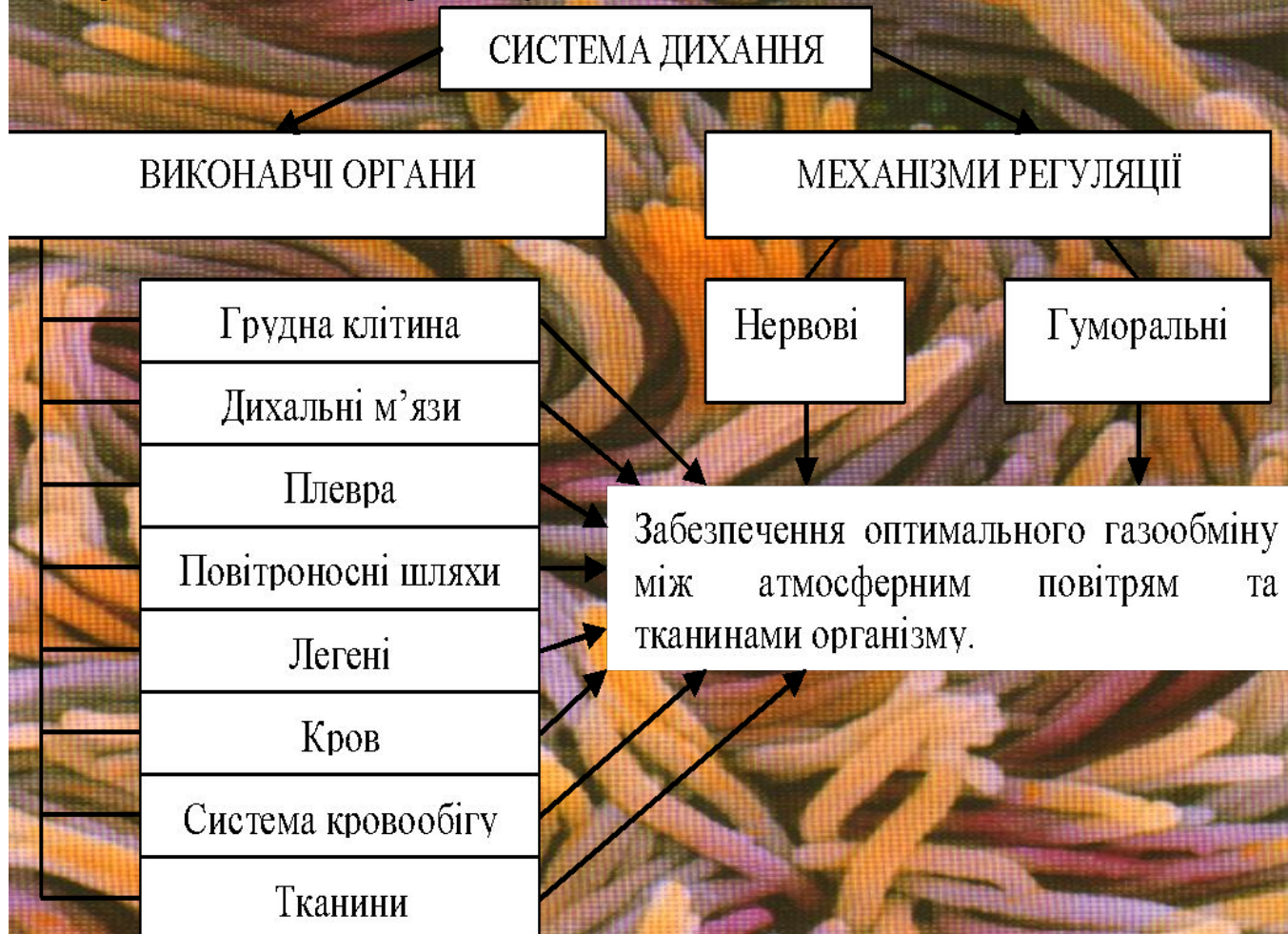


ФІЗІОЛОГІЯ ДИХАННЯ

Хмель Л.Л.

Загальна характеристика системи дихання. Основні етапи дихання. Біомеханіка вдиху і видиху.

Дихання – процес обміну газів (O_2 та CO_2) між атмосферним повітрям та тканинами організму.

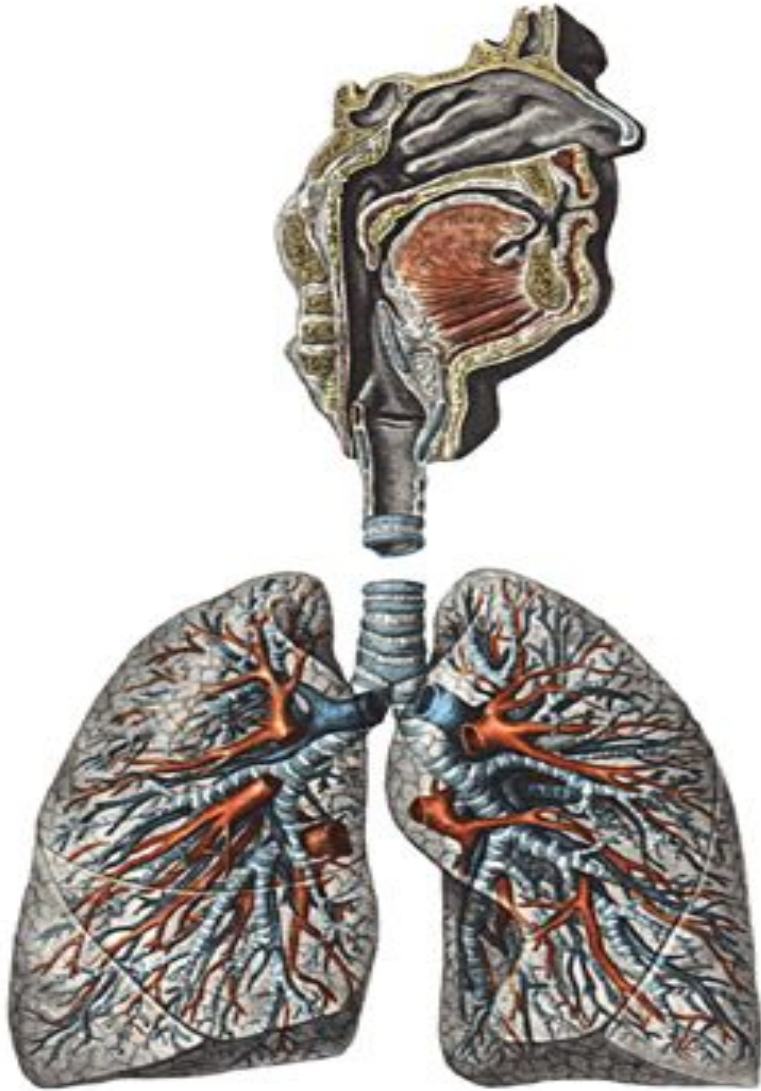


ФУНКЦІЇ ЛЕГЕНЬ

I. Дихальні (газообмінні) – збагачення крові киснем, що використовують тканини організму, і видалення з неї вуглекислого газу: досягається завдяки легеневому кровообігу. Кров від органів тіла повертається до правого передсердя і по легених артеріях направляєтся в легені.

II. Недихальні (газообмінні):

1. Захисна – утворення антитіл, фагоцитоз альвеолярними фагоцитами, синтез лізоциму, інтерферону, лактоферину, імуноглобулінів; в капілярах затримуються і руйнуються мікроорганізми, агрегати жирових клітин, тромбоемболи
2. Участь в процесах терморегуляції
3. Участь в процесах виділення – видалення CO₂, води (близько 0,5 л/сут.), і деяких летких речовин: етанолу, ефіру, **ацетону**.
4. Інактивація БАР – більш 80% брадикініну, введеного в легеневий кровотік, руйнується при одноразовому проходженні крові через легені, відбувається перетворення **ангіотензину I в ангіотензин II під впливом ангіотензінази**; інактивується 90-95% простагландинів E і P
5. **Участь у синтезі БАР – гепарину, тромбоксану B₂, простагландинів, тромбопластина, факторів зсідання крові VII і VIII, гістаміну, серотоніну**
6. Голосоутворююча функція (резервуарповітря для утворення голосу)
7. Резервуар крові



Функції повітроносних шляхів:

- I. Газообмінні – доставка атмосферного повітря в газообмінну область і проведення газової суміші з легких в атмосферу
- II. Негазообмінні (**верхні дихальні шляхи**):
 1. Очищення повітря від пилу, мікроорганізмів. Захисні дихальні рефлексивні (кашель, чхання).
 2. Зволоження вдихуваного повітря
 3. Зігрівання вдихуваного повітря (на рівні 10-й генерації до 37°C)
 4. Рецепція (сприйняття) нюхових, температурних, механічних подразників
 5. Участь у процесах терморегуляції організму (телопродукція, тепловиділення, конвекція)
 6. Є периферичні апаратом генерації звуків

Зовнішнє дихання – процес вентиляції легенів, що забезпечує газообмін між організмом і навколишнім середовищем. Здійснюється завдяки наявності дихального центру, його аферентних і еферентних систем, дихальних м'язів. Оцінюється по співвідношенню альвеолярної вентиляції і хвилинного об'єму.

Для характеристики зовнішнього дихання використовують статичні та динамічні показники зовнішнього дихання(спірографія).

