

Mechanika dýchání

Dýchání (respirace) patří k základním procesům, při kterých dochází k výměně plynů v organismu. Kyslík je během respirace přijímán a oxid uhličitý, který vzniká jako produkt oxidačních dějů, je naopak eliminován. Dýchání dělíme na:

1. **vnitřní (tkáňová respirace)** – výměna O_2 a CO_2 mezi krví a tkáněmi;
2. **vnější (plicní respirace)** – difúze O_2 a CO_2 ze vzduchu do krve

Vnější dýchání

Vnější dýchání sestává ze 4 základních procesů:

1. Plicní ventilace
2. Distribuce
3. Difúze
4. Perfúze

1. Plicní ventilace

Plicní ventilací označujeme výměnu vzduchu mezi plicemi a vnějším prostředím. Je možná díky **rozdílu tlaků** mezi atmosférou a alveoly. Tlaky uvnitř hrudníku se mění vlivem pohybu dýchacích svalů (tzv. dýchací pohyby). Proudění vzduchu v plicích se periodicky opakuje jako nádech (*inspirium*) a výdech (*exspirium*). Ventilace podléhá centrálnímu řízení na základě různých parametrů (např. pH krve, koncentrace CO_2 , koncentrace O_2).

Inspirium

Jedná se vždy o **aktivní děj**. Vzduch je nasáván do plic díky tlakovému spádu plic, vytvořeným činností inspiračních svalů. Bránice klesá asi o 1 cm. Žebra se zvedají pomocí vnějších mezižebních svalů.

Expirium

Za fyziologických podmínek v klidu se jedná o **pasivní děj**. Tlakový spád směřuje ven z plic, dochází k vypuzování vzduchu z plic. Probíhá kontrakce alveolů vlivem **elastických vláken** a **povrchového napětí** (tzv. *retrakční síla plic k hůlu*).

K těmto dějům dochází díky **negativnímu pleurálnímu tlaku** (tento tlak má nižší hodnotu než atmosférický tlak). Negativní pleurální tlak se v průběhu dýchání mění. Při výdechu má nejvyšší hodnotu, naopak při nádechu nejnižší. Nejvyšší hodnota se pohybuje okolo **$-2 \text{ cm H}_2\text{O}$** , nejnižší **$-8 \text{ cm H}_2\text{O}$** ^[1].

Při porušení negativního nitrohrudního tlaku dochází k pneumotoraxu. Při pneumotoraxu je postižená část plic zcela nebo částečně vyřazena z dýchacích činností.

Minutová ventilace

Minutová ventilace je fyziologický parametr, který kolísá v závislosti na zátěži v rozmezí 6–180 litrů/min^[1]. Určuje se jako objem vdechovaného nebo vydechovaného vzduchu (ne jejich součet). Orientačně ji můžeme určit jako součin dechového objemu (V_T) a dechové frekvence (f).

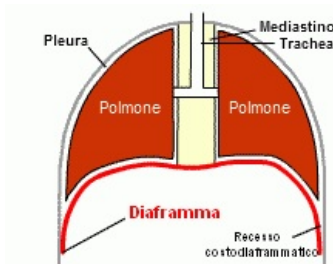
$$MV = V_T \times f$$

Při zátěži se hodnota minutové ventilace mění vlivem změny dechového objemu a dechové frekvence.

Hodnoty^[1]

Parametr	Hodnota
Minutová ventilace (MV)	5–8 litrů
Maximální minutová ventilace (MMV)	200 litrů
Dechový objem (V_T)	400–500 ml
Dechová frekvence (f)	12–16/min

2. Distribuce



Pohyb bránice způsobující inspiraci.

Při distribuci dochází k promíchání vdechnutého vzduchu se vzduchem, který zůstal v dýchacích cestách a v plicích po předchozím výdechu. V horních a dolních dýchacích cestách včetně bronchiolů totiž není přítomen respirační epitel, a tak v nich nemůže docházet k výměně plynů. Tento prostor bývá označován jako **anatomický mrtvý dýchací prostor** ($V_D=150$ ml).

3. Difúze

K vlastní výměně plynů (O_2 , CO_2) dochází v plicních sklípcích (alveolech). Celkový povrch alveolů je 100 m^2 ^[2]. K alveolům přiléhá hustá síť vlásečnic.

Difúze je přechod kyslíku a oxidu uhličitého přes alveolokapilární membránu. Kyslík přechází z alveolů do plicních kapilár, oxid uhličitý přechází z kapilár do alveolů.

