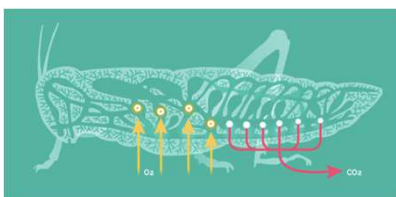


FIZIOLOGIJA ŽIVALI

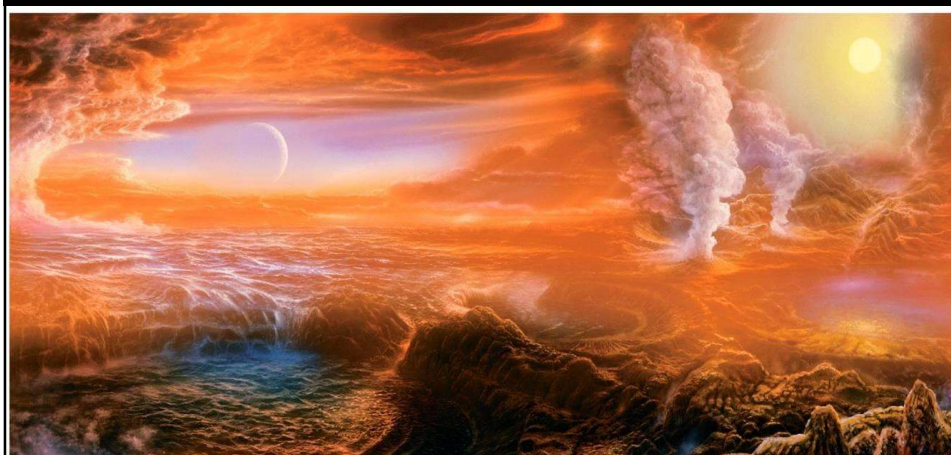
ANIMAL PHYSIOLOGY

DIHALA DIHANJE

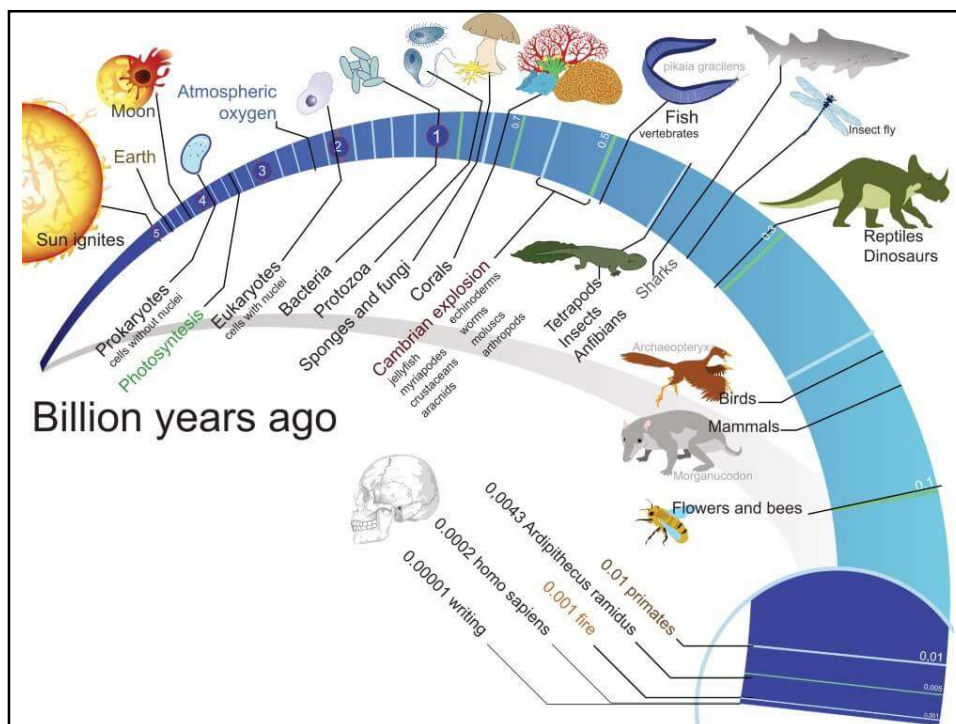
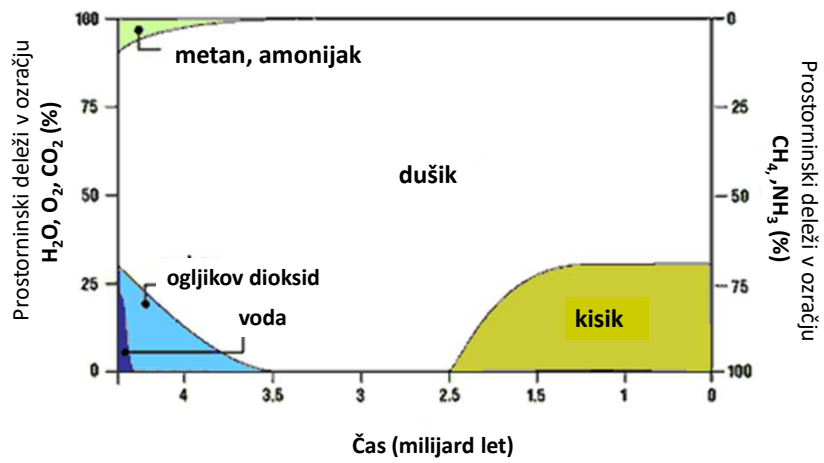


Doc. dr. Vladimir Ivočić

Oddelek za biodiverzitetu
FAMNIT
Univerza na Primorskem

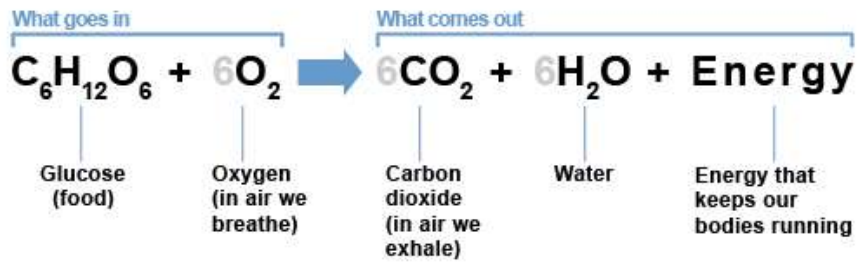


»Razvoj« Zemljinega ozračja

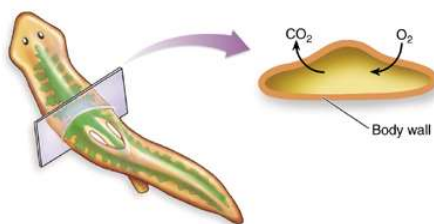


ZAKAJ POTREBUJEMO KISIK !!!

