

КВАСНИЦЯ Ірина

Хмельницький національний університет, Україна

<https://orcid.org/0000-0003-1718-3301>e-mail: irishakvas@gmail.com**КВАСНИЦЯ Олег**

Хмельницький національний університет, Україна

<https://orcid.org/0000-0003-2478-915X>e-mail: oleg.kvasnitsa@ukr.net**БІЛЕЦЬКА Галина**

Хмельницький національний університет, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-6299-1853>e-mail: biletskaha@khmnu.edu.ua**АНАТОМО-ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ АДАПТАЦІЇ ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ
ЛЮДИНИ ДО ЗМІН ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОРГАНІЗМУ**

Стаття присвячена комплексному аналізу анатомо-фізіологічних особливостей дихальної системи людини та механізмів її адаптації до змін функціонального стану організму. Дихальна система є ключовою ланкою у підтриманні гомеостазу, оскільки забезпечує газообмін між зовнішнім середовищем і клітинами, визначаючи рівень енергетичного забезпечення. Ефективність її функціонування набуває особливої актуальності в умовах підвищених енергетичних потреб організму.

У роботі розглянуто морфологічні й функціональні характеристики дихальної системи, зокрема анатомічну будову легень, дихальних шляхів і дихальної мускулатури, а також особливості нейрогуморальної регуляції процесів вентиляції. Окрему увагу приділено вивченню реакцій дихальної системи на підвищений метаболічний попит, що виникає під час активізації рухової діяльності. Встановлено, що регулярні фізичні заняття є стимулом розвитку адаптаційних змін, які проявляються у збільшенні життєвої ємності легень, підвищенні сили та витривалості дихальної мускулатури, економізації дихання, удосконаленні механізмів регуляції дихальної функції. У дослідженні здійснено порівняльний аналіз показників життєвої ємності легень (VC), форсованої життєвої ємності легень (FVC) та об'єму форсованого видиху за 1 секунду (FEV1) у здобувачів вищої освіти, які не займаються спортом, та студентів, що систематично відвідують тренування з різних видів спорту. Отримані результати продемонстрували достовірно вищі значення функціональних показників у групі студентів, які займаються спортом, що підтверджує позитивний вплив систематичної рухової активності на функціональний стан дихальної системи.

Незважаючи на наявні дослідження, комплексний аналіз взаємозв'язку між морфологічними характеристиками респіраторного апарату та специфікою регуляторних механізмів газообміну залишається недостатньо розкритим. Це зумовлює потребу у подальших дослідженнях, спрямованих на уточнення індивідуальних адаптаційних реакцій, удосконалення методів оцінки резервних можливостей легень і розробку практичних рекомендацій щодо оптимізації рухової активності. Практична значущість отриманих результатів полягає у можливості їх використання у спорті, фізичній реабілітації, профілактичній медицині та освітньому процесі. Це сприятиме підвищенню ефективності тренувальних програм, формуванню індивідуалізованих підходів до дозування фізичних навантажень, а також удосконаленню системи підготовки фахівців у галузі фізичної культури та спорту, біології.

Ключові слова: дихальна система, життєва ємність легень, адаптація, рухова активність, морфофункціональні особливості, регуляція дихання.

<https://doi.org/10.31891/pcs.2025.3.17>

**1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У
ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ
ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ
ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ**

Дихальна система відіграє ключову роль у підтриманні гомеостазу організму шляхом забезпечення безперервного газообміну між зовнішнім середовищем та клітинами. Її ефективне функціонування має вирішальне значення для забезпечення енергетичних потреб організму, особливо в умовах

підвищеного метаболічного попиту під час змін функціональної активності. З огляду на це, дослідження механізмів адаптації респіраторної системи є актуальним напрямом спортивної фізіології, оскільки ці знання необхідні як для підвищення спортивних результатів, так і для розробки ефективних програм реабілітації та профілактики захворювань, що обмежують функціональні резерви людини [1].

Регулярна рухова активність є одним із найпотужніших фізіологічних стресорів, що індукують комплексні зміни у функціонуванні дихальної системи. У відповідь на зростання потреб організму в кисні спостерігається інтенсифікація легеневої вентиляції, що досягається за рахунок збільшення частоти та глибини дихання, а також активації допоміжних дихальних м'язів [1, 2]. Такі зміни забезпечують адекватну оксигенацію крові та ефективне виведення вуглекислого газу, що створює умови для оптимального функціонування серцево-судинної та м'язової систем.

