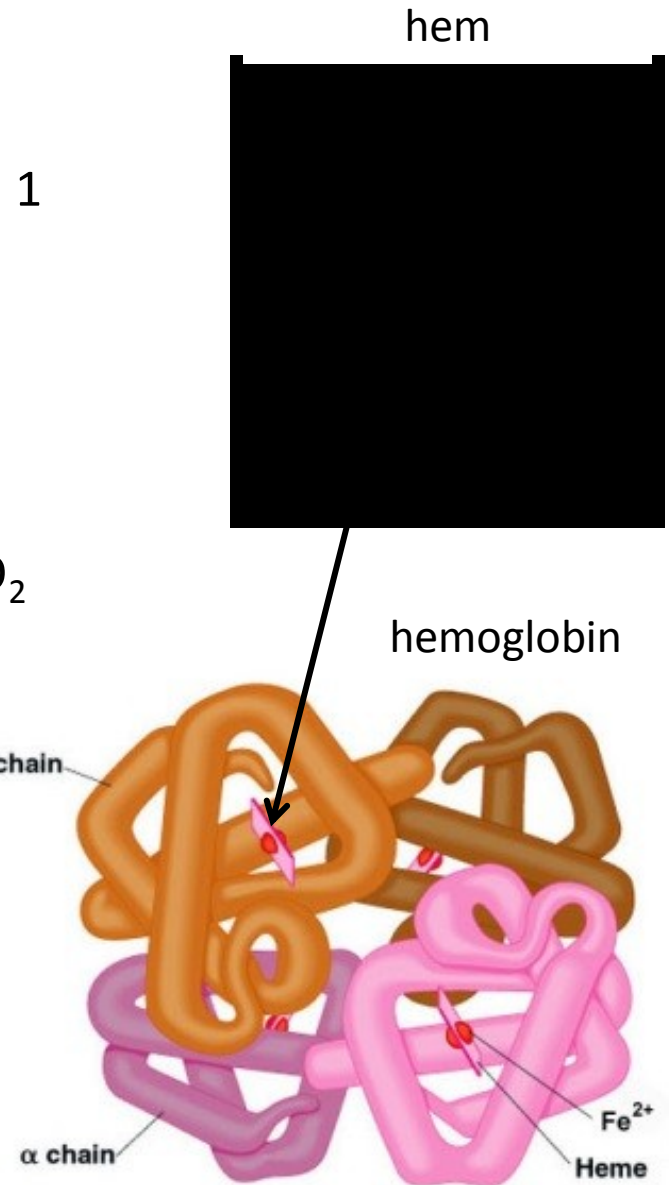


REGULACE DÝCHÁNÍ

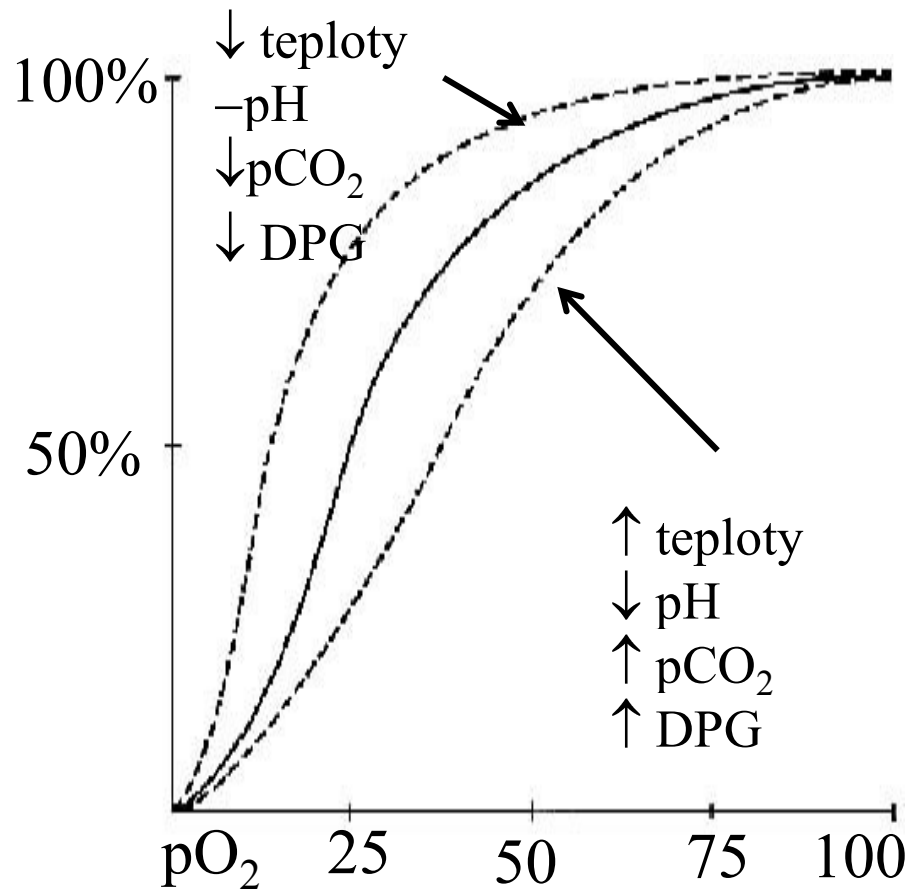
DOPLNĚNÍ TÉMATU

Transport kyslíku

- Většinou chemicky vázaný na hemoglobin (Fe^{2+}): 1 molekula hemoglobinu váže 4 molekuly O_2
- Méně fyzikálně rozpuštěný v plazmě (1,4%)
- Hemoglobin:
 - 2 α , 2 β podjednotky,
 - Každá podjednotka má 1 hem, který váže 1 O_2
→ hemoglobin váže 4 molekuly O_2
- Fetální hemoglobin (2 α , 2 γ , vysoká afinita k O_2)
- Methemoglobin (Fe^{3+})
- Karboxyhemoglobin (otrava CO)
- Karbaminohemoglobin (navázaný CO_2)
- Oxyhemoglobin (navázaný O_2)
- Deoxyhemoglobin (bez navázaného plynu)



