



1996

1657-1921
Academia Cassoviensis
(studium universale)



P. J. Šafárik
13. 5. 1795 Kobeliarovo
26. 6. 1861 Praha
220 rokov

HYPOXIA

HYPEROXIA

doc. MUDr. Jozef Firment, PhD.
I. KAIM UPJŠ LF a UNLP Košice

220 rokov



Hypoxia

- Tkanivová hypoxia je **nedostatok kyslíka na úrovni tkaniva**, môže byť spôsobená **zvýšením spotreby, znížením dodávky** alebo **abnormálnou utilizáciou** kyslíka tkanivom.
- Hlavným adaptačným mechanizmom na akútnu normovolemickú anémiu je **zvýšenie C.O.** a **zvýšenie O₂ER.**
- **Kritická koncentrácia Hb** je taká, pri ktorej znížení dochádza k hypoxii tkaniva. U zdravých je približne 50 g Hb/l.
- U väčšiny stabilných pacientov v perioperačnom období a kriticky chorých za **indikáciu transfúzie** možno považovať 70 g/l (Hb udržiavať 70-90 g/l).

Kyslík vo vzduchu

- pO_2 vzduchu je **20,93 %** celkového tlaku suchého plynu (bez vodnej pary)
- Na úrovni mora je barometrický tlak **760 mmHg** (101,33 kPa) a pri TT 37°C je tlak vodnej pary vlhkého inspirovaného plynu (plne nasýtený vodnou parou) **47 mmHg** (6,26 kPa)
- Teda **pO_2 inspirovaného** vzduchu je $(20,93/100) \times (760 - 47) = 149 \approx$ **150 mmHg (20 kPa)**

Kyslík v pľúcach

- Pre adekvátnu výmenu plynov v pľúcach je nevyhnutná vzájomná rovnováha **ventilácie** a **krvného prietoku** v rámci rôznych oblastí **pľúc**
- Narušenie vzájomného vzťahu ventilácie a krvného prietoku je v skutočnosti zodpovedné za **väčšinu porúch výmeny plynov pri ochoreniach pľúc**

Príjem kyslíka pľúcami

STUPNE O₂ KASKÁDY

FAKTORY VPLÝVAJÚCE NA OXYGENÁCIU

Príjem pľúcami

Inspirovaný plyn (PiO_2)

FiO_2 , barometrický tlak

Alveolárny plyn (PAO_2)

VA , VO_2

Tepnová krv (PaO_2)

pomer V/Q , Q_s/Q_t

Alveolárna ventilácia

V_D/V_T

Transportná kapacita krvi

Hemoglobín, rozpustnosť v krvi

Dodávka z pľúc do tkanív

Minútový objem srdca (regionálna perfúzia)

Saturácia Hb kyslíkom, Hb

Využitie kyslíka bunkami

Difúzia z kapilár do buniek

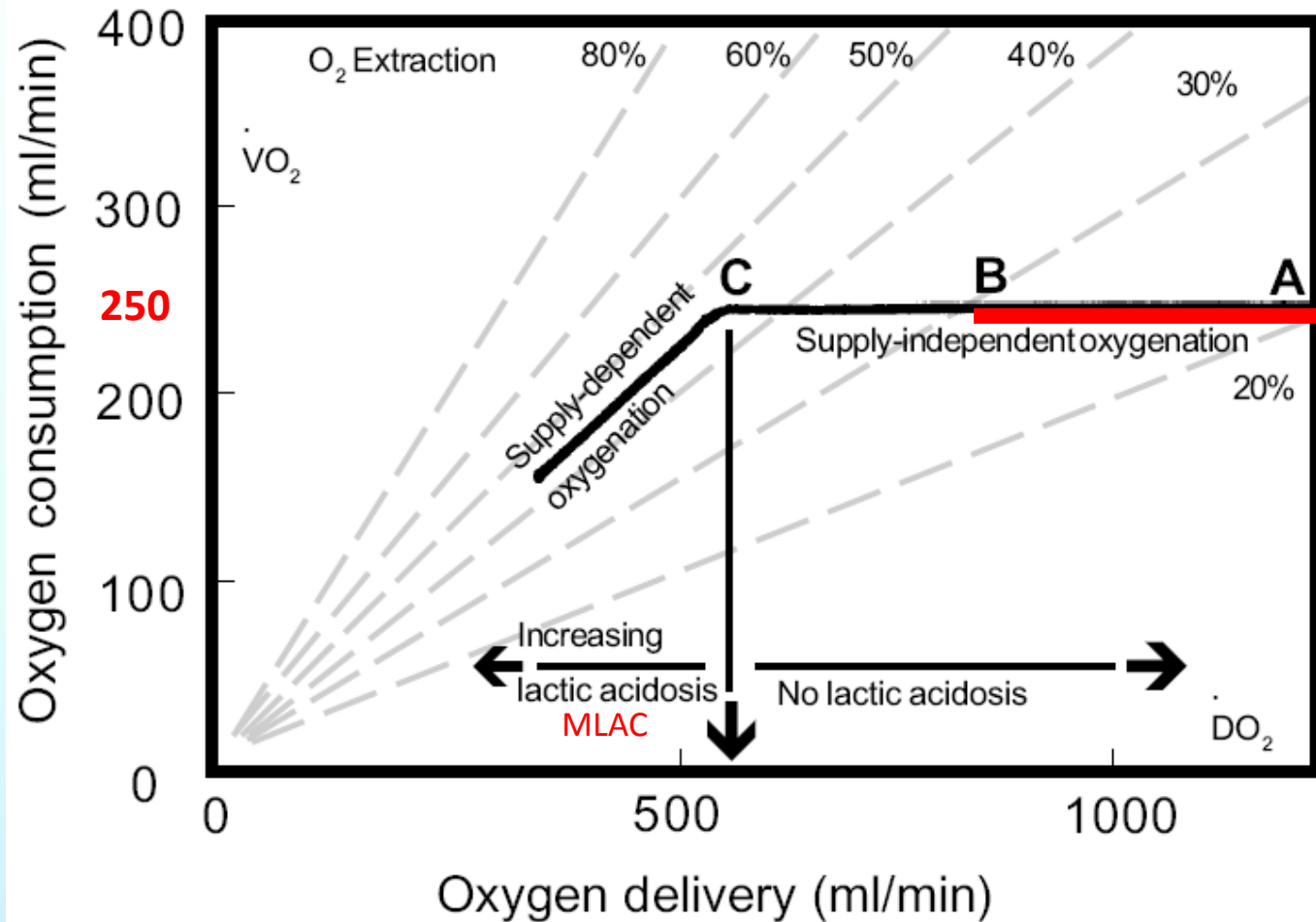
Regionálne rozdiely v perfúzii

Integrita mitochondrií

Hlavné zásoby O₂ v tele v ml

	Dýchanie vzduchu	Dýchanie kyslíka
V pľúcach (FRC)	450	3000
V krvi	850	950
Rozpustený alebo viazaný v tkanivách	250	300
Spolu	1550	4250
Bazálna spotreba O₂ = 250 ml/min		

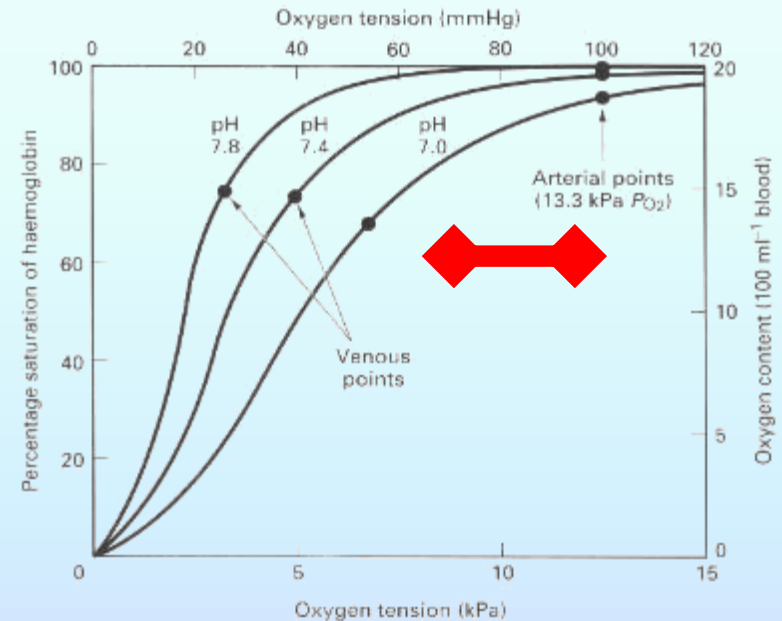
Dodávka vs spotreba O₂



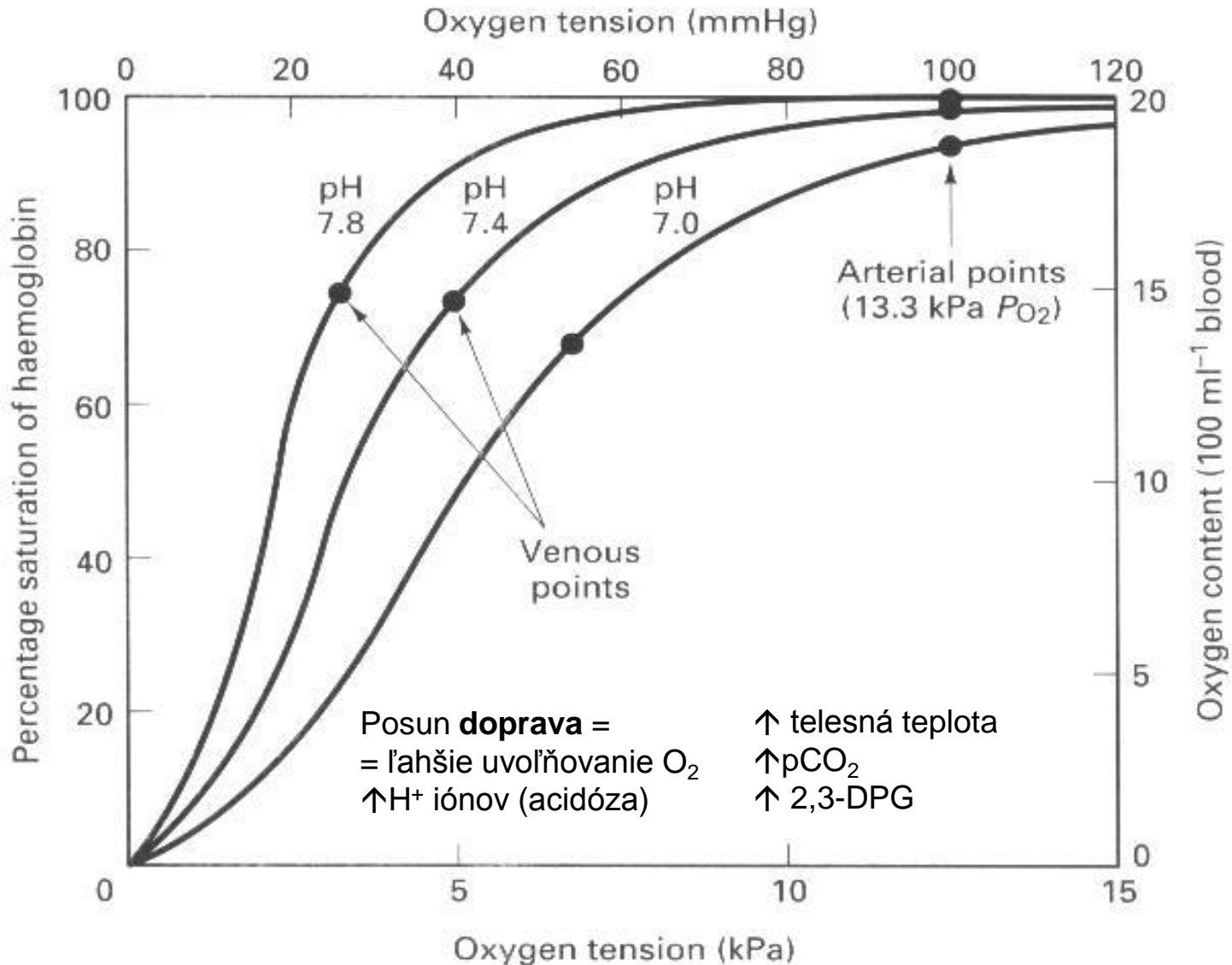
Bežná extrakcia O₂ (O₂ER) = **20-30%**

Disociačná krivka Hb

- Zníženie PaO_2 **vo vysokých hladinách** má **malý efekt na zmenu SaO_2** . Podobný pokles paO_2 **v strednom** priebehu krivky má **výrazný efekt** na pokles SaO_2 .
- Udržiavanie **supranormálnych** hodnôt dodávky kyslíka u kriticky chorých **nemá** priaznivý účinok.
- Hypoxia sa nikdy **nesmie tolerovať** z obavy toxicity kyslíka

