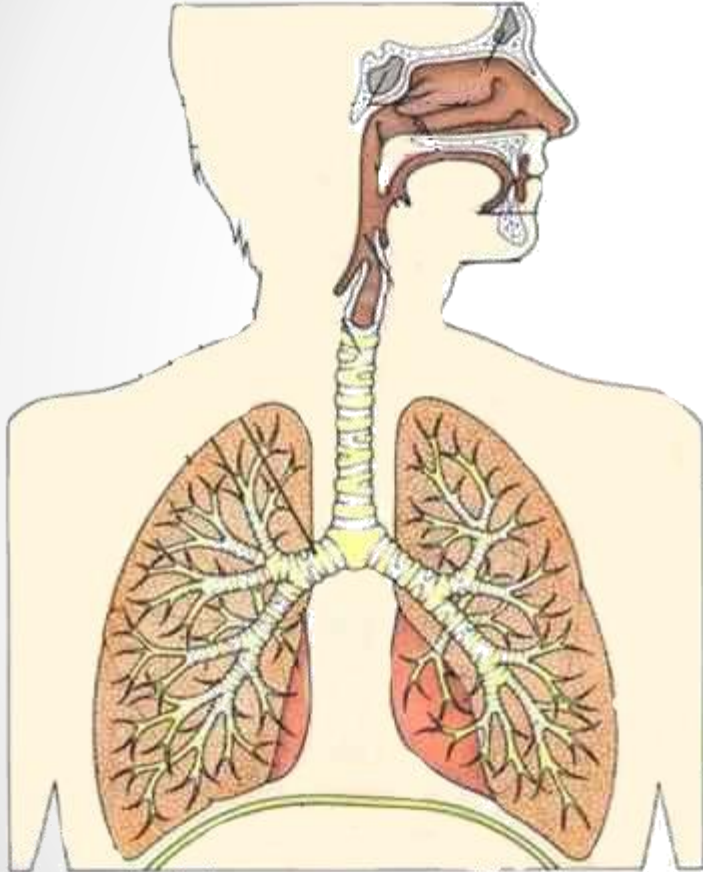


DÝCHÁNÍ

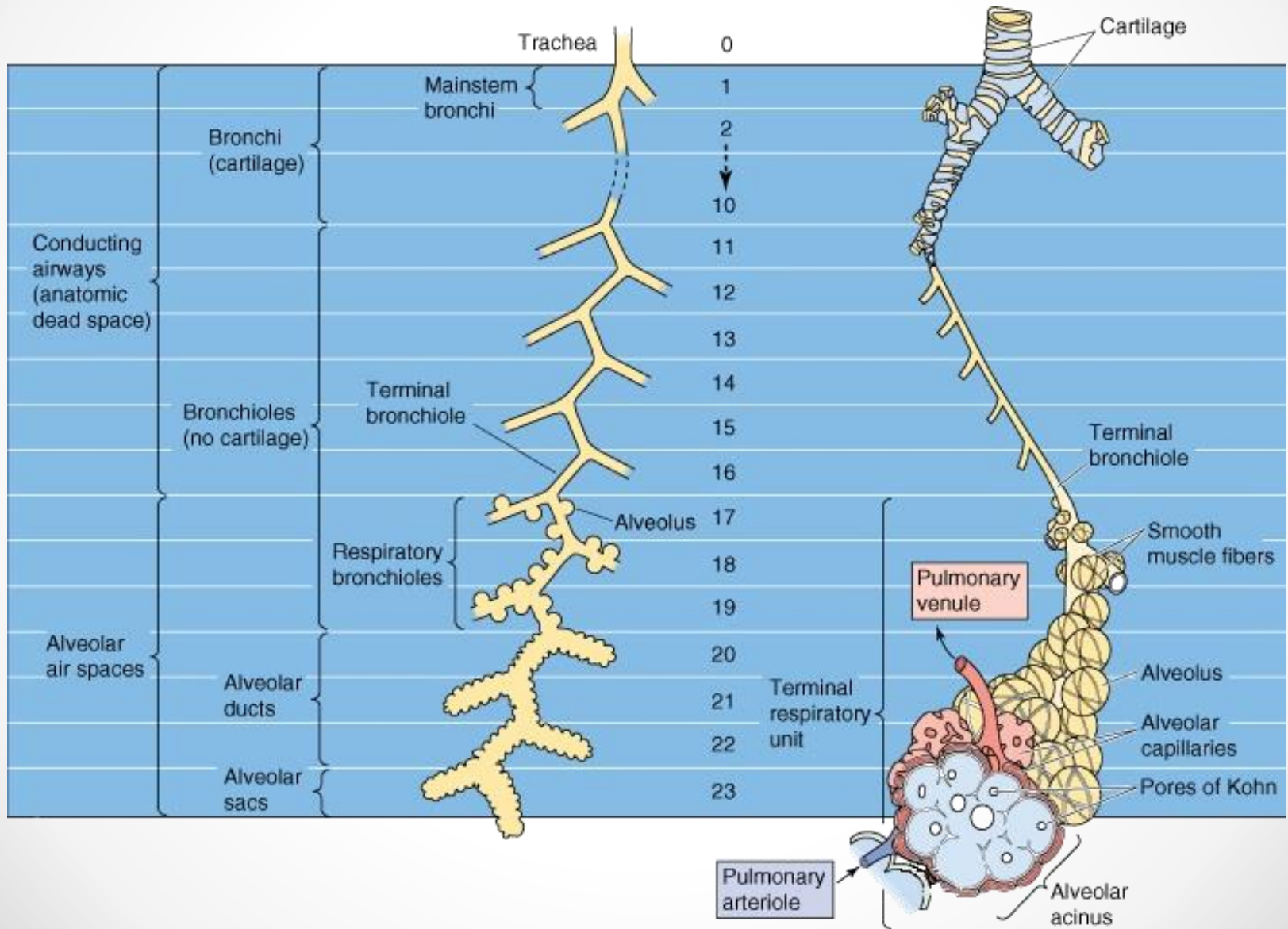
VENTILACE PLIC



Funkce dýchacích cest:

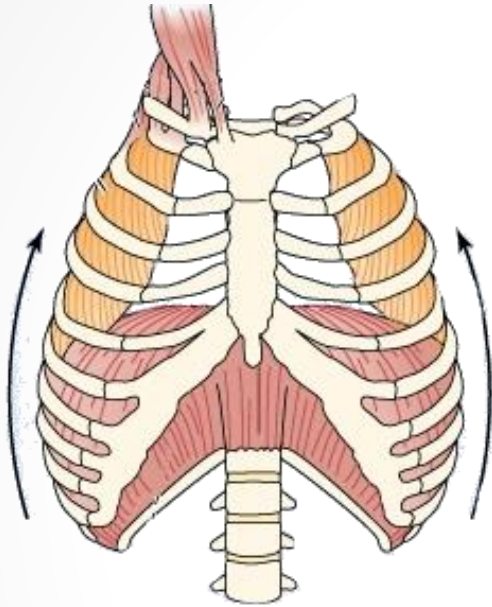
- ✓ zbavování mechanických nečistot – zachycení ve vrstvičce hlenu (řasinky ho pak sunou do faryngu)
- ✓ bariéra proti vniknutí infekce – lymfatická tkáň
- ✓ úprava teploty vdechovaného vzduchu – na tělesnou teplotu, zvlhčení
- ✓ aktivita hl. svaloviny – ovlivňuje plicní ventilaci
- ✓ hlasivkové vazy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

VENTILACE PLIC



DÝCHACÍ SVALY

Vdechové svaly



a) hlavní:

- muscoli intercostales externi
- diaphragma

b) pomocné:

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

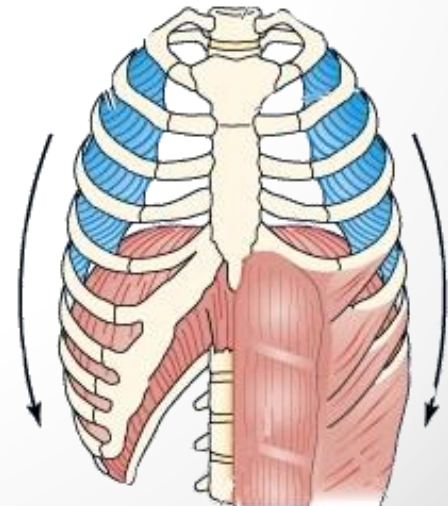
Výdechové svaly

a) hlavní:

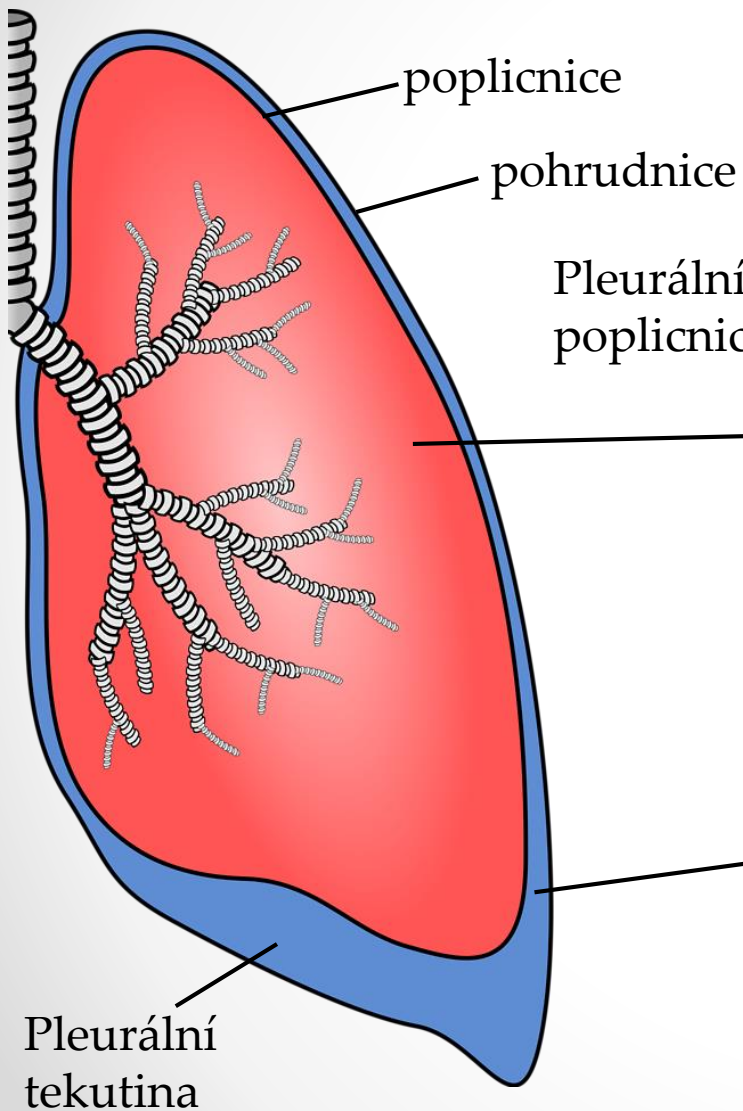
- muscoli intercostales interni

b) pomocné:

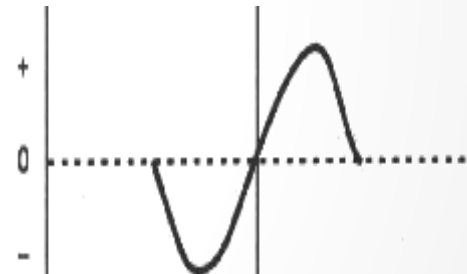
- svaly stěny břišní
- m.serratus posterior inferior
- m.quadratus lumborum



TLAKY V PLICÍCH



Alveolární (pulmonální) tlak

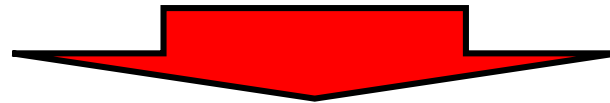


Pleurální tlak (vždy záporný)



DECHOVÁ PRÁCE

- **Odpor respiračního systému**
- Elastický odpor: - napětí elastických vláken
- povrchové napětí v alveolech
- Neelastický odpor: - viskózní odpor hrudníku
- odpor dýchacích cest

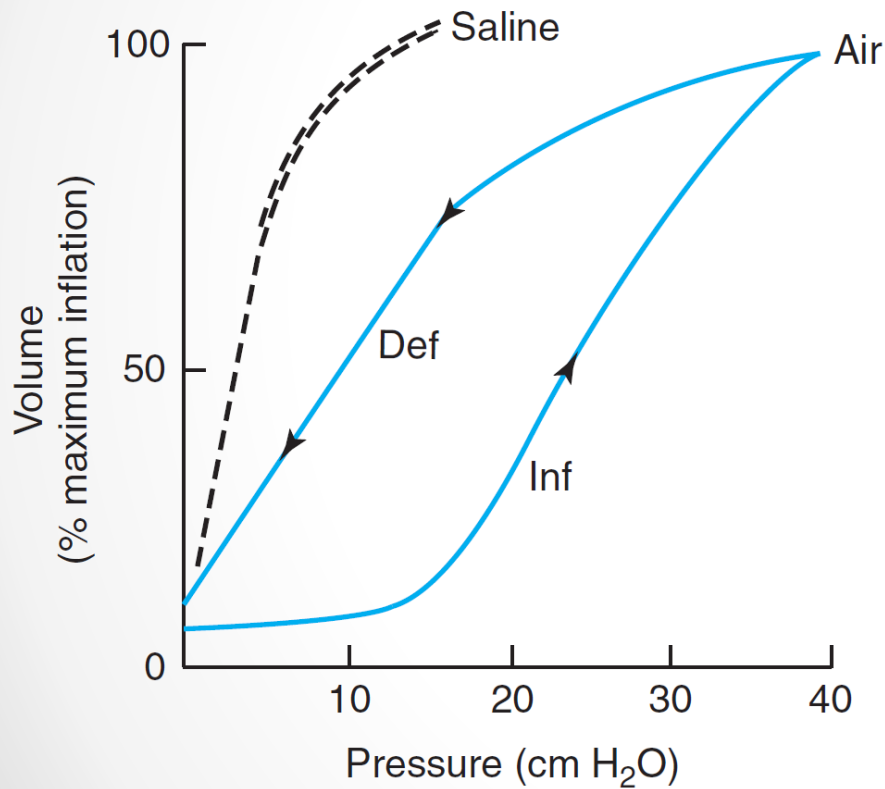


Dechová práce:

- Elastická
- Viskózní
- Práce odporu DC



ELASTICKÉ VLASTNOSTI PLIC

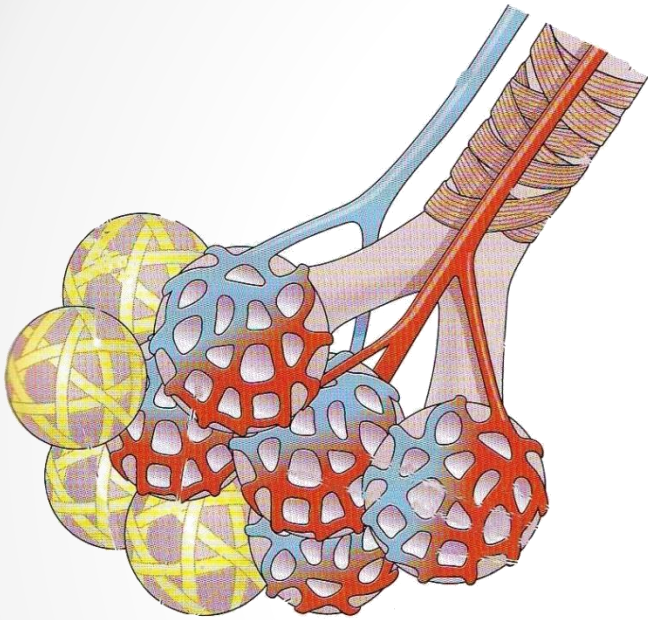


Plicní poddajnost (compliance): $C = \frac{\Delta V}{\Delta P}$

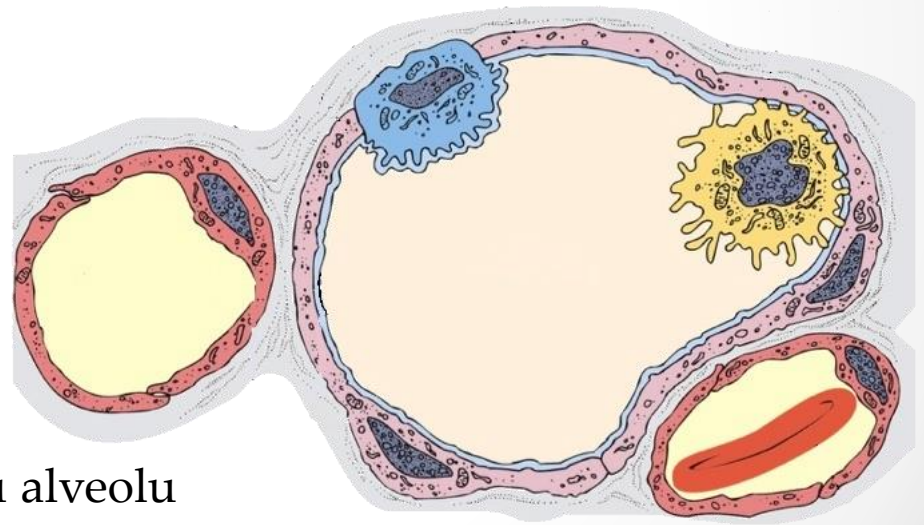
Elasticita plic je dána:

- Vlastní tkáňovou elasticitou (vlákna elastinu a kolagenu)
- Silami povrchového napětí (síly povrchového napětí v alveolech: rozhraní tekutina-vzduch, surfaktant)

ALVEOLÁRNÍ SYSTÉM



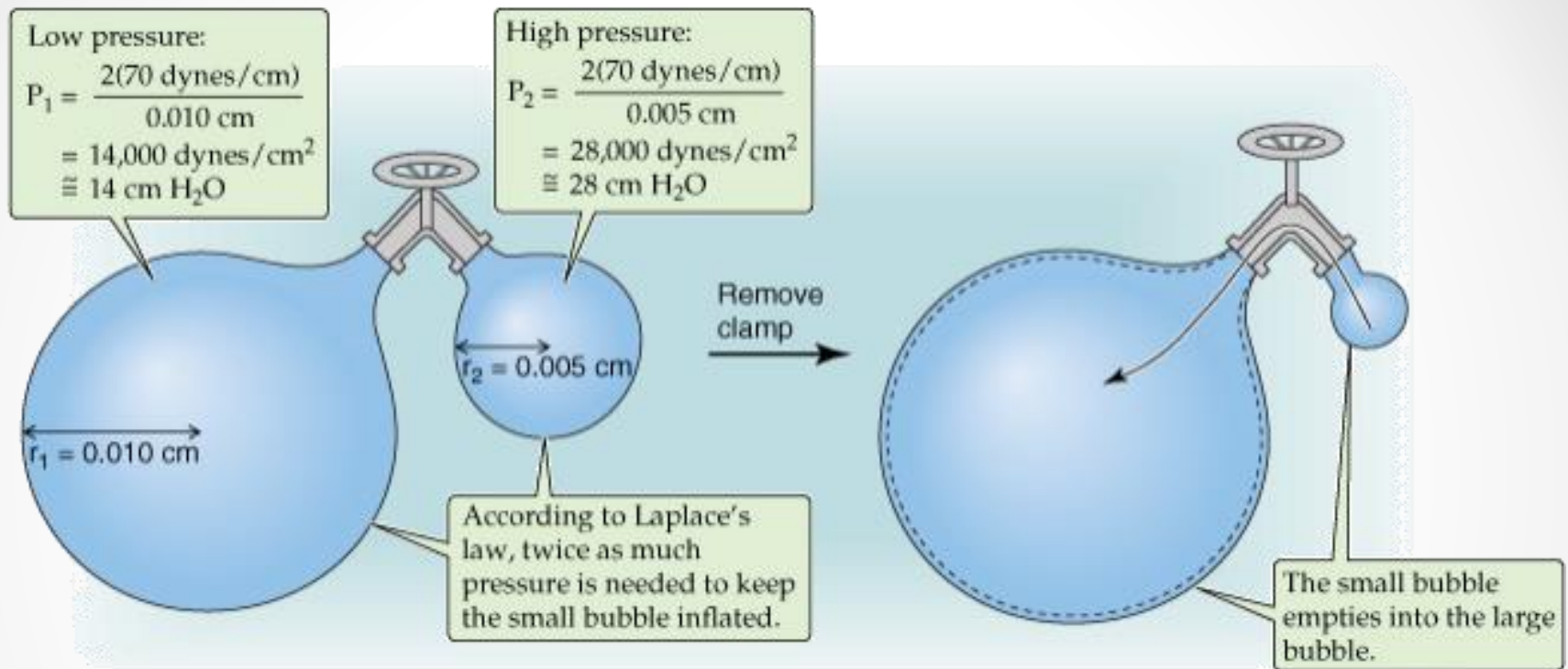
Průměr alveolů: 0,1 – 0,3 mm
Počet alveolů: 300 – 400 milionů
Plocha alveolů: 50 – 100 m²
Tloušťka alveolu: desetina μm
→ Účinná výměna plynů



