

# Dýchací *system*

# ANATOMIE DÝCHACÍCH CEST

**Dutina nosní**

**Vedlejší dutiny nosní**

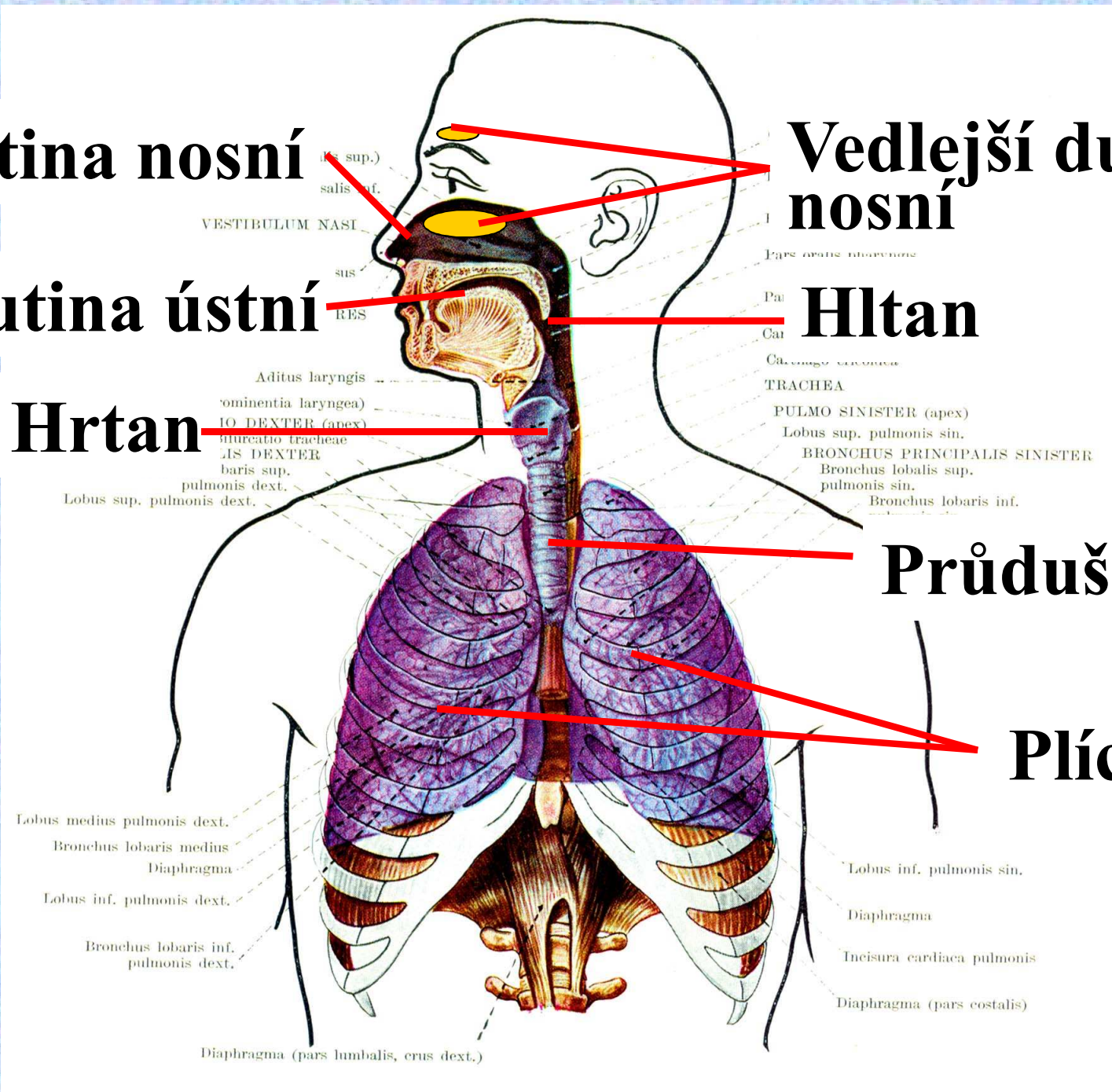
**Dutina ústní**

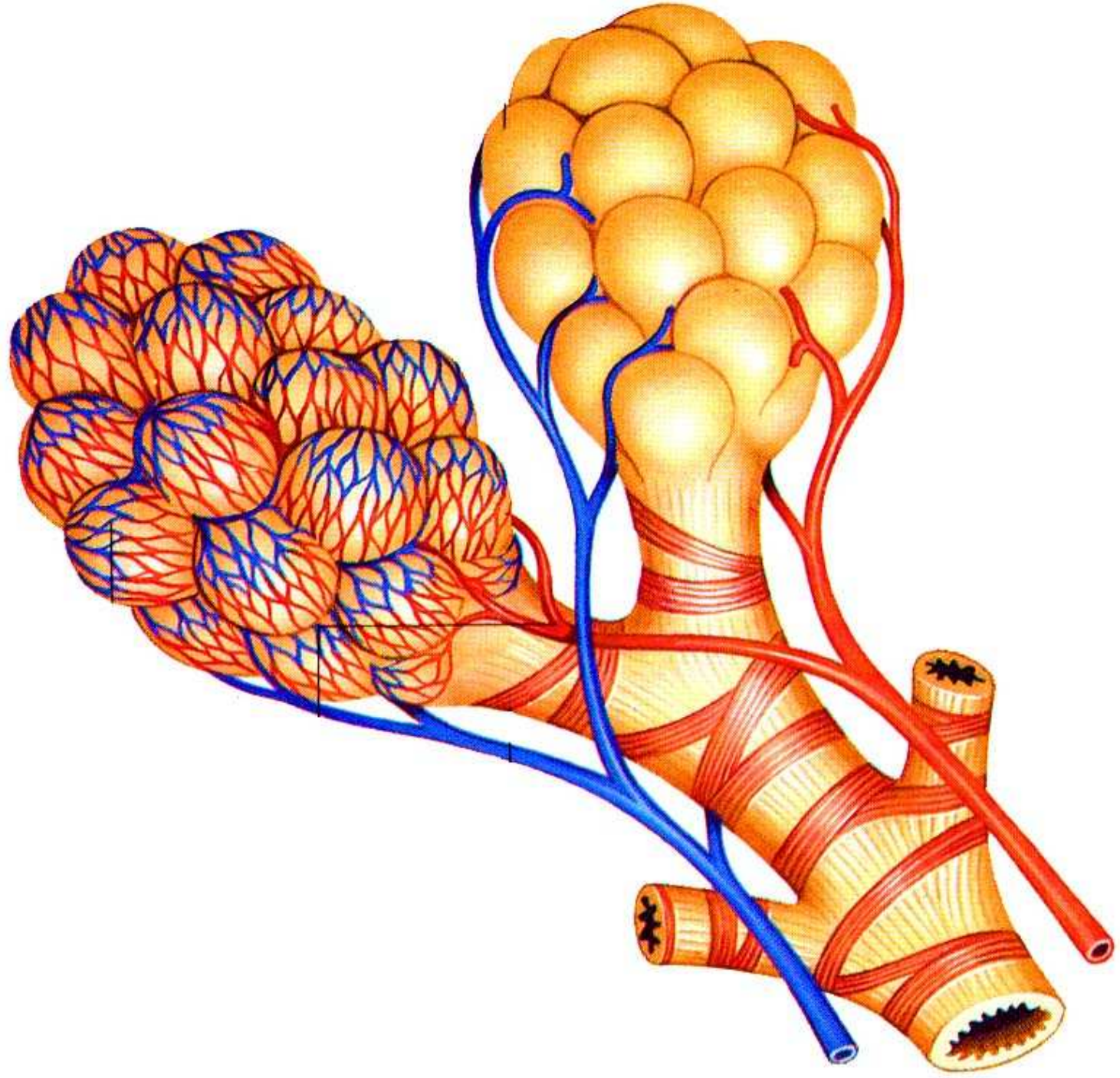
**Hltan**

**Hrtan**

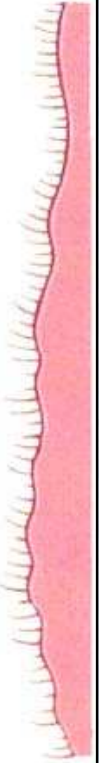
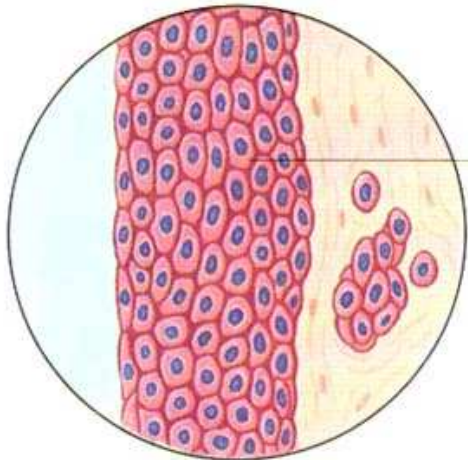
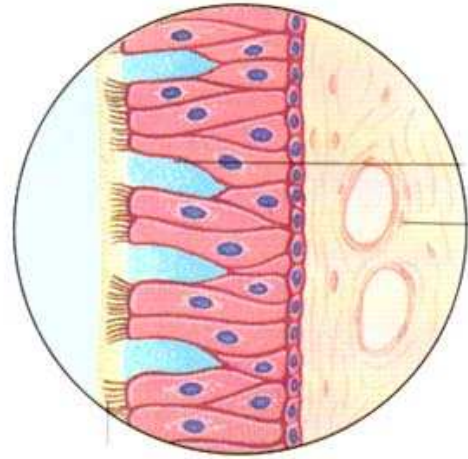
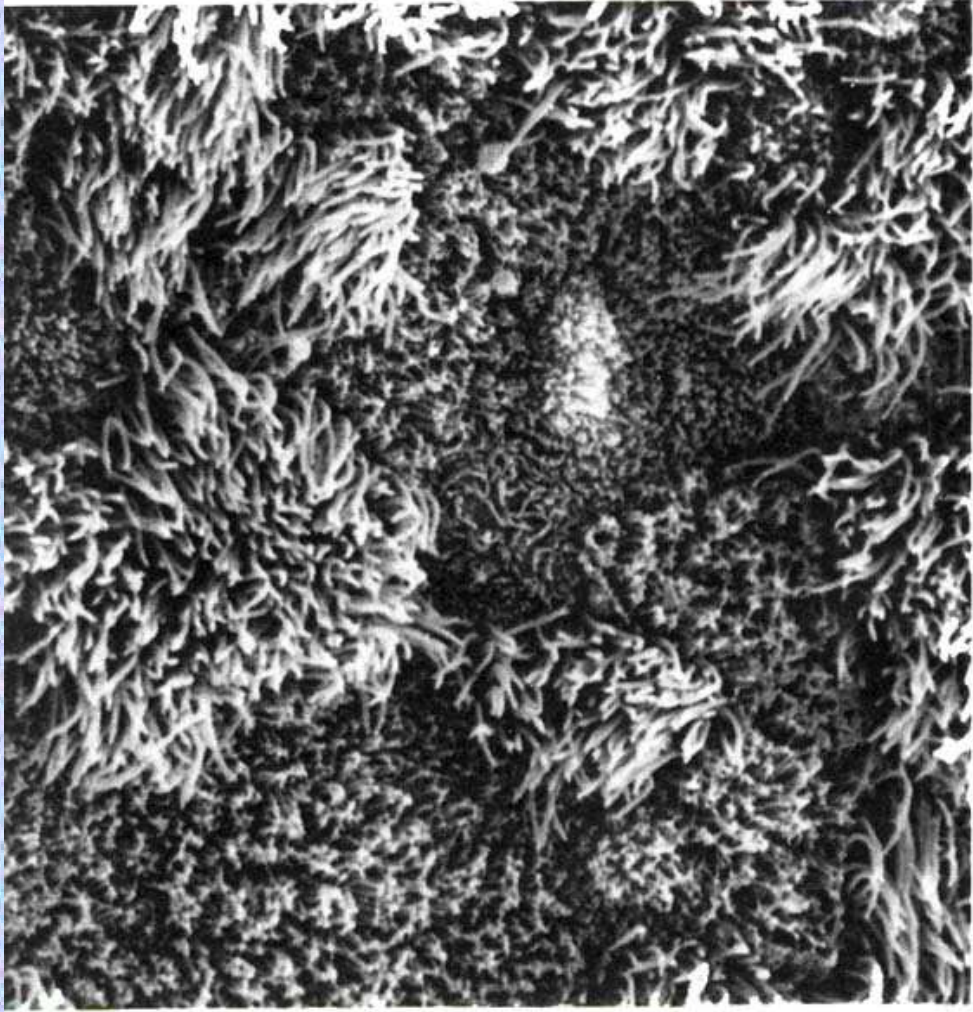
**Průdušnice**