Saturace hemoglobinu kyslíkem



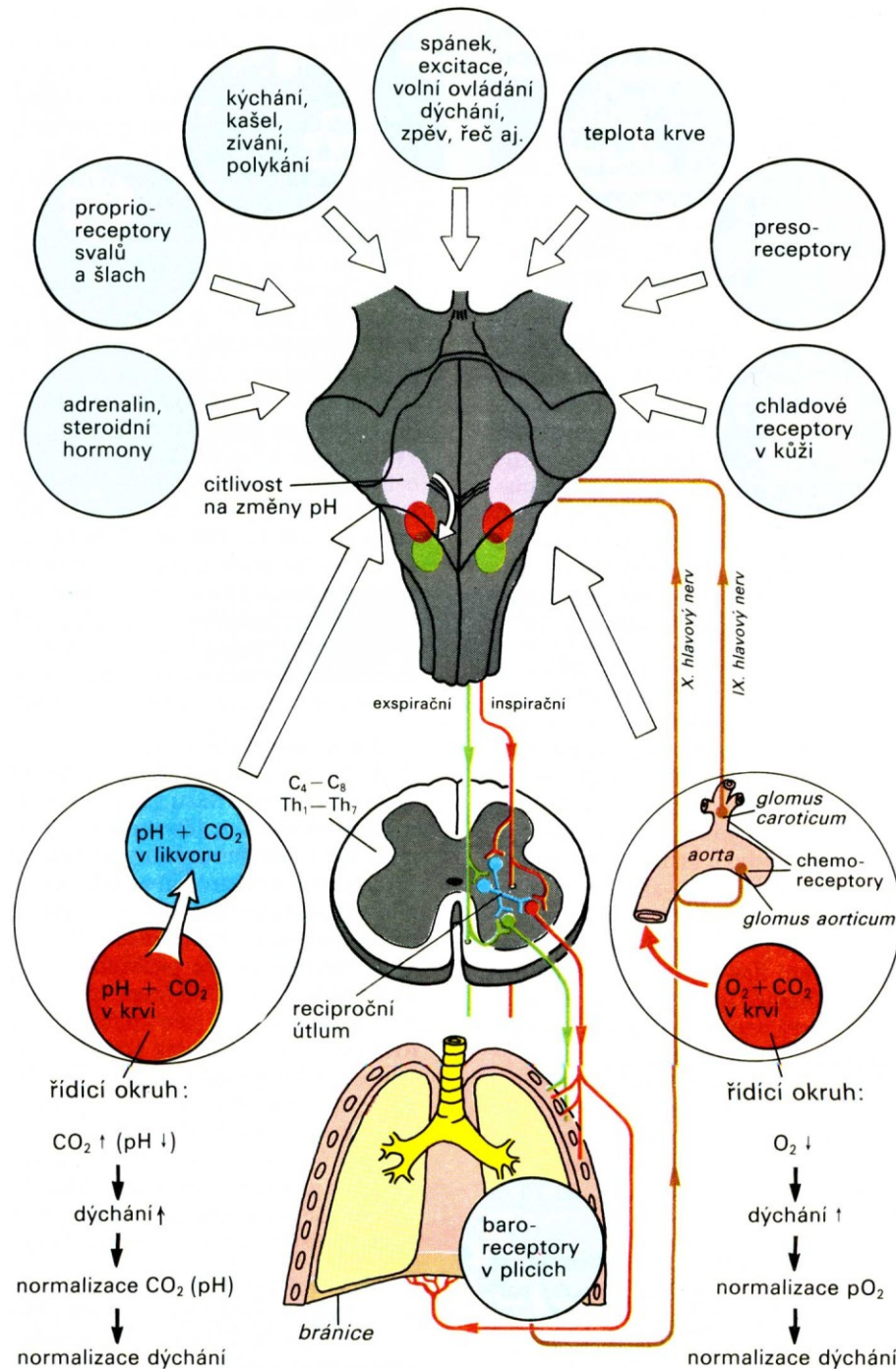
Transport oxidu uhličitého

- fyzikálně rozpuštěný – 5%
- chemicky vázaný – KHCO₃ a NaHCO₃ –75-80%
- vazba na plazmatické bílkoviny – karbaminohemoglobin a karbaminoproteiny – 15-20%
- **v červených krvinkách:** enzym karbondehydrogenáza – urychluje tvorbu a rozklad H₂CO₃



Oxid uhličitý snižuje pH krve, funguje v krvi jako pufr

Regulace dýchání



Hypoxie

nedostatek kyslíku ve tkáních (neplést s ischemií)

(ischemie – nedostatečné prokrvení tkáně – zahrnuje hypoxii, hyperkapnii, nahromadění metabolitů, nedostatek živin,....)

- Hypoxická hypoxie – méně pO_2 v arteriální krvi (menší % kyslíku ve vzduchu, vyšší nadmořská výška, porucha dýchacích svalů, dechového centra, opiáty, porucha ventilace-perfuze, snížená difuze přes alveolární membránu)
- Anemická hypoxie – porucha přenosu kyslíku krví (méně krvinek, méně hemoglobinu, nefunkční hemoglobin, otrava CO)
- Ischemická (cirkulační, stagnační) hypoxie – snížený průtok krve tkání (obstrukce arterie, selhávání srdce)
- Histotoxická hypoxie - porušené využití O_2 buňkami (toxiny, kyanid)

