

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)

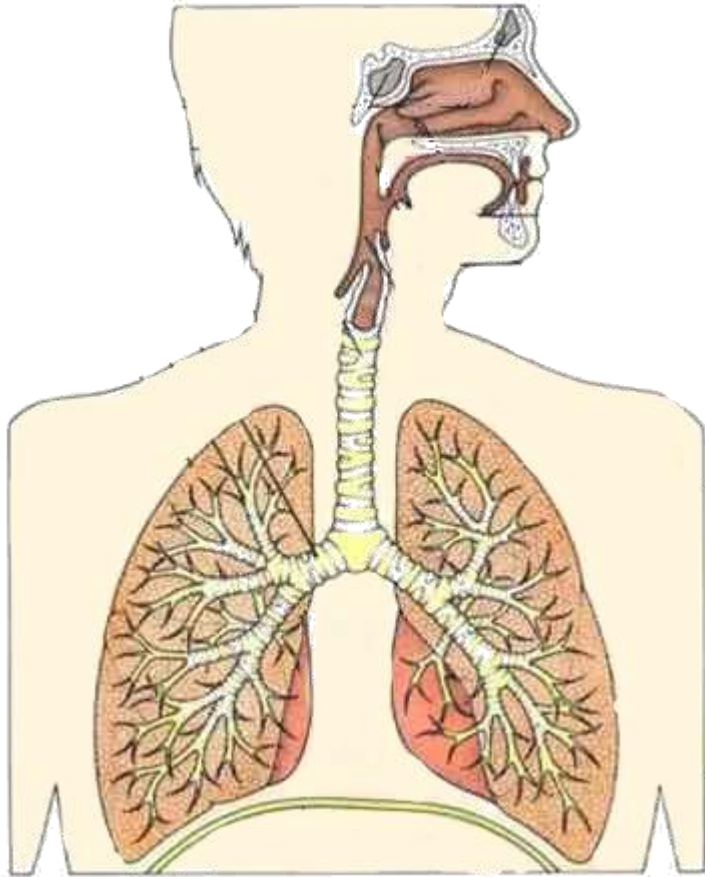
DÝCHÁNÍ

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

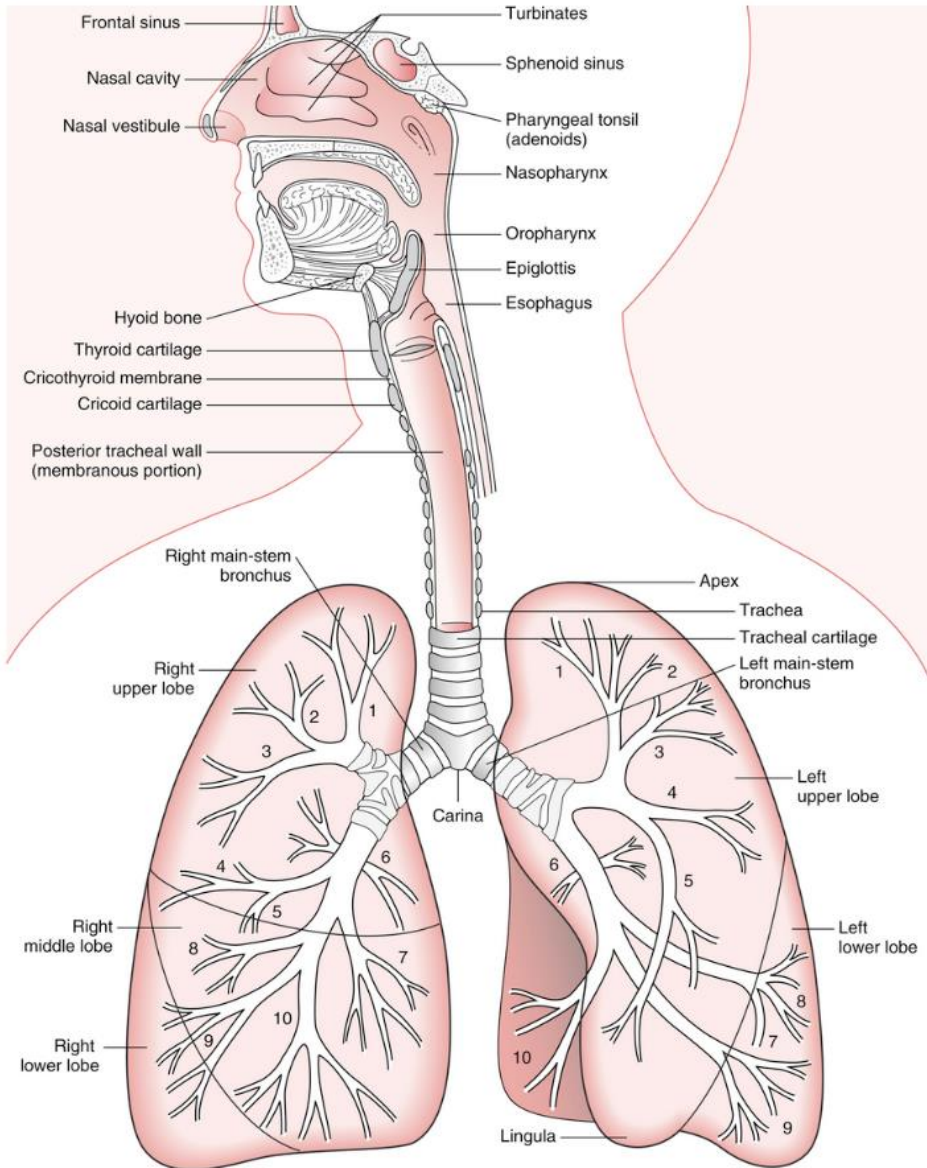
DÝCHACÍ SOUSTAVA, JEJÍ FUNKCE



Funkce dýchacích cest:

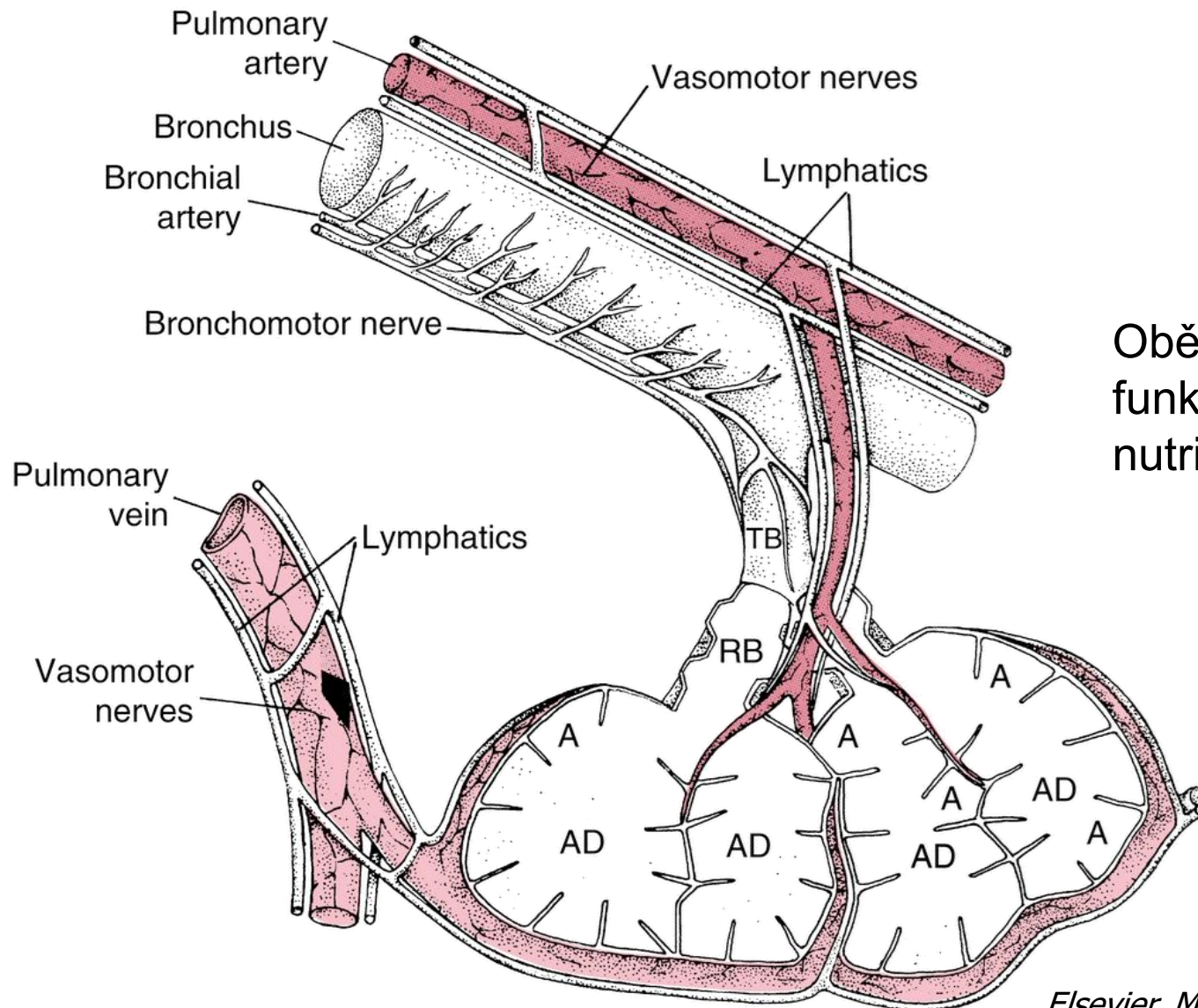
- zbavování mechanických nečistot – zachycení ve vrstvičce hlenu (řasinky ho pak sunou do faryngu)
- bariéra proti vniknutí infekce – lymfatická tkáň
- úprava teploty vdechovaného vzduchu – na tělesnou teplotu, zvlhčení
- aktivita hl. svaloviny – ovlivňuje plicní ventilaci
- hlasové vazy → základní tón