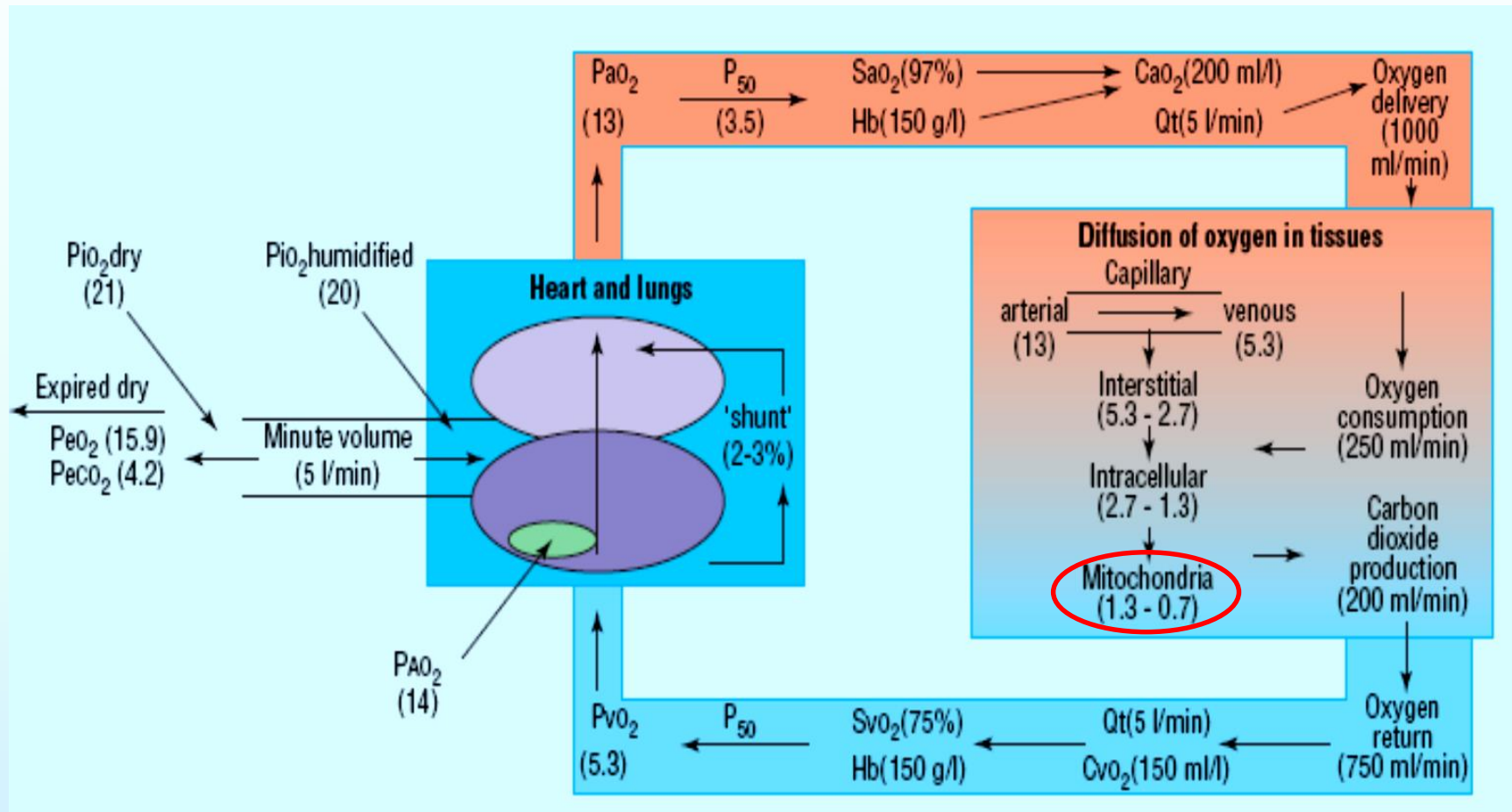


POLOHY A. a V. BODU PRI RÔZNOM pH pacienti bez respiračného ochorenia



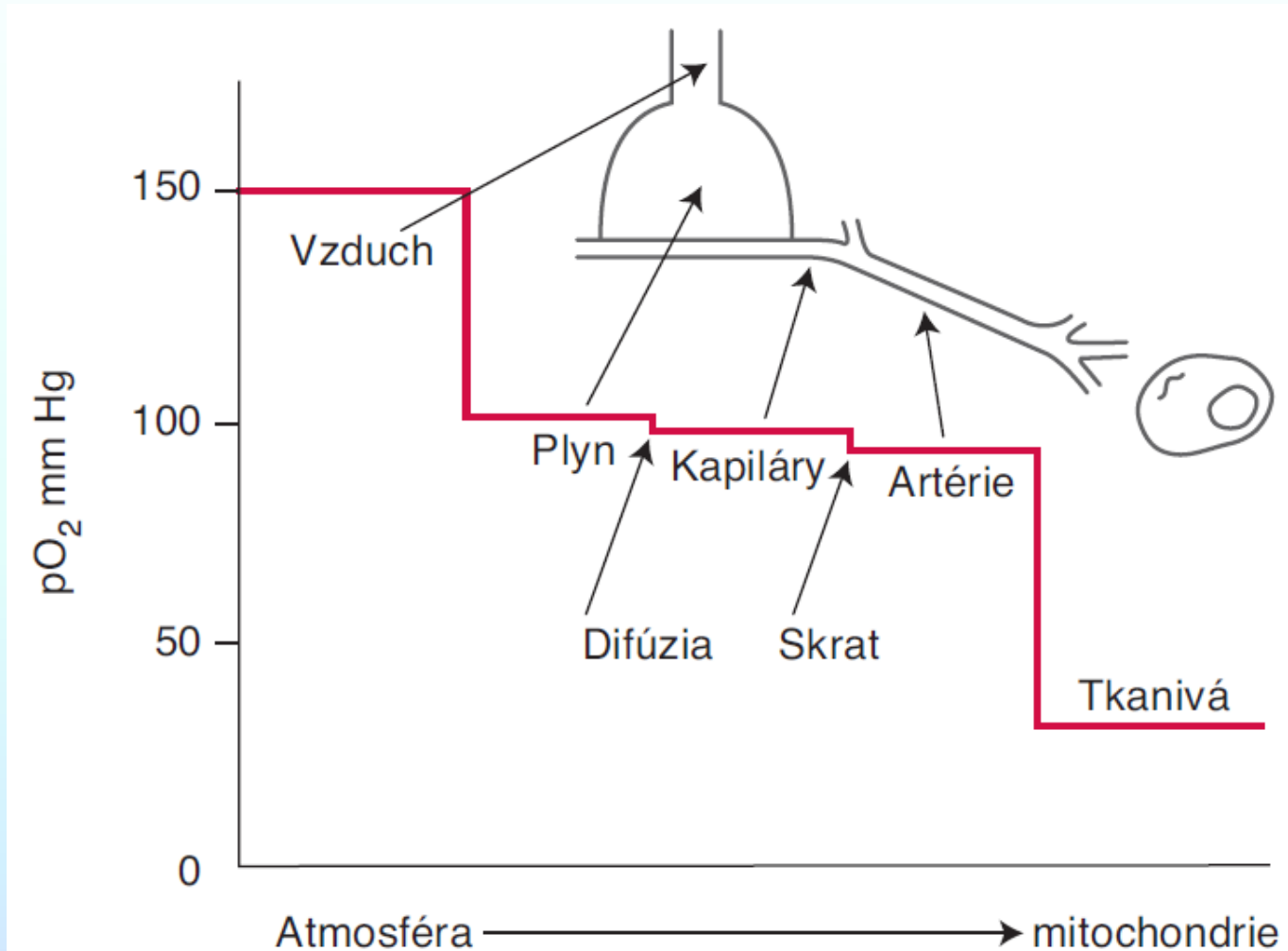
Patofyziológia hypoxie a transportu kyslíka