Hyperkapnie a hypokapnie

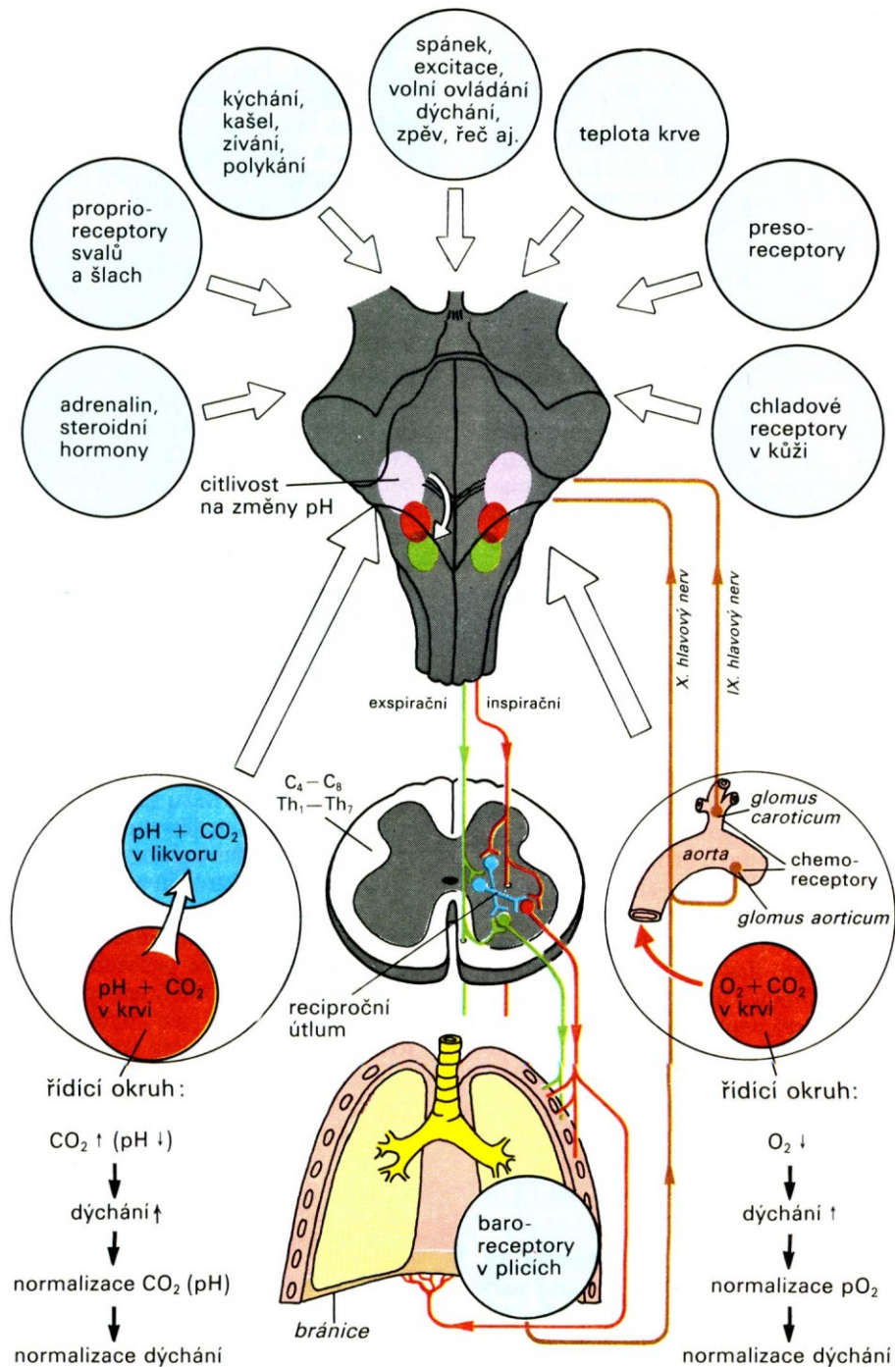
Hyperkapnie:

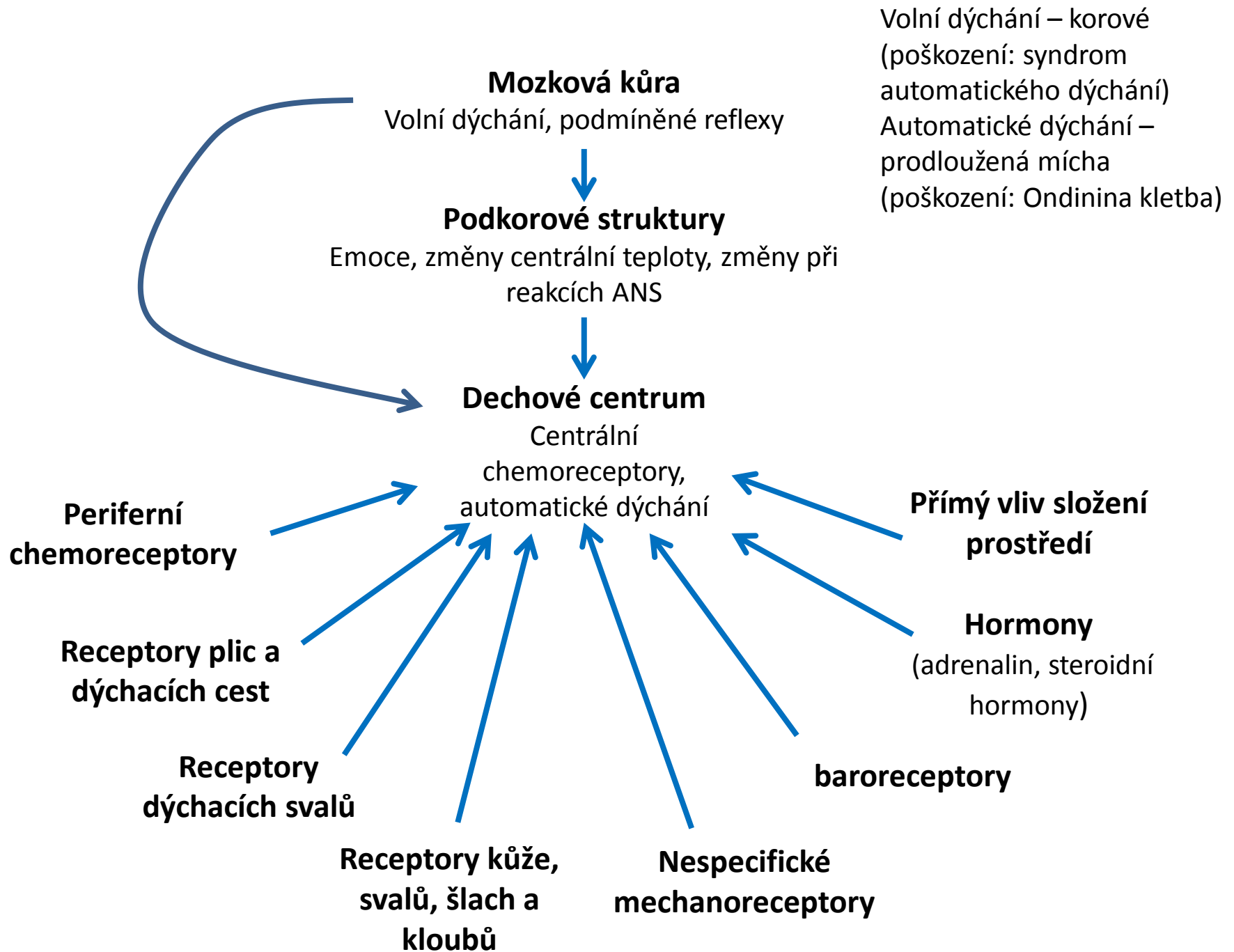
- Vyšší pCO₂
- snížené pH krve
- zmatenost, poruchy smyslové ostrosti, nakonec koma s útlumem dýchání a smrt

Hypokapnie:

- Hypoxie mozku díky vazokonstrikci cév - ztráta orientace, závratě, parestézie
- Zvýšené pH, při hyperventilaci – tetanické křeče, ztráta vědomí

