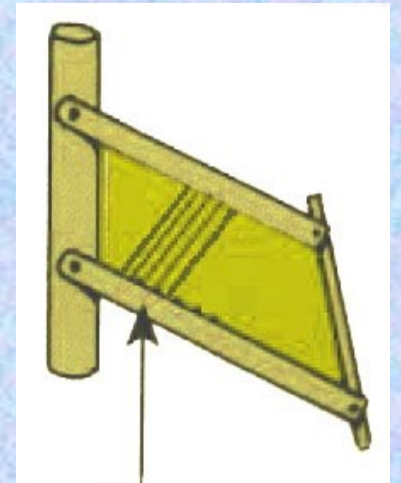
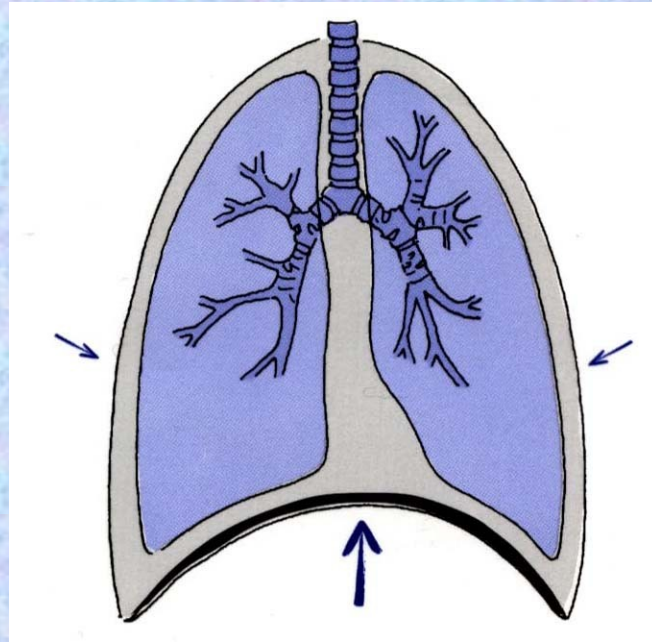
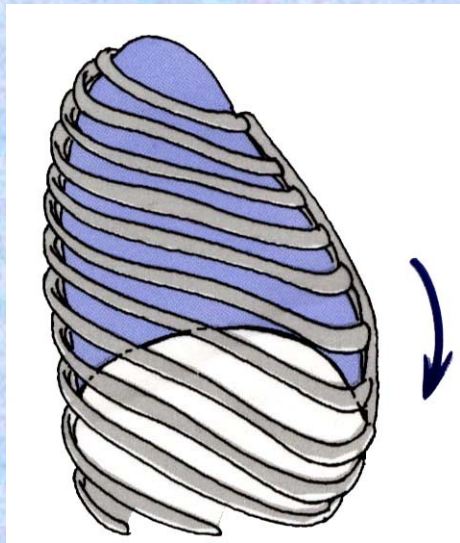
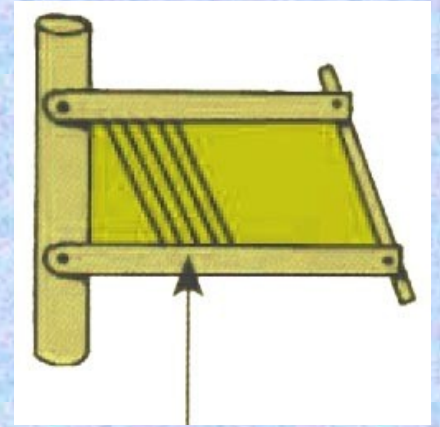
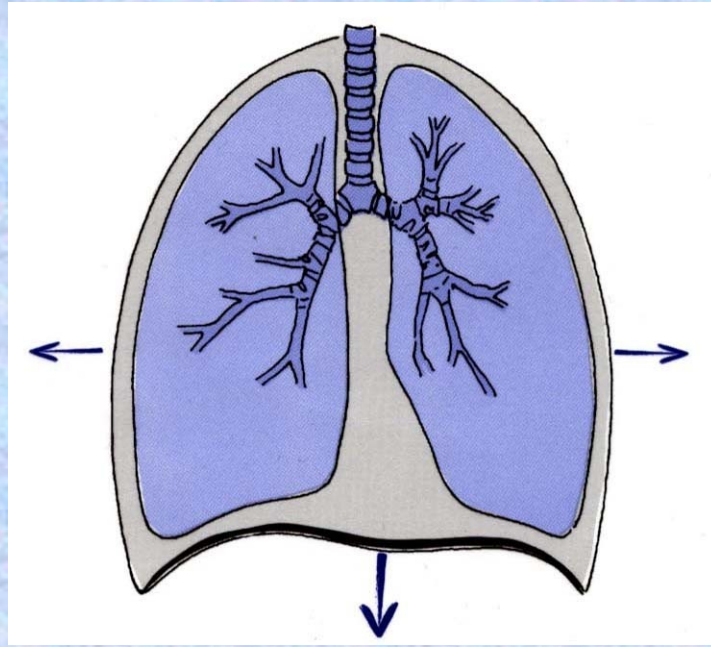
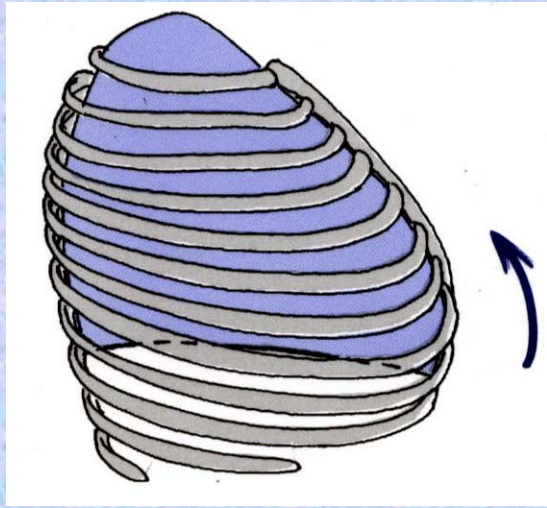