Transport kyslíka z atmosféry do mitochondrie



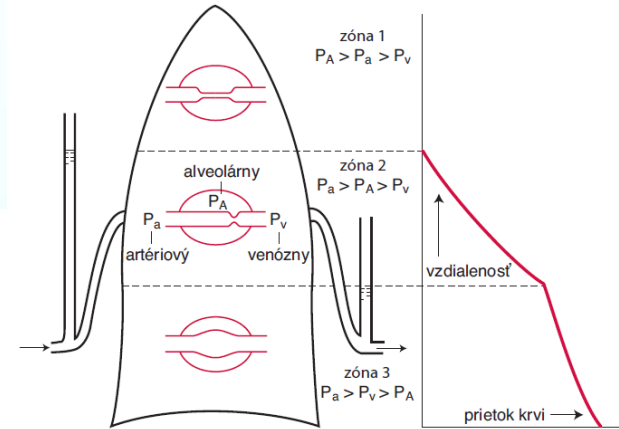
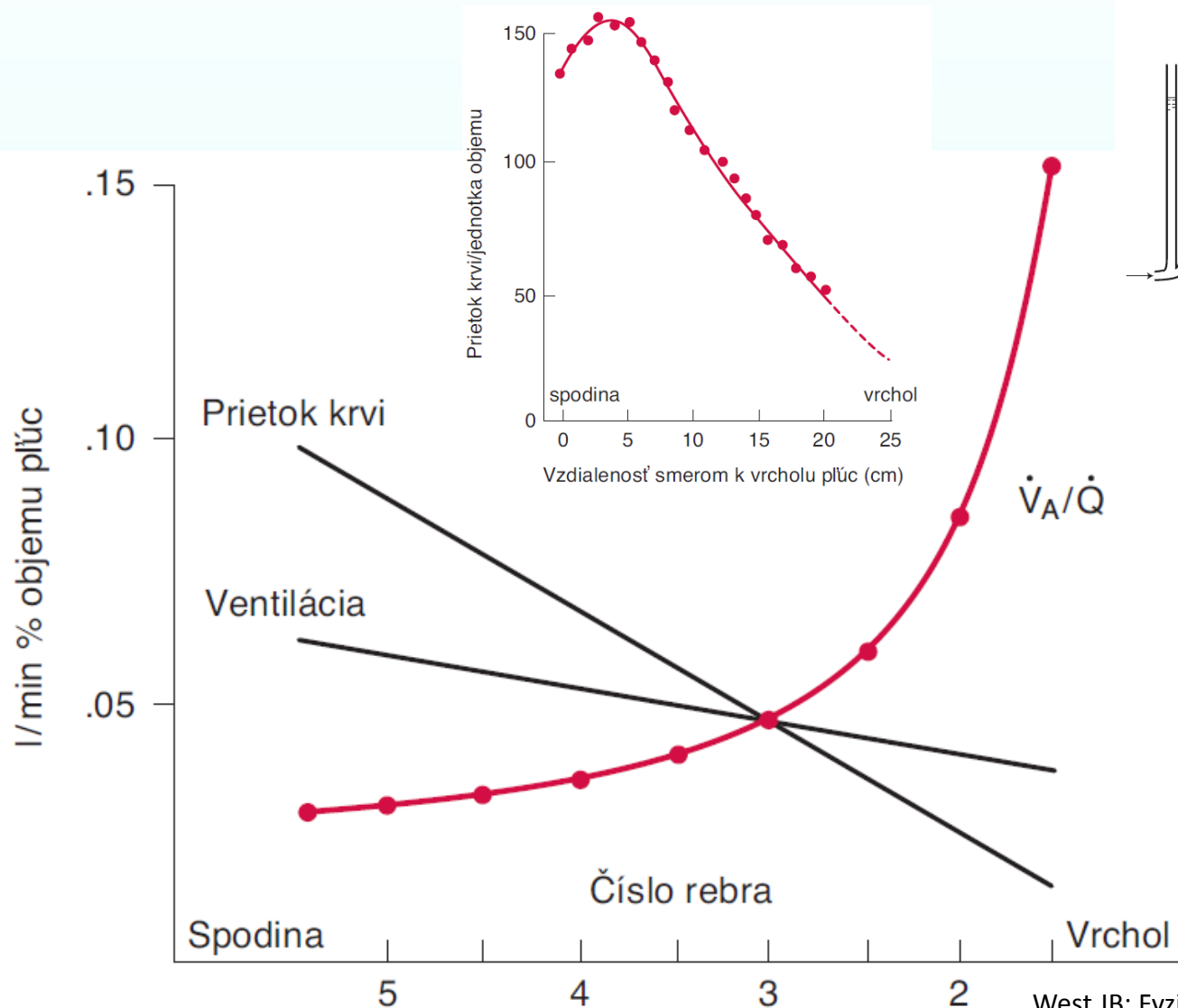
„Tkanivové“ pO_2 sa v rámci tela pravdepodobne **výrazne líši** a minimálne v niektorých bunkách je pO_2 nízke len 1 mmHg.

Schéma prenosu O_2 zo vzduchu do tkanív zobrazuje pokles paO_2 spôsobeného difúziou a skratom



Rozloženie ventilácie a prietoku krvi vo zvislých pľúcach

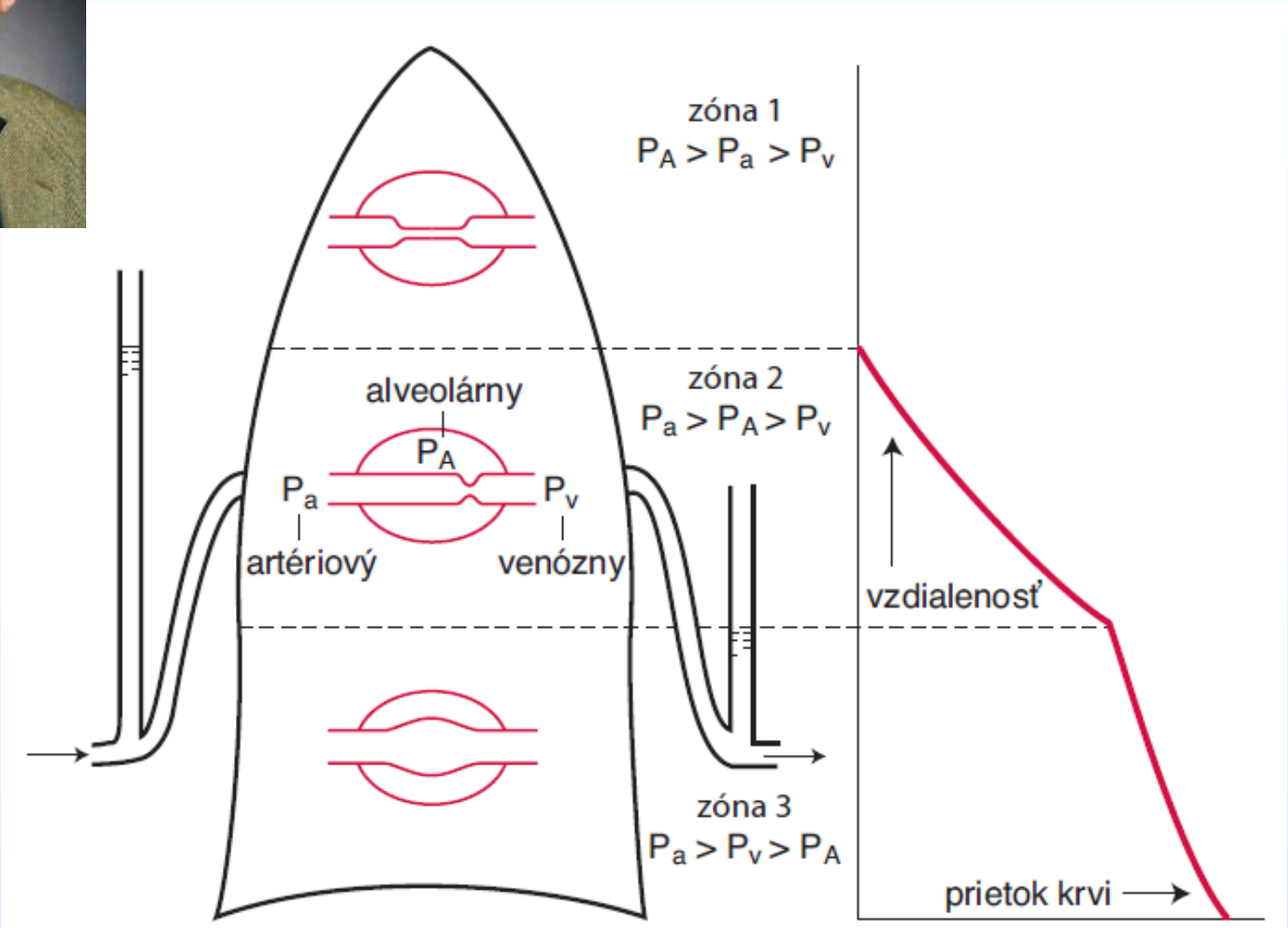
V/Q pomer v pľúcach klesá smerom nadol



Ventilačno – perfúzný pomer



Westove zóny



Kyslík v pľúcach

- Kým sa O_2 dostane do alveolov, pO_2 poklesne o **jednu tretinu** na približne 100 mmHg (13,3 kPa).
- pO_2 alveolárneho plynu závisí od rovnováhy medzi dvoma procesmi: na jednej strane **vychytávaním O_2 kapilárnou krvou** pľúc a na druhej strane jeho kontinuálnym **doplňovaním alveolárnou ventiláciou**.
- Alveolárna ventilácia nie je kontinuálna, ale je tvorená **jednotlivými dychmi**.
- Výkyvy alveolárneho pO_2 pri každom nádychu sú však len okolo **3 mmHg**, lebo dychový objem je primálny v porovnaní s objemom plynu v pľúcach, takže proces môžeme **považovať za kontinuálny**.

Štyri príčiny hypoxémie

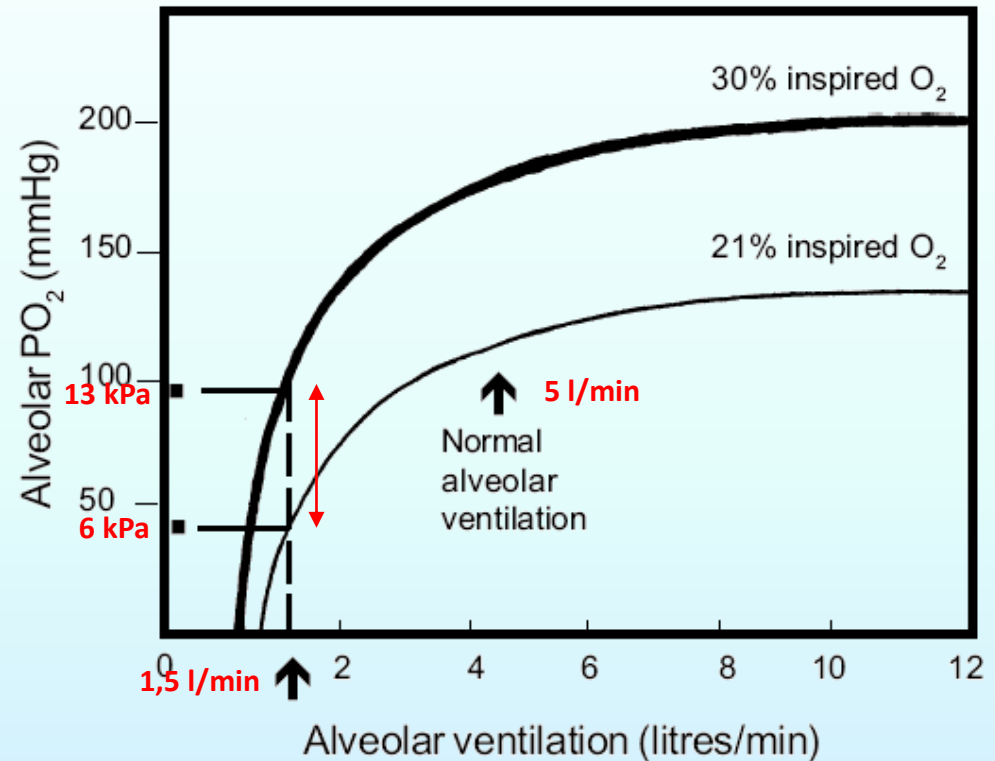
- Hypoventilácia
- Poruchy difúzie
- Skrat
- Ventilačno-perfúzna nerovnováha

Hypoventilácia

- Keď je alveolárna ventilácia abnormálne nízka, alveolárne **pO₂** klesá
- Z podobných dôvodov **stúpa pCO₂** = hypoventilácia
- **Vždy** zvyšuje alveolárne a artériové **pCO₂**
- Znižuje pO₂, ak nie je inhalovaný dodatočný O₂
- Hypoxémia sa da ľahko zvrátiť **pridaním O₂** do inšpirovaného plynu

Podanie O₂ pri hypoventilácii

- Vplyv alveolárneho PO₂ pri zvyšovaní FiO₂ z **21%** (**tenká čiara**) na **30%** (**hrubá čiara**) pri konštantnej spotrebe O₂ 200 ml/min
- Vplyv alveolárneho PO₂ pri zvýšení FiO₂ u pacienta s **alveolárnou ventiláciou 1,5 L/min** je označený čiernou šipkou