Систематичні фізичні навантаження зумовлюють стійкі морфофункціональні адаптації дихальної системи, а саме: збільшення життєвої ємності легень; зміни у структурі дихальної мускулатури, що підвищують її силу та витривалість; удосконалення центральних і периферичних механізмів регуляції дихання [2]. Ці адаптаційні зміни підвищують ефективність газообміну та дозволяють організму підтримувати кисневий баланс навіть за умов інтенсивних фізичних навантажень.

Таким чином, вивчення анатомо-фізіологічних особливостей дихальної системи та її адаптації до функціональних навантажень є актуальним завданням наукових досліджень. Отримані дані мають прикладне значення для практики спорту, спортивної фізіології, реабілітації та профілактичної медицини. Поглиблене розуміння цих процесів дозволить оптимізувати тренувальні методики та розробити ефективні стратегії для підвищення функціональних резервів дихального апарату людини.

2. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ, В ЯКИХ ЗАПОЧАТКОВАНО РОЗВ'ЯЗАННЯ ДАНОЇ ПРОБЛЕМИ

Проблема адаптації дихальної системи до функціональних змін привертає значну увагу сучасних науковців, охоплюючи як клінічні аспекти, так і дослідження механізмів перебудов у здорових осіб. Актуальні роботи засвідчують, що вплив фізичних навантажень на дихальну систему реалізується як у формі гострих функціональних реакцій, так і через довготривалі морфофункціональні адаптації.

Так, у роботі Mallikarjuna Korivi та ін. (2025) розглянуто вплив фізичних вправ на споживання кисню, легеневу вентиляцію та газообмін у крові осіб із хронічними захворюваннями. Встановлено, що навіть за зниженого функціонального резерву дихальної системи регулярні фізичні навантаження сприяють підвищенню ефективності використання кисню й оптимізації вентиляційної відповіді. Ці результати підкреслюють роль адаптаційних механізмів дихальної системи у відновленні функціонального стану організму.

Науковці Phillips & Stickland (2019) аналізували дихальні обмеження під час виконання фізичних вправ у здорових осіб. Автори дослідження акцентують увагу на тому, що при високій інтенсивності навантажень саме вентиляційна здатність легень, дифузійна спроможність альвеол та ефективність газообміну можуть стати лімітуючими факторами. Це свідчить про тісний взаємозв'язок між морфологічними характеристиками дихальної системи та її функціональними можливостями, що безпосередньо впливає на адаптаційний потенціал.

Фізіологічні механізми високорівневої адаптації дихальної системи детально висвітлено у роботі McKenzie (2012). Автор відзначає зміни, що виникають на тлі інтенсивних тренувань: посилення сили дихальної мускулатури, удосконалення співвідношення вентиляції та перфузії, підвищення ефективності використання кисню тканинами. Ці адаптаційні процеси відображають структурно-функціональну перебудову дихальної системи, що створює умови для збереження гомеостазу за підвищеного метаболічного попиту.

Особливий інтерес становлять результати дослідження Rozenstoka, Spalva & Raibarts (2016), які вивчали адаптацію кардіореспіраторної системи у підлітків-спортсменів. Автори довели, що в юнацькому віці регулярні тренування сприяють збільшенню життєвої ємності легень та підвищенню ефективності легеневої вентиляції. Це свідчить про високу пластичність дихальної системи у період росту та значну роль вікових морфофункціональних особливостей у процесі адаптації.

Таким чином, узагальнення наукових даних підтверджує, що адаптація дихальної системи до змін функціонального стану організму реалізується через поєднання морфологічних змін та функціональних перебудов. Однак комплексний аналіз взаємозв'язку між цими аспектами залишається недостатньо висвітленим, що й зумовлює актуальність подальших досліджень.

3. ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ ОЗНАЧЕНА СТАТТЯ

Попри значну кількість досліджень, присвячених вивченню дихальної системи та її адаптаційних можливостей, низка аспектів цієї проблематики залишається недостатньо висвітленою. Зокрема, достатньо уваги у науковій літературі приділяється загальним закономірностям функціонування респіраторної системи та її ролі у забезпеченні гомеостазу, проте менш детально проаналізовано особливості структурно-функціональної перебудови дихального апарату під впливом різних форм рухової активності та змін функціонального стану організму.

