

# **XVII. Pneumografie**

# **XX. Pneumotachografie**

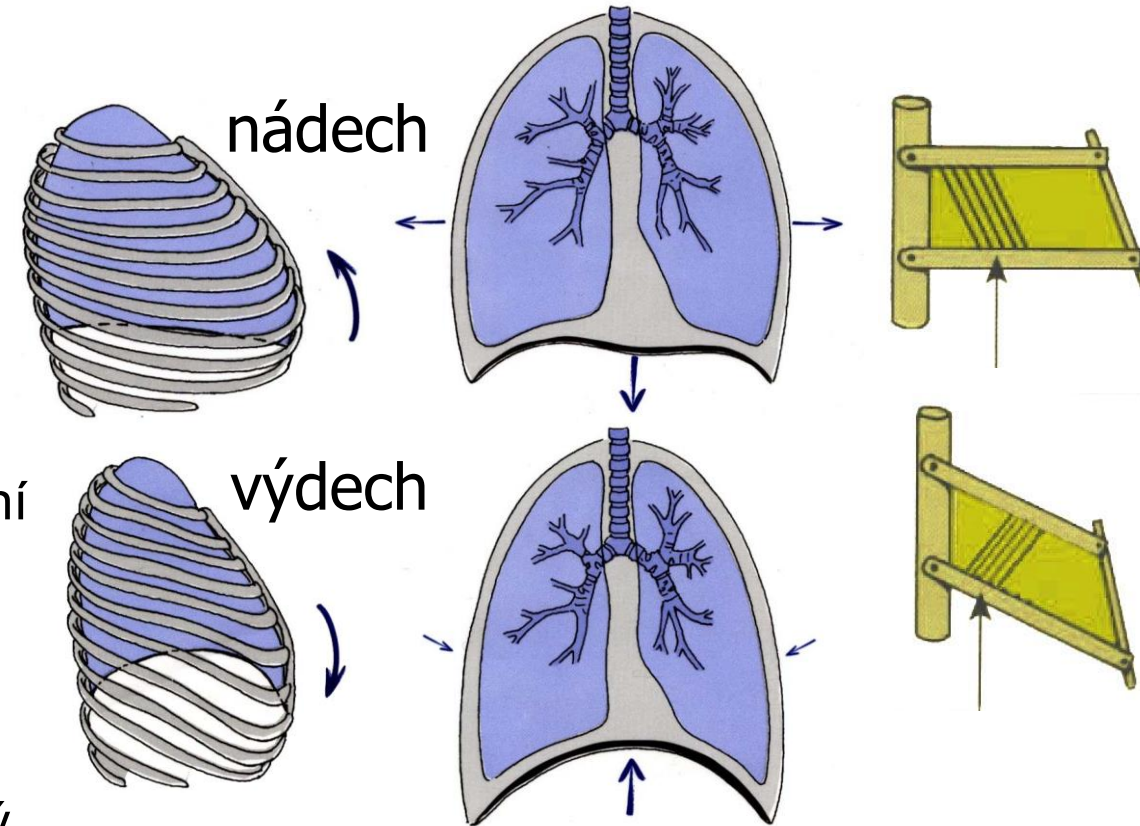
Praktické cvičení z fyziologie (podzimní semestr: 7. – 9. týden)

# Pneumografie

= metoda registrace dýchacích pohybů

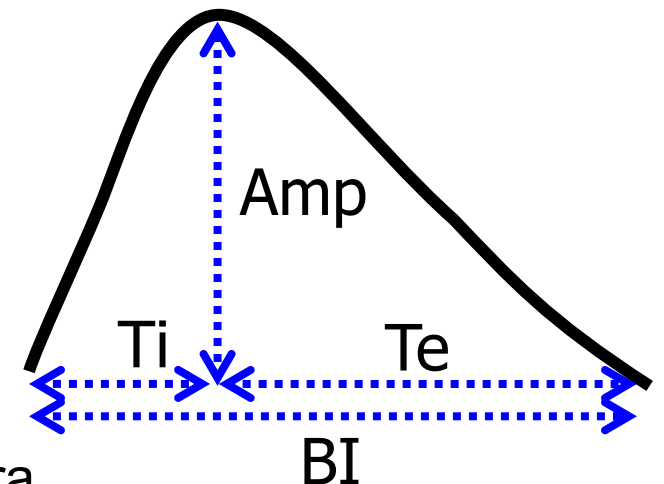
## – Dýchací svaly

- Hlavní inspirační svaly: bránice a zevní mezižební svaly
- Pomocné dýchací svaly: musculus sternocleidomastoideus a skupina skalenových svalů
- Exspirační (výdechové) svaly: vnitřní mezižební svaly a svaly přední břišní stěny
- Nádech – aktivní děj
- Výdech – v klidu je pasivní (elastická plic táhne hrudní stěnu zpět do výdechové polohy) usilovný výdech je aktivní (použití výdechových svalů)



