

**MUNI
MED**

Fyziologie respiračního systému.

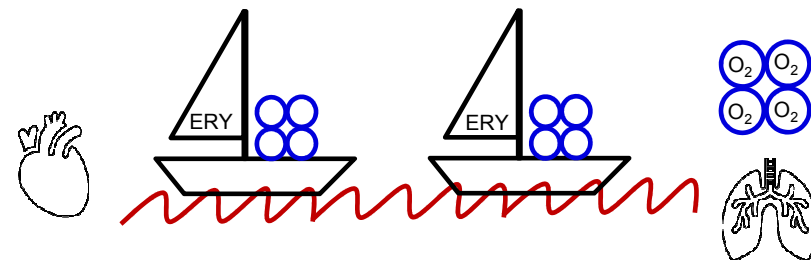
Otázky z fyziologie – všeobecné lékařství

- 22: Hypoxie a ischemie
- 25: Ventilace plic, plicní objemy a jejich měření
- 26: Mrtvý prostor a jeho měření
- 27: Odpor dechových cest a jeho měření
- 28: Rozepsaný výdech vitální kapacity, smyčka průtok-objem
- 45: Povrchové napětí v alveolech. Surfaktant.
- 46: Poddajnost plic a dechová práce. Pneumotorax
- 47: Složení atmosférického a alveolárního vzduchu. Výměna plynů v plicích a tkáních
- 48: Přenos O₂ a CO₂ krví. Disociační křivka hemoglobinu pro kyslík.
- 49: Regulace dýchání
- 50: Obranné reflexy dýchací

22:Hypoxie a ischemie

- Nedostatek kyslíku ve tkáních (neplést s ischemií)
- Ischemie – nedostatečné prokrvení tkáně – zahrnuje hypoxii, hyperkapnii, nahromadění metabolitů, nedostatek živin,....)
- Nejběžnější typy hypoxie :

- Hypoxická
- Anemická
- Ischemická
- Histotoxická



ERY: ♀ $3.4 - 4.4 \cdot 10^{12}/l$

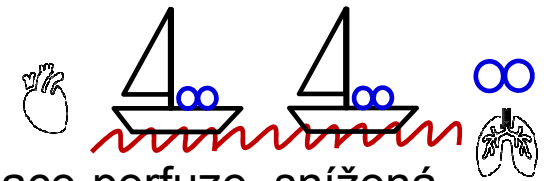
♂ $4.5 - 5.5 \cdot 10^{12}/l$

pO_2 : 21kPa

22: Hypoxie and ischemie

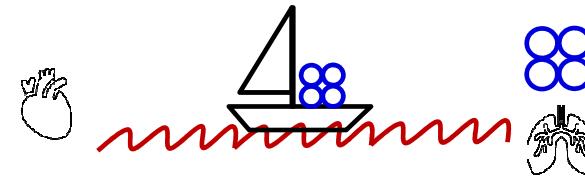
– Hypoxická:

- fyziologická: nadmořská výška
- $\downarrow pO_2$; \downarrow Ery
- porucha dýchacích svalů, dechového centra, opiáty, porucha ventilace-perfuze, snížená difuze přes alveolární membránu



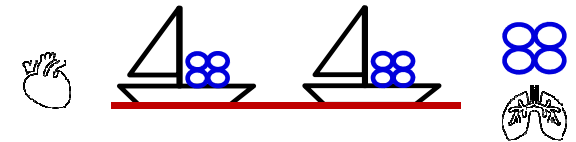
– Anemická:

- snížená transportní kapacita krve pro kyslík
- $\downarrow pO_2$; \downarrow Ery/Hb



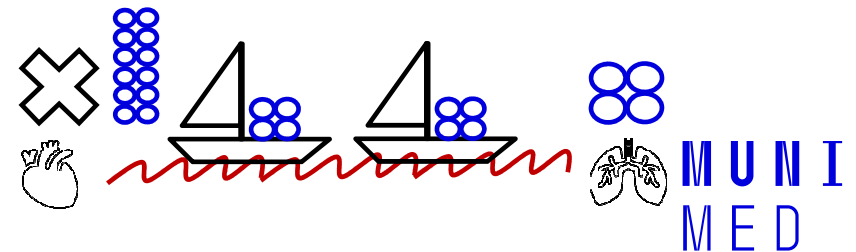
– Ischemická (cirkulační, stagnační):

- snížený průtok krve tkání (obstrukce arterie, selhávání srdce)
- $\downarrow pO_2$; \downarrow Ery



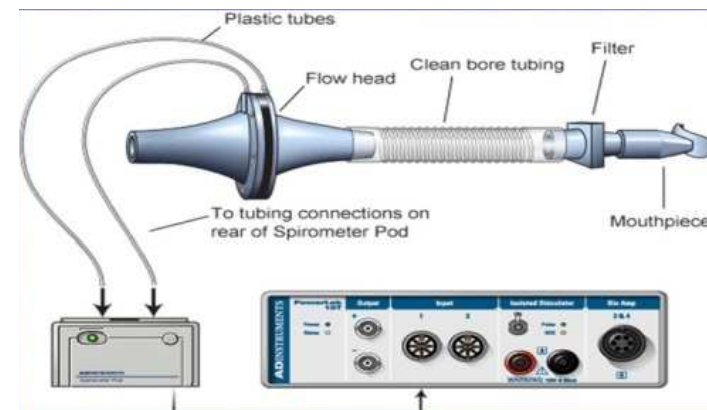
– Histotoxická

- porušené využití O_2 buňkami (toxiny, kyanid)
- $\downarrow pO_2$; \downarrow Ery

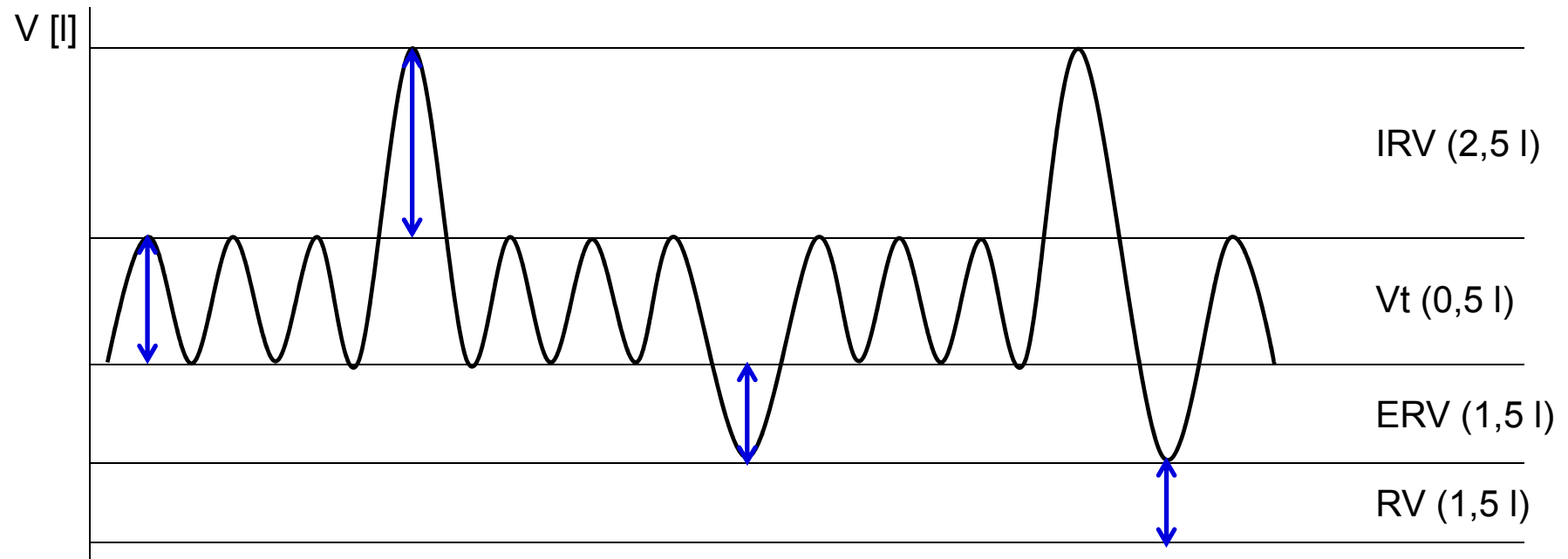


25: Ventilace plic, plicní objemy, měření

- 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 turbínky a objemy jsou dopočítávány (Cosmed).
- Kroghův respirometr

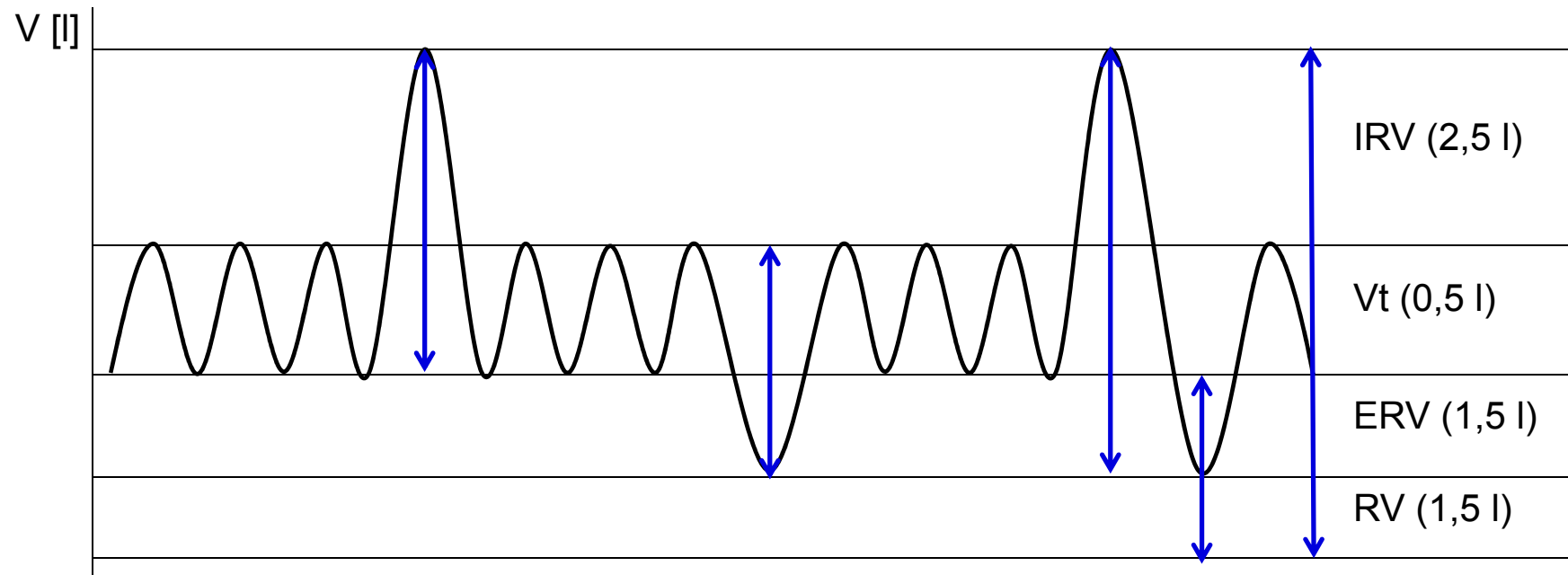


25: Ventilace plic, plicní objemy, měření



- *klidový dechový objem [V_t] – 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*