# Dýchací systém

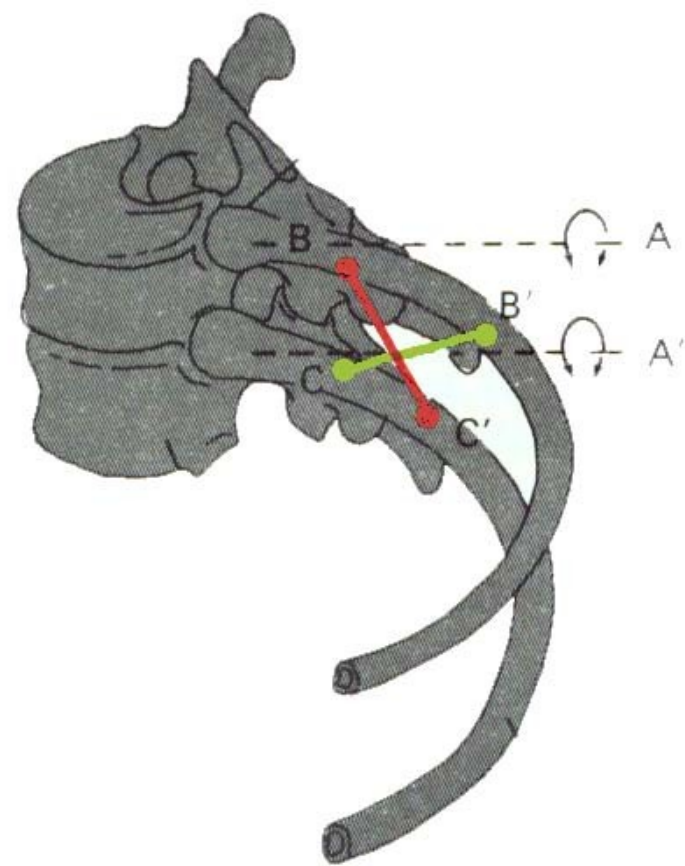
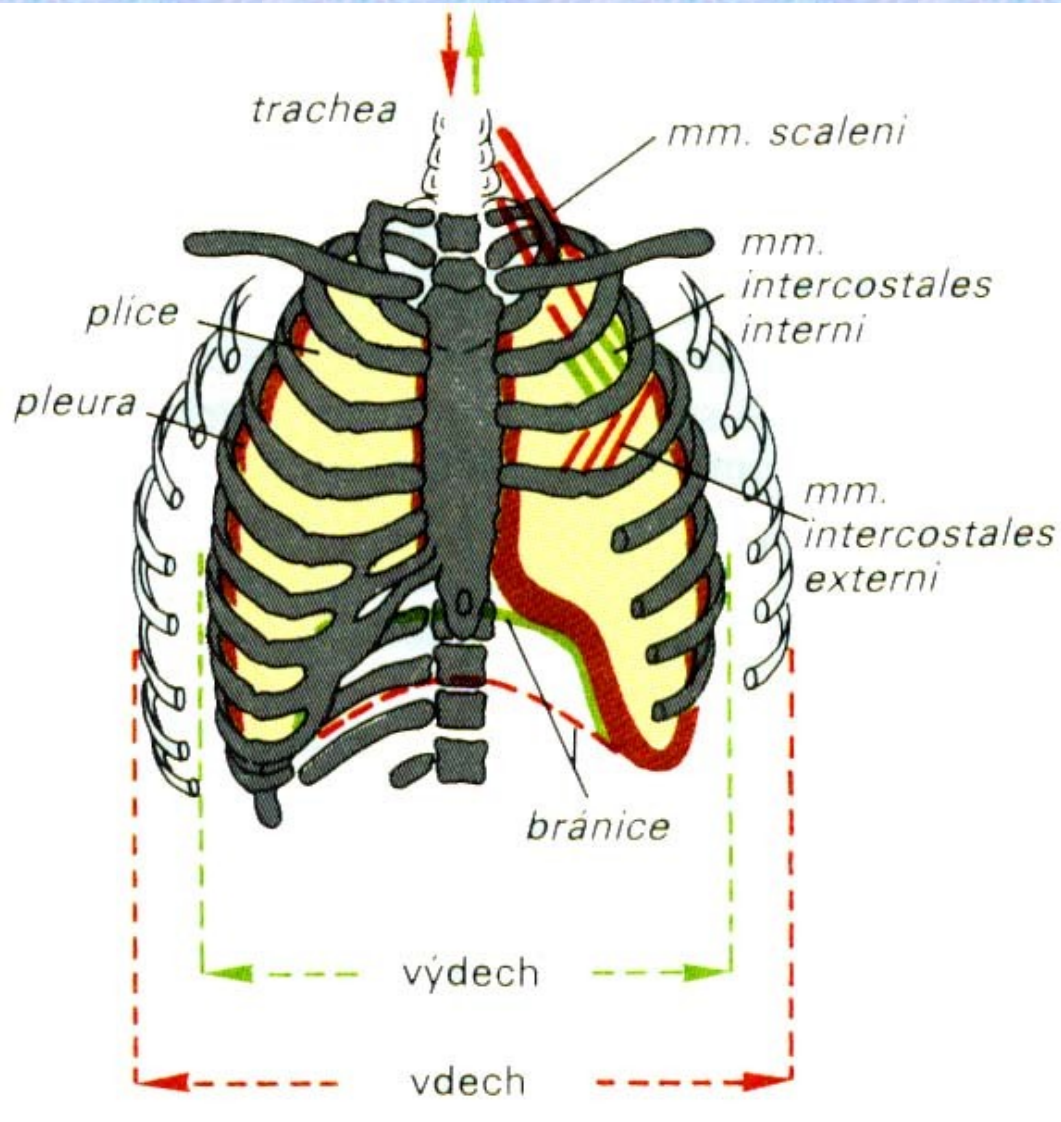
**Hlavní nádechové svaly:** bránice, zevní mezižební svaly

**Pomocné dýchací svaly:** m. sternocleidomastoideus, skupina skalenových svalů

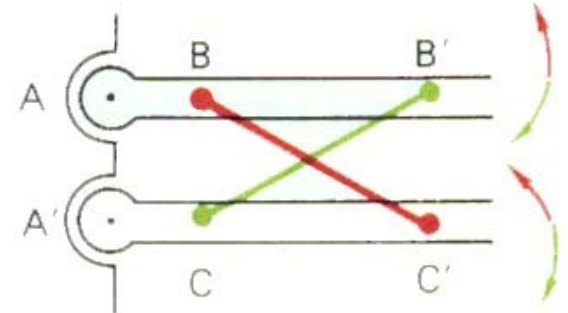
**Výdechové svaly:** vnitřní mezižební svaly, svaly přední stěny břišní







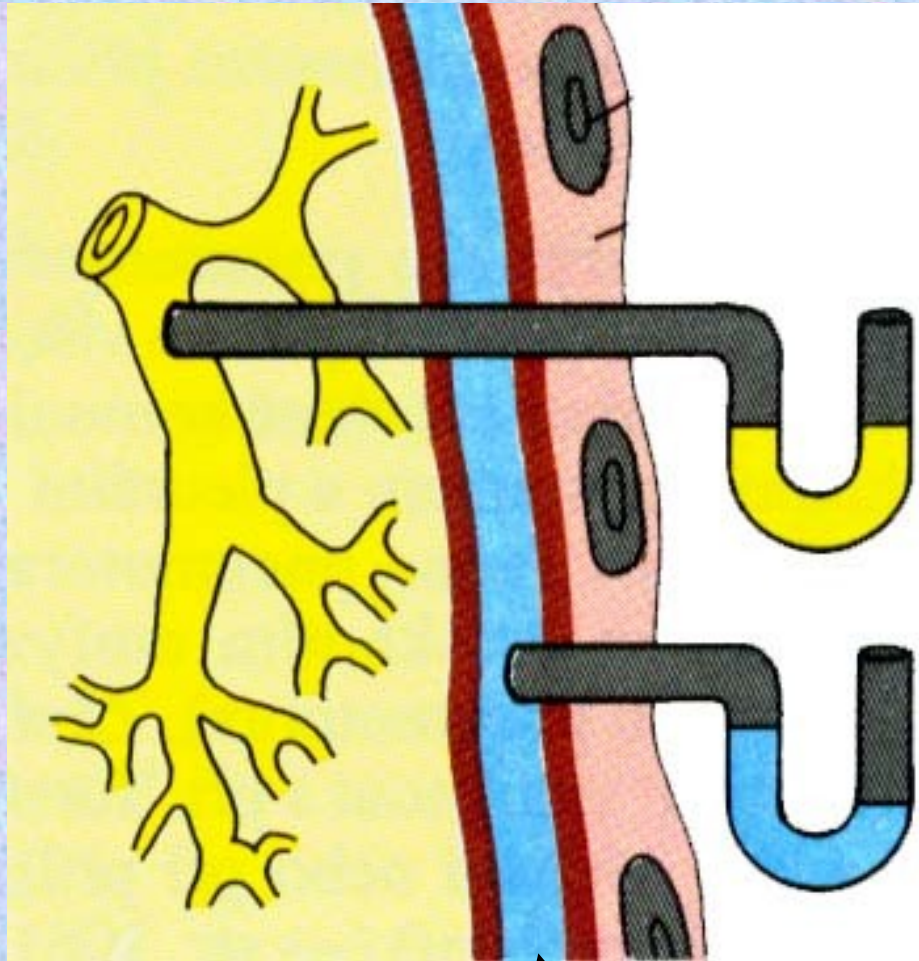
páka  $A - B < A' - C'$  → zvedání žeber



