

**ANATOMIE
A
FYZILOGIE**

Lidský organismus je složitý systém specializovaných orgánů.

Anatomie

se zabývá jejich stavbou a uspořádáním.

Fyziologie

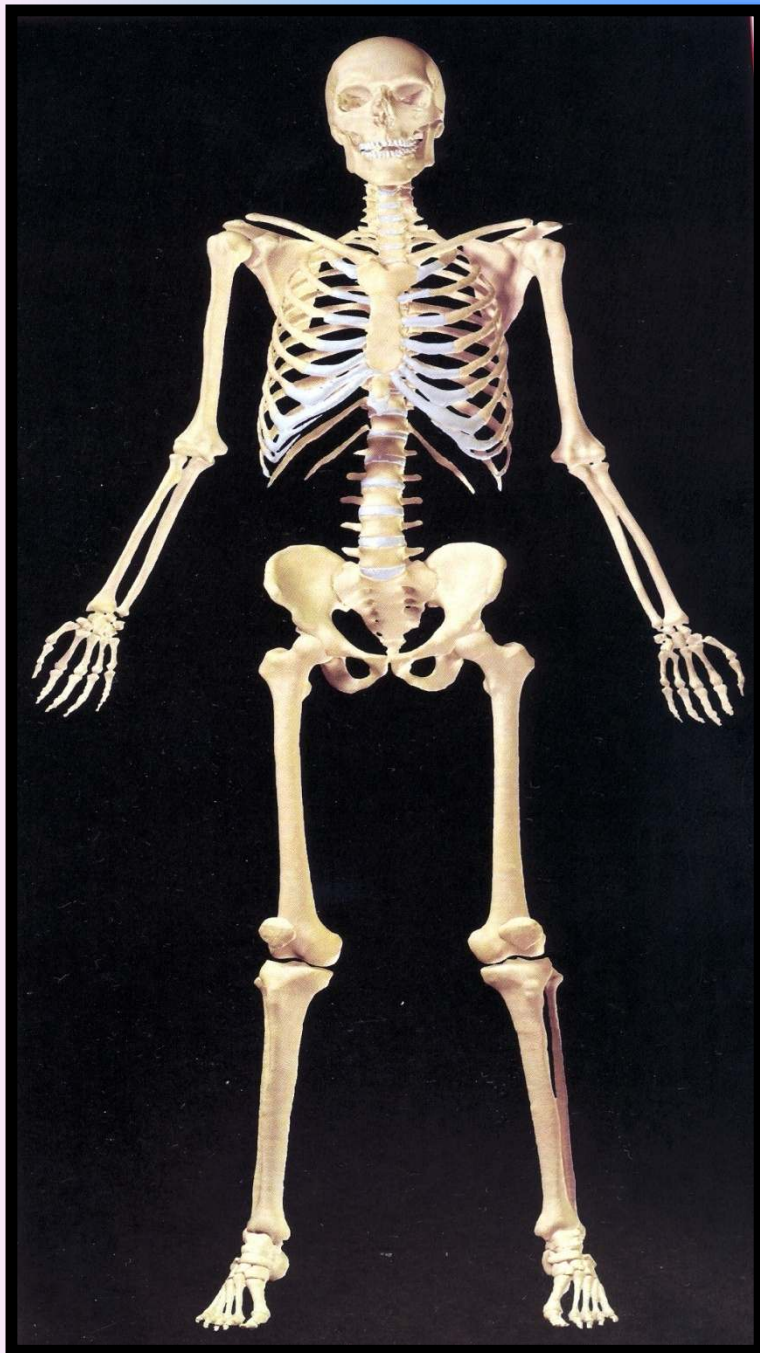
se věnuje vzájemnému sladění činnosti orgánů, projevující se uvnitř organismu i ve vztahu mezi organismem a okolním prostředím.

ORGÁNY, TKÁNĚ A BUŇKY

- Orgány jsou vystavěny z tkání, tj. souborů buněk shodného tvaru a funkce.
- Z potápěčského hlediska (pobyt v přetlaku) je významné, že organismus až na určité výjimky představuje prakticky tekuté prostředí.
- Tělní tekutiny se nacházejí uvnitř buněk i v mezibuněčných prostorech, kolují v cévním i mízním systému.
- Celková voda v organismu dospělého jedince představuje přibližně 60 % tělesné hmotnosti.

Organismus člověka je tvořen soustavou vzájemně spolupracujících a na sobě závislých systémů

- Kosterní**
- Svalový**
- Nervový**
- Dýchací**
- Oběhový**
- Trávicí a vylučovací**



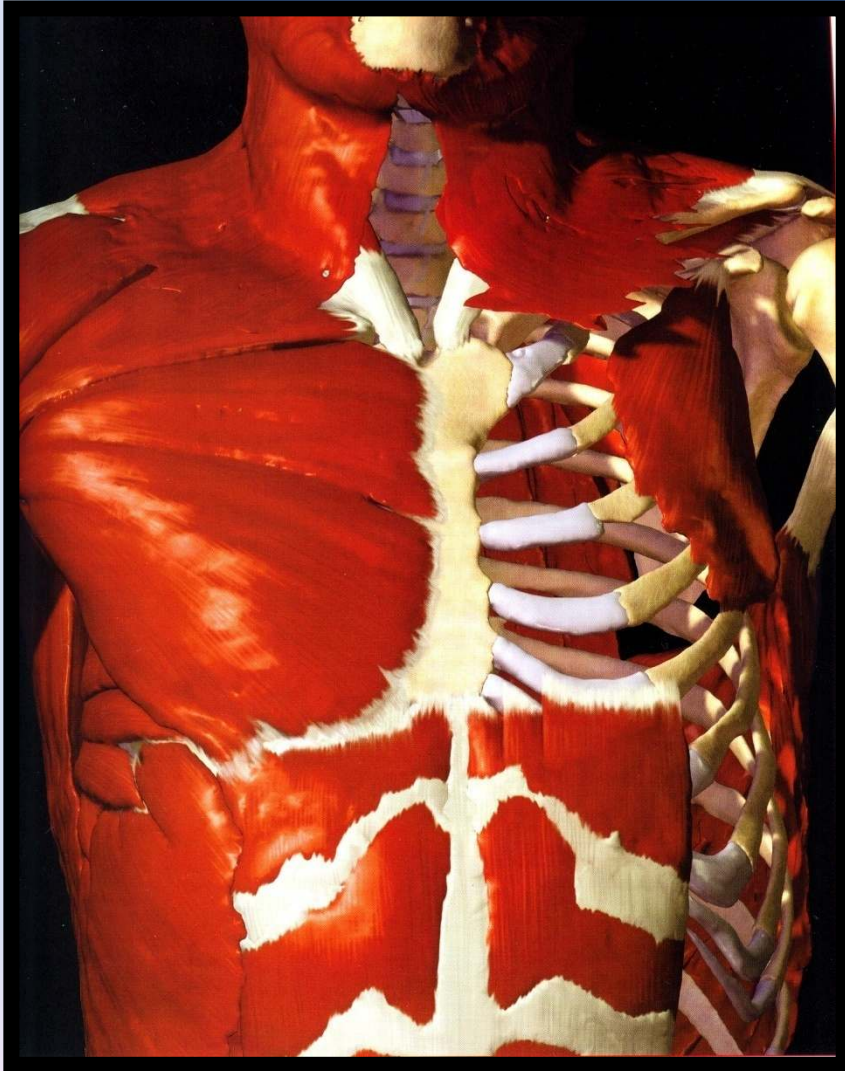
Kostra

- Tvoří opěrný systém, na němž je vybudován celý organismus, a který chrání důležité orgány.