25: Ventilace plic, plicní objemy, měření



Kapacita plic:

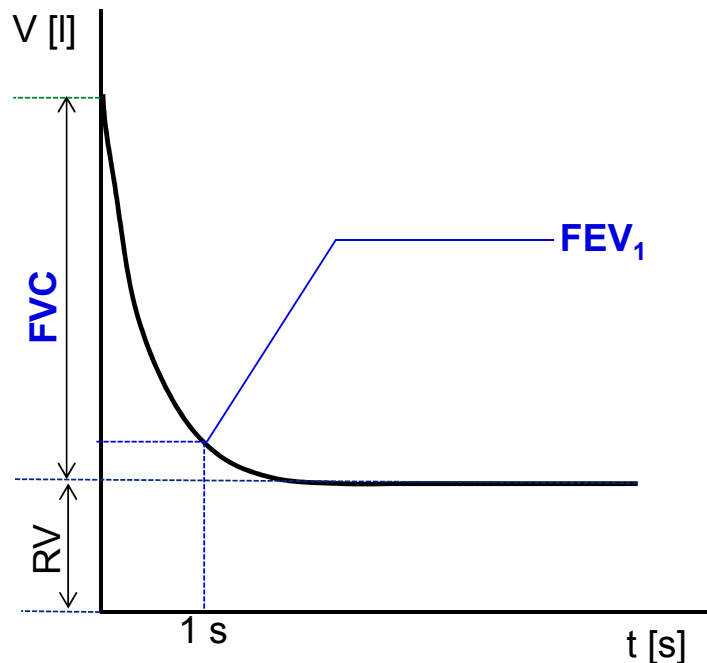
- rezervní inspirační kapacita [RIC] = IRV + V_t
- rezervní expirační kapacita [IRV] = ERV + V_t
- vitální kapacita plic [VC] = IRV + V_t + ERV
- funkční reziduální kapacita [FRC] = ERV + RV
- celková plicní kapacita [TLC] = IRV + V_t + ERV + RV

Dynamické plicní parametry:

- MV
- MMV

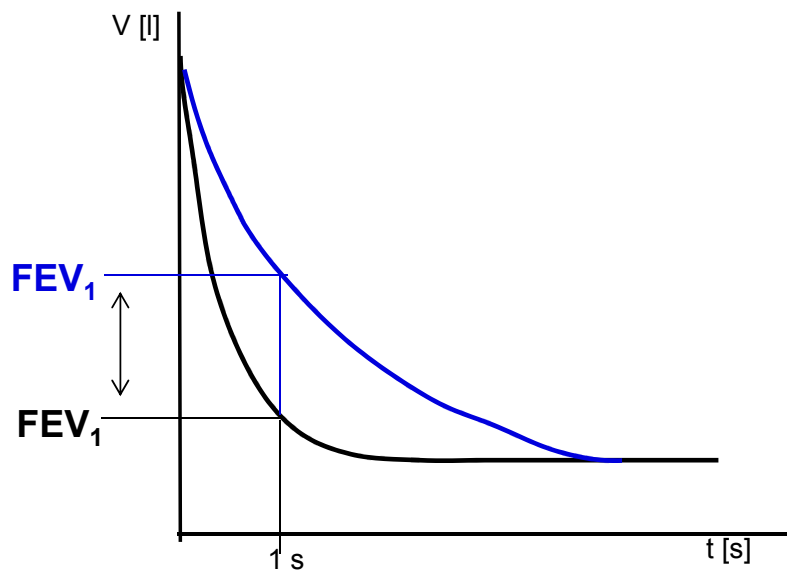
25: Ventilace plic, plicní objemy, měření

Dynamické plicní parametry



- **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 0,8 (80 %)

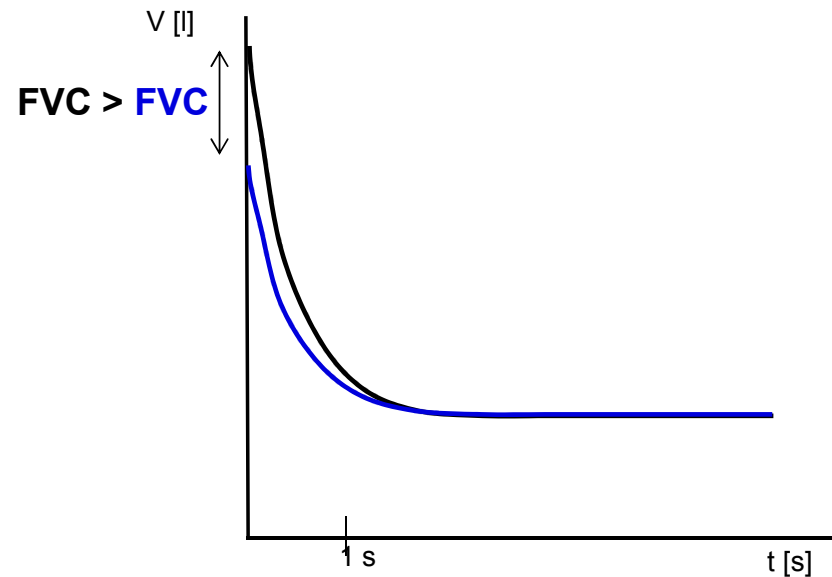
25: Ventilace plic, plicní objemy, měření



Obstrukční poruchy plic

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

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



Restrikční poruchy plic

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

pulmonální příčiny

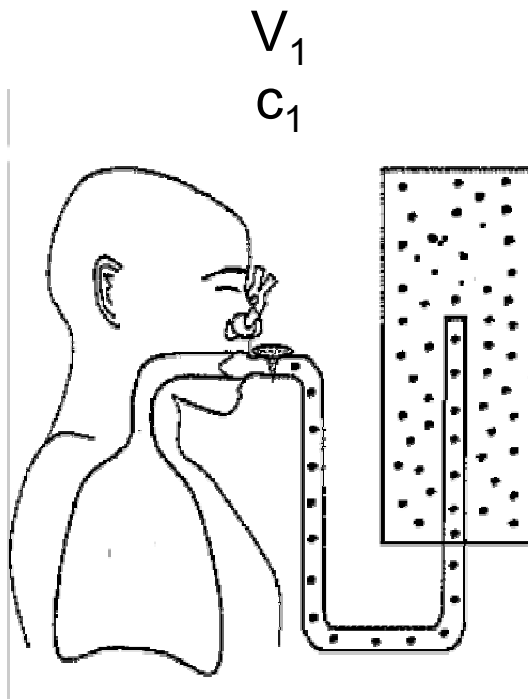
- plicní fibróza
- resekce plic
- plicní edém
- pneumonie