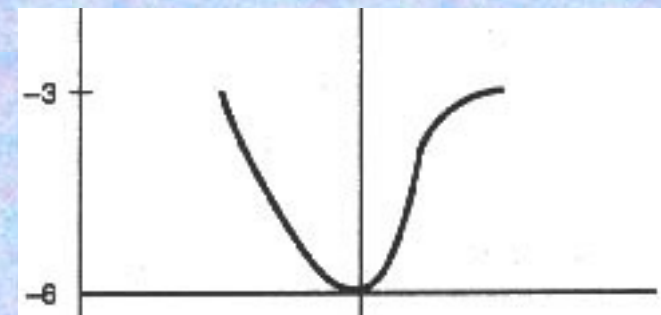
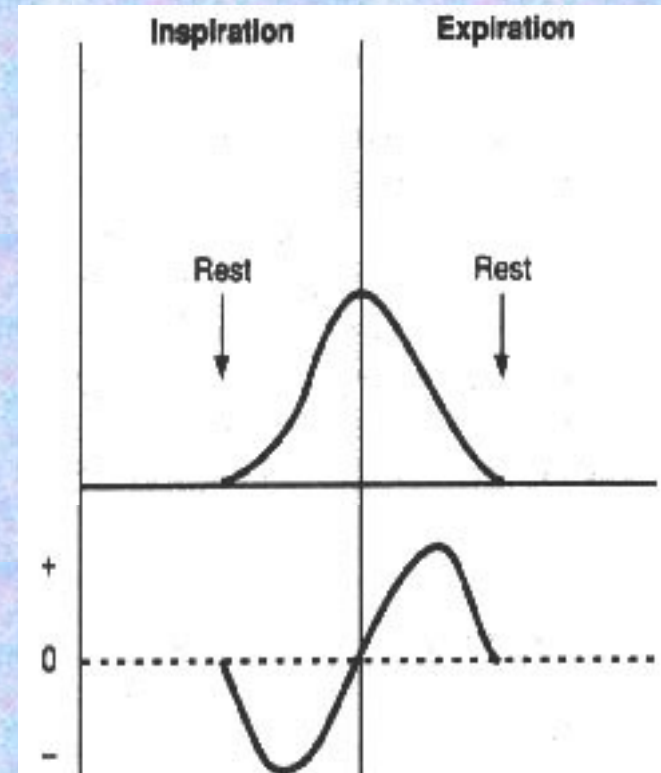
páka  $A - B' > A' - C$  → klesání žeber

# PLEURA

pulmonalis      parietalis



pleurální štěrbina



# ELASTICKÉ VLASTNOSTI PLIC

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

**Faktory ovlivňující elastické vlastnosti plic:**

stavba plic: přítomnost elastických vláken

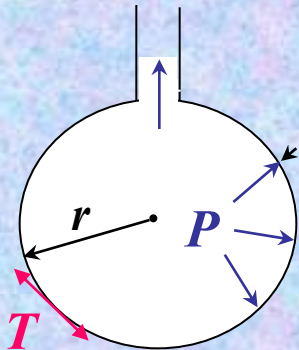
povrchové napětí alveolu: *SURFAKTANT* - snižuje  
povrchové napětí

Odpor dýchacího systému  $R = \frac{8 \eta l}{\pi r^4}$

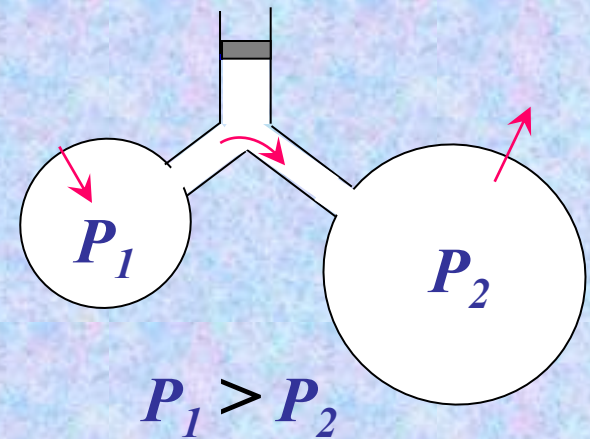


# LAPLACEŮV ZÁKON

sférické struktury



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



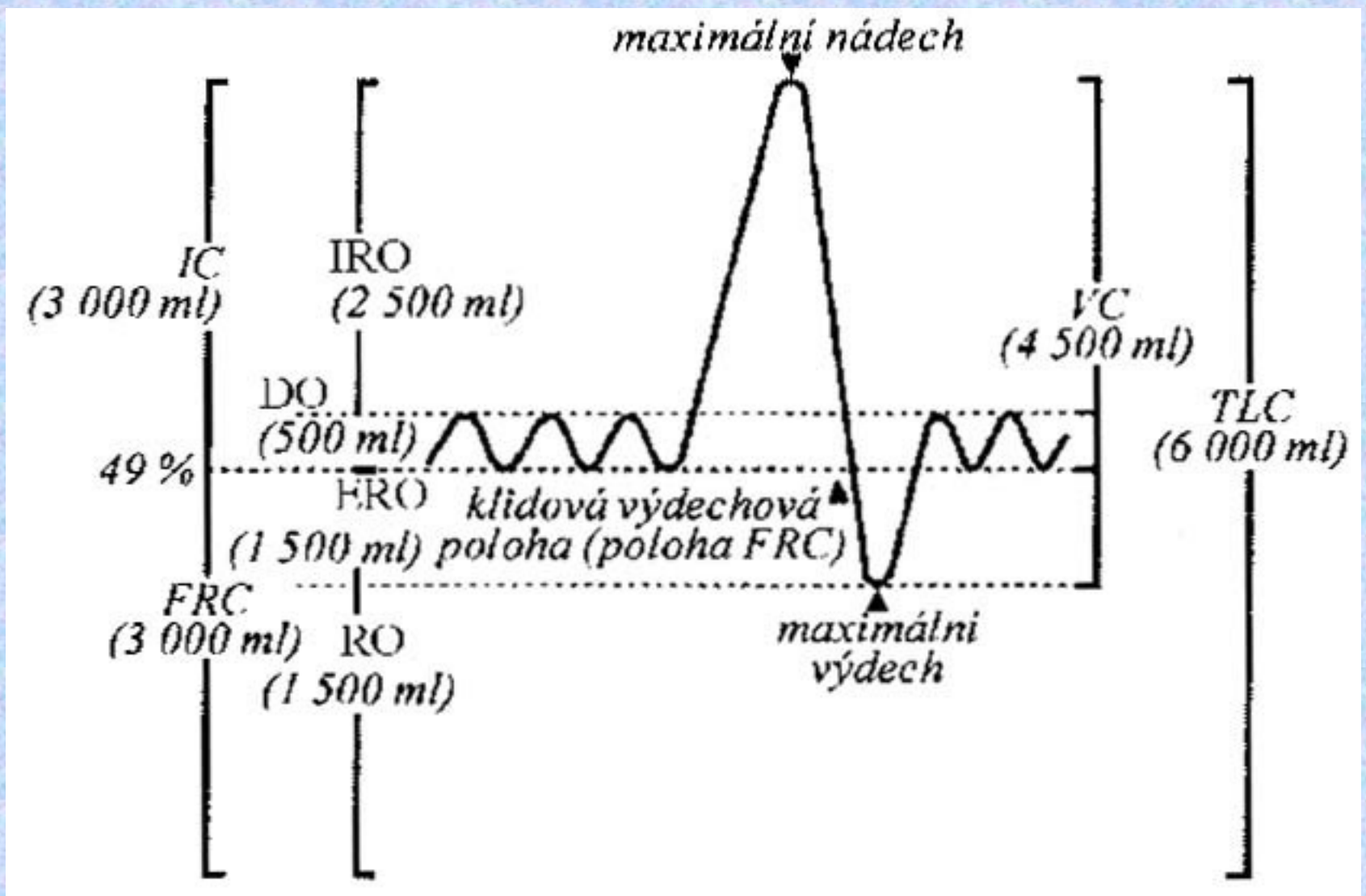
$P$  tlak (transmurální  $\Delta P$ )

