

XVII. Pneumografie

XX. Pneumotachografie

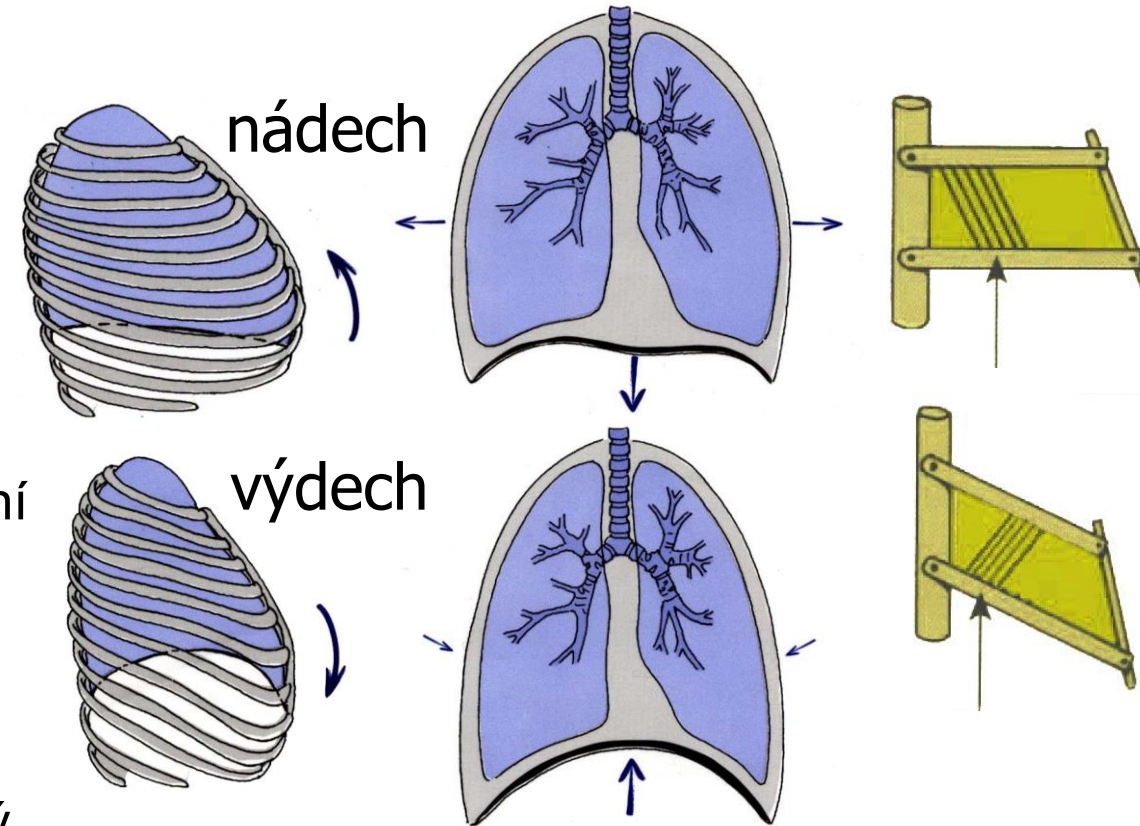
Praktické cvičení z fyziologie (podzimní semestr: 7. – 9. týden)

Pneumografie

= metoda registrace dýchacích pohybů

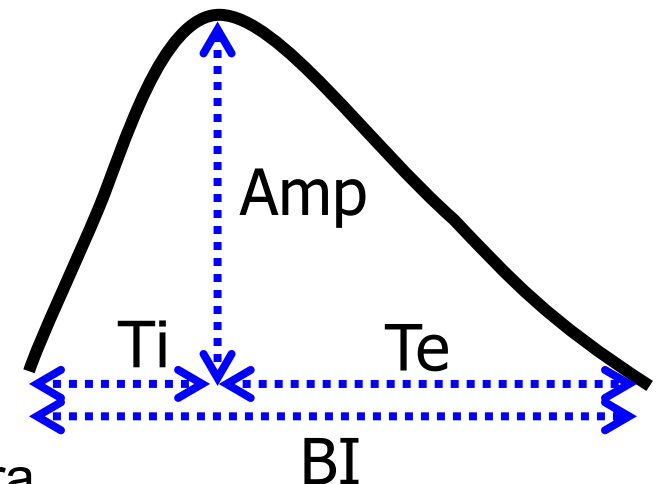
– Dýchací svaly

- Hlavní inspirační svaly: bránice a zevní mezižeberní svaly
- Pomocné dýchací svaly: musculus sternocleidomastoideus a skupina skalenových svalů
- Exspirační (výdechové) svaly: vnitřní mezižeberní 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)