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 uvnitř alveolu

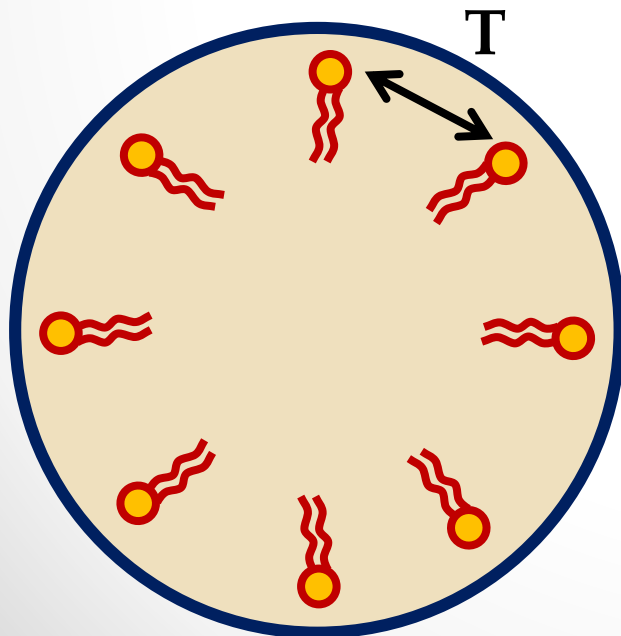
→ docházelo by k přesunu vzduchu z menšího alveolu do většího

→ kolaps menších alveolů při každém výdechu

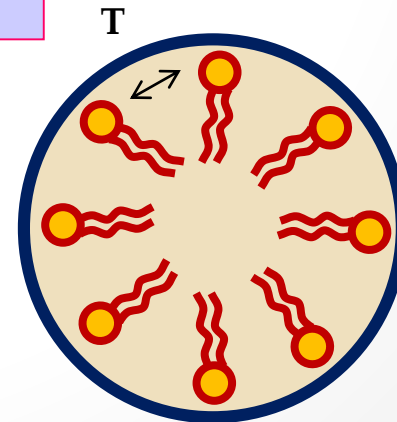
- P: tlak v alveolu, T: tenze alveolární stěny, r: poloměr alveolu

PLICNÍ SURFAKTANT

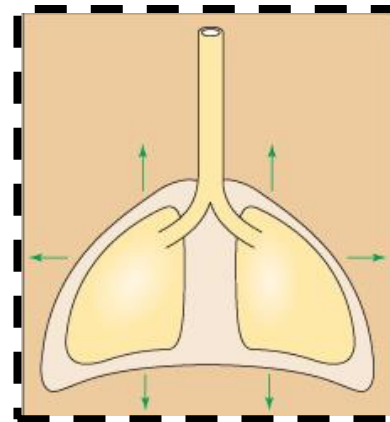
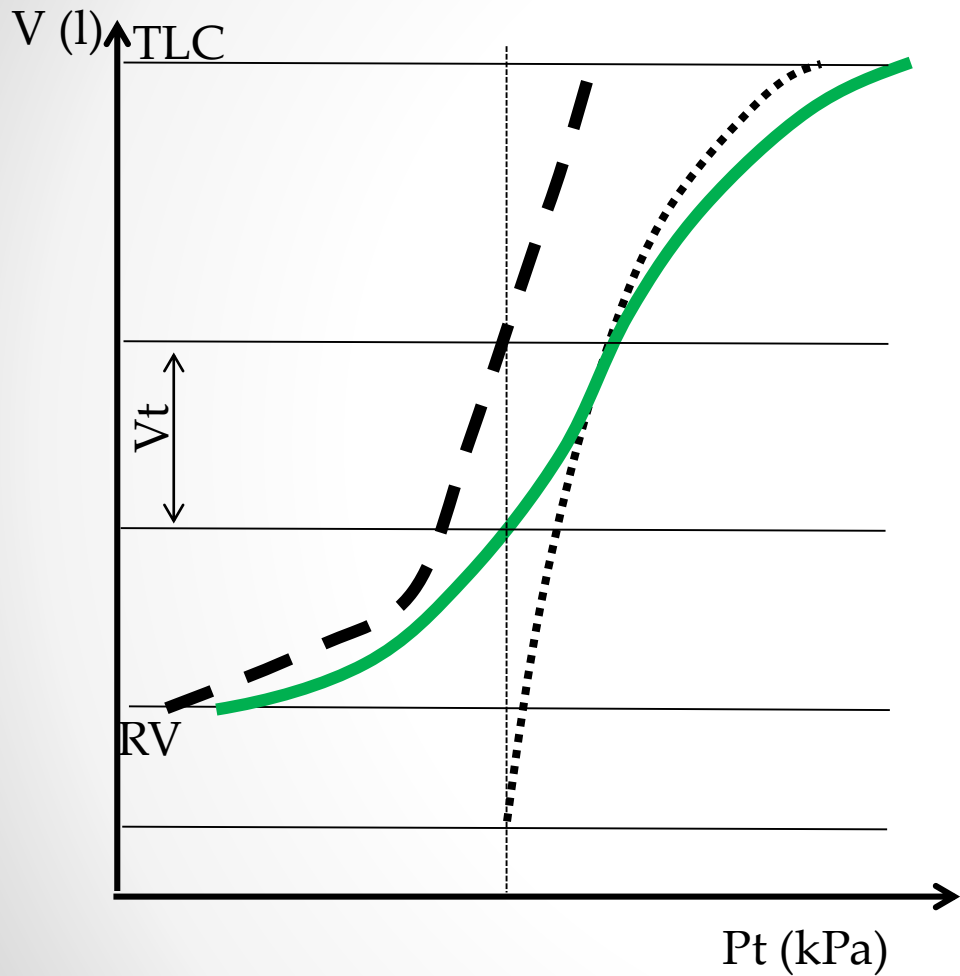
- tvořen pneumocyty II. typu
- snižuje povrchové napětí v závislosti na velikosti alveolu - čím menší je alveol, tím nižší je povrchové napětí
- zvyšuje poddajnost plic, snižuje dechovou práci
- fosfolipid (dipalmitoyl fosfatidyl cholin) – hydrofilní a lipofilní část



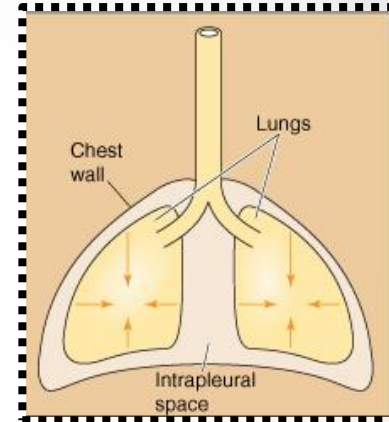
$$P = \frac{2T}{r}$$



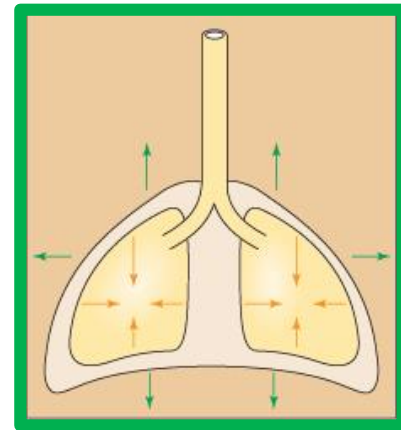
DECHOVÁ PRÁCE



Pt: P_{atm} and P_{pl}

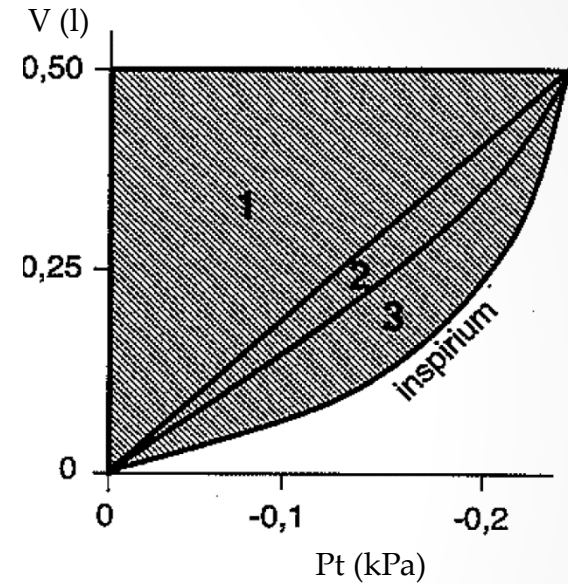
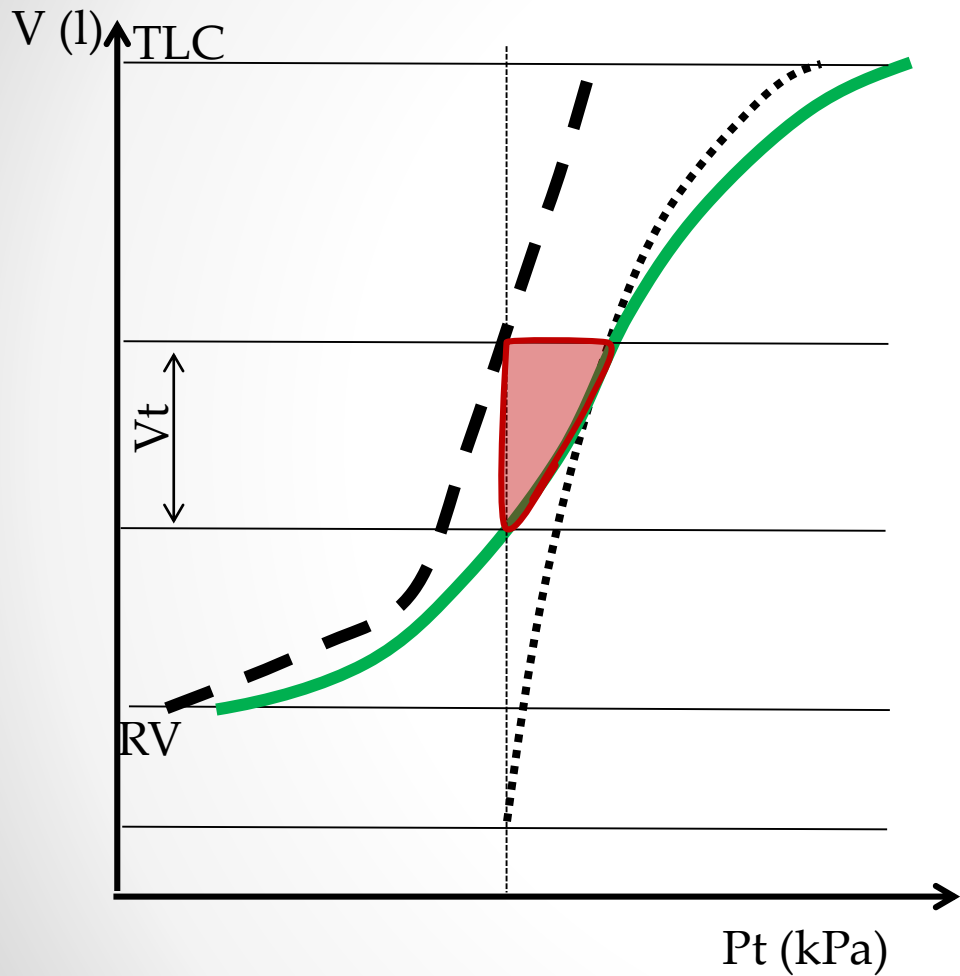