Extrapulmonary etiology

- ascites
- kyfaskolióza
- popáleniny
- vysoký stav bránice

25: Ventilace plic, plicní objemy, měření

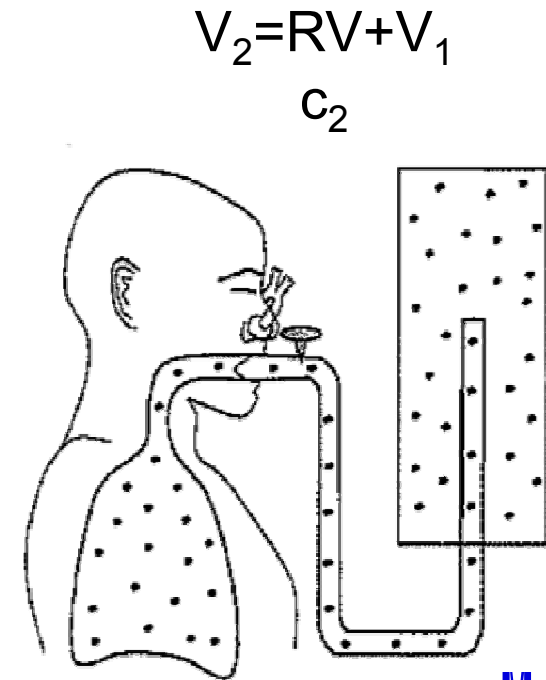
Heliová diluční technika



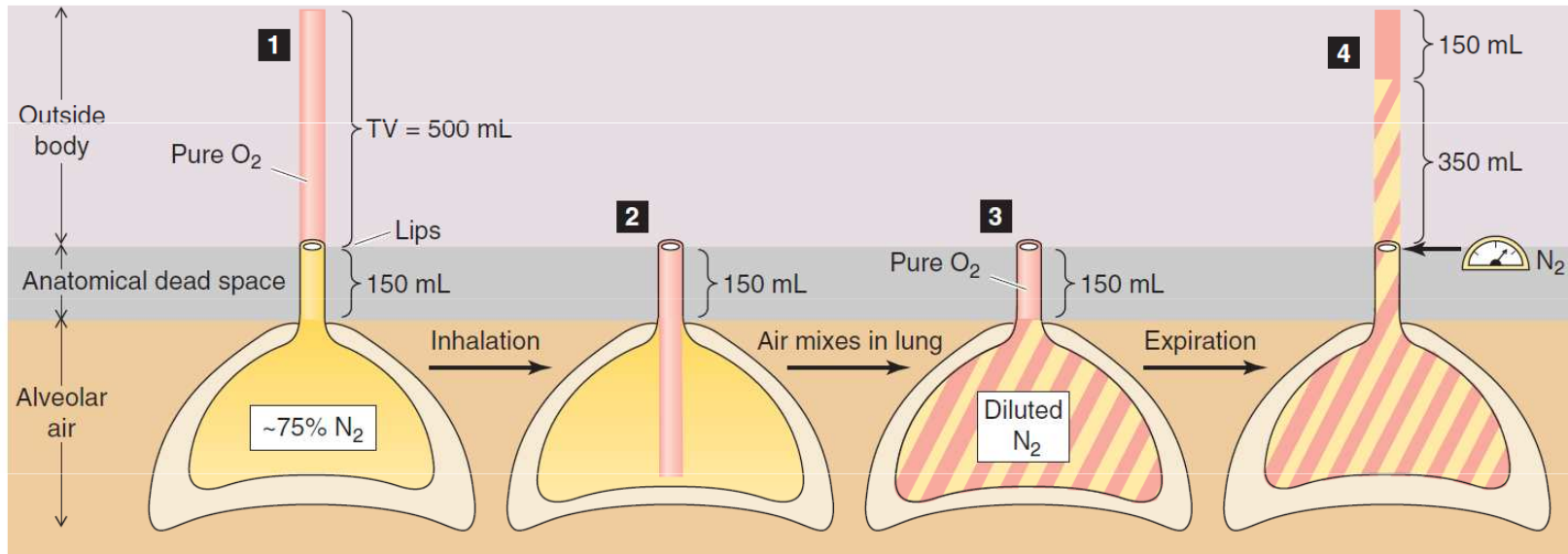
$$c = \frac{n}{V}$$

$$V_1 \times c_1 = (RV + V_1) \times c_2$$

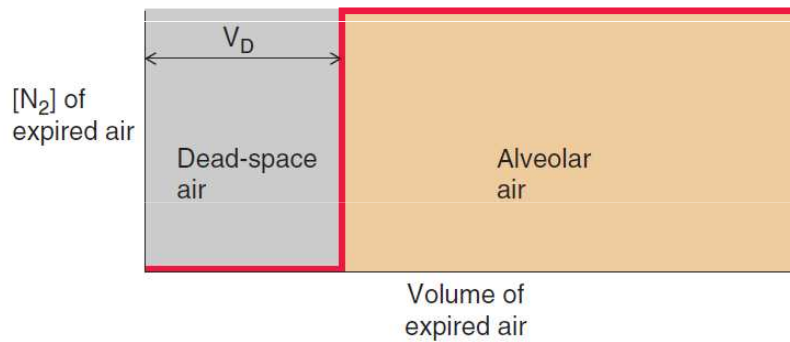
$$RV = \frac{V_1 \times c_1}{c_2} - V_1$$



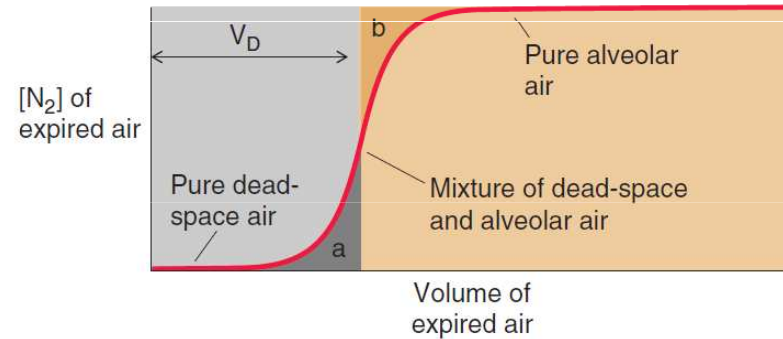
26: Mrtvý prostor a jeho měření



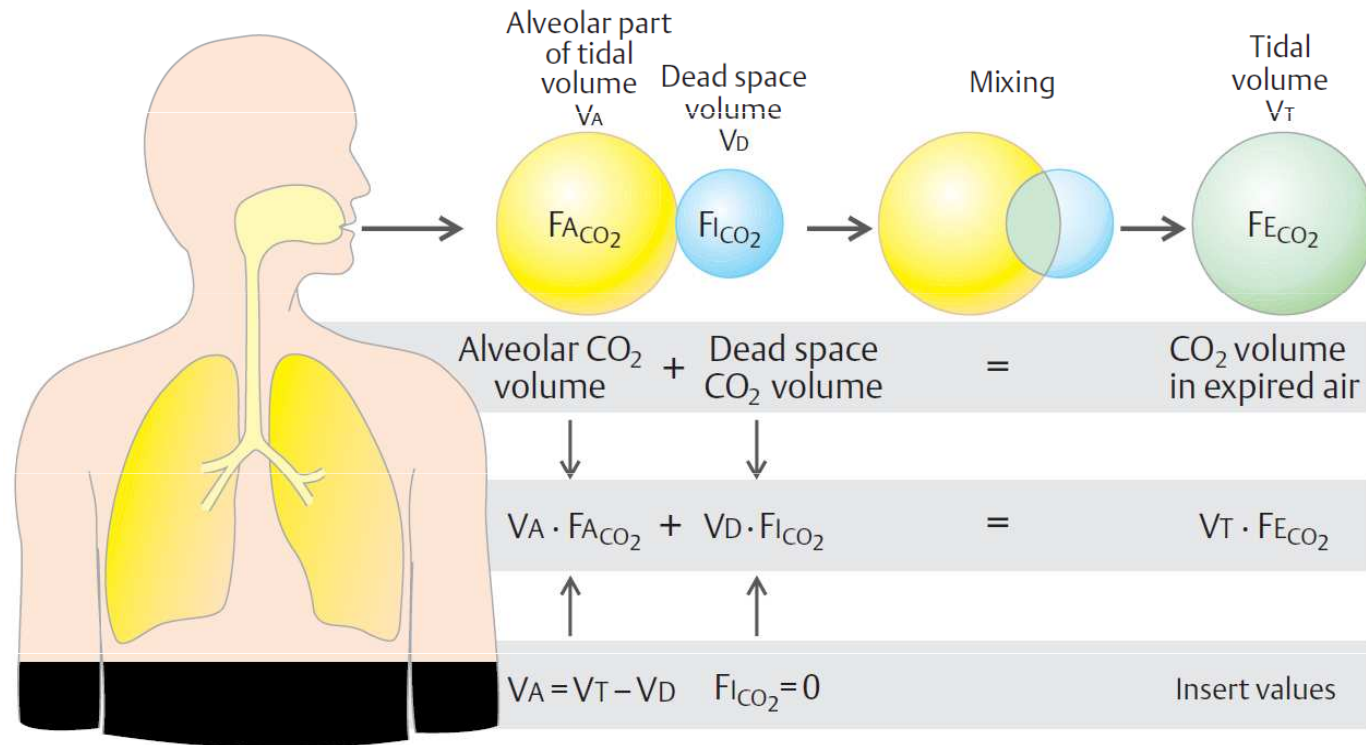
[N_2] PROFILE OF EXPIRED AIR WITH NO MIXING



MEASURED [N_2] PROFILE



26: Mrtvý prostor a jeho měření



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:

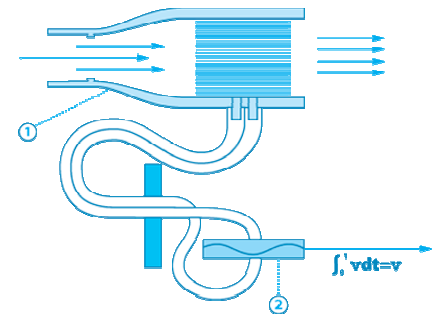
$$V_D = \frac{0.5 (0.056 - 0.040)}{0.056}$$

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

27: Odpor dechových cest a jeho měření

Pneumotachograf

je přístroj tvořený paralelně uspořádanými trubičkami o stejném průměru. Jedna z trubiček má blízko obou svých konců (ústního a vnějšího) odbočky s hadičkami. Ty jsou napojeny na snímač tlaku, který umožňuje měřit rozdíly tlaku vzduchu na začátku a na konci pneumotachografu úměrné rychlosti vdechovaného nebo vydechovaného vzduchu.

