



МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ПЛЕВЕН
ФАКУЛТЕТ „ОБЩЕСТВЕНО ЗДРАВЕ“
ЦЕНТЪР ЗА ДИСТАНЦИОННО ОБУЧЕНИЕ

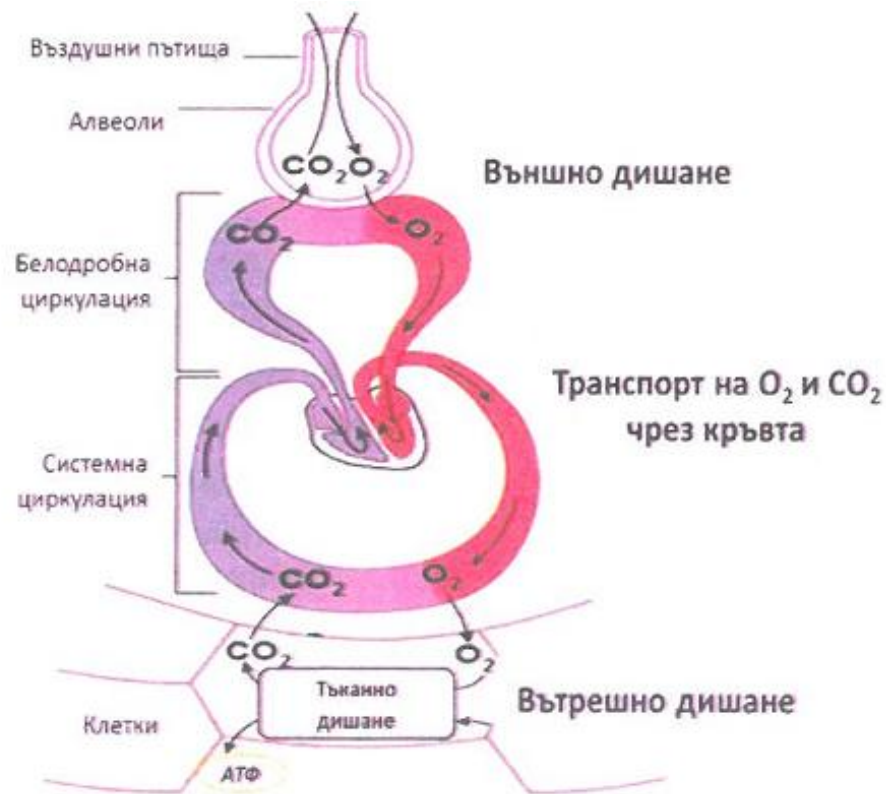
Лекция №14

БИОМЕХАНИКА

Биомеханика на дишането. Въздушни пътища и бели дробове. Съпротивление на въздушните пътища: еластично, гравитационно и динамично. Механични аспекти на някои белодробни заболявания

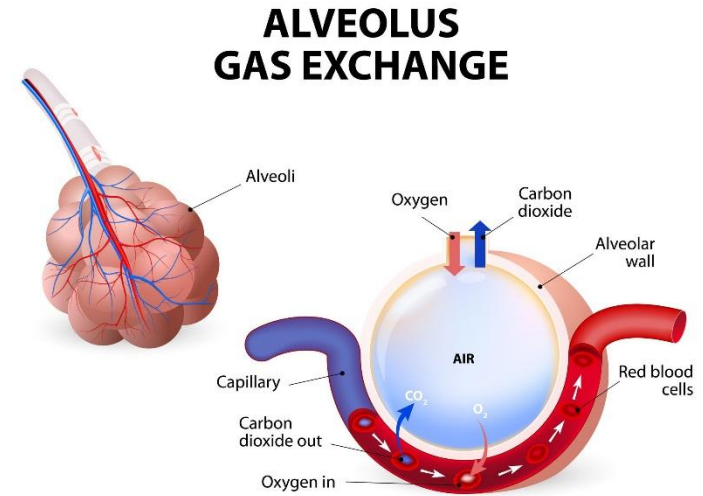
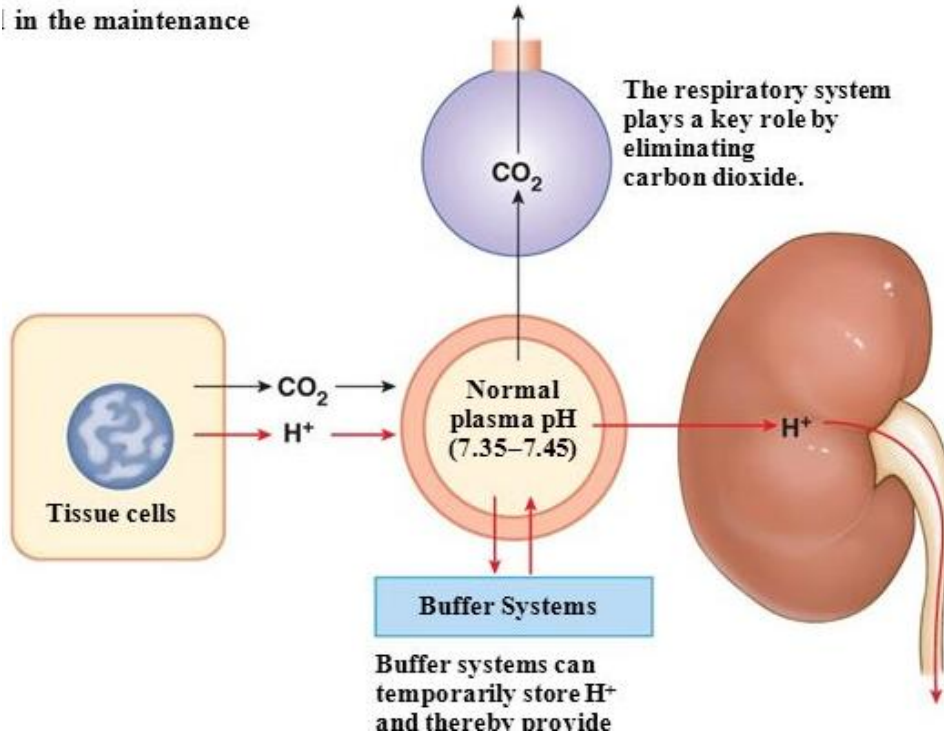
Проф. Константин Балашев, дхн

Дихателна система

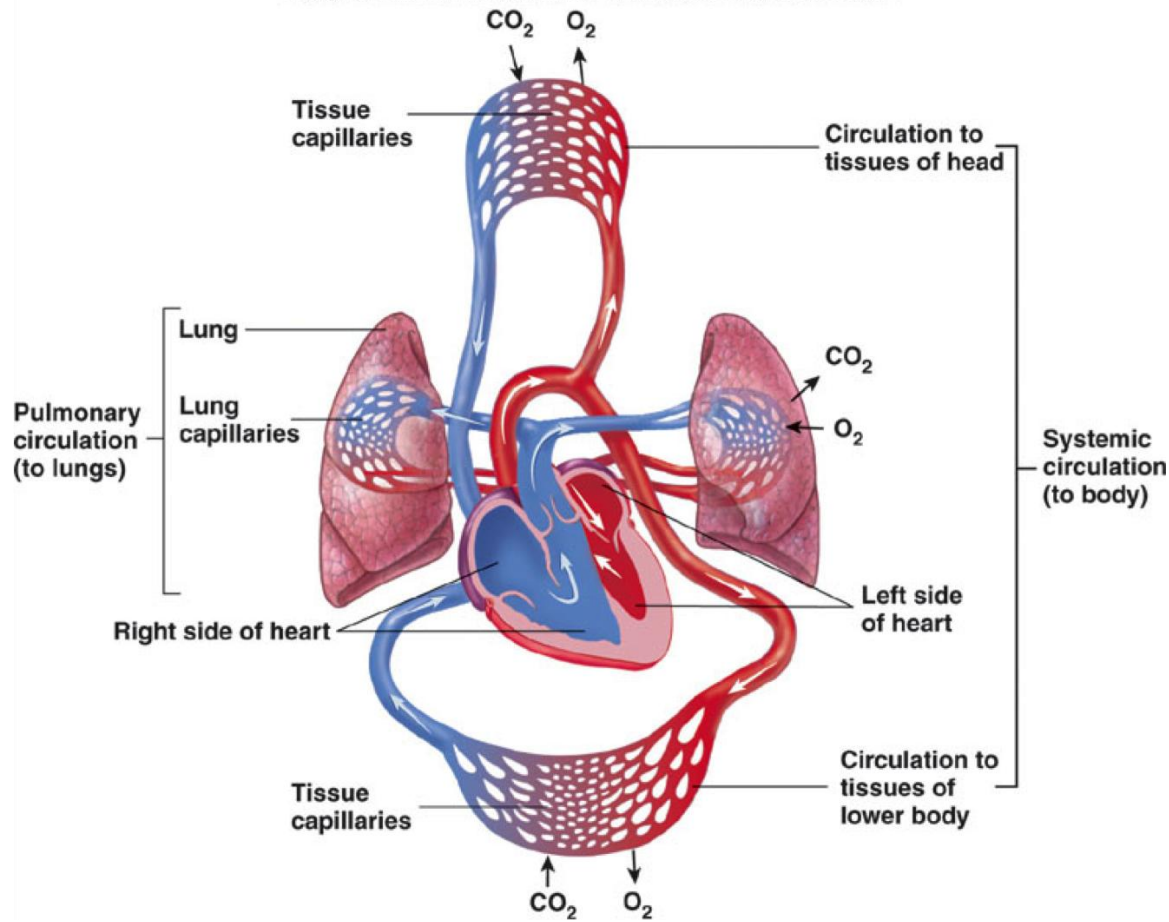


Под общоприетия термин „дишане“ се разбират два процеса: **външно дишане** - приемането на кислород и отделянето на въглероден диоксид от тялото като цяло; и **вътрешно дишане** - усвояването на O_2 и образуването на CO_2 от клетките и газовата обмяна между клетките и тяхната течна среда. В тази глава се разглеждат функциите на дихателната система при външното дишане, т. е. процесът, отговорен за приема на O_2 и отделянето на CO_2 от белите дробове. Обмяната на въздух между външната среда и алвеолите в белите дробове се нарича още белодробна вентилация.

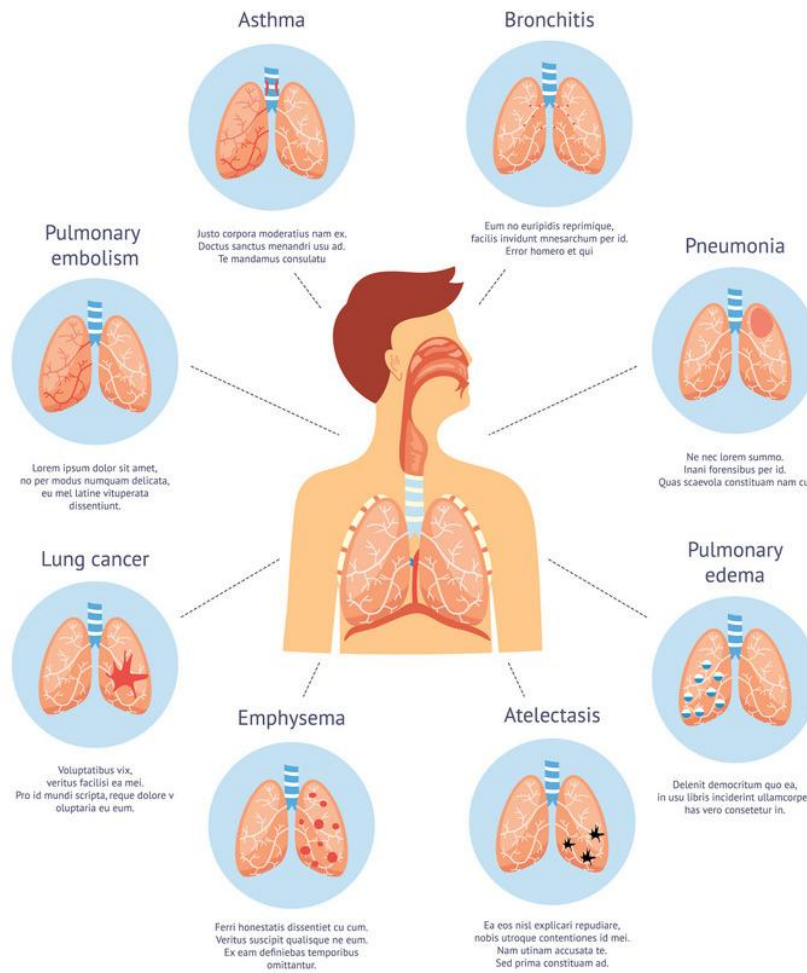
in the maintenance



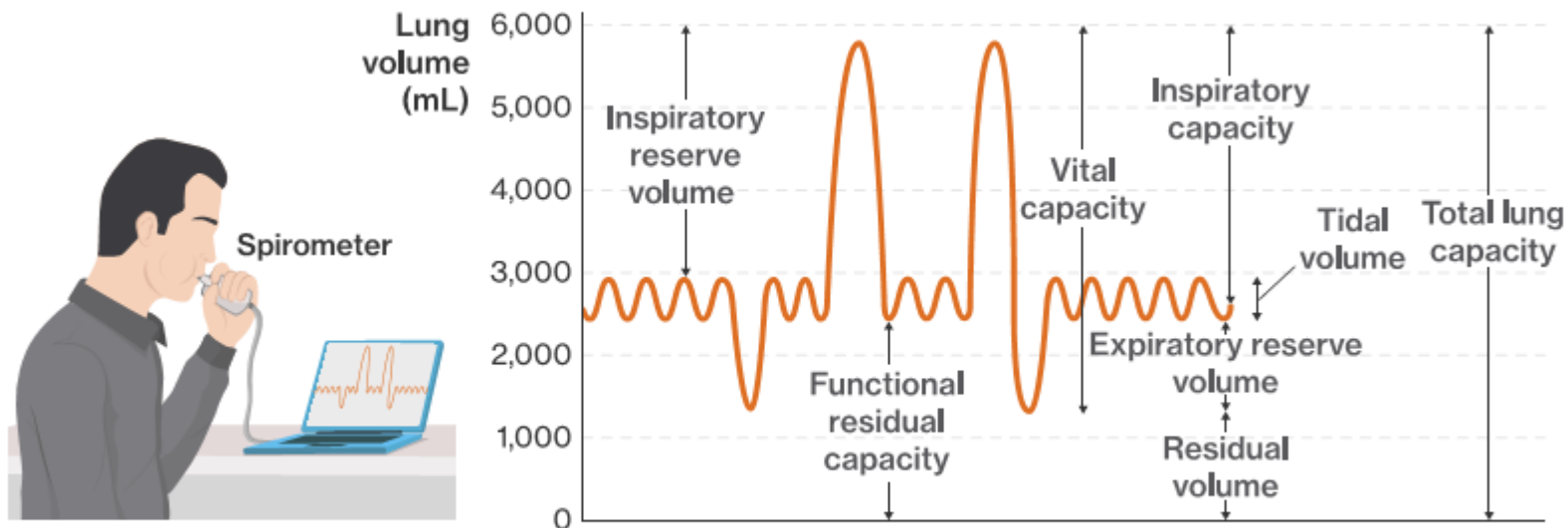
Освен обмяната на газове между въздуха и кръвта дихателната система изпълнява и други физиологични функции. Тя поддържа постоянно рН на кръвта, подпомага топлинния и флуидния баланс в тялото. Дишането осигурява също контролиран въздушен поток за говорене, кашляне, смеене, кихане, плачене, въздишане, мирисане, прозяване. Блокирането на въздушните пътища създава увеличено налягане за дефекация и повръщане.



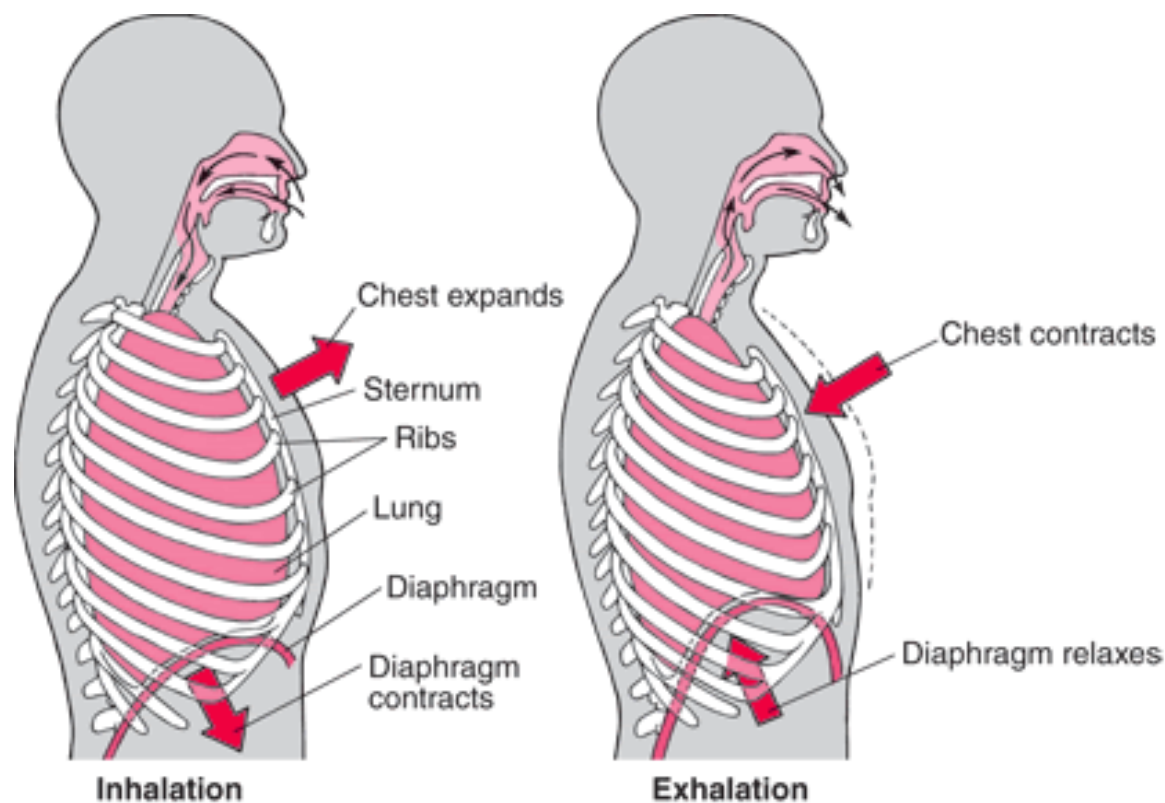
Дихателната система работи съгласувано и в тясно взаимодействие със сърдечно-съдовата система. Поради това работата на едната влияе върху другата. При издишване например налягането върху главните вени в гръдната клетка подпомага връщането на кръвта към сърцето. Заболявания на белите дробове често поражда симптоми на сърдечни патологии и обратно. Физиологичният контрол на дишането се осъществява от респираторния център в мозъка и зависи от много фактори, но рН на кръвта има първостепенна важност.



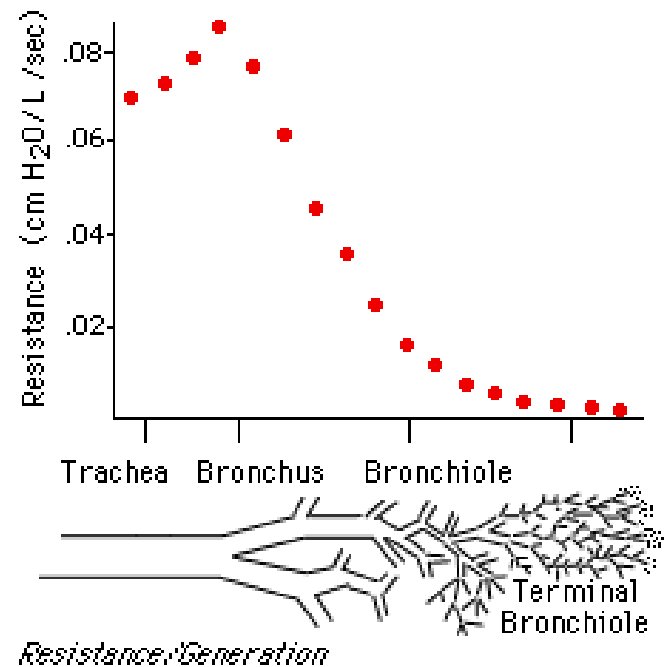
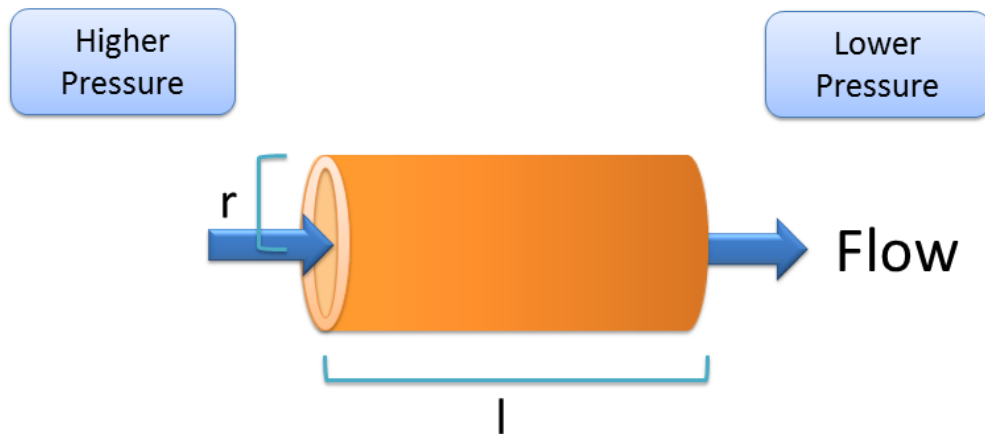
Белодробните заболявания са отговорни за голяма част от човешките здравни проблеми. Около 20 % от хората на възраст над 40 години страдат от някакво белодробно заболяване. Същността на много от тези заболявания може да бъде разбрана от гледна точка на това, какви физични промени настъпват в белите дробове. Това не означава разбира се, че един физик може да ги излекува.



Редица физични методи дават точни количествени данни за външното дишане. Те са получили широко разпространение не само в физиологията, но и в рутинната клинична медицинска практика. Определянето на физичните параметри на външното дишане улеснява диагностиката и лечението на много белодробни заболявания и помага за оценка на ефективността на терапевтичните процедури.



Дихателната система се състои от газообменящ орган (белите дробове), помпа, която вентилира белите дробове и от въздушни пътища. Помпата е съставена от гръдната стена, дихателните мускули, които увеличават и намаляват обема на гръдната кухина.

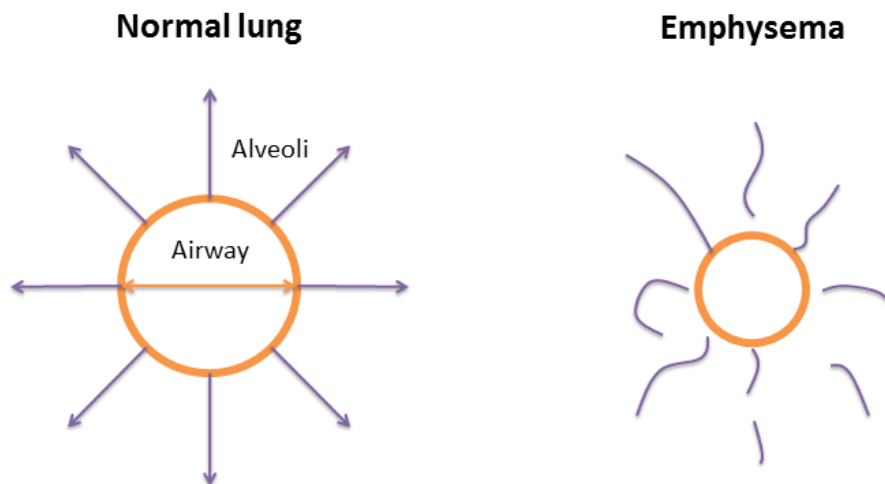


За общото съпротивление на въздушните пътища имат принос три типа съпротивителни сили: еластични, гравитационни и силите на триене. Това обуславя три типа съпротивление: еластично, гравитационно и динамично.

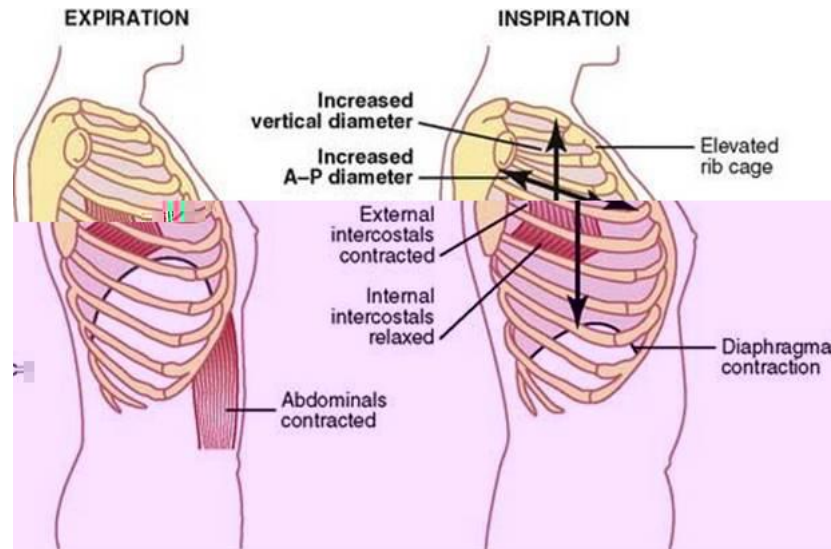
Еластично съпротивление

Най-голямото съпротивление, което трябва да се преодолява при вдишване, се обуславя от еластичните сили на апарата на външното дишане. Преодоляваните еластични сили биват два вида: 1) *еластични сили на белите дробове*; 2) *еластични сили на гръдния кош* (и на вътрешните органи, които се изместват от диафрагмата). Еластичните сили на белите дробове и гръдния кош зависят от изменението на техните обеми, но не зависят от скоростта на тяхното изменение.

Еластичността на дихателния апарат е намалена при някои заболявания (белодробна фиброза, белодробен застои и др.). С това се обясняват затрудненията, които изпитват тези болни при вентилация на белите им дробове.



Гравитационно съпротивление



При дишането се извършват изменения на положението на гръдния кош и на органите на коремната кухина в гравитационното поле на Земята. Това създава допълнително съпротивление, свързано с теглото на преместващите се органи. То се изменя в зависимост от фазите на дихателния цикъл и ориентацията на тялото в пространството.

При вдишване например теглото на гръдния кош оказва съпротивление на дихателните мускули. При издишване този фактор способства за намалението на обема на гръдния кош. С теглото си коремните органи (особено в изправено положение) дърпат диафрагмата надолу. Това до известна степен спомага за вдишването, но оказва съпротивление при издишването.

Влиянието на гравитационните фактори върху дишането може да се установи при сравняване на механичните и вентилационните показатели на дишането на човек в легнало и в изправено положение.

Динамично съпротивление

Дихателното съпротивление, възникващо само по време на дихателните движения (т.е. когато въздухът навлиза или излиза от белите дробове), се нарича динамично съпротивление. Различават се тъканно динамично и въздушно динамично съпротивления.

Тъканното динамично съпротивление възниква в резултат на триене на тъканите, които се разместват по време на дишане. Това са ребрата, диафрагмата, съдържимото на коремната кухина и белите дробове. За разлика от еластичното съпротивление, което се определя от изменението на обема, динамично съпротивление се определя от скоростта на движение. В началото на дишането, когато още няма въздушен поток и тъканите не се изместват, силата на триене е равна на нула. Тя става най-голяма в момента на максимална скорост на въздушния поток и отново става равна на нула в края на вдишването, когато спират потока и изместването на тъканите. При хора със здрави дихателни органи тъканното динамично съпротивление е 15–18 % от общото динамично съпротивление.

Въздушното динамично съпротивление на дихателните пътища се дължи на триене между стените на въздухопроводите и въздушния поток, а също и в самия поток. Нарича се още **аеродинамично съпротивление**. Аеродинамичното съпротивление на дихателните пътища зависи от интензитета и вида на въздушния поток (ламинарен или турбулентен). В прави тръби с гладки стени турбулентен поток възниква само при големи скорости. Трахео-бронхиалното дърво обаче има стотици хиляди разклонения, около които могат да възникват завихряния. Турбулентност или вихрообразуване при малки скорости често възниква там, където в тръбите има неравности вследствие на наличието на слуз, ексудат, тумор или чужди тела.

Турбулентното движение е съпроводено със звук. При нормални условия въздушният поток в назалните канали е ламинарен. При патологии обаче тези канали се стесняват и могат да станат толкова тесни, че в някои техни участъци вдишваният въздух се движи турбулентно. В такива случаи дишането става по-трудно и изисква допълнителна работа от дихателните мускули.

Аеродинамичното съпротивление се увеличава с повишаване на обемната скорост на въздуха при прехода от ламинарен към турбулентен поток и особено при стесняване на дихателните пътища. При белодробна астма и емфизем това съпротивление може да стане 7-8 пъти по-голямо, отколкото при здрави хора.

ФИЗИЧНИ АСПЕКТИ НА НЯКОИ БЕЛОДРОБНИ ЗАБОЛЯВАНИЯ

Респираторен дистрес синдром

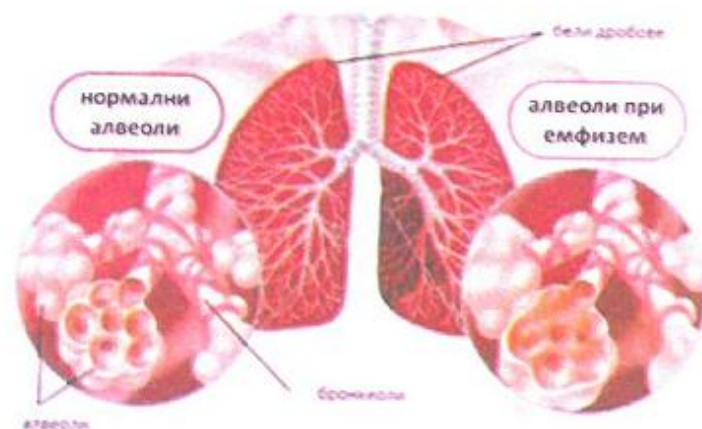
Всяка алвеола има някакъв размер, при който свиващото я повърхостно напрежение се уравни с силите, които се стремят да я разширят. Ако алвеолите не са покрити отвътре със сърфактант, те се свиват като малки балончета и за да се раздуят е необходимо твърде голямо налягане. Липсата на сърфактант в белите дробове на някои новородени е причината за заболяване, наречено респираторен дистрес синдром. Това патологично състояние на недоразвити бели дробове е водеща причина за огромно количество смъртни случаи при преждевременно родени деца. То е убило повече бебета, отколкото което и да е друго заболяване. В Съединените щати например от 250 000 преждевременно родени деца годишно около 50 000 имат тази патология, а за около 5 000 от тях тя е свъртоносна. По-рано не е имало яснота за етиологията и механизма на заболяването. През 1963 г. дори новородено дете на президента на САЩ, J.F.Kennedy умира от респираторен дистрес синдром. Вече има лекарства с ниско повърхостно напрежение, които компенсират недостига или пълната липса на сърфактант.

Емфизем

При едно хронично белодробно заболяване, наречено емфизем, алвеолите се уголемяват, някои се разрушават, други сливат и окрупняват. Емфиземът е силно разпространен сред тежките пушачи, но понякога се развива и при непушачи. Тази деструкция на белодробната тъкан намалява и нейната еластичност. Белите дробове стават по-пластични – малка промяна в налягането предизвиква по-голямо от нормалното изменение на техния обем.

Макар че на пръв поглед това изглежда че би улеснило дишането, вярно е обратното. По-голямата част от работата при дишането се извършва за преодоляване съпротивлението на въздушните пътища, а при емфизем това съпротивление силно нараства. Същевременно при емфизем площта, през която се извършва дифузията на газове през алвеоларните мембрани, намалява. Това затруднява снабдяването с кислород.

Вдишването увеличава радиуса на алвеолите. Съгласно закона на Лаплас обаче в резултат на това стените на алвеолите намаляват малко своята еластичност. Силно разширените алвеоли на пациенти, страдащи от емфизем, имат силно намалено свиващо напрежение и издишването при тях изисква допълнителни усилия от диафрагмата. В напреднал стадий на заболяването пациентът не е в състояние дори да духне запалена клечка кибрит. По тази причина тестването на това заболяване е твърде лесно.



Астма

Друго обструктивно (затрудняващо) белодробно заболяване е астмата. Астмата е резултат от хронично възпаление на дихателните пътища, което впоследствие води до повишена свиваемост на заобикалящите гладки мускули. Това, заедно с други фактори, води до пристъпи на стесняване на въздушния път. При нея основен проблем е също затрудненото издишване, дължащо се на повишено съпротивление на въздушните пътища. Част от това съпротивление се дължи на набъбване и слуз в малките въздушни пътища. Но по-голямата част от него се обуславя от контракция на гладките мускули около големите въздушни пътища.



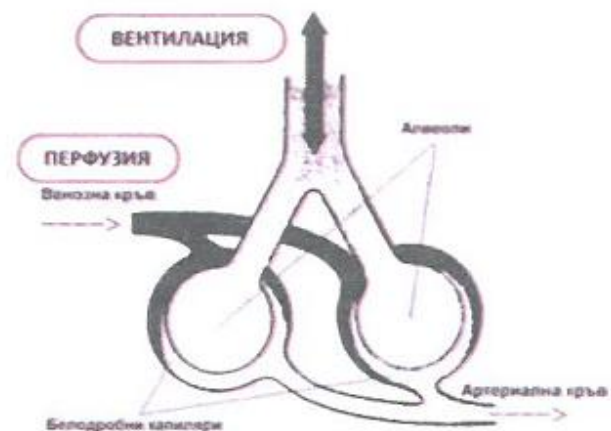
Фиброза на белите дробове

При фиброза на белите дробове мембраните между алвеолите стават по-дебели. Това има два забележими ефекта: еластичността на белия дроб намалява и дифузията на кислород в белодробните капиляри се забавя. Съпротивлението при издишване обикновено е нормално. Човек с такова заболяване има болезнено дишане (диспнея) или скъсяване на дишането по време на физическо натоварване. Фиброза на белите дробове може да се появи след облъчване с йонизираща радиация (например при лъчетерапия на рак), макар че това не е единствената причина.

Пневмония и пулмонарна емболия

За добра обмяна на газове в белите дробове е необходимо да са изпълнени две условия: добра **перфузия** (снабдяване на белодробните капиляри с кръв) и добра **вентилация** (снабдяване на алвеолите с въздух). В белите дробове има области с добра вентилация и добра перфузия, такива с добра вентилация и лоша перфузия и области с лоша вентилация и добра перфузия. В норма областите с добра вентилация и добра перфузия са около 90 % от общия обем на белите дробове.

Много белодробни заболявания предизвикват намаляване на перфузията и/или вентилацията. При **пневмония** например засегнатата област има лоша вентилация. Ако кръвният поток към част от белия дроб е блокиран от съсирек (**пулмонарна емболия**) този обем има лоша перфузия.



Бронхит и бронхиолит

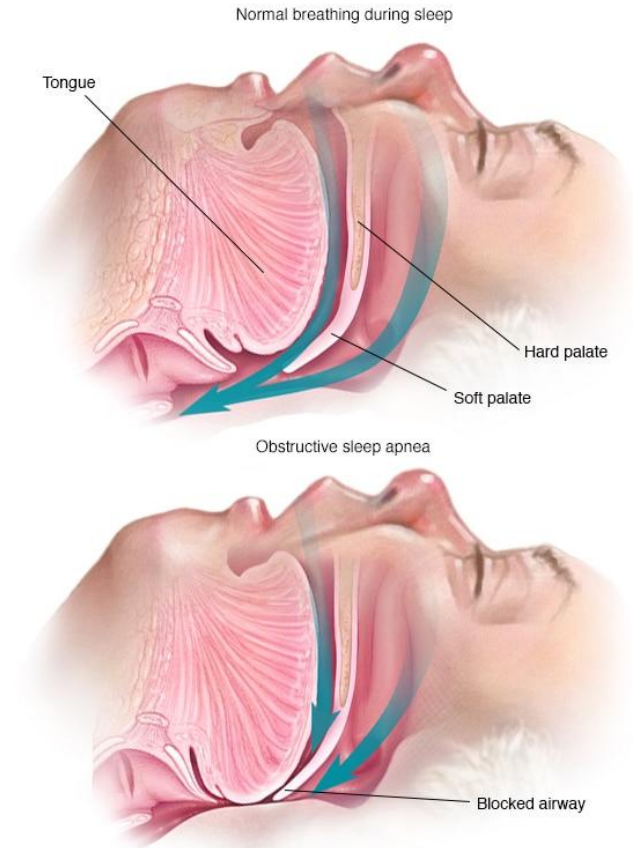
набъбване на стените
на бронхиолите



Бронхиолит

По-голямата част от общото съпротивление на дихателната система се дължи на горните въздушни пътища. Носната област отговаря за около 50 % от него. Крайните въздушни пътища (bronхи и бронхиоли) обуславят едва около 10 % от общото съпротивление. Ето защо заболяванията, засягащи тези участъци от дихателната система, не повлияват съществено въздушното съпротивление, докато не достигнат напреднала фаза. **Бронхитът** е възпаление на бронхите. Причинява се от вируси, бактерии, цигарен дим и други замърсители на въздуха. **Бронхиолитът** е възпаление на най-малките въздушни пътища в белите дробове - бронхиолите. То се среща при деца на възраст до 2-3 години и най-често се причинява от вируси. И при двете заболявания набъбването на стените на въздухопроводите е основната причина, която увеличава динамичното въздушно съпротивление и затруднява дишането.

Обструктивна сънна апнея



Обструктивната сънна апнея (от гръцки "апнея" - без дъх) е патологично състояние, при което участък от горните дихателни пътища се запушва по време на сън, предизвиквайки спиране на дишането. Мускулите на езика и дихателния път естествено се отпускат по време на сън. Това стеснява и дори може да затвори въздушния пасаж. Тялото реагира на липсата на кислород със събуждане, след което пациентът заспива отново недълбок сън. Този цикъл се повтаря многократно.