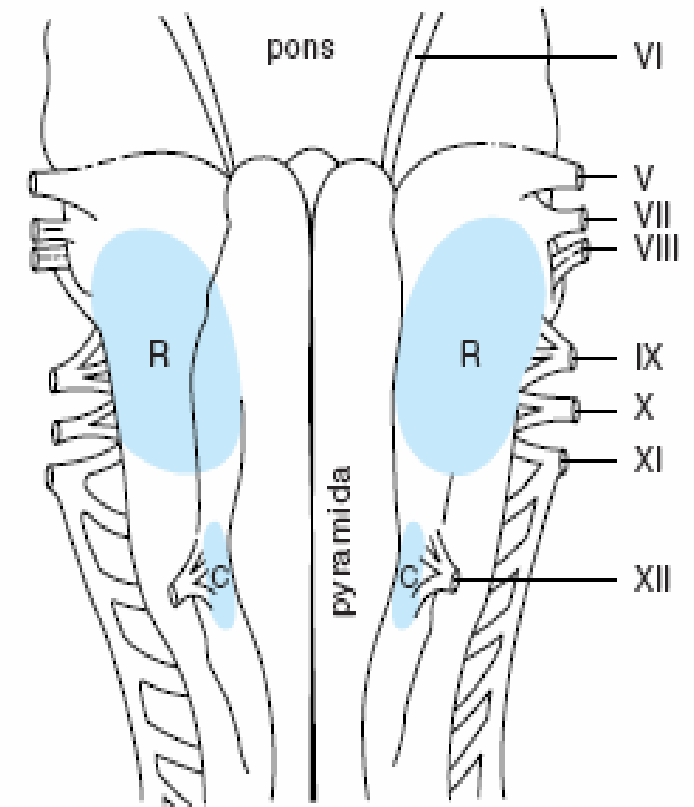
# Chemické řízení ventilace

- Ventilace = dechový objem \* frekvence dýchání
  - Objem vzduchu prodýchaný za čas (l/min)
  - Frekvence dýchání v pneumografii – dána délkou dechového cyklu (BI), délkou inspiria (Ti) a expiria (Te)
  - Hloubka dýchání v pneumografii – amplituda dechu (Amp)
- Chemická regulace ventilace: hloubky a frekvence dýchání na základě informací z chemoreceptorů
- Chemoreceptory
  - Centrální - buňky v prodloužené míše blízko respiračního centra
  - Periferní – karotické a aortální



# Centrální chemoreceptory

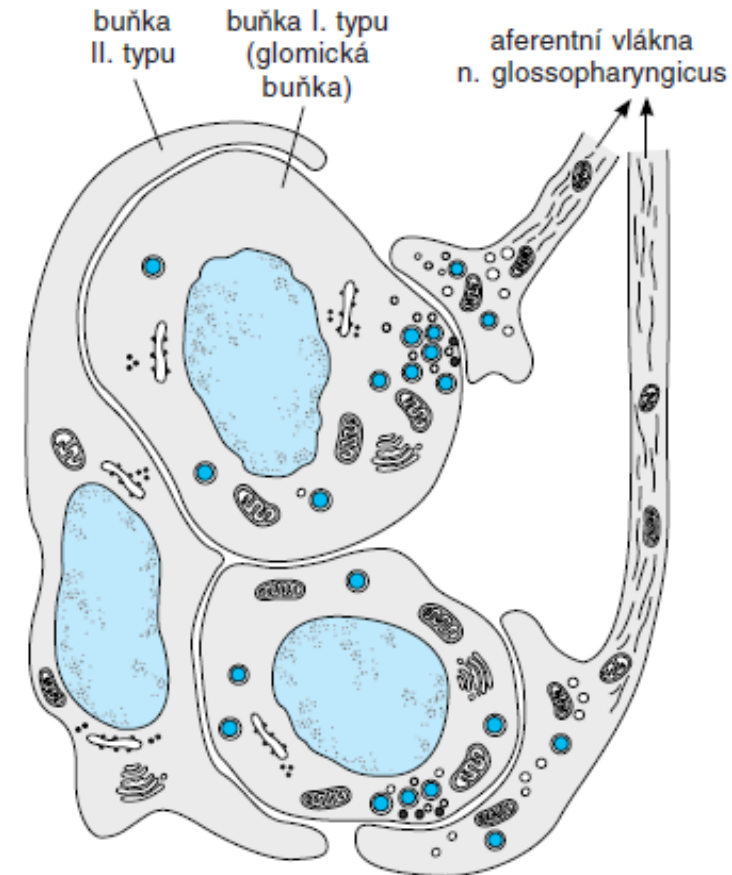
- V prodloužené míše poblíž dechového centra
- $\text{CO}_2$  proniká hematoencefalickou bariérou do cerebrospinální a mezibuněčné tekutiny mozku
$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$$
- $\uparrow$  Koncentrace  $\text{H}^+$  v mozkomíšním moku stimuluje chemoreceptory  
→ zvýšení ventilace