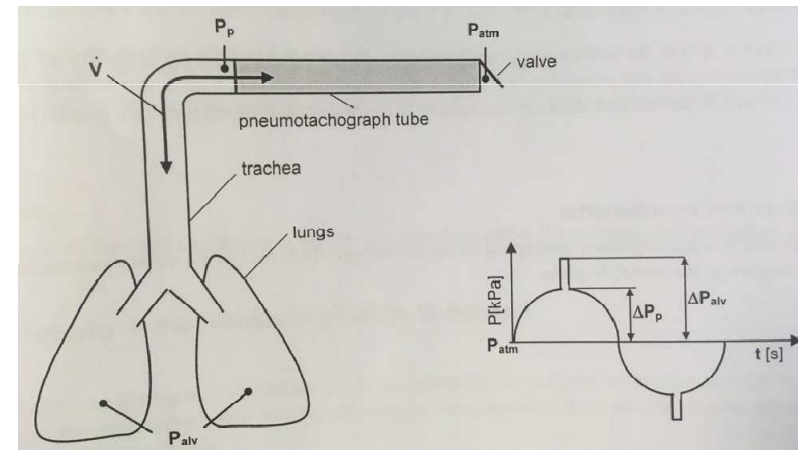


$$\dot{V} = \frac{\Delta P}{R}$$

$$\Delta P_p = P_p - P_{atm}$$

$$\Delta P_{alv} = P_{alv} - P_{atm}$$

$$R_d = R_p \cdot \left(\frac{\Delta P_{alv}}{\Delta P_p} - 1 \right)$$



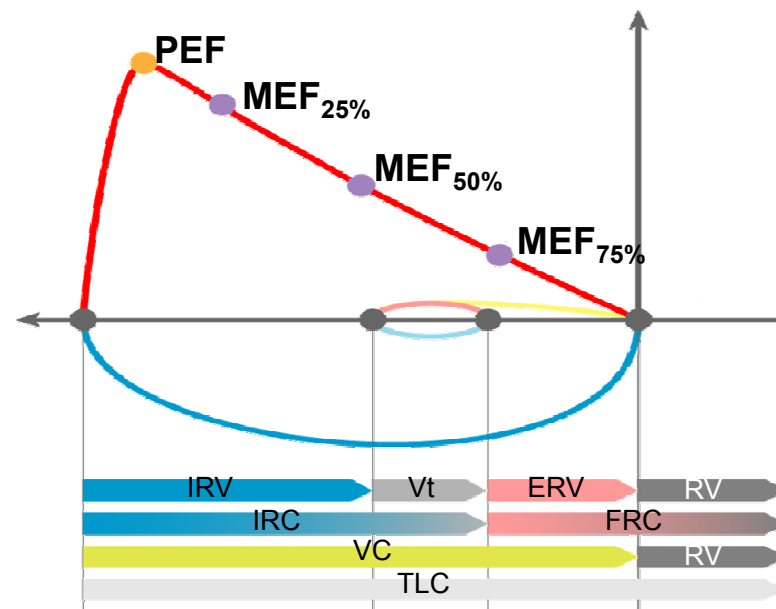
28: Rozepsaný výdech vitální kapacity, smyčka průtok-objem

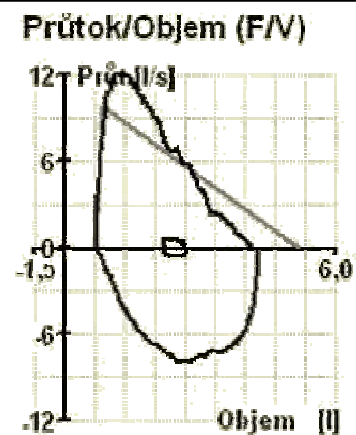
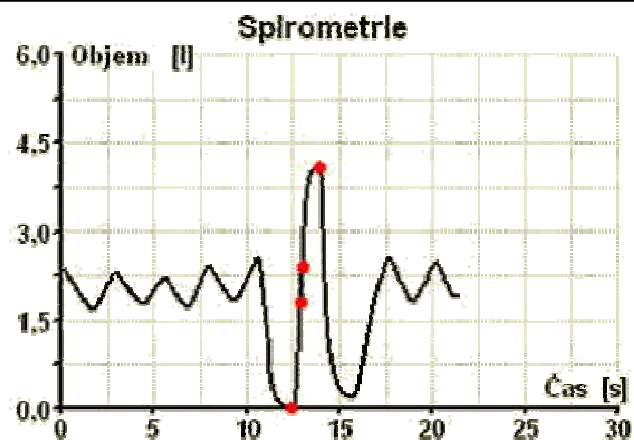
Principem je měření rychlosti proudění vzduchu definovaným průřezem z otáček turbíny a objemy jsou dopočítávány (Cosmed).

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)

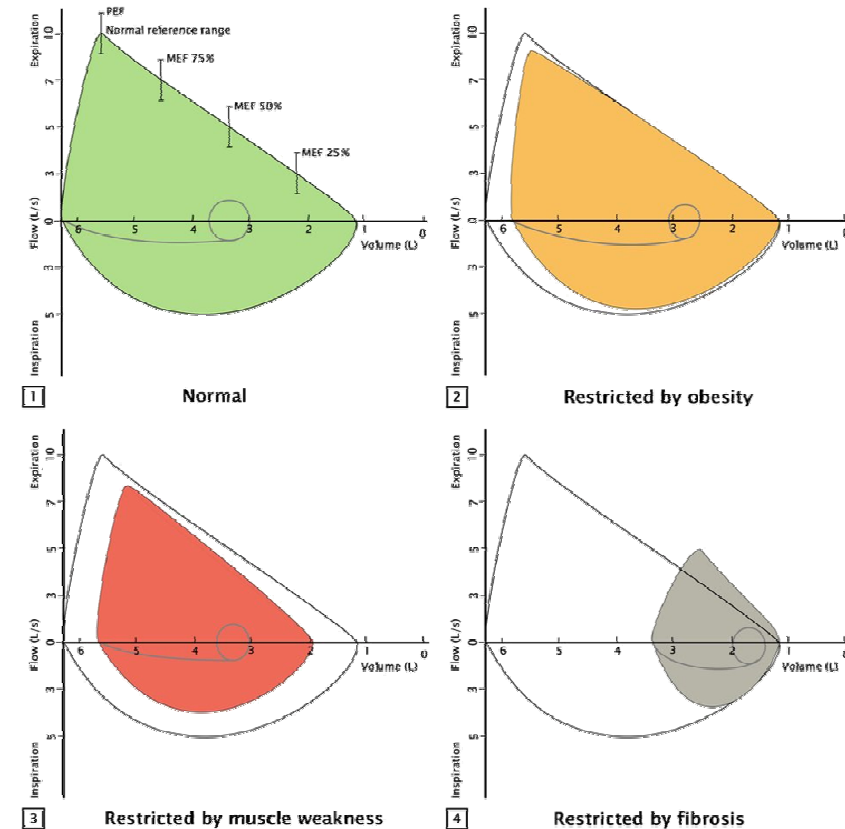
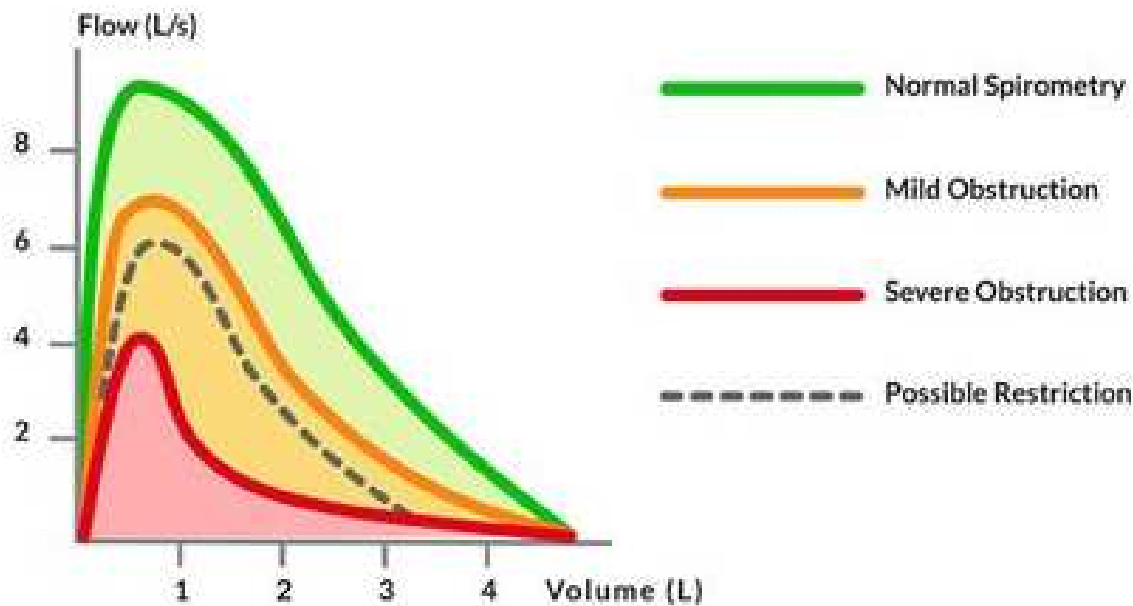
14 Physiology department





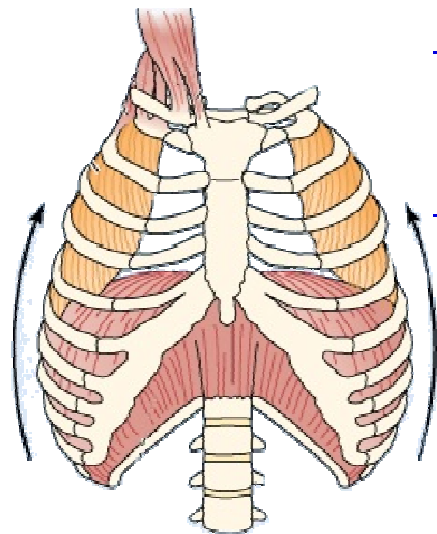
	Ref.	Měř	Měř/Ref.
Spirometrie			
IVC	5,30	4,09	77%
IRV	-	1,67	-
ERV	-	1,81	-
VT	-	0,61	-
Průtok/Objem (F/V)			
FVCex	5,05	3,89	77%
FEV1	4,28	3,73	87%
FEV1/IVC	83	91	110%
MEF25	2,55	2,44	96%
MEF50	5,48	6,63	121%
MEF75	8,33	11,40	137%
MEF25-75	4,98	6,02	121%
PEF	9,79	12,03	123%
PIF	-	7,99	-
AREAex	19.42	24.66	127%

28: Rozepsaný výdech vitální kapacity, smyčka průtok-objem



46: Poddajnost plic a dechová práce. Pneumotorax

Vdechové svaly

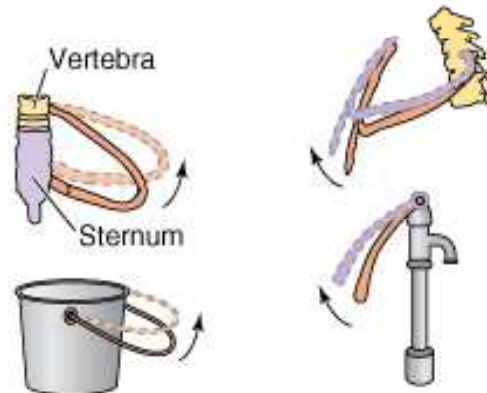


– hlavní:

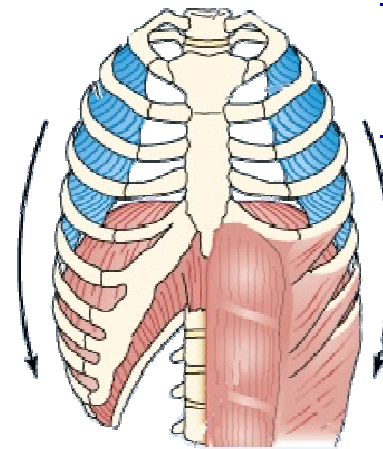
- muscoli intercostales externi
- diaphragma

– pomocné:

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



Výdechové svaly



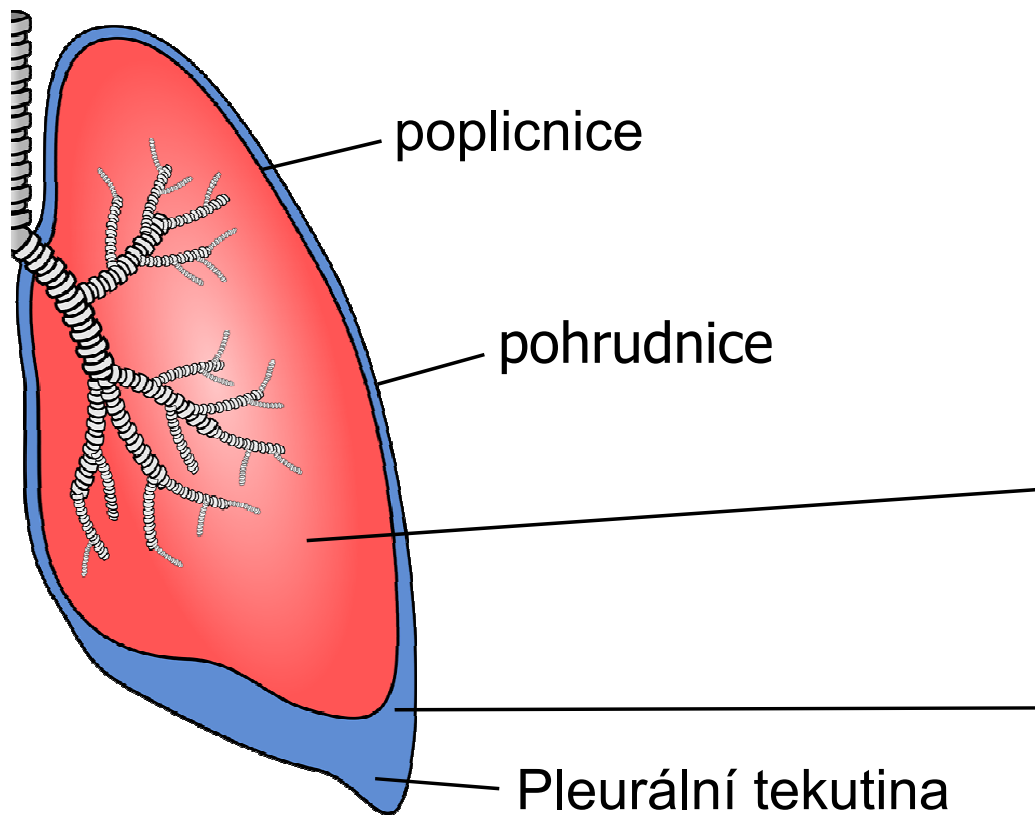
– hlavní:

- muscoli intercostales interni

– pomocné:

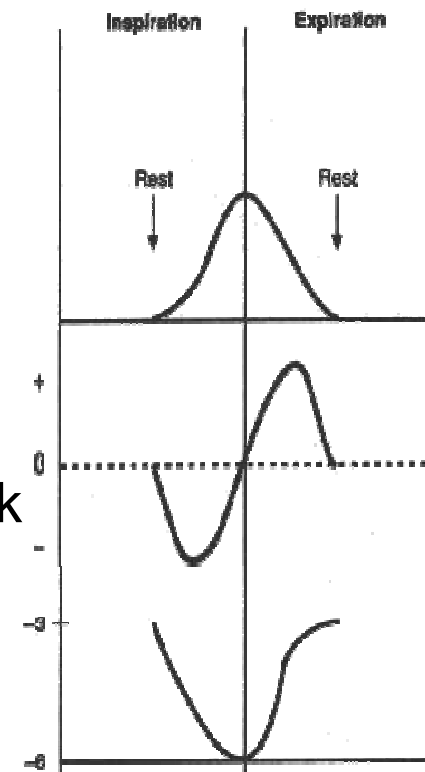
- svaly stěny břišní
- m.serratus posterior inferior
- m.quadratus lumborum

46: Poddajnost plic a dechová práce. Pneumotorax

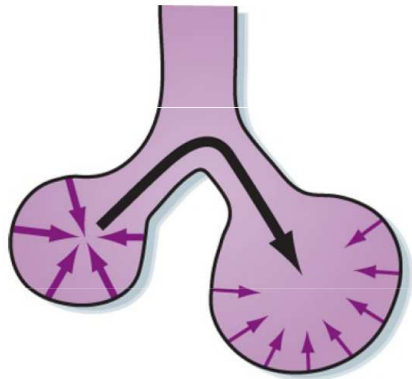


alveolární
(pulmonální) tlak

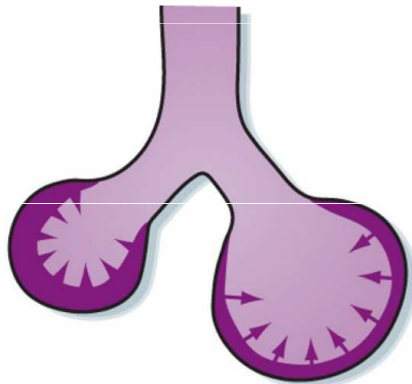
Pleurální tlak
(vždy záporný)



45: Povrchové napětí v alveolech. Surfaktant.



A



B

- pneumocyt II. typu
- snižuje povrchové napětí v závislosti na velikosti alveolu
- zvyšuje poddajnost plic

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

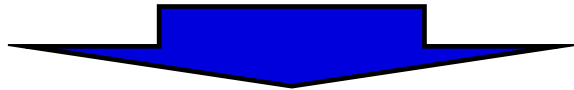
$$P = \frac{2T}{r}$$

46: Poddajnost plic a dechová práce.

Pneumotorax

Odpor respiračního systému

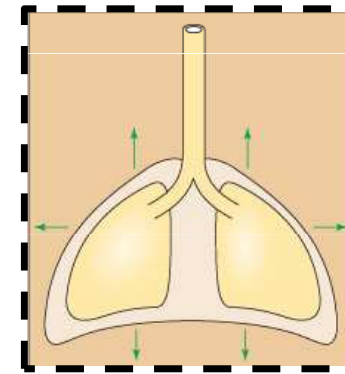
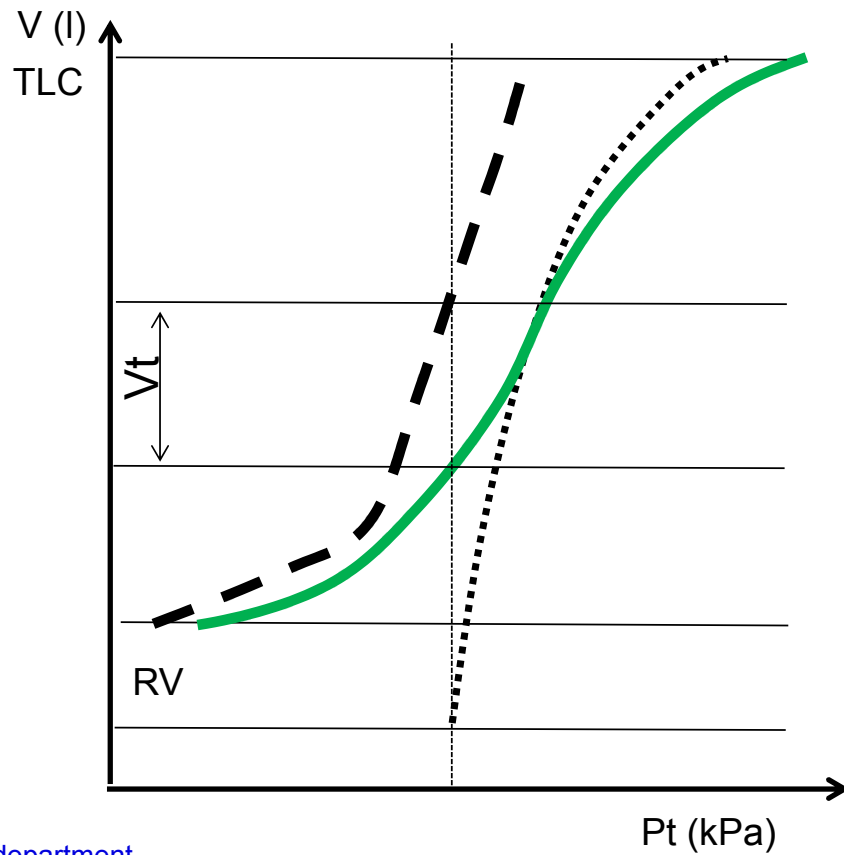
- Elastický odpor:
 - napětí elastických vláken
 - povrchové napětí v alveolech
- Neelastický odpor:
 - viskózní odpor hrudníku
 - odpor dýchacích cest



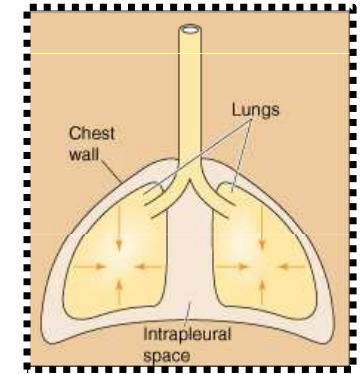
Dechová práce:

- Elastická
- Viskózní
- Práce odporu DC

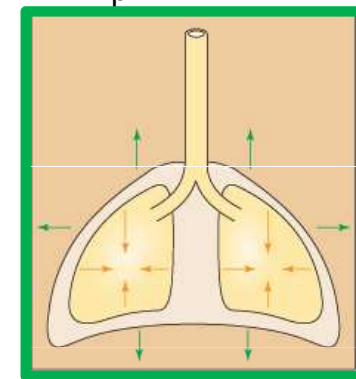
46: Poddajnost plic a dechová práce. Pneumotorax



