

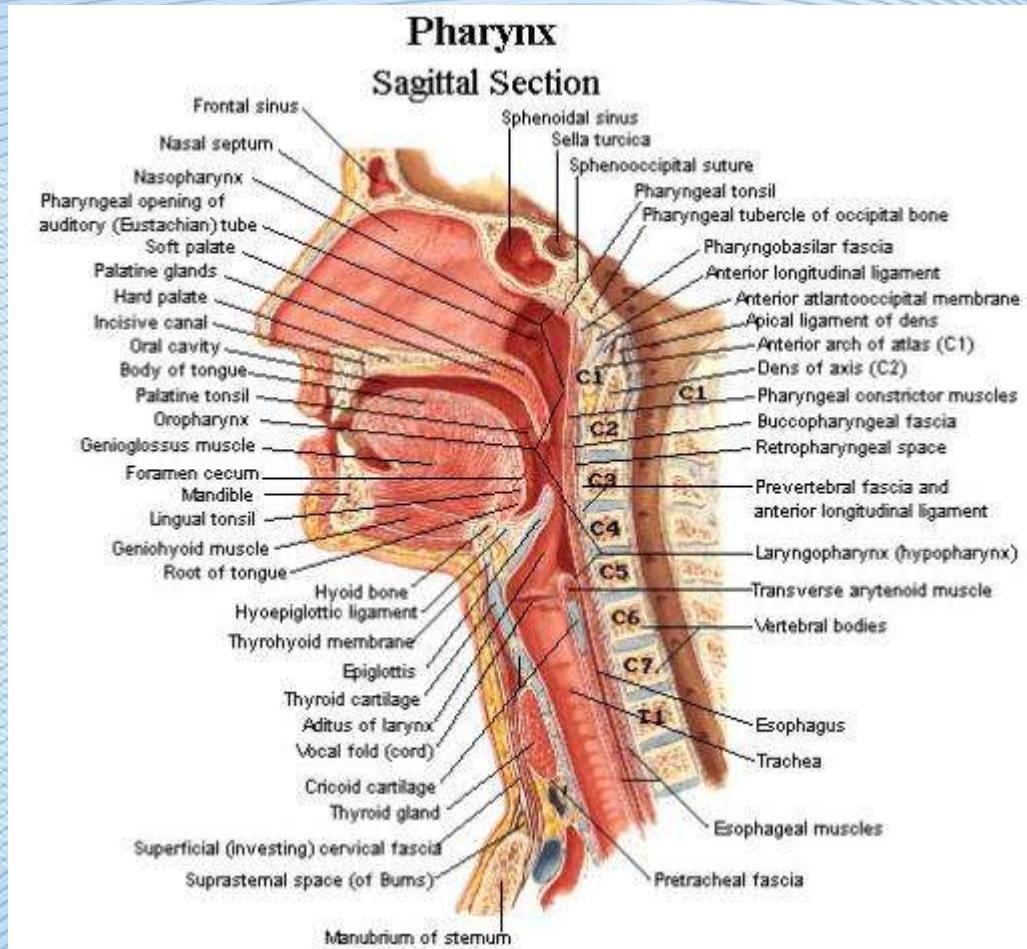
ANATOMIJA I FIZIOLOGIJA SISTEMA ZA DISANJE

**ICEPS, 2018.godina
Dr Vladimir Krstić**

DISANJE- uvod

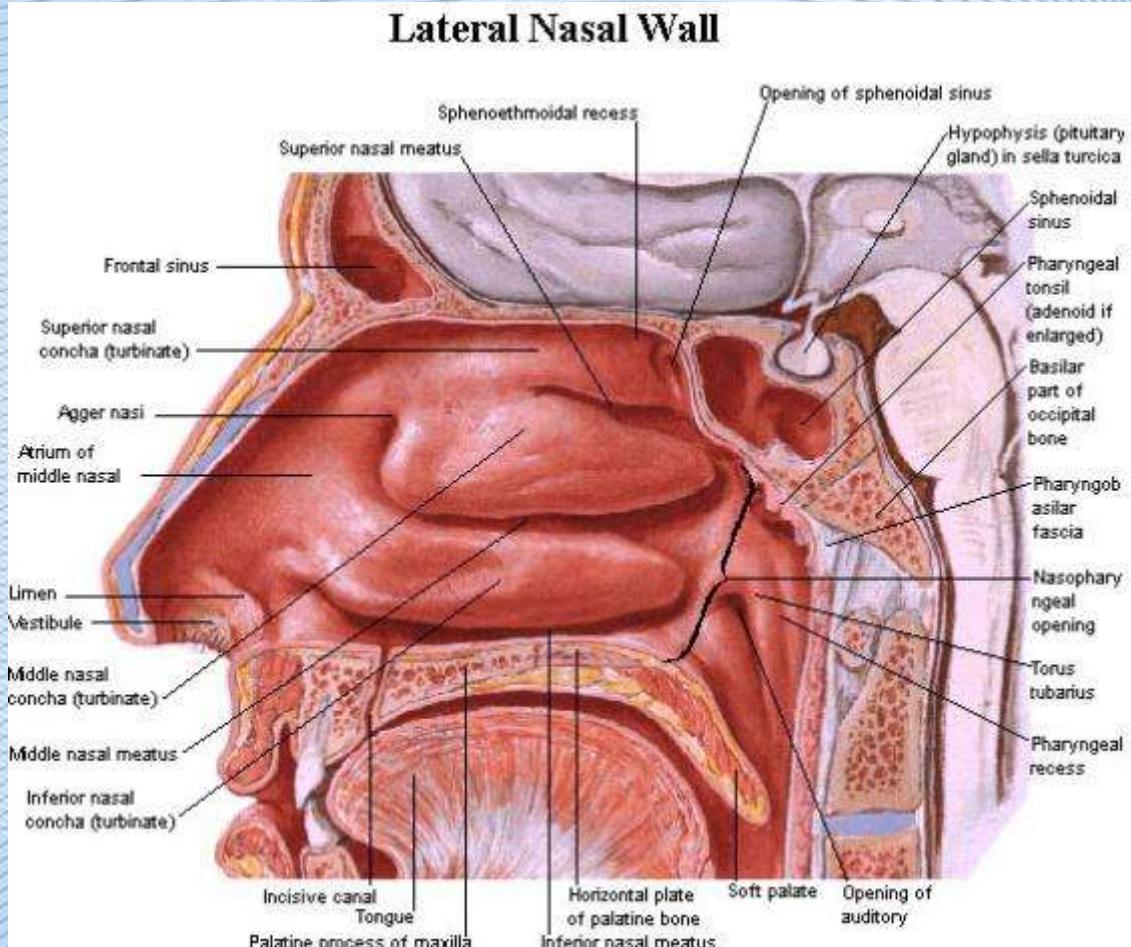
- disanje je sinonim života
- disanje predstavlja razmenu molekula kiseonika i ugljendioksida između spoljašnje sredine i organizma
- kiseonik se koristi u razgradnji hranljivih materija, pri čemu se oslobađa energija neophodna za životne procese
- tokom aerobnog metabolizma (oksidativnog) iz jednog molekula glukoze dobija se 38 molekula ATP-a, dok u anaerobnom (bez kiseonika) samo 2 ATP-a

PRIBOR ZA DISANJE



- disajni putevi se dijele na **gornje i donje**
- **gornji disajni putevi**- nosna duplja sa paranasalnim sinusima i ždrelo (ubraja se i digestivni i u respiratorni pribor)
- **donji disajni putevi**- grkljan, dušnik, dušnice i njihove grane sve do plućnih mehurića
- **Pomoćni disajni organ** su usta

NOSNA DUPLJA (CAVITAS NASI)



- položaj: ispod baze lobanje, iznad usne duplje, a između očnih duplji
- iza nosne duplje se nalazi nosni sprat ždrela
- ispred nosne duplje je spoljašnji nos (nasus externus)
- uloga nosne duplje: zagrevanje, vlaženje i prečišćavanje udahnutog vazduha

Spoljašnji nos (Nasus externus)

- oblika je piramide, sa bazom koja je pričvršćena uz lice
- **apex nasi**, gornja strana, bočne strane
- koren nosa (**radix nasi**)
- nosne kosti i nosne hrskavice čine skelet nosa
- nosna pregrada (**septum nasi**) deli nos na dve nozdrve
- otvori nosne duplje: napred – nozdrva (**nares**); nazad – **choanae** (otvaranje u nosni sprat ždrela)
- kroz nozdrve se ulazi u vestibulum; tu su smeštene vibrisae (nosne dlačice)
- iza vestibuluma je nosna duplja u pravom smislu reči



Nosna duplja (Cavitas nasi)

- **nosna pregrada (septum nasi)** nazad grade ralasta kost (vomer) i srednji deo sitaste kosti, dok je prednji deo hrskavica
- krvni splet na ulazu u nos (izvor krvarenja)
- sluznica nosa: trepljasti epitel; receptori za miris

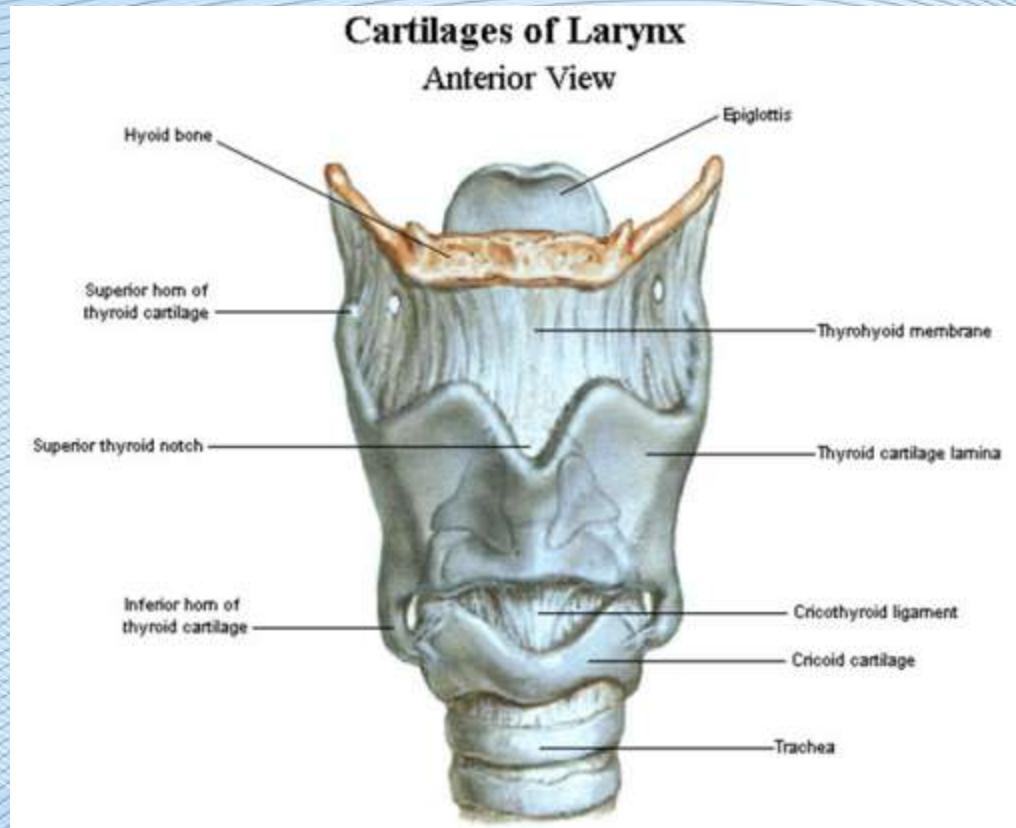


PARANAZALNI SINUSI

- sinusi su koštane šupljine ispunjene vazduhom i obložene sluzokožom
- otvaraju se u nosnu duplju
- povećavaju zapreminu disajnih puteva
- **sinus maxillaris, sinus ethmoidalis, sinus frontalis i sinus sphenoidalis**
- zapaljenje sinusa – sinusitis
- nosni hodnici (prostori u konkavitetima nosnih školjki)
- sinusi imaju otvore u gornjem i srednjem nosnom hodniku
- u donjem nosnom hodniku se otvara nazolakrimalni kanal

