

# Dýchací *system*

# ANATOMIE DÝCHACÍCH CEST

**Dutina nosní**

**Vedlejší dutiny nosní**

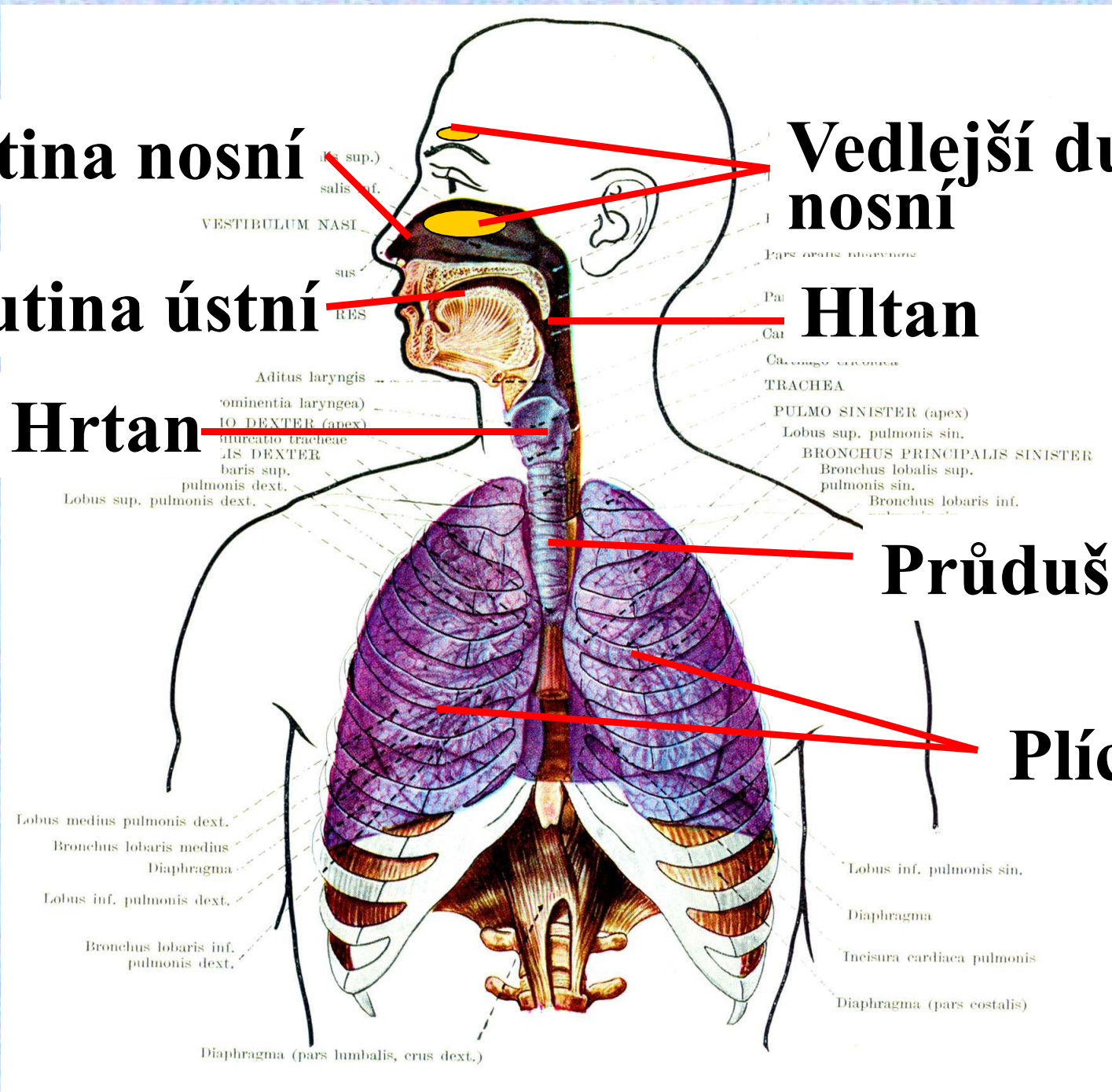
**Dutina ústní**

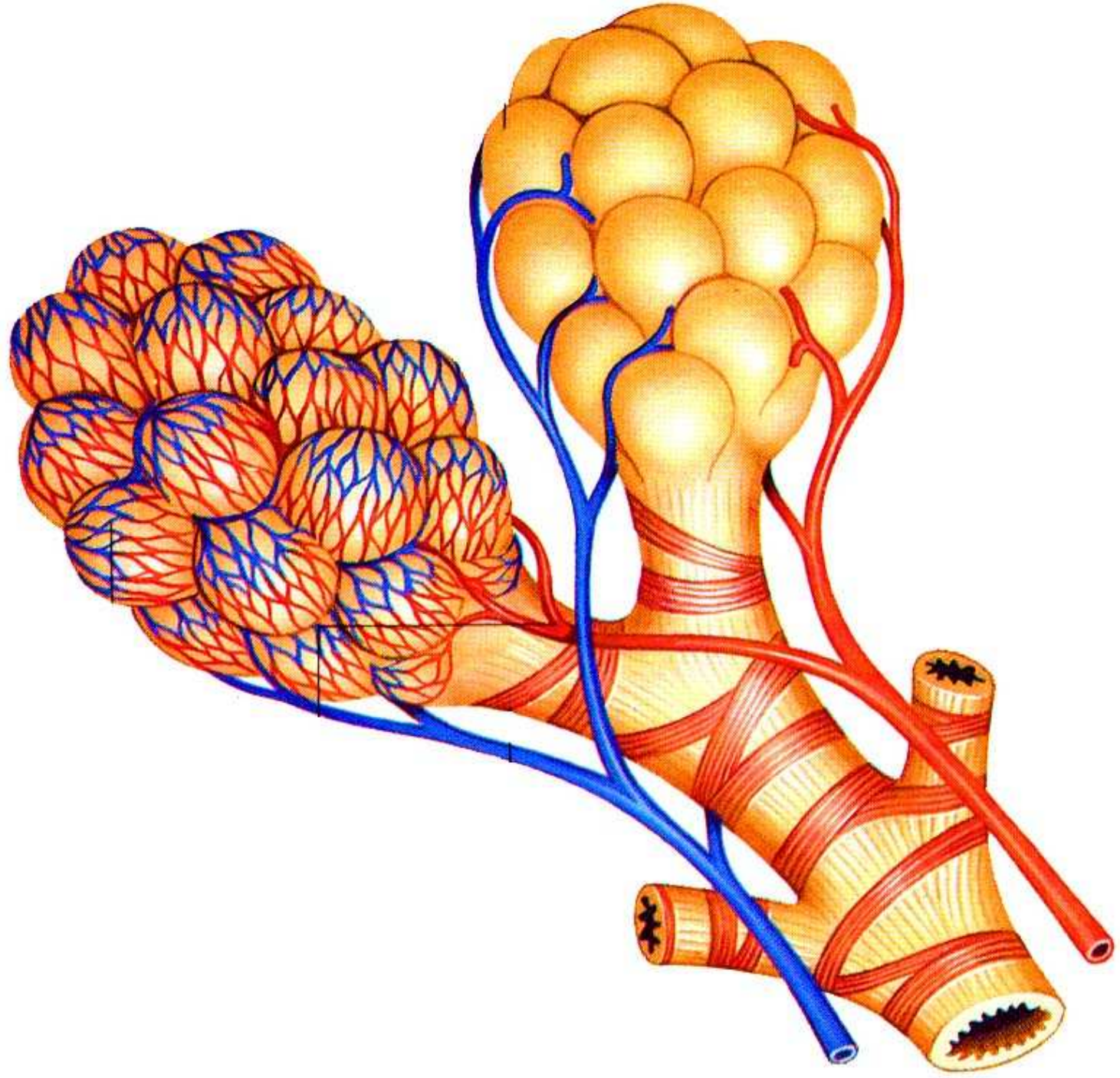
**Hltan**

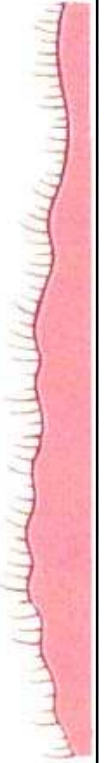
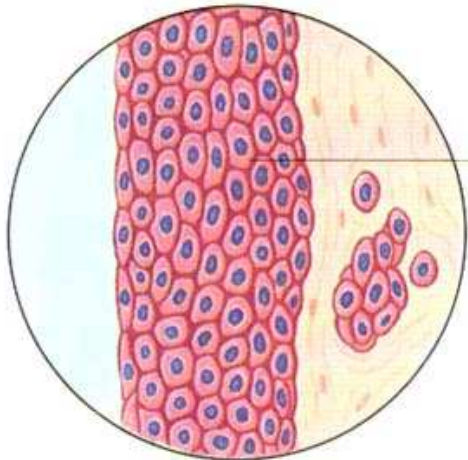
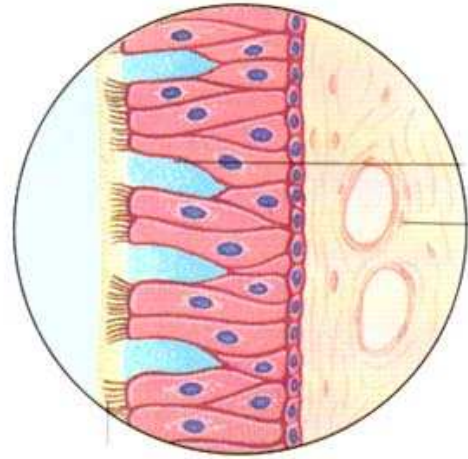
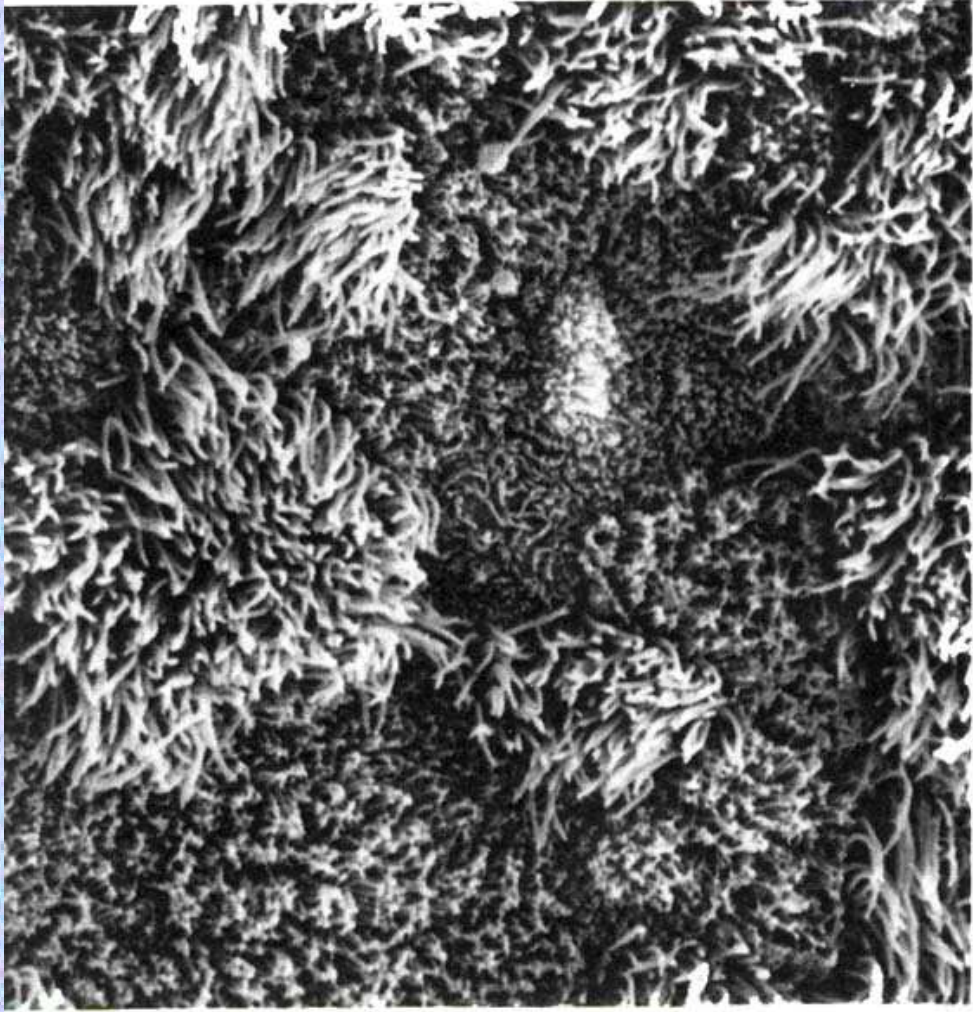
**Hrtan**