Pt: P_{alv} and P_{pl}



Pt: P_{atm} and P_{alv}

DECHOVÁ PRÁCE



Dechová práce:

1 – elastická

2 – viskozní

3 – práce odporu DC

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

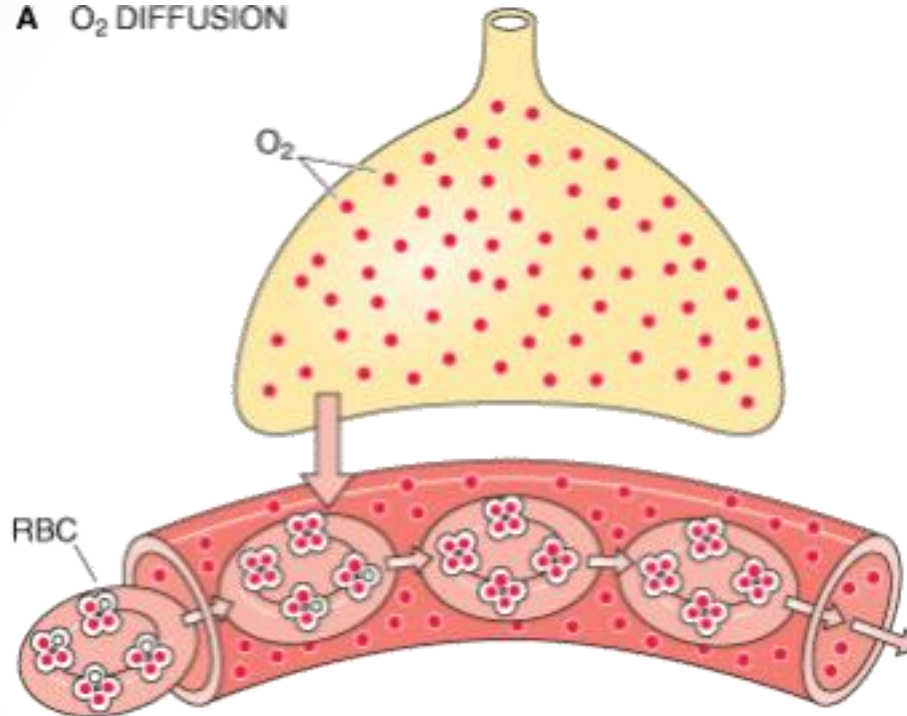
1 atmosféra = 760 mmHg

PARCIÁLNÍ TLAKY PLYNŮ SUCHÉHO VZDUCHU NA ÚROVNI MOŘE

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

TRANSPORT O₂

A O₂ DIFFUSION

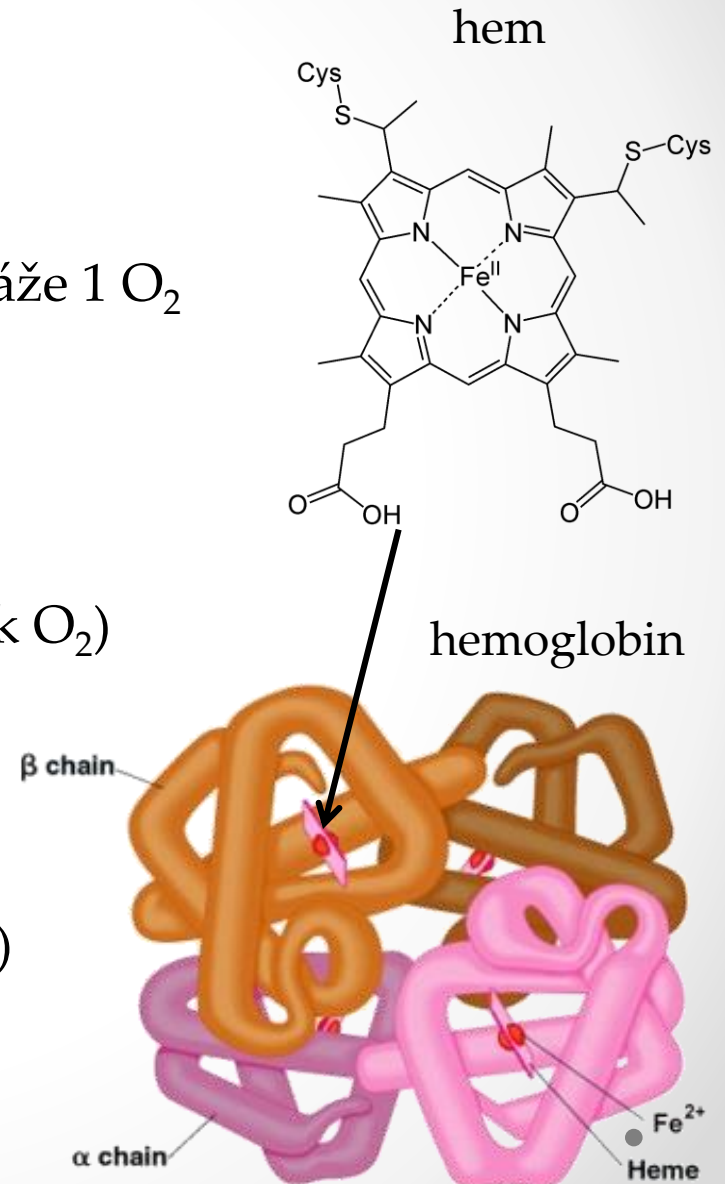


O₂ je přenášen krví:

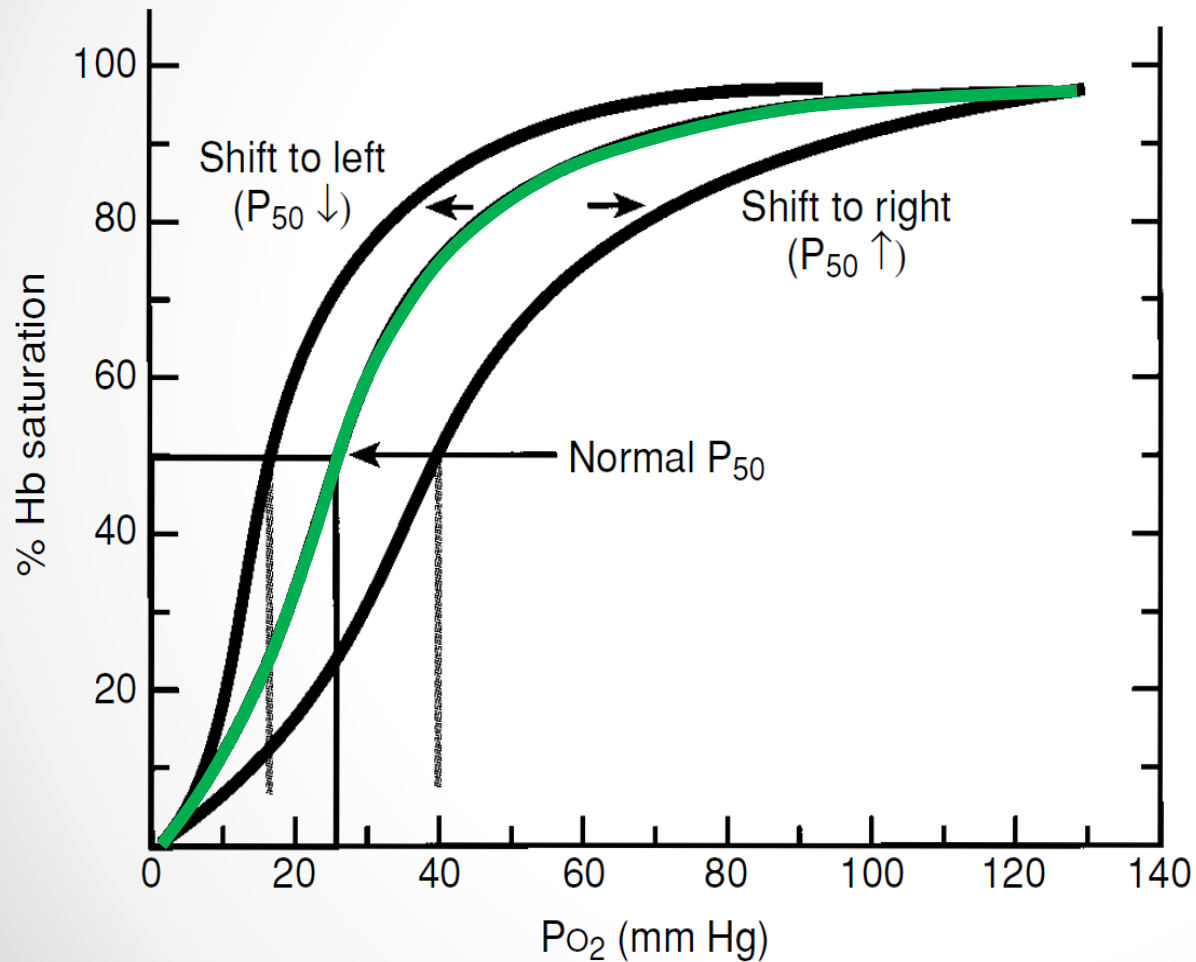
- Fyzikálně rozpuštěný (1%)
- V chemické vazbě s Hb (99%)

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)