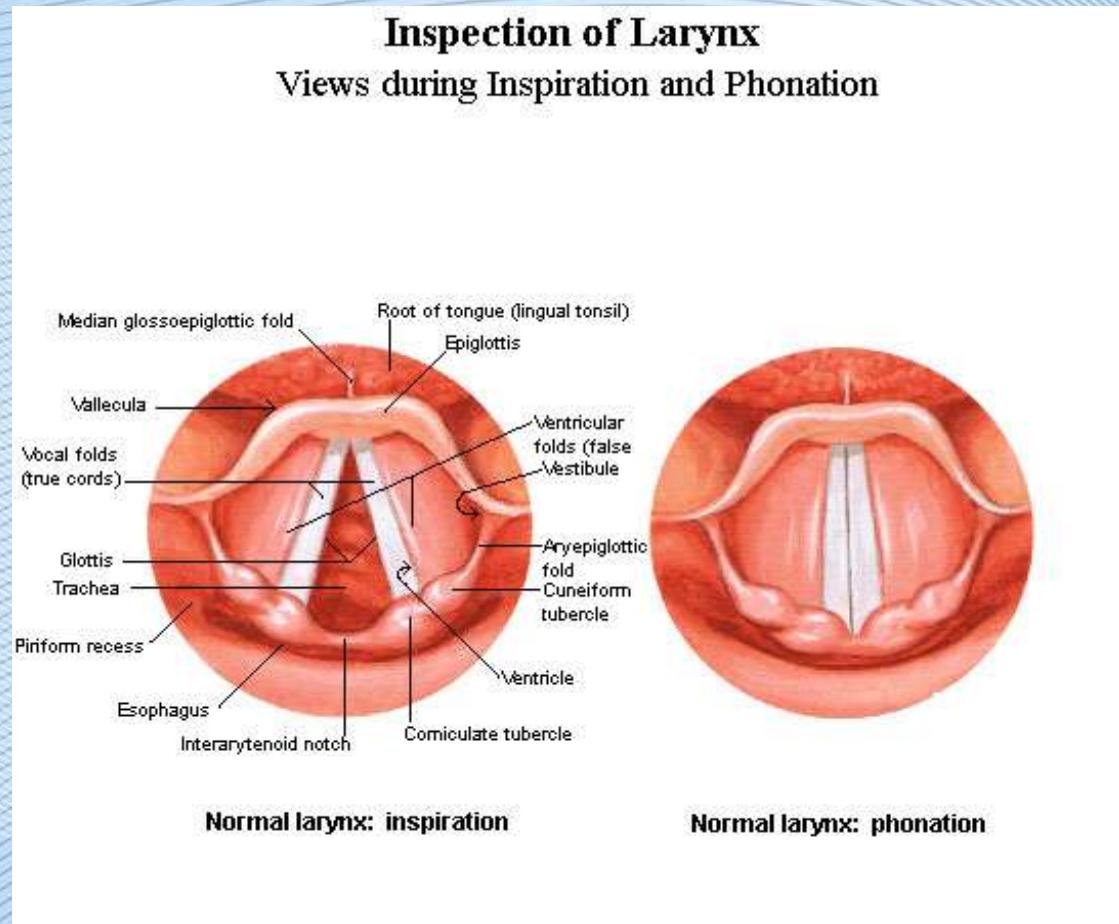


GRKLJAN (LARYNX)

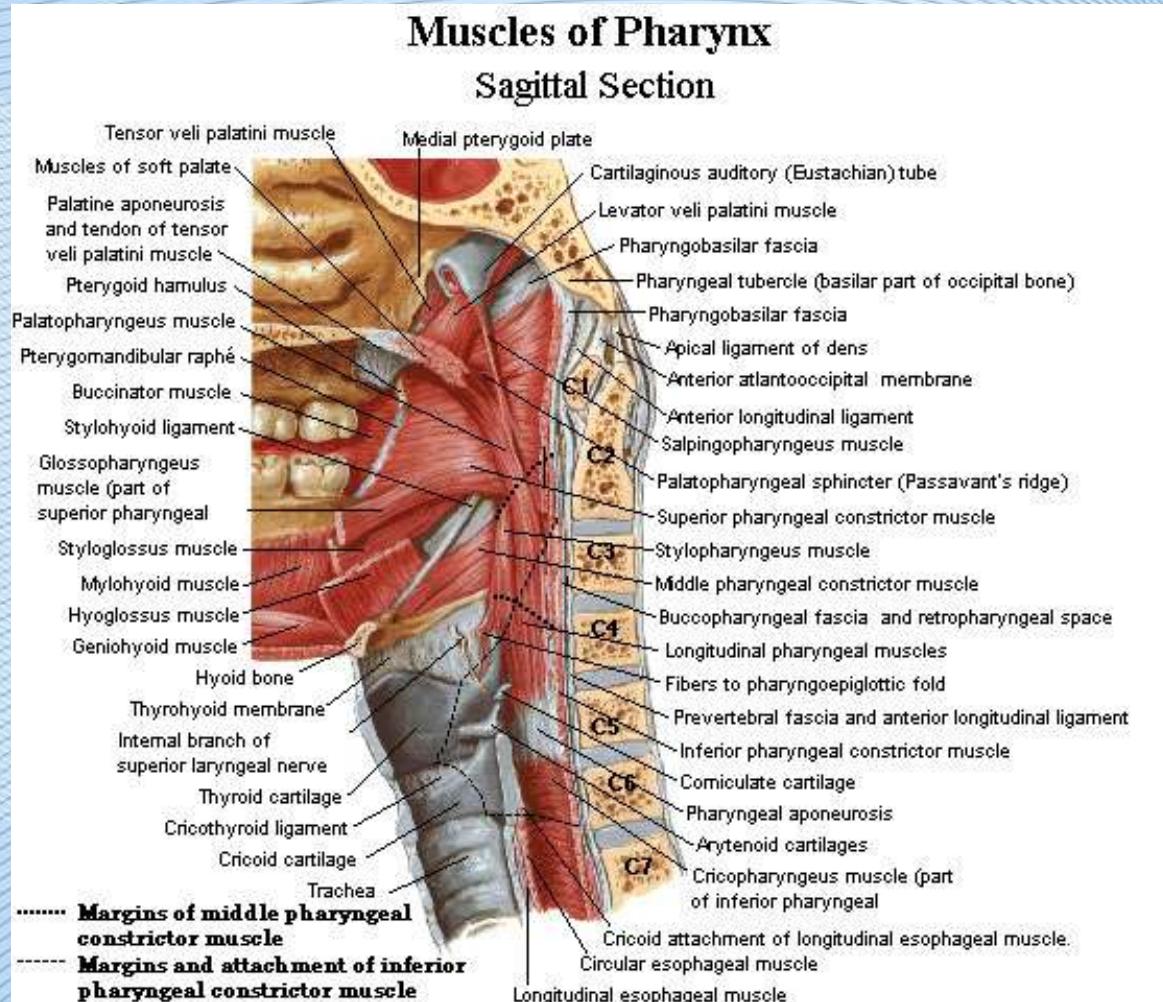


- pripada donjim disajnim putevima
- ujedno je i organ koji stvara glas
- položaj: u vratu ispred donjeg (grkljanskog sprata) ždrela
- prominentia laryngea (Adamova jabučica)
- ispred grkljana se nalazi štitna žlezda
- građa- hrskavice, mišići i ligamenti

GRKLJAN (LARYNX)



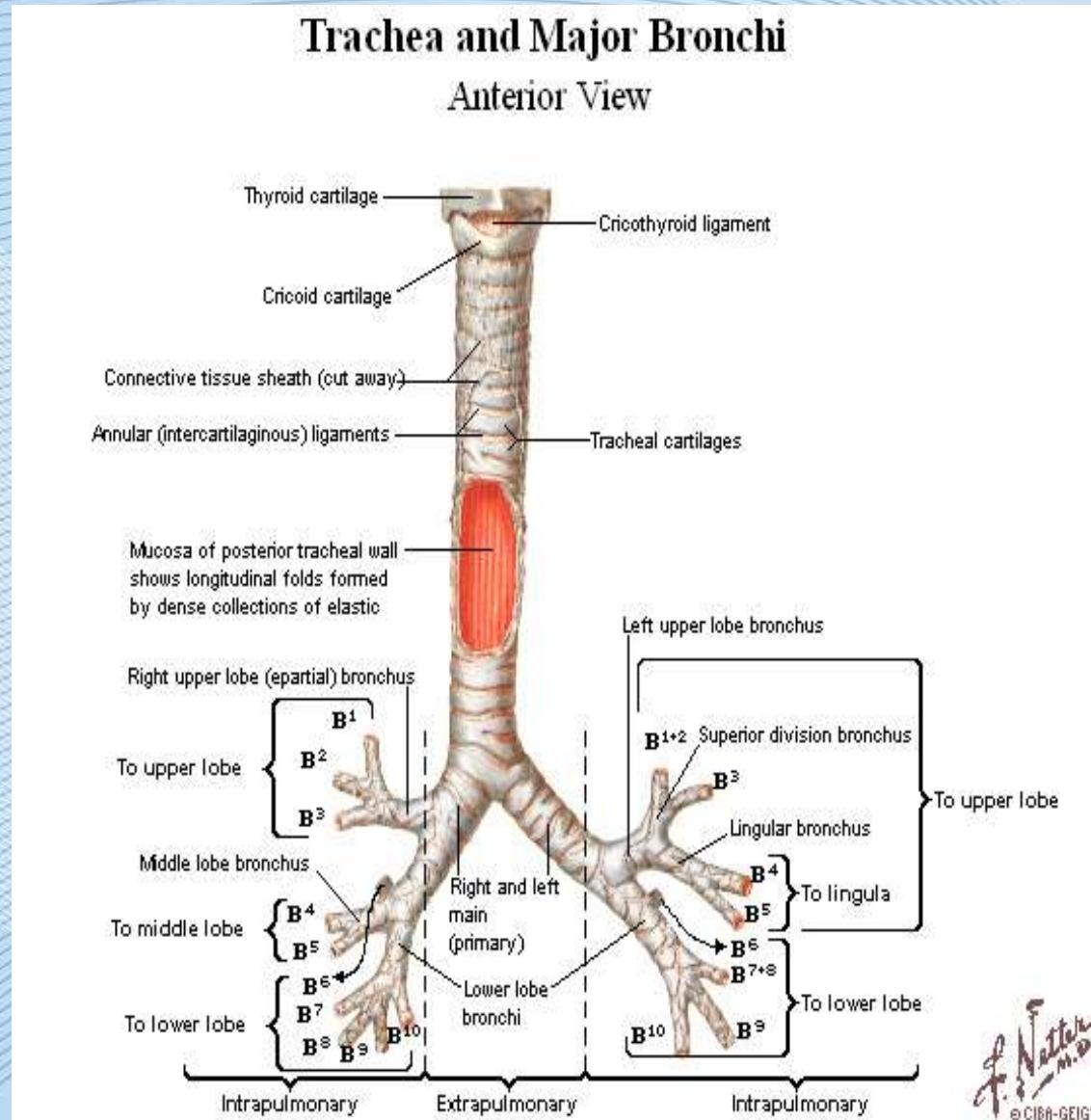
- šupljina grkljana je obložena sluzokožom
- nabori na bočnim zidovima: donji par - plica vocalis (prave glasnice) i gornji par plica vestibularis (lažne glasnice)
- mišići regulišu promer otvora između glasnica i uz strujanje vazduha- tako nastaje glas



Dva para nabora dele šupljinu grkljana na spratove:

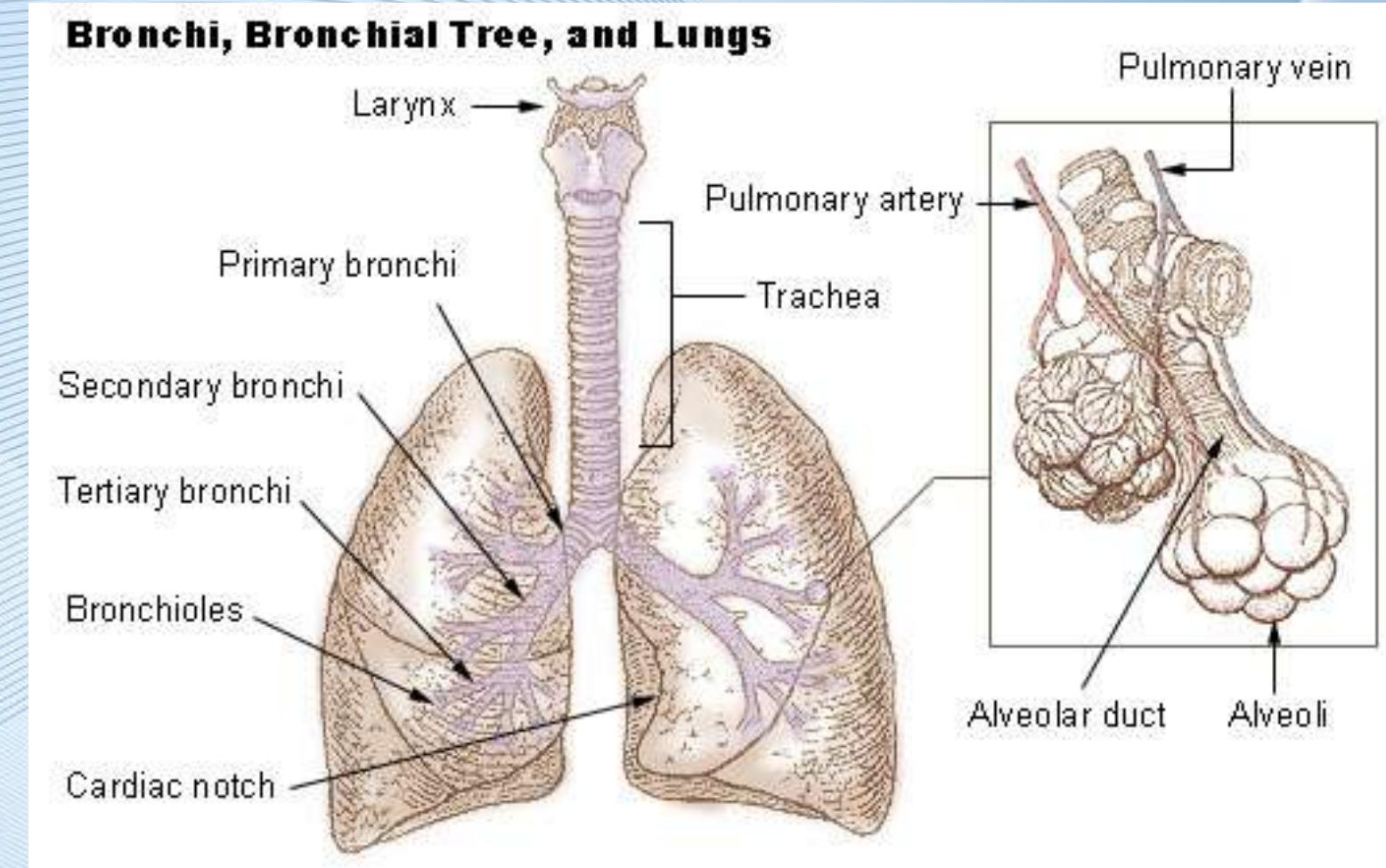
- **gornji sprat – predvorje (vestibulum)** koji se pruža od ulaza u grkljan (aditus laryngis) do plica vestibularis
- **srednji sprat – komora grkljana (ventriculus laryngis)** smešten je između lažnih i pravih glasnica, a služi za rezonanciju glasa
- **donji sprat** – pruža se od pravih glasnica do dušnika