$r$  radius

$T$  napětí stěny

## PATOLOGIE

- Kolaps alveolu - ATELEKTÁZA
- Další zvětšení objemu alveolu





## Statické plicní objemy:

- dechový objem **DO** (0,5 l)
- inspirační rezervní objem **IRO** (2,5 l)
- expirační rezervní objem **ERO** (1,5 l)
- reziduální objem **RO** (1,5 l)

## Statické plicní kapacity:

- vitální kapacita plic **VC** (4,5 l) = IRO+DO+ERO
- celková kapacita plic **TC** (6 l) = IRO+DO+ERO+RO
- inspirační kapacita **IC** (3 l) = IRO+DO
- funkční reziduální kapacita **FRC** (3 l) = ERO+RO

## Dynamické plicní parametry:

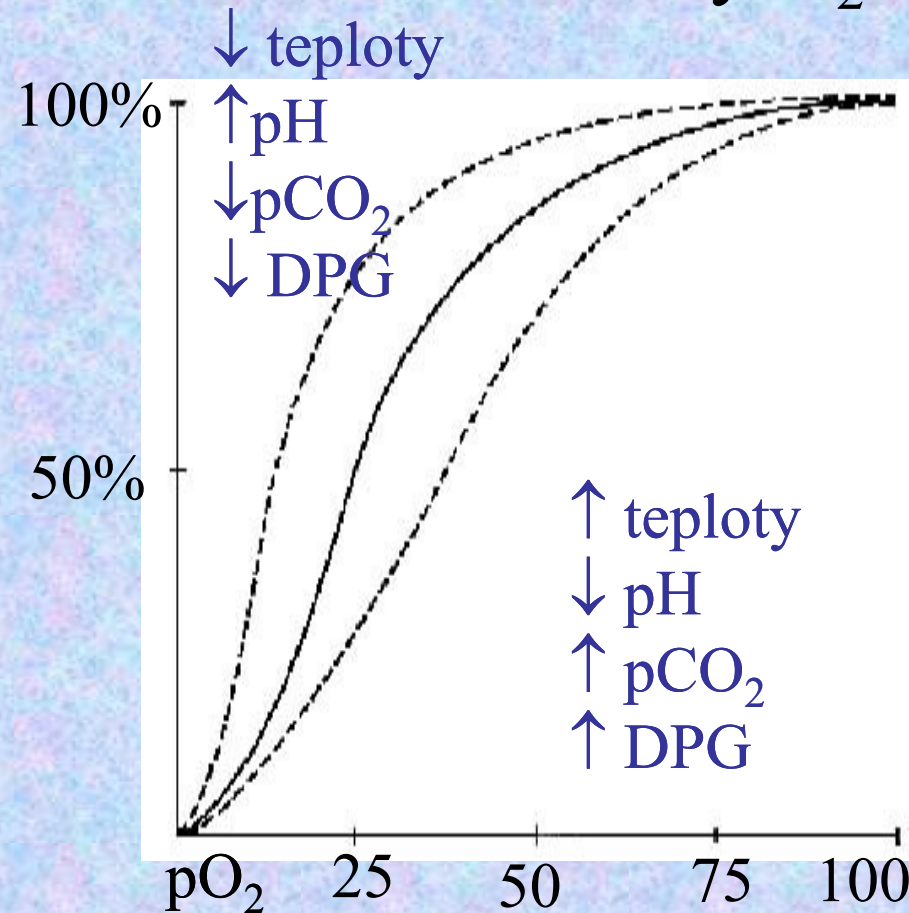
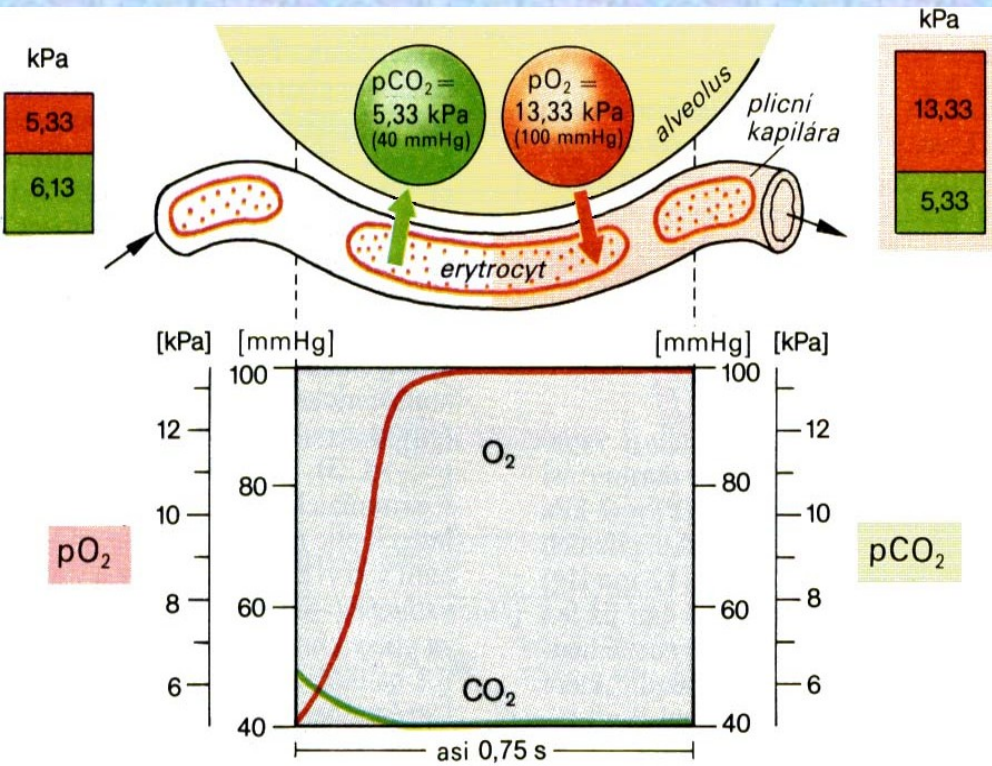
- dechová frekvence  $f$
- minutová ventilace plic  $\dot{V}$
- maximální minutová ventilace  $MV\dot{V}$
- jednosekundová vitální kapacita  $FEV_1$

# TRANSPORT O<sub>2</sub>

Fyzikálně rozpuštěný v plazmě

Chemická vazba na hemoglobin (Fe<sup>2+</sup>)

1 molekula hemoglobinu váže 4 molekuly O<sub>2</sub>





# TRANSPORT CO<sub>2</sub>

fyzikálně rozpuštěný – 5%

chemicky vázaný – KHCO<sub>3</sub> a NaHCO<sub>3</sub> – 75-80%

vazba na plazmatické bílkoviny – karbaminohemoglobin a karbaminoproteiny – 15-20%