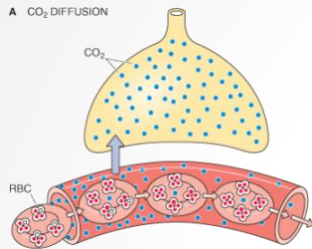


DISOCIAČNÍ KŘIVKA



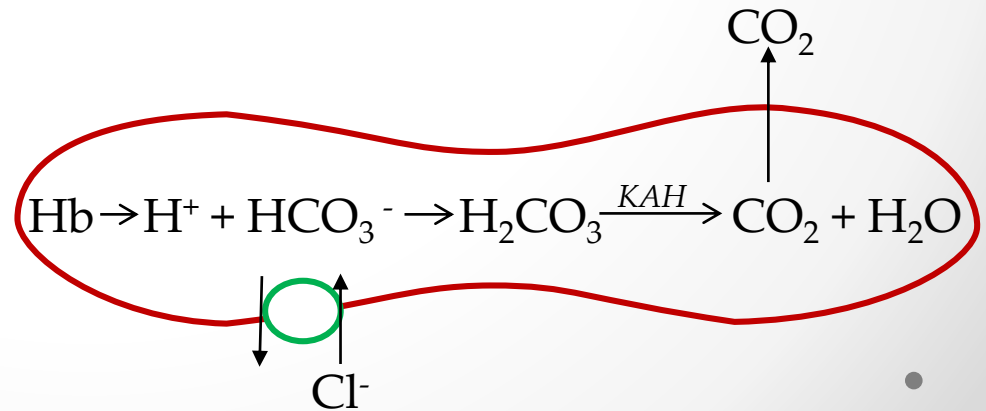
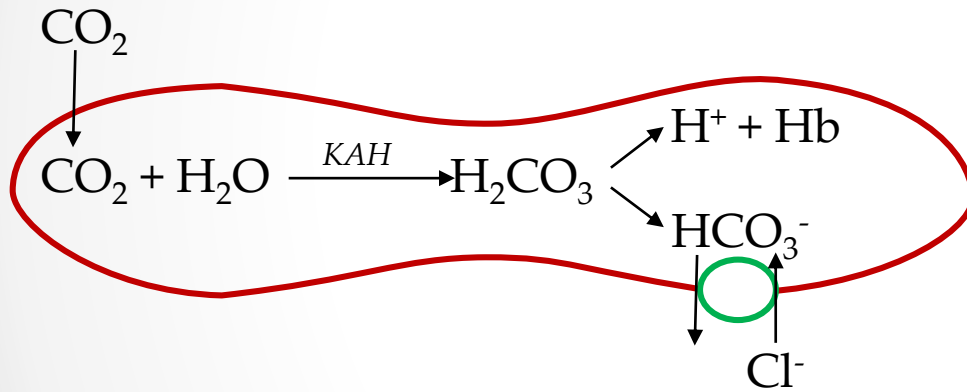
- Vazebnou křivku Hb ovlivňují změny:
- pH krve
 - Obsahu CO_2 v krvi
 - Teploty
 - Koncentrace 2,3 - BPG

TRANSPORT CO₂

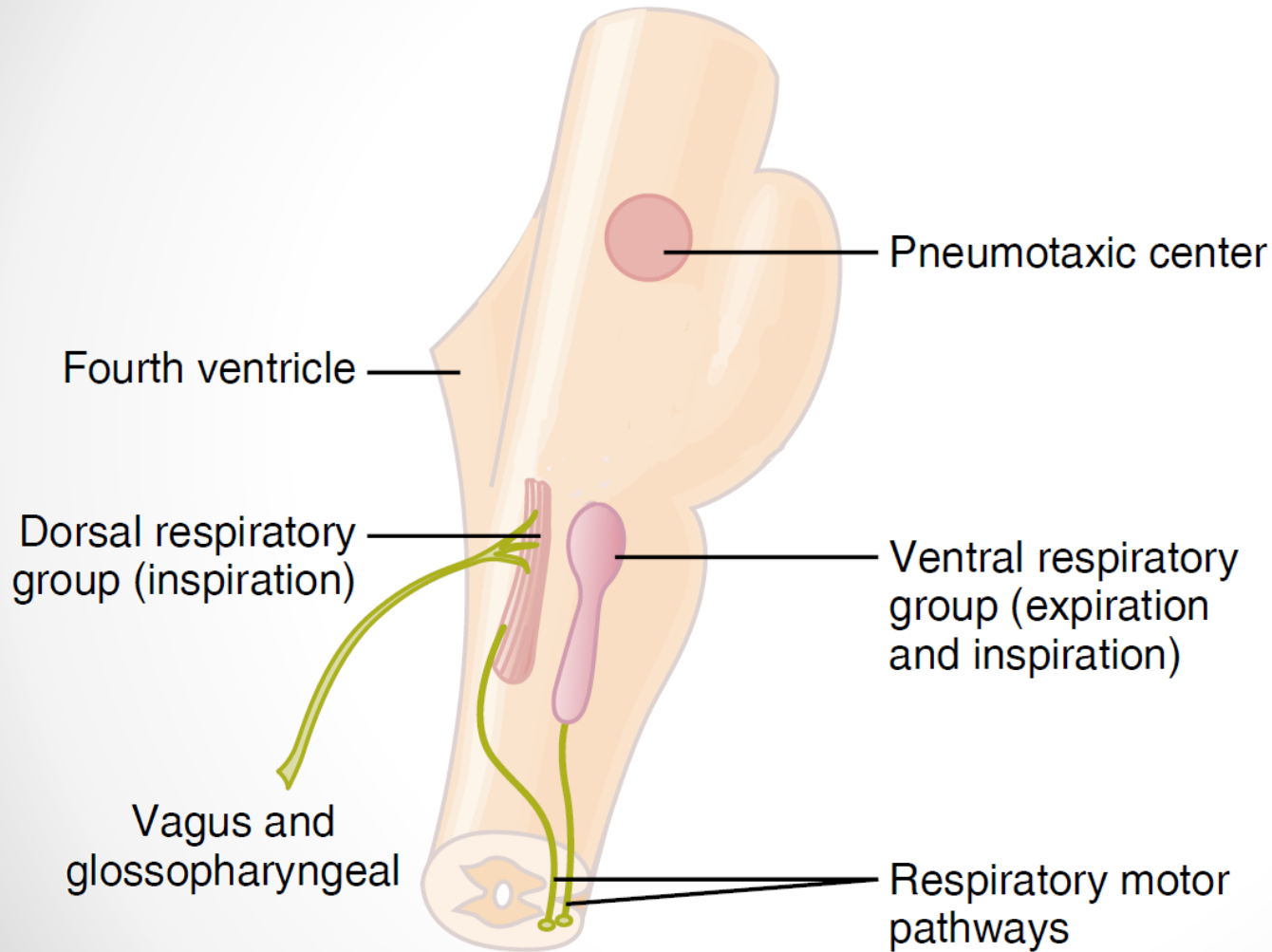


CO₂ je přenášen krví:

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



REGULACE DÝCHÁNÍ



REGULACE DÝCHÁNÍ



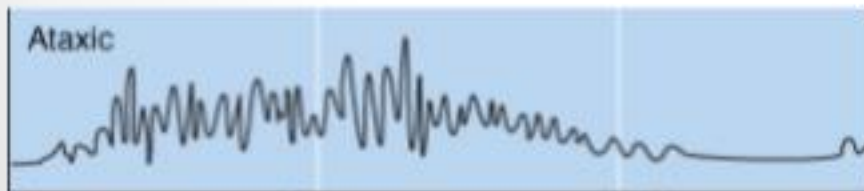
Plynulé zvyšování a snižování ventilace s apnoickými pauzami. Poškození dechového centra v prodloužené míše



Maximální, krátké usilovné vdechy a výdechy s dlouhými apnoickými pauzami. Agonie.



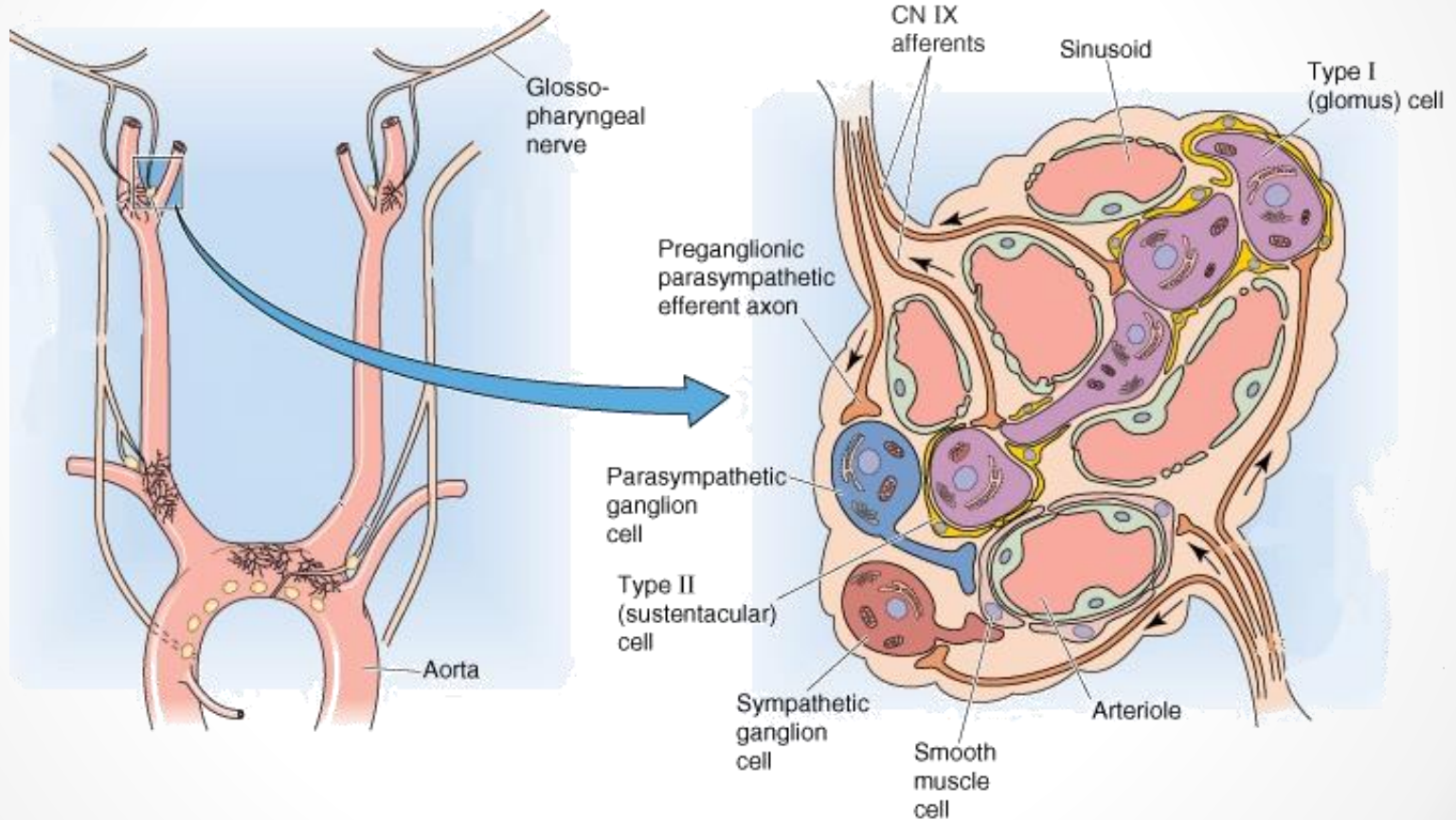
Seskupeně nepravidelně hluboké dechy a delší přestávky nepravidelně se střídající. Léze kaudálního pontu.