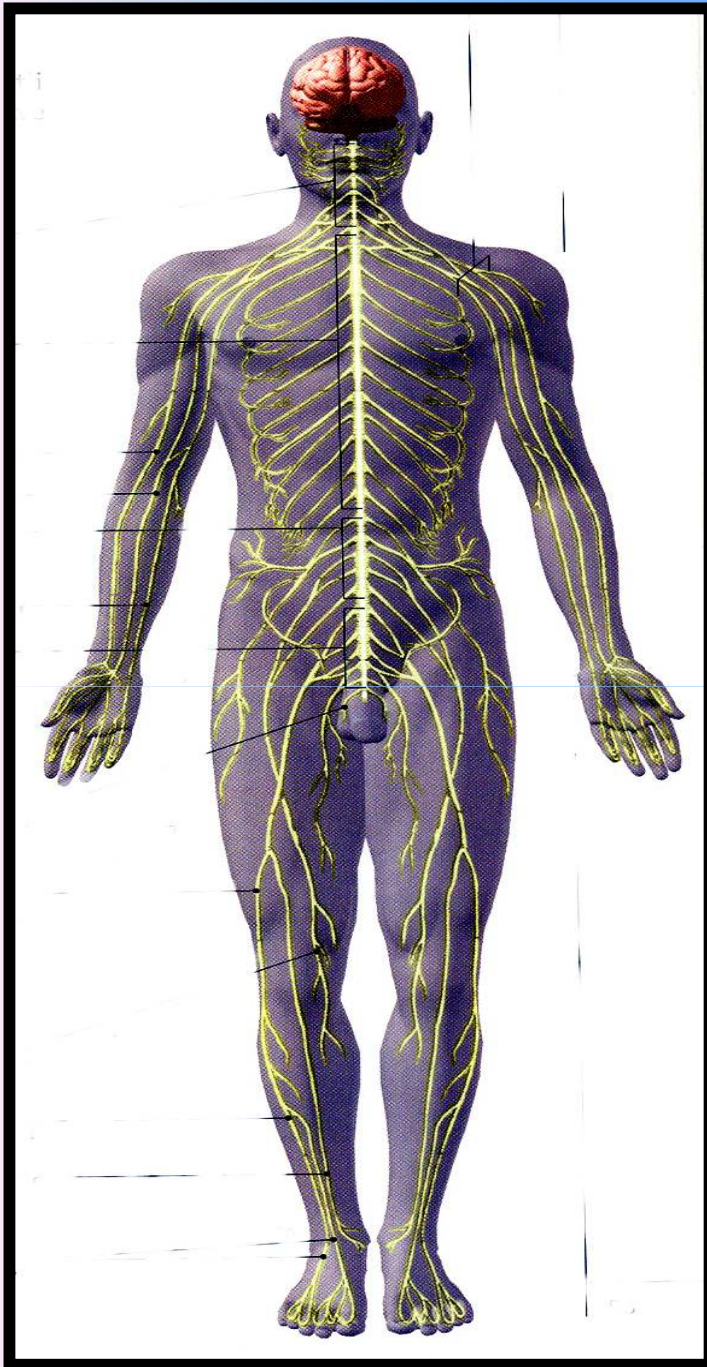
Obsahuje 206 kostí

- Dlouhé (kosti končetin).
- Krátké (kosti zápěstí a kotníku).
- Ploché (hrudní kost, žebra, lopatky, kosti lebky).
- Nepravidelné (kosti tváře, páteře).

Svalstvo



- Umožňuje veškeré pohyby.
- Některé svaly jsou řízeny vědomě, jiné vykonávají svou funkci automaticky, nezávisle na vědomí potápěče.
- Svaly se stahují pokud dostanou pokyn prostřednictvím nervových impulsů.
- Většina je připojena ke kostem kostry - kosterní svaly. Kosterní sval překlenuje jeden nebo více kloubů a je přichycen ke kosti bělavým fybrózním svazkem - šlachou.



Nervová soustava

- Se skládá z mozku, míchy a periferních nervů.
- Je jednotícím činitelem, který řídí činnost jednotlivých orgánů, spojuje je v harmonický celek a zajišťuje správné a včasné reakce organismu na podněty z okolí.
- Nervová soustava je organizována hierarchicky, s nejvyššími nervovými centry soustředěnými v mozku.

METABOLISMUS

- Činnost organismu je podmíněna neustálým přísunem kyslíku a energie na jedné straně a nepřetržitým odvodem vedlejších produktů na druhé straně. Tento proces označujeme jako přeměnu látek a energií - metabolismus.
- Organismus získává kyslík z ovzduší a energii z potravy postupným štěpením složitějších látek na jednodušší.

Základní životní funkce

Vědomí Dýchání Krevní oběh

- Jejich vzájemné sepětí je velmi úzké; vyřazením jedné z nich zákonitě spěje k výpadku zbývajících.
- Pokud k obnovení základních funkcí nedojde v několika minutách, má taková situace za následek smrt.

DÝCHÁNÍ

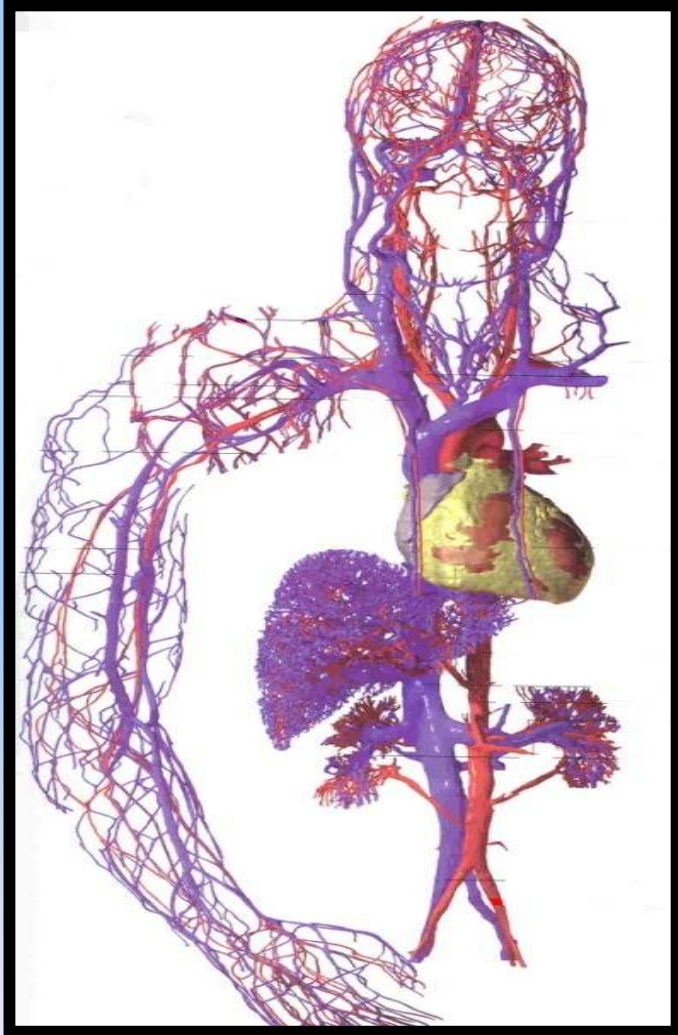
Dýchání je fyziologický děj, jehož smysl spočívá ve výměně dýchacích plynů mezi organismem a vnějším prostředím.

