



Фізіологія системи

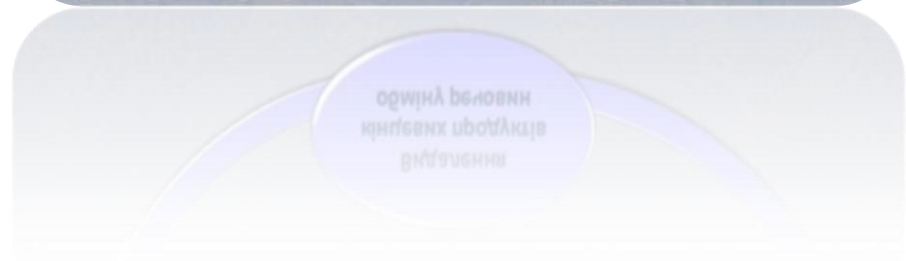
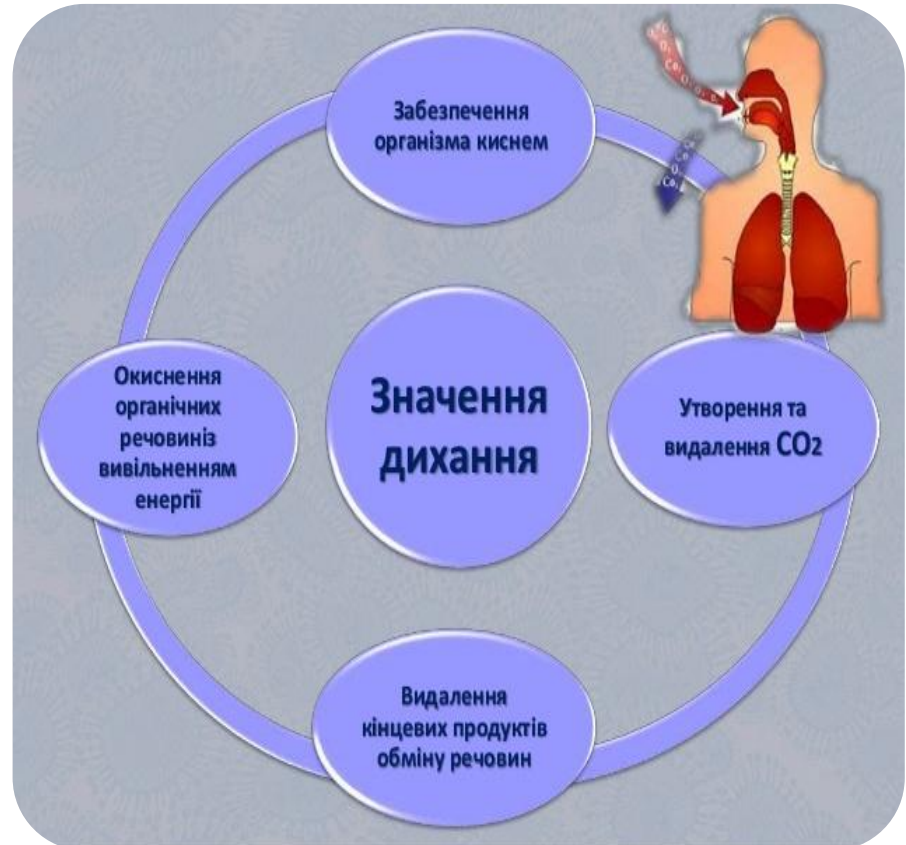
ДИХАННЯ

Проф. Весніна Л.Е.

Дихання –

сукупність процесів,
які забезпечують:

- надходження в організм O_2
- використання його в окисно-відновних процесах
- видалення CO_2 та інших кінцевих продуктів обміну речовин



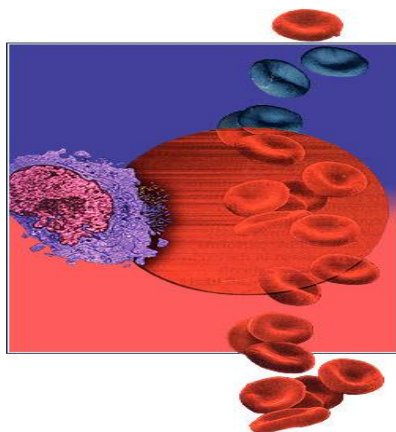
Етапи дихання:

- **1. Зовнішнє дихання**, або вентиляція легенів - обмін газів між альвеолами легень і атмосферним повітрям
- **2. Обмін газів** у легенях між альвеолярним повітрям і кров'ю
- **3. Транспорт газів** кров'ю - процес перенесення O_2 від легенів до тканин, а CO_2 від тканин до легень
- **4. Обмін газів** між кров'ю капілярів великого кола кровообігу і клітинами тканин
- **5. Внутрішнє (тканинне) дихання** - біологічне окислення в мітохондріях

Функції дихальної системи

- **Обмін газів:** насичення киснем крові і виведення вуглекислого газу
- **Регуляція рН крові:** корекція рівня CO_2 крові карбонатною буферною системою
- **Формування голосу:** за рахунок руху повітря через голосові зв'язки
- **Нюх:** у порожнині носа відбувається контакт ворсинок нюхового нерва і молекул запаху
- **Терморегуляція:** зігрівання та охолодження тіла
- **Захист:** формування бар'єру на шляху мікроорганізмів

Дихальна система є компонентом серцево-судинної системи та системи крові, спільно підтримуючи газовий гомеостаз



Недихальні функції легень:

- синтез біологічно-активних речовин:
- - гепарин
- - серотонін
- - простациклін
- - ренін-перетворюючі ферменти

Дихальна система складається з **органу газообміну** (легені) і системи, яка здійснює **вентиляцію** легенів

У процесі дихання використовується два механізми газообміну:

- **конвекційний транспорт** - перенесення газів на відносно великі відстані через дихальні шляхи в процесі легеневої вентиляції і транспорті газів кров'ю, заснований на градієнті тиску
- **дифузійний транспорт** - перенесення газів на відстані менше 0,1 мм пасивно з області високої концентрації в область низької з витратою власної кінетичної енергії

Дифузія - в легневих альвеолах і тканинах, забезпечує перенесення O_2 і CO_2 в систему кровообігу

Зовнішнє дихання

- **Зовнішнє дихання**
(вентиляція легенів) -
процес газообміну між
атмосферним повітрям і
кров'ю легеневих
капілярів,
в результаті якого
відбувається
- **артеріалізація крові**
(підвищення напруги O_2 і
зниження CO_2 в крові),
- реалізується шляхом
чергування *вдишу*
(*inspiratio*)
і *видишу* (*expiratio*)

Інтенсивність газообміну

визначається:

- легеневої вентиляцією
- перфузією
- дифузією газів в
альвеоло-капілярній
мембрані

Анатомо- фізіологічним субстратом дихання є:

- грудна клітка та
дихальні м'язи
- дихальні шляхи
- легенева тканина



Дихальна система



Верхні
дихальні
шляхи

Носова
порожнина

Ротова
порожнина

Глотка



Органи
дихання

Легені



Нижні
дихальні
шляхи

Гортань

Трахея

Бронхи

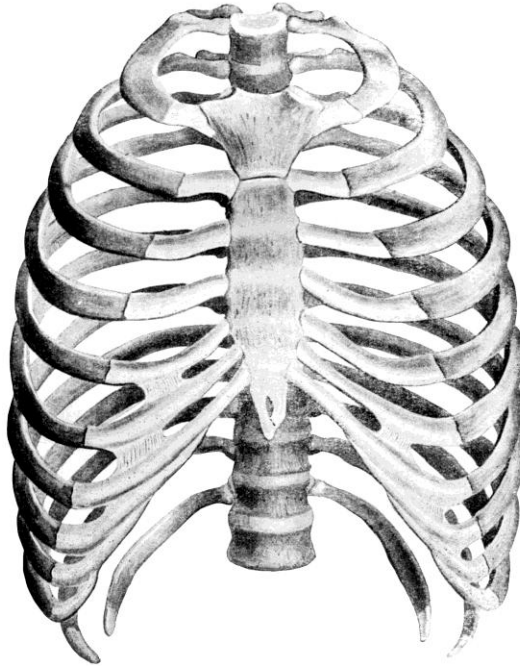


Глотка

Грудна клітка і дихальні м'язи

- *Грудна клітка* - пасивна кістково-хрящова основа, поєднана зв'язками
- в процесі вдиху розширюється за рахунок двох механізмів - *підняття ребер і сплющення діафрагми*

Ці механізми здійснюються за рахунок роботи дихальних м'язів, які діляться на *інспіраторні і експіраторні*



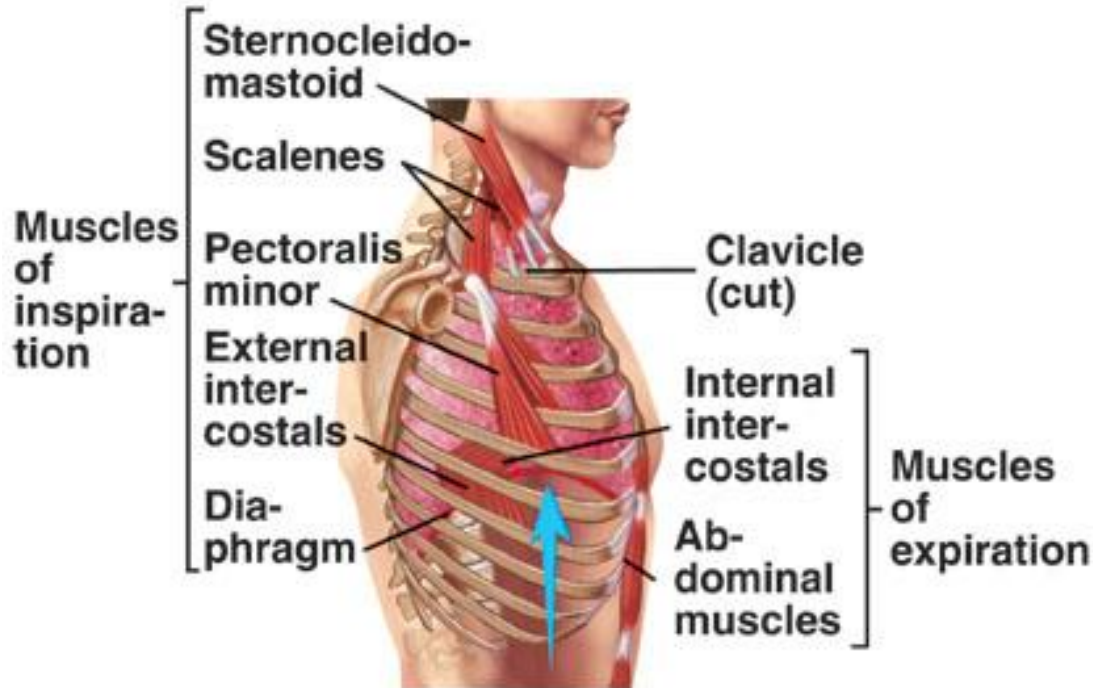
Інспіраторні м'язи:

- m. diafragmaticus
- m. intercostalis ext.
- m. interchondroicus int.

Експіраторні м'язи:

- m. intercostals internum

End of expiration

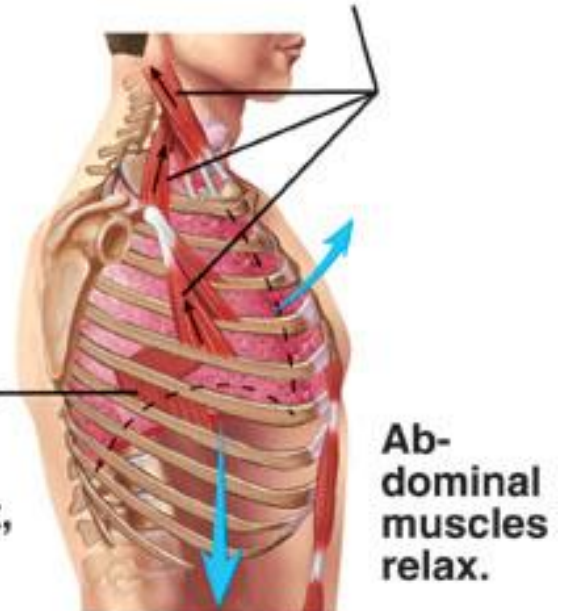


Diaphragm relaxed

(a)

End of inspiration

Labored breathing:
Additional muscles contract, causing additional expansion of the thorax.



Quiet breathing:
The external intercostal muscles contract, elevating the ribs and moving the sternum.

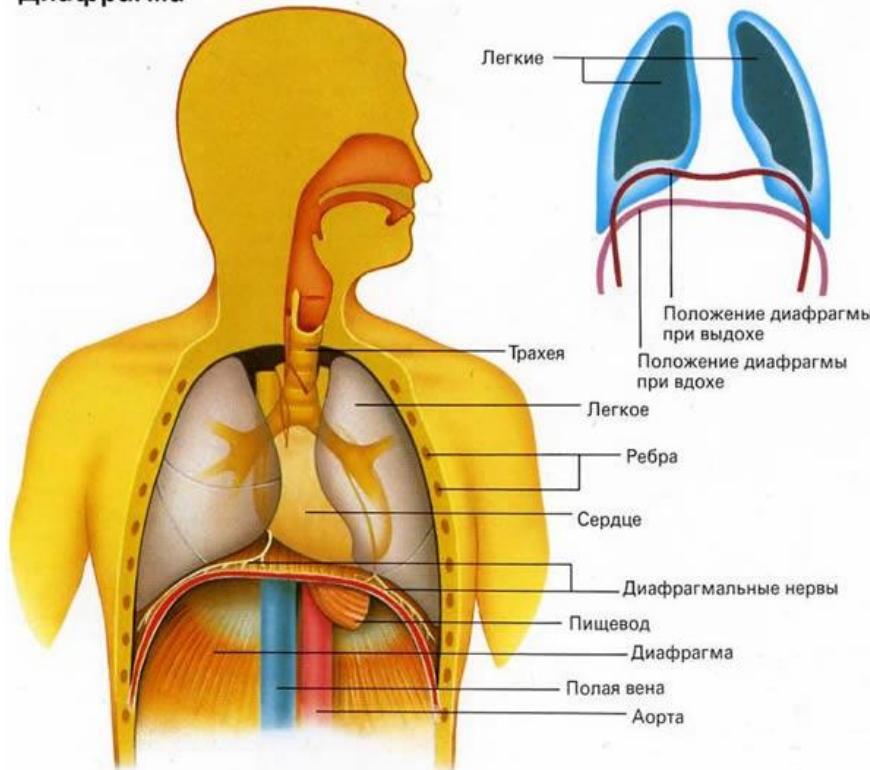
Abdominal muscles relax.

The diaphragm contracts, increasing the superior-inferior dimension of the thoracic cavity.

(b)

Діафрагма

Діафрагма



Основний інспіраторний м'яз - *діафрагма*

- рух діафрагми забезпечує **70-80%** вентиляції легенів
- у нормі діафрагма має форму купола, зверненого в бік грудної порожнини
- під час спокійного вдиху купол діафрагми опускається вниз на **1,5-2 см**,
глибокого - до **10 см**

**М'ЯЗИ ВДИХУ
(ІНСПРАТОРНІ М'ЯЗИ)**

Грудинно-ключово-
соскоvidний м'яз

Драбинчасті м'язи

Зовнішні
міжреберні
м'язи

Діафрагма

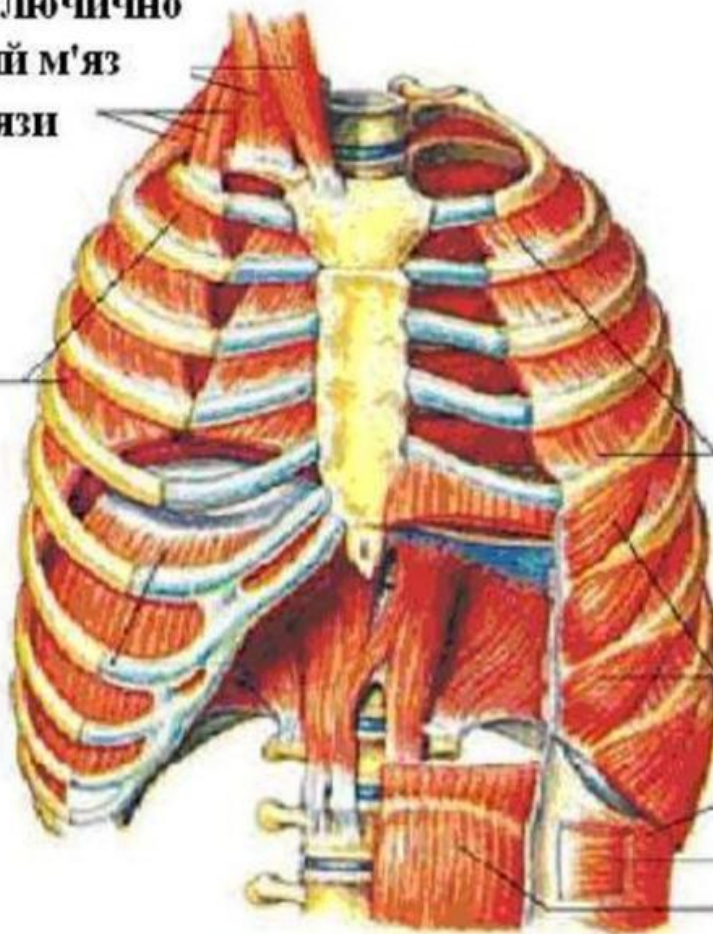
**М'ЯЗИ ВИДИХУ
(ЕКСПРАТОРНІ М'ЯЗИ)**

Внутрішні
міжреберні м'язи

Зовнішній косий
м'яз живота

Внутрішній косий
м'яз живота

Поперечний м. живота
Прямий м'яз живота



Допоміжні інспіраторні м'язи (утруднення дихання,
почуття задишки (диспное)),
кріпляться до кісток плечового пояса, черепа і хребта:

- - m. scaleni
- - m. sternocleidomastoideus
- - m. pectoralis major et minor
- - m. serratus post. sup.
- - m. serratus ant. magnus
- - m. trapezius
- - m. extensores columnae vertebralis
- - m. rhomboidei
- - m. levator scapulae

Умовою для включення цих м'язів в роботу з підйомом ребер - фіксація
плечового пояса або нахил голови вперед
(вимушена поза при нападі бронхіальної астми)

Допоміжні експіраторні м'язи:

- - m. abdominalis rec. et obl.
- - m. triangularis sterni
- - m. serratus post. inf.
- - m. quadratus lumborum

Повітроносні шляхи

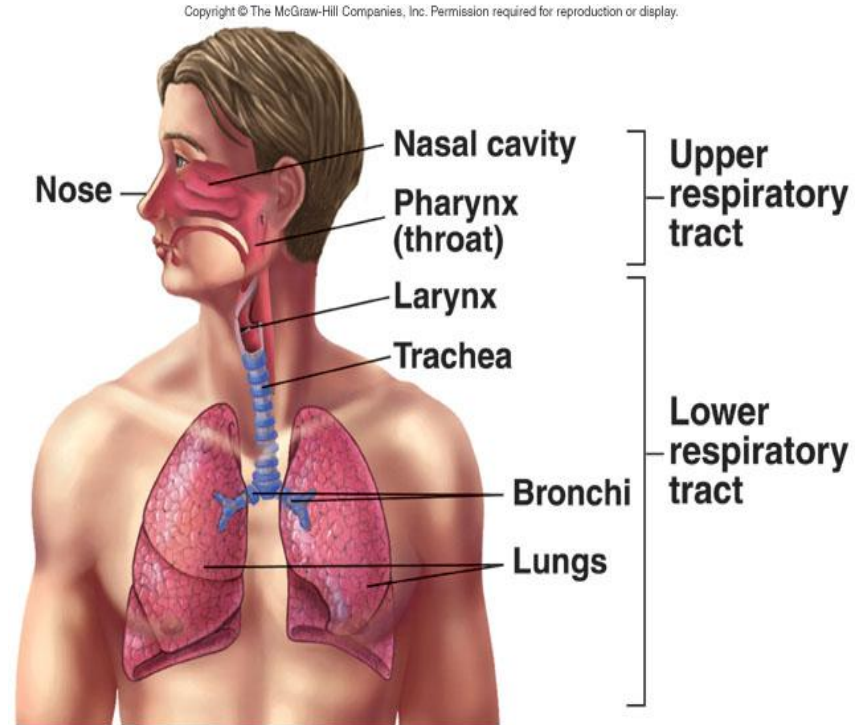
Дихальні шляхи починаються

верхнім відділом:

- ніс, додаткові пазухи носа
- євстахієві труби
- носоглотка
- ротова порожнина

Нижній відділ:

- гортань (багатошаровий пл. епітелій)
- трахея (багаторядний мерцат. епітелій)
- бронхи (багаторядний мерцат. епітелій)

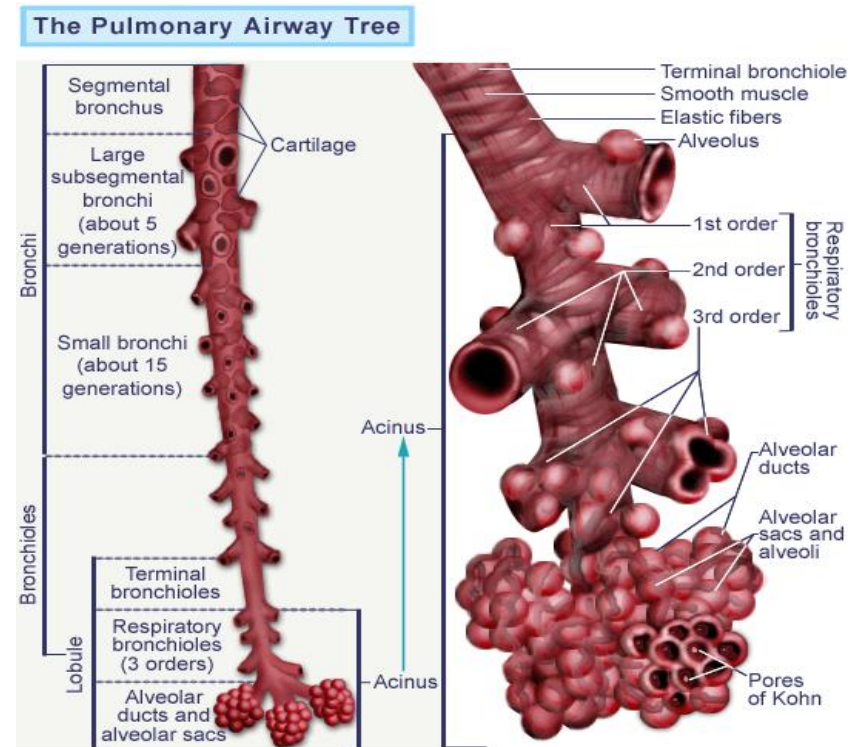


Бронхи діляться дихотомічно на 20-25 генерацій
Починаючи з 17 генерації на стінках бронхів виникають поодинокі
альвеоли (одношар. цил. епіт. з війками)

Функціональні зони:

- **кондуктивна** (провідна)
зона - 1-15 генерації бронхів
- **транзиторна** (перехідна)
зона - 16-23 генерації
бронхів
- **дихальна** (респіраторна)
зона - альвеоли (близько 300
млн.)

Збільшення сумарного
перетину дихальних шляхів
з $2,5 \text{ см}^2$ в трахеї до
 $11\,800 \text{ см}^2$ в альвеолах



Мертвий простір

Анатомічний -

обсяг повітроносних шляхів, в яких не відбувається газообмін -

- носова і ротова порожнини
- глотка
- гортань
- трахея
- бронхи і бронхіоли (*повітроносні шляхи, кондуктивна і транзиторна зони*)

функції АМП

- забезпечення вентиляції легенів і зміна тиску в грудній порожнині
- очищення повітря - уловлювання частинок пилу і бактерій за рахунок шару слизу,
- який секретується келихоподібними і субепітеліальними залозистими клітинами



- Ритмічні рухи війок дихального епітелію рухають слиз до надгортаннику і стравоходу
- більші частинки видаляються → рефlekсами чхання та кашлю
- зігрівання повітря (поверхнева мережа капілярів і рясне кровопостачання слизової → повітря - до 37°C)
- зволоження повітря (постійне виділення слизу, висока концентрація водяної пари в нижніх відділах → вологість повітря в альвеолах 100%)
- носове дихання забезпечує становлення нормального розумового розвитку у дитини (за рахунок тісного зв'язку закінчень n. olfactorius et formacio reticularis) і розвиток дихальної мускулатури



Функціональний (фізіологічний) мертвий простір

Це *повітроносні шляхи і альвеоли*, які вентилуються, але не перфузуються кров'ю (газообмін неможливий, вентиляція відбувається)

- у фізіологічних умовах - при зниженні МОК
- при зменшенні тиску в артеріальних судинах легенів
- у патологічних умовах —
- при анемії
- легеневій емболії
- емфіземі

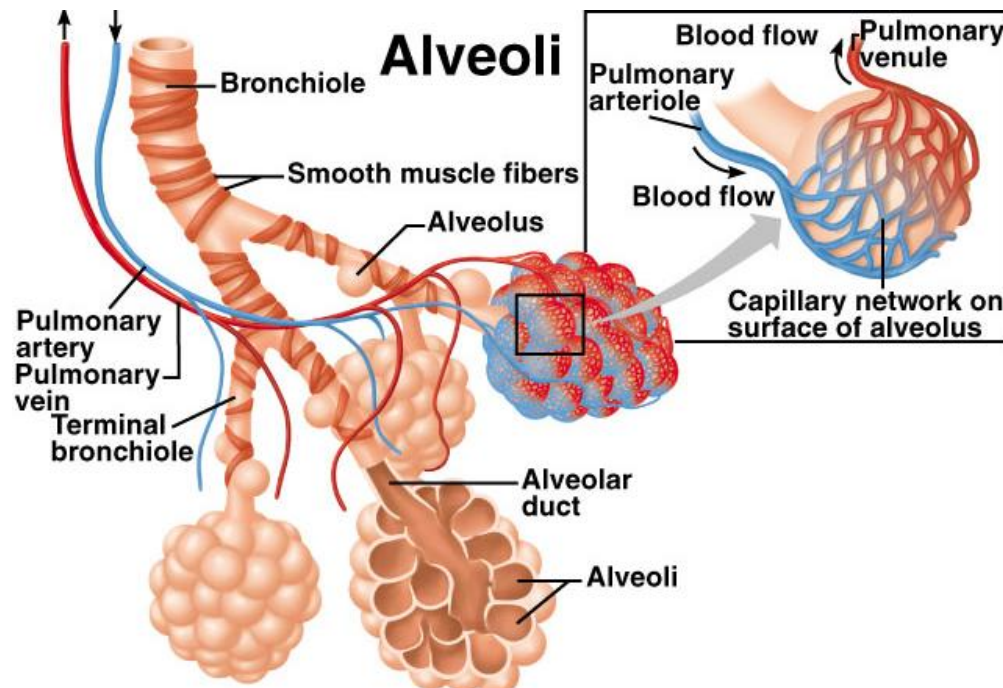
У нормі анатомічний та фізіологічний МП повинні збігатися і складати

1/3 дихального об'єму



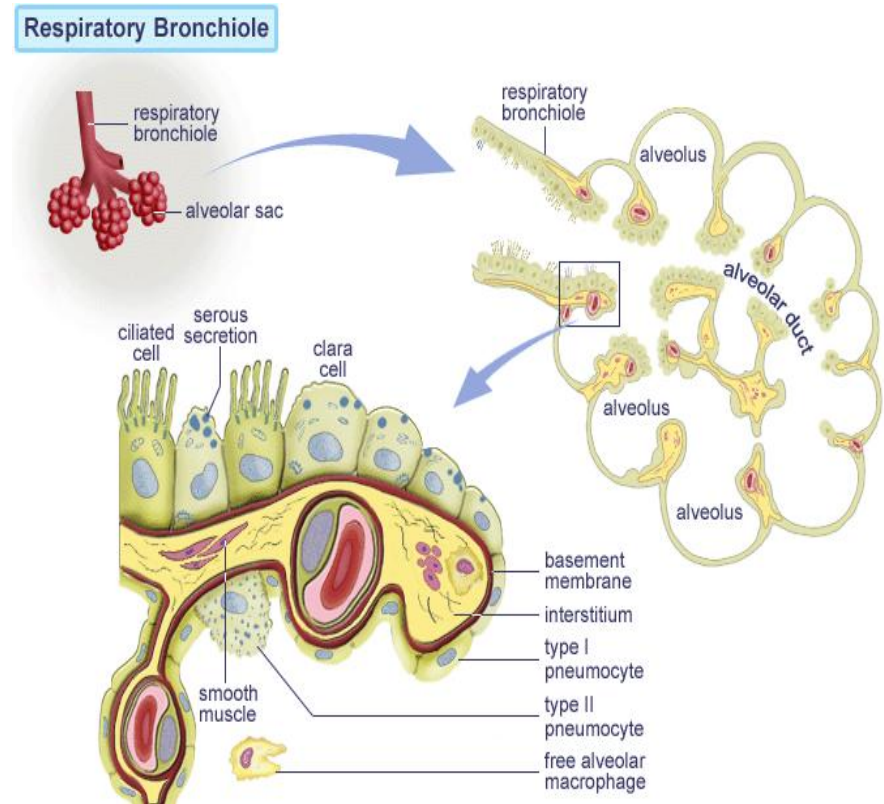
Легенева тканина

- Складається з **альвеол**, що утворюють навколо бронхіол функціональні одиниці - **ацинуси**, що групуються в часточки
- формування бронхіального дерева - **внутрішньоутробно**, ацинус розвивається протягом **усього життя**
- газообмін між кров'ю легених капілярів і повітрям легенів
- сумарна площа - 80 м², діаметр - 0,2-0,3 мм
- кожна альвеола оточена мережею капілярів для більшої площі контакту крові

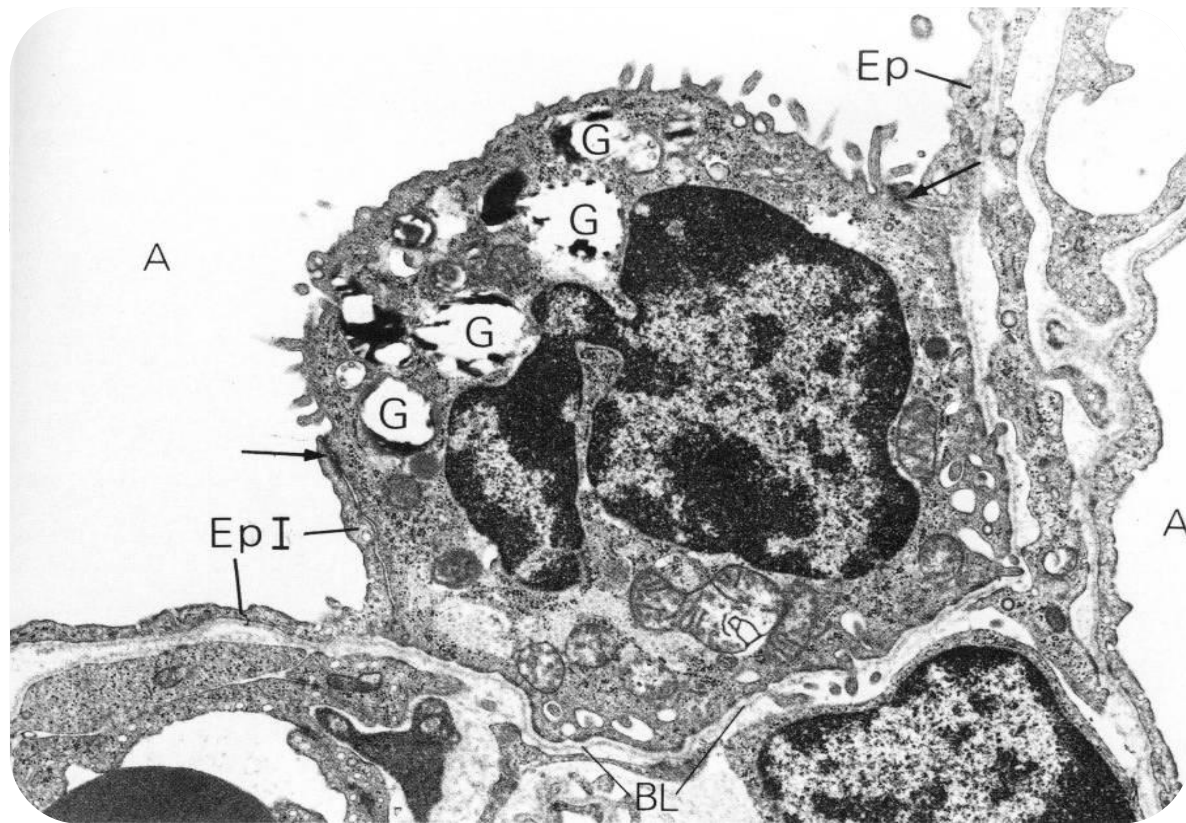


Альвеоли складаються з 2 типів епітеліальних клітин

- **Альвеолоцити I типу** - плоскі з великою подовженою цитоплазмою, прилягають до капілярів
- **Альвеолоцити II типу** - (зернисті пневмоцити) тонкі, містять цитоплазматичні включення продукують **сурфактант**
- Інші типи епітеліальних клітин:
 - **альвеолярні макрофаги легень**
 - **лімфоцити**
 - **плазматичні клітини**
 - **нейроендокринні клітини** (продукують поліпептиди і аміни)
 - **мастоцити** (містять гепарин, ліпіди, гістамін і протеази, які беруть участь алергічних реакціях)

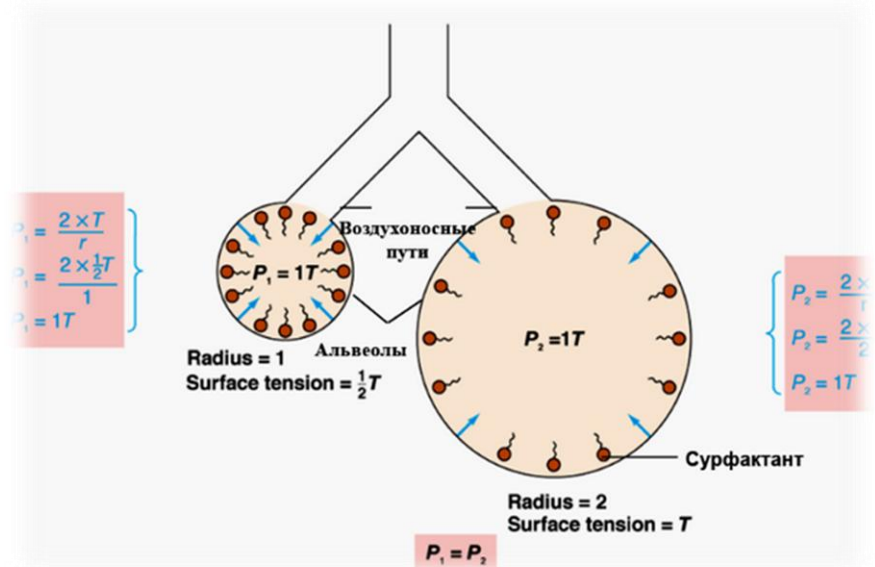


Пневмоцити II типу з включеннями сурфактанта



Сурфактанти - суміш діпальметілфосфатиділхоліна і інших ліпідів і білків

- формують тонку плівку рідини всередині альвеол
- сили поверхневого натягу на поверхні розділу фаз *газ-рідина* спрямовані на *спадання* легень
- їм протидіють поверхнево-активні речовини → **сурфактанти**
- гідрофільні головки сурфактантів пов'язані з молекулами води
- гідрофобні закінчення слабо притягуються один до одного і до інших молекул →
- молекули сурфактантів утворюють на поверхні рідини тонкий гідрофобний шар →
- **знижуючи поверхневий натяг**