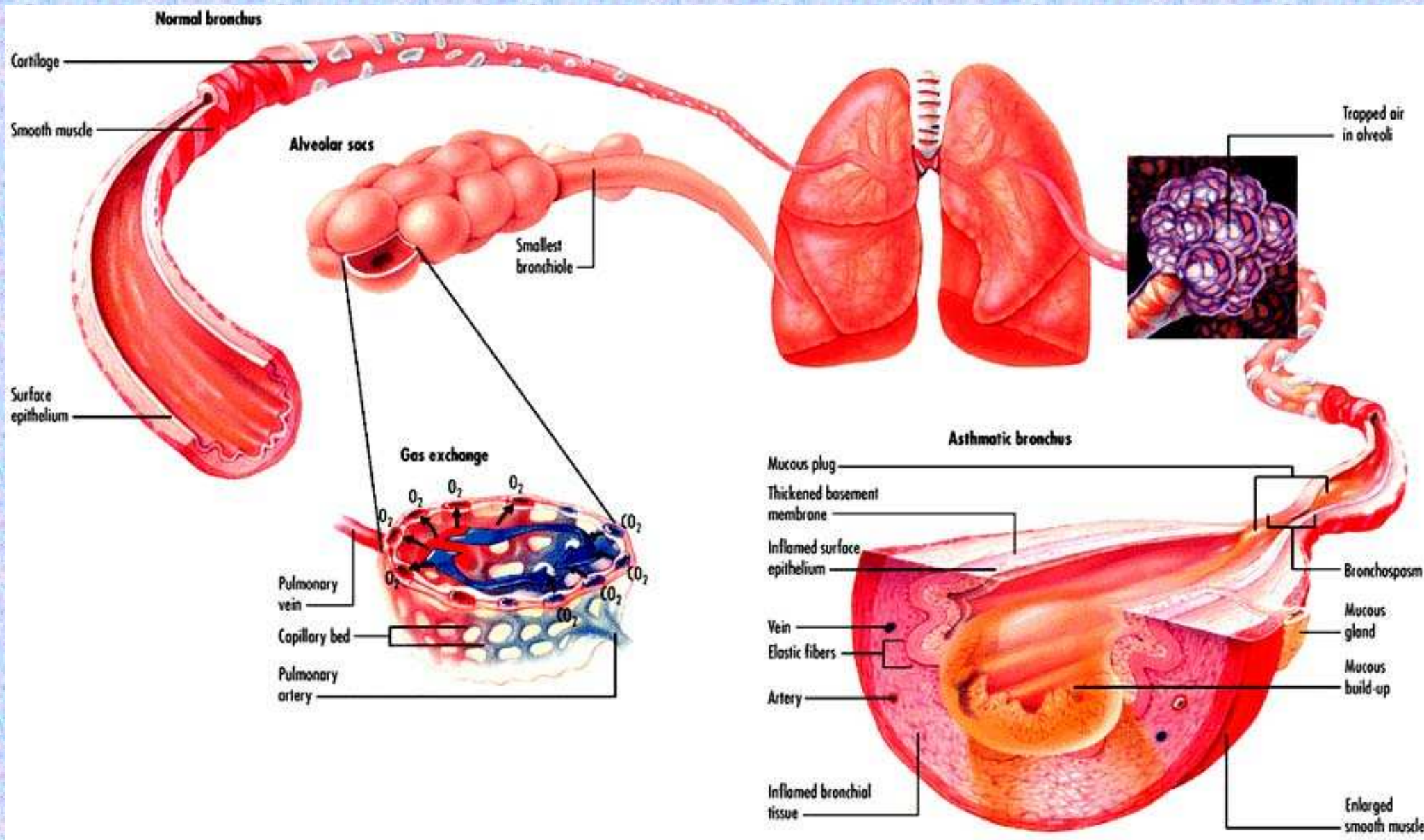
**Průdušnice**

**Plíce**





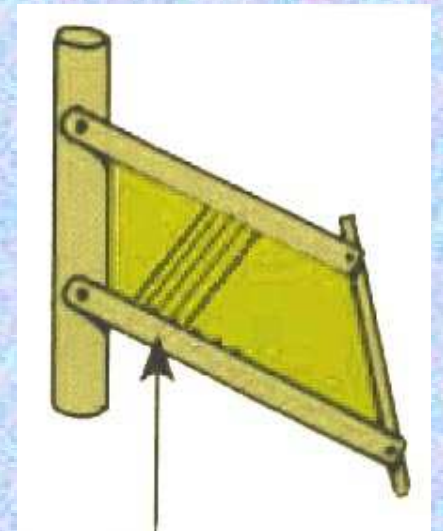
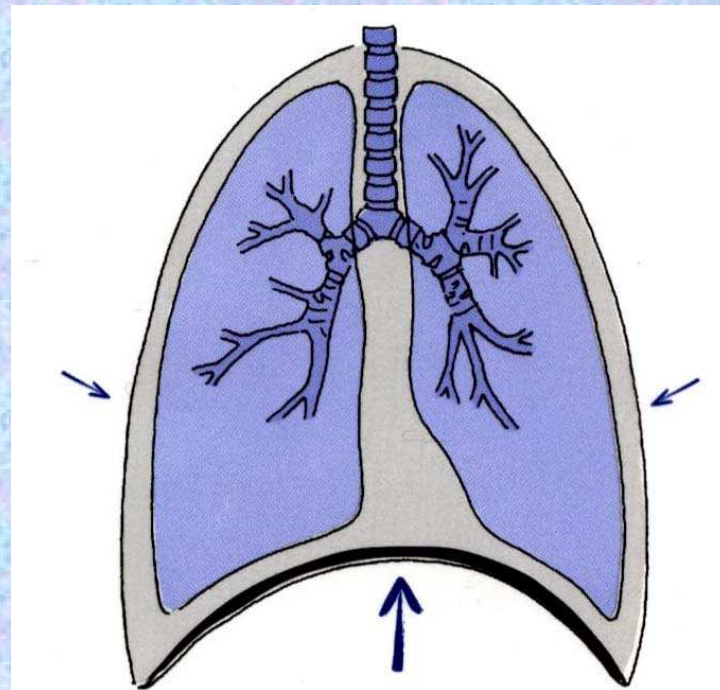
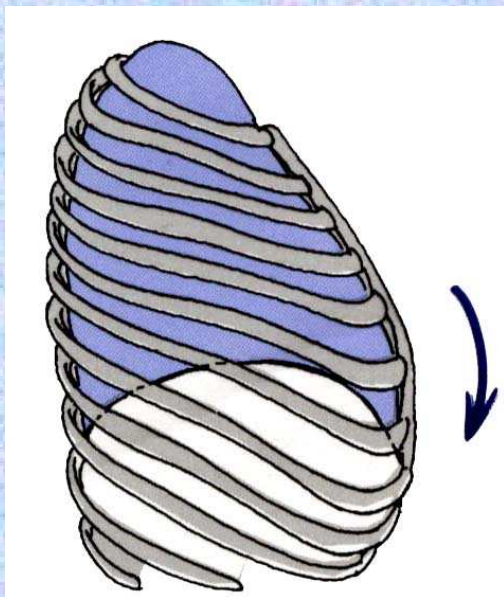
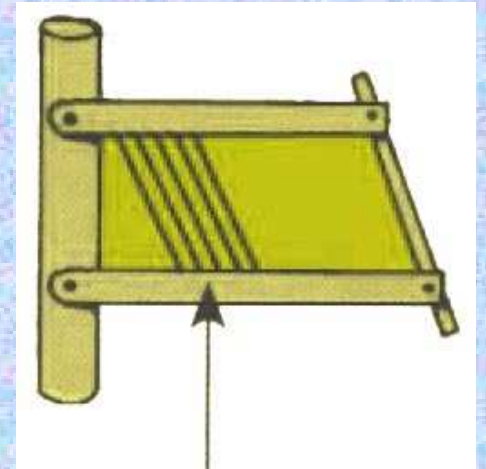
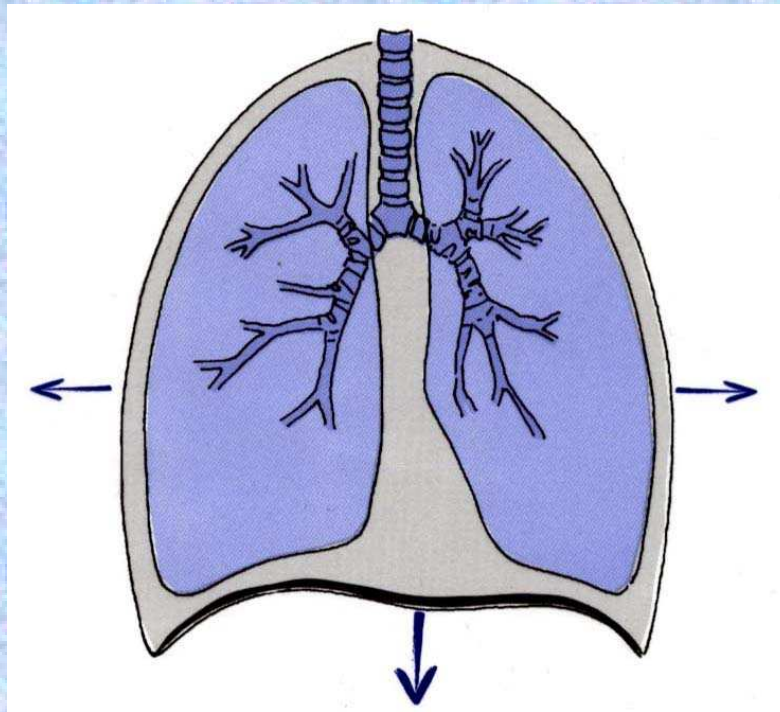
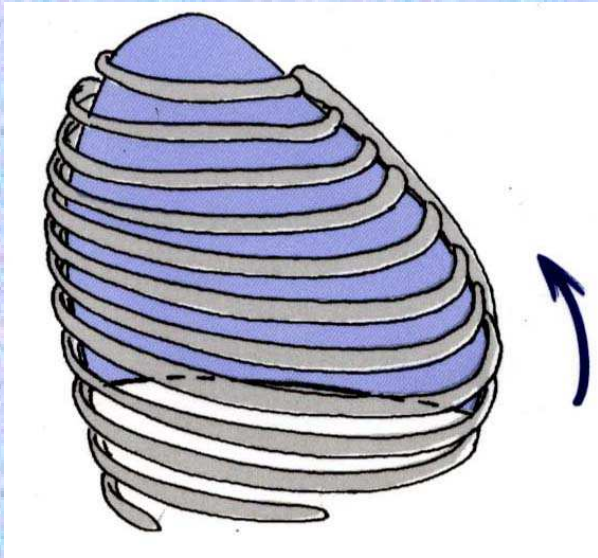


