technika



# SPIROMETRIE

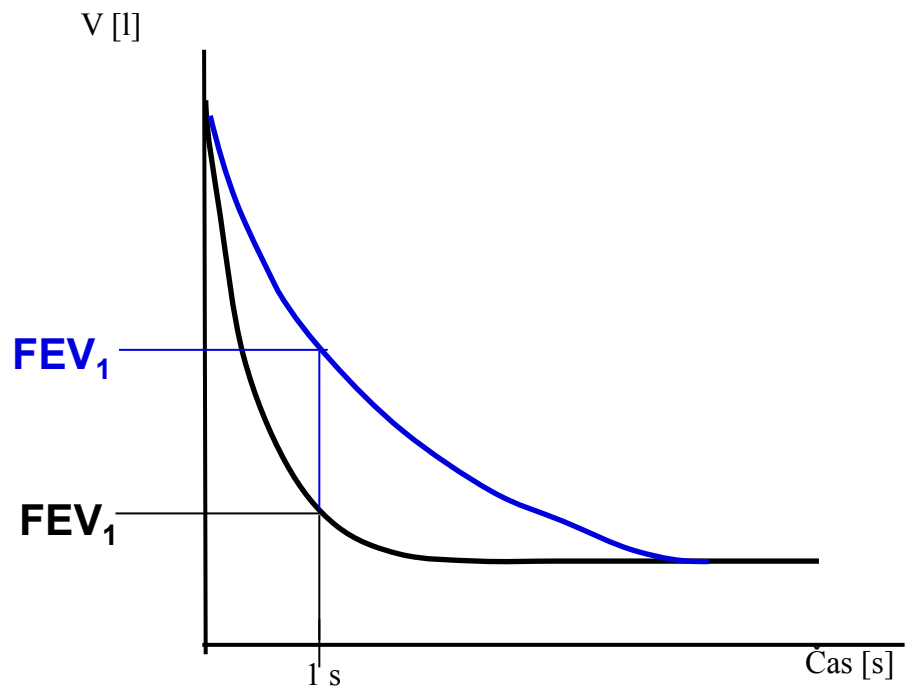
## Dynamické plicní objemy

- 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 %

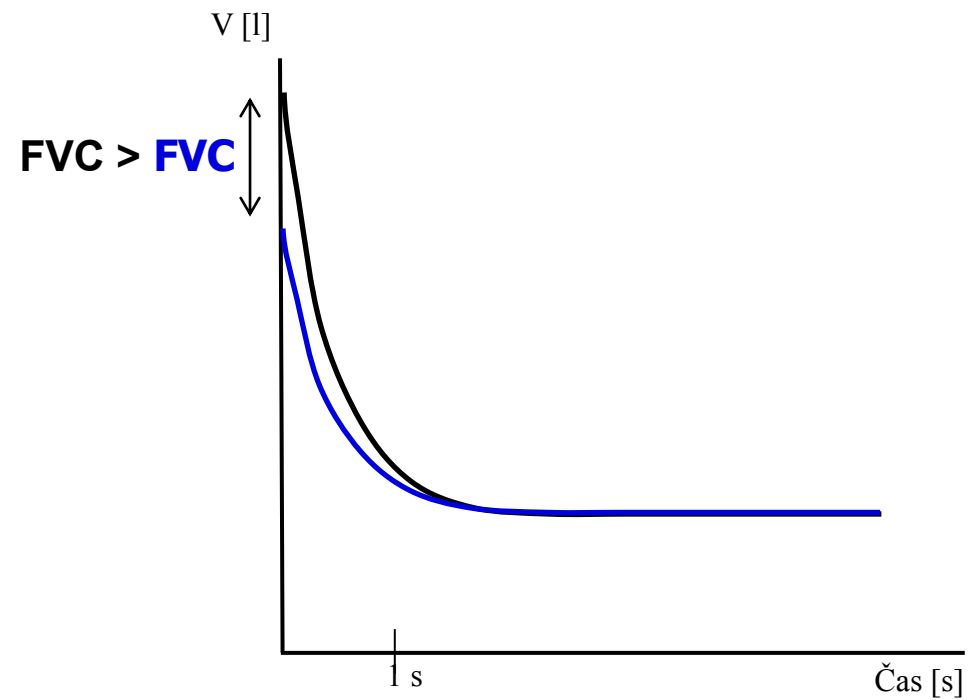
# SPIROMETRIE



## Obstrukční poruchy plic

(FVC=N; FEV<sub>1</sub>=↓)