Dýchacími plyny rozumíme:

Kyslík O₂

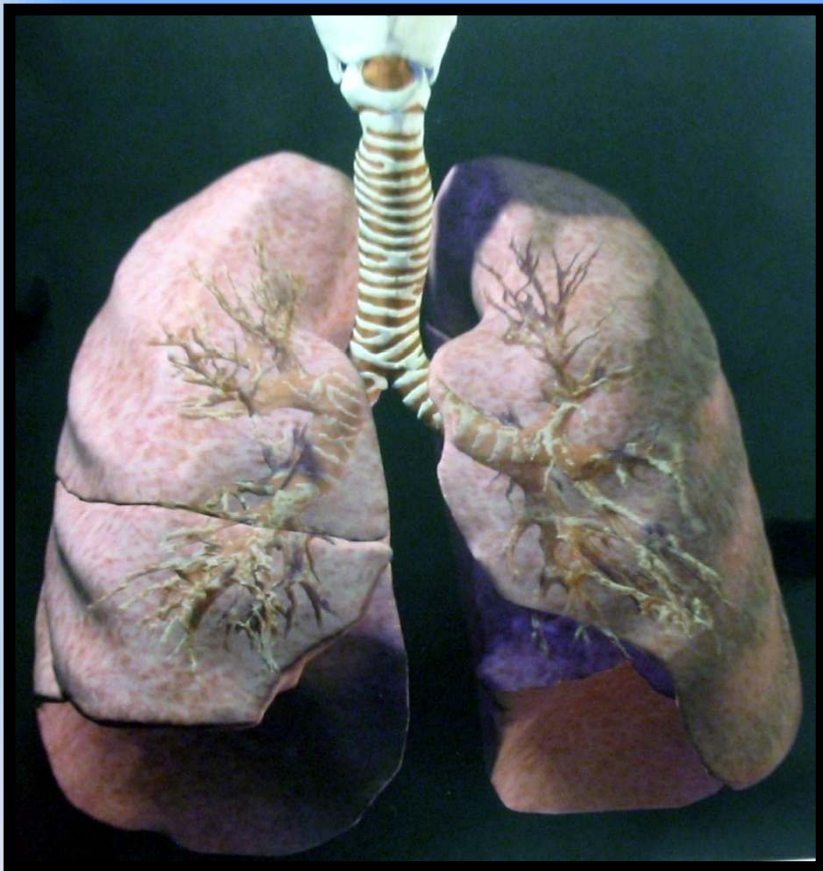
Oxid uhličitý CO₂

Na dýchání člověka se podílí



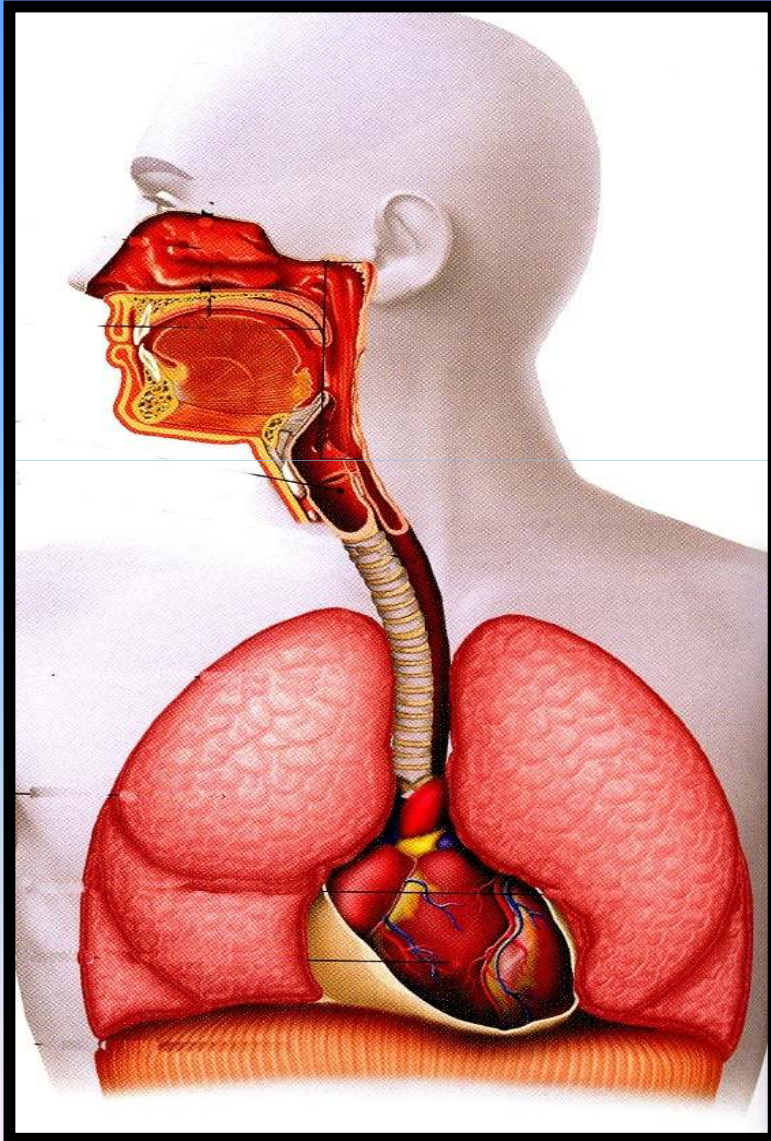
- Krev; jako prostředek dopravy plynů.
- Krevní oběh; umožňující tuto dopravu.
- Vlastní dýchací ústrojí; které slouží příjmu kyslíku a výdeji oxidu uhličitého.
- Centrální nervstvo; řídící dýchací pohyby

Zevní dýchání



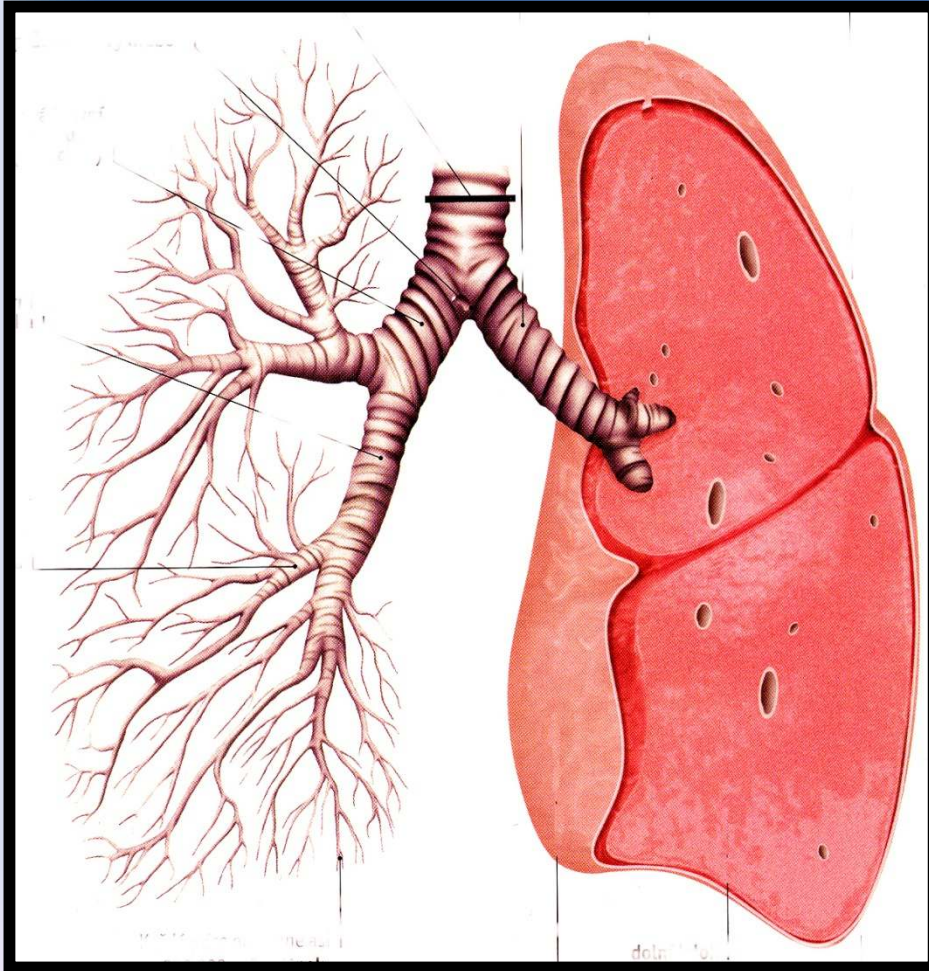
- Výměna kyslíku a oxidu uhličitého mezi vzduchem v alveolách a mezi krví protékající vlásečnicemi, jejichž hustou sítí jsou sklípky opředeny.
- Respirační funkce: děje se plicemi, které obstarávají výměnu plynů.
- Ventilační funkce: děje se dýchacími svaly, který umožňují obnovení alveolárního vzduchu.