***-v červených krvinkách***

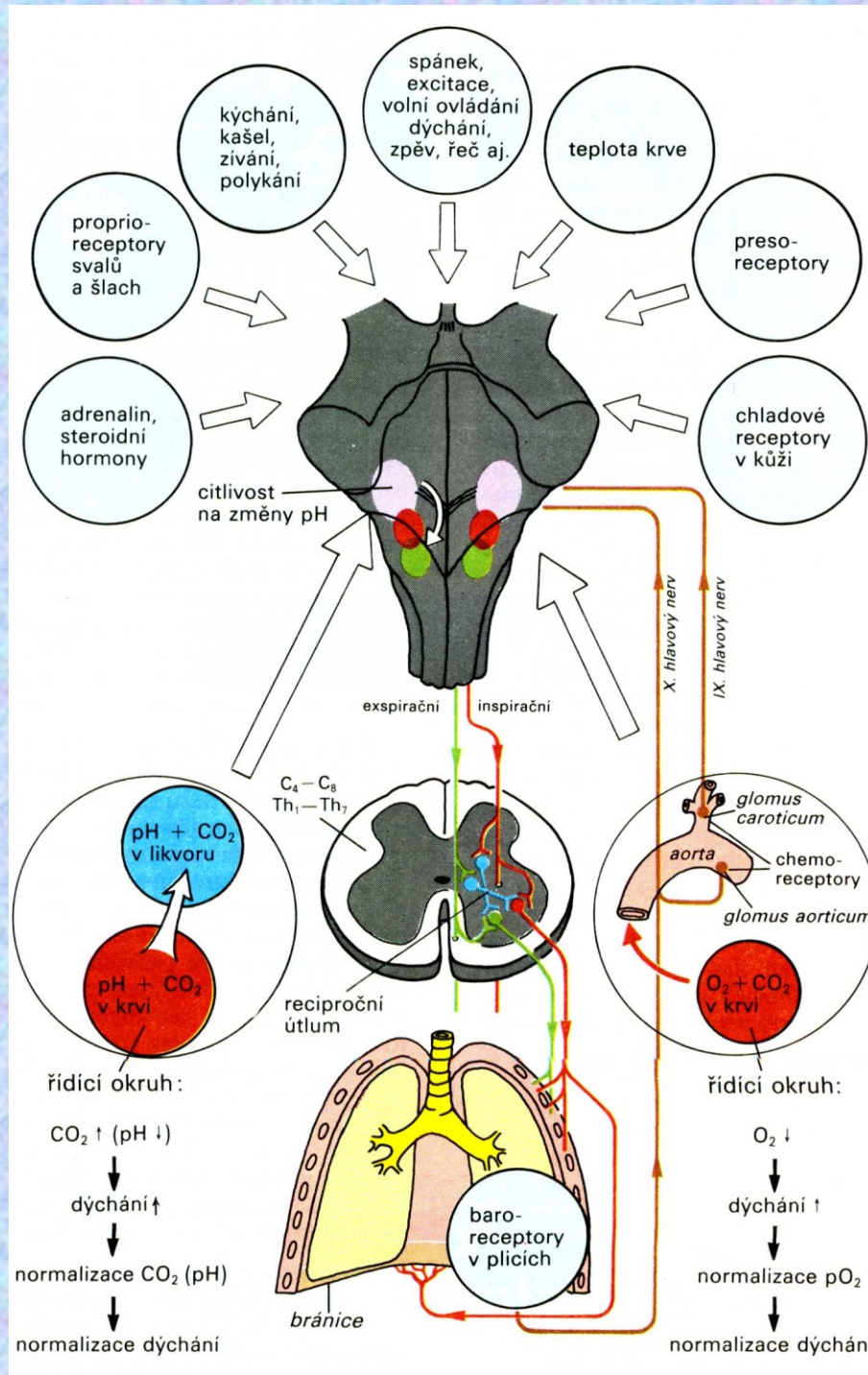
enzym karbondehydrogenáza – urychluje tvorbu a rozklad H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>



# Regulace dýchání

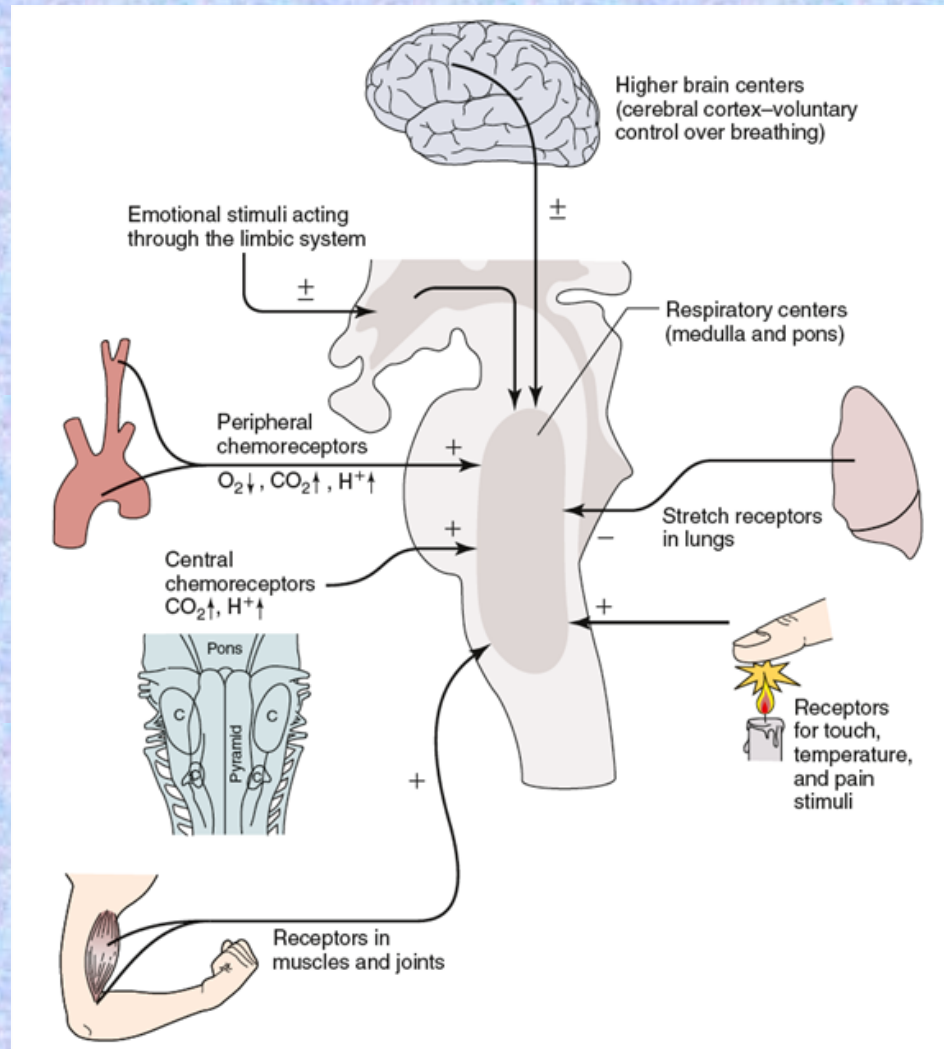
# Nervová regulace

# Chemická regulace





# Regulace dýchání



- **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*** - umístěná bilaterálně na dorzální straně prodloužené míchy, pouze neurony inspirační, vysílající axony k motoneuronům nádechových svalů (bránice, zevní mezižeberní 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 (vnitřní mezižeberní svaly). Neurony této skupiny jsou v činnosti pouze při usilovném nádechu a výdechu
- ***Pontinní respirační skupina*** – umístěná dorzálně v horní části mostu, podílí se na kontrole frekvence a hloubky dýchání; ovlivňuje činnost respiračních neuronů v prodloužené míše



**Regulovaná veličina:**

## **alveolární ventilace**

**aby v každém okamžiku zajišťovala  
potřeby organismu pro přísun kyslíku a výdej CO<sub>2</sub>**

(přísun vzduchu do zóny plic, která je v těsném kontaktu s krví –  
terminální respirační jednotka)

Z dechového objemu 500ml přijde do oblasti respirace jen 350ml (dech  
objem-mrtvý prostor)

Alveolární ventilace  $V_A = df * (\text{Dech objem} - \text{Objem mrtvého prostoru})$

$$V_A = 12 * (500 - 150) = 4200 \text{ ml/min}$$

# CHEMORECEPCE

Periferní –

glomus caroticum  
glomus aorticum

(perfuze 2000 ml/100 g tkáně/min)

pO<sub>2</sub>

hypoxie

(pCO<sub>2</sub>  
(pH

hyperkapnie)  
acidóza)

