



Légzés


A gázcsere alapjai

- Lavoisier mintegy 200 évvel ezelőtt felfedezte, hogy az állatok életműködése és az égés egyaránt O_2 fogyaszt, és CO_2 termel
- „felfedezéséért” 51 éves korában, 1794-ben guillotine-al jutalmazták, mert adószedő is volt
- oxigén felvétele diffúzióval
- soksejtűekben romlik a felület/térfogat arány - nagyfelületű légzőszervek - diffúziós út és koncentráció különbség kritikus: vékony sérülékeny határfelület (0,5 - 15 μ), légzőmozgások, vérkeringés, vérfesték 
- emberben a légzőfelület 50-100 m^2 között van, a test többi részének felülete 2 m^2
- a gerincesek méretét alulról a mitokondriumok ösztérfogata (max. 45%), a kriszták száma, a légzőfelület nagysága határoolja be - kolibri

A tüdő anatómiája I.

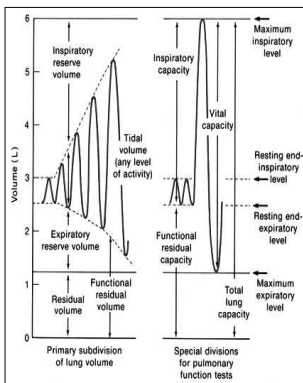
- 2 tüdőfél, együtt 900-1000 g, a jobboldali valamivel nagyobb, 40-50 %-ban vér teszi ki
- légutak:
 - villás elágazás, az keletkező csövek összkersztszete nagyobb, mint a szülőjé - 22-23 elágazás
 - feladatuk: melegítés, vízgőzzel való telítés (lehelet)
 - trachea - hörgő - hörgőcske - légvezeték - lég hólyag
 - tracheában és hörgőkben C-alakú porc, majd szabálytalan lemezek - itt igen kevés simaizom
 - 1 mm alatt - hörgőcske, fala kötőszövet simaizommal
 - tüdő térfogatával, ill. az izmok összehúzódásával változik az átmérője
- a gázcsere a légvezeték+lég hólyagban (300 millió) - összfelszín 50-100 m²
- gerincesek evolúciójában egyre több belső szeptum (lásd béka)
- tüdőtágulás (emfizémia) - dohányzás
- határfelület: endotel, epitel, rostok 

A tüdő anatómiája II.

- a tüdőt kívülről mellhártyák borítják: pleurális (fali) és viszcerális (zsigeri) lemez
- közöttük folyadék (mellhártyagyulladás, légmell, TBC kezelése)
- összeesési tendencia (felületi feszültség + rugalmas rostok)
- ellensúlyoz: alveolusok interdependenciája, surfactant (epitel-II sejt terméke: dipalmitoil-foszfatidilkolin), mellkas expanziós tendenciája
- nyugalomban pontosan egyensúly van
- légzőizmok:
 - bordaközi izmok, T1-11, külső~: belégzés, belső~: kilégzés
 - rekeszizom, C3-5 (n. phrenicus), nyugalomban 1-2 cm mozgás: 500 ml, 10 cm is lehet - harántlézió!
 - hasizom (gyertya, trombita, 40/perc felett fontos)
 - segédizmok - diszpnoe (nehézlégzés) esetén belégzést támogatják 

Légzési térfogatok

- légzési térfogatok - mérés spirométerrel - spirogram
- anatómiai és fiziológiai holttér
- zsiráfban, bütykös hattyúban nagy holttér, nagy légzési térfogat
- légzési térfogat (500 ml) - anatómiai holttér (150 ml) = 350 ml higitja a funkcionális reziduális térfogatot - viszonylag állandó O_2 koncentráció
- légzési perc térfogat: $14 \times 350 \text{ ml} = 4900 \text{ ml/perc}$



Eckert: Animal Physiology, W.H. Freeman and Co., N.Y., 2000, Fig. 13-23.

Gáz koncentrációk



	pO_2 (Hgmm)	pO_2 (%)	pCO_2 (Hgmm)	pCO_2 (%)
száraz levegő	160	21,0	0,3	0,04
nedves levegő	150	19,7	0,3	0,04
alveolus	102*	13,4	40	5,3
tüdő artéria	40	5,3	46	6,1
tüdő véna	100**	13,2	40	5,3

légnomás: 760 Hgmm vízgöz parciális nyomása 47 Hgmm


* O_2 fogyasztás, anatómiai holttér hatása

** bronchiális vénák is ide folynak

Az O₂ szállítása I.