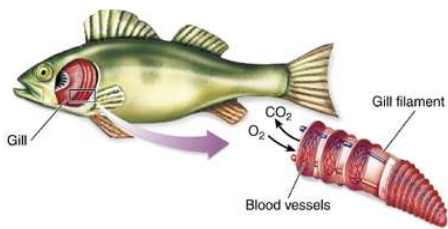
RESPIRATION



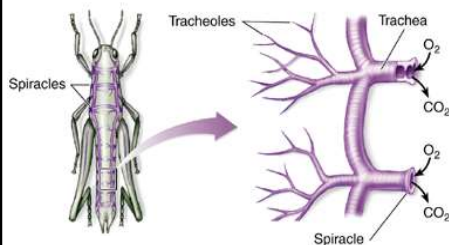
KAKO VNAŠAMO KISIK !!!



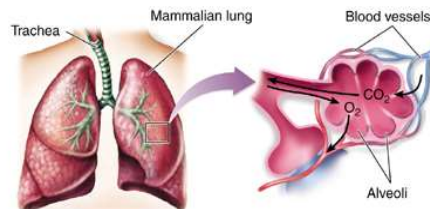
ploski črvi



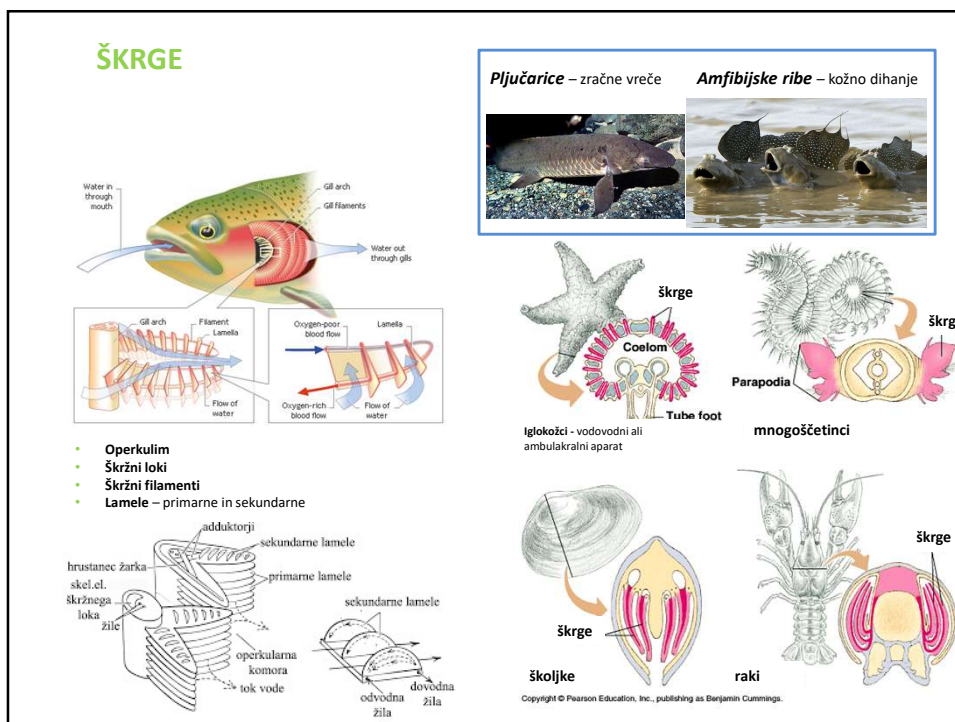
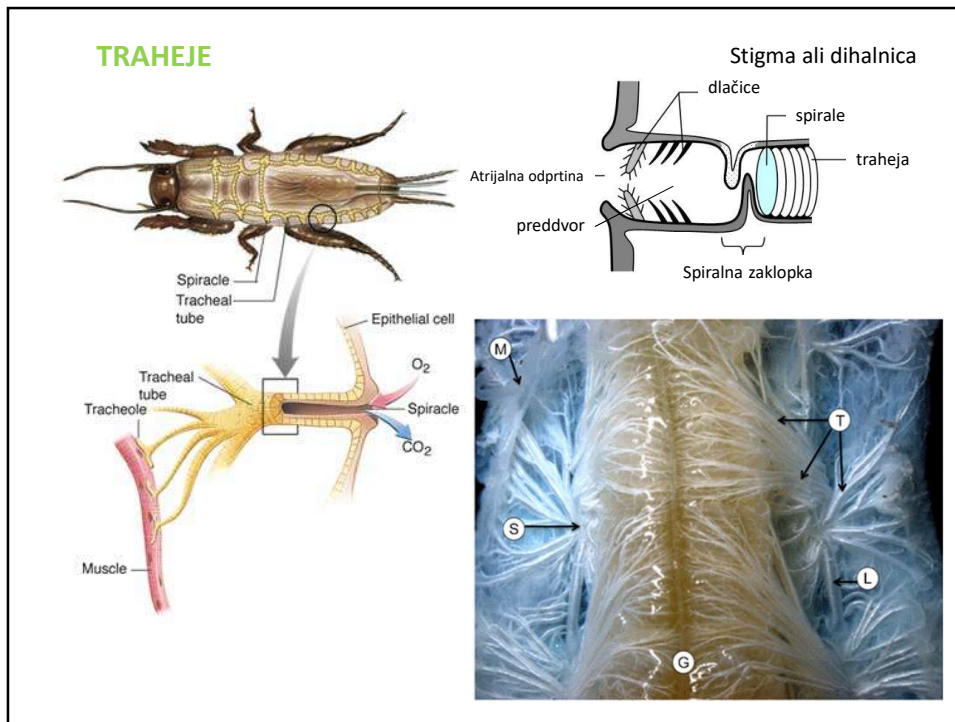
ribe