DÝCHACÍ SOUSTAVA, JEJÍ FUNKCE



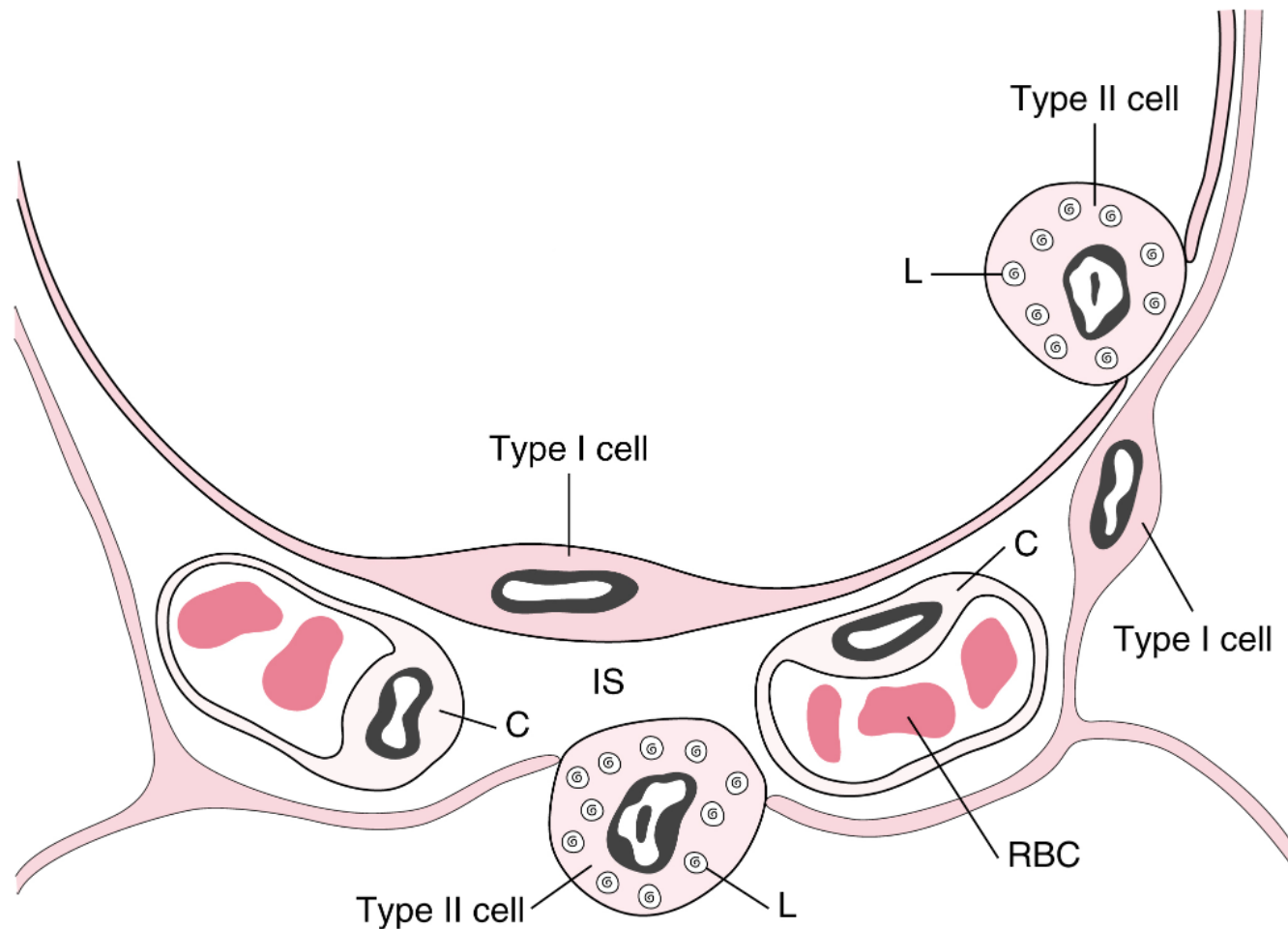
	Generation		Diameter, cm	Length, cm	Number	Total cross sectional area, cm ²
Conducting zone	Trachea	0	1.80	12.0	1	2.54
	Bronchi	1	1.22	4.8	2	2.33
		2	0.83	1.9	4	2.13
	Bronchioles	3	0.56	0.8	8	2.00
		4	0.45	1.3	16	2.48
5		0.35	1.07	32	3.11	
Transitional and respiratory zones	Terminal bronchioles	16	0.06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

DÝCHACÍ SOUSTAVA, JEJÍ FUNKCE



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

ALVEOLÁRNÍ SYSTÉM

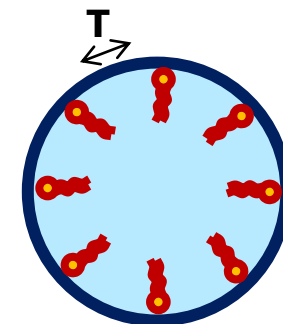
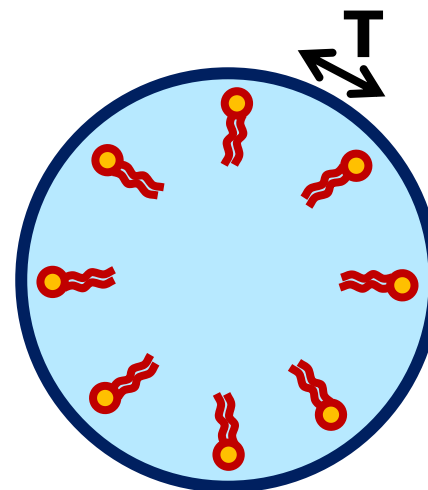
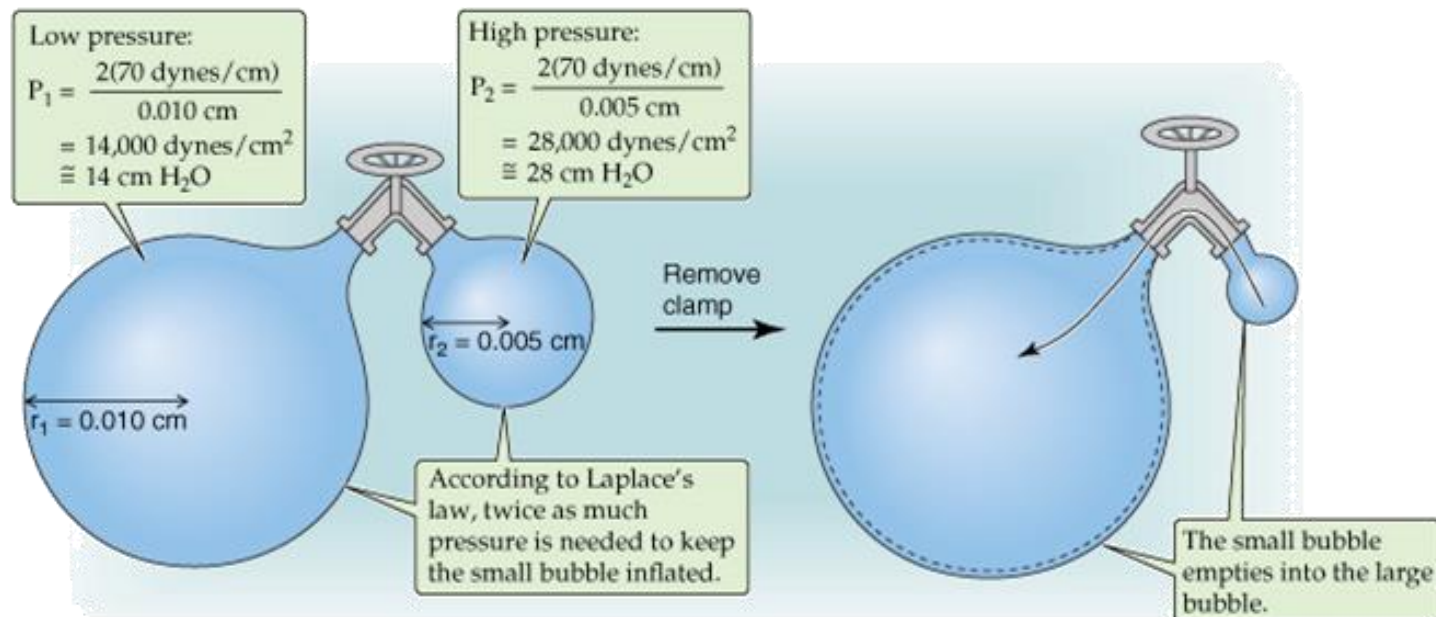


Průměr alveolů: 0,1 – 0,3 mm
Počet alveolů: 300 – 400 milionů
Plocha alveolů: 50 – 100 m²
Tloušťka alveolu: desetina μm
→ **Účinná výměna plynů**

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

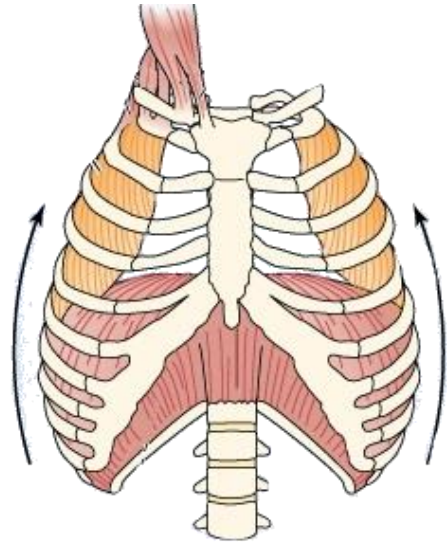
→ docházelo by k přesunu vzduchu z menšího alveolu do většího

→ kolaps menších alveolů

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

DÝCHACÍ SVALY

Vdechové svaly

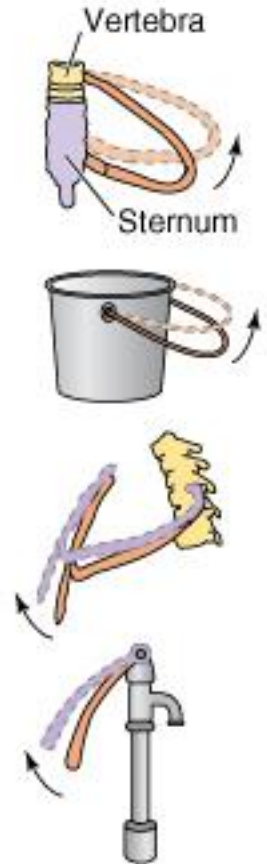


a) hlavní:

- 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



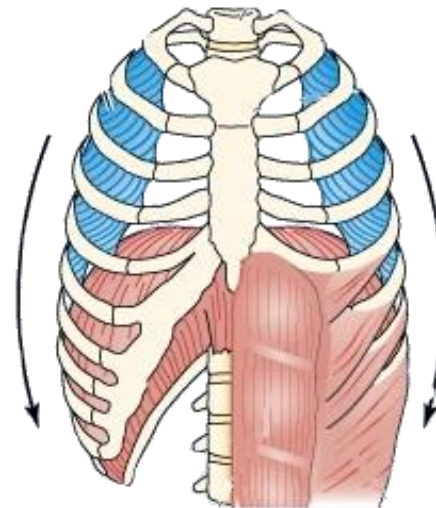
Výdechové svaly

a) hlavní:

- musculi intercostales interni

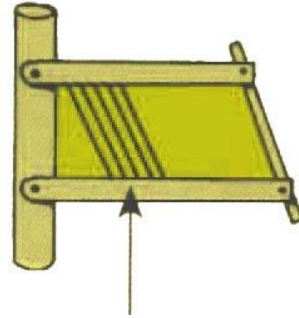
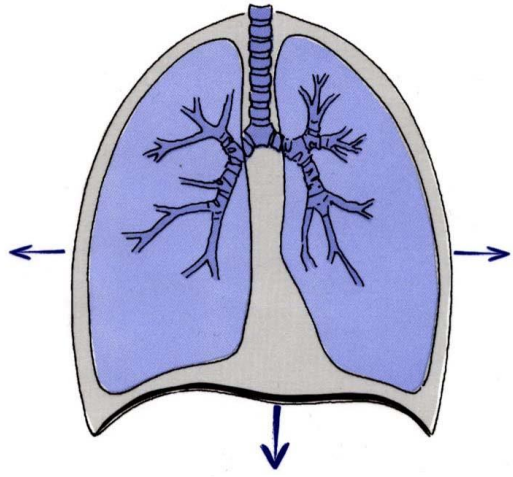
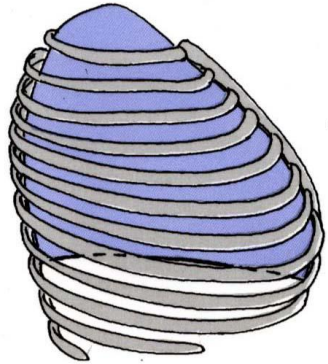
b) pomocné:

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



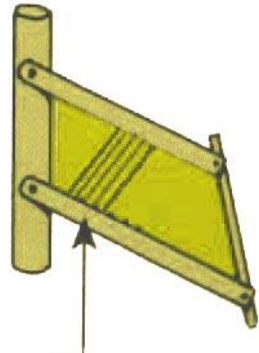
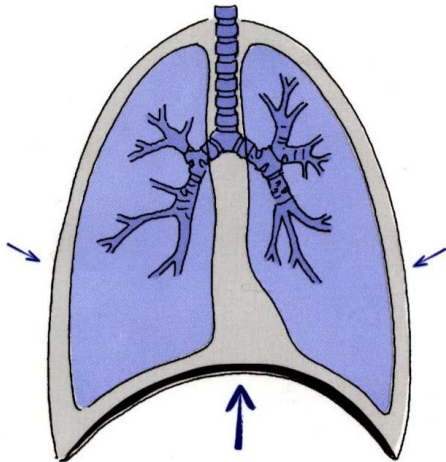
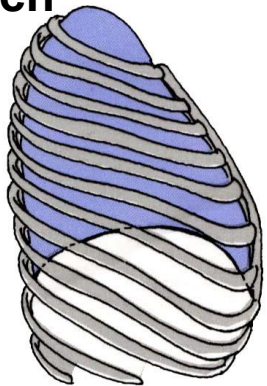
DÝCHACÍ SVALY

nádech



Nádech je aktivní

výdech

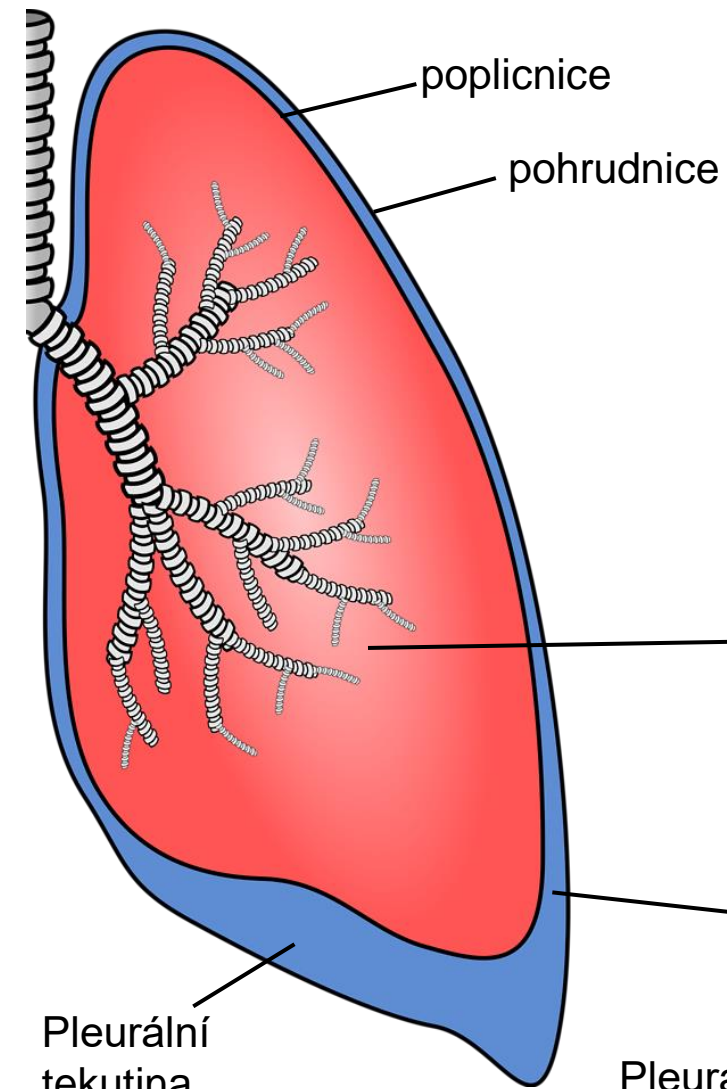


Klidový výdech pasivní

- elastické vlastnosti plic a hrudního koše

Usilovný výdech je aktivní

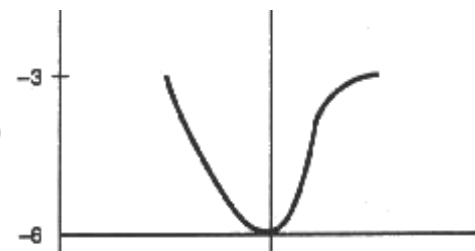
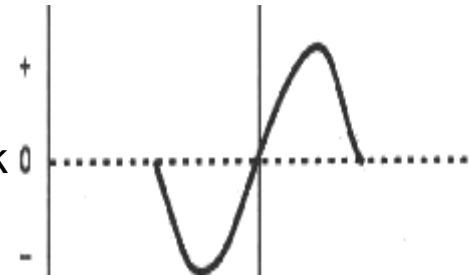
TLAKY V PLICÍCH



Pleurální štěrbin – mezi poplicnicí a pohrudnicí

Alveolární (pulmonální) tlak

Pleurální tlak (vždy záporný)



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

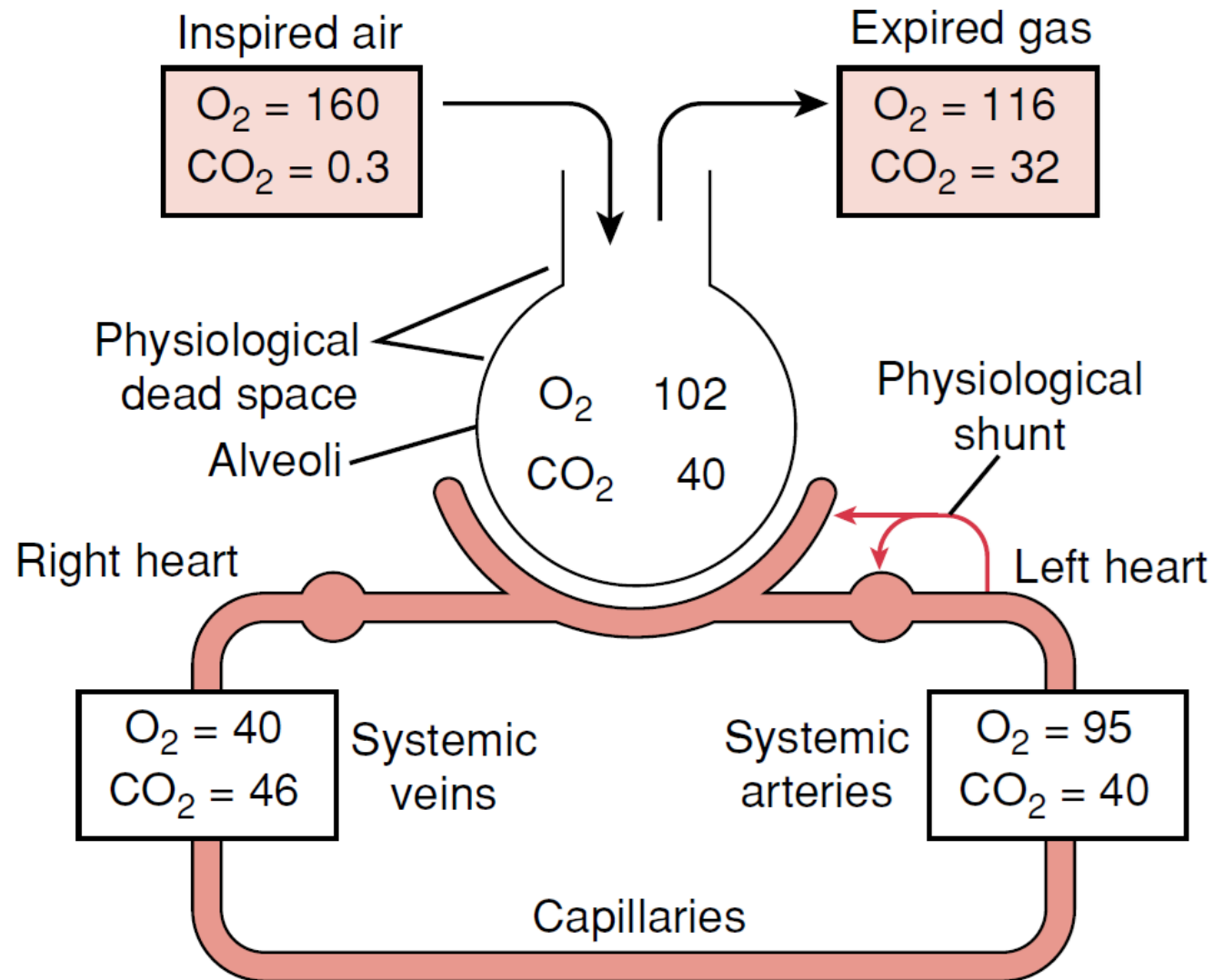
1 atmosféra = 760 mm Hg

PARCIÁLNÍ TLAKY PLYNŮ SUCHÉHO VZDUCHU NA ÚROVNI MOŘE

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

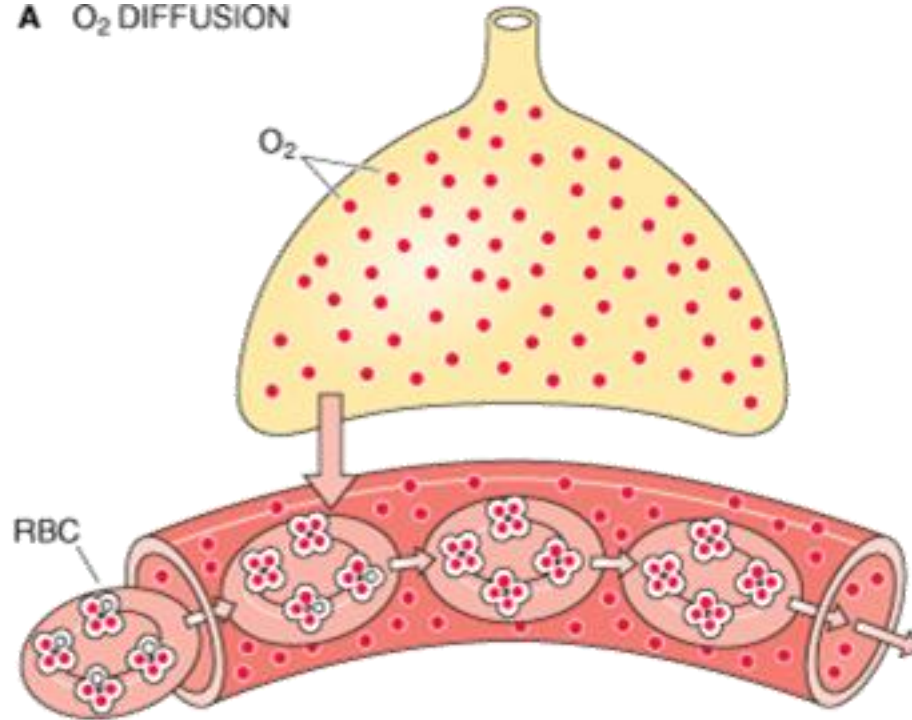
1 kPa = 7,5 mm Hg (torr)

DIFUZE PLYNŮ



TRANSPORT O₂

A O₂ DIFFUSION

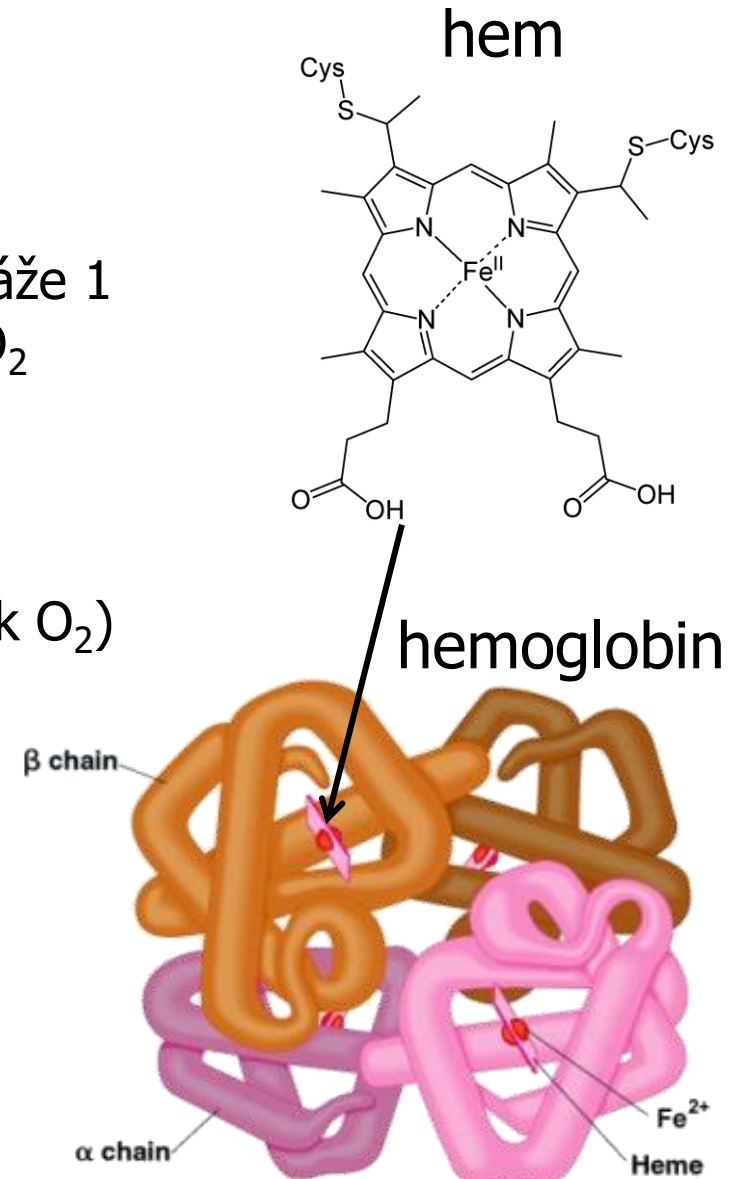


O₂ je přenášen krví:

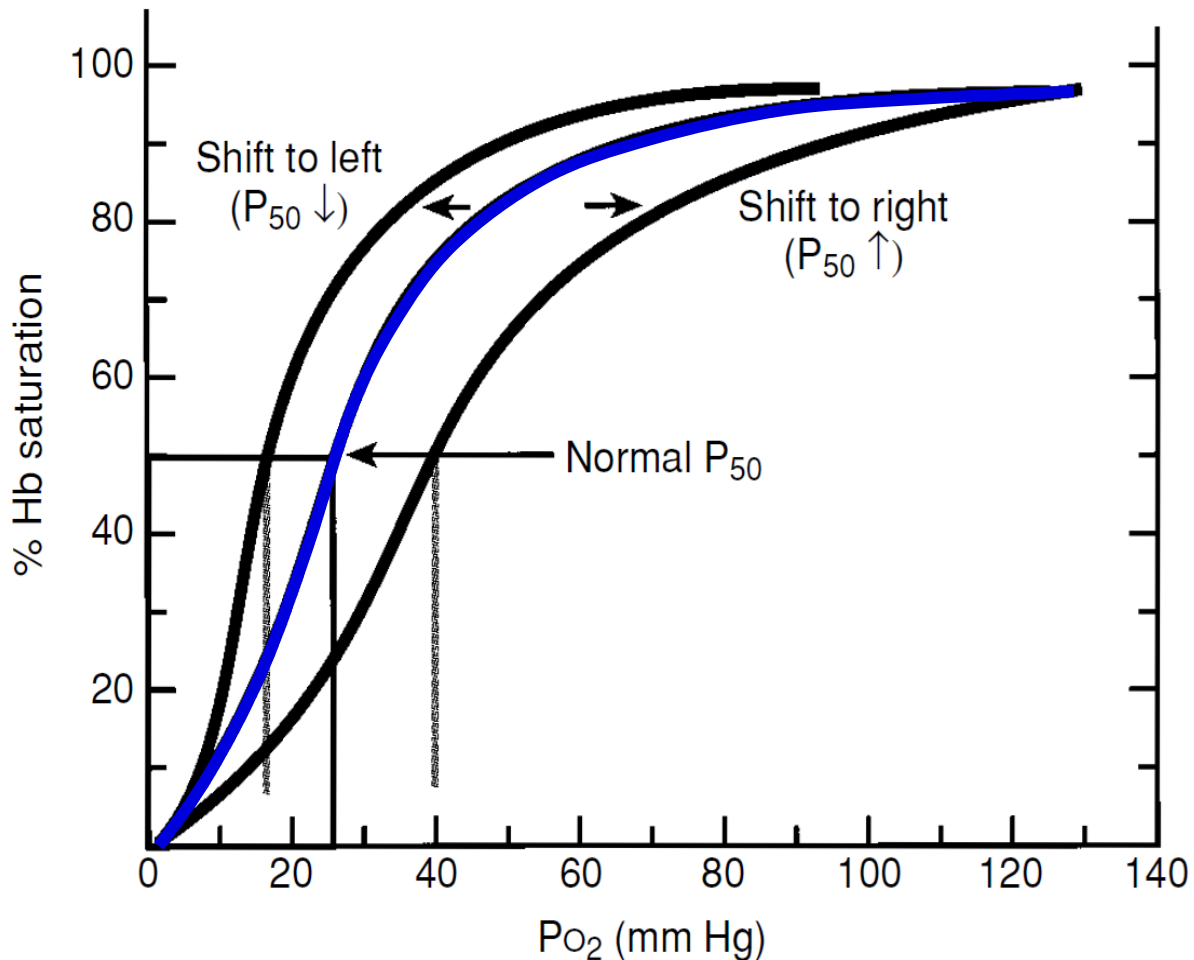
- Fyzikálně rozpuštěný (1%)
- V chemické vazbě s Hb (99%)

HEMOGLOBIN

- Hemoglobin:
 - 2 α , 2 β podjednotky,
 - Každá podjednotka má 1 hem, který váže 1 O_2 → hemoglobin váže 4 molekuly O_2
- Fetální hemoglobin (2 α , 2 γ , 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:

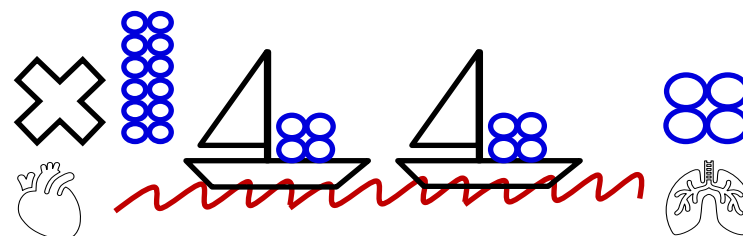
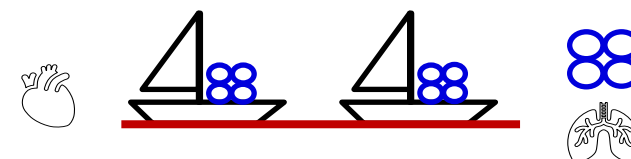
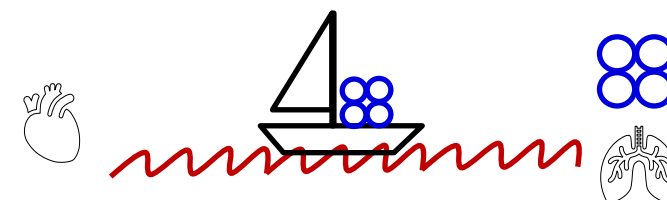
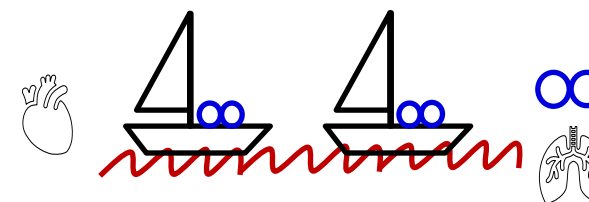
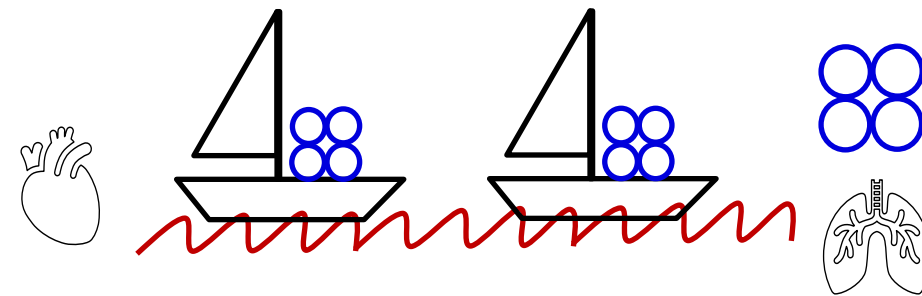
- pH krve
- Obsahu CO_2 v krvi
- Teploty
- Koncentrace 2,3 - BPG

HYPOXIE

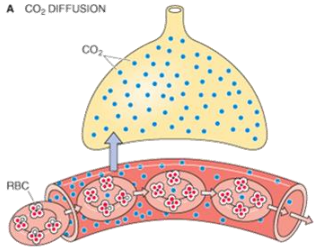
nedostatek kyslíku ve tkáních (neplést s ischemií)

(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)

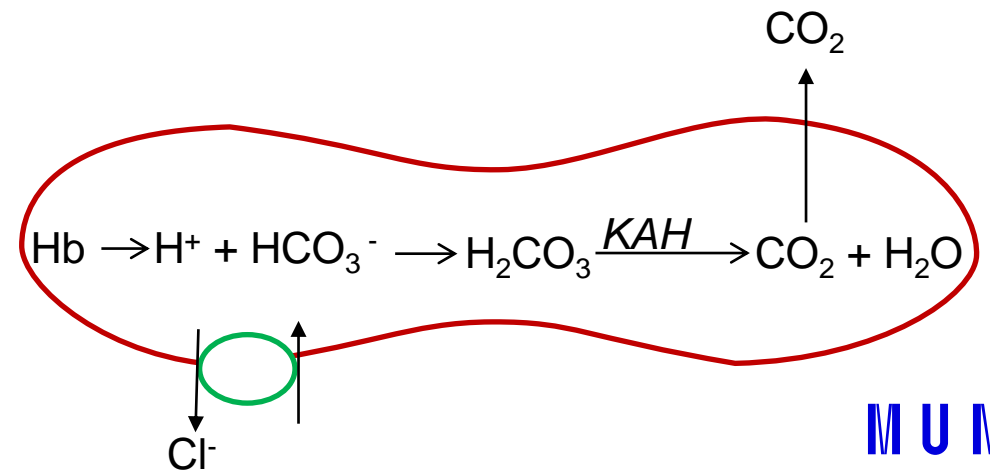
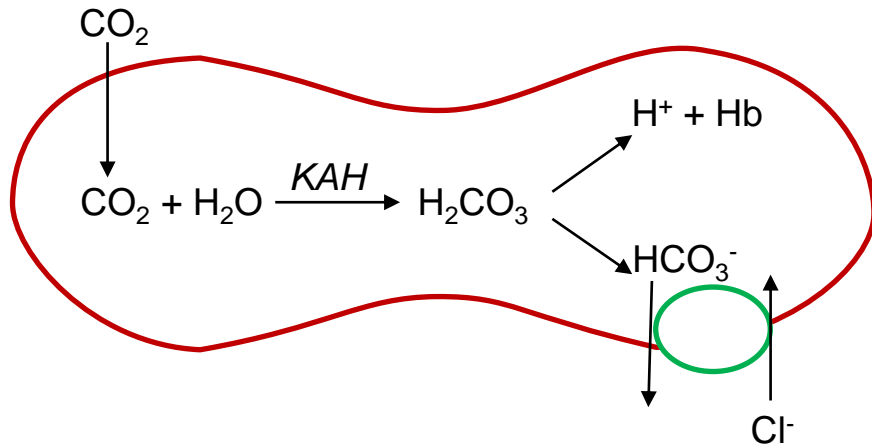


