

Практичне заняття 34
ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗОВНІШНЬОГО ДИХАННЯ.
ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБМІНУ І ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЇ

Література:

1. Фізіологія: підручник для студ. вищ. мед. навч. закл. / В. Г. Шевчук, В. М. Мороз, С. М. Белан та ін.; за ред. В. Г. Шевчука. – Вид. 4-те. – Вінниця: Нова книга, 2018. – С. 338-357.

Відеолекції:

Фізіологія дихання https://www.youtube.com/watch?v=XG_E9RH5iN0

<https://www.youtube.com/watch?v=8jyfstrrkAM>

Регуляція дихання <https://www.youtube.com/watch?v=7pvfeSkRHjI>

Завдання для самостійної роботи на занятті

1. Ознайомитись із загальною характеристикою процесу дихання та його етапами.

Дихання – це процес обміну газів між клітинами організму і зовнішнім середовищем. Його етапи:

1. Зовнішнє дихання (вентиляція легень) – процес обміну газів між зовнішнім середовищем і альвеолами легень.

2. Дифузія газів через легеневу мембрану – обмін газів між альвеолярним повітрям і кров'ю легневих капілярів завдяки градієнту парціальних тисків.

3. Транспортування газів (O_2 і CO_2) кров'ю.

4. Дифузія газів через стінку капілярів до клітин організму і від них.

5. Тканинне дихання – участь кисню у метаболічних процесах у мітохондріях клітин організму, наслідком чого є синтез макроергічних сполук, що необхідні для здійснення функцій клітин.



Рис. 1. Характеристика структур, які забезпечують процес зовнішнього дихання.

Типи дихання. Розрізняють грудний, черевний і змішаний типи дихання. Перший здійснюється головним чином за допомогою м'язів грудної клітки. Другий – переважно завдяки м'язам живота та діафрагми. Переважання того чи іншого типу залежить від статі: у чоловіків – черевний, у жінок, особливо під час вагітності, – грудний; віку: у новонароджених і дітей грудного віку – переважає черевний, у 1,5-2 роки – змішаний, у 3-8 років – грудний, у 10 років – черевний; конституції: у астеників – грудний, у гіперстеніків – черевний; професії – у людей фізичної праці черевний тип дихання. Найоптимальнішим для вентиляції легень є змішаний тип дихання.

2. Ознайомитись з показниками зовнішнього дихання.

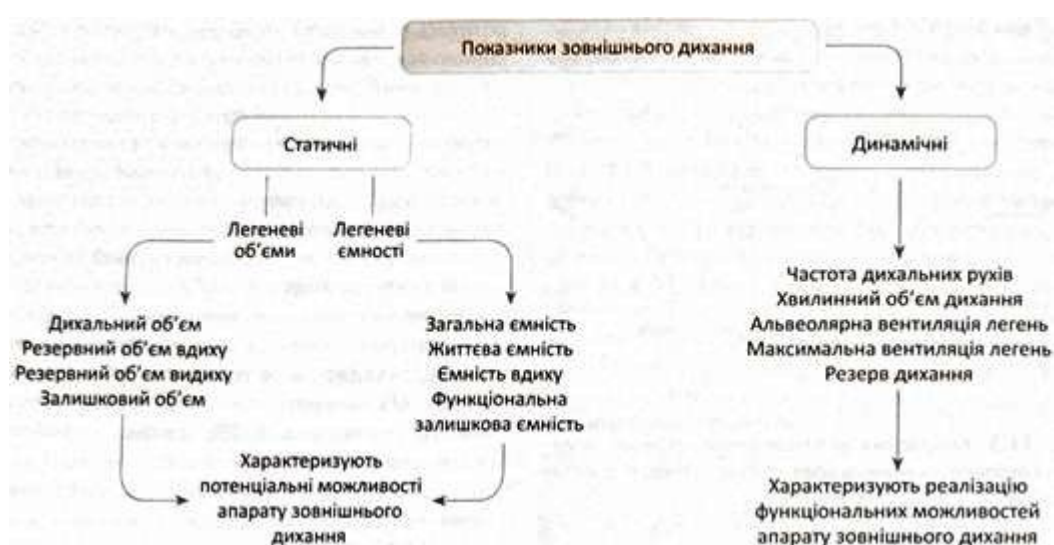


Рис. 2. Показники зовнішнього дихання.

Показники зовнішнього дихання поділяють на статичні та динамічні.

До **статичних** належать легеневі об'єми та легеневі ємності.

Легеневі об'єми:

1. Дихальний об'єм (ДО) - це об'єм повітря, який доросла людина в стані спокою вдихає і видихає (приблизно 500 мл, коливання від 300 до 800 мл).

