

Лабораторна робота №3

Тема: Дослідження показників зовнішнього дихання методами спірометрії та спірографії.

Мета: Розрахувати належні і визначити фактичні величини показників зовнішнього дихання методами спірометрії та спірографії при різних функціональних станах організму.

ПИТАННЯ ДЛЯ ОБГОВОРЕННЯ

1. Поняття дихання. Етапи дихального процесу.
2. Еволюція типів дихання.
3. Функція повітроносних шляхів.
4. Дихальний акт та вентиляція легенів.
5. Показники зовнішнього дихання.
6. Методи дослідження зовнішнього дихання.

Матеріали та обладнання: спірометр, пневмотахометр, спирт, вата.
Об'єкт дослідження: людина.

Завдання 1. Вивчення показників зовнішнього дихання у людини.

1. *Життєва ємність легенів (ЖЄЛ)* – максимальний об'єм повітря, який можна видихнути після максимального вдиху. Належну життєву ємність легенів (нЖЄЛ) розраховують за формулами 1 і 2:

$$\text{для чоловіків: нЖЄЛ, л} = (\text{зріст, см} \times 0,052) - (\text{вік} \times 0,022) - 3,60 \quad (1),$$

$$\text{для жінок: нЖЄЛ, л} = (\text{зріст, см} \times 0,041) - (\text{вік} \times 0,018) - 2,68 \quad (2).$$

Обчислену належну величину ЖЄЛ приймають за 100%, а фактичну, одержану під час дослідження (фЖЄЛ), виражають у процентах до належної. Відхилення фЖЄЛ від нЖЄЛ у здорових людей, як правило, не перевищує 10-15%. У тренуваних людей фЖЄЛ більша за належну.

2. *Дихальний об'єм (ДО)* – об'єм повітря, який людина вдихає або видихає при спокійному диханні. Належна величина ДО становить близько 10% нЖЄЛ.

3. *Резервний об'єм вдиху (РОВд)* – максимальний об'єм повітря, який можна вдихнути додатково після спокійного вдиху. Належна величина РОВд становить близько 55% нЖЄЛ.

4. *Резервний об'єм видиху (РОВид)* – максимальний об'єм повітря, який можна видихнути додатково після спокійного видиху. Належна величина показника становить близько 35% нЖЄЛ.

5. *Залишковий об'єм (ЗО)* – об'єм повітря в легенях, після максимального видиху. Вважають, що в нормі залишковий об'єм становить 25% величини ЖЄЛ у тренуваних людей і 30% – у нетренуваних.

6. *Функціональна залишкова ємність (ФЗЄ)* – об'єм повітря в легенях, що залишається після спокійного видиху. Вона дорівнює сумі залишкового і резервного об'ємів (формула 3):

$$\text{ФЗЄ} = \text{ЗО} + \text{РОВид} \quad (3).$$

7. *Загальна ємність легенів (ЗЄЛ)* – об'єм повітря в легенях після максимального вдиху. Для розрахунку показника використовують формулу 4:

$$\text{ЗЄЛ} = \text{ЖЄЛ} + \text{ЗО} \quad (4).$$

Хвилинний об'єм дихання (ХОД) – об'єм повітря, який проходить через легені за 1 хв. Його розраховують, підсумовуючи дихальні об'єми (ДО) за 1 хв спокійного дихання (формула 5):

$$\text{ХОД мл/хв} = \text{ЧД} \times \text{ДО}, \quad (5),$$

де ЧД – частота дихання (в нормі 14-16 вдих/хв), ДО – дихальний об'єм, мл.

Величина ХОД залежить від ряду факторів: фізичного навантаження, вмісту CO₂, нестачі O₂у повітрі, що вдихується. Збільшення легеневої вентиляції спостерігається при підвищеній потребі організму в кисні і може забезпечуватись шляхом поглиблення дихання або збільшення його частоти.

8. *Вентиляційний індекс (ВІ)*. Цей розрахунковий показник свого часу було запропоновано Гаррісоном. Вентиляційний індекс розглядається як відношення хвилинного об'єму дихання до життєвої ємності легенів. На думку більшості фахівців, значення ВІ можна визначити як критерій реалізації потенційних можливостей системи зовнішнього дихання конкретного реципієнта. Вочевидь, що це положення справедливо при достатньо високих величинах ЖЄЛ і ДО (відомо, що висока величина ХОД може визначатися як несприятливим підвищенням ЧД, так і більш оптимальним шляхом – за рахунок збільшення дихального об'єму).

В загальному виді формула для визначення значень вентиляційного індексу за Гаррісоном має такий вигляд (формула 6):

$$\text{ВІ} = \text{ХОД} / \text{ЖЄЛ}, \text{ де} \quad (6),$$

ВІ – вентиляційний індекс Гаррісона, %; ХОД – хвилинний об'єм дихання, л/хв; ЖЄЛ – фактична життєва ємність легенів, л.

У нормі вентиляційний коефіцієнт Гаррісона складає 1,2-2,6%. Для спортсменів характерним є деяке зниження цього параметру (в основному, за рахунок підвищення значень життєвої ємності легенів).