DUŠNIK (TRACHEA) I DUŠNICE (BRONCHI)

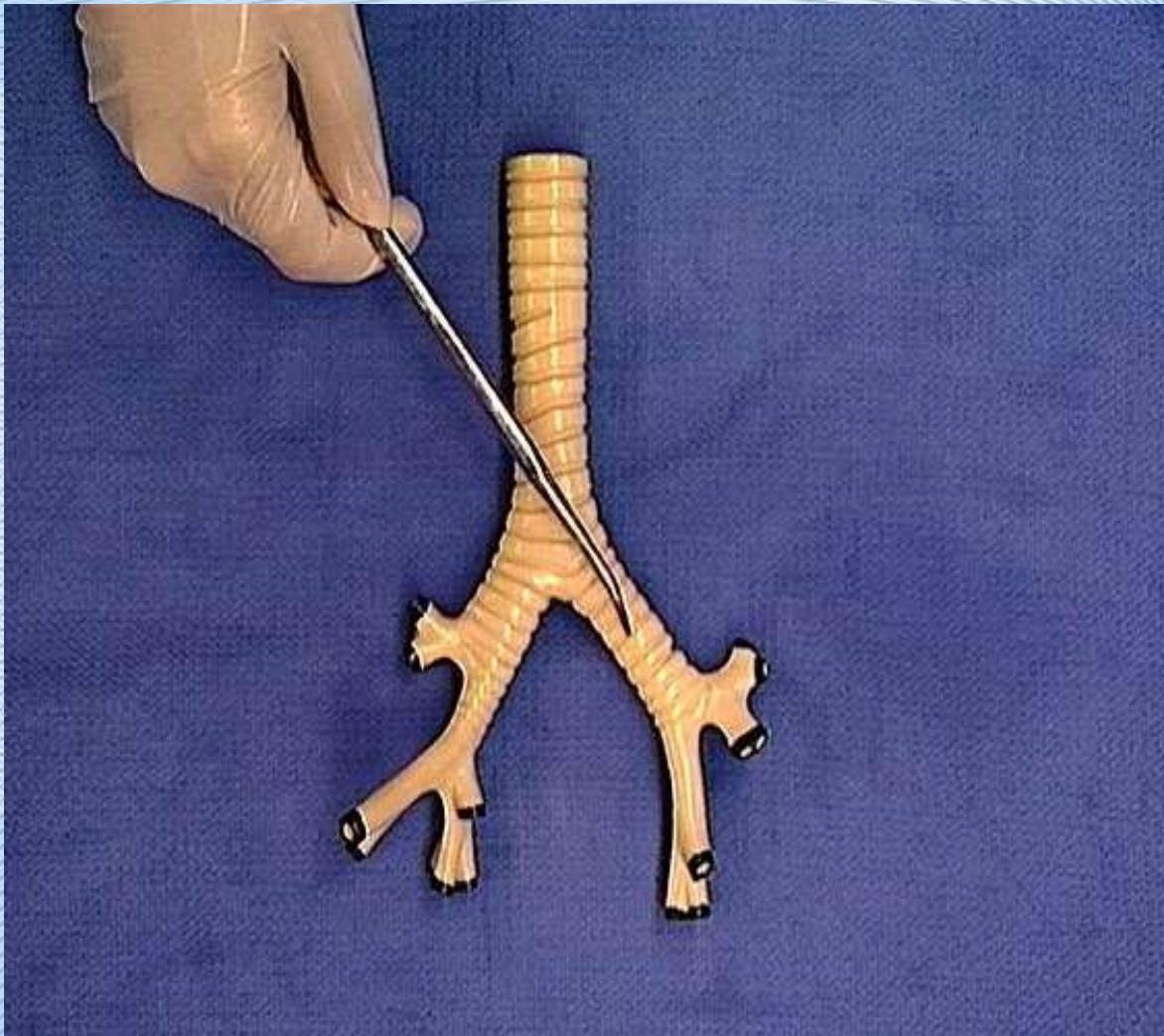


- dušnik pripada donjim disajnim putevima
- nastavlja se na grkljan, prolazi kroz donji deo vrata i gornji deo grudne duplje i završava u nivou petog grudnog pršljena podelom u dve glavne dušnice (desnu i levu)
- račva dušnika se zove bifuratio tracheae
- na mestu račvanja se nalazi carina tracheae (resica)

DUŠNIK (TRACHEA) I DUŠNICE (BRONCHI)



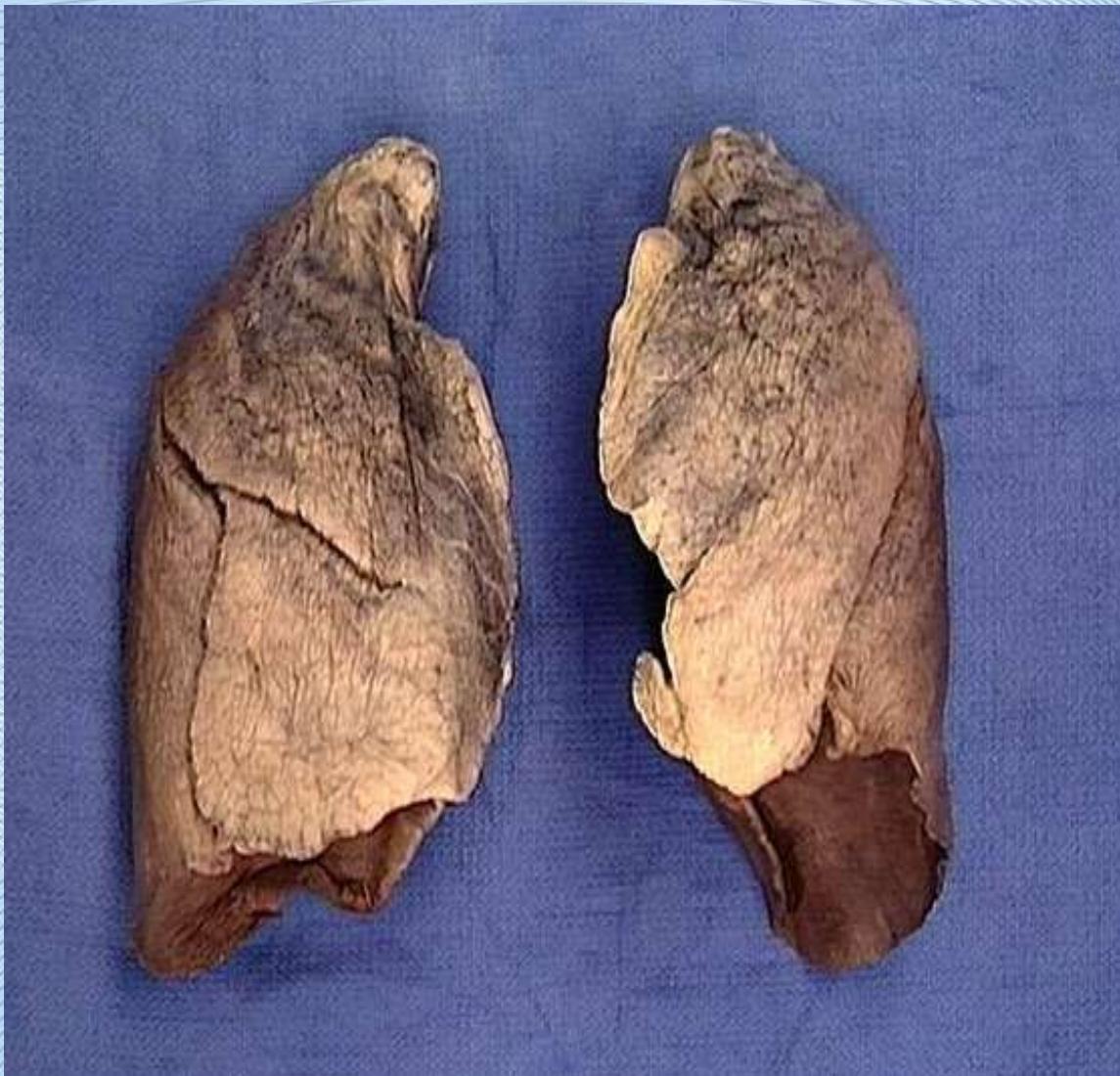
DUŠNIK (TRACHEA) I DUŠNICE (BRONCHI)



Bronchus principalis dex. et sin.

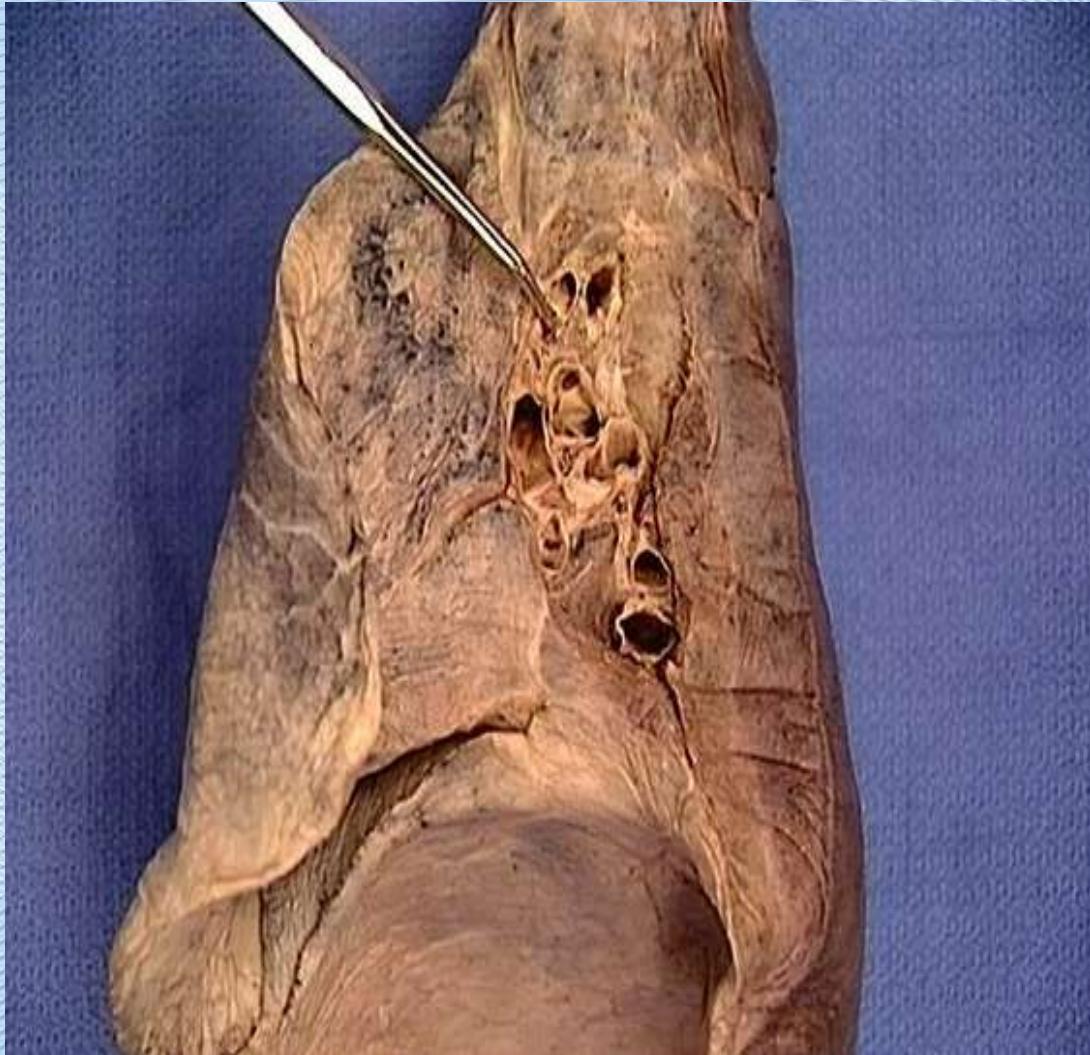
- desni je kraći, širi i strmiji
(češće mesto zapadanja stranog tela)
- ulaz u plućni hilus i račvanje na grane koje ulaze u plućne režnjeve
- dušnice su građene isto kao dušnik

PLUĆA (PULMONES)



- razmena gasova se odvija na nivou pluća
- oblik kupe
- **pulmo dexter i pulmo sinister**
- između pluća se nalazi **mediastinum** (srce, veliki krvni sudovi, timus, jednjak, aorta descendens i ductus thoracicus)

PLUĆA (PULMONES)