Stavba dýchací soustavy



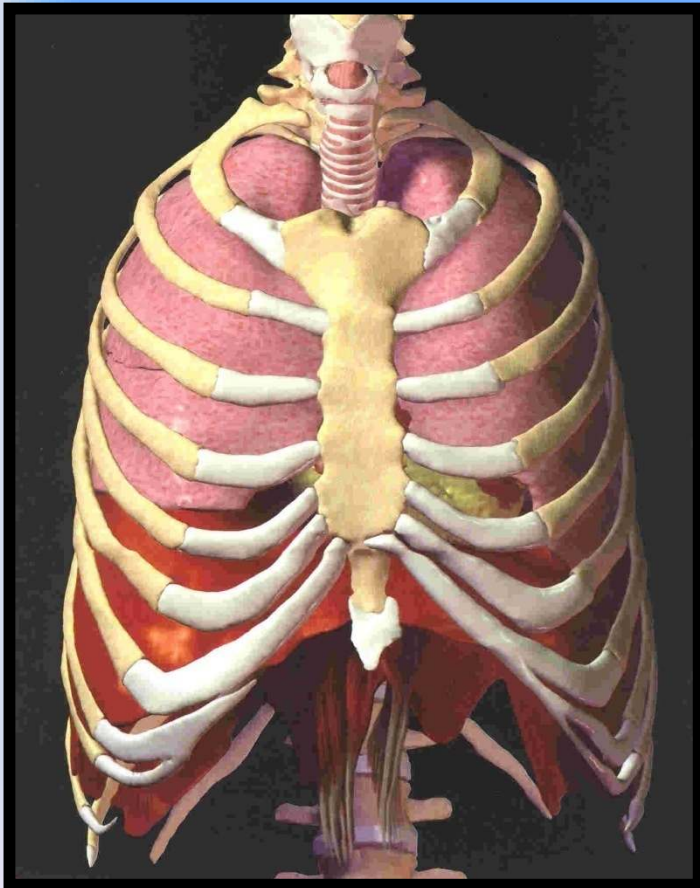
- Dýchací cesty
- Respirační část
plíce
(výměna plynů)

Dýchací cesty



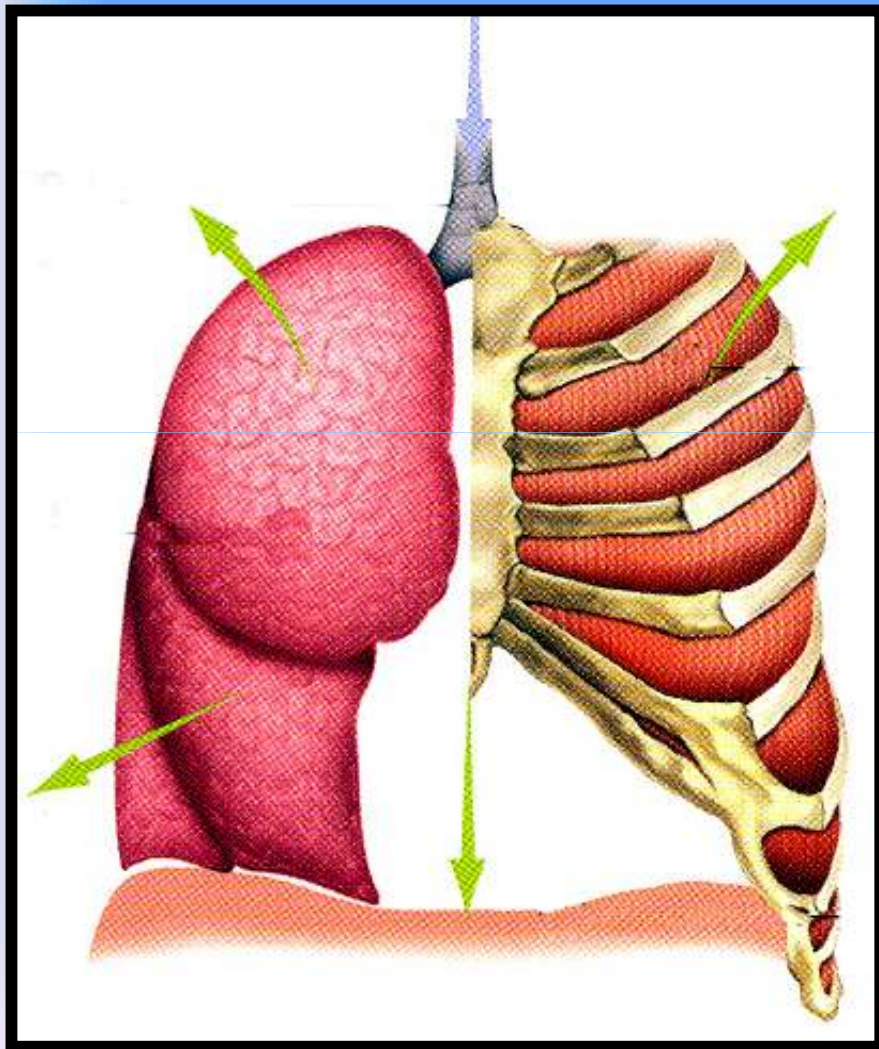
- nosní dutina spojená s dutinami v lebeční kosti (vedlejší dutiny nosní)
- hltan /pharynx/ vzduch i potrava, na konci se dělí na jícen a hrtan
- hrtan /larynx/
- průdušnice /trachea/ dělí se na dvě průdušky
- průdušky /bronchy/ větví se a tvoří bronchiální strom
- průdušinky

