

***FIZIOLOGIJA
RESPIRATORNOG SISTEMA
(fiziologija disanja)***

***Danijela Kirovski
Katedra za fiziologiju i biohemiju***

DISANJE

razmena gasova između atmosfere i ćelije organizma

Ventilacija pluća -razmena gasova između atmosfere i alveola pluća

Spoljašnje disanje -razmena gasova između alveola pluća i plućnih kapilara

Unutrašnje disanje -razmena gasova između kapilara tkiva i intersticijalne tečnosti

Ćelijsko disanje -potrošnja kiseonika u ćeliji uz proizvodnju ATP i CO₂

GRAĐA RESPIRATORNOG SISTEMA

u širem smislu

1. VAZDUŠNI PUTEVI
2. PLUĆA I PLEURA
3. GRUDNI KOŠ
4. RESPIRATORNI MIŠIĆI

GRADBA RESPIRATORNOG SISTEMA

u širem smislu

1. VAZDUŠNI PUTEVI

nos i
nosni otvori
(menja prečnik
i čulo dodira)

farinks
epiglotis
(sprečava ulaz
hrane u vaz. puteve)

jednjak

bronchus, bronchiae,
bronchiolae (nemaju rskavicu),
respir. bronciolae)

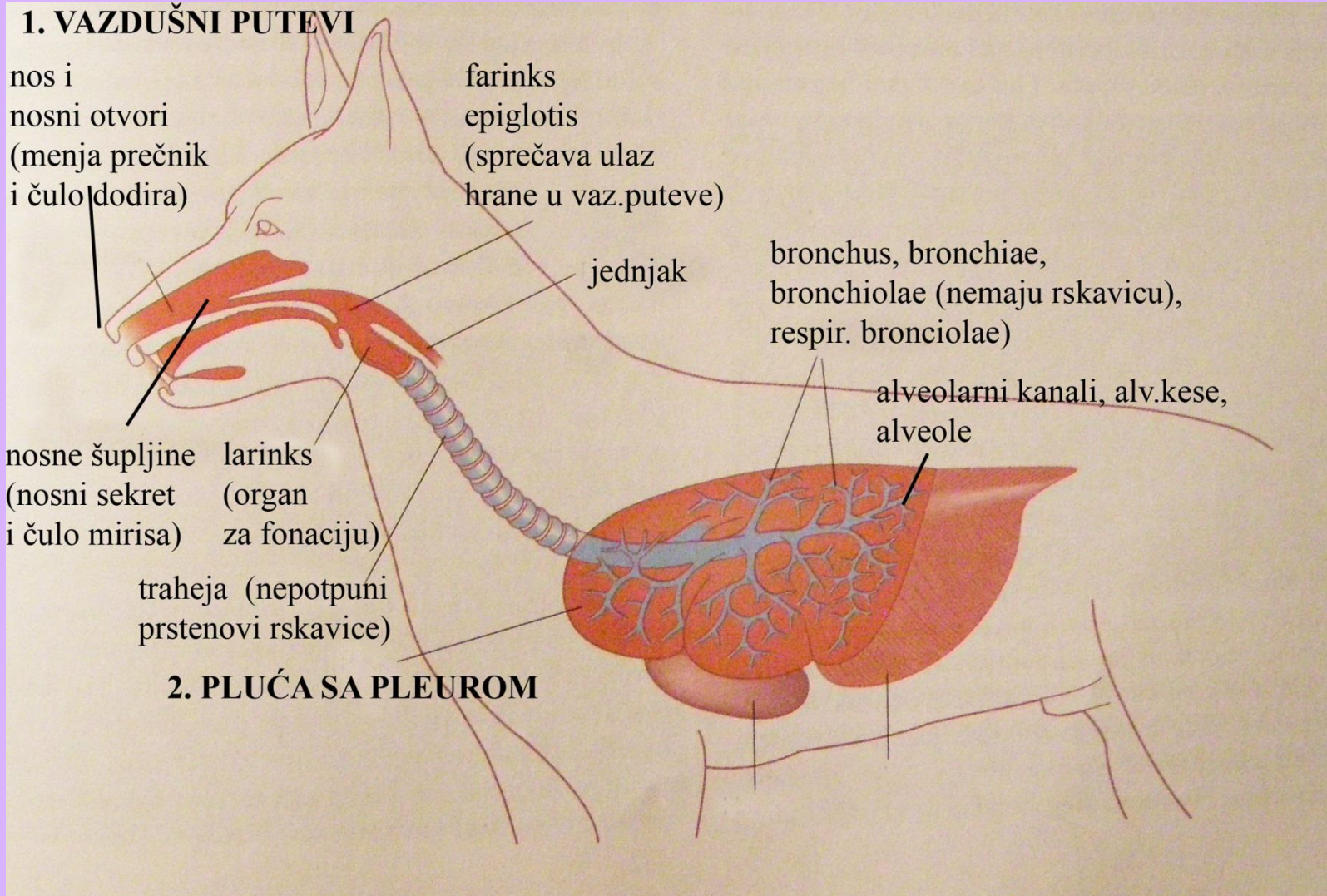
nosne šupljine
(nosni sekret
i čulo mirisa)

larinks
(organ
za fonaciju)

traheja (nepotpuni
prstenovi rskavice)

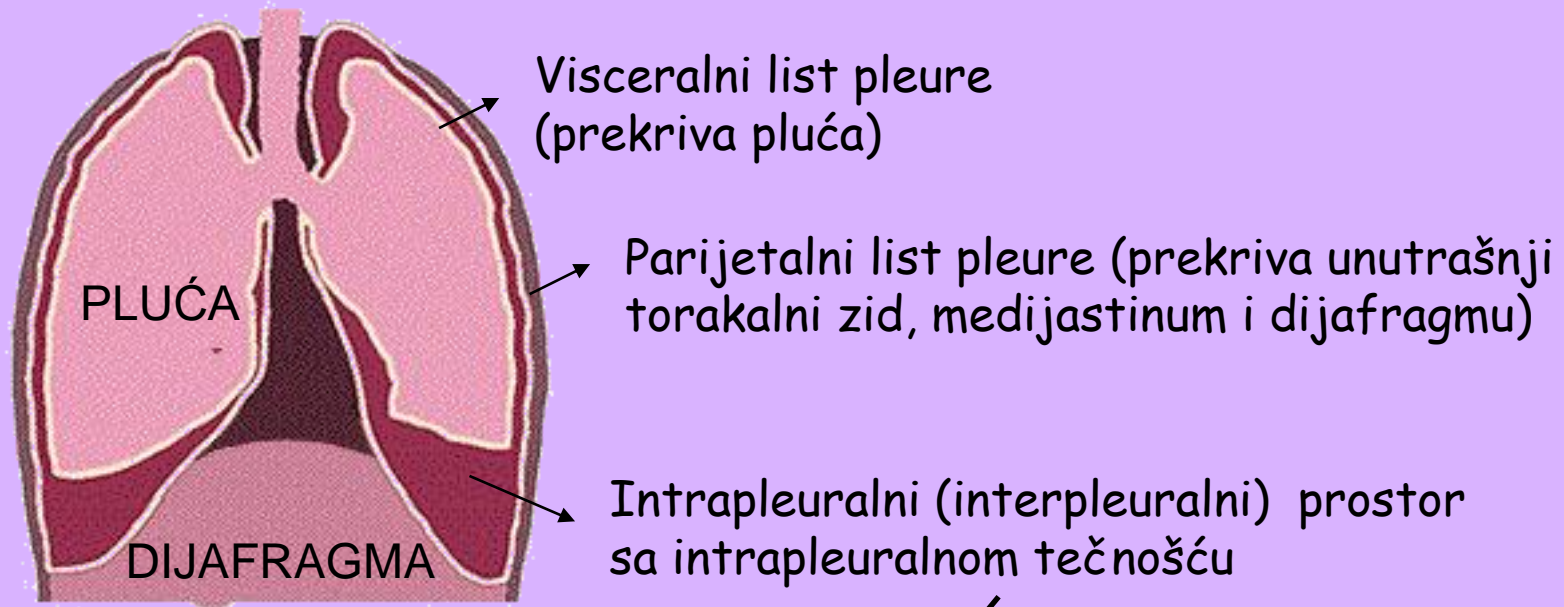
alveolarni kanali, alv. kese,
alveole

2. PLUĆA SA PLEUROM



GRAĐA RESPIRATORNOG SISTEMA

PLUĆA SA PLEUROM



NEGATIVAN PRITISAK - Intrapleuralni pritisak

Posledica je:

površinskog napona alveolarne tečnosti, elastičnosti pluća i elastičnosti torakalnog zida

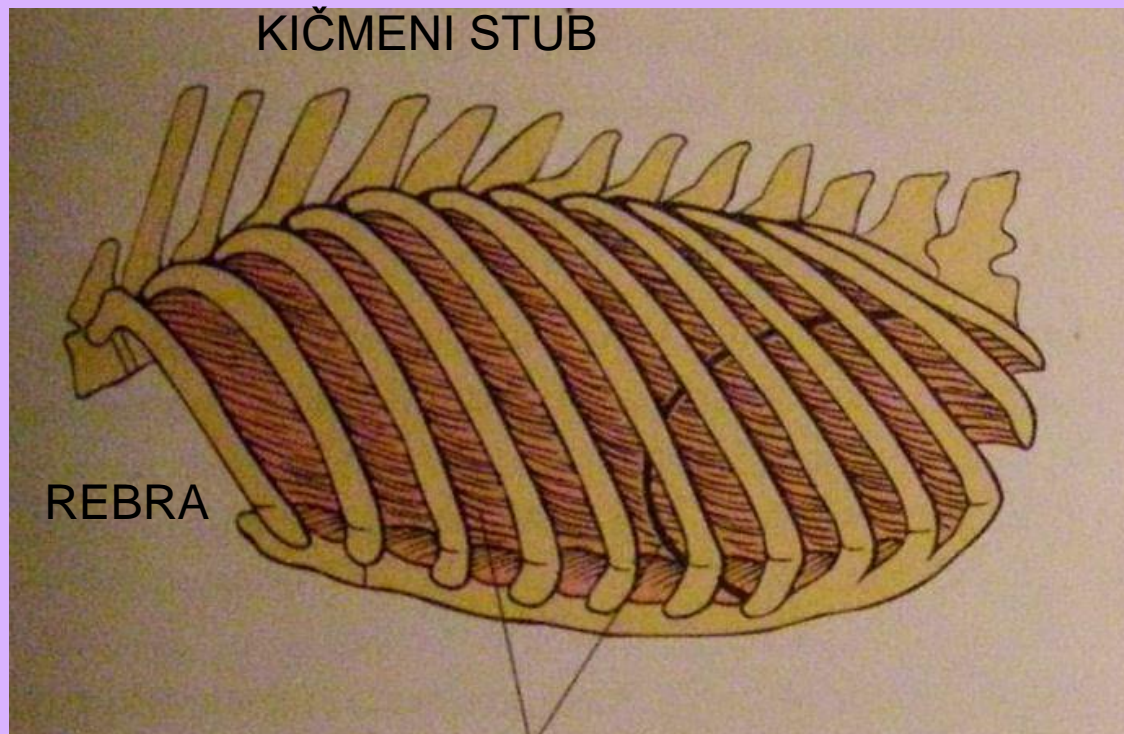
Površinski napon intrapleuralne tečnosti ne dozvoljava razdvajanje pluća od torakalnog zida

GRADJA RESPIRATORNOG SISTEMA

u širem smislu

3. GRUDNI KOŠ

4. RESP. MIŠIĆI



MEĐUREBARNI
MIŠIĆI

DIAPHRAGMA

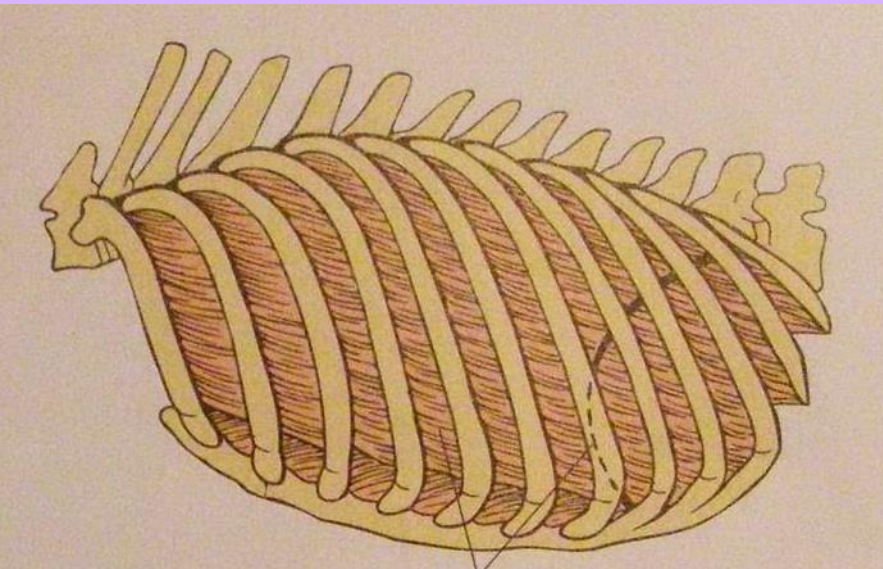
STERNUM

GRAĐA RESPIRATORNOG SISTEMA

u širem smislu

4. RESP. MIŠIĆI

INSPIRATORNI MIŠIĆI

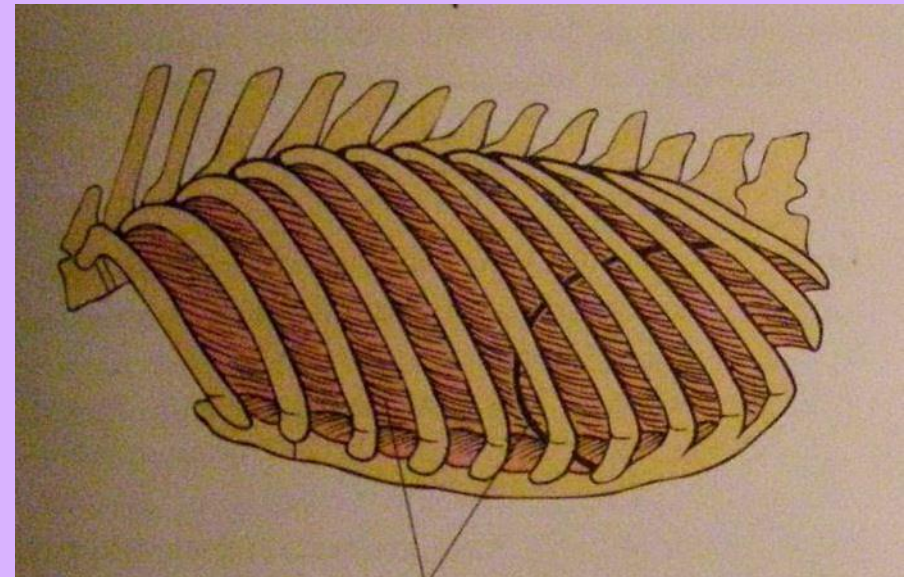


GLAVNI
(spoljašnji interkostalni mišići, dijafragma)

POMOĆNI

m. transversus costarum, mm. levatores costarum,
m. scalenus primae costae, m. scalenus dorsales
cranialis

EKSPIRATORNI MIŠIĆI



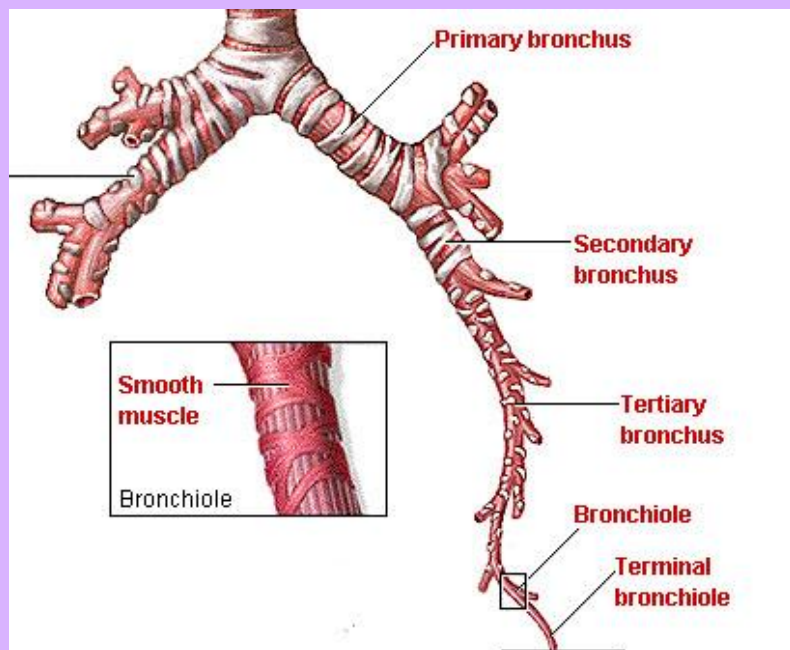
GLAVNI
(unutrašnji interkostalni mišići)

POMOĆNI

m. serratus dorsalis caudalis, m. iliocostalis,
m. obliquus abdominis internus, m. obliquus
abdominis externus, m. transversus abdominis

GRAĐA RESPIRATORNOG SISTEMA

Sprovodna zona



Sprovodi vazduh do respiratorne zone

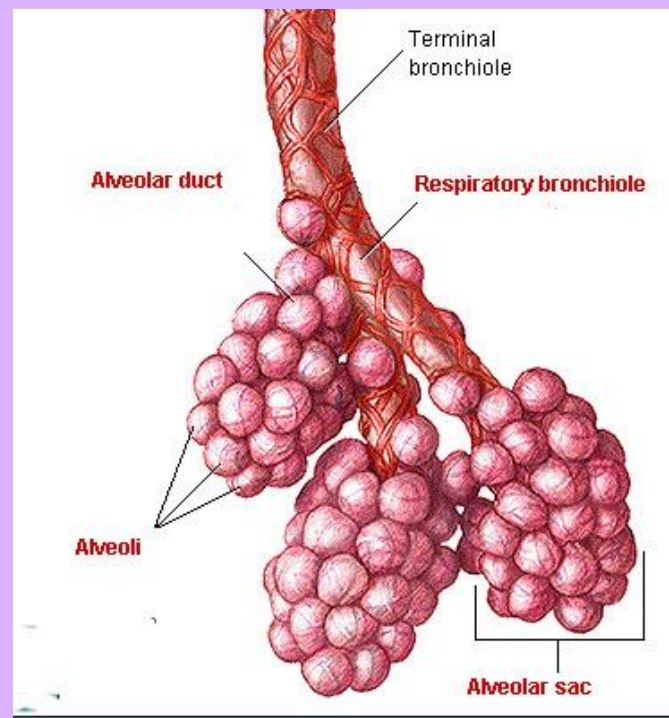
Zagreva vazduh do temperature tela

Vlaži vazduh

Prečišćava vazduh od mikroorganizama i stranih čestica

Održava konstantnost sastava alveolarnog vazduha

Respiratorna zona

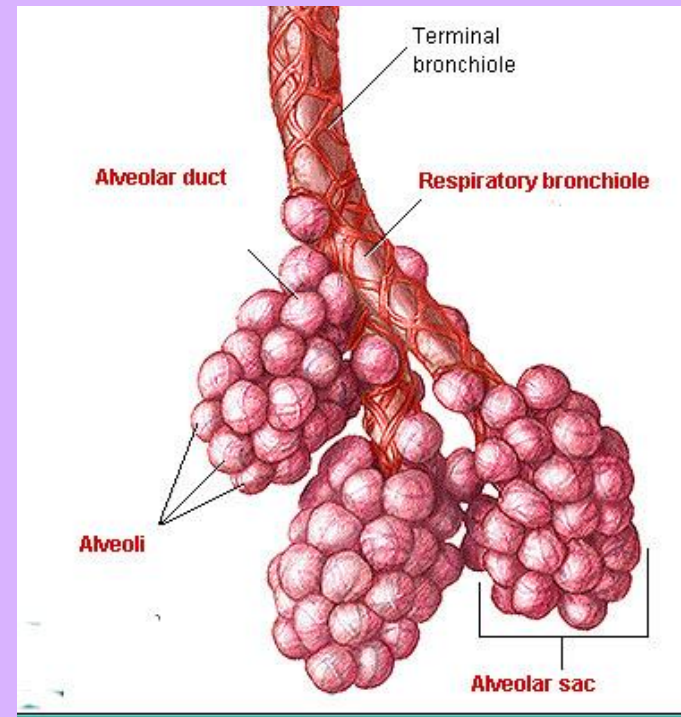
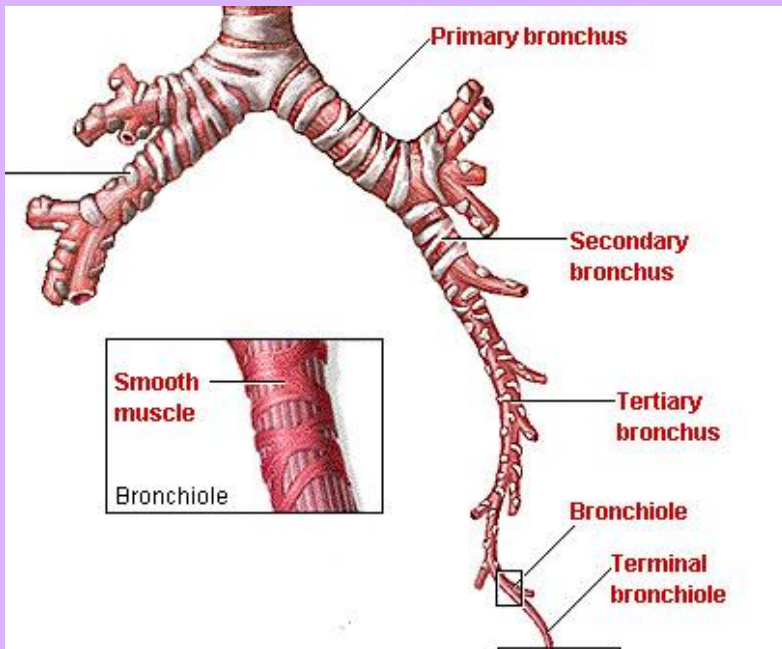


Razmena gasova

GRAĐA RESPIRATORNOG SISTEMA

Sprovodna zona

Respiratorna zona



MRTAV PROSTOR

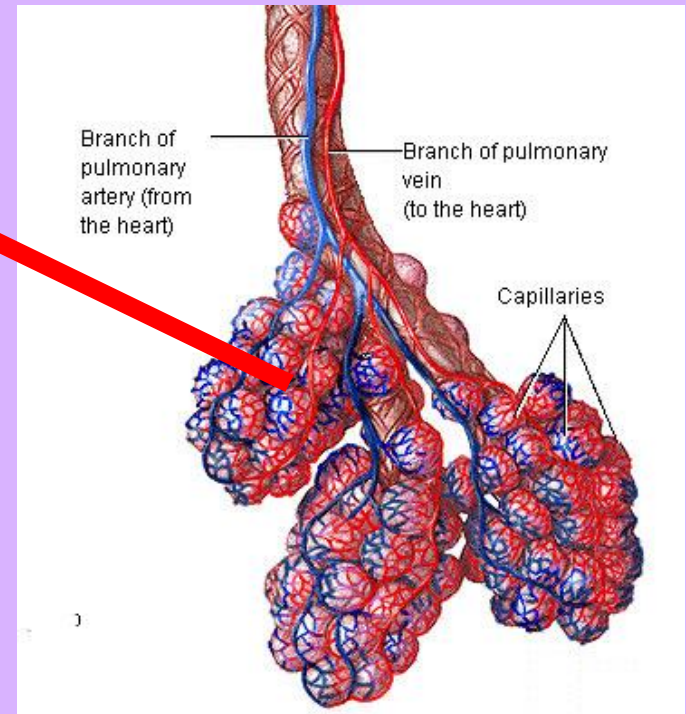
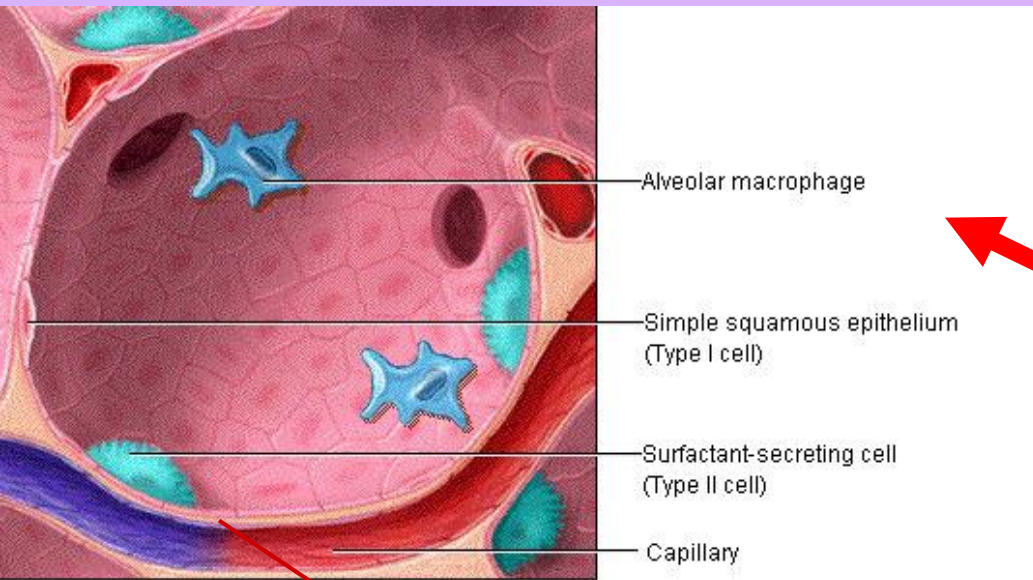
Razmena gasova