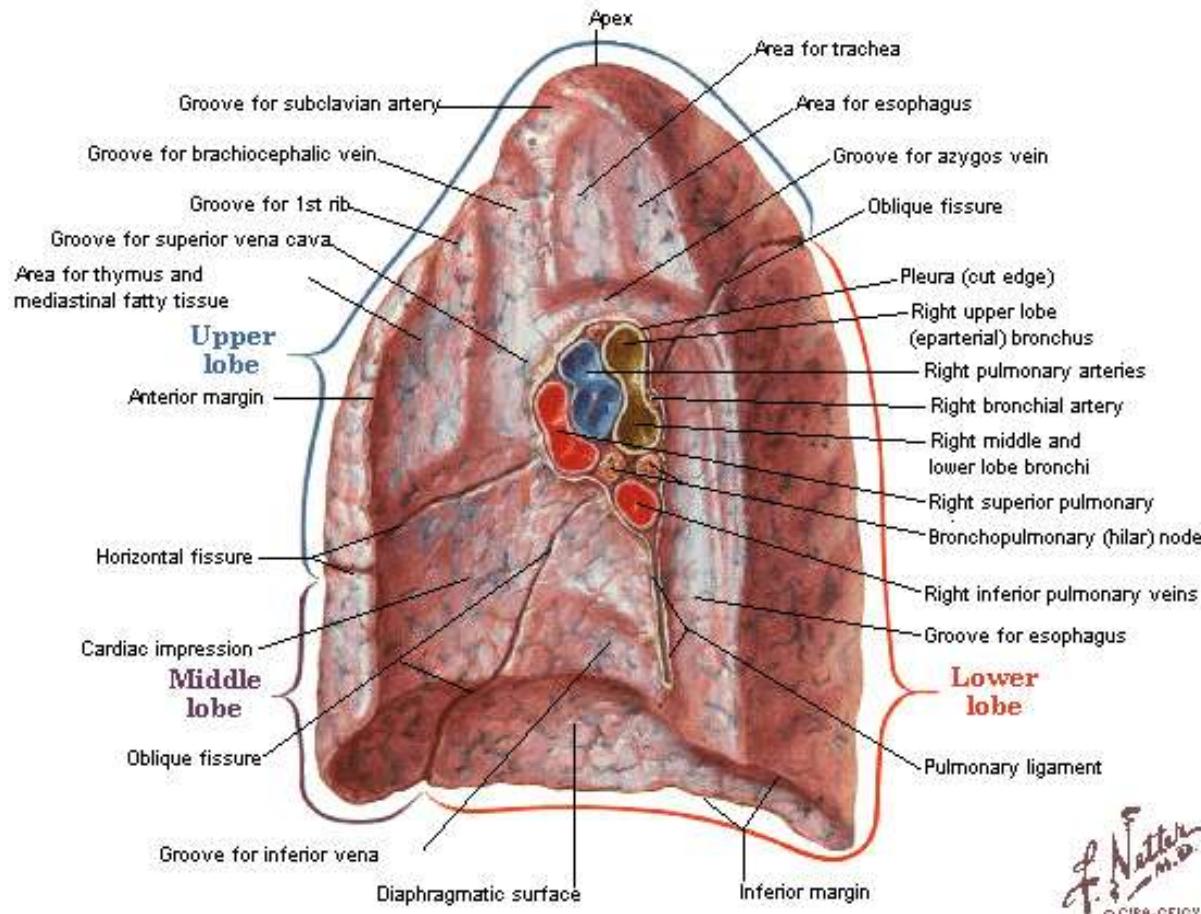
na plućnom krilu ralikujemo:

- bazu (dijafragmalna strana)
- vrh (apex)
- spoljnja strana (rebarna)
- unutrašnja strana
(medijastinalna)



PLUĆA (PULMONES)

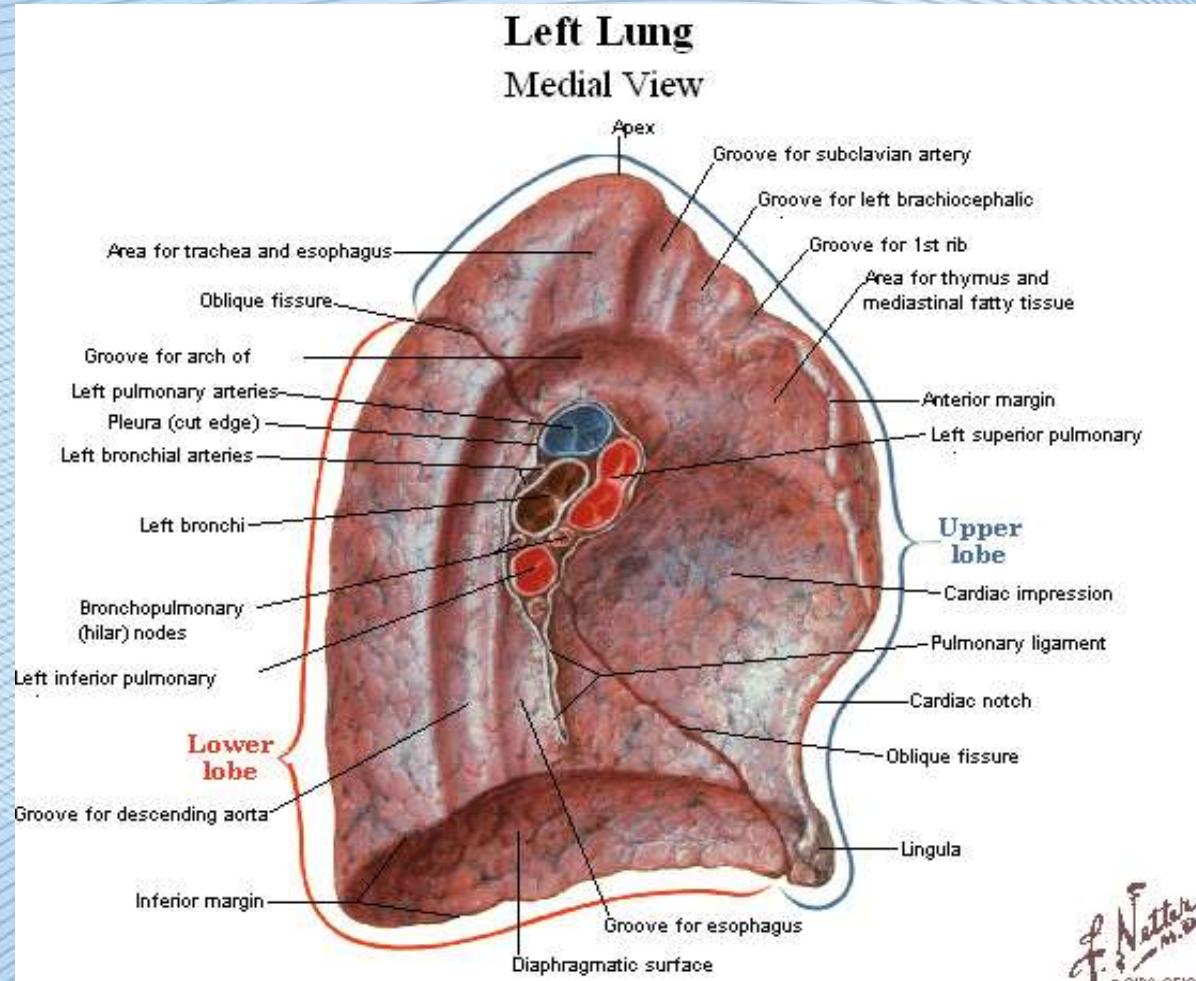
Right Lung
Medial View



Pulmo dexter je sa dve pukotine podeljen na tri lobusa (režnja), a svaki od lobusa na segmente:

- lobus superior (3 segmenta)
- lobus medius (2 segmenta)
- lobus inferior (5 segmenata)

PLUĆA (PULMONES)

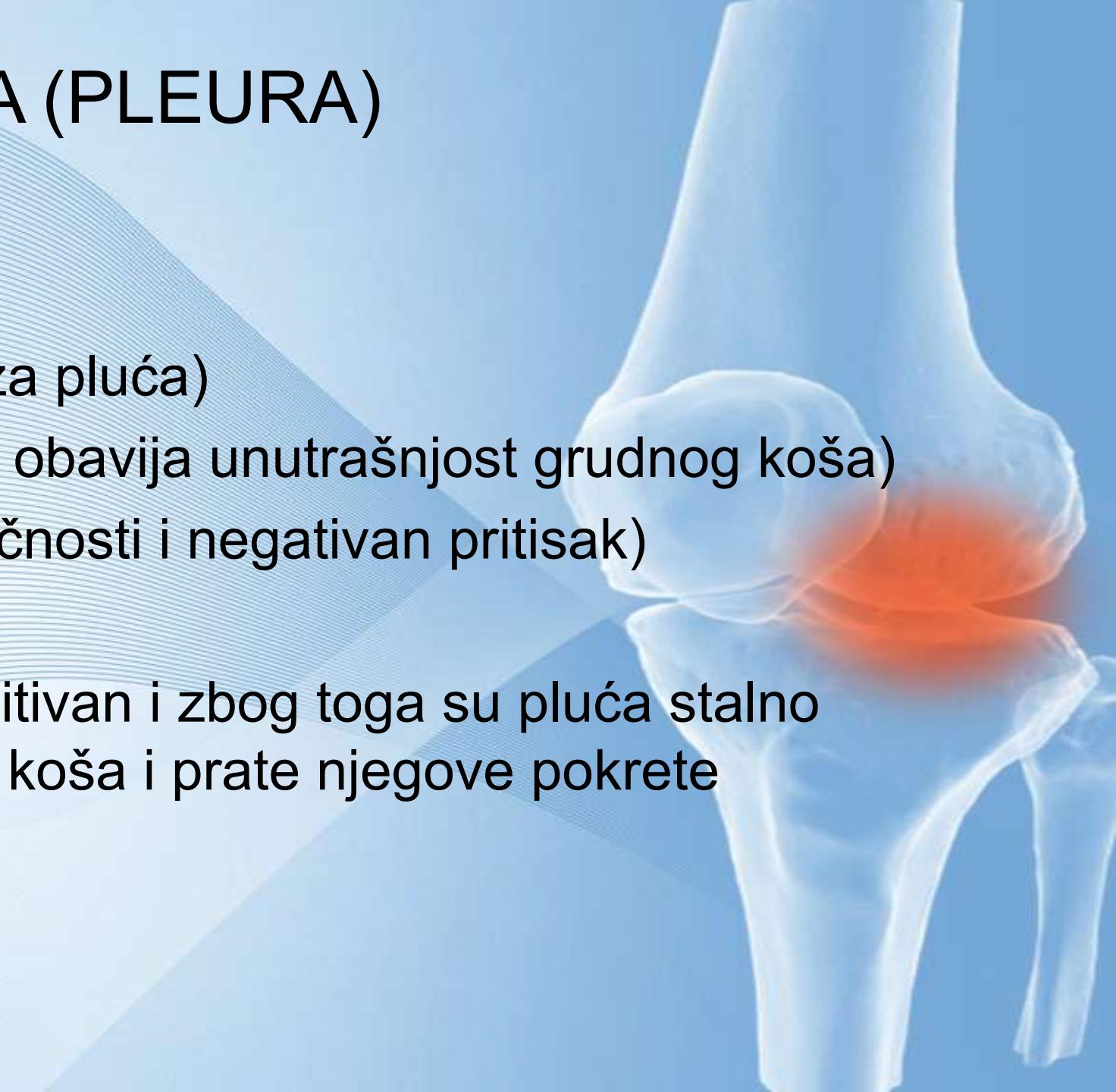


Pulmo sinister je sa jednom pukotinom podeljen na dva lobusa, koji su takođe podeljeni na segmente:

- lobus superior (4 segmenta)
- lobus inferior (5 segmenata)

PLUĆNA MARAMICA (PLEURA)

- **pleura visceralis** (srasla za pluća)
 - **pleura parietalis** (deo koji obavlja unutrašnjost grudnog koša)
 - **cavitas pleuralis** (malo tečnosti i negativan pritisak)
-
- u alveolama je pritisak pozitivan i zbog toga su pluća stalno priljubljena za zid grudnog koša i prate njegove pokrete



Respiratori mišići

Duboki mišići- respiratirni mišići

- svojom kontrakcijom regulišu mehaniku disanja (povećavaju ili smanjuju grudnu duplju)

mm. intercostales externi et interni

m. transversus thoracis

(nn. intercostales)

Diaphragma (prečaga)- razdvaja grudnu od trbušne duplje

- centrum tendineum- tetivno središte
- pars costalis, pars lumbalis, pars sternalis (n. phrenicus)

