

Kolo: Krajské

Kategória: B

Teoreticko-praktická časť – Praktická úloha č. 1

**Téma: Fyziológia živočíchov**

Táto úloha je zameraná na čiastkové deje pri dýchaní, konkrétne u cicavcov. Odporúčam Vám prečítať si najprv text celej úlohy a potom sa vrátiť k jednotlivým otázkam. Súčasťou úlohy je príloha s tabuľkou, grafmi a obrázkami na základe ktorých budete riešiť úlohy.

**Úloha 1**

**1A:** U vyšších živočíchov je dýchanie zabezpečené pľúcami. V procese fylogenézy sa postupne zväčšuje povrch pľúc. Ktoré štruktúry v pľúcach zväčšujú povrch pre výmenu plynov?

---

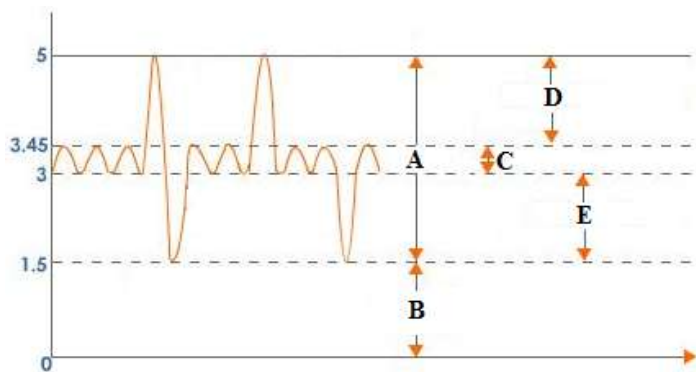
**1B:** Výmena plynov v dýchacích cestách človeka sa uskutočňuje štyrmi základnými procesmi. Priradte čísla procesov k ich charakteristikám.

Do pľúc je cyklicky privádzaný vzduch z vonkajšieho prostredia a zas je odvádzaný. Tento proces nazývame \_\_\_\_\_. Privedený vzduch sa dostáva do pľúc a tam sa mieša so vzduchom, ktorý je prítomný v pľúcach. Tento proces nazývame \_\_\_\_\_. Každá oblasť pľúc je obmývaná krvou v krvných kapilárach. Tento proces nazývame \_\_\_\_\_. Potom nastáva výmena dýchacích plynov medzi krvou a alveolárnym vzduchom. Tento proces nazývame \_\_\_\_\_.

intrapulmonálna distribúcia vzduchu, ventilácia, respirácia, perfúzia

**Úloha 2**

**2A:** Pľúca spolu s hrudníkom sú elastické štruktúry, medzi ktorými je tzv. pleurálna dutina, v ktorej sa nachádza pleurálna tekutina. Tlak v tejto dutine je subatmosférický (v porovnaní s atmosférickým vzduchom je záporný), pri silnom výdychu však môže dosiahnuť až pozitívne hodnoty. Zaujímavé na dýchaní je, že hoci je plne automatické, môžeme ho ovplyvniť vôľou (na rozdiel napr. od srdcovej činnosti, ktorá je tiež plne automatická). Jednotlivé objemy pľúc je možné zmerať a porovnať s normou podľa pohlavia a veku a tak určiť ich funkčný stav. Na obr. 1 sú znázornené jednotlivé objemy pľúc.



**Obr. 1:** Dychové objemy pľúc (os x – čas, os y – množstvo predýchaného vzduchu v litroch)

K názvom jednotlivých dychových objemov (I-V) priradte grafické znázornenie (A-E) a charakteristiky (a-e) jednotlivých objemov pľúc.