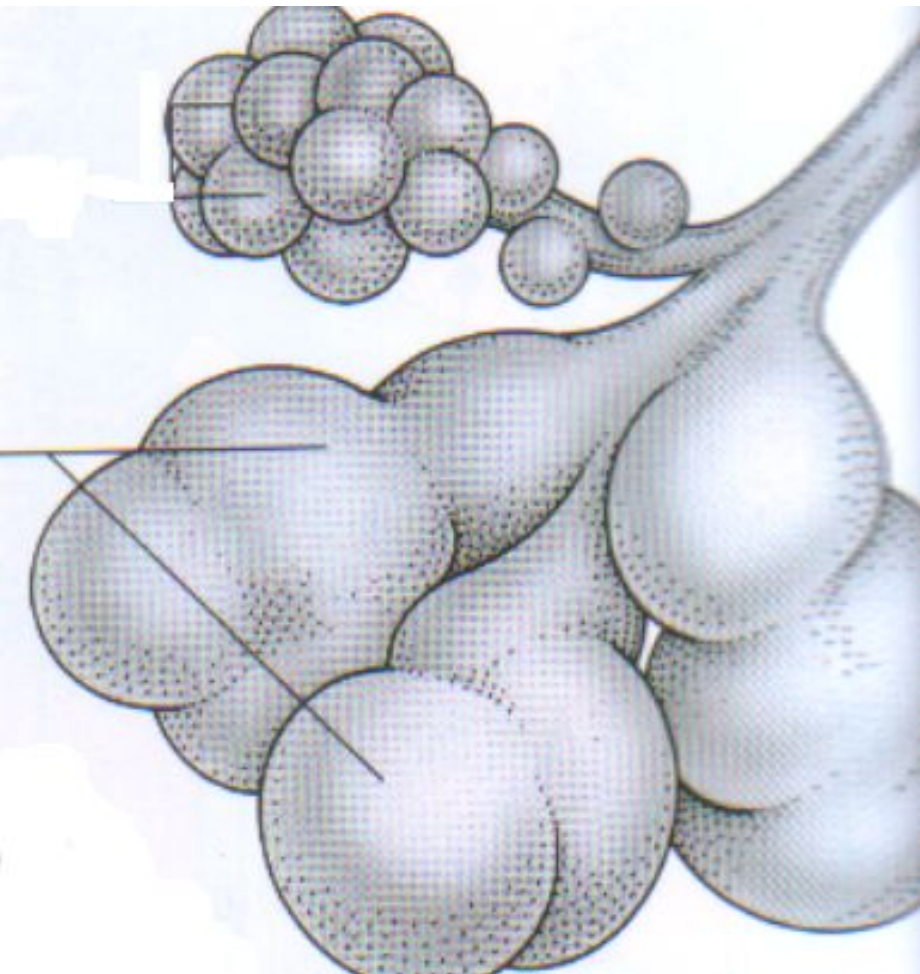
Дихальний цикл – ритмічно повторювана зміна стану дихального центру і виконавчих органів дихання

Розміщена за гортанню трахея ділиться на 2 бронхи, які послідовно і багаторазово розподіляються. Всього нараховується біля 20 - 25 генерацій бронхів. **Альвеоли починаються з 16-17 генерації бронхів.** Діаметр і довжина кожного наступного бронха зменшується. Сумарний поперечний діаметр прогресивно зростає починаючи з 4-ї генерації. До 4-ї генерації просвіт дихальних шляхів складає 2,0-2,5 см², а до 16-ї він вже складає 180 см², до 19-ї - 940 см², на рівні 23-ї генерації сумарний просвіт бронхіол складає 11400 см².

Сумарний просвіт дихальних шляхів зможе змінюватись при підвищенні тону м'язів дихальних шляхів.

Дихальні шляхи ділять на кондуктивну (провідну), транзиторну (перехідну) і **дихальну зону (зона газообміну).**

До першої зони належать від 1-ї до 16-ї генерації бронхів, до другої - наступні. У дорослого маса легенів становить близько 1 кг, у новонародженого - біля 50 г. Структурно-функціональна одиниця легенів - альвеола.



В ацинус входить 15-20 альвеол, в легеневу часточку – 12-18 ацинусів.

Рис. 3. Легеневий ацинус

Альвеоли (в легенях дорослої людини 300 млн., площа їх загальної поверхні 100-140 м²) – відкриті пухирці з дуже тонкими стінками, внутрішня поверхня яких вистелена одношаровим плоским епітелієм, що лежить на базальній мембрані, до якої прилягають кровоносні капіляри та мережа еластичних волокон. Капіляри, що обплітають альвеоли, утворюють разом з епітеліоцитами бар'єр між кров'ю і повітрям (аерогематичний бар'єр) товщиною 0,5 мкм, який забезпечує обмін газів між повітрям, що міститься в альвеолах і кров'ю, що протікає в капілярах.

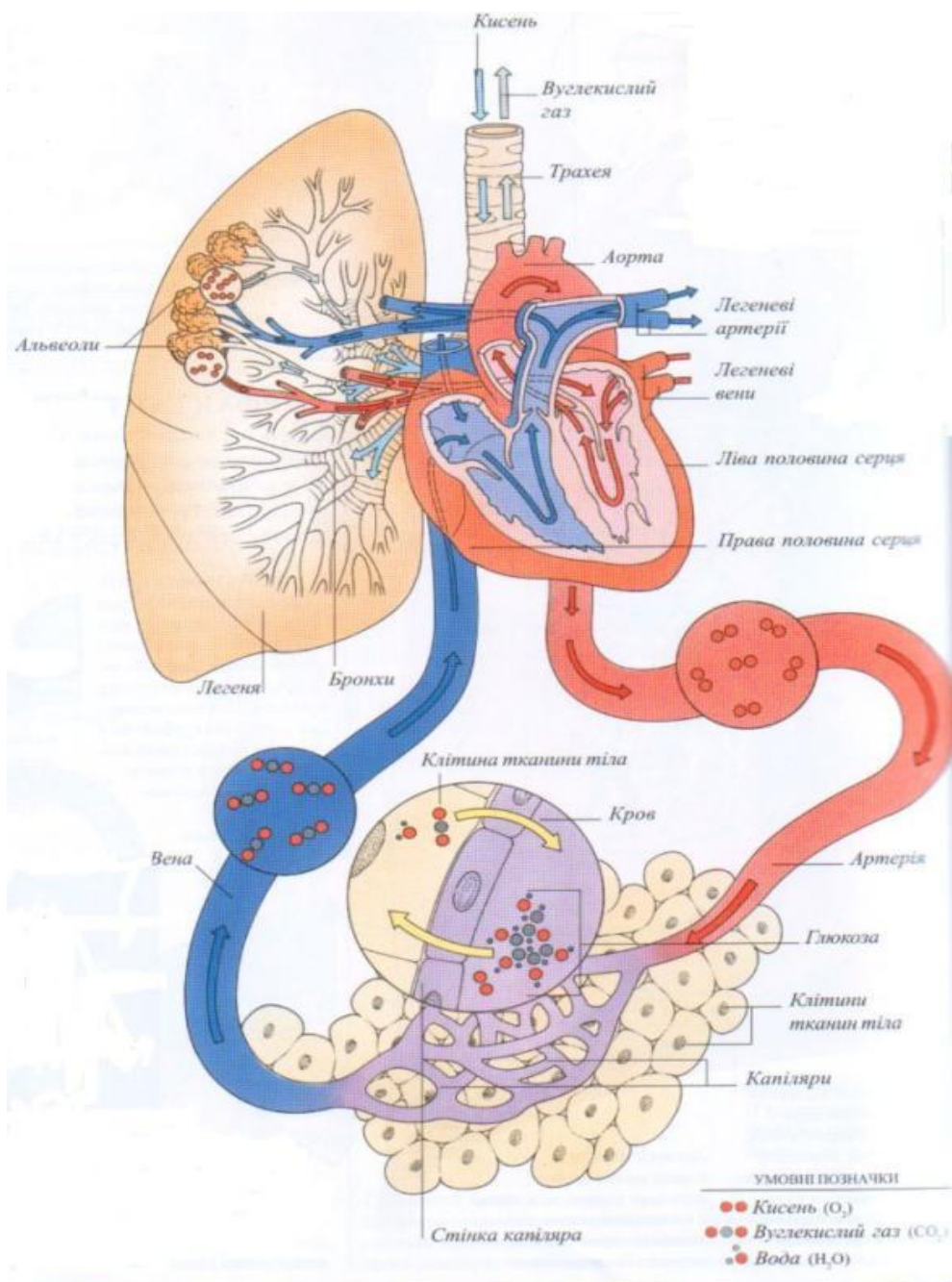
У дорослих кількість альвеол біля 725 млн. Із загального об'єму провідна зона займає 3% (біля 150 млн.), транзисторна - близько 30% (1500 млн.).

Починаючи з 17 по 23 поділ на стінках бронхів з'являються спочатку поодинокі альвеоли з тенденцією до збільшення. Тому 17 —23-тя генерації називаються дихальними бронхіолами; 23 генерація бронхіол переходить у альвеолярні мішечки, що розділені перегородками приблизно на 20 порожнин - альвеол.

Власне дихальна зона складається приблизно із 300 млн. альвеол, що мають форму зрізаної сфери діаметром 0,15 - 0,3 мм.

У новонароджених діаметр альвеол приблизно такий же як і у дорослих, нараховується приблизно 30 млн. альвеол, діаметр - 100 мкм, поверхня 120 м². Необхідно відмітити надзвичайно багате кровопостачання легень.

За 1 хв. через легені проходить близько 5 л крові. В кожному капілярі кров затримується на 0,8 сек. і за цей час здійснюється газообмін - споживається O₂ і виділяється CO₂.