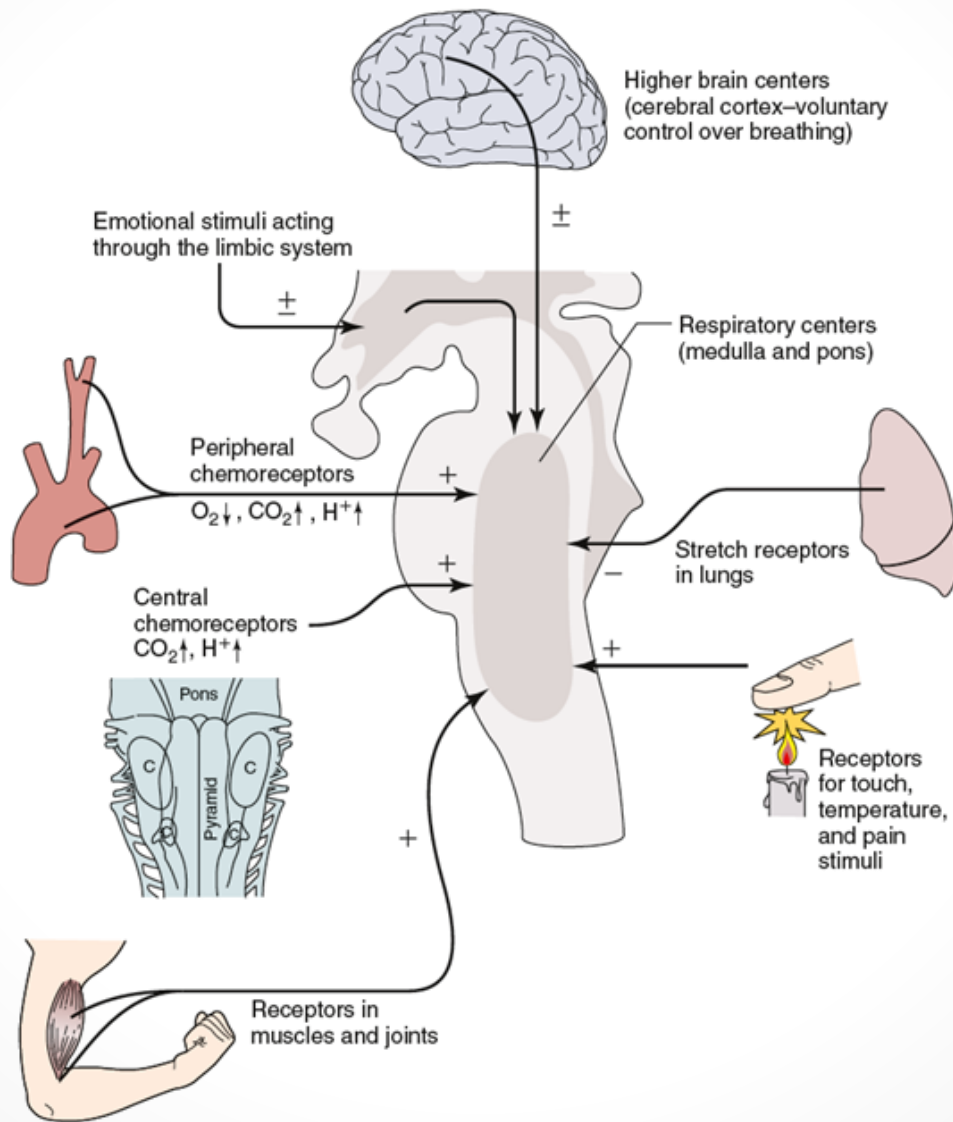
Střídavě hluboké a povrchní vdechy a nepravidelné přestávky. Léze v dorzomediální prodloužené míše.

0 0.5 1.0
Time (min)

CHEMICKÁ REGULACE



REGULACE DÝCHÁNÍ

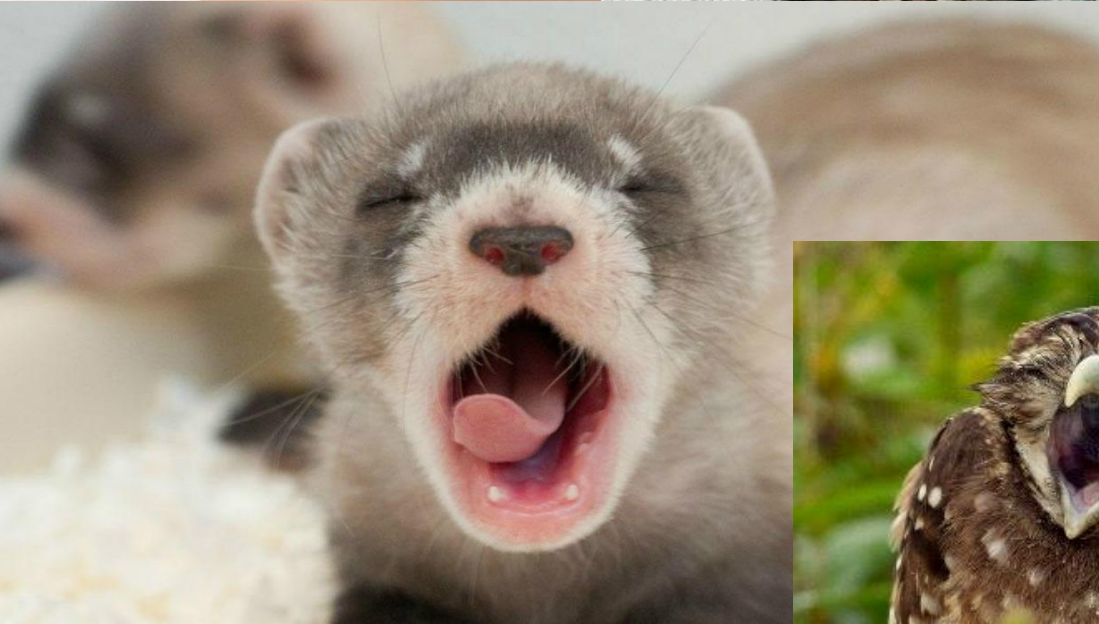


REFLEXY

- **Inflační a deflační reflex (Herring-Breuerovy reflexy)**
- **Kratschmerův apnoický reflex:** jsou-li naše čichové receptory podrážděny vlivem vysoce dráždivé látky, je vyvoláno reflexní apnoe (reflexní zastavení dechu)
- **Kýchání:** reflex má za úkol udržovat průchodnou dutinu nosní
- **Kašel:** reflex má za úkol udržet průchodnost dýchacích cest
- **Škytavka**
- **Zívání**

Kromě výše popsaných reflexů jsou plíce chráněny před poškozením:

- ✓ přítomností **chlupů** (vibrissae) v dutině nosní (zachytávají 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)

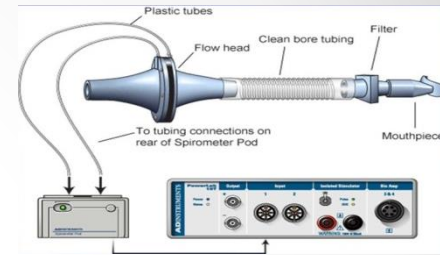


YAWNS ARE CONTAGIOUS!!!!

VYŠETŘOVACÍ METODY

SPIROMETRIE

Principem je stanovení rychlosti proudění vzduchu z měřených rozdílů tlaků mezi vnitřní a vnější stranou membrány spirometru, objemy jsou dopočítávány (spirometry systému PowerLab).



Statické plicní objemy

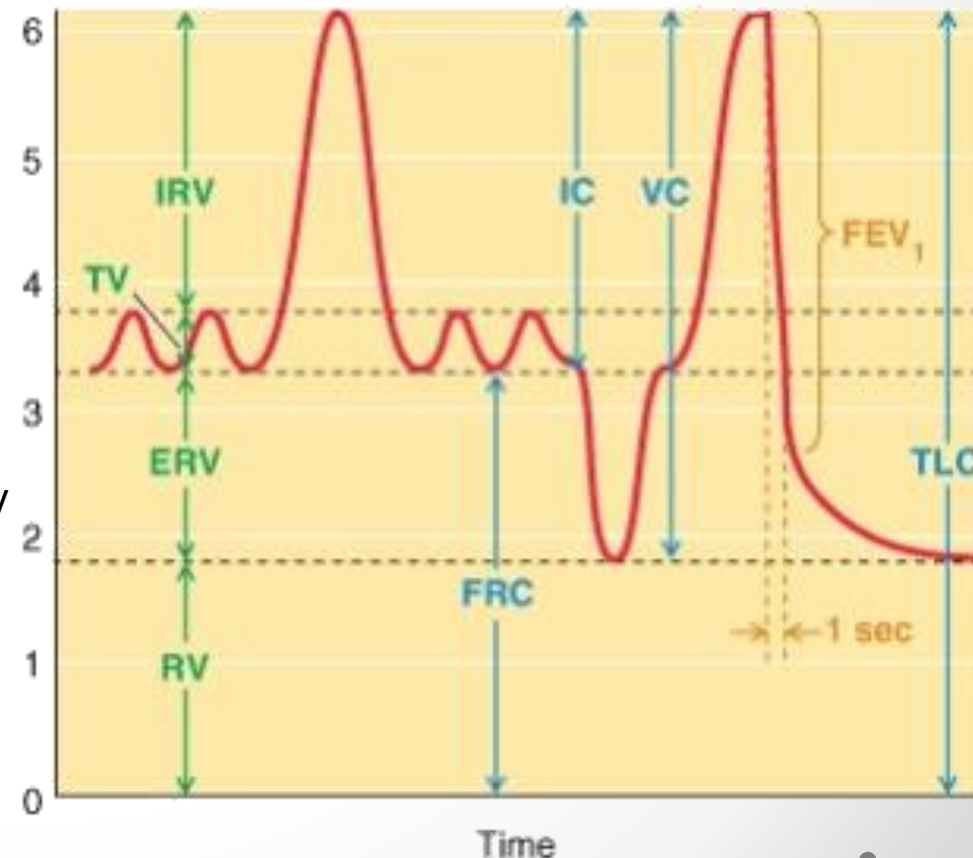
- *Dechový objem (Vt) - (0,5 l)*
- *Inspirační rezervní objem (IRV) - (2,5 l)*
- *Expirační rezervní objem (ERV) - (1,5 l)*
- *Reziduální objem (RV) - (1,5 l)*

Plicní kapacity

- Kapacita je součet dvou a více objemů.
- *Vitální kapacita (VC) = VT + IRV + ERV*
- *Celková plicní kapacita (TLC) = VC + RV*
- *Funkční reziduální kapacita (FRC) = ERV + RV*
- *Inspirační kapacita (IC) = IRV + VT*
- *Expirační kapacita (EC) = ERV + VT*