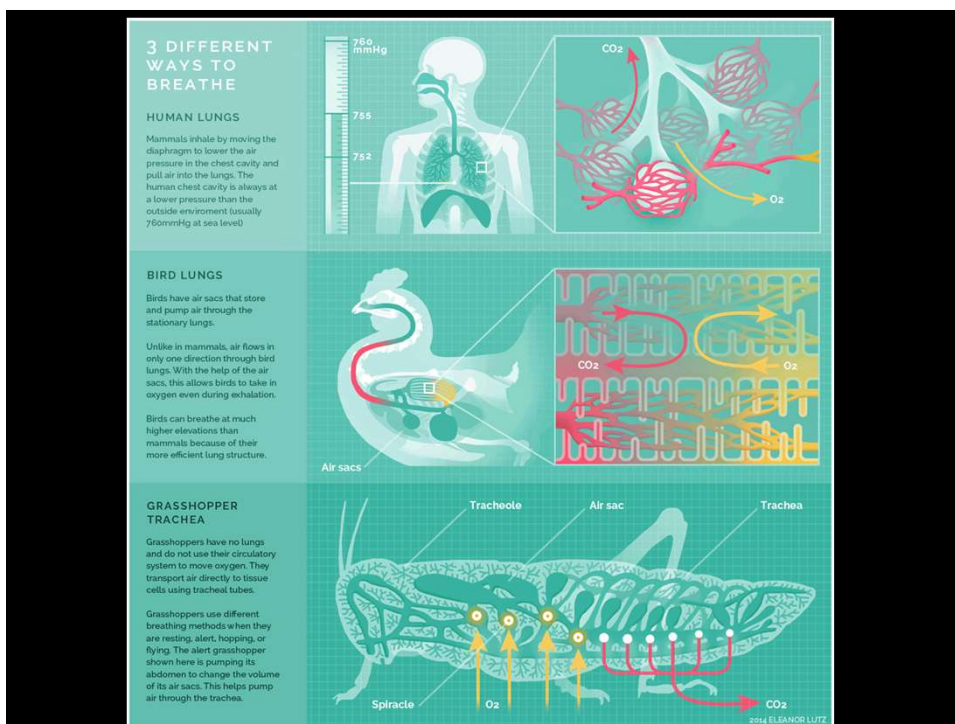
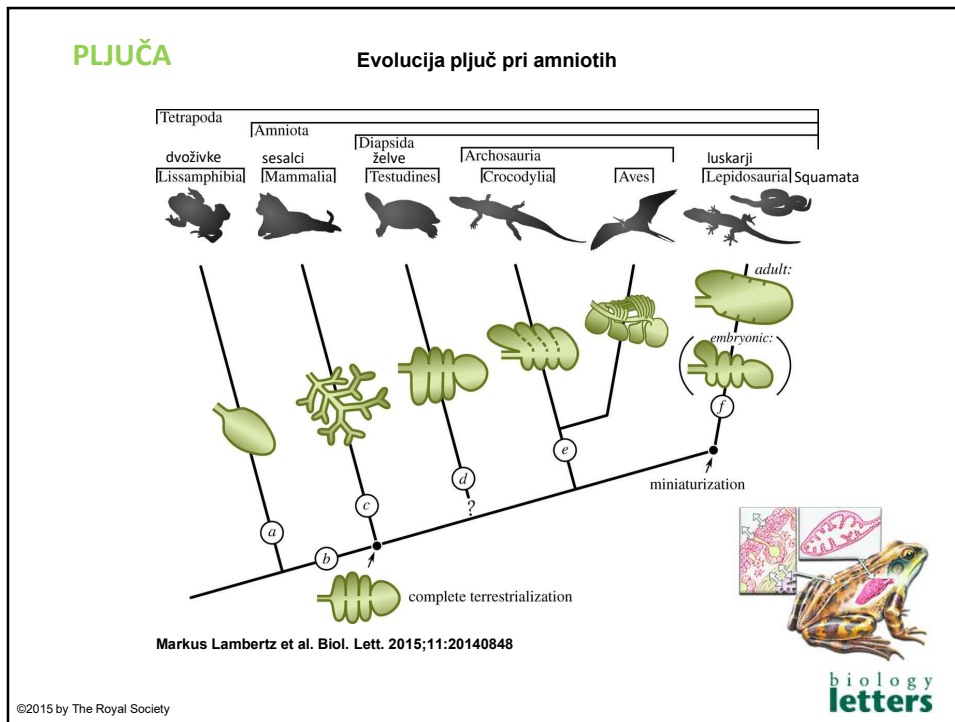


kopinski členonožci

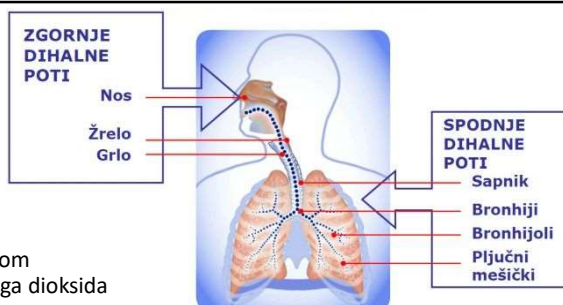


sesalci





Dihanje



FUNKCIJA:

1. Oskrba organizma s kisikom
2. Odstranjevanje ogljikovega dioksida

Dihanje: proces pri katerem dihala opravljajo obe nalogi.

Ključni procesi:

Pljučna ventilacija: pri kateri se izmenjuje zrak med zunanostjo in alveoli;

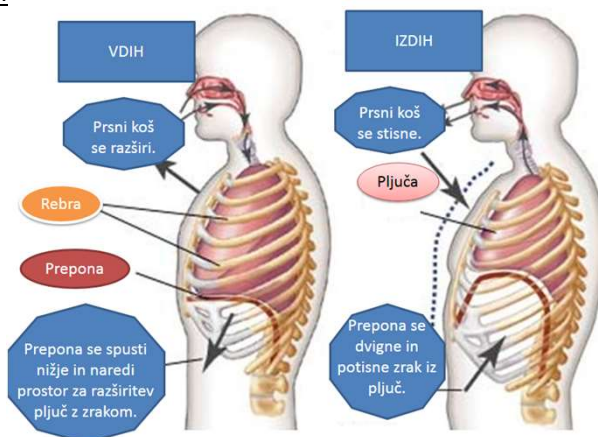
Difuzija, ki omogoča prenos plinov iz pljučnih alveolov v kri in iz krvi do celic v tkivih in nasprotno

Perfuzija (pretok krvi skozi pljuca in po telesu), ki zagotavlja prenos plinov po krvi iz pljuč v tkiva kakor tudi v drugo smer.

Ritem in globino dihanja uravnavajo dihalni centri v možganih

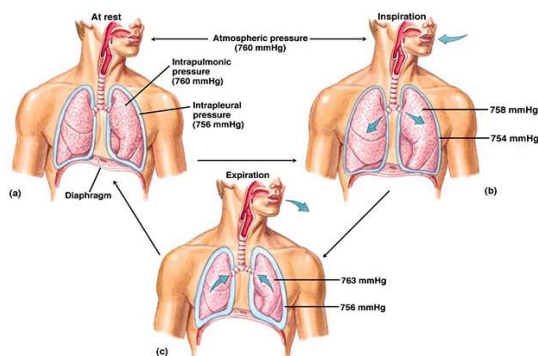
PLJUČNA VENTILACIJA

Mehanski proces, kjer zaradi ritmičnega krčenja in sproščanja dihalnih mišic nastaja v dihalih razlika tlakov, ki omogoča izmenjavo zraka med okoljem in pljučnimi alveoli.