- O₂ fizikai oldódása igen rossz - 0,3 ml/100 ml
 - pisztráng csak hideg hegyi patakokban
 - halpusztulás a víz túlmelegedésekor (bomló szerves anyagok O₂ fogyasztása is)
 - egyes halak, pl. ponty, „pipálnak” - levegőt nyelnek
- hemoglobin 70-szeresére növeli az oldódást - 20 ml/100 ml 
- oxigenálva (oxihemoglobin) élénk piros, egyébként (deoxihemoglobin) sötét lilás vörös - vénás és kapilláris vér színe vérvételkor
- gerinctelenekben is előfordul, de más pigmentek is, pl. hemocianin (puhatestűek, ízeltlábúak), réztartalmú, nem sejtbe zárva
- féltelítettség jellemzi az affinitást: Hgb: 30 Hgmm körül, mioglobin 5 Hgmm; Hgb 100 Hgmm-nél 97,4%-ban, 70 Hgmm-nél 94,1%-ban telített - alig csökken 



Az O₂ szállítása II.

- az affinitást különböző tényezők befolyásolják
- a diffúzióban a plazma koncentráció döntő
- tüdőben a magas affinitás előnyös - Hgb könnyen felveszi a plazmából az O₂-t, így alacsonyan tartja a plazmakoncentrációt
- szövetekben alacsony affinitás jó - plazma koncentráció magasabb lesz
- affinitást csökkenti:
 - hőmérséklet növekedése - működő szövet melegebb
 - pH csökkenés, CO₂ növekedés
 - Bohr-effektus: H⁺ felvétel - affinitás csökken, ill. O₂ felvétellel savasság nő Haldane-effektus 
 - szerves foszfát ligandok, pl. 2,3-biszfoszfoglicerát (BPG), ATP, GTP
 - BPG növekszik ha O₂ csökken, vagy pH nő - magas hegység, alacsony O₂ miatt hiperventilláció - pH nő, O₂ affinitás nő, nehezen adja le - BPG helyreállít
 - konzervvérben alacsony a BPG - súlyosan kivérzett embernek sok konzervvért adva a desaturáció nem lesz megfelelő, Hgb nem adja le a felvett O₂-t elegendő mértékben

Az O_2 szállítása III.

- Hgb affinitása lánccsökkentéstől is függ: magzatban γ láncc β helyett - nagyobb affinitás
- methemoglobin oxidált vasat (Fe^{+++}) tartalmaz - nem köti az oxigént
- vvt enzim redukálja - nitrit, klorát, stb. növeli a mennyiségét enzimgátlással, vagy közvetlenül
- karboxihemoglobin - CO kötés, 200x affinitás, féltelítettség 0,1 Hgmm-nél (autó, városi gáz) - vér piros marad
- sarlósejtes vérszegénység - valin/glutamát csere a β lánccban - polimerizáció - sarló alak, kis kapillárisokon nem jut át - O_2 ellátás romlik - de malária kórokozója nem szaporodik benne
- nyugalomban 70 ml, munka során 200 ml vér a tüdő kapillárisokban, kb. 70 m²-en szétkenve
- vvt 750 ms-ig van a kapillárisban, 250 ms alatt telődik O_2 -vel - tartalék!


A CO_2 szállítása

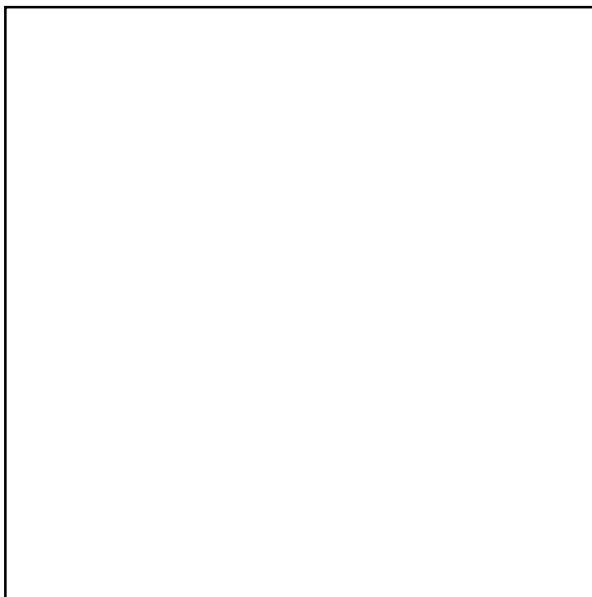
- CO_2 fizikailag is jobban oldódik, de kémiai reakcióba lép a vízzel
- szállítás főleg HCO_3^- formájában (88-90%), de CO_2 , H_2CO_3 , és CO_3^{2-} , valamint karbamino alakban is 
- a leadott CO_2 80%-a HCO_3^- -ből
- CO_2 szénsavvá alakulása több másodperc - vvt belsejében szénsavanhidráz enzim gyorsít
- keletkező H^+ iont a deoxihemoglobin köti meg, ami gyengébb sav, mint az oxihemoglobin
- HCO_3^- kicserélődik Cl^- -ra - facilitált diffúzió antiporterrel - Hamburger-shift, vagy kloridvándorlás
- tüdőben fordított folyamat zajlik 