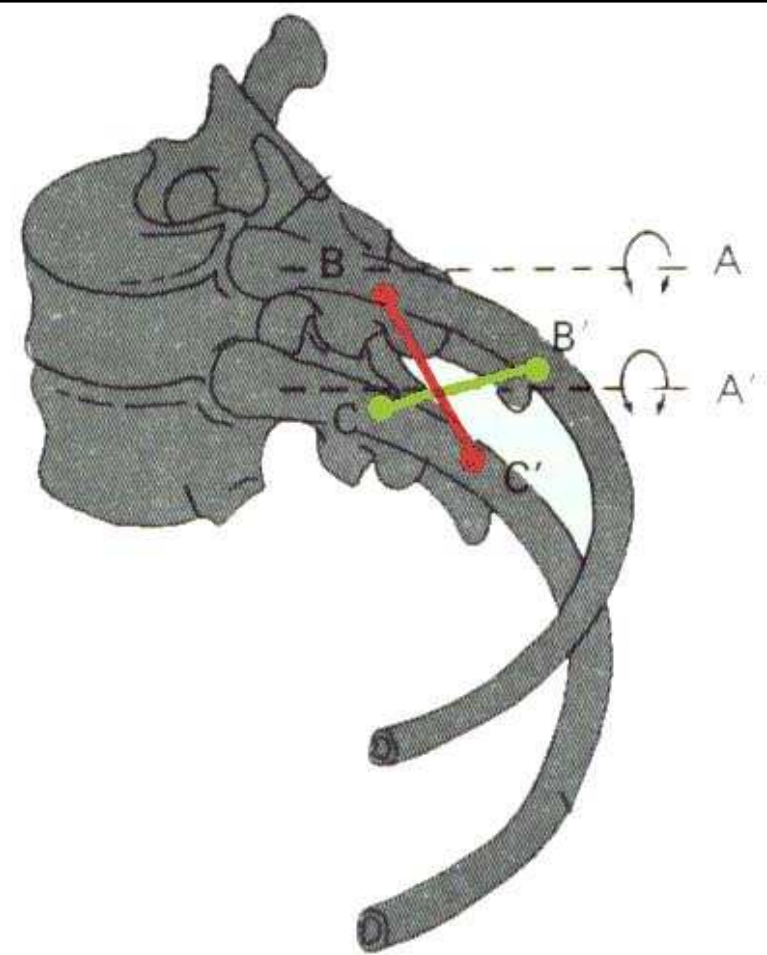
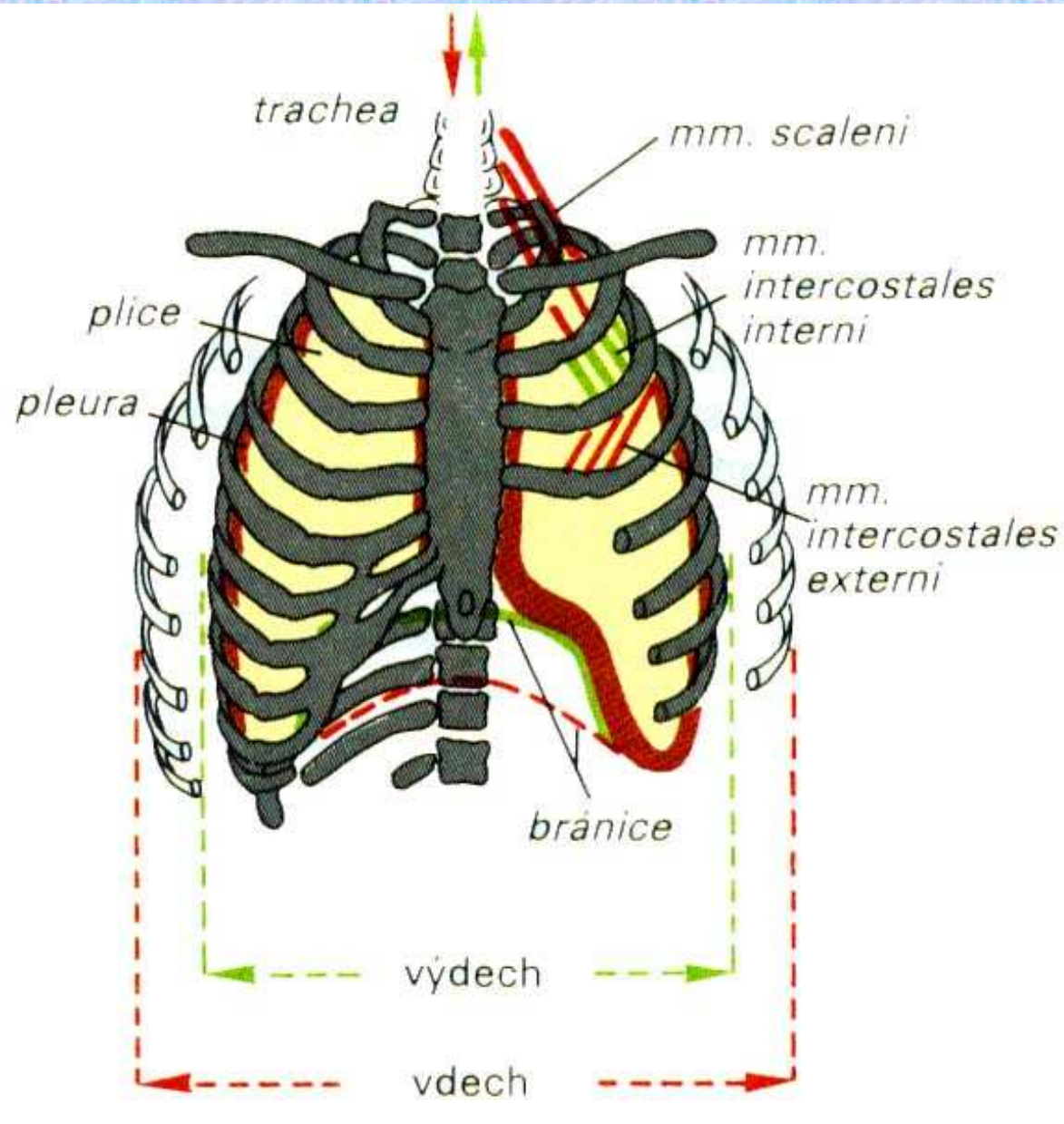


**Hlavní nádechové svaly:** bránice, zevní mezižební svaly

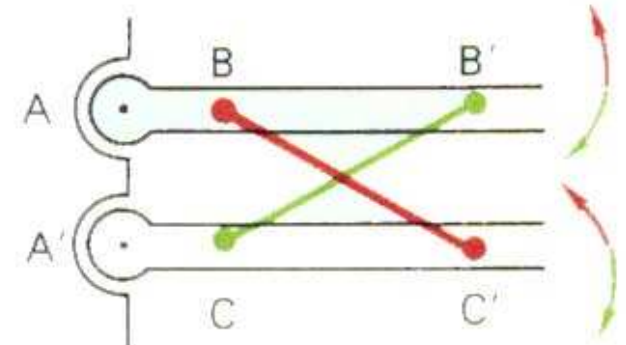
**Pomocné dýchací svaly:** m. sternocleidomastoideus, skupina skalenových svalů