Pt: P_{atm} and P_{pl}

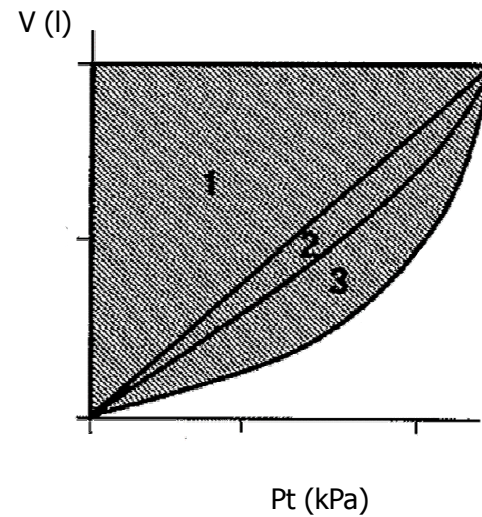
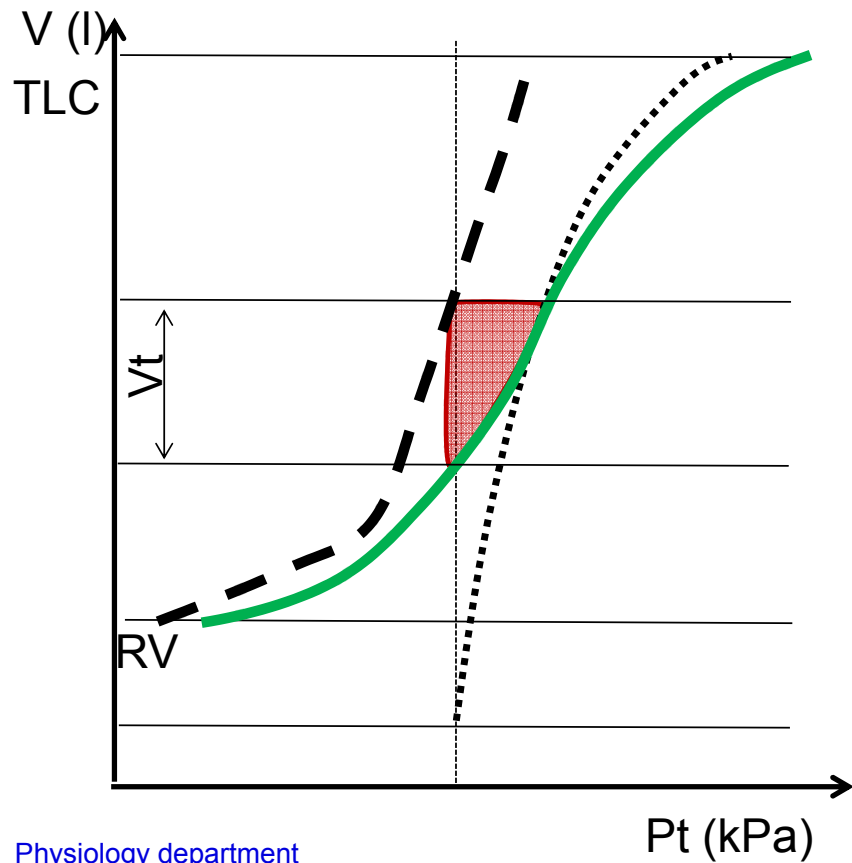


Pt: P_{alv} and P_{pl}



Pt: P_{atm} and P_{alv}

46: Poddajnost plic a dechová práce. Pneumotorax



Dechová práce:

- 1 - Elastická
- 2 - Viskozní
- 3 - Práce odporu DC

47: Složení atmosférického a alveolárního vzduchu. Výměna plynů v plicích a tkáních

SLOŽENÍ SUCHÉHO ATMOSFERICKÉHO VZDUCHU

O ₂	20.95 %	F _{O₂}	≅ 0,21
N ₂	78.09 %	F _{N₂}	≅ 0,78
CO ₂	0.03 %	F _{CO₂}	≅ 0,0004

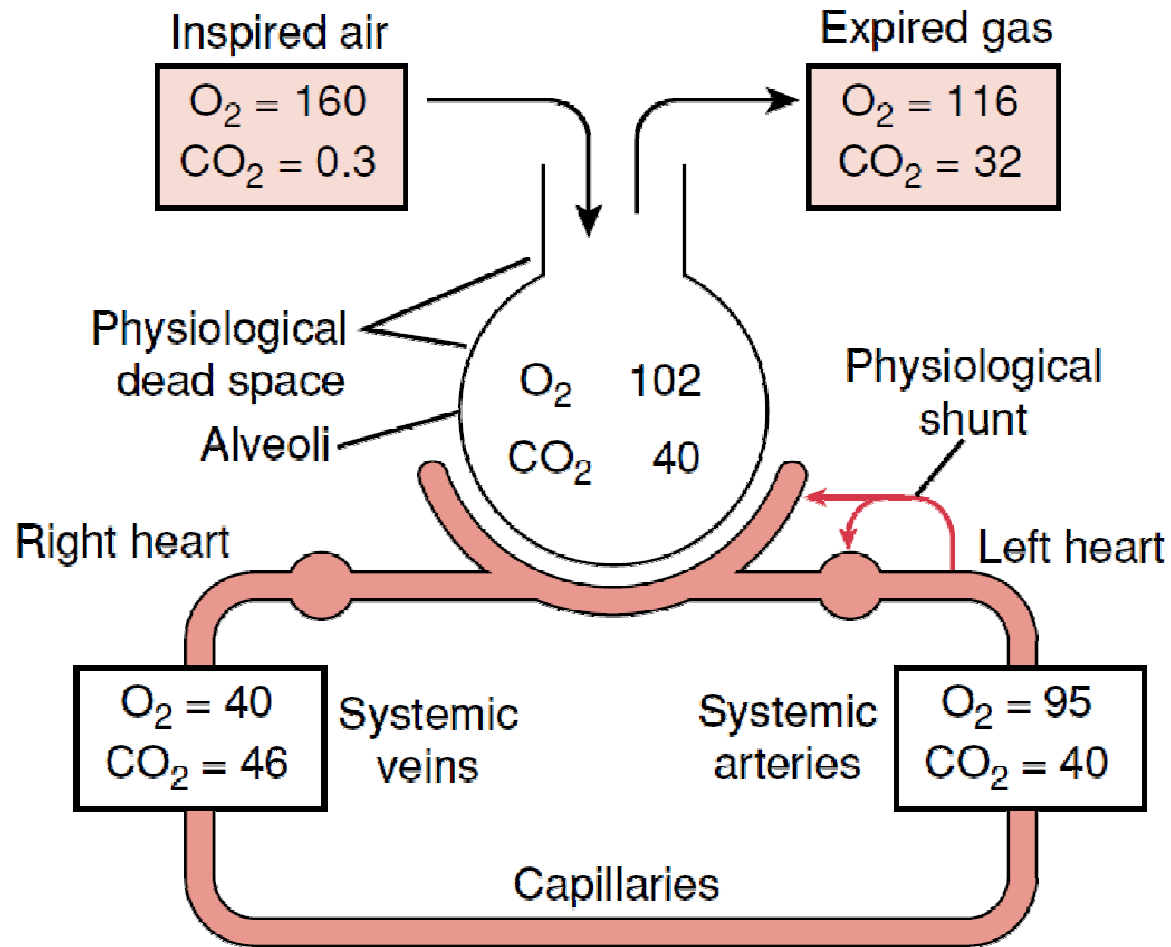
BAROMETRICKÝ TLAK VZDUCHU NA ÚROVNI MOŘE
1 atmosféra = 760 mm Hg

PARCIÁLNÍ TLAKY PLYNŮ SUCHÉHO VZDUCHU NA ÚROVNI
MOŘE

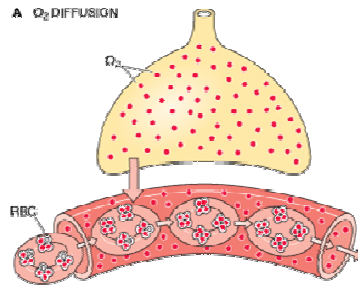
$$\begin{aligned} P_{O_2} &= 760 \times 0,21 &= \sim 160 \text{ mm Hg} \\ P_{N_2} &= 760 \times 0,78 &= \sim 593 \text{ mm Hg} \\ P_{CO_2} &= 760 \times 0,0004 &= \sim 0,3 \text{ mm Hg} \end{aligned}$$

23 1 kPa = 7,5 mm Hg (torr)

47: Složení atmosférického a alveolárního vzduchu. Výměna plynů v plicích a tkáních



48: Přenos O₂ a CO₂ krví. Disociační křivka hemoglobinu pro kyslík.