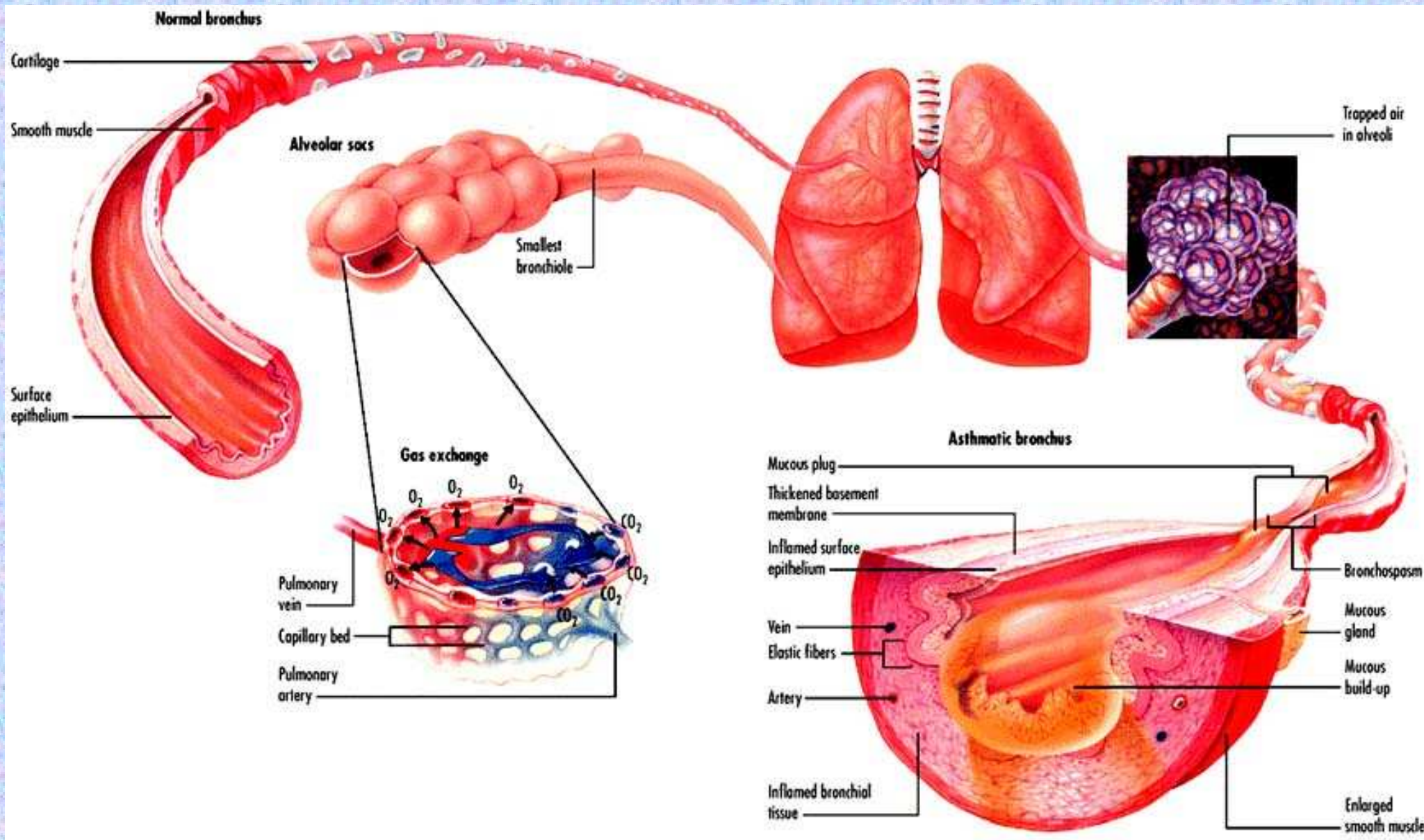
**Plíce**









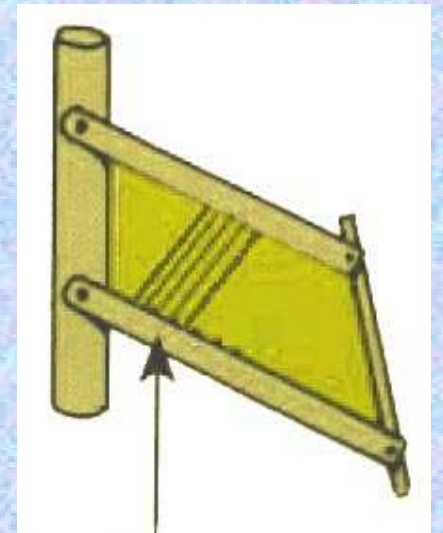
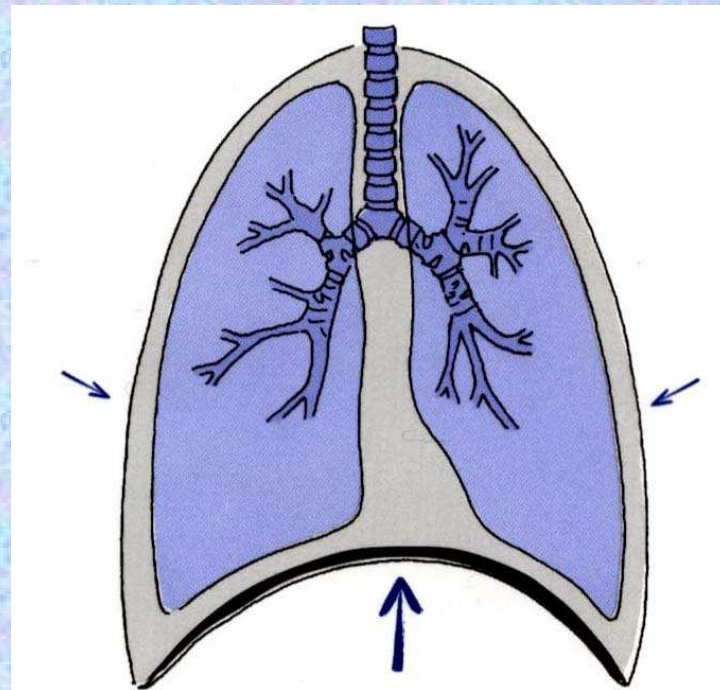
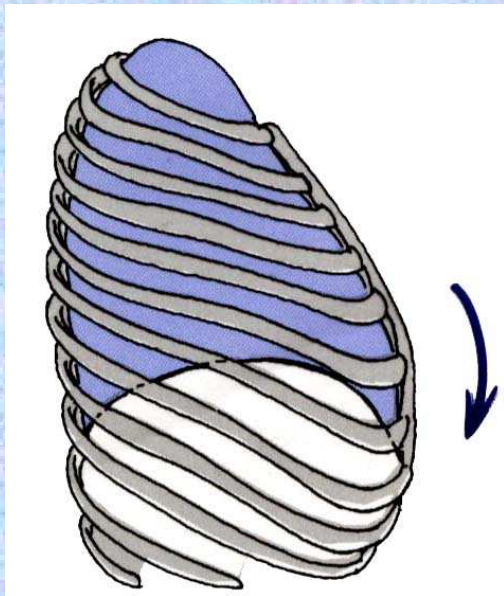
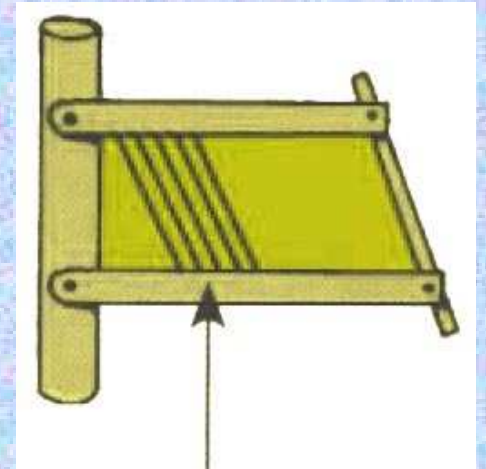
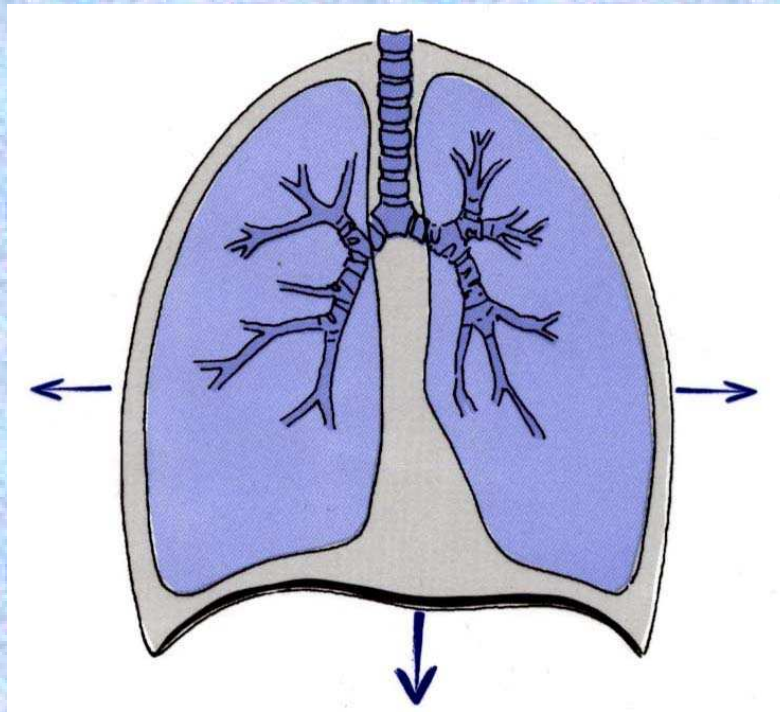
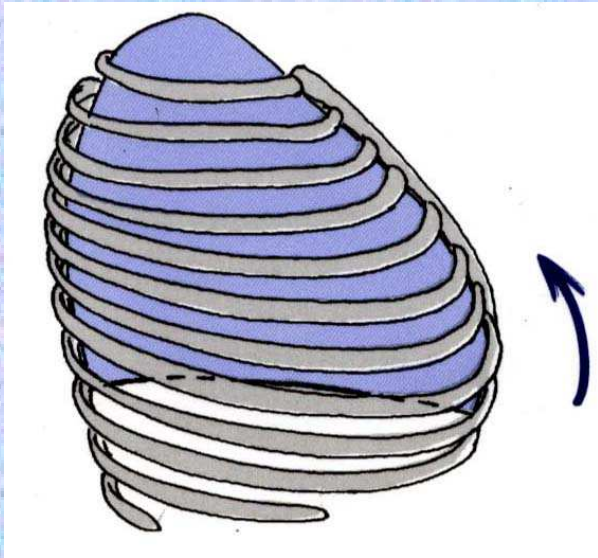