- Objem vzduchu, ktorý môžeme vdýchnuť do pľúc po normálnom (neúsilnom) vdychu
- Objem vzduchu, ktorý môžeme vydýchnuť z pľúc po normálnom (neúsilnom) výdychu
- Objem vzduchu, ktorý vdýchneme pri normálnom (neúsilnom) dýchaní
- Maximálny objem vzduchu, ktorý dokážeme vydýchnuť po maximálnom možnom nádychu
- Objem vzduchu, ktorý nevieme vydýchnuť ani pri maximálnom úsilí

- Inspiračný rezervný objem \_\_\_\_\_
- Reziduálny objem \_\_\_\_\_
- Vitálna kapacita pľúc \_\_\_\_\_
- Respiračný objem \_\_\_\_\_
- Expiračný rezervný objem \_\_\_\_\_

**2B:** Z grafu určte hodnotu vdýchnutého objemu vzduchu pri jednom nádychu(normálne dýchanie).

\_\_\_\_\_

Z tejto hodnoty vypočítajte minútovú ventiláciu vzduchu (t. j. množstvo predýchaného vzduchu za minútu predpokladu, že frekvencia dýchania je 14 dychov za minútu).

Minútová ventilácia \_\_\_\_\_

**2C:** Z dychového objemu pripadá cca 150 ml na tzv. anatomický mŕtvy priestor, čo sú dýchacie cesty v ktorých neprebíha výmena plynov. Preto časť minútovej ventilácie pripadajúcej na mŕtvy priestor je z hľadiska výmeny dýchacích plynov neefektívny výkon. Minútová alveolárna ventilácia je objem vzduchu, ktorý sa v priebehu jednej minúty dostáva do alveol. Alveolárna ventilácia sa za normálnych okolností prispôsobuje potrebám organizmu tak, aby sa obsah kyslíka aj  $\text{CO}_2$  v pľúcach aj krvi udržiaval na konštantnej úrovni. Vypočítajte **minútovú alveolárnu ventiláciu** za predpokladu, že normálna dychová frekvencia je 14 dychov za minútu.

Alveolárna minútová ventilácia \_\_\_\_\_

**2D:** Reziiduálny objem ešte delíme na kolapsový a minimálny. Kolapsový objem vzduchu z pľúc unikne pri otvorení hrudnej dutiny napr. pri pneumotoraxe. Minimálny objem vzduchu je vzduch, ktorý ostáva v pľúcach aj po kolapse pľúc (vniknutí vzduchu do hrudnej dutiny). V súdnom lekárstve sa používajú pľúca mŕtveho novorodenca na určenie či sa dieťa narodilo živé alebo mŕtve. Na test lekár potrebuje nádobu s vodou a pľúca novorodenca.

Keby ste boli lekárom ako by ste urobili tento test a na základe akých faktov by ste interpretovali výsledok?

---

---

---

---

---

---

---

### Úloha 3

V tejto a ďalších úlohách budeme používať pojem parciálny tlak plynu. Parciálny tlak plynu je definovaný na základe Daltonovho zákona takto: celkový tlak, ktorý vyvíja zmes plynov je rovný súčtu tlakov, ktoré by vyvíjali jednotlivé plyny, keby okupovali pri takej istej teplote daný objem samostatne. Pre lepšiu predstavu zjednodušene možno povedať, že každý plyn prítomný v zmesi plynov pôsobí takým tlakom, ktorý zodpovedá jeho percentuálnemu zastúpeniu v zmesi plynov. V tabuľke 1. sú zapísané parciálne tlaky jednotlivých plynov v rôznych kompartmentoch tela. Normálny barometrický tlak na úrovni mora je 101,3 kPa. Parciálny tlak kyslíka budeme označovať ako  $p\text{O}_2$  a parciálny tlak oxidu uhličitého ako  $p\text{CO}_2$ .