Plíce



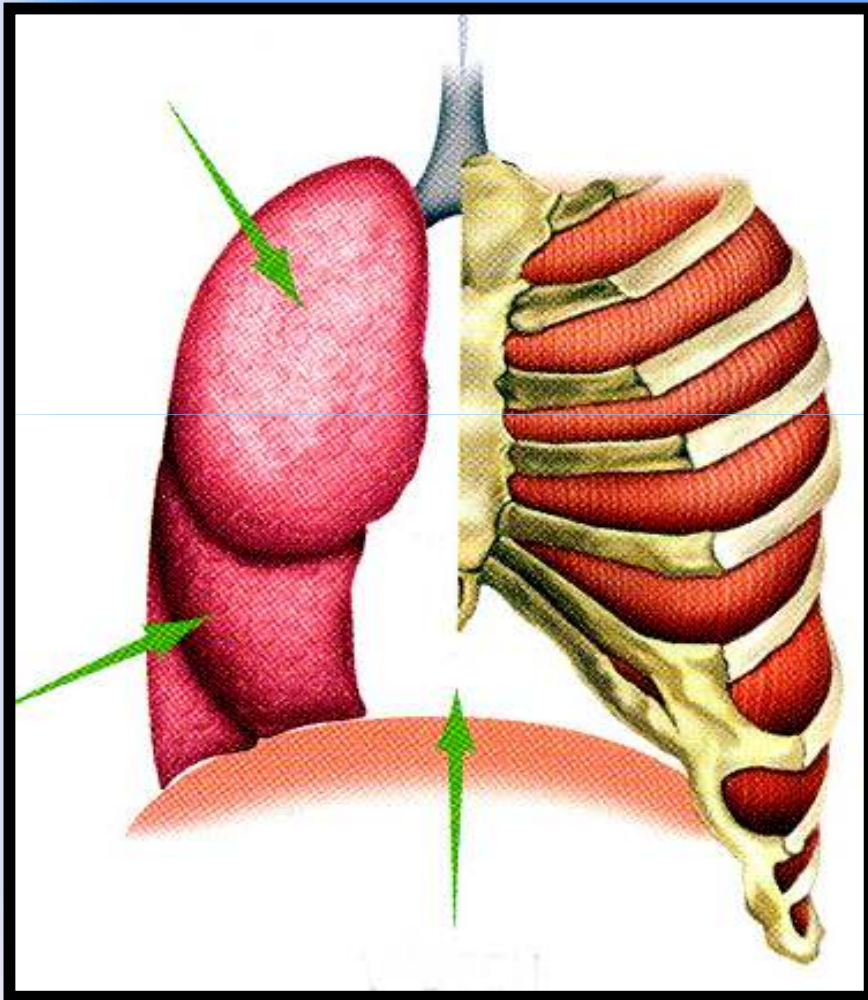
- Uloženy v dutině hrudní.
- Vazivovou mezihrudní přepážkou (mediastinum) jsou odděleny na pravou a levou.
- Pravá - 3 laloky.
- Levá - 2 laloky.
- Na povrchu jemná blána - poplicnice (pleura pulmonalis) srůstá s plicním vazivem.
- Na vnitřní straně hrudníku - pohrudnice (pleura parietalis).
- Mezi pohrudnicí a poplicnicí je pohrudniční štěrbina vyplněna tekutinou. Podtlak v pohrudniční štěrbině udržuje plíce v rozepjatém stavu.

Vdech /inspirace/



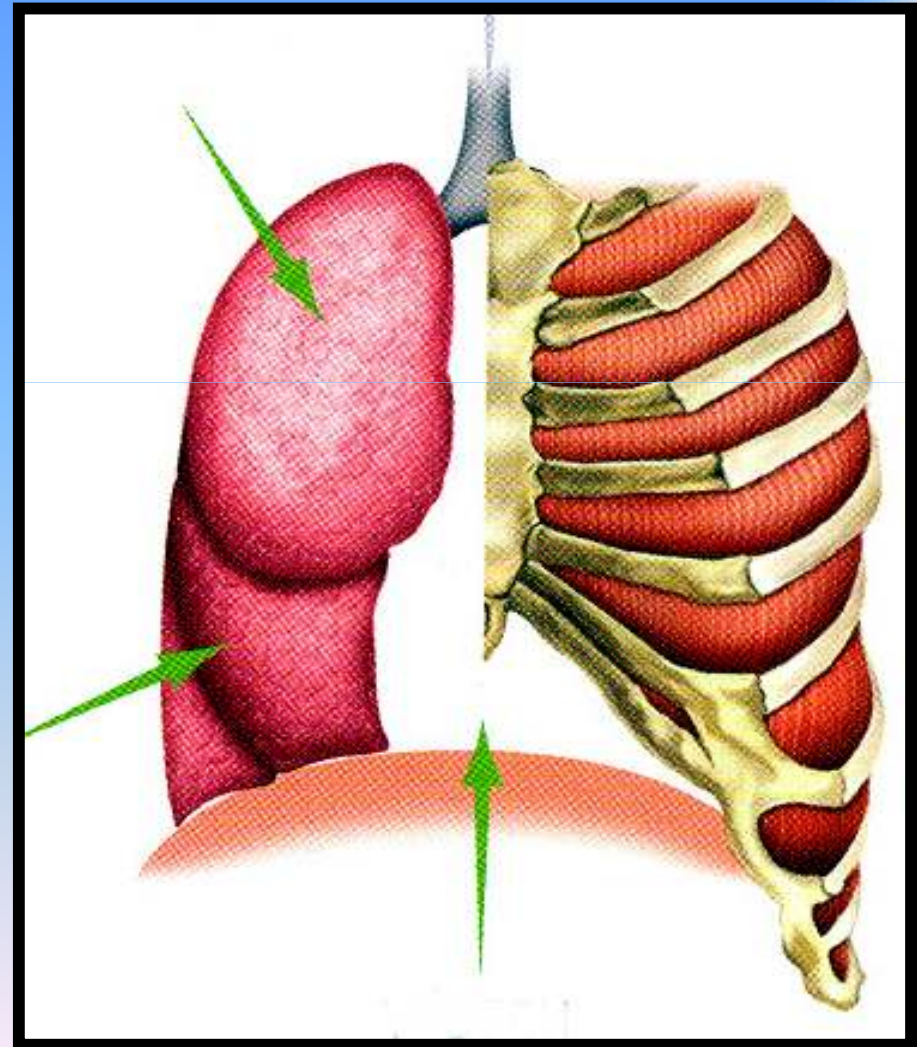
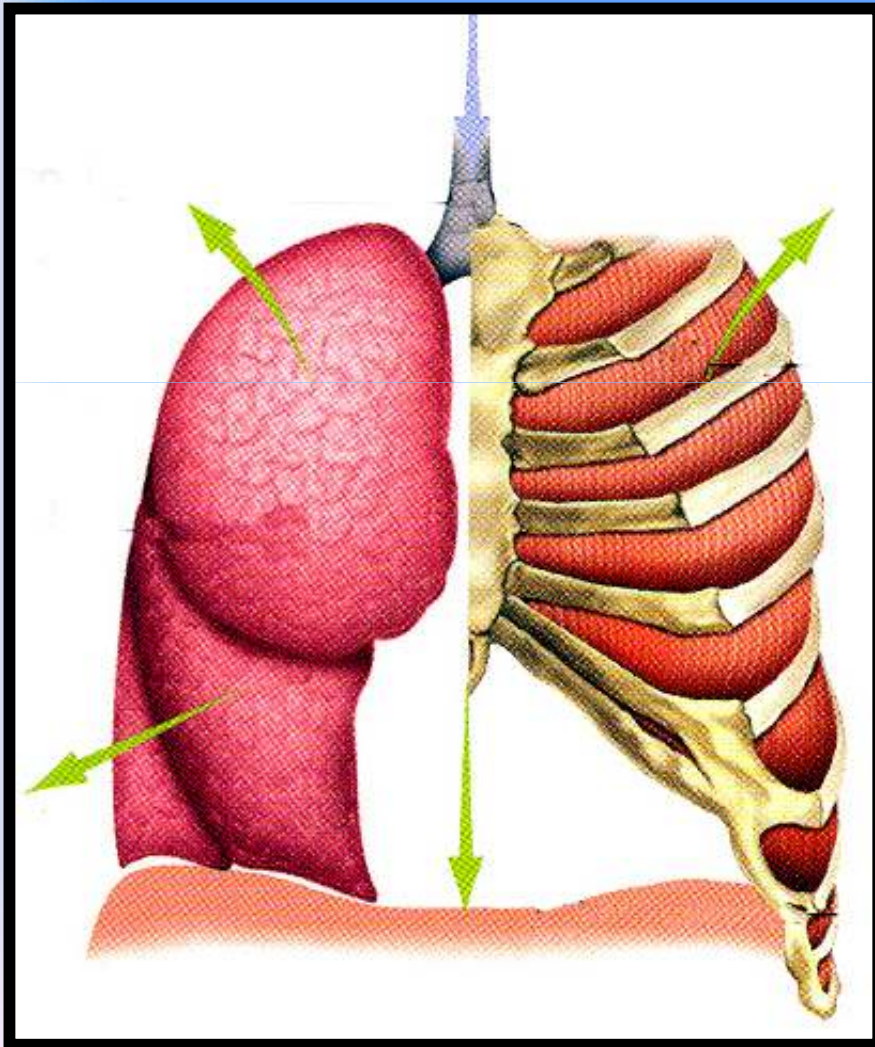
- Stahem bránice: Bránice je velmi důležitým dýchacím svalem, na jehož činnosti závisí asi 60% výměny vzduchu v plicích.
- Stahem zevních mezižeberních svalů: kterými se zdvihají žebra a hrudní kost se posunuje o něco vzhůru a vpřed.