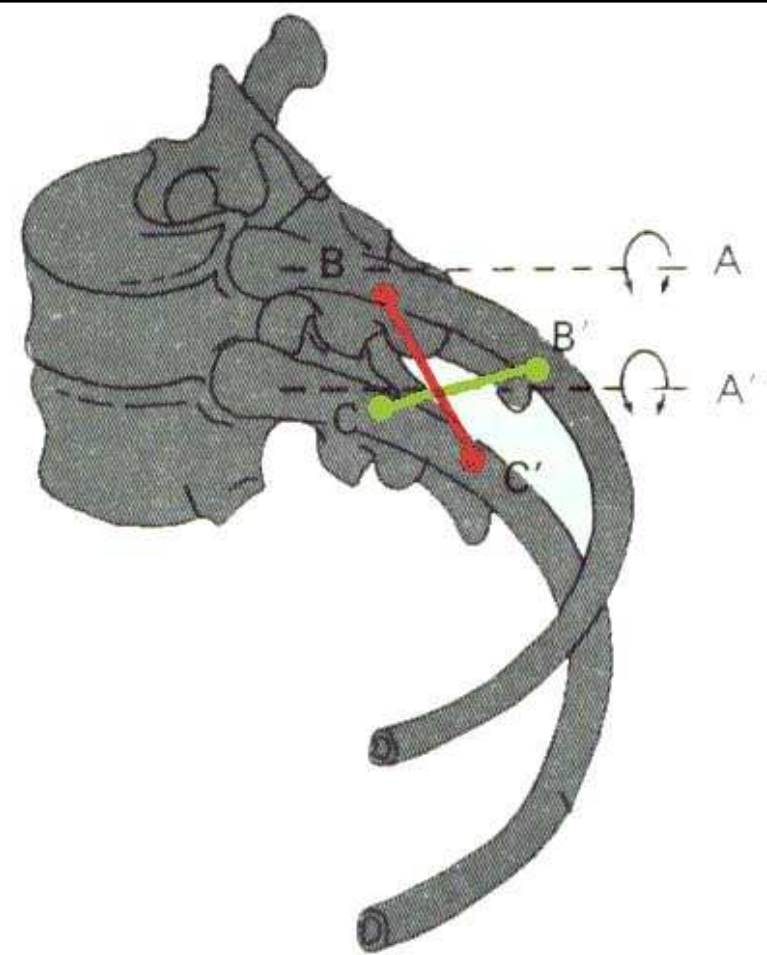
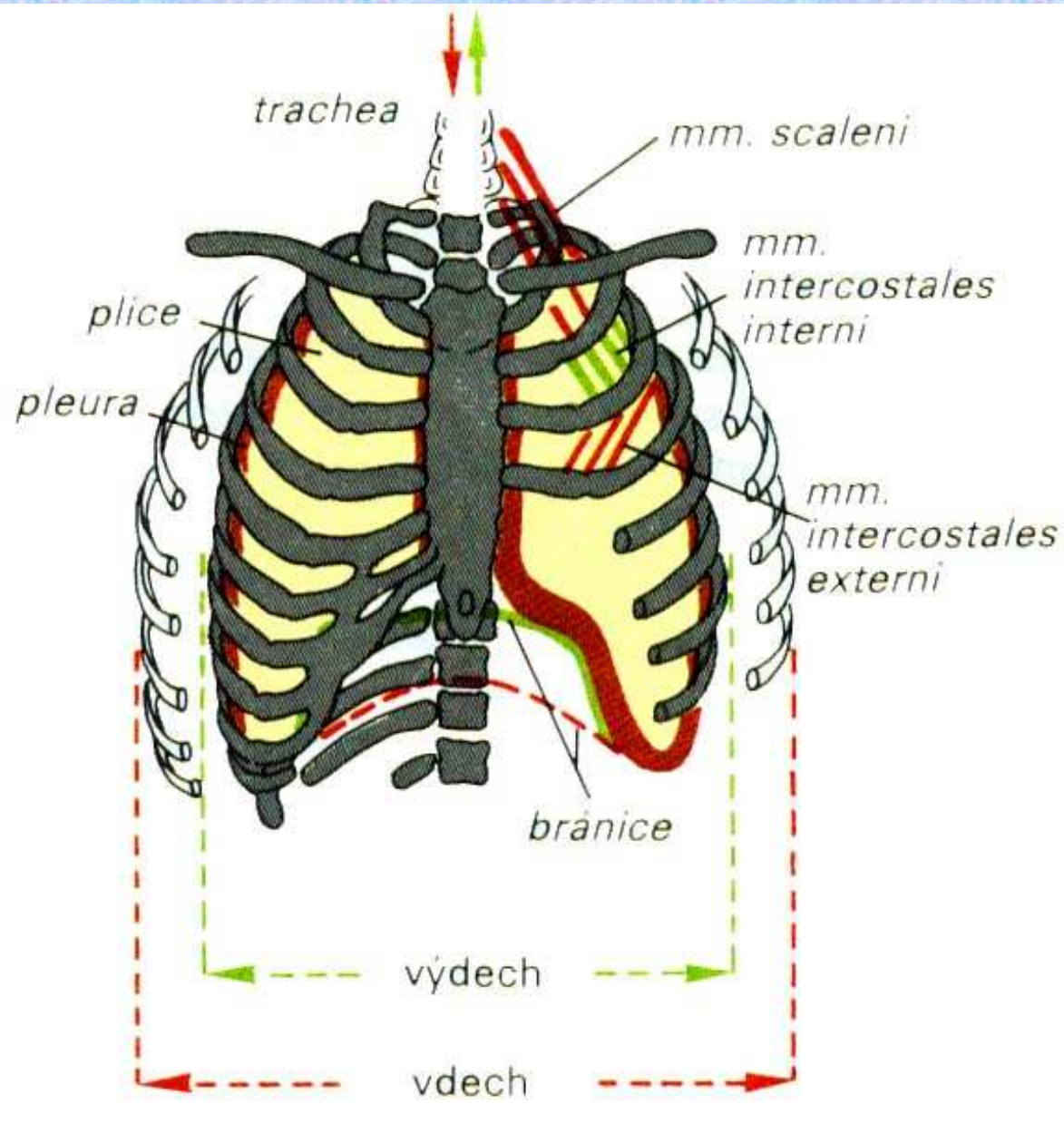
**Hlavní nádechové svaly**: bránice, zevní mezižební svaly

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

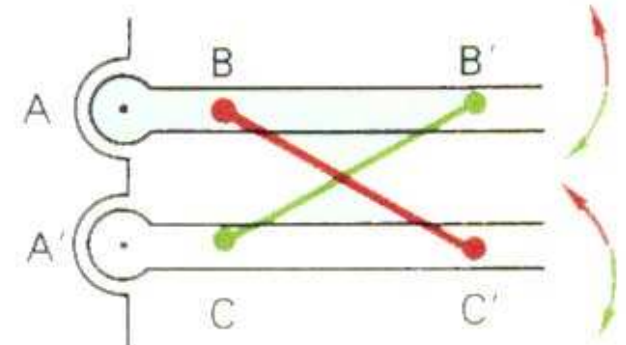
**Výdechové svaly**: vnitřní mezižební svaly, svaly přední stěny břišní







páka  $A - B < A' - C' \rightarrow$  zvedání žeber



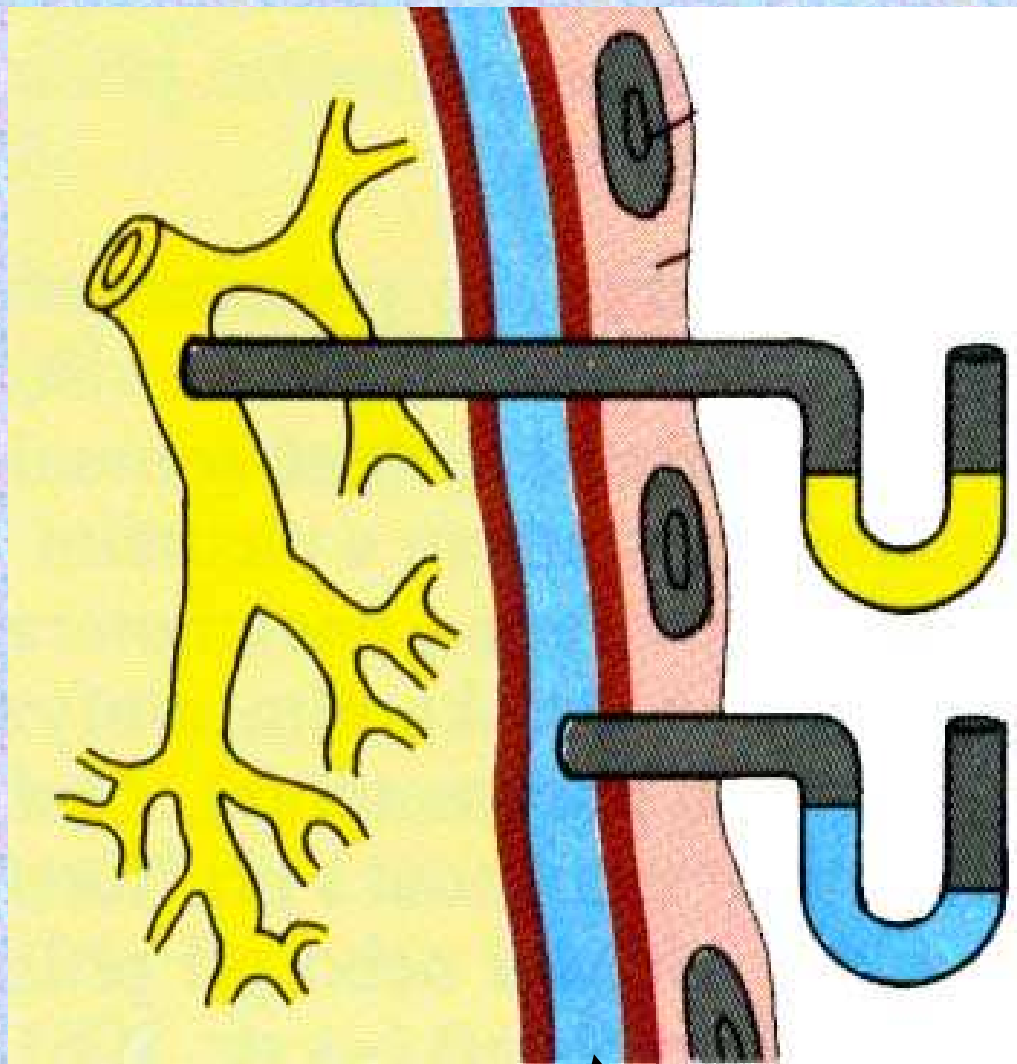
páka  $A - B' > A' - C \rightarrow$  klesání žeber