Rychlost difúze

Rychlost difúze vychází z Fickova zákona. Objem plynu, který projde přes membránu za jednotku času, je přímo úměrný rozdílu parciálních tlaků na obou stranách membrány (P_1 , P_2), ploše membrány (A) a difúzní konstantě (K) a nepřímo úměrný tloušťce membrány (T).

$$V = \frac{(P_1 - P_2) \cdot A \cdot K}{T}$$

Rychlost difúze CO_2 přes alveolokapilární membránu je 20,6x větší než rychlost difúze O_2 .

Difúzní konstanta

Difúzní konstanta je závislá na složení membrány a na druhu plynu, který přes ní prochází.

Parciální tlaky dýchacích plynů

Parciální tlaky O_2 a CO_2 závisí na tom, jaká množství těchto plynů jsou v krvi fyzikálně rozpuštěná. Parciální tlaky plynů v arteriální krvi jsou odlišné od tlaků v žilní krvi. Parciální tlak O_2 v arteriální krvi je 12,7 kPa, v žilní krvi je to 5,2 kPa. Parciální tlak CO_2 v arteriální krvi je 5,2 kPa, v žilní krvi je to 6,13 kPa.

4. Perfúze

Perfúze je průtok krve plicními kapilárami. Je důležitá pro udržování tlakového gradientu pro kyslík a oxid uhličitý. Tyto plyny jsou v krvi přenášeny v různých formách.

Kyslík

 *Podrobnější informace naleznete na stránce Transport kyslíku krví.*

Kyslík existuje v krvi ve dvou formách. Většina objemu O_2 v arteriální krvi je chemicky navázána na hemoglobin (197 ml O_2 / 1 l krve), zbytek je v krvi fyzikálně rozpuštěn (3 ml O_2 / 1 l krve). Fyzikálně rozpuštěný kyslík je však v krvi velmi důležitý, jelikož vytváří parciální tlak a umožňuje tak difúzi.

Oxid uhličitý

 *Podrobnější informace naleznete na stránce Transport CO_2 krví.*

Oxid uhličitý existuje v krvi ve třech formách. Buď je v ní fyzikálně rozpuštěný (30 ml / 1 l krve), nebo je vázán ve formě bikarbonátů či karbaminových sloučenin (520 ml / 1 l krve).

Dýchací odpory

Elastický odpor plic

Zajišťuje pružnost plic. Při dýchání dochází k překonání toho odporu díky dýchacím svalům. Poddajnost (*compliance*), neboli změna objemu plic v závislosti na změně tlaku, je ukazatelem síly, kterou je nutné působit na plicní tkáň, aby došlo k roztahení plic. Čím je plic pružnější, tím je poddajnost větší.

Neelastický odpor tkání

Viskózní odpor vznikající třením plicní tkáně, hrudníku, dýchacích svalů a orgánů dutiny břišní.

Proudový odpor dýchacích cest

Je určen tlakem, který je potřeba k překonání odporu dýchacích cest. Rozlišujeme proudění laminární, turbulentní a proudění přechodné. Proudový odpor je charakterizován jako hodnota alveolárního tlaku, který zajišťuje průtok 1l vzduchu za sekundu.

Celková dýchací práce je určena mechanickým úsilím vynaloženým k překonání mechanických odporů.

Odkazy

Související články

- Plíce
- Difuze
- Stavová rovnice plynů
- Daltonův zákon
- Henryho zákon
- **Fickovy zákony**: • 1. Fickův zákon
- Cheyneovo-Stokesovo dýchání
- Biotovo dýchání
- Kussmaulovo dýchání
- Nervová regulace dýchání
- Chemická regulace dýchání

Reference

1. KITTNAR, Otomar a ET AL.. *Lékařská fyziologie*. 1. vydání. Praha : Grada, 2011. 790 s. s. 277. ISBN 978-80-247-3068-4.
2. TROJAN, Stanislav, et al. *Lékařská fyziologie*. 4., přeprac. a uprav vydání. Praha : Grada Publishing, a. s, 2003. 772 s. ISBN 80-247-0512-5.

Použitá literatura

- HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. 1. vydání. Brno : Neptun, 2001. ISBN 80-902896-1-4.
- NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA. *Medicínská biofyzika*. 1. vydání. Praha : GRADA, 2005. ISBN 80-247-1152-4.