2. Резервний об'єм вдиху (РО_{вд}) – це додатковий об'єм повітря, який людина може вдихнути при глибокому вдиху після спокійного видиху (3000 мл).

3. Резервний об'єм видиху (РО_{вид}) – максимальний додатковий видих повітря після спокійного видиху (1300 мл).

4. Залишковий об'єм (ЗО) - об'єм повітря, що залишається в легенях після максимального видиху (1200 мл), (рис. 11.8).

5. Мертвий простір (МП) - об'єм повітря, що знаходиться в повітроносних шляхах і не бере участі в газообміні (150 мл).

Легеневі ємності:

1. Ємність вдиху (Є_{вд}) - це об'єм повітря, який може вдихнути людина після спокійного видиху. Він складається із ДО (500 мл) і РО_{вд} (3000 мл) і становить в середньому 3500 мл.

2. Життєва ємність легень (ЖЄЛ) - максимальний об'єм повітря, який людина може видихнути після максимально глибокого вдиху. Це сума об'ємів, що складається із ДО (500 мл), $PO_{\text{вд}}$ (3000 мл) та $PO_{\text{вид}}$ (1300 мл) і становить 4800 мл. ЖЄЛ є об'єктивним показником, що свідчить про об'єм повітря, яке може бути введено і виведено із легень за один дихальний цикл. У чоловіків вона може сягати 5500 мл, у жінок - 4500 мл. Залежить від віку, фізичного розвитку, росту та маси тіла людини.

3. Загальна ємність легень (ЗЄЛ) - найбільший об'єм повітря, що міститься в легенях після максимального вдиху. Вона складається із ЖЄЛ (4800 мл) і ЗО (1200) та становить 6000 мл.

4. Функціональна залишкова ємність (ФЗЄ) - об'єм повітря, який залишається в легенях у кінці спокійного видиху. Вона складається із $PO_{\text{вид}}$ (1300 мл) і ЗО (1200 мл) і дорівнює 2500 мл.

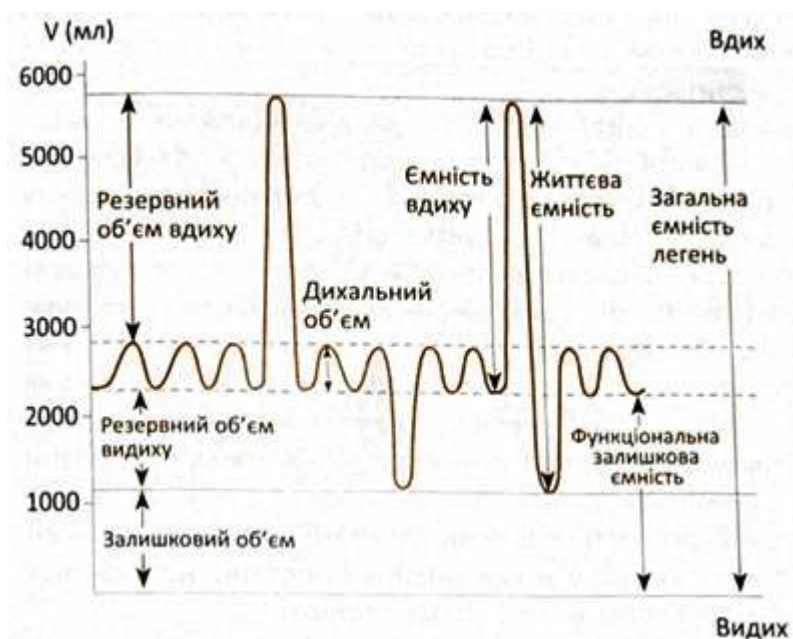


Рис. 3. Дихальні об'єми і легеневої ємності у дорослої людини.

Динамічні показники:

1. Частота дихальних рухів (ЧДР), становить у середньому 16 разів за хв.
2. Хвилинний об'єм дихання (ХОД) – кількість повітря, що надходить у легені за 1 хв: $ХОД = ДО (500 \text{ мл}) \cdot ЧДР (16 \text{ за } 1 \text{ хв}) = 8000 \text{ мл}$.
3. Альвеолярна вентиляція (АВ), характеризує вентиляцію альвеол: $АВ = ДО (500 \text{ мл}) - МП (150 \text{ мл}) \cdot ЧДР (16 \text{ за } 1 \text{ хв})$ - і складає 5600 мл.
4. Максимальна вентиляція легень (МВЛ) - кількість повітря, яке людина вдихає і видихає при максимальній глибині і частоті дихання.
5. Резерв дихання (РД) відображає різницю між МВЛ та ХОД.
6. Коефіцієнт легеневої вентиляції (КЛВ) - та частина повітря, яка обмінюється в легенях під час кожного вдиху: $КЛВ = ДО (500 \text{ мл}) - МП (150 \text{ мл}) / ФЗЄ (2500 \text{ мл}) = 0,14$.
7. Коефіцієнт альвеолярної вентиляції (КАВ) – відношення альвеолярної вентиляції до легеневого кровотоку (ЛК): $КАВ = АВ (4 \text{ л}) / ЛК (5 \text{ л})$, що складає 0,8.