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





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



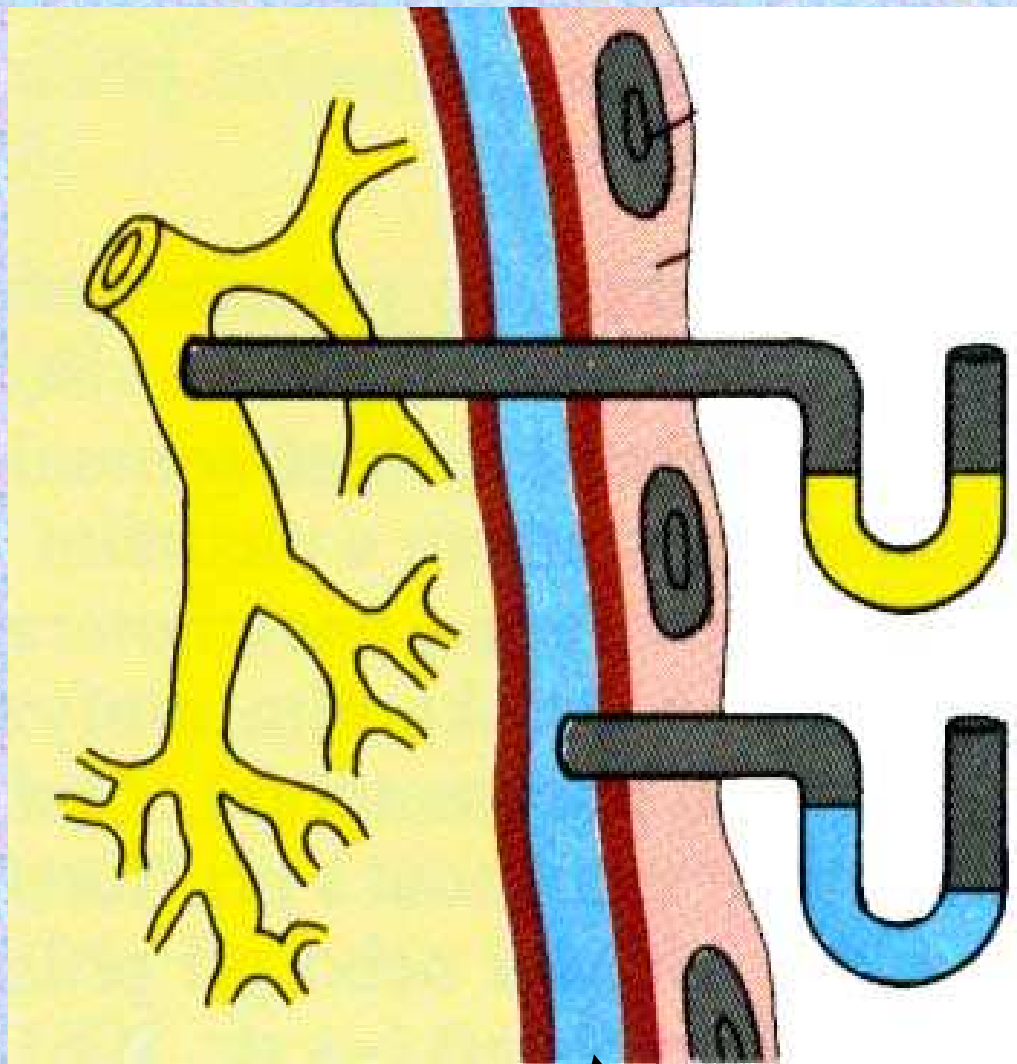
páka  $A - B' > A' - C \rightarrow$  klesání žeber



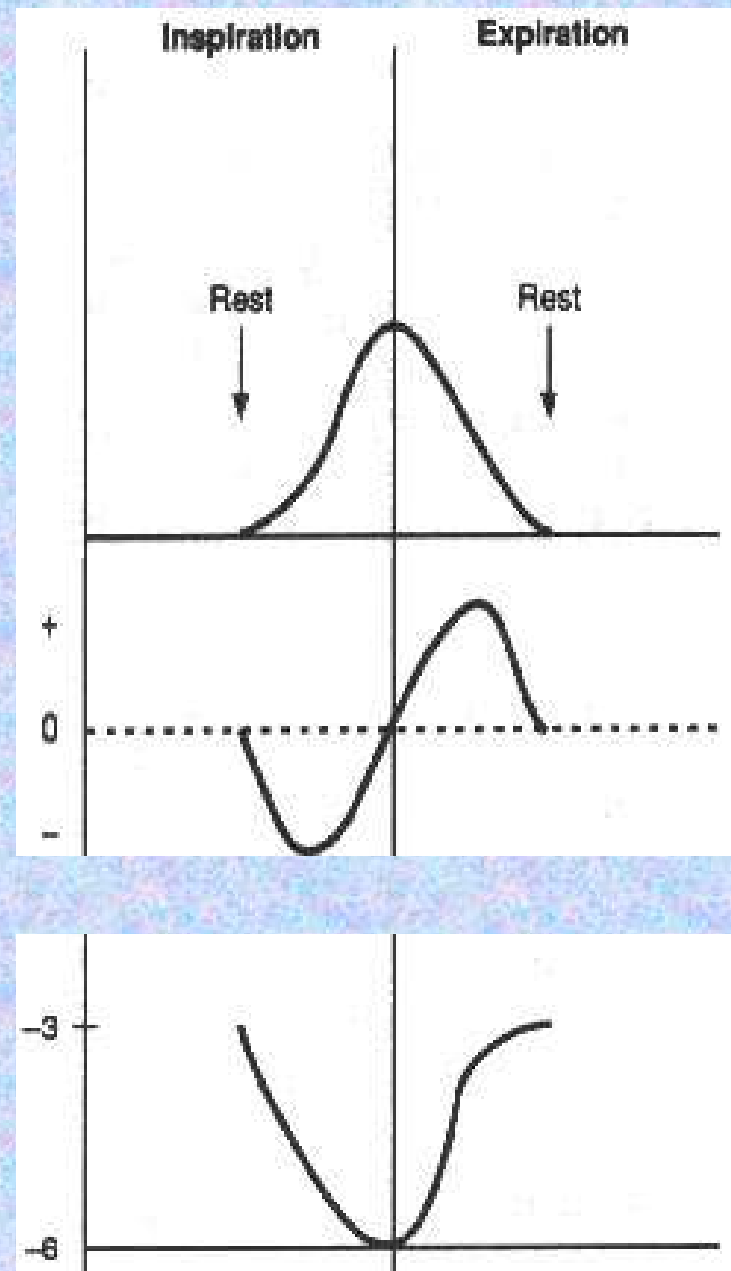
# PLEURA

pulmonalis

parietalis



pleurální štěrbina



# ELASTICKÉ VLASTNOSTI PLIC

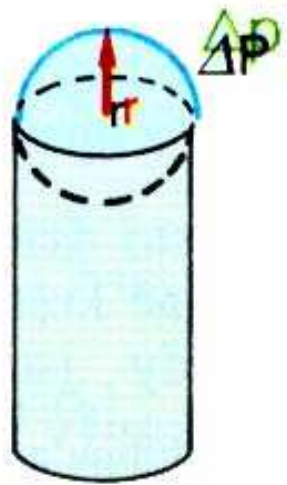
plicní poddajnost (**compliance**):  $C = \frac{\Delta V}{\Delta P}$

**Faktory ovlivňující elastické vlastnosti plic:**

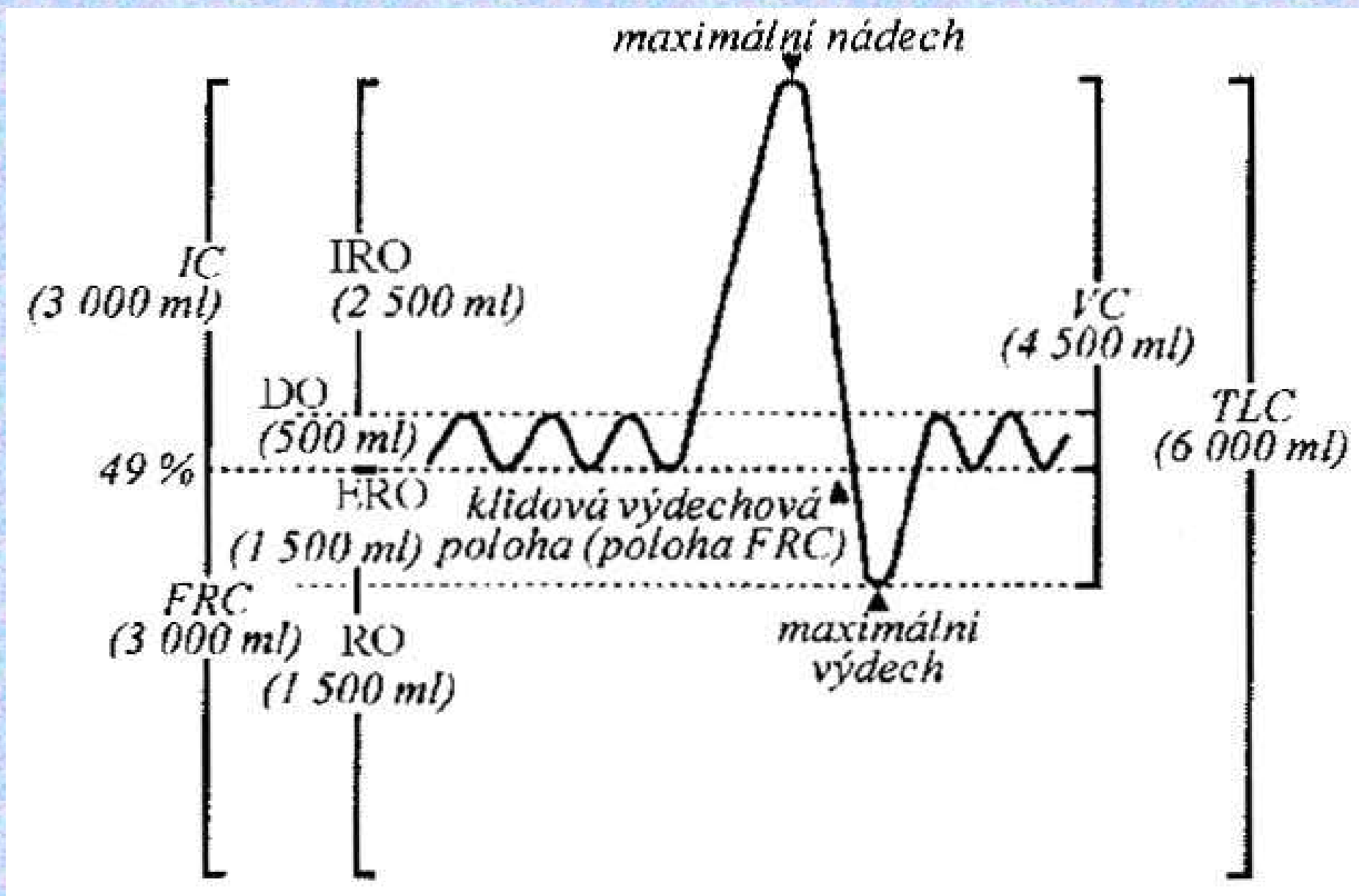
stavba plic: přítomnost elastických vláken

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  $\dot{V}$
- maximální minutová ventilace  $MV\dot{V}$
- jednosekundová vitální kapacita  $FEV_1$