Anatomski mrtav prostor = sprovodna zona (nema uslova za razmenu gasova)
Fiziološki mrtav prostor = sprovodna zona + alveole gde nema uslova za razmenu

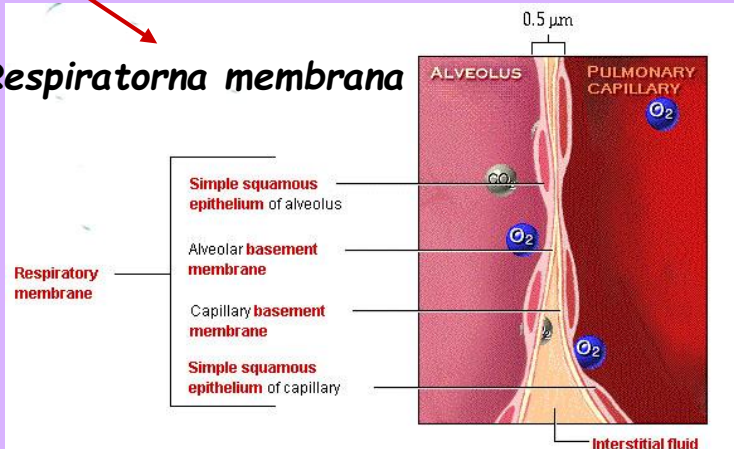
GRADŃA RESPIRATORNOG SISTEMA

GRADŃA ALVEOLA

Respiratorna zona



Respiratorna membrana

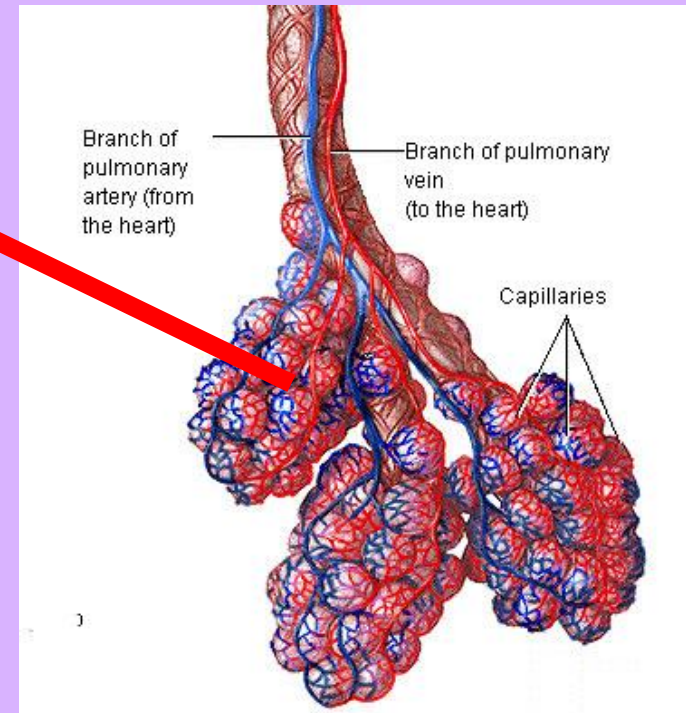
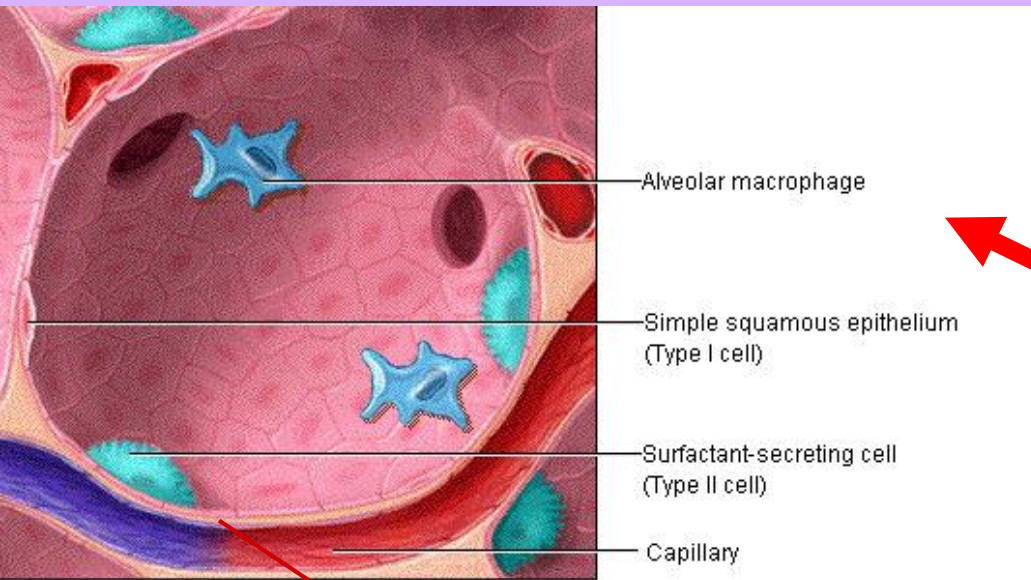


Razmena gasova

GRADBA RESPIRATORNOG SISTEMA

GRADBA ALVEOLA

Respiratorna zona



Respiratorna membrana (0,5-2 μm)

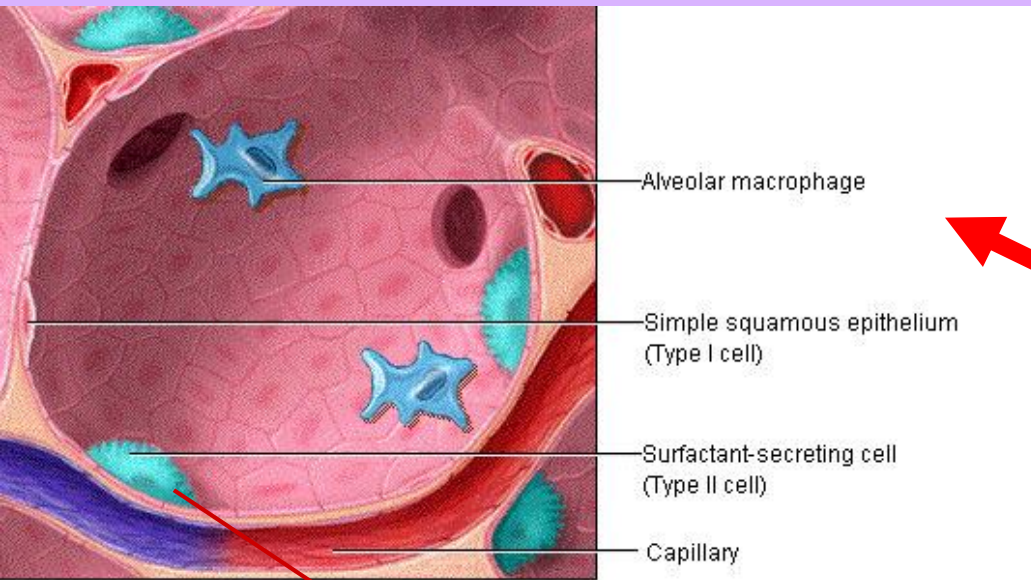
1. Monomolekulski sloj tečnosti (surfaktant)
2. Alveolarni epitel
3. Bazalna membrana epitela
4. Intersticijum
5. Bazalna membrana kapilara
6. Endotel kapilara

Razmena gasova

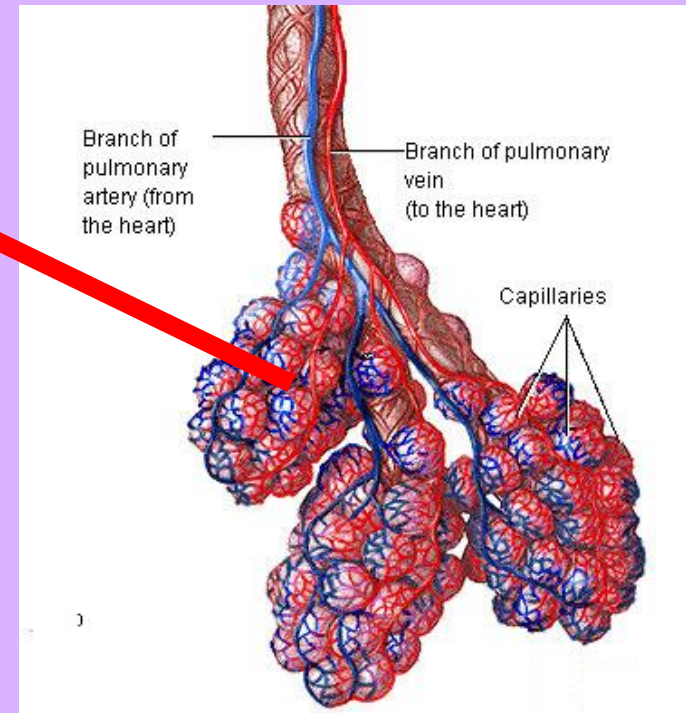
GRADBA RESPIRATORNOG SISTEMA

GRADBA ALVEOLA

Respiratorna zona



Surfaktant



Razmena gasova

Baktericidno delovanje

Mastan - suprostanvlja se filtraciji vode iz krvi u alveole

Povećava elastičnost alveola (2% E u mirovanju se potroši na disanje)

Reguliše površinski napon u alveolama - $P = 2T/r$

ULOGE RESPIRATORNOG SISTEMA

1. Razmena gasova

2. Održavanje izohidrije - acidobazne ravnoteže

3. Izbacivanje isparljivih mirisnih materija

4. Oglašavanje životinja

5. Potpomaganje u toku defekacije, mikcije, partusa

6. Proizvodnja nekih materija (angiotenzin II, surfaktant)

7. Metaboličko razlaganje nekih materija (Pg, NOR, serotonin i dr.)

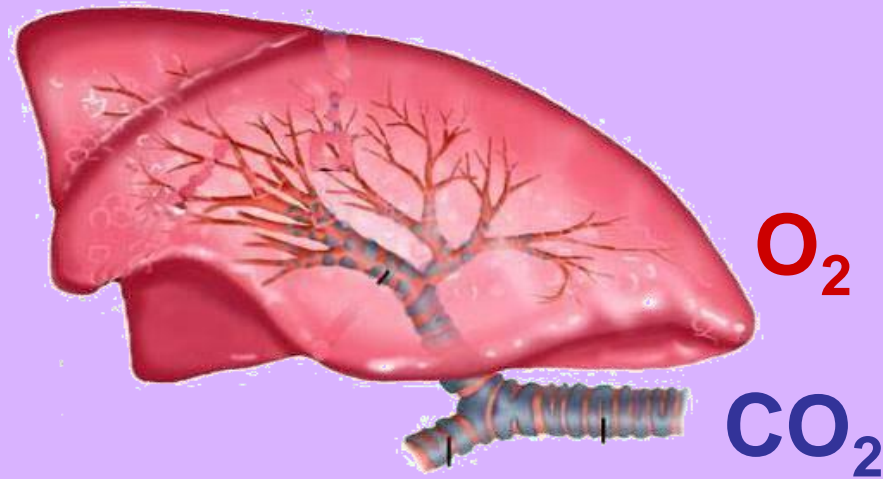
8. Uloga u termoregulaciji

9. Uklanja trombove iz cirkulacije

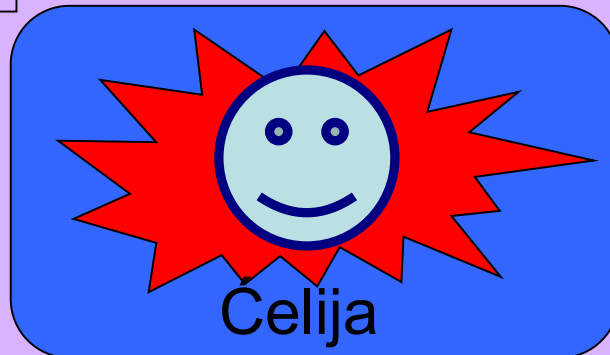
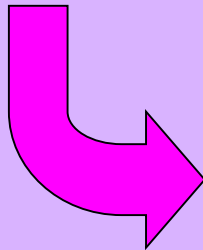
10. Zaštitna uloga

ULOGE RESPIRATORNOG SISTEMA

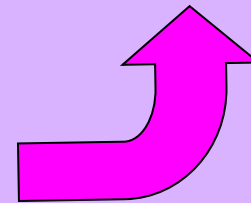
1. Razmena gasova - difuzija



O_2 + Glukoza

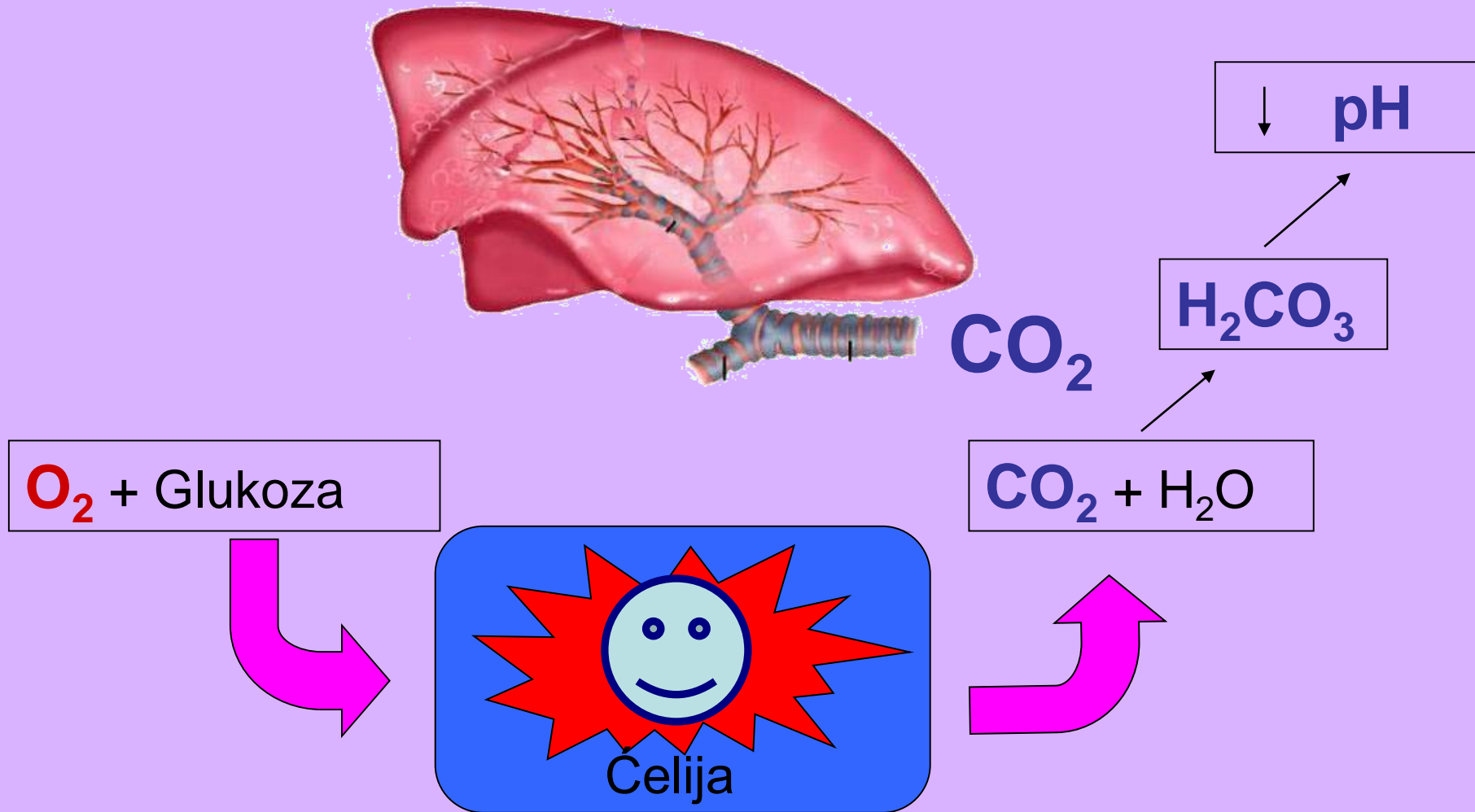


CO_2 + H_2O



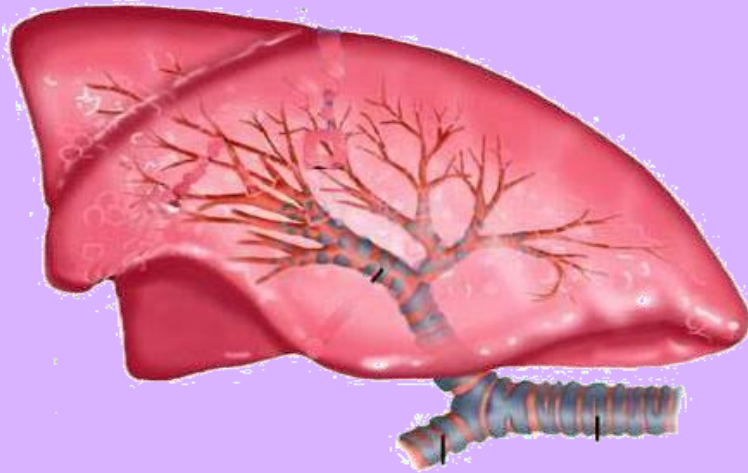
ULOGE RESPIRATORNOG SISTEMA

2. Održavanje izohidrije - acidobazne ravnoteže



ULOGE RESPIRATORNOG SISTEMA

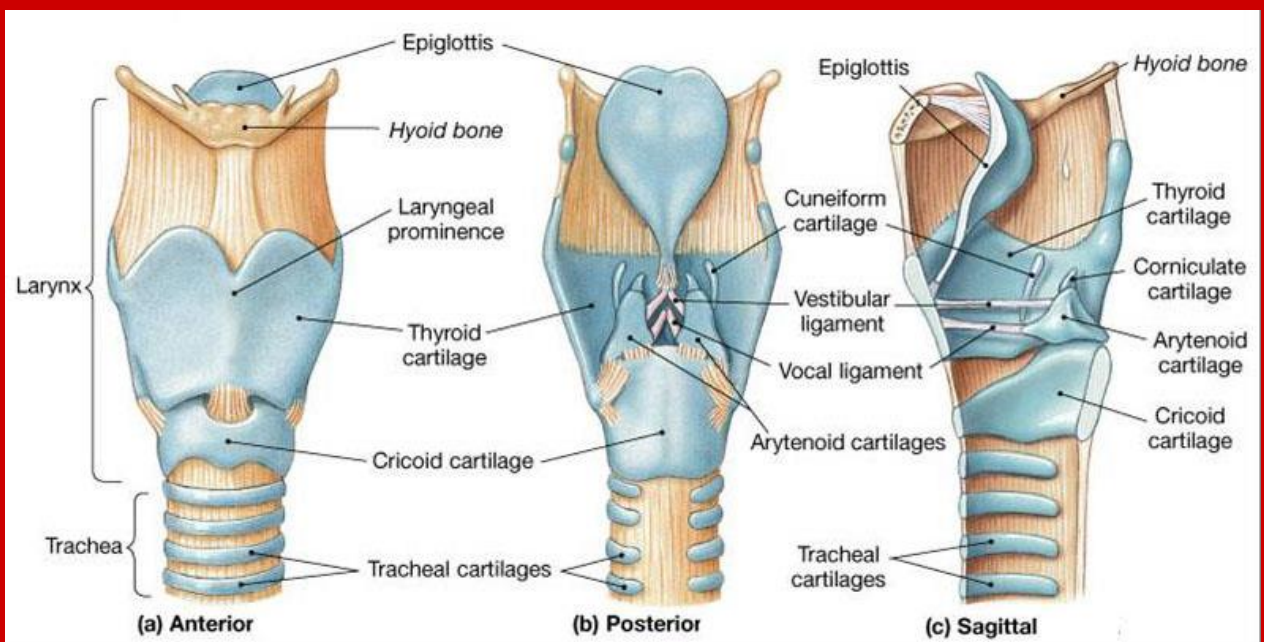
3. Izbacivanje isparljivih mirisnih materija



alkohol
acetonska tela
metan

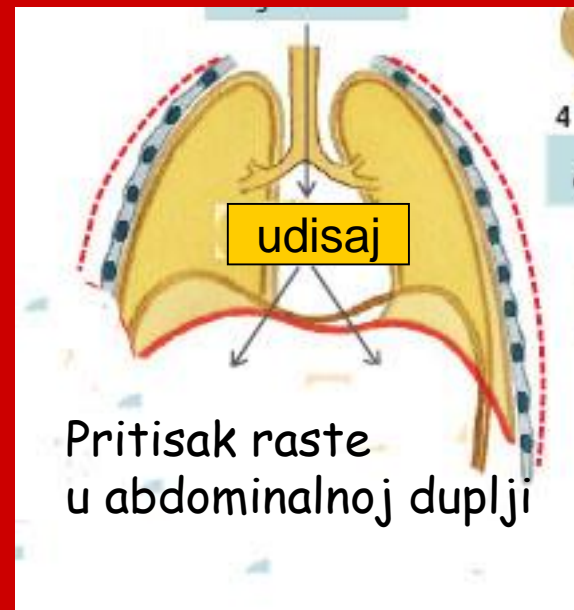
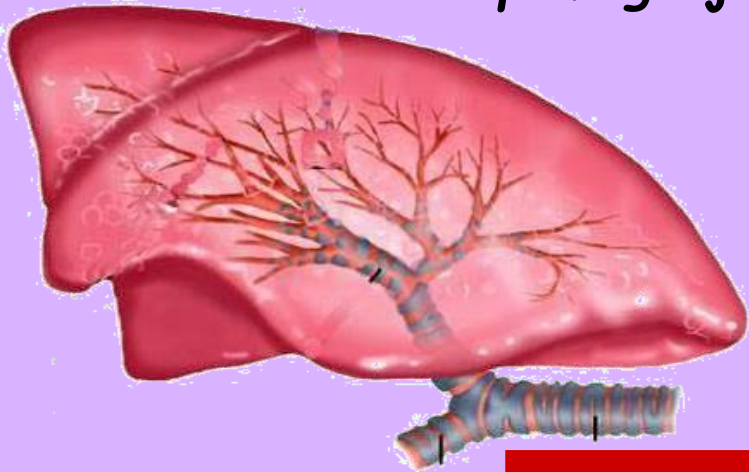
ULOGE RESPIRATORNOG SISTEMA

4. Oglašavanje životinja



ULOGE RESPIRATORNOG SISTEMA

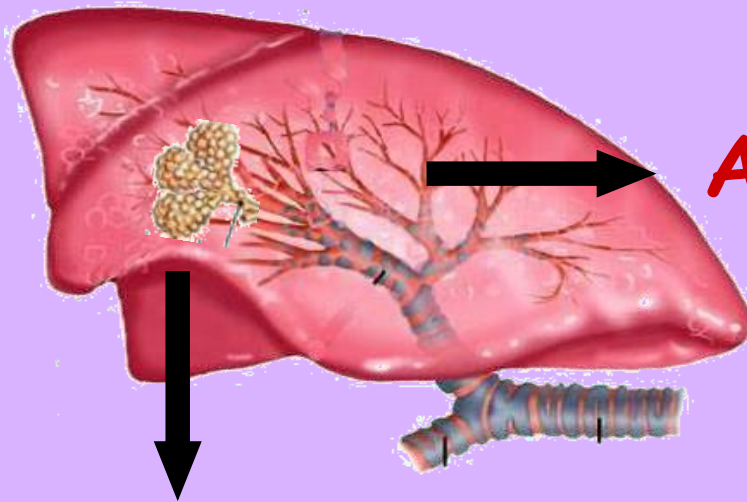
5. Potpomaganje u toku defekacije, mikcije, partusa