Задача. Визначте, який об'єм повітря знаходиться в легенях: а) після звичайного вдиху; б) після звичайного видиху.

Переглянути відео про порядок проведення дослідження зовнішнього дихання методом спірометрії <https://www.youtube.com/watch?v=3i1JxWZmF78>

3. Розглянути процес газообміну в альвеолах та транспорту газів кров'ю.

Повітря в альвеолах за своїм складом відрізняється від атмосферного, оскільки повітря, що надходить під час вдиху змішується з тим, що залишається в альвеолах. Парціальний тиск в альвеолах становить для O_2 – 100 мм рт. ст. (13,3 кПа), для CO_2 – 40 мм рт. ст. (5,3 кПа).

У венозній крові, що надходить до легень для обміну газами з альвеол, парціальний тиск O_2 становить 40 мм рт.ст. (5,3 кПа), а CO_2 – 46 мм рт. ст. (6,1 кПа). Таким чином, альвеолярно-капілярна різниця напруги O_2 дорівнює $100 - 40 = 60$ мм рт. ст., а CO_2 $46 - 40 = 6$ мм рт. ст. Саме утворений градієнт тисків газів між кров'ю та альвеолами стає рушійною силою дифузії кисню і вуглекислого газу, тобто газообміну в легенях (рис. 4).

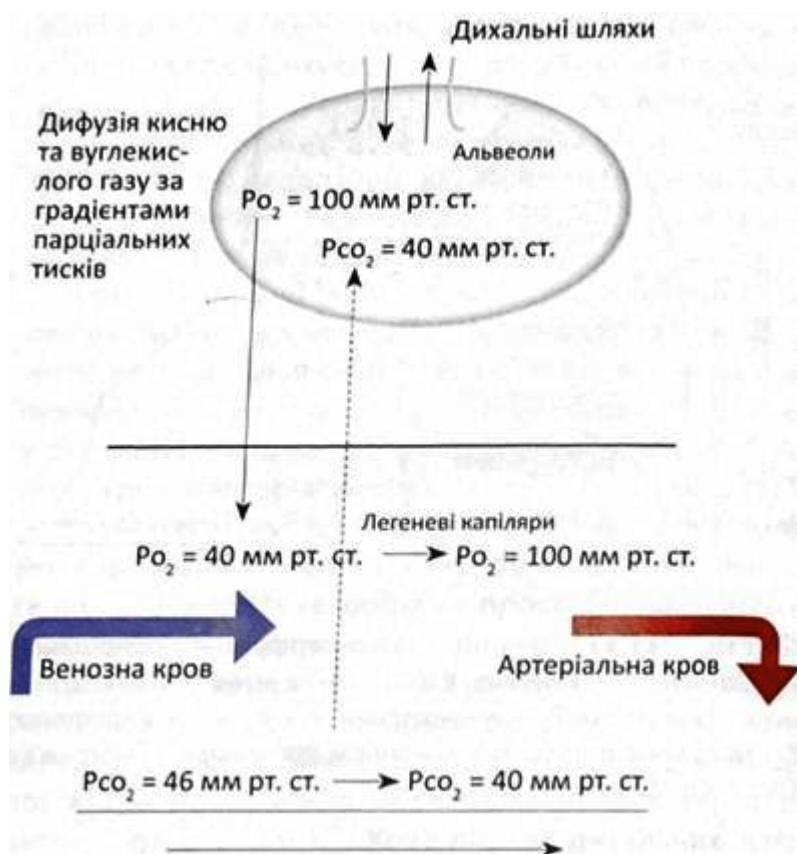


Рис. 4. Газообмін між альвеолами та легневими капілярами.

Кисень транспортується кров'ю у двох формах:

1. Розчинений у плазмі крові. При $PCO_2 = 100$ мм.рт.ст. в 1л крові розчиняється 3 мл кисню.