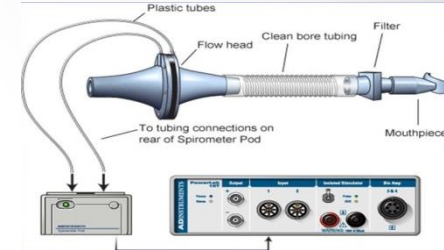
Dynamické plicní objemy

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

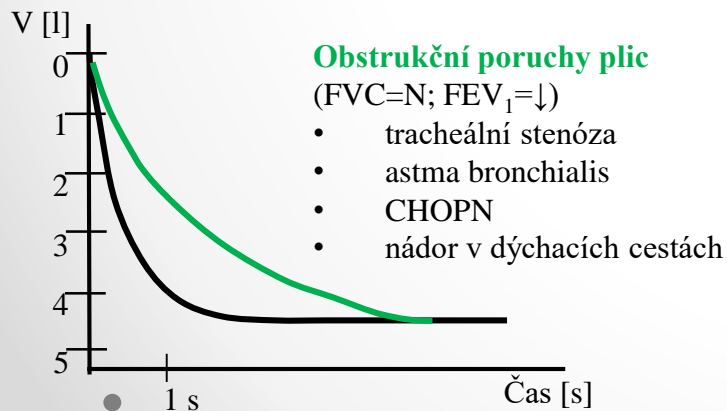
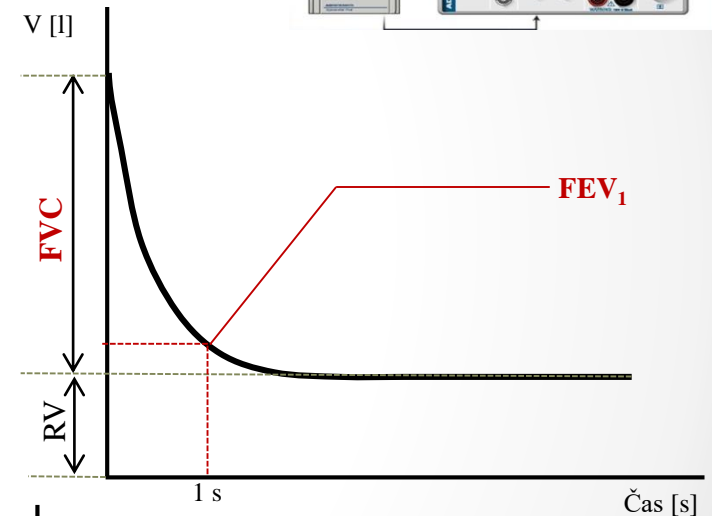


ROZEPSANÝ VÝDECH VC

Principem je stanovení rychlosti proudění vzduchu z měřených rozdílů tlaků mezi vnitřní a vnější stranou membrány spirometru, objemy jsou dopočítávány (spirometry systému PowerLab).



- **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 %



Restrikční poruchy plic

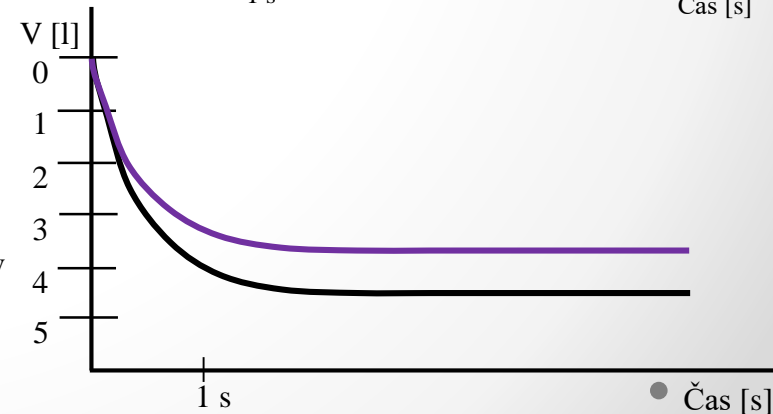
(FVC=↓; FEV₁=N)

pulmonální příčiny

- plicní fibróza
- resekce plic
- plicní edém
- pneumonie

extrapulmonální příčiny

- ascites
- kyfaskolióza
- popáleniny
- vysoký stav bránice

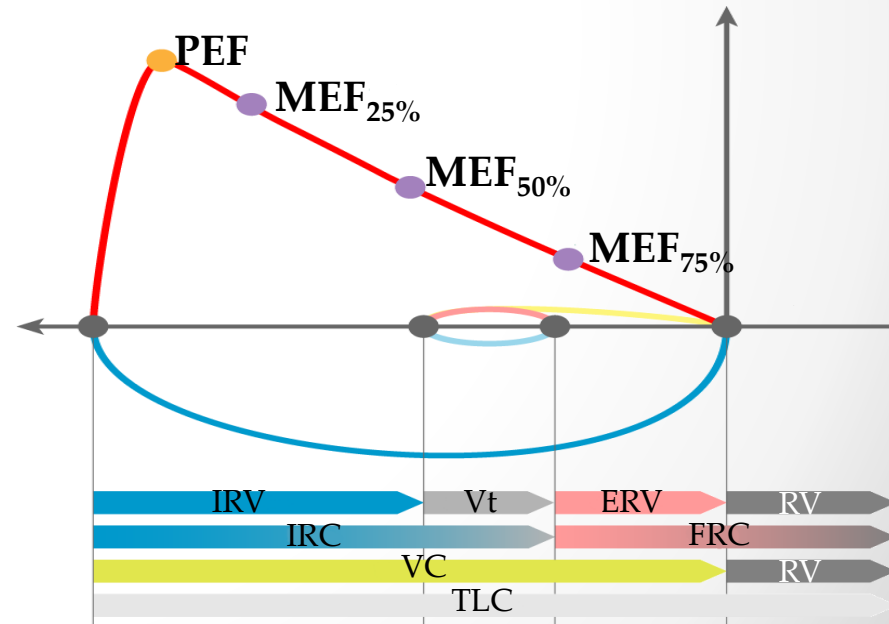


ROZEPSANÝ VÝDECH VC

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



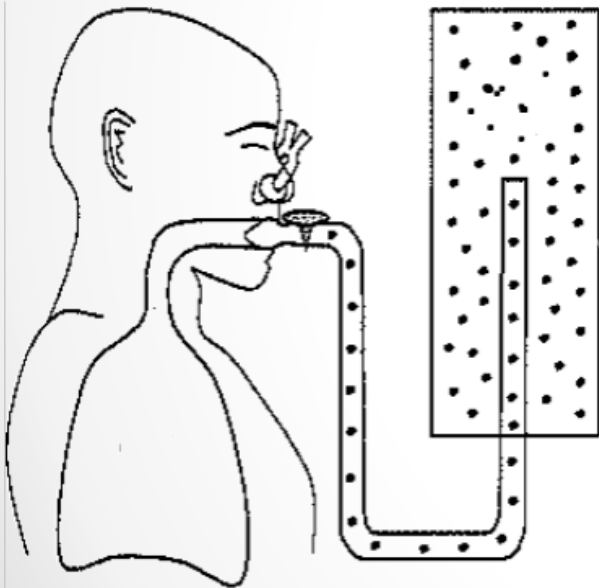
- **PEF** – vrcholový výdechový průtok; nejvyšší rychlost na vrcholu usilovného výdechu (odpovídá vzduchu v horních DC)
- **MEF** – maximální výdechové průtoky (rychlosti) na různých úrovních FVC, kterou je ještě třeba vydechnout (nejčastěji na 75 %, 50 % a 25 % FVC)



REZIDUÁLNÍ OBJEM

Heliová diluční technika

V_1
 c_1

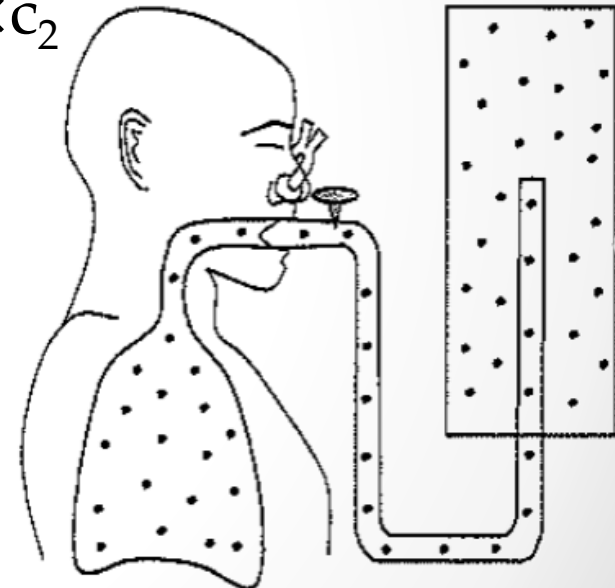


$$C = \frac{n}{V}$$

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

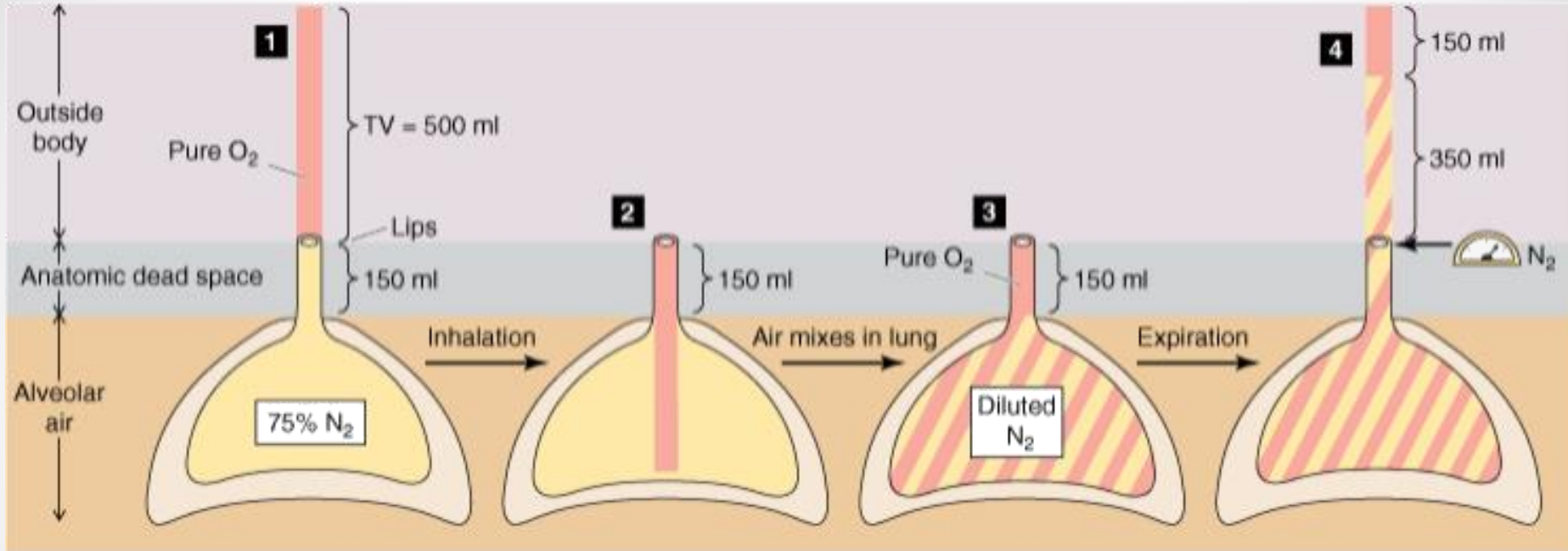
$$RV = \frac{V_1 \times c_1}{c_2} - V_1$$