Pritisak raste
u abdominalnoj duplji

ULOGE RESPIRATORNOG SISTEMA

6. *Proizvodnja nekih materija (angiotenzin, surfaktant)*



Angiotenzin II

80 % se stvara u plućima
VAZOKONSTRIKTOR

surfaktant

7. *Metaboličko razlaganje nekih materija*

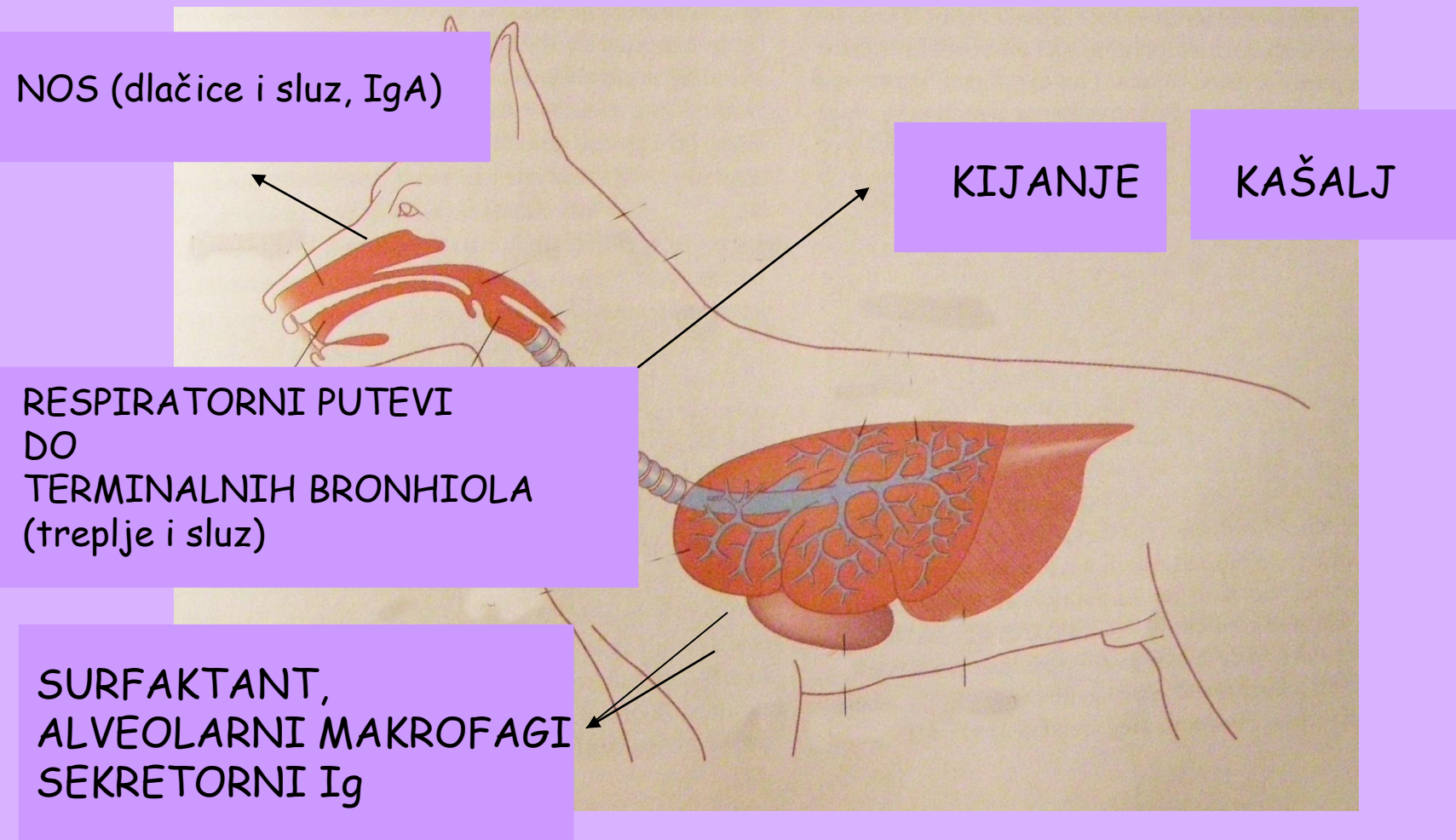
(Pg, NOR, serotonin i dr.)

8. *Uloga u termoregulaciji* (t zagrevanja ili hlađenja dobija iz krvi)

9. *Uklanja trombove iz cirkulacije* (u kapilarima puća ima puno mastocita koji proizvode heparin koji aktivira antitrombin III - FIBRINOLIZA)

ULOGE RESPIRATORNOG SISTEMA

10. Zaštitna uloga



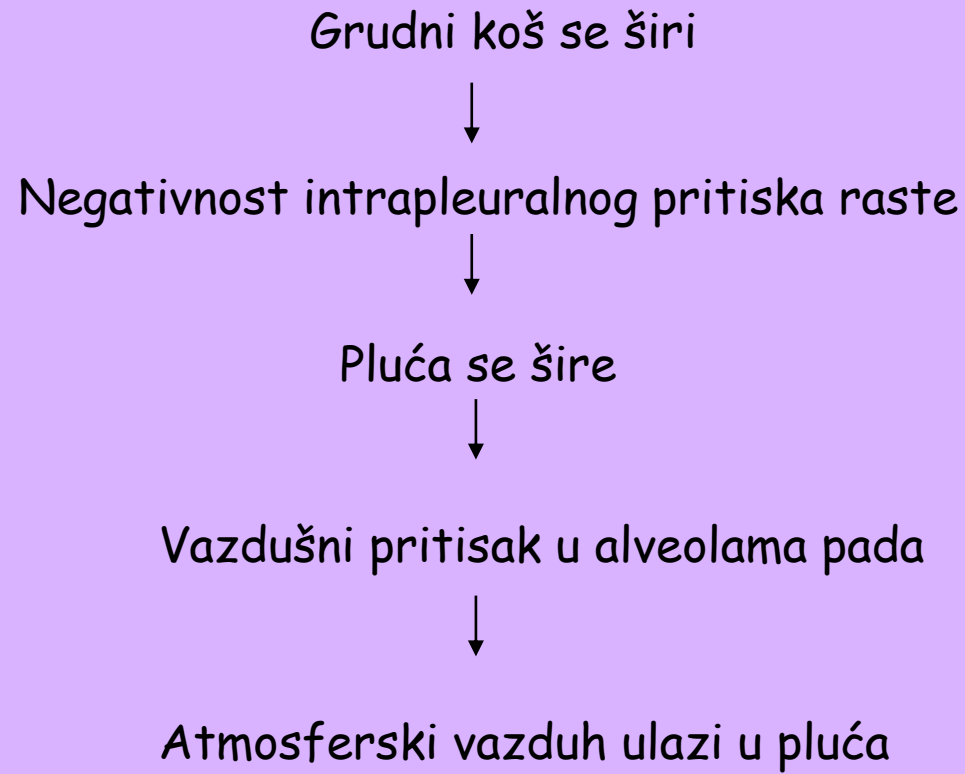
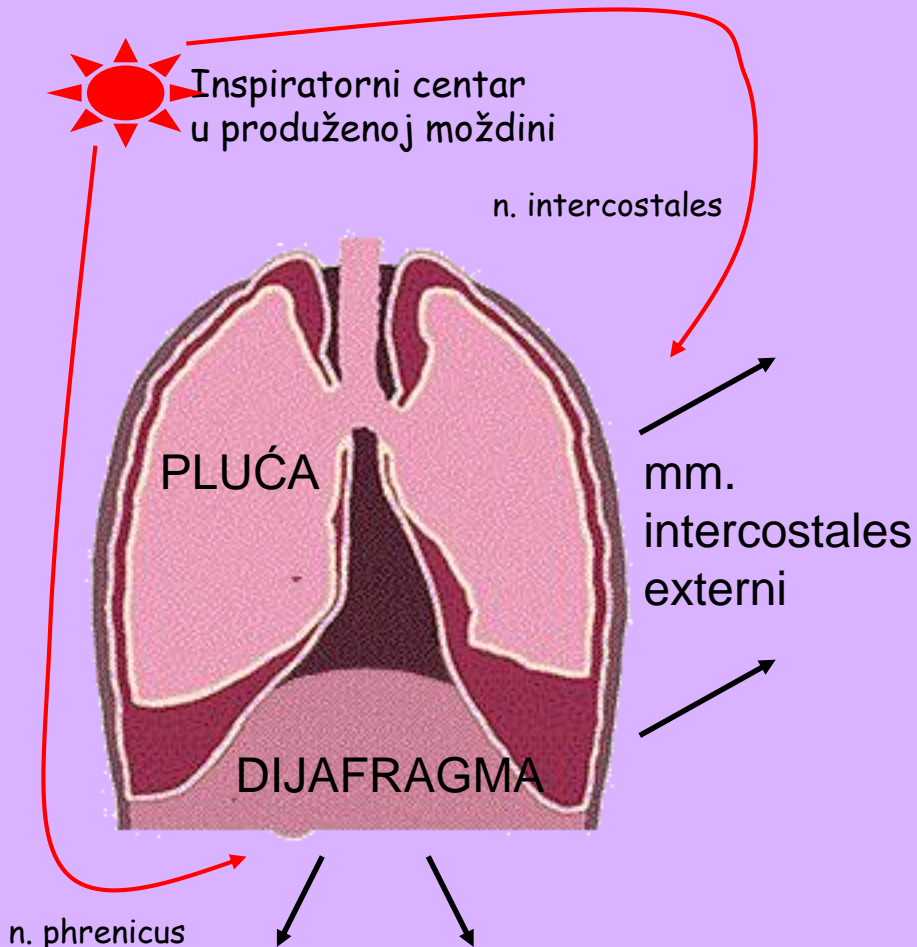
VENTILACIJA PLUĆA

1. *Inspirijum - udisaj*

2. *Ekspirijum - izdisaj*

VENTILACIJA PLUĆA

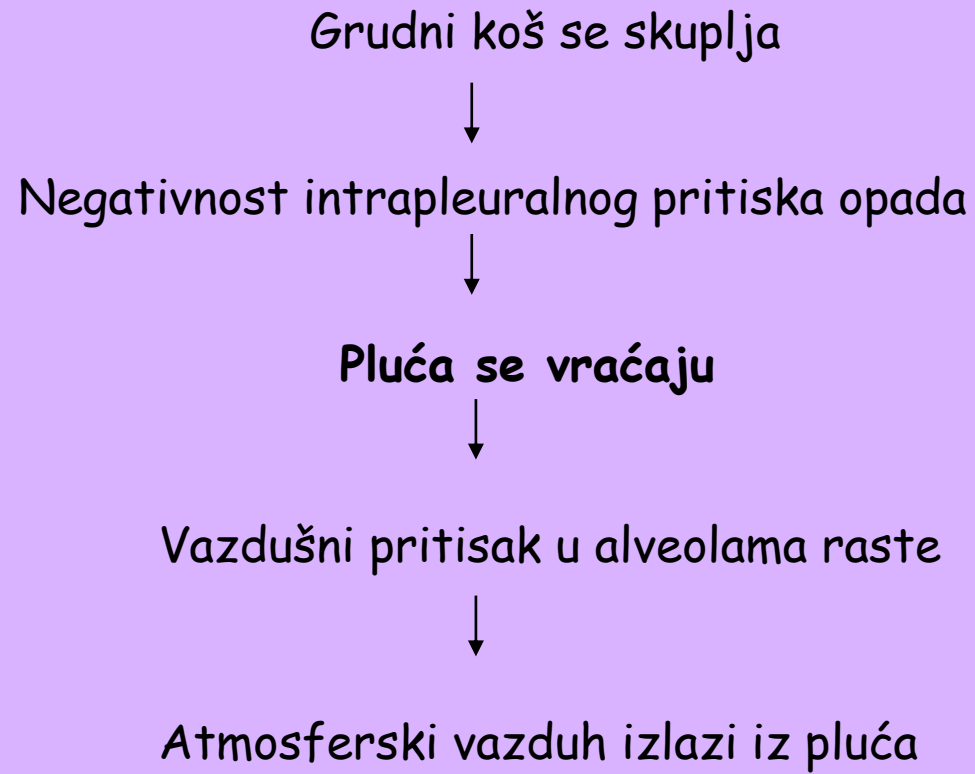
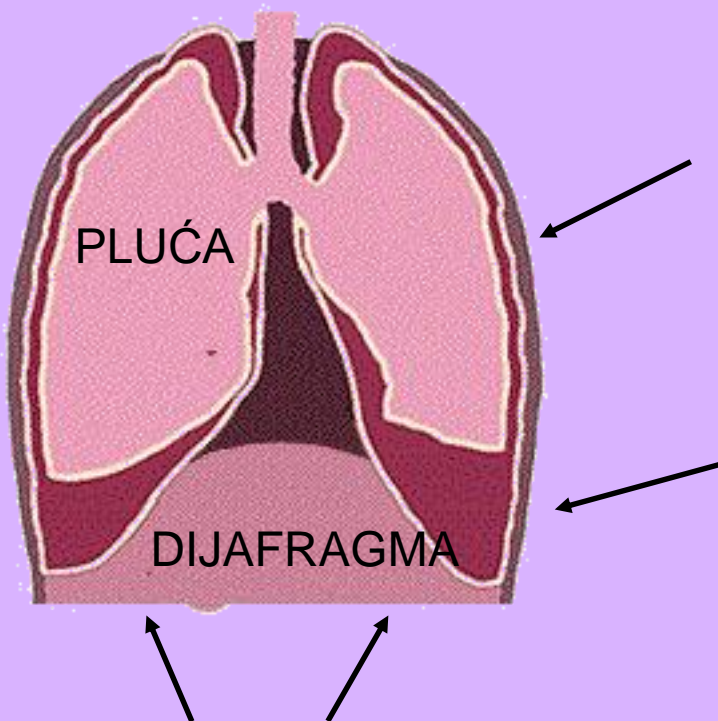
Inspirijum - udisaj - **AKTIVAN PROCES**



FORSIRANI UDISAJ (angažuje pomoćne mišiće)

VENTILACIJA PLUĆA

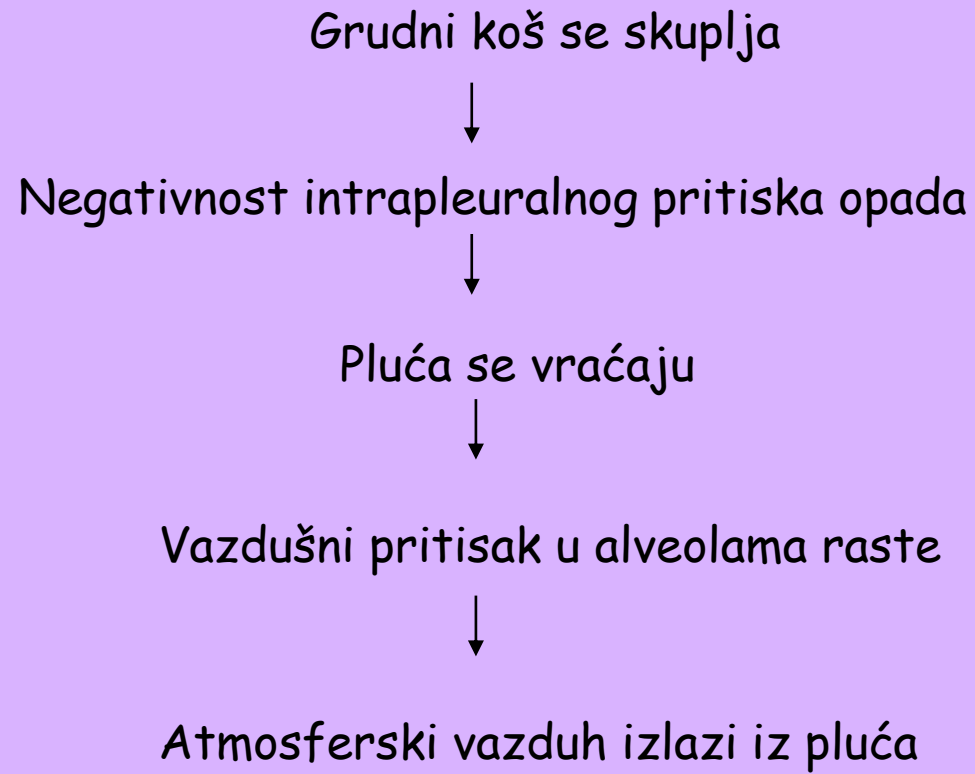
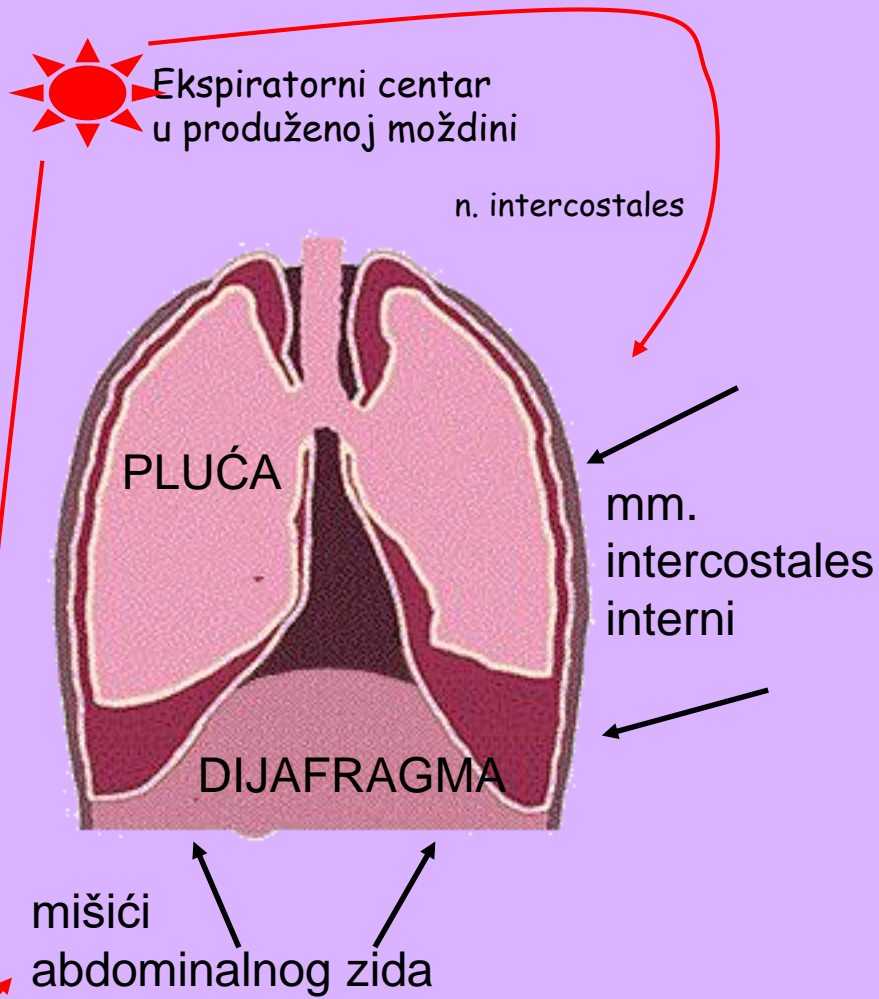
Ekspirijum - izdisaj - PASIVAN PROCES



FORSIRANI IZDISAJ (angažuje mišiće)

VENTILACIJA PLUĆA

Forsirani izdisaj - AKTIVAN PROCES



ODNOS INSPIRIJUMA I EKSPIRIJUMA

1 : 1,2

TIPOVI DISANJA

Zavisno od toga koji mišići učestvuju u disajnim pokretima

Grudni (kostalni) - konji, psi

Trbušni (abdominalni) - goveda

Mešoviti - (ljudi)

FREKVENCA DISANJA

Vrsta životinje	Broj respiracija u minuti
KONJ	10 - 14
KRAVA	26 - 35
SVINJA	32 - 58
PAS	20 - 34
MAČKA	20 - 40
OVCA	16 - 22

Eupneja - pravilno, mirno disanje

TIPOVI DISANJA

Eupneja - pravilno, mirno disanje

Dispneja - otežano, naporno disanje

Hiperpneja - povečanje dubine disanja

Hipopneja - smanjenje dubine disanja

Tahipneja - ubrzano disanje

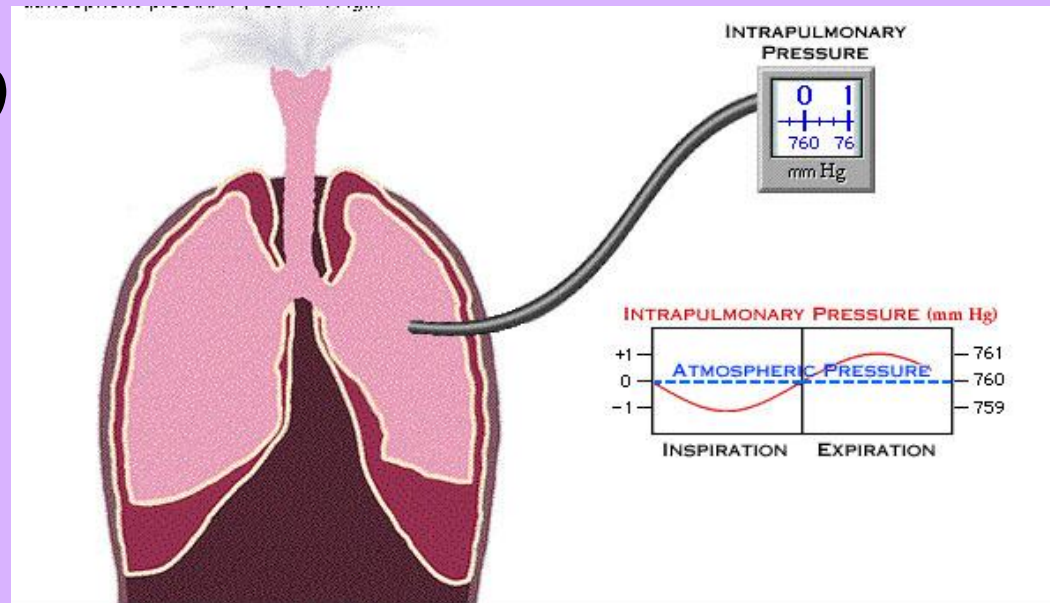
Bradipneja - usporeno disanje

Polipneja - površno, brzo disanje (dahtanje)