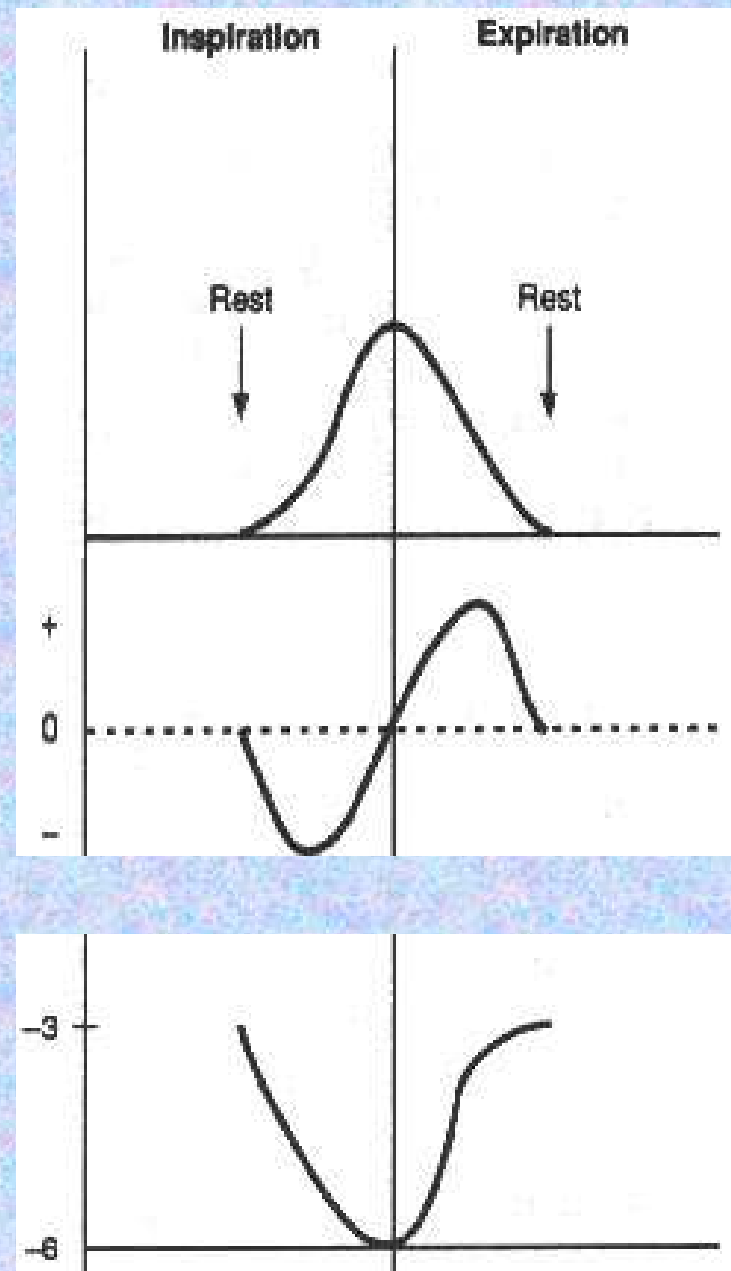
# PLEURA

pulmonalis

parietalis



pleurální štěrbina



# ELASTICKÉ VLASTNOSTI PLIC

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

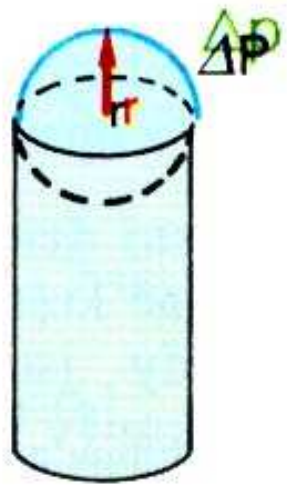
**Faktory ovlivňující elastické vlastnosti plic:**

stavba plic: přítomnost elastických vláken

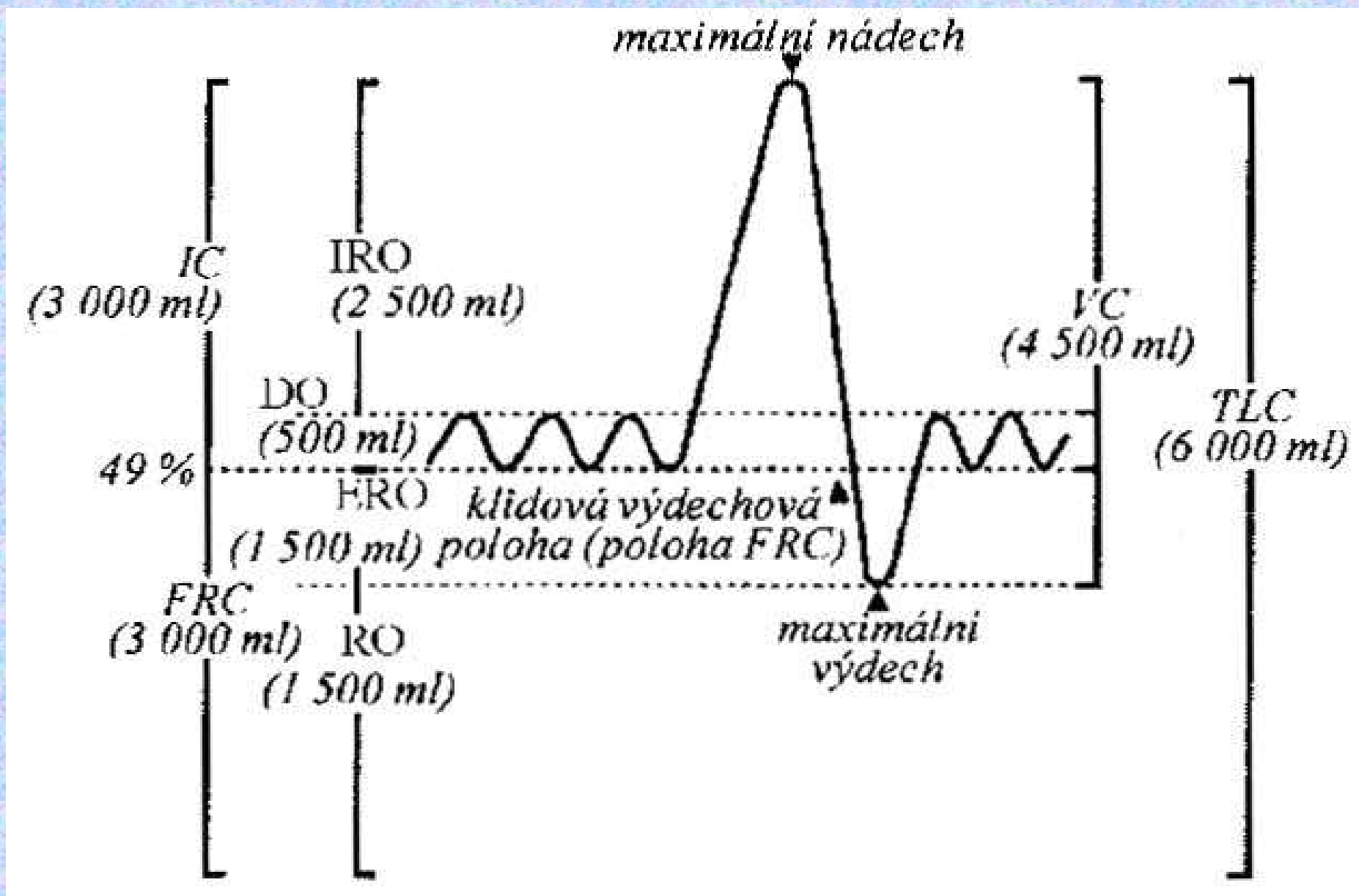
povrchové napětí alveolu: **SURFAKTANT** - snižuje povrchové napětí

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





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






## 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 
- maximální minutová ventilace  $\dot{MVV}$
- jednosekundová vitální kapacita  $FEV_1$