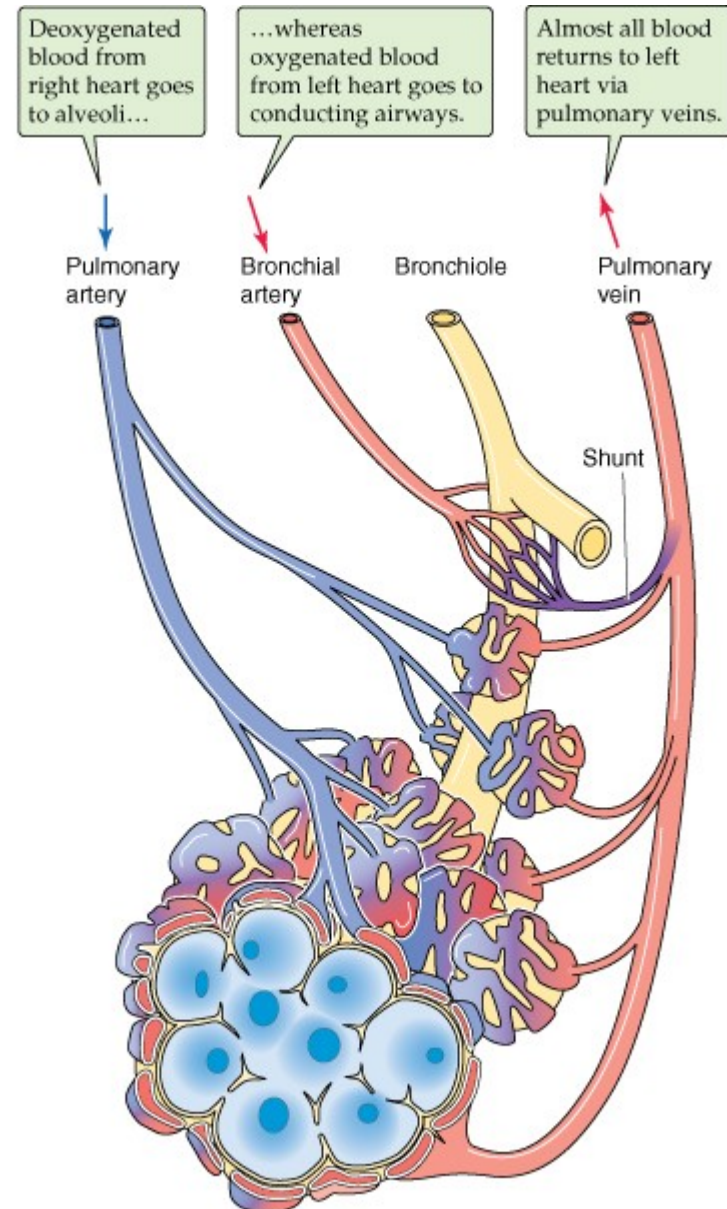
Regulace dýchání



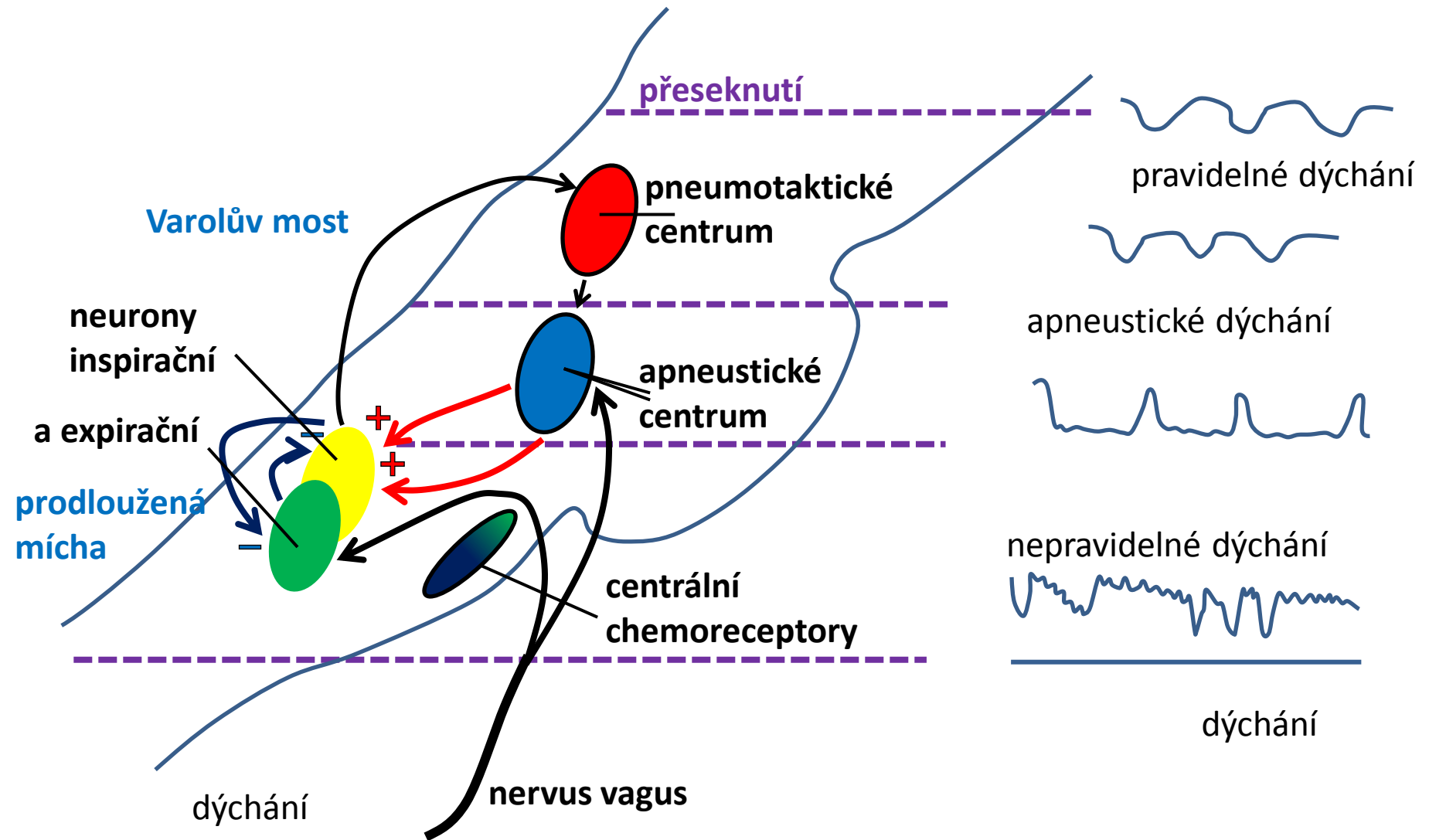


Plicní oběh

- **oběh**
 - **funkční** (okysličení krve, krev z pravé komory)
 - **nutriční** (výživa plic, 2% oběhu, krev z levé komory)