Obr. 98-7. Rostrální (R) a kaudální (C) chemosenzitivní oblasti ventrálního povrchu prodloužené míchy

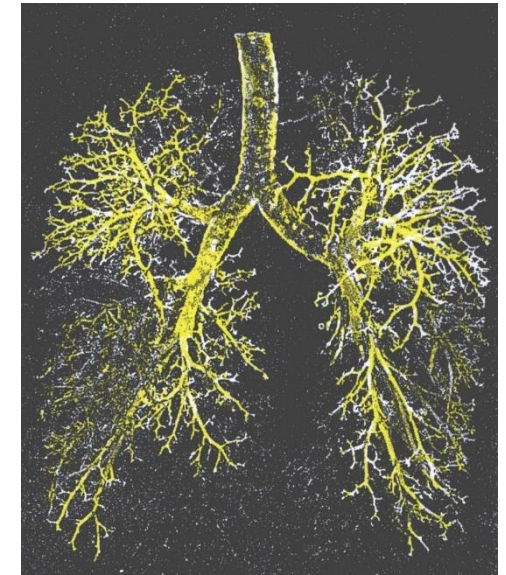
# Periferní chemoreceptory

- Obsahují ostrůvky dvou typů buněk
  - Typ I: Naléhají na nervová vlákna
  - Typ II: charakter glie (každá obklopuje 4-6 buněk I. Typu)
- Registrace  $pO_2$  rozpuštěného v krevní plazmě za čas
  - Stimulace poklesem  $pO_2$  a nebo poklesem průtoku krve
- Periferní receptory registrují také  $pCO_2$ , pH