A légzés szabályozása I.

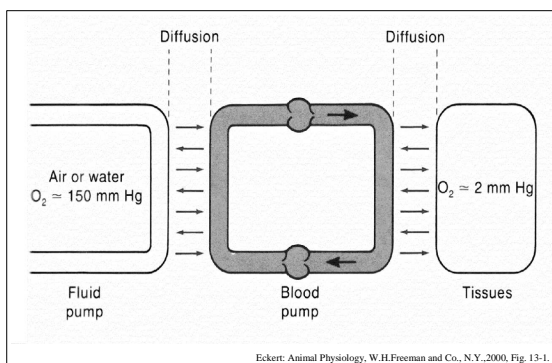
- emlősök: az összenergia felhasználásuk 5-10%-át fordítják a tüdő perfúziójára és ventilációjára
- szorosan és együttesen szabályozott folyamatok, elpocsékolt perfúzió vagy ventiláció káros
- alveoláris hipoxia - lokális vazokonstrikció - magas hegyeken tüdőödéma alakulhat ki
- a központi szabályozásban mechanizmusa pontosan nem ismert
- nyúltvelő: belégzési és kilégzési neuronok - az adott folyamattal aktiválódnak (más szerepük is van, nem központ)
 - dorzomediálisan, nucl. tractus solitarius mellett: belégző neuronok
 - ventrolaterálisan kilégző neuronok
- hídban "pneumotaxiás központ"; irtása vagus átmetszéssel együtt csak altatott állatban állítja le a légzést
- leszálló hatások: beszéd, ének, sírás, nevetés, stb.

A légzés szabályozása II.

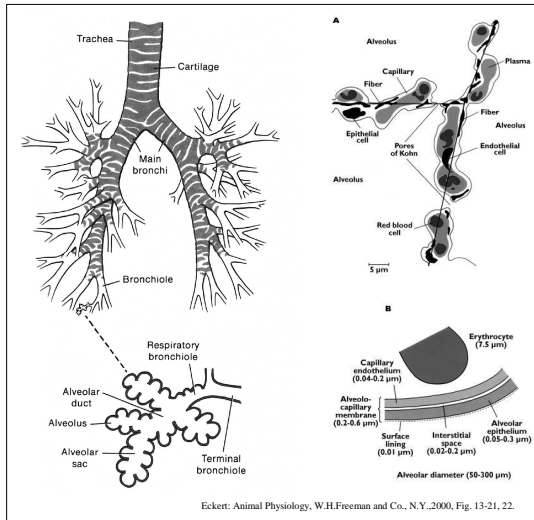
- kimenet: a rekeszizmot és a bordaközi izmokat ellátó motoneuronok
- belégzés ingere:
 - CO_2 és H^+ koncentráció növekedése - centrális receptorok; bizonyos CO_2 küszöb alatt nincs légzés
 - O_2 koncentráció csökkenése, CO_2 és H^+ koncentráció növekedése - glomus caroticum és aorticum
 - szárazföldi állatokban a CO_2 kontrollált elsősorban, vízi állatokban az O_2 - koncentráció variábilisabb, a jobb oldódás miatt, ha a O_2 csere jól megy, akkor biztosan az CO_2 is
- kilégzés ingere: a tüdő feszülési receptorai
 - Hering-Breuer reflex 
- az input nemcsak a gázcserre és a pH szabályozás szolgálatában áll, a nyelés, köhögés reflexeit is szolgálja