**3A:** Výmena dýchacích plynov v pľúcach prebieha z miesta s vyššou koncentráciou (t.j. vyšším parciálnym tlakom) na miesto s nižšou koncentráciou (t.j. nižším parciálnym tlakom) pomocou difúzie. V alveolách je nižší parciálny tlak kyslíka ako vo vzduchu a vyšší parciálny tlak  $\text{CO}_2$  ako vo vzduchu. Akými fyziologickými a fyzikálnymi dejmi v organizme sú

spôsobené tieto rozdiely v parciálnych tlakoch vyššie uvedených plynov v atmosférickom vzduchu a alveolárnom vzduchu?

- a. Rozdiel v parciálnom tlaku kyslíka medzi vzduchom a alveolami je spôsobený:

---

---

- b. Rozdiel v parciálnom tlaku  $\text{CO}_2$  je spôsobený medzi vzduchom a alveolami je spôsobený:

---

---

- c. Ako prispieva vzduch z mŕtveho priestoru k tomuto rozdielu?

---

---

**3B:** Hyperventiláciou (prehĺbením dýchania) zvýšime alveolárnu ventiláciu na dvojnásobok až kým nenastane nový rovnovážny stav pre parciálny tlak kyslíka a oxidu uhličitého. Aké sú hodnoty nového rovnovážneho stavu oproti novému stavu pri predpoklade, že metabolizmu sa nemení? (správnu odpoveď zakrúžkujte)

Hodnota  $p\text{O}_2$  sa                      zníži / zvýši / zostane rovnaká.

Hodnota  $p\text{CO}_2$  sa                      zníži/ zvýši /zostane rovnaká.

#### Úloha 4

Jednou z úloh krvi je transportovať dýchacie plyny. Kyslík je málo rozpustný v krvi a preto počas evolúcie vzniklo farbivo, ktoré dokáže viazať kyslík. U vyšších živočíchov je týmto farbivom hemoglobín. Pri prieniku kyslíka do krvi sa najprv nasycuje hemoglobín, až po nasýtení sa ďalšie molekuly kyslíka fyzikálne rozpúšťajú v krvi.

Pri úplnom nasýtení 1 l krvi obsahuje 200 ml kyslíka. Z toho je 197 ml chemicky reverzibilne viazaného na hemoglobín, zvyšok je fyzikálne rozpustený v krvi. Množstvo fyzikálne rozpusteného kyslíka závisí od parciálneho tlaku kyslíka. Za normálneho tlaku vzduchu má tento chemicky rozpustný kyslík nepatrný význam ako zdroj kyslíka pre organizmus, ale vytvára parciálny tlak kyslíka v krvi ( $p_a\text{O}_2$ ), ktorý je detegovaný pomocou chemických senzorov riadiacich dýchanie. Vzorec pre výpočet množstva fyzikálne rozpusteného kyslíka je

$$VO_2 = \alpha \cdot p/Pb \cdot V_k$$

Kde  $\alpha$  je konštanta rozpustnosti pre kyslík, ktorá je 0,0237,  $p$  je parciálny tlak daného plynu,  $Pb$  je aktuálny barometrický tlak vzduchu (budeme používať tlak na hladine mora 101,3 kPa) a  $V_k$  je objem krvi pre ktorý rozpustené množstvo kyslíka počítame.

Na rozdiel od kyslíka, ktorý je transportovaný v dvoch formách,  $CO_2$  je v krvi transportovaný vo viacerých formách.

**4A.** Na obr. 2. je znázornená saturačná (niekedy nazývaná aj disociačná) krivka znázorňujúca väzbovosť kyslíka s hemoglobínom v závislosti od parciálneho tlaku kyslíka.

Koľko percent hemoglobínu je saturovaného (t.j. nasýteného kyslíkom)?