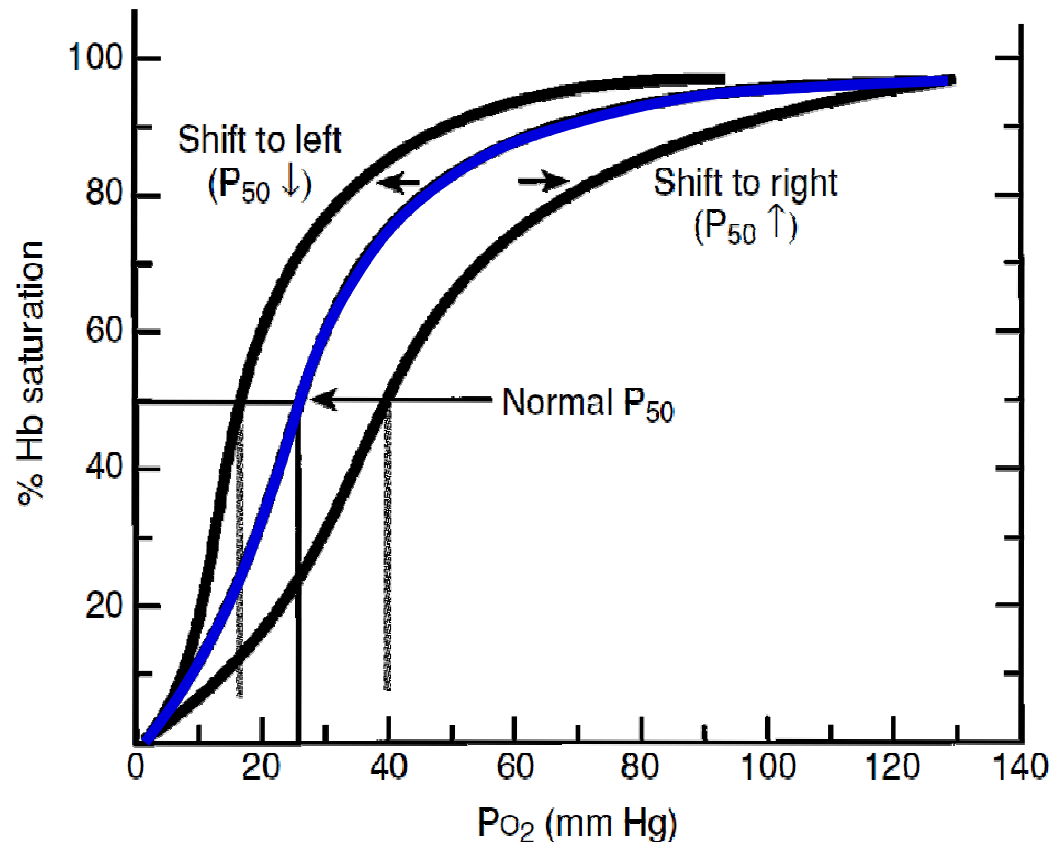


O₂ je přenášen krví:

- fyzikálně rozpuštěný (1%)
- v chemické vazbě s Hb (99%)

- Fetální hemoglobin (2 α , 2 γ , vysoká afinita k O₂)
- Methemoglobin (Fe³⁺)
- Karboxyhemoglobin (otrava CO)
- Karbaminohemoglobin (navázaný CO₂)
- Oxyhemoglobin (navázaný O₂)
- Deoxyhemoglobin (bez navázaného plynu)

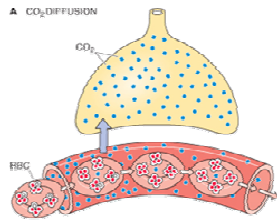
48: Přenos O₂ a CO₂ krví. Disociační křivka hemoglobinu pro kyslík.



Vazebnou křivku Hb ovlivňují:

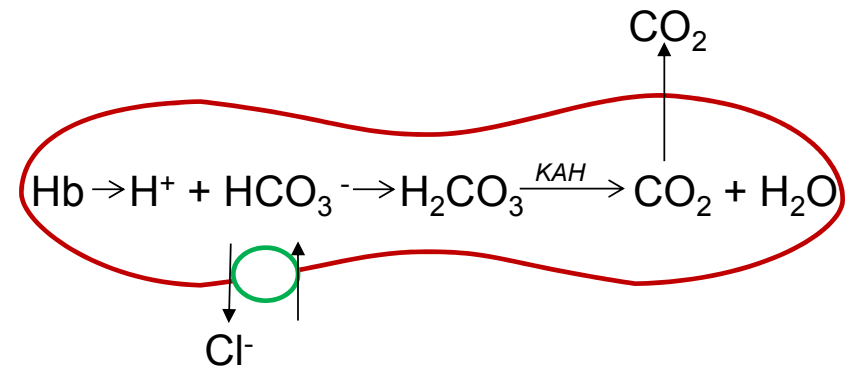
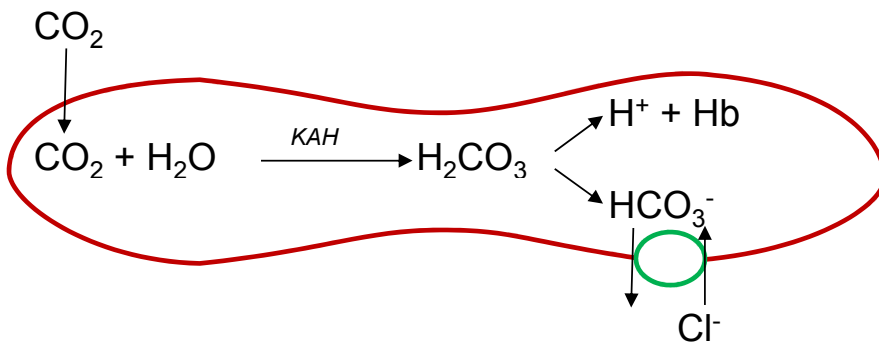
- pH krve
- obsah CO₂ v krvi
- teplota
- koncentrace 2,3 - DPG

48: Přenos O₂ a CO₂ krví. Disociační křivka hemoglobinu pro kyslík.

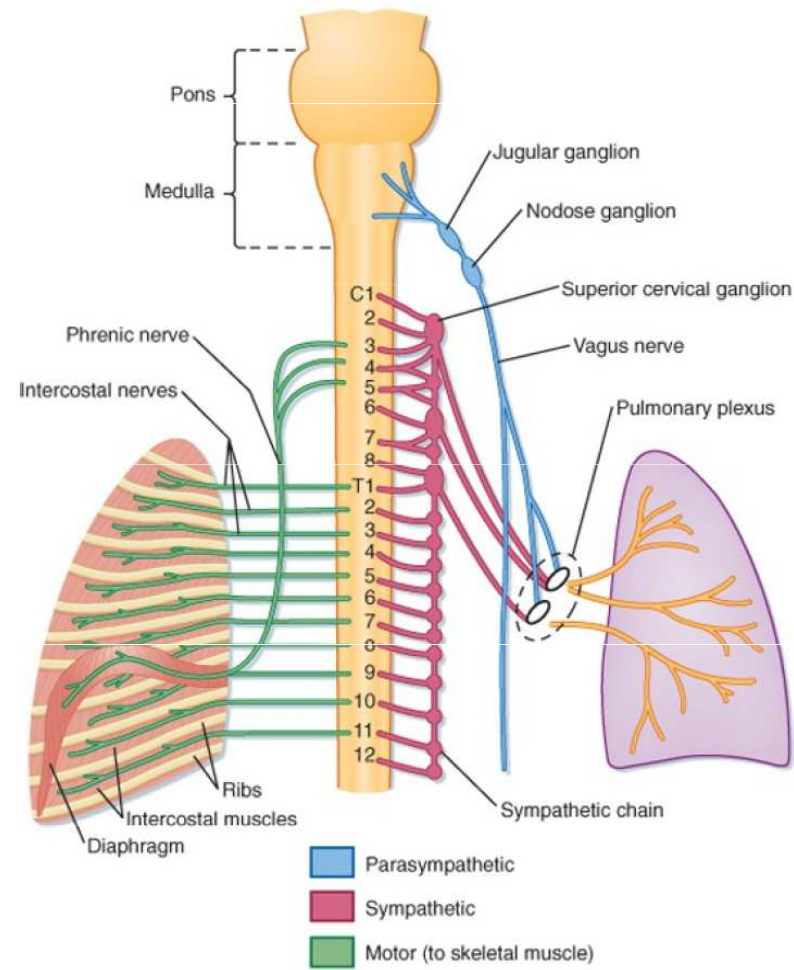


CO₂ je přenášen krví:

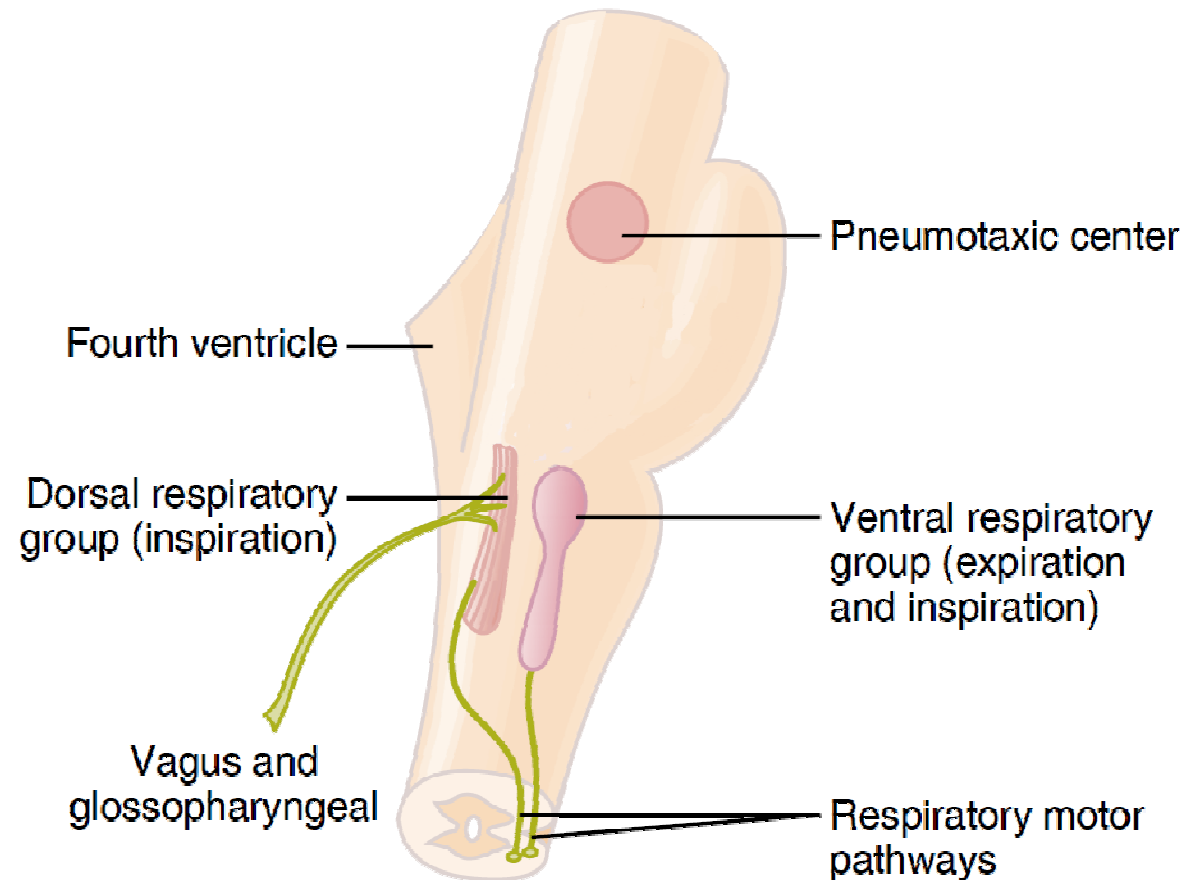
- fyzikálně rozpuštěný (5%)
- ve formě bikarbonátových aniontů (85%)
- v chemické vazbě s Hb a plazmatickými proteiny (10%)