Respiratory Muscles

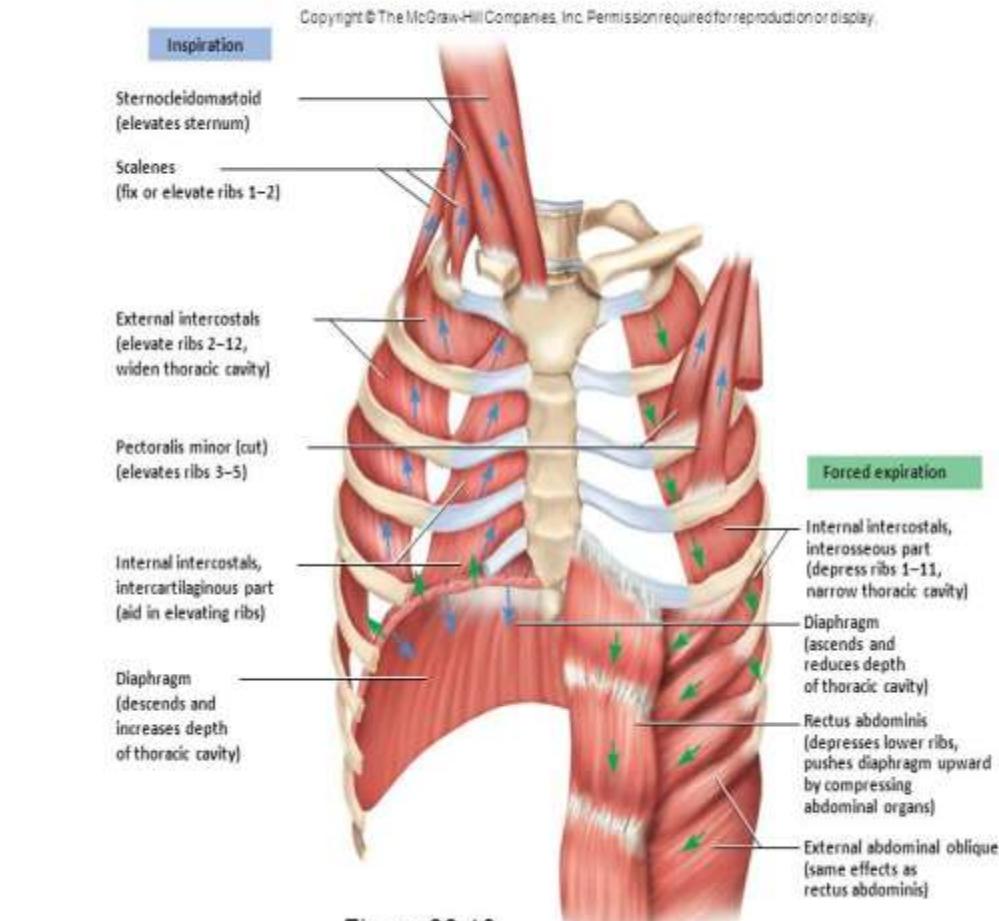


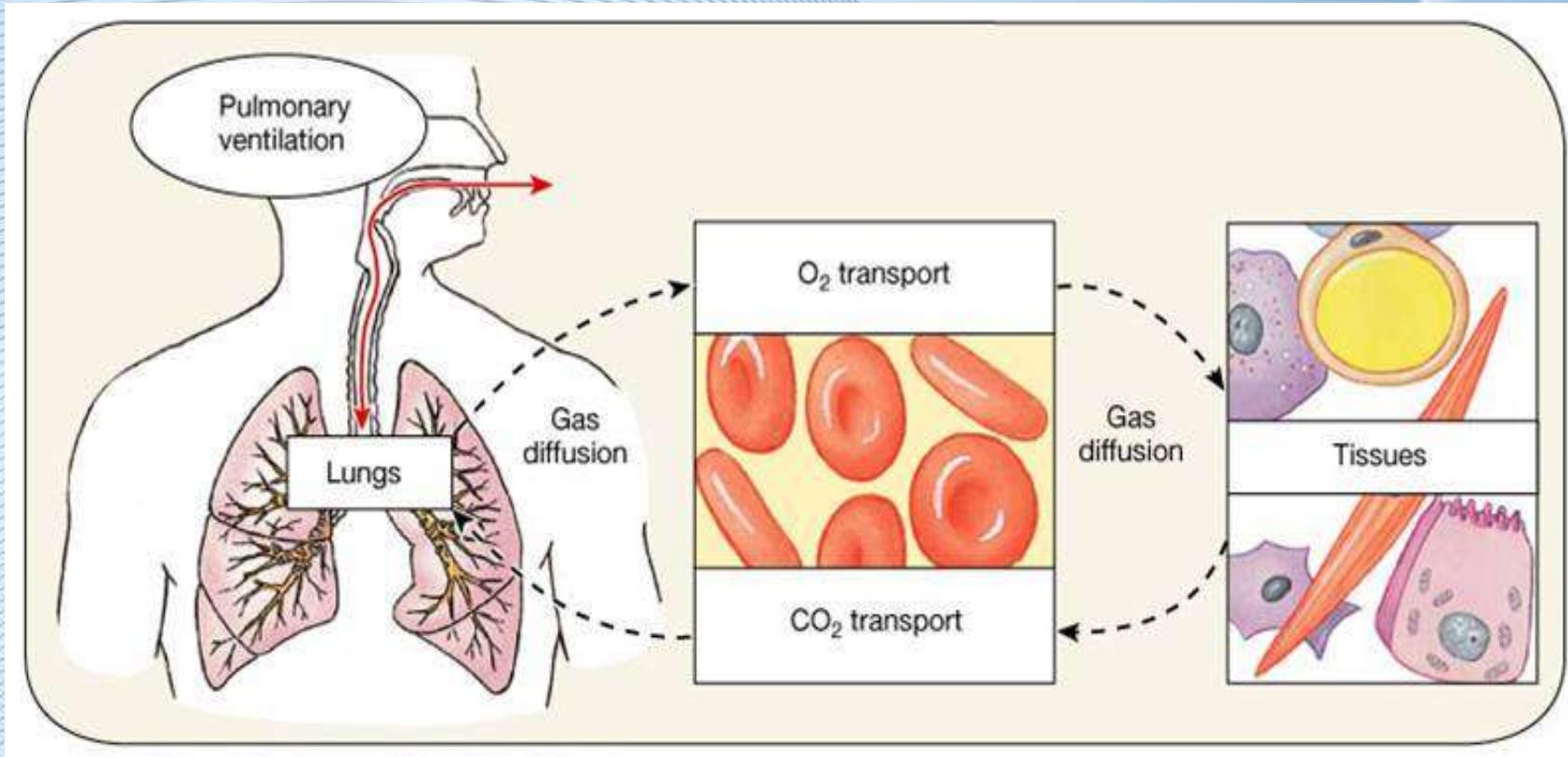
Figure 22.13

FIZIOLOGIJA DISANJA

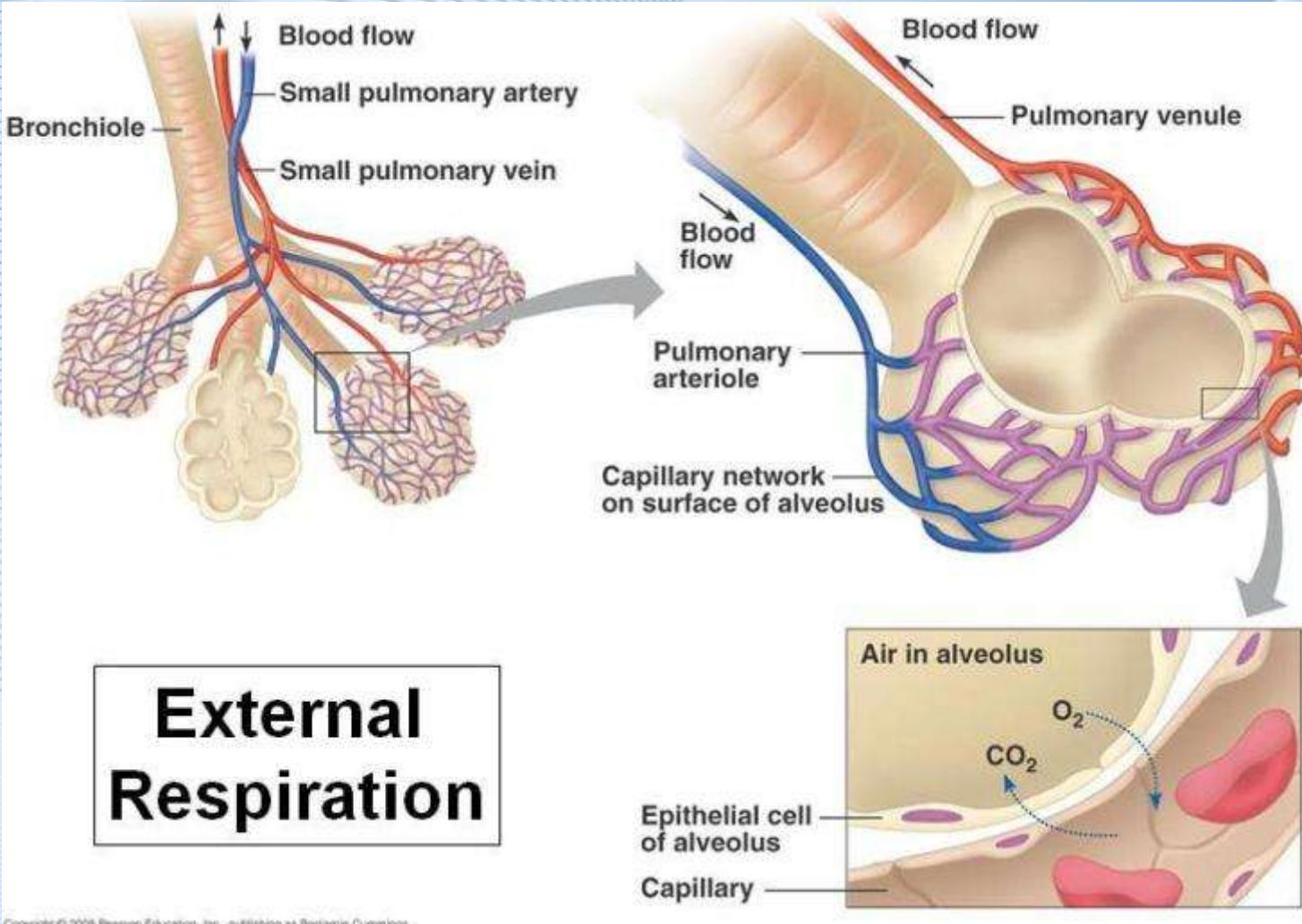
Proces disanja obavlja se kroz nekoliko funkcionalnih celina:

- plućna ventilacija - spoljašnje disanje - obuhvata razmenu vazduha između atmosfere i alveola
- difuzija gasova - između alveola i krvi
- transport kiseonika putem krvi - od pluća do tkiva
- unutrašnje disanje - tkivno disanje - izmena gasova između ćelija i krvi

FIZIOLOGIJA DISANJA

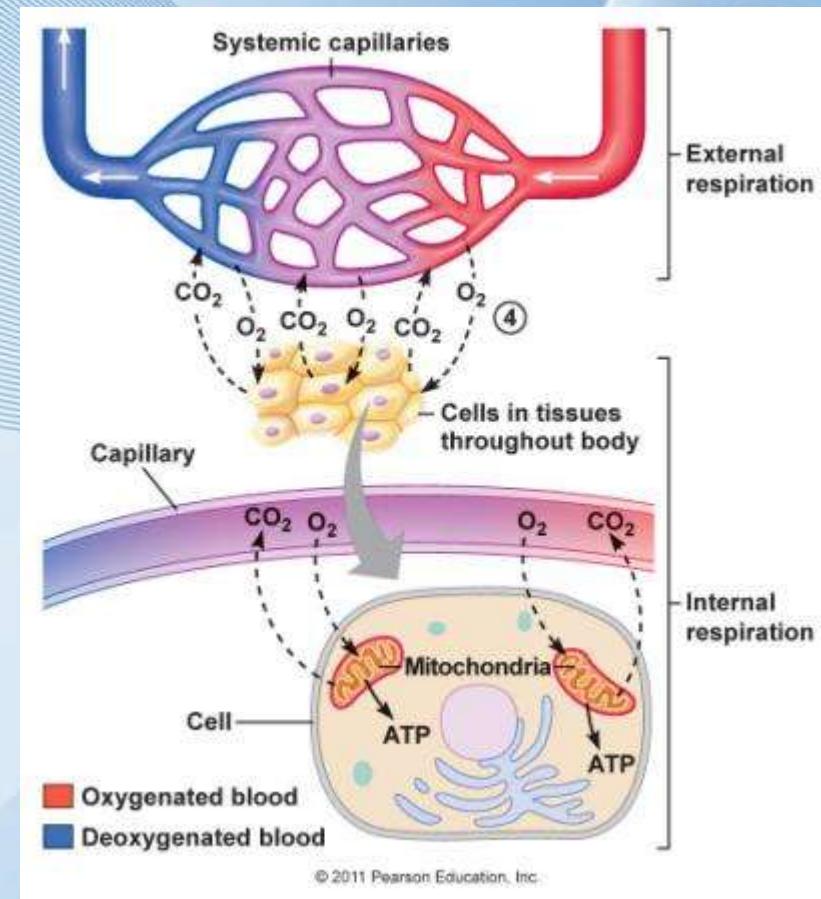
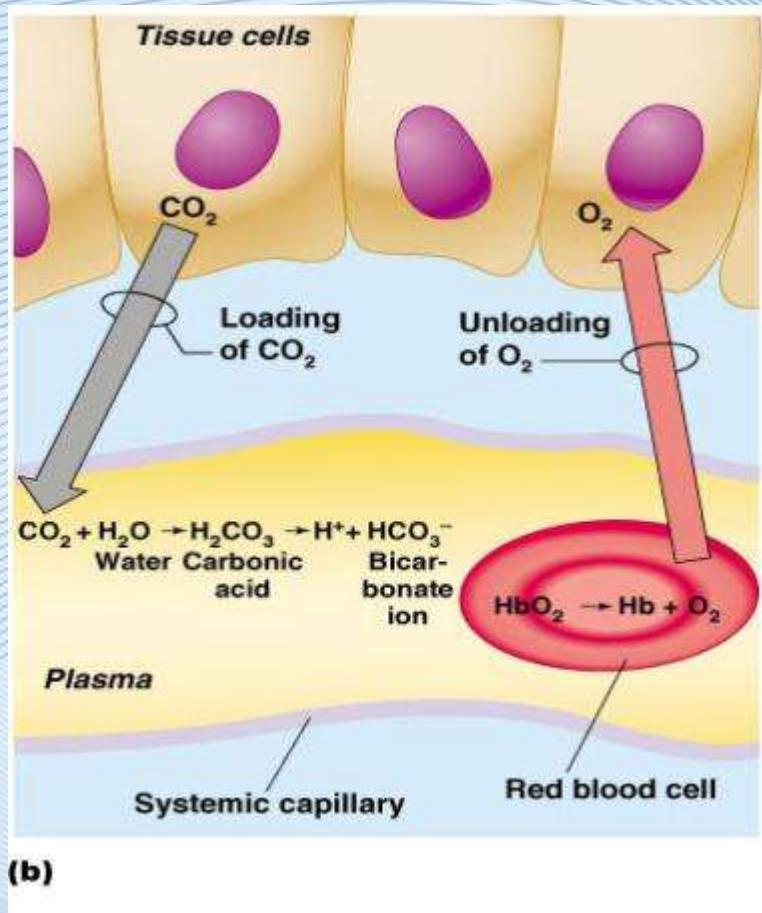


