

Анатомија и физиологија на респираторниот систем



Виш науч.сор.др.Јагода Стојковиќ

Респираторен систем:

претставува сет на органи со кој кислородот се носи до органите на телото и каде се врши размената на кислород и јаглерод двооксид;

Кај цицачите системот ги вклучува **носната шуплина, грлото, душникот, бронхиите и белите дробови и дијафрагмата.**

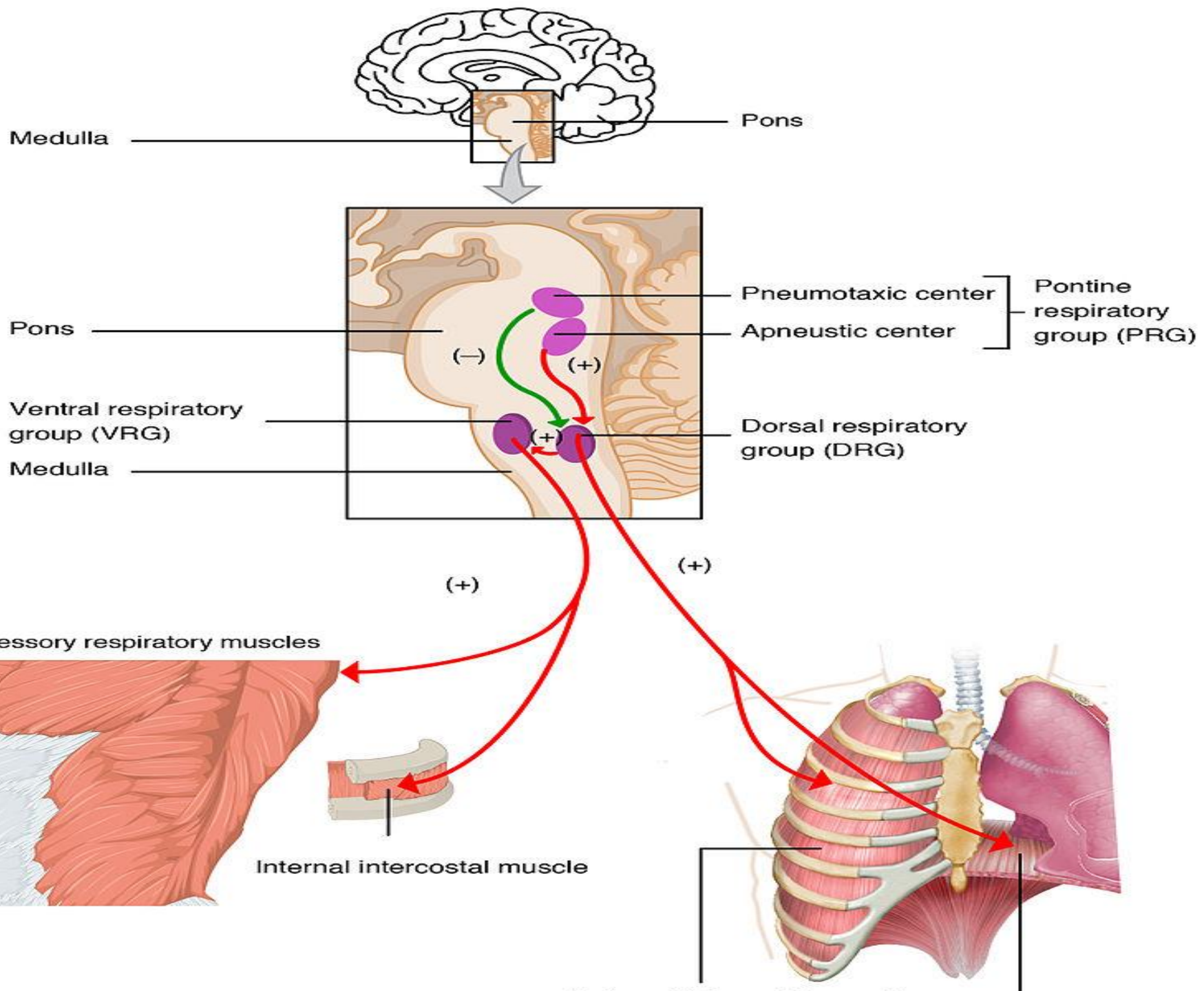
За нормална респираторна активност потребно е нормална функција за **центарот за дишење, а и да е очуван коскениот и мискулен состав на градниот кош.**

Респираторните центри се наоѓаат во понс, продолжен мозок и медула спиналис, кои се дел од пристапот на мозочното стебло.

Преку овие центри во понсот и медулата на мозокот се врши контролира на ритмот на дишењето, како одговор на промените во нивото на **кислород, јаглерод двооксид и водородни јони** во крвта и **цереброспиналната течност.**

Ваквите промени ги активираат **централните и периферните хеморецептори**, кои испраќаат импулси на респираторниот центар, што предизвика зголемување или намалување на **фреквенцијата на дишење.**

- Кај пациенти со респираторна болест со задржување на јаглеродниот двооксид во телото, респираторниот центар станува неосетлив на неговата надразбата, а главниот поттик за одржување на вентилацијата е хипоксемија.
- Ако таквите пациенти вдишуваат воздух со висока содржина на кислород, со што ја исправаме хипооксемијата, може да дојде до депресија на центарот за дишење, што доведува до натамошно зголемување на нивото на јаглерод двооксид во крвта.
- Респираторниот центар може да биде инхибиран и од лекови како: барбитурати, анестетици, лекови за смирување, и морфиум.



Анатомија на респираторниот систем

1. Горно респираторн систем

-функцијата е да го затопли, прочисти и развлажни воздухот

-тоа е носот, носната шуплина, синусите и епифаринкс фаринскот и ларинкс.

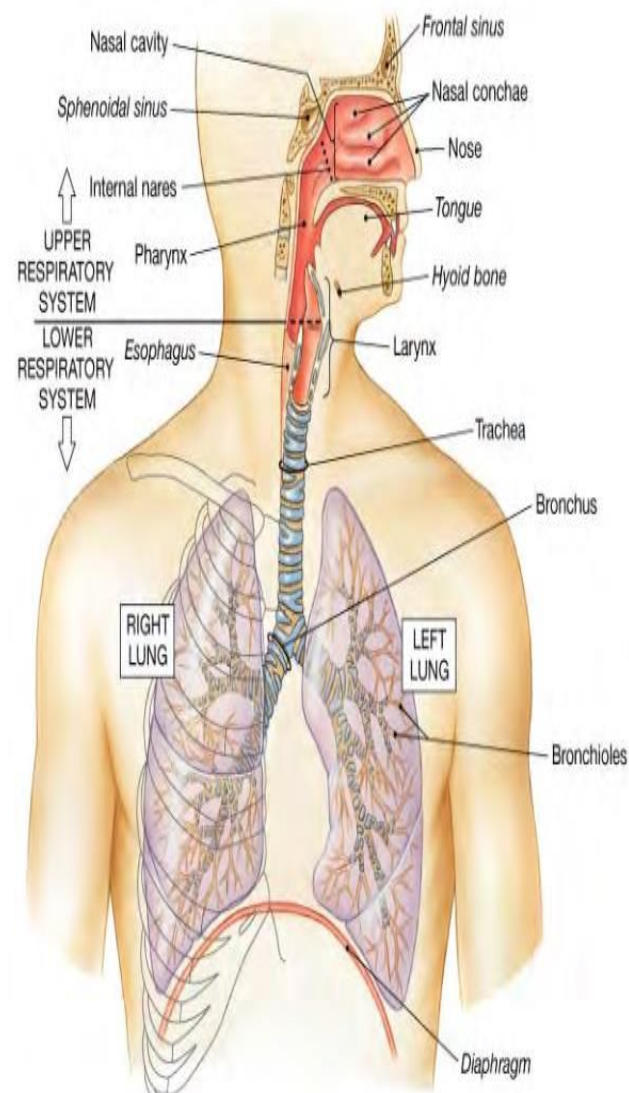
2. Долно респираторен систем:

А.спроводен дел

(го носи воздухот до респираторната површина- трахеа, бронхи, бронхиоли).

Б.Респираторен дел

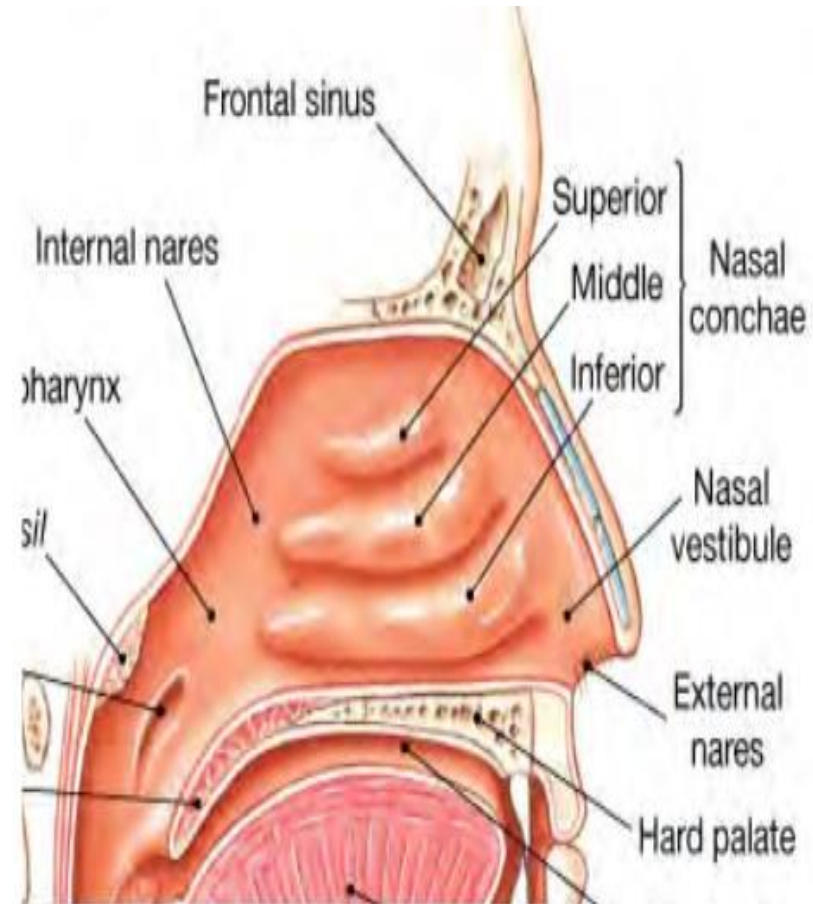
(размена на гасови-терминални бронхиоли, алвеоларните сакулуси и алвеолите).



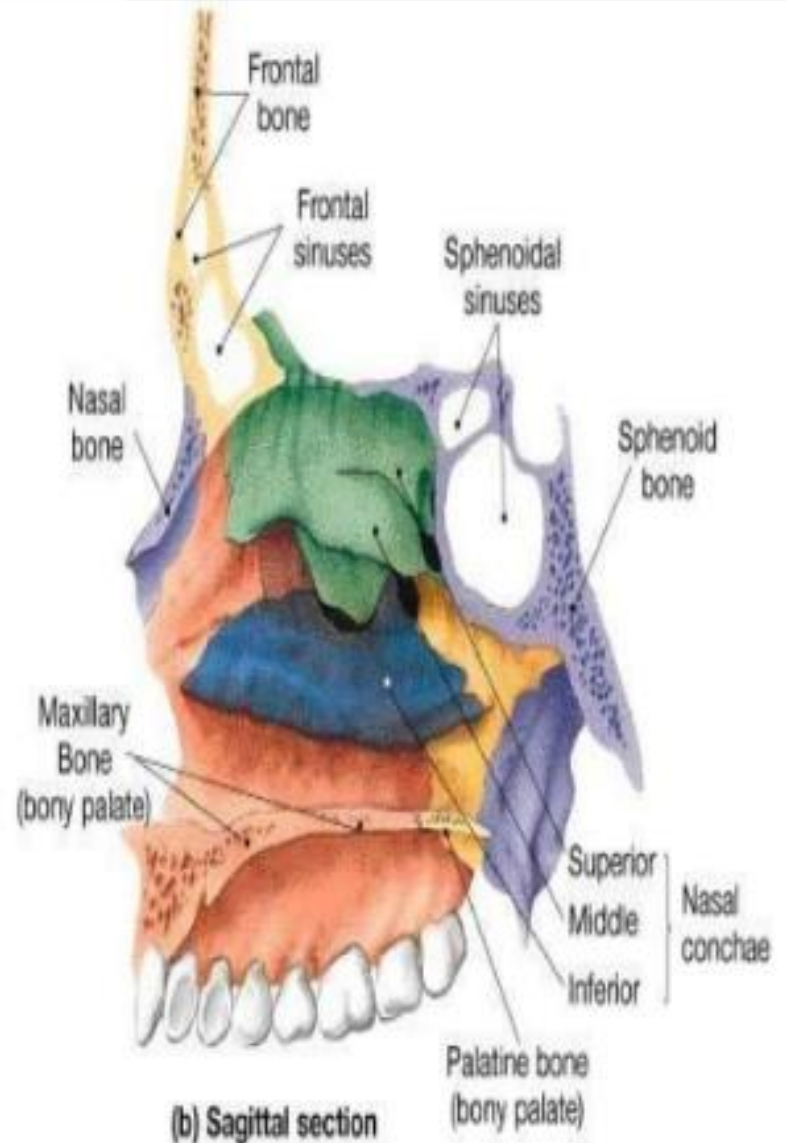
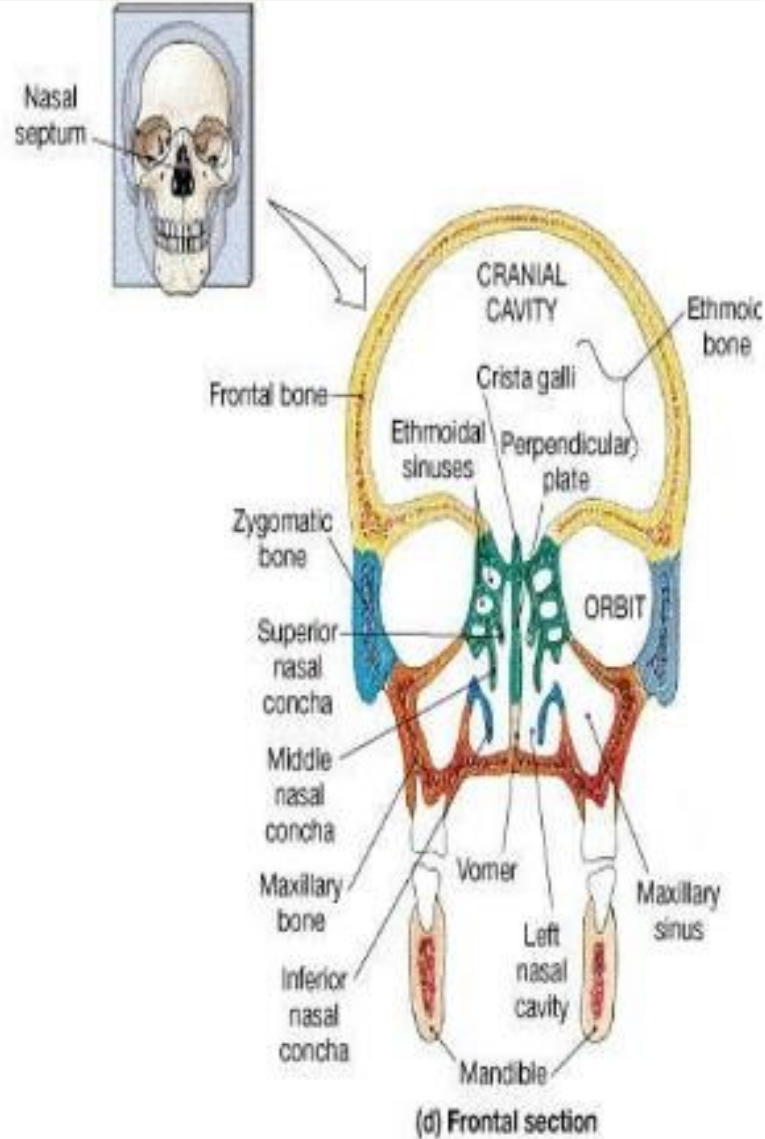
Горно респираторен систем

1. Нос празнина

- поделена на десен и лев дел со носниот септум
- горен дел има олфакторен епител
- назални конхи:горна, средна и долна се проектираат од обете страни во носната празнина.



Paranasal Sinuses



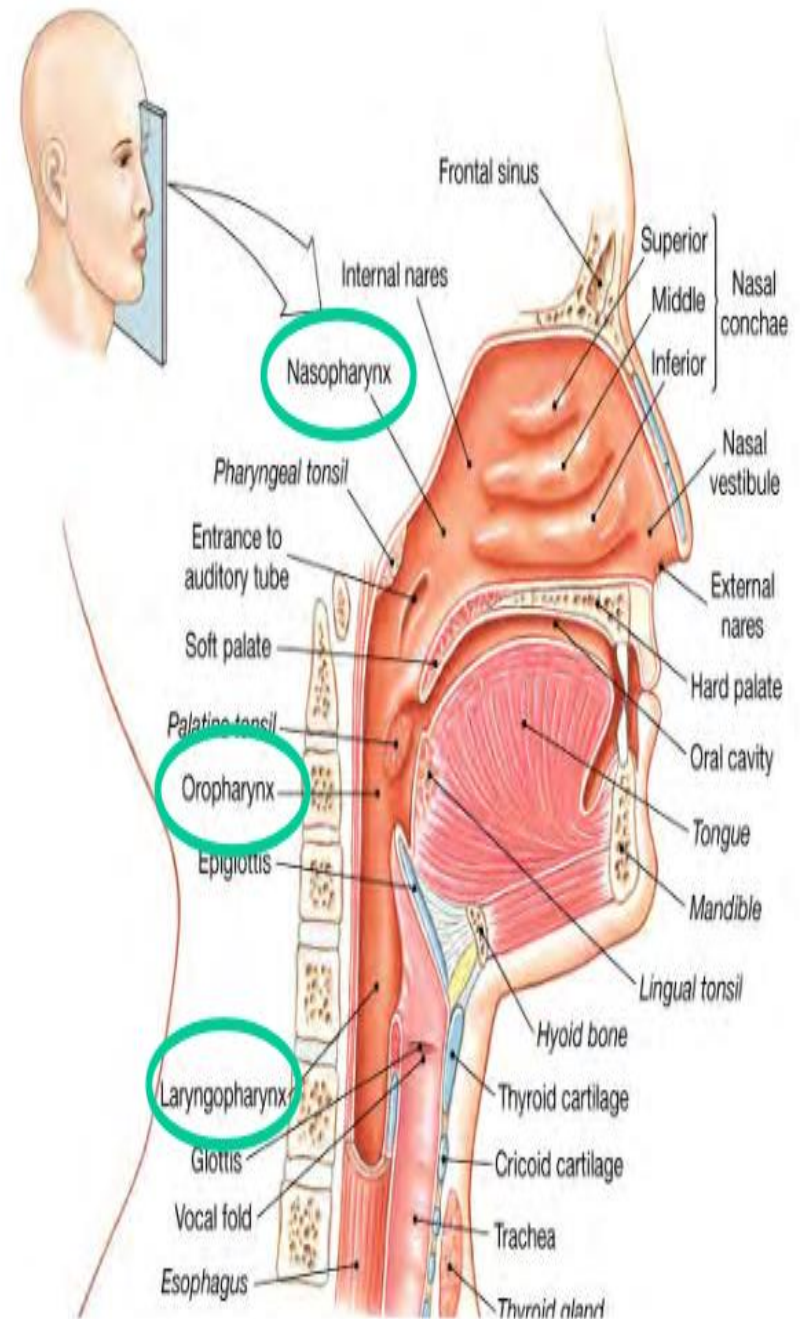
2. Фаринкас

-комора помеѓу
внатрешни ноздри и
влезот на ларинксот и
езофагус.

Се состои од три дела:

Насофаринкс:

- постериорно носната шуплина,
- псеудоstrатифициран цилиндричниот епител
- се затвара од страна на мекото непце и увулата за време на голтањето
- фарингеалниот крајник се наоѓа на задниот ѕид
- аудитивни туби се отвораат тука

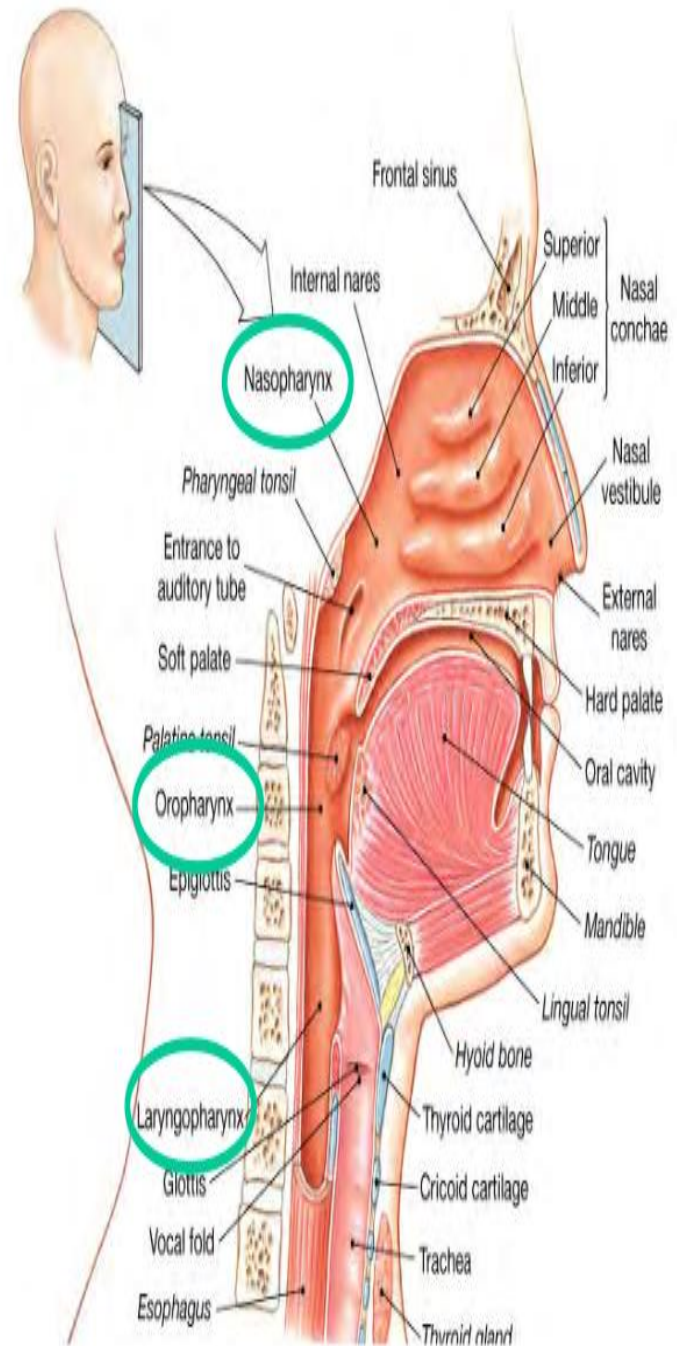


3. Орофаринкс

- зад усната празнина
- стратифициран плочест епител
- палатинални и лингвални тонзили

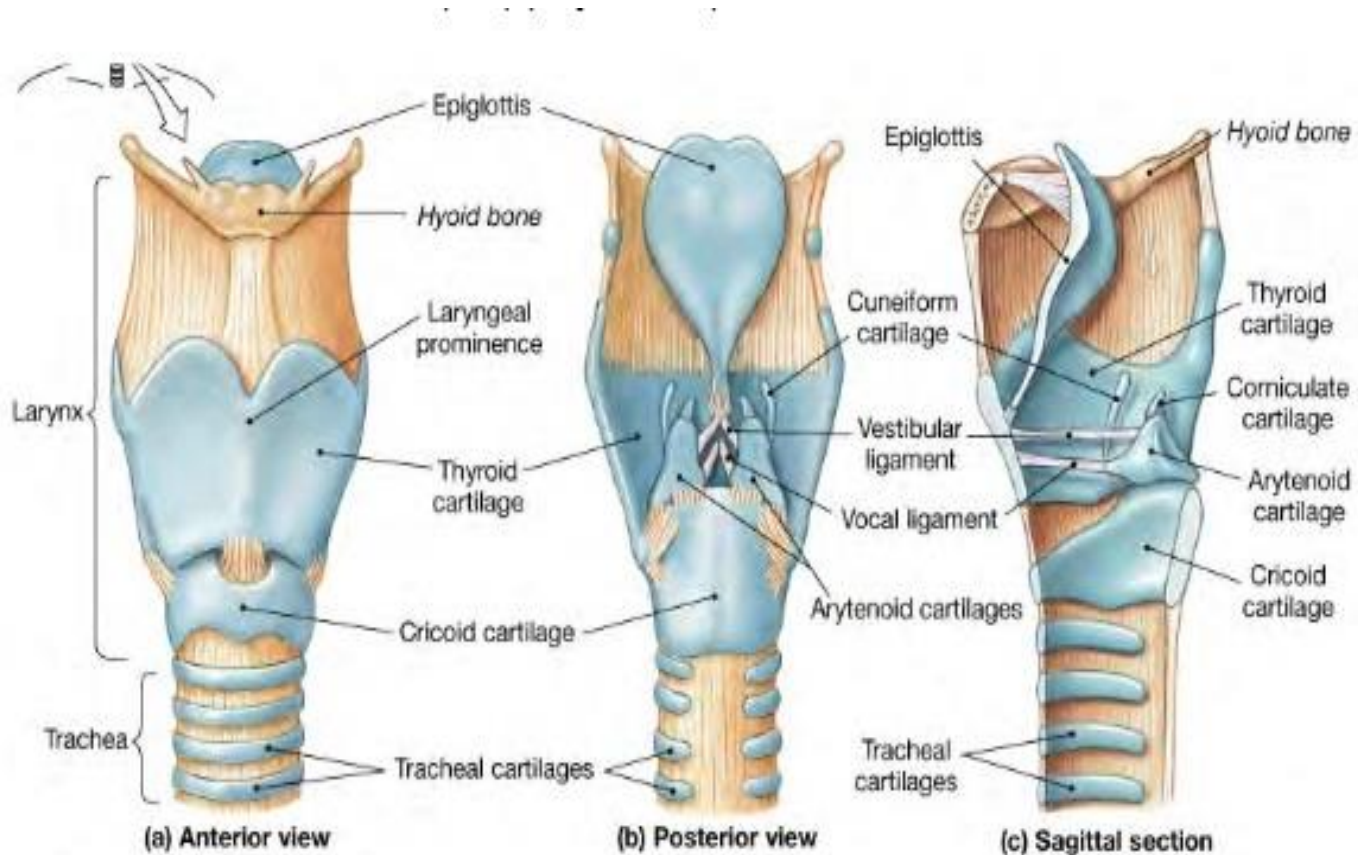
4. Ларингофаринкс

- под орофаринкс
- обложен со плочест епител
- продолжува кон езофагусот

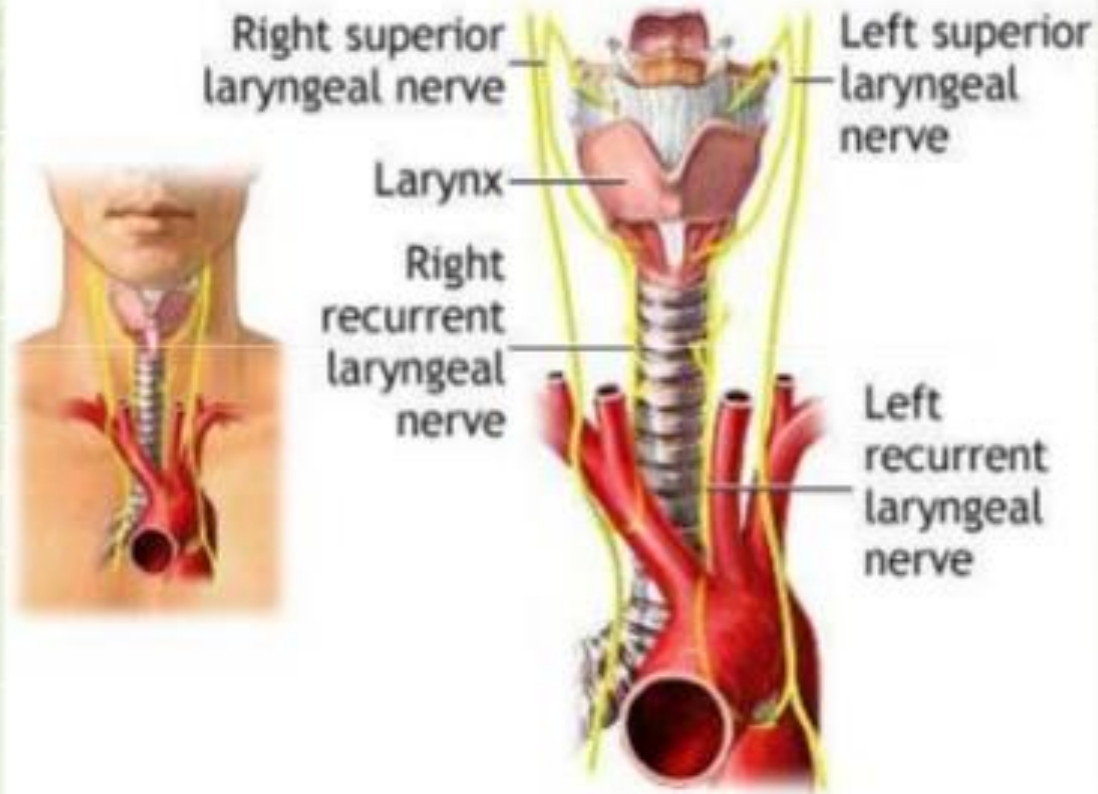


4. Ларинкс (гласовна кутија)

-хијалина рскавица околу глотисот, се отвара од ларингофаринкс кон трахеа, го содржи епиглотисот кој го затвара глотисот за време на голтањето



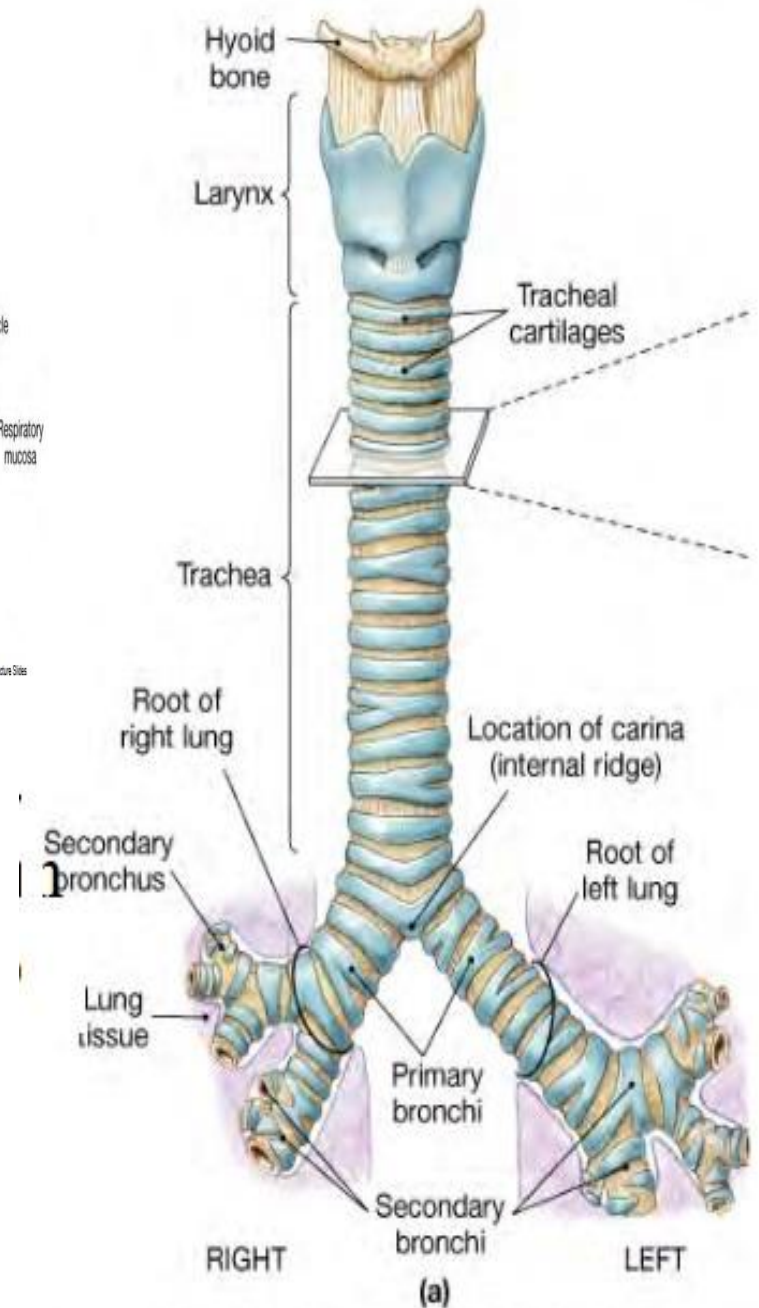
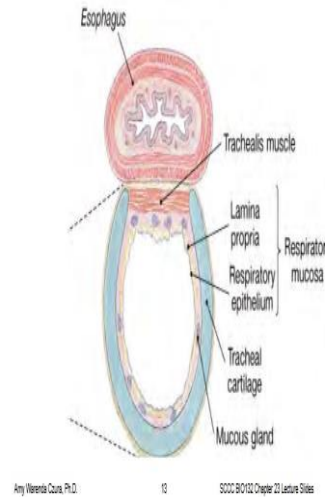
LARYNX



Долно респираторен систем

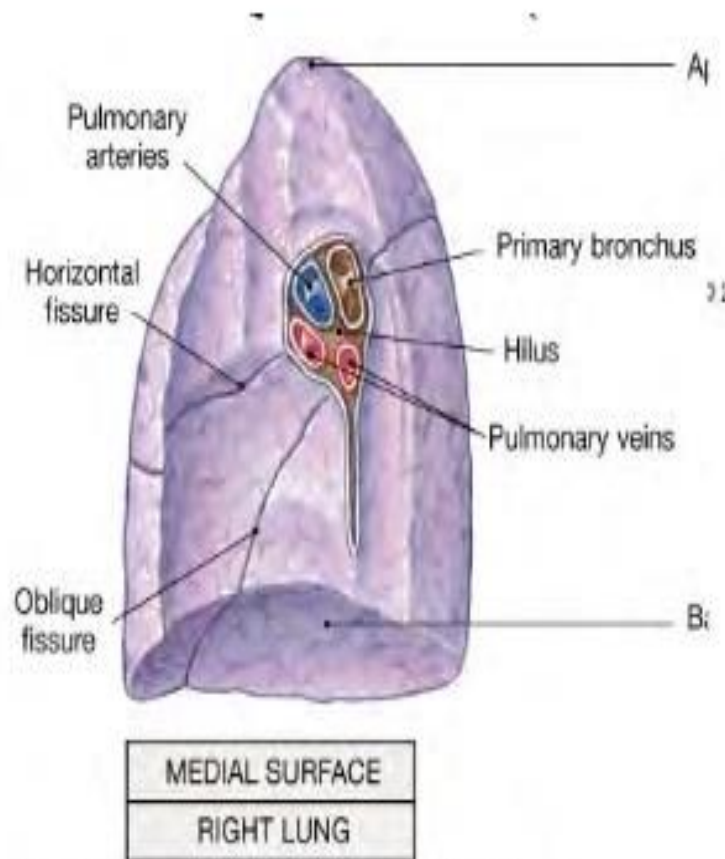
5. Трахеа

- продолжува под ларинксот
- сидот се состои од три слоја:
 - мукоза:** псеудостартифициран кубичен епител, пехарести клетки, ламина проприја со мазни мускули и жлезди
 - сумукоза:** сврзно ткиво со додатни мукозни жлезди
 - адвентиција:** сврзно ткиво со рскавични прстени краевите се врзани со трахеалните мускули



6. Главни бронхи

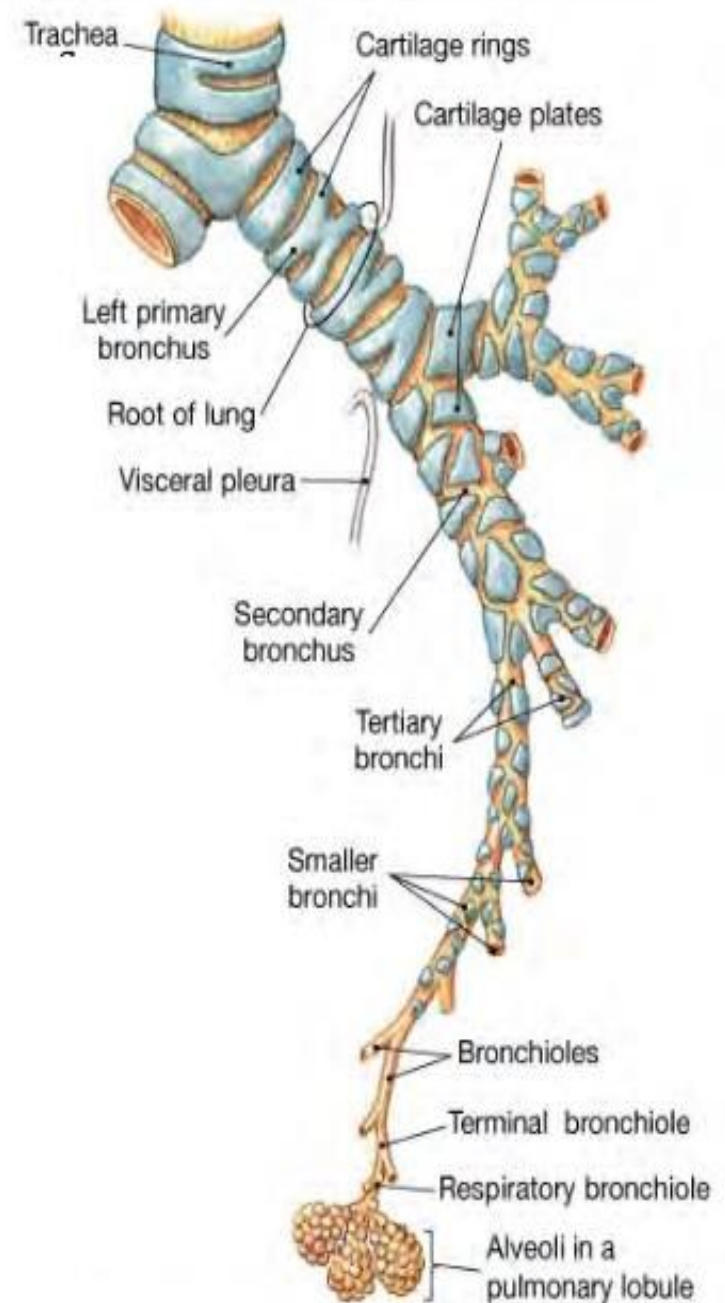
трахеата се дели на десен и лев главен бронх
-имаат слична структура како и трахеата но без трахеални мускули
-десниот е со поостер агол
-влегуваат во белите дробови во хилусот заедно со крвните и лимфните садови



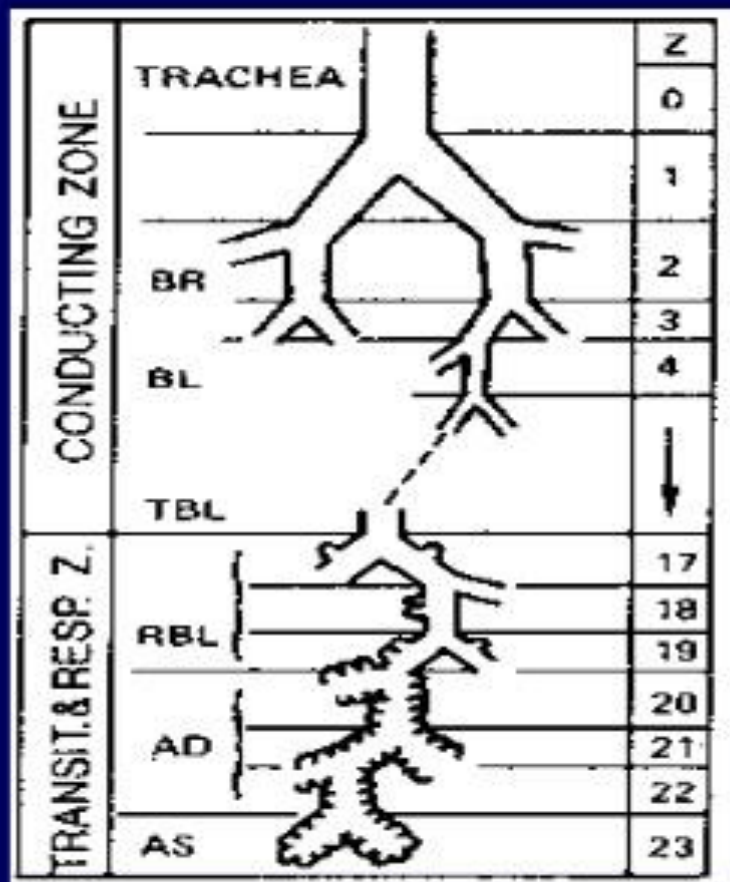
-Во белите дробови бронхите дихотомно се гранаат, стануваат се помали во дијаметар, се делат 23 пати, создавајќи го бронхалното стебло

-Како бронхите стануваат се помали структурата се менува:

1. помалку рскавица во адвентицијата
2. повеќе мазни мускули во ламина проприја
3. Епителот станува потенок, со помалку цилии и помалку мукус



The Airways



- Conducting zone: no gas exchange occurs
 - Anatomic dead space
- Transitional zone: alveoli appear, but are not great in number
- Respiratory zone: contain the alveolar sacs

Weibel ER: Morphometry of the Human Lung. Berlin and New York: Springer-Verlag, 1963

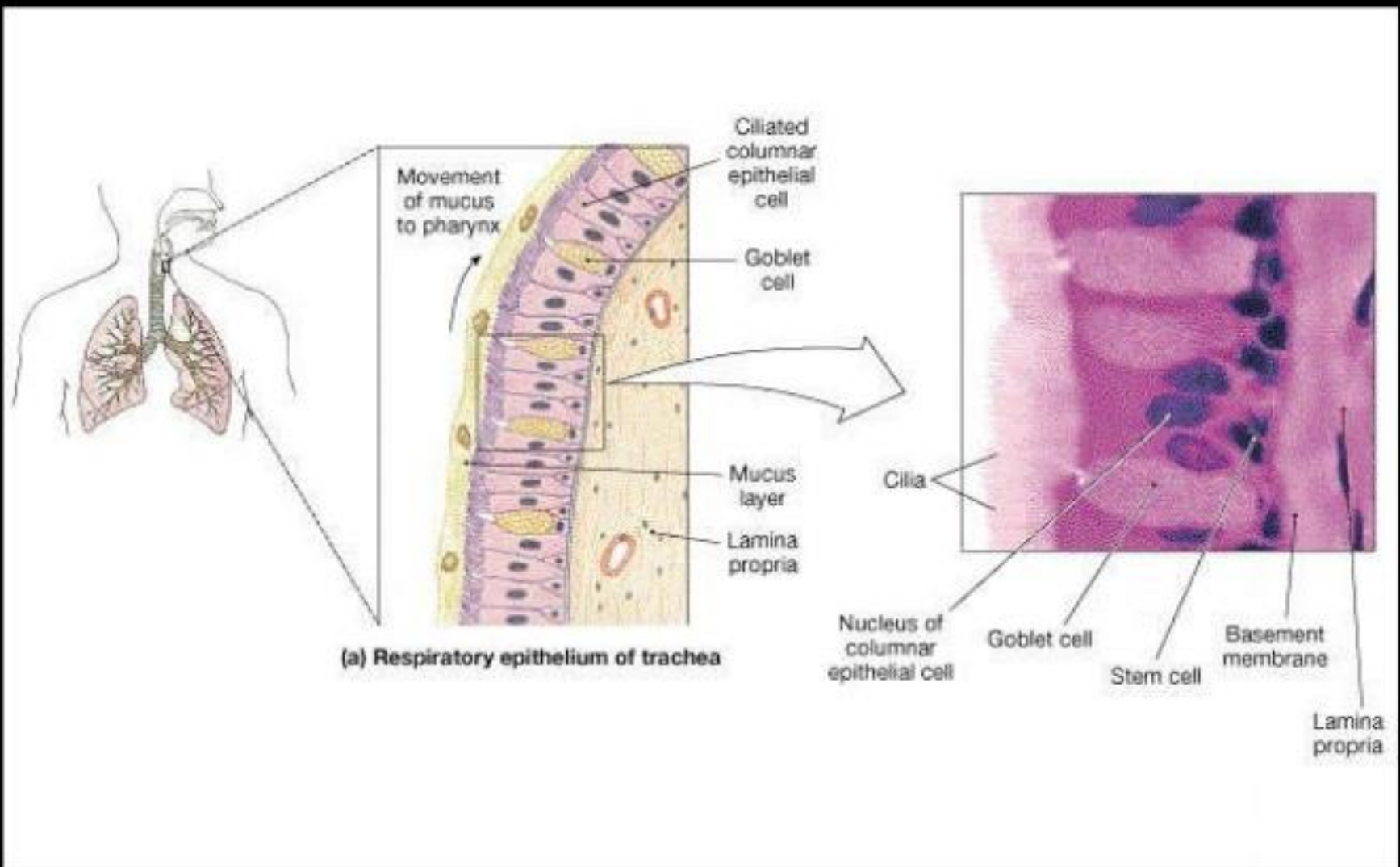
8. Терминални бронхиоли

-најмалите бронхи во респираторното стебло немаат рскавица и се последен дел од спроводниот дел

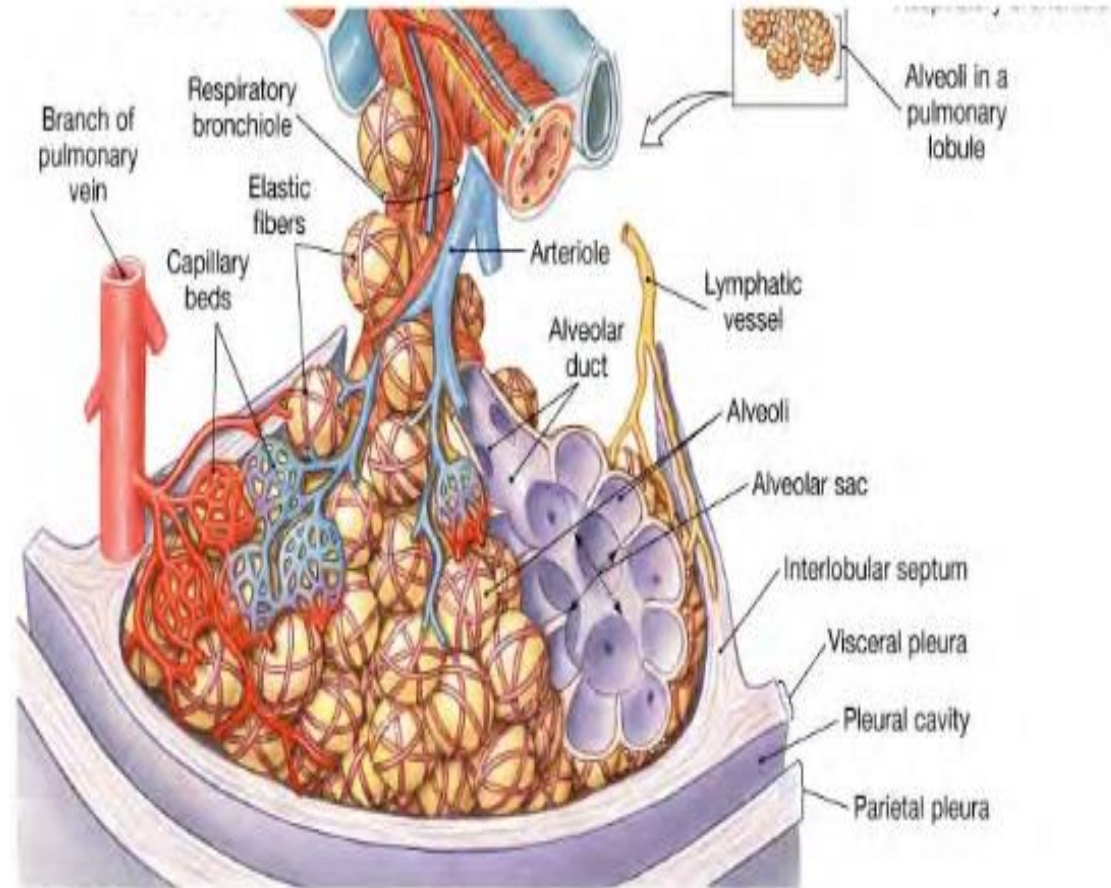
Трахеата, бронхите и бронхиолите се инервирани од автономниот нервен ситем, со цел да се контролира воздушниот проток во белите дробови: симпатичниот=бронходилатацијата и парасимпатичниот=бронхоконстрикцијата.



The Respiratory Epithelium



-секоја терминална бронхиола носи воздух до една пулмонарел лобулус,
-во лобулусот, терминалната бронхиола се дели на респираторни бронхиоли, без цилии или мукос,
-секоја терминална бронхиола се поврзува со алвеоларниот сакулус кој е составен од многу алвеоли

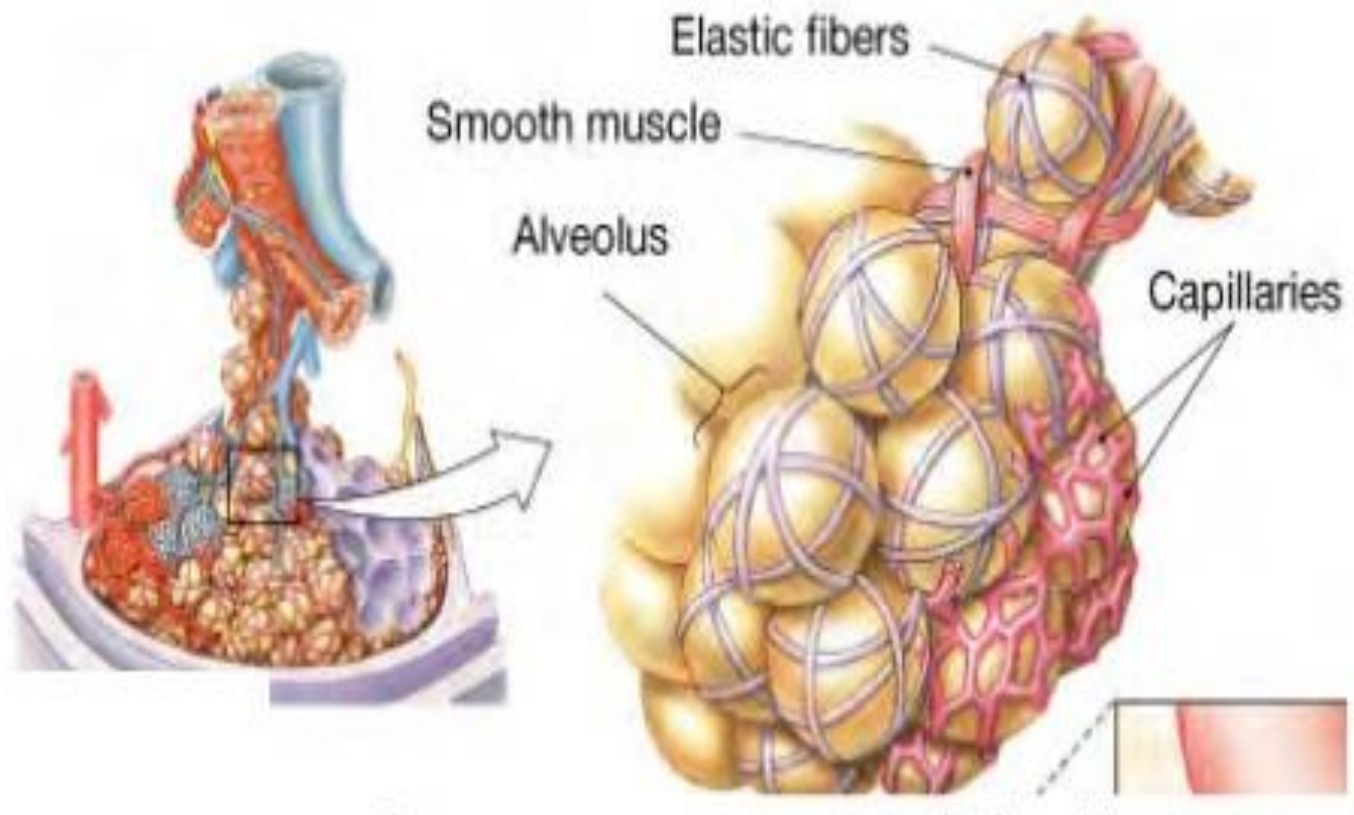


(b)

8. Алвеоли

-завиткани во капилари (300 милиони, 60-80 м²)

-се држат во место со еластични влакна

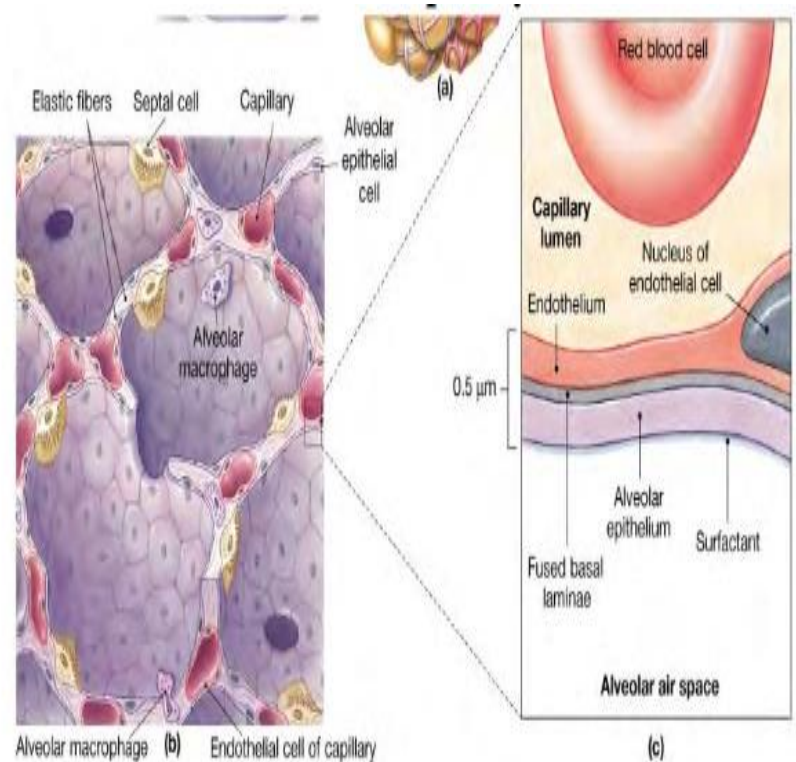


-обложени се со три типа на клетки:

- 1. Тип 1 клетки:** едноставен плочест епител (се врши размена на гасовите)
- 2. Тип 2 клетки:** кубоидни епителни клетки, продуцираат сурфактант (фосфолипиди+протеини).

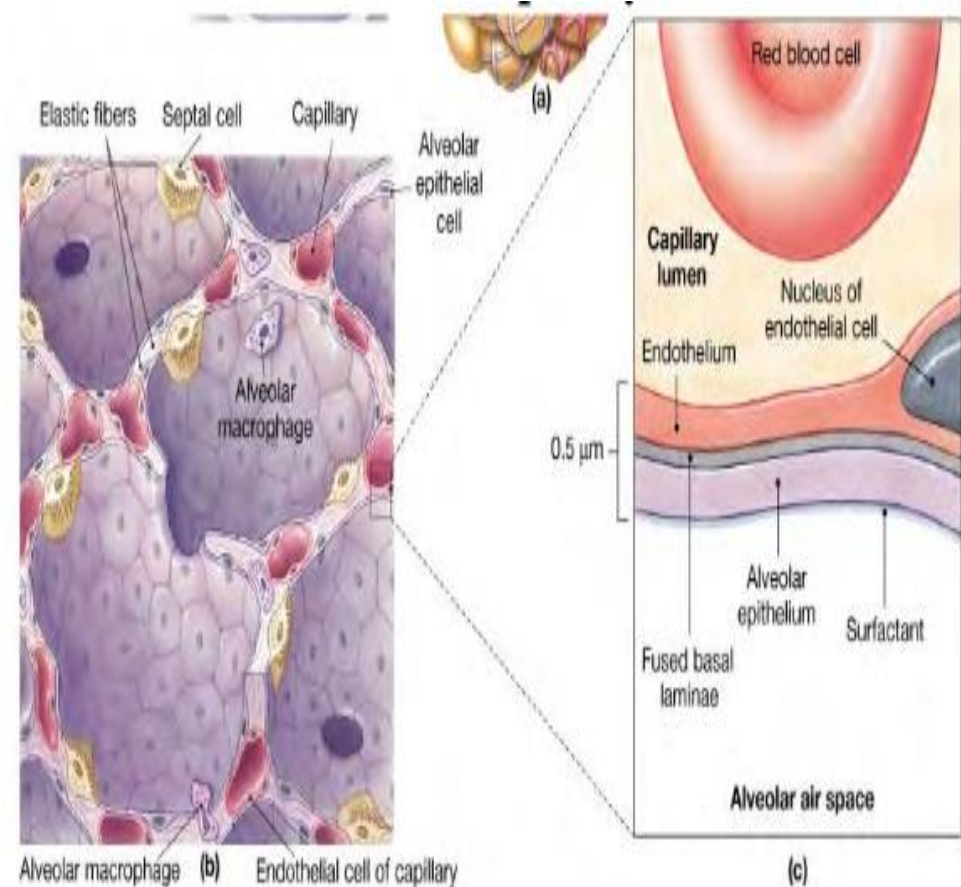
го намалува површинскиот
напон на алвеолите,
превенира
колапс на алвеолите

3. Алвеоларни макрофаги:
фагоцитираат разни
партикли



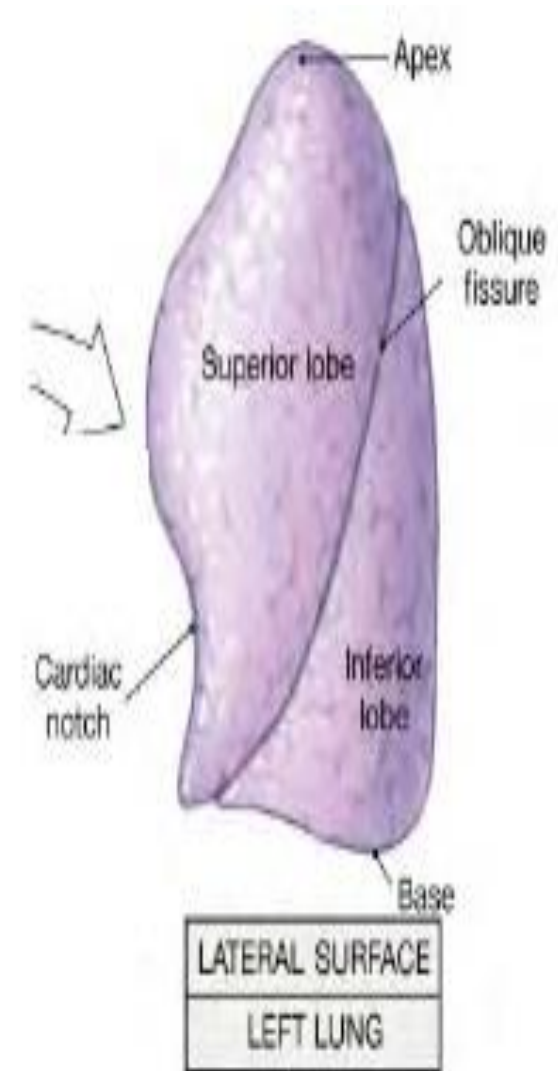
- алвеолите се поврзани со соседните со алвеоларните пори (за да се изедначи притисокот)
- размената на гасовите се врши низ респираторната мембрана (0,5 μ m дебелина) која ја сочинуваат:

- 1.тип I клетките од алвеолите**
- 2.тенката базална ламина**
- 3.ендотелните клетки на капиларите**

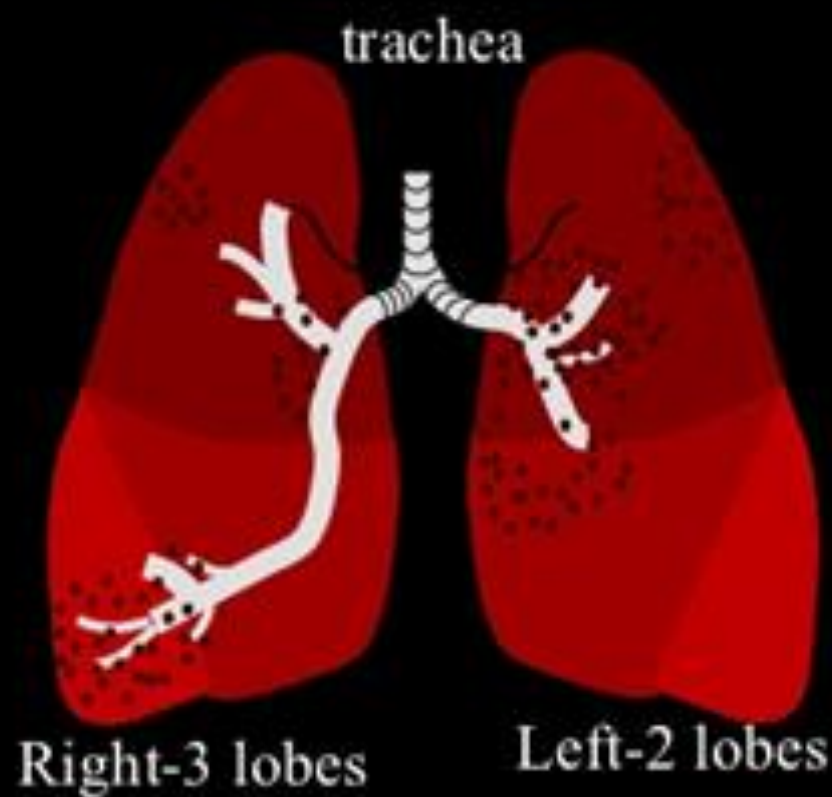


Анатомија на белите дробови:

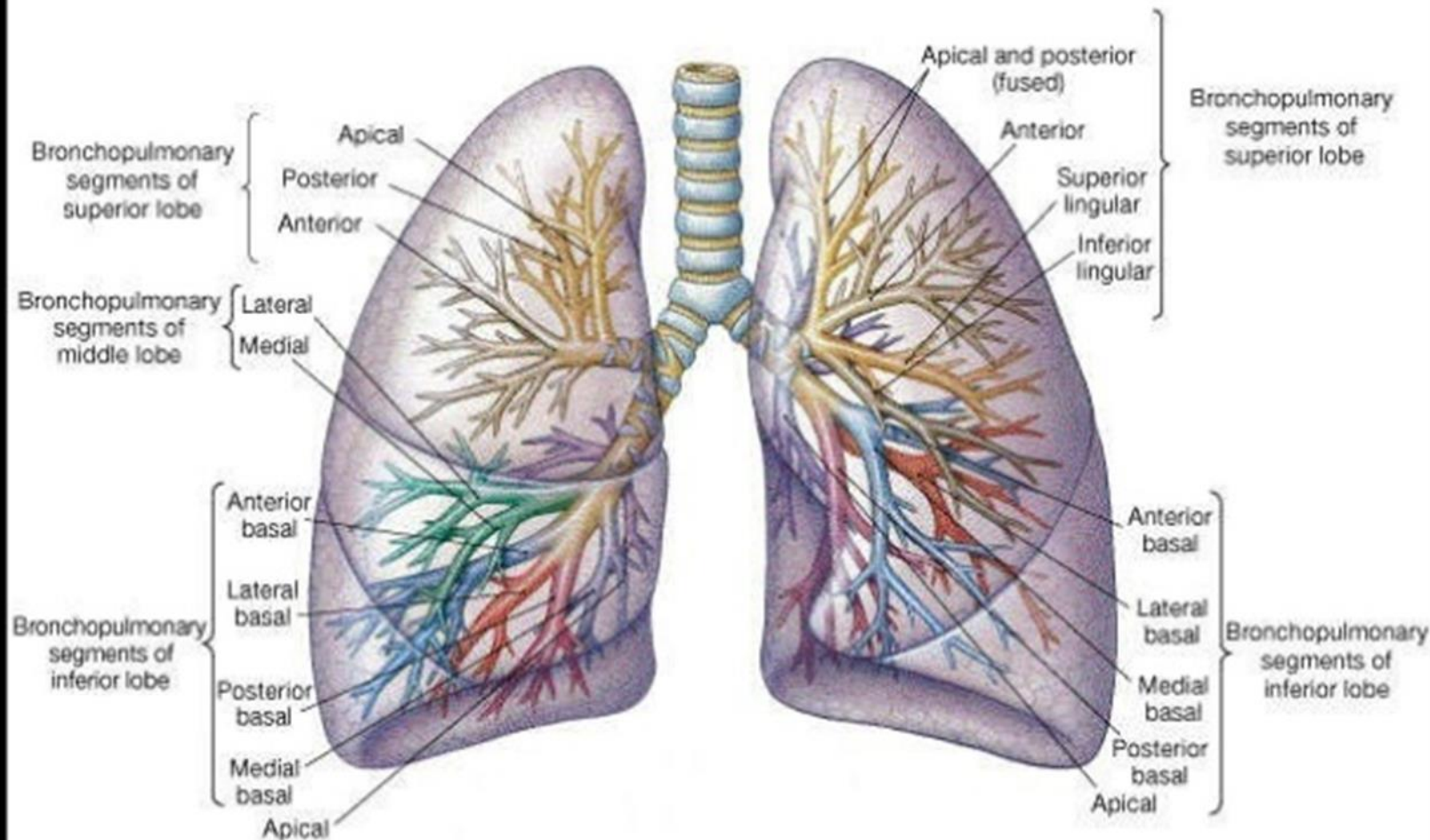
- белите дробови имаат конкавна база, лежат на дијафрагмата
- десно: 3 лобуси
- лево: 2 лобуси (акомодирано срцето)
- сместени во **плевралната шуплина**
- шуплината е обложена со париеталната плеура и висцералната плеура со која се прекриени белите дробови
- двете плеури продуцираат серозна течност за да го намалат триењето за време на ширењето на белите дробови



THE LUNGS



Lobes of the Lungs



(a) Bronchial divisions and bronchopulmonary segments, anterior view

Белодробната циркулација е делот на кардиоваскуларниот систем кој ја пренесува деоксигенирана крв од срцето во белите дробови, и се враќа со крв оксигенирана (богата со кислород) назад во срцето.

Терминот белодробна циркулацијата е утврдено за лесно да се споредува со системската циркулација.

Pulmonary Circuit

Right pulmonary artery

Left pulmonary artery

Right pulmonary veins

Left pulmonary veins

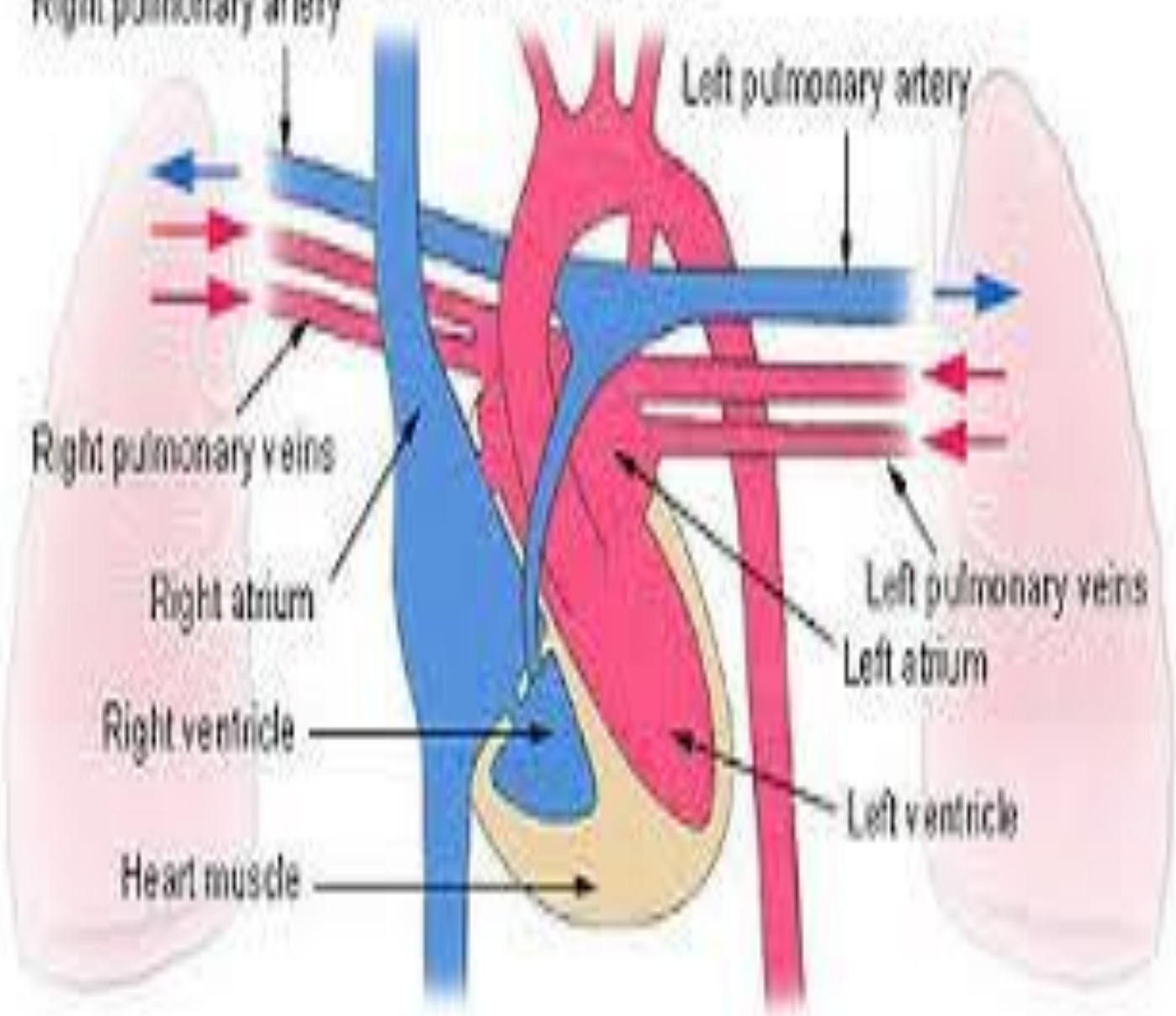
Right atrium

Left atrium

Right ventricle

Left ventricle

Heart muscle



Соматскиот нервен систем се состои од френичките нерви на дијафрагмата и меѓуребрениите нерви кои ги инервираат меѓуребрениите мускули.

Автономниот нервен систем се состои од симпатички и парасимпатички нервни влакна. Инервацијата на белите дробови се состои од парасимпатична (холинергична) и симпатичка (адренергична) компонента.

Вагусните нерви ја сочинуваат парасимпатичката компонента и се вклучени во одржувањето на дишните патишта и нивниот калибар. Стимулацијата на вагусните нерви предизвикува ослободување на невротрансмитер ацетилхолин кој предизвикува констрикција на дишните патишта. Оваа активност пред се е во големите дишни патишта.

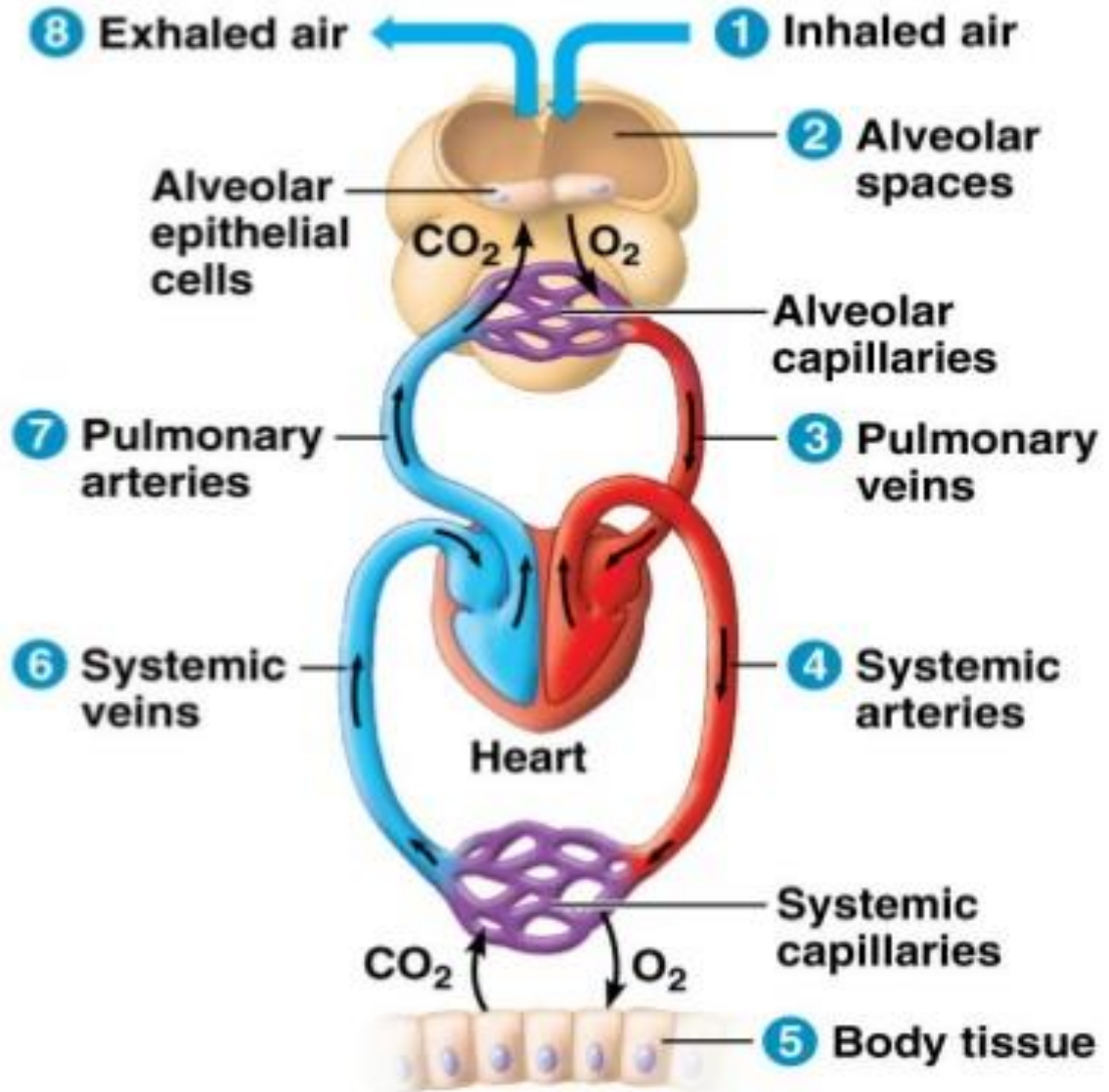
Симпатичкиот нервен систем делува на мукозни жлезди, крвни садови и ганглии во сидовите на дишните патишта. Стимулација на рецепторите во сидот на дишните патишта со симпатомиметички лекови предизвикуваат релаксација на мазните мускули на бронхиите и на тој начин го зголемуваат калибарот на дишните патишта. Оваа акција, за разлика од онаа на вагусните нерви, влијае на сите класи на дишните патишта.

Покрај нервната контрола, тоноусит на сидовите на дишните патишта е модулиран со рефлекси кои произлегуваат од рецепторите во белите дробови. Овие рефлекси се посредувани од вагусниот нерв и вклучува stretch рецепторите и рецепторите за кашлица.

Функција на респираторниот систем:

1. Го снабдува телото со кислород, а го ослободува од јаглен двооксид
2. Го филтрира вдишаниот воздух
3. Го продуцира гласот
4. Ги содржи рецепторите за мирис
5. Го ослободува телото од еден дел од вишокот на течност и топлина
6. Помага во регулирање на P_h во телото

Функција на респираторниот систем:



(a) The path of respiratory gases in the circulatory system

Респираторна физиологија

се одвива во следните три чекори:

1. Пулмонарна вентилација

2. Дифузија на гасови/Размена/

3. Транспорт на гасови до и од ткивата

1. Пулмонарна вентилација

- претставува движење на воздухот кон и надвор од алвеолите
- висцералната плевра се придвижува кон париеталната плеврата и покрај површински напон, а менувањето на големината на плевралната празнина го менува волуменот на белите дробови
- Механиката на дишењето се одвива според принципот на
- Boyle-овиот закон: притисокот на гасот е обратно пропорционален на волуменот
- гасот тече од зони со висок притисок кон зони со низок притисок

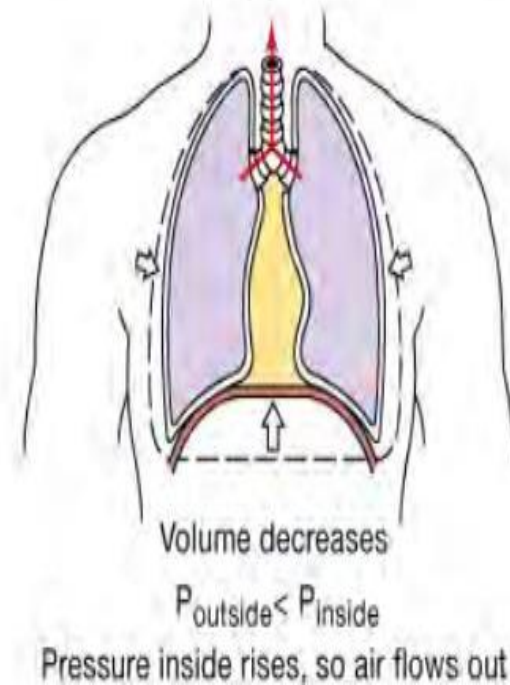
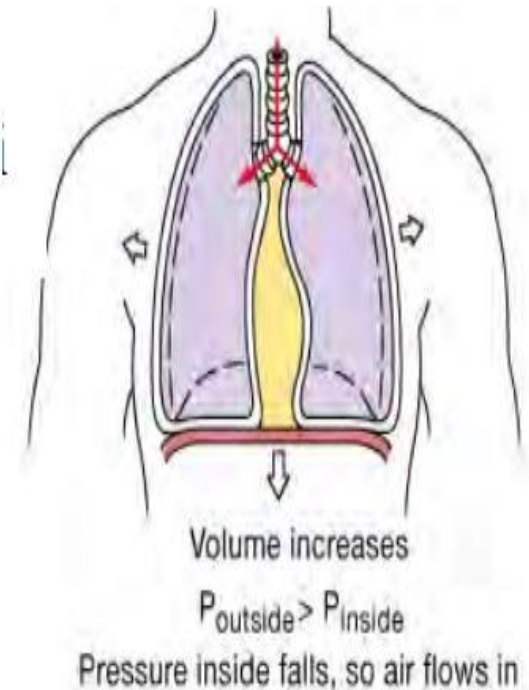
-Контракцијата на дијафрагмата го влече белодробното кон стомакот, така да волуменот на белите дробови расте, воздушниот притисок паѓа, и воздухот олеснето влегува во белите дробови (се вшмукува).

-релаксацијата предизвикува подигање на куполите на дијафрагмата што доведува до:

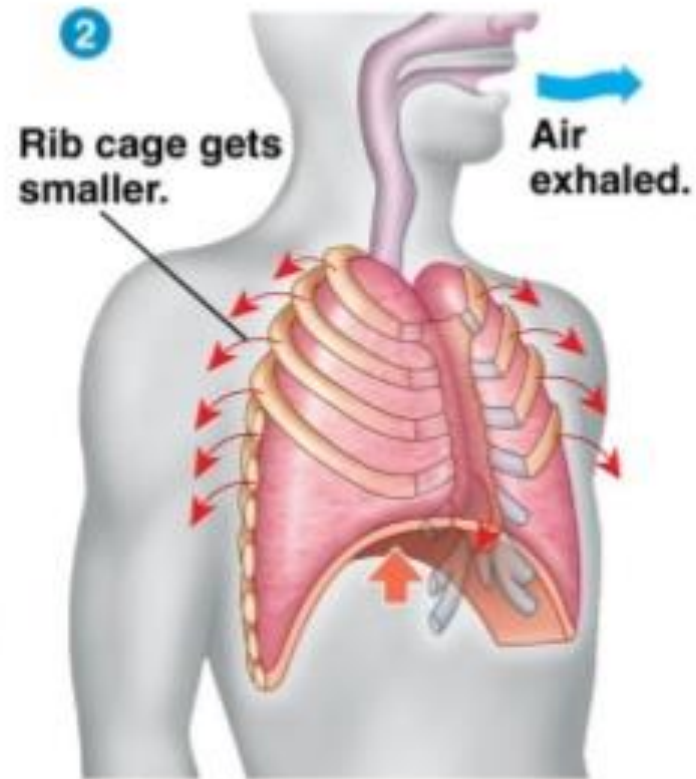
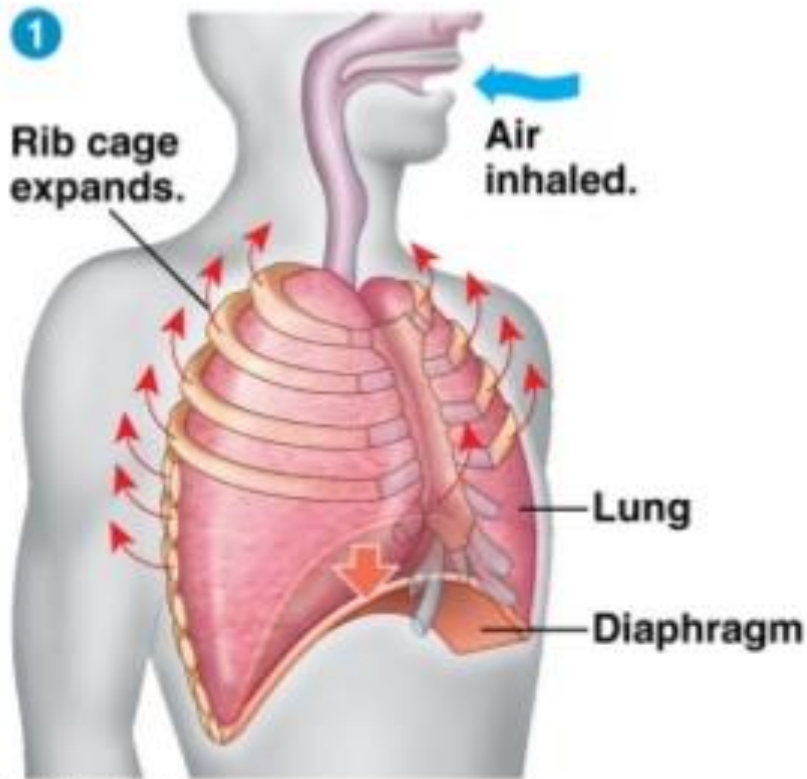
-намалување на белодробниот волумен

-зголемување на воздушниот притисок

-воздухот се истиснува надвор



INSPIRATION VS. EXPIRATION



Фактори кои влијаат на пулмоналната вентилација

1.Отпорот во дишните патишта

- дијааметарот на бронхите
- опструкција на бронхите

2.Алвеоларниот површински напон

- сурфактантот (го лачат тип II клетките) го редуцира алвеоларниот површински напон за да се овозможи инфлација

(Респираторен дистрес синдром-има малку сурфактант, затоа е потребен е голем напор да се отворат алвеолите за инхалација)

3.Комплијанса

-напорот кој е потребен за да се рашири плуќата и градниот кош

-висока комплијанса-се шират лесно (нормална комплијанса)

-ниска комплијанса-постои отпор при ширењето

Комплијансата е афектирана од:

а. сврзоткивната структура: губиток на еластин/кој се заменува со фиброзно ткиво-намадена комплијанса

(Emphysema-респираторната површина заменета со лузни , со намадена еластичност, комплијанса, со намадена површина за размена на гасови)

б. Алвеоларна способност за ширење (vs колапс)

-зголемен површински напон-намален сурфактант-намалена комплијанса

-присуство на течност (едем)намалена комплијанса

ц. Мобилност на тораксот

-намалена мобилност-намалена комплијанса

Инспириум:

-инхалацијата вклучува контракција на мускулите за да се зголеми торакалниот волумен

а. мирно дишење-еупнеја

-дијафрагмата: го движи 75% од воздухот

-инеркосталните мускули: ги подигаат ребрата, 25% движат од воздухот

б. Форсирано дишење-хиперпнеа

-максимално подигање на ребрата со што се зголемува респираторниот волумен 6 пати: serratus anterior, pectoralis minor, scalens, sternocleidomastoideus

Експириум:

а.Еупнеа:

пасивна состојба, настапува мускулна релаксација, дијафрагмата се контрахира нагоре,

пад на торакалниот волумен, зголрмен притисок и исфрлање на воздухот надвор од белите дробови.

Респираторни волумени и капацитети

-здив-еден респираторен циклус

Tidal volume-нормален здив внесува 500 ml
воздух во белите дробови,

Vital capacity-максимално количество воздух што
може да се вдиши, изнесува 4500-5500 ml,

Dead space volume-воздухот што останува во
спроводната зона и никогаш не достигнува до
алвеолите, околу 150 ml,

Total lung capacity-максимум воздух што белите
дробови може да задржат после длабок
инспириум, од 4650 до 6400 ml,

Вентилација-перфузија (V / Q) однос

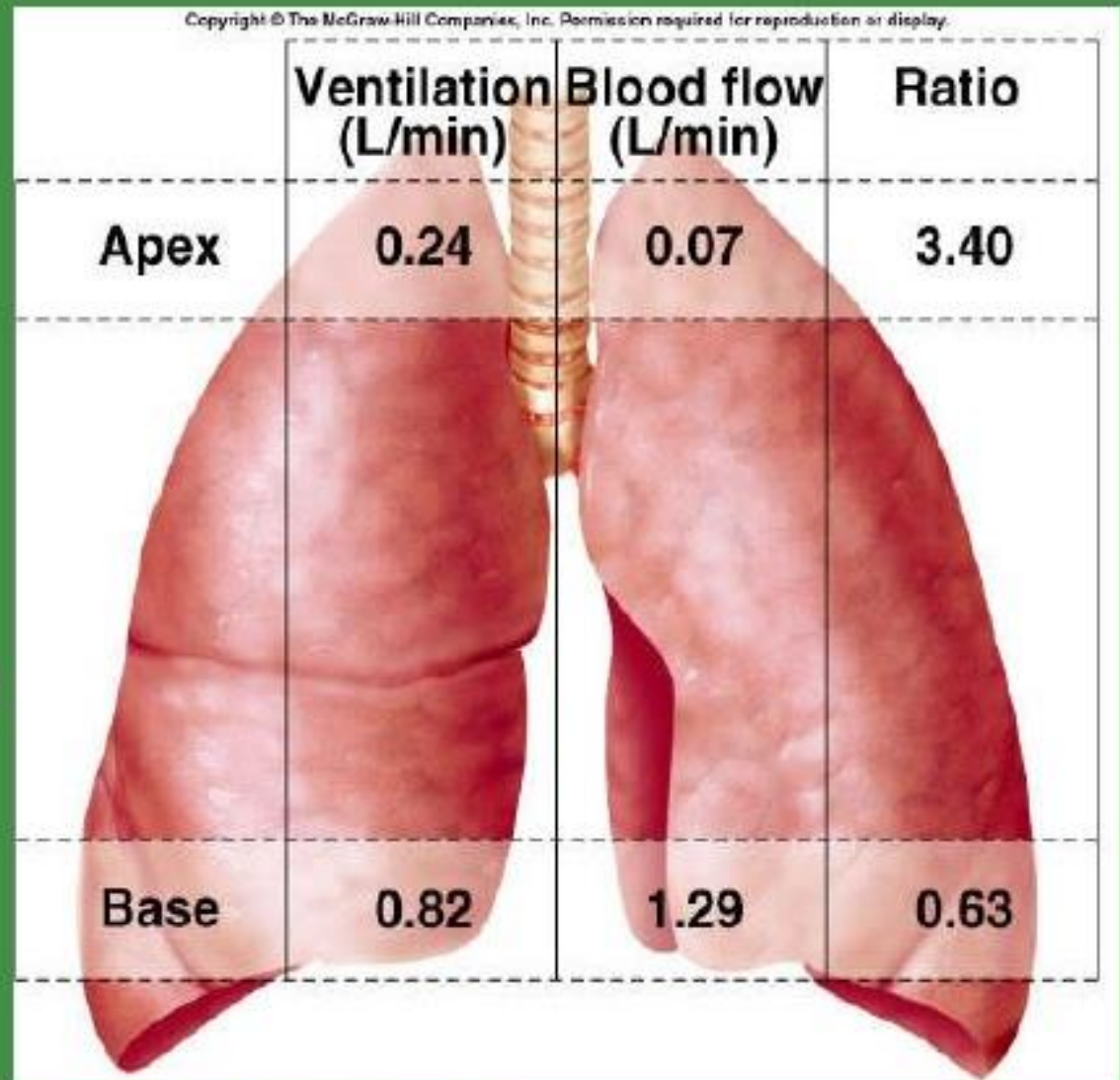
Коефициентот на вентилација-перфузија е односот помеѓу количината на воздух што доаѓа до алвеолите (алвеоларната вентилација, V , во $\text{ml} / \text{мин}$) и количеството на крв што се испраќа во белите дробови срцев излез, или Q - исто така во $\text{ml} / \text{мин}$).

Пресметувањето на V / Q односот е $V / Q =$
алвеоларна вентилација / срцевен излез
 $V / Q = (4 \text{ l} / \text{мин}) / (5 \text{ l} / \text{мин}, V / Q = 0,8$

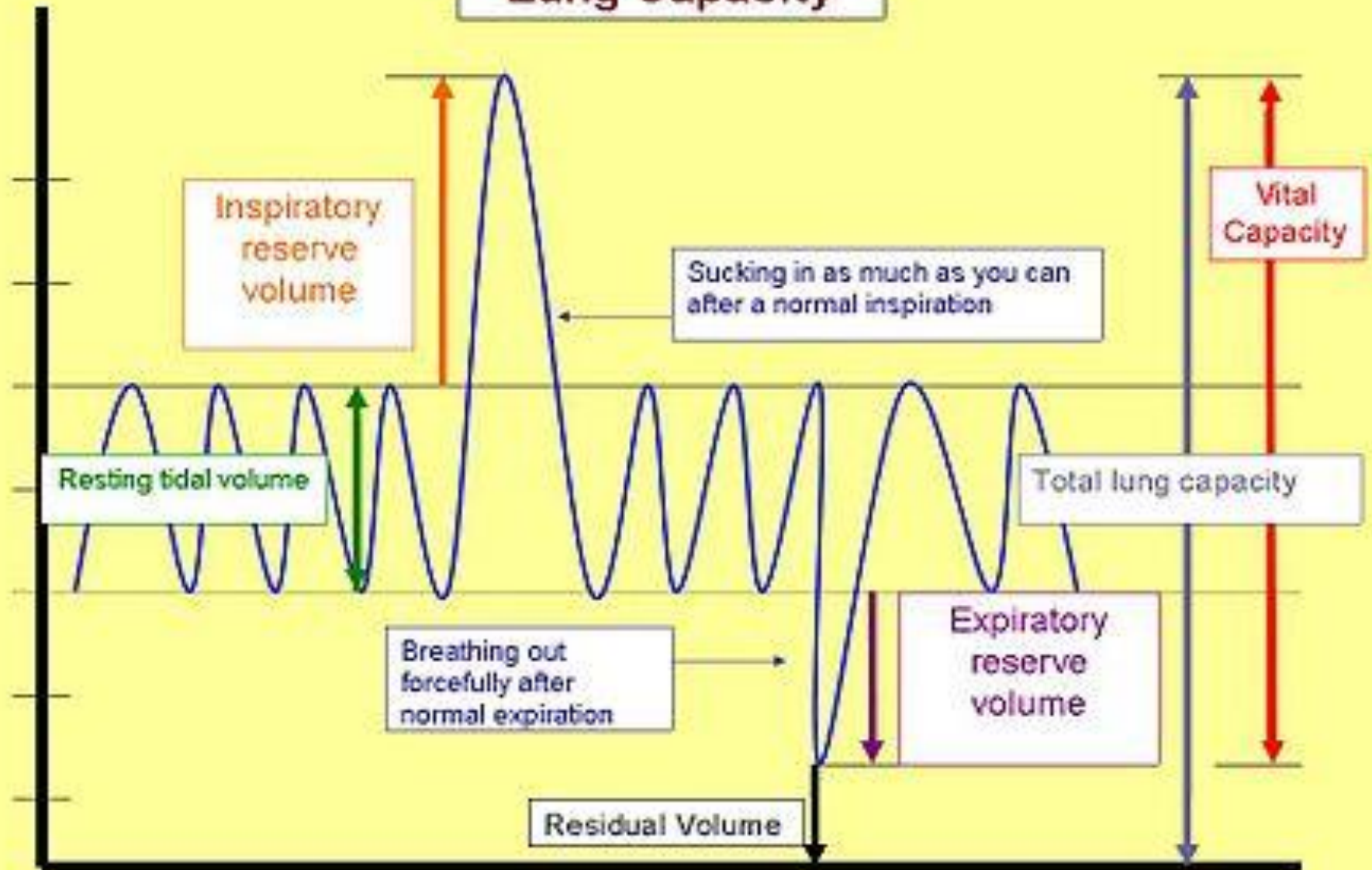
Lung Ventilation/Perfusion Ratios

- Functionally:

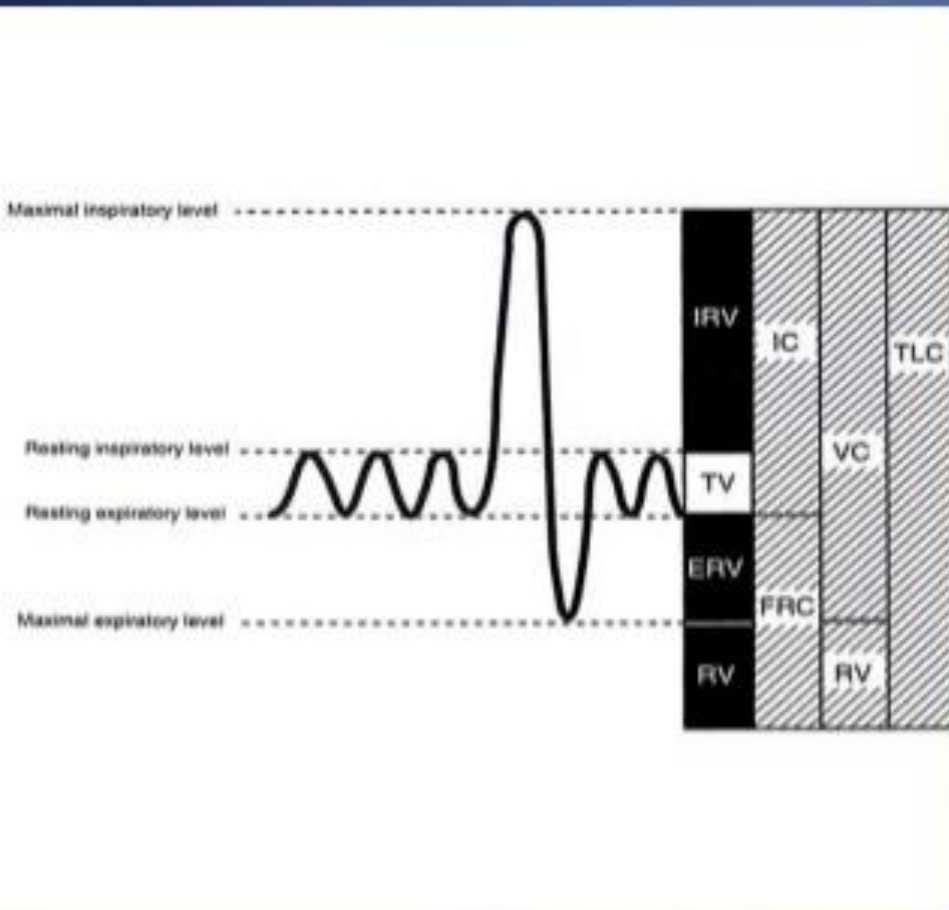
- Alveoli at apex are underperfused (overventilated).
- Alveoli at the base are underventilated (overperfused).



Lung Capacity



Lung Volumes and Capacities

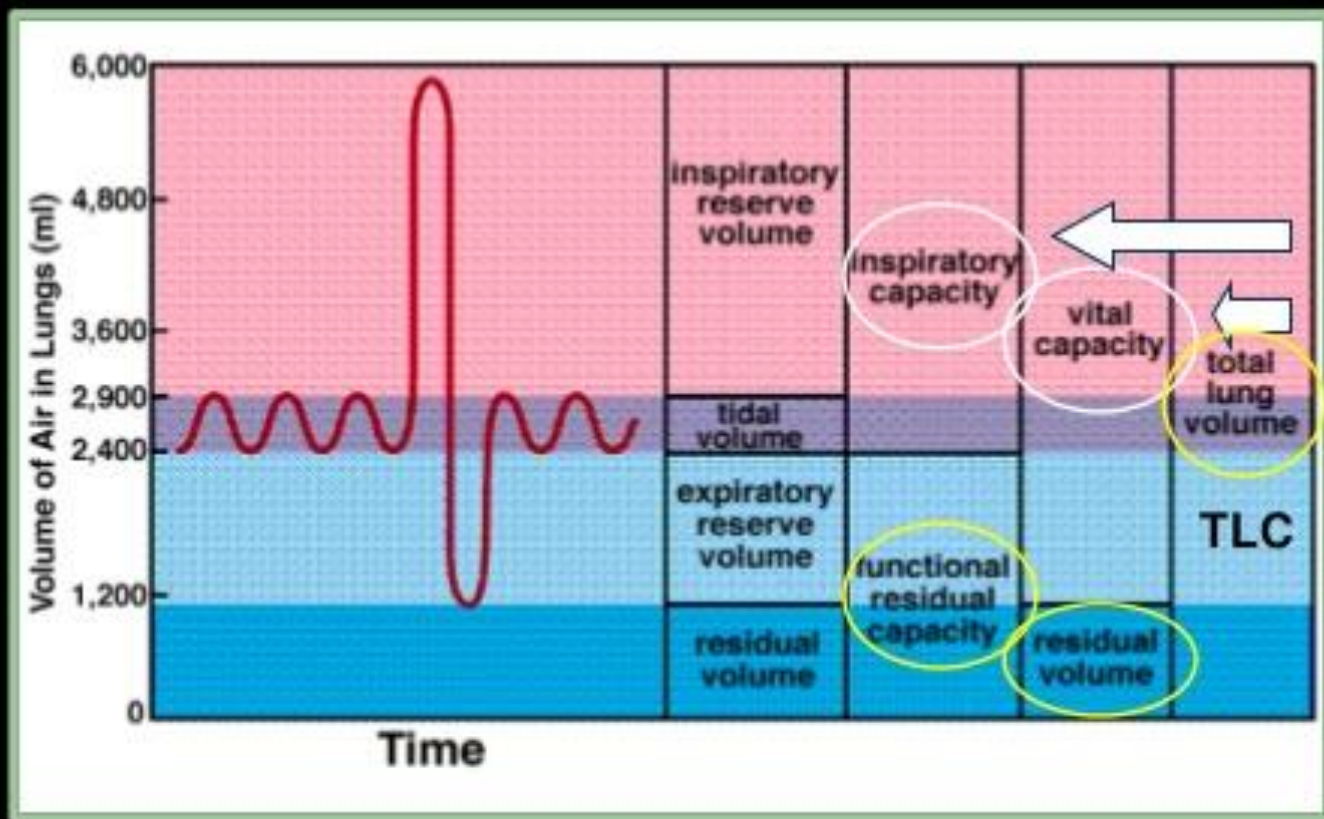


PFT tracings have:

- Four Lung volumes: tidal volume, inspiratory reserve volume, expiratory reserve volume, and residual volume
- Five capacities: inspiratory capacity, expiratory capacity, vital capacity, functional residual capacity, and total lung capacity

Addition of 2 or more volumes comprise a capacity.

Lung Volume



by spirometry

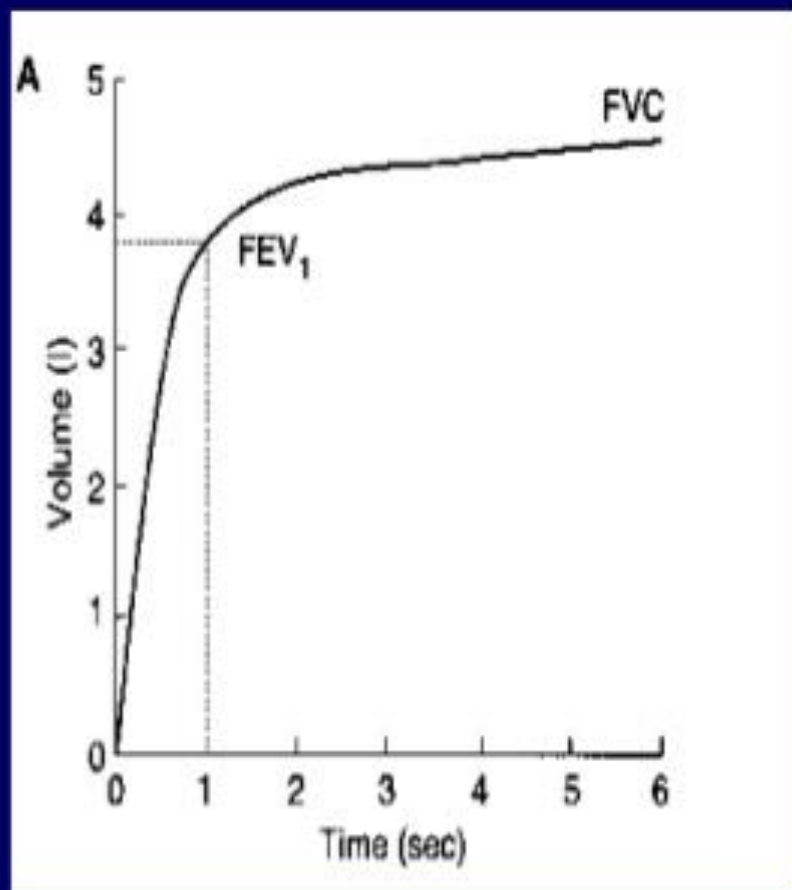
by body plethysmography or helium dilution

By calculation:

$$RV = TLC - VC$$

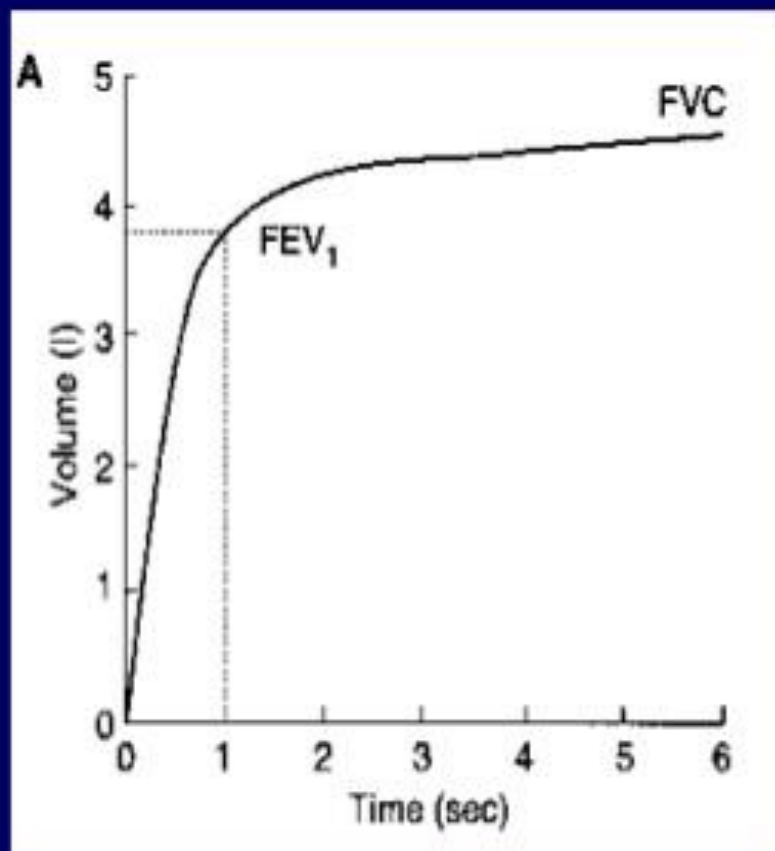
$$FRC = TLC - IC$$

Terminology



- Forced vital capacity (FVC):
 - Total volume of air that can be exhaled forcefully from TLC
 - The majority of FVC can be exhaled in <3 seconds in normal people, but often is much more prolonged in obstructive diseases
 - Measured in liters (L)

Terminology

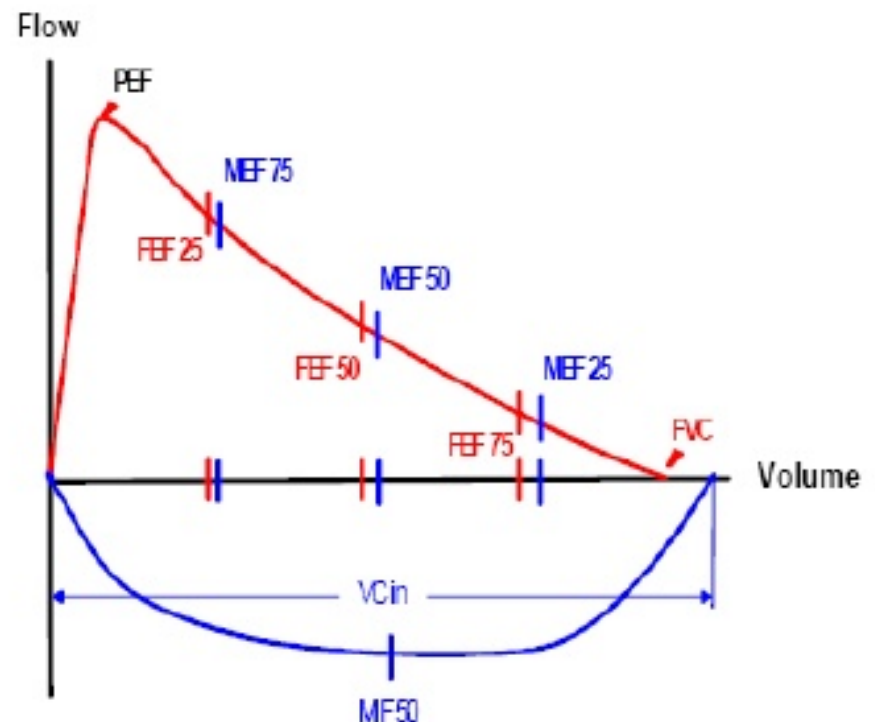


- Forced expiratory volume in 1 second: (FEV₁)
 - Volume of air forcefully expired from full inflation (TLC) in the first second
 - Measured in liters (L)
 - Normal people can exhale more than 75-80% of their FVC in the first second; thus the FEV₁/FVC can be utilized to characterize lung disease

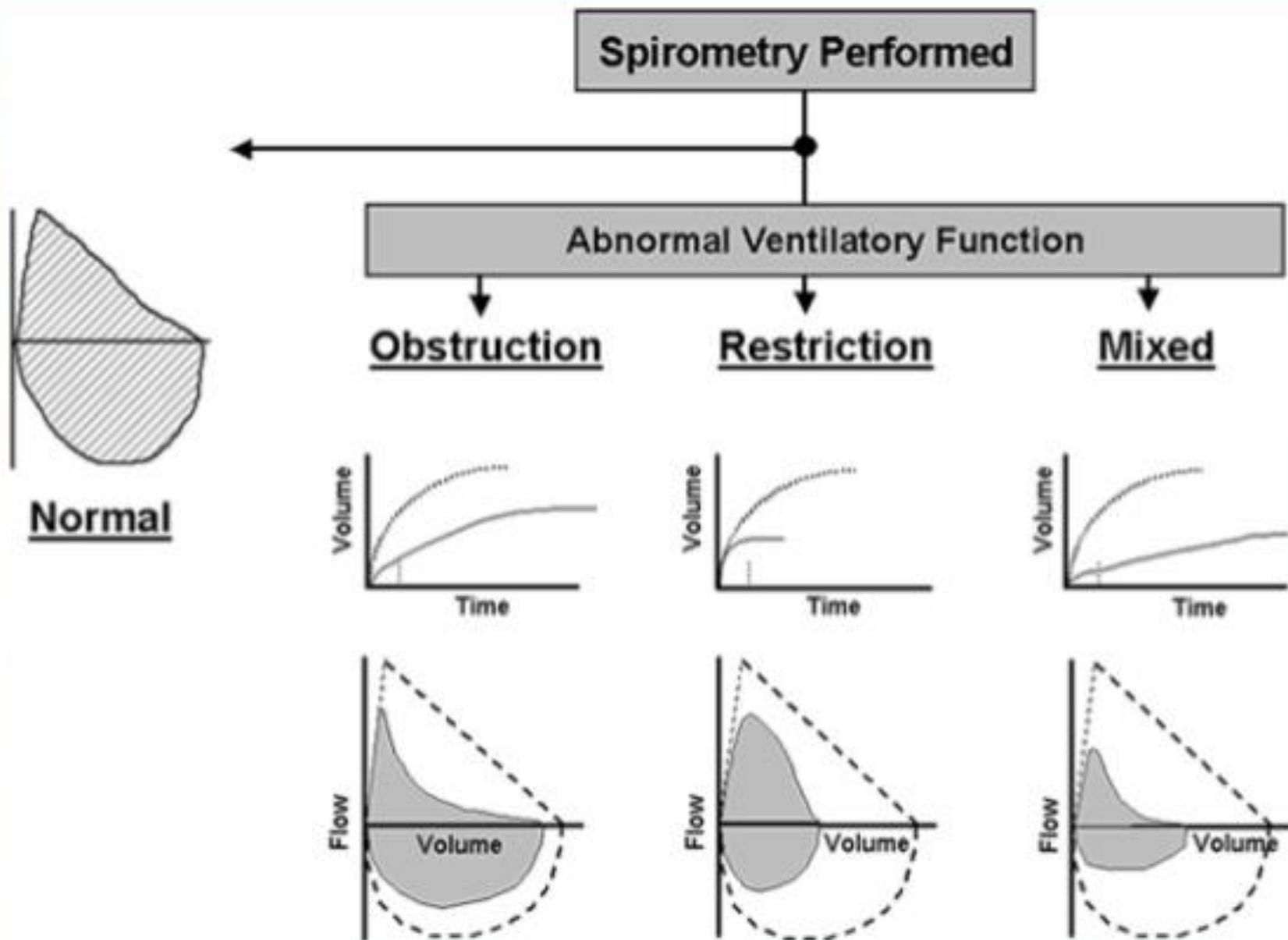
The flow/volume curve

A normal flow/volume curve has a typical shape

- Rises almost vertically to PEF
- The trace merges smoothly with the horizontal axis of the graph at FVC



Obstruction, Restriction, Mixed



Bronchodilator Reversibility Testing in COPD

- An increase in FEV_1 that is **both** greater than **200 ml** and **12% above** the pre-bronchodilator FEV_1 (baseline value) is considered significant
- It is usually helpful to report the absolute change (**in ml**) as well as the % change from baseline to set the improvement in a clinical context

Мерење на TLC

За мерење на TLC, FRC и RV спиромтријата е инсуфициентна, затоа главно се користи бодиплетисмографијата и техника на разредени гасови (хелиум)

FEF 25-75%

Ова е форсиран експираторен проток меѓу 25 и 75% од FVC (исто така наречен максимум мид експираторен флоу-ММЕФ)

Ова го прикажува протокот во средните и малите дишни патишта

Прикажува блага опструкција на дишните патишта (може да се види кај астматичари кои се стабилни)

-респираторен рата-број на респирации/минута
12-20 во мир

Респираторен минутен волумен-респираторната
рата x дишниот волумен ~ 6 L

Не сите алвеоли се отворени, дел од воздухот
останува во спроводните делови=анатомски
мртов простор

Алвеоларна вентилација-оној дел од воздухот
кој стигнува до алвеолите/минимум во мир
 $\sim 4,2$ L.

Обата, дишниот волумен и респираторната рата
се приспособени да ги задоволат кислородните
потреби на телото

2.Размена на гасови (респирација)

-Воздухот е составен од 79% азот, 21% кислород, 0,5% вода и 0,04% јаглероден двооксид и таргови инертни гасови

-Парцијален притисок на гасовите-негова концентрација во воздухот

-Гасовите го следат дифузиониот градиент за да дифундираат во течноста, степенот на дифузија зависи од парцијалниот притисок и температурата.

Пулмонална циркулација

Делот на протокот на крв низ пулмоналната циркулација е еднаков со делот од системската циркулација.

Притисокот кој ја носи крвта е околу 10 mmHg.

Систолниот пулмонален артериски притисок - 25 mm Hg •
дијастолниот пулмонален артериски притисок - 8 mm Hg •
средниот пулмонален артериски притисок е 15 mm Hg.

Пулмонарниот васкуларен отпор е низок.

Пулмоналниот капиларен притисок е 7 mmHg.

Патека со понизок притисок помалку нетофилтрација отколку во системската циркулација, (така се избегнува белодробен едем).

Авторегулација

Пулмонарните артериоли се контрахираат кога ќе падне алвеоларниот P_{aO_2} .

Постои натпревар (match) меѓу перфузија/вентилација

Дифузионен капацитет

Ја мери способноста на белите дробови за транспорт на вдишаните гасови од алвеолите во пулмоналните капилари.

Зависи од:

алвеолокапиларната мембрана

концентрацијата на хемоглобин во

еритроцитите, срцевиот аутпут (силата да ја уфрли крвта во циркулацијата)

Низок TLCO

<80% предв.

опструктивна бел.
болест
паренхимална
(интерстиц.) болест
пулмонална васкуларна
болест
анемија

Висок TLCO

>120-140 %

астма
пулмонална хеморагија
полицитемија
лево-десен шант

Диференцирање на астма од емфизем

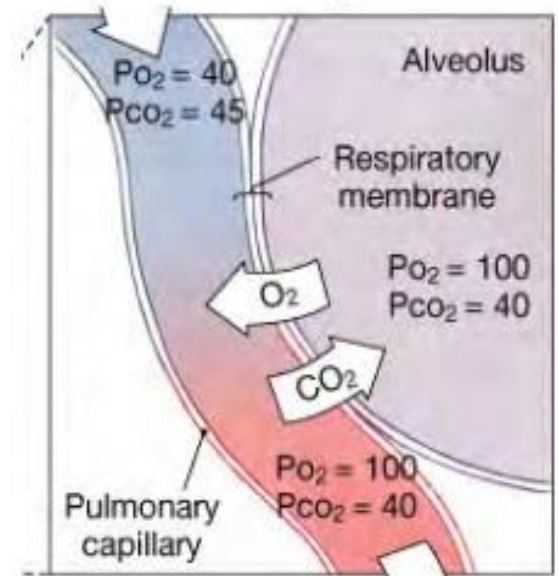
Евалуација на тежината на рестриktivната белодробна болест

Откривање на раните стадиуми на пулмонална хипертензија

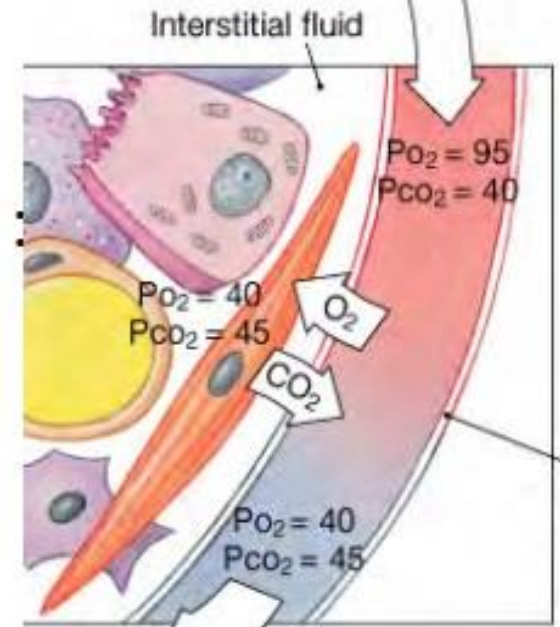
Во белите дробови:

парцијалниот притисок на кислородот е висок во алвеоли а низок во капиларите, така да кислородот дифундира во капиларите.

Парцијалниот притисок на јаглеродниот диоксид е низок во алвеолите, а висок во капиларите, така да тој дифундира во алвеолите.



(a)

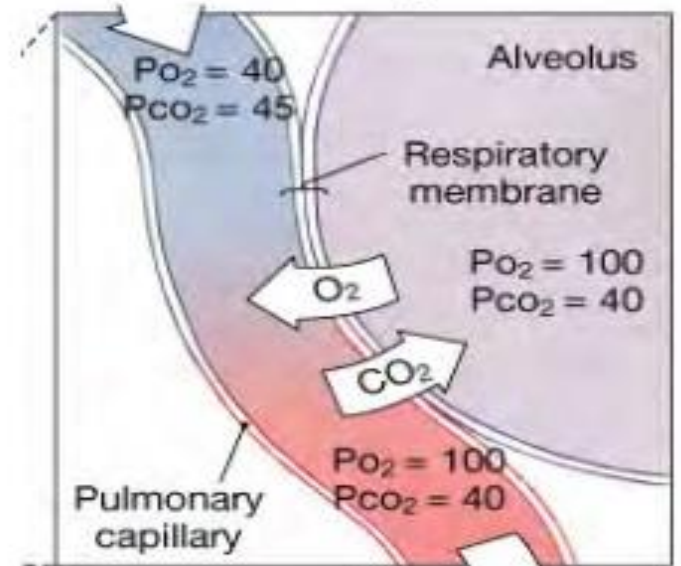


(b)

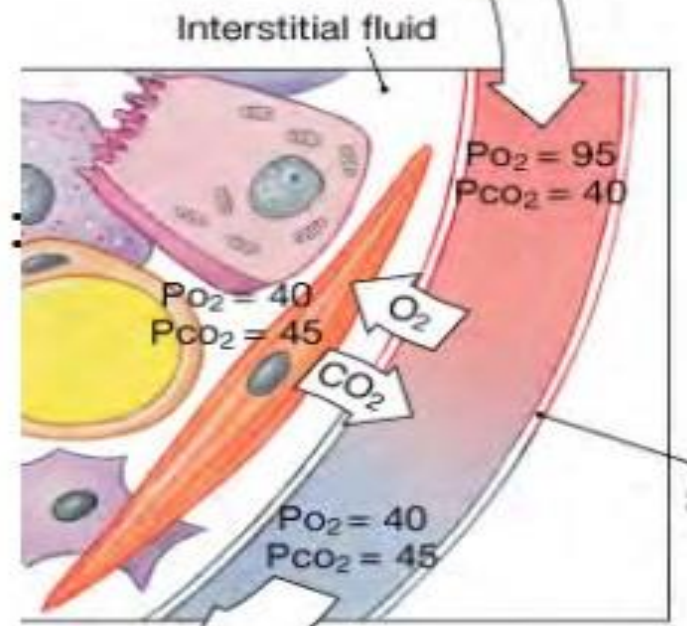
Во ткивата:

Прититисокот и протокот се менуваат

-Кислородот оди во ткивата
јаглеродниот двооксид во
капиларите



(a)



(b)

3. Транспорт на гасови

А. Транспорт на кислород

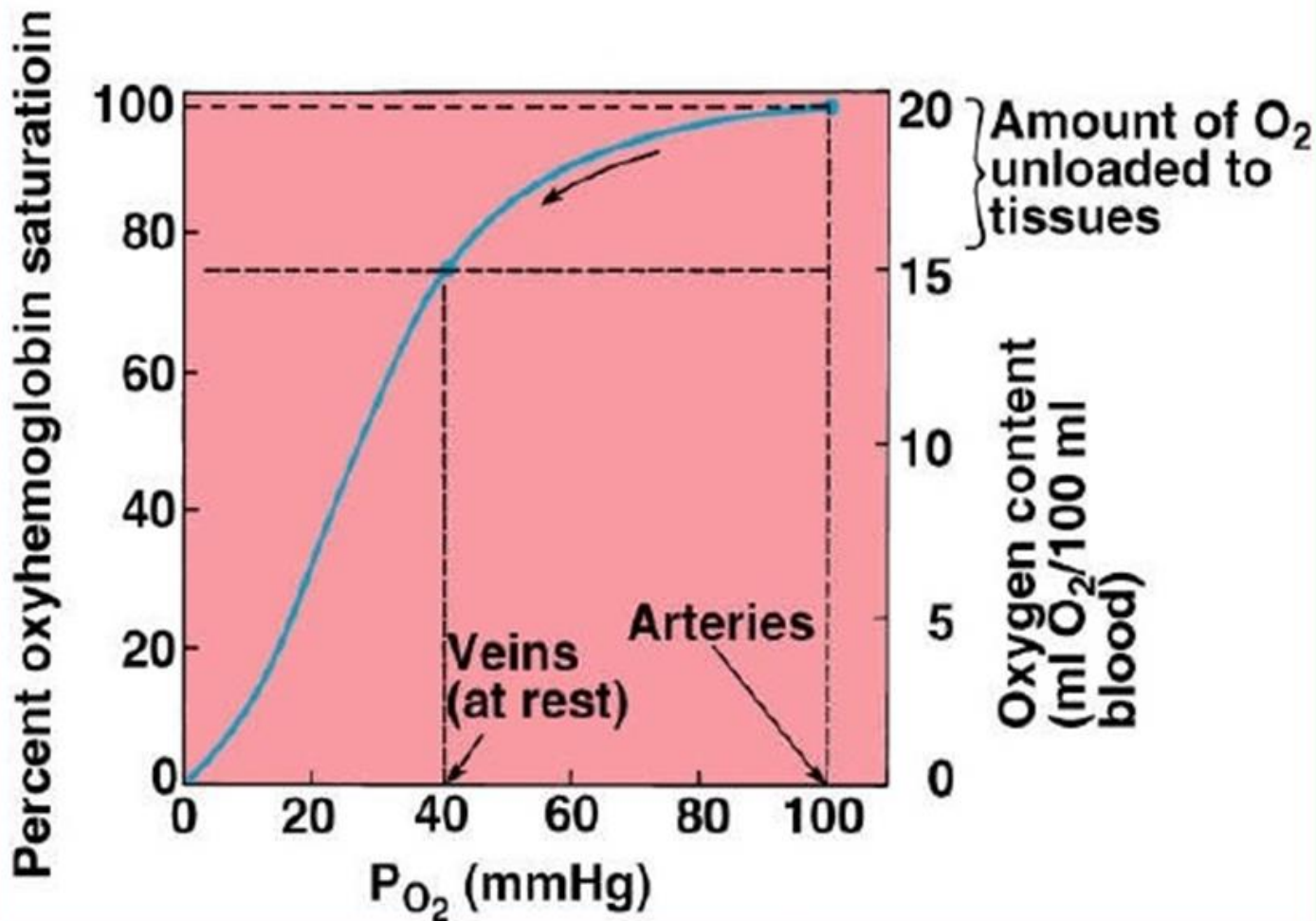
- 1,5% од кислородот е растворен во плазмата
- најголем процент се пренесува врзан за железниот јон од хемот на хемоглобинот во еритроцитите: 4 кислородни молекули се врзани за една молекула на хемоглобин, ~ 280 милиони Hb/RBC = 1 billion O₂/RBC
- Сатурација на хемоглобинот = % хемо врзан на кислород ~ 97,5%,
- Во алвеолите зголемен парцијален притисок на кислород: хемоглобинот врзува кислород
- Намален парцијален притисок на кислородот: хемоглобинот ослободува кислород

Фактори што влијаат на хемоглобинската сатурација

1. Компетитори на кислородот во врзувањето со хемоглобинот, дури и при ниски парцијални притисоци на јаглероден двооксид, предизвикуваат суфокација
2. Bohr-ов ефект: хемоглобинот ослободува кислород во кисела средина (високи вредности на јаглероден двооксид создаваат карбонска киселина)
3. Температура: хемоглобинот ослободува кислород при зголемување на температурата

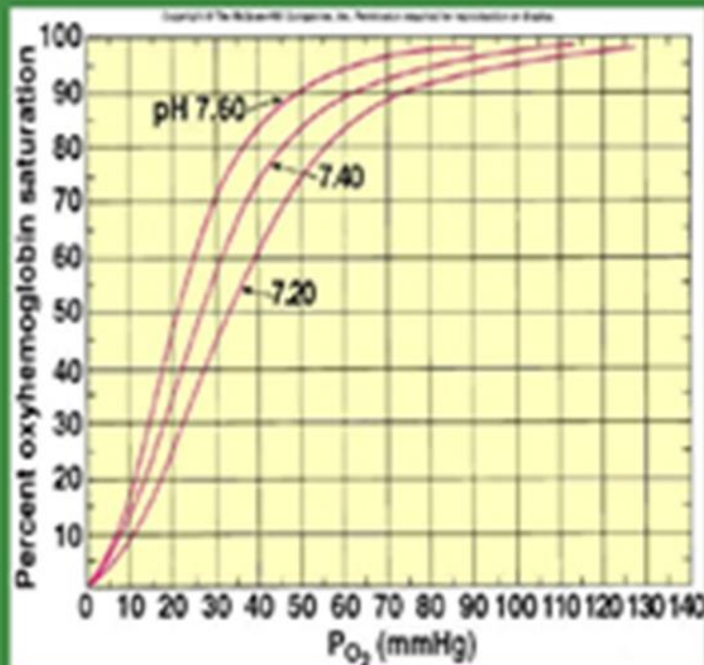
Oxyhemoglobin Dissociation Curve

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Effects of pH and Temperature

- The loading and unloading of O_2 influenced by the affinity of hemoglobin for O_2 .
- Affinity is decreased when pH is decreased.
- Increased temperature and 2,3-DPG:
 - Shift the curve to the right.



Нурохиѐмија-неадекватна кислородна достава до ткивата

Б. Транспорт на јаглероден двооксид

1. ~ 70% како јаглеводородна киселина

-во црвените крвни зрна и плазмата

-ензимот карбон анхидраза во

еротроцитите ја катализира реакцијата со водата:



-реакцијата е реверзибилна во плуќата

2. ~ 25% како карбаминохемоглобин

-CO₂ врзан за аминокрупите на Нб

3. ~ 7% растворен во плазма како CO₂

- Ацидо-базната хомеостаза е дел од биолошката хомеостазата,
- Тоа е соодветна рамнотежа помеѓу хемиски киселини и бази во телото, која се дефинира како рН вредност.
- Телото е многу чувствително на своејата екстрацелуларната рН рамнотежа, па така постојат силни механизми за да ја одржат.
- **Зошто ова е важно:** надвор од прифатливиот опсег на рН, протеини се денатурирани и се варат, ензимите ја губат нивната способност да функционираат и може да се случи смрт.

Ацидо-базната рамнотежа на телото вообичаено е строго регулирана од страна на пуфери, респираторниот систем, и на бубрежниот систем.

Одржување на артериските крвен рН вредност во нормални граници е помеѓу 7,35 и 7,45.

Екстрацелуларниот пуферски систем

содржи бикарбонати и амонијак, во однос на протеини и фосфати кои дејствува како **интрацелуларен пуфери**; односот помеѓу повеќе пуфери во истото решение е опишан како изохидричен принцип.

Системот на бикарбонати е особено клучен, како јаглерод диоксид (CO₂) може да се трансформира преку јаглеродна киселина (H₂CO)

