

XVII. Pneumografie

XX. Pneumotachografie

Pneumografie

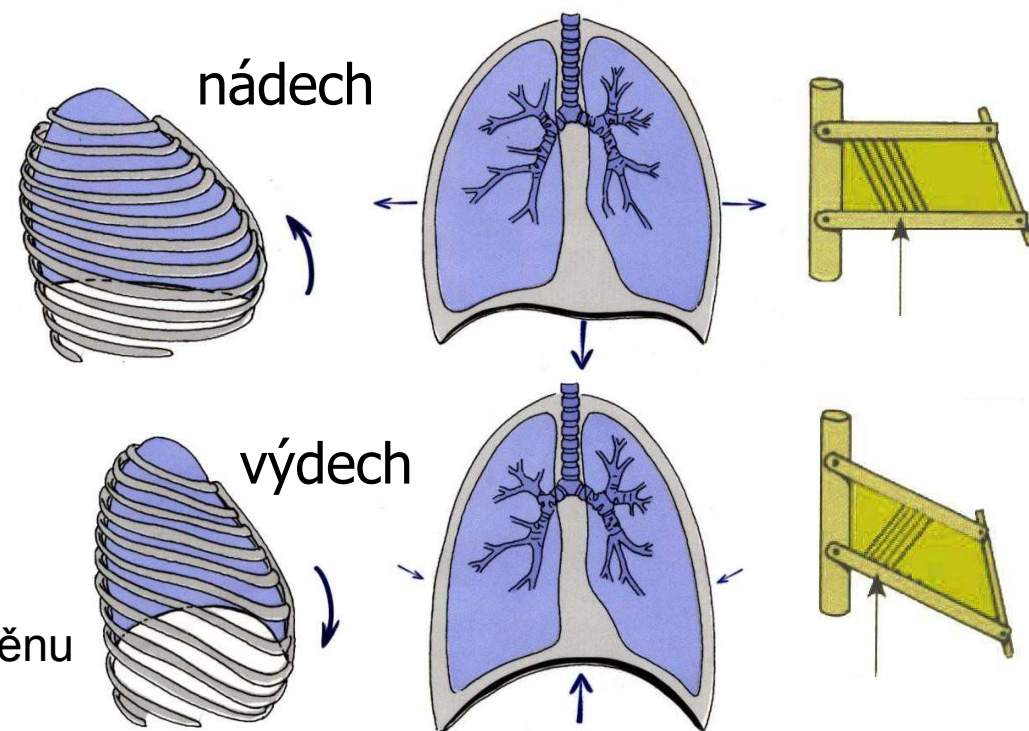
- je metoda registrace dýchacích pohybů

Dýchací svaly

- Hlavní inspirační svaly: bránice a zevní mezižební svaly
- Pomocné dýchací svaly: *m. sternocleidomastoideus* a skupina skalenových svalů
- Exspirační 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)-využití ve spirometrii na zjištění obstrukčních poruch

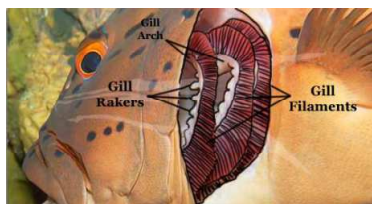


Evoluční okénko

Ryby

- dýchají přes žábry (Během nádechu ryba otevře ústa a vpustí vodu do ústního otvoru. Během výdechu ryba ústa zavře a otevře skřele, kde proběhne výměna plynů. Kyslík ryba přijímá z vody z ústního otvoru, kterou v průběhu výdechu ryba vypouští do okolního prostředí,
- *Paryby* se musí pohybovat, aby proudila voda s kyslíkem přes žábry (pasivní dýchání)
- u některých je doplňkové střešní dýchání (např. piskoř žijící v bahně)
- *Ryby dvojdyšné* - u těchto ryb se vyvinuly vnitřní nozdry a 1 nebo 2 plíce (z plynového měchýře), takže dokážou dýchat vzdušný kyslík (přídavné dýchání).