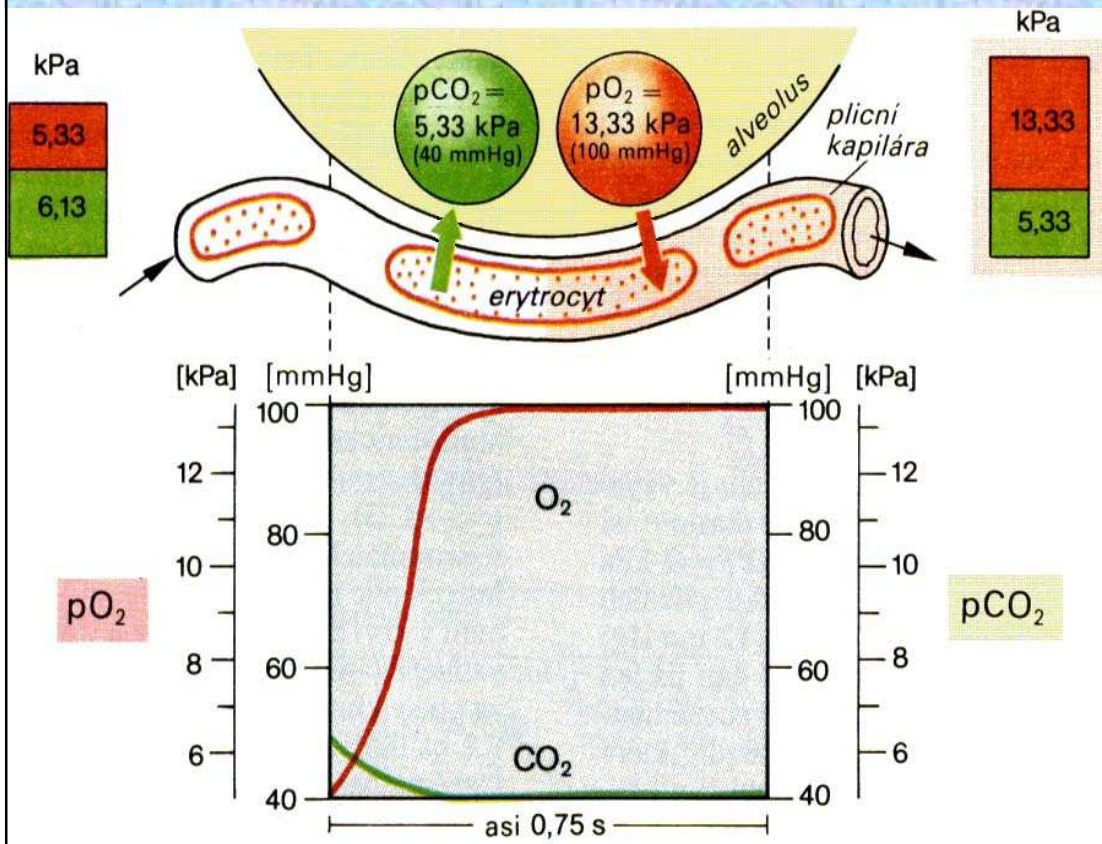
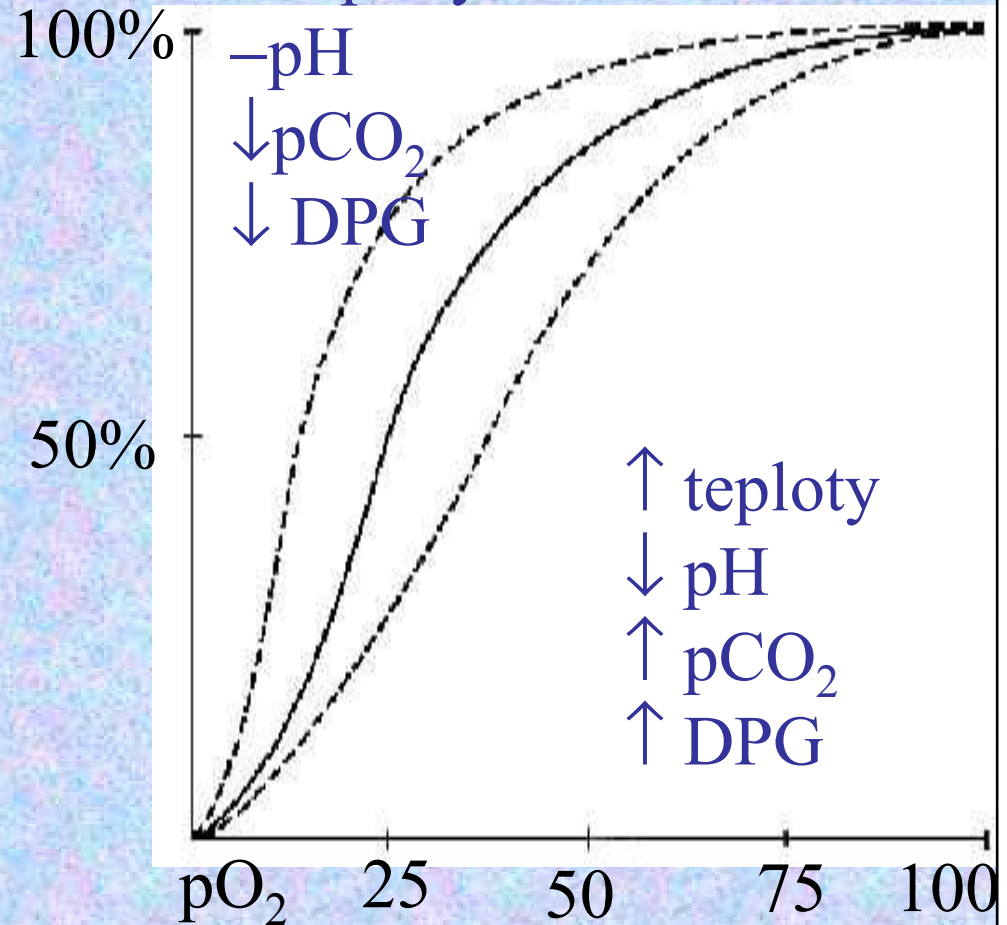
# TRANSPORT O<sub>2</sub>