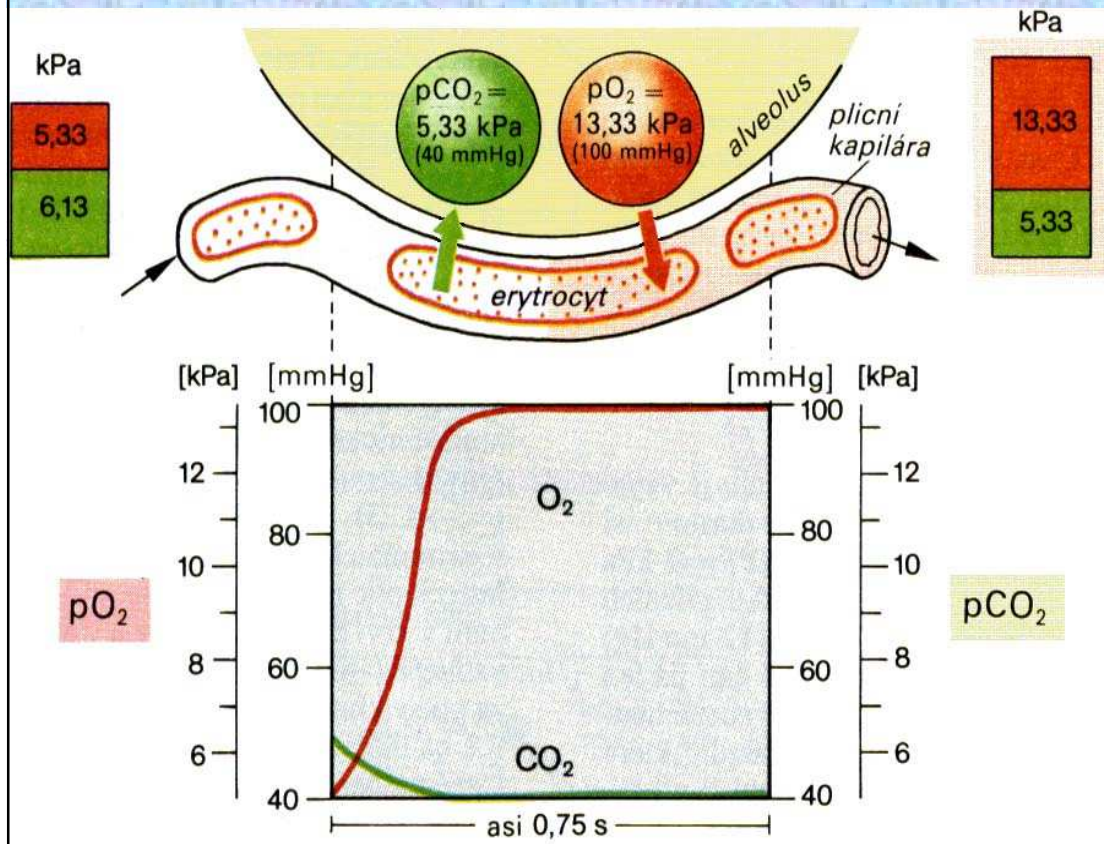
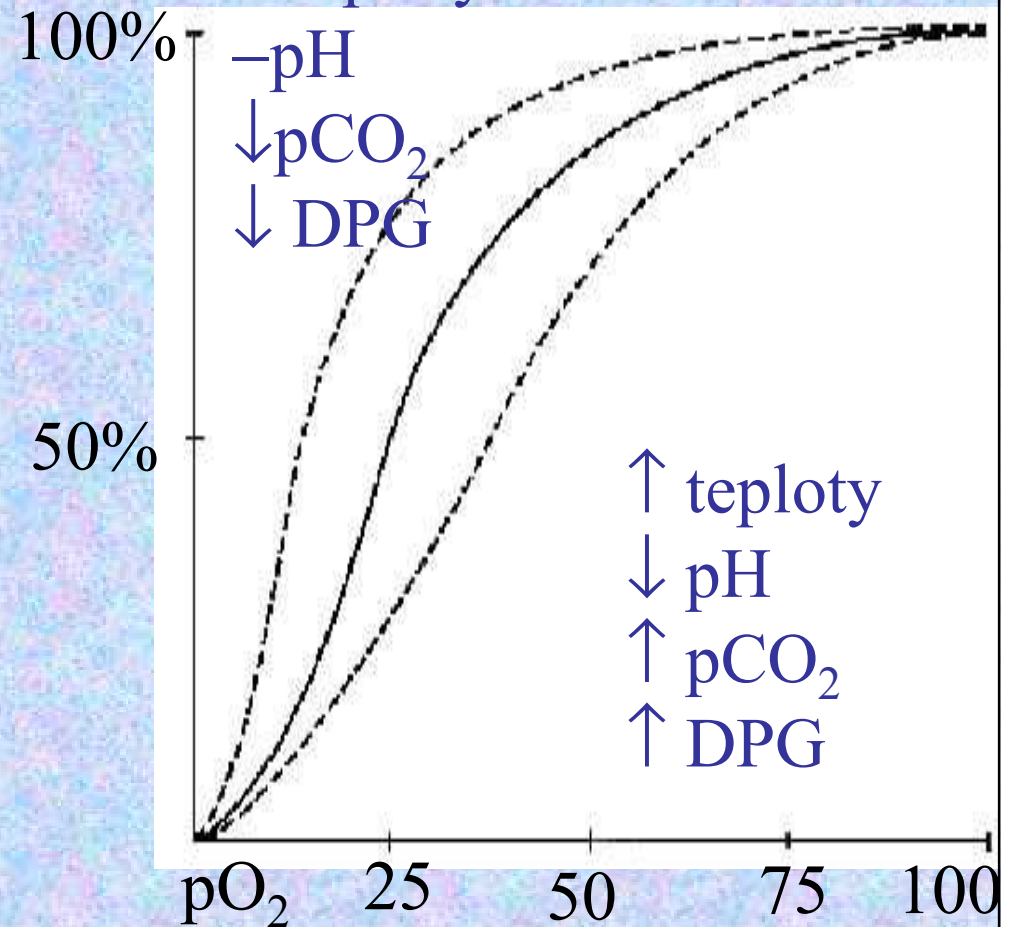
# TRANSPORT O<sub>2</sub>