Centrální (centrální chemosenzitivní oblast – ventrální strana prodloužené míchy)

pCO<sub>2</sub>

H+.....pH

~~pO<sub>2</sub>~~

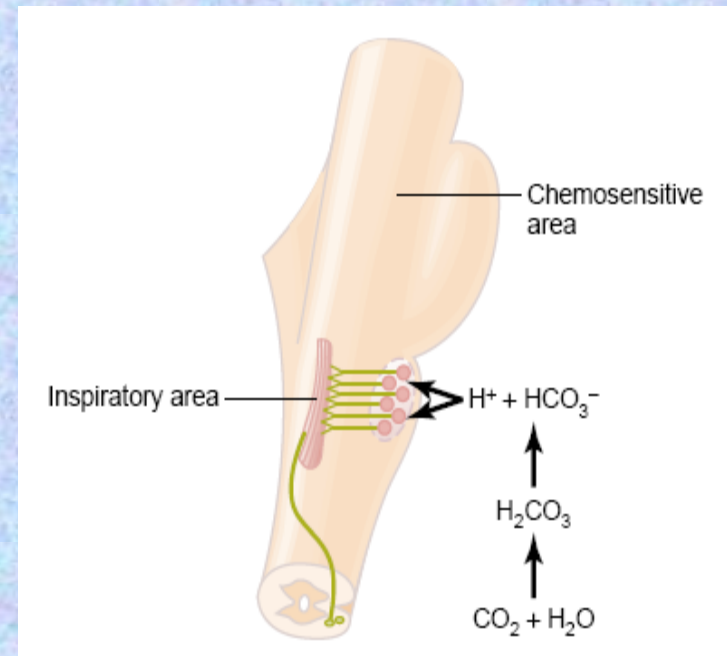
# Chemické faktory ovlivňující dechové centrum:

## Centrální chemoreceptory

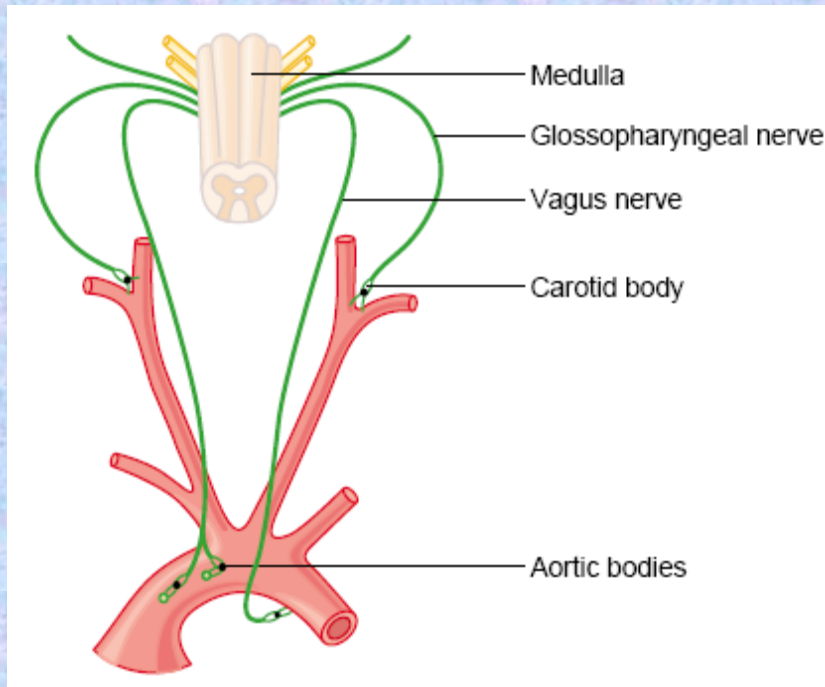
- na ventrální straně prodloužené míchy

Adekvátní podnět: **zvýšení  $p\text{CO}_2$**   
a **koncentrace  $\text{H}^+$**

- centrální chemoreceptor reaguje i na pokles pH z jiných příčin (laktázová acidóza, ketoacidóza)





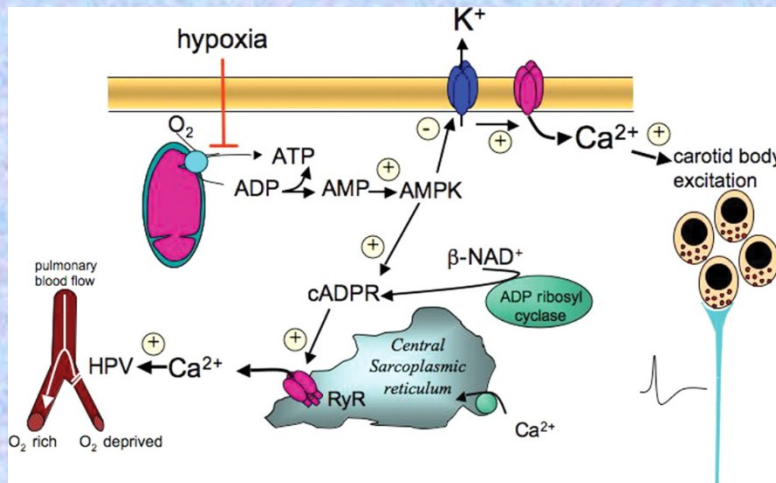


## Periferní receptory

– glomus caroticum, glomus aorticum

(Stimulace dýchání probíhá cestou n. vagus a n. glossopharyngeus).

Reagují na **pokles  $pO_2$** , **(zvýšení  $pCO_2$  a pH)**. Obzvláště reagují na pokles  $pO_2$  pod fyziologickou hodnotu v arteriální krvi (12,5kPa).



## Mechanismus účinku:

následkem poklesu tvorby ATP v mitochondriích se depolarizuje membrána receptorů a nastává jejich excitace (zvýšení tvorby vzruchů v aferentních nervech)

z

# Nechemické vlivy

Různé typy receptorů ve stěnách dýchacích cest

**Dráždivé receptory** ve sliznici dýchacích cest – rychle se adaptující, Stimulovány řadou chemických látek (histamin, serotonin, cigaretový kouř). Společnou odpovědí na podráždění je zvýšená sekrece hlenu, zúžení laryngu a bronchů

**C-receptory** (v blízkosti plicních cév =J receptory)– volná nervová zakončení vagových nemyelinizovaných vláken (typu C) v intersticiu bronchů a alveolů; Podráždění mechanické (zvýšené roztažení plic, zvýšený tlak v plicním oběhu, plicní edém) i chemické; Reflexní odpověď – zrychlené mělké dýchání, bronchokonstrikce, zvýšená produkce hlenu, dráždivý kašel

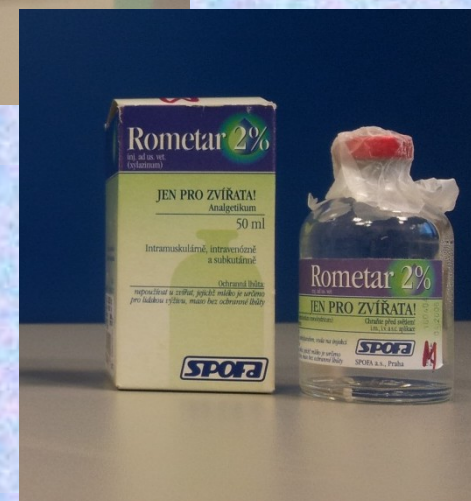
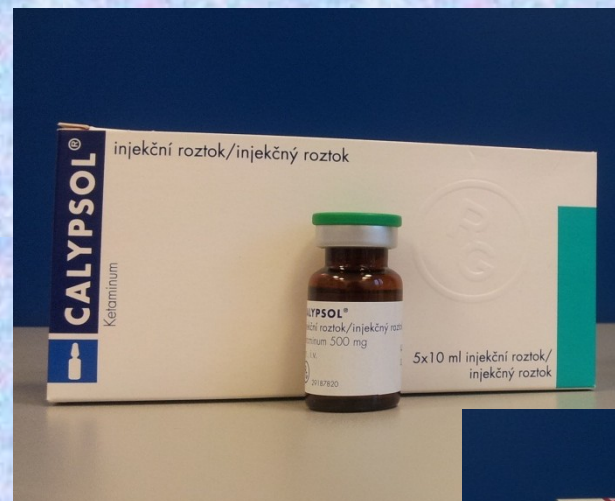
**Tahové receptory** (stretch receptory) pomalu se adaptující, v hladké svalovině trachei a bronchů; jejich podráždění tlumí aktivitu respiračního centra v mozkovém kmeni – **Hering-Breuerovy reflexy**.