Дихання складається з декількох етапів:

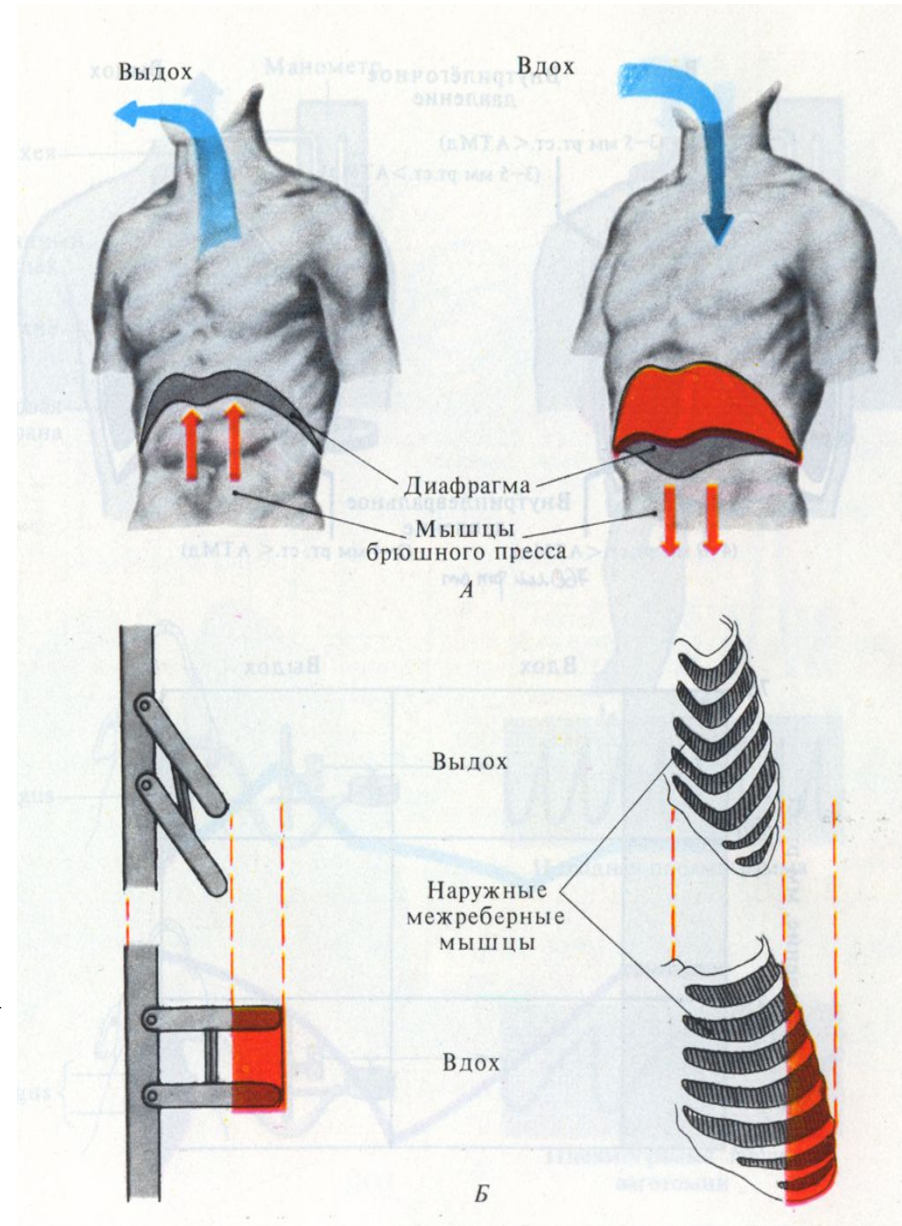
- 1. Легенева вентиляція (зовнішнє дихання)
- газообмін повітря між
атмосферним та альвеолярним
повітрям.**
- 2. Газообмін між альвеолярним повітрям
та кров'ю (CO_2 та O_2).**
- 3. Транспортування газів кров'ю (фізично і
хімічно зв'язаних газів): HbO_2 , HbCO_2 ,
розчинений O_2 і CO_2 , бікарбонату....**
- 4. Газообмін між кров'ю та тканинами.
Все це зовнішнє дихання.**

Внутрішнє (тканинне дихання) - це комплекс біохімічних процесів, що мають місце всередині тканин (ферментативне окислення). Розглянемо більш детально 1-й етап дихання.

Легенева вентиляція здійснюється завдяки двом дихальним актам - вдиху і видиху. Для успішного здійснення цих актів необхідні деякі умови: це фактори легеневої легеневої вентиляції

Фактори легеневої легеневої вентиляції:

1. Прохідність дихальних шляхів
2. Цілістність і рухливість грудної клітини (її здатність до змін об'єму). Об'єм грудної клітини змінюється завдяки роботі дихальних м'язів. До м'язів вдиху відносяться: діафрагма, зовнішні міжреберні м'язи та внутрішні міжхрящеві м'язи. Вони забезпечують піднімання ребер, розвертання їх на зовні та рух грудини вперед. Завдяки цьому збільшується об'єм грудної клітини в передньо-задньому та верхньо-нижньому напрямкам.



М'язи шиї

Зовнішні міжреберні м'язи

Внутрішні міжреберні м'язи

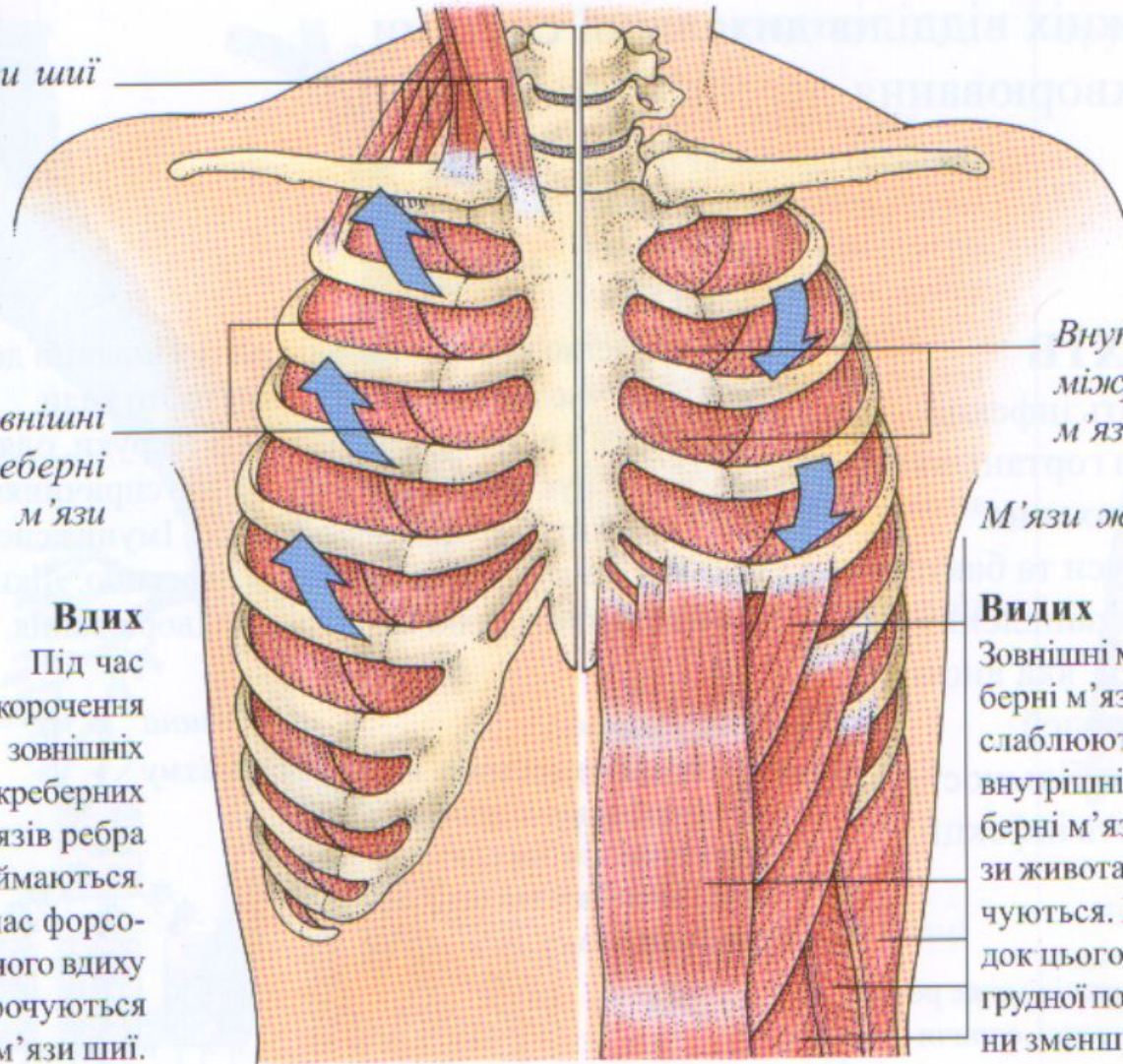
М'язи живота

Вдих

Під час скорочення зовнішніх міжреберних м'язів ребра підіймаються. Під час форсованого вдиху скорочуються теж м'язи шиї.

Видих

Зовнішні міжреберні м'язи розслаблюються, а внутрішні міжреберні м'язи і м'язи живота скорочуються. Внаслідок цього об'єм грудної порожнини зменшується.



У новонароджених та у дітей до 3 - 7 років ребра розташовані горизонтально. У них ребра не приймають значної участі у диханні.

Головну роль відіграє діафрагмальне дихання. Під час скорочення м'язів купол діафрагми опускається, відтискаючи органи черевної порожнини донизу, що збільшує довжину грудної клітини.