TRANSPORT CO₂

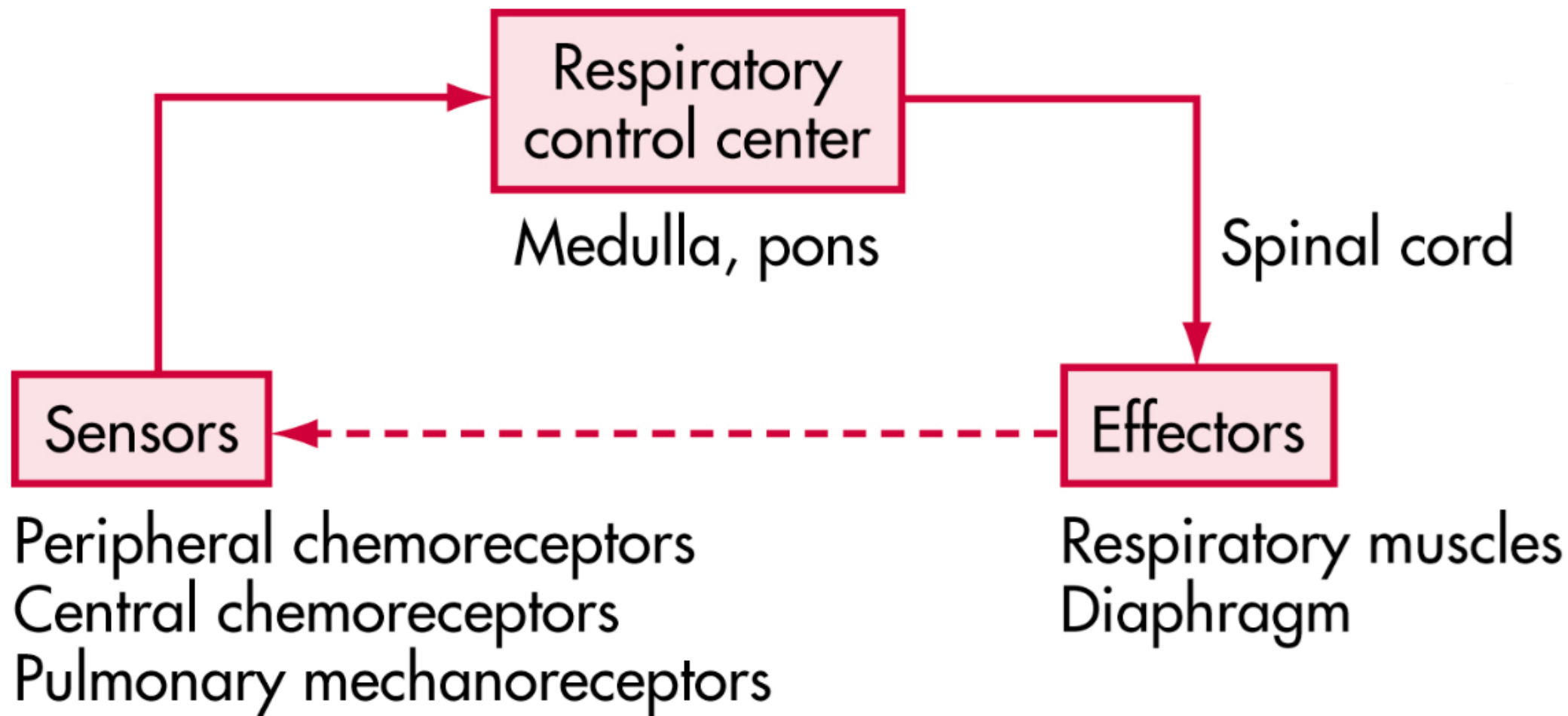


CO₂ je přenášen krví:

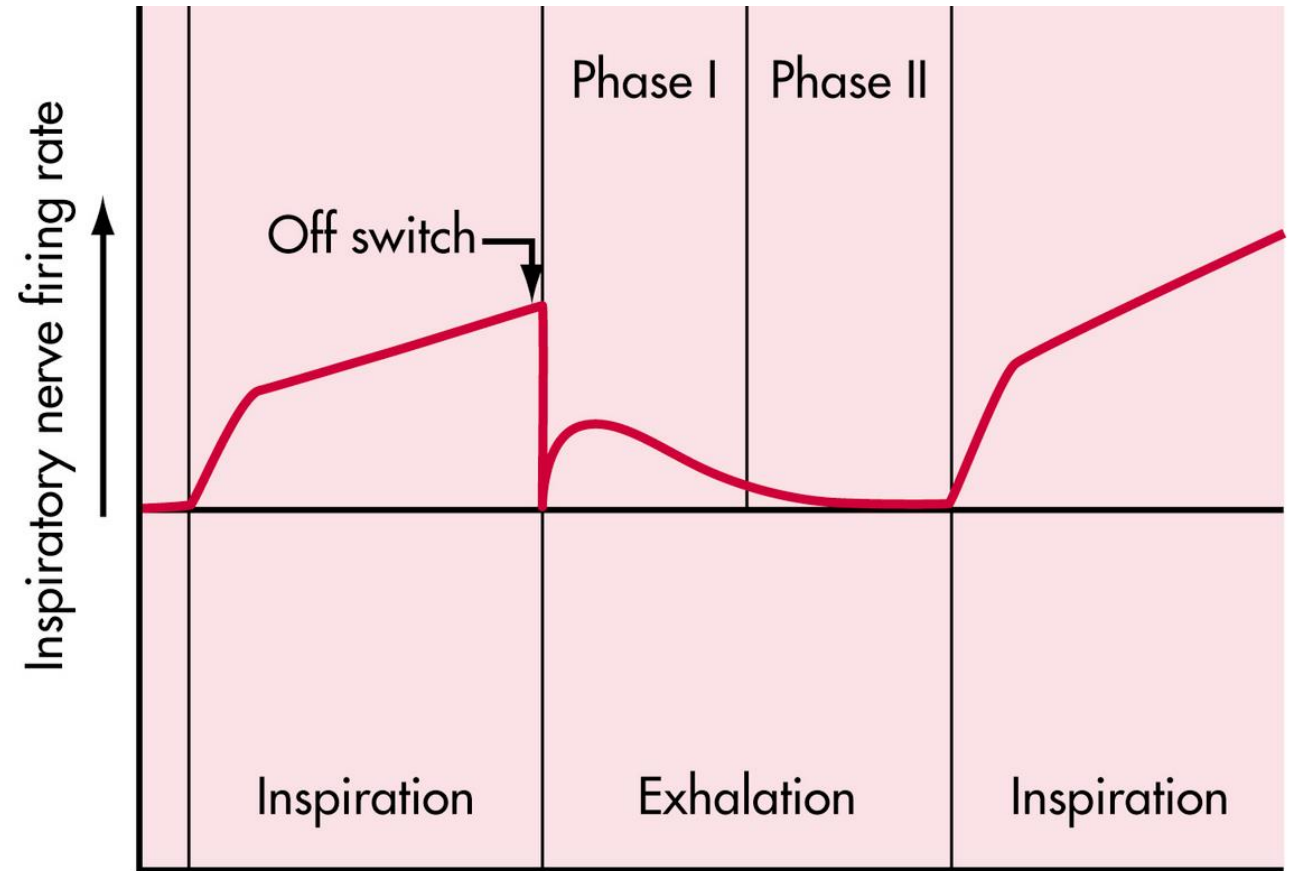
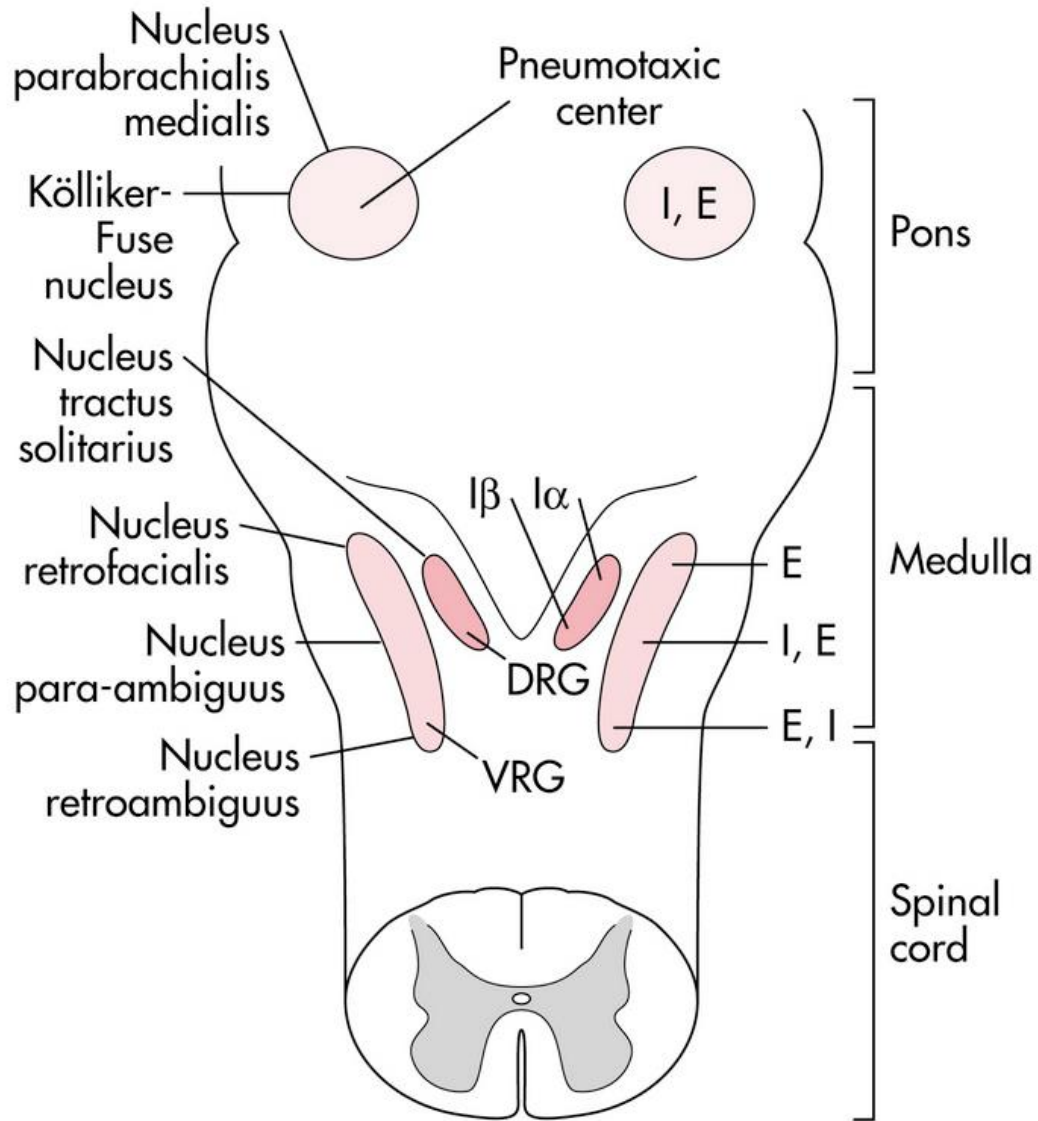
- Fyzikálně rozpuštěný (5%)
- Ve formě bikarbonátových aniontů (85%)
- V chemické vazbě s Hb a plazmatickými proteiny (10%)



