

Koncept dodávky kyslíku – fyziologický základ léčby kritických stavů

Černý V.¹⁻⁴, Astapenko D.^{1,4}, Řehák D.¹

¹Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny, Univerzita Karlova v Praze, Lékařská fakulta v Hradci Králové, Fakultní nemocnice Hradec Králové, Hradec Králové

²Klinika anesteziologie a resuscitace, Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, Univerzita Karlova v Praze, 3. LFUK, Praha

³Dept. of Anesthesia, Pain Management and Perioperative Medicine, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada

⁴Fakulta zdravotnických studií, Technická univerzita v Liberci

Úvod

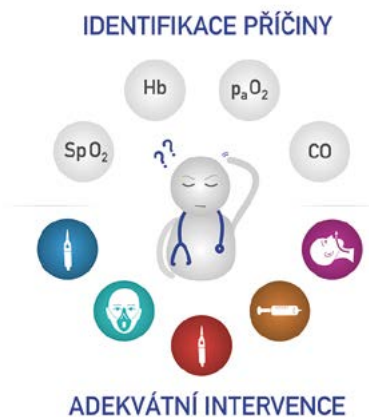
Kyslík hraje zásadní roli v metabolismu člověka. Akutně vzniklá nedostatečná dodávka kyslíku (**oxygen delivery**) a energetických substrátů do orgánů/tkání je spojena s poruchou jejich funkce. Při pokračující hypoxii dochází postupně k ireverzibilním změnám postižených orgánů/tkání. Doba trvání a závažnost poruchy dodávky kyslíku jsou rozhodujícími faktory ovlivňující výslednou míru poruchy orgánových funkcí a její (i) reverzibilitu.

Kritický stav je z pohledu fyziologie jakákoliv klinická situace, která je spojena s nedostatečným přívodem kyslíku do organismu (z pohledu aktuální metabolické potřeby dané tkáně či orgánu), poruše systémové homeostázy a základních životních funkcí – vědomí, oběh, dýchání. Fyziologie dodávky kyslíku je zcela zásadní jak pro pochopení základního rámce dosažení dobrého klinického výsledku u kritických stavů (Obr. 1), tak pro pochopení podstaty účinku nejčastěji používaných léčebných intervencí, jakými jsou např. tekutinová terapie, léčebné podávání kyslíku, metody ventilační podpory, farmakologická nebo přístrojová podpora oběhu a řada dalších. V klinické praxi se řada rutinních postupů používá tak často, že se nad fyziologickým cílem jejich indikace mnohdy ani nezamyslíme. Koncept dodávky kyslíku nelze vnímat jako „zbytečnou“ teorii, ale v plném významu slova jako esenciální podmínku pochopení patofyziologie kritických stavů, mechanismu účinku zvolených léčebných intervencí a jejich správné koncepční volby podle patofyziologického kontextu kritického stavu s jediným cílem – udržení nebo obnovení dostatečné dodávky kyslíku do tkání. Nedosažení uvedeného cíle vylučuje dosažení dobrého klinického výsledku bez ohledu na jakékoliv další specifické léčebné metody.

Fyziologie dodávky kyslíku

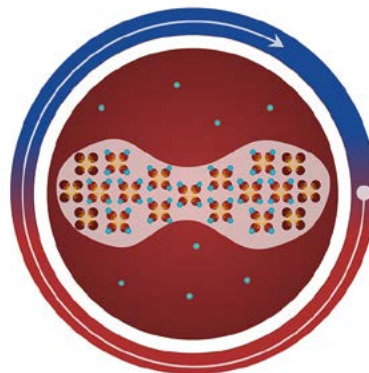
Dodávka kyslíku do tkání (DO_2) závisí na celkovém množství kyslíku v arteriální krvi a na rychlosti jejího oběhu. Kyslíkový status krve (C_aO_2) může být podrobněji popsán třemi parametry: množstvím hemoglobinu