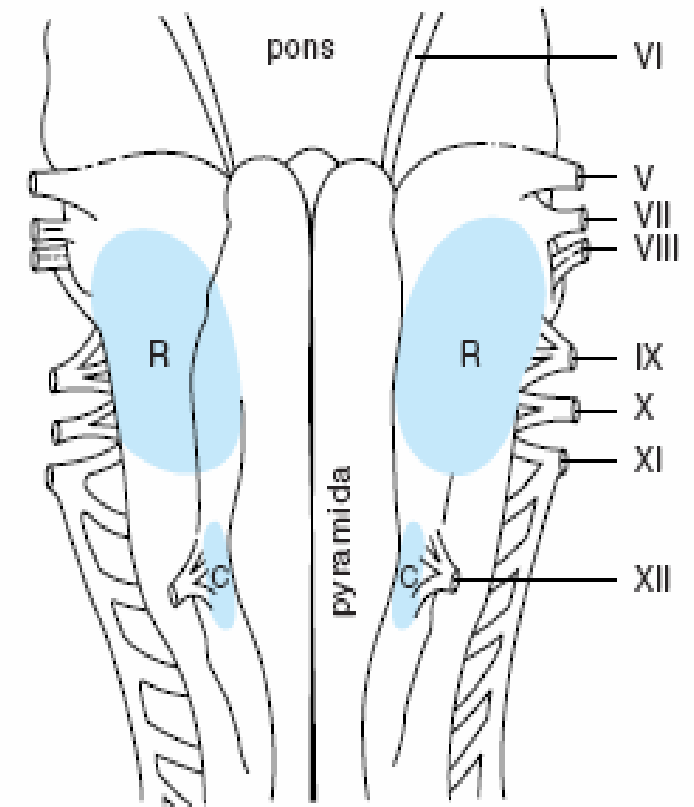
Chemické řízení ventilace

- 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

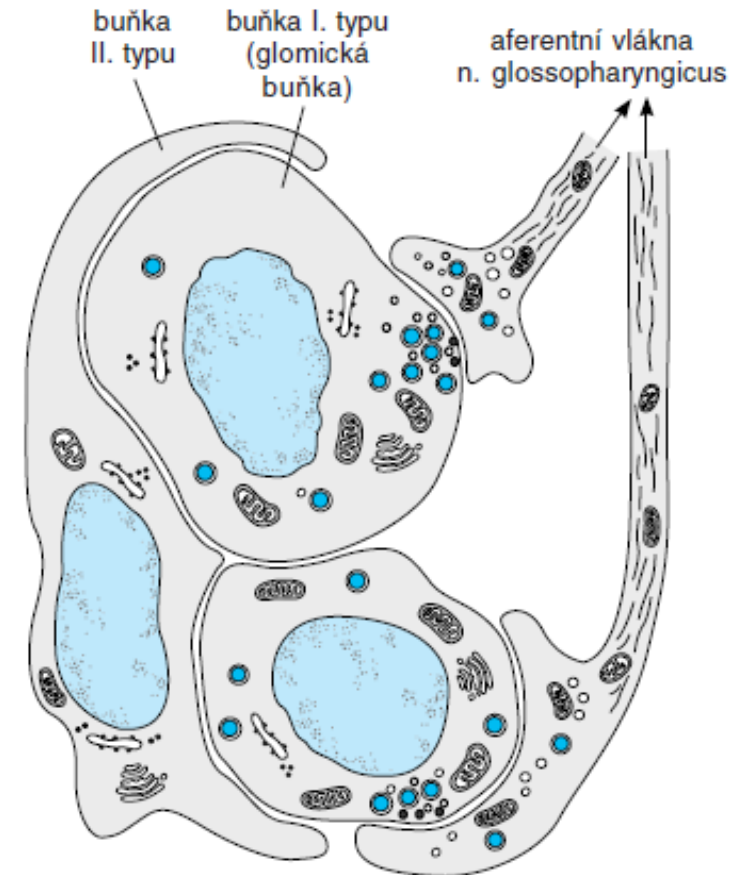
- V prodloužené míše poblíž dechového centra
- CO_2 proniká hematoencefalickou bariérou do cerebrospinální a mezibuněčné tekutiny mozku
$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$$
- \uparrow Koncentrace H^+ v mozkomíšním moku stimuluje chemoreceptory
→ zvýšení ventilace