9. *Альвеолярна вентиляція легенів (АВЛ)* – об'єм вдихуваного повітря, який надходить до альвеол за 1 хв. Для визначення потрібно знати дихальний об'єм, величину «мертвого простору» і частоту дихання. «Мертвий простір» – це простір повітроносних шляхів, у яких не відбувається газообмін. Величина його в середньому 150 мл. АВЛ визначають за формулою 7:

$$AVL = (DO - MP) \times ЧД \quad (7).$$

9. *Коефіцієнт вентиляції легенів (КВЛ)* – це відношення об'єму повітря, що надійшло в легені при вдиху, до об'єму повітря, який вже знаходився в цей час у легенях. КВЛ характеризує частину альвеолярного повітря, що поновлюється (вентилується) за один дихальний цикл. Обчислюється за формулою 8:

$$КВЛ = \frac{DO - MP}{ZO + PO_{Вид}} \quad (8).$$

10. *Життєвий показник (ЖП)* – відношення ЖЄЛ до маси тіла. Обчислюється за формулою 9:

$$ЖП = ЖЄЛ, \text{ мл} / \text{ маса, кг} \quad (9).$$

11. *Максимальна вентиляція легенів (МВЛ)* – об'єм повітря, який може пройти через дихальну систему протягом 1 хв при максимально інтенсивному диханні. Досліджуваній повинен дихати як можна глибше та частіше. Величина МВЛ залежить від індивідуальних властивостей досліджуваного і тому її слід виражати не лише в абсолютних цифрах (л/хв), але і у процентах до належної величини. Належна величина МВЛ (нМВЛ) розраховується за формулою 10:

$$нМВЛ = 0,5 \times нЖЄЛ \times 35, \quad (10),$$

де нЖЄЛ – належна величина життєвої ємності легенів, 35 – максимальна частота дихання здорової людини.

12. *Резерв вентиляції (РВ)* розраховують за різницею між МВЛ і ХОД (формула 11):

$$РВ = МВЛ - ХОД \quad (11).$$

Розрахувати належні величини зовнішнього дихання досліджуваного, враховуючи його вік, конституцію, стать та рівень тренуваності.

Завдання 2. Спірометрія.

Спірометрія – метод визначення життєвої ємності легень (ЖЄЛ), об'ємів повітря, що її складають. Ці показники залежать від віку, росту, статі, фізичного розвитку людини та інших факторів. Для вимірювання ЖЄЛ і об'ємів, що її складають, використовують спірометр.

При спокійному диханні під час вдиху в легені потрапляє в середньому 500 мл повітря (від 300 до 800 мл). Цей об'єм називається дихальним (ДО). Якщо після спокійного вдиху зробити максимальний вдих, то в легені ввійде резервний об'єм вдиху (РОВд). Його об'єм складає 1,5-2,5 л. Максимальна кількість повітря, яке видихається після максимального вдиху, називається життєвою ємністю легень (ЖЄЛ). ЖЄЛ в середньому становить 3,0-5,0 л (у чоловіків – 3,5-5,0 л, у жінок – 3,0-4,0 л), а у людей з професійно розвиненою грудною кліткою (співаків, плавців) може досягати 6,0-8,0 л. Повітря, яке залишається в легенях навіть після максимального видиху, називається залишковим об'ємом легень (ЗО). Він дорівнює 1,2-1,5 л. При спокійному диханні людина видихає ДО, в легенях і дихальних шляхах залишається ЗО і резервний об'єм видиху (РОВид) (1,0-1,5 л).

Перед роботою мундштук спірометра протирають змоченою спиртом ватою.

Визначення ДО. Обстежуваний робить декілька вдихів і видихів, потім, взявши до рота мундштук, продовжує спокійно видихати в спірометр. Підраховують кількість видихів і записують показники спірометра. Отриманий результат ділять на кількість дихальних рухів.

Визначення РОВид. Обстежуваний після спокійного видиху через ніс робить максимальний видих через рот у спірометр. Записують показники спірометра.

Визначення ЖЄЛ. Обстежуваний після максимального вдиху робить максимальний видих у спірометр. Показники спірометра записують. Величину ЖЄЛ можна отримати, склавши отримані в досліді показники ДО, РОВд і РОВид.

Визначення РОВд. РОВд можна обчислити або виміряти спірометром. При обчисленні необхідно від величини ЖЄЛ відняти суму ДО і РОВид. При вимірюванні РОВд спірометром у нього набирають певний об'єм повітря, і обстежуваний після спокійного вдиху робить максимальний вдих із спірометра. Різниця між первинним об'ємом повітря у спірометрі і тим, який лишився після глибокого вдиху, відповідає РОВд.

Для визначення ЗО поки що не існує прямих методів, тому використовують непрямі. Вони ґрунтуються на різних принципах. Використовують, наприклад, плетизмографію, оксигеметрію і вимірювання концентрації індикаторних газів (гелій, азот). Вважають, що в нормі ЗО становить 25 % величини ЖЄЛ у тренуваних людей і 30 % - у нетренуваних.