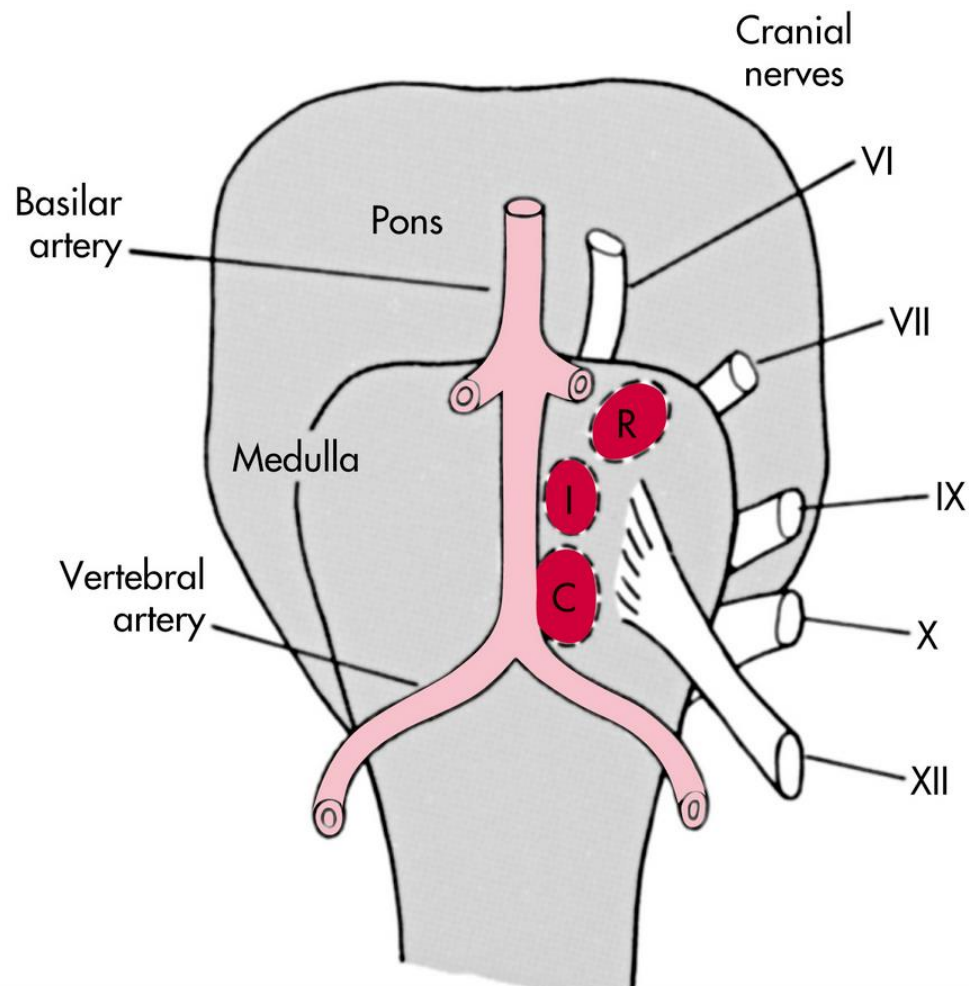
REGULACE DÝCHÁNÍ



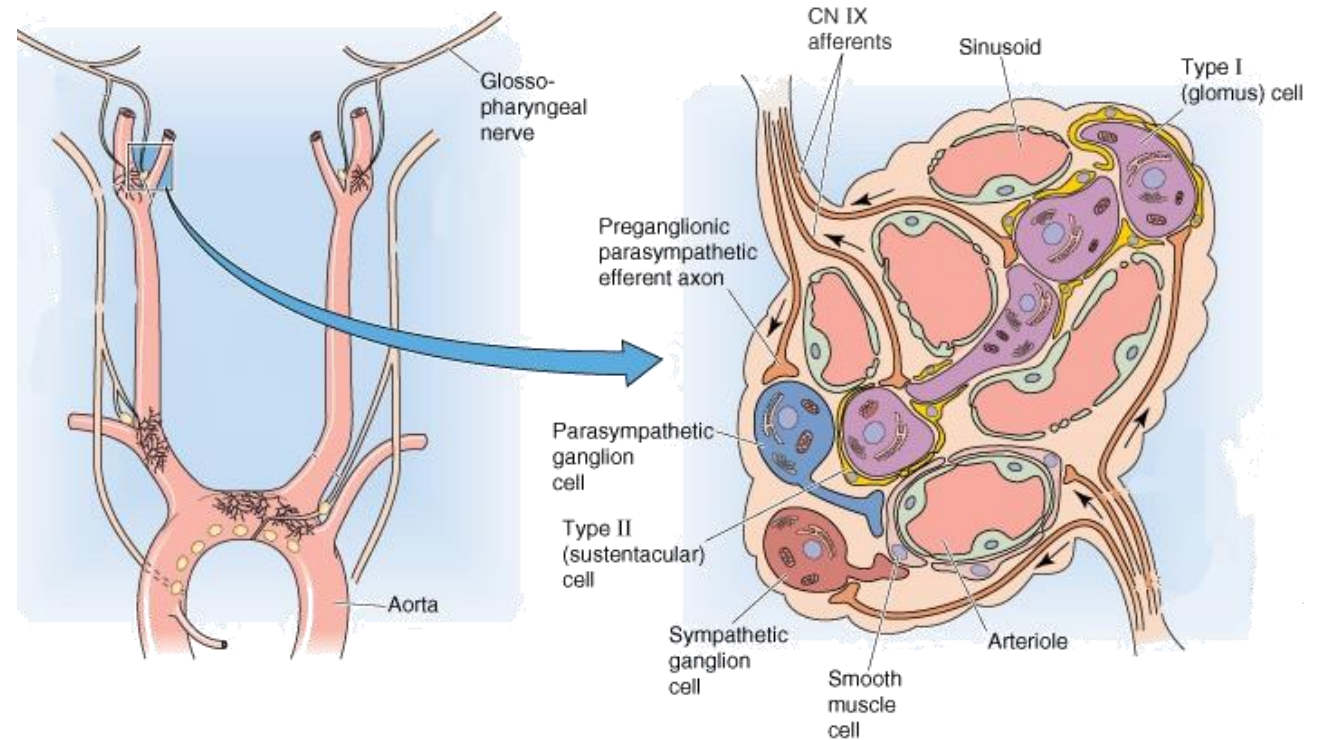
REGULACE DÝCHÁNÍ



CHEMICKÁ REGULACE

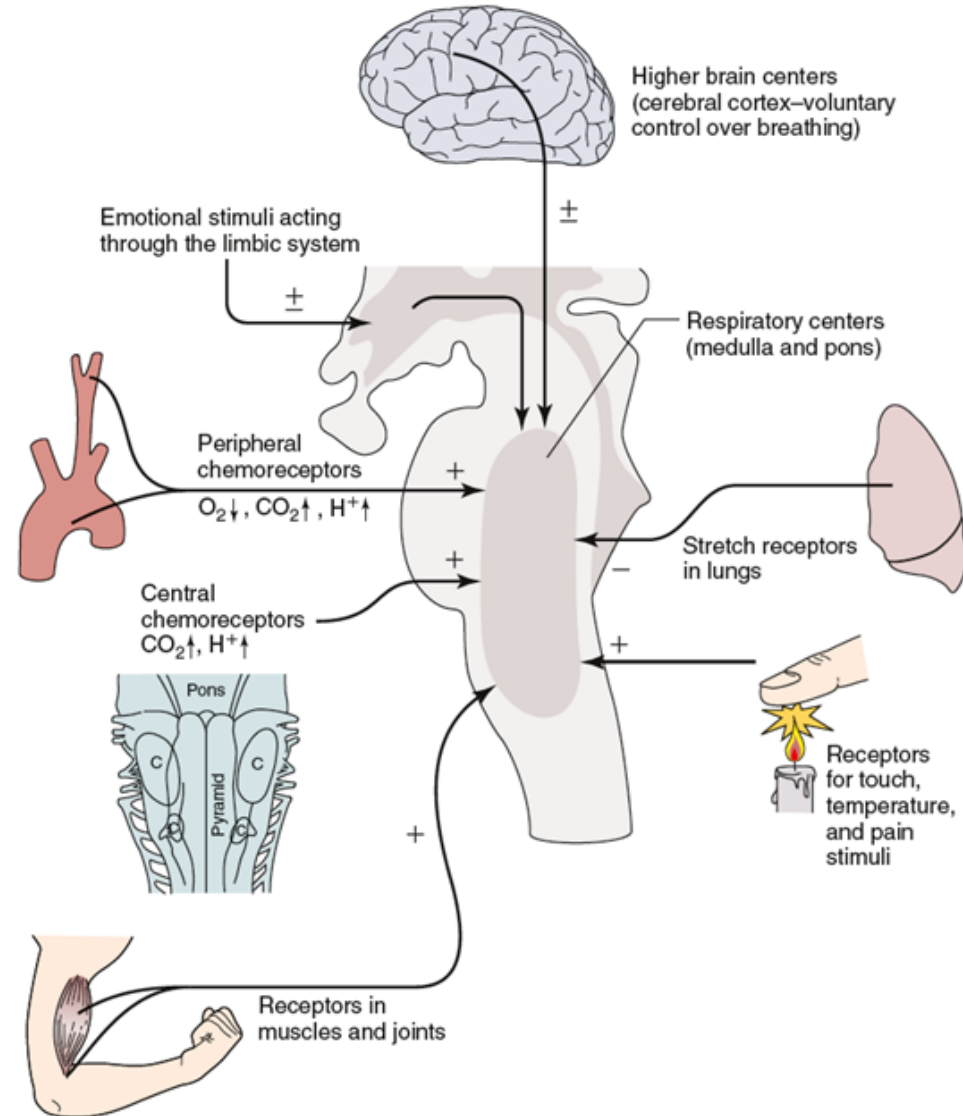


Centrální chemoreceptory



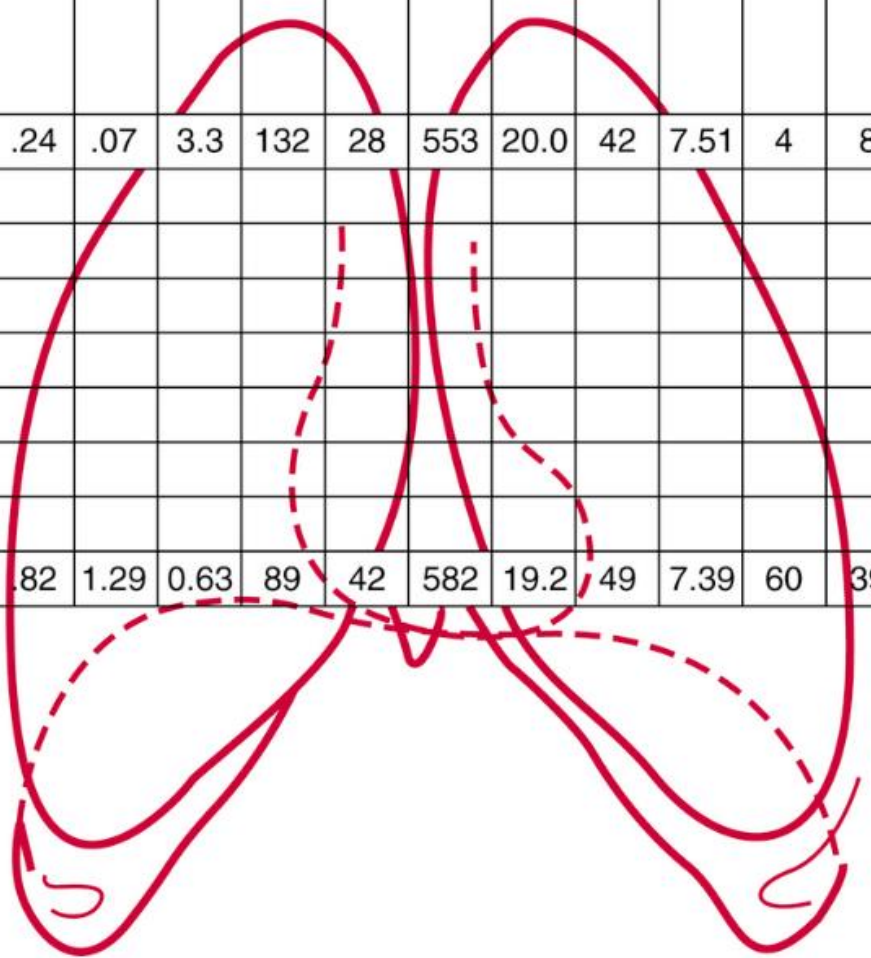
Periferní chemoreceptory

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 content (mL/100 mL)	CO_2	pH	O_2 in (mL/min)	CO_2 out (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 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