Недостатньо розкритим є комплексний аналіз взаємозв'язку між морфологічними характеристиками респіраторної системи та специфікою регуляторних механізмів, що забезпечують ефективність газообміну за умов підвищеного метаболічного попиту. Потребують подальшого дослідження індивідуальні відмінності в реакціях респіраторної системи залежно від рівня фізичної підготовленості, вікових та статевих особливостей, а також чинників зовнішнього середовища.

Таким чином, актуальним є поглиблене вивчення анатоμο-фізіологічних особливостей дихальної системи та її адаптивних змін у контексті забезпечення оптимального функціонального стану організму, що і визначає наукову новизну та практичну значущість дослідження.

4. ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою дослідження є визначення особливостей анатоμο-фізіологічної організації дихальної системи та виявлення адаптаційних змін її функціональних

показників залежно від рівня фізичної підготовленості, на прикладі здобувачів вищої освіти.

5. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПОВНИМ ОБҐРУНТУВАННЯМ ОТРИМАНИХ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Дихальна система людини є складною та інтегрованою сукупністю органів, що забезпечують надходження кисню до організму та ефективне виведення вуглекислого газу. Анатомічно вона складається з верхніх (носова порожнина, носоглотка, гортань) та нижніх дихальних шляхів (трахея, бронхи, бронхиоли), а також парних легень, що є центральною ланкою цього процесу. Верхні дихальні шляхи виконують низку важливих функцій: очищення, зволоження та зігрівання повітря, що вдихається. Нижній відділ, у свою чергу, забезпечує безперешкодне транспортування повітря до легеневої тканини, де відбувається основний процес газообміну. Структурні особливості слизової оболонки, зокрема наявність війчастого епітелію та слизових залоз, формують потужний бар'єр на шляху патогенних мікроорганізмів і шкідливих часток.

Функціональною одиницею легень є альвеоли, яких у дорослої людини налічується близько 300 мільйонів. Сукупна площа їхньої поверхні становить понад 70 м², що створює оптимальні умови для дифузії газів. Альвеолярно-капілярний бар'єр забезпечує високу ефективність обміну киснем і вуглекислим газом між повітрям та кров'ю. Еластичні властивості легеневої тканини відіграють ключову роль у процесі вдиху та видиху, дозволяючи легеням змінювати свій об'єм у відповідь на коливання тиску в грудній порожнині [2].

Акт дихання здійснюється завдяки узгодженій роботі дихальних м'язів. Основним інспіраторним м'язом є діафрагма, скорочення якої зумовлює збільшення об'єму грудної порожнини і зниження внутрішньоплеврального тиску. Допоміжні м'язи, такі як зовнішні міжреберні м'язи, підіймають ребра під час вдиху. Видих у стані спокою є пасивним процесом і відбувається завдяки еластичним властивостям легень. Під час інтенсивних фізичних навантажень у процес дихання активно залучаються

додаткові м'язи, що забезпечує глибший і швидший газообмін [3].

Регуляція функції дихальної системи здійснюється завдяки нервовим і гуморальним механізмам. Центральний дихальний центр, розташований у довгастому мозку, координує частоту та глибину дихальних рухів, інтегруючи сигнали від хеморецепторів, які чутливі до змін концентрації кисню, вуглекислого газу та рівня рН крові. Це забезпечує динамічне пристосування дихання до потреб організму.

У стані спокою дихальна система забезпечує базовий рівень газообміну, необхідний для підтримання життєдіяльності організму. Основним показником роботи легень у цей період є дихальний об'єм, який у дорослої людини становить у середньому 500 мл повітря за один вдих. При частоті дихальних рухів 12-16 за хвилину хвилинна вентиляція легень становить 6-8 л [1].

У стані спокою енергетичні потреби організму є відносно низькими, що дозволяє дихальній системі функціонувати в економному режимі. При цьому життєва ємність легень використовується лише частково, існують значні резерви вентиляції, які можуть бути задіяні під час інтенсивних фізичних навантажень. Газообмін у тканинах відбувається шляхом використання лише біля 25% кисню, що транспортується кров'ю, тоді як решта залишається в артеріовенозному кисневому резерві. Це створює функціональний запас, який забезпечує готовність дихальної системи до швидкої мобілізації у разі зростання метаболічних потреб.