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

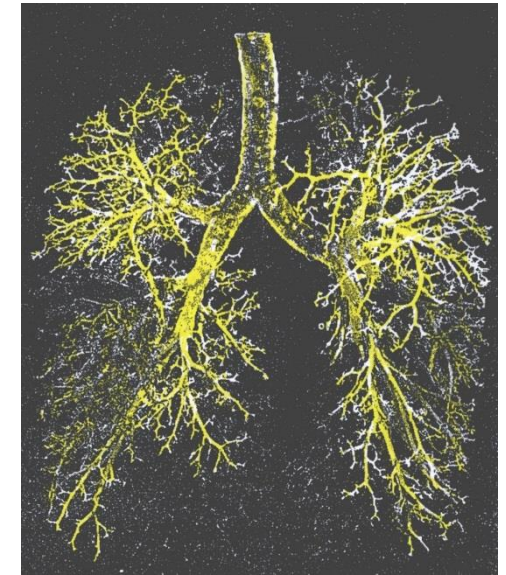
Periferní chemoreceptory

- 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



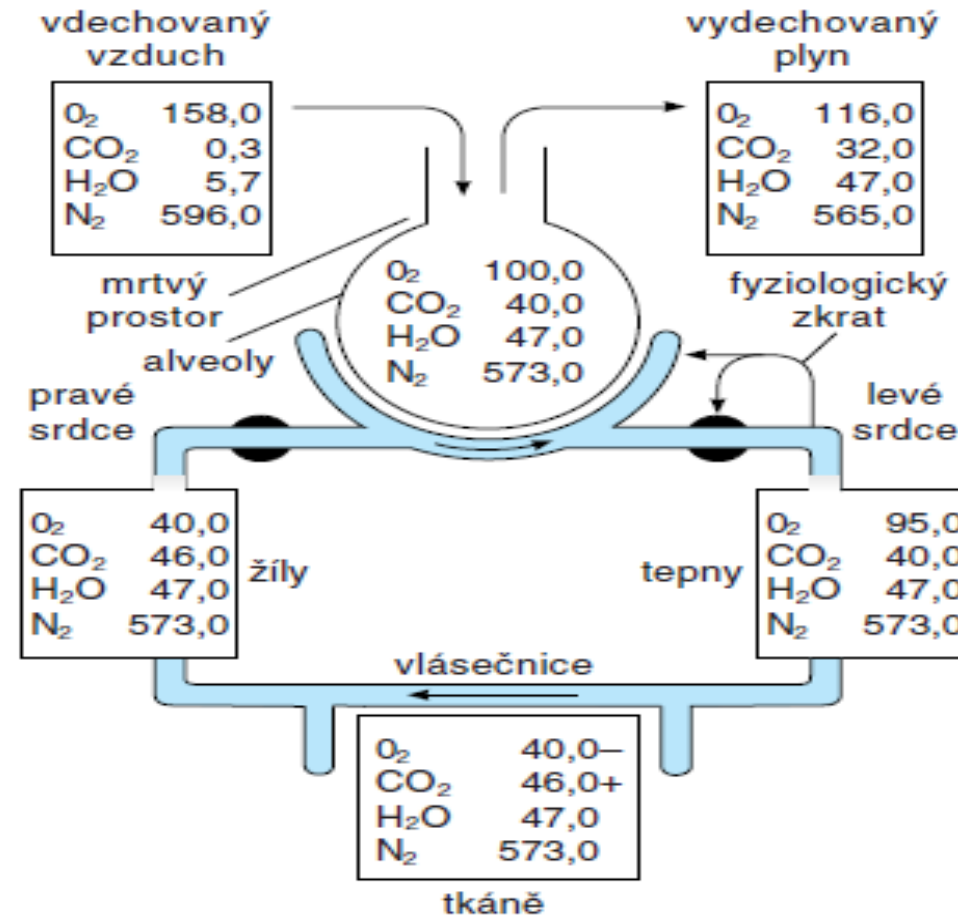
Mrtvý prostor

- 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

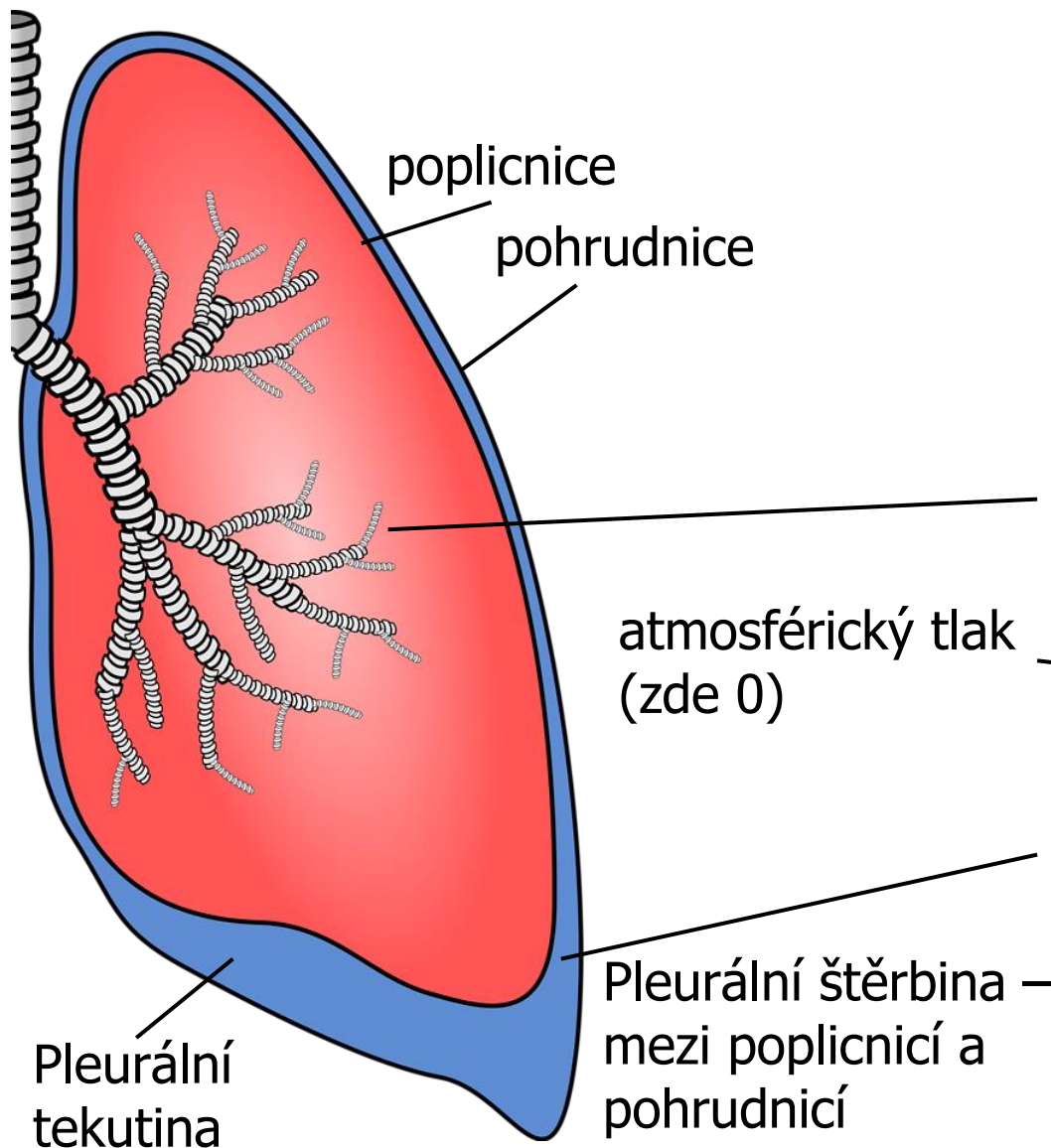


Parciální tlaky plynů (mm Hg)