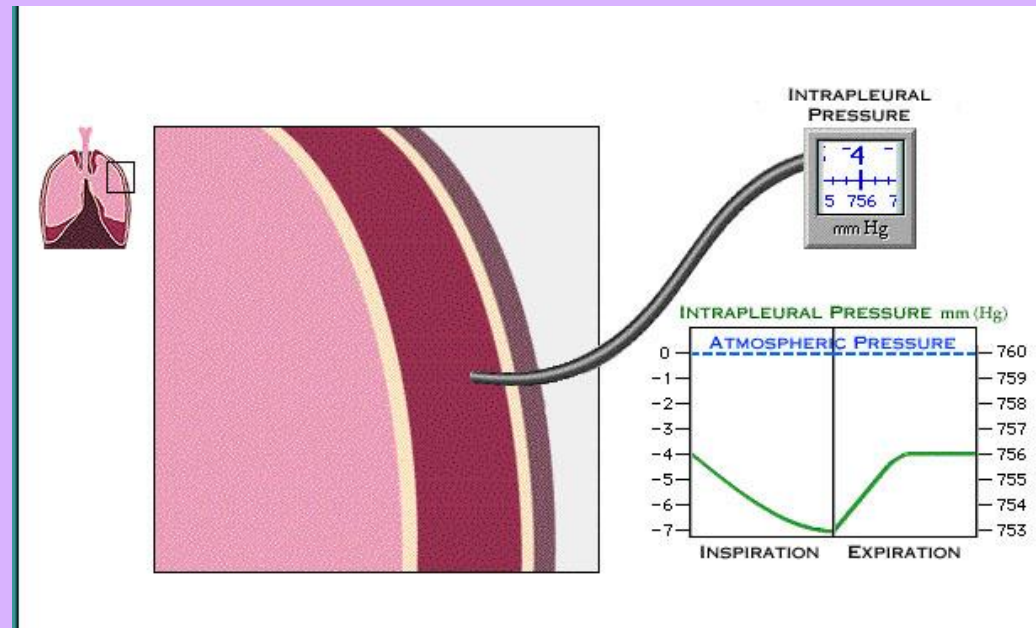
Apneja - prestanak disanja

VENTILACIJA PLUĆA

1. Intrapulmonalni (alveolarni) pritisak



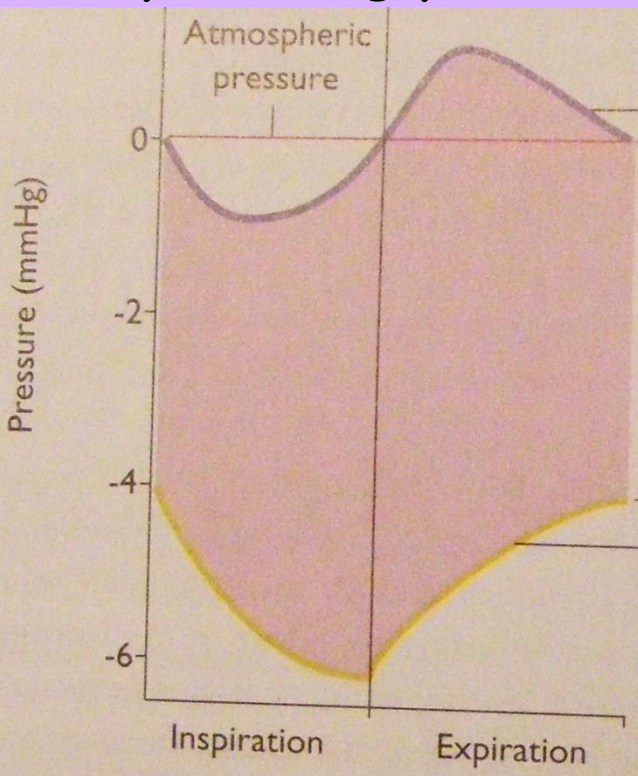
2. Interpleuralni pritisak



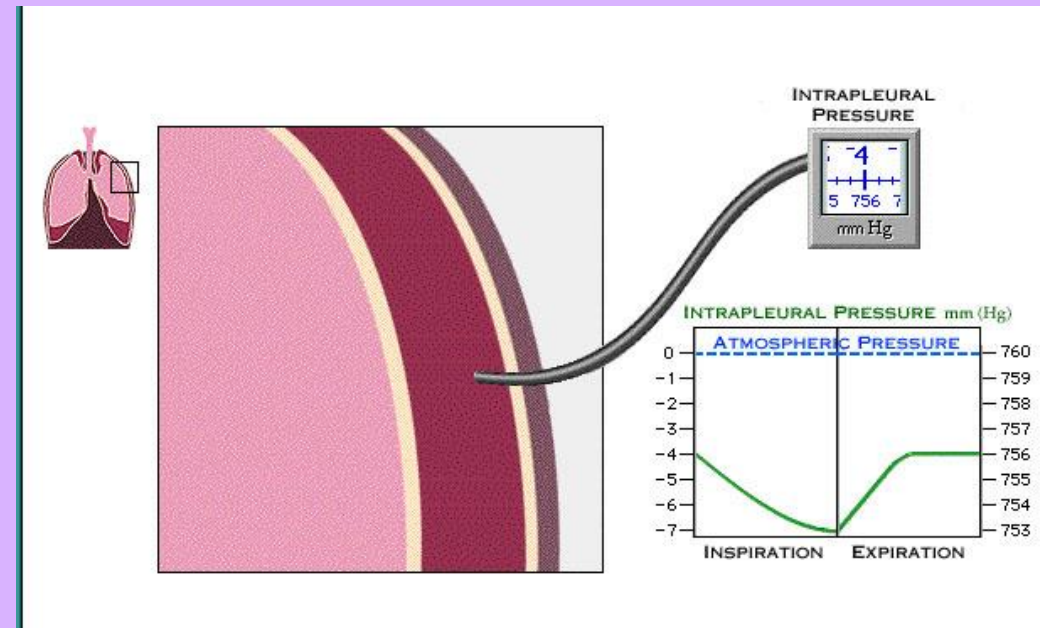
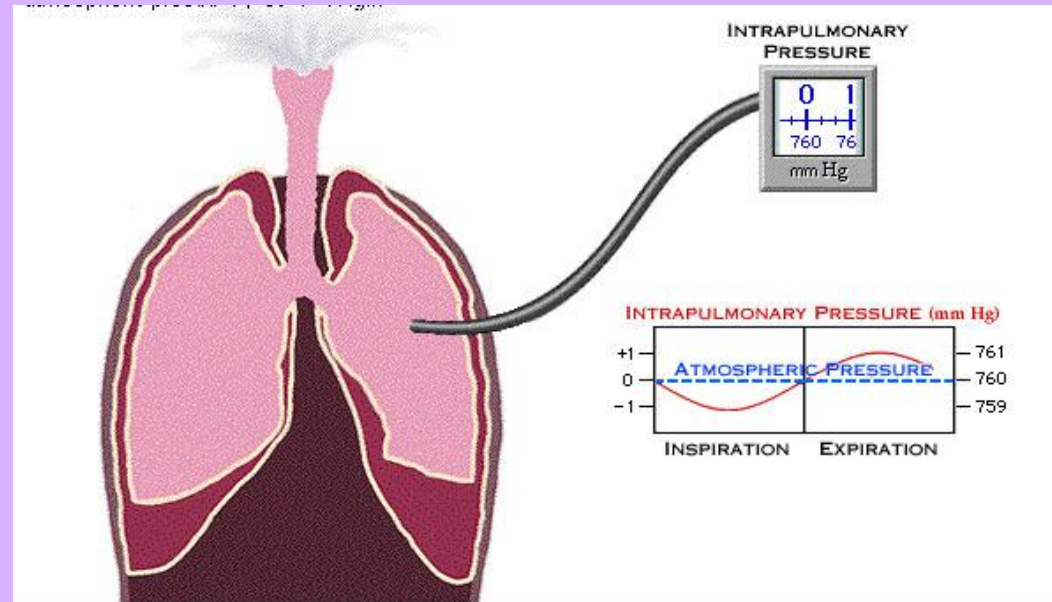
VENTILACIJA PLUĆA

TRANSPULMONALNI PRITISAK

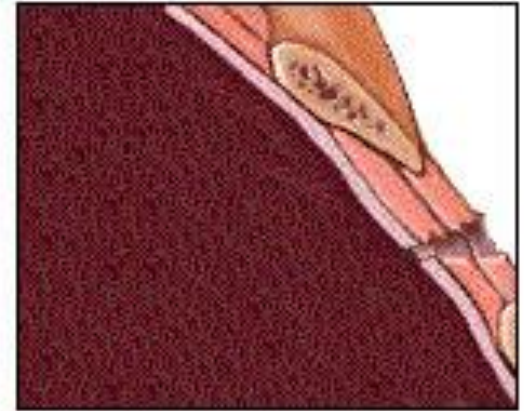
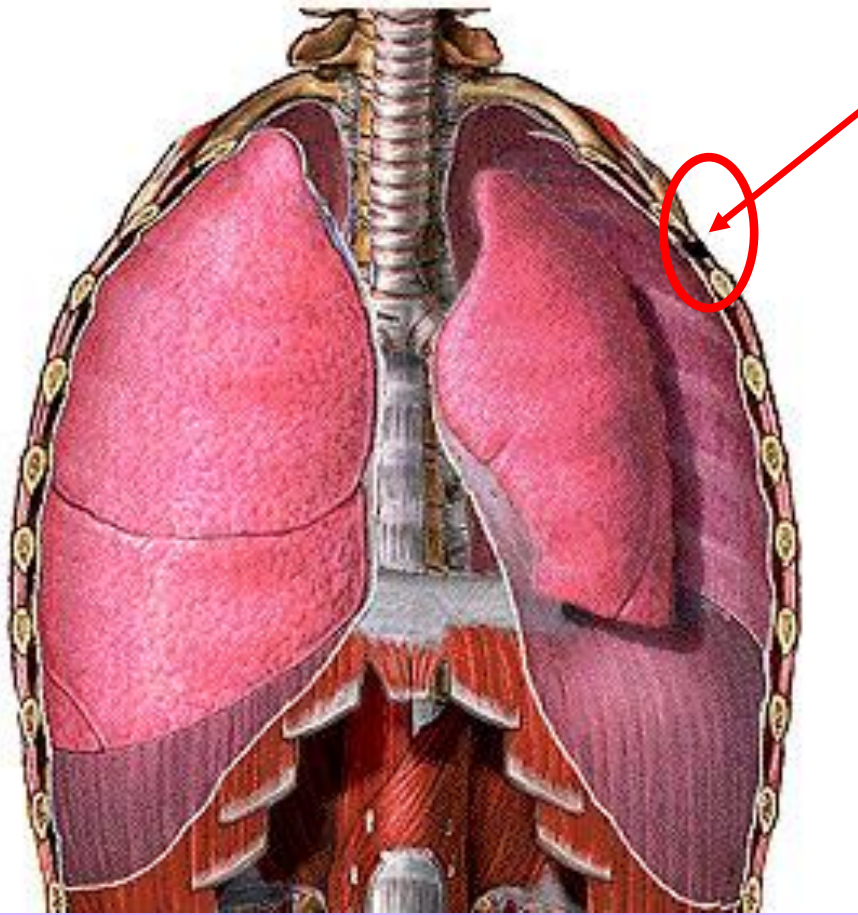
Razlika alveolarnog i intrapleuralnog pritiska



Mera elastičnosti pluća – sila koja drži pluća rastegnuta i sprečava kolabiranje bronhiola



PNEUMOTORAKS



PNEUMOTHORAX

VENTILACIJA PLUĆA

Dodatni faktori značajni za pravilnu ventilaciju pluća

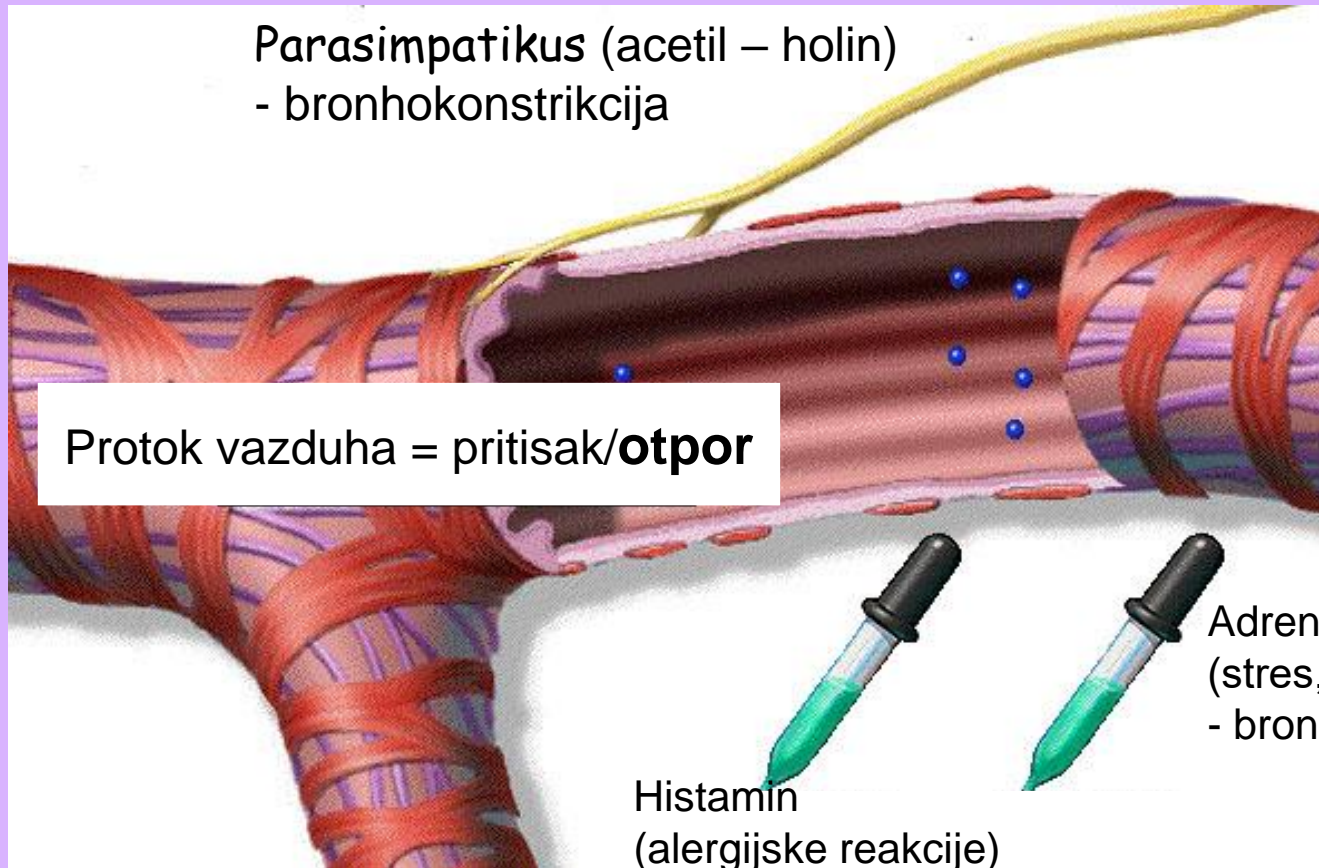
Otpor u sprovodnoj zoni

Rastegljivost (komplijansa) pluća

VENTILACIJA PLUĆA

Dodatni faktori značajni za pravilnu ventilaciju pluća

Otpor u sprovodnoj zoni



Bronhokonstrikcija (Psy, hladan vazduh) i bronhodilatacija (Sy)

PSy - ujutru. Hladan vazduh - planina

VENTILACIJA PLUĆA

Dodatni faktori značajni za pravilnu ventilaciju pluća

Rastegljivost (komplijansa) pluća - zavisi od

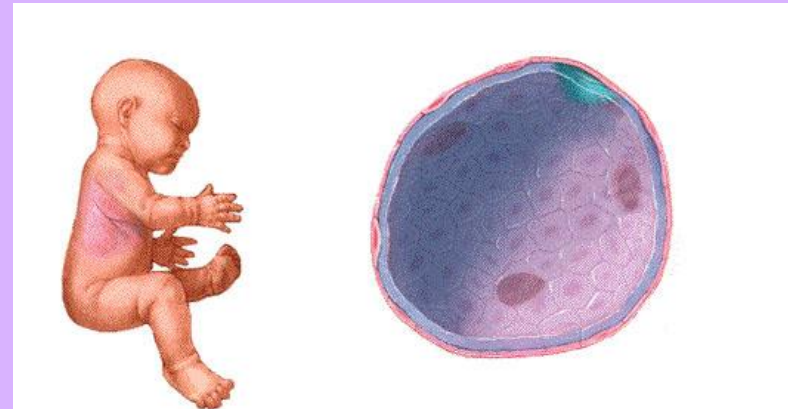
1. Rastegljivosti elastičnih vlakana u plućima



2. Površinskog napona u alveolama

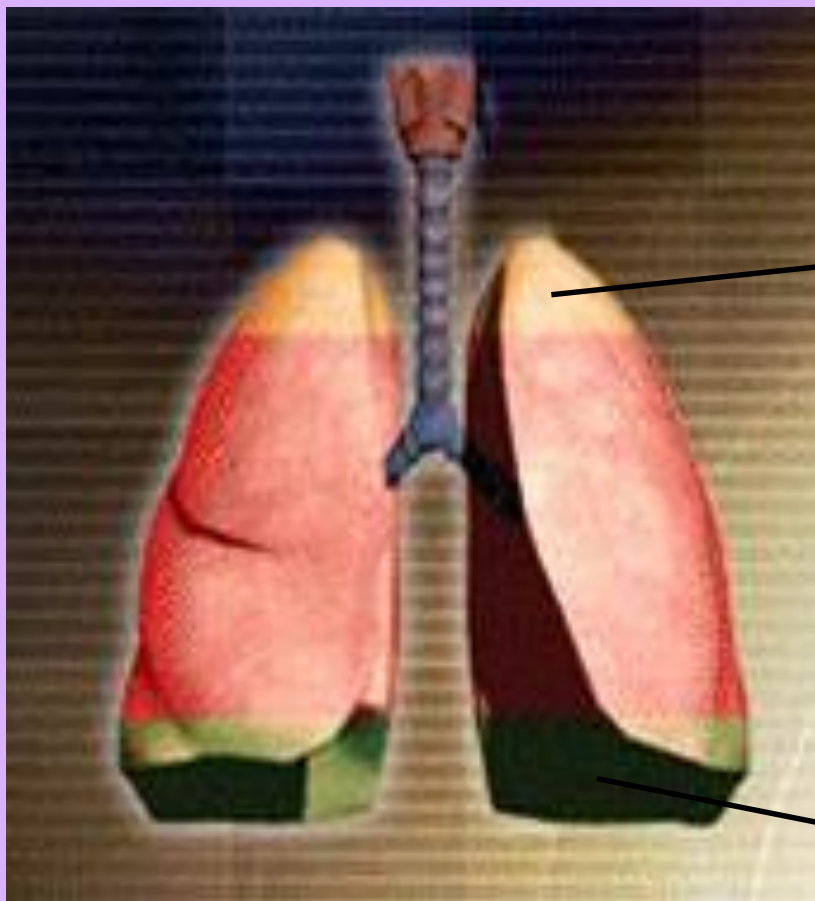
Surfaktant

smanjuje površinski napon pri ekspirijumu
i sprečava kolabiranje



PLUĆNI VOLUMENI I KAPACITETI

Volumeni i kapaciteti - zapremine vazduha koje se nalaze u plućima



Respiratorni volumen
(0,5 l) konj = 5 l

Rezervni inspiratorni
volumen (3,5 l) konj = 12 l

Rezervni ekspiratorni
volumen (1,5 l) konj = 12 l

Rezidualni kapacitet
(1,5 l) konj = 12 l

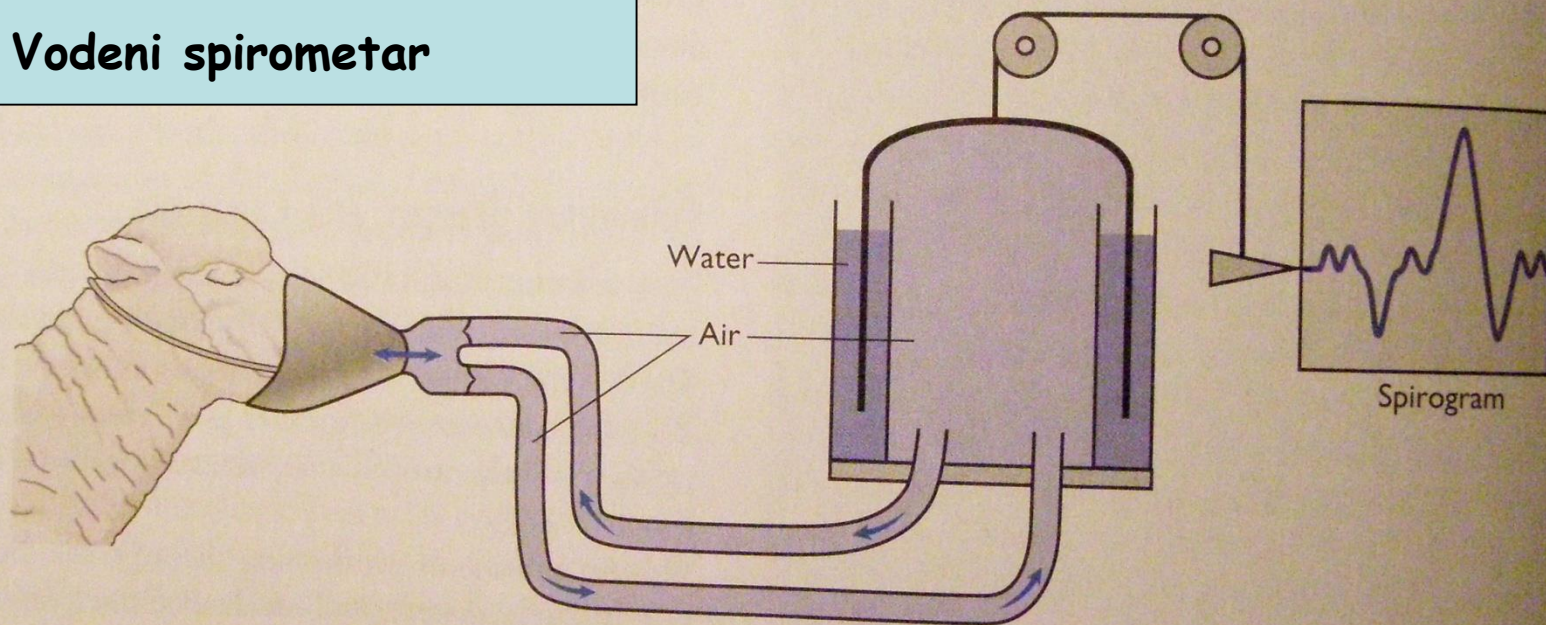
V
I
T
A
N
L
N
I

K
A
P
A
C
I
T
E
T

Kolapsni volumen + Minimalni volumen

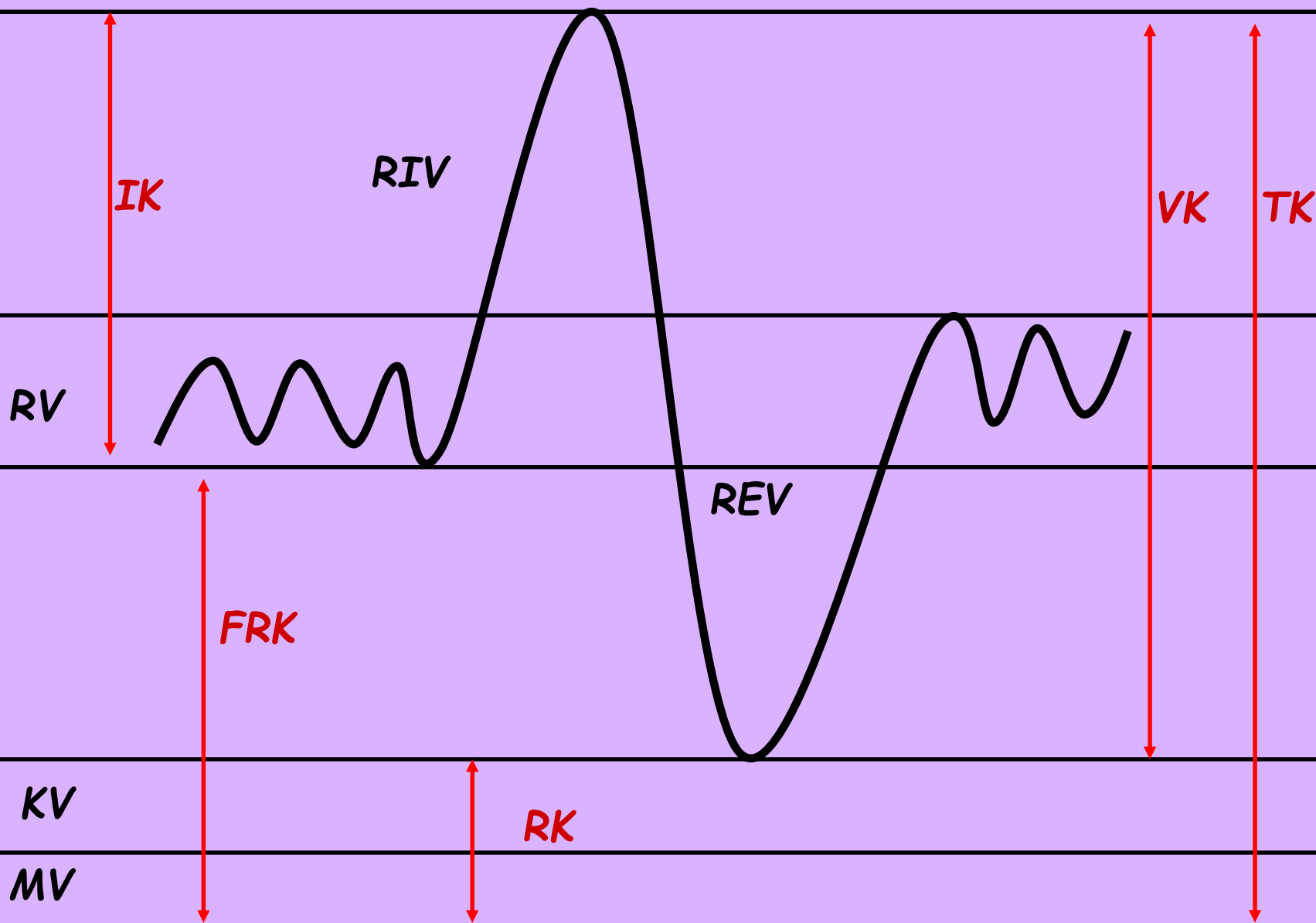
SPIROMETAR

Vodeni spirometar



PLUĆNI VOLUMENI I KAPACITETI

(spirogram - zapis promena plućnih volumena u jedinici vremena)



SASTAV VAZDUHA

(udahnutog, izdahnutog, alveolarnog)

Alveolarni vazduh je cons. sastava = kontinuirana razmena gasova !