Difúzia

- Za normálnych podmienok je rozdiel pO_2 medzi alveolárnym plynom a kapilárnou krvou spôsobeným neúplnou difúziou **nemerateľne malý**
- Rozdiel sa **môže zväčšovať** počas fyzickej **záťaže** alebo pri **zhrubnutej** alveolo-kapilárnej membráne alebo pri vdychovaní zmesi s **nízkou koncentráciou O_2**

Skrat

- Je to krv, ktorá vstupuje do artériového systému **bez prechodu cez ventilované** oblasti pľúc.
- V zdravých pľúcach je časť krvi z bronchiálnych artérií zbieraná pľúcnymi žilami po jej **perfúzii bronchov**, kde bola časť jej O_2 spotrebovaná
- Ďalším zdrojom je malé množstvo krvi z **koronárnych žíl**, ktoré sa dostáva pomocou tebeziánskych žíl priamo do dutiny ľavej komory
- Výsledkom prímеси tejto slabo okysličenej krvi je **zníženie artériového pO_2**
- Niektorí pacienti majú abnormálne cievne spojenie medzi malou pľúcnou artériou a vénou (**pľúcna A-V fistula**)

Skrat

- Hypoxémia **reaguje slabo** na pridávaný inšpirovaný O_2
- Pri vdychovaní 100% O_2 sa artériové pO_2 nezvyšuje na predpokladanú úroveň – vhodný **diagnostický test**
- Ak je skrat spôsobený zmiešanou venóznou krvou, jeho veľkosť môžeme vypočítať z **rovnice skratu**

Odpoved' paO₂ na podávanie kyslíka

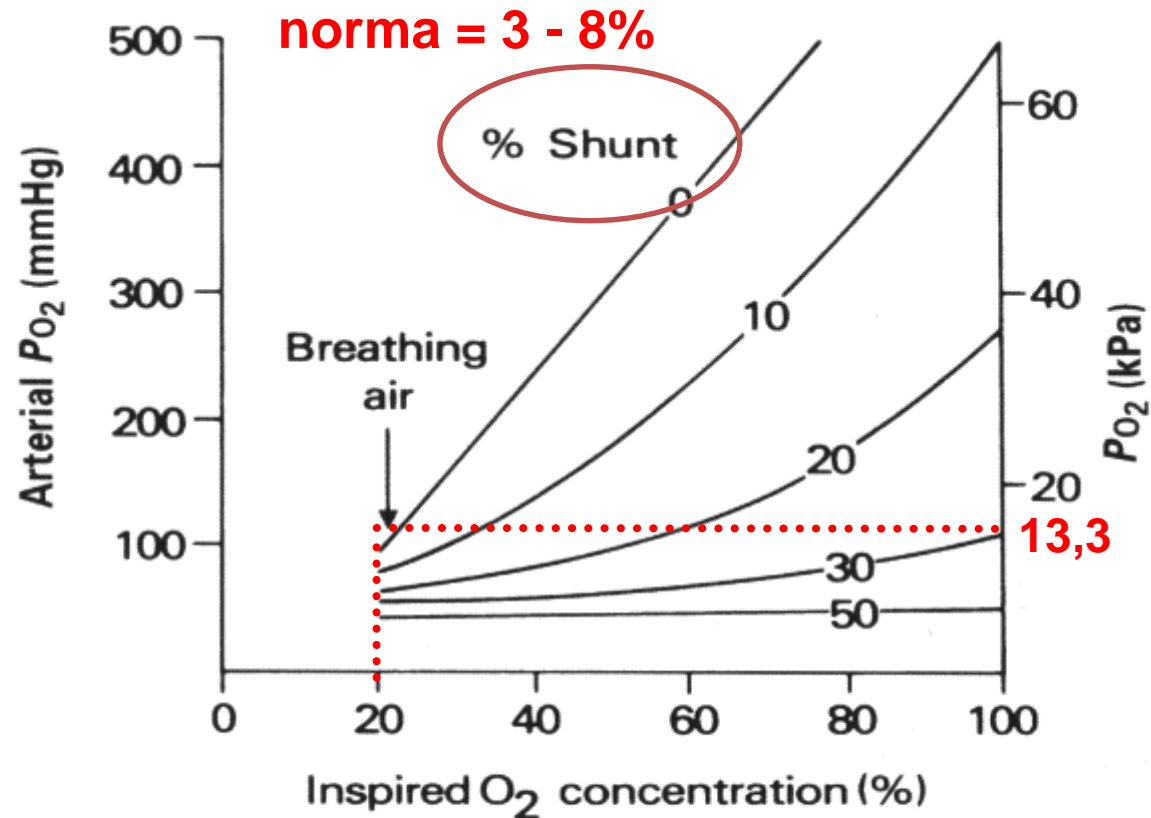
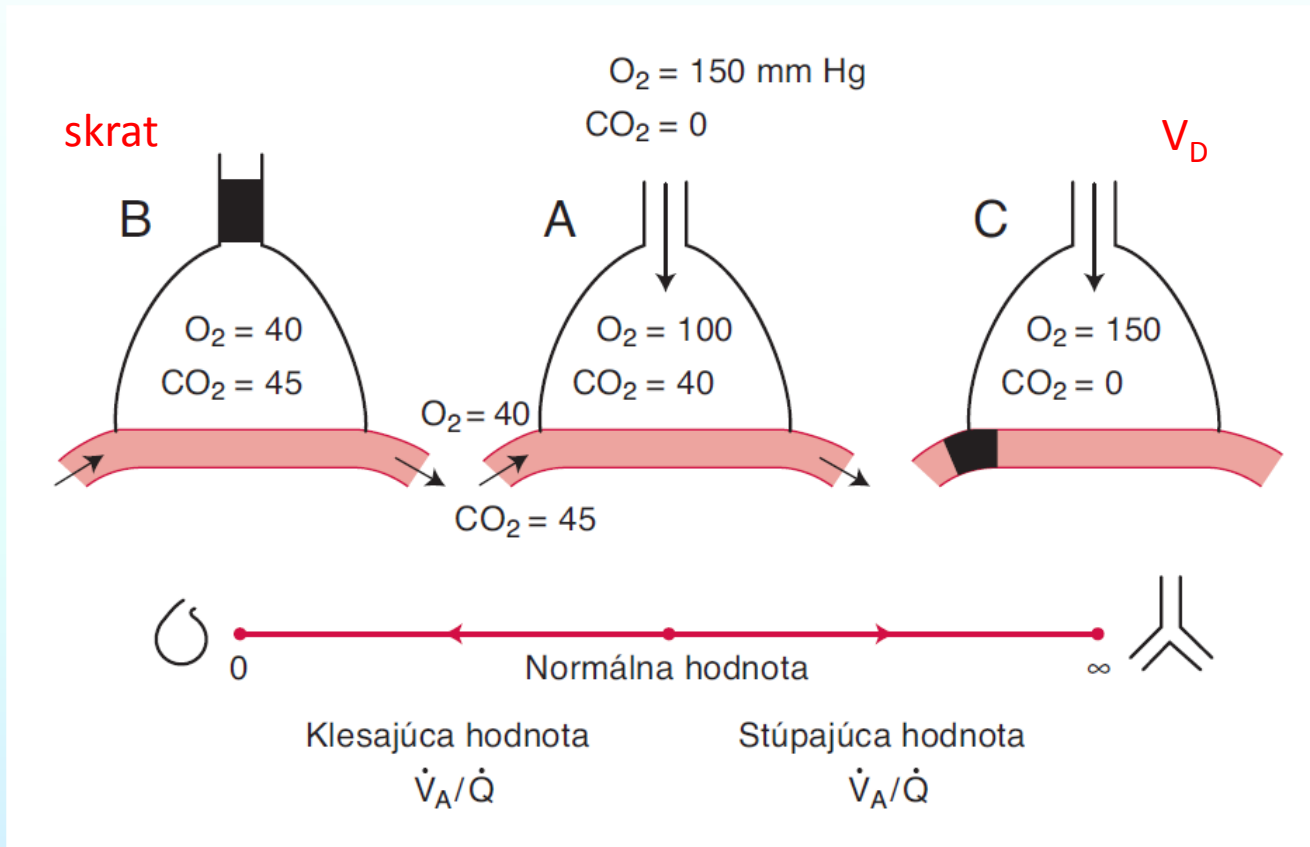


Fig. 23.5 Response of arterial partial pressure of oxygen (P_{O_2}) to increased inspired oxygen concentrations in the presence of various degrees of shunt. Note that arterial P_{O_2} remains well below the normal value when 100% oxygen is breathed. Nevertheless, useful increases in arterial oxygenation occur with a shunt of up to 30%.

Vplyv zmeny ventilačno – perfúzneho pomeru na pO_2 a pCO_2 v pľúcnej jednotke



Komplexná starostlivosť o pacienta predchádzajúca kumulatívne O₂ dlhu

- Dostatok O₂ v **alveolárnom** priestore
- Dostatočný prechod O₂ cez alveolo-kapilárnu **membránu**
- Minimálny „**shunt**“ v pľúcach, eliminácia CO₂
- **Objem** cirkulujúcich tekutín, dostatok prenášačov O₂ (erytrocyty - **Hb**)
- Dostatočný výkon srdca (minútový objem srdca - **MOS**).
- Adekvátne **perfúzia** všetkých tkanív

Najvýznamnejším kompenzačným mechanizmom je MOS

ENERGETICKÝ ZISK

pri **aeróbných** podmienkach:

- glukóza (+HbO₂) + 38 ADP + 38 P = **38 ATP**
(+CO₂)

pri **hypoxických** podmienkach:

- glukóza + 2 ADP + 2P = **2 ATP** + 2 laktát
- 2 ADP = **ATP** + AMP
- P-Cr + ADP + H = **ATP** + kreatín

ATP = ADP + P + H + energia
(osmóza, syntéza, mechanická práca...)