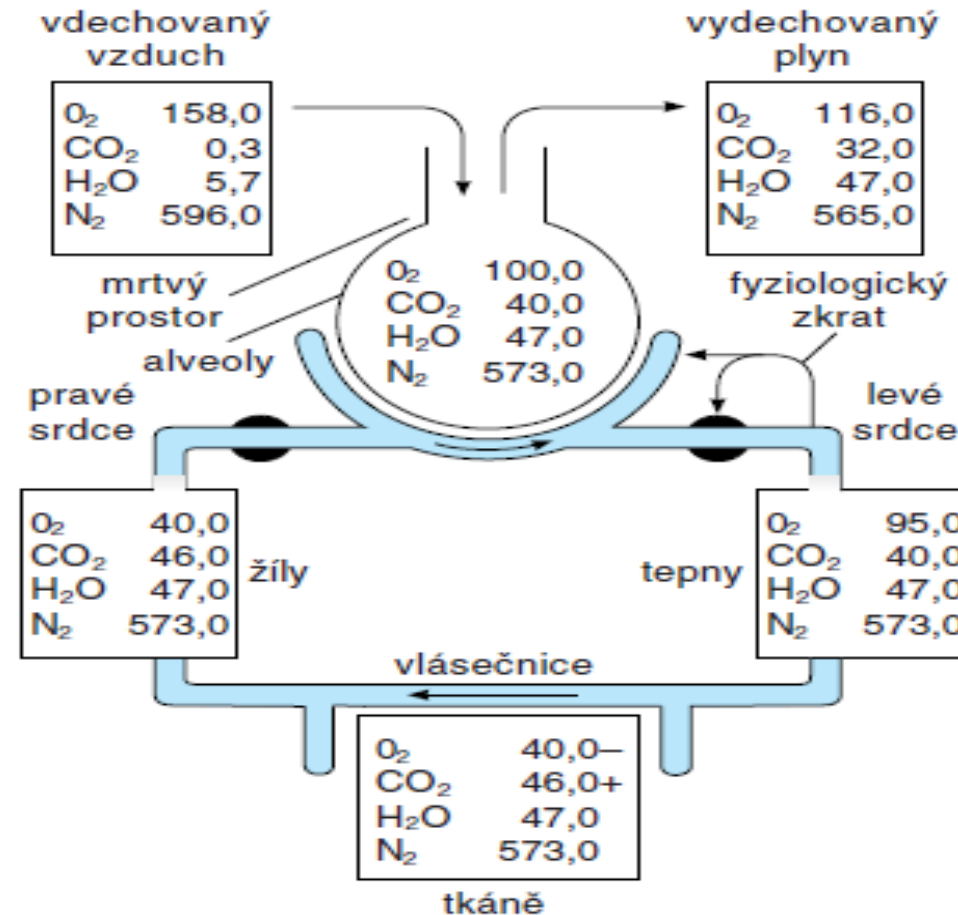
# Mrtvý prostor

- Objem vzduchu v konduktivní oblasti dýchacích cest, kde neprobíhá výměna plynů s krví
  - Anatomický MP: objem respiračního systému mimo alveoly (150-200 ml)
  - Funkční (fyziologický) MP: Objemem vzduchu, který se neúčastní výměny plynů s krví – zahrnuje neprokrvené alveoly
- U zdravých jedinců jsou oba mrtvé prostory stejné



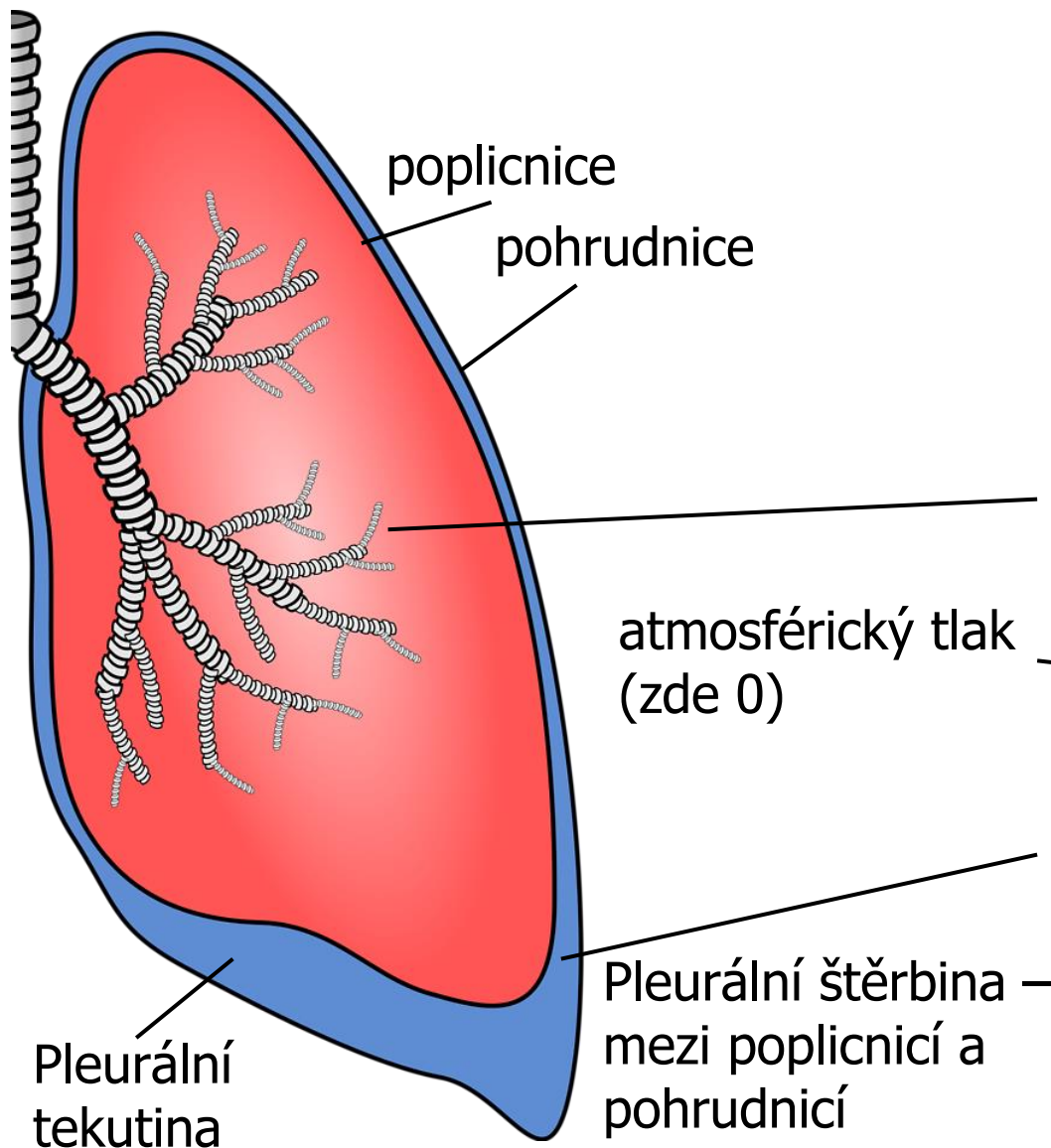
# Parciální tlaky plynů (mm Hg)