Зареєструвати показники зовнішнього дихання в положенні спокою та після фізичного навантаження. Записати одержані результати до таблиці. Пояснити отримані результати.

Таблиця – Показники зовнішнього дихання при різних функціональних станах організму

Показники зовнішнього дихання	Норма	Фактична величина	
		спокій	фізичне навантаження
ДО, мл			
ЖЄЛ, л			
РОВд, л			
РОВид, л			
ЗО, л			

Завдання 3. Пневматометрія.

Цей метод сприяє визначенню потужності вдиху (Nвд, л/с) і потужності видиху (Nвид, л/с) реципієнта. Потужність видиху зазвичай, дещо більше потужності вдиху. У дорослого здорового нетренованого чоловіка Nвид складає 5-8 л/с, а у жінок – 4-6 л/с. Погіршення функціонального стану системи зовнішнього дихання, а також ряд патологічних станів (наприклад, порушення бронхіальної прохідності, хронічні поразки легенів) призводить до зниження величин Nвид і Nвд.

Для ефективного використання цього методичного підходу необхідною є наявність спеціального приладу – пневматометра (рис.), який складається з датчика і вимірювального блоку з манометром. Датчик є трубкою з діафрагмою. Під час форсованого вдиху або видиху по обидва боки трубки виникає різниця тиску, уловлювана диференціальним манометром. Величина цієї різниці пропорційна об'ємній швидкості руху повітря через трубку. Для визначення величин Nвид і Nвд реципієнту, поєднаному з пневматометром мундштуком, пропонується послідовно здійснити форсований видих і форсований вдих.



Рисунок. Пневматометр ПТ-2.

Трубку-датчик з'єднують з вимірювальним блоком, для чого штуцери вимірювального блоку з'єднують резиновими трубками зі штуцерами датчика за схемою «1-1» і «2-2». Наконечник трубки датчика протирається ваткою, змоченою етиловим спиртом. Кран приладу ставлять на вдих. Досліджуваний сідає на стілець, бере наконечник у рот і виконує максимально швидкий глибокий вдих через рот. За шкалою манометра замічають максимальне відхилення стрілки в л/с, що характеризує максимальну швидкість вдиху або, інакше, – максимальну потужність вдиху, яка відображає силу м'язів вдиху, стан грудної клітки та легенів. Переключають кран на «видих» і за тих же умов, пропонують досліджуваному виконати максимально швидкий та глибокий видих у трубку. За шкалою манометра замічають за шкалою максимальне відхилення стрілки манометра в л/с. В нормі швидкість вдиху та видиху складає 4,5 – 5 л/с. З віком виразніше зменшується швидкість видиху, відображаючи, в основному, зменшення еластичної тяги легенів.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Назвіть і охарактеризуйте показники зовнішнього дихання.
2. Як виміряти ЖЄЛ, ДО, РОВд, РОВид методами спірометрії та спірографії?
3. Поясніть залежність показників зовнішнього дихання від положення тіла і функціонального стану організму.
4. Як визначити частоту дихання за спірограмою?
5. Методика визначення МВЛ та фізіологічна суть показника.
6. Вкажіть ознаки підвищеного метаболізму за показниками зовнішнього дихання.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Атлас физиологии человека. Схемы. Таблицы. Рисунки : навч. посіб. під ред. Малоштан Л. Н. Харків : «Бурун и К», 2014. 416 с.
2. Белан, С. М., Карвацький І. М., Шевчук В. Г. Фізіологія : навч. посіб. Київ : Книга плюс, 2021. 172 с.
3. Ганонг В. Ф. Фізіологія людини / пер. з англ. ; наук. ред.: М. Гжегоцький, В. Шевчук, О. Заячківська. Львів : БаК, 2002. 784 с.
4. Медична фізіологія за Гайтоном і Голлом [Текст = Guyton and Hall. Textbook of Medical Physiology : підруч.: пер. з англ. 14-го вид. : у 2 т. Т. 1 / Дж. Е. Голл, М. Е. Голл; наук. ред. пер.: К. Тарасова, І. Міщенко. Київ : ВСВ Медицина, 2022. 634 с.
5. Лук'янцева Г. В. Фізіологія людини : підручник. Київ: Олимпийская література, 2018. 364 с.
6. Фізіологія : навч. посіб. до практич. занять і самост. роботи студентів. Ч. 2 / О. О. Виноградова [та ін.]; за ред. І. М. Карвацького ; рец.: В. М. Мороз, М. Ю. Макаруч. Київ : Книга плюс, 2021. 404 с.

7. Фізіологія : підруч. для студ. вищ. мед. навч. закл. IV рівня акредитації / В. Г. Шевчук [та ін.] ; за ред.: В. Г. Шевчука; рец.: Г. І. Ходоровський, І. С. Магура, О. О. Мойбенко; МОЗ України. 5-те вид. Вінниця : Нова книга, 2021. 448 с.
8. Філімонов В.І. Фізіологія людини : підручник. 4-е видання. Київ : Медицина, 2021. 488 с.