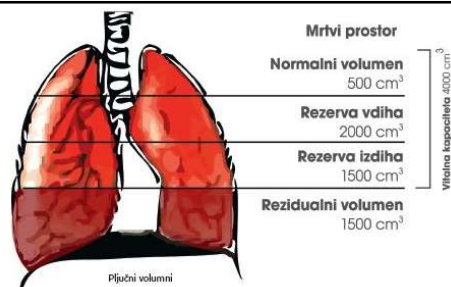
VDIH (INSPIRIJ)

Vdihan zrak bogat s O_2 pride po dihalni cevi do pljučnih mešičkov. Trebušna prepona in zunanje medrebrne mišice se skrčijo, prsna votlina se razširi. S tem se poveča volumen pljuč, tlak pa se zmanjša in ker je nižji od atmosferskega, zrak vdre v pljuča dokler tlak v pljučih ni enak atmosferskemu.

**IZDIH (EKSPIRIJ)**

Ko trebušna prepona in zunanje medrebrne mišice sprostijo, se volumen pljuč zmanjša, pritisek v pljučih se poveča in je višji od atmosferskega. Razlika v tlakih povzroči izstopanje zraka (obogatena z CO_2) iz pljuč.

Med mirnim dihanjem je pasiven.

Volumni zraka v pljučih**1. Dihalni volumen**

Sprememba volumna pljuč med normalnim dihanjem. V mirovanju vdihnemo in izdihnemo cca 500 ml zraka.

2. Minutni volumen

Človek vdihne/izdihne na minuto 12-16X, v mirovanju vdihnemo/izdihnemo 6-8 litrov zraka.

3. Inspiratorni rezervni volumen

Je volumen zraka, ki ga lahko še vdihnemo po normalnem vdihu. Inspiratorni dihalni volumen znaša 2100-3100 ml.

4. Ekspiratorni rezervni volumen

Je volumen zraka, ki ga lahko še izdihnemo po normalnem izdihu. S silo lahko izdihnemo 1000 - 1500 ml več zraka, kot je dihalni volumen.

5. Rezidualni volumen

Volumen zraka, ki ostane v pljučih, ki ga ne moremo izdihati in znaša 1500 ml in narašča s starostjo. Omogoča neprekinjeno izmenjavo plinov in omogoča, da so alveoli odprti. Tega volumna s spirometrom ni možno izmeriti.

6. Volumen anatomsko mrtvega prostora

Ob vsakem vdihu ostane 150 ml zraka v prevodnem delu dihal, ki nikoli ne pride do alveol.

7. Funkcionalni volumen

350 ml pride do alveol in sodeluje pri izmenjavi zraka.

Pljučne kapacitete

Funkcionalno pomembne vsote posameznih pljučnih volumnov:

1. **TPK (totalna pljučna kapaciteta)**
Je vsota vseh pljučnih volumnov (vključno z rezidualnim).
2. **VK (vitalna kapaciteta)**
Je volumen zraka, ki ga lahko izdihnemo po maksimalnem vdihu (brez rezidualnega volumna).
Odvisna je od telesne kondicije, konstitucije, starosti. VK je manjša v ležečem položaju.
3. **FRK (funkcionalna rezidualna kapaciteta)**
Je volumen zraka, ki ostane v pljučih pri normalnem izdihu. Je vsota ekspiratornega rezervnega volumna in rezidualnega volumna.
4. **IK (inspiratorna kapaciteta)**
Nam pove koliko zraka lahko vdihnemo po normalnem, mirnem izdihu. Vsota dihalnega volumna in inspiratornega rezervnega volumna.

MVD- Minutni volumen dihanja

Volumen vdihanega in izdihanega zraka na minuto.

Enačba:

$$\text{MVD} = \text{DV} \times \text{Fr}$$

DV= dihalni volumen

Fr= frekvenca dihanja

DV= 500 ml

Fr= 12/min

MVD= 6 l/min

ALVEOLARNA VENTILACIJA

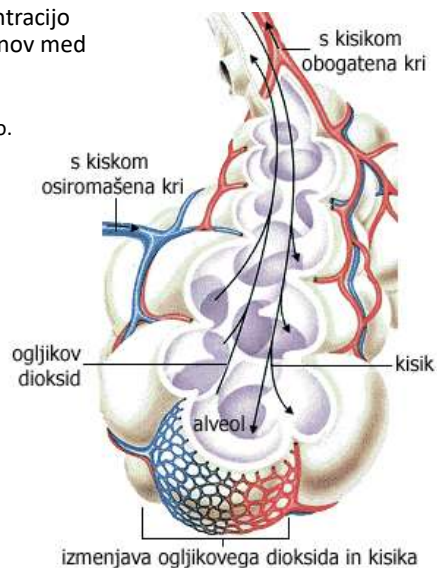
je del pljučne ventilacije, ki uravnava koncentracijo alveolarnih plinov in vpliva na izmenjavo plinov med alveoli in krvjo.

Enaka je volumnu zraka, ki pride v alveole/minuto.

$$AV = (DV - VMP) \times Fr$$

$$AV = (500 - 150) \times 12$$

AV= alveolarni volumen
 DV= dihalni volumen
 VMP= volumen mrtvega prostora
 Fr= frekvenca dihanja



Pretok zraka med okoljem in alveoli

Dihalne poti so cevi po katerih teče zrak iz okolja v alveole.

Pretok zraka (V) je premosorazmeren razliki tlakov med alveoli in atmosfero (ΔP) in obratno sorazmeren z upornostjo (R) dihalnih poti:

$$(V) = (\Delta P) / R = (P_{av} - P_{at}) / R$$

Upornost:

- dihalnih poti je majhna (za pretok zraka med ventilacijo je potrebna majhna razlika tlakov).
- v bronhusih in bronhiolah se spreminja, (ob bronhokonstrikciji se poveča, pri bronhodilataciji se pomanjša).
Svetlina bronhusov se zoži pri vnetju v bronhijih.

Povečana upornost dihalnih poti je glavna značilnost obstruktivnih pljučnih bolezni (astma), kjer nastopijo težave z vdihovanjem, predvsem pa z izdihovanjem zraka iz pljuč.