Indikátory energetického zlyhávania buniek

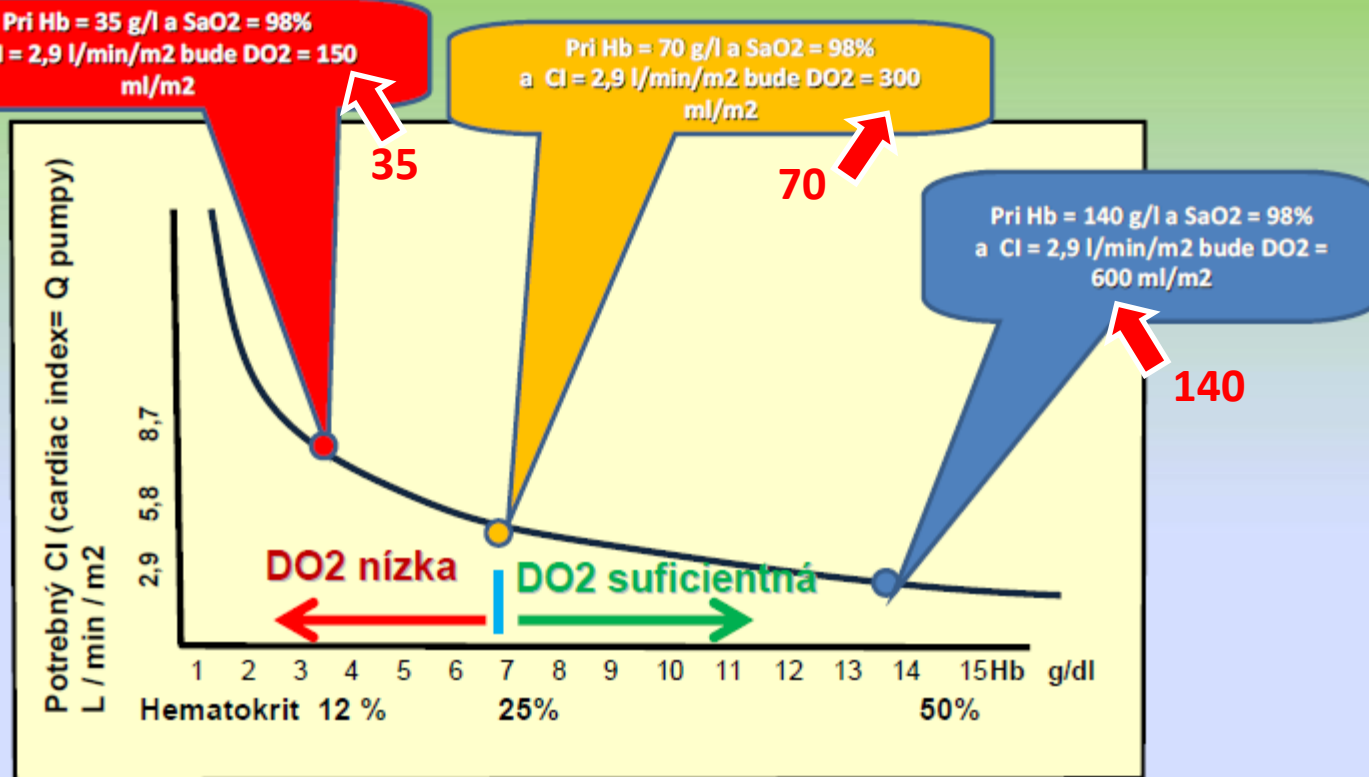
- Nízke pH (**MAC**)
- Vysoký **laktát**
- Negatívny (base excess) **BE**
- Pokles aniónov
- Vysoké **PvCO₂**
- Nízka hodnota **SvO₂** môže, ale nemusí indikovať prítomnosť energetického zlyhávania

Vplyv anémie na dodávku O₂

Parameter	Normal	Anaemic	Anaemic + oxygen therapy
Inspired oxygen (%)	21	21	100
$P_{a_{O_2}}$ (kPa)	12	12	85
$S_{a_{O_2}}$ (%)	98	98	98
Hb concentration (g litre ⁻¹)	150	75	75
Dissolved oxygen (ml litre ⁻¹)	3	3	19
Hb-bound oxygen (ml litre ⁻¹)	197	98	98
Total Ca_{O_2} (ml litre ⁻¹)	200	101	117
\dot{D}_{O_2} (ml min ⁻¹), assuming a cardiac output of 5 litre min ⁻¹ *	1000	505	585

Vplyv Hb na transport O₂

Dodávka O₂ pri anémii a konštantnom CI aplikovaného počas ECC
Schematické znázornenie.



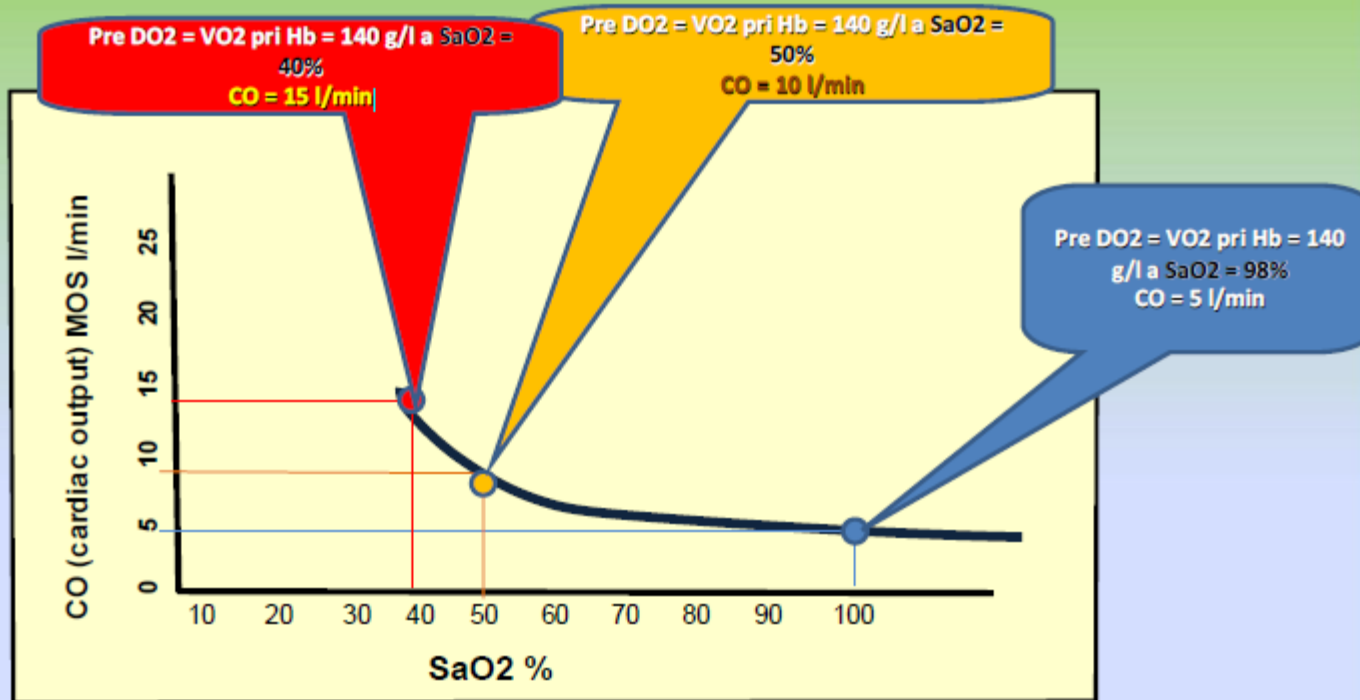
$$\begin{aligned} \text{DO}_2 &= \text{CO} \times \text{CaO}_2 &= 1000 \text{ ml/min} \\ \text{VO}_2 &= \text{CO} (\text{CaO}_2 - \text{CvO}_2) &= 250 \text{ ml/min} \\ \text{O}_2 \text{ ext} &= \text{DO}_2 / \text{VO}_2 &= 25\% \end{aligned}$$

Normálne hodnoty v klude
Hb= 140g/l, SaO₂=98%,
CI = 2,5l/min/m²

Torok, 2015

Kompenzačným mechanizmom pri poklese PaO₂ (SaO₂) je CO

Zmena potrebného CO pri zmene SaO₂ pre primeranú dodávku O₂ pri štandardnej spotrebe O₂ = 250 ml/min - schematicky



$$DO_2 = CO \times CaO_2 = 1000 \text{ ml/min}$$

$$VO_2 = CO (CaO_2 - CvO_2) = 250 \text{ ml/min}$$

Torok, 2015

Hraničné ukazovatele pre prevenciu energetického zlyhávania

- **Hemoglobín** udržať nad 7 g/dl (70 g/l)
- **HTK** nad 22 - 24 %
- **CI** sa má pohybovať od 2,4 – 3,5 l/min/ m² (pri polytraume možno uplatniť supramaximálnu dodávku O₂).
- **SaO₂** nie pod 88 %
- **PaO₂** nie nižší ako 80 mmHg (10,6 kPa)
- **PaCO₂** udržať okolo 35 – 45 mmHg (4,6 – 6 kPa)
- **pH** udržať nad 7,3
- **BE** do +/- 3 mmol/l
- **Laktát** pod 3 - 2,5 mmol/l

Diagnostika a léčba hypoxie

Kyslík

- Kyslík je jeden z najčastejšie používaných liekov a používa sa **takmer vo všetkých odboroch** medicíny
- Ročne v USA je > 21 mil. celkových anestézií
- **>15% pacientov** prijatých do nemocníc v UK je liečených oxygenoterapiou
- **Je to liek**, má svoje biochemické a fyziologické funkcie, široké rozpätie v dávkovaní, nežiadúce účinky
- Prakticky „**univerzálny**“ liek
- Kyslík sa **nesprávne** podáva aj **bez** prítomnosti hypoxie/hypoxémie!

Princípy odporúčania

- Kyslík je na liečbu **hypoxémie, nie dýchavičnosti** (nepreukázalo sa, že by kyslík mal priaznivý účinok pri pocite dýchavice u nie hypoxemických pacientov)
- Podávať podľa **cieľových hodnôt saturácie**
- Upozornenie patrí zdravotníckemu personálu
- Odporúčania majú za cieľ dosiahnuť normálne alebo takmer normálne saturácie Hb kyslíkom v **akútnych situáciách** a tiež tam, kde je riziko **hyperkapnického** respiračného zlyhania alebo ide o **paliatívny** režim.

Monitorovanie SpO₂

- Kritická situácia - podávať kyslík **okamžite** vo **vysokých** koncentráciách, evidovať v dokumentácii
- Saturácia Hb kyslíkom je **5. základná životná funkcia** “the fifth vital sign” (P, TK, D, TT)
- Pulzová oximetria sa má kontrolovať **pri dýchavici** a u **kriticky chorých** (následne aj vyšetrením krvných **plynov**)
- FiO₂ **upravovať a zapisovať** podľa výsledku **oximetrie**
- **Puzový oximeter** má byť dostupný všade, kde sa akútne používa **liečba kyslíkom**
- Všetci **kritickí** pacienti sa majú sledovať a hodnotiť štandardizovaným princípom rozpoznať a spustiť (alarm) - **track & trigger system**

Priemerné hodnoty paO_2 a SaO_2

Age	Mean (SD) PaO_2 (kPa and mm Hg)	Range $\pm 2SD$ PaO_2 (kPa and mm Hg)	Mean (SD) SaO_2 (%)	SaO_2 $\pm 2SD$
18–24	13.4 (0.71) 99.9 (5.3)	11.98–14.82 89.3–110.5	96.9 (0.4)	96.1–97.7
25–34	13.4 (0.66) 99.8 (4.9)	12.08–14.72 90–109.6	96.7 (0.7)	95.3–98.1
35–44	13.18 (1.02) 98.3 (7.6)	11.14–15.22 83.1–113.5	96.7 (0.6)	95.5–97.9
45–54	13.0 (1.07) 97 (8)	10.86–15.14 81–113	96.5 (1)	94.4–98.5
55–64	12.09 (0.60) 90.2 (4.5)	10.89–13.29 81.2–99.2	95.1 (0.7)	94.5–97.3
>64	11.89 (1.43) 88.7 (10.7)	9.02–14.76 67.3–110.1	95.5 (1.4)	92.7–98.3

PaO_2 , artériový parciálny tlak kyslíka, SaO_2 , artériová saturácia hemoglobínu kyslíkom. Hodnoty u sediacich zdravých mužov a žien, nefajčiarov, na úrovni morskej hladiny

Ordinovanie liečby kyslíkom

- Kyslík má byť ordinovaný s cieľom dosiahnuť **cieľovú hodnotu saturácie 94-98 %** pre **väčšinu** kriticky chorých alebo **88-92 %** u tých, ktorí majú riziko **hyperkapnického** respiračného zlyhania
- **Cieľové** hodnoty saturácie Hb kyslíkom je potrebné zapísať **do záznamu** pacienta.