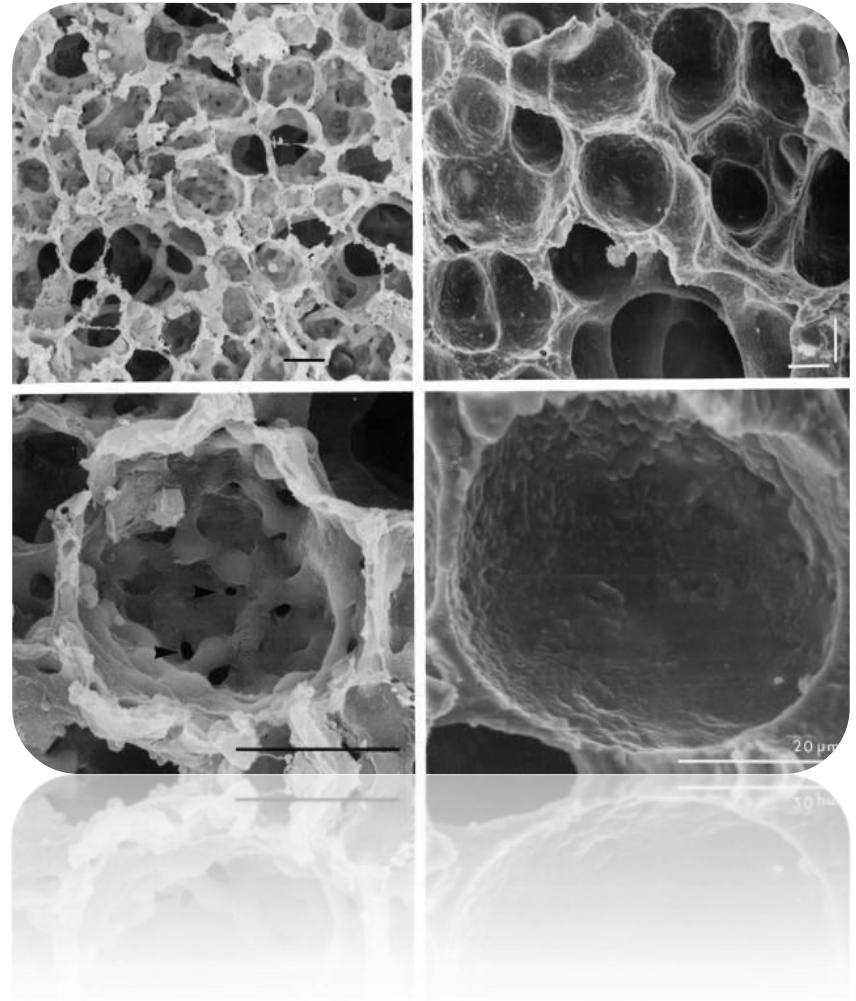


Сурфактант

- Антенатальне утворення починається на 18-24 тижні вагітності (диференціювання клітин альвеолярного епітелію)
- товщина 10-20 мкм

Функції сурфактантів:

- підтримання форми і розміру альвеол
- полегшення дихальних рухів при глибокому диханні
- очищення альвеол
- розправлення легень у новонароджених
- перешкода трансудації (виходу) рідини в альвеоли з плазми капілярів легких

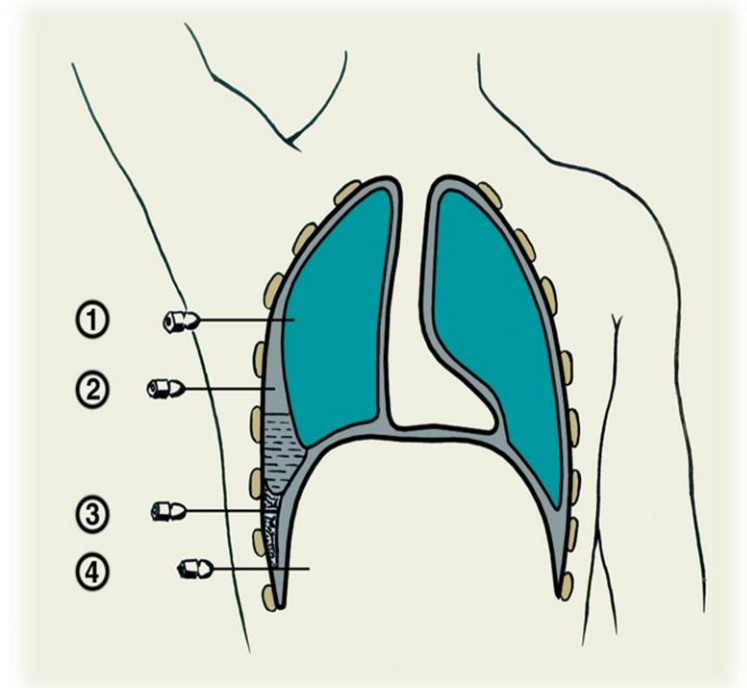


Плевральна порожнина

- - простір між вісцеральним листком плеври, що покриває паренхіму легенів і парієтальних, який вистилає грудну клітку
- в нормі легені знаходяться в розтягнутому стані
- між плевральними листками тиск нижче атмосферного - внутрішньоплевральний тиск

фактори:

- - еластичні і колагенові волокна альвеол
- - еластичне опір
- - тяга легень сприяє зменшенню альвеол
- - сили поверхневого натягу альвеол



- взаємодія грудної клітини, яка має власну еластичну тягу і еластичної тяги легень
- робота дихальних м'язів
- процеси фільтрації і всмоктування внутрішньоплевральної рідини вісцеральними і парієтальними листками

В нормі при спокійному вдиху внутрішньоплевральний тиск

- 6-8 см вод. ст.

при спокійному видиху

- 4-5 см вод. ст.

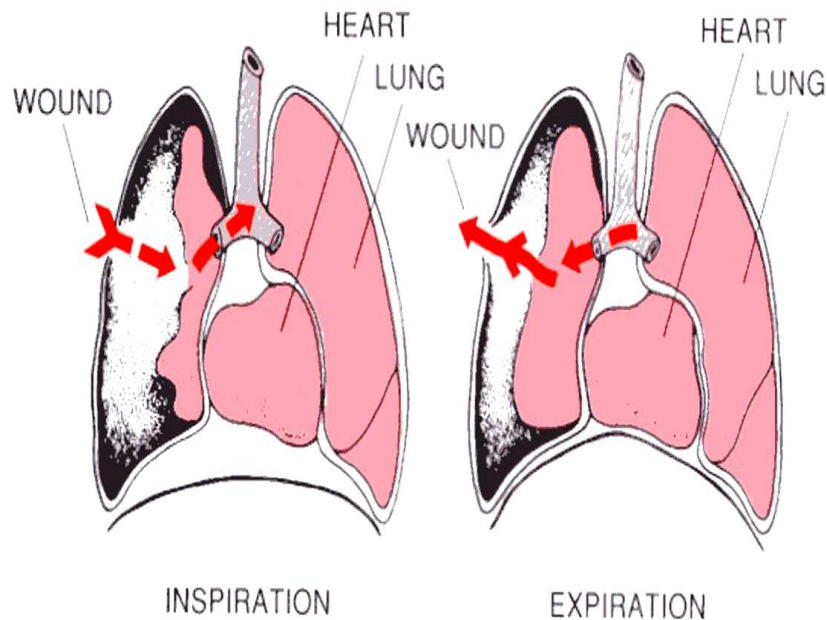
Транспульмональний

тиск:

різниця між альвеолярним та внутрішньоплевральним тиском

$$P_{тр} = P_a - P_{пл}$$

Величина і співвідношення із зовнішнім атмосферним тиском транспульмонального тиску ***є основним чинником***, що викликає рух повітря в повітроносних шляхах



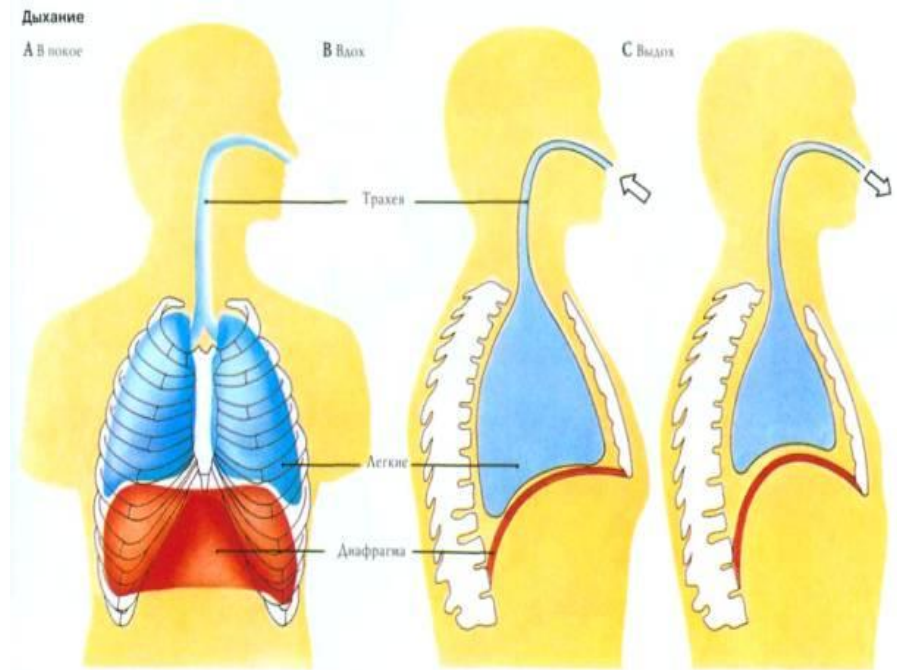
- Плевральна порожнина герметична
- в результаті пошкоджень в плевральну порожнину потрапляє повітря, легені спадаються і підтискаються до кореня (еластичні і сили поверхневого натягу)
- повітря в плевральній порожнині — пневмоторакс
- ефективний газообмін **неможливий**
- розрізняють:
 - **відкритий пневмоторакс** - отвір між плевральною порожниною і зовнішнім середовищем відкрито
 - **закритий пневмоторакс** - отвір герметично закритий

Пневмоторакс

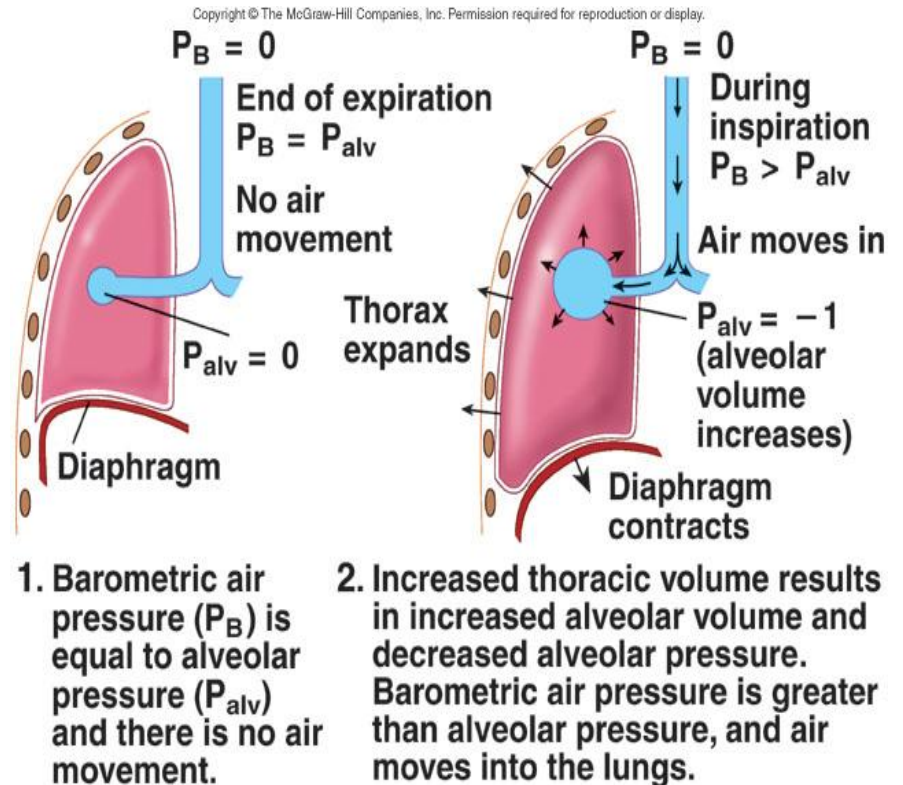
- ***Травматичний*** - відкриті (ножові, вогнепальні) або закриті (без порушення шкірних покривів) пошкодження грудної клітини з розривом легені
- ***спонтанний*** - мимовільно в результаті руйнування легеневої тканини при емфіземі легенів, розрив вроджених легеневих кіст
- ***штучний*** - з лікувальною метою введення повітря в плевральну порожнину, викликає стиснення легкого (запропонований італійським лікарем К. Форланіні в 1882 для лікування кавернозних форм туберкульозу)
- ***Основні симптоми*** - біль у грудній клітці і задишка, аускультативно - дихання на стороні поразки ослаблене чи відсутнє
- можливе скупчення повітря в підшкірній клітковині грудної клітки, шиї, обличчя або середостіння (здуття і відчуття хрускоту при пальпації) - підшкірна емфізема та емфізема середостіння
- ускладнення: плеврит, гемопневмоторакс, гній
- перша допомога при відкритому - негайне накладення пов'язки, що закриває рану
- при клапанному необхідні пункція плевральної порожнини і видалення повітря для усунення колапсу легкого і зміщення серця

Механізм вдиху

- У нормі дихальний цикл,
вдих: видих 1: 1,3
- перед вдихом тиск в легенях = атмосферному,
внутрішньоплевральний тиск
- 5 см вод.ст.
- імпульс від дихального центру
→ *скорочення інспіраторних*
м'язів → збільшення обсягу
грудної порожнини в трьох
напрямках - вертикальному,
сагітальному і фронтальному
- тиск в плевральній порожнині
збільшується →
- 8 см вод.ст.



- Завдяки адгезії між парієтальним і вісцеральним листками плеври *легені розтягуються*
- в альвеолах повітря розріджується, *знижується* альвеолярний тиск
- *градієнт тисків* ззовні (атмосферний) і в альвеолах (альвеолярний) → повітря надходить по *трахеобронхіальних шляхах* в альвеоли → *вдих*
- тиск в альвеолах =
атмосферному



→

- Перехід від фази вдиху до видиху →
- **спокійний видих** –
- при розслабленні інспіраторних м'язів
- вага грудної клітки і нутрощів
- → обсяг грудної порожнини зменшується → підвищується

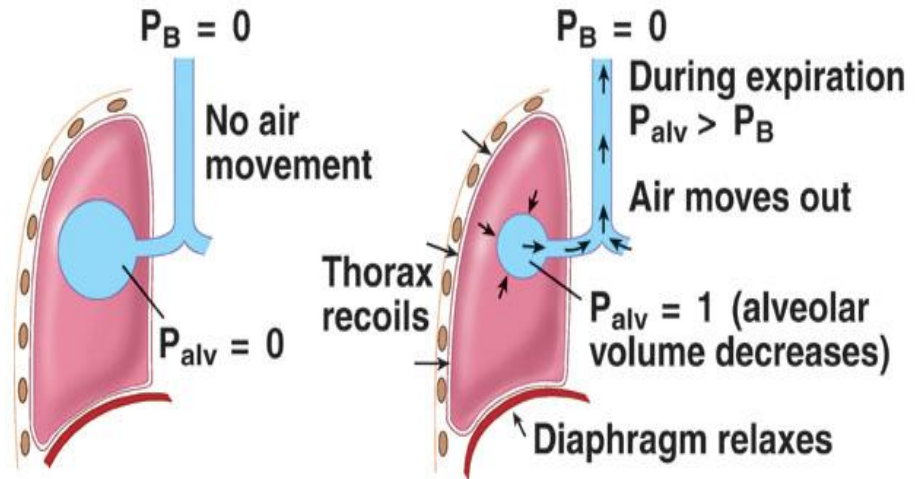
внутрішньоплевральний тиск

- + **еластична тяга легень** повітря в альвеолах стискається, його тиск → вище атмосферного →

видих

- видих закінчується при **рівновазі** еластичної тяги легень і тиску в плевральній порожнині

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



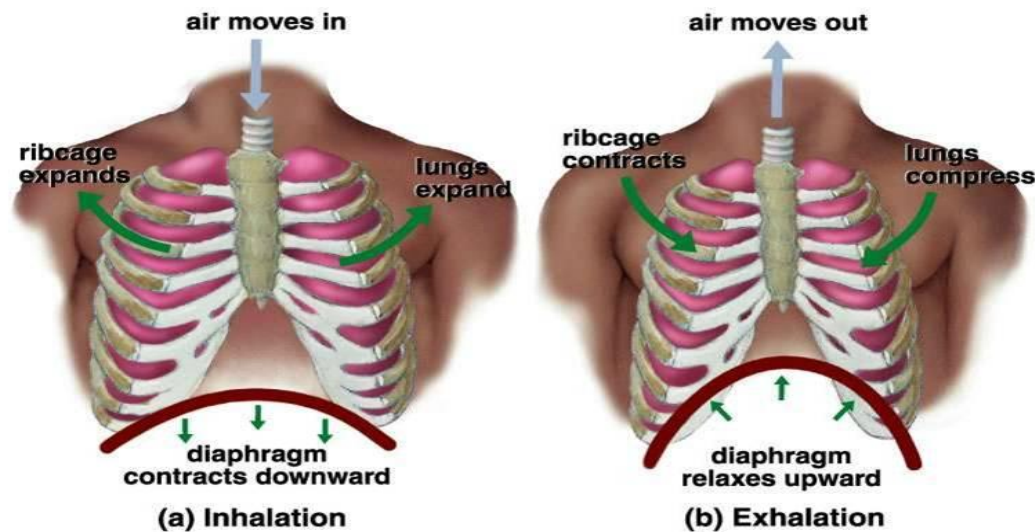
3. End of inspiration.