– v různých částech respirační a oběhové soustavy





# Tlaky v plicích

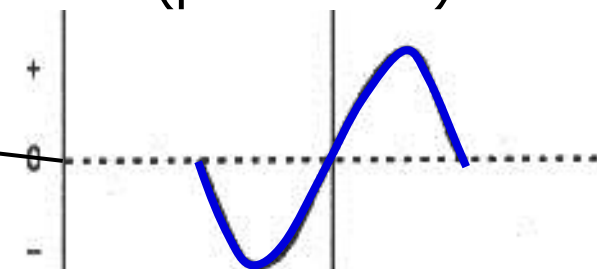


Objem vdechovaného vzduchu

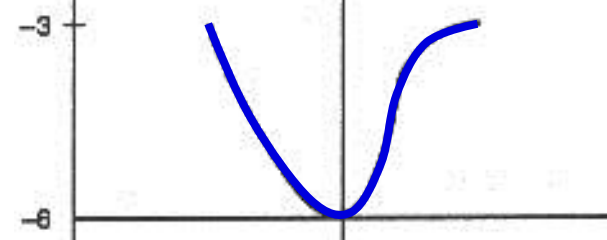


Alveolární (pulmonální) tlak

atmosférický tlak  
(zde 0)



Pleurální (šterbinový) tlak (vždy záporný)





# Plicní poddajnost (compliance, C)

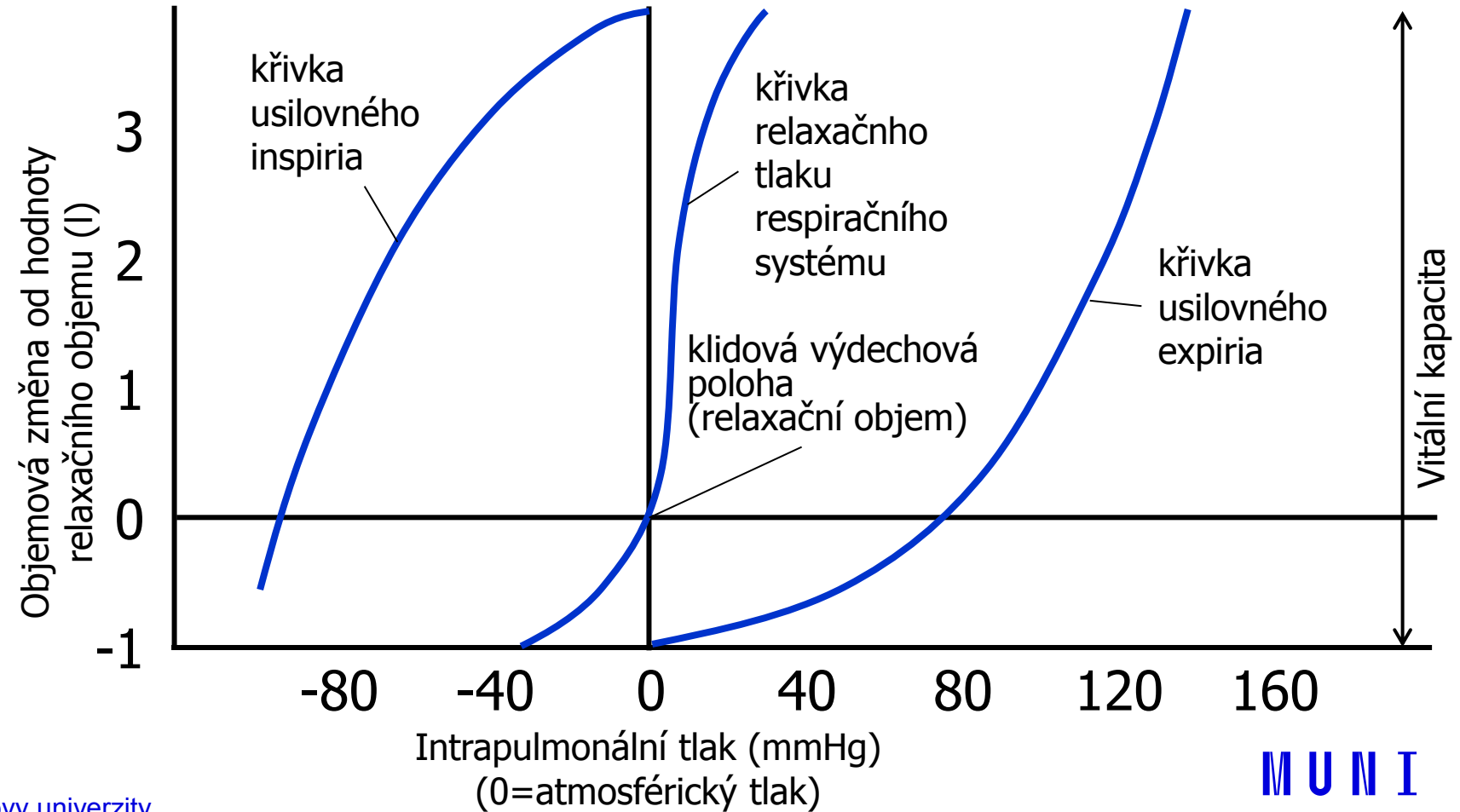
$$C = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