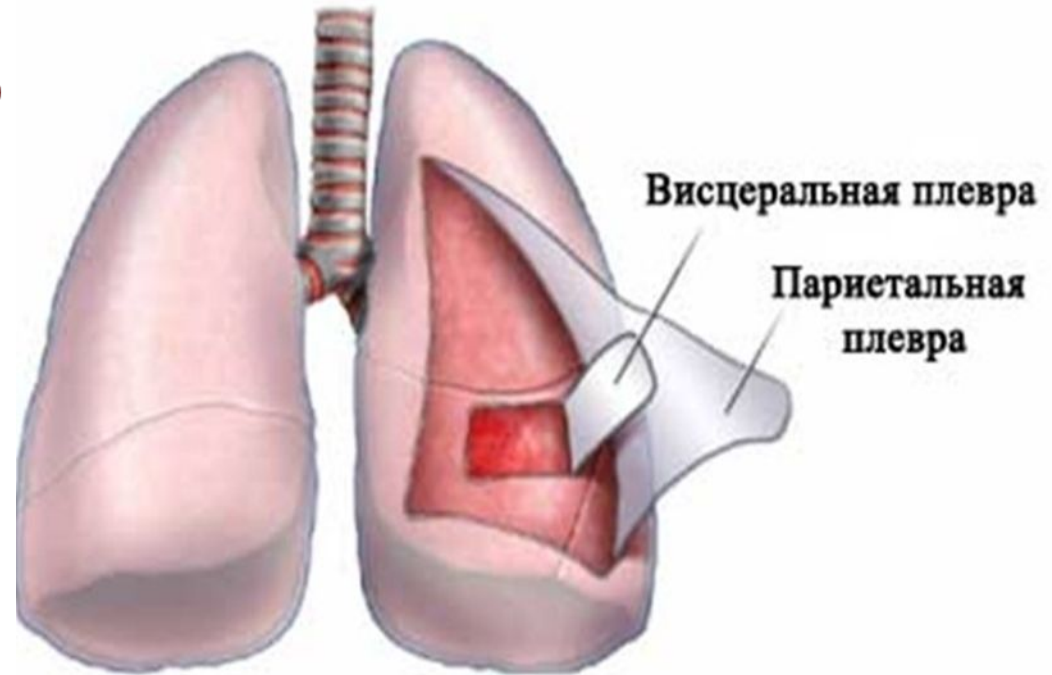
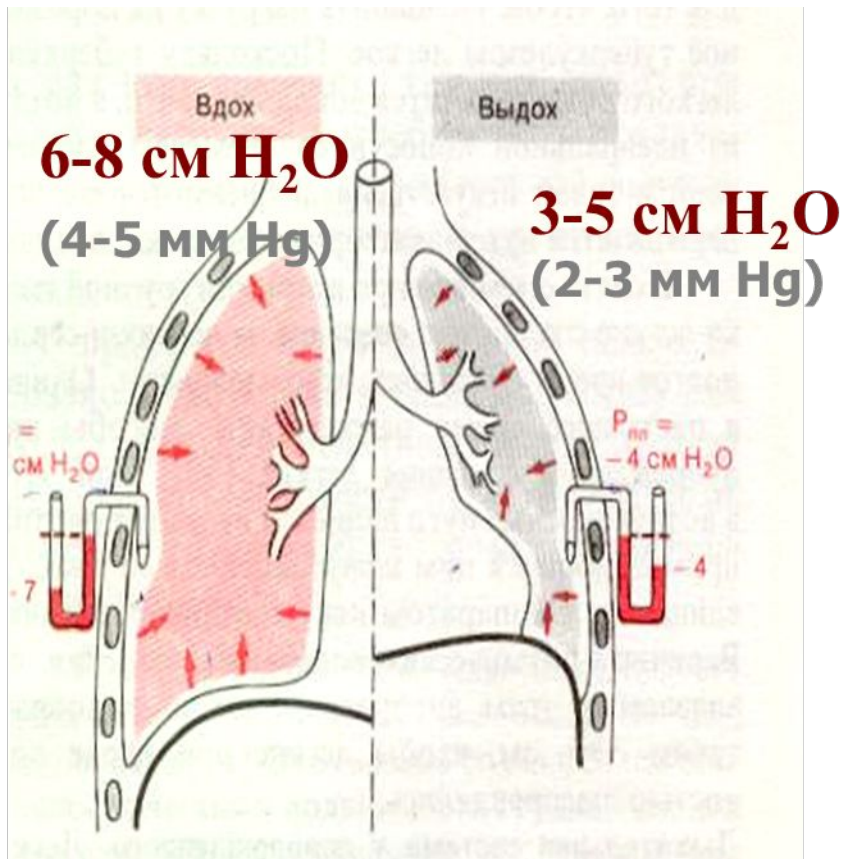
У дорослих при опусканні діафрагми на 1 см, об'єм грудної клітини збільшується на 250 мл.

Максимальний діапазон змін положення купола діафрагми - від 4-го до 7 - 8 ребер. **Реберне дихання** здійснюється головним чином за рахунок верхніх 3-5 ребер і **має місце у вагітних жінок.** Крім вищезгаданих м'язів вдиху є ще цілий ряд допоміжних: великі і малі грудні, драбинчасті, трапецієвидні, грудино-ключично-соскові м'язи, м'язи, що піднімають лопатки.

Спокійний (пасивний) видих здійснюється за рахунок розслаблення м'язів вдиху. У виконанні глибокого (активного) видиху приймають участь спеціальні м'язи, що називаються м'язами видиху (головні - міжреберні м'язи).

3. Цілісність плевральної порожнини

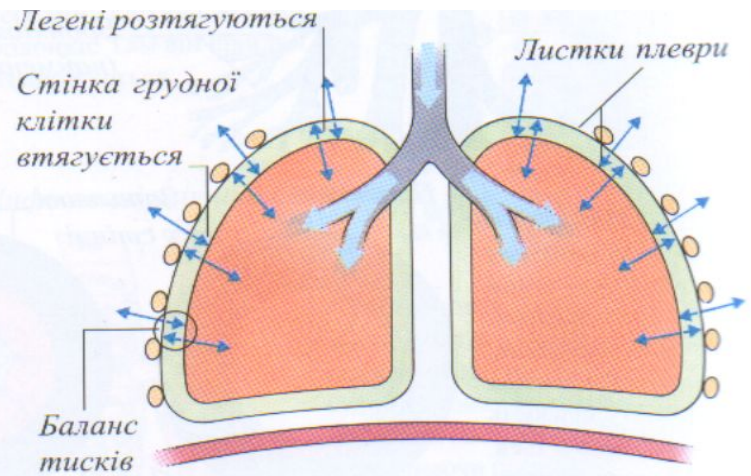
Листки вісцеральної і парієтальної плеври, покривають легені і внутрішню поверхню грудної клітини, між ними є герметична порожнина - тончка щілина (5–10 мкм)- плевральна порожнина з негативним ВПТ .



4. Негативний тиск у плевральній порожнині.

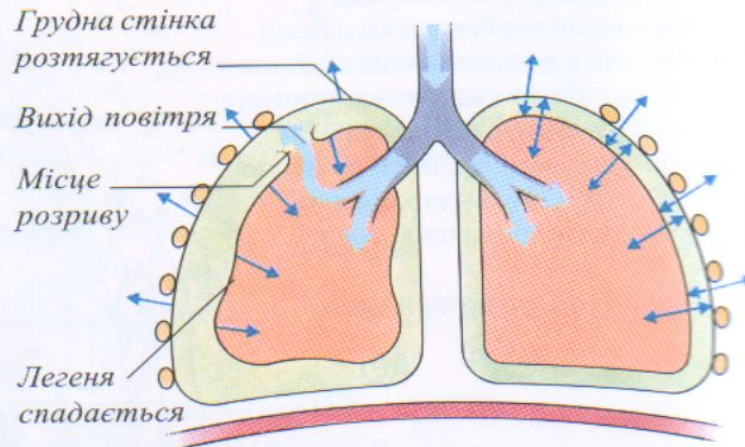
Плевральна щілина становить близько 5-10 мкм і заповнена рідиною (близькою за складом до лімфи), яка зменшує тертя листків плеври, злипання їх.

Тиск у плевральній порожнині трохи **менший атмосферного** і тому його називають ще "від'ємним". Велика проникність плеври забезпечує постійний відтік рідини, що також сприяє сталості "від'ємного" тиску.



Легені в нормі

Під час нормального дихання легені наповнюються повітрям і розтягуються, тоді як грудна стінка втягується. У плевральній порожнині встановлюється баланс між цими двома протилежно діючими силами.



Пневмоторакс

Внаслідок потрапляння повітря в плевральну порожнину виникає дисбаланс тисків і легені раптово спадаються.

Доказом того, що тиск у плевральній порожнині менше атмосферного є пневмоторакс, який виникає при порушенні герметичної грудної клітини. Тоді повітря з атмосфери заходить у плевральну щілину до тих пір, поки тиск там не зрівняється з атмосферним і легені спадаються. Пневмоторакс застосовується в лікувальних цілях для проведення операцій на легені, прискорення заживання каверни в легенях за рахунок спадання стінок легені і зменшення її рухливості.

При різних видах поранень грудної клітини може мати місце патологічний пневмоторакс. Особливо небезпечним для життя людини є відкритий, клапанний двобічний пневмоторакс, коли обидві легені стають нерухомими.

Тиск у плевральній порожнині вимірюється з застосуванням манометричного методу. Голку Дешампа, яка з'єднується через гумову трубочку з манометром, вводять між 4 та 5 ребрами в плевральну порожнину. В момент входження голки в плевральну щілину рівень рідини в манометрі піднімається в коліні, що з'єднується з плевральною порожниною, що і показує величину від'ємного тиску в плевральній порожнині.

(-) ВПТ

Розглянемо величину тиску в плевральній порожнині в різні фази дихання:

Вдих максимальний	730 – 750 -30 – -10 мм рт. ст.
Вдих звичайний	751 – 754 -9 – -6 мм рт. ст.
Видих звичайний	754,5 – 756,5 -5,5 – -3,5 мм рт. ст.
Видих максимальний	757 – 758,5 -3 – -1,5 мм рт. ст.

У новонароджених під час видиху тиск в плевральній порожнині може бути по величині рівним атмосферному. Це пов'язано з особливостями легенів.

Механізм формування від'ємного тиску в плевральній порожнині в онтогенезі.

У внутрішньоутробному періоді розвитку у плода росте грудна клітка та легені, але в 2-й половині розвитку швидкість росту грудної клітки більша за швидкість росту легенів. Дитина народилася: Після перерізки пуповини у крові накопичується CO₂, що подразнює хеморецептори судин і дихального центру. Імпульси від дихального центру надходять до м'язів вдиху, останні скорочуються, гр.клітина збільшується в об'ємі- за градієнтом тиску атмосферне повітря заходить у легені (альвеоли)-і вони розправляються. З першим вдихом легені розтягуються, але не можуть повністю заповнити плевральну порожнину. Таким чином утворюється плевральна порожнина.

5. Пружні властивості легенів. Еластична тяга.

5.1. **Розтяжність** - спроможність до деформації під впливом зусилля.

5.2 **Еластичність** – спроможність повернення до початкового стану після припинення зусилля.

Забезпечуються наявністю у тканині легень еластичних та колагенових волокон. **Колагенові і еластичні волокна** стінок альвеол здійснюють еластичний опір, **направлений на зменшення об'єму альвеол**. У ділянці розділу повітря з рідиною виникають сили, які теж спрямовані на зменшення поверхні - це сили поверхневого натягу. Чим менший діаметр альвеол, тим більший поверхневий натяг. Якби ці сили діяли без перешкод, то повітря з малих альвеол переходило б у більші (завдяки сполученню з альвеолами), а найменші альвеоли перестали б функціонувати.

В організмі цим силам протидіють **сурфактанти** (поверхнево-активні речовини, що містяться у поверхневому шарі рідини).

Між еластичністю і розтяжністю існує залежність. Коли легені розтягнуті, еластична тяга максимальна, а при спаданні легенів - мінімальна. Під час максимального вдиху величина **еластичної тяги — 30 мм рт. ст.**

Еластична тяга обумовлена наступними факторами:

1. Еластичною тканиною (на 1/3). Еластичні властивості легенів зберігаються після порушення еластичності тканини легень ферментом еластином.