2. У хімічно зв'язаному з гемоглобіном стані – у вигляді оксигемоглобіну. Це основна форма транспорту кисню – 1г гемоглобіну за оптимальних умов може

зв'язати 1,34 мл кисню. Виходячи з цього, розраховують кисневу ємкість крові (КЄК) – максимальну кількість O_2 , котру може зв'язати 1л крові. КЄК при концентрації гемоглобіну 150 г/л складає 200 мл/л, або 20% об'ємних.

Вуглекислий газ транспортується наступними шляхами:

1. Розчинений у плазмі крові – близько 25 мл/л.
2. Зв'язаний з гемоглобіном (карбгемоглобін) – 45 мл/л.
3. У вигляді солей вугільної кислоти – бікарбонати калію та натрію плазми крові – 510 мл/л.

Таким чином, у стані спокою кров транспортує 580 мл вуглекислого газу в 1 л.

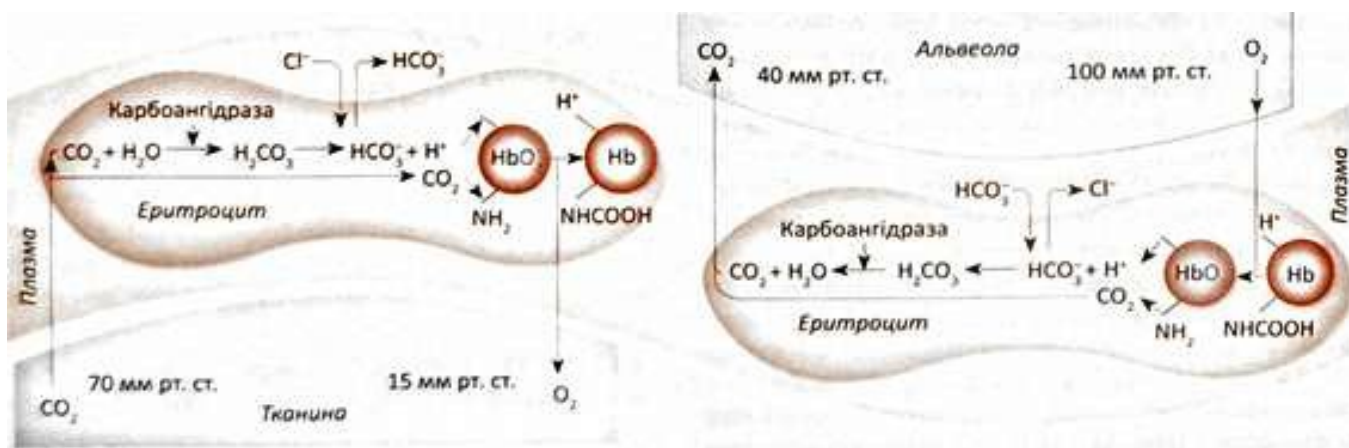


Рис. 5. Транспорт вуглекислого газу у тканинах (зліва) і в легенях (справа).

4. Ознайомитись з будовою дихального центру, який забезпечує регуляцію дихання.

Дихальний центр – це сукупність нейронів специфічних ядер центральної нервової системи, які забезпечують генерацію дихального ритму, пристосування частоти і глибини дихання до потреб організму. До складу локального дихального центру входять:

1. Дорсальна дихальна група нейронів (ДДГ) – розташована на дні IV шлуночка в латеральній частині ядра одинокого тракту дорсальної поверхні довгастого мозку. Представлені тут переважно інспіраторні нейрони (інспірація – вдих) забезпечують:

- вдих, генерацію основного ритму дихання;
- надходження сенсорної інформації, що надходить від хеморецепторного поля дихального центру та окремо від периферичних хеморецепторів, у складі аферентних волокон IX пари черепних нервів (від каротидних тілець), X пари (від аортальних тілець). У складі X пари також надходить інформація від механорецепторів розтягнення легень (РРЛ),
- вихід інформації, яка забезпечує активацію мотонейронів спинного мозку на рівні переважно С3-С8 при спокійному диханні;
- механізми ритмогенезу. Існує дві теорії ритмогенезу дорсальної групи дихальних нейронів: 1) збудження так званих клітин умовного водія ритму синхронізується з фазами дихального циклу, ритмічна активність зберігається в цих клітинах навіть при порушенні синаптичних зв'язків між ними; 2) відповідно до альтернативної теорії, окремих пейсмекерних клітин не існує; скоріш за все, серед основних

дихальних нейронів є групи нейронів, так званий об'єднаний імпульсний патерн, активація якого викликає вдих і видих - "коливальний дихальний контур".