Udahnuti vazduh je atmosferski vazduh
(mešavina gasova - O_2 , CO_2 , N_2 i H_2O)

% O_2 = 21 % (PO_2 = 21 kPa na nivou mora gde je AP = 760 mmHg ili 101 kPa)

% CO_2 = 0,04 % (PCO_2 = 0,04 kPa na nivou mora gde je AP = 760 mmHg ili 101 kPa)

% N_2 = 78 % (PN_2 = 78 kPa na nivou mora gde je AP = 760 mmHg ili 101 kPa)

Alveolarni vazduh

PO_2 = 13,9 kPa

PCO_2 = 5,2 kPa

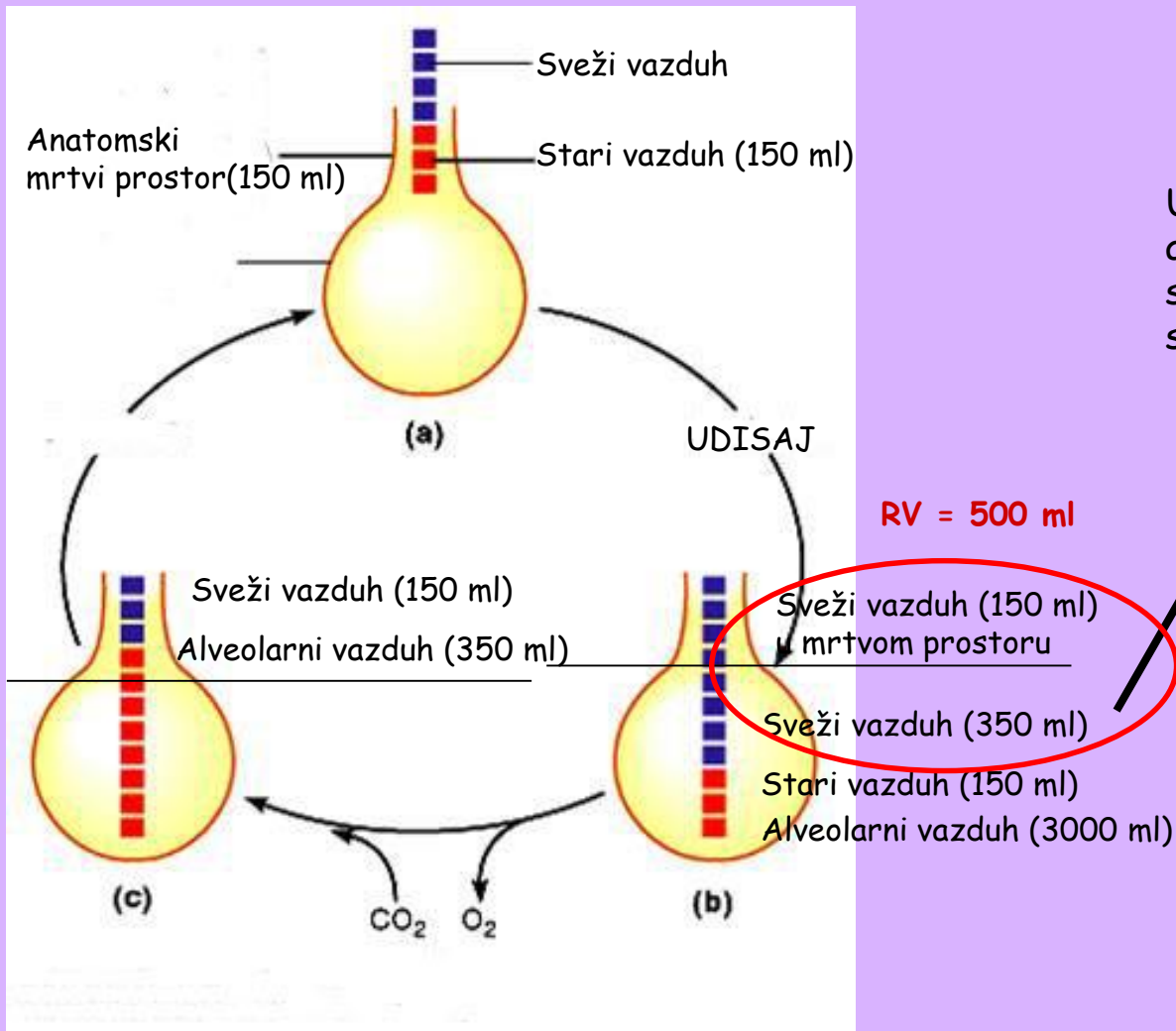
Izdahnuti vazduh

PO_2 = 16 kPa

PCO_2 = 4 kPa

SASTAV VAZDUHA

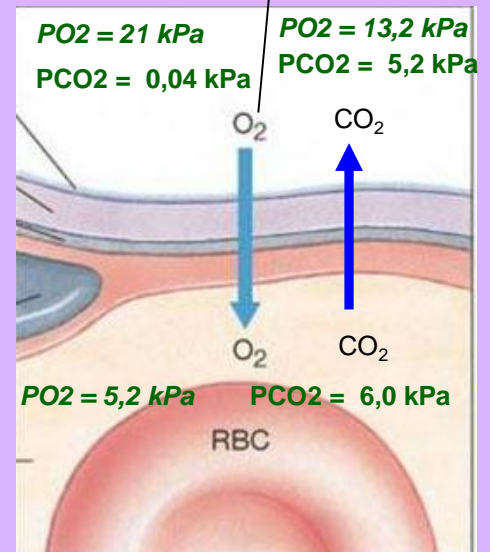
(udahnutog, izdahnutog, alveolarnog)



Ukupna zapremina vazduha u alveolama od 3 l se razredi sa 350 ml svežeg vazduha - ne menja se bitno sastav! BITNO

RV = 500 ml

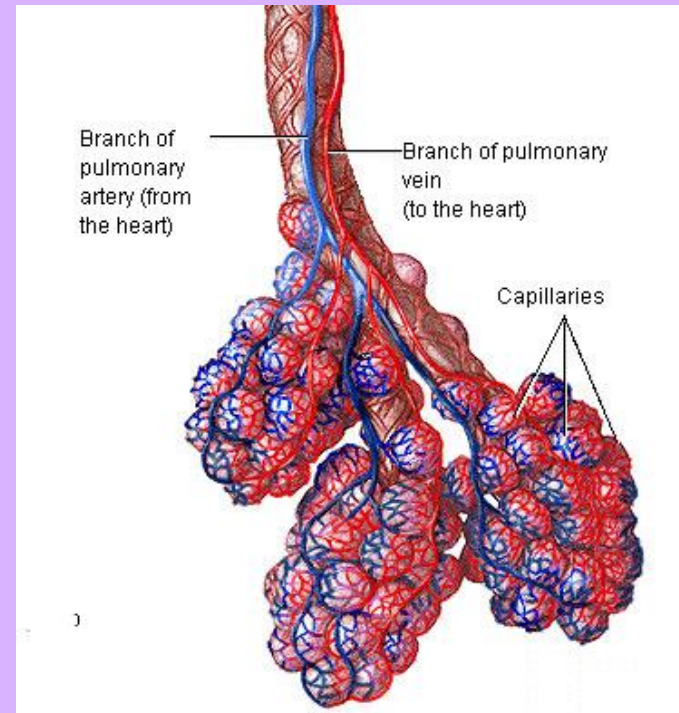
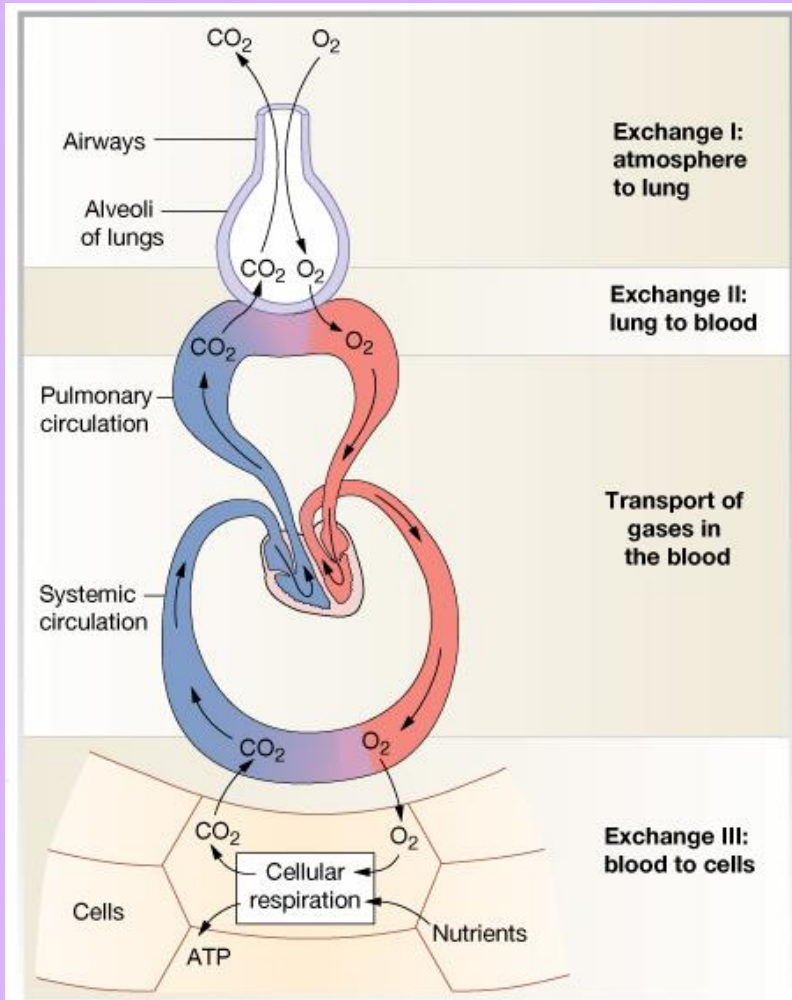
Atmosferski vazduh / Alveolarni vazduh



RAZMENA GASOVA

(u plućnim acinusima i u tkivima)

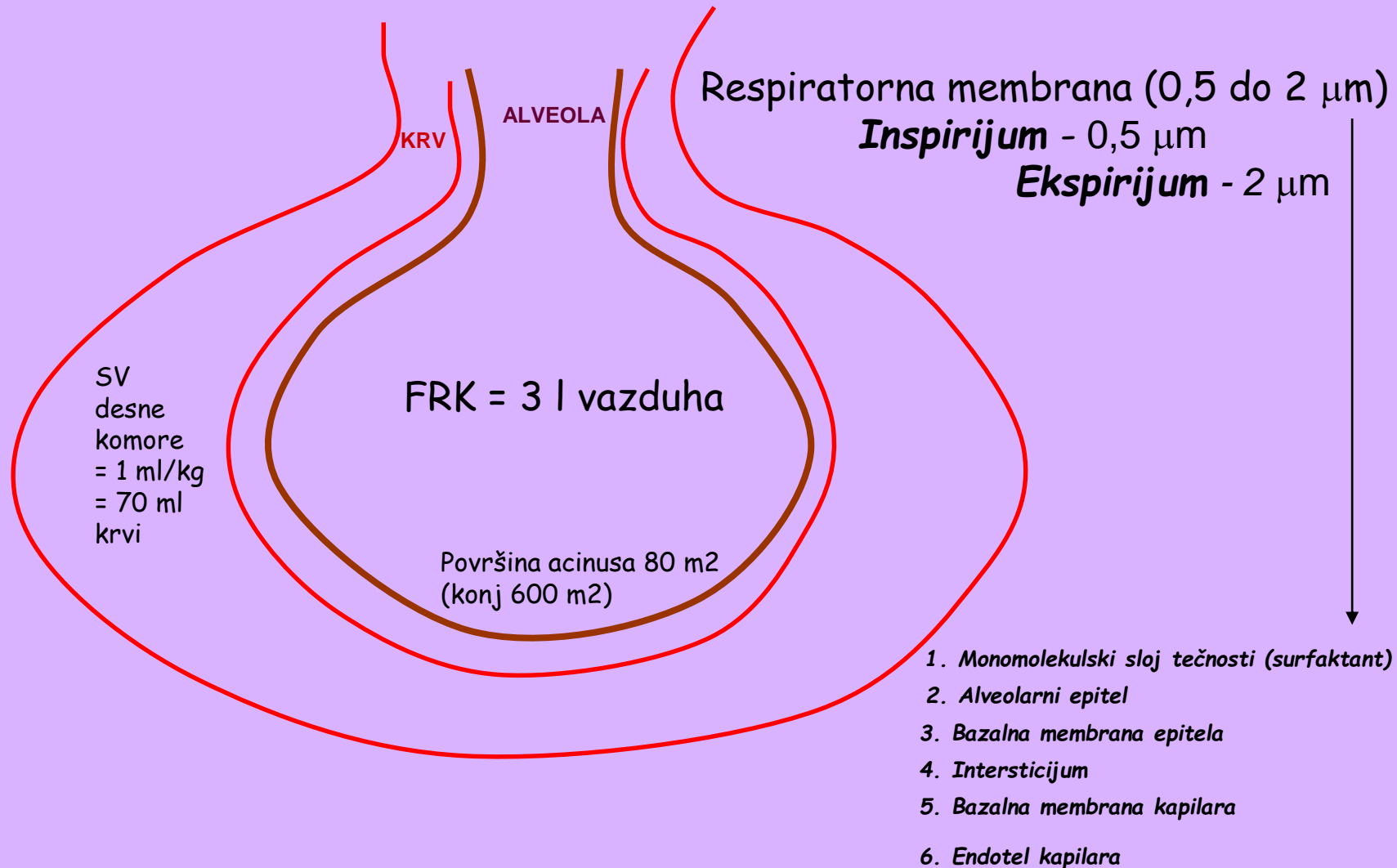
RAZMENA GASOVA u plućnim acinusima - (alveole - kapilari)



RAZMENA GASOVA

(u plućnim acinusima i u tkivima)

RAZMENA GASOVA u plućnim acinusima - (alveole - kapilari)



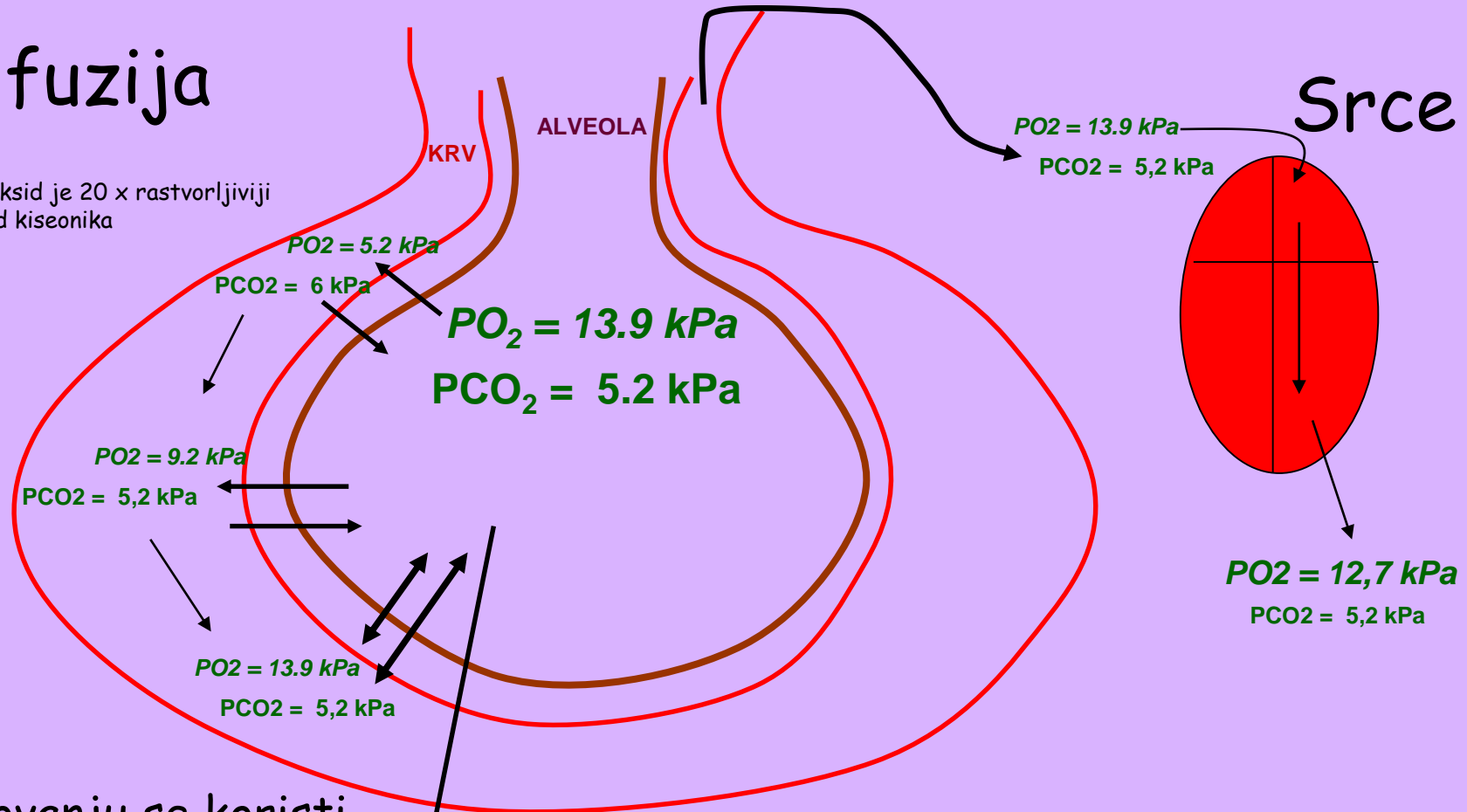
RAZMENA GASOVA

(u plućnim acinusima i u tkivima)

RAZMENA GASOVA u plućnim acinusima - (alveole - kapilari)

Difuzija

Ugljen dioksid je 20 x rastvorljiviji u masti od kiseonika



Pri mirovanju se koristi 1/3 membrane za razmenu gasova

RAZMENA GASOVA

(u plućnim acinusima i u tkivima)

POJAČANA FIZIČKA AKTIVNOST

Rad srca i protok krvi kroz pluća - 4-8x veći
Venka krv koja se vraća u pluća - manje O₂

Razmena O₂ se prilagođava:

- otvore se novi plućni kapilari,
brzina protoka krvi poraste,
površina za difuziju poraste

- izmena gasova se dešava celom dužinom kapilara

- Difuzijski razmak između alveola pluća i kapilara se smanji - šire se pluća

- Iako je pO₂ u venskoj krvi manji, u alveolarnom vazduhu je isti - brža je difuzija O₂ iz alveola u kapilare

- **STOGA JE PP O₂ U KRVI KOJA NAPUŠTA PLUĆA PRI FIZIČKOJ AKTIVNOSTI ISTI KAO PRI MIROVANJU**



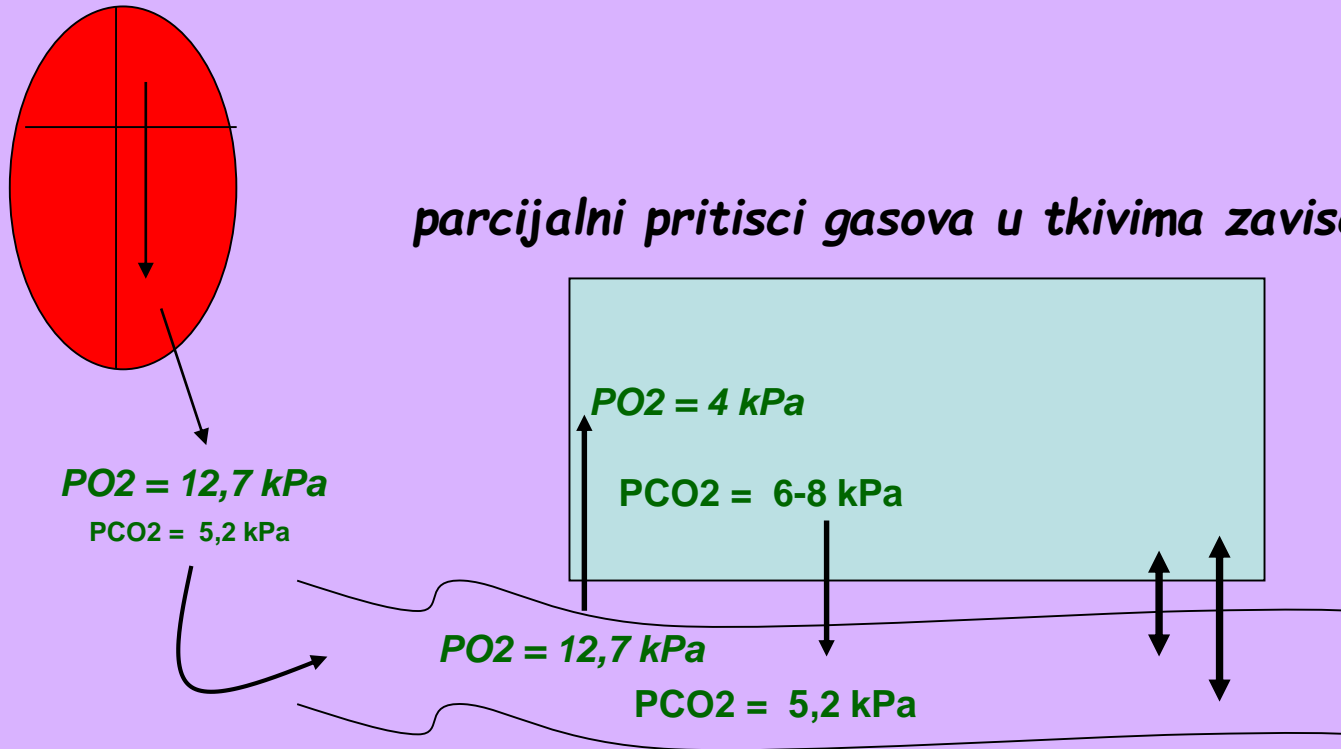
RAZMENA GASOVA

(u plućnim acinusima i u tkivima)