# PŘÍPRAVA ZVÍŘETE K EXPERIMENTU - ANESTEZIE

## INHALAČNÍ ÚVOD



## STŘEDNĚDOBÁ INJEKČNÍ ANESTEZIE (APLIKACE I.M.)





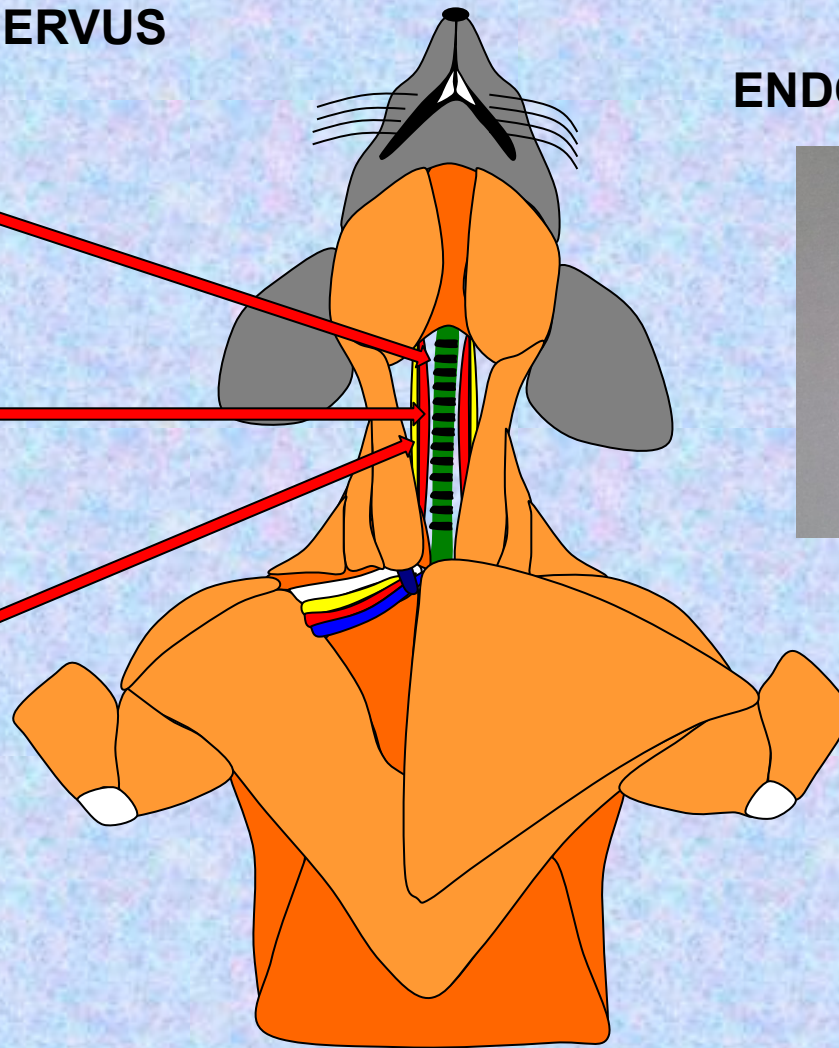
# PŘÍPRAVA ZVÍŘETE K EXPERIMENTU

PREPARACE NERVUS  
VAGUS

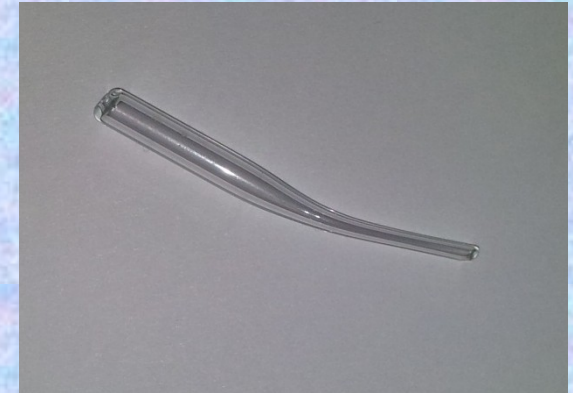
TRACHEA

A. CAROTIS

N. VAGUS

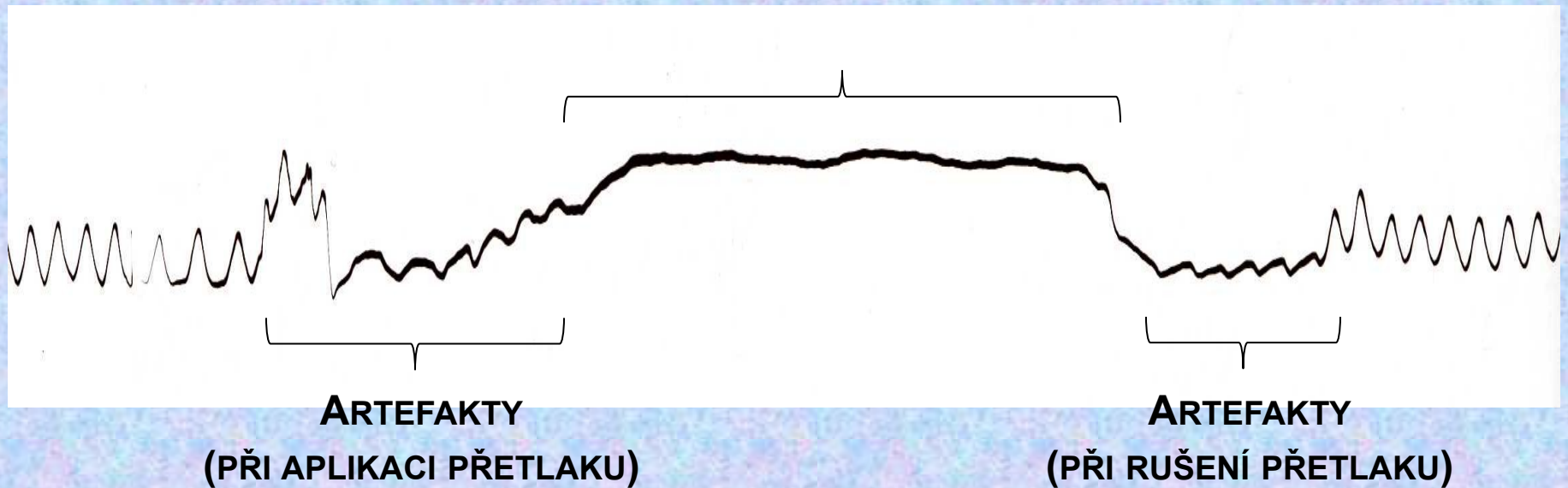


ZAVEDENÍ  
ENDOTRACHEÁLNÍ KANYLY



# HERING-BREUEROVY REFLEXY

## REFLEXNÍ ZÁSTAVA DECHU (INFLAČNÍ REFLEX)

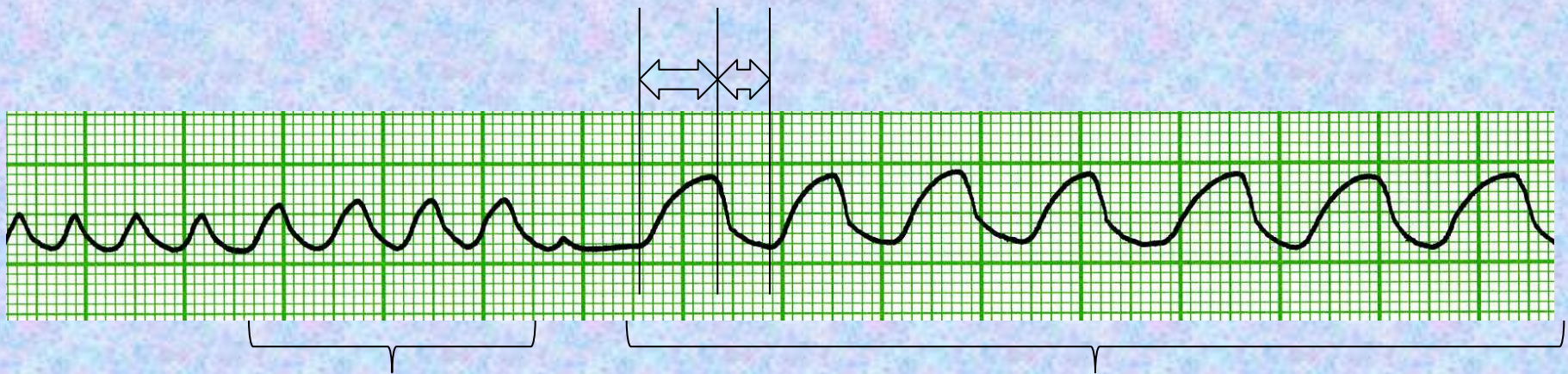


# VAGOTOMIE

Pro **důkaz** toho, že informace z mechanoreceptorů o rozepnutí či smrštění plic je vedena cestou nervus vagus, byla **provedena vagotomie**.

Dochází ke **změně charakteru dýchání**: potkan dýchá pravidelné se zpomalenou frekvencí, je prodlouženo inspirium ve vztahu k exspiriu, zvětšuje se dechový objem.

NÁDECH VÝDECH



JEDNOSTRANNÁ  
VAGOTOMIE

OBOUSTRANNÁ  
VAGOTOMIE



## **Další vlivy:**

**Baroreceptory** – vagové manévry – tlumí i respirační centrum

Podráždění **proprioceptorů svalů a kloubů** při aktivním i pasivním pohybu končetin ovlivňuje činnost respiračních neuronů v mozgovém kmeni (uplatnění pro vzestup plicní ventilace při svalové práci)

Aferentace z **proprioceptorů inspiračních svalů** pomáhá prostřednictvím zpětné vazby přizpůsobit sílu kontrakce těchto svalů aktuálnímu odporu hrudníku a dýchacích cest tak, aby bylo dosaženo požadovaného dechového objemu

## **Vyšší nervová centra**

Limbický systém, hypotalamus – ovlivnění dýchání při silné bolesti či emocích  
Kolaterály kortikospinálních drah=mozková kůra – aktivuje respirační centra při svalové práci

## **Ovlivnění vůlí**

Zadržetí dechu při potápění, změnit rytmicitu dýchání při mluvení, zpívání, hře na dechový nástroj.  
Dráhy vycházející z motorické kůry přímo ovlivňují činnost motoneuronů dýchacích svalů = automatická a volní kontrola od sebe odděleny (lze regulovat dýchání vlastní vůlí za fyziologických podmínek, dokud nedojde k výrazným odchylkám  $pO_2$ ,  $pCO_2$ ,  $H^+$  - pak je volní kontrola nahrazena automatickou

## **Vliv tělesné teploty**

nepřímo – přes urychlení metabolismu; přímá stimulace dechového centra zvýšenou teplotou

# Humorální regulace

- Ovlivnění přímo přes CNS a dechové centrum
- Stimulační účinek: serotonin, acetylcholin, histamin, prostaglandiny, progesteron
- Inhibiční vlivy: dopamin, noradrenalin, endorfiny (vazbou na receptory v CNS)

# Periodické dýchání

- Není pravidelné, rytmické, ale dýchání probíhá v periodách („chvilku se dýchá, chvilku se nedýchá“)
- **CHEYNE-STOKESOVO** dýchání
- **BIOTOVO** dýchání
- **Lapavé** dýchání („gasping“)
- **KUSSMAULOVO** dýchání u diabetického komatu



# Dýchání za různých podmínek

- Hypoxie
- Hyperkapnie
  
- Hyperventilace
  
- Cestování letadlem
- Potápění