Dechové centrum



Dechové centrum – nervový regulace

- **Inspirační neurony**
 - aktivní po čas inspira,ia,
 - inervují nádechové svaly
- **Expirační neurony** – aktivní v čase expiria
 - v klidovém expiriu pouze inhibují aktivitu inspiračních neuronů
 - při usilovném výdechu aktivují výdechové svaly
- **Apneustické centrum**
 - Stimulace inspiračních neuronů
- **Pneumotaktické centrum**
 - Střídavě inhibuje a aktivuje apneustické centrum

Hormonální regulace

- Serotonin, acetylcholin, histamin, některé prostaglandiny stimulují dýchání
- Dopamin, noradrenalin a endorfiny tlumí dýchání

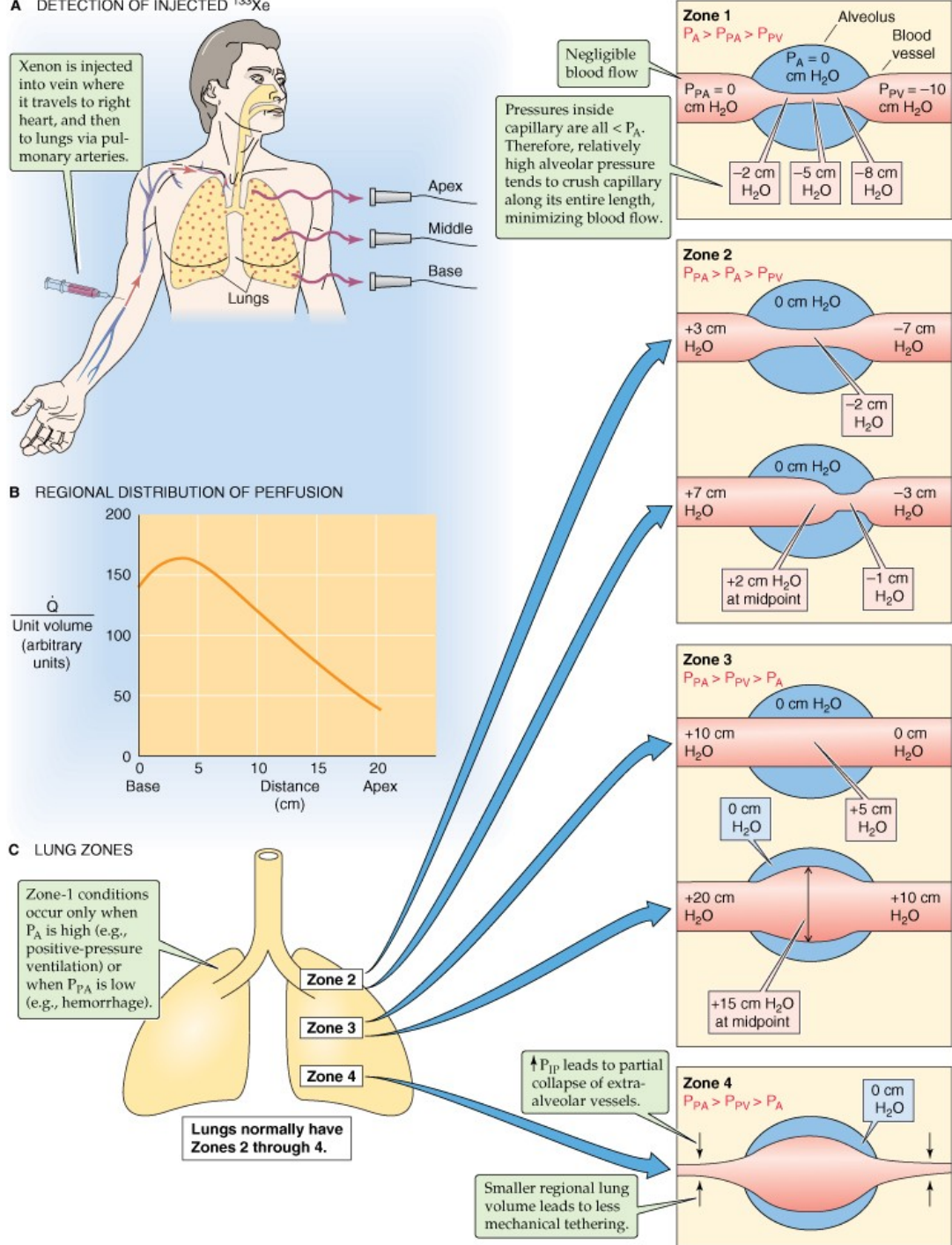
Ochranné a obrané dýchací reflexy

- **Kratschmerův apnoický reflex** – různé škodliviny a chemické látky podrážděním sliznice nosu vyvolají zpomalení až zástavu dýchání, laryngo a bronchokonstrikci – ochrana před průnikem škodliviny do plic
- **Diving reflex** – studený podnět na tváři a sliznici nosu vede k zástavě dýchání
- Laryngální chemoreflex – podráždění laryngeálních chemoreceptorů vyvolá apnoi, laryngo- a bronchokonstrikci, hypertenzi a bradykardii (zástava dechu a šetření kyslíku pro mozek a srdce během apnoe) – ochrana dolních dýchacích cest před vstupem škodlivých látek
- **Kýchání** – aktivované mechano a chemoreceptory v nose – silný nádech, zvýšení tlaku v plicích při zavřené hlasivkové štěrbině (kompresivní fáze), otevření štěrbin a vypuzení cizího tělesa nebo hlenu ven (explozivní fáze)
- **Kašel** - podobně jako kýchání, ale podrážděny jsou receptory laryngu, trachey a bronchů a cílem je posunout cizí těleso nebo hlen jen na laryngus
- **Expirační reflex** – prudká respirace při podráždění hlasivek – ochrana před vstupem tělesa do dolních dýchacích cest

Respirační sinusová arytmie

- Zvýšení srdeční frekvence v nádechu a snížení srdeční frekvence ve výdech
- S hloubkou dýchání se prohlubuje respirační arytmie, při rychlejším dýchání vymizí
- Patrnější u mladších, s věkem vymizí
- Příčiny
 - Centrální generátor – iradiace impulzů z respiračního do kardiomotorického centra v prodloužené míše
 - Reflexy z receptorů rozpětí plic – útlum inspiračního i kardioinhibičního centra
 - Oscilace CO₂, pH, O₂ skrze chemoreceptory
 - Baroreflex
 - Bainbridgeův reflex
 - Změny protažení SA uzlu při nádechu vedou k rychlejšímu vzniku vzruchů