Bahník



Žralok tygří

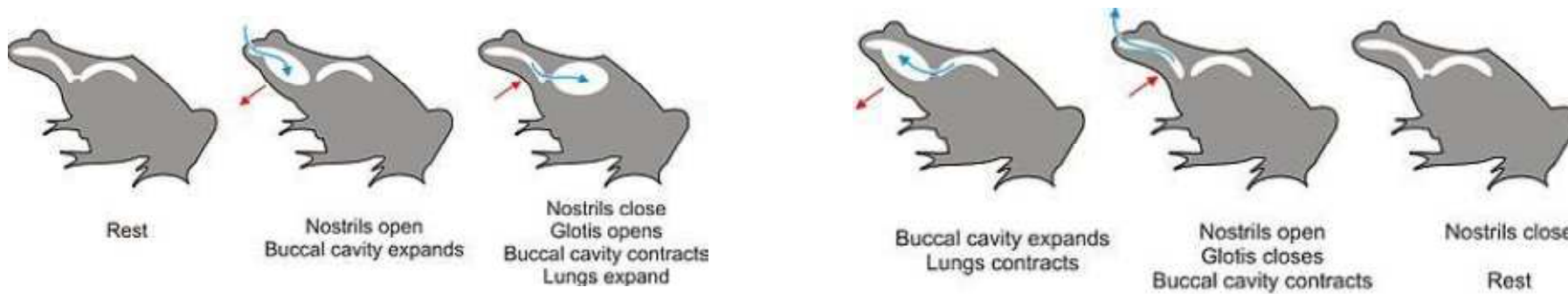


Piskoř pruhovaný

Evoluční okénko

Obojživelníci

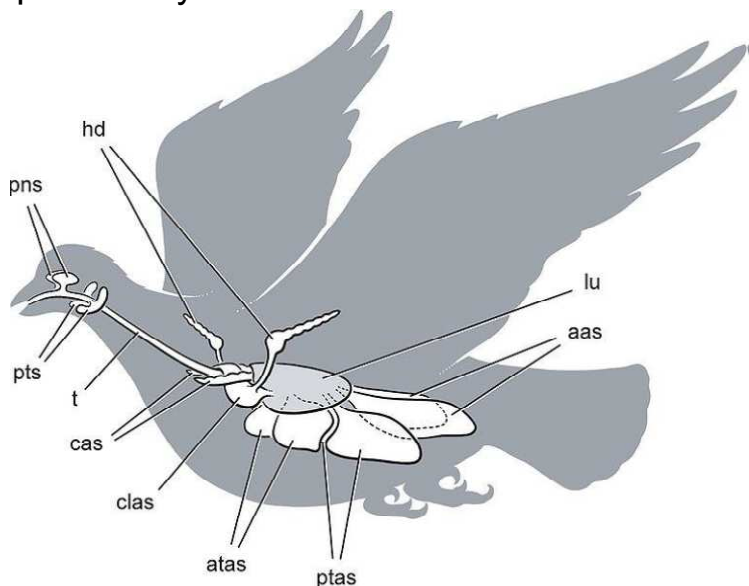
- dýchají několika způsoby - pulci pomocí žaber
- povrchem těla
- plícemi, ale nemají dýchací svaly a vzduch musí polykat



Evoluční okénko

Plazi

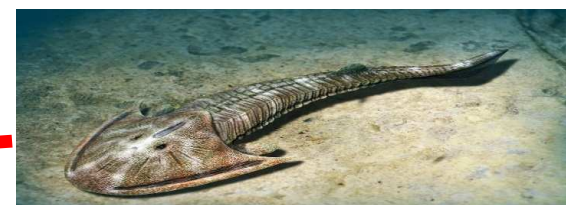
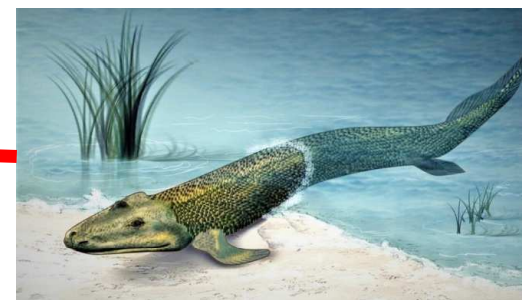
- dýchají plicemi a mají již dýchací svaly, u krokodýlů a varanů je vyvinutá bránice
- **Želvy** mají velké houbovité plíce, ale problematické dýchání kvůli krunýři; využívají k dýchání končetiny, mořské želvy i doplňkové dýchání sliznicí úst a kloakou.