Fyzikálně rozpuštěný v plazmě

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

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

↓ teploty



# 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>

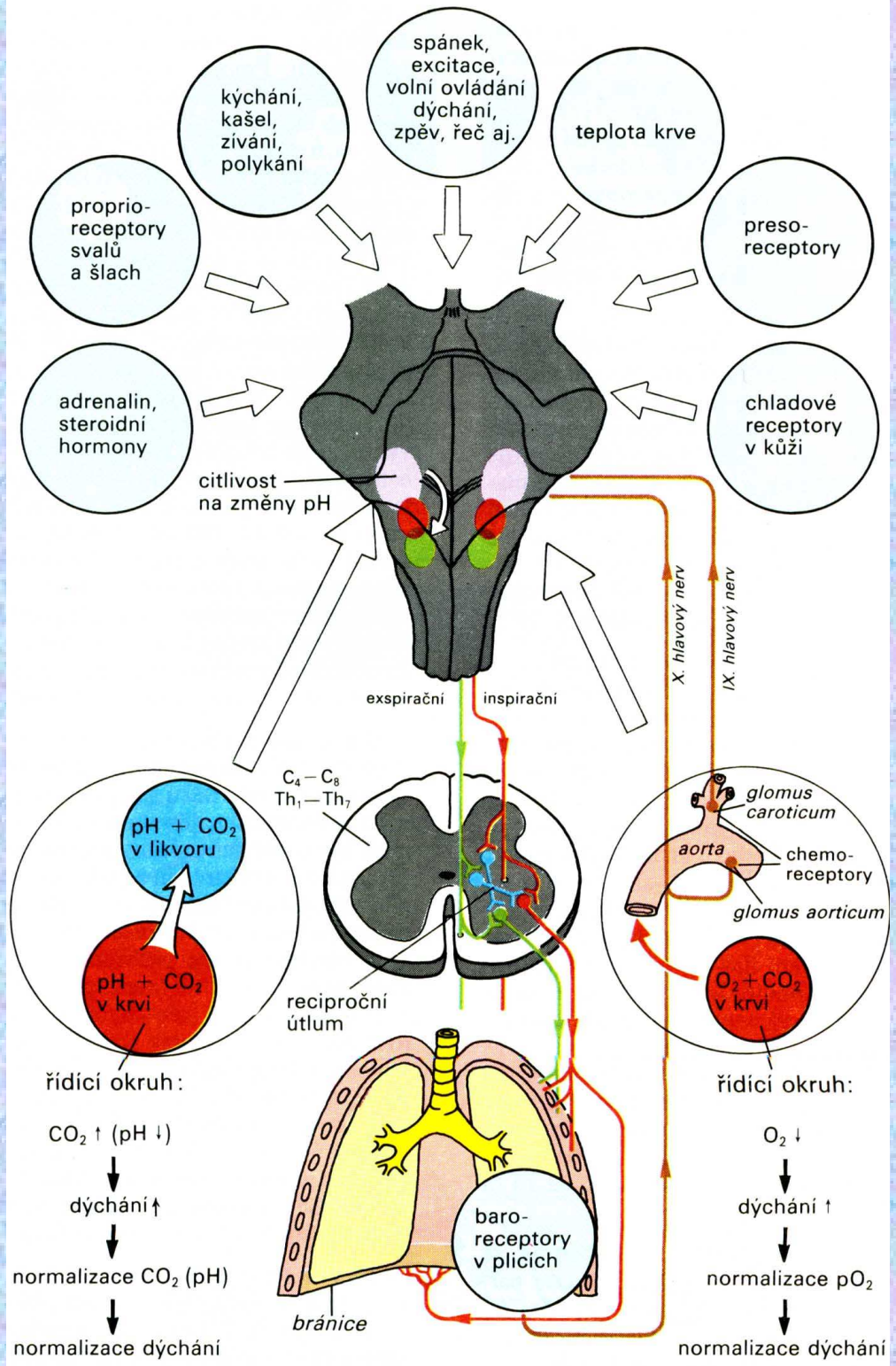




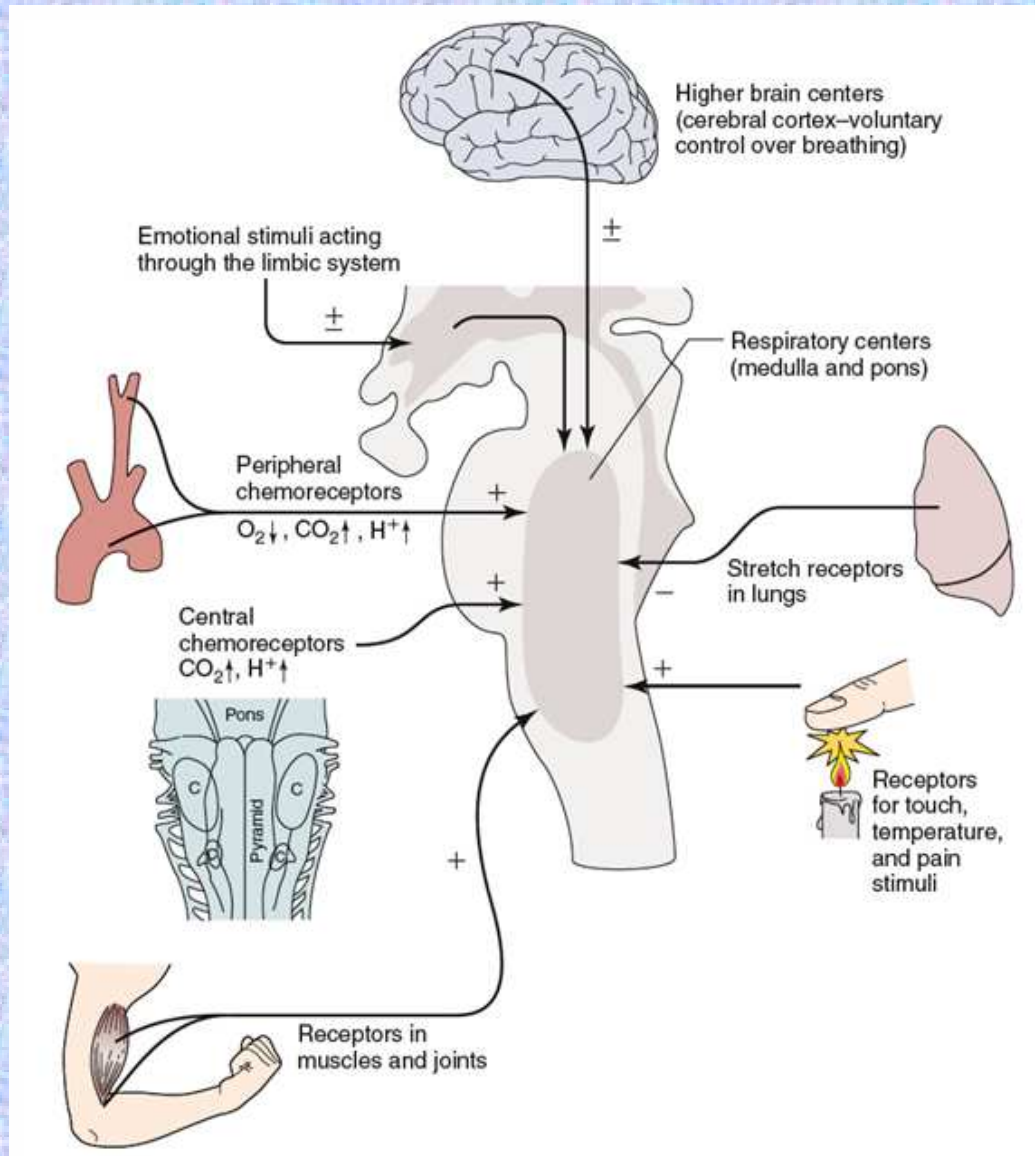
# Regulace dýchání

# 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  $V_A = df \cdot (\text{Dech objem} - \text{Objem mrtvého prostoru})$

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



# CHEMORECEPCE

Periferní –

glomus caroticum  
glomus aorticum

(perfuze 2000 ml/100 g tkáně/min)

pO<sub>2</sub>

hypoxie

(pCO<sub>2</sub>

hyperkapnie)

pH

acidóza)

Centrální (centrální chemosenzitivní oblast – ventrální strana prodloužené míchy)

pCO<sub>2</sub>

H<sup>+</sup> .....pH

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

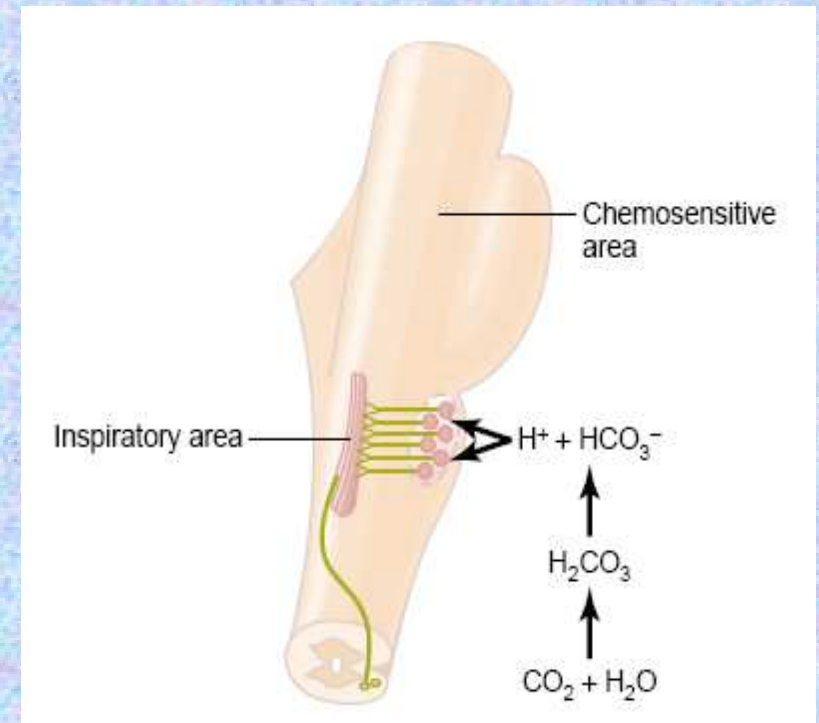
# Chemické faktory ovlivňující dechové centrum:

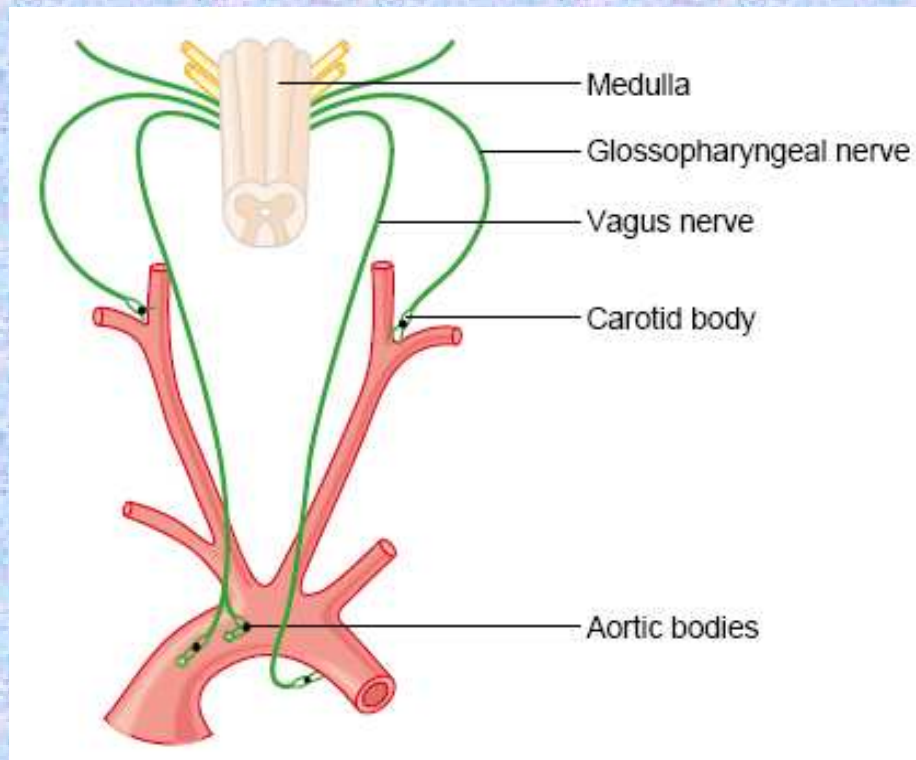
## Centrální chemoreceptory

- 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)



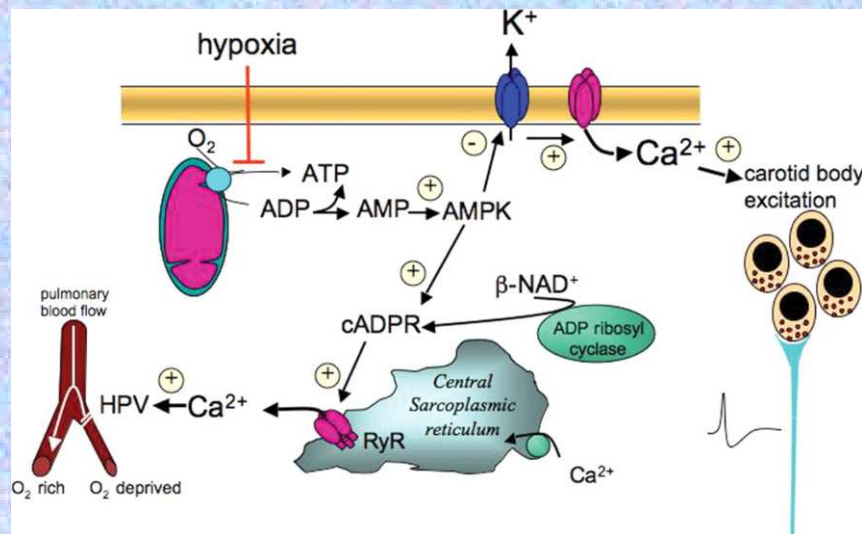


## Periferní receptory

– 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

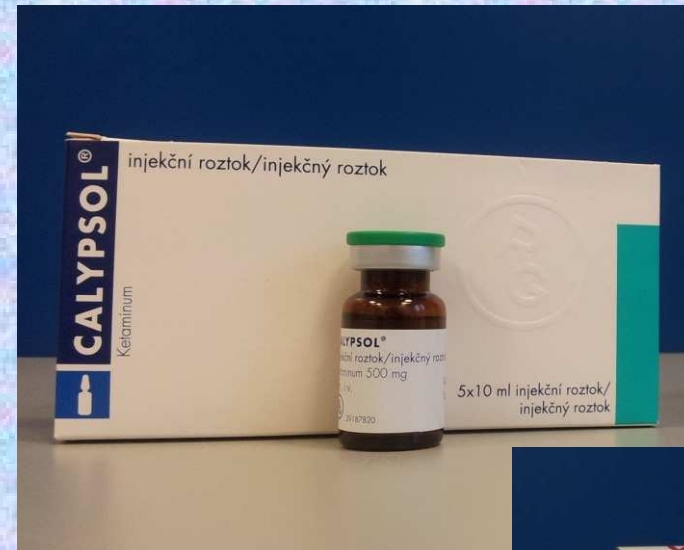
**Tahové receptory** (stretch receptory) pomalu se adaptující, v hladké svalovině trachei a bronchů; jejich podráždění tlumí aktivitu respiračního centra v mozgovém kmeni – **Hering-Breuerovy reflexy**.