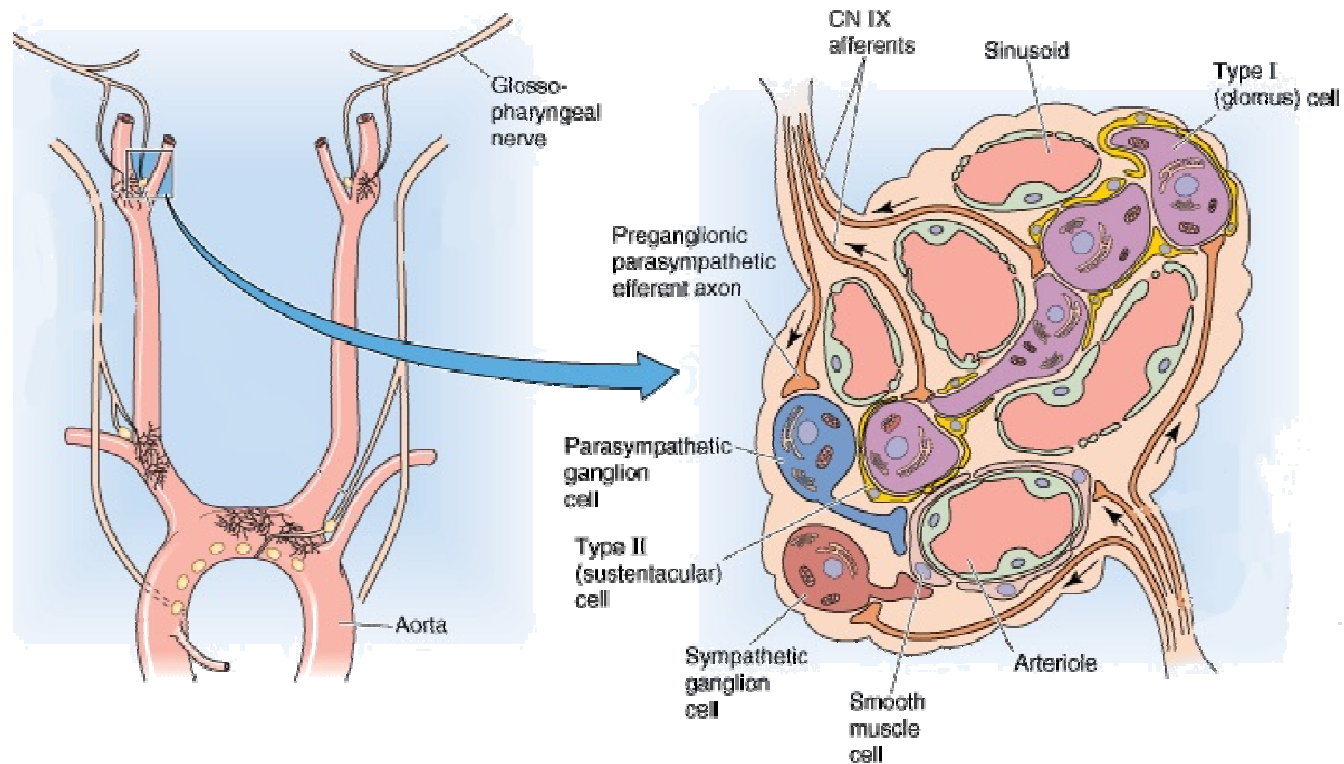
49: Regulace dýchání



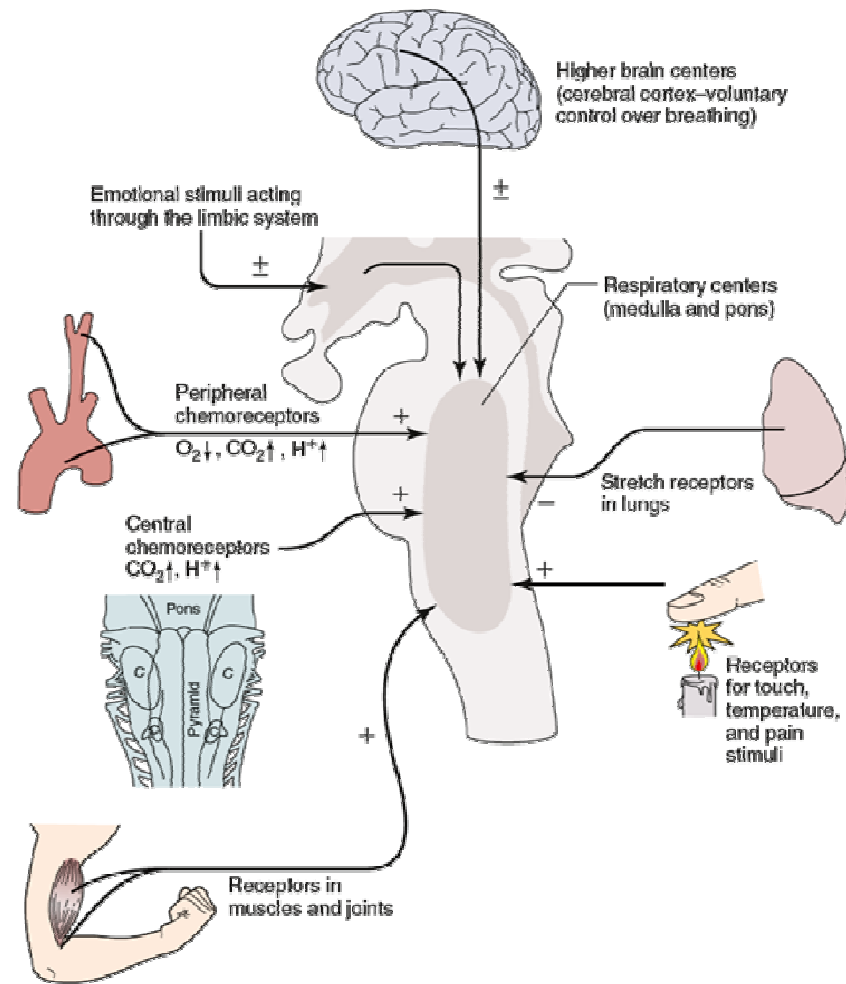
49: Regulace dýchání



49: Regulace dýchání



49: Regulace dýchání



50: Obranné reflexy dýchací

- **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 laryngálních 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)

A50: Respiratory responses to irritants

Cough Reflex	Sneeze Reflex	Hiccup
<p>Cough is an expulsive reflex that protects the lungs and respiratory passage from foreign bodies.</p> <p><i>Causes of cough:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Irritants-smokes, fumes, dusts, etc. - Diseased conditions like COPD, tumors of thorax, etc. <p><i>Pathway for cough reflex:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Receptors in nose, paranasal sinuses, pharynx, trachea, pleura, diaphragm, perichondrium, stomach, ex.auditory canal and tympanic membrane - V,IX,X cranial nerves and phrenic nerves - medulla - X cranial nerve, phrenic nerve, spinal motor nerve - primary and accessory respiratory muscles 	<p>Sneeze is defined as the involuntary expulsion of air containing irritants from nose.</p> <p><i>Causes of sneeze:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Irritation of nasal mucosa - Excess fluid in airway <p><i>Pathway for sneeze reflex:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Olfactory receptors or V cranial nerve endings - I and V cranial nerve - medulla – nucleus solitarius and reticular formation - V, VII, IX, X cranial nerves and intercostal muscles - pharyngeal, tracheal and respiratory muscles 	<p>Hiccup is spasmodic contraction of the diaphragm which causes a sudden intake of breath that is involuntarily cut off by closure of the glottis, thus producing a characteristic sound.</p> <p><i>Causes of hiccup:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Eating too fast or too much - Strokes, brain tumors, damage to the vagus or phrenic nerve - Anxiety and stress <p><i>Pathway for sneeze reflex:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Phrenic, vagus, and sympathetic nerves - Midbrain - Motor fibers of phrenic nerve and accessory nerves - Diaphragm and intercostal muscles

46: Compliance of lungs. Respiratory work.

Pneumothorax

– According to etiology:

- **traumatic** pneumothorax (due to an injury) occurs if the chest wall is perforated or during an injury of the esophagus, bronchi, and during rib fractures.
- **spontaneous** pneumothorax
- **primary** idiopathic pneumothorax (without any known cause) may occur in tall healthy young men with an incidence of pneumothoraxes in the family,
- **secondary** pneumothorax arises as a consequence of lung diseases (such as COPD or cystic fibrosis),
- **iatrogenic** pneumothorax (due to medical procedures) occurs during invasive medical examinations such as transparietal aspiration biopsy, subclavian vein catheterization, or mechanical ventilation with positive pressure.
- **artificially induced** (deliberate) pneumothorax is used during thoracoscopy, an endoscopic examination the thoracic cavity.

– According to the communication of the pleural space with its surroundings

- **open pneumothorax** (when the hole in the pleural space remains open, the air in the pleural cavity moves back and forth with each breath of the patient)
- **closed pneumothorax** (when a small opening through which air enters the pleural cavity closes)
- **valvular pneumothorax** (the tissue of the lungs or the chest wall covers the hole in such a way that a valve emerges, this valve allows air to flow inside during inspiration, but it prevents the air from leaving the pleural cavity during exhalation).