Druge funkcije dihalnih poti

ZAŠČITA

- Pred vdorom tujkov
- Nosna votlina omogoči filtracijo zraka
- Razni delci se ustavijo v sluzi dihalnih poti
- Gibljivost migetalk na epitelijskih celicah v sapniku in bronhiolih odnaša sluz z bakterijami v žrelo
- K čiščenju dihalnih poti prispevka tudi refleks kašlja

SEGREVANJE IN VLAŽENJE ZRAKA

Zrak se ob prehodu skozi dihalne poti segreje in navlaži.

DELO MED DIHANJEM

Pri zdravem človeku ki miruje je delo potrebno samo med vdihom.

Ob hitrem dihanju povečana upornost dihalnih poti in povečano trenje med deli pljučnega tkiva povzročita porabo energije tudi med izdihom.

Respiratorne bolezni, ki povečajo upornost dihalnih poti, imajo lahko podoben učinek že v mirovanju.

IZMENJAVA PLINOV V PLJUČIH IN V TKIVU

Difuzija omogoča nemoteno **izmenjavo plinov** skozi **alveolo-kapilarno membrano**, ki jo določa gradient parcialnih tlakov posameznih plinov med alveolarnim zrakom in krvjo v pljučnih kapilarah.

ALVEOLARNI PLINI

Atmosferski zrak je mešanica plinov:

N_2 , O_2 , vodna para, CO_2 .

Tlak v alveolih = tlak v atmosferi

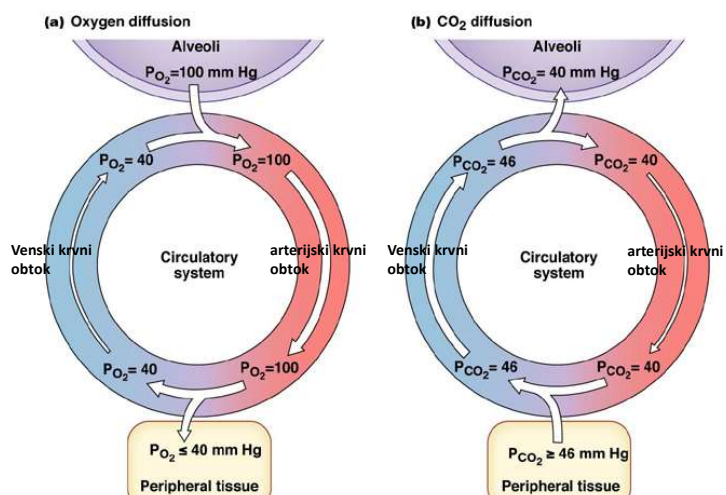
Alveolarni zrak \neq atmosferski zrak

Vdihan zrak se med prehodom skozi dihalne poti nasiti z vodno paro (parcialni tlak vodne pare v alveolarnem zraku je večji kot v atmosferskem), zato se koncentracija vseh plinov v vdihanem zraku nekoliko zmanjša, zmanjšajo se tudi njihovi parcialni tlaki.

Plin	Atmosferski zrak		Alveolarni zrak	
	kPa	mm Hg	kPa	mm Hg
N ₂	79,8	600,4	75,6	569,2
O ₂	21,17	159,3	13,7	103,4
CO ₂	0,04	0,3	5,3	40,3
H ₂ O	0	0	6,3	47,1
vsota	100	760	100	760

Stalno odstranjevanje O₂ iz alveolarnega zraka v pljučno kri in stalno dodajanja CO₂ iz pljučne krvi v alveolarni zrak, kar zmanjšuje parcialni tlak O₂ (pO₂) in dviguje pCO₂ v alveolarnem zraku v primerjavi z ovlaženim zunanjim zrakom.

PARCIALNI TLAK KISIKA IN OGLJIKOVEGA DIOKSIDA V VDIHANEM ZRAKU, TKIVIH, KRVI



PRENOS PLINOV PO KRVI

PRENOS KISIKA

Kisik se po krvi prenaša z beljakovino hemoglobin v eritrocitih.
Manjši del kisika je raztopljenega v plazmi.

Vezava kisika na hemoglobin- **oksihemoglobin (HbO₂)** kisik se sprošča v tkivih, kjer je njegov parcialni tlak nizek.

Na molekulo hemoglobina se lahko vežejo 4 molekule kisika.

Kapaciteta krvi za vezavo kisika je skladna z koncentracijo Hb

Vezava kisika je zmanjšana:

- če je % hemoglobina v krvi nizak (anemija)
- če se poveča % CO (ogljikov monoksid), preprečuje prenos kisika, ker se veže na hemoglobin na isto vezavno mesto, kot kisik in onemogoči vezavo kisika.

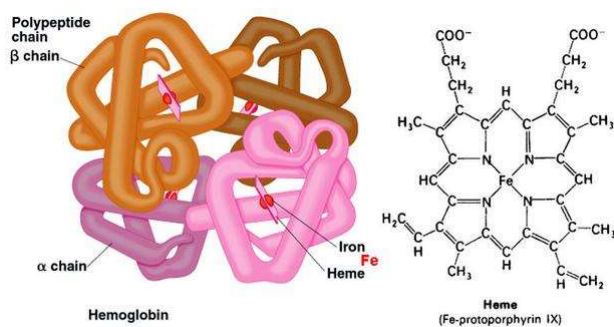
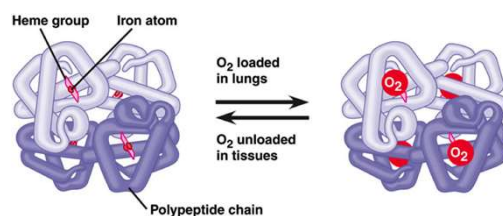
HEMOGLOBIN