Podávanie kyslíka

- Kyslík sa má podávať personálom, ktorý je **školený** v jeho aplikácii
- Tento personál má používať primerané **pomôcky** a **prietoky** podľa naordinovaných **cieľových** hodnôt saturácie
- Kyslík sa má **ordinovať do zoznamu liekov** a kontrolovať **dávku** pri každej kontrole ordinovanej liečby pacienta

Weaning a prerušovanie kyslíkovej liečby

- U stabilných pacientov, kde sme spokojní s ich saturáciou sa má kyslík **znižovať**

Kritické situácie u dospelých s neodkladnou potrebou kyslíka vo vysokých dávkach

- **Počiatočnou** možnosťou je tvárová maska s prívodom **kyslíka 15 l/min**
- Ak sa pacient vystabilizuje, upraviť dávkovanie kyslíka do rozmedzia saturácie **94-98 %**
- Ak **nie je oxymetria** dostupná, **pokračovať** s maskou, kým nie je definitívna liečba dostupná
- Pacienti v kritickom stave s **COPD** alebo inými rizikovými faktormi vzniku hyperkapnie majú mať **rovnakú iniciálnu** hodnotu saturácie do získania výsledku vyšetrenia krvných plynov
- Ak sa u nich vyvinie ťažká hypoxémia a/alebo hyperkapnia s respiračnou acidózou, potom u nich **pokračovať s liečbou kyslíkom alebo vykonať podporné dýchanie**



Poznámky a stupne odporúčaní

1. Zastavenie krvného obehu alebo resuscitácia:

- Počas aktívnej resuscitácie použiť dýchací vak (D)
- Kým nie je pacient stabilný, mať za cieľ **maximálnu** možnú saturáciu.

2. Šok, sepsa, veľká trauma, prítopenie, anyfylaxia a veľké krvácanie z pľúc:

- Poskytnúť aj špecifickú liečbu podľa príčiny (D)

3. Veľké poranenie hlavy

- Ak je pacient v bezvedomí, včasne ho **intubovať a ventilovať** (D)

4. Otrava oxidom uhoľnatým

- Podať maximálne možné množstvo kyslíka dýchacím vakom s maskou alebo tvárovou maskou. Prekontrolovať hladiny **karboxyHb** (C)
- Normálne alebo vysoké hodnoty na oximetri môžu byť **klamlivé**, lebo bežné oximetre nedokážu odlíšiť medzi COHb a O₂Hb, lebo majú podobné absorpčné pásma
- Aj **paO₂** môže byť v tom stave tiež **normálne** aj napriek tomu, že je prítomná tkanivová **hypoxia**



Dosahovanie cieľových hodnôt SpO₂ u akútnych stavov (1/2)

1. Snažiť sa dosiahnuť **normálne** alebo **takmer normálne** hodnoty SpO₂ u akútnych stavov okrem tých, kde je riziko hyperkapnického respiračného zlyhania (D)
2. Pre akútne stavy, u ktorých nie je riziko hyperkapnického zlyhania, sa odporúčajú cieľové hodnoty saturácie **94-98 %**. U niektorých normálnych stavov, najmä u **starších ako 70 rokov** môžu byť saturácie **pod 94 %** a ak sú stabilní nevyžadujú liečbu kyslíkom (D)
3. Väčšina pacientov s **dýchavicou** nemajú prospech z kyslíkovej liečby, ale u nich **náhly pokles saturácia o 3 %** vyžaduje rýchle vyšetrenie (ale aj signálu SpO₂), lebo to môže ísť o **prvý príznak** akútneho ochorenia (D)
4. U väčšiny pacientov s COPD alebo u iných so známymi rizikami **hyperkapnického respiračného zlyhania** (morbídna obezita, deformity hrudníka, neuromuskulárne ochorenia) je cieľová saturácia v rozsahu **88-92 %** a odporúča sa počkať na vyšetrenie krvných **plynov** (C)

Dosahovanie cieľových hodnôt SpO₂ u akútnych stavov (2/2)

5. Pacienti s **COPD** sú citliví na **opakované epizódy** hyperkapnického zlyhania. Tu sa riadiť **podľa plynov predošlej exacerbácie**, lebo hyperkapnické zlyhanie sa môže vyskytnúť aj pri saturácii pod 88%. Ak už mali hyperkapnické zlyhanie (s NIV alebo IPPV) podať 28% O₂ Venturiho maskou alebo 4 l/min **prednemocnične** alebo 24% Venturiho maskou a 2-4 l/min v **nemocnici** a cieľovou saturáciou **88-92 %** + urgentne vyšetriť **ABR**. Týchto liečiť s **vysokou prioritou** emergentnej starostlivosti a kyslík **znižovať, ak saturácia prevýši 92%** (D)
6. V **supinačnej** polohe sa oxygenácia znižuje, pacienti pri plnom vedomí v ideálnom prípade majú byť **v čo najvzprimenejšej polohe**, ak nie je potrebné pacienta imobilizovať (napr. pri traume) (C)

Klinické a laboratórne vyšetrenie hypoxémie a hyperkapnie

7. Akútnym vyšetriť **pulz**, **TK**, frekvenciu **dýchania** zhodnotiť **objem** cirkulujúceho objemu a **anémiu**. V počiatočnom štádiu život ohrozujúceho ochorenia **kontaktovať intenzivistov** (C-D)
8. U akútnych nestabilných vykonávať identifikačný systém „**track and trigger**“ napr. modifikovaný Early Warning Scoring System (**mEWS**) (C)
9. **SpO₂** kontrolovať u všetkých akútne chorých **dyspnoických pacientov** (ak je to potrebné, s vyšetrením **ABR**) a sledovať aj **FiO₂** so zapisovaním do záznamu (D)
10. Prítomnosť normálnej hodnoty **saturácie hemoglobínu kyslíkom** (artérová saturácia kyslíkom **SpO₂** **nie vždy vylučuje potrebu vyšetrenia ABR**, pretože SpO₂ je normálna u pacientov s normálnou tenziou kyslíka, ale **abnormálne pH alebo pCO₂** alebo s nízkym obsahom kyslíka v krvi pri **anémii**). Meranie krvných plynov a **krvný obraz** sú z toho dôvodu potrebné čím skôr vo všetkých situáciách, kde meranie môže ovplyvniť výsledný stav pacienta (D)

Artériové a artérializované krvné plyny

11. U kriticky chorých, v šoku, pri hypotenzii (sTK <90 mmHg) **počiatočnú** vzorku odobrať **z artérie**. Merať **presné** pH a pCO₂. Vzorka na pO₂ **z ušného lalôčika je menej presná** (výsledok nižší o 0,5 až 1 kPa) (B)
12. Na odber z artérie použiť **lokálnu anestéziu** okrem emergentných stavov alebo keď je pacient v bezvedomí alebo v anestézii (B)
13. **Krvné plyny** je potrebné vyšetrovať v nasledujúcich **situáciách**:
 - Všetci **kriticky** chorí
 - Neočakávaná alebo neprimeraná hypoxémia (**SpO₂ <94%**) a kto potrebuje kyslík na udržanie tejto hodnoty. (D)
 - **Zhoršovanie saturácie** alebo dýchavice u predtým **stabilnej hypoxémie** (napr. ťažká COPD) (D)
 - Predtým stabilní, ktorí sa **zhoršujú** a potrebujú zvýšené FiO₂ na udržanie saturácie (D)
 - Pri riziku **hyperkapnického** zlyhania, kde sa vyvíja dýchavica, zhoršenie saturácie alebo ospalosť či iné **príznaky retencie CO₂** (D)
 - Pri dýchavici a stavoch ako diabetická **ketoacidóza** alebo MAC pri **zlyhaní obličiek** (D)
 - Pri akútnej dýchavici alebo kritickom stave so zlou periférnou cirkuláciou, kde **nemožno získať primeraný signál pri SpO₂** (D)
 - **Kde je užitočné** ich vyšetrenie (napr. náhle zhoršenie viacerých parametrov v mEWS, alebo nečakaný pokles SpO₂ o 3 a viac %) (D)

Liečba kyslíkom v gravidite

14. Pri veľkej traume, sepe alebo akútnom ochorení v gravidite je potrebné využívať takú istú liečbu kyslíkom **ako u iných pacientov s cieľovou saturáciou 94-98 %**. Tie isté cieľové hodnoty mať u žien s hypoxémiou pri akútnych **komplikačiách gravidity** (embólia plodovou vodou, eklampsia, predpôrodné alebo popôrodné krvácanie) (D)
15. Ženy s **hypoxemickým** stavom (napr. zlyhanie srdca) majú počas pôrodu na dosiahnutie **saturácie 94-98 %** dostávať kyslík (D)
16. Všetky ženy s prítomnou hypoxémiou, ktoré sú v **>20 týždni** gravidity sa majú polohovať **na ľavý bok**, aby sa im zlepšil srdcový výdaj (B)
17. **Počas pôrodu** sa často podáva kyslík, ale je dokázané, že môže byť **škodlivý pre plod**. Preto sa v súčasnosti neodporúča podávať kyslík počas pôrodu v situáciách, **kde matka nie je hypoxemická** (A)

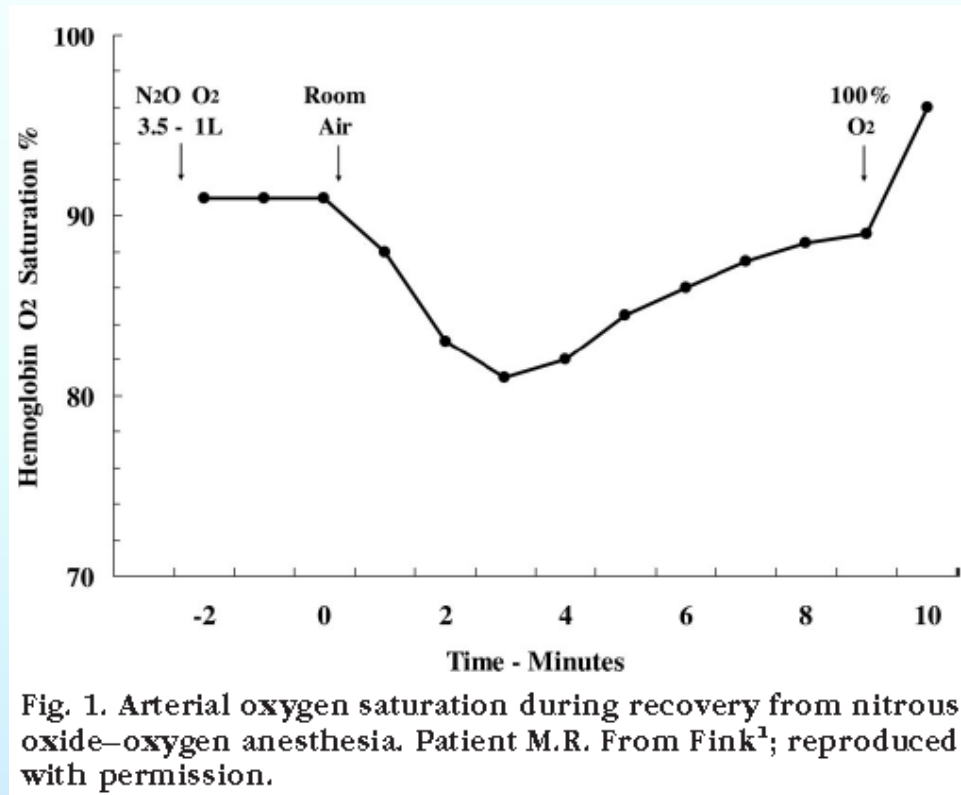
Refraktérna hypoxémia u dospelých

Rescue kroky:

1. Recruitment 👍
2. Zmeny ventilačného režimu (APRV...) 👍
3. Mobilizácia vody z pľúc 👍
4. Pronačná poloha 👍
5. Myorelaxancia 👍
6. Surfactant 👉
7. Kortikoidy 👉
8. HFO 👉
9. Prostaglandiny 👎
10. NO 👎
11. ECCMO 👉
12. Partial liquid ventilation 👎
13. NBO, HBO 👎

Hypoxia je smrtiaca!