Dinosauři a Ptáci

- nejefektivnější dýchání Vzduch z ústního otvoru prochází průdušnicí hlasovým ústrojím syrinx a poté průduškami do trubičkovitých plic. Na plíce je napojeno devět „vzdušných vaků“, které sahají i do dutých kostí.

Regulace dýchání



Mozková kůra

Volní dýchání, podmíněné reflexy

Podkorové struktury

Emoce, změny centrální teploty, změny při reakcích ANS

Dechové centrum

Centrální chemoreceptory, automatické dýchání

Přímý vliv složení prostředí

Hormony

(adrenalin, steroidní hormony)

Periferní chemoreceptory

Receptory plic a dýchacích cest

Receptory dýchacích svalů

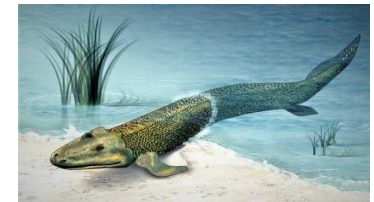
Receptory kůže, svalů, šlach a kloubů

Nespecifické mechanoreceptory

baroreceptory

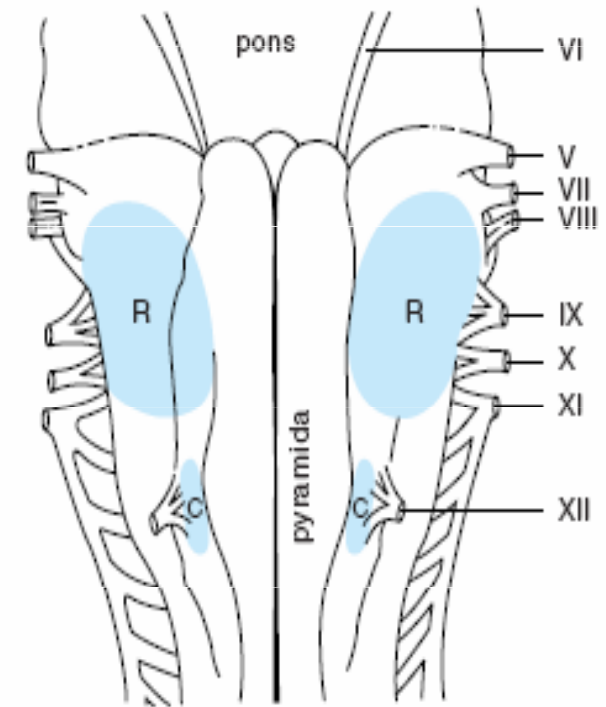
Dechová centra v prodloužené míše

- Dýchání je automatický proces, který probíhá mimovolně.
- Automaticita dýchání vychází z pravidelné (rytmické) aktivity skupin neuronů anatomicky lokalizovaných v prodloužené míše a její blízkosti.
- **Dorzální respirační skupina** - pouze neurony inspirační, vysílající axony k motoneuronům nádechových svalů (bránice, zevní mezižební svaly; jejich aktivace=nádech, při jejich relaxaci=výdech), podílí se na klidovém i usilovném nádechu
- **Ventrální respirační skupina** - umístěná na ventrolaterální části prodloužené míchy, horní část: neurony jejichž axony aktivují motoneurony hlavních a pomocných nádechových svalů; dolní část: expirační neurony s inervací výdechových svalů. Neurony této skupiny jsou v činnosti pouze při usilovném nádechu a výdechu
- Pontinní respirační skupina (**pneumotaktické centrum**) – podílí se na kontrole frekvence a hloubky dýchání; ovlivňuje činnost respiračních neuronů v prodloužené míše