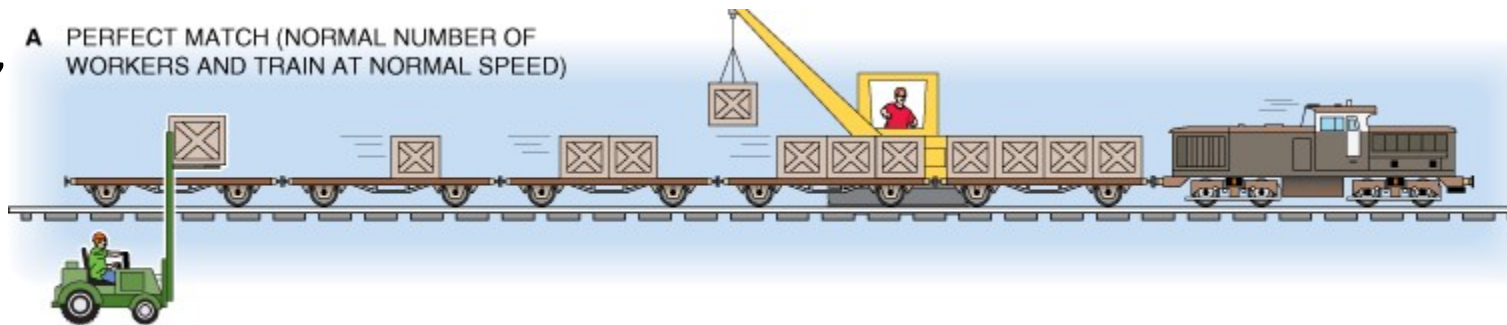
Ventilace - perfuze



Poruchy difuze přes alveolokapilární membránu

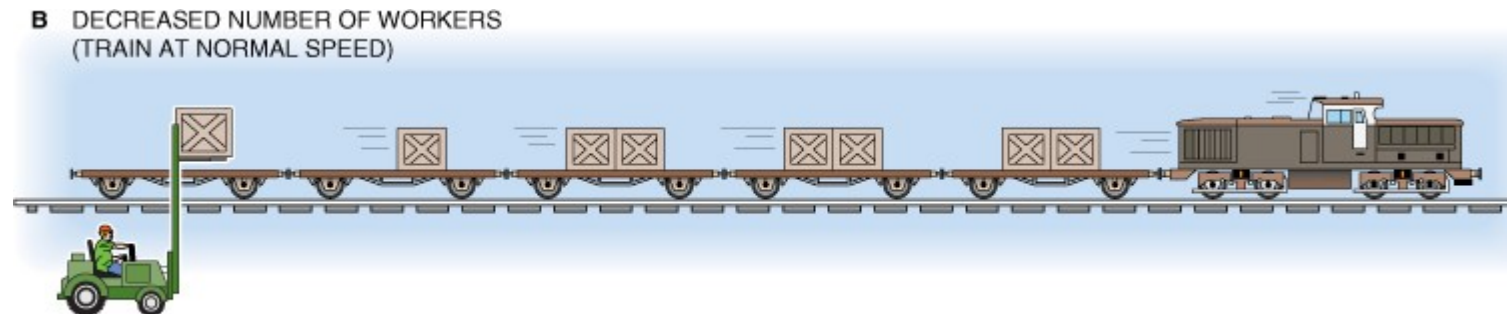
Rychlost vlaku – krevní průtok, pracovníci - difuze O₂ přes alveolokapilární membránu, vagóny - kapacita krve pro O₂

Normální průtok,
difuze a kapacita
krve



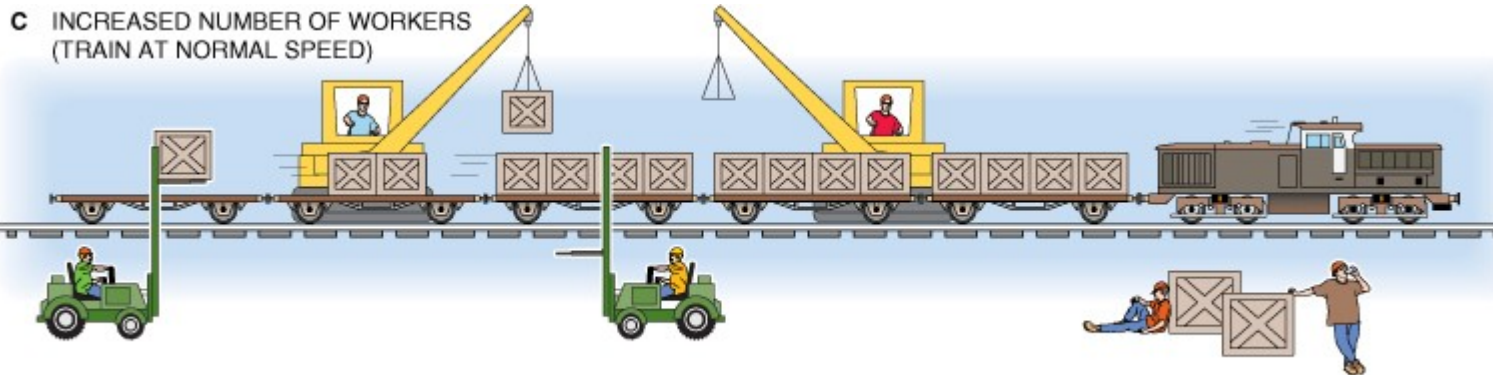
© Elsevier Ltd. Boron & Boulpaep: Medical Physiology, Updated Edition www.studentconsult.com

Porucha difuze
přes
alveolokapilární
membránu



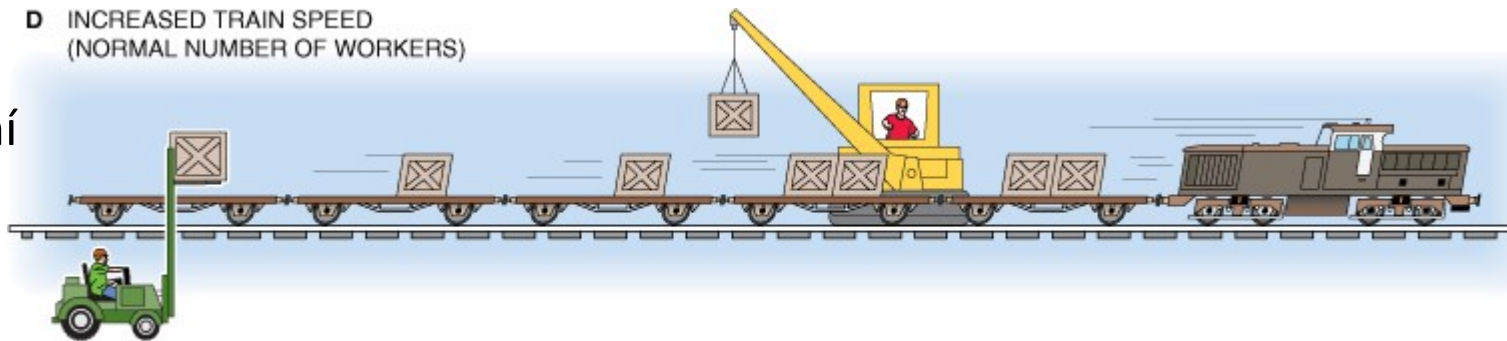
© Elsevier Ltd. Boron & Boulpaep: Medical Physiology, Updated Edition www.studentconsult.com