2. Вентральна дихальна група нейронів (ВДГ) - знаходиться у вентролатеральній частині довгастого мозку поблизу подвійного ядра. Тут розміщені як інспіраторні (рострально – тобто попереду), так і експіраторні (каудально) нейрони *експірація - видих*. Функціональні особливості нейронів ВДГ:

- майже неактивні при спокійному диханні;
- активуються під час фізичного навантаження, отримуючи імпульси від дорсальних інспіраторних нейронів, при збільшенні їх активності;
- імпульси від інспіраторних (під час посиленого вдиху) і експіраторних (під час посиленого видиху) нейронів надходять до мотонейронів грудних сегментів спинного мозку, що призводить до скорочення переважно допоміжних дихальних м'язів.

3. Пневмотаксичний центр (ПТЦ) розташований у дзобоподібнолатеральній частині варолієвого мосту. Його функції:

- гальмує вдих, впливаючи на інспіраторні нейрони дорсальної дихальної групи (ДДГ);
- регулює ДО і частоту дихання і тим самим забезпечує пристосування глибини і ритму дихання до фізіологічного стану організму, його поведінкових реакцій.

4. Апнейстичний центр розташований у нижній частині варолієвого мосту. Його роль можна виявити в експерименті тільки після перерізування обох блукаючих нервів та порушення зв'язку пневмотаксичного центру з дорсальними дихальними нейронами. Стимуляція апнейстичного центру може викликати глибокий і тривалий вдих.

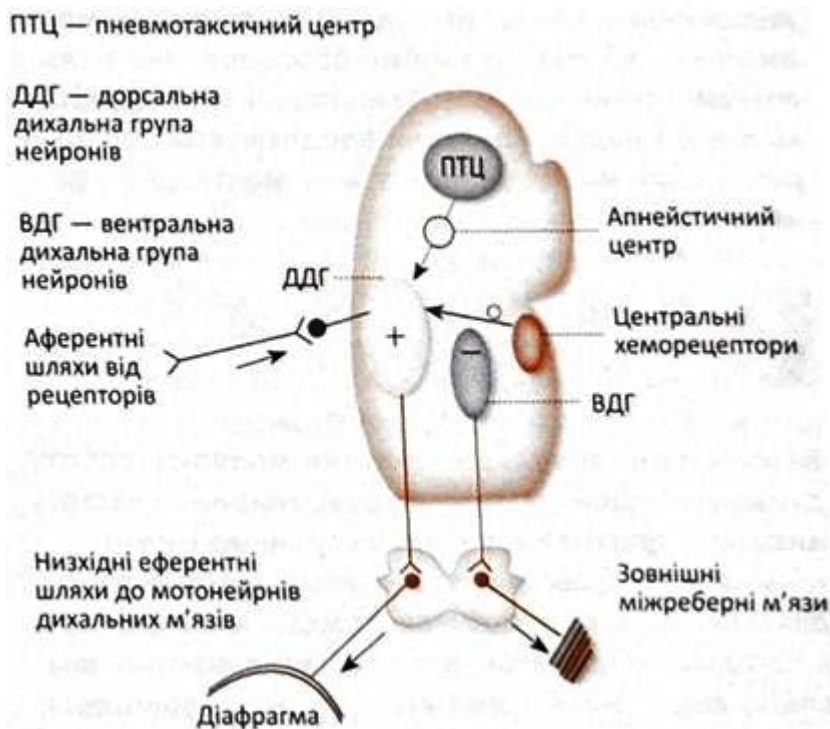


Рис. 6. Структура дихального центру.

Роль кори головного мозку. Дихання може регулюватися свідомо – людина спроможна робити гіпервентиляцію або гіповентиляцію, затримувати дихання під час розмови, співу тощо. Довільне регулювання здійснюється за участю нейронів

кори головного мозку. Гальмівна інформація від вищих відділів ЦНС надходить до мотонейронів дихальних м'язів поза локальним дихальним центром: "вищі відділи ЦНС → мотонейрони спинного мозку → дихальні м'язи". Проте такий контроль не може тривати довго. Накопичення CO₂ під час затримки дихання стимулює центральні хеморецептори дихального центру, який поновлює дихальні рухи.

Роль спинного мозку. Розміщені в ньому мотонейрони, що іннервують дихальні м'язи, до автоматії не здатні. Вони лише передають інформацію від дихального центру до дихальних м'язів. Про це свідчить відділення довгастого мозку від спинного, що призводить до повного припинення дихання. Перерізування між шийним і грудним відділами спинного мозку виключає міжреберні м'язи, проте зберігає зв'язок між дихальним центром та мотонейронами діафрагмального нерва, і дихання продовжується завдяки руху діафрагми.