Hypoxia z difúzie N_2O 40 x > N_2



Arterial hyperoxia and mortality in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis

Elisa Damiani¹, Erica Adrario¹, Massimo Girardis², Rocco Romano¹, Paolo Pelaia¹, Mervyn Singer³
and Abele Donati^{1*}

Hyperoxia

- Hypoxémia sa všeobecne považuje za škodlivú, mierna hyperoxia za neškodnú a zdravotníci skôr prijímú supranormálne artériové hodnoty O_2 , čo **sa považuje za širší bezpečnostný nárazník**
- Hyperoxia spôsobuje **zvýšenie úmrtnosti** pacientov s mozgovou **porážkou**, úrazom poškodení **mozgu** a u resuscitovaných po **zastavení krvného obehu**
- Výsledky sú však ovplyvnené **veľkou nehomogenitou hodnotených štúdií**

Toxicita O₂

- V animálnych aj v humánnych štúdiách sú správy o **plúcnej** toxicite, zvýšenej vazokonstrikcii s **poklesom CO**, poškodení rôznych orgánov **voľnými O₂ radikálmi** a výrazným **znížením koronárneho prietoku** a spotreby O₂ myokardom
- Odpoveď na otázku, či expozícia **supranormálnej tenzii PaO₂** je u kriticky chorých bezpečná ostáva **nezodpovedaná**

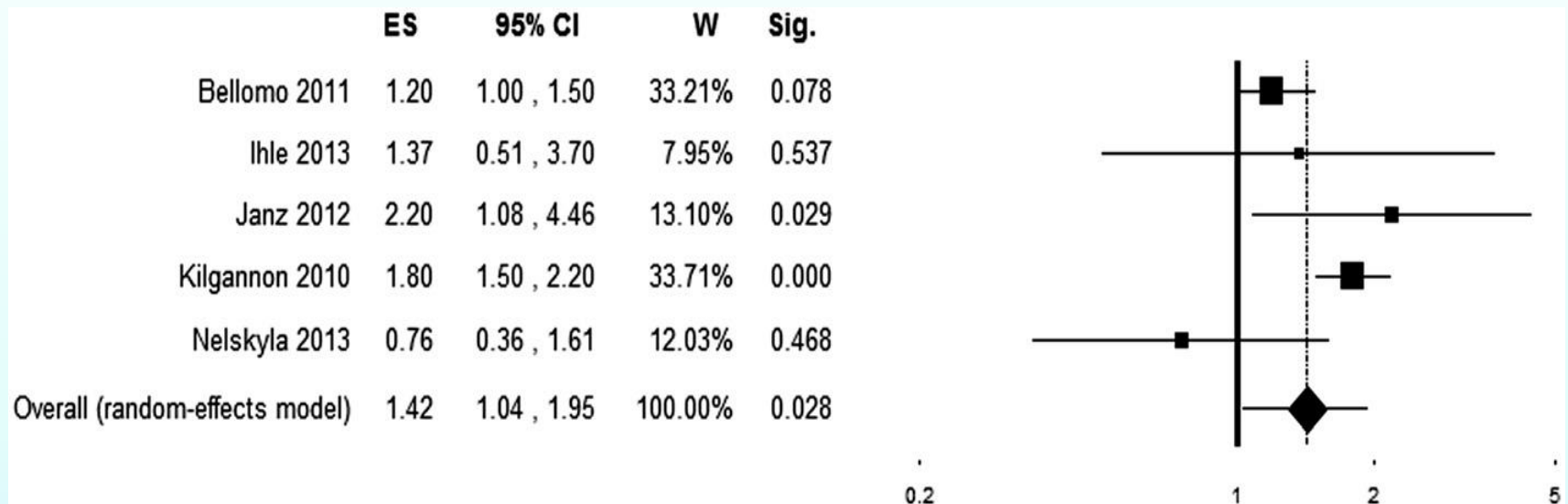
Mortalita u mechanicky ventilovaných pacientov na ICU



Odds ratios >1 (**right side** of the plot) indicate an association between **hyperoxia and higher mortality**. More precise studies have larger boxes.

ES, effect size; CI, confidence interval; Sig., P value.

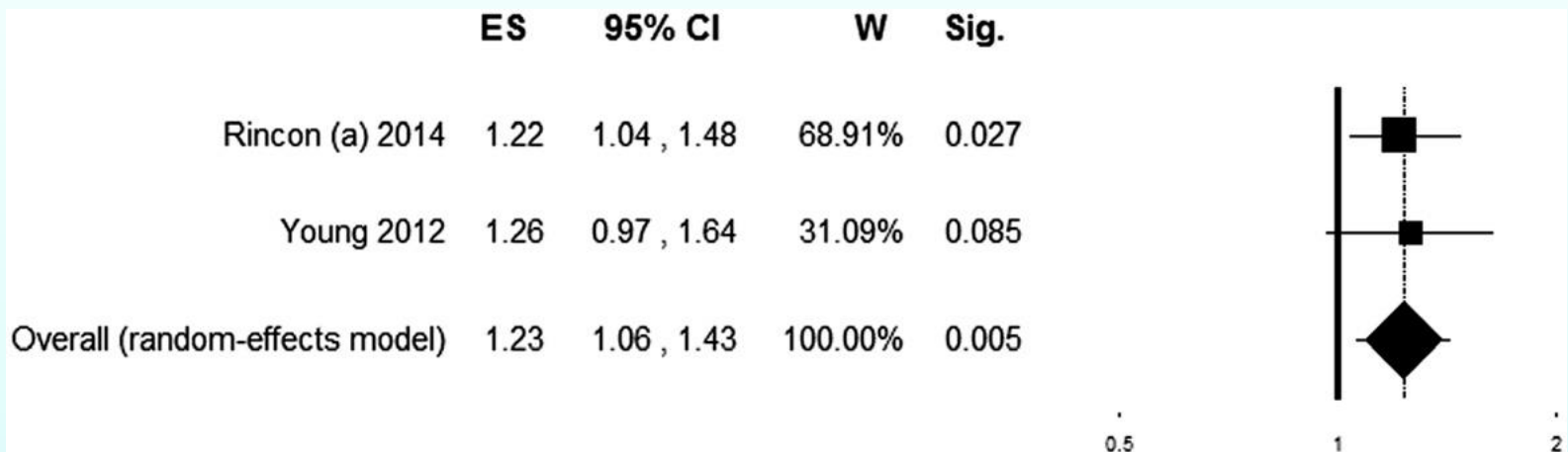
Mortalita pacientov resuscitovaných pre zastavenie srdca



Significant association between hyperoxia exposure and mortality

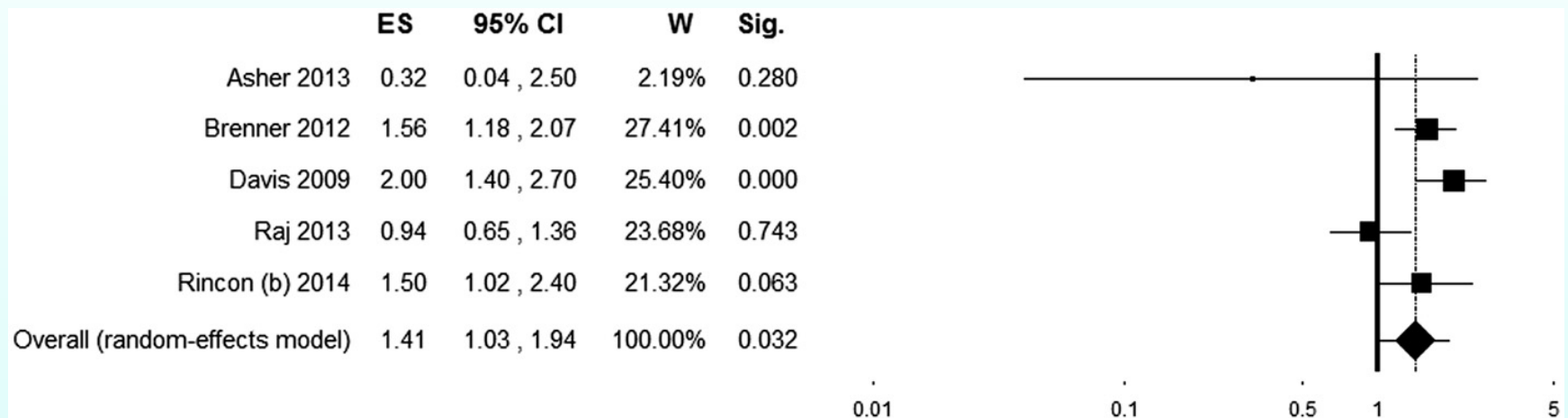
Odds ratios >1 (**right side** of the plot) indicate an association between hyperoxia and higher mortality. **More precise studies have larger boxes**. ES, effect size; CI, confidence interval; W, weight; Sig., P value.

Mortalita pacientov s mozgovou príhodou



- Expozícia artériovej **hyperoxii počas prvých 24 hodín** po prijatí na ICU je spojená s vyššou mortalitou pacientov s mozgovou príhodou

Mortalita u pacientov s poranením mozgu (TBI)



Dlhodobejšia hyperoxia?

- Všetky štúdie, ktoré hodnotili časové rozpätie stavu oxygenácie **dlhšie ako 24 hodín**
- **nezistili** signifikantné súvislosti medzi artériovou hyperoxiou a horšími výsledkami!

Štúdie o hyperoxii

1. Väčšina štúdií zisťujúca vzťah medzi a. hyperoxiou a mortalitou boli **retrospektívne** observačné, len jedna bola intervenčná a **prospektívna**
2. Medzi štúdiami bola zistená veľká **heterogenita** v stanovených kritériách definujúcich expozíciu hyperoxii
3. Spojitosť medzi a. hyperoxiou a zvýšenou mortalitou bola zistená v niektorých **podskupinách** kriticky chorých (**post-cardiac arrest, stroke, traumatic brain injury**)

Hyperoxia

- Lekári majú venovať pozornosť **potenciálne škodlivému účinku** nadmerného podávania kyslíka
- Viaceré štúdie upozorňujú, že **sa FiO_2 len výnimočne upravuje pri a. hyperoxii** a to najmä pri používaní nižších FiO_2
- Podávanie kyslíka **nie hypoxemickým pacientom je treba prehodnotiť**, lebo neexistujú dôkazy jeho priaznivého účinku
- Ak je Hb plne saturovaný, ďalšie pridávanie kyslíka iba **nepatrne zvyšuje transportnú kapacitu** krvi pre kyslík. Naopak, regionálna dodávka kyslíka paradoxne klesá, čo môže byť spôsobené **vazokonstrikciou**

Ako je to u iných pacientov?