Zvýšená ventilace
nevylepší
saturaci kyslíkem,
Snížený Hb



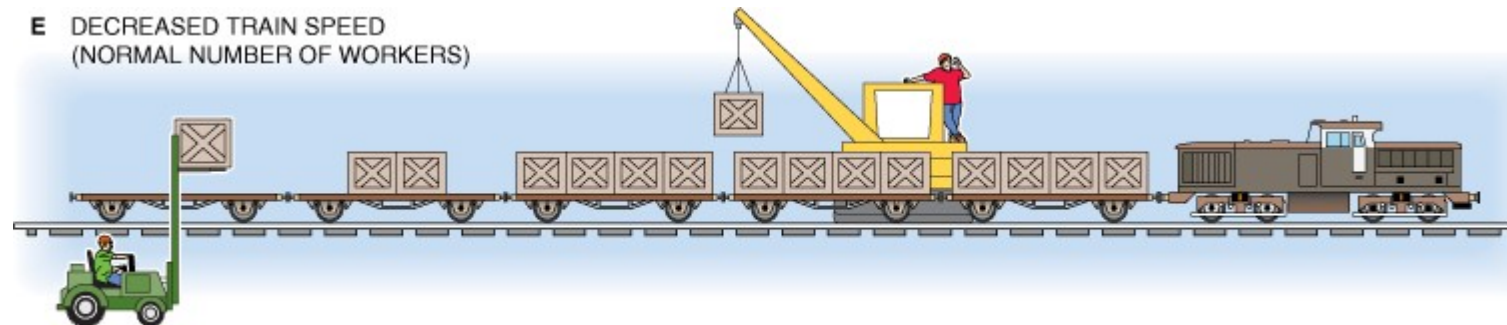
© Elsevier Ltd. Boron & Boulpaep: Medical Physiology, Updated Edition www.studentconsult.com

Při vysokém
průtoku krve není
čas na okysličení



© Elsevier Ltd. Boron & Boulpaep: Medical Physiology, Updated Edition www.studentconsult.com

Nízký průtok
krve, kyslík v
alveolu není
dostatečně využit



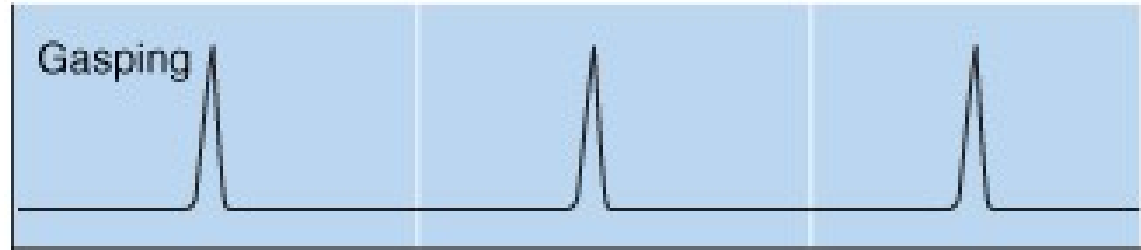
© Elsevier Ltd. Boron & Boulpaep: Medical Physiology, Updated Edition www.studentconsult.com

B LUNG VOLUME

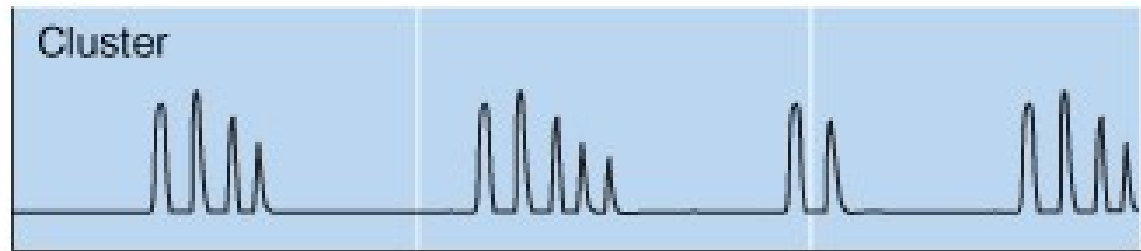
Lidé s městnavým selháváním srdce, Spánek ve vysoké nadmořské výšce



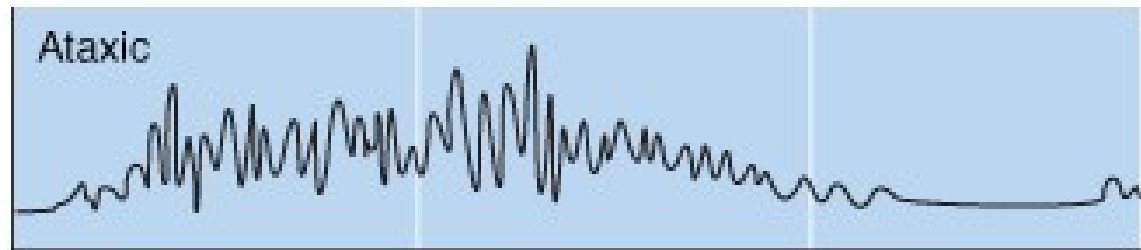
Ischemie, anoxie prodloužené míchy, signál k zahájení KPR



Léze mostu nebo prodloužené míchy



Léze mostu nebo prodloužené míchy



0

0.5

1.0

Time
(min)

KYSLÍKOVÁ KASKÁDA

mmHg

Suchý atmosferický vzduch	159
Zvlhčený zahřátý atmosferický vzduch	149
Ideální alveolární plyn	105
End-exspirovaný vzduch	105
Arteriální krev	77
Cytoplazma – mitochondrie	3-10
Smíšená žilní krev	40
Žilní krev	20

Efekt nadmořské výšky na sycení krve kyslíkem (čísla v závorce jsou hodnoty po aklimatizaci)

výška	barometrický tlak (mmHg)	pO ₂ (mmHg)	pCO ₂ alveolární (mmHg)	pO ₂ alveolární saturace (%)
0	760	159	40 (40)	104 (104) 97 (97)
3 048	90 (92)	523	110	36 (23) 67 (77)
6 096	73 (85)	349	73	24 (10) 40 (53)
9 134	24 (38)	249	47	24 (7) 18 (30)
12 192		141	29	
15 240		87	18	