Obr. 1. Správná identifikace příčiny nízké DO_2 je nezbytná pro adekvátní intervenci potřebnou k obnovení a udržení dostatečné DO_2



Hb – hemoglobin; SpO_2 – saturace hemoglobinu kyslíkem; p_aO_2 – parciální tlak O_2 v arteriální krvi; CO – srdeční výdej

Obr. 2. Grafické znázornění rovnice DO_2 . Centrální kruhová část reprezentuje CaO_2 , periferní prstenec srdeční výdej



$$[(1,34 \cdot Hb \cdot SpO_2) + (0,023 \cdot p_aO_2)] \cdot CO$$

Hb – hemoglobin; SpO_2 – saturace hemoglobinu kyslíkem; p_aO_2 – parciální tlak O_2 v arteriální krvi; CO – srdeční výdej

KORESPONDENČNÍ ADRESA AUTORA:

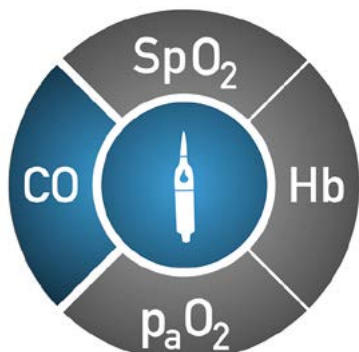
doc. MUDr. David Astapenko, Ph.D., MBA, astapenko.d@seznam.cz

Článek přijat k tisku: 3. 10. 2023

Cit. zkr: Anest intenziv Med. 2023;34(3):125-127

Obr. 3. Účinek tekutinové terapie na DO_2

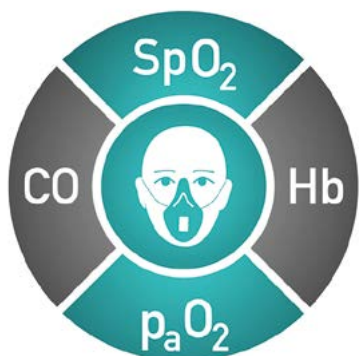
VOLUMOTERAPIE



Hb – hemoglobin; SpO_2 – saturace hemoglobinu kyslíkem; p_aO_2 – parciální tlak O_2 v arteriální krvi; CO – srdeční výdej

Obr. 5. Účinek kyslíkové terapie na DO_2

OXYGENOTERAPIE



Hb – hemoglobin; SpO_2 – saturace hemoglobinu kyslíkem; p_aO_2 – parciální tlak O_2 v arteriální krvi; CO – srdeční výdej

(Hb) v krvi schopným vázat O_2 ; saturací Hb kyslíkem (SpO_2) a volně rozpuštěným O_2 v plazmě (p_aO_2):

$$C_{aO_2} (ml) = 1,34 \times Hb(g/l) \times SpO_2 (\%) + 0,023 \times p_aO_2 (mmHg)$$

Přestože volně rozpuštěná frakce kyslíku představuje numericky pouze malou část DO_2 , jedná se o část nejdůležitější, neboť pouze tento kyslík je pro tkáň v každém okamžiku dostupný difúzí. Množství hemoglobinu a jeho saturace kyslíkem definují zásobní množství vázaného kyslíku, který se postupně uvolňuje a doplňuje volnou frakci utilizovatelnou tkáněmi (viz disociační křivka hemoglobinu). Dostatečný parciální tlak O_2 ve tkáních je závislý na funkčnosti všech předcházejících článků transportní kaskády kyslíku. Druhým parametrem určujícím kvalitu dodávky kyslíku do tkání je srdeční výdej (CO) (Obr. 2).