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



## Restrikční poruchy plic

(FVC=↓; FEV<sub>1</sub>=N/ ↓)

### pulmonální příčiny

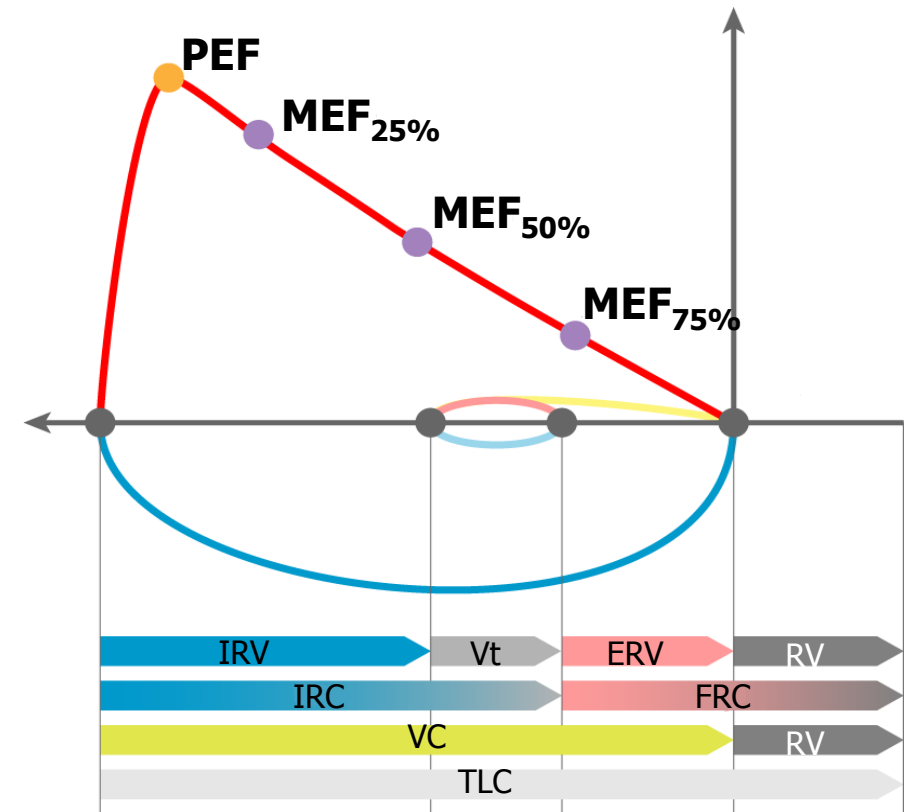
- plicní fibróza
- resekce plic
- plicní edém
- pneumonie

### extrapulmonální příčiny

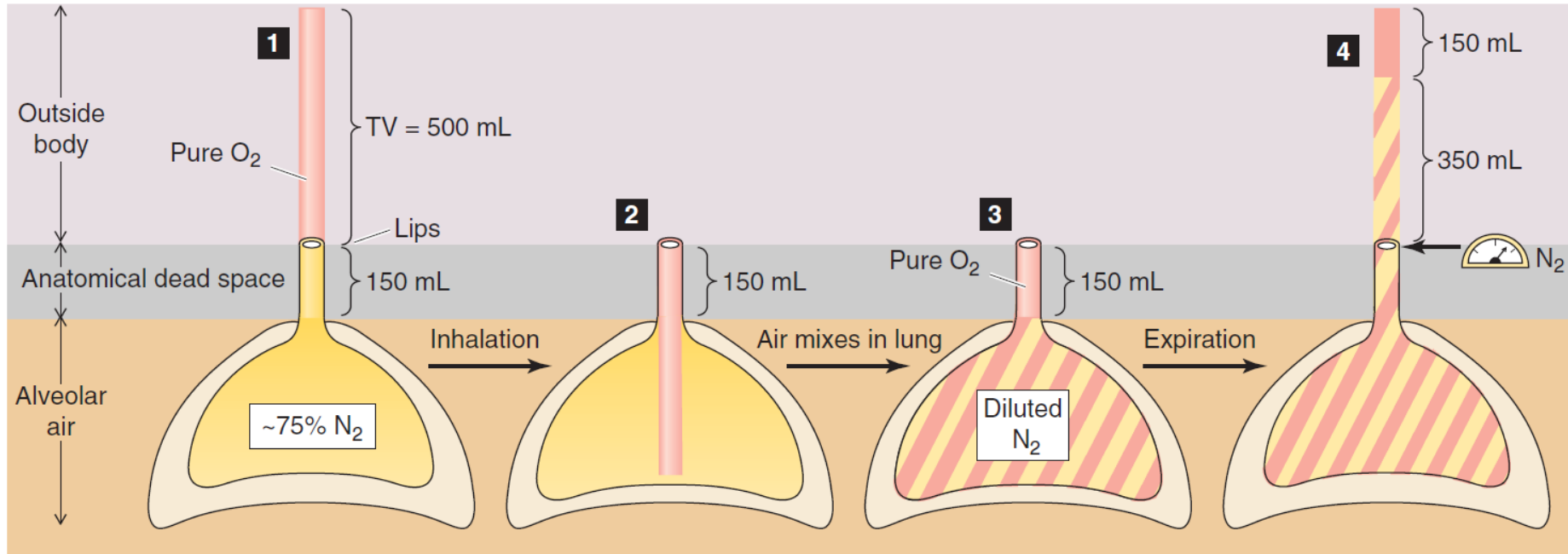
- ascites
- kyfoskolióza
- popáleniny
- vysoký stav bránice