Fyzikálně rozpuštěný v plazmě

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

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

↓ 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>

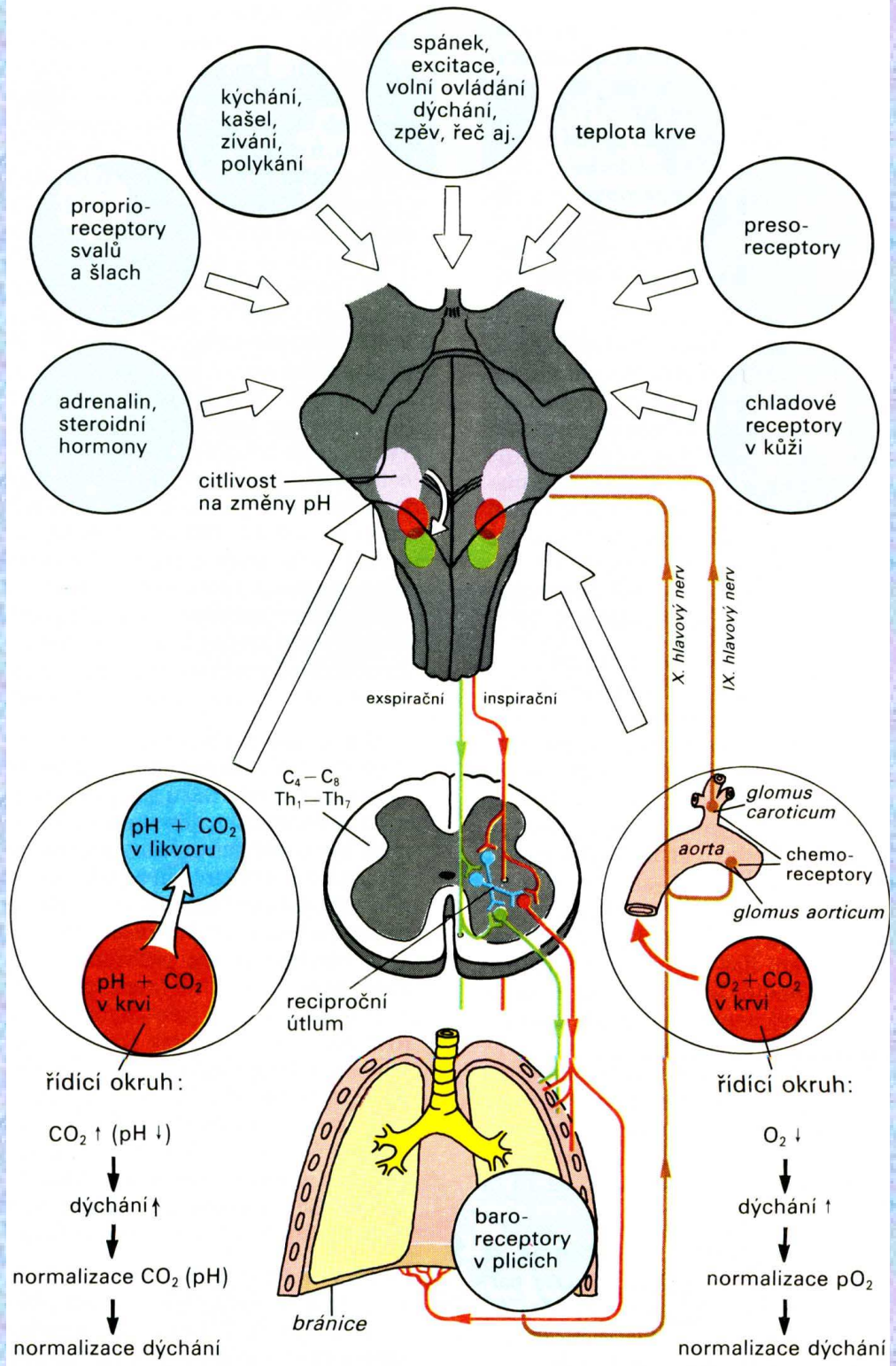




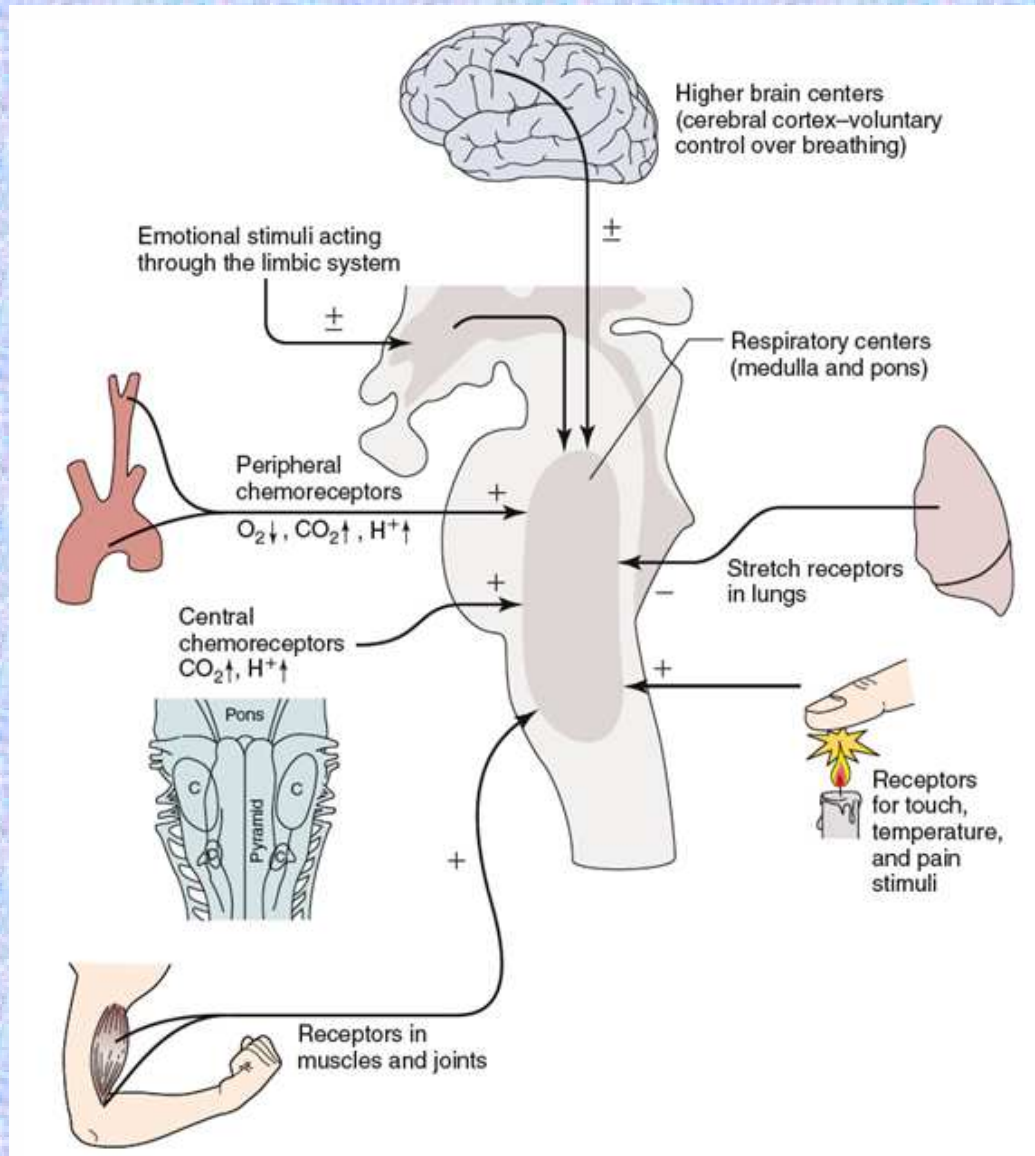
# Regulace dýchání

# 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>~~

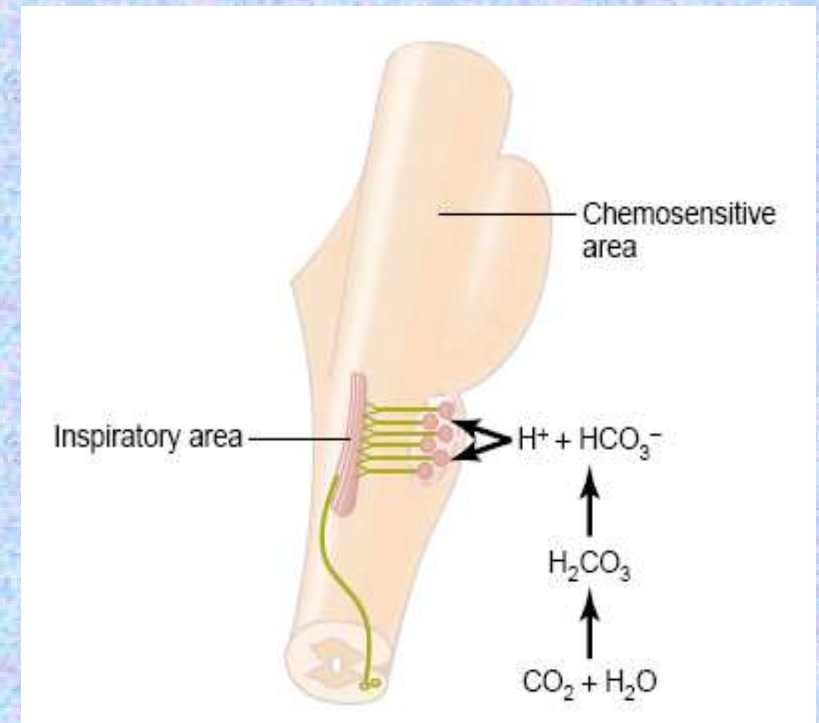
# Chemické faktory ovlivňující dechové centrum:

## Centrální chemoreceptory

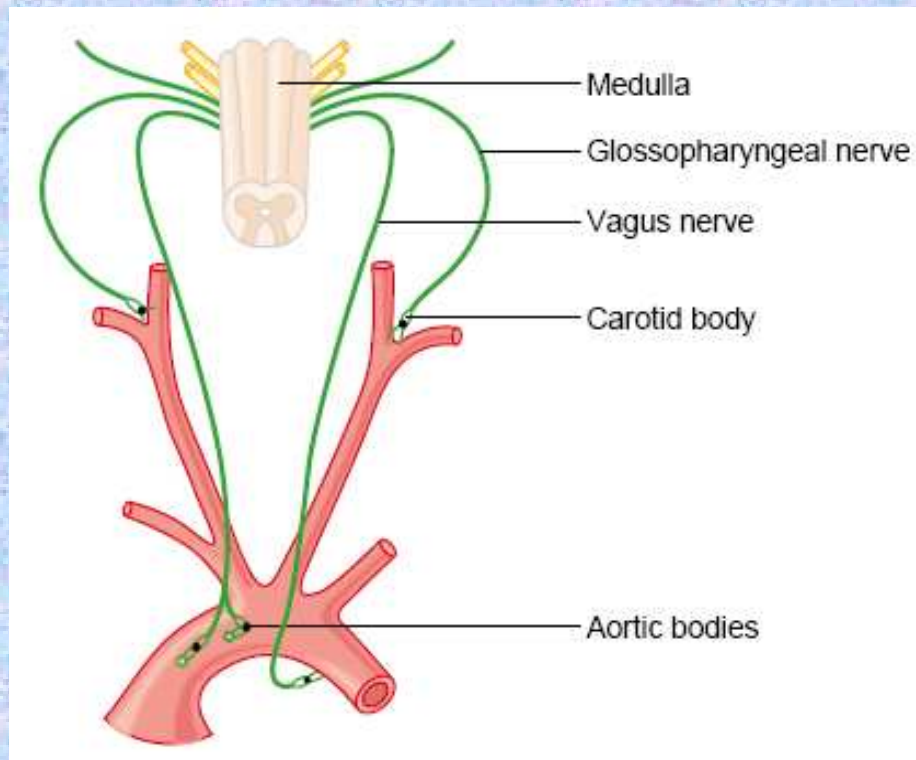
- na ventrální straně prodloužené míchy

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

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





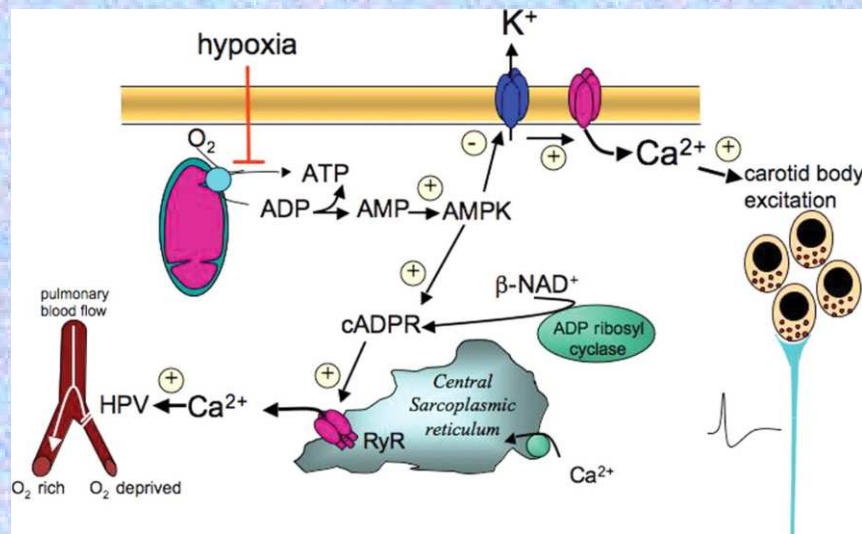


## Periferní receptory

– 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

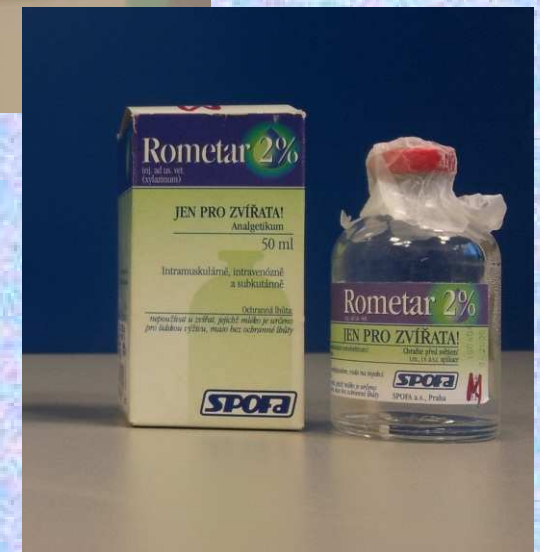
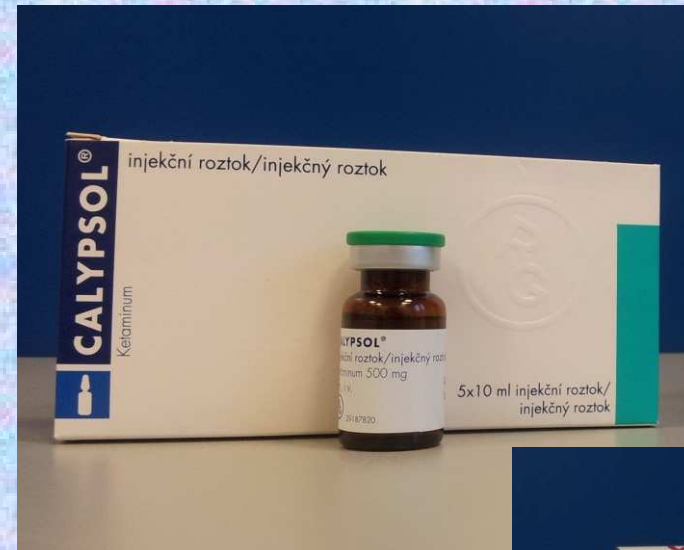
**Tahové receptory** (stretch receptory) pomalu se adaptující, v hladké svalovině trachei a bronchů; jejich podráždění tlumí aktivitu respiračního centra v mozgovém kmeni – **Hering-Breuerovy reflexy**.