Centrální chemoreceptory

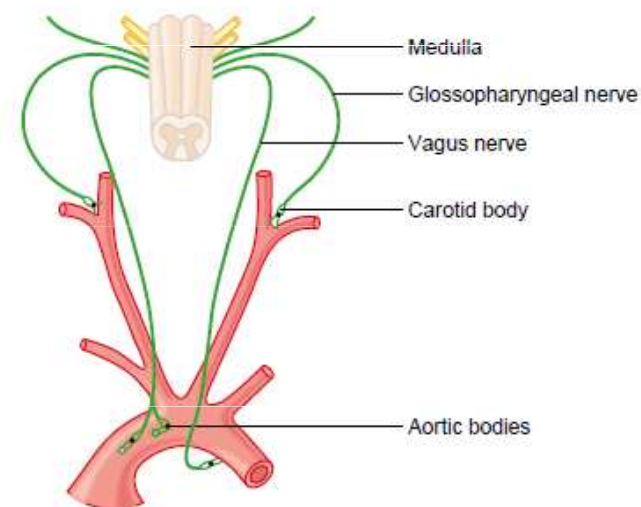
- na ventrální straně prodloužené míchy
- CO₂ proniká hematoencefalickou bariérou do cerebrospinální a mezibuněčné tekutiny mozku
$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$$
- ↑ Koncentrace H⁺ v mozkomíšním moku stimuluje chemoreceptory
→ zvýšení ventilace
- centrální chemoreceptor reaguje i na pokles pH z jiných příčin (laktázová acidóza, ketoacidóza)
 - Změna pCO₂ je pouze v krvi v cévách (evolučně starší),
- Náhlá změna pCO₂ se neprojeví okamžitě, změna ve ventilaci přes centrální chemoreceptory nastává až po 20-30s



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

Periferní chemoreceptory

- *glomus caroticum, glomus aorticum*
(aferentace *n. vagus* a *n. glossopharyngeus*)
- Reagují na pokles parciálního tlaku, zvýšení CO₂ a pokles O₂ (rozpuštěného v krvi).
- Obzvláště reagují na pokles O₂ pod 10-13 kPa v arteriální krvi (Stimulace poklesem pO₂ a nebo poklesem průtoku krve)
- Mechanismus účinku: následkem poklesu tvorby ATP v mitochondriích se depolarizuje membrána receptorů



Chemické řízení ventilace

Ventilace = dechový objem * frekvence dýchání

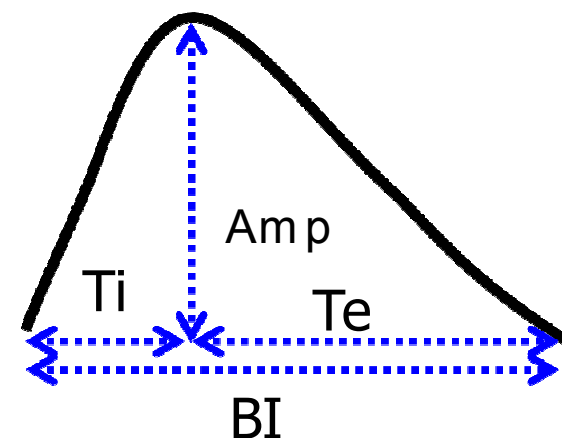
- objem vzduchu prodýchaný za čas (l/min)
- frekvence dýchání v pneumografii – dána délkou dechového cyklu (BI), délkou inspira (Ti) a expira (Te)
- hloubka dýchání v pneumografii – amplituda dechu (Amp)