# PŘÍPRAVA ZVÍŘETE K EXPERIMENTU - ANESTEZIE

## INHALAČNÍ ÚVOD



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



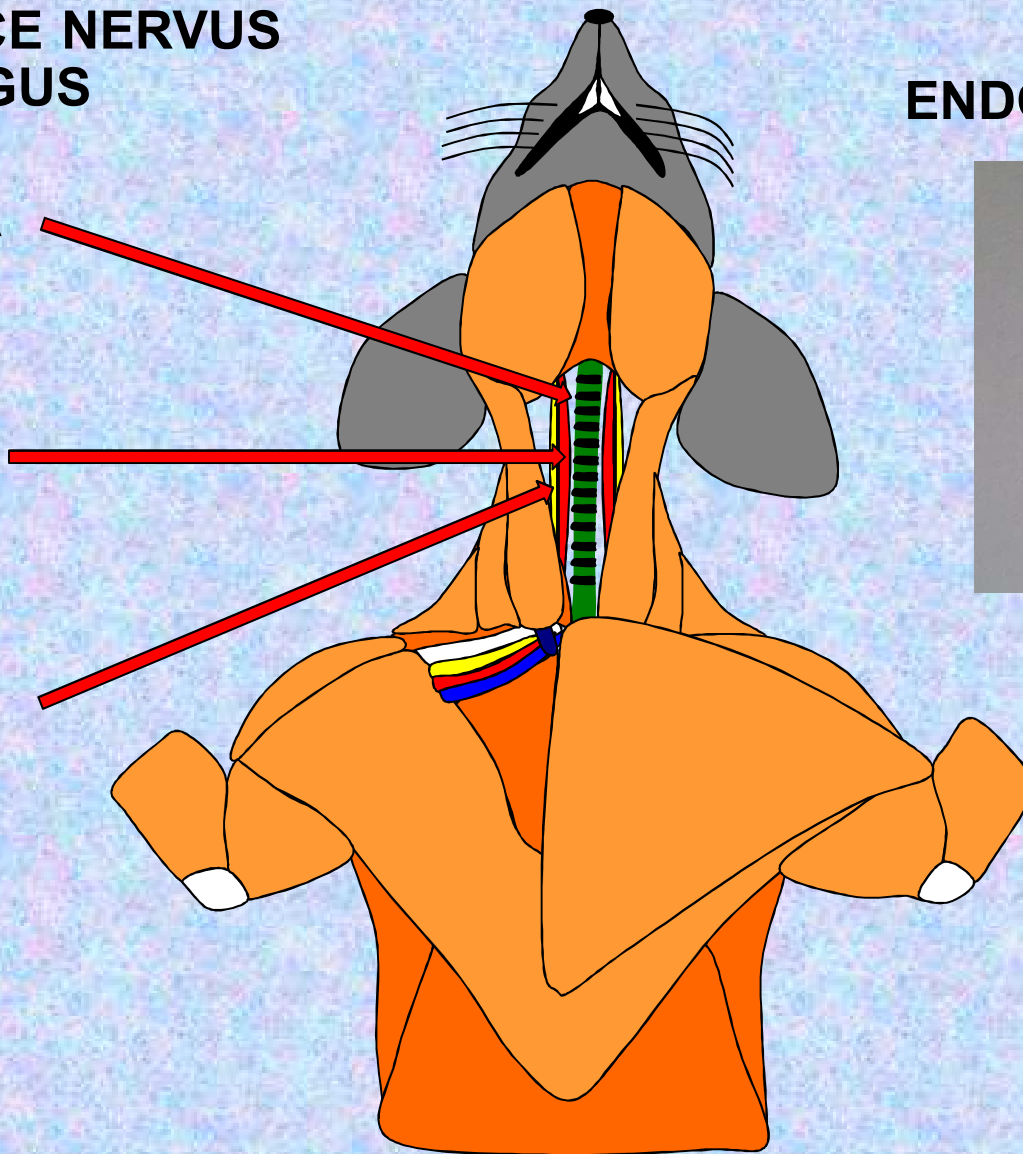
# PŘÍPRAVA ZVÍŘETE K EXPERIMENTU

PREPARACE NERVUS  
VAGUS

TRACHEA

A. CAROTIS

N. VAGUS



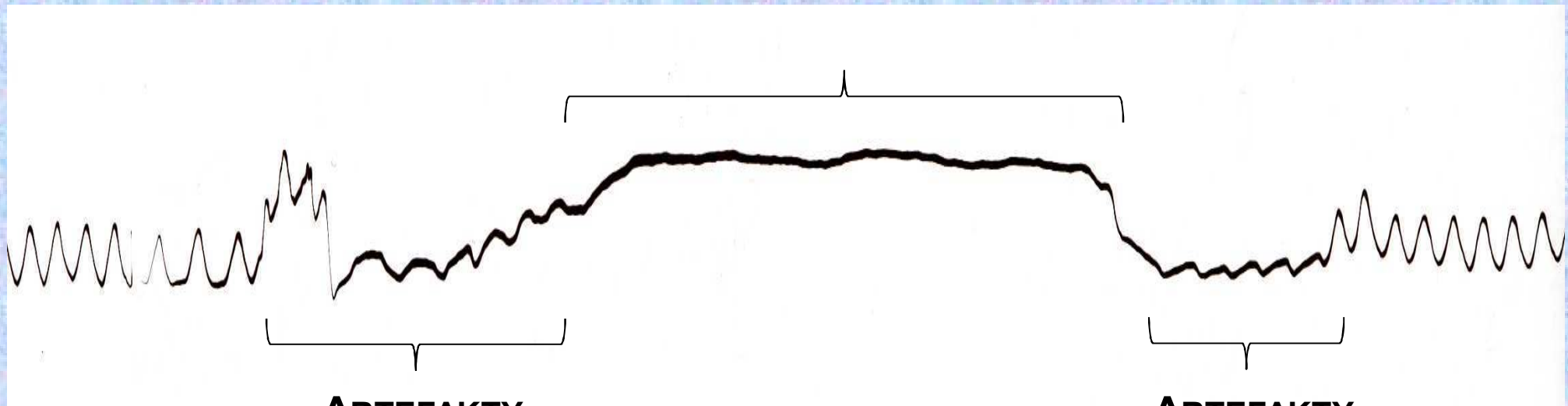
ZAVEDENÍ  
ENDOTRACHEÁLNÍ KANYLY





# HERING-BREUEROVY REFLEXY

## REFLEXNÍ ZÁSTAVA DECHU (INFLAČNÍ REFLEX)



**ARTEFAKTY**  
**(PŘI APLIKACI PŘETLAKU)**

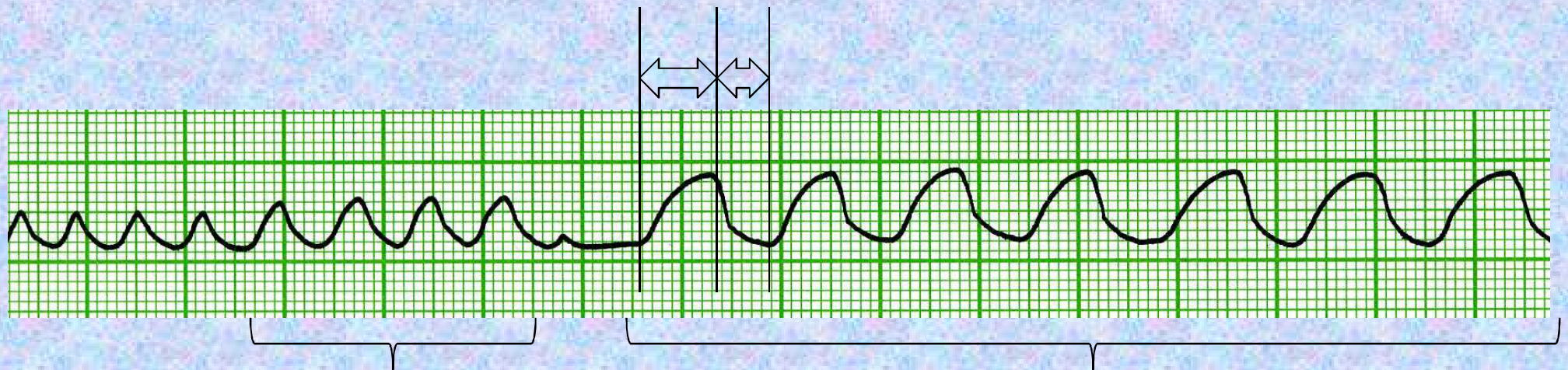
**ARTEFAKTY**  
**(PŘI RUŠENÍ PŘETLAKU)**

# 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 expiriu, 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 mozkovém 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**

Zadržení 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)

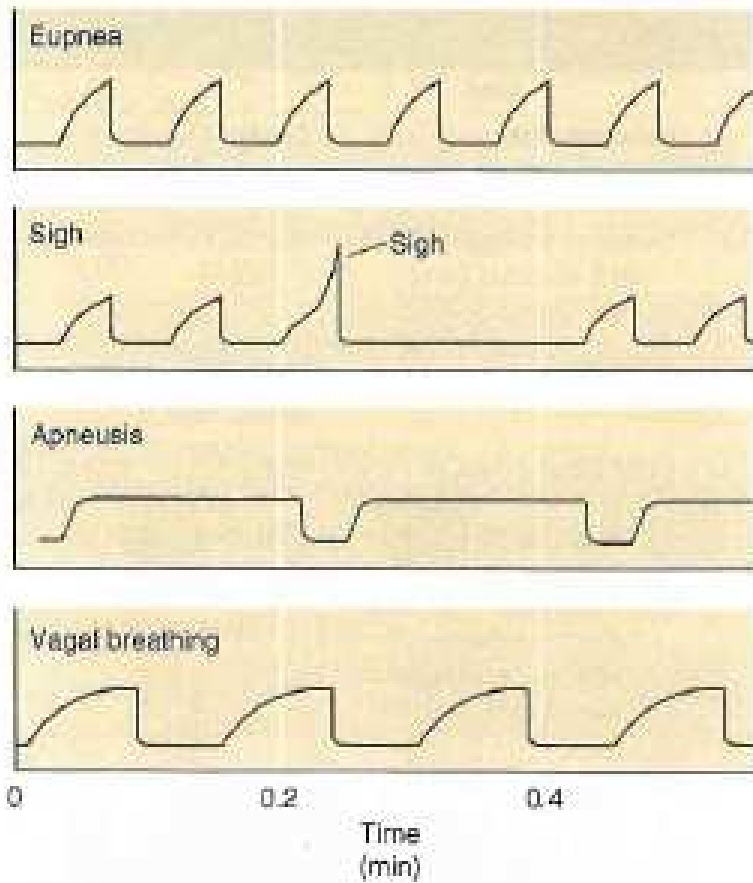


# Periodické dýchání

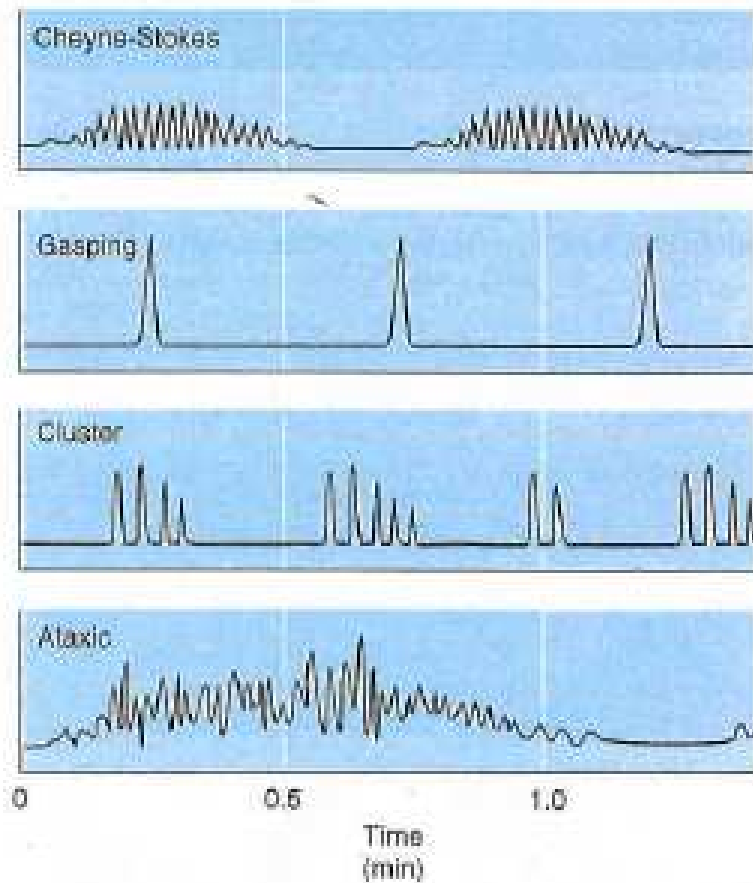
- Není pravidelné, rytmické, ale dýchání probíhá v periodách („chvilku se dýchá, chvilku se nedýchá“)
- **CHEYNE-STOKESOVO** dýchání
- **BIOTOVO** dýchání
- **Lapavé** dýchání („gasping“)
- **KUSSMAULOVO** dýchání u diabetického komatu