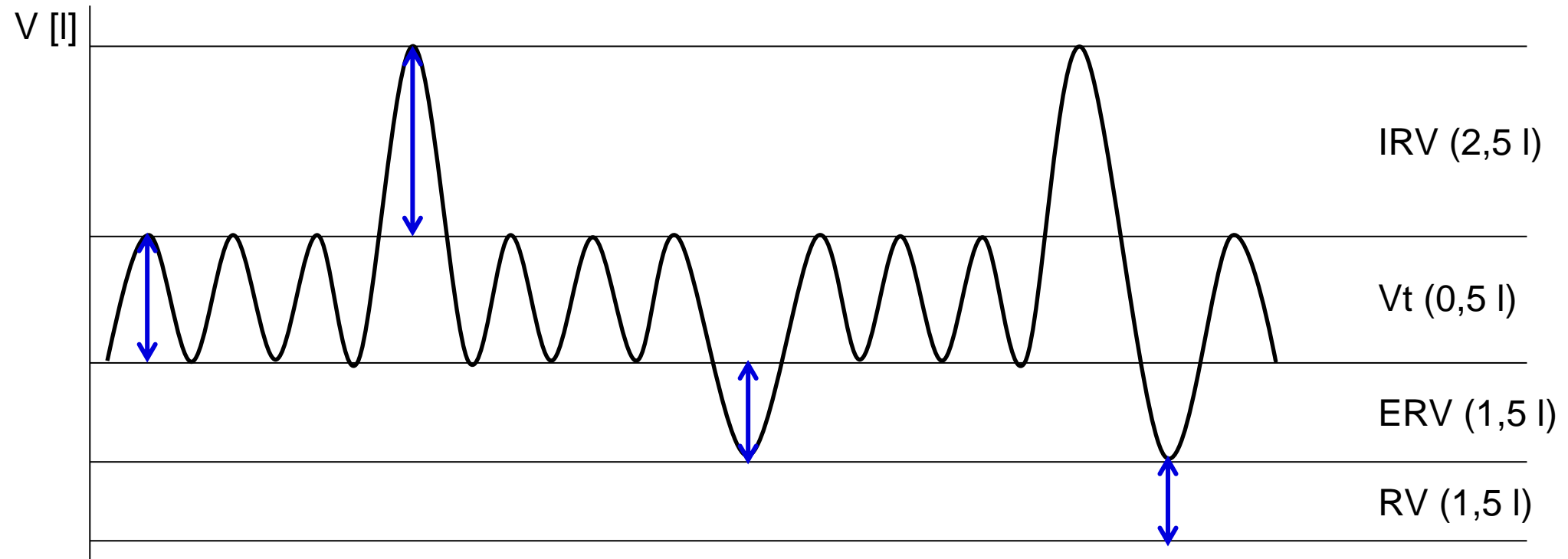
– Kromě výše popsaných reflexů jsou plíce chráněny před poškozením:

- ✓ 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

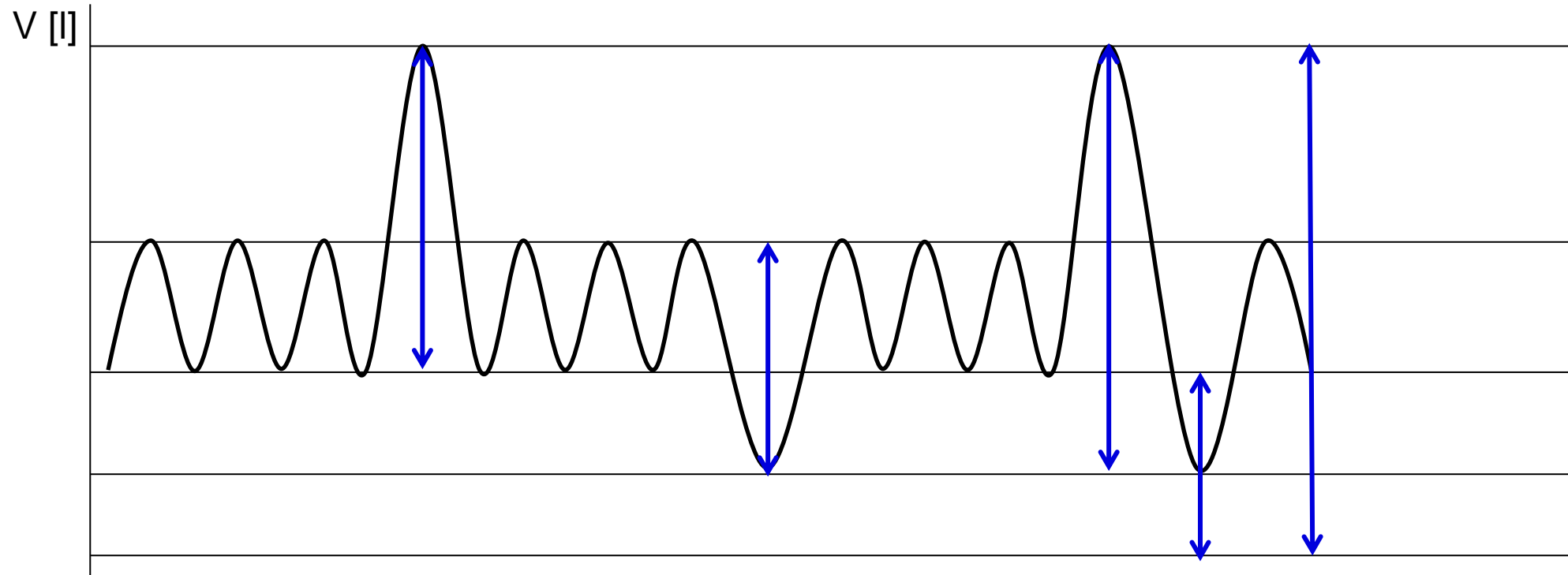
- **Principem** je stanovení rychlosti proudění vzduchu z měřených rozdílů tlaků mezi vnitřní a vnější stranou membrány spirometru, objemy jsou dopočítávány (spirometry systému PowerLab).
- **Principem** je měření rychlosti proudění vzduchu definovaným průřezem z otáček turbíny a objemy jsou dopočítávány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

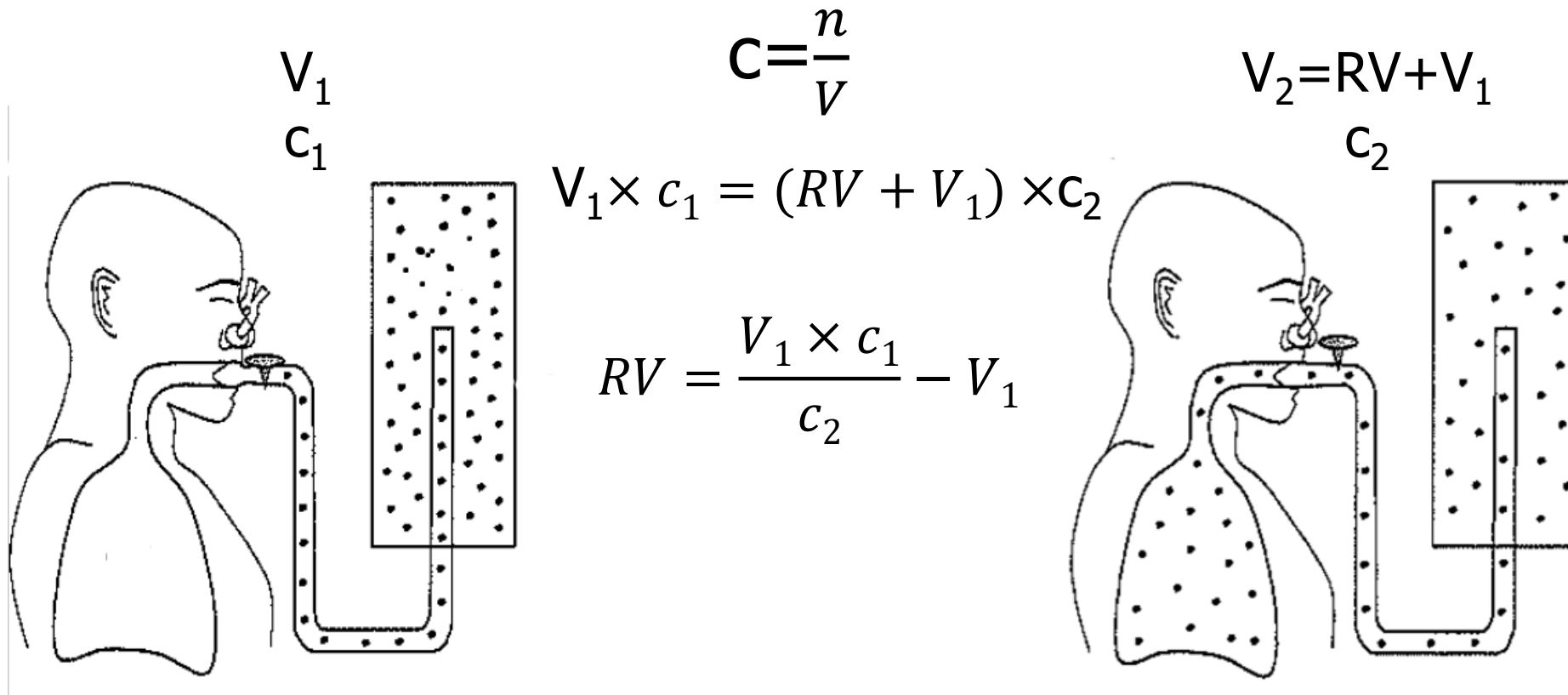
SPIROMETRIE



- 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

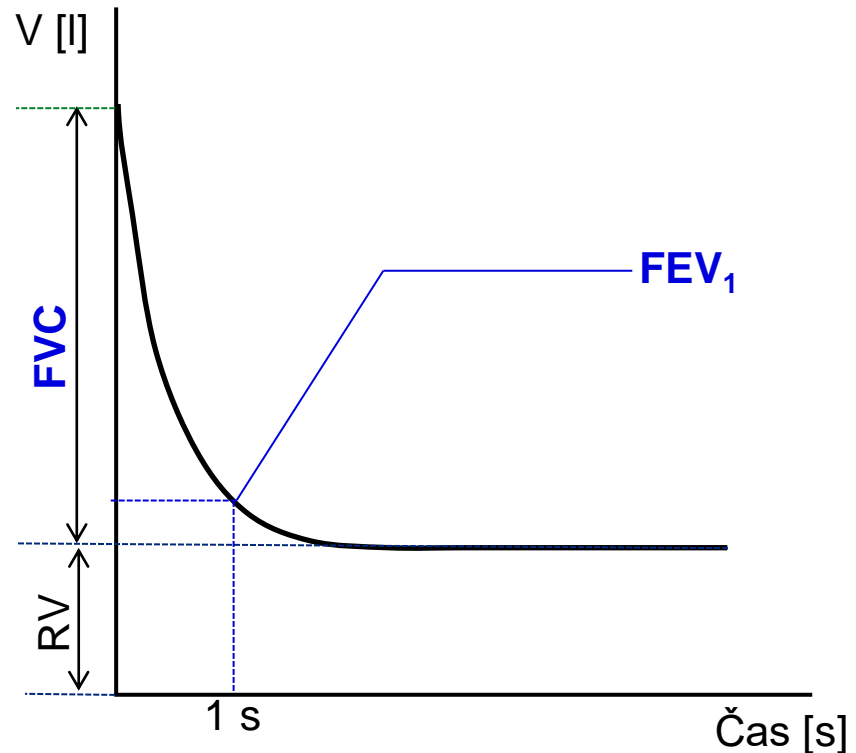
Heliová diluční technika



SPIROMETRIE

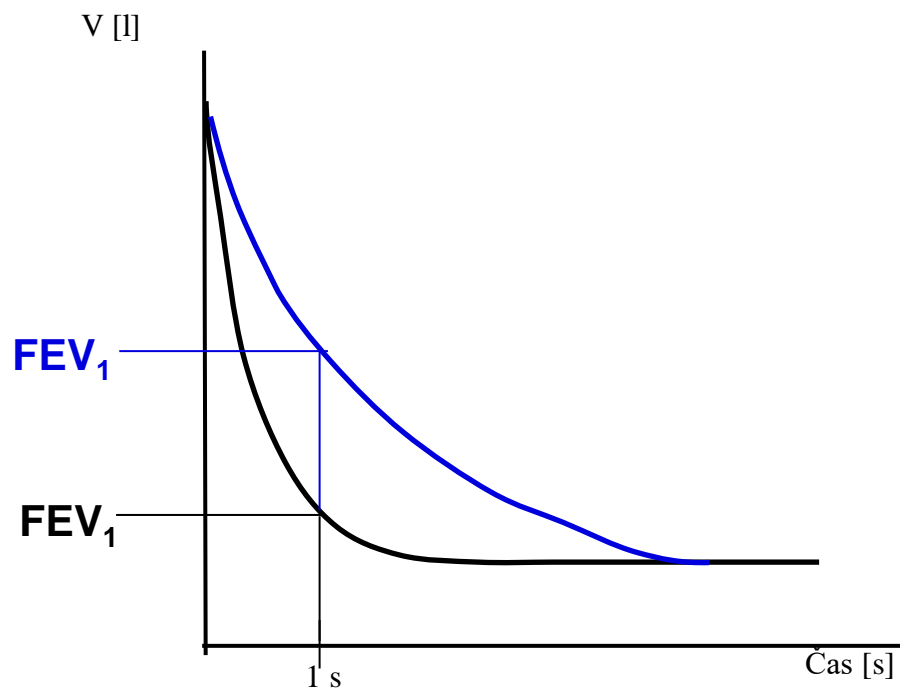
Dynamické plicní objemy

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



- **FVC** – usilovná vitální kapacita; maximální objem vzduchu, který lze po maximálním nádechu prudce vydechnout
- **FEV₁** – usilovně vydechnutý objem za první sekundu; objem vzduchu vydechnutý s největším úsilím za 1. sekundu po maximální nádechu
- **FEV₁/FVC (%)** – Tiffeneauův index – kolem 80 %