# Hypoxie, hypoxemie

- **Hypoxie** je souhrnný název pro nedostatek kyslíku v těle nebo v jednotlivých tkáních.
- **Hypoxemie** - nedostatek kyslíku v arteriální krvi.
- **Anoxie** - úplný nedostatek kyslíku

Nejčastější typy hypoxií:

1. Hypoxická – fyziologie: při pobytu ve vyšších nadmořských výškách, patologie: hypoventilace při plicních nebo nervosvalových chorobách
2. Transportní (anemická) – snížená transportní kapacita krve pro kyslík (anémie, ztráta krve, otrava CO)
3. Ischemická (stagnační) – omezený průtok krve tkání (srdeční selhání, šokové stavy, uzávěr tepny)
4. Histotoxická – buňky nejsou schopny využít kyslík (otrava kyanidy – poškození dýchacího řetězce)

# Hyperkapnie

- **Hyperkapnie** je vzestup koncentrace oxidu uhličitého v krvi nebo ve tkáních, který je způsoben retencí  $\text{CO}_2$  v těle
- možné příčiny: celková alveolární hypoventilace (snížená ventilace plic nebo prodloužení mrtvého prostoru)
- mírná hyperkapnie (5 -7 kPa) vyvolá stimulaci dechového centra (terapeutické využití: pneumoxid = směs kyslík + 2-5%  $\text{CO}_2$ )
- hyperkapnie kolem 10 kPa - narkotický účinek  $\text{CO}_2$  – útlum dechového centra (předchází bolest hlavy, zmatenost, dezorientace, pocit dušnosti)
- hyperkapnie nad 12 kPa – výrazný útlum dýchání – kóma až smrt



# HYPERKAPNIE - $\uparrow$ CO<sub>2</sub>

Deprese CNS - zmatenost, poruchy smyslové ostrosti, nakonec koma s útlumem dýchání a smrt

# HYPOKAPNIE - $\downarrow$ CO<sub>2</sub>

Hypoxie mozku díky vazokonstrikci cév - ztráta orientace, závratě, parestézie

# CESTOVÁNÍ LETADLEM

Na palubě letadla je nastavený tlak na výšku **2000m** nad mořem

## Zvýšené riziko pro pacienty s nemocemi:

- Pokles hemoglobinu pod 60 % fyziologické normy
- Těžký stupeň aterosklerózy
- Kardiální insuficience
- Respirační insuficience
- Dekompenzovaná hypertenze (hodnoty nad 200/100)

# CESTOVÁNÍ LETADLEM

## Zvýšené riziko příhody na palubě letadla

- srdečně cévní
- tromboembolické



# HYPERVERVENTILACE

- **Definice:** zrychlené a současně i prohloubené dýchání
- U člověka je nejčastější příčina kombinace úzkosti a bolesti
- V průběhu dochází ke snižování  $p\text{CO}_2$  (hypokapnie) a zvyšování  $p\text{O}_2$  (hyperoxie) – je vyvolána vazokonstrikce mozkových cév
- Příznaky: hučení v uších, pocit lehkosti v hlavě a další
- Odstranění příznaků - zvýšením  $p\text{CO}_2$  v těle – např. zpětným dýcháním ze sáčku

Nebezpečí hyperventilace před potápěním – prodlouží sice čas pro setrvání pod vodou (vyšší  $pO_2$ ), ale!!! Prodlouží i čas, kdy přichází první stimulus pro dýchání, které je stimulováno zejména  $pCO_2$  (a ten se při hyperventilaci vydýchá a klesne více), Tím stimulus pro začátek dýchání přijde pozdě a potapěč se nemusí stihnout vrátit na hladinu