Дихання в стані спокою регулюється автоматично за участю дихального центру, розташованого в довгастому мозку. Ключовими чинниками, що визначають частоту та глибину дихальних рухів, є парціальний тиск вуглекислого газу ($p\text{CO}_2$) та концентрація іонів водню (H^+) в артеріальній крові. Навіть незначні зміни цих параметрів спричиняють термінові адаптивні зміни в діяльності дихальної системи. Цей механізм забезпечує підтримання гомеостазу та функціональну готовність системи до швидкої перебудови при зростанні метаболічних потреб організму в кисні [4].

Фізичні навантаження є потужним стимулом для дихальної системи, оскільки

вони значно збільшують потребу організму в кисні та активують процеси енергоутворення. У відповідь на рухову активність відбувається комплекс змін, спрямованих на підвищення ефективності легеневої вентиляції та газообміну. Основними проявами цих змін є зростання частоти та глибини дихання, що призводить до збільшення хвилинного об'єму вентиляції легень. У нетренованих осіб ці показники можуть зростати у 5-6 разів, тоді як у спортсменів високої кваліфікації – у 8-10 разів, що свідчить про значні адаптаційні можливості дихальної системи.

У науковій літературі наведені типові діапазони показників роботи дихальної системи у стані спокою та під час фізичних навантажень. Зокрема, у дорослих осіб у спокої частота дихання становить у середньому 12-16 вдихів за хвилину при дихальному об'ємі близько 500 мл, що формує хвилинну вентиляцію легень на рівні 6-8 л/хв (Reid S., Toro, F., Ashurst, J., 2023). Під час фізичних навантажень спостерігається зростання частоти дихання до 25-50 вдихів/хв та дихального об'єму до 1,5-2,0 л, що забезпечує вентиляцію на рівні 60-120 л/хв (Blackie, S. et al., 1991). При цьому парціальний тиск кисню у крові залишається відносно стабільним (95-100 мм рт.ст.), тоді як рівень вуглекислого газу дещо знижується (35-38 мм рт.ст.) внаслідок гіпервентиляції (Nielsen, H., 2003; Stickland, M., Lindinger, M., et al., 2021). Також під час навантаження відбувається активне залучення допоміжних дихальних м'язів на додаток до діафрагми (Aliverti, A., 2016).

Для наочності функціональні відмінності між дихальною системою в стані спокою та під час фізичних навантажень наведено в таблиці 1.

Під час фізичного навантаження активізується діяльність дихальних м'язів, передусім діафрагми та міжреберних м'язів, а при інтенсивних навантаженнях – і допоміжних м'язів [3]. Це забезпечує глибші вдихи і активні видихи, що дозволяє швидко оновлювати альвеолярне повітря. Важливим є також покращення співвідношення між вентиляцією і перфузією: при зростанні вентиляції відбувається більш рівномірний розподіл кровотоку в легенях, що сприяє підвищенню ефективності газообміну.

Таблиця 1

Основні показники функціонування дихальної системи у стані спокою та при фізичних навантаженнях

Показник	Стан спокою	Фізичне навантаження (середнє/інтенсивне)
Частота дихання (вдихів/хв)	12–16	25–50
Дихальний об'єм (мл)	~500	1500–2000
Хвилинний об'єм вентиляції (л/хв)	6–8	60–120
Парціальний тиск O ₂ у крові (мм рт. ст.)	~100	95–100 (стабільний)
Парціальний тиск CO ₂ у крові (мм рт. ст.)	~40	35–38 (знижується)
Активність дихальних м'язів	Мінімальна, діафрагма	Інтенсивна, додаткові м'язи

Інтенсивна рухова активність викликає зміни й у системі регуляції дихання. Підвищення концентрації вуглекислого газу та іонів водню в крові активує хеморецептори, що стимулюють дихальний центр. Крім того, значний вплив мають пропріорецептори м'язів та суглобів, які під час руху посиляють сигнали до центральної нервової системи, забезпечуючи випереджувальне підвищення вентиляції ще до того, як зміниться газовий склад крові. Це свідчить про інтегративний характер регуляції дихання, що забезпечує оптимальне забезпечення тканин киснем у різних умовах навантаження.