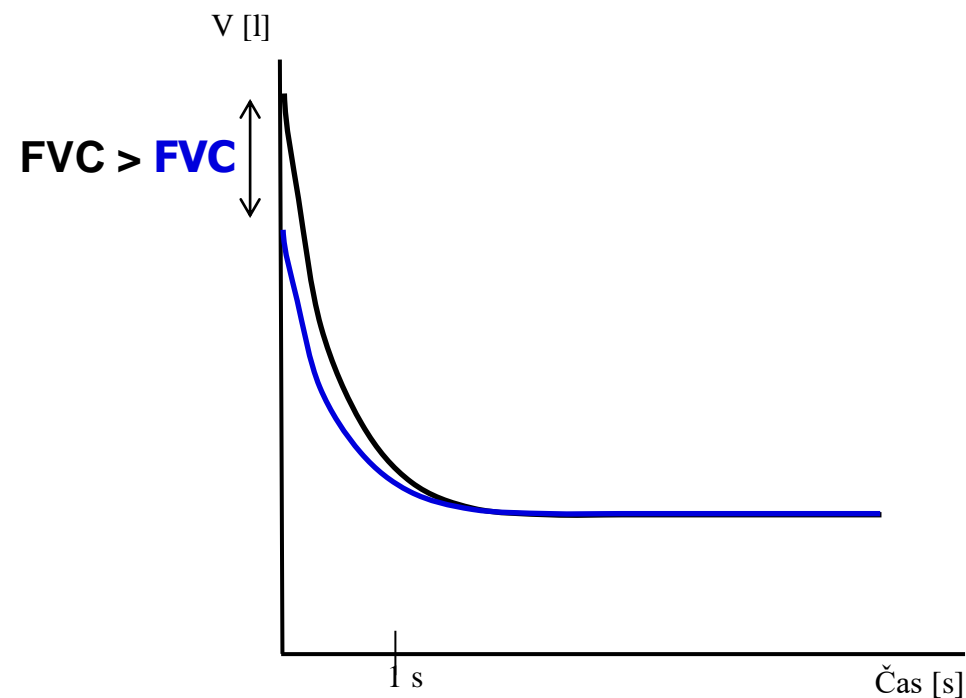
SPIROMETRIE



Obstrukční poruchy plic

(FVC=N; FEV₁=↓)

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



Restrikční poruchy plic

(FVC=↓; FEV₁=N/ ↓)

pulmonální příčiny

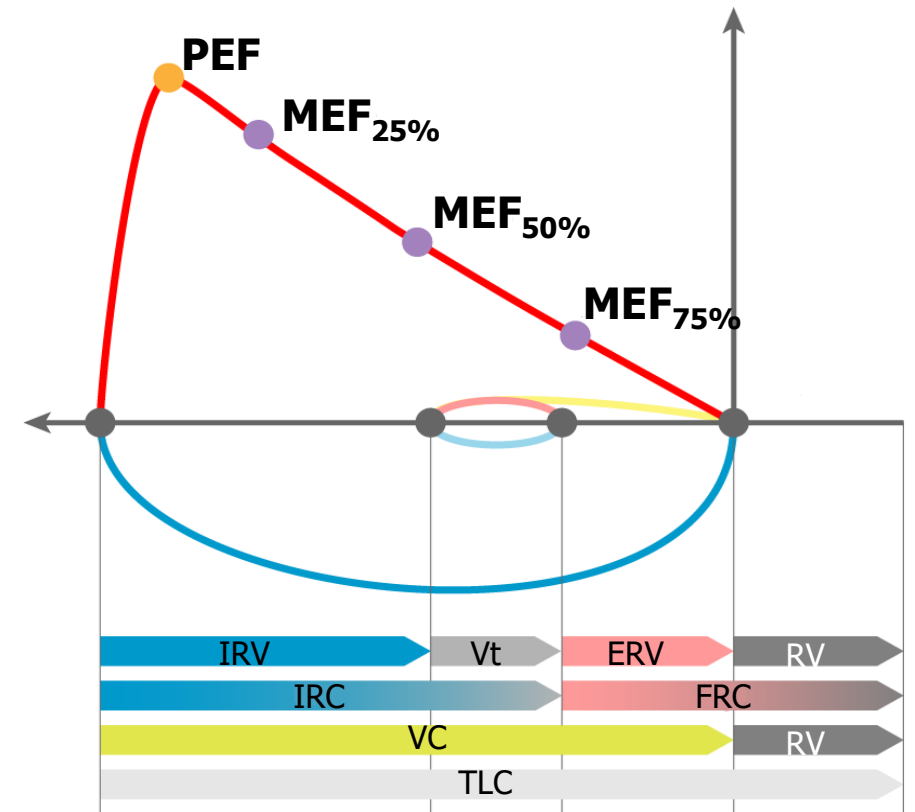
- plicní fibróza
- resekce plic
- plicní edém
- pneumonie

extrapulmonální příčiny

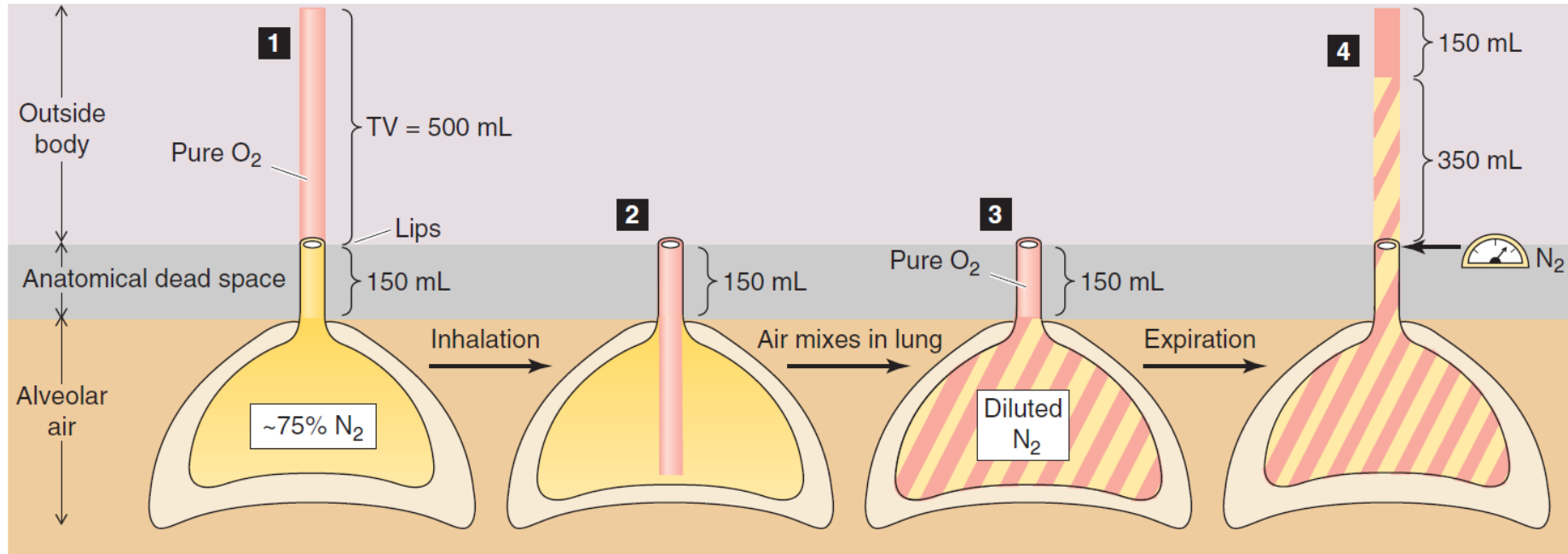
- ascites
- kyfoskolióza
- popáleniny
- vysoký stav bránice

SPIROMETRIE

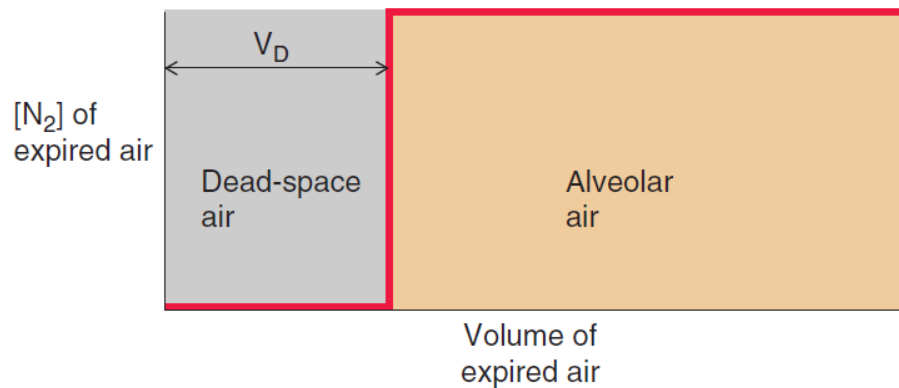
- **PEF** – vrcholový výdechový průtok; nejvyšší rychlost na vrcholu usilovného výdechu (odpovídá vzduchu v horních DC)
- **MEF** – maximální výdechové průtoky (rychlosti) na různých úrovních FVC, kterou je ještě třeba vydechnout (nejčastěji na 75 %, 50 % a 25 % FVC)



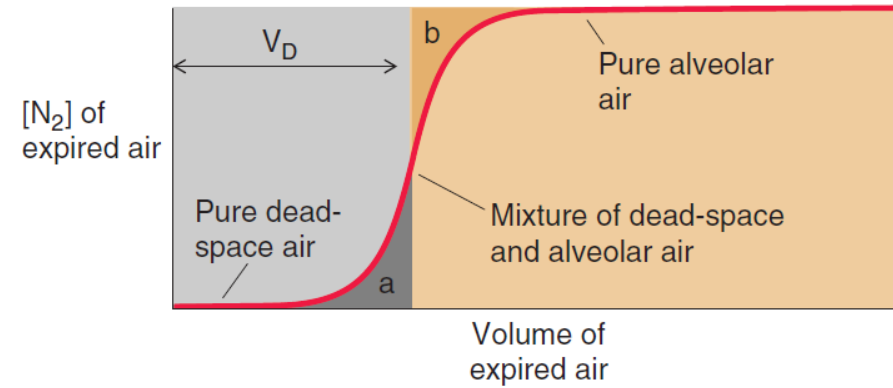
MRTVÝ PROSTOR



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



MEASURED $[N_2]$ PROFILE



DĚKUJI ZA POZORNOST