4. Decreased thoracic volume results in decreased alveolar volume and increased alveolar pressure. Alveolar pressure is greater than barometric air pressure, and air moves out of the lungs.

Під час вдиху м'язи долають ряд сил:

- 1) *еластичний опір грудної клітки* (від 70% ЖЕЛ) і нутрощів, що відсуваються діафрагмою, протидіє негативному тиску в плевральній порожнині
- негативний тиск в плевральній порожнині стискає грудну клітку, еластична тяга грудної клітини протидіє
(полегшення вдиху при спокійному диханні)

При глибині вдиху вище 70% ЖЕЛ, еластичність грудної клітки протидіє вдиху і її тяга направляє в сторону еластичної тяги легеневої тканини

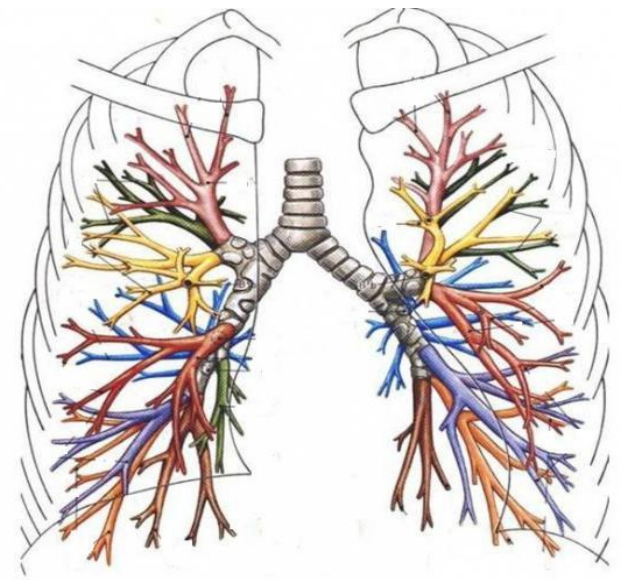


- 2) *еластичний опір легень* - зменшення об'єму альвеол -
 1/3 власне пружні (еластичні) властивості стінок альвеол
 забезпечуються еластичними і колагеновими волокнами
 2/3 сили поверхневого натягу, яким протидіють ПАР, в
 альвеолах зсередини – *сурфактанти*
- при вдиху молекули сурфактанту розташовуються на поверхні
 альвеол менш щільно, це сприяє посиленню поверхневого натягу
 плівки рідини, що вистилає альвеоли
- при видиху молекули сурфактанту прилягають один до одного
 більш щільно і знижують величину ПН
- спокійний вдих - на подолання еластичного опору витрачається
 60-70% зусиль інспіраторної мускулатури
- чим глибше дихання, тим більше еластичний опір

3) *динамічний (в'язкий) опір* переміщуваних тканин, обумовлений
 деформацією і тертям при диханні в легенях і оточуючих тканинах

- 4) **аеродинамічний опір дихальних шляхів**

- діаметра і протяжності дихальних шляхів
- швидкості потоку повітря
- характеру потоку в даній системі



- повітря рухається по повітроносних шляхах під дією **градієнта тиску** між порожниною рота і альвеолами - рушійна сила перенесення газів
- повітряний потік в дихальних шляхах **ламінарний**, в місцях біфуркації бронхів і звужень **турбулентні** завихрення

- при ламінарному потоці повітря відповідно до закону

Хагена-Пуазейля, об'ємна швидкість V пропорційна градієнту тиску P і обернено пропорційна аеродинамічному опору R , що залежить від поперечного перерізу і довжини трубки і від в'язкості газу

цей опір зазвичай називають **опором повітроносних шляхів**

- У нормі *аеродинамічний опір* визначається умовами для воздухоносного потоку в трахеї і великих бронхах
- внесок дрібних бронхів і бронхіол в загальний опір незначний через велику сумарну площу поперечного перерізу
- *опір дихальних шляхів* обернено пропорційний діаметру їх просвіту і залежить від
 - - легеневого об'єму
 - - тонусу бронхіальних м'язів
 - - секреції слизу
 - - спадання дихальних шляхів під час видиху
 - - здавлення об'ємним процесом (пухлина)

Бронхи під час вдиху розширюються, а під час видиху звужуються

Тонус гладких м'язів бронхів регулюється:

підвищують тонус

- - парасимпатична н.с.
- - гістамін
- - серотонін
- - простагландини
- - холодове подразнення

знижують тонус

- - симпатична н.с.
- - атропін
- - адреналін

Патерн дихання – співвідношення компонентів дихального циклу (тривалість фаз, глибина дихання, динаміка тиску)

У нормі дихання дихальний цикл «вдих-видих» в співвідношенні

1 : 1,3

частота 12-16 за хв

- цей вид дихання ***ейпное***
- патерн дихання змінюється при розмові, прийомі їжі - періодично виникає ***апное*** - затримка дихання на вдиху і видиху
- ***гіперпное*** - зростання частоти і глибини дихання при фізичному навантаженні (підвищення потреби в O₂)
- при порушенні структур мозку, що мають безпосереднє відношення до процесу дихання, патерн дихання змінюється
- ***гаспінг*** (термінальне рідке дихання) - судомні вдихи-видихи, при різкій гіпоксії мозку, закінчується ***апное***
- ***атактичне*** дихання - нерівномірне, хаотичне, нерегулярне, при порушенні зв'язку дихальних нейронів з варолієвим мостом

- *Апнейзис* - тривалий вдих, короткий видих, тривалий вдих, порушений процес чергування вдих-видих
- *дихання Чейн-Стокса* (пошкодження дихальних нейронів довгастого мозку) - поступове збільшення амплітуди дихальних рухів, потім зменшення до нуля, після паузи повтор
- *дихання Біота* (пошкодження дихальних нейронів мосту) - між нормальним дихальним циклом «вдих-видих» тривалі паузи
до 30 с
- *дихальна апраксія* (пошкодження нейронів лобових часток) - нездатність довільно змінювати ритм і глибину дихання, звичайний патерн не порушений
- *нейрогенна гіпервентиляція* (стрес, фізична робота, порушення структур середнього мозку) - дихання часте і глибоке
- *дихання Куссмауля* - глибоке дихання з укороченим активним видихом

Легенева вентиляція

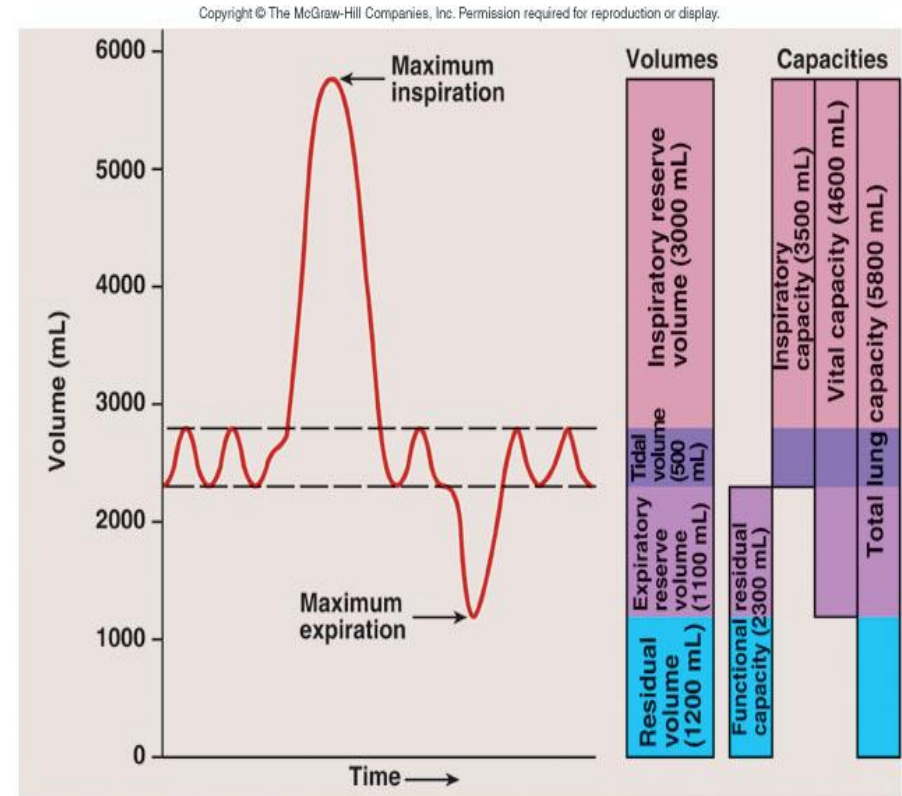
- ***Вентиляція легень*** - процес оновлення газового складу альвеолярного повітря, надходження O_2 і виведення надлишку CO_2
- вентиляція легенів залежить від ***глибини дихання*** (дихального об'єму) і ***частоти дихальних рухів***
- вентиляція легень оцінюється по статичним і динамічним легеневим об'ємам
- Використовують неінвазивні методи дослідження - ***спірометрії і спірографію***
- ***Статичні обсяги*** вимірюють при завершених дихальних рухах без обмеження їх швидкості
- ***динамічні*** - при проведенні дихальних рухів з обмеженням часу на їх виконання
- ***обсяги*** повітря, що надходять в легені, залежать від:
 - антропометричних даних
 - властивостей легеневої тканини
 - поверхневого натягу альвеол
 - сили, що розвивається дихальними м'язами

Спiрографiя



Легеневі об'єми

- 1. **Дихальний об'єм (ДО)** - об'єм повітря, що надходить в легені під час спокійного вдиху (видиху)
- 500-800 мл
- 2. **Резервний об'єм вдиху (РОВд)** - об'єм повітря, який можна вдихнути під час максимального вдиху понад дихального обсягу
- 1500-1800 (2500) мл
- 3. **Резервний обсяг видиху (РОВид)** - об'єм повітря, який можна видихнути під час максимального видиху понад дихального об'єму
- 100-1400 (1000) мл
- 4. **Залишковий об'єм (ЗО)** - об'єм повітря, що залишається в легенях після максимального видиху
- 1000-1500 (1000) мл



Сукупності 2-х та більше об'ємів складають легеневі ємкості:

1. ***Життєва ємність легенів (ЖЕЛ)*** - максимальний обсяг повітря, який можна вдихнути після максимального видиху

- ***ЖЕЛ = ДО + РОвд + РОвид***

-

ЖЕЛ чоловіки ***3500-5000 мл***

- жінки ***3000-4000 мл***

- ЖЕЛ залежить ***від віку, статі, зросту, положення тіла***: у вертикальному положенні вона дещо більше, ніж в горизонтальному (в вертикальному положенні в легенях менше крові), від ***тренованості організму***

- ЖЕЛ є клінічним показником функції легень

ЖЕЛ знижується

- - патологія легень
- - хронічний бронхіт
- - емфізема
- - пневмонія
- - бр. астма

патологія дихальних м'язів

- - міастенія
- - пухлина головного мозку
- - поліневрит

патологія черевної порожнини

- - перитоніт
- - повний шлунок
- - пошкодження діафрагми
- больова реакція

- **2. Ємність вдиху (E_{vd})** - максимальна кількість повітря, яке можна вдихнути після спокійного видиху

$$E_{vd} = D_O + R_{O_{vd}}$$

- **2000-2300 мл**

- **3. Функціональна залишкова ємність (ΦOE)** - кількість повітря, яке залишається в легенях після спокійного видиху

$$\Phi OE = R_{O_{vid}} + Z_O$$

- **2400 мл**

- Завдяки наявності цієї ємності в альвеолярному просторі **згладжуються коливання концентрацій O_2 і CO_2** , пов'язані з різною концентрацією цих газів в повітрі при вдиху і видиху

- **4. Загальна ємність легенів ($ЗЕЛ$)** - кількість повітря, що міститься в легенях на висоті максимального вдиху

$$ЗЕЛ = ЖЕЛ + ЗОО$$

- **5000 мл**

Динамічні показники

1. Хвилинний об'єм дихання (ХОД, легенева вентиляція)

- - об'єм повітря, який проходить через легені за 1 хв

$$\text{ХОД} = \text{ДО} \times \text{ЧДР}$$

- **6000-10000 мл**

Частота дихальних рухів:

- у дорослих **16-20 за хв**
- у дітей **20-30 за хв**
- у грудних **30-40 за хв**
- у новонароджених **40-50 за хв**

- *2. Максимальна вентиляція легенів (МВЛ, максимальна дихальна ємність)* - кількість повітря, яке надходить у легені за 1 хв при

максимально глибокому диханні

- **$\text{МВЛ} = \text{ДО} \times \text{ЧДР}$**

- **100-170 л/хв**

Визначальним фактором ефективності дихання є частина ХОД, яка надходить в альвеоли і бере участь в газообміні

3. Альвеолярна вентиляція (АВ) - частина хвилинного об'єму дихання, що досягає альвеол за вирахуванням об'єму мертвого простору

- $AB = (ДО - МП) \times ЧДД$

- $4200 \text{ мл} / \text{хв}$

- $AB = 500 - 150 = 350 \text{ мл}$

-

Дихальний експіраторний об'єм складається з **70%**

альвеолярного об'єму і на **30%**

з об'єму мертвого простору

- Якщо дихальний об'єм дорівнює 500 мл, то альвеолярний об'єм 350 мл, а об'єм мертвого простору 150 мл

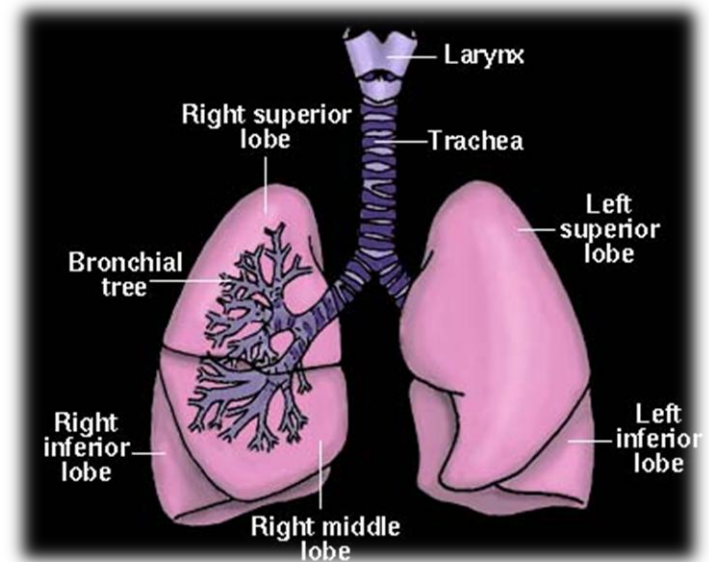
4. Резерв дихання (РД) –

$$РД = МВЛ - ХОД$$

- **Альвеолярна вентиляція** є показником ефективності дихання в цілому
- Від цієї величини залежить газовий склад, що підтримується в альвеолярному просторі
- Оскільки обсяг мертвого простору постійний, то **альвеолярна вентиляція тим більше, чим більше глибоке дихання**

Види порушень вентиляції

- ***Вентиляція легенів***
порушується в результаті
патологічних змін дихального
апарату
- Для діагностики розрізняють два
типи порушень вентиляції -
***рестриктивний і
обструктивний***
- До ***рестриктивного*** типу
порушень вентиляції відносяться
патологічні стани, при яких
***знижуються дихальні експерсії
легень***, здатність легких
розправлятися, зменшується їх
еластичність
- Такі порушення спостерігаються
при ураженні ***легеневої
паренхіми*** або при плевральних
спайках (фіброзі легенів)



- **Обструктивний тип** порушення вентиляції обумовлений **звуженням повітроносних шляхів, підвищенням їх аеродинамічного опору**
- подібні стани зустрічаються при **накопиченні** в дихальних шляхах **слизу, набухання слизової оболонки**, при **спазмі бронхіальних м'язів** (бронхіальна астма, астматичний бронхіт)
- у таких хворих опір видиху підвищено, з часом повітряність легень і функціональна залишкова ємність **збільшується**
- патологічні стани, які характеризуються **надмірним розтягуванням легень** і їх структурними змінами (зниженням кількості еластичних волокон, зникненням альвеолярних стінок, збіднінням капілярної сітки) називаються **емфіземою** легенів

Газообмін в легенях і транспорт газів

Дифузія газів через аерогематичний бар'єр

- Вміст O_2 , CO_2 , N та інших газів атмосферного повітря, виражене в % до загального складу повітря (мм рт.ст.) - **парціальний тиск** даного газу
- парціальний тиск газів в крові або в тканинах - **сила**, з якою молекули розчиненого газу прагнуть вийти в газове середовище
- градієнт парціального тиску O_2 і CO_2 - **сила**, з якою молекули газів прагнуть проникнути через альвеолярну мембрану в кров
- **Сталість** складу альвеолярного повітря - необхідна умова нормального газообміну
- Повітря мертвого простору - **буфер**, що згладжує коливання складу альвеолярного повітря в ході дихального циклу

Градiєнти парціального тиску газів:

Градiєнт парціального тиску між
атмосферним повітрям і тканиною для O_2

- 140 мм рт.ст.

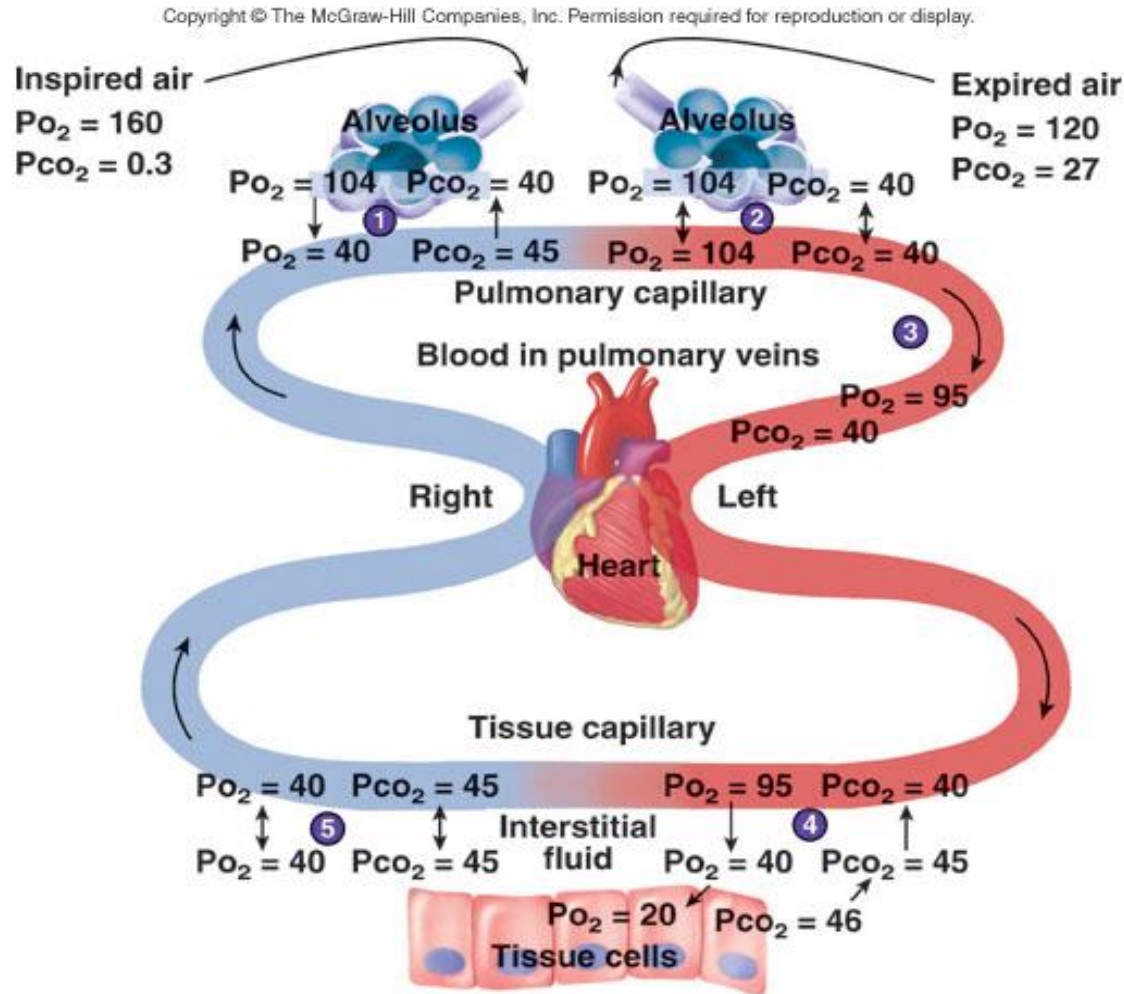
атмосферним повітрям і тканиною для CO_2

- 60 мм рт.ст.

Градiєнт кисню спрямований до тканин,
вуглекислого газу - від тканин до легень

	<i>Повітря</i>	<i>Альвеоляр- не повітря</i>	<i>Венозна кров</i>	<i>Артеріаль- на кров</i>	<i>Клітини тканин</i>
O_2	159	102	40	96	10-15
CO_2	0,2	40	46	40	60

Градiєнти тискiв - рушiйна сила дифузiї O_2 i CO_2 i газообмiну в легенях
При однакових умовах CO_2 дифундує в 23 рази швидше, нiж O_2 ,
незважаючи на невеликий градиєнт парцiального тиску



Обмін газів у легенях визначається вентиляцією легенів, перфузією (інтенсивність кровотоку через легені) і дифузією:

Дифузія O_2 і CO_2 залежить від:

- ***вентиляції*** дихальних шляхів
- ***змішування і дифузії*** газів в альвеолярних ходах і альвеолах
- ***змішування і дифузії*** газів через аерогематичний бар'єр, мембрану еритроцитів і плазму
- ***хімічної реакції*** газів з компонентами крові
- ***перфузії*** легневих капілярів

Анатомо-фізіологічні
умови для газообміну:

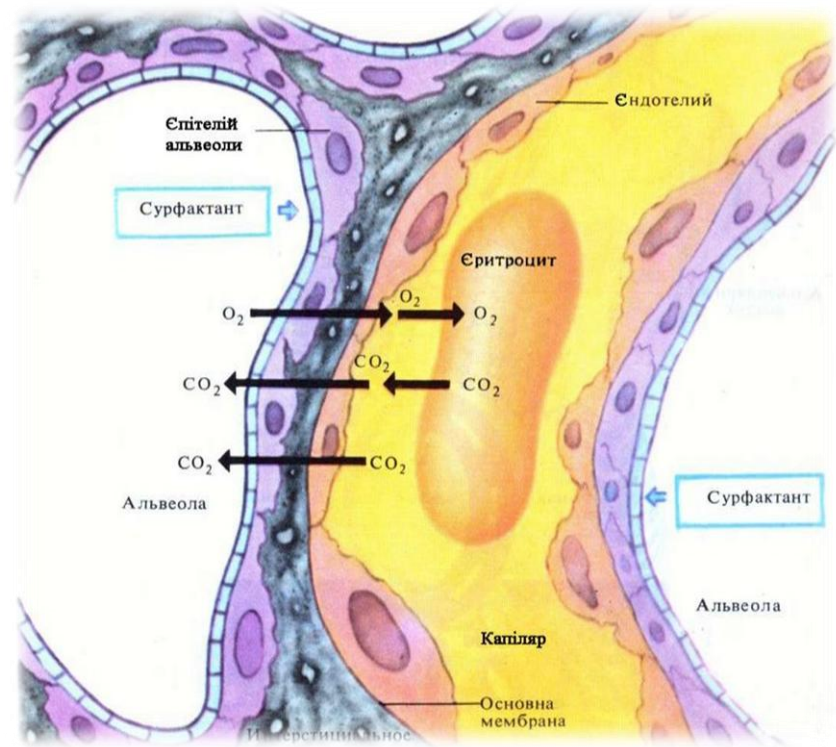
- дихальна зона легень містить ***300 млн альвеол*** і капілярів
- площа ***40-140 м²***
- товщина аерогематичного бар'єру ***0,3-1,2 мкм***



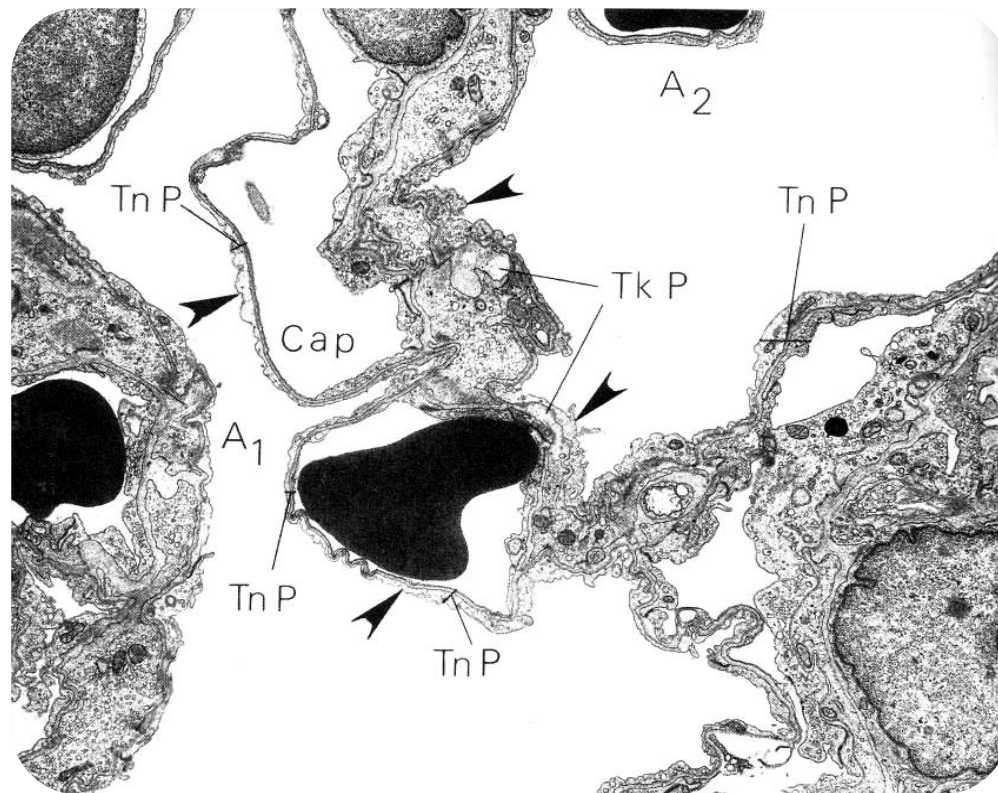
Дифузія газів відбувається через
аерогематичний бар'єр
(альвеоло-капілярну мембрану) :

- *плівка сурфактанту*
- *епітелій альвеоли*
- *інтерстицій*
(2 основні мембрани)
- *ендотелій капіляра*
- *шар плазми*

газообмін через
альвеоларно-
капілярну мембрану -
провідний **чинник**
забезпечення тканинного
метаболізму



Аерогематичний бар'єр



Дифузія газів через альвеоло-капілярну мембрану легень відбувається в два етапи:

- ***I етап*** - дифузне перенесення газів по концентраційному градієнту через тонкий аерогематичний бар'єр
- ***II етап*** – зв'язування газів в крові легеневих капілярів

Після подолання аерогематичного бар'єру газифундують крізь плазму крові в еритроцити

- дифузія газів через аерогематичний бар'єр кількісно характеризується ***дифузійною здатністю легких***

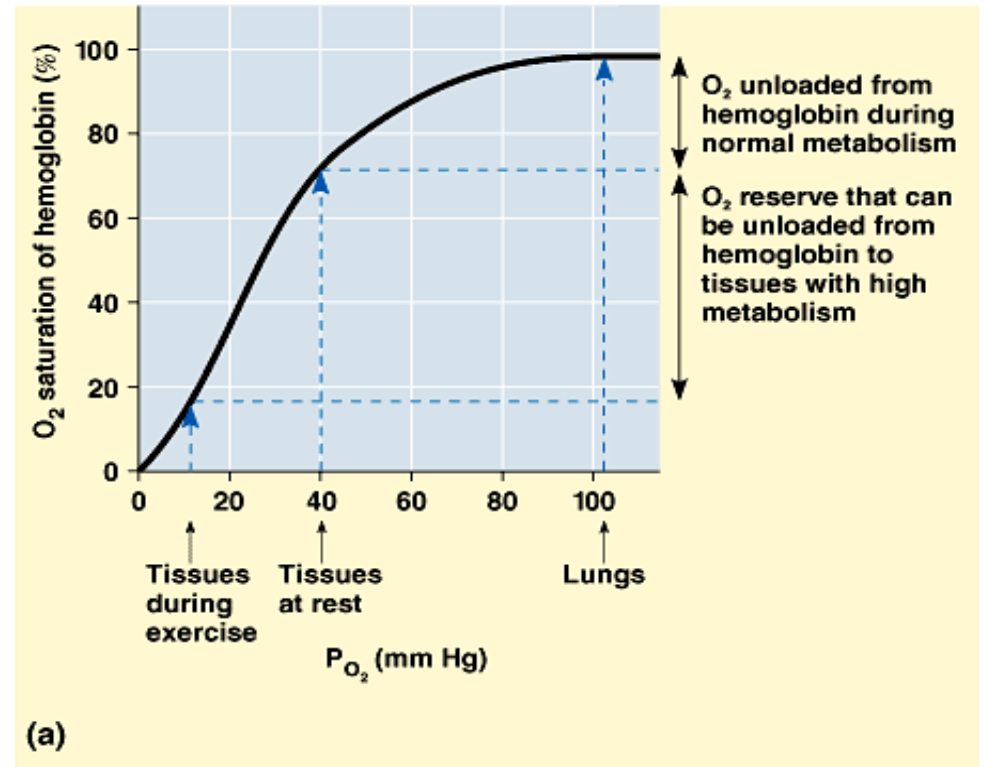
- Для O_2 ***дифузійна здатність легень*** - об'єм газу, який переноситься з альвеол в кров за хвилину при градієнті альвеоло-капілярного тиску газу ***1 мм рт ст***
- Дифузійна здатність мембрани аерогематичного бар'єру
- ***обернено пропорційна*** її товщині і молекулярної масі газу і
- ***прямо пропорційна*** площі мембрани, особливо коефіцієнту розчинності O_2 і CO_2 в рідкому шарі мембран

Газообмін і транспорт O_2

- Газообмін O_2 між альвеолярним повітрям і кров'ю забезпечується **концентраційним градієнтом кисню**
- градієнт O_2 в легенях
- **60 мм рт ст** —
фактор початкової стадії дифузії в кров
- транспорт O_2 здійснюється в фізично **розчиненому** і хімічно **зв'язаному з Hb**
- гемоглобін вибірково **пов'язує O_2** з утворенням **оксигемоглобіну** в зоні високої концентрації O_2 (легені)
- і **вивільняє** його в ділянках зниженою концентрації (тканини)
- Перенесення O_2 залежить від двох властивостей гемоглобіну:
- 1) здатності змінюватися від відновленої форми **дезоксигемоглобіна**
до **окисленої ($Hb + O_2 = HbO_2$)**
з високою швидкістю (напівперіод 0,01 с) при нормальному PO_2 в альвеолярному повітрі
- 2) здатності **віддавати O_2** в тканинах (**$HbO_2 = Hb + O_2$**) в залежності від метаболічних потреб

Залежність ступеня
оксигенації Hb від
парціального тиску O_2 в
альвеолярному повітрі
графічно представляється
у вигляді **кривої
дисоціації
оксигемоглобіну** або
сатураційної кривої

Плато кривої
дисоціації характерно для
насиченою O_2
артеріальної крові,
крута **спадна**
частина кривої -
венозної крові в
тканинах



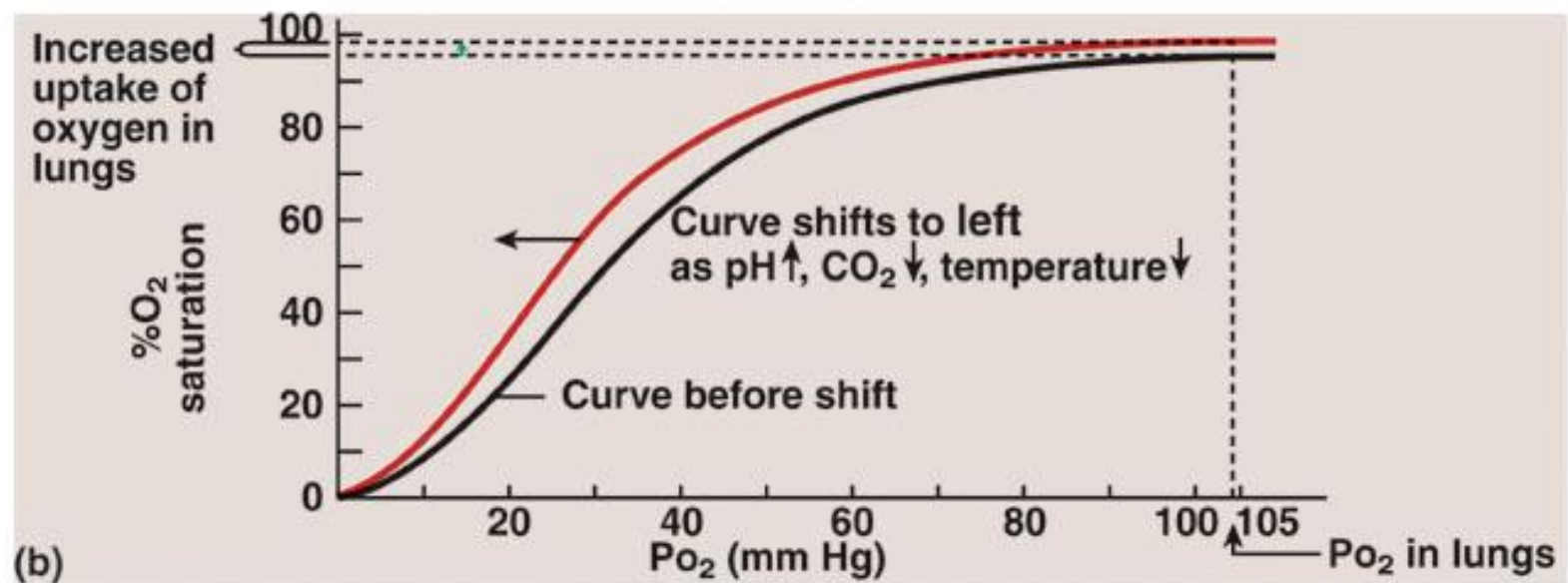
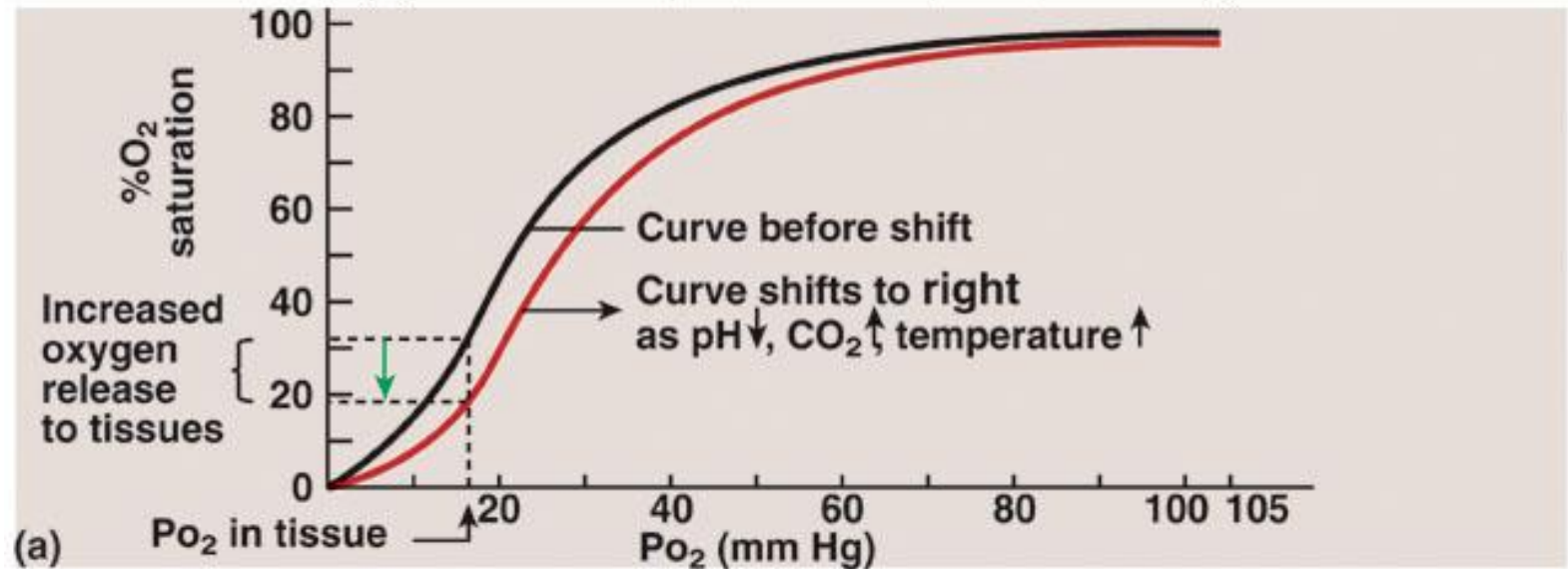
На спорідненість кисню до гемоглобіну впливають **метаболичні фактори**, що виражається у вигляді зрушень кривої дисоціації **вліво і вправо**

- Спорідненість Нв до кисню регулюється факторами метаболізму тканин:
- PO_2
- pH
- *температурою*
- внутрішньоклітинної концентрацією *2,3-дифосфоглицерата*
- Зрушення кривої **вправо** (зменшення спорідненості Нв до O_2) –
- *зменшення pH крові*
- *збільшення PCO_2*
- *зростання температури*
- *збільшення вмісту 2,3-дифосфоглицерата*

Зрушення кривої дисоціації **вліво** (підвищення спорідненості Нв до O_2) –

- *збільшення pH крові*
- *зменшення PCO_2*
- *зменшення температури тканин*
- *зменшення вмісту 2,3-дифосфоглицерата*

Вплив pH на криву дисоціації оксигемоглобіну називається «**ефектом Бора**»



- У капілярах легенів метаболічні фактори - основні регулятори зв'язування кисню гемоглобіном
- *рівень кисню*
- *pH і*
- *CO₂ в крові підвищують спорідненість гемоглобіну до кисню в легеневих капілярах*

В умовах тканин ці ж чинники *знижують спорідненість гемоглобіну до O₂* і сприяють переходу оксигемоглобіну в відновлену форму – *дезоксигемоглобін*

- В результаті O₂ по концентраційному градієнту надходить з крові тканинних капілярів в тканини організму

- Обмін O₂ між кров'ю і клітинами тканин здійснюється шляхом *дифузії*
- *концентраційний градієнт O₂ між артеріальною кров'ю (100 мм рт ст)*
- *і тканинами (40 мм рт ст) - 60 мм рт ст*

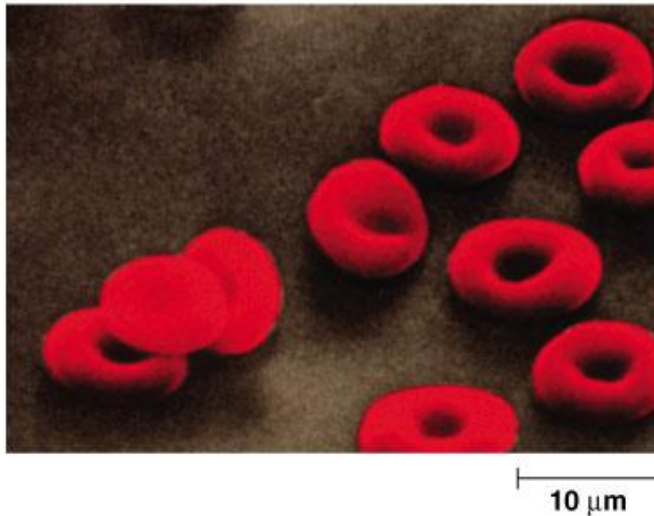
Зміни градієнта обумовлені вмістом O₂ в артеріальній крові і *коефіцієнтом утилізації O₂ (30-40%)*

Коефіцієнт утилізації кисню - відношення кількості кисню, яке віддається під час проходження крові через капіляри до кисневої ємності крові

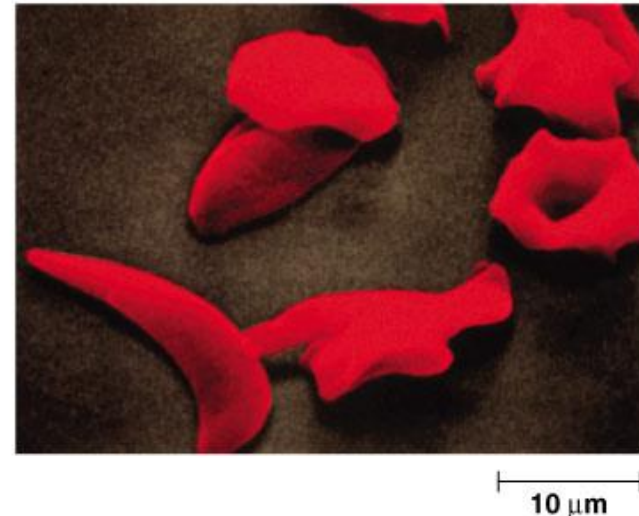
Киснева ємність крові - кількість O_2 , яке зв'язується кров'ю до повного насичення гемоглобіном

Визначається кількістю гемоглобіну, 1 г якого пов'язує
1,36-1,34 мл O_2

Кров людини містить майже **700-800 г** гемоглобіну - пов'язує **1 л O_2**



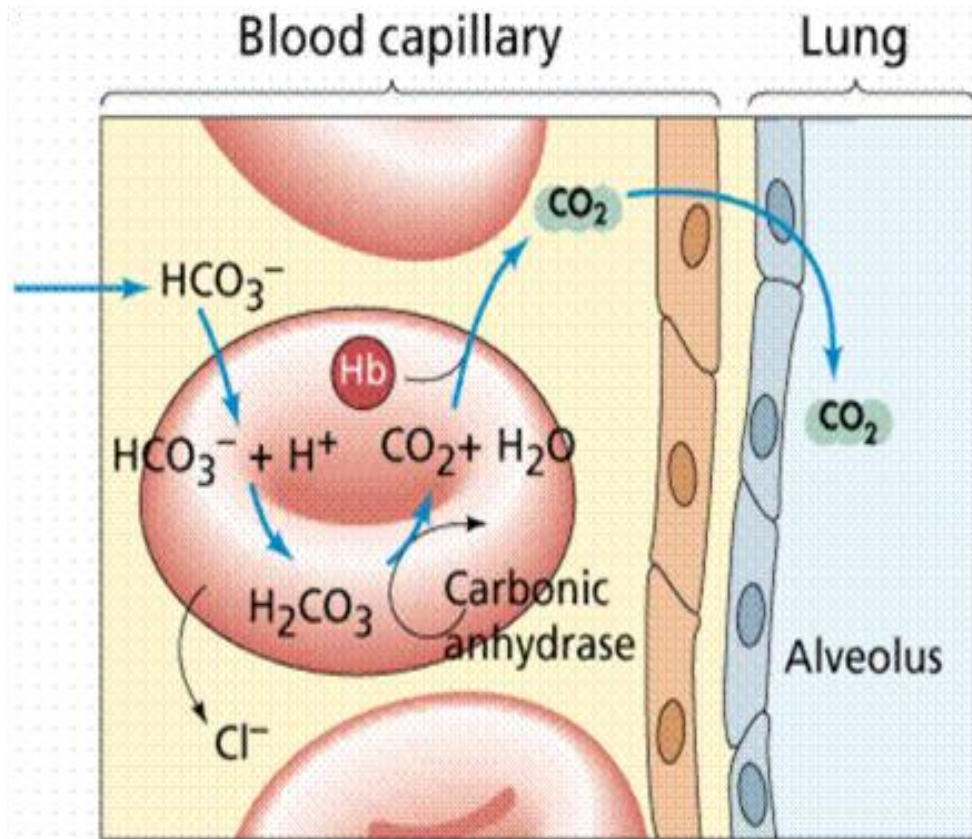
(a) Normal red blood cells and the primary structure of normal hemoglobin



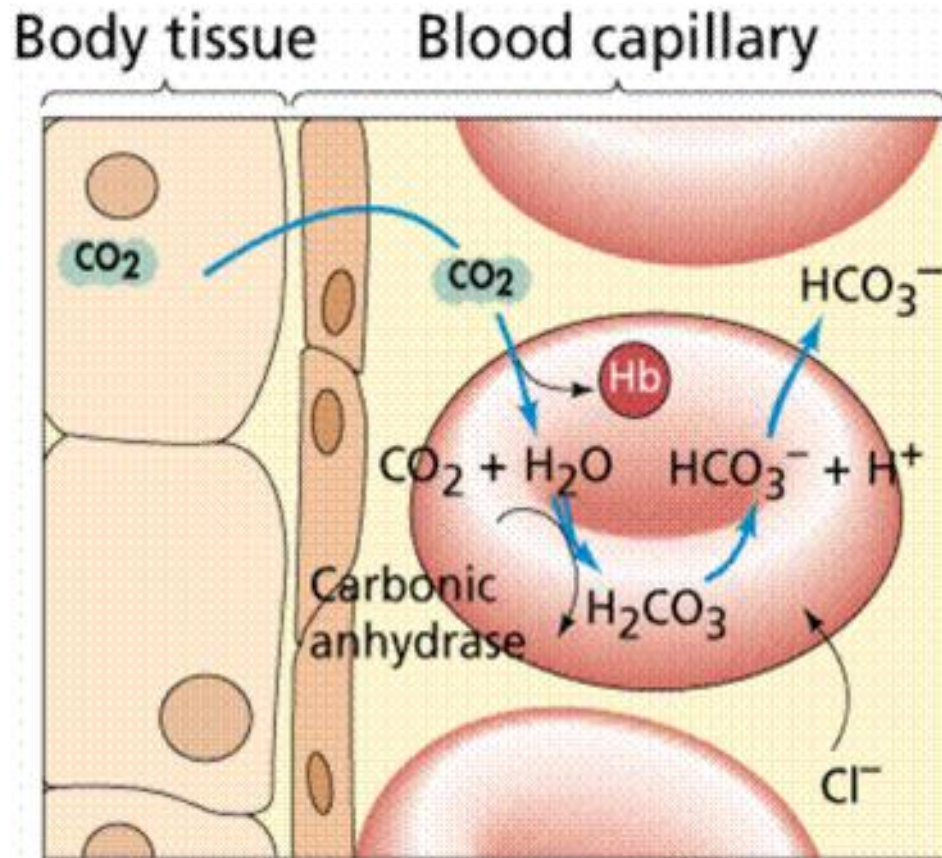
(b) Sickled red blood cells and the primary structure of sickle-cell hemoglobin

Газообмін і транспорт CO_2

- Газообмін CO_2 між венозною кров'ю і альвеолярним повітрям в легенях йде по **концентраційному градієнту**
6 мм рт ст
(CO_2 в крові - 46 мм рт ст, в альвеолярному повітрі – 40 мм рт ст)
- Джерела CO_2 :
 - 1) CO_2 , розчинений в плазмі крові (5-10%);
 - 2) з гідрокарбонатів (80-90%);
 - 3) з карбамінових з'єднань еритроцитів шляхом дисоціації (5-15%)
- Для молекулярного CO_2 коефіцієнт розчинності в мембранах аерогематичного бар'єру більше, дифузія йде **швидше**
- за 1 з вирівнюються концентрації CO_2 на альвеоло-капілярній мембрані
- за половину часу капілярного кровотоку відбувається **повний обмін CO_2** через бар'єр
- реально рівновага настає повільніше, так як перенесення CO_2 і O_2 обмежується **швидкістю перфузії капілярів легких**



- Ендотелій капілярів проникний тільки для *молекулярного CO_2*
- *дифузія:*
- фізично розчиненого молекулярного CO_2
- звільненого з карбамінових з'єднань еритроцитів CO_2 при реакції окислення гемоглобіну в капілярах легень
- з гідрокарбонатів плазми при швидкій дисоціації *карбоангідразой еритроцитів*



- Карбаміновий комплекс CO_2 з гемоглобіном утворюється в результаті реакції CO_2 з радикалом NH_2 -глобіну без участі ферментів
- при надходженні CO_2 в еритроцити зміст HCO_3^- підвищується, він дифундує в кров
- для підтримки **електронейтральності** в еритроцити надходить з плазми **хлор**
- найбільша кількість бікарбонатів плазми утворюється за участю **карбоангідази** еритроцитів

- Низьке рН в тканинах провокує вивільнення O_2 з оксигемоглобіну при високій концентрації CO_2 (*ефект Бора*)
- Зв'язування O_2 гемоглобіном знижує спорідненість його аміногруп до CO_2 (*ефект Холдена*)
- Виведення CO_2 з крові в альвеоли менш лімітований, ніж оксигенація крові:
- (молекулярний CO_2 легше проникає через біомембрани і з тканин в кров, карбоангідраза сприяє утворенню гідрокарбонату)
- Отрути, що обмежують транспорт O_2 (СО, нітрити, метиленовий синій, фероціаніди) *не діють* на транспорт CO_2
- блокатори карбоангідрази (діакарб - використовують в клініці, профілактика висотної хвороби) *повністю не порушують* утворення молекулярного CO_2
- тобто тканини володіють великою буферною ємністю, але *не захищені* від дефіциту O_2
- при патології високий вміст CO_2 і CO_2 можуть бути причиною смерті

Регуляція дихання



Гуморальна і нервова регуляція дихання

- Фізіологічна система регуляції дихання - *контур негативного зворотнього зв'язку*
- повітря надходить в альвеоли - для газообміну на *рівні альвеолярно-капілярної мембрани*
- рецептори реагують на *механічні подразники* (наповнення легенів) і *гуморальні* (PO_2 і PCO_2)
- інформація надходить в дихальний центр *довгастого мозку*, який передає нервовий імпульс до мотонейронів дихальних м'язів
- Збудження респіраторних мотонейронів - синхронне скорочення дихальних м'язів - створення повітряного потоку
- *гіпоксія і гіперкапінія* розпізнаються *хеморецепторами*,
- сигнали від них - в *дихальний центр* - підвищена імпульсація до респіраторних мотонейронів - *підвищення хвилинної вентиляції*
- артеріальна *гіпокапінія* - *зменшення вентиляції*

- ***Система регуляції дихання*** забезпечує пристосування дихання 2 шляхами:
 - 1) ***нервово-рефлекторним***
 - 2) ***гуморальним***

Регуляція дихання проявляється в:

- регуляції ***дихальних рухів*** грудної клітки - легеневої вентиляції
- регуляції ***стану гладкої мускулатури*** бронхіального дерева

- Дихальні рухи грудної клітки забезпечують діафрагма, зовнішні і внутрішні міжреберні м'язи
- рухові ядра еферентних нервів дихальних м'язів розташовані в ***спинному мозку***
- гладкі м'язи бронхів інервуються ***симпатичними нервами і n.vagus***
- збудження симпатичних нервів - ***розслаблення*** гладких м'язів бронхів
- збудження n.vagus - ***спазм бронхів***
- регуляція стану м'язів бронхіального дерева спрямована на ***зміну опору диханню***

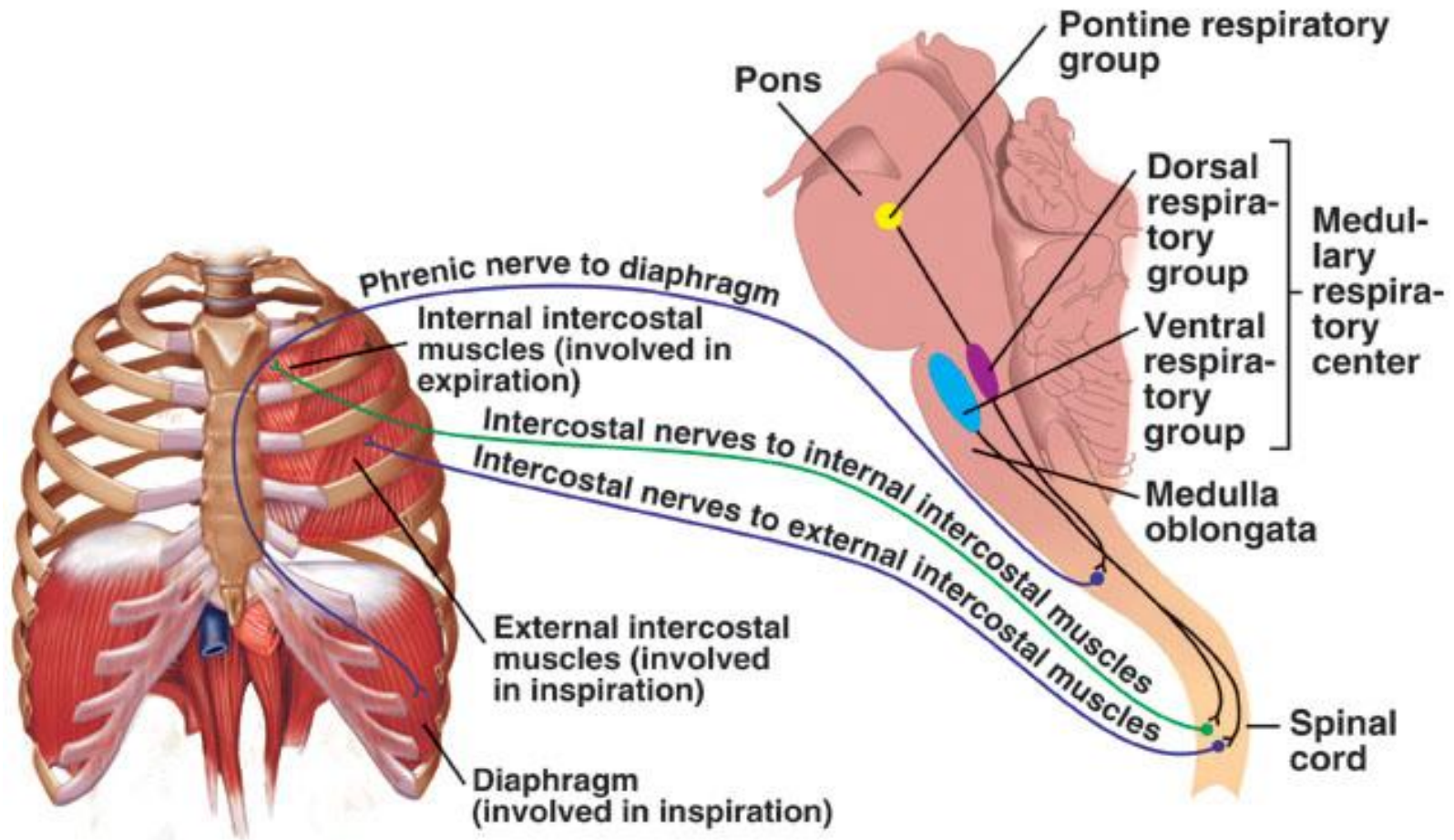
Дихальний центр

«Дихальний центр» - комплекс нейронів, розташованих на різних рівнях ЦНС і об'єднаних виконанням загальної функції -

регулювання дихання

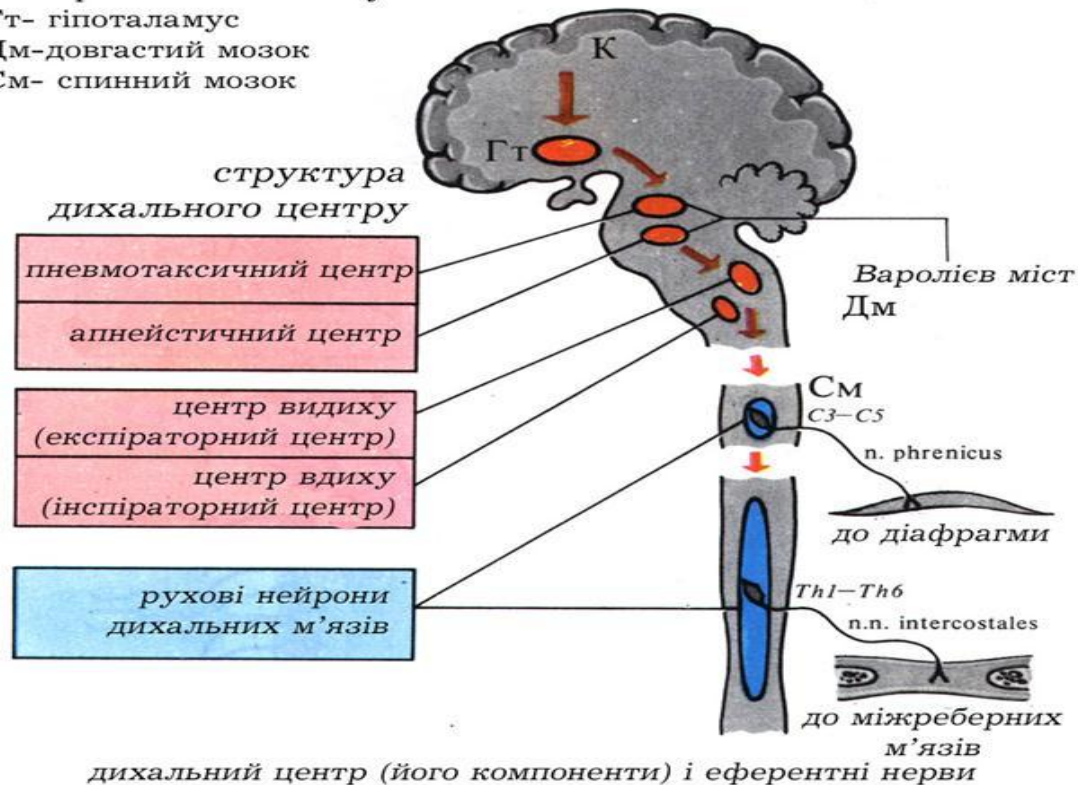
- (ритм і глибина дихання в залежності від стану організму і зовнішнього середовища)
- дихальний центр здійснює: **моторну функцію** - скорочення дихальних м'язів
- **гомеостатичну** - зміна характеру дихання при зрушеннях O_2 і CO_2

- **Рухова функція** реалізується генерацією дихального ритму і його патерну (тривалість вдиху і видиху, ДО, ХОД)
- **рухова функція:**
- адаптує дихання відповідно **до метаболічних потреб** організму
- і здійснює інтеграцію дихання з іншими функціями ЦНС
- **гомеостатична функція:**
- підтримує норму O_2 , CO_2 і pH в крові і позаклітинній рідині мозку
- регулює дихання при зміні температури тіла
- адаптує дихання до умов зміненої газового середовища (зниження і підвищення барометричного тиску)

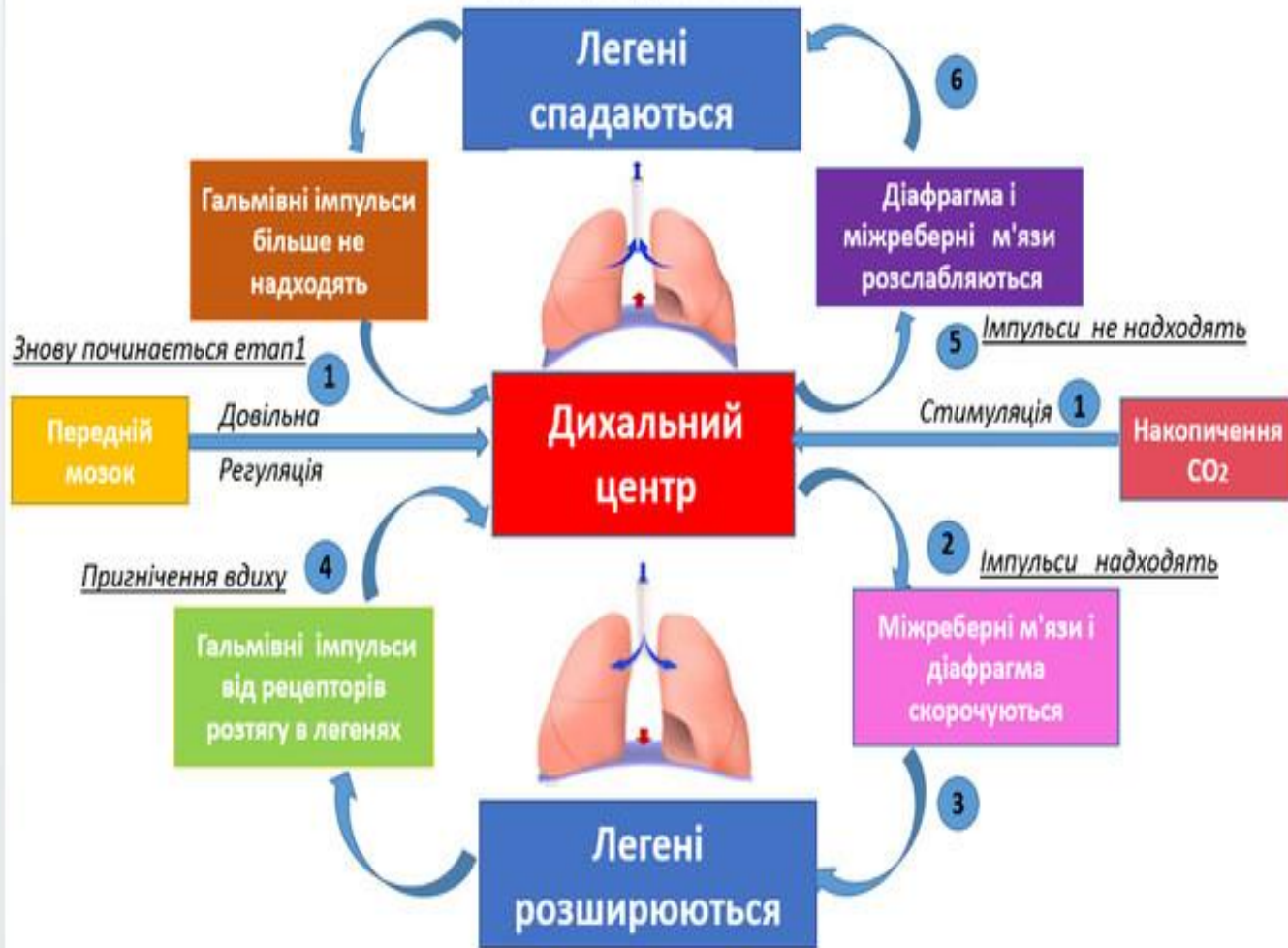


- Виділяють:
 - *нижчий відділ ДЦ*, розташований в спинному мозку;
 - *робочий відділ ДЦ*, розташований в стовбурі мозку;
 - *вищий відділ ДЦ*, розташований в гіпоталамусі, підкіркових ядрах, корі великих півкуль

К- кора головного мозку
 Гт- гіпоталамус
 Дм- довгастий мозок
 См- спинний мозок



Регуляція дихання



Возникают
УГЛЕН!

Нижчий відділ ДЦ:

- Розташований у спинному мозку та представлений *нейронами передніх рогів сірої речовини спинного мозку*
- Мотонейрони діафрагмального нерву залягають на рівні **C III – C V,**
- мотонейрони інспіраторних міжреберних нервів – на рівні **Th II-VI,**
- експіраторних нервів – **Th VIII-X**
- Рухові ядра еферентних нервів викликають скорочення дихальних м'язів, але *не забезпечують регуляцію ритму дихання*

- Перерізка мозку між спинним і довгастим (відсутній зв'язок з вищерозташованими відділами) викликає
- *зупинку дихання,*

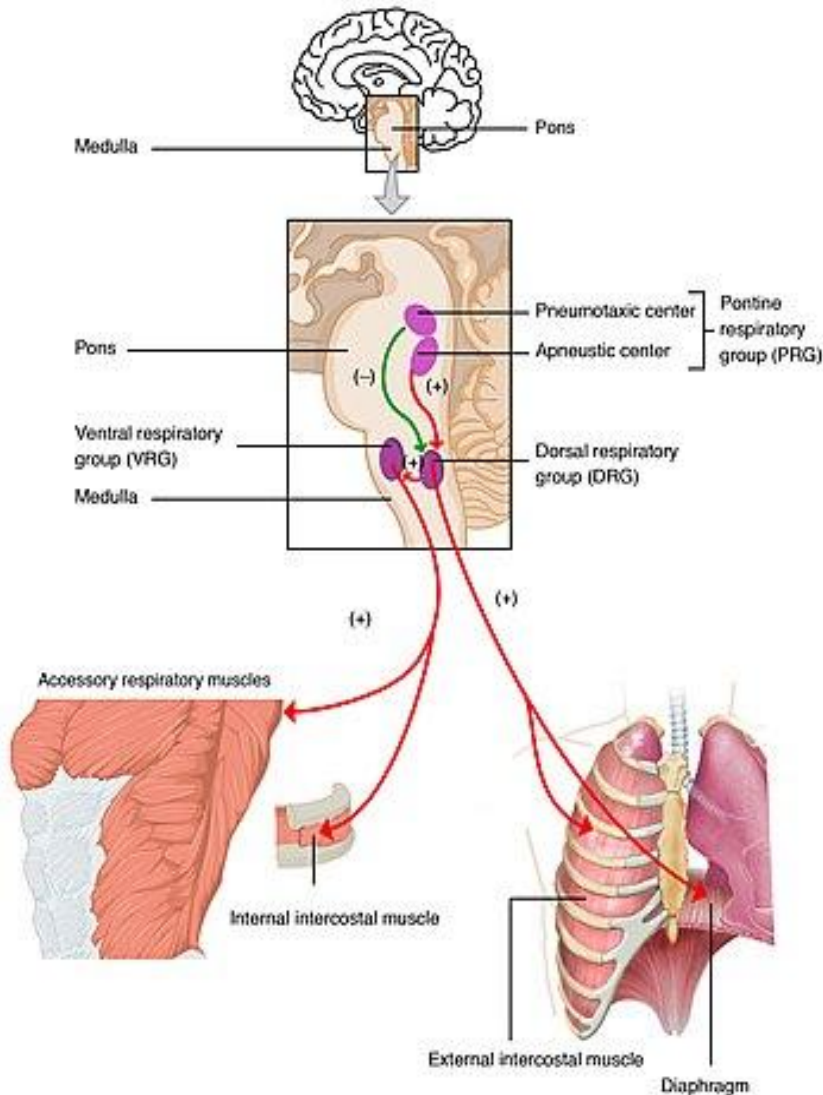
перерізка на рівні нижніх шийних сегментів викликає *припинення реберного дихання при збереженні діафрагмального*

Робочий відділ ДЦ:

- *Робочий відділ ДЦ*, який формує *ритм дихання*, знаходиться на рівні стовбура мозку - на дні IV шлуночка в медіальній частині ретикулярної формації довгастого мозку і ділиться на два відділи:
- - *інспіраторний (центр вдиху)*
- - *експіраторний (центр видиху)*



- *Інспіраторні* дихальні нейрони формують *дорсальну групу* і розряджаються серією імпульсів в *фазу вдиху*
- вони дають нисхідні шляхи, які закінчуються на мотонейронах *діафрагмального нерва*
- нейрони інспіраторної групи здатні до *мимовільного періодичного збудження*, відповідають за *періодичність дихання* розряджаються незадовго до вдиху і під час вдиху



- **Експіраторні** дихальні нейрони формують **вентральну групу** і розряджаються в **фазу видиху**
- нисхідні волокна йдуть до мотонейронів **міжреберних і черевних м'язів**
- у вентральній групі знаходяться еферентні **прегангліонарні нейрони блукаючого нерва**, що забезпечують синхронні з фазами **дихання зміни просвіту дихальних шляхів**
- максимальна активність нейронів блукаючого нерва, що викликають підвищення тону гладких м'язів **повітроносних шляхів**, спостерігається
- в кінці видиху,
- мінімальна - в кінці вдиху

Дихальні нейрони володіють різною ритмічною активністю

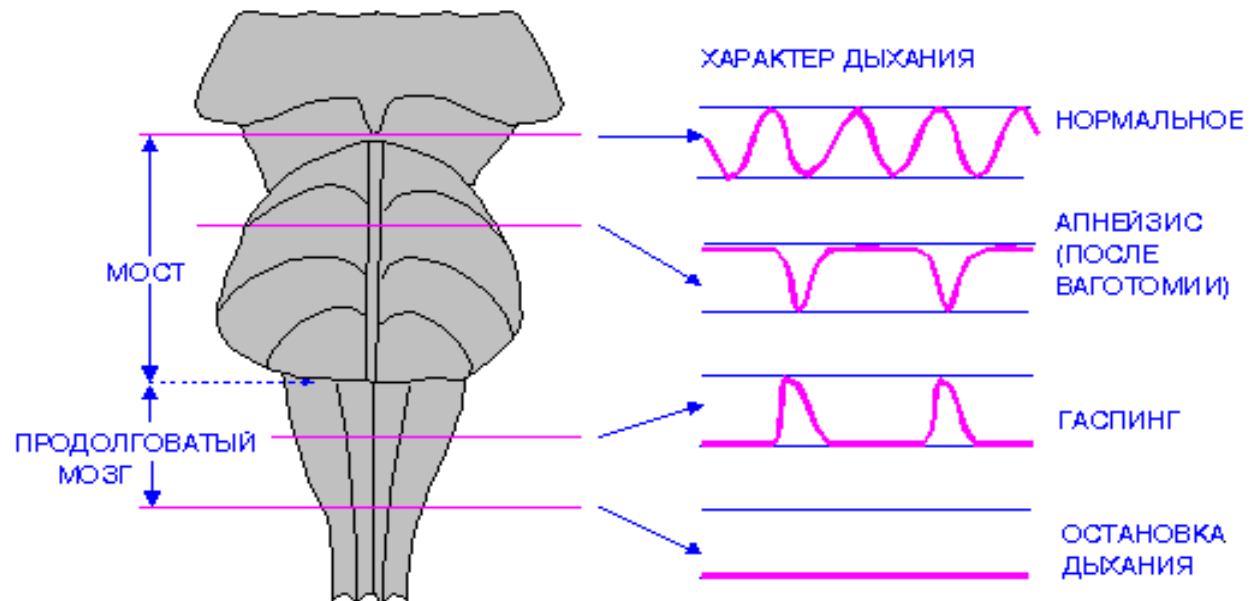
Розрізняють:

- а) ***«повні» інспіраторні і експіраторні нейрони***, ритмічне збудження яких за часом збігається з відповідною фазою;
 - б) ***«ранні» інспіраторні і експіраторні нейрони***, що дають коротку серію імпульсів до початку вдиху або видиху;
 - в) ***«пізні»***, що проявляють активність уже після початку вдиху або видиху;
 - г) ***«інспіраторно-експіраторні»***, активність яких починається під час вдиху і захоплює початок видиху;
 - д) ***«експіраторні-інспіраторні»***, починають збуджуватись в фазу видиху і залишаються активними на початку вдиху;
 - е) ***«безперервні»***, працюють без пауз, але зі збільшенням частоти імпульсів під час вдиху або видиху
-
- Нейрони різного виду формують ***мікрокомплекси*** з 4 нейронів (***«ранніх» і «пізніх» інспіраторних і експіраторних***), об'єднаних поворотними зв'язками
 - Цикл починається з активності «раннього» інспіраторного нейрона, потім збуджується послідовно «пізній» інспіраторний нейрон, «ранній» і «пізній» експіраторні нейрони

Завдяки наявності зворотних зв'язків, збуджений нейрон надає *гальмівну дію* на два попередні нейрони циклу «Повні» інспіраторні і експіраторні нейрони забезпечують передачу збудження на мотонейрони дихальних м'язів

- Нормальні пов'язані відносини між інспіраторним і експіраторним відділами ДЦ встановлюються *пневмотаксичним центром*, розташованим в передній частині *варолієвого моста*
- головна *функція* пневмотаксичного центру —
- плавна ритмічна *зміна фаз* дихання,
- забезпечення оптимальних *співвідношень частоти і глибини дихання*
- Пневмотаксичний центр отримує імпульси від інспіраторного відділу ДЦ і посиляє імпульси назад до ДЦ в довгастий мозок, де вони *збуджують експіраторні і гальмують інспіраторні нейрони*
- на межі між верхньою і середньою третиною варолієва моста знаходиться *апнейстичний центр*

- Імпульси від апнейстичного центру **збуджують інспіраторний відділ довгастого мозку**
- перерізка вище апнейстичного центру викликає тривалі судомні вдихи - **апнейзиси**, що перериваються короткочасними видихами
- Дихальні центри **варолієва моста** першими отримують відомості про **необхідність пристосування дихання** до постійно змінюваних умов і змінюють активність нейронів ДЦ, забезпечуючи зміну вдиху і видиху



Властивості робочого відділу дихального центру

- ***Робочий відділ*** ДЦ володіє ***автоматією*** - постійною ритмічною активністю його нейронів
- ***автоматія*** обумовлена наявністю водіїв ритму - ***клітин-пейсмейкерів***,
- постійною ***аферентною імпульсацією*** переважно від ***хеморецепторів***
- дихальні нейрони мають колатералі практично від усіх аферентних систем організму, що і забезпечує певну ***фонову активність***
- Координація діяльності правої і лівої половин дихального центру (нейронів дорсального і вентральної груп) виконується за рахунок ***синаптичної взаємодії різних типів дихальних нейронів*** як в межах однієї половини дихального центру, так і з нейронами протилежного боку
- найбільше значення в синхронізації правої і лівої половин мають ***пропріобульбарні дихальні нейрони і експіраторні нейрони комплексу Бетцінгера***

Вищий відділ ДЦ:

- ***тонке пристосування дихання до мінливих умов навколишнього середовища*** (проміжний мозок, гіпоталамус, кора великих півкуль)
- ***зв'язок з іншими вегетативними функціями*** (проміжний мозок, гіпоталамус і лімбічна система)
- зокрема:
- - при зміні обміну речовин і кровообігу,
- - при підвищенні температури тіла (5-6 дихальних рухів за хв при підвищенні t на 1°C),
- - при афективних станах (лють, переляк),
- - при больовому подразненні,
- - при подразненні терморецепторів шкіри
- Кора великих півкуль відіграє особливу роль в регуляції дихання - участь дихального апарату в мовоутворенні
- довільна до певних меж зміна ритму і глибини дихання
- затримка дихання на 30-60 сек
- На рівні кори формуються ***умовні рефлекс дихальної системи***

Гуморальна регуляція:

- У процесі життєдіяльності інтенсивність обміну речовин, споживання O_2 і виділення CO_2 безперервно змінюються
- легенева вентиляція завжди регулюється таким чином, щоб забезпечити обмін газів при *збереженні оптимального газового складу альвеолярного повітря і артеріальної крові*
- головним природним стимулятором ДЦ є парціальний тиск CO_2 в альвеолярному повітрі і артеріальної крові
- Підвищення парціального тиску CO_2 в спинномозковій рідині і крові стимулює ДЦ шляхом впливу на центральні хеморецептори, розташовані в довгастому мозку
- посилення дихальних рухів спостерігається при *зсуві рН в кислий бік*

Рефлекторна регуляція:

- Забезпечується ***власними і сполученими рефлексами*** дихальної системи
- ***власні рефлекси*** починаються і закінчуються в межах дихальної системи і починаються на:
 - ***механорецепторах*** легень
 - ***механорецепторах*** верхніх дихальних шляхів
 - ***пропріорецепторах***
- Рефлекторна регуляція дихання здійснюється завдяки зв'язкам нейронів дихального центру з механорецепторами дихальних шляхів і альвеол легень і рецепторів судинних рефлексогенних зон
- у легенях людини знаходяться наступні типи механорецепторів:
 - 1) ***ірітантні рецептори*** (швидко адаптуються) слизової оболонки дихальних шляхів
 - 2) ***рецептори розтягування*** гладких м'язів дихальних шляхів
 - 3) J-рецептори

I . Рефлекс Геринга-Брейєра

- У легеневій тканини і вісцеральній плеврі розташовані механорецептори розтягнення, які повільно адаптуються (*n. vagus*)
- при вдиху відбувається розтягування легенів і подразнення рецепторів, по *n. vagus* імпульси надходять в ДЦ, де збуджують експіраторні нейрони і гальмують інспіраторні
- вдих змінюється видихом - ***рефлекс Герінга-Брейєра***
- при спокійному видиху відбувається помірне спадання легеневої тканини, подразнення рецепторів розтягування припиняється
- Значення рефлексів ***Герінга-Брейєра*** –
- обмеження дихальних екскурсій
- досягнення відповідності глибини дихання потребам організму
- перешкода перерозтягуванню легень
- Рефлекси ***Герінга-Брейєра*** включаються, коли дихальні обсяги ***перевищують 1 л*** (під час фізичного навантаження)
- при спокійному диханні вони не виявляються
- Ці рефлекси більш важливі для ***координації дихального акту у новонароджених***, ніж у дорослих

II. Рефлекси з механорецепторів верхніх дихальних шляхів

- З механорецепторів верхніх дихальних шляхів здійснюються рефлекси двох типів:
- - *регуляції глибини і частоти дихання*
- - *захисні рефлекси*
- механорецептори верхніх дихальних шляхів - ірітанти рецептори - швидко адаптуються і сприяють зміні глибини і частоти дихання
- адекватними *подразниками* для механорецепторів слизової оболонки, м'язів, надхрящениці верхніх дихальних шляхів є :
- швидкість і напрямок руху струменя повітря
- зміна тиску в повітроносних шляхах при вдиху і видиху
- *аферентні волокна* - в складі трійчастого, верхніх і нижніх гортанних нервів;
- *еферентні* - в складі вегетативних нервів мускулатури дихальних шляхів,
- рухових нервів дихальних м'язів
- Рух повітря через верхні дихальні шляхи полегшує розвиток вдиху і видиху і сприяє ритмічній зміні фаз дихання

III. Захисні рефлекси

- **Іритантні рецептори** реагують на неадекватні механічні або хімічні подразники слизової оболонки, сприяючи:
 - видаленню подразника (захисні рефлекси **чхання** та **кашлю**)
 - або перешкоджаючи потраплянню його в бронхи і легені
 - (закриття входу в гортань, спазм голосових зв'язок, спазм бронхів, короткочасна зупинка дихання)
- Рецептивне полі рефлексу **чхання** - слизова порожнини носа,
- **кашльового рефлексу** - слизова дихальних шляхів від глотки до бронхів
- у відповідь на подразнення рецепторів відбувається
- рефлекторний спазм голосових зв'язок,
- закриття голосової щілини
- одночасне скорочення м'язів, що забезпечують **видих**
- у легенях і бронхах створюється **високий тиск**, при якому розкривається голосова щілина і повітря з дихальних шляхів з великою швидкістю викидається назовні
- при кашлі через рот,
- при чханні - через ніс

- В інтерстиції альвеол і дихальних бронхів біля капілярів знаходяться **J-рецептори** - юктакапілярні рецептори, подразником для них є:
- підвищення тиску в малому колі кровообігу
- збільшення обсягу інтерстиціальної рідини в легенях
- мікроембола
- вплив хімічних речовин - нікотину, гістаміну, простагландинів
- Імпульси йдуть в складі n. vagus в ДЦ, рефлекторна відповідь – *апноє, часте поверхнєве дихання (тахіпноє), бронхоконстрикція, гіпотензія і брадикардія*

Рефлекси зі слизової оболонки порожнини носа

- подразнення ірітантних рецепторів слизової порожнини носа (тютюновий дим, інертні частинки пилу, газоподібні речовини, вода) викликає:
- **звуження бронхів, голосової щілини,**
- **брадикардію,**
- **зниження серцевого викиду,**
- **звуження просвіту судин шкіри і м'язів**
- Захисний рефлекс проявляється у **новонароджених** при короткочасному зануренні у воду
- (зупинка дихання, що перешкоджає проникненню води в верхні дихальні шляхи)

IV. Рефлекс з пропріорецепторів дихальних м'язів

- *Пропріорецептори міжреберних м'язів*
відносять до групи рецепторів розтягування (м'язові веретена)
- міжреберні м'язи, в меншій мірі діафрагма, містять велику кількість м'язових веретен
- активність рецепторів проявляється при
- пасивному розтягуванні м'язів,
- ізометричному скороченні
- ізольованому скороченні інтрафузальних м'язових волокон
- Якщо вдих або видих утруднений, рецептори відповідних м'язів збуджуються і скорочення м'язів посилюється
- цим досягається відповідність механічних властивостей дихання опору дихальної системи
- рецептори суглобів грудної клітини посилають імпульси в кору великих півкуль і є *єдиним джерелом інформації* про рухи грудної клітки і дихальні об'єми

Спряжені рефлекси дихальної системи починаються за її межами і закінчуються на органах дихання

В залежності від рецепторів вони діляться на: **інтероцептивні, пропріорецептивні і екстероцептивні**

- **Інтероцептивні рефлекси** дихальної системи називають хеморефлексами
- **PO_2 і PCO_2** в артеріальній крові підтримується на **стабільному рівні**, незважаючи на значні зміни споживання O_2 і виділення CO_2
- гіпоксія і зниження рН крові (ацидоз) викликають **посилення вентиляції** (гіпервентиляція)
- гіпероксія і підвищення рН крові (алкалоз) - **зниження вентиляції** (гіповентиляція) або апное
- Зміст O_2 , CO_2 і рівень рН контролюється **периферичними і центральними хеморецепторами**
- адекватні подразники для **периферичних хеморецепторів** -
- зменшення PO_2 артеріальної крові (гіпоксія)
- в меншій мірі збільшення PCO_2 (гіперкапнія)
- збільшення рН (ацидоз)
- для **центральных хеморецепторів** - збільшення концентрації H^+ і CO_2 в спинномозковій рідині

Інтероцептивні рефлексії:

- рефлексії з хеморецепторів синокаротидної зони або дуги аорти
- ***артеріальні (периферичні) хеморецептори*** знаходяться в каротидних і аортальних тільцях
- сигнали від артеріальних хеморецепторів по аферентних волокнах синокаротидного (IX) і аортального нервів спочатку
- надходять до нейронів ядра одиночного пучка довгастого мозку
- перемикаються на нейрони інспіраторного відділу дихального центру
- відповідь периферичних хеморецепторів на зниження PO_2 дуже швидка, але нелінійна
- Відбувається стимуляція вдиху, посилення дихання
- каротидні хеморецептори - ***єдині в організмі рецептори гіпоксії***
- подразнення барорецепторів дуги аорти і каротидного синуса
- при підвищенні артеріального тиску викликає рефлекторну ***гіповентиляцію***,
- зниження артеріального тиску – ***гіпервентиляцію***
- ***Центральні хеморецептори*** -
- не встановлено розташування
- передбачається їх наявність в ***ростральних відділах довгастого мозку*** поблизу вентральної поверхні і в різних зонах ***дорсального дихального ядра***

Пропріоцептивні рефлекс

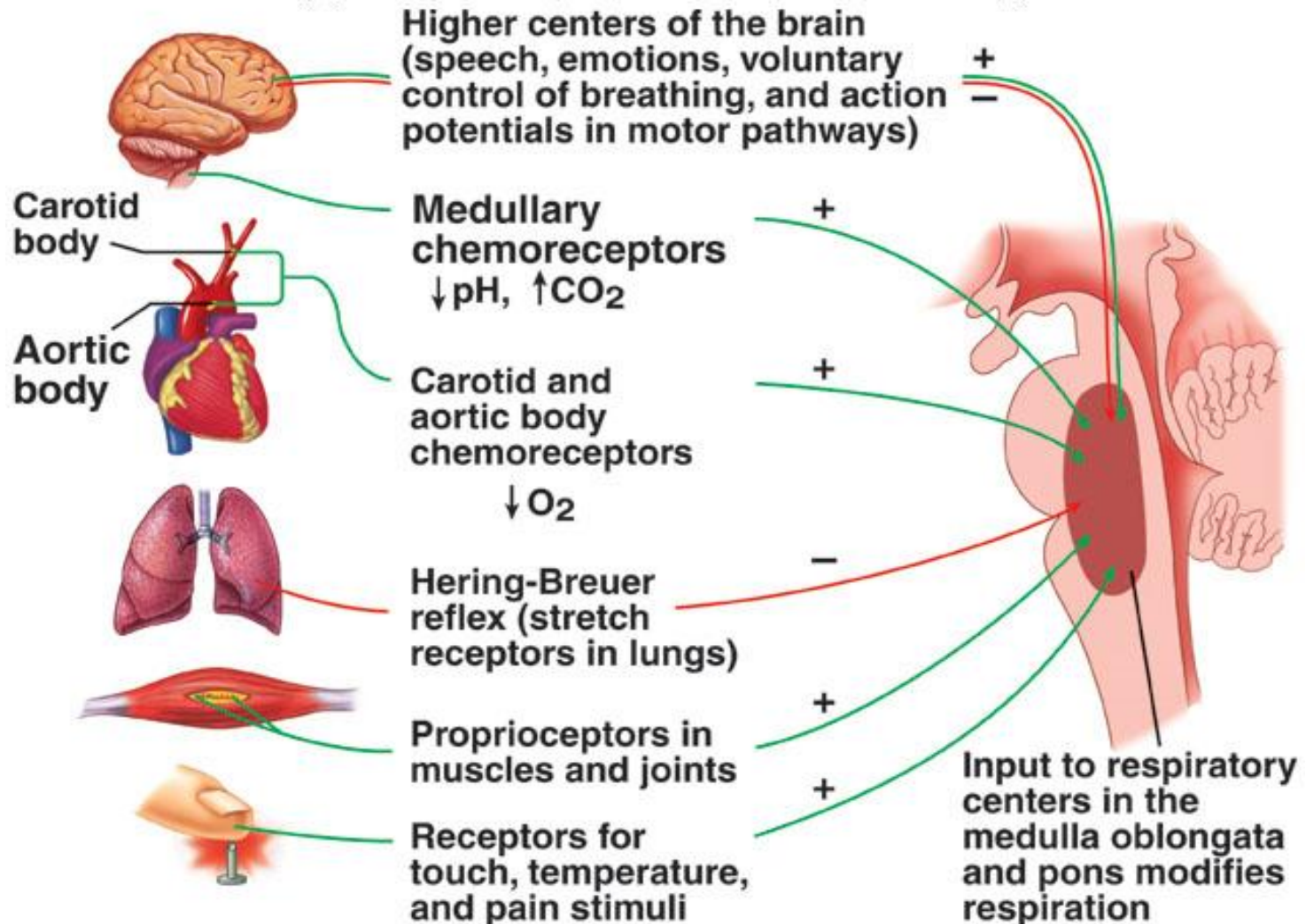
- Будь-яка форма м'язової діяльності супроводжується прискоренням метаболізму,
 - збільшенням потреби організму в кисні, тому відбувається
 - зміна частоти і глибини дихання
 - значне збільшення хвилинного об'єму дихання
-
- Пристосування дихання до м'язової роботи відбувається завдяки збільшенню аферентної імпульсації в мозок з пропріорецепторів працюючих м'язів

Екстероцептивні рефлекс

- здійснюються при подразненні ***поверхневих рецепторів*** –
- ***больових рецепторів*** (затримка дихання з подальшою гіпервентиляцією)
- ***терморецепторів*** (збудження інспіраторного відділу ДЦ)

Функціональна взаємодія систем регуляції дихання і кровообігу

- ***Загальні рефлексогенні зони*** в судинах - аортальну і синокаротидну, де знаходяться
- ***хеморецептори*** дихальної системи і
- ***барорецептори*** системи кровообігу (зміни системного артеріального тиску)
- Вони посилають аферентні сигнали до спеціалізованих нейронів основного чутливого ядра довгастого мозку - ***ядра одиночного пучка***
- Тут же в безпосередній близькості знаходяться ***дорсальне ядро дихального центру і судиноруховий центр***
- легені - єдиний орган, куди надходить ***весь хвилиний об'єм крові***
- Це забезпечує не тільки газотранспортну функцію, а й роль фільтра, який визначає склад біологічно активних речовин в крові і їх метаболізм
- Координацію діяльності дихального і судинного центрів здійснюють нейрони ***інтеграційних ядер бульбарної ретикулярної формації***



Дякую за увагу!