FIZIOLOGIJA DISANJA



FIZIOLOGIJA DISANJA

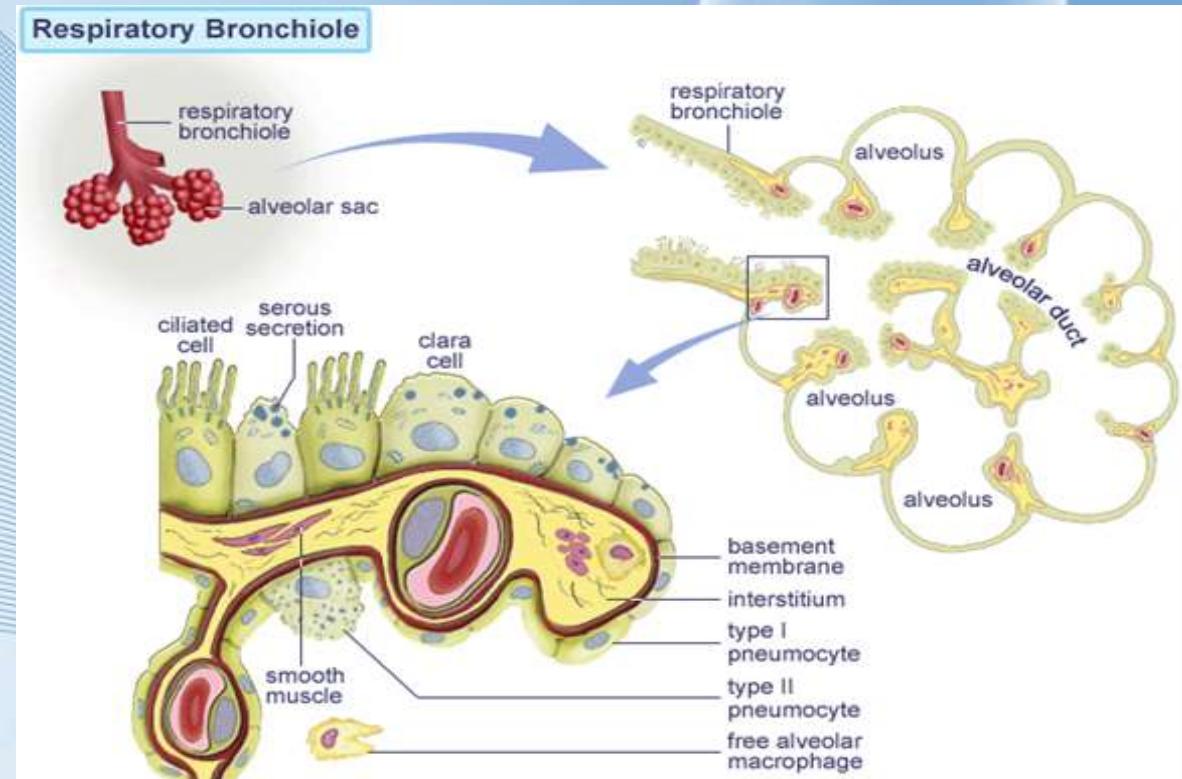
Unutrašnje i ćelijsko disanje



FIZIOLOGIJA DISANJA

Pluća imaju važnu funkciju i u:

- regulaciji acidobazne ravnoteže
- odbrani organizma
- metabolizmu: konverzija angiotenzina I u angiotenzin II, razlaganje noradrenalina i serotoninina, sinteza leukotriena



FIZIOLOGIJA DISANJA

Osnovne karakteristike vazdušnih puteva

- nozdrve (nares), nosni otvori (hoane), nosna duplja (cavum nasi), ždrelo (farinks), dušnik (trahea), zatim sledi 23 grananja na bronhe i bronhiole
- prvih 16 grananja od traheje do terminalnih bronhiola čini sprovodni sistem pluća - u sprovodnim jedinicima ne vrši se razmena gasova već distribucija i kondicioniranje vazduha (zagrevanje, vlaženje, čišćenje)
- respiratorne jedinice sačinjavaju respiratorne bronhiole, alveolarni džakovi i alveole
- glatka muskulature vazdušnih puteva dovodi do bronhokonstrikcije pri stimulaciji parasimpatikusa (muskarinski receptori), odnosno bronhodilatacije pri stimulaciji simpatikusa (beta 2 receptori)

FIZIOLOGIJA DISANJA

Osnovne karakteristike vazdušnih puteva

- Pleura - plućna maramica sastoji se od unutrašnjeg visceralnog lista (srastao sa plućima) i spoljašnjeg parijetalnog lista (srastao sa grudnim košem)
- između se nalazi serozna tečnost koja ima negativan intrapleuralni pritisak - neodozovljava razdvajanje listova i odvajanje pluća od grudnim koša
- pluća se snabdevaju krvlju preko dva vaskularna sistema: bronhijalna (nutritivna) i plućna cirkulacija (razmena gasova i oksigenacija krvi)
- osnovna karakteristika plućne cirkulacije jeste da je to sistem niskog pritiska (srednji pritisak u plućnoj cirkulaciji iznosi 15mmHg) sa specifičnom dinamikom razmene tečnosti u plućnim kapilarima i regulacijom protoka krvi (nedostatak O₂ dovodi do vazokonstrikcije)

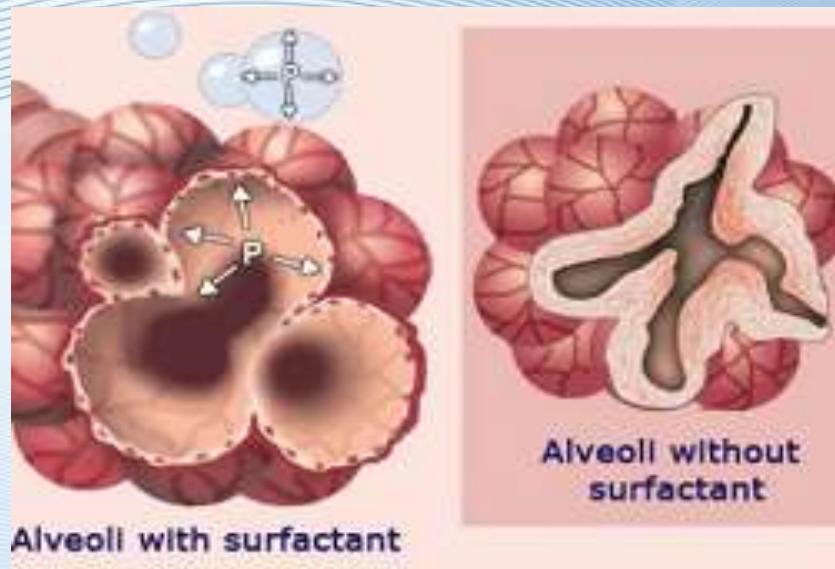
FIZIOLOGIJA DISANJA

- **Mehanizam disajnih pokreta**
 - Disanje predstavlja automatski i ritmički proces koji se sastoji od 12-16 respiratornih ciklusa u minuti, a svaki ciklus se sastoji od jednog udisaja - **inspirijum** i izdisaja – **ekspirijum**
- **Pritisici važni za mehanizam disanja:**
 - intrapleuralni pritisak - uvek negativan, sa porastom negativnosti tokom inspirijuma
 - intrapulmonalni pritisak - različit u zavisnosti od dela disajnog trakta
 - transpulmonalni - predstavlja razliku između alveolarnog i intrapleuralnog pritiska, odnosno vrednost elastičnih sila koje teže da kolabiraju pluća

FIZIOLOGIJA DISANJA

Surfaktant

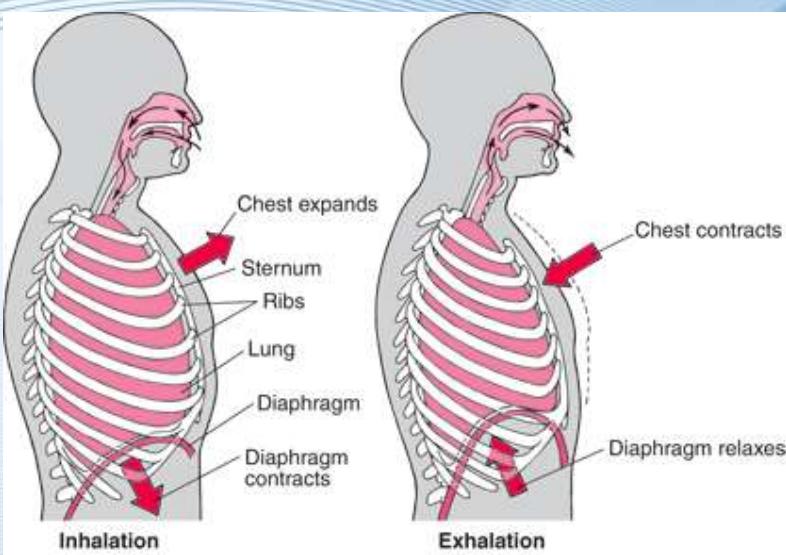
- površinski aktivna supstanca koja redukuje delovanje površinskog napona, luče je epitelne ćelije alveola tipa II
- stvaranje započinje u 24 nedelji gestacije, kod dece nedostatak istog uzrok je respiratornog distres sindroma, dok kod odraslih uzrokuje smanjenu komplijansu i povećan rad disanja



FIZIOLOGIJA DISANJA

Udah (inspirijum)

- inspirijum je aktivni proces koji se ostvaruje kontrakcijom inspiratornih mišića
- glavni inspiratori su: dijafragma i spoljašnji međurebarni mišići
- sa povećanjem zapremlje grudnog koša i pluća pritisak u plućima se smanjuje što omogućuje protok vazduha u plućima

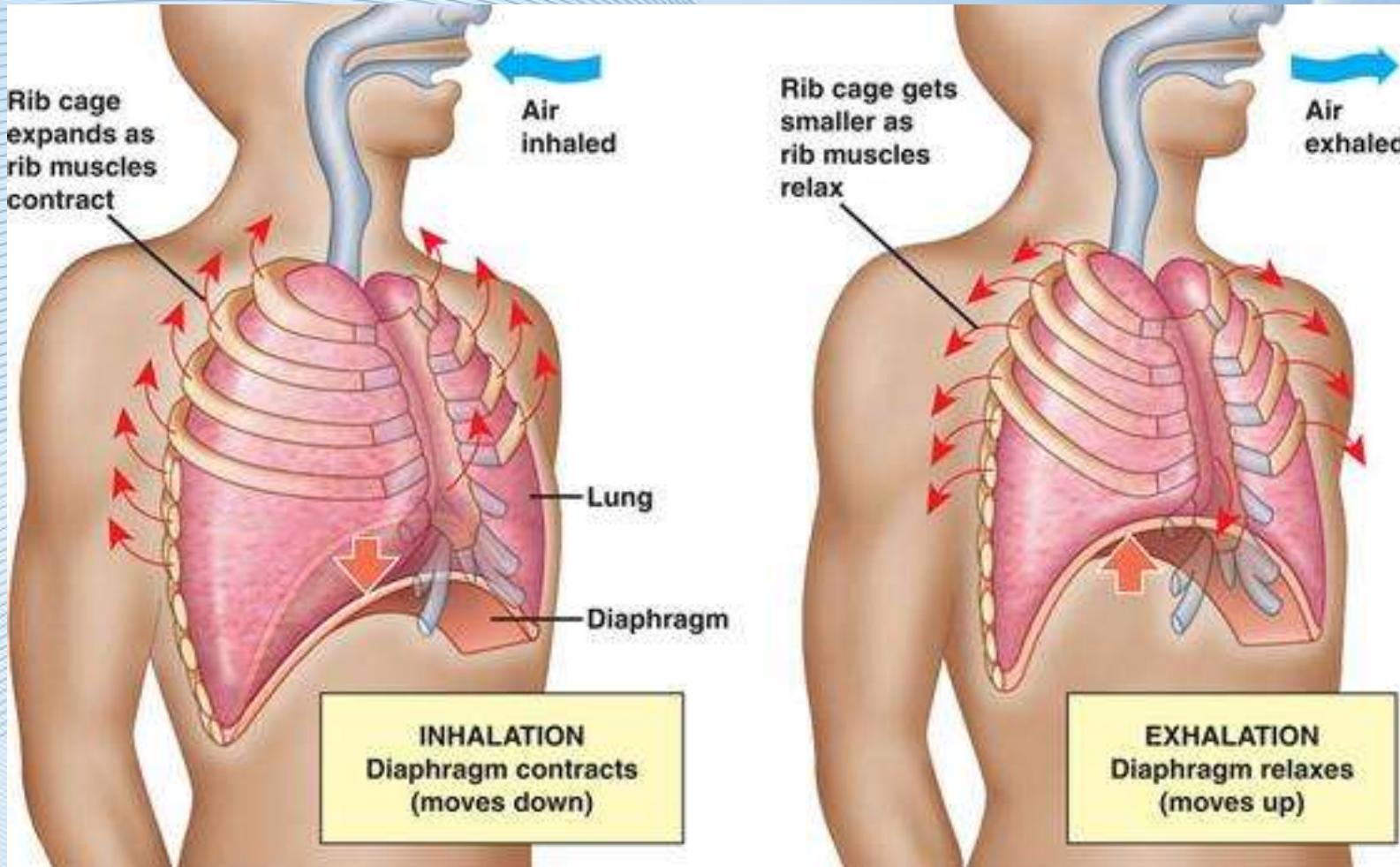


FIZIOLOGIJA DISANJA

Izdah (ekspirijum)

