

# Місце бодиплетизмографії в сучасній діагностиці патологій органів дихання (огляд літератури)

Я. М. Михайловський 

Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна

## Ключові слова:

бодиплетизмографія, спірометрія, опір дихальних шляхів, легенева гіперінфляція, хронічне обструктивне захворювання легень, ХОЗЛ, бронхіальна астма, дрібні дихальні шляхи, бронходилататорна відповідь, COVID-19.

## Keywords:

body plethysmography, spirometry, airway resistance, lung hyperinflation, chronic obstructive pulmonary disease, COPD, asthma, small airways, bronchodilator response, COVID-19.

Надійшла до редакції /  
Received: 04.11.2025

Після доопрацювання /  
Revised: 26.12.2025

Схвалено до друку /  
Accepted: 07.01.2026

**Конфлікт інтересів:**  
відсутній.

**Conflicts of interest:**  
authors have no conflict of interest to declare.

© The Author(s) 2026  
This is an open access article  
under the  
[Creative Commons  
CC BY-NC 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

**Мета роботи** – систематизувати сучасні відомості про методологічні засади бодиплетизмографії, узагальнити дані щодо нормативних параметрів і проаналізувати напрями її застосування в діагностиці патологій органів дихання.

**Матеріали і методи.** Здійснено пошук і відбір наукових джерел у базах PubMed, Scopus, Web of Science, Embase, Cochrane Library, а також у вітчизняних ресурсах, зокрема Національній бібліотеці України імені В. І. Вернадського та Українському науково-медичному індексі (UMSI). До аналізу залучено праці, опубліковані переважно впродовж останніх п'яти років (2020–2025 рр.), що висвітлюють методологічні, нормативні та клінічні аспекти бодиплетизмографії. Опрацьовано оригінальні дослідження, систематичні огляди, метааналізи, клінічні рекомендації та позиційні документи ERS, ATS і GOLD.

**Результати.** Доведено високу точність і відтворюваність бодиплетизмографії у вимірюванні легневих об'ємів і параметрів опору дихальних шляхів. Показники бронхіальної резистентності мають вищу чутливість порівняно зі спірометричними у виявленні бронхообструкції, бронхіальної гіперреактивності та відповіді на терапію. Комбінація приросту питомої провідності та функціональної залишкової ємності – чутливіший метод для виявлення зворотності бронхіальної обструкції порівняно з приростом об'єму форсованого видиху за першу секунду. Бодиплетизмографія має позитивні результати під час діагностики захворювання малих дихальних шляхів, яке є ранньою ланкою патогенезу хронічного обструктивного захворювання легень, бронхіальної астми, інтерстиційних хвороб легень і не реєструється за допомогою стандартної спірометрії. Метод дає змогу виявляти феномен air trapping і легеневу гіперінфляцію, що є важливим для фенотипування пацієнтів за концепцією treatable traits. У постковідному періоді бодиплетизмографія ефективна для оцінювання рестриктивних змін, ступеня гіперінфляції та динаміки відновлення легеневої функції.

**Висновки.** Бодиплетизмографія є оптимальним методом неінвазивного оцінювання легеневої функції, що забезпечує повну характеристику легневих об'ємів та опору дихальних шляхів. Метод сприяє ранній діагностиці, персоналізованому підходу до лікування та моніторингу пацієнтів із хронічними респіраторними патологіями, включно з long-COVID.

**Сучасні медичні технології. 2026. Т. 18, № 1(68). С. 63-68**

## The role of body plethysmography in modern respiratory diagnostics: a literature review

Ya. M. Mykhailovskyi

**Aim.** To systematize current knowledge on the methodological principles of body plethysmography, summarize data on reference parameters, and analyze recent trends of its application in the diagnosis of respiratory diseases.

**Materials and methods.** A literature search and selection of scientific sources were conducted in PubMed, Scopus, Web of Science, Embase, and Cochrane Library, as well as in Ukrainian databases, including the Vernadsky National Library of Ukraine and the Ukrainian Medical Scientific Index (UMSI). The analysis included publications mainly from the last five years (2020–2025) covering methodological, normative, and clinical aspects of body plethysmography. Original studies, systematic reviews, meta-analyses, clinical guidelines, and position statements of ERS, ATS, and GOLD were analyzed.

**Results.** Body plethysmography has demonstrated high accuracy and reproducibility in measuring lung volumes and airway resistance parameters. Airway resistance indices show higher sensitivity compared to spirometric parameters in detecting bronchial obstruction, airway hyperreactivity, and treatment response. The combination of changes in specific airway conductance and functional residual capacity is a more sensitive method for assessing bronchial obstruction reversibility than changes in forced expiratory volume in one second. Body plethysmography is valuable for diagnosing small airway disease, an early component in the pathogenesis of chronic obstructive pulmonary disease, bronchial asthma, and interstitial lung diseases, which may remain undetected by standard spirometry