- **Apneusis**
- **Asfyxie**
- **Zívnutí – povzdech** — výrazné zvětšení objemu hrudníku a dechového objemu, slouží k otevření kolabovaných alveolů, krátkodobě zvyšuje okysličení krve

**A INTEGRATED PHRENIC NERVE ACTIVITY**



**B LUNG VOLUME**



***Dýchání za různých***

***„fyziologických“  
podmínek***



# Regulace dýchání při zátěži

- Změna ventilace bezprostředně po začátku svalové práce = kombinace chemických i dalších nechemických vlivů
- Pravděpodobně je rozhodující nervová regulace, chemické podněty upřesňují nastavení plicní ventilace
- Minutová plicní ventilace se zvyšuje přímo úměrně spotřebě kyslíku
  - hodnoty  $pO_2$ ,  $pCO_2$  a pH se výrazně nemění

# Regulace dýchání při zátěži

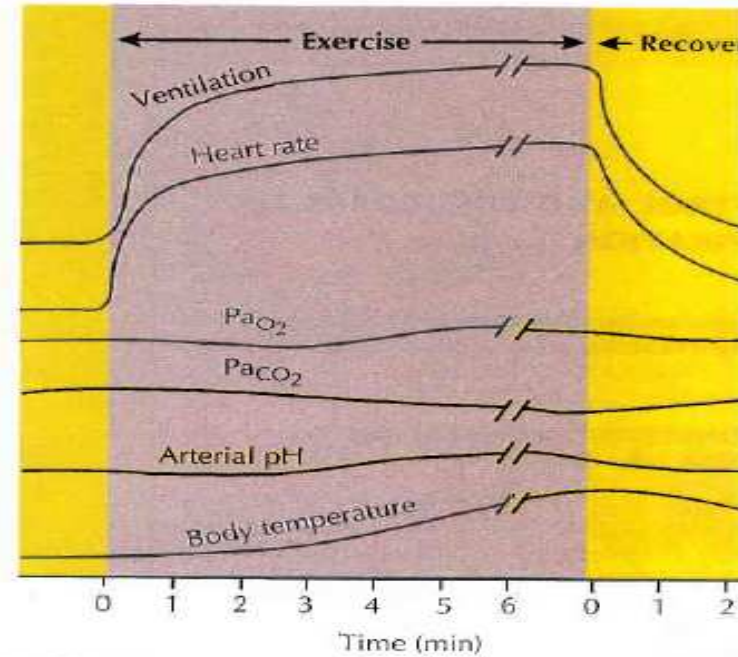
- Respirační centrum je aktivováno z motorických oblastí mozkové kůry (eferentní kortikospinální dráhy k motoneuronům předních rohů míšních a současně kolaterálami do mozkového kmene)
  - proces učení v průběhu života moduluje tyto změny tak, aby velikost ventilace odpovídala metabolickým nárokům organismu co nejpřesněji
- Dráždění proprioreceptorů v pracujících svalech, šlachách a kloubních pouzdrech (aferentní dráhy do míchy, vzestupné dráhy s kolaterálami aktivují respirační centra)

# Regulace dýchání při zátěži

- Kombinace chemické i nechemické stimulace dechového centra – zvýšení minutové ventilace na 150-170l/min (u trénovaných)
  - Poznámka: nezapomeňte na Bohrův efekt – snazší uvolňování kyslíku z hemoglobinu
  - Horní hranice možnosti přísunu kyslíku ke tkáním: srdeční výdej 5-7xvyšší – extrakce kyslíku z krve 3x klidová hodnota - množství kyslíku dodávané pracujícím svalům až 20x



# RESPIRATORY RESPONSE TO EXERCISE

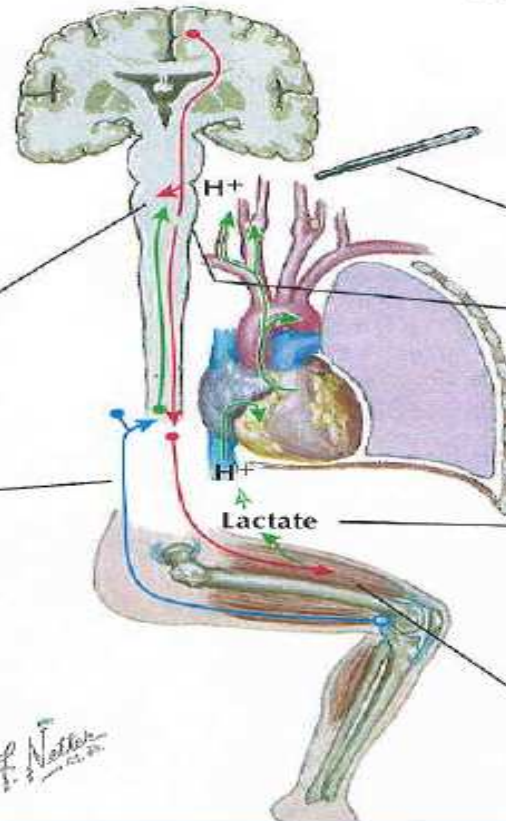


**Factors that may account for initial abrupt rise and sharp terminal drop in ventilation**

Collaterals to respiratory centers from motor pathways for muscle activation

Proprioceptive afferents from joint receptors to respiratory centers

Other unknown factors



**Factors that may play a part in continued elevation of ventilation during continuing exercise**

Rise in body temperature accounts for a small part of elevation

Respiratory neurons seem to be more responsive to changes in chemoreceptor activity. Centers may be more sensitive to fluctuation than to absolute values of PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub>, or pH

Lactic acid production due to anaerobic metabolism in muscle may increase H<sup>+</sup> concentration of blood and CSF, thus affecting chemoreceptors

Possible metaboreceptors in exercising muscle

Other unknown factors

*F. Netter M.D.*



# 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)

## **KYSLÍKOVÁ KASKÁDA**

**mmHg**

***Suchý atmosferický vzduch***

**159**

***Zvlhčený zahřátý atmosferický vzduch***

**149**

***Ideální alveolární plyn***

**105**

***End-exspirovaný vzduch***

**105**

***Arteriální krev***

**77**

***Cytoplazma – mitochondrie***

**3-10**

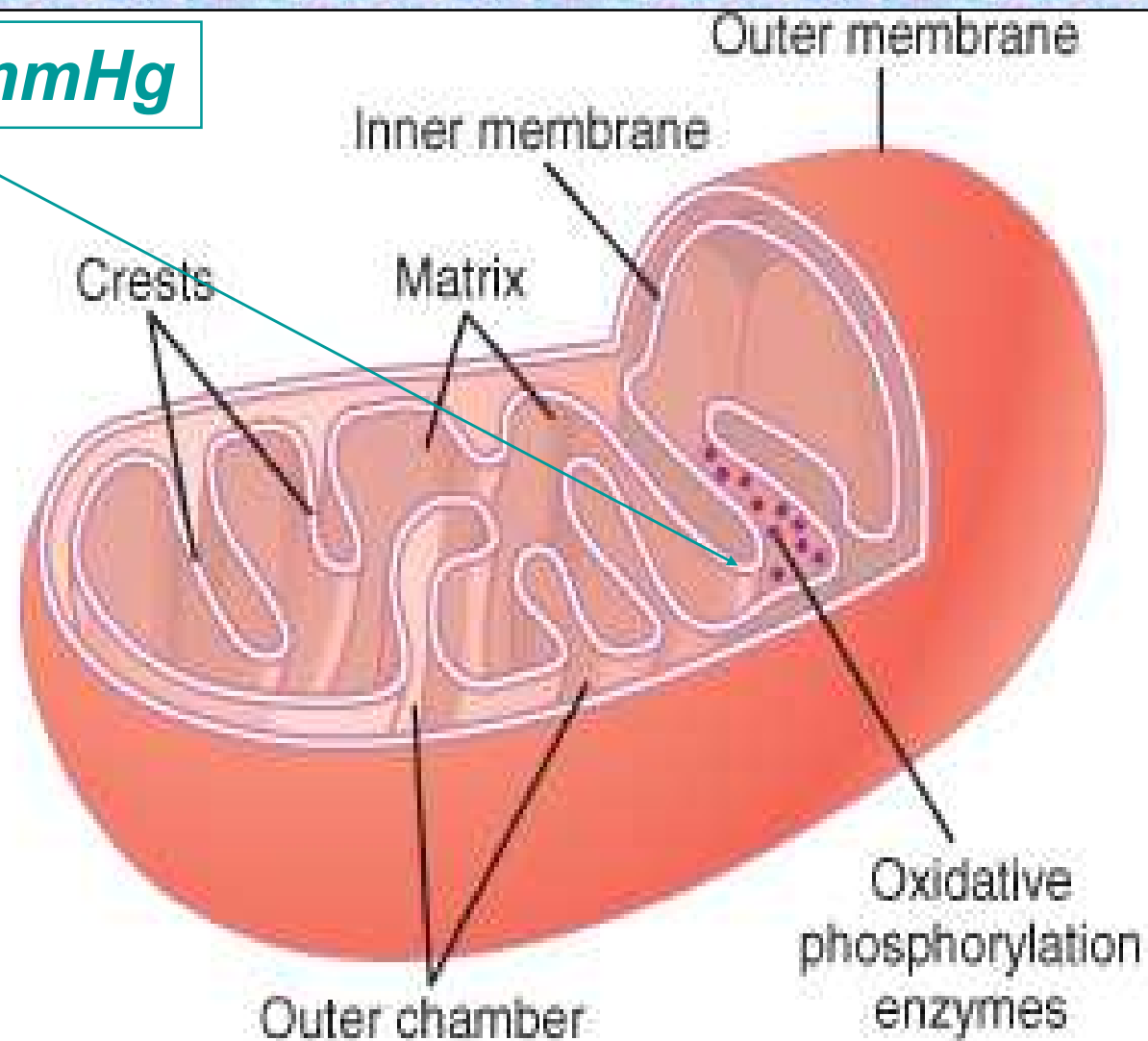
***Smíšená žilní krev***

**40**

***Žilní krev***

**20**

$pO_2 = 1 \text{ mmHg}$



# 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