RAZMENA GASOVA u tkivima

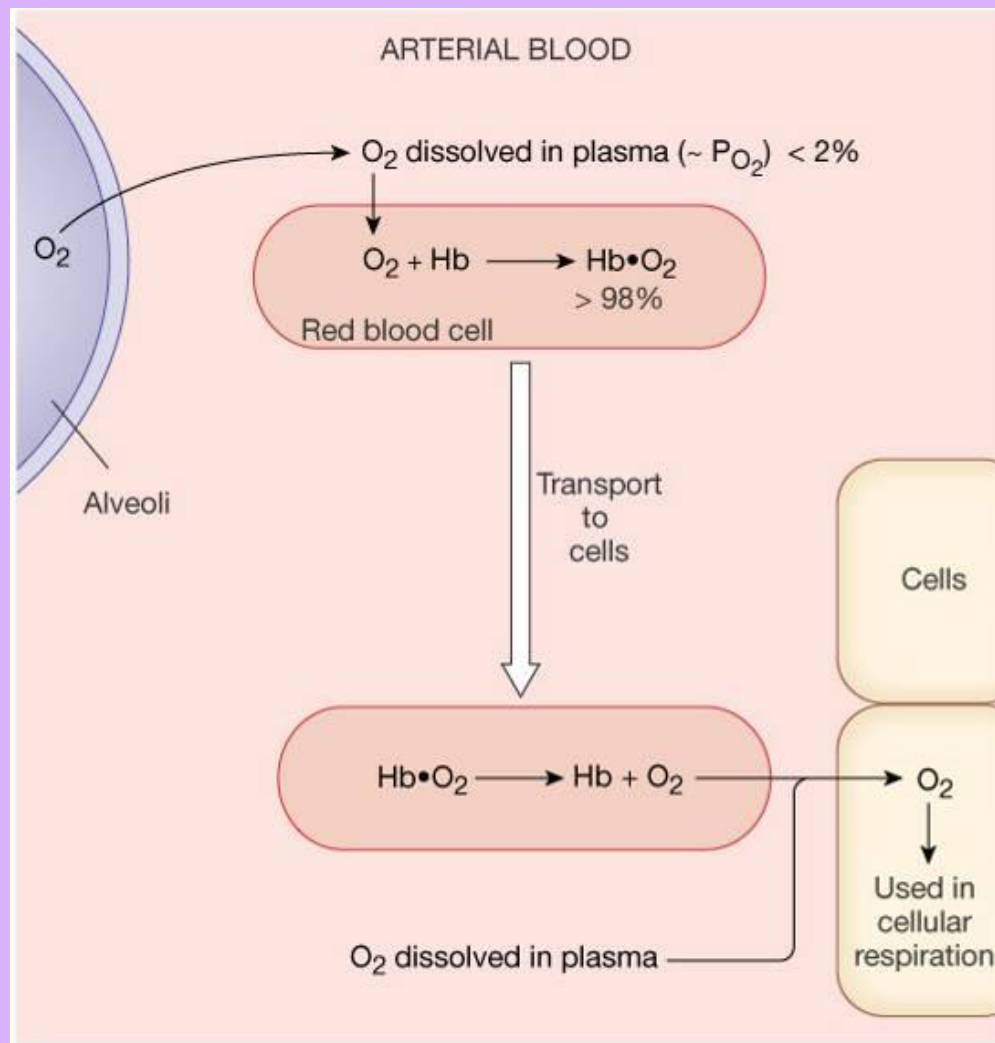
Srce

parcijalni pritisci gasova u tkivima zavise od aktivnosti tkiva



TRANSPORT GASOVA U KRVI

Transport kiseonika



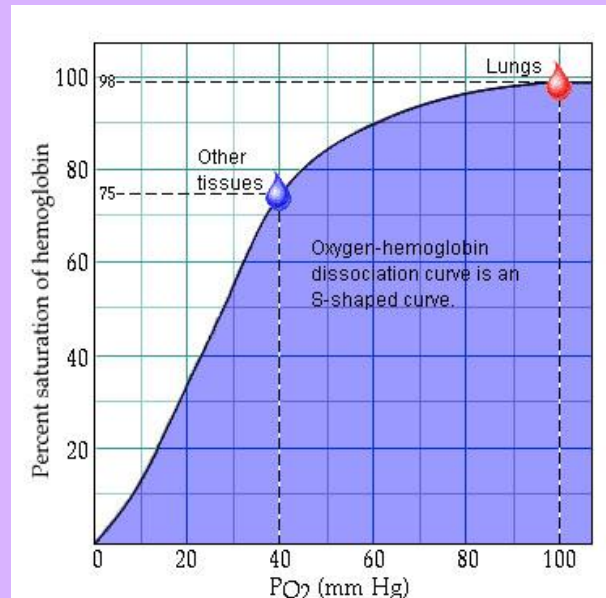
(1) Rastvoren-veća kod većeg PP O_2

(2) Vezan na Hb - molekul Hb prenosi 4 O_2 .

TRANSPORT GASOVA U KRVI

Transport kiseonika hemoglobinom

Afinitet hemoglobina za kiseonik



Sa povećanjem PP O_2 raste stepen zasićenja Hb sa O_2 - sigmoidno

Objašnjenje: kooperativno vezivanje između O_2 i Hb - vezivanje 1. molekula O_2 za hem grupu povećava afinitet za prazne hem grupe

**Normalno je stepen zasićenja u plućima približno 100 %
(gram Hb vezuje 1,34 ml O_2)**

Normalno je stepen zasićenja u krvi koja napušta kapilare 75% (može da varira)

TRANSPORT GASOVA U KRVI

Transport kiseonika hemoglobinom - faktori od kojih zavisi zasićenost Hb

- (1) Parcijalni pritisak O₂
- (2) pH (kada je 7,2, zasićenost padne na 60%)
- (3) Temperatura
- (4) 2,3 difosfoglicerat (Er energiju dobijaju glikolizom - DPG se veže za Hb i olakšava oslobađanje O₂. Količina u Er se povećava kada je smanjeno snabdevanje tkiva sa O₂ - hipoksija, anemija, visina. Preživari-Hb neosetljiv na DPG)
- (5) Fetalni Hb ne vezuje DPG - veći afinitet za HB

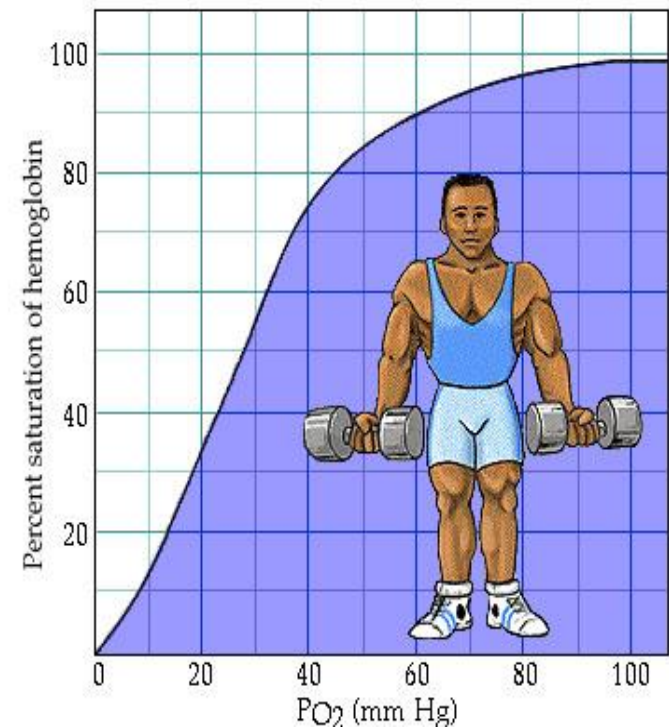
In addition to P_{O₂}, hemoglobin saturation is altered by four other factors:

E
x
e
r
c
i
s
e

- ↓ pH
- ↑ Temperature
- ↑ P_{CO₂}
- ↑ BPG

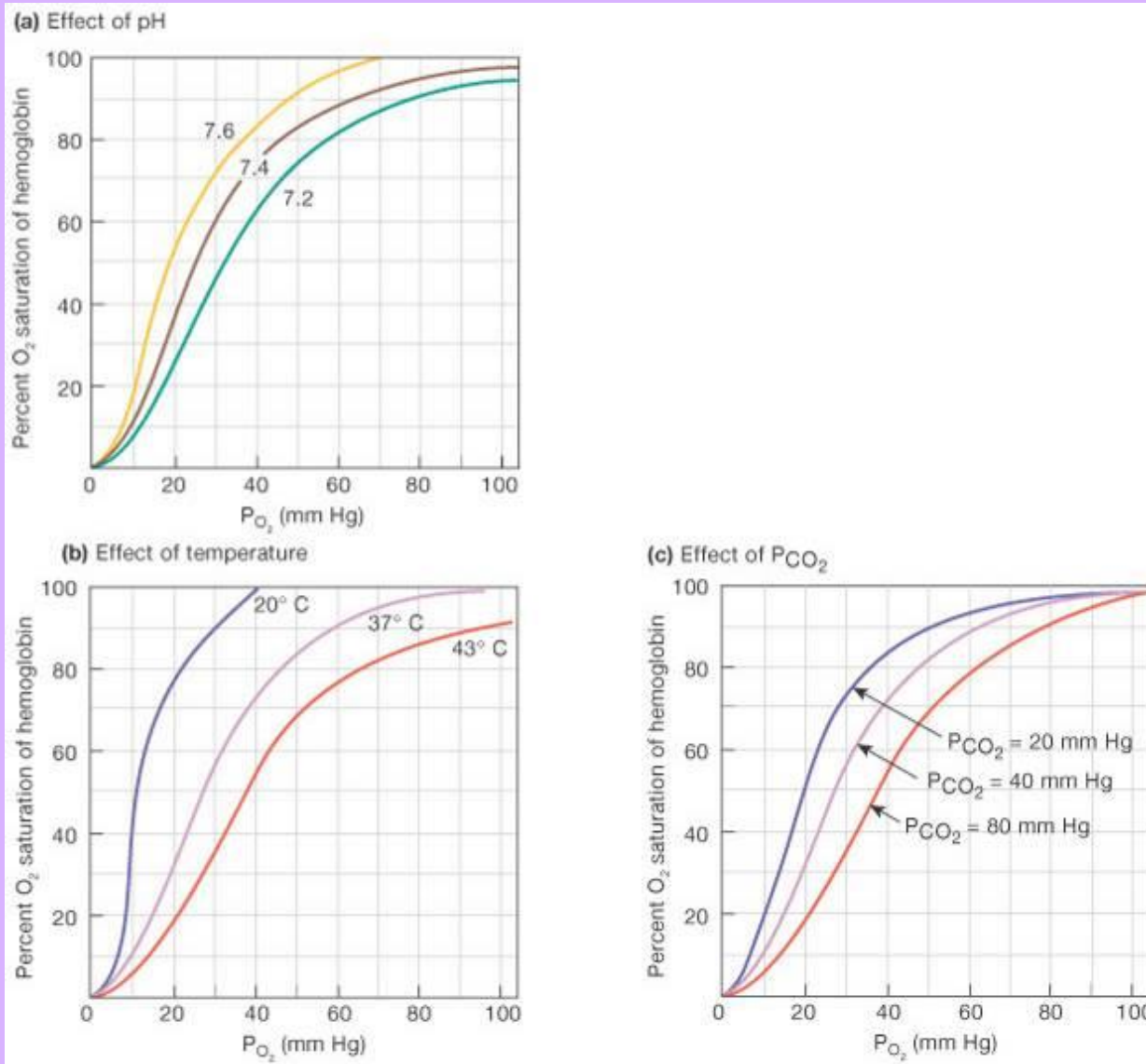
These conditions decrease hemoglobin's affinity for oxygen, releasing more oxygen to the active muscle cells.

Click the weight lifter to see a graph of the effect of decreased pH.



TRANSPORT GASOVA U KRVI

Transport kiseonika hemoglobinom - faktori od kojih zavisi zasićenost Hb



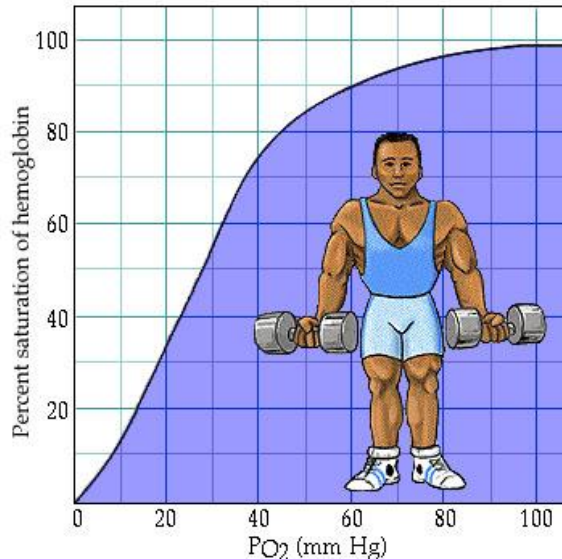
TRANSPORT GASOVA U KRVI

Transport kiseonika hemoglobinom

In addition to P_{O_2} , hemoglobin saturation is altered by four other factors:

↓ pH
↑ Temperature
↑ P_{CO_2}
↑ BPG

These conditions decrease hemoglobin's affinity for oxygen, releasing more oxygen to the active muscle cells.

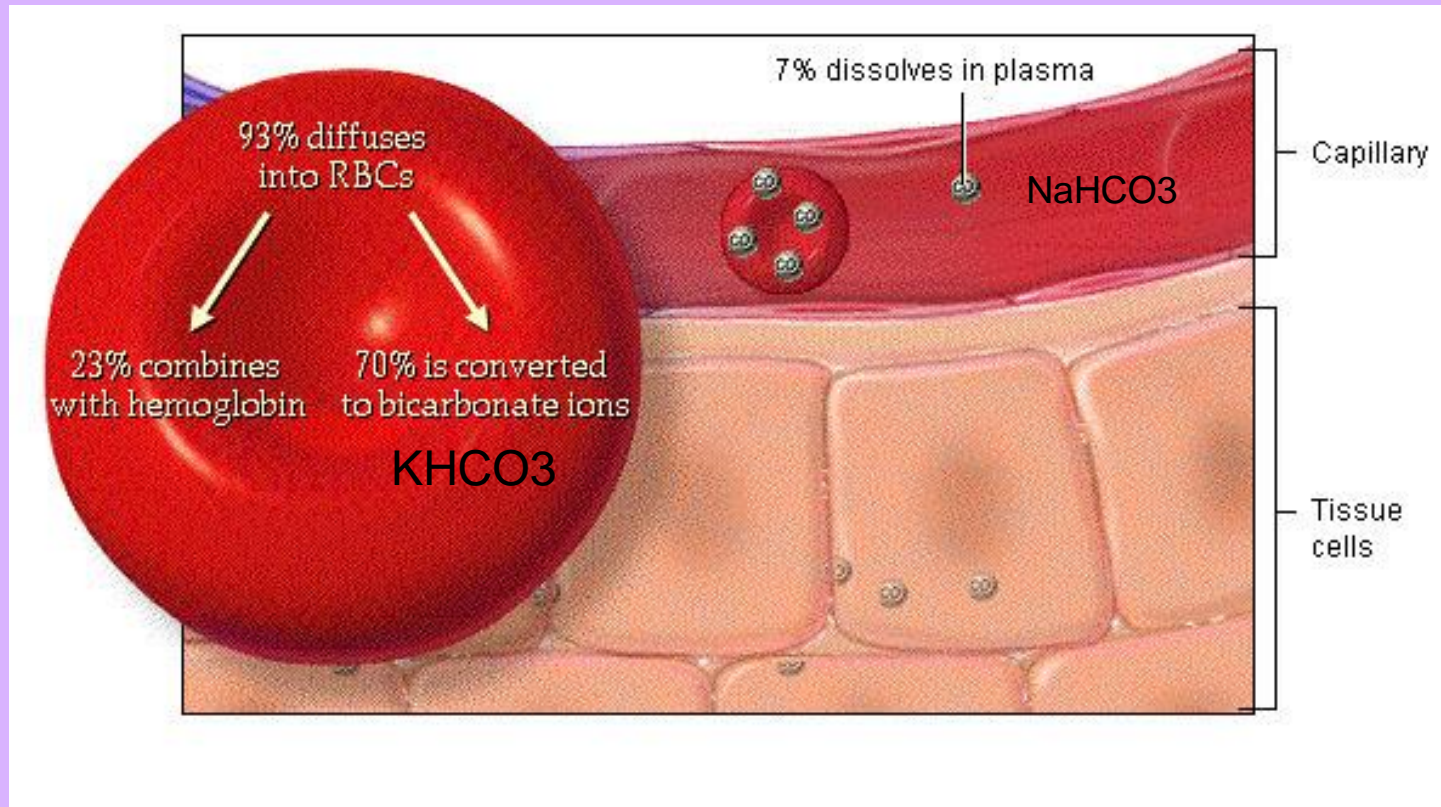


Koeficijent utilizacije (koeficijent iskorišćenja) kiseonika - koliko se kiseonika utroši u tkivima.

Mirovanje - 30 %, mišićna aktivnost - 87 %.

TRANSPORT GASOVA U KRVI

Transport ugljen dioksida



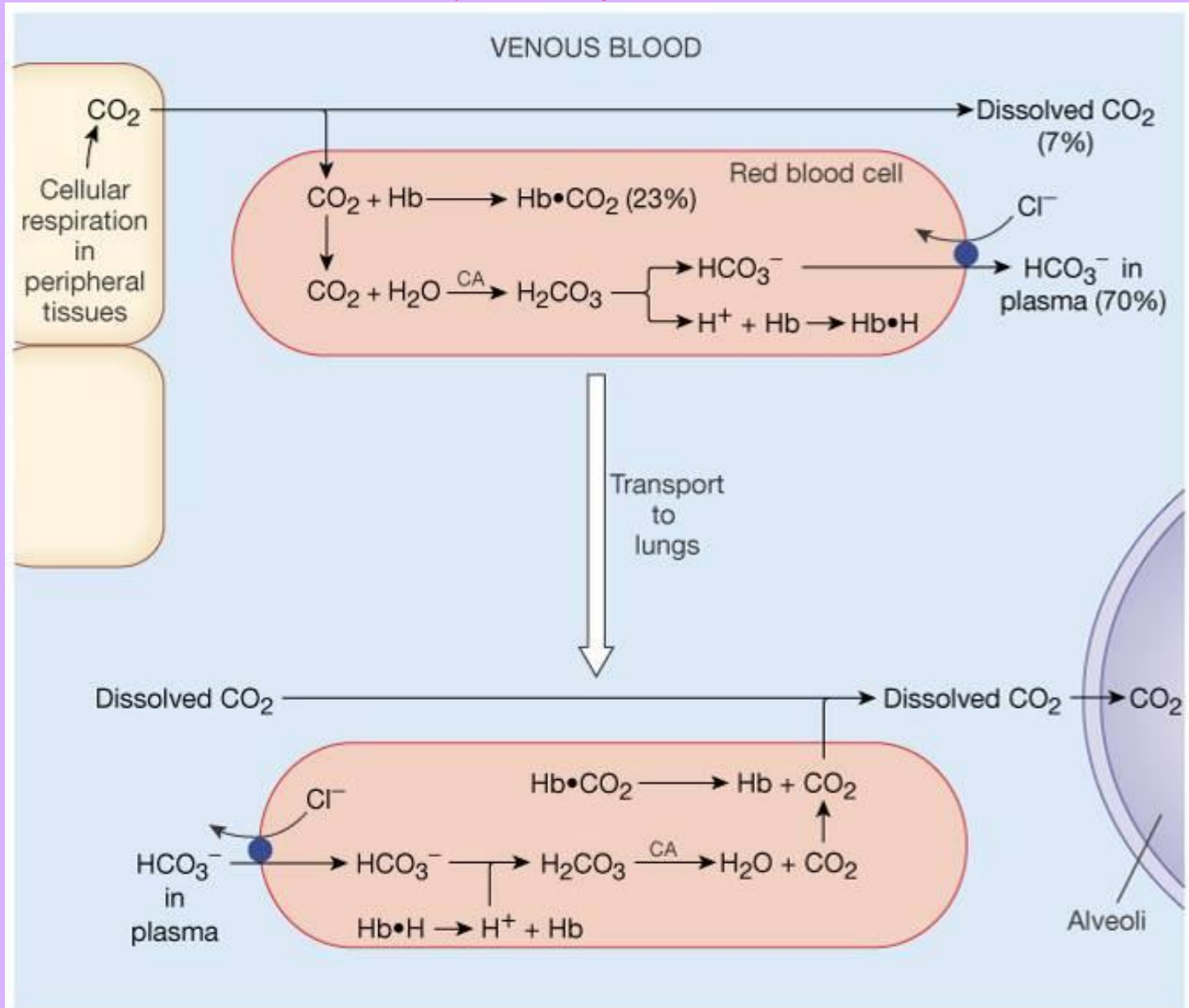
Rastvoren CO₂ - 20 x je rastvorljiviji u vodu od O₂

Vezan za belančevine, posebno Hb - 20 % vezano za proteine

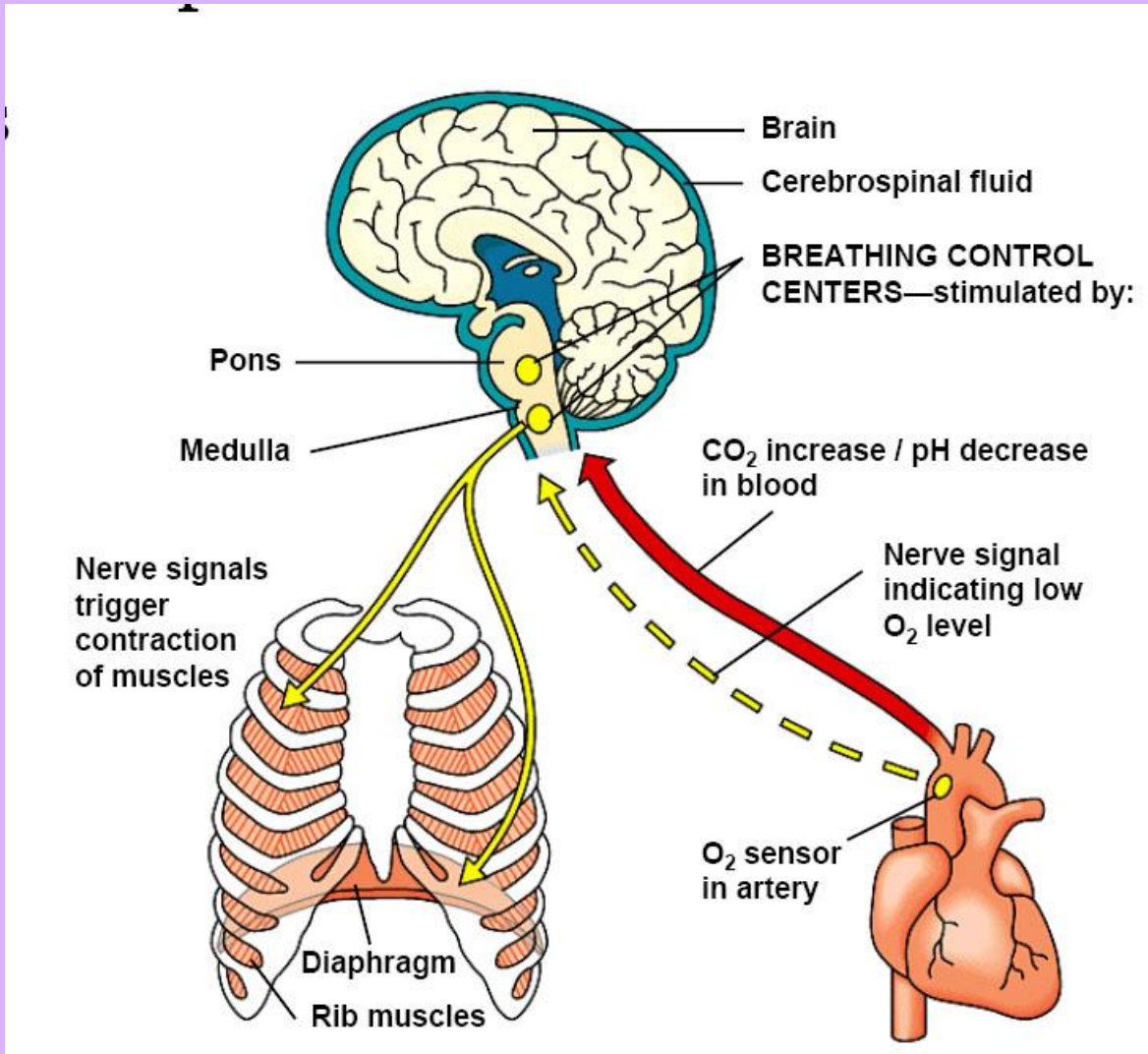
Kao bikarbonat - 70% (stvaranje H₂CO₃ pomoću karboanhidraze - u eritrocitima, a onda disosuje H₂CO₃ na HCO₃⁻ i H⁺. Membrana Er propušta HCO₃⁻ ali ne i H⁺ koji se vezuje za Hb-pufer)

TRANSPORT GASOVA U KRVI

Transport ugljen dioksida



REGULACIJA DISANJA NERVNA, HUMORALNA



REGULACIJA DISANJA - NERVNA

DISANJE JE NEVOLJNO - frekvencu i dubinu disanja se prilagođavaju bez uticaja svesti

VOLJNA KONTROLA DISANJA-zaustavljanje daha do određenog stepena pCO_2 poraste i to stimuliše disanje.