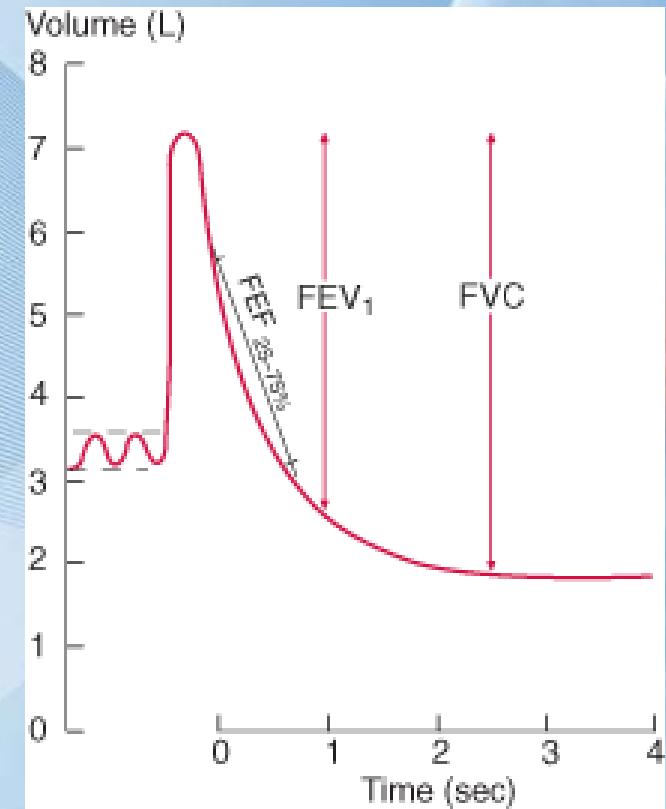
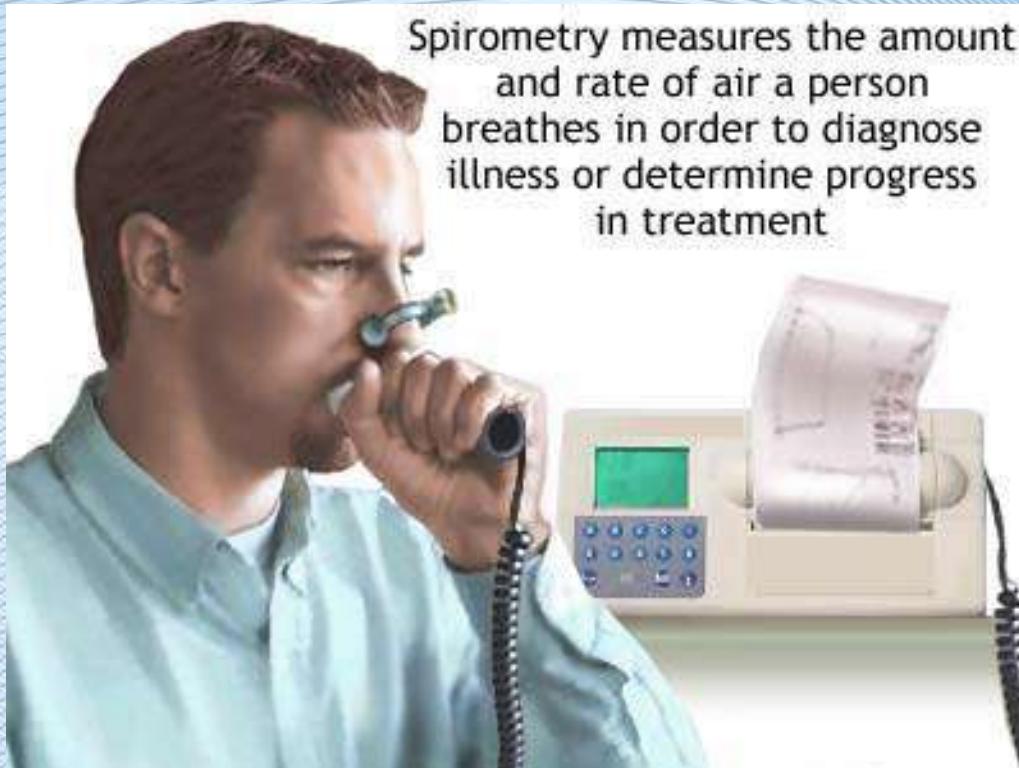
- pri normalnom disanju ekspirijum je pasivan proces, jer ne učestvuju ekspiratori mišići, već je dovoljno da se relaksiraju inspiratori mišići
- elastične sile i sila površinskog napona dovode do smajenja alveola uz porast intraalveolarnog pritiska koji postaje veći od atmosferskog, te na osnovu gradijenta pritiska vazduh napušta pluća
- kod forsiranog disanja aktiviraju se ekspiratori mišići - unutrašnji interkostalni mišići, mišići trbušnog zida

FIZIOLOGIJA DISANJA



FIZIOLOGIJA DISANJA

Spirometrija



FIZIOLOGIJA DISANJA

Plućni volumeni

- statički plućni volumeni se mere metodom spirometrije
- **V_t – tidal (plimni) respiratorični volumen** - količina vazduha koja se udahne ili izdahne tokom mirnog disanja, iznosi oko 500ml
- **Inspiratorični rezervni volumen IRV** - dodatni volumen vazduha koji se može udahnuti posle normalne inspiracije, iznosi oko 3000ml
- **Ekspiratorični rezervni volumen ERV** - volumen vazduha koji se može izdahnuti maksimalnom ekspiracijom nakon normalnog izdaha, iznosi oko 1100ml
- **Rezidualni volumen RV** - količina vazduha koja ostaje u plućima nakon maksimalne ekspiracije, iznosi oko 1200ml
-

FIZIOLOGIJA DISANJA

Plućni kapaciteti

- dobijaju se sabiranjem dva ili više volumena
- **Inspiratori kapacitet IC= $V_t + IRV$** , iznosi oko 3500ml
- **Funkcionalni rezidualni kapacitet FRC= $ERV + RV$** , iznosi oko 2400ml
- **Vitalni kapacitet VC** - zapremina vazduha koju ispitanik može izdahnuti maksimalnom ekspiracijom nakon maksimalnog insiprijuma, obuhvata sve volumene osim rezidualnog i iznosi oko 4700ml
- **Totalni kapacitet TLC** - obuhvata sve volumene i iznosi oko 5900ml



FIZIOLOGIJA DISANJA

Plućni volumeni i kapaciteti

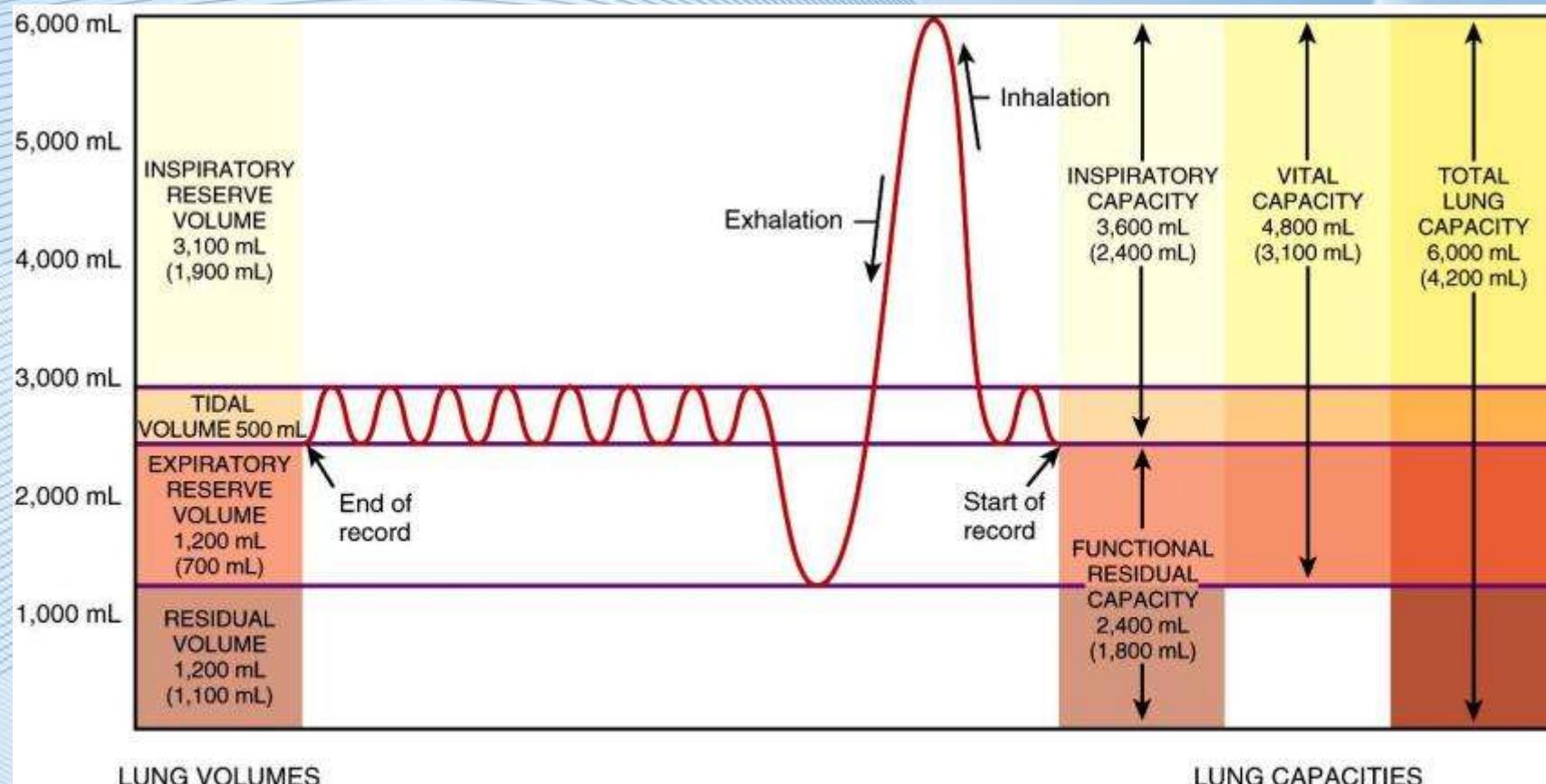
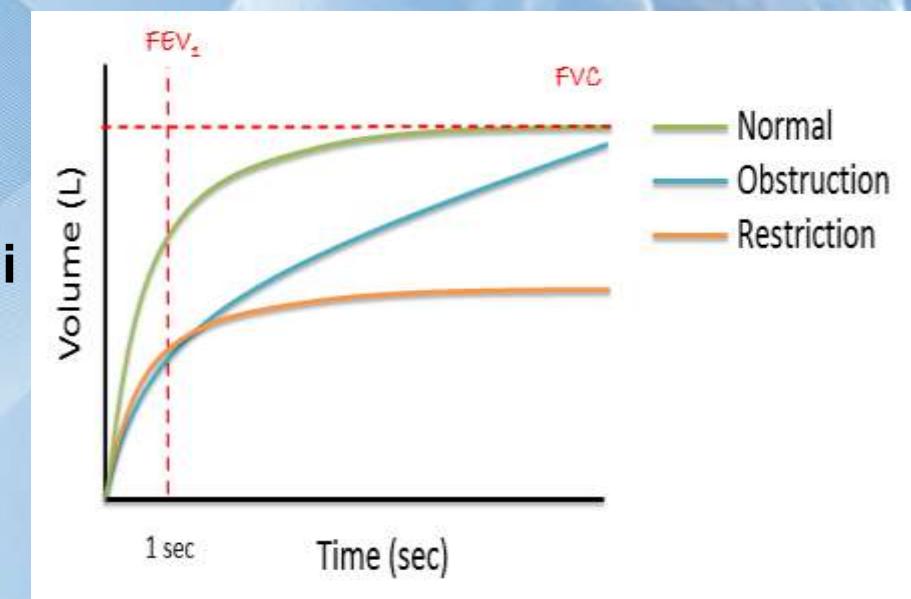


Figure 23.16 Tortora - PAP 12/e
Copyright © John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

FIZIOLOGIJA DISANJA

Dinamički plućni volumeni

- Određuju se pri maksimalnom ekspirijumu, odnosno inspirijumu u funkciji vremena
- **FVC forcirani vitalni kapacitet**
- **FEV₁ forcirani ekspiratorični volumen u prvoj sekundi**
- **MVV maksimalna voljna ventilacija u minuti**



FIZIOLOGIJA DISANJA

Minutna ventilacija MV

- Ukupni volumen vazduha koji prođe kroz pluća u minuti, pri mirnom disanju iznosi oko 6l/min. (V_t 500ml x F 12/min.)

Alveolarna ventilacija Va

- Predstavlja zapreminu vazduha koja dospe do alveola u minuti
- Fiziološki mrtav prostor V_m - volumen disajnih puteva koji ne učestvuje u razmeni gasova
- Anatomski mrtav prostor - deo provodnih puteva i iznosi oko 150ml
- Alveolarna ventilacija u minuti iznos: $V_a = (V_t - V_m) \times F = 4200\text{ml}$
- Alveolarnu ventilaciju više može da poveća promena dubine nego frekvencije disanja

FIZIOLOGIJA DISANJA

Razmena gasova

- na nivou pluća vrši se između alveolarnog vazduha i krvi plućnih kapilara kroz respiratornu membranu, koja se sastoji iz više slojeva
- **Fickov zakon difizuje:** difuzija je proporcionalna površini respiratorne membrane, gradijentu pritisaka gasa i difuzionoj konstanti, a obrnuto debljini respiratorne membrane
- **Daltonov zakon** definiše parcijalni pritisak gasa u smeši gasova odnosom frakcije koncentracije (% od ukupnog gasa) i ukupnog pritiska smeše
- PO_2 u alveolarnom vazduhu iznosi 100mmHg, dok CO_2 40mmHg
- ventilaciono/perfuzioni odnos normalno iznosi 0,8 (frekvenca disanja, respiratori volumen, i MV krvi u fiziol. granicama)

FIZIOLOGIJA DISANJA

Transport kiseonika

- difundovani O_2 iz alveola u krv dalje se transportuje oko 97% vezan za hemoglobin i 3% rastvoren u plazmi
- kriva koja pokazuje zavisnost stepena zasićenja hemoglobina kiseonikom od pritiska kiseonika u krvi naziva se kriva disocijације оksиhemoglobina
- u oksigenisanoj krvi pO_2 iznosi 95mmHg, dok saturacija hemoglobina kiseonikom je 97%, u venskoj krvi koja se vraća u srce pO_2 iznosi 40mmHg, dok je saturacija 75%
- kiseonični kapacitet krvi je maksimalna količina O_2 koja se nalazi u određenoj količi krvi pri potpunom zasićenju hemoglobina; u normalnim uslovima 1l krvi može transportovati 200ml O_2 (dok su potrebe tkiva oko 250ml/min.)