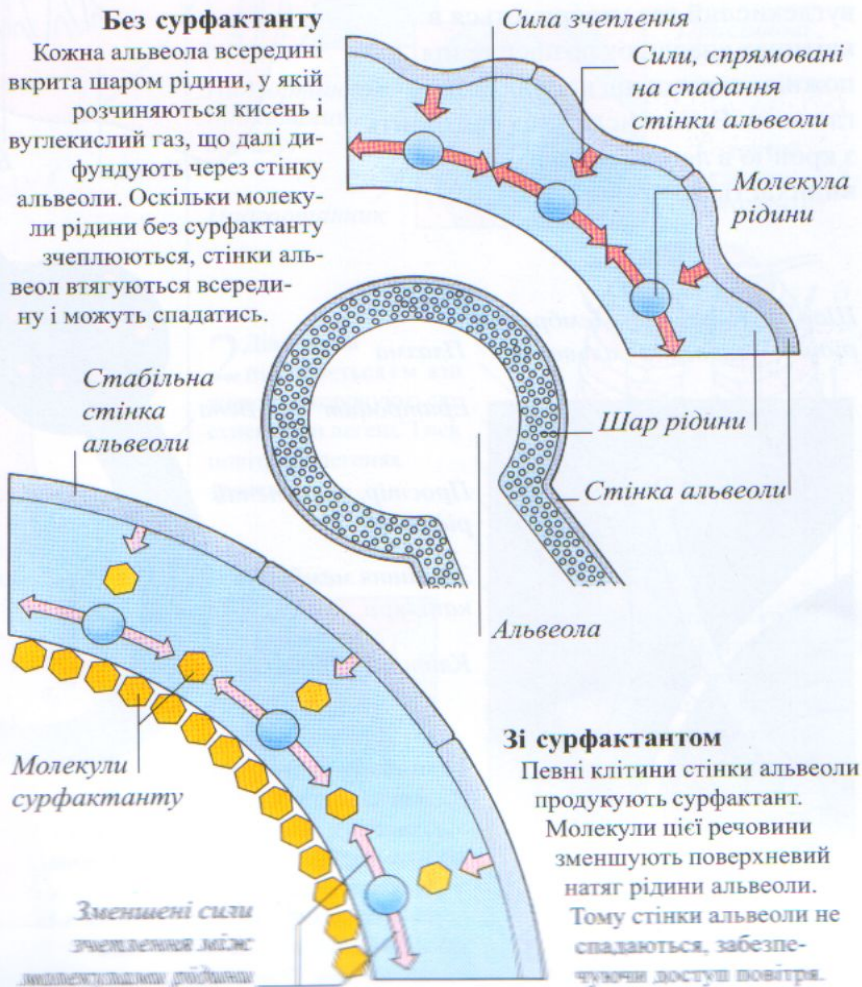
2. Силами капілярності (на 2/3). Силами поверхневого натягу (створені мономолекулярним шаром води).

3. Нееластичний опір (забезпечується **тонусом гладкої мускулатури бронхів).** Сюди також можна віднести ширину просвіту голосової щілини (на видиху вона більш вузька).

Сурфактанти виробляються пнеumoцитами 2 типу. Чим менше діаметр альвеол і більша сила поверхневого натягу, тим активніше сурфактанти. У присутності їх поверхневий натяг знижується майже в 10 разів. Якщо змити водою сурфактанти, які покривають тонким шаром епітелій альвеол, то останні спадуться.

СУРФАКТАНТ

Навіть під час глибокого видиху альвеоли цілком не спадаються, оскільки в їхню порожнину виділяється спеціальна рідина – сурфактант. Ця речовина ліпопротеїнової будови відіграє теж певну роль у запобіганні інфекції.



Головним елементом сурфактанту є **дипальмітилфосфатидилхолін (ДПФХ)**, який синтезується з жирних кислот. Вважають, що поверхневий натяг знижується завдяки особливостям молекул ДПФХ, яка є з одного боку гідрофобна, а з другого – гідрофільна. Завдяки цьому молекула розтікається по поверхні води тонким шаром. **За рахунок відштовхування сурфактанти протидіють притягуванню молекул води, що забезпечують поверхневий натяг.**

Товщина шару сурфактанта у альвеол не є однаковою в різні фази дихання. Так під час вдиху її величина мінімальна – близько 10 нм. Під час видиху шар сурфактанту близько 200 нм. При зменшенні площі поверхні альвеол, зростання активності сурфактантів забезпечується тісним приляганням молекул ДПФХ одна до одної. Це збільшує силу взаємного відштовхування.

Гістерезис легень (від грецького hysteresis - відставання, запізнення). **Збільшена концентрація сурфактантів під час видиху сприяє початковій затримці спадання альвеол.** Незважаючи на зменшення сили внутрішнього розтягування альвеол, діаметр їх залишається порівняно більшим ніж при вдиху. Маємо відповідність об'єму зовнішньому тиску. При нормальному диханні об'єм альвеол змінюється мало і гістерезис не має істотного значення. При глибокому диханні гістерезис полегшує дихальні рухи. Затримка спадання альвеол сприяє тривалішому зберіганню повітря в альвеолах, що полегшує умови газообміну.

Сурфактанти починають синтезуватися в кінці внутрішньоутробного періоду. Їх присутність полегшує здійснення 1-го вдиху. При передчасних пологах легені можуть бути не підготовленими для дихання, що може бути причиною виникнення ділянок ателектазу.

Функції сурфактантів:

- 1) Беруть участь в періодичному виключенні частини альвеол із дихання.**
- 2) Очищення альвеол.**
- 3) Сприяють збереженню сухості поверхні альвеол і на 50 % знижують випаровування води через легені.**
- 4) Найважливіша функція сурфактантів - збереження стабільності альвеол.**

Регуляцію синтезу сурфактантів здійснює вагус та гормони кори наднирників. Природним стимулом вироблення сурфактантів є легенева вентиляція. Тому приблизно 1 раз на годину ми робимо глибоке зітхання (вдих та видих). **Харчові продукти, багаті арахідоною кислотою** також позитивно впливають на утворення сурфактантів.

Важливо відмітити, що інтенсивність вироблення сурфактантів має сезонний характер. Так на початку весни та наприкінці літа сурфактантів виробляється менше, що впливає на сезонність легневих захворювань. Пружні властивості легенів у дітей до 9 - 11 років значно більші, ніж у дорослих і тому нормальний синтез сурфактантів має велике значення. Відомо генетичне порушення, яке проявляється у відсутності вироблення сурфактанту.

Є ряд факторів, що гальмують вироблення сурфактантів:

1. **Тютюнопаління** порушує вироблення сурфактантів.
2. **Детергенти**, до яких відносяться синтетичні миючі засоби. Вони являють собою гідрофобні речовини і небезпечні тим, що відривають сурфактанти від поверхні альвеол і витісняють їх.
3. **Інфекції.**
4. **Сурфактант легко пошкоджується високими концентраціями кисню** і тому вживання чистого кисню при недостатності дихання може інколи зробити його більш важким.

6. Внутрішньолегеневий тиск (внутрішньоальвеолярний).

Сполучення порожнини альвеол з навколишнім середовищем. Всередині альвеол під час дихальної паузи внутрішньоальвеолярний тиск не відрізняється від атмосферного. Під час вдиху внутрішньоальвеолярний тиск на деякий час стає менше атмосферного. під час видиху - зростає.

Розглянемо сили, які взаємодіють між собою під час зміни дихальних фаз.

Процес вдиху і видиху залежить від 3-х сил:

- внутрішньоплеврального тиску (ВПТ);
- еластичної тяги (ЕТ);
- Внутрішньо-легеневого (внутрішньоальвеолярного) тиску ВЛТ.

Під час дихальної паузи ці сили врівноважені між собою: $ВПТ + ЕТ = ВЛТ$, $757 + 3 = 760$ мм рт. ст.

Під час спокійного вдиху: $ВПТ + ЕТ < ВЛТ$

Під час спокійного видиху: $ВПТ + ЕТ < ВЛТ$

Є ще транспульмональний тиск (ТПТ) - різниця між ВПТ та ВЛТ

Вдих: ВПТ - - 9 мм рт.ст.

ВЛТ - - 2 мм рт.ст.

ТПТ - - 7 мм рт.ст.

Видих: ВПТ - - 5,5 мм рт.ст.

ВЛТ - + 3 мм рт.ст.

ТПТ - 8,5 мм рт.ст.

ТПТ - показник еластичних властивостей легеневої тканини. В нормі - задути свічку на відстані 20 см.

Механізм спокійного вдиху.

Від дихального центру йдуть імпульси, що призводять до **скорочення м'язів вдиху**. За рахунок цього має місце **збільшення об'єму грудної клітини**. ВПТ буде зменшуватися і сумма ВПТ + ЕТ стає < ВЛТ, і $V_{ЛТ} < P_{атм}$, атмосферне повітря заходить у альвеоли, тому **альвеоли розтягуються, збільшуються в об'ємі**. **Так відбується спокійний вдих**.

Рушійною силою є **градієнт тиску** між $P_{атм}$. та $V_{ЛТ}$ і тому повітря заходить в альвеоли до тих пір, поки не зникне градієнт і тиск в альвеолах не зрівняється з атмосферним.

Під час вдиху має місце зростання ЕТ і легені будуть розтягуватись до тих пір, поки:

$$\mathbf{ВПТ + ЕТ = ВЛТ, \text{ а } \mathbf{ВЛТ = P_{атм}.}$$

Механізм видиху. Спокійний видих відбувається пасивно!!!

Імпульси від дихального центру не надходять до м'язів вдиху і вони розслаблюються, грудна клітина зменшується в об'ємі. ВПТ та ЕТ зростає і

ВПТ + ЕТ стає > ВЛТ, ВЛТ > P_{атм}, атмосферне повітря виходить з альвеол, тому об'єм альвеол зменшується, повітря з альвеол виходить у атмосферу. (пасивно!!!!)

При цьому альвеоли зменшуються в об'ємі, тиск в них зростає і становить близько + 3-+ 4 (763 -764) мм рт.ст.

Під час дихальної паузи між вдихом і видихом:

$$\text{ВПТ} + \text{ЕТ} = \text{ВЛТ}$$

Вдих займає час не менше 2 сек., видих триває значно більше - в 3 рази повільніше вдиху.