Таким чином, фізичні навантаження зумовлюють істотну перебудову функціонування дихальної системи, спрямовану на задоволення зростаючих потреб організму. Вона проявляється у зростанні хвилинного об'єму вентиляції, підвищенні ефективності газообміну та активації механізмів нейрогуморальної регуляції. Ці процеси мають адаптивний характер і слугують основою для подальшого вдосконалення функціональних можливостей дихальної системи при систематичних фізичних тренуваннях [6].

Регулярна фізична активність виступає потужним фактором, який стимулює розвиток довготривалих адаптаційних змін у дихальній системі. Ці зміни проявляються як на морфологічному, так і на функціональному рівнях, підвищуючи ефективність роботи легень, покращуючи транспорт кисню та оптимізуючи процеси газообміну. Адаптація дихальної системи є важливим чинником, що забезпечує підвищення фізичної працездатності, витривалості та стійкості організму до екстремальних умов.

Одним із провідних адаптаційних механізмів є збільшення життєвої ємності легень (ЖЄЛ). У спортсменів, особливо тих,

які спеціалізуються у видах спорту на витривалість (біг на довгі дистанції, плавання, веслування), ЖЄЛ може перевищувати середньостатистичні значення на 20–30%. Це зумовлено як розвитком еластичності легеневої тканини, так і підвищеною рухливістю грудної клітки. Систематичні тренування сприяють також посиленню функціональних можливостей дихальних м'язів, що підвищує їхню силу і витривалість.

Регулярні заняття фізичною активністю сприяють економізації дихання. У спокої тренувані особи відзначаються нижчою частотою дихальних рухів при збільшеному дихальному об'ємі, що свідчить про більш ефективне використання вентиляційних зусиль. Під час навантаження у них спостерігається вищий хвилинний об'єм вентиляції легень, що дозволяє задовольнити підвищені потреби організму в кисні без розвитку надмірної гіпервентиляції. Така економичність дихання є результатом узгодженості між роботою дихальної та серцево-судинної систем.

Важливим проявом адаптації є вдосконалення регуляції дихання. У спортсменів дихальний центр характеризується зниженою чутливістю до підвищення концентрації вуглекислого газу, що запобігає передчасному виснаженню внаслідок гіпервентиляції. Водночас, зростає здатність організму підтримувати оптимальне співвідношення між вентиляцією та перфузією навіть за умов значних фізичних навантажень. Це забезпечує стабільність газового складу крові та підвищує толерантність до гіпоксії, що є важливим для спортсменів, які спеціалізуються у видах спорту на витривалість, та для осіб, які перебувають у специфічних умовах (наприклад, у горах).

Окрему увагу слід звернути на вікові та статеві особливості адаптаційних змін. У молодому віці пластичність дихальної системи є вищою, тому ефект від систематичних тренувань проявляється швидше і більш виражено. У жінок життєва ємність легень та сила дихальних м'язів у середньому нижчі, ніж у чоловіків, однак при регулярних фізичних навантаженнях спостерігається подібна динаміка покращення функціональних показників.

У численних наукових дослідженнях доведено, що регулярні фізичні навантаження, сприяють адаптивним змінам дихальної системи. Зокрема, у спортсменів, що спеціалізуються у видах спорту на витривалість, життєва ємність легень виявляється значно вищою порівняно з

нетренованими особами, показники об'єму дихання у спокої також зростають, водночас знижується частота дихання. Це свідчить про покращену "економічність" дихання (Lazovic, B., Mazic, S., Lazic, J.S., et al., 2015). Аналогічне підвищення максимуму добової вентиляції (хвилинного об'єму при субмаксимальному навантаженні) у спортсменів підтверджено багатьма дослідженнями, а вдосконалена система вентиляції асоціюється з кращою переносимістю гіпоксії та підвищеною дихальною ефективністю (Mazic, S., Lazovic, B., Djelic, M., et al., 2016; Emery, M.S, 2021). Для наочності функціональні відмінності між нетренованими особами та спортсменами наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Адаптаційні зміни дихальної системи під впливом регулярних фізичних навантажень