NEMOGUĆE JE ODRŽATI VOLJNU KONTROLU DISANJA kada je HEMIJSKA STIMULACIJA DOVOLJNO SNAŽNA

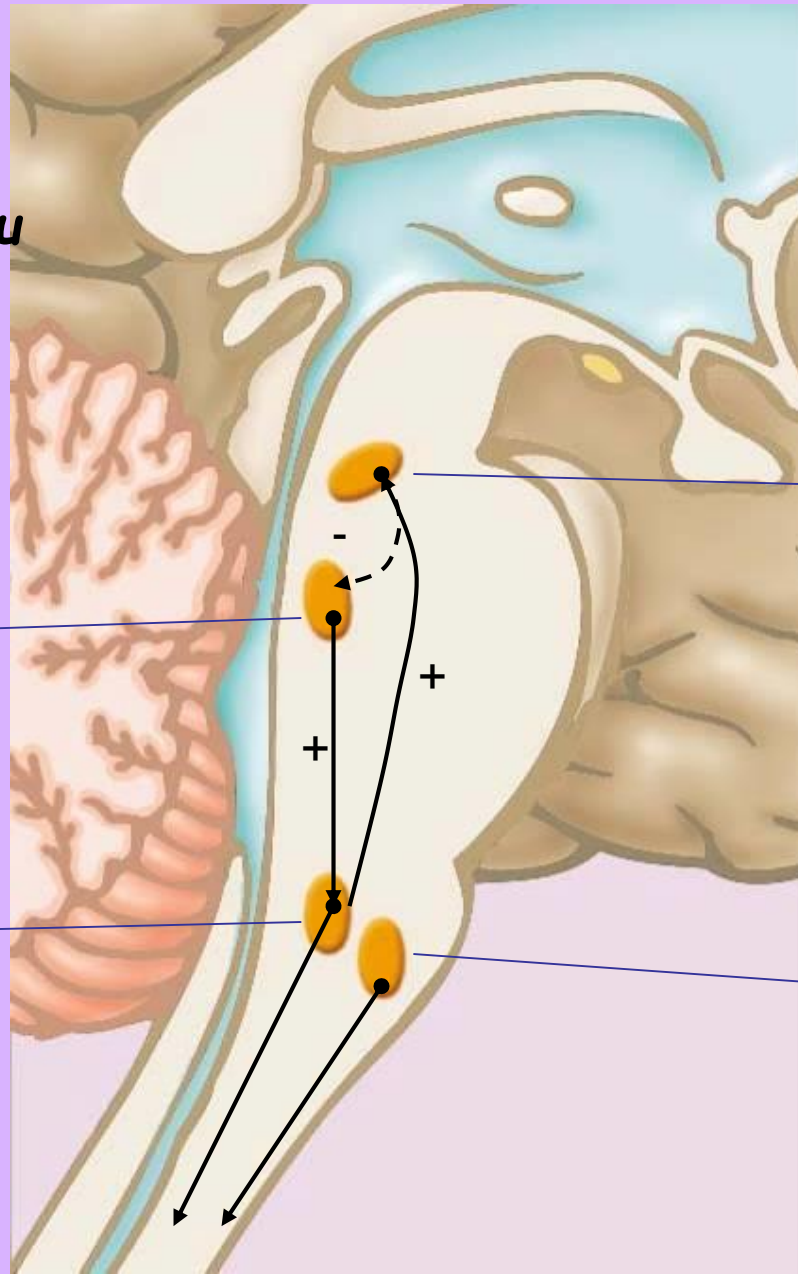
REGULACIJA DISANJA - NERVNA

CENTAR ZA DISANJE
je u
produženoj moždini i ponsu

CENTAR ZA DISANJE
je
vitalni centar

Apneustički
centar.

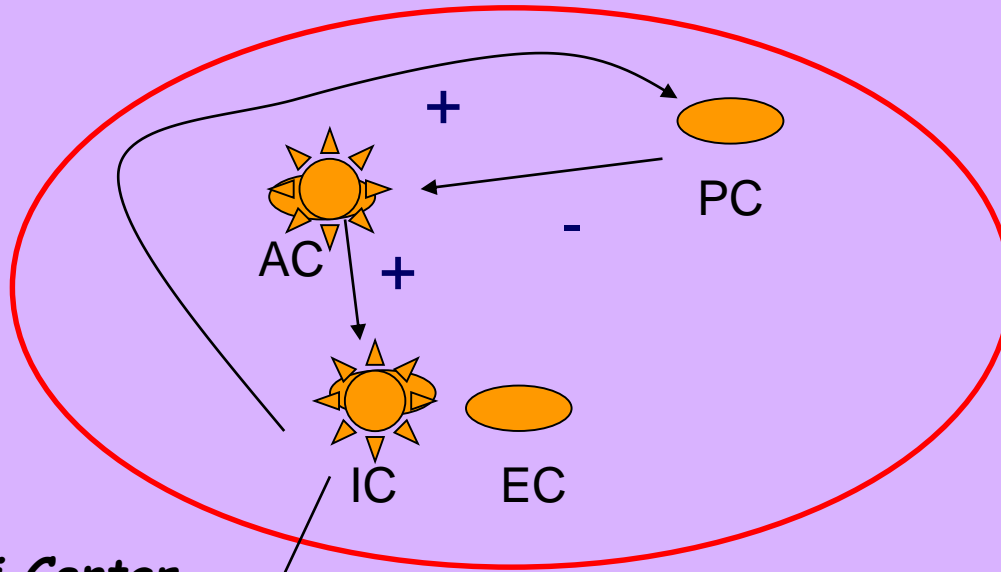
Inspiratorna grupa



Pneumotaxični
centar

Expiratorna
grupa

REGULACIJA DISANJA - NERVNA



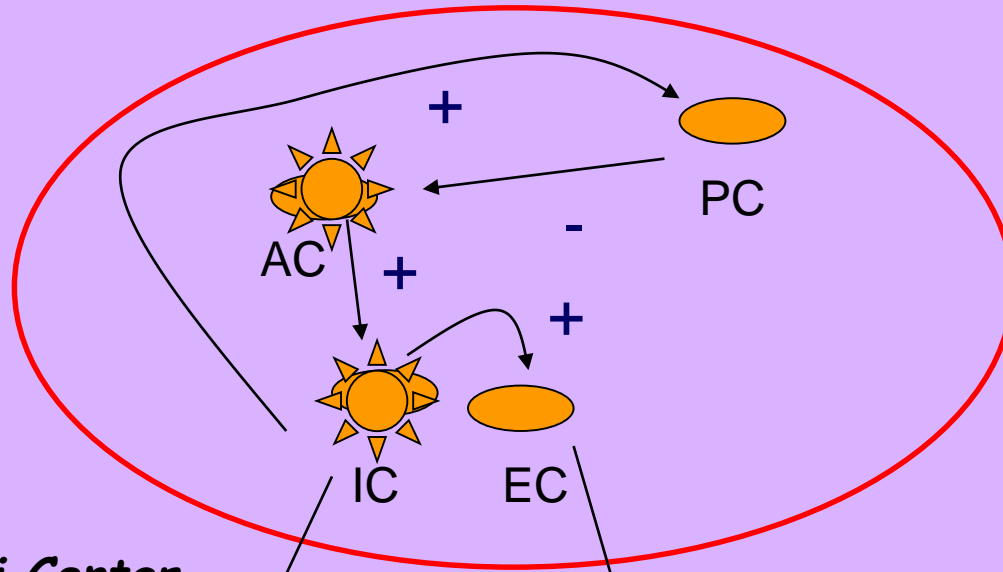
**CENTAR
ZA DISANJE**

Inspiratorni Centar
Tonusno aktivan 2 s
Pauza 3 sec

+

Inspiratorni mišići

REGULACIJA DISANJA - NERVNA



**CENTAR
ZA DISANJE**

Inspiratorni Centar
Tonusno aktivan 2 s
Pauza 3 sec

FORSIRANO DISANJE

+
Inspiratorni mišići

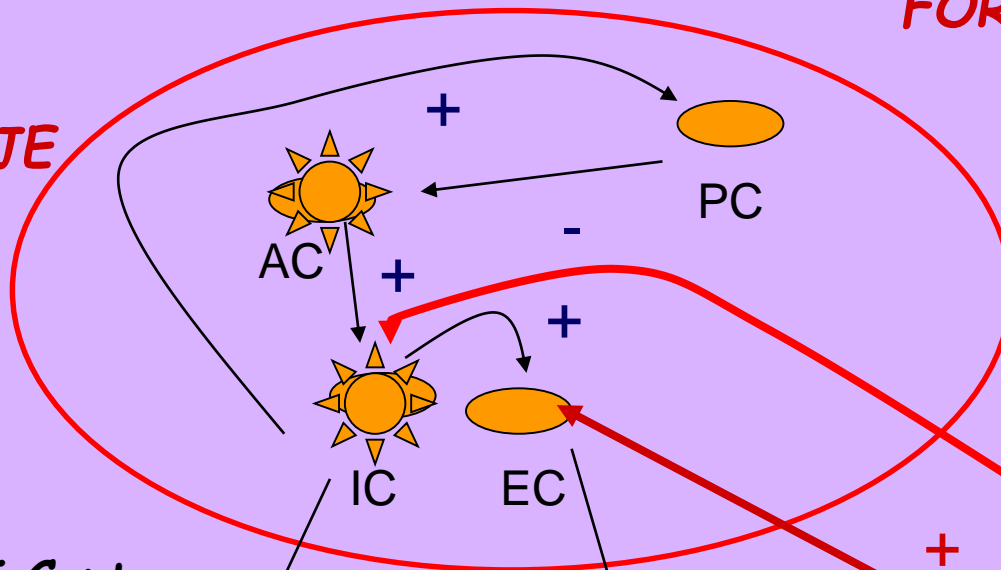
+
Ekspiratorni mišići

REGULACIJA DISANJA - NERVNA

(Hering Breuerov refleks) - n. vagus

FORSIRANO DISANJE

CENTAR
ZA DISANJE

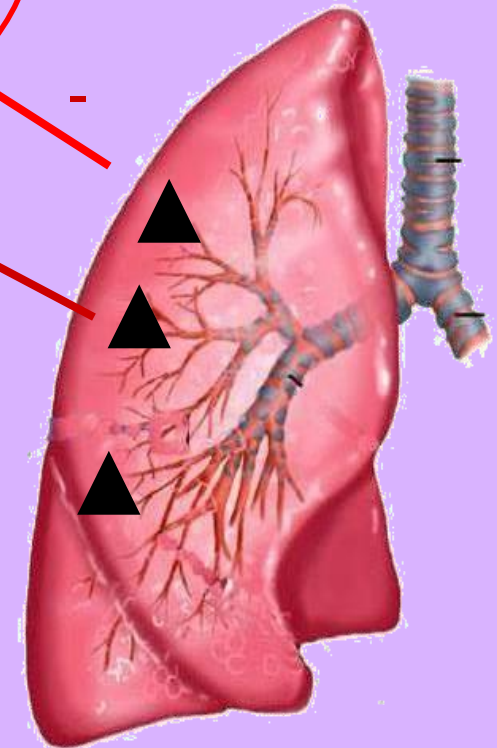


Streč receptori
(Površina
glatkih mišića
bronhusa)

Inspiratorni Centar
Tonusno aktivan 2 s
Pauza 3 sec

Inspiratorni mišići

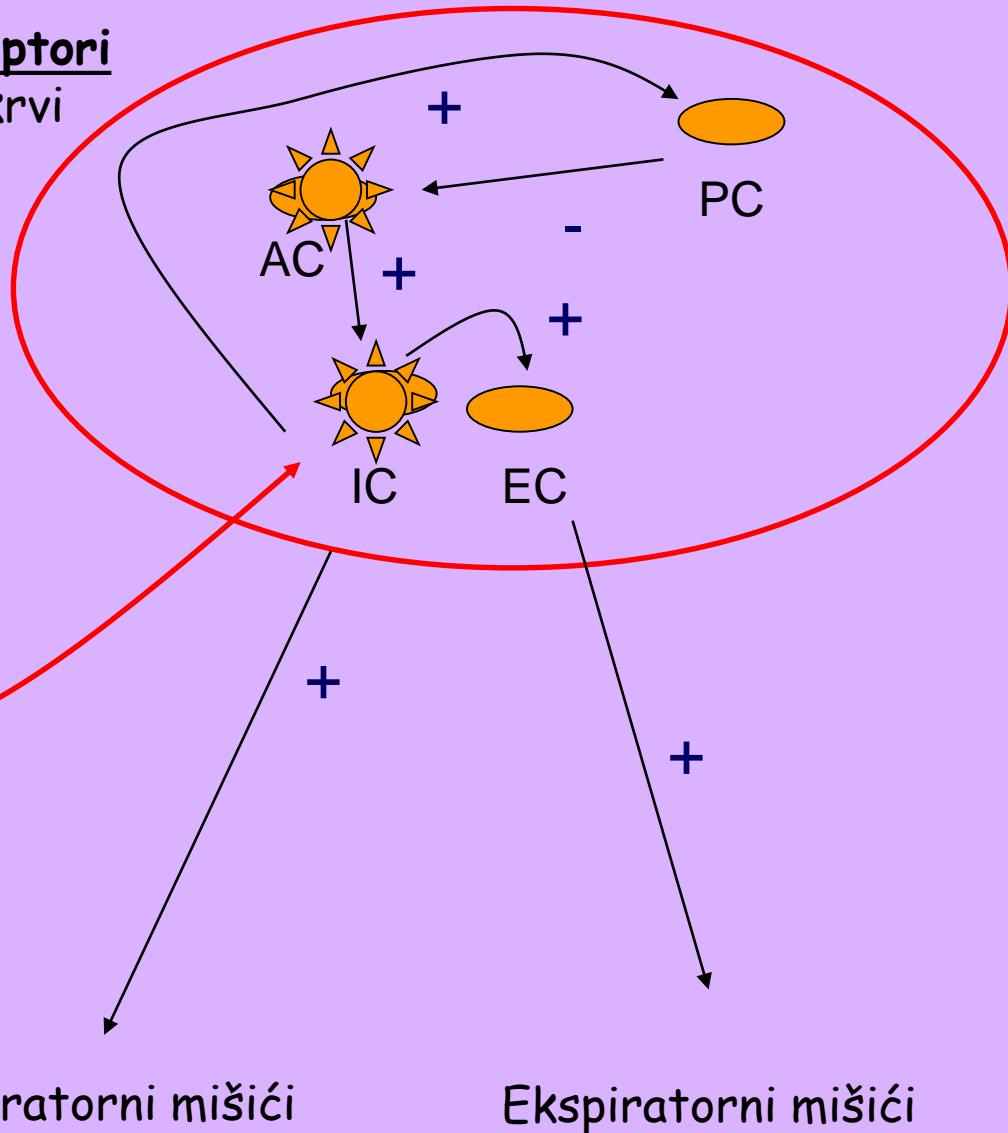
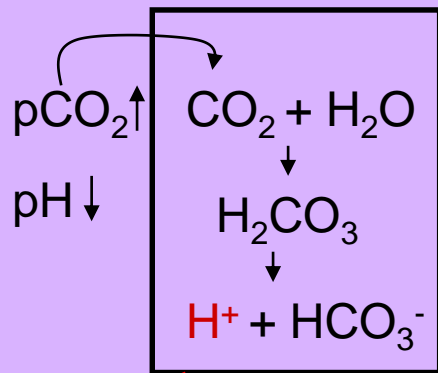
Ekspiratorni mišići



REGULACIJA DISANJA - **HUMORALNA** FORŠIRANO DISANJE

Centar za dihanje je osetljiviji na porast $p\text{CO}_2$ no na pad $p\text{O}_2$ (udisaj pre ronjenja).

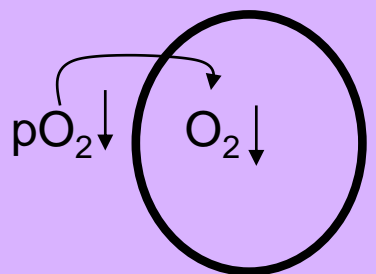
Centralni hemoreceptori
reg. porast $p\text{CO}_2$ u krvi



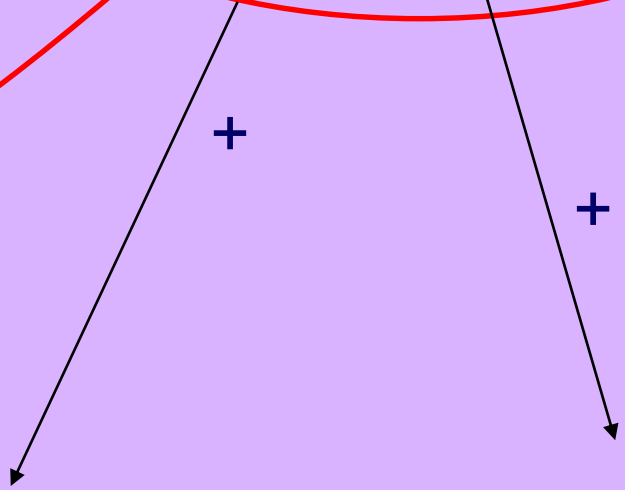
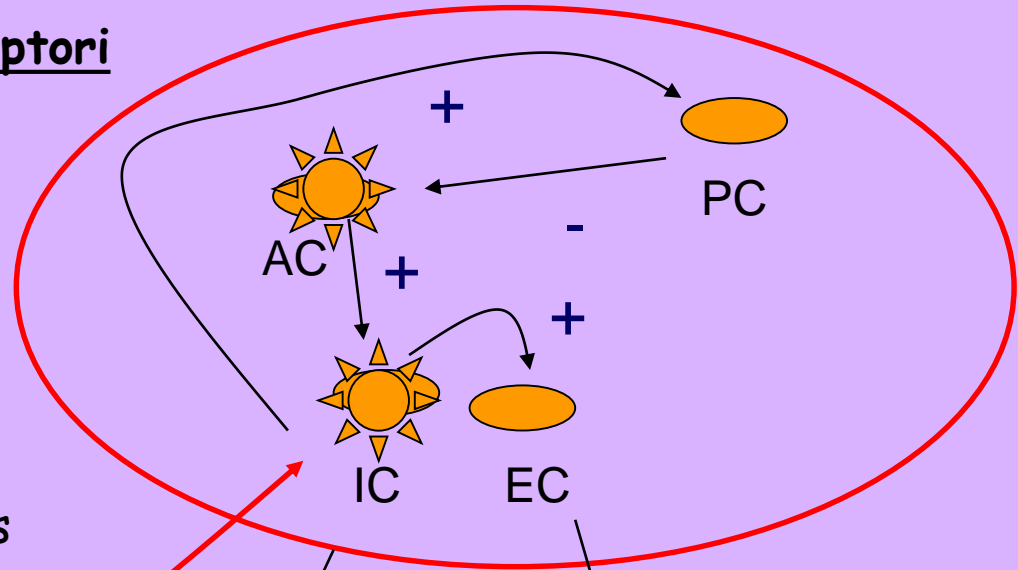
REGULACIJA DISANJA - HUMORALNA

FORSIRANO DISANJE

Periferni hemoreceptori
reg. pad pO_2 u krvi



Luk aorte
i karotidni sinus



Inspiratorni mišići

Ekspiratorni mišići

PLACENTALNO DISANJE

Fetalna placenta

dopušta difuziju malih molekula,
pasivnim nosačem posredovani prenos glukoze,
aktivni prenos aminokiselina i mnogih jona.

Prenos O₂ je problematičniji nego u plućima

Naime, PPO₂ u alveolarnom vazduhu je stalan

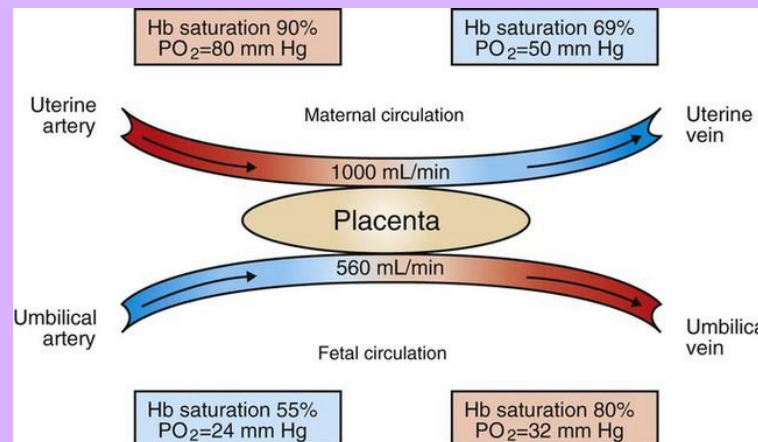
a u krvnim sudovima majke iz kojih se prenosi u fetalne kapilare je PPO₂ redukovan
To ograničava prenos

FETUS SE PRILAGOĐAVA:

Fetus ima eritrocite sa Hb koji ima veći afinitet za O₂ od adultnog (ne veže 2,3DPG)

Kod nekih vrsta koncentracija Hb u fetusu je veća nego kod odraslih

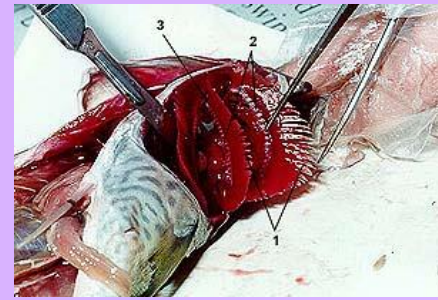
Relativna telesna masa i minutni voluemn srca fetusa je viši nego kod odraslih



DISANJE KOD RIBA



DISANJE KOD RIBA

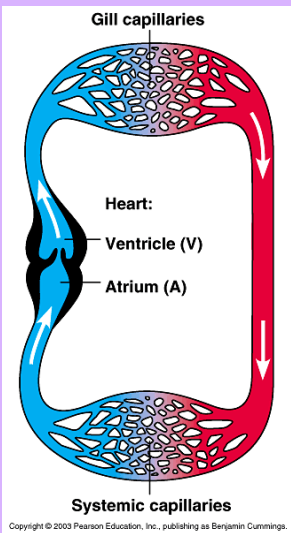


Organi za disanje:

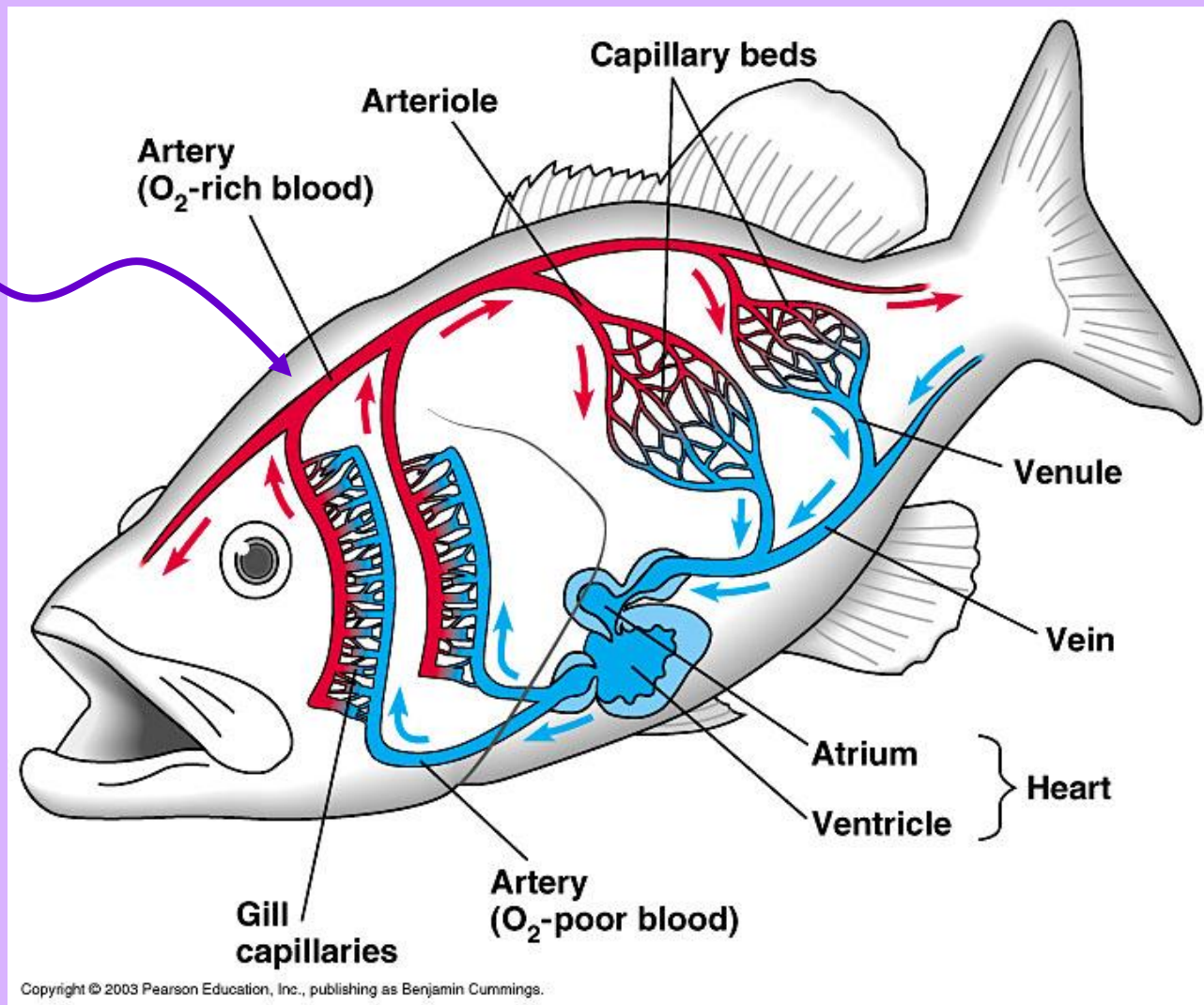
- 1. ŠKRGE** - bočno u zadnjem delu glave. Škržni lukovi sa listićima
(nabori sluzokože bogatih kapilarima. 2 niza. Osnova je hrskavica na koju se hvataju mišići - pokreti)
Škržni poklopac - kod viših riba
- 2. Koža** - ribe toplih stajaćih voda (šaran, som, jegulja)
30% razmene gasova je preko kože
- 3. Riblji mehur** - komunicira sa jednjakom, u zidu je mreža kapilara, ako su u vodi bez O_2 , isplivaju na površinu i gutaju vazduh.
Riblji mehur smanjuje specifičnu masu tela (menjaju dubinu bez utroška E).
- 4. Creva** - kod čikova u delu crevnog zida je razgranata mreža kapilara preko koje se vrši razmena gasova.
Gutaju vazduh.