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

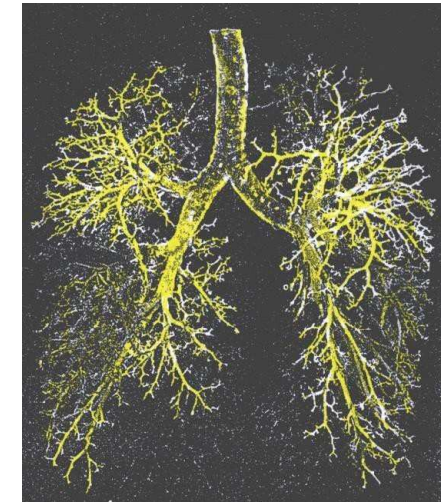


Mrtvý prostor

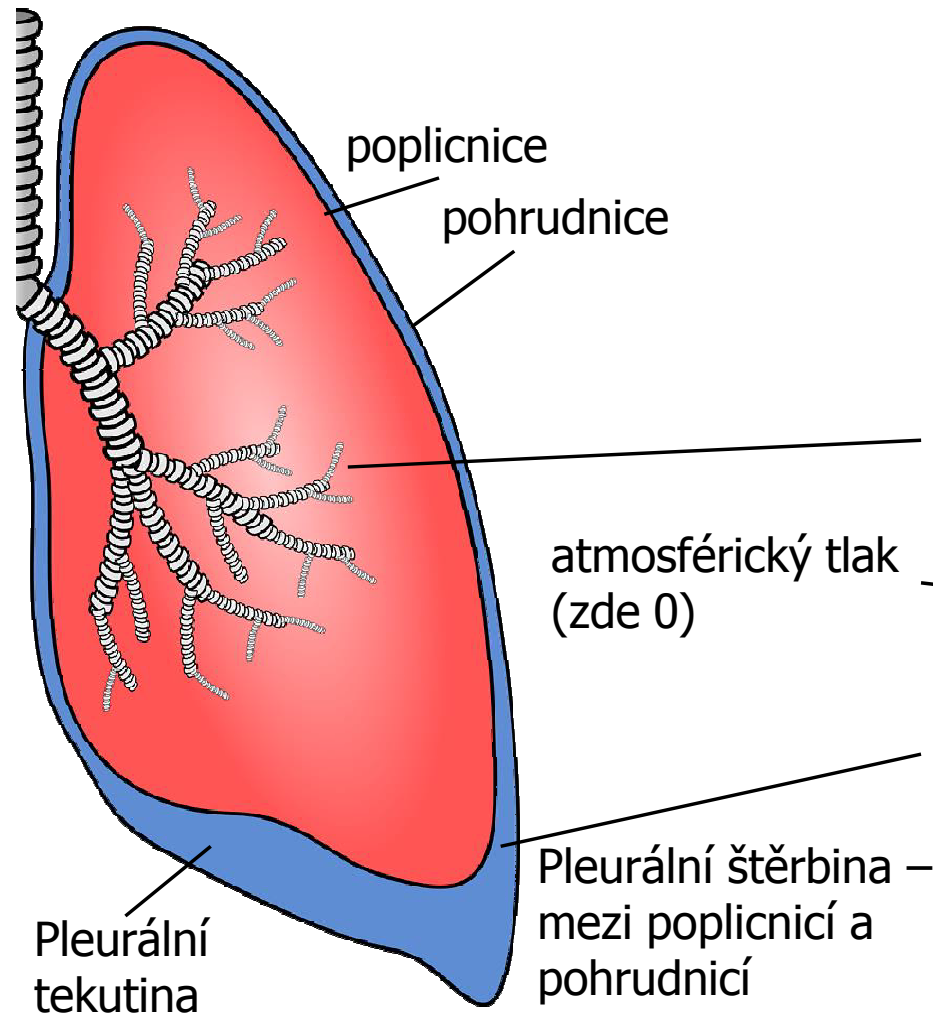
je objem vzduchu v konduktivní oblasti dýchacích cest, kde neprobíhá výměna plynů s krví

Anatomický MP: objem respiračního systému mimo alveoly (150-200 ml)