(na grafu sklon křivky)

– C je nejvyšší při klidovém dýchání

– C je dána

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



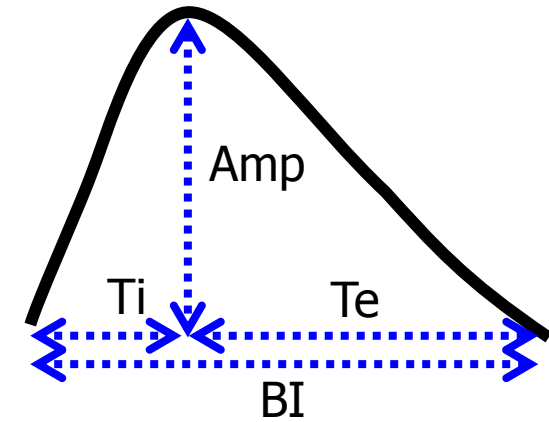
# Statistické vyhodnocení - obecně

		realita	
		$H_0$	$H_A$
Rozhodnutí testu	$H_0$	OK	$\beta$
	$H_A$	$\alpha$	OK

- Mann-Whitneyho test
  - Neparametrický test založený na pořadí, porovnává výběrové soubor A a B
- Nulová hypotéza  $H_0$ : Výběrový soubor A se nebude lišit od souboru B
- Alternativní hypotéza  $H_A$ : Soubor A je větší nebo menší než soubor B
- Statistická významnost  $\alpha$  (obvykle  $\alpha = 0.05$  nebo  $0.01$ )
  - Pravděpodobnost chyby, tzn. že jsme na základě výběru zamítli  $H_0$ , ale v realitě  $H_0$  platí
- Výsledek testu:
  - Test není významný – potvrzení  $H_0$ : nepotvrdili jsme rozdíl mezi A a B
  - Test je významný s významností  $\alpha$  – zamítnutí  $H_0$ : potvrdili jsme rozdíl mezi A a B

# Statistické vyhodnocení - příklad

- Např. soubor A: Amp v klidu, soubor B: Amp po zátěži
- Nulová hypotéza  $H_0$ : Amp v klidu bude stejné jako Amp po zátěži
- Alternativní hypotéza  $H_A$ : Amp v klidu je větší nebo menší než Amp po zátěži
- Možné výsledky statistiky



$T1' - T1$  porovnááme s tabulkovou hodnotou pro  $\alpha$  pro počet prvků  $n = 6$

- $T1' - T1 < 13 \rightarrow$  nezamítáme  $H_0$  na hladině významnosti  $\alpha = 0,01$ , tzn. neprokázali jsme, že by se Amp v klidu lišilo od Amp po zátěži
- $T1' - T1 > 13 \rightarrow$  zamítáme  $H_0$  na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ , tzn. prokázali jsme, že Amp v klidu se liší od Amp po zátěži (logicky by po zátěži měla být větší)
- $T1' - T1 > 16 \rightarrow$  zamítáme  $H_0$  na hladině významnosti  $\alpha = 0,01$ , tzn. prokázali jsme, že Amp v klidu se liší od Amp po zátěži (logicky by po zátěži měla být větší)