- Potrebné sú **štúdie ďalších** špecifických kategórií kriticky chorých ako sú pacienti
- **septickí,**
- **polytraumatickí,**
- **pooperačné stavy a**
- **hemoragický šok**

80 vs 30% O₂ je bez rozdielov v SSI

From: **Effect of High Perioperative Oxygen Fraction on Surgical Site Infection and Pulmonary Complications After Abdominal Surgery: The PROXI Randomized Clinical Trial**

JAMA. 2009;302(14):1543-1550. doi:10.1001/jama.2009.1452

Table 3. Clinical Outcomes for Patients Scheduled for Laparotomy (N = 1386)

Outcome	No. (%)		Univariate OR (95% CI) ^a	I ^b Value	Adjusted OR (95% CI) ^c	P Value
	80% Oxygen (n = 685)	30% Oxygen (n = 701)				
Surgical site infection	121 (18.1)	141 (20.1)	0.94 (0.72 to 1.22)	.64	0.91 (0.69 to 1.20)	.51
Infection location						
Superficial	75 (10.9)	76 (10.9)				
Deep	20 (2.9)	26 (3.7)				
Organ/space	26 (3.8)	39 (5.5)				
ASEPSIS score >2 ^d	32 (4.7)	36 (5.1)				
Atelectasis	54 (7.9)	60 (8.6)	1.11 (0.75 to 1.66)	.60	1.13 (0.75 to 1.72)	.66
Pneumonia	41 (6.0)	44 (6.3)	0.66 (0.31 to 1.40)	.32	0.95 (0.40 to 1.49)	.81
Health	30 (4.3)	30 (4.3)				
site-associated						
Ventilator-associated	7 (1.0)	9 (1.3)				
Aspiration	2 (0.3)	1 (0.1)				
Community-acquired	2 (0.3)	2 (0.3)				
Immunocompromised	0	2 (0.3)				
Respiratory failure	30 (4.4)	31 (4.4)	1.27 (0.76 to 2.07)	.34	1.22 (0.74 to 2.03)	.44
Reoperation	104 (15.2)	104 (14.8)	1.00 (0.77 to 1.30)	.96	1.01 (0.75 to 1.37)	.89
Admission to ICU ^e	50 (7.3)	44 (6.3)	1.16 (0.77 to 1.76)	.46	1.21 (0.78 to 1.88)	.40
30-d mortality	30 (4.4)	20 (2.9)	1.56 (0.86 to 2.77)	.13	1.55 (0.89 to 2.69)	.15
Postoperative hospitalization, d	9 (1.3)	7 (1.0)	-0.60 (-2.3 to 0.99)	.39 ^f		

Abbreviations: ASEPSIS, additional treatment, serious discharge, pneumonia, central venous catheter, separation of deep tissues, isolation of bacteria, and duration of postoperative stay; CI, confidence interval; ICU, intensive care unit; OR, odds ratio.
^aAdjusted for study center, body mass index (<30 or >35, calculated as weight in kilograms divided by height in meters squared), diabetes mellitus, acute or elective surgery, chronic obstructive pulmonary disease, current smoker, incision extending above the umbilicus, duration of surgery, and age (<60 years or >60 years).
^bI² range of possible scores, 0 to 100. Consider your interpretation of the I² postoperative days with additional surgical treatment is score higher than 25 indicate several heterogeneities.
^cAdjusted for ICU included 1 part of random postoperative care and healing less than 24 hours (13 vs 9 patients in the 80% oxygen and 30% oxygen groups, respectively).
^dCalculated with intention-to-treat analysis.

- **Objective** To assess whether use of 80% oxygen reduces the frequency of surgical site infection without increasing the frequency of pulmonary complications in patients undergoing abdominal surgery.
- **Interventions** Patients were randomly assigned to receive either 80% or 30% oxygen during and for 2 hours after surgery.
- **Results** Surgical site infection occurred in 131 of 685 patients (19.1%) assigned to receive 80% oxygen vs 141 of 701 (20.1%) assigned to receive 30% oxygen (odds ratio [OR], 0.94; 95% confidence interval [CI], 0.72-1.22; $P = .64$).
- **Conclusion** Administration of **80% oxygen compared with 30% oxygen did not result in a difference in risk of surgical site infection** after abdominal surgery.



80% kyslík zvyšuje mortalitu

Increased Long-Term Mortality After a High Perioperative Inspiratory Oxygen Fraction During Abdominal Surgery: Follow-Up of a Randomized Clinical Trial

October 2012

- RESULTS:** Vital status was obtained in 1382 of 1386 patients after a median follow-up of 2.3 years (range 1.3 to 3.4 years). One hundred fifty-nine of 685 patients (23.2%) died in the 80% oxygen group compared to 128 of 701 patients (18.3%) assigned to 30% oxygen (HR, 1.30 [95% confidence interval, 1.03 to 1.64], $P = 0.03$). In patients undergoing cancer surgery, the HR was 1.45; 95% confidence interval, 1.10 to 1.90; $P = 0.009$; and after noncancer surgery, the HR was 1.06; 95% confidence interval, 0.69 to 1.65; $P = 0.79$.
- CONCLUSIONS:** Administration of **80% oxygen in the perioperative period was associated with significantly increased long-term mortality** and this appeared to be statistically significant in patients undergoing cancer surgery but not in noncancer patients.

Table 2. Variables Associated with Long-Term Mortality

Parameter	Hazards ratio	95% confidence interval	P
80% oxygen	1.31	[1.03–1.66]	0.03
Age per yr	1.03	[1.02–1.04]	<0,001
Body mass index per kg/m ²	0.97	[0.95–1.00]	0.04
Emergency surgery	1.49	[1.02–2.16]	0.04
ASA physical status class			
I	1.00		
II	1.44	[0.96–2.16]	0.08
III	3.54	[2.24–5.57]	<0,001
IV	12.53	[5.30–29.63]	<0,001
Current smoking	1.30	[0.98–1.72]	0.07
Diabetes mellitus	1.43	[0.98–2.09]	0.06
Cardiovascular disease	0.86	[0.63–1.17]	0.33
Cancer surgery	2.52	[1.83–3.48]	<0,001
Peroperative blood transfusion	1.64	[1.26–2.14]	<0,001

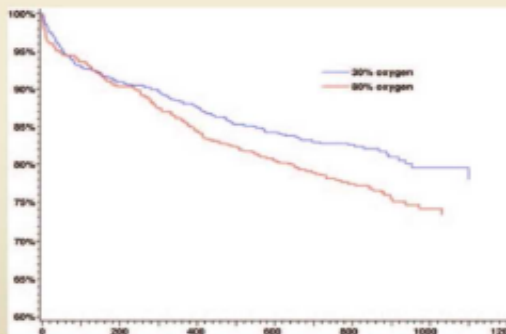


Figure 1. Overall survival after abdominal surgery. X-axis: Time after surgery (days).

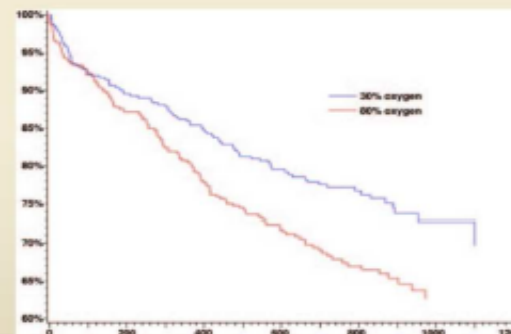


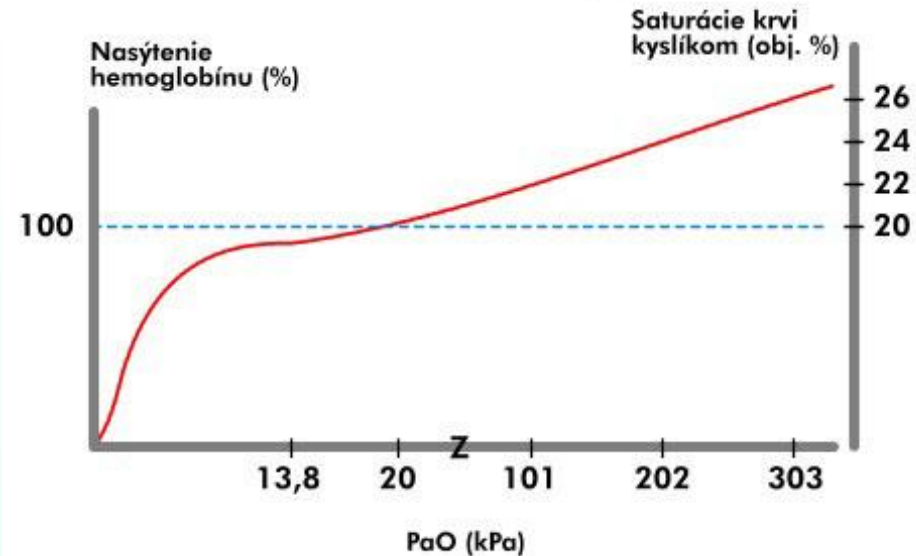
Figure 2. Survival after abdominal cancer surgery. X-axis: Time after surgery (days).



HYPERBAROXIA

1. Air or Gas **Embolism**
2. Carbon **Monoxide** Poisoning
3. **Decompression** Sickness
4. Exceptional Blood Loss (**Anemia**)
5. Intracranial **Abscess**
6. **Necrotizing Soft** Tissue Infections
7. Clostridal Myositis and Myonecrosis (**Gas Gangrene**)
8. Crush Injury, **Compartment Sy**, & Acute Traumatic Ischemias
9. Enhancement of Healing in Selected Problem **Wounds**
10. **Osteomyelitis** (Refractory)
11. Delayed **Radiation Injury** (Soft Tissue and Bony Necrosis)
12. Skin **Grafts** & Flaps (Compromised)
13. Thermal **Burns**

% saturácie krvi v závislosti od výšky PaO



DEVIATE VYDANIE

Fyziológia dýchania

ZÁKLADNÉ FAKTY

John B. West

Wolters Kluwer Health | Lippincott
Williams & WilkinsFYZIOLOGIA DÝCHANIA
ZÁKLADNÉ FAKTY

John B. West, M.D., Ph.D., D.Sc.

Westova učebnica
Fyziologia dýchania, preložená
MUDr. A. Andrašovským
je v predaji v predajni UPIŠ
na Tr. SNP v Košiciach!

Cena 25,25 €

Autor slovenskeho prekladu:
MUDr. Andrej AndrašovskýRecenzenti slovenskeho prekladu:
prof. MUDr. Viliam Donič, CSc.
doc. MUDr. Jozef Firment, PhD.

© Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, ... fakulta, 2015

Všetky práva vyhradené. Toto dielo ani žiadnu jeho časť nemožno reprodukovat,
ukladať do informačných systémov alebo inak rozširovať bez súhlasu majiteľov práv.
Za odbornú a jazykovú stránku príspevkov zodpovedajú autori.

ISBN 978-80-8152-221-5

Predaj aj na stránke univerzitného e-shopu:

<http://unibook.upjs.sk/predaj-vydanych-titulov/lekarska-fakulta/lekarska-fakulta-2015>



Koniec, d'akujem za pozornosť!