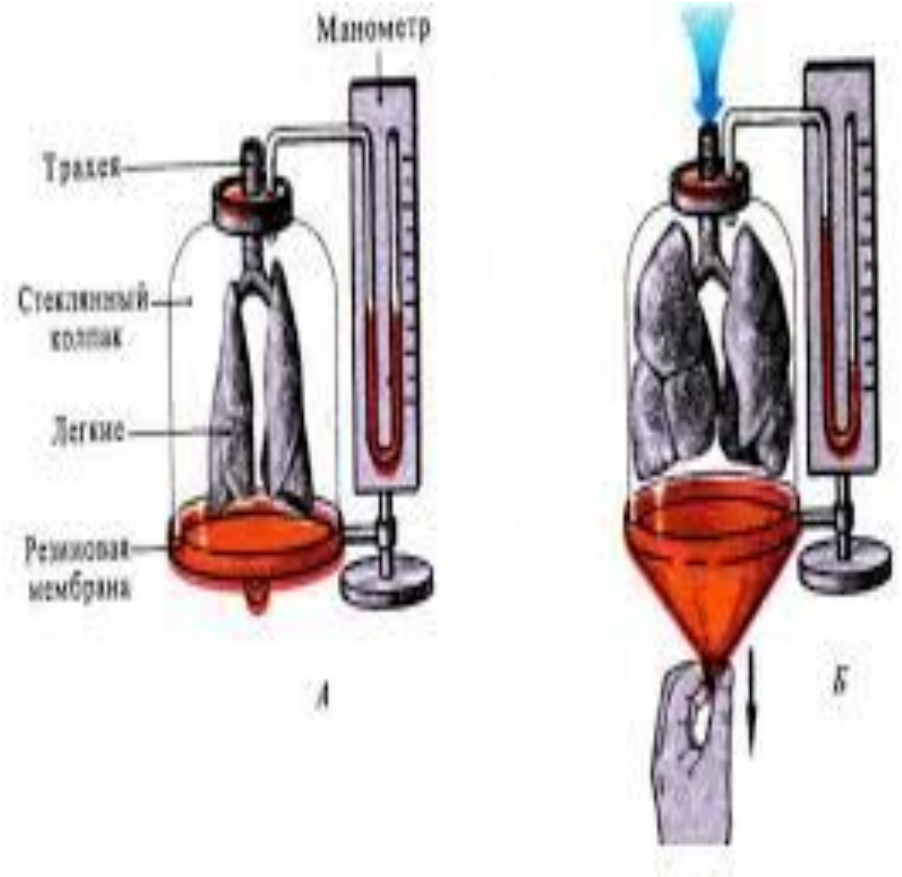
Т.ч., після скорочення дихальних м'язів в першу чергу змінюється ВПТ, а легені розтягуються пасивно слідом за грудною кліткою.

Механізм вдиху і видиху підтверджено у досліді Дондерса.

Дослід Дондерса.

Модель запропоновано німецьким вченим Дондерсом. Легені тварини розміщують у скляному бутлі, трахею з'єднують з зовнішнім середовищем через скляну трубку. Бутель являє собою модель грудної порожнини, в якій роль діафрагми виконує гумова мембрана. Простір в середині бутля заповнений повітрям і імітує плевральну порожнину. З порожнини бутля через отвір у пробці відкачують частину повітря, щоб тиск у ній був менше атмосферного.

Моделюючи вдих, відтягують донизу гумову мембрану. Легені розтягуються. Якщо до системи приєднати манометр, то він буде відмічати тиск у бутлі. Повертаючи мембрану у попереднє положення легені спадаються.



Згідно дослідів Дондерса, можна зробити такі висновки:

1. Під час легеневої вентиляції легені пасивно змінюють свій об'єм слідом за зміною об'єму грудної клітки.
2. Під час дихальних актів має місце обмін повітрям між навколишнім середовищем та альвеолярним повітрям.
3. Порушення факторів легеневої вентиляції робить її неможливою.

Недихальні функції легенів.

- 1. В легенях виробляються елементи протизсідальної системи крові (гепарин).**
- 2. Легені - депо крові, ліпідів (у вигляді хіломікронів затримуються ліпіди в мезенхімі легенів), виробляються біостимулятори (серотонін).**
- 3. Легені приймають участь у підтримці констант гомеостазу, таких як рН, газовий склад крові, t^0 та ін.**
- 4. Легені приймають участь у формуванні імунітету, в них відбувається синтез глобулінів.**

ОЦІНКА ЛЕГЕНЕВОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ.

Статичні

Динамічні

показники

ДО, Ровд, Ров
ЖЕЛ, ЗЕЛ, МП,
ФЗЕ

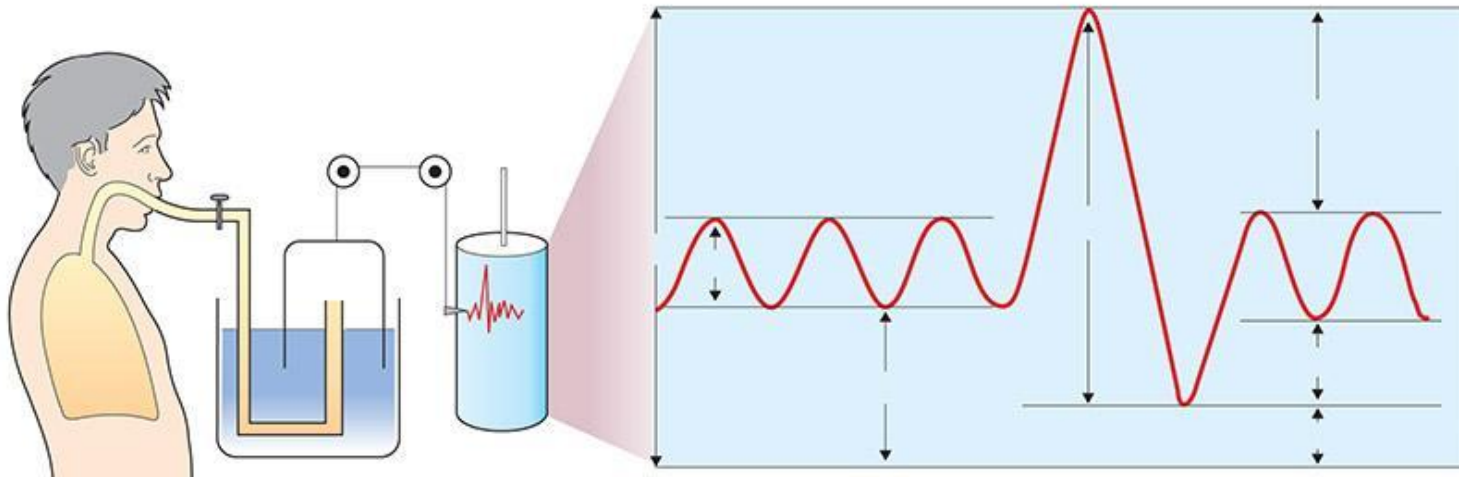
ЧДР, ХОД, КЛВ,
 $AB = (ДО - МП) \times ЧДР,$
ХЛВ.

Одним з основних показників дихання є хвилинна легенева вентиляція (ХЛВ). ХЛВ вимірюється кількістю повітря, що проходить через легені за 1 хвилину (вдих та видих).

ХЛВ залежить від двох факторів:

Оцінити об'єми легеневого повітря можна більш точно з використанням методу спірографії. Спірографія- метод графічного запису дихальних об'ємів. Спірограф - це спірометр, що має пишучий пристрій. Для розрахунків необхідно знати швидкість руху паперової стрічки та коефіцієнт для визначення амплітуди кривої в літрах.

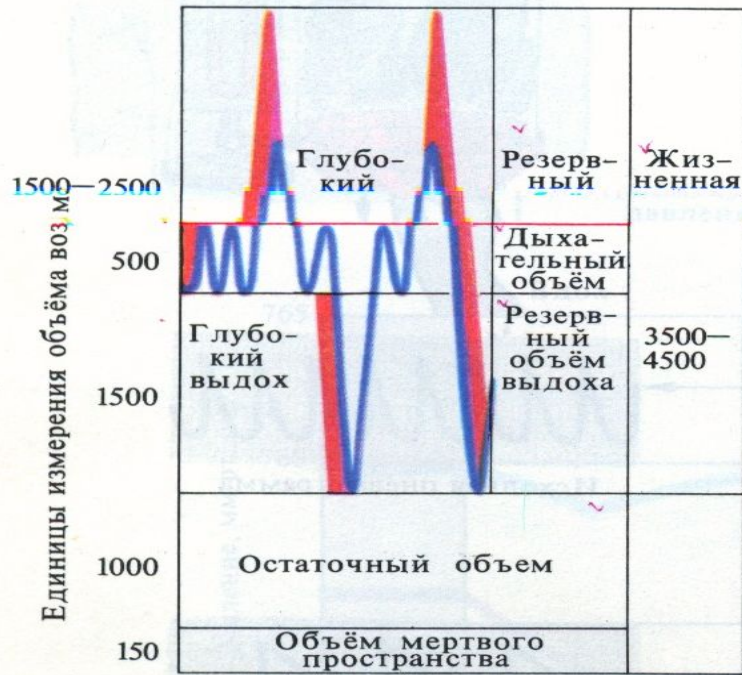
Lung volumes measured with simple water spirometer



Для вимірювання дихальних об'ємів (об'єму повітря, який вдихається та видихається за один дихальний акт) використовується спеціальний прилад, що зветься спірометром.