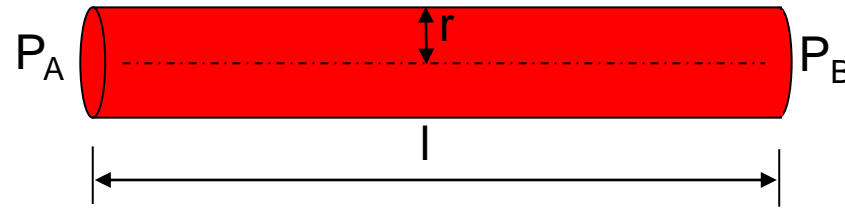
# **Pneumotachografie**

Praktické cvičení z fyziologie (podzimní semestr: 7. – 9. týden)

# Pneumotachografie

- Metoda měření rychlosti proudu vzduchu
- Používá se pro určení odporu dýchacích cest na základě měření tlakového rozdílu mezi začátkem a koncem trubice, přes kterou vyšetřovaná osoba dýchá
- Zvýšená hodnota odporu dýchacích cest ukazuje na zúžení (obstrukci) dýchacích cest

# Poiseuillův - Hagenův zákon



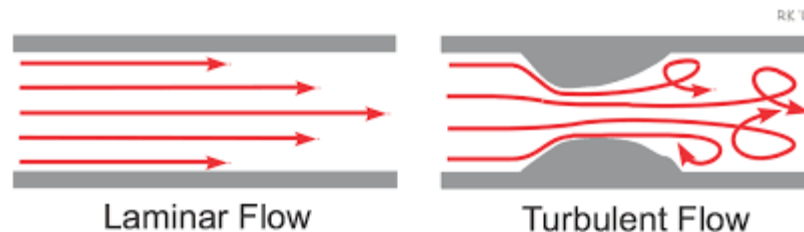
Objemový průtok ( $Q$ ) v rigidní trubici je přímo úměrný tlakovému rozdílu na začátku a konci trubice ( $\Delta P = P_A - P_B$ ) čtvrté mocnině jejího poloměru ( $r$ ) a nepřímo úměrný délce trubice ( $l$ ) a viskozitě proudící kapaliny/plynu ( $\eta$ ).

$$Q = \frac{\pi \cdot \Delta P \cdot r^4}{8 \cdot l \cdot \eta} = \frac{\Delta P}{R}$$

$R$  je *odpor trubice* proti proudění plynu

(tlak, který je potřeba vynaložit, aby byl daný objem kapaliny/plynu protlačen trubicí za jednotku času)

Platí pouze při laminárním proudění



# Odpor dýchacích cest

- Odpor dýchacích cest (**R<sub>d</sub>**) vzniká následkem vnitřního tření mezi proudícím plynem a stěnou dýchacích cest.

$$R_d = \frac{\Delta P}{Q} = \frac{8 \cdot l \cdot \eta}{\pi \cdot r_d^4}$$

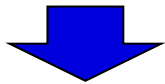
- Malá změna poloměru dýchacích cest ( $r_d$ ) způsobí podstatně větší změnu jejich odporu vůči proudění vzduchu ( $R_d$ ).
- Ke zúžení (obstrukci) dýchacích cest dochází při kompresi hrudníku, zduření sliznice, otoku hlasivek, konstrikcii hladkých svalů dýchacích cest při vdechnutí cizího tělesa, astmatickém záchvatu či jiné alergické reakci
  - Na odporu se nejvíce podílí bronchioly: velký podíl hladké svaloviny a žádná chrupavčitá výztuha, obsahují receptory pro různé působky (histamin – bronchiolokonstrikce, adrenalin - bronchiolodilatace)



# Princip metody - výpočet

Průtok vzduchu v pneumotachografu je stejný jako průtok vzduchu v dýchacích cestách