Показник	Нетреновані особи	Спортсмени (види спорту на витривалість)
Життєва ємність легень (л)	3,5–4,5	5,5–6,5
Частота дихання у спокої (вд/хв)	14–16	8–12
Дихальний об'єм у спокої (мл)	~500	700–1000
Хвилинний об'єм вентиляції при субмаксимальному навантаженні (л/хв)	60–80	120–180
Економічність дихання	Нижча	Вища
Толерантність до гіпоксії	Обмежена	Підвищена

Відповідно, адаптаційні процеси дихальної системи під впливом регулярних фізичних навантажень мають комплексний характер і включають структурні, функціональні та регуляторні зміни. Вони спрямовані на підвищення ефективності та економічності дихання, забезпечують кращий газообмін і підвищують витривалість організму. Такі перебудови є важливими не лише для спортсменів, а й для осіб, які систематично займаються руховою активністю з метою зміцнення здоров'я та профілактики захворювань органів дихання [5].

З метою визначення впливу регулярних фізичних навантажень на функціональний стан дихальної системи нами було проведено порівняльний аналіз показників життєвої ємності легень (VC), форсованої життєвої ємності легень (FVC) та об'єму форсованого видиху за 1 секунду (FEV1) у здобувачів вищої освіти Хмельницького національного університету. Вимірювання проводились за допомогою спірометра Spirobank Smart.

Дослідження охоплювало дві групи: студентів 1 курсу, які не займаються спортом і за станом здоров'я віднесені до групи загальної фізичної підготовки на освітньому компоненті «Фізичне виховання та основи здоров'я», та студентів спеціальності «Фізична культура і спорт», які систематично відвідують тренування з різних видів спорту. Кожна група налічувала по 20 осіб.

Результати дослідження свідчать про вищі функціональні можливості дихальної системи у студентів, які регулярно займаються спортом. Деталізовані дані наведено у таблиці 3.

Таким чином, встановлено, що у студентів, які систематично займаються спортом, життєва ємність легень перевищує аналогічний показник у їхніх однолітків без регулярних фізичних навантажень на 1,34 л, форсована життєва ємність легень – на 1,37 л, а об'єм форсованого видиху за 1 секунду – на 1,12 л, що свідчить про суттєво кращу функціональну адаптацію дихальної системи до підвищених метаболічних потреб.

Таблиця 3

Середні значення показників VC, FVC, FEV1 у здобувачів вищої освіти (n=20 у кожній групі)

Група	VC (л)	Δ VC	FVC (л)	Δ FVC	FEV1 (л)	Δ FEV1
Без регулярних навантажень	3,45	–	3,32	–	2,79	–
Регулярно займаються спортом	4,79	+1,34	4,69	+1,37	3,91	+1,12

Ці результати узгоджуються з даними літератури, які вказують на позитивний вплив регулярних фізичних тренувань на розвиток функціональних резервів дихальної системи [7]. Підвищені значення VC, FVC та FEV1 у студентів-спортсменів свідчать про більш високу вентиляційну здатність легень, кращу силу та витривалість дихальних м'язів, а також про зростання ефективності газообміну. Таким чином, систематичні заняття фізичною активністю є важливим фактором формування адаптаційних змін у дихальній системі молодих людей.

Розуміння анатомо-фізіологічних особливостей дихальної системи та механізмів її адаптації до фізичних навантажень має важливе практичне значення у різних сферах діяльності людини – від медицини та педагогіки до спорту і фізичної реабілітації. На сучасному етапі актуальною проблемою є профілактика хронічних неінфекційних захворювань, серед яких провідне місце посідають патології дихальної та серцево-судинної систем. Регулярні фізичні навантаження довели свою ефективність як немедикаментозний засіб підтримання функціональної активності легень, що сприяє підвищенню загальної працездатності та якості життя.

У спортивній практиці знання про адаптаційні механізми дихальної системи дозволяють оптимізувати тренувальний процес, індивідуалізувати навантаження та контролювати стан спортсмена. Використання функціональних показників, таких як життєва ємність легень, хвилинний об'єм вентиляції та толерантність до гіпоксії, допомагає виявляти рівень тренуваності й прогнозувати спортивні результати. Особливої уваги заслуговує застосування дихальних тренувань, які сприяють підвищенню сили дихальних м'язів та економізації вентиляції.