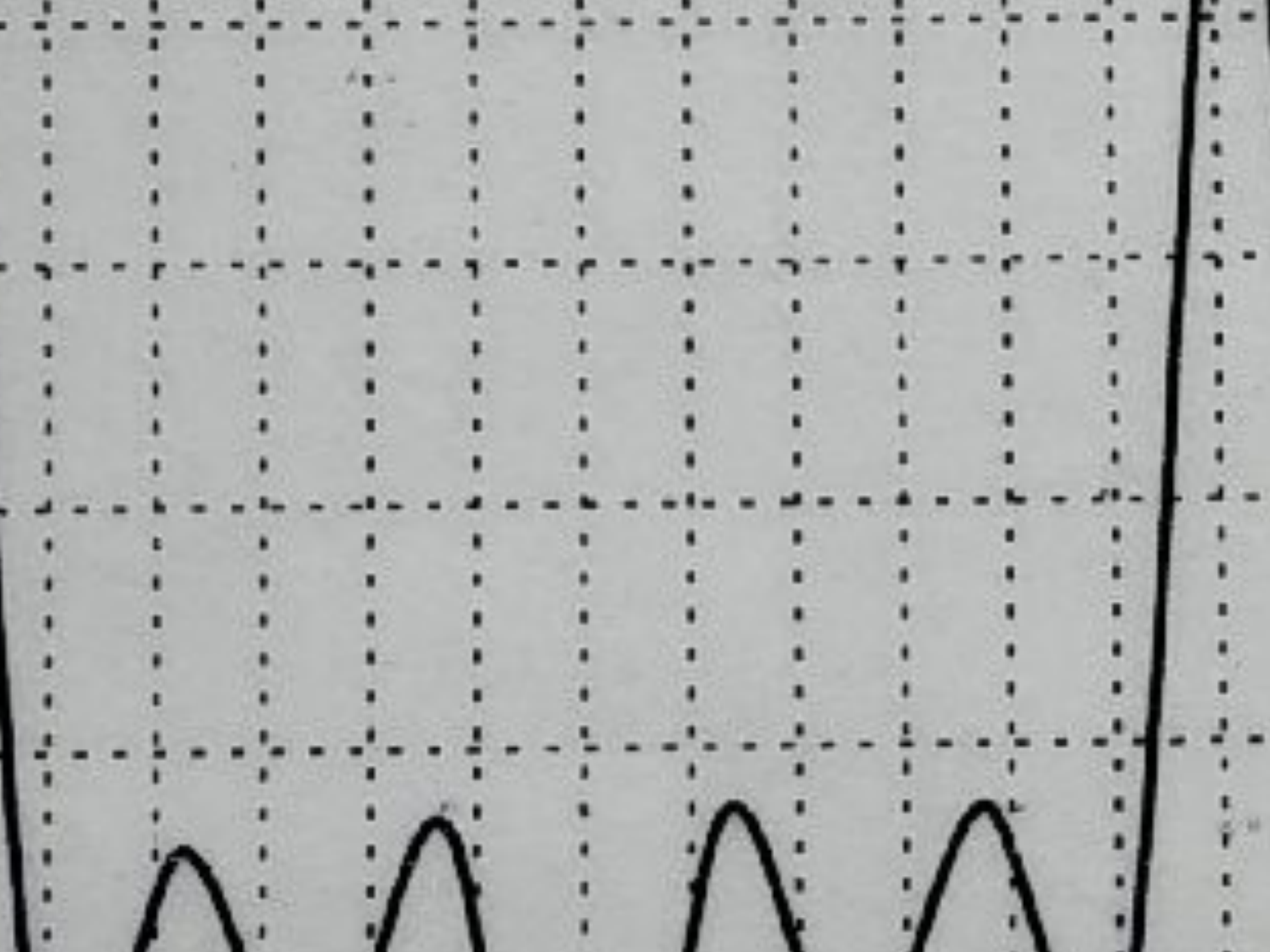
Метод виміру об'ємів легеневого повітря називається *спірометрією*.

Гутчінсон сконструював спірометр, який являє собою циліндр, який через гумову трубку з'єднується з пацієнтом. В циліндр занурений у воду догори дном поплавок, на якому є шкала об'ємів. Коли людина робить видих у спірометр, поплавок піднімається і з допомогою шкали можемо визначити об'єм повітря, що видихається.



Частота дыхания, л/мин	Объём вентиляции к кровотоку	Артериальное рO ₂ , мм рт. ст.	Артериальное рCO ₂ , мм рт. ст.	Сатурация O ₂ , %	Концентрация CO ₂ , %	I		
7	0,24	0,07	3,3	132	20	100	42	7,51
13	0,82	1,29	0,63	89	42	96	49	7,39

1. Об'єму повітря під час кожного акту дихання - дихальний об'єм (ДО).
2. Від частоти дихання.





За допомогою спірометра проводиться вимірювання таких об'ємів повітря:

1. Дихальний об'єм - той об'єм повітря, який людина вдихає та видихає під час спокійного дихання. (300-800 мл).

2. Резервний об'єм видиху (РОВ) - максимальний об'єм повітря, який можна видихнути після спокійного видиху. Людині пропонують зробити спокійний видих в атмосферу, а потім максимальний видих у спірометр. (1 - 1,5 л).

3. Резервний об'єм вдишу (РОВд) - максимальний об'єм повітря, який можна вдихнути після спокійного вдишу. Роблять спочатку спокійний вдих із атмосфери, а потім максимальний вдих із спірометра. Перед пробою в спірометр набирають певну кількість повітря. (1,5 – 2,5) л.
4. ЖЄЛ - це максимальний об'єм повітря, який можна видихнути після максимального вдишу. Сума трьох визначених об'ємів складає життєву ємність легенів (ЖЄЛсумарна). Для визначення ЖЄЛ одномоментної юдині пропонують зробити максимальний вдих із атмосфери і максимальний видих у спірометр:

$$\text{ЖЄЛсумарна} = \text{ДО} + \text{РОВ} + \text{РОВд} \quad 0,5\text{л} + 1-1,5\text{л} + 2,5-3\text{л} = 4 - 5\text{л}$$

У чоловіків-3.5-4.8 л. У жінок-3-3.5 л.

Як правило, має місце різниця величини ЖЄЛодн. і ЖЕЛсум.. Якщо ця різниця не більше 10 – 15%, то це може вважатися нормою. Якщо ж ця різниця більша, то це може свідчити про втрату еластичних властивостей легенів.

ЖЕЛ належна вираховується за такими формулами:

У жінок ЖЕЛ належна=зріст x 20

У чоловіків ЖЕЛ належна=зріст x 25

Якщо ЖЕЛ фактична (ЖЄЛодн. і ЖЕЛсум.) більше за ЖЕЛ належну, наш висновок: людина фізично розвинута.

Якщо ЖЕЛ фактична (ЖЄЛодн. і ЖЕЛсум.) менше за ЖЕЛ належну, наш висновок: людина фізично нерозвинута.

ЖЄЛ є показником резервних можливостей легенів і дихальних м'язів. За допомогою спірометра фактичну ЖЄЛ можна визначити одномоментно (ЖЕЛ одномоментна) і сумарно (ЖЕЛ сумарна).

ДО в спокійному стані у дорослої людини складає біля 500мл, а частота дихання = 12-14-16 за 1 хв.

ХЛВ = ДО x частоту дихання.

ХЛВ = 500 x 12 (16) = 6000 - 8000 мл

У дітей цей показник менший, а у дорослих під час фізичного навантаження може досягати 150-170 л/хв. Для визначення максимальної ХЛВ людину просять дихати максимально часто й глибоко. Проба проводиться на протязі 10сек. і є показником максимальної розтяжності легенів і грудної клітини.

ОСОБЛИВОСТІ ЧАСТОТИ. ГЛИБИНИ РИТМУ І ТИПУ ДИХАННЯ У ДІТЕЙ.

Частота і глибина дихання.

Дихання у дітей часте і поверхнєве. По-перше, діафрагмальне дихання вимагає подолання опору органів черевної порожнини. По-друге, у дітей велика пружність легеневої тканини і значний бронхіальний опір.

Частота дихання у дітей змінюється на протязі дня під впливом різних впливів. Це пояснюється легкою збудливістю дихального центру у дітей.

Ритм дихання.

Дихання аритмічне. Глибоке дихання змінюється поверхневим. Паузи між вдихом і видихом нерівномірні. Тривалість вдиху і видиху короткі.

Типи дихання.

У немовляти до другої половини першого року життя переважає діафрагмальний тип дихання. Грудне дихання утруднене, тому що грудна клітка має пірамідальну форму, верхні ребра, рукоятка грудини, ключиця і весь плечовий пояс розташовані високо. Ребра лежать майже горизонтально, дихальна мускулатура слабка.

Статеві розходження типу дихання починають виявлятися з 7 – 8 –літнього віку і закінчуються до 14 -17 років. У дівчат формується грудний, а в чоловіків – черевний тип дихання. З важливих клінічних проб є проба Тифно. Вона показує, яка частина ЖЄЛ видихається за першу секунду. Нормальним показником є 75 % і більше від ЖЄЛ. Ця проба свідчить про прохідність бронхів, яка в свою чергу залежить від тонусу бронхіальних м'язів. В осіб, що мають нахил до бронхіальної астми, результати проби Тифно менші 75 %, скажімо 40 %. інші проби будуть розглянуті на практичному занятті.

Слід зазначити, що після максимального видиху в легенях залишається повітря (залишковий об'єм - ЗО). Залишковий об'єм не входить до складу ЖЄЛ. Це повітря з'являється в легенях під час першого вдиху і залишається на все життя $i = 1$ л. Це важливо для судмедексперта (демонстрація легенів у стакані). ЗО може бути різним в залежності від пружних властивостей легеневої тканини. Для визначення ЗО повітря використовують методи, що базуються на принципі розведення. Використовують гелій в суміші газів, який не приймає участі у газообміні.

Для визначення ЗО беруть герметичний спірометр, який вміщує 3 л повітря з 10 відсотковим вмістом гелію. Людині пропонують зробити максимальний видих в атмосферу, щоб в легенях залишився тільки ЗО. Після цього пацієнт повинен зробити 7-10 дихальних актів через спірометр. Проба завершується тим, що пацієнт виконує максимальний видих у спірометр. Таким чином, об'єм повітря у спірометрі залишається без змін (3 л). Концентрація ж гелію у спірометрі відносно початкової зменшилася, гелій розподілився між спірометром і ЗО легенів.

Розрахунок проводимо за пропорцією:

$$ZO = (Hei / HeE - 1) \times V$$

Після розрахунків ZO складає 1 л.