Heterotetramer

Transportna beljakovina

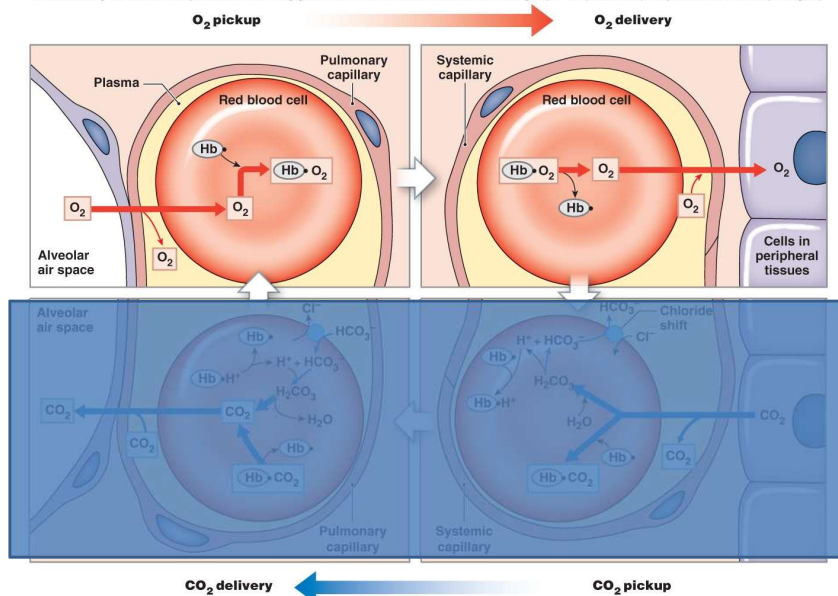


Reverzibilan proces

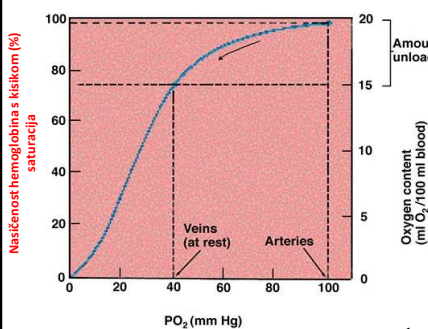


Prevzem in sproščanje kisika

A summary of the transportation of oxygen and carbon dioxide in the lungs (at left) and in peripheral tissues (at right)



Vezavna krivulja kisika na hemoglobin-oksihemoglobin (HbO₂)



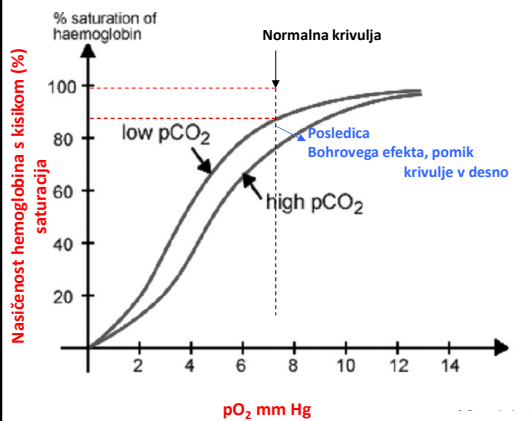
Vezavna krivulja kisika opisuje odvisnost % O₂ v krvi od pO₂:

Med **naraščanjem pO₂** (0 - 20 mm Hg) **narašča % O₂ v krvi**, sprva počasi, nato hitro. Po vezavi prve molekule O₂ na eno od vezavnih mest na Hb se sposobnost vezave za O₂ poveča (afiniteta), dokler niso zasedana vsa vezavna mesta na Hb (saturacija ali nasičenje). Vezavna krivulja doseže maksimum pri pO₂ (95 mm Hg) Pri pO₂ = 95 mm Hg je Hb 97 % nasičen.

Arterijska kri: pO₂ 95 mm Hg - Hb je 97 % nasičen
Venoza kri: pO₂ 40 mm Hg - Hb je 75 % nasičen

Dejavniki, ki vplivajo na vezavno krivuljo HbO₂

1. Koncentracija CO₂



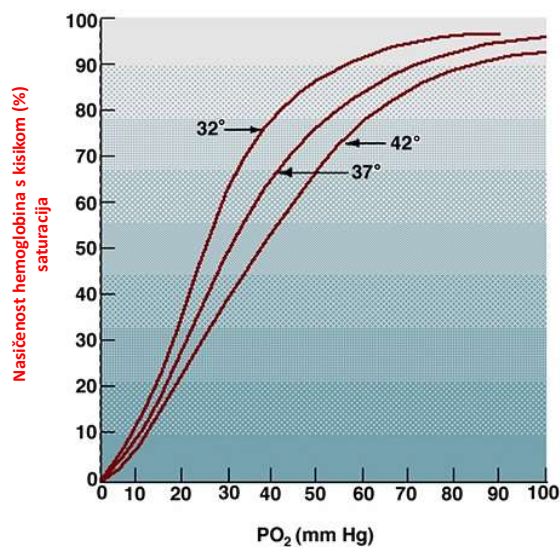
1. Če se pCO₂ v krvi poveča, se nasičenje Hb z O₂ pri danem pO₂ zmanjša – **Bohrov efekt.**

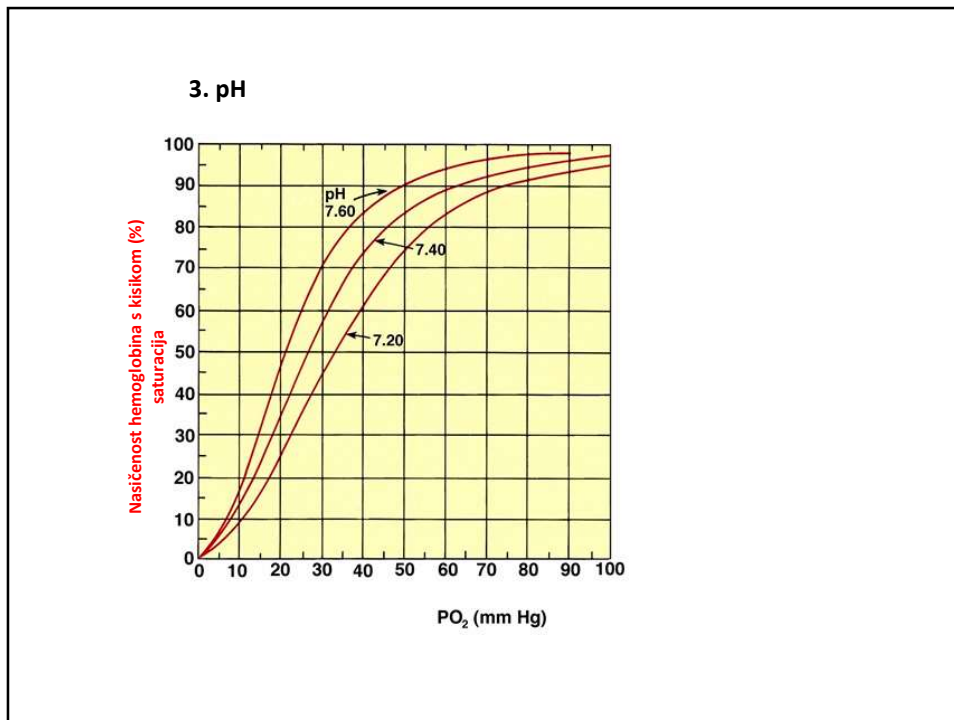
- Zaradi tega efekta se krivulja v venskem delu kapilar krvnega obtoka, kjer v kri vstopa CO₂ iz tkiv pomakne v desno.