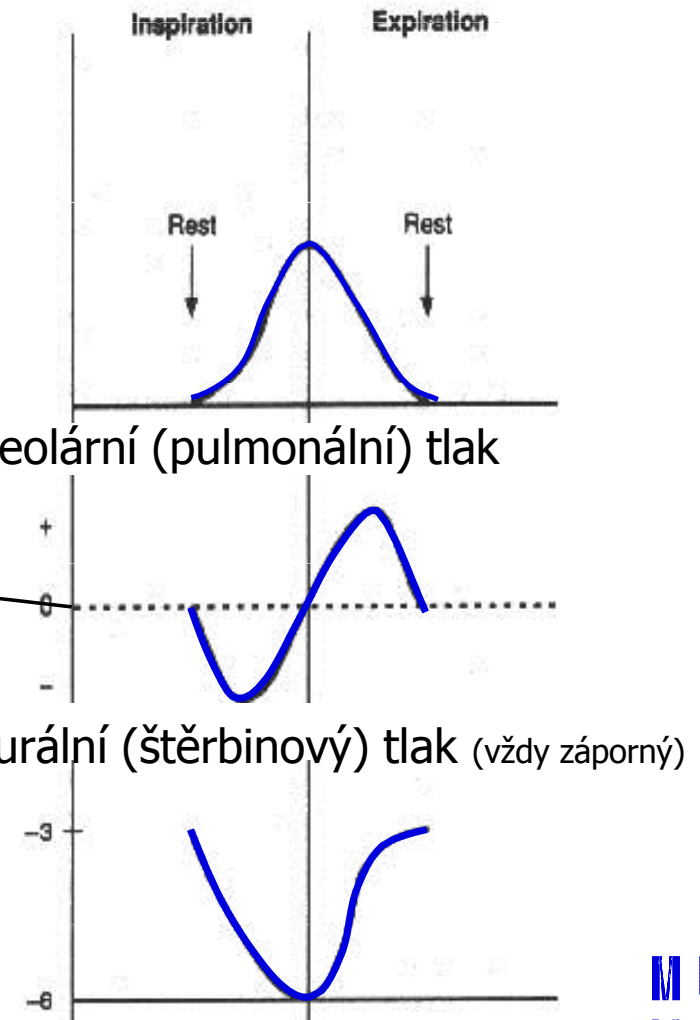
- Funkční (fyziologický) MP: Objemem vzduchu, který se neúčastní výměny plynů s krví – zahrnuje neprokrvené alveoly
- U zdravých jedinců jsou oba mrtvé prostory stejné



Tlaky v plicích



Objem vdechovaného vzduchu



Plicní poddajnost (compliance, C)

- objemové změny plic jsou závislé na poddajnosti plic a hrudníku a na odporu plic RL,
- Elasticita plic určuje plicní poddajnost – complianci C.