FIZIOLOGIJA DISANJA

Pomeranje krive disocijacije oksihemoglobina

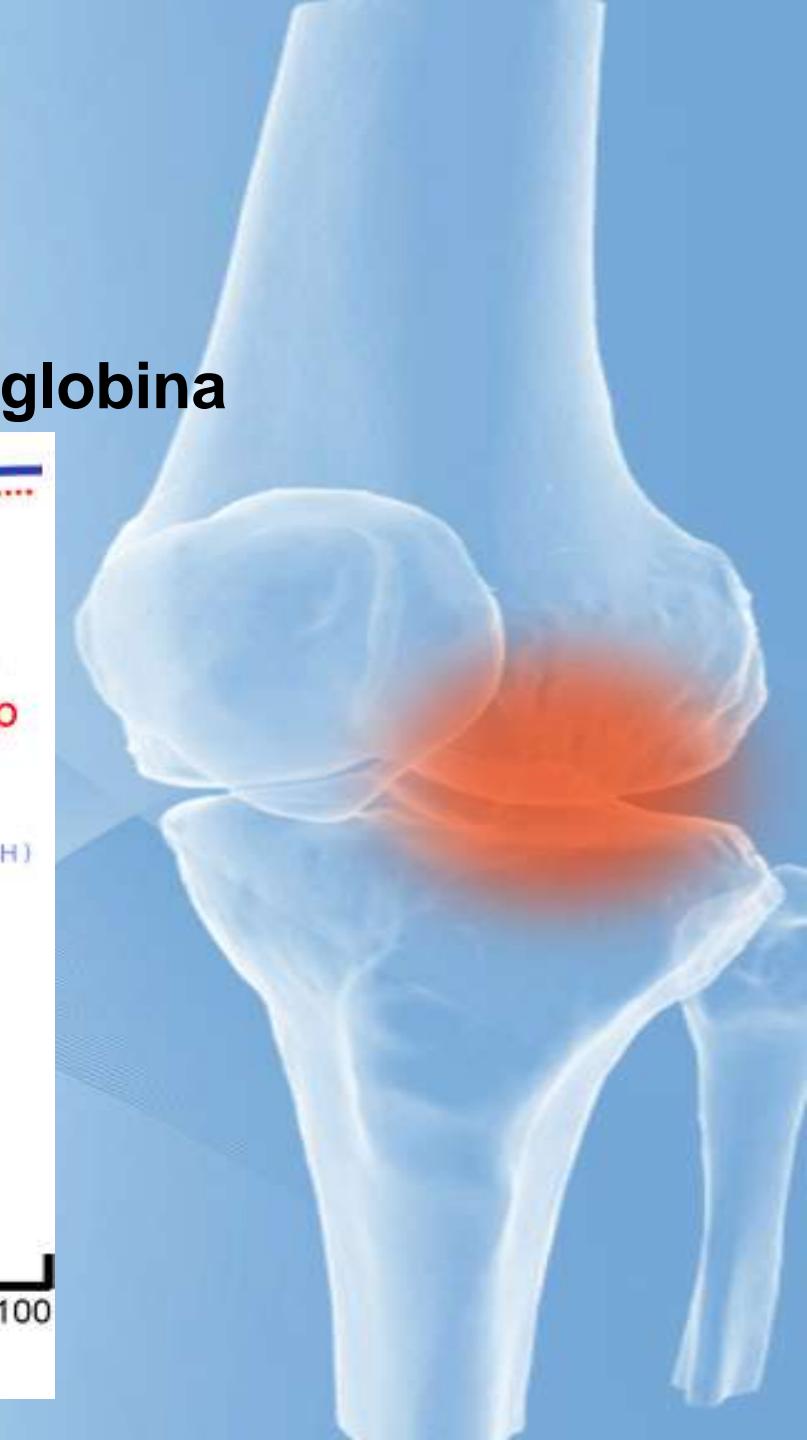
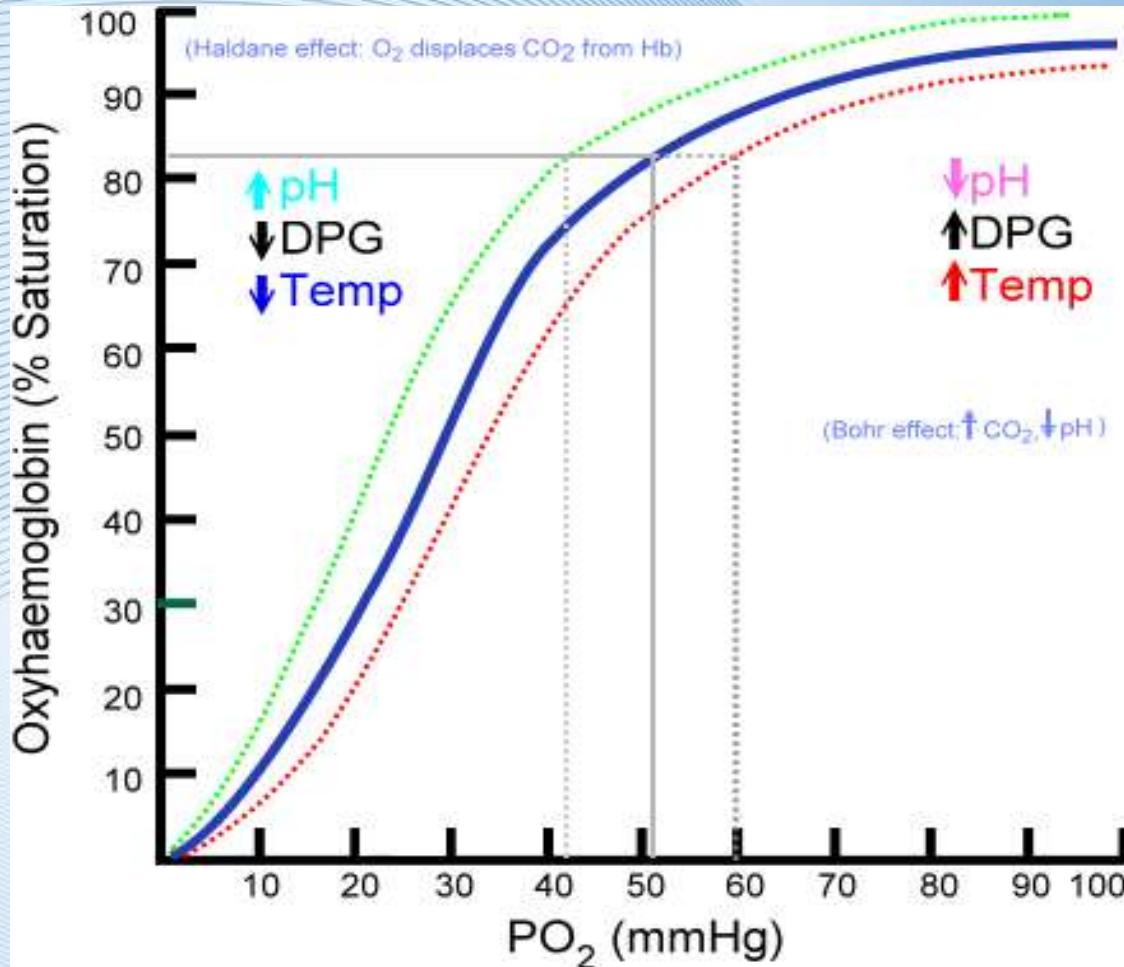
- glavni faktor koji određuje afinitet hemoglobina za vezivanje O₂ jeste parcijalni pritisak O₂ u krvi
- Ostali faktori su:
 - **Temperatura** (povećanje) – smanjuje afinitet Hb za O₂
 - **pCO₂ (povećanje)** i pad pH – **Borov efekat** - smanjuje afinitet Hb za O₂
 - **Povećanje konc. 2,3 difosfoglicerola DPG** - smanjuje afinitet Hb za O₂

Mioglobin

- sličan hemoglobinu, ali vezuje jedan molekul kiseonika, predstavlja značajan rezervoar O₂ u mišićima

FIZIOLOGIJA DISANJA

Pomeranje krive disocijacije oksihemoglobina



FIZIOLOGIJA DISANJA

Vezivanje CO

- vezuje se na istom mestu za Hb kao i kiseonik gradeći karboksihemoglobin, sa tim da CO istiskuje O₂ jer je afinitet za Hb oko 250 puta veći

Transport ugljendioksida

- tkiva u mirovanju proizvode oko 200ml /min. CO₂, količina ugljendioksida obično je veća 400-500ml/min. ; što je značajno za održavanje bikarbonatnog pufera
- **Ugljen dioksid se transportuje na tri načina:** u obliku bikarbonata (70%), vezan za hemoglobin (karbaminohb) i proteine plazme (23%) i kao fizički rastvoren (7%)
- **Haldaneov efekat** – povećanjem pO₂ smanjuje se afinitet Hb za CO₂

FIZIOLOGIJA DISANJA

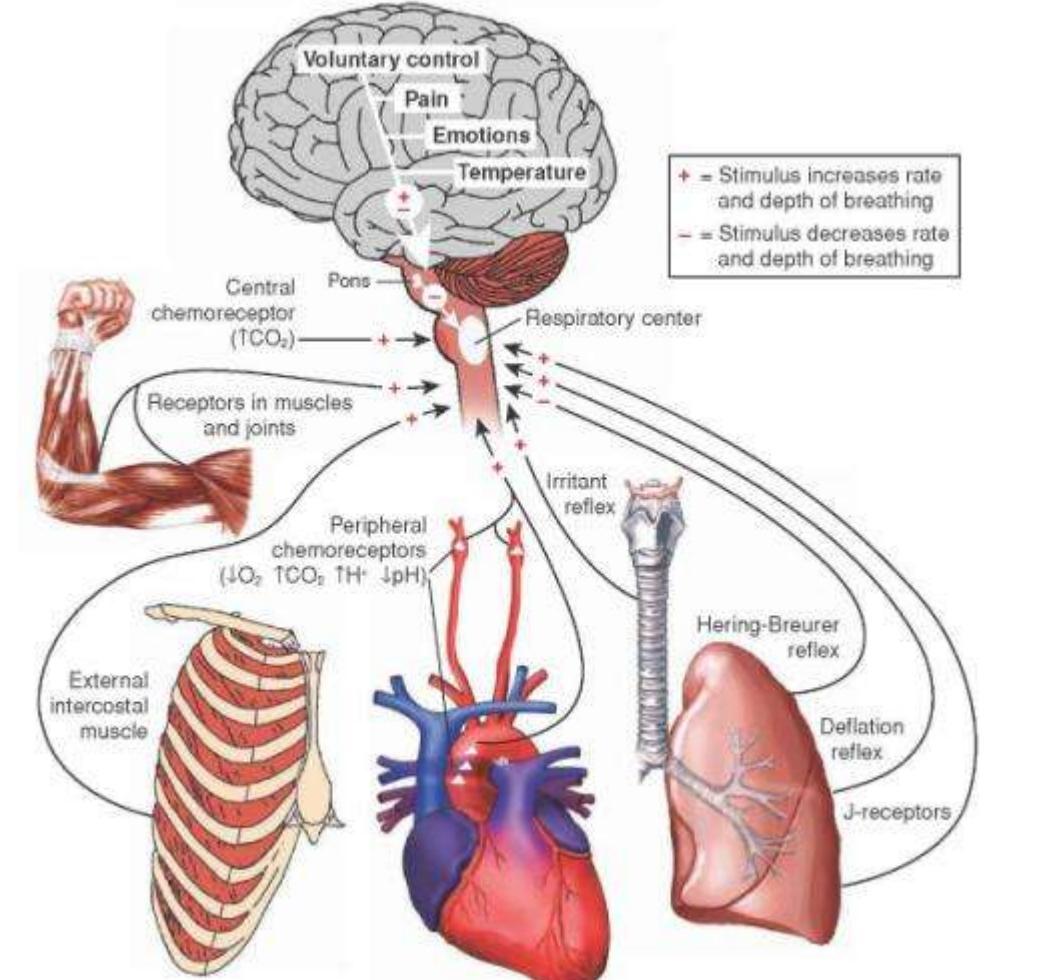
Regulacija disanja

- motoneuroni koji kontrolišu respiratorne mišiće imaju voljnu i automatsku kontrolu
- **voljna kontrola** potiče iz cerebralnog korteksa koji šalje impulse preko spinalnog i kortikobulbnog trakta do produžene moždine
- ovo je značajno kod složenih motornih aktivnosti – govor, pevanje, sviranje duvačkih instrumenata, ronjenje
- **automatsko disanje** preovlađuje tokom najvećeg dela dana, a isključivo se javlja pri spavanju, centar za automatsku kontrolu predstavlja grupa neurona retikularne formacije produžene moždine i ponsa

FIZIOLOGIJA DISANJA

Hemijska kontrola disanja

- cilj disanja je održavanje tkivnih koncentracija O_2 , CO_2 i H^+ na odgovarajućim vrednostima
- promene ovih koncentracija deluju na **hemoreceptore** koji mogu biti centralni (produžena moždina) i periferni (u aortnim i karotidnim telašcima)





HVALA NA PAŽNJI!