– v různých částech respirační a oběhové soustavy



Tlaky v plicích

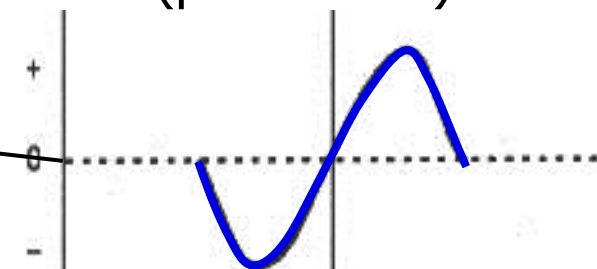


Objem vdechovaného vzduchu

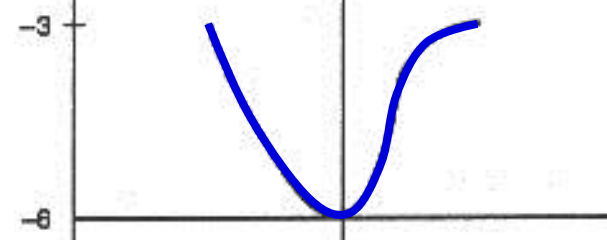


Alveolární (pulmonální) tlak

atmosférický tlak
(zde 0)



Pleurální (šterbinový) tlak (vždy záporný)



Plicní poddajnost (compliance, C)

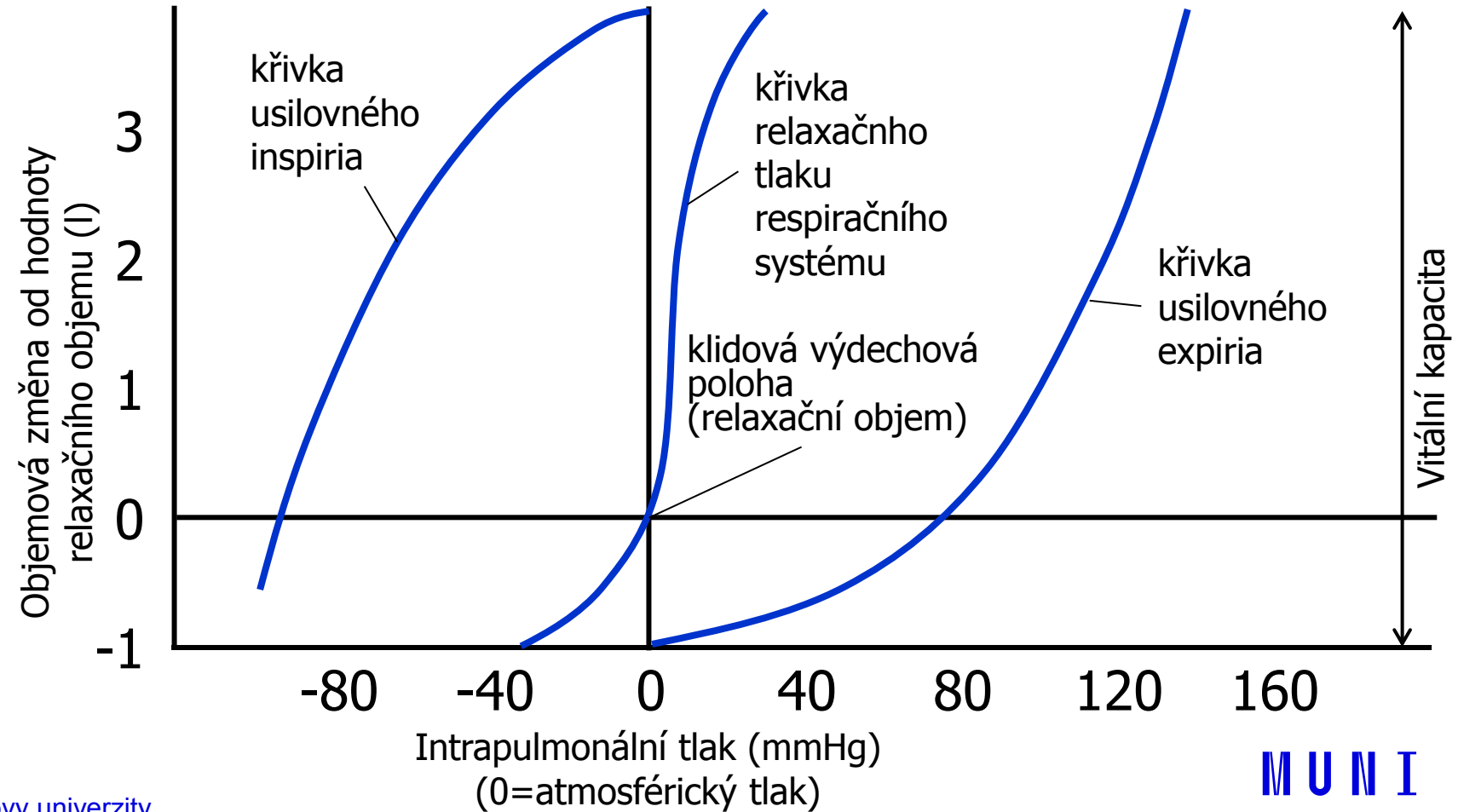
$$C = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