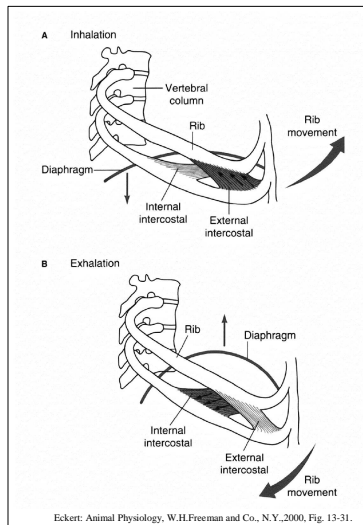
A gázcsere sémája



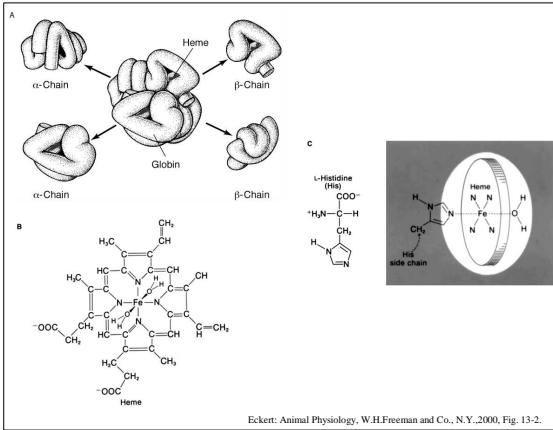
Az emlősök légzőszerve



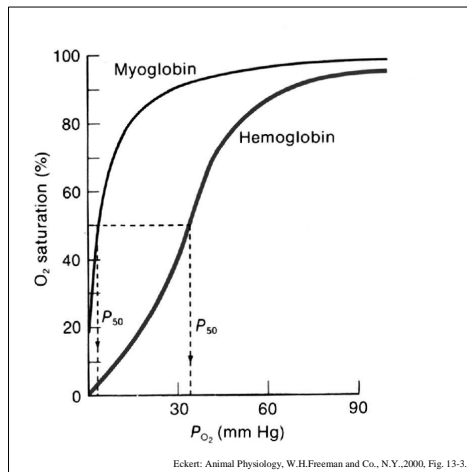
Légzőizmok



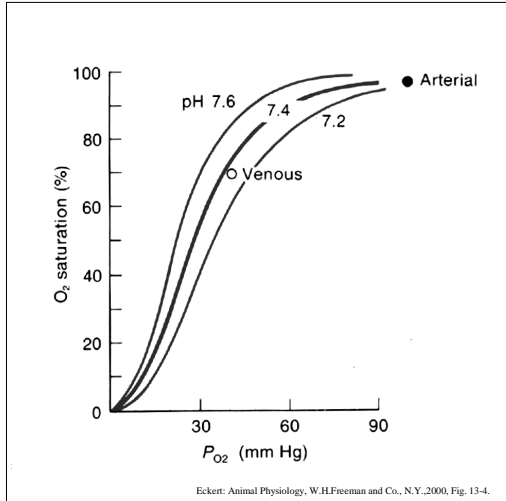
A hemoglobin szerkezete



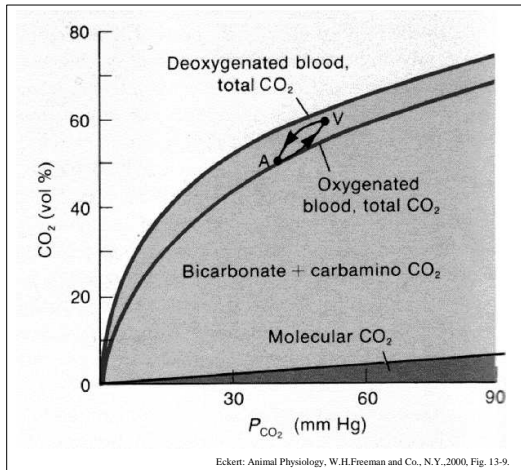
A hemoglobin szaturációja



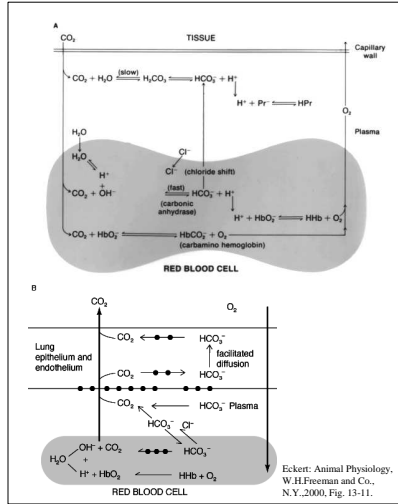
Bohr-effektus



CO₂ a vėrben



A vt szerepe a CO₂ szállításban



A n. phrenicus aktivitása