Dýchání s čistým kyslíkem

výška (m)	barometrický tlak (mmHg)	pCO ₂ alveolární (mmHg)	pO ₂ alveolární (mmHg)	arteriální saturace (%)
0	760	40	673	100
3 048	523	40	436	100
6 096	349	40	262	100
9 134	349	40	139	99
12 192	141	36	58	84
15 240	87	24	16	15

Pracovní kapacita ve vysoké nadmořské výšce

work capacity

(compare with normal condition)

(%)

Unacclimatized

50

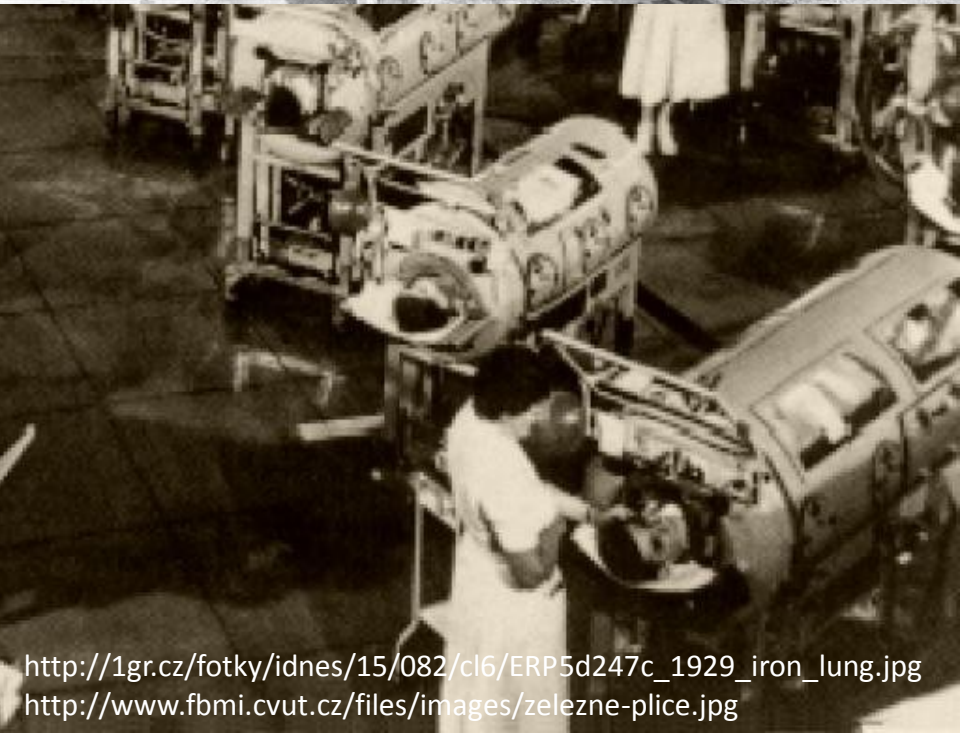
Acclimatized for 2 months

68

Native living at 4 023 m
but working at 5 182 m above sea level

87

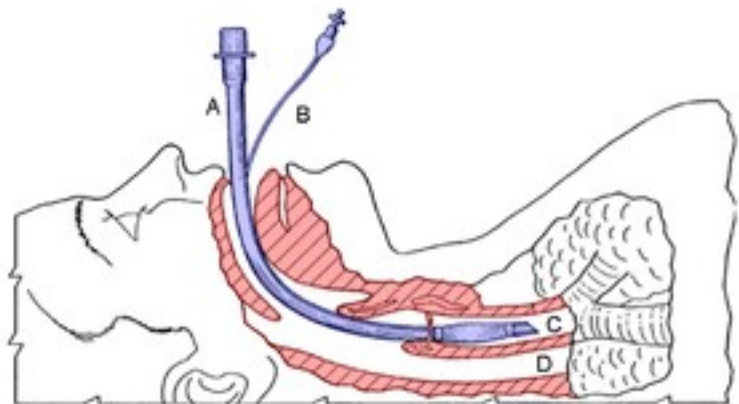
Umělá ventilace plic



http://1gr.cz/fotky/idnes/15/082/cl6/ERP5d247c_1929_iron_lung.jpg

<http://www.fbmi.cvut.cz/files/images/zelezne-plice.jpg>

Umělá ventilace plic



http://www.osel.cz/_popisky/117_/s_1175071970.jpg

<http://img.mf.cz/335/641/2.jpg>

http://www.wikiskripta.eu/images/thumb/5/5d/Endotracheal_tube_colored.png/300px-Endotracheal_tube_colored.png

Receptory dýchacích cest

Receptory dolních cest dýchacích

- Receptory rozpětí plic
 - Inflační receptory – inflační reflex – při vysokém rozpětí plic utlumují apneustické centrum – zastavení inspiria
 - Hering-Breureův reflex – vysoké rozpětí plic zastaví další inspirium, u dospělého reflex spíše zajišťuje efektivitu dýchání, ale není životně důležitý
- receptory vyvolávající kašel
- Dráždivé receptory citlivé na chemické látky – hyperpnoe, bronchokonstrikce, tvorba hlenu

Receptory dýchacích svalů - svalová a šlachová vřeténka bránice a mezižebních svalů (účast na kašli, zvracení)

Nespecifické receptory

- Okulokardiální a okulorespirační reflex – tlak na oční bulby způsobí zpomalení dýchání
- Arteriální baroreceptory – mění dechový vzor
- Kožní receptory – stimulace receptorů bolesti vyvolává hluboký nádech, tepelné receptory vedou ke zrychlenému mělkému dýchání
- Proprioreceptory svalů a kloubů – stimulace dýchání při tělesné námaze

Receptory dýchacích cest

Receptory plic a dýchacích cest

- Inflační receptory – receptory rozpětí dýchacích cest v průdušnici a průduškách
- Receptory reagující na mechanické nebo chemické podráždění dýchacích cest, ve sliznici větvení průdušek
- Receptory v alveolárních septech
- Receptory horních dýchacích cest
 - Receptory sliznice nosu (čichové, tepelné, mechanické podněty)
 - Nazopulmonální a nazotorakální reflexy – udržení tonusu dýchacích svalů
 - Receptory nasofaryngu a orofaryngu – aspirační reflexy
- **Receptory hrtanu**
 - Mechanoreceptory – změny tlaku
 - Chladové receptory – registrace průtoku vzduchu
 - Dráždivé receptory – mechano- a chemoreceptory – citlivé na podráždění mechanicky, chemickou látkou, vodou – chrání před jejím vdechnutím