(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)



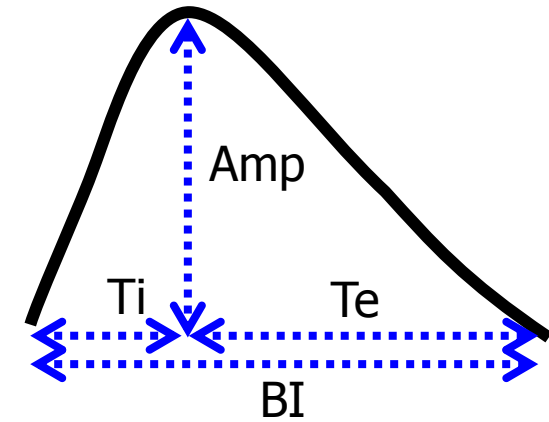
Statistické vyhodnocení - obecně

		realita	
		H_0	H_A
Rozhodnutí testu	H_0	OK	β
	H_A	α	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 α (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 α – 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 α 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)

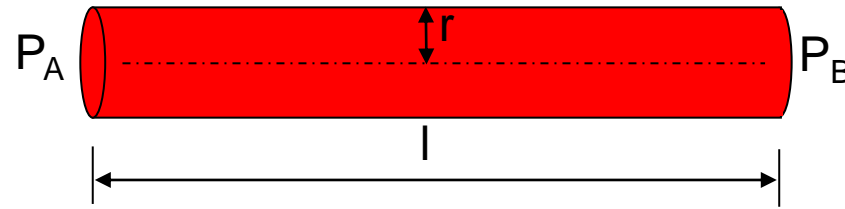
Pneumotachografie

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



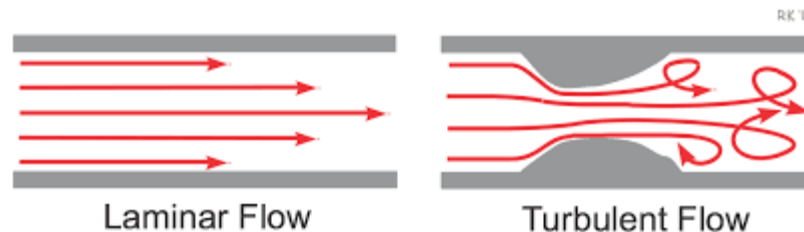
Objemový průtok (Q) v rigidní trubici je přímo úměrný tlakovému rozdílu na začátku a konci trubice ($\Delta P = P_A - P_B$) čtvrté mocnině jejího poloměru (r) a nepřímo úměrný délce trubice (l) a viskozitě proudící kapaliny/plynu (η).

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

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_d**) vzniká následkem vnitřního tření mezi proudícím plynem a stěnou dýchacích cest.