- Ko kri prehaja skozi pljuča, pCO₂ pade in vezavna krivulja kisika se zopet pomakne v levo.

2. Na pomik krivulje v desno vpliva tudi povišana telesna temperatura in znižan pH.

2. Temperatura





Ali imajo vse živali hemoglobin ?

Nekatere vrste hobotnic – hemocijanin (Cu) - barva krvi - modra


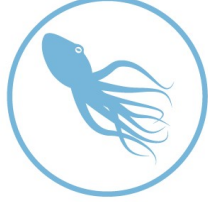


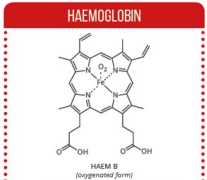
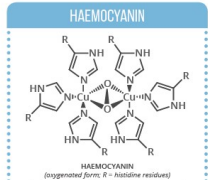
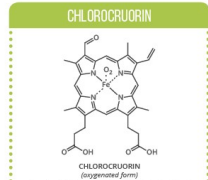
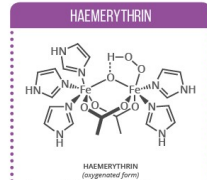


Chionodraco rastrospinosus - cellated icefish - ni pigmenta - barva krvi - prozirn

Kolobarniki (segmentirani črvi imajo lahko zeleno kri - pigment, hlorokruorin, ali rdečo kri - pigment, hemeritrin.

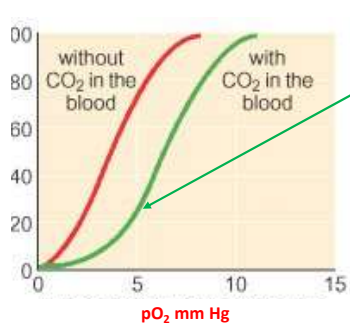


THE CHEMISTRY OF THE DIFFERENT COLOURS OF BLOOD

			
<p>Red</p> <p>HUMANS AND THE MAJORITY OF OTHER VERTEBRATES</p>	<p>Blue</p> <p>SPIDERS, CRUSTACEANS, SOME MOLLUSCS, OCTOPUSES & SQUID</p>	<p>Green</p> <p>SOME SEGMENTED WORMS, SOME LEECHES, & SOME MARINE WORMS</p>	<p>Violet</p> <p>MARINE WORMS INCLUDING PEANUT WORMS, PENIS WORMS & BRACHIOPODS</p>
<p>HAEMOGLOBIN</p>  <p>HAEM B (oxygenated form)</p> <p>Haemoglobin is a protein found in blood, built up from subunits containing haem. These haems contain iron, and their structure gives blood its red colour when oxygenated. Deoxygenated blood is a deep red colour - not blue!</p>	<p>HAEMOCYANIN</p>  <p>HAEMOCYANIN (oxygenated form; R = histidine residues)</p> <p>Unlike haemoglobin, which is bound to red blood cells, haemocyanin floats free in the blood. Haemocyanin contains copper instead of iron. When deoxygenated, the blood is colourless, but when oxygenated, it gives a blue colouration.</p>	<p>CHLOROCHUORIN</p>  <p>CHLOROCHUORIN (oxygenated form)</p> <p>Chemically similar to haemoglobin, the blood of some species contains both haemoglobin & chlorochuorin. Light green when deoxygenated, it is green when oxygenated, although when more concentrated it appears light red.</p>	<p>HAEMERYTHRIN</p>  <p>HAEMERYTHRIN (oxygenated form)</p> <p>Haemerythrin is only 1/4 as efficient at oxygen transport when compared to haemoglobin. In the deoxygenated state, haemerythrin is colourless, but it imparts a violet-pink colour when oxygenated.</p>
<p>© COMPOUND INTEREST 2015 - WWW.COMPOUNDCHEM.COM Twitter: @compoundchem Facebook: www.facebook.com/compoundchem Shared under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives licence.</p>			

Prenos ogljikovega dioksida po krvi

Nasičenost hemoglobina s kisikom (%)



Vežavna krivulja CO₂:
 Opisuje odvisnost %CO₂ v krvi od pCO₂

Disociacijska krivulja CO₂ nima platoja. Kri se torej ne more nasiti z CO₂, če pCO₂ narašča. Zato je pomembno, da je pCO₂ natančneje uravnan kot pO₂.

CO₂ se v krvi prenaša v treh oblikah:

- 60-70 % v obliki bikarbonatnih ionov
- 20-30 % reverzibilno vezan za hemoglobin v obliki karbamino skupin
- 7-10 % CO₂ je raztopljenega v plazmi

$p\text{CO}_2$, $p\text{O}_2$, pH so v arterijski krvi dejavniki, ki prek kemoreceptorjev uravnavajo dihanje

Med njimi je najpomembnejši arterijski $p\text{CO}_2$

$p\text{CO}_2$:

Povečan arterijski $p\text{CO}_2$ spodbuja dihanje, kar zmanjša alveolarni $p\text{CO}_2$. Uravnavanje alveolarnega $p\text{CO}_2$ je izrednega pomena, saj vsako povečanje, povečuje $p\text{CO}_2$ v arterijski krvi, kar vodi v acidozo.

pH :

Znižan arterijski pH spodbuja dihanje in s tem zmanjšuje alveolarni in arterijski $p\text{CO}_2$.

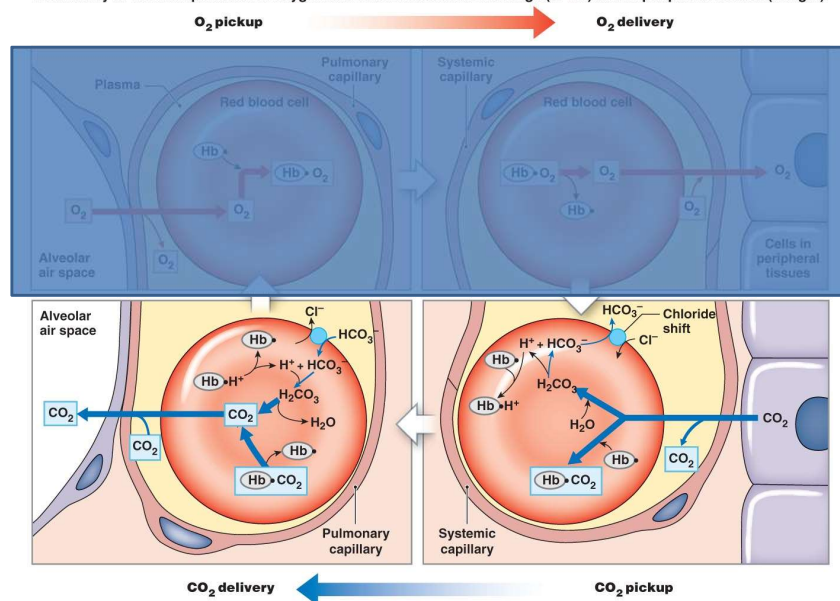
$p\text{O}_2$:

Znižan arterijski $p\text{O}_2$ tudi spodbuja dihanje, šele ko pade pod 100 mm Hg.