$V_2 = RV + V_1$
 c_2

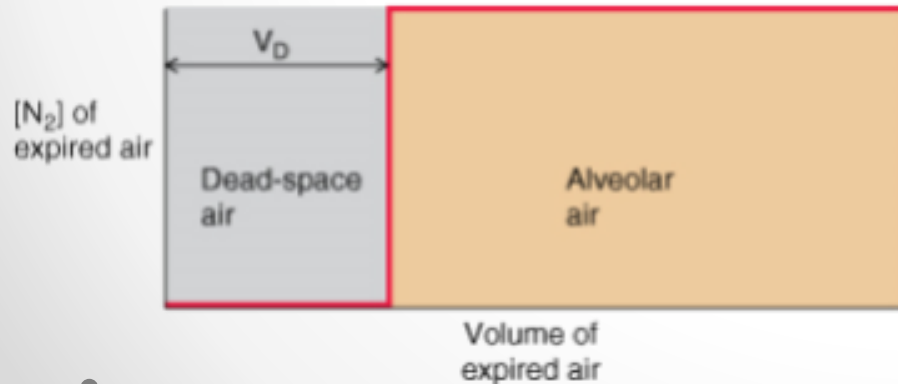


MRTVÝ PROSTOR

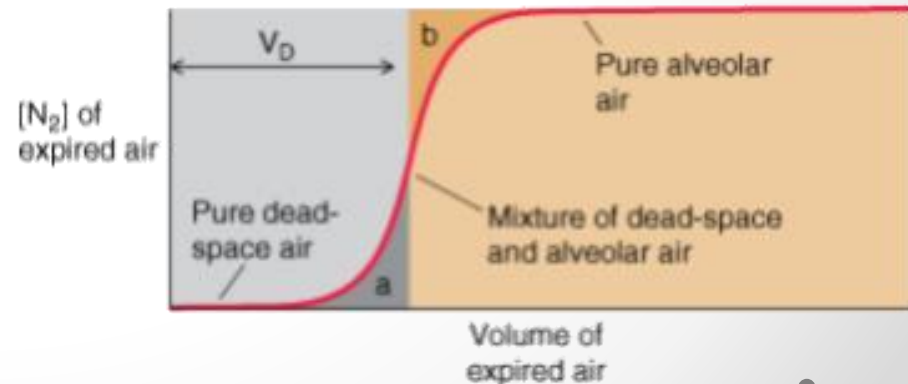
A DILUTION OF INSPIRED 100% O₂



B [N₂] PROFILE OF EXPIRED AIR WITH NO MIXING



C MEASURED [N₂] PROFILE



PNEUMOGRAFIE

Princip

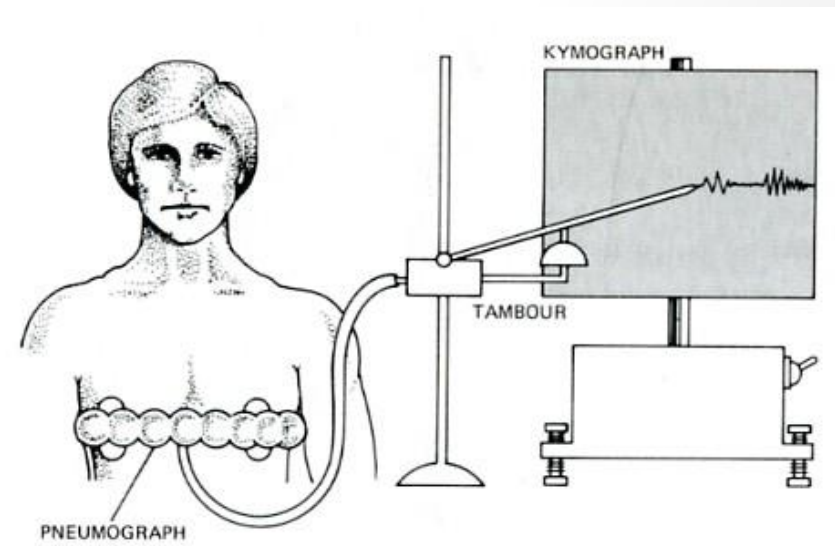
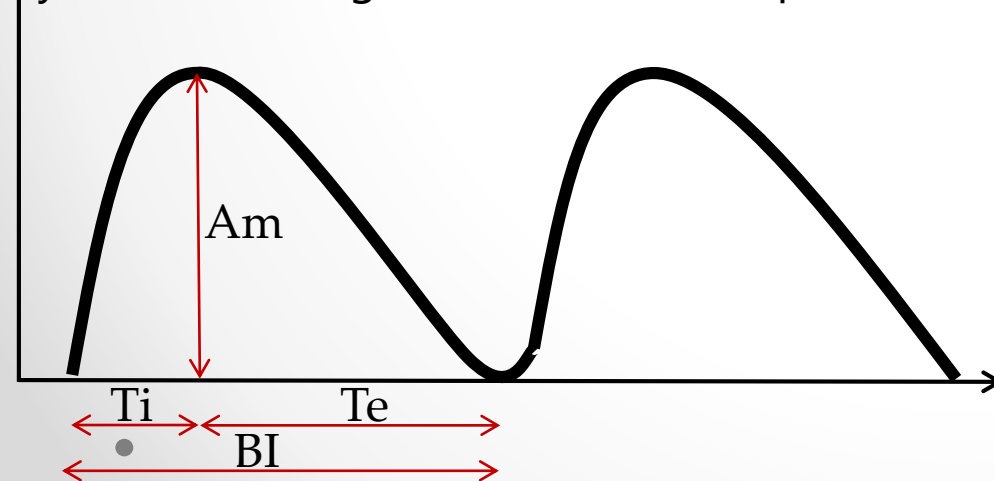
Pneumografie je metoda registrace dýchacích pohybů. Používáme:

- snímač (respirační pás) pracující na piezoelektrickém principu (piezoelektrický jev je schopnost krystalu generovat elektrické napětí při jeho deformování)
- respirační pás, na který se přenáší pohyby hrudníku. Polovodičový snímač tlaku registruje změny tlaku v hadici a převádí tlak na elektrický signál.

Záznam:

- klidové dýchání
- dýchání po mírné zátěži
- dýchání po intenzivní zátěži

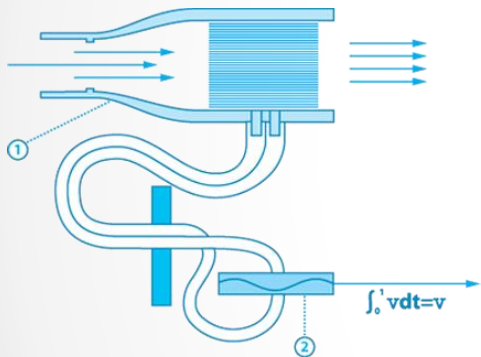
Hodnocení záznamu – T_i (čas nádechu), T_e (čas výdechu), BI (trvání celého dechového cyklu – breathing interval) a A_m (amplituda)



PNEUMOTACHOGRAFIE

Princip

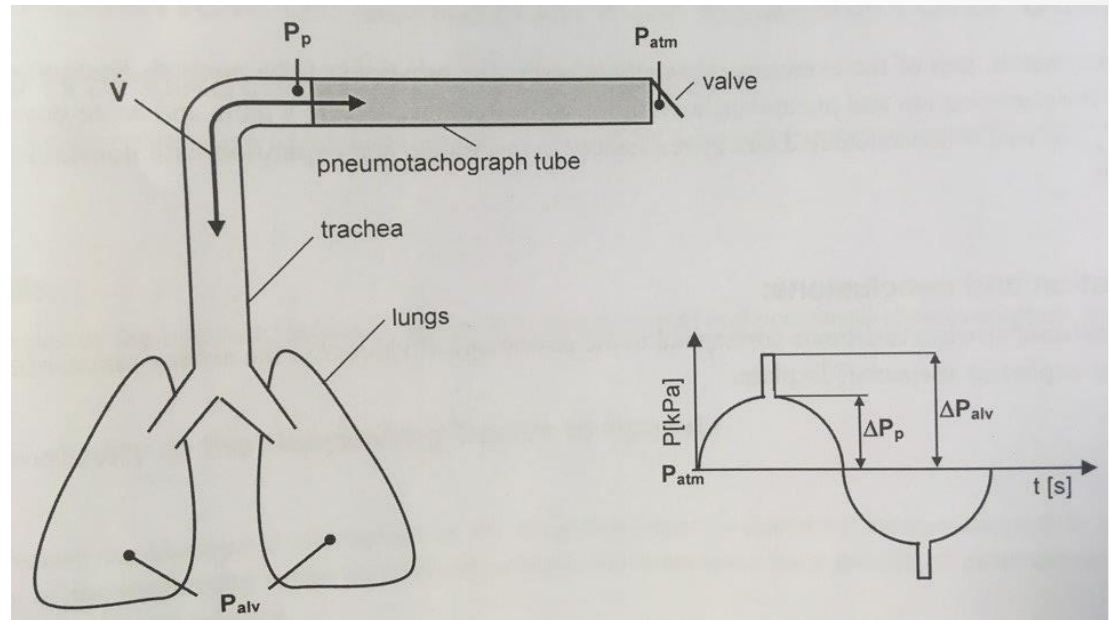
Pneumotachograf je přístroj tvořený paralelně uspořádanými trubičkami o stejném průměru. Jedna z trubiček má blízko obou svých konců (ústního a vnějšího) odbočky s hadičkami. Ty jsou napojeny na snímač tlaku, který umožňuje měřit rozdíly tlaku vzduchu na začátku a na konci pneumotachografu úměrné rychlosti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



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

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

$$\frac{P_p - P_{atm}}{R_p} = \dot{V} = \frac{P_{alv} - P_p}{R_d}$$



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

DĚKUJI ZA
POZORNOST