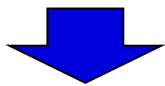
$$R_d = \frac{\Delta P}{Q} = \frac{8 \cdot l \cdot \eta}{\pi \cdot r_d^4}$$

- 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

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



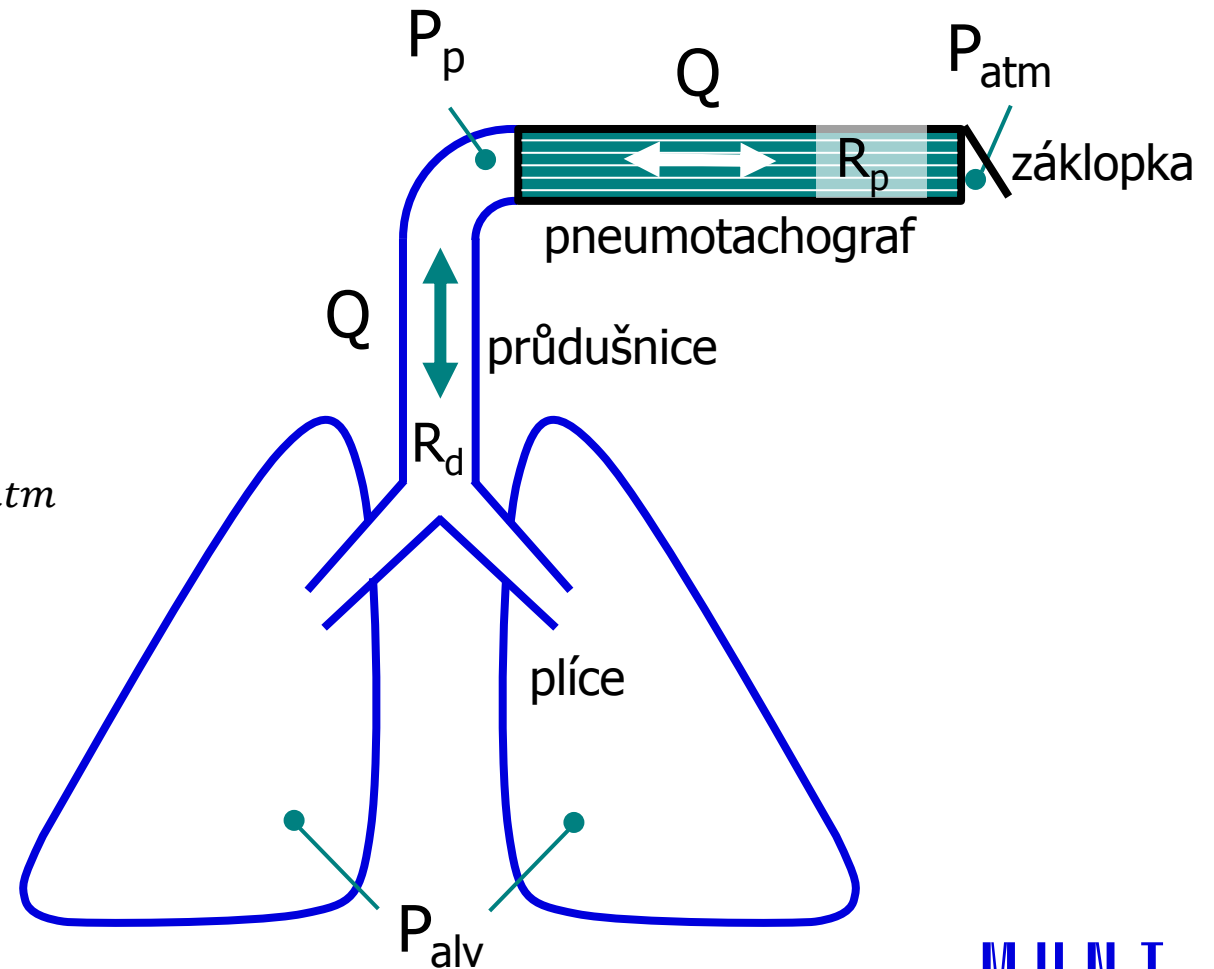
Substituce: $\Delta P_p = P_p - P_{atm}$ a $\Delta P_{alv} = P_{alv} - P_{atm}$



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

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

16 ΔP_{alv} a ΔP_p budou změřeny



Princip metody

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

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

– ΔP_{alv} a ΔP_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