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



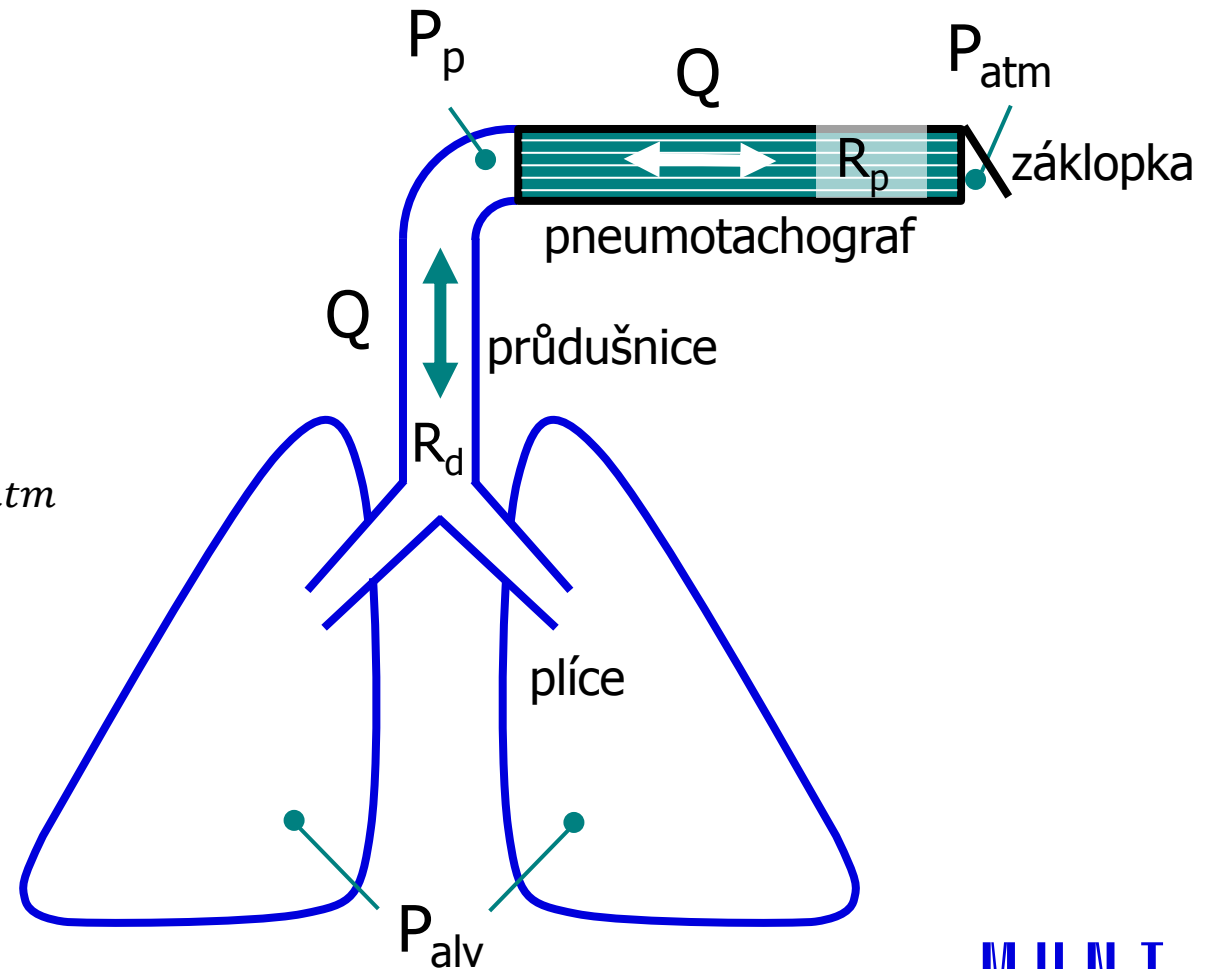
Substituce:  $\Delta P_p = P_p - P_{atm}$  a  $\Delta P_{alv} = P_{alv} - P_{atm}$



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

Odpor pneumotachografu:  $R_p = 0,086 \text{ kPa} \cdot \text{s/l}$

16  $\Delta P_{alv}$  a  $\Delta P_p$  budou změřeny



# Princip metody

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

– Odpor pneumotachografu:  $R_p = 0,086 \text{ kPa}\cdot\text{s/l}$

–  $\Delta P_{alv}$  a  $\Delta P_p$  lze změřit

(pozn.: Hodnoty jsou v mV, ne kPa, což nevadí, protože jsou dány do poměru. Nezapisujte minus u hodnot expiria.)

## – Výpočet $R_d$

– v inspiriu s normálním náustkem

– v expiriu s normálním náustkem

– v inspiriu se zúženým náustkem

– v expiriu se normálním náustkem

– Fyziologické hodnoty:  $0,1 - 0,2 \text{ kPa}\cdot\text{s/l}$

Zúžený náustek několikanásobně zvýší  $R_d$