Výdech /expirace/



- Silou pružného napětí žeberních chrupavek.
- Silou pružného napětí plic.
- Váhou hrudníku.
- Vytlačováním bránice vzhůru, což nastává, jakmile skončí její stah.
- Stahem břišních svalů.

Vdech - výdech



Ventilace plic

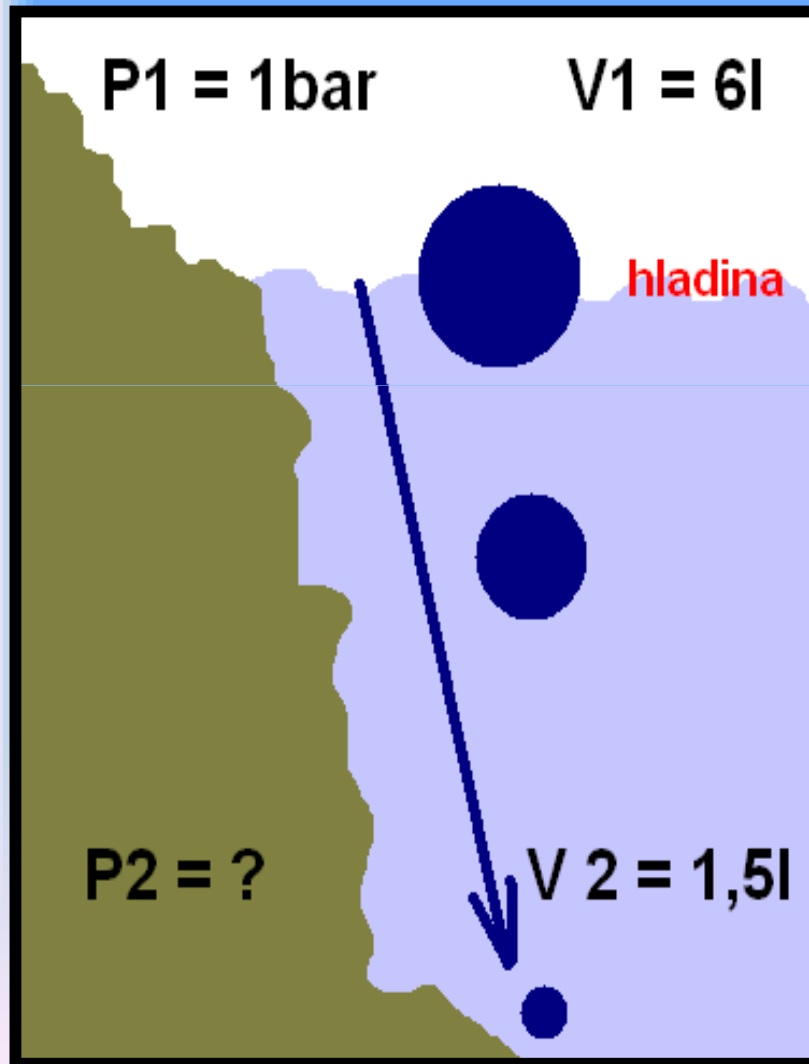
čtyři primární dechové objemy

| | | |
|--|---------------------------------|--|
| Respirační objem (dechový objem) | klidu 500 ml námaha 2 až 3 l | Množství vzduchu vyměňovaného v plicích každý dech a výdech |
| Inspirační rezervní objem (nádechový rezervní objem) | 2500 ml | Množství vzduchu, které lze po obvyklém vdechu ještě vdechnout. |
| Expirační rezervní objem (výdechový rezervní objem) | 1000 ml | Množství vzduchu, které lze po obvyklém výdechu ještě vydechnout. |
| Residuální objem (zbytkový objem) | 1500 ml (1000 až 2000 ml) | Množství vzduchu, které zbyde v plicích i po nejsilovnějším výdechu. |

Ventilace plic - dechové objemy

| | | |
|------------------------------|--|---|
| Celková kapacita plic | U mužů 6 l U žen 4 ½ l | Množství vzduchu, které je v plicích na konci maximálního vdechu. |
| Vitální kapacita plic | U mužů 5 l U žen 3 ¼ l | Je množství vzduchu, které lze z plic vypudit maximálním výdechem po maximálním nádechu. <u>Objemu hrudníku</u> <u>Na roztažlivosti hrudníku a plic</u> <u>Na výkonnosti dýchacího svalstva</u> <u>spirometr, spirograf</u> |
| Dechová frekvence | klid: 10 - 20 muži 16 ženy 20 Zátěž: 30 - 50 | Počet dýchacích cyklů (nádech - výdech) za jednu minutu. |

Výpočet teoretické hloubky při potápění na nádech



- Z anatomického uspořádání hrudníku je zřejmé, že možnosti lidského organismu jsou v tomto směru omezené. Narůstající zevní tlak postupně snižuje žebra a vytlačuje orgány dutiny břišní a bránice směrem kranialním (jako při výdechu)
- Hloubka, ve které je hrudník a bránice v poloze maximálního výdechu a vzduch získaný na hladině stlačen tak, že zaujímá residuální objem, je teoretická hraniční hloubka.

Minutový objem dechový

Je jednotkou ventilace plic a je to množství vzduchu, které projde plícemi, to znamená množství vzduchu, které se vdýchá a vydýchá za jednu minutu.

| | |
|--------------------------------|-----------|
| V klidu pod vodou | 8 |
| Pomalé plavání 0,9 km/h | 18 |
| Středně rychlé 1,6 km/h | 30 |
| Značně rychlé 2,3 km/h | 60 |

$$\text{normální objem spotřebovaného vzduchu} = \frac{\text{celkový tlak v hloubce}}{\text{normální tlak na hladině}} \times \text{minutová ventilace plic} \times \text{čas}$$

Mrtvý dýchací prostor

Výměna plynů v dýchacím ústrojí probíhá pouze v alveolách.

Zbytek vzduchu zůstane v dutinách dýchacích cest, které se neúčastní výměny plynů (dutina ústní, nosní, hltan, hrtan, průdušnice a její větve bronchy).