V normalnih razmerah kisik ni neposredno vpleten v uravnavanje dihanja

Prevzem in sproščanje ogljikovega dioksida

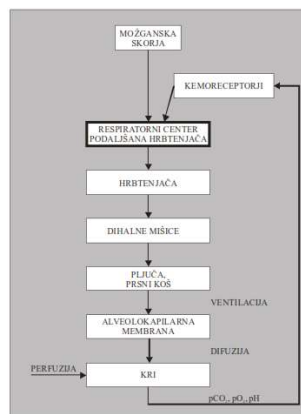
A summary of the transportation of oxygen and carbon dioxide in the lungs (at left) and in peripheral tissues (at right)



URAVNAVANJE DIHANJA

Dihanje uravnava dva mehanizma, ki se dopolnjujeta:

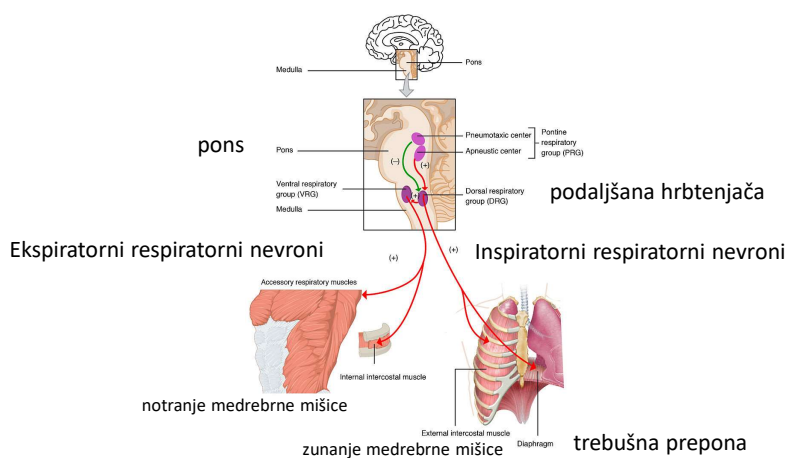
- mehanizem, ki uravnava ritmičnost dihanja
- mehanizem, ki uravnava dihanje za prilagajanje spremenjenim potrebam organizma.



Slika 4.12 Uravnavanje dihanja.

Uravnavanje ritmičnosti dihanja

ritmično aktivnost pri dihanju določa aktivnost več skupin nevronov v možganskem deblu, ki jih skupno imenujemo **dihalni center**.



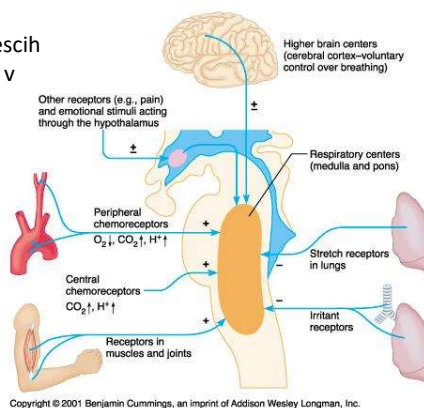
Urnvananje dihanja za prilaganje potrebam organizma

kemični dejavniki → kemoreceptorji

Respiratorni kemoreceptorji

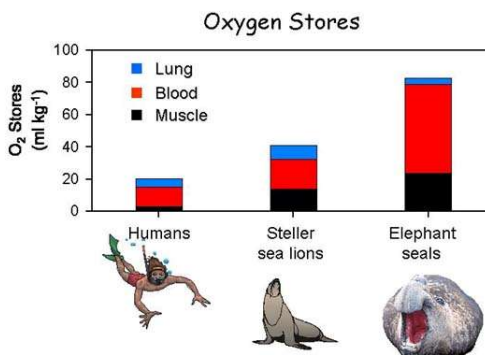
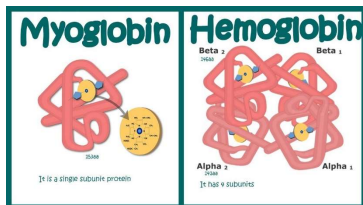
Centralni kemoreceptorji so nevroni, ki so blizu respiratornega centra v podaljšani hrbtenjači.

Periferni kemoreceptorji so v karotidnih telescih blizu razcepišča arterije *carotis communis* in v aortnih telescih vzdolž aortnega loka. Tudi v mišicah in sklepih



Morski sesalci imajo višji odstotek rdečih krvničk kot večina sesalcev (človek = 36%, tuljan = 50%.)

Morski sesalci imajo tudi visoko koncentracijo hemoglobina v krvi in in precej višjo koncentracijo **mioglobina** v mišicah.



Tankokljuna lumna – teška samo 0.5 -1 kg, lahko se potopi do 100 m







Morski slon – do 1500 m, več kot 60 minut, preživijo 90 % časa na morju v potapljanju

Kraljevi pingvin – do 500 m

Orijaška usnjača – do 1200 m

Kljunati kit – do 2500 m, pod vodo lahko ostanejo več kot 90 min

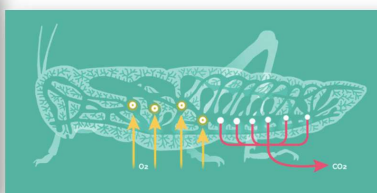
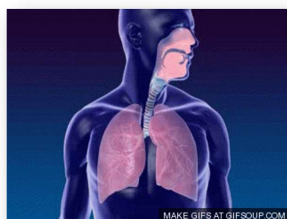
Kit glavač – do 3200 m pod vodo ostanejo do 222 min

		total oxygen (milliliters per kilogram of body weight)	percent of total		
			lungs	blood	muscle
	people	20	24	57	15
	California sea lion	40	21	45	34
	bottlenose dolphin	36	34	27	39
	emperor penguin	55	19	34	47
	Weddell seal	67	5	66	29
	leatherback sea turtle	18	25	63	11

FIZIOLOGIJA ŽIVALI

ANIMAL PHYSIOLOGY

DIHALA DIHANJE



Doc. dr. Vladimir Ivović

Oddelek za biodiverzitetu
FAMNIT
Univerza na Primorskem