У фізичній реабілітації дослідження адаптації дихальної системи має ще ширший

спектр застосувань. Пацієнти із захворюваннями легень, серцево-судинної системи чи після тривалого періоду гіподинамії потребують індивідуально підібраних програм фізичних вправ. Розуміння того, як змінюються функціональні можливості дихальної системи під впливом різних типів навантаження, дозволяє створювати ефективні реабілітаційні методики. Це особливо актуально для осіб похилого віку, де адаптаційний потенціал є обмеженим.

З точки зору педагогіки та загальної фізичної культури, систематичні заняття фізичними вправами сприяють формуванню у дітей та підлітків правильного дихального стереотипу, що позитивно впливає на розвиток грудної клітки та профілактику захворювань органів дихання. Таким чином, дослідження дихальної системи в контексті фізичних навантажень має вагоме значення для всіх вікових груп населення.

Таким чином, результати дослідження анатомо-фізіологічних особливостей та адаптацій дихальної системи до фізичних навантажень можуть використовуватися як у фундаментальних наукових розробках, так і у прикладних галузях – від спорту високих досягнень до охорони здоров'я населення. Це підкреслює універсальність і високу актуальність теми.

6. ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМКУ

Дихальна система людини має складну анатомо-фізіологічну організацію, що забезпечує ефективний газообмін та підтримання сталості внутрішнього середовища організму. Її функціонування є тісно пов'язаним з іншими системами, зокрема серцево-судинною та нервовою, що

створює основу для цілісної адаптації до змінних умов життєдіяльності.

Фізичні навантаження виступають потужним фактором стимуляції дихальної системи, викликаючи суттєві зміни у частоті та глибині дихання, хвилинному об'ємі вентиляції легень і активності дихальних м'язів. Ці процеси мають адаптивний характер і спрямовані на задоволення зростаючих потреб організму в кисні та підтримання ефективності газообміну. Регулярні фізичні тренування зумовлюють довготривалі адаптаційні зміни, що проявляються у збільшенні життєвої ємності легень, економізації дихання, зниженні чутливості дихального центру до вуглекислого газу та підвищенні толерантності до гіпоксії. Ці зміни формують

основу підвищення витривалості та працездатності.

Практичне значення дослідження полягає у можливості застосування отриманих знань у медицині, спорті, фізичній реабілітації, педагогіці та геронтології. Використання даних про адаптацію дихальної системи дозволяє підвищити ефективність профілактики захворювань, оптимізувати тренувальний процес, розробляти реабілітаційні програми та сприяти формуванню здорового способу життя.

Отримані результати підкреслюють необхідність подальших досліджень, спрямованих на вивчення механізмів адаптації дихальної системи до різних видів фізичних навантажень, а також на розробку практичних рекомендацій щодо їх раціонального використання в оздоровчій, навчальній і спортивній діяльності.

Література

1. Bastir, M., Daniel Sanz-Prieto, D., López-Rey Péré, J. M., & Palancar, C.A. (2022). The evolution, form and function of the human respiratory system. *Journal of Anthropological Sciences*, 100, 141-172. DOI: [10.4436/JASS.10014](https://doi.org/10.4436/JASS.10014)
2. Bastir, M., García-Martínez, D., Torres-Tamayo, N., et al. (2020) Rib cage anatomy in *Homo erectus* suggests a recent evolutionary origin of modern human body shape. *Nat Ecol Evol* 4:1178-1187. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-1240-4>
3. Dominelli PB, Archiza B, Ramsook AH, et al (2017) Effects of respiratory muscle work on respiratory and locomotor blood flow during exercise. *Exp Physiol* 102:1535-1547. <https://doi.org/10.1113/ep086566>
4. Korivi, M., Ghanta, M.C., Nuthalapati, P., et al. (2025) Influence of Exercise on Oxygen Consumption, Pulmonary Ventilation, and Blood Gas Analyses in Individuals with Chronic Diseases. *MDPI*, 15(8), 1255. <https://doi.org/10.3390/life15081255>
5. McKenzie, D. (2012). Respiratory physiology: adaptations to high-level exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 46, 381-384. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090824>
6. Phillips, D., Stickland, M. (2019). Respiratory limitations to exercise in health: a brief review. *Current Opinion in Physiology*, 10, 173-179. <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2019.05.012>
7. Rozenstoka, S., Spalva, K., Raibarts, J. (2016). Adolescent athlete cardiorespiratory system adaptation to the regular training. *British Journal of Sports Medicine*, 50, 77. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097120.135>