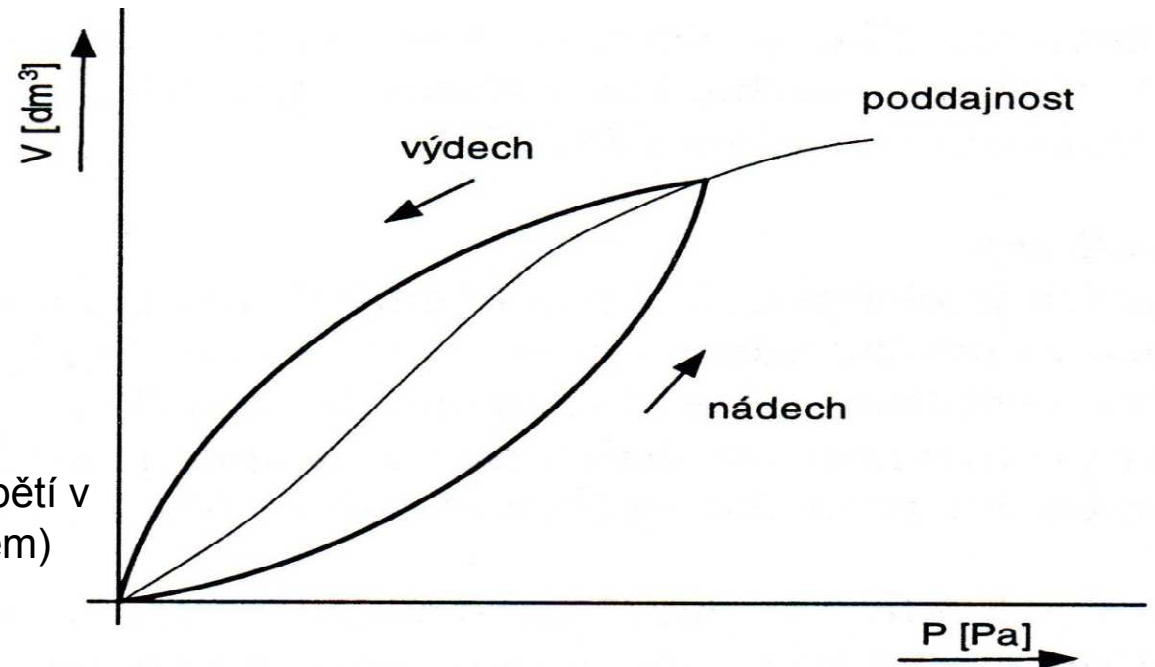
$C = \Delta V / \Delta P$ (na grafu sklon křivky)

$RL = \Delta P / V$

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)



Obr. 6.2 Závislost objemu na tlaku pro nádech a výdech.

Statistické vyhodnocení – Mann-Whitneyho test

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 (Amp v klidu bude stejné jako Amp po zářeži)

Alternativní hypotéza H_A : Soubor A je větší nebo menší než soubor B (Amp v klidu je větší nebo menší než Amp po zátěži)

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:

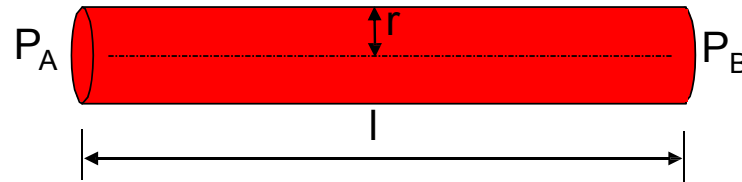
Test není významný – potvrzení H_0 : nepotvrdili jsme rozdíl mezi A a B

Test je významný s významností α – zamítnutí H_0 : potvrdili jsme rozdíl mezi A a B

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

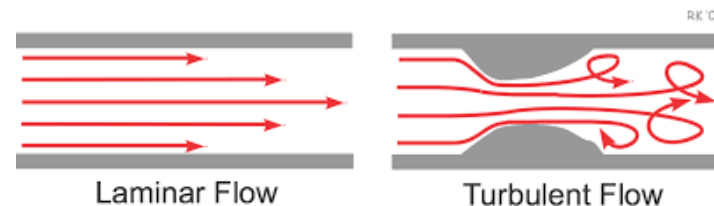


Objemový průtok (Q) v rigidní trubici je přímo úměrný tlakovému rozdílu na začátku a konci trubice ($\Delta P = P_A - P_B$) čtvrté mocnině jejího poloměru (r) a nepřímo úměrný délce trubice (l) a viskozitě proudící kapaliny/plynu (η).