- v alveolách pri normálnom dýchaní bežného vzduchu? \_\_\_\_\_
- v arteriálnej krvi? \_\_\_\_\_
- vo venóznej krvi? \_\_\_\_\_

Hemoglobín dospelého človeka pozostáva zo 4 proteínových reťazcov – 2 reťazcov  $\alpha$  a 2 reťazcov  $\beta$ . V každom reťazci sa nachádza porfyrín s centrálnym atómom železa, teda 1 molekula hemoglobínu môže viazať 4 molekuly kyslíka. Ľudský plod v poslednom období fetálneho vývoja má v hemoglobíne takisto 4 proteínové reťazce, z ktorých 2 reťazce sú alfa a 2 reťazce sú  $\gamma$ . Na obr. 3. je znázornená saturačná krivka normálneho a fetálneho hemoglobínu.

**4B:** Z obrázku vyplýva, že fetálny hemoglobín má

nižšiu / vyššiu / rovnakú

väzbovosť s kyslíkom v porovnaní s adultným hemoglobínom (správnu odpoveď zakrúžkujte).

Svoju odpoveď vysvetlite:

Čo myslíte, aký má tento fakt význam pre sýtenie krvi plodu kyslíkom?

**Úloha 5:**

Na akú konkrétnu hodnotu stúpne (v l alebo ml) nasýtenie krvi kyslíkom pri dýchaní čistého, t.j. 100 % kyslíka oproti dýchaniu bežného vzduchu na hladine mora? Pri dýchaní takéhoto kyslíka je  $pO_2$  v alveolách 89,32 kPa. (Nezabudnite, že kyslík je v krvi transportovaný dvoma spôsobmi.)

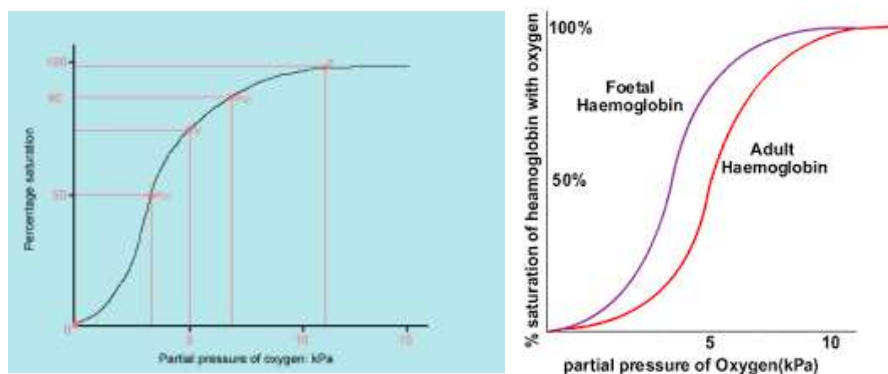
Výpočet:

Odpoveď:

## Príloha

	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	pH <sub>2</sub> O	pN <sub>2</sub>	pO <sub>2</sub>	pCO <sub>2</sub>
Atmosférický vzduch (suchý)	20,93	0,03	0,8	79,04	21,06	0,04
Exspirovaný vzduch	15,1	4,3	6,3	75,3	15,3	5,73
Alveolárny vzduch	13,2	5,1	6,2	76,4	13,4	5,33
Arteriálna krv	19,8	50	6,3	76,4	12,7	5,2
Venózna krv	14-15	55	6,3	76,4	5,2	6,13

Tabuľka 1.



**Obr. č. 2:** Saturačná krivka hemoglobínu **Obr. č. 3.** Porovnanie saturačnej krivky adultného a a fetálneho hemoglobínu. partial pressure of oxygen – parciálny tlak kyslíka (kPa), percentage saturation (of haemoglobin with oxygen) – percento nasýtenia (hemoglobínu kyslíkom)

Zdroj: obr. 2: <http://deedoesrevision.tumblr.com/post/108030520836/factors-affecting-dissociation-curves-and-why>

Autor: Mgr. Zuzana Dzirbiková, PhD.,  
 Recenzia: Bc. Jaroslav Ferenc  
 Redakčná úprava: doc. Mgr. Miroslava Slaninová, PhD.  
 Slovenská komisia Biologickej olympiády  
 Vydal: IUVENTA Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2016