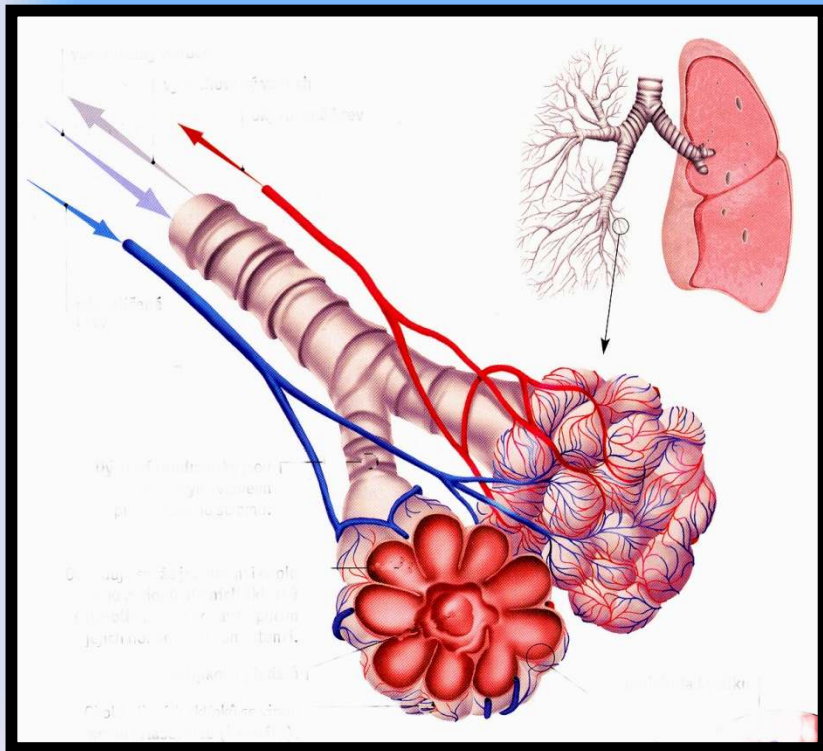
Objem 150 ml

Je nezbytný pro přívod vdechovaného vzduchu do alveolů, slouží k čištění, zvlhčování a předehtřívání vdechovaného vzduchu. Tvoří část hlasového aparátu.

Zvětšení:

- dýchací trubice
- celoobličejová maska

Plicní sklípky - alveoly



- Na konci dýchacích průdušinek dospěje vdechovaný vzduch do plicních sklípků, malých dutinek seskupených do hroznů kolem sklípkové předsíně. Jsou obaleny hustou sítí krevních vlásečnic.
- V průběhu vdechu prochází kyslíkové molekuly ze vzduchu do krve, zatímco molekuly oxidu uhličitého přenášené červenými krvinkami procházejí membránou na opačnou stranu, aby byly odstraněny při výdechu.

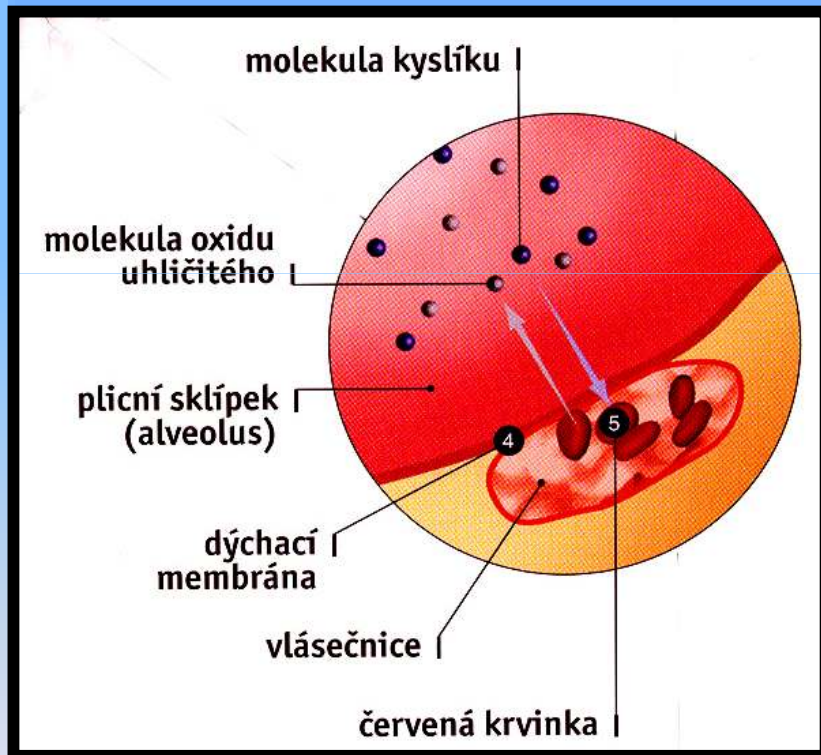
Výměna plynů při dýchání

Alveolární vzduch

- O₂ 13,33 kPa
- CO₂ 5,2 kPa

Venózní krev

- O₂ 5,33 kPa
- CO₂ 6,00 kPa
- Dochází k rozpouštění O₂ ve vlhké výstelce plicních sklípků a jeho difúzi do krve.



DIFÚZE

Výměna dýchacích plynů při zevním i při vnitřním dýchání probíhá na ryze fyzikálním principu difúze.

- Kyslík z plic, kde je ho nejvíce, proniká do krve, kde je ho méně, dále z krve do tkání, jejichž buňkami je spotřebováván.
- Ve srovnání s kyslíkem má oxid uhličitý opačný difúzní spád. Nejvíce oxidu uhličitého se nachází ve tkáních, kde neustále vzniká jako produkt látkové přeměny. Odtud difunduje do krve a z ní do plic, z nichž je výdechem odváděn mimo organismus.

Vnitřní dýchání

- Spotřeba O₂ je úměrná intenzitě metabolických procesů, zejména pak uvolňování energie a tedy i intenzitě tělesné práce. V klidu činí 250 ml / minutu a při intenzivní práci stoupne až přes 3 litry / minutu.
- Tvorba CO₂ v organismu je úměrná spotřebě O₂. (1 litr O₂ - 0,7 až 1 litr CO₂). Poměr spotřeby O₂ a tvorby CO₂ závisí na stravě a intenzitě práce.
- Rozdíl je způsoben štěpením bílkovin, přičemž se CO₂ chemicky váže v molekulách močoviny a vylučuje se močí.