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

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, konstriktci 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)

Pneumotachograf

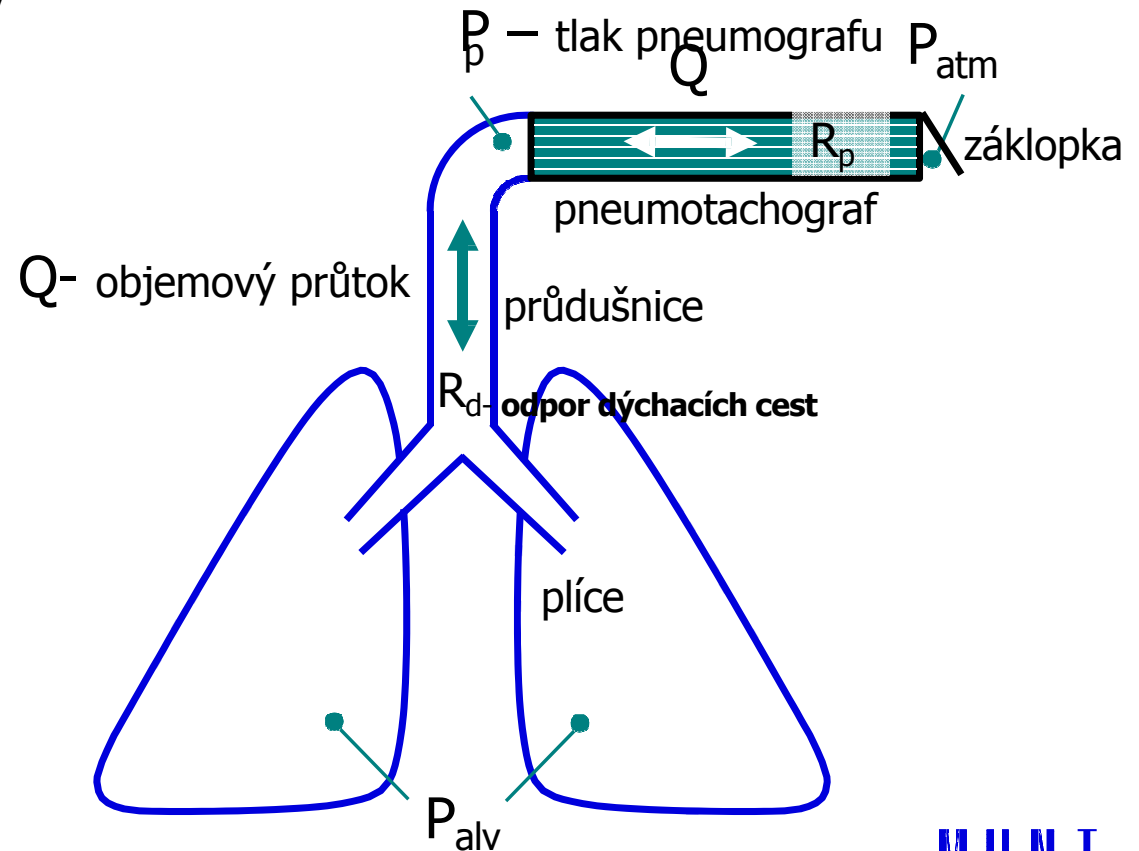
- je přístroj tvořený paralelně uspořádanými trubičkami o stejném průměru. Jedna z trubiček má blízko obou svých konců (ústního a vnějšího) odbočky s hadičkami. Ty jsou napojeny na snímač tlaku, který umožňuje měřit rozdíly tlaku vzduchu na začátku a na konci pneumotachografu úměrné rychlosti vdechovaného nebo vydechovaného vzduchu. Přes převodník tlaku na napětí jsou změny dále zpracovávány počítačem,
- tlak na vnějším konci trubice pneumotachografu přibližně odpovídá tlaku atmosférickému (P_{atm}) a klademe ho rovným nule,
- víme, že **průtok vzduchu (V)** je přímo úměrný **rozdílu tlaků (ΔP)** a nepřímo úměrný odporu **pneumotachografu (R_p)**. Jde o analogii s Ohmovým zákonem ($I = U/R$; I proud, U napětí, R odpor),
- při dýchání do pneumotachografu proudí vzduch přes dva za sebou zařazené odpory: odpor pneumotachografu (R_p) a odpor dýchacích cest (R_d),
- pokud známe tlak v alveolech (P_{alv}), tlak na ústním konci trubice pneumotachografu (P_p) a odpor pneumotachografu (R_p)

Princip metody - výpočet

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

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

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

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