# SPIROMETRIE

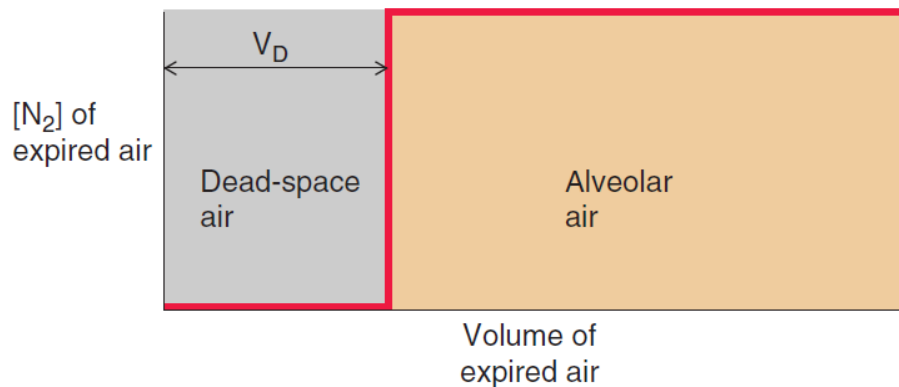
- **PEF** – vrcholový výdechový průtok; nejvyšší rychlost na vrcholu usilovného výdechu (odpovídá vzduchu v horních DC)
- **MEF** – maximální výdechové průtoky (rychlosti) na různých úrovních FVC, kterou je ještě třeba vydechnout (nejčastěji na 75 %, 50 % a 25 % FVC)



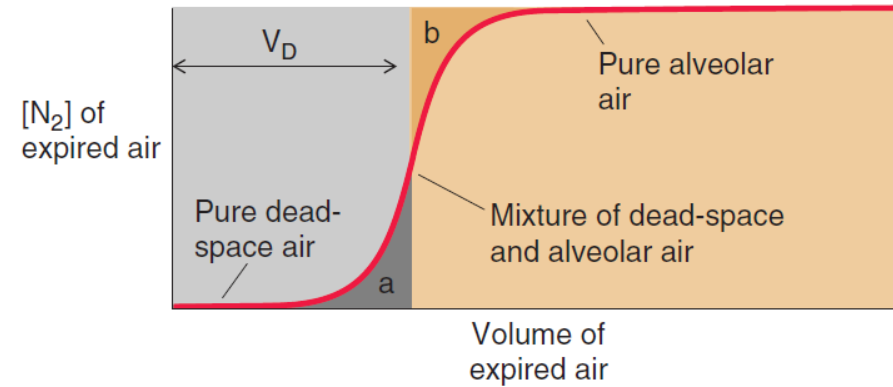
# MRTVÝ PROSTOR



$[N_2]$  PROFILE OF EXPIRED AIR WITH NO MIXING



MEASURED  $[N_2]$  PROFILE





**DĚKUJI ZA POZORNOST**