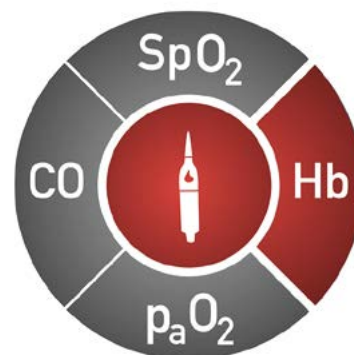
Za normálního fyziologického stavu činí SpO_2 kvantitativně až 97 % všech molekul O_2 v krvi a její hodnota je závislá na hladině p_aO_2 . Tuto nelineární závislost popisuje tzv. disociační křivka kyslíku.

C_{aO_2} a srdeční výdej (cardiac output, CO) pak společně určují tzv. dávku O_2 do tkání (DO_2), kterou lze vypočítat pomocí rovnice:

$$DO_2 (ml/min) = C_{aO_2} (ml/l) \times CO (l/min)$$

Obr. 4. Účinek transfuze na DO_2

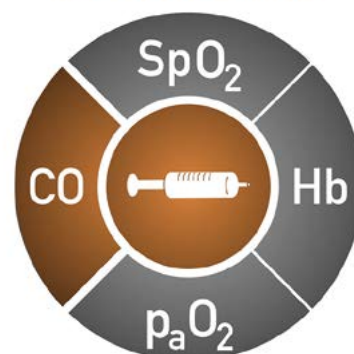
TRANSFUZE



Hb – hemoglobin; SpO_2 – saturace hemoglobinu kyslíkem; p_aO_2 – parciální tlak O_2 v arteriální krvi; CO – srdeční výdej

Obr. 6. Účinek inotropní podpory na DO_2

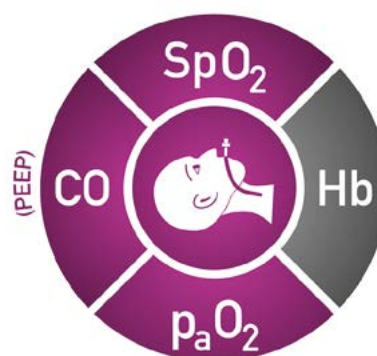
INOTROPIKA



Hb – hemoglobin; SpO_2 – saturace hemoglobinu kyslíkem; p_aO_2 – parciální tlak O_2 v arteriální krvi; CO – srdeční výdej

Obr. 7. Účinek umělé plicní ventilace na DO_2

UPV



Hb – hemoglobin; SpO_2 – saturace hemoglobinu kyslíkem; p_aO_2 – parciální tlak O_2 v arteriální krvi; CO – srdeční výdej

Normální hodnoty p_aO_2 jsou udávány v rozmezí 71–104 mmHg (9,9–14,4 kPa) a hodnoty SpO_2 nad 94 %.

Jakékoliv klinické a/nebo laboratorní projevy nedostatečného zásobení tkání kyslíkem musí být vždy analyzovány z pohledu identifikace „místa poruchy“. Určení příčin a míst, kde dochází k narušení dodávky kyslíku je zásadním předpokladem správné léčebné strategie s cílem obnovení/

udržení dodávky kyslíku do tkání. Stejně tak volba léčebných intervencí musí být založena na pochopení, jakou komponentu dodávky kyslíku může námi zvolená intervence účinně ovlivnit.

Analýza nejčastějších léčebných postupů pohledem klinické fyziologie s využitím konceptu dodávky kyslíku ukazují Obr. 3–7.

Závěr

Obnovení nebo udržení adekvátní dodávky kyslíku je základní podmínkou léčby jakéhokoliv kritického stavu bez ohledu na jeho vyvolávající příčinu. Znalost konceptu dodávky kyslíku je východiskem pro „physiology based clinical medicine“.

PROHLÁŠENÍ AUTORŮ: Prohlášení o původnosti: Všichni autoři rukopis četli a souhlasí s jeho zněním. Dva autoři jsou editory Klinické fyziologie časopisu Anesteziologie a intenzivní medicína. Článek nepodléhá dalšímu externímu recenznímu řízení.