Reference

1. Bastir, M., Daniel Sanz-Prieto, D., López-Rey Péré, J. M., & Palancar, C.A. (2022). The evolution, form and function of the human respiratory system. *Journal of Anthropological Sciences*, 100, 141-172. DOI: [10.4436/JASS.10014](https://doi.org/10.4436/JASS.10014)
2. Bastir, M., García-Martínez, D., Torres-Tamayo, N., et al. (2020) Rib cage anatomy in *Homo erectus* suggests a recent evolutionary origin of modern human body shape. *Nat Ecol Evol* 4:1178-1187. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-1240-4>
3. Dominelli PB, Archiza B, Ramsook AH, et al (2017) Effects of respiratory muscle work on respiratory and locomotor blood flow during exercise. *Exp Physiol* 102:1535-1547. <https://doi.org/10.1113/ep086566>
4. Korivi, M., Ghanta, M.C., Nuthalapati, P., et al. (2025) Influence of Exercise on Oxygen Consumption, Pulmonary Ventilation, and Blood Gas Analyses in Individuals with Chronic Diseases. *MDPI*, 15(8), 1255. <https://doi.org/10.3390/life15081255>
5. McKenzie, D. (2012). Respiratory physiology: adaptations to high-level exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 46, 381-384. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090824>
6. Phillips, D., Stickland, M. (2019). Respiratory limitations to exercise in health: a brief review. *Current Opinion in Physiology*, 10, 173-179. <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2019.05.012>
7. Rozenstoka, S., Spalva, K., Raibarts, J. (2016). Adolescent athlete cardiorespiratory system adaptation to the regular training. *British Journal of Sports Medicine*, 50, 77. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097120.135>

Abstract

KVASNYTSIA Iryna, KVASNYTSYA Oleh, BILETSKA Halyna
Khmelnitskyi National University

**ANATOMICAL AND PHYSIOLOGICAL FOUNDATIONS OF HUMAN RESPIRATORY SYSTEM
ADAPTATION TO CHANGES IN THE FUNCTIONAL STATE OF THE ORGANISM**

The article is devoted to a comprehensive analysis of the anatomical and physiological features of the human respiratory system and the mechanisms of its adaptation to changes in the functional state of the body. The respiratory system plays a key role in maintaining homeostasis by ensuring gas exchange between the external environment and the cells, thereby determining the level of energy supply. The efficiency of its functioning becomes particularly relevant under conditions of increased energy demands.

The paper examines the morphological and functional characteristics of the respiratory system, including the anatomical structure of the lungs, airways, and respiratory muscles, as well as the specific features of neurohumoral regulation of ventilation processes. Special attention is paid to the responses of the respiratory system to elevated metabolic demands arising during the activation of motor activity. It has been established that regular physical exercise stimulates the development of adaptive changes, manifested in increased vital capacity of the lungs, improved strength and endurance of the respiratory muscles, more economical breathing patterns, and enhanced regulation of respiratory function.

The study provides a comparative analysis of vital capacity (VC), forced vital capacity (FVC), and forced expiratory volume in one second (FEV1) among higher education students who do not engage in sports and those who regularly participate in sports training. The results demonstrated significantly higher functional indicators in the group of physically active students, confirming the positive impact of systematic motor activity on the functional state of the respiratory system.

Despite the considerable number of studies in this field, the complex analysis of the relationship between morphological characteristics of the respiratory apparatus and the specificity of regulatory mechanisms of gas exchange remains insufficiently explored. This highlights the need for further research aimed at clarifying individual adaptive responses, improving methods for assessing pulmonary reserve capacity, and developing practical recommendations for optimizing motor activity. The practical significance of the findings lies in their potential application in sports, physical rehabilitation, preventive medicine, and the educational process. They may contribute to enhancing the effectiveness of training programs, developing individualized approaches to exercise prescription, and improving the system of professional training in the field of physical education and sports.

Keywords: respiratory system, lung vital capacity, adaptation, physical activity, morphofunctional features, respiratory regulation.

Стаття надійшла до редакції / Received 30.08.2025

Прийнята до друку / Accepted 17.09.2025