# PŘÍPRAVA ZVÍŘETE K EXPERIMENTU - ANESTEZIE

## INHALAČNÍ ÚVOD



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



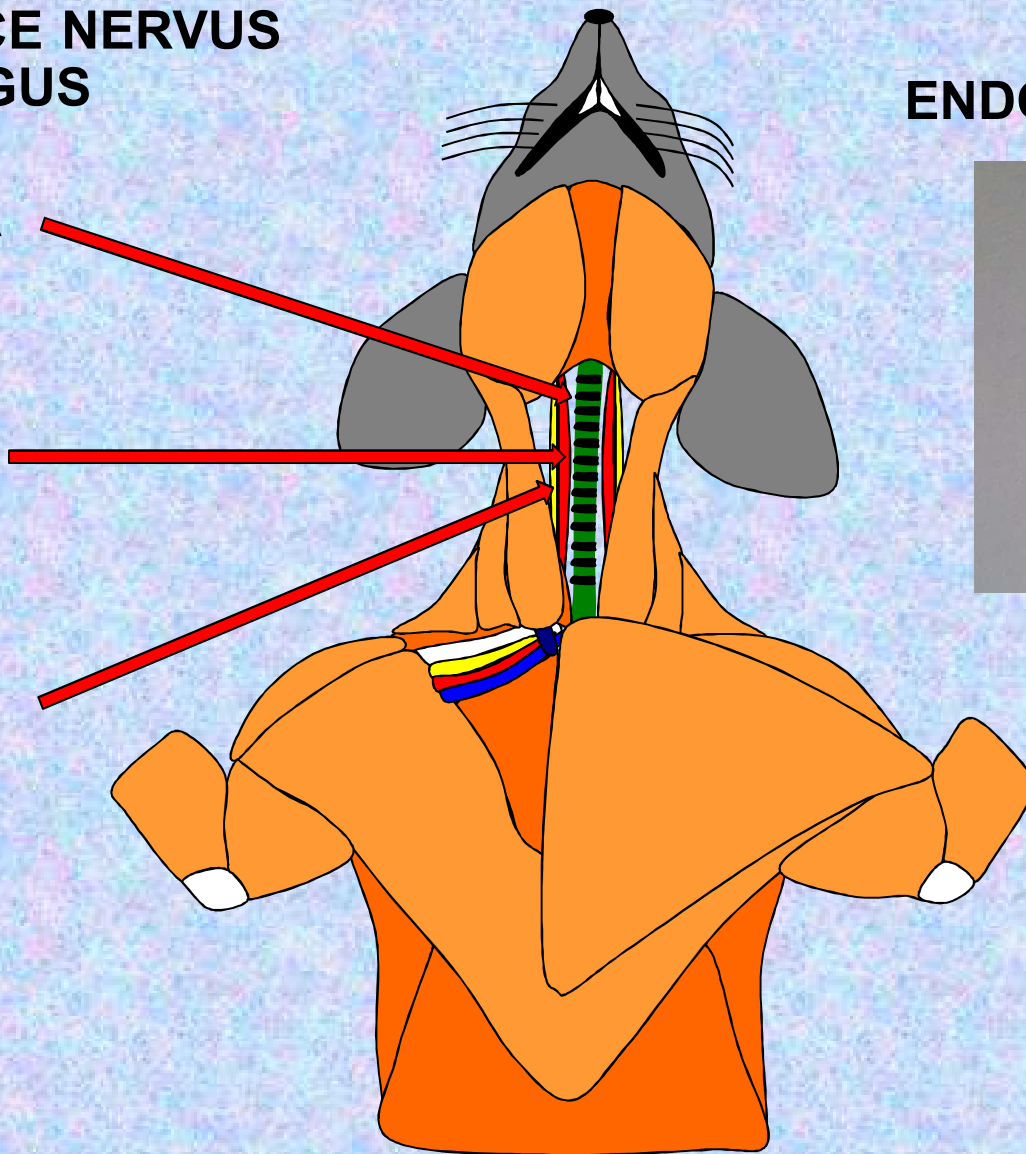
# PŘÍPRAVA ZVÍŘETE K EXPERIMENTU

PREPARACE NERVUS  
VAGUS

TRACHEA

A. CAROTIS

N. VAGUS

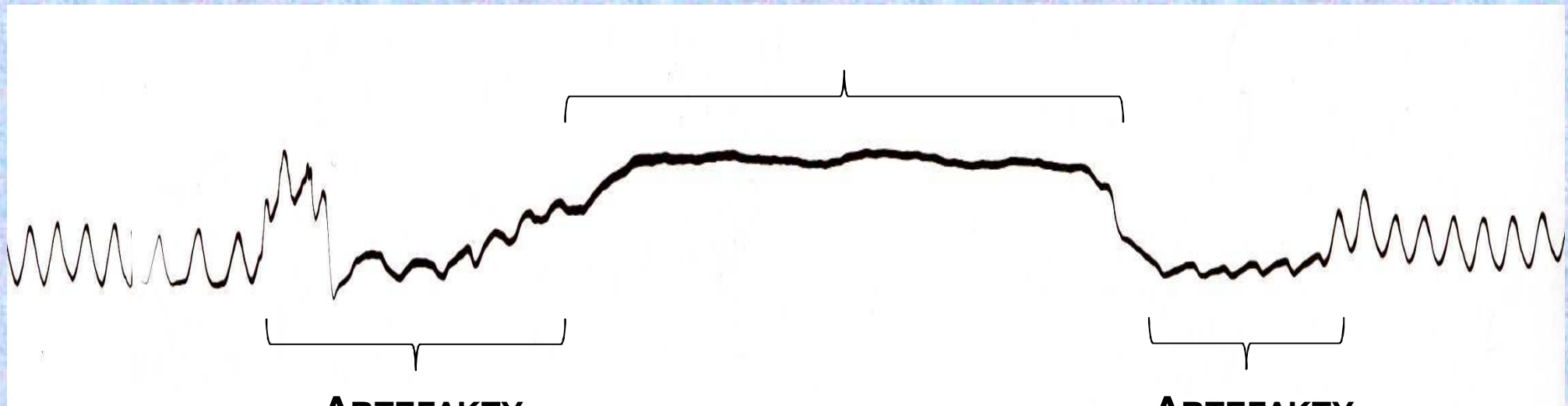


ZAVEDENÍ  
ENDOTRACHEÁLNÍ KANYLY



# HERING-BREUEROVY REFLEXY

## REFLEXNÍ ZÁSTAVA DECHU (INFLAČNÍ REFLEX)



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

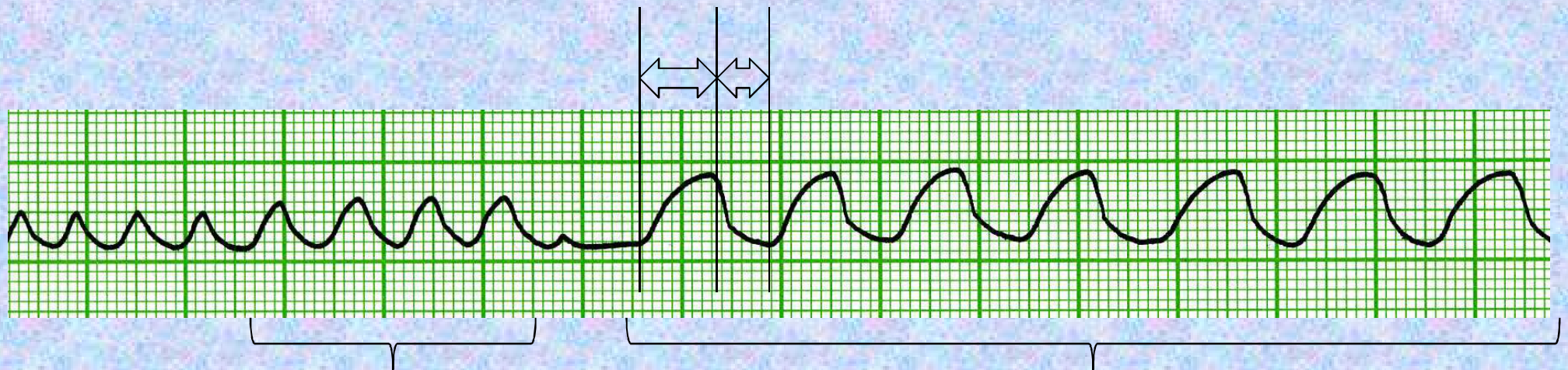
**ARTEFAKTY**  
**(PŘI RUŠENÍ PŘETLAKU)**

# 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)

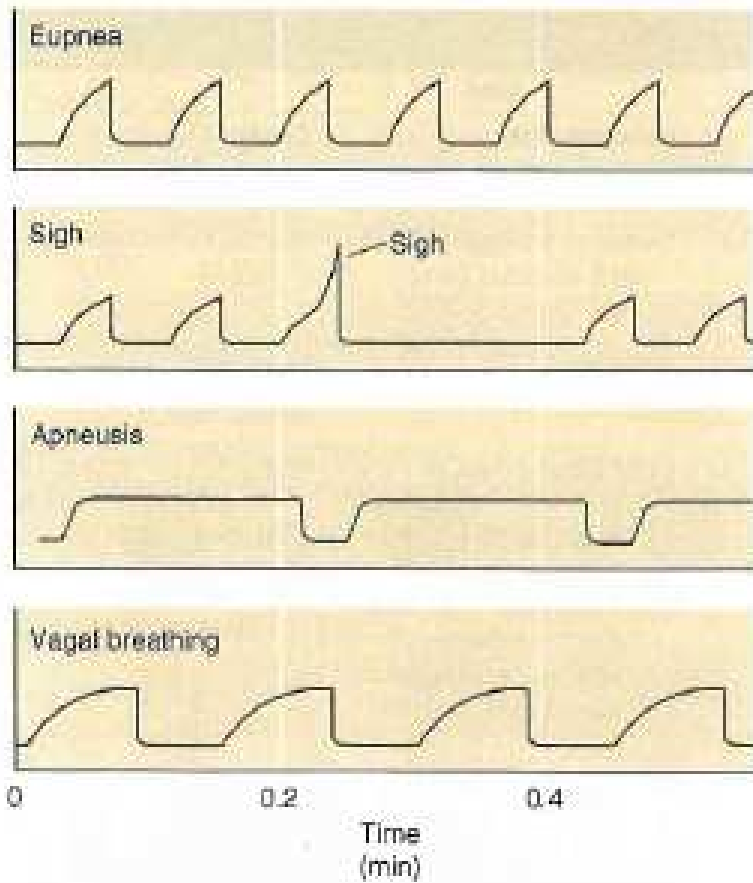


# Periodické dýchání

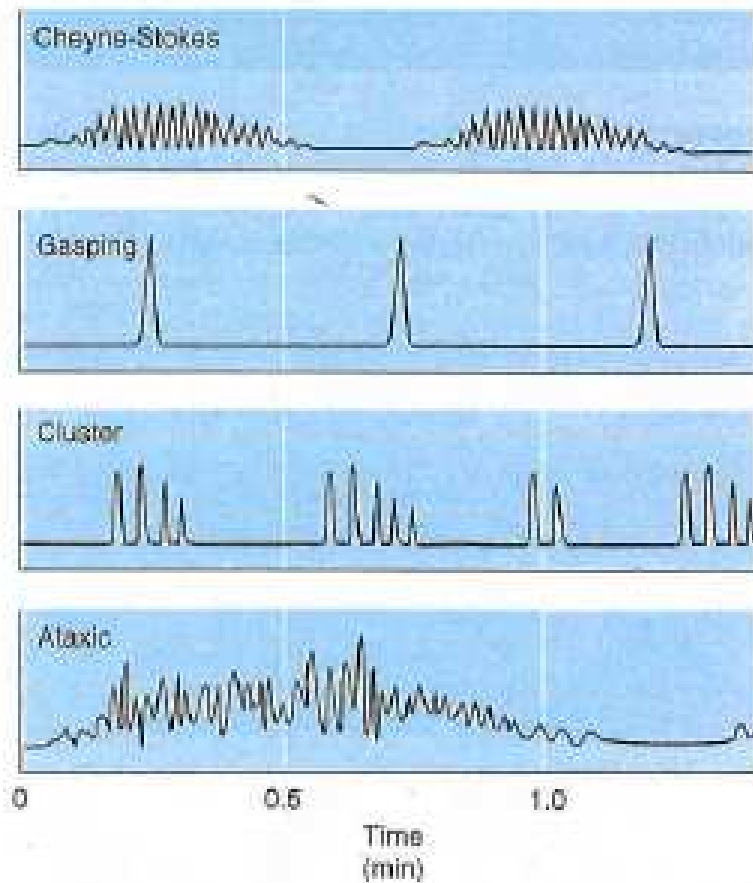
- Není pravidelné, rytmické, ale dýchání probíhá v periodách („chvilku se dýchá, chvilku se nedýchá“)
- **CHEYNE-STOKESOVO** dýchání
- **BIOTOVO** dýchání
- **Lapavé** dýchání („gasping“)
- **KUSSMAULOVO** dýchání u diabetického komatu

- **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

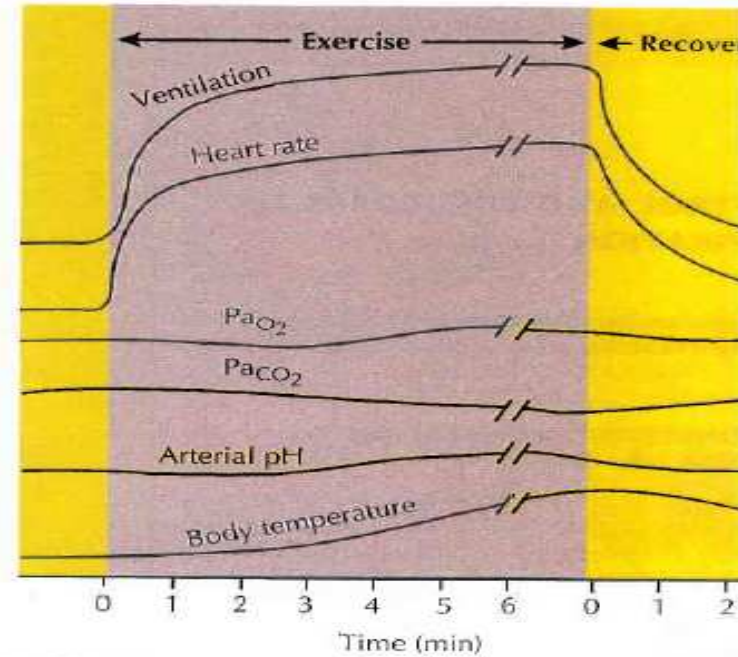
# Regulace dýchání při zátěži

- 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

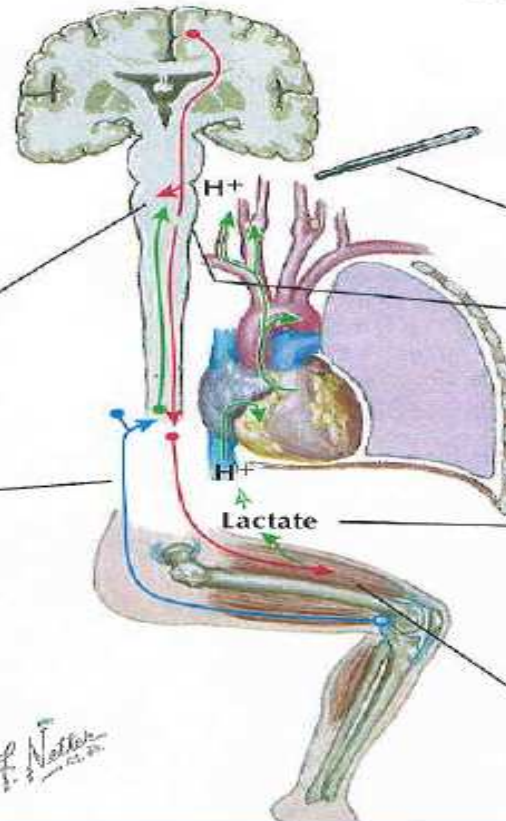


Factors that may account for initial abrupt rise and sharp terminal drop in ventilation

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*



# 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**

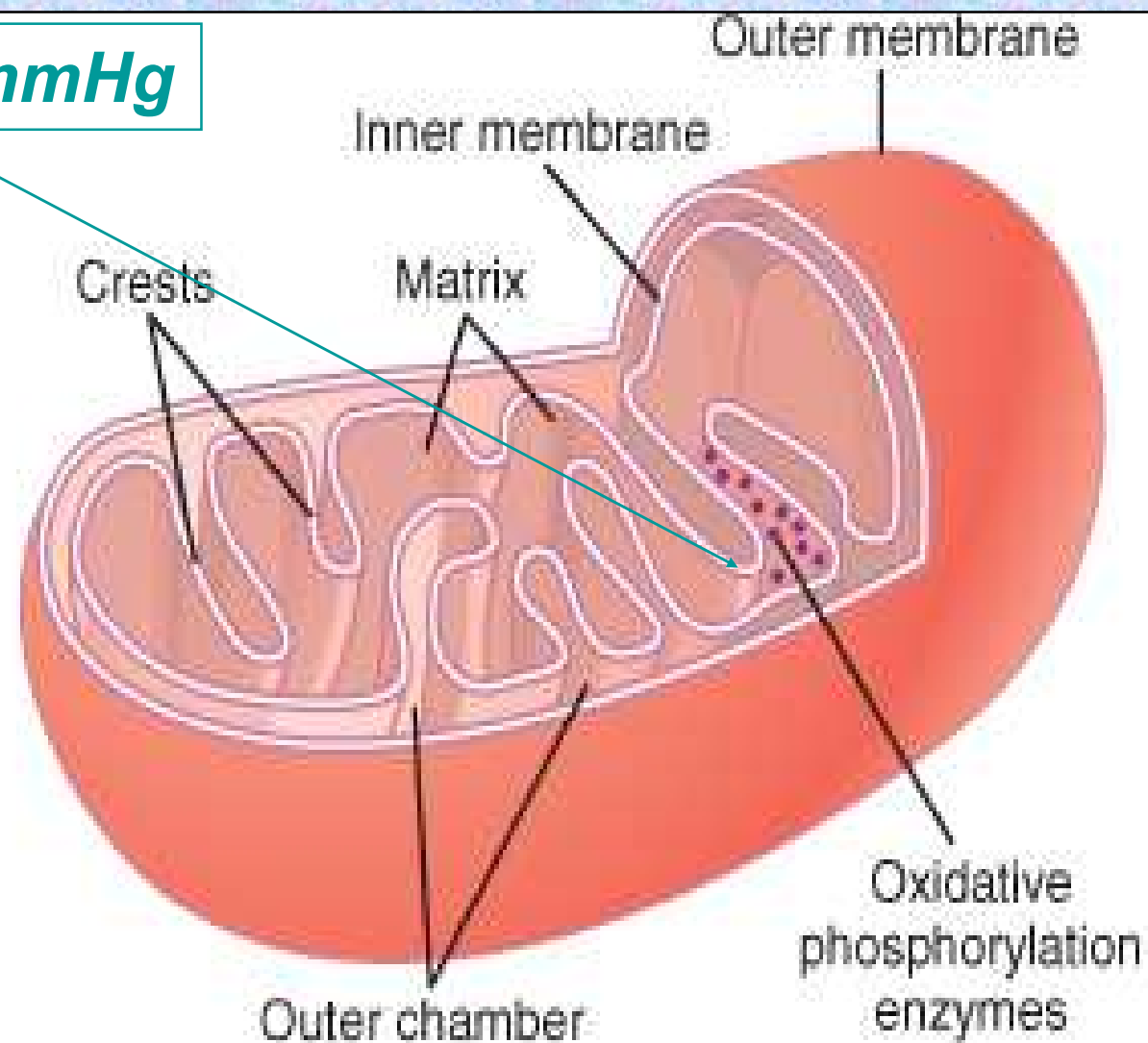
***Smíšená žilní krev***

**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