DISANJE KOD RIBA

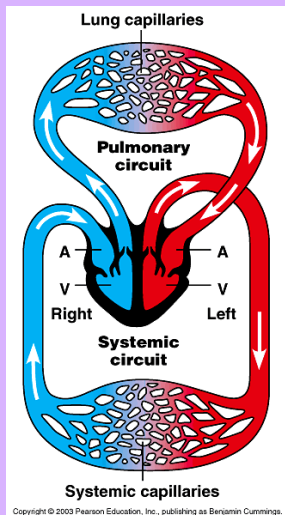
Ribe



ŠKRGE



Ptice/sisari



PLUĆA

DISANJE KOD RIBA

Voda sadrži rastvorljiv kiseonik (1 %) - unosi se

Izbacuje se ugljen dioksid - u škragama su acidofilne žlezde koje luče fermente koje razlažu ugljenu kiselinu na ugljen dioksid i vodu - brža eliminacija CO_2 .



Voda ulazi kroz usta

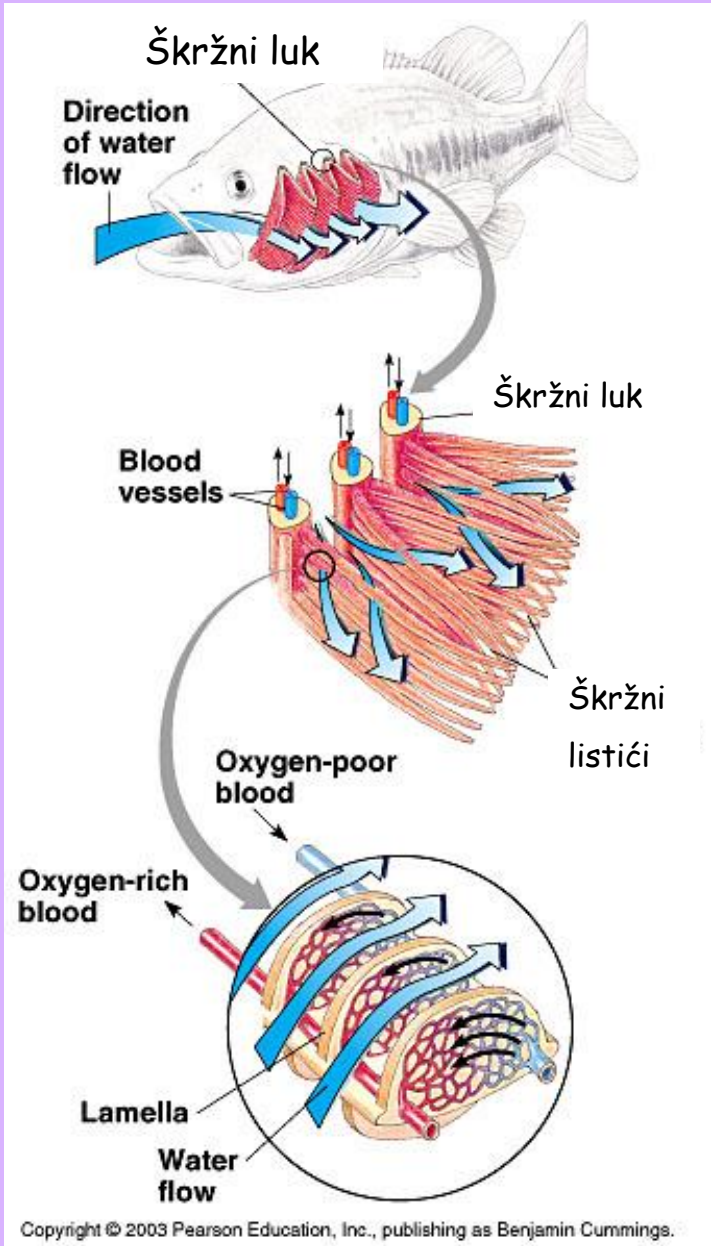
Otvorena usta

Zatvorena usta

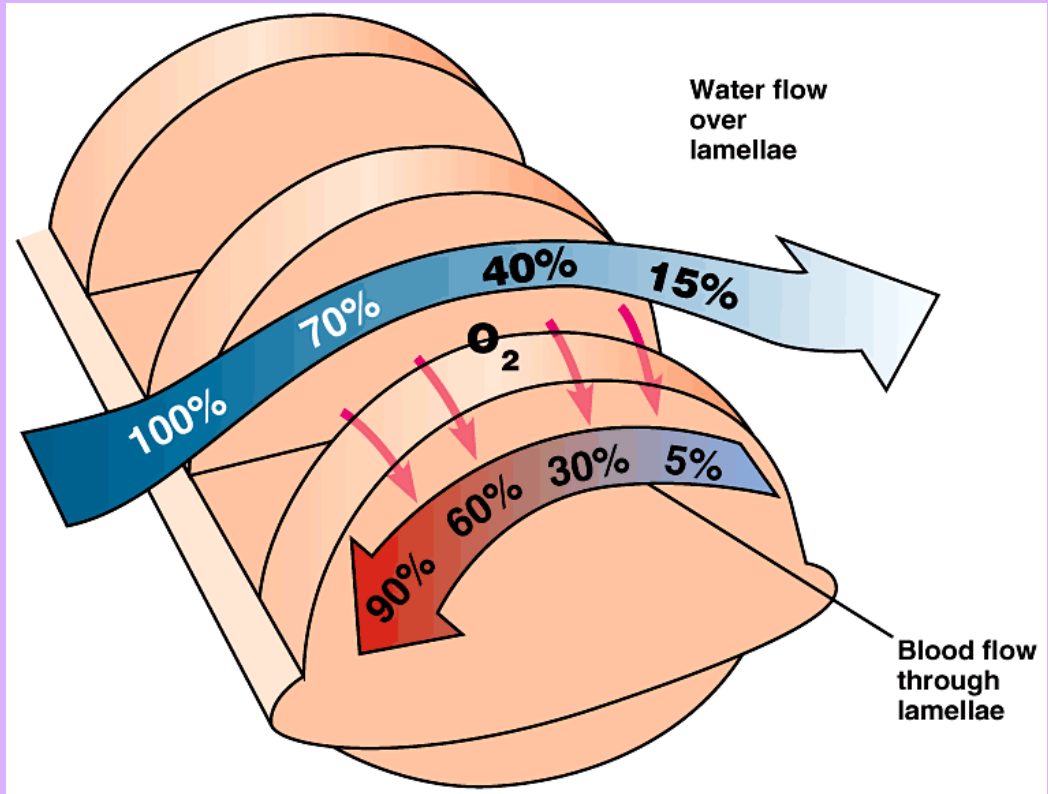
Zatvoren poklopac

Otvoren poklopac

GRAĐA ŠKRGGA



Tok vode u odnosu na tok krvi u škragama - značajan za maksimalnu difuziju kiseonika





DISANJE KOD PTICA



Benjamin
Cummins

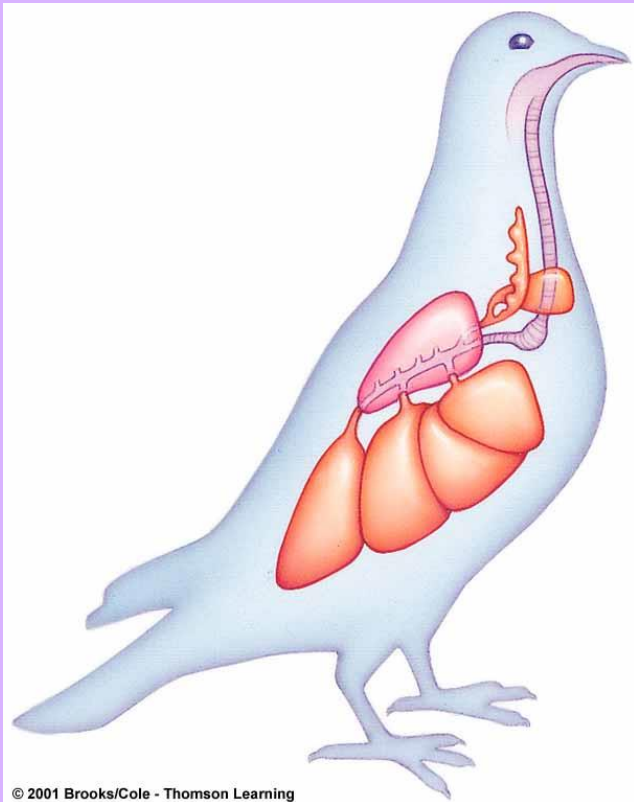
RAZLIKA U ODNOSU NA SISARE

1. Prenos gasova i regulacija disanja slični

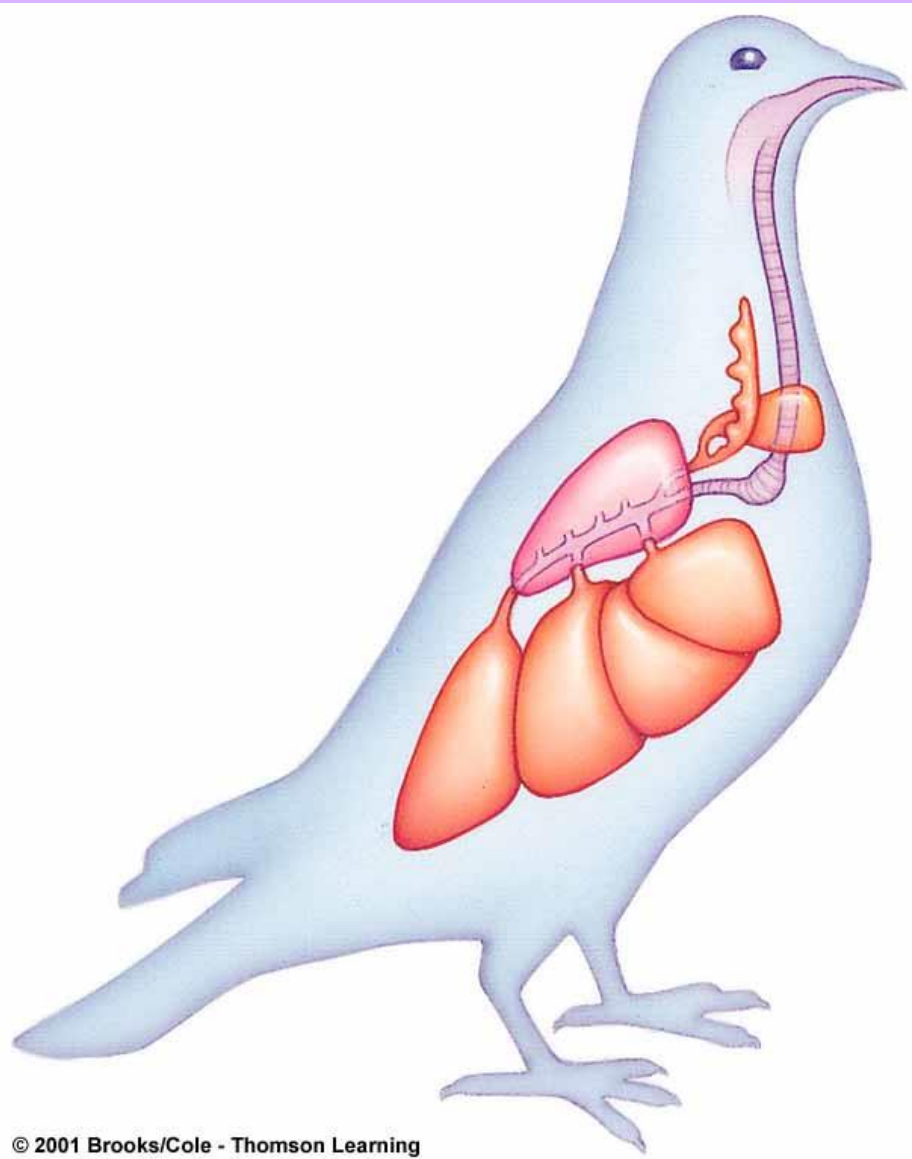
2. Mehanizam ventilacije različit -

Sisari: razmena u alveolama i vazduh ide istim putem pri udisaju i izdisaju - različit smer pri udisaju izdisaju

Ptice: vazduh prolazi u istom smeru pri udahu i izdahu - omogućava zasićenje Hb kada je PP O₂ mali (lete na 11000 m a to je nekoliko hiljada metara iznad granice za sisare)



RESPIRATORNI ORGANI PTICA



Choane (otvori na kljunu). Nema nos i nosne otvore.

Dušnik - grana se u 2 bronhusa

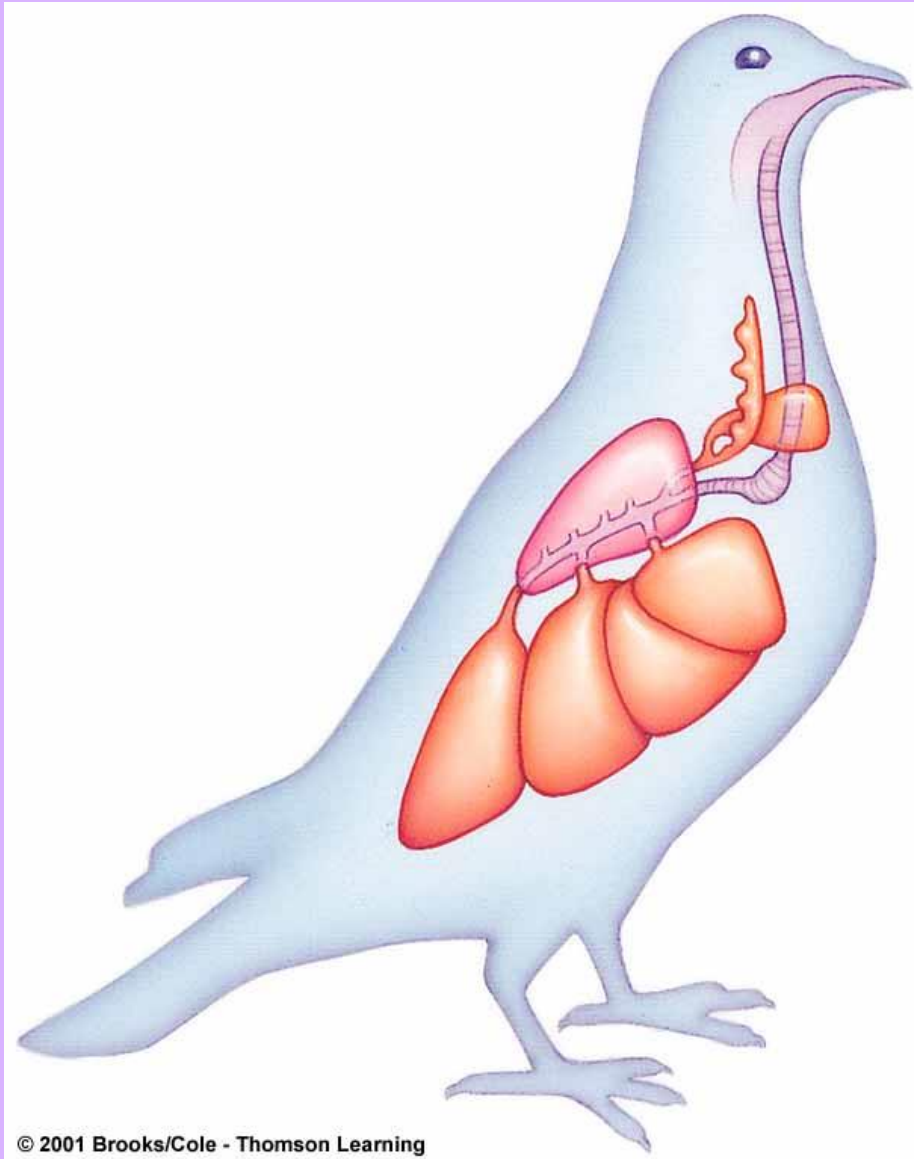
Sirinks - organ za vokalizaciju, na bifurkaciji dušnika

Glavni bronchus ide u **parabronhuse**-paralelno u plućima

Iz parabronka idu **RESPIRATORNE CEVČICE** (slep kraj) obavijene kapilarima

Difuzijom izmenjuju O_2/CO_2 sa parabronhima i kapilarima

RESPIRATORNI ORGANI PTICA



© 2001 Brooks/Cole - Thomson Learning

VAZDUŠNE KESE - sastavni deo pluća.

Rastegljive, tanak zid, vol. 10x veći od vol. pluća.

Vezane za respiratorne cevčice i šupljine nekih kostiju.

U grudnotrbušnoj duplji

Kod živine humerus je tipična pneumatična kost.

Smanjuje spec masu tela

Olakšava protok vazduha u plućima

Ima ih 9 (4 parne i jedna neparna).

Kranijalne i kaudalne - po položaju.

Kroz njihov zid nema razmene vazduha.

Pluća -volumen za polovinu manji od volumena sisara slične veličine. Čvrsta - nema promene vol. pri respiratornom ciklusu.nemaju pleuru. Dorzalno.

Nema dijafragmu

VENTILACIJA

Inspirijum i ekspirijum su **aktivni procesi**

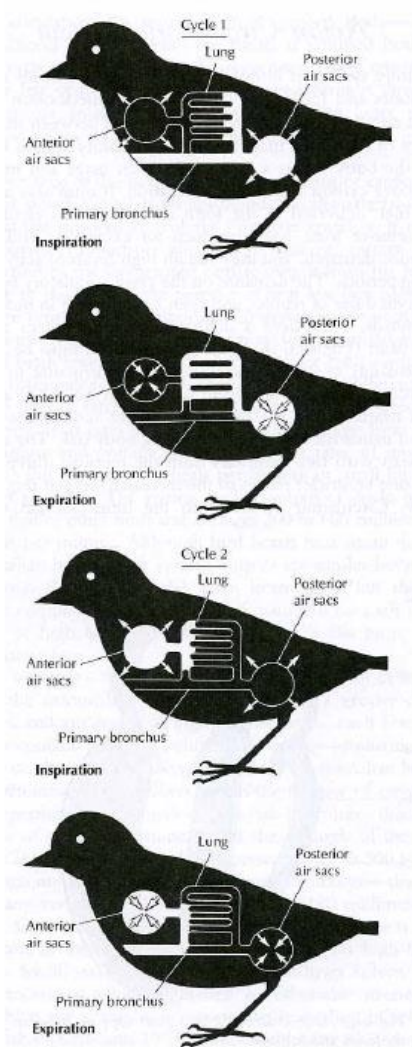
Inspirijum - kontrakcija inspiratornih mišića -sternum ka dole i napred -uvećanje vol. telesne šupljine, smanjuje se pritisak u vazдушnim kesama ispod atmosferskog-
Posledično se vazduh udiše i kroz vazdušne puteve ide u kaudalne kese i pluća.
Istovremeno proširene kranijalne kese uvlače vazduh udahnut pređašnjim udahom.

Ekspirijum - kontrakcija eksipratornih mišića -smanjenje volumena telesne šupljine -
Sternum dorzalno i kaudalno, povećava se pritisak u vazдушnim kesama iznad
atmosferskog.

Vazduh iz kaudalnih kesa struji kroz pluća, potrošeni vazduh iz kranijalnih kesa izdiše

Strujanje vazduha je u plućima neprekidno, jednosmerno tokom respiratornog ciklusa.

DISANJE KOD PTICA *difuzija gasova*



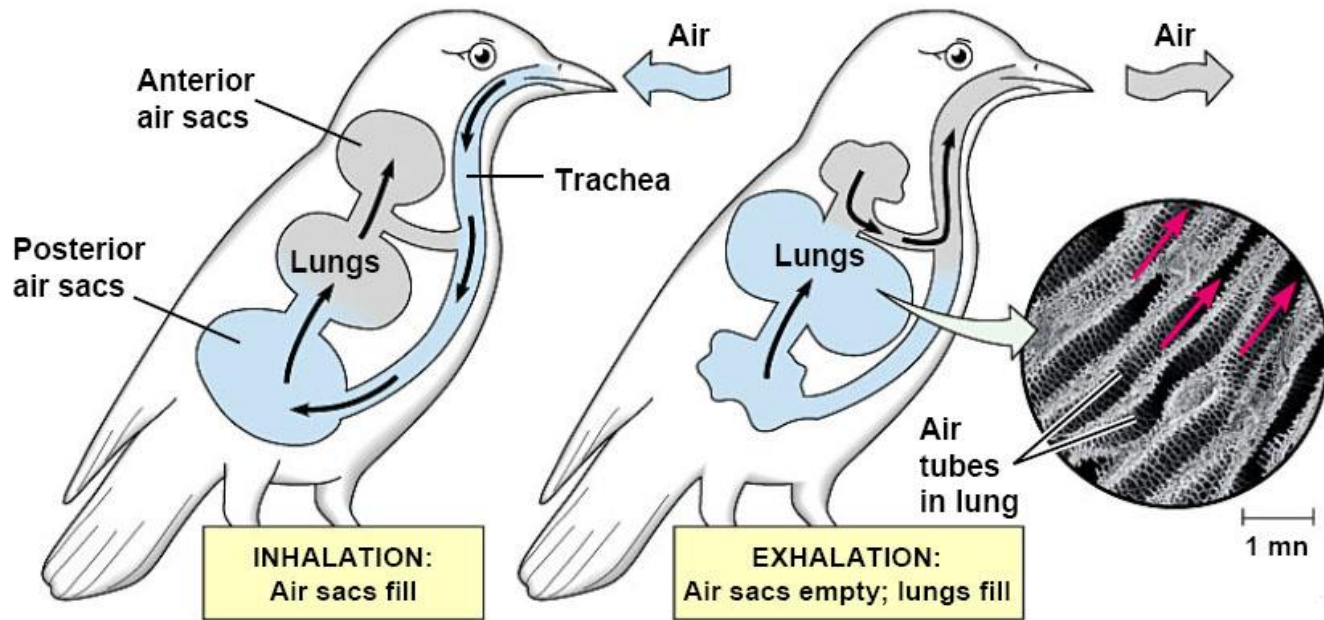
Inspirijum 1 - aktivan proces

Ekspirijum 1 - aktivan proces

Inspirijum 2 - aktivan proces

Ekspirijum 2 - aktivan proces

DISANJE KOD PTICA *difuzija gasova*





PITANJA???