Vnitřní dýchání

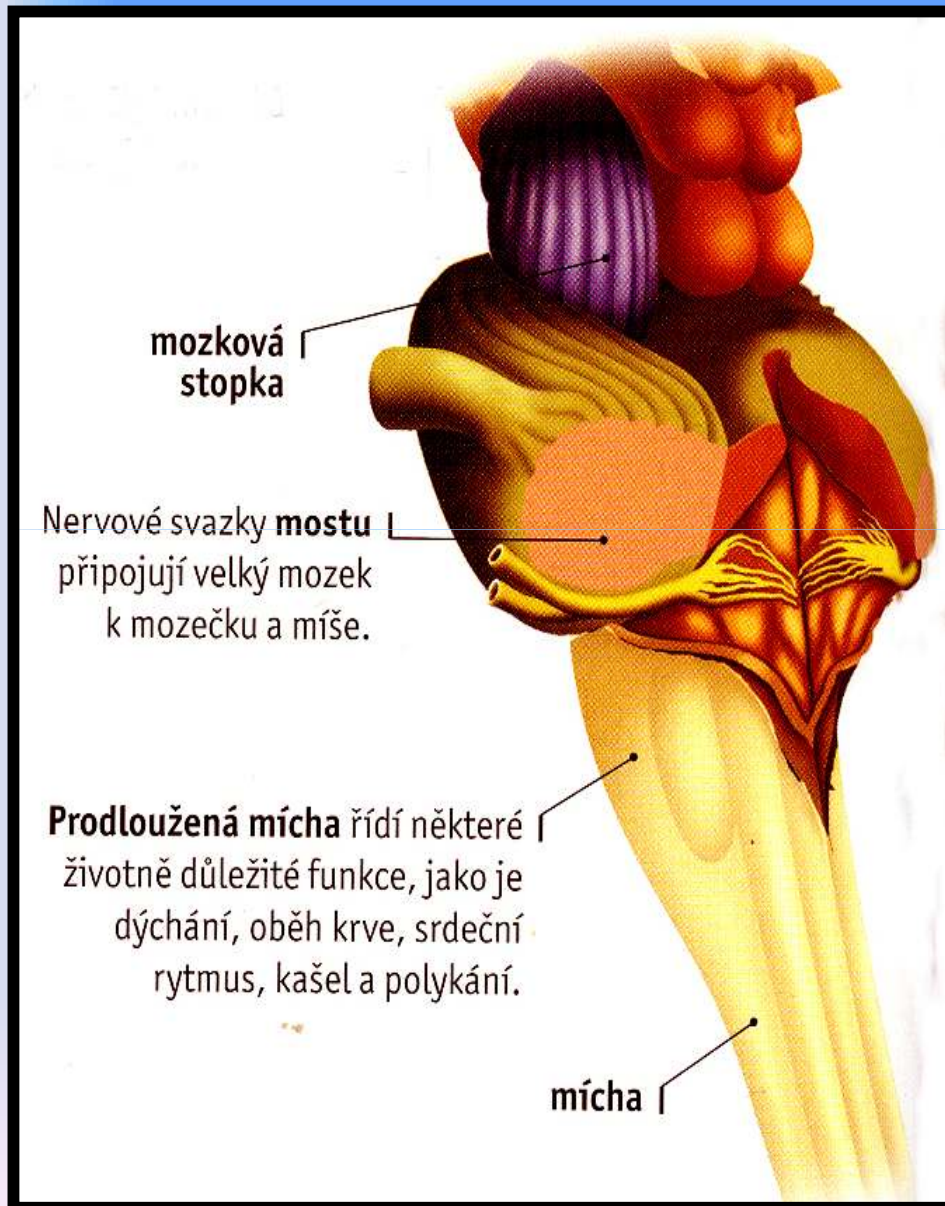
Přenos kyslíku v krvi

- 1. rozpuštěný v plazmě (3 ml / l krve)
- 2. Vázaný na hemoglobin v červených krvinkách 98% (197 ml/l krve)

• Přenos CO₂ krví

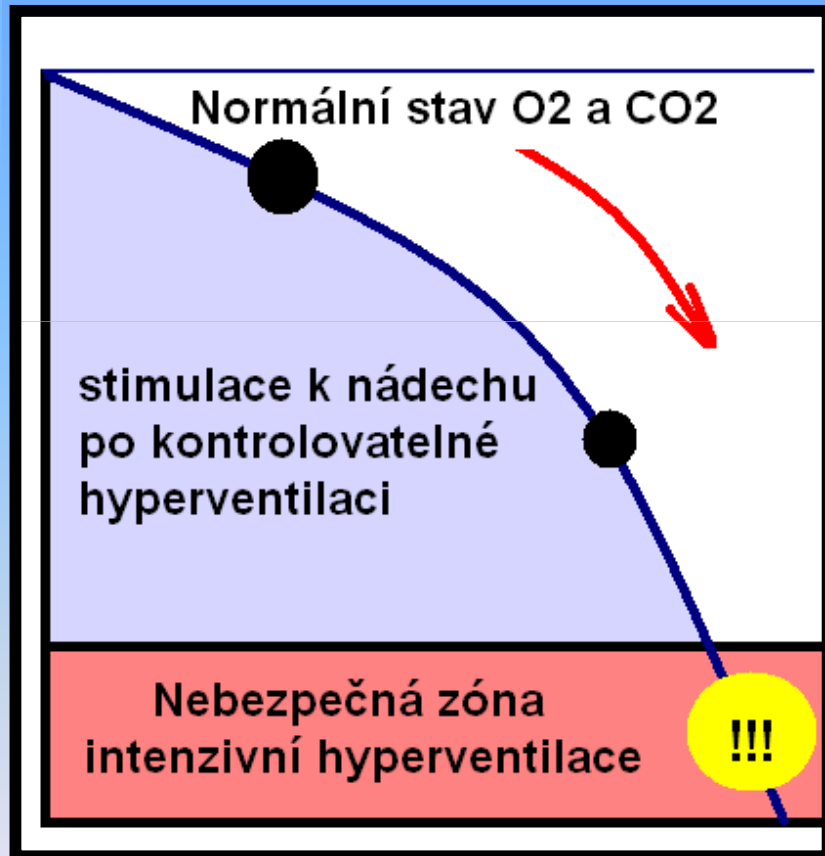
- 1. Rozpuštěný v plazmě - 8%
- 2. Ve formě HCO₃ - v plicích se změří zpět na CO₂ - 67%
- 3. Vázaný na hemoglobin - 25%

ŘÍZENÍ DÝCHÁNÍ



- Na dýchací centrum v prodloužené míše působí změny pH krve. Na pH krve závisí pH tkáňového moku v dýchacím centru. Když pH krve klesá vlivem rostoucího parciálního tlaku oxidu uhličitého, klesá také pH v dýchacím centru. Odpověď na oxid uhličitý je při zvýšení parciálního tlaku CO₂ nad 5,3 kPa a snížení pH pod 7,7.

Hyperventilace



Hemoglobin v tepenné krvi a tkáních je nasycen O₂.

- Volní hyperventilace provedená před zadržením dechu může prodloužit trvání apnoe až na dobu několika minut.

Hypokapnie

- Analýza alveolárního vzduchu na konci (2 až 3 min.) hyperventilace ukazuje nízké hodnoty P CO₂ proti normálním, přičemž je i abnormálně nízká úroveň CO₂ v arteriální krvi.
- V období apnoe se O₂ stále odebírá z alveolů a než P CO₂ dosáhne normální hodnoty, může dojít k značnému nedostatku O₂.

Hypoventilace

Přebytek CO₂ v tkáních neboli **hyperkapnie** může při potápění nastat v důsledku zvýšené hladiny CO₂ v těle nebo v dýchací směsi.

- **Nedostatečná ventilace plic.**
- Zvýšená tvorba CO₂ při práci (usilovné plavání) bez přiměřeného zvýšení ventilace plic.
- Špatná funkce pohlčovače CO₂ u přístroje s uzavřeným nebo polouzavřeným okruhem.
- Nadměrné mrtvé prostory, způsobené výstrojí.
- Znečištění dýchací směsi CO₂.

Příznaky hyperkapnie

- nad 5 kPa značné zvýšení ventilace plic, normálně je účinek zřejmý a nepříjemný
- otupělost, neschopnost jasného myšlení
- nad 10 kPa výrazné účinky na vyšší nervovou činnost, popřípadě vědomí
- 20 až 30 kPa celkový záchvat křečí organismu, ztráta vědomí.

Přebytek CO₂ může zvýšit riziko dekompresní nemoci, zvýraznit hloubkové opojení a urychlit nástup otravy kyslíkem.

DÝCHÁNÍ Z PLICNÍ AUTOMATIKY

- Fyziologicky správná technika dýchání z plicní automatiky spočívá v pomalém hlubokém nádechu, po kterém bez prodlevy následuje pomalý a důsledný výdech.

Zadržování dechu před zahájením výdechu nelze v žádném případě doporučit, poněvadž vede k nadměrnému hromadění oxidu uhličitého v organismu!

Při dýchání vzduchu v 50 m hloubce, odpovídá dechová práce dýchání jako při vykonávání těžké práce!

**OTÁZKY
A
DISKUSE**