ZO повітря - це той об'єм повітря, який залишається в альвеолах після максимального видиху. Після спокійного видиху в легенях залишається функціональна залишкова ємність (ФЗЄ), яка приблизно складає 2,5 л. ФЗЄ складається із резервного об'єму видиху та ZO.

$$ФЗЄ = POB + ZO. \quad ФЗЄ = 1,5л + 1л = 2,5л.$$

Одним з важливих клінічних показників є потужність дихання. Методом оцінки потужності є пневмотахометрія. Прилад складається з трубки, мундштука, всередині якого є діафрагма (перетинка з невеликим отвором). Для оцінки потужності вдиху отвір = 20 мм, для видиху – 10 мм. Під час вдиху отвір більше, під час видиху – менше. Інтегративний пристрій - диференційний манометр перетворює перепад тисків в одиниці: літри/сек. Тиск з різних боків мембрани не однаковий. На шкалі є 2 рядки цифр. Назовні - оцінка потужності під час вдиху, в середині - під час видиху. Під час вдиху потужність більша, під час видиху - менша, так як приймає участь менша кількість м'язів.

Визначення коефіцієнта легеневої вентиляції (КЛВ).

КЛВ показує, яка частина повітря обмінюється в легенях під час дихання. Для його визначення потрібно знати ФЗЄ і ДО:

$500 : 2500 = 1/5$. В дійсності обмінюється ще менший об'єм за рахунок дихальних шляхів. Необхідно врахувати об'єм дихальних шляхів (так званий мертвий простір - МП або шкідливий), де не відбувається газообмін. В людини це приблизно 150-170 мл.

$$\text{КЛВ} = (\text{ДО} - \text{МП}) / \text{ФЗЄ} = (500 - 150) / 2500.$$

**Хвилинна альвеолярна вентиляція = ДО
(500) - МП(150) x ЧД**

В нормі 4,2 - 5,6 л/хв.

Чисто атмосферного повітря в легенях ніколи не буває. Але це і добре. ФЗЄ забезпечує відносну сталість газового складу альвеолярного повітря.

Як же визначити об'єм МП? Прямим методом це робиться на трупі, після заливання парафіну у дихальні шляхи. МП або шкідливий насправді виконує цілий ряд корисних функцій. В МП повітря очищається, зігрівається і зволожується.

Існує анатомічний і фізіологічний мертвий простір.

Фізіологічний МП більше анатомічного, так як включає в себе ще ті альвеоли, що приймають участь в даний момент в газообміні. МП можемо визначити непрямим способом за даними газового аналізу. Газовий аналіз проводиться за допомогою газоаналізатора Холдена. В основі роботи приладу - поглинання газів. Прилад являє собою систему скляних трубок та кранів, є бюретка для взяття повітря, ртутний насос. Трубки забезпечують контакт газів з поглиначем. В залежності від положення кранів відбувається контакт повітря з поглиначем O_2 (пірогалол) і CO_2 (луговий розчин).

Об'єм видихуваного повітря складається з об'єму МП і альвеолярного: видихнуте повітря = МП – альвеолярне повітря. Бор запропонував визначати об'єм МП через концентрацію газів у видихуваному та альвеолярному повітрі:

$$\text{МП} = ((F_a\text{CO}_2 - F_e\text{CO}_2) / F_a\text{CO}_2) \times V_{\text{вид}}$$

МП можна визначити за допомогою приладу нітрометра (азотоміра).

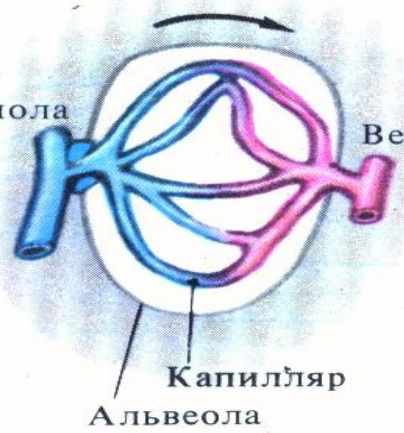
Людина робить спочатку спокійний видих у атмосферу, а тоді спокійний вдих чистим киснем, після чого знову робить спокійний видих в нітрометр. При видиху спочатку буде видихатися чистий кисень, а потім піде альвеолярне повітря, яке буде складатися із чистого кисню + азоту. Визначають вміст азоту в альвеолярному повітрі. На графіку спочатку буде пряма лінія, що співпадає з віссю абсцис – азот відсутній. Поява азоту у видихуваному повітрі дає відхилення кривої доверху, яка потім знову переходить у пряму - це вже виключно альвеолярне повітря із сталим газом. Комп'ютером визначається площа, яку займає азот в суміші повітря на графіку.

$МП = ДО \times \% \text{ видихнутого чистого } O_2.$

Як бачимо, для визначення МП необхідно знати газовий склад повітря. Розглянемо таблицю, де показано концентрацію певного газу, в різних об'ємах повітря.

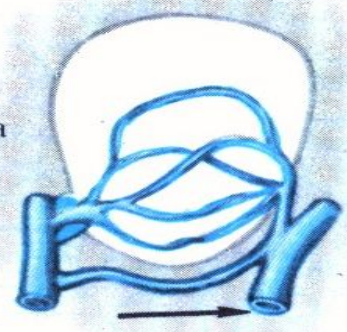
Артериола

Венула



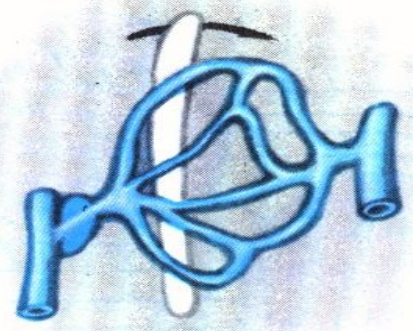
Капилляр
Альвеола

Оксигенация крови



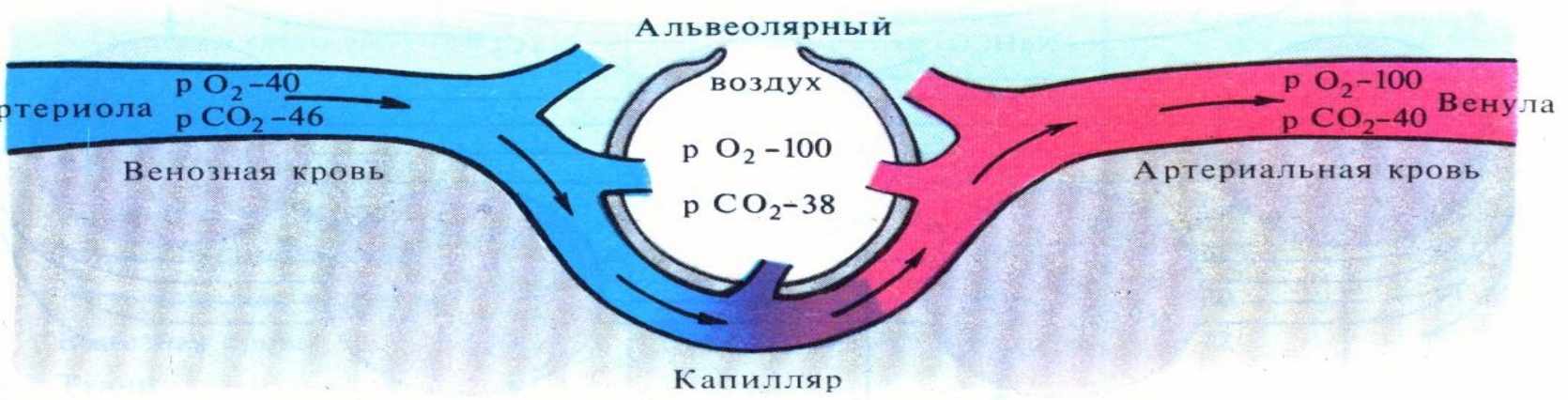
Спавшиеся
капилляры

Отсутствие оксигенации



Спавшаяся альвеола

А



Альвеолярный

воздух

$p\text{O}_2 - 100$

$p\text{CO}_2 - 38$

Капилляр

$p\text{O}_2 - 40$
 $p\text{CO}_2 - 46$

Венозная кровь

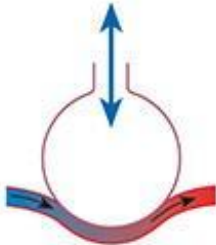
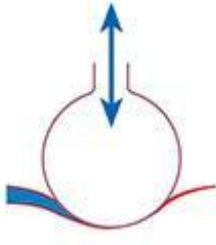
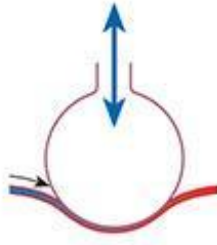
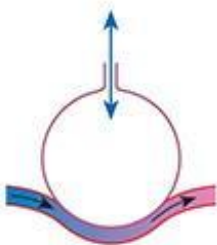
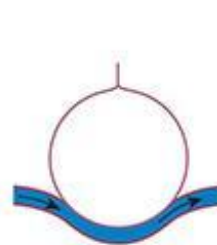
$p\text{O}_2 - 100$
 $p\text{CO}_2 - 40$

Артериальная кровь

Венула

Б

Different types of V_A/Q mismatching

	Normal	Dead space	Dead space effect	Shunt effect	True/anatomical shunt
	$V_A = \text{Normal}$ $Q = \text{Normal}$ $V_A/Q =$	$V_A = \text{Normal}$ $Q = 0$ $V_A/Q =$	$V_A = \text{Normal}$ $Q = \text{Low}$ $V_A/Q =$	$V_A = \text{Low}$ $Q = \text{Normal}$ $V_A/Q =$	$V_A = 0$ $Q = \text{Normal}$ $V_A/Q =$
		 (No perfusion)			 (No ventilation)
Blood gases in outflow	$PO_2 = \text{normal}$ $PCO_2 = \text{normal}$ $O_2 \text{ content} = \text{normal}$ $CO_2 \text{ content} = \text{normal}$		$PO_2 =$ $PCO_2 =$ $O_2 \text{ content} =$ $CO_2 \text{ content} =$	$PO_2 =$ $PCO_2 =$ $O_2 \text{ content} =$ $CO_2 \text{ content} =$	$PO_2 =$ $PCO_2 =$ $O_2 \text{ content} =$ $CO_2 \text{ content} =$
Effect of $\uparrow O_2$ in inspired air	$PO_2 = \uparrow$ $O_2 \text{ content} = \text{nil}$		$PO_2 =$ $O_2 \text{ content} =$	$PO_2 =$ $O_2 \text{ content} =$	$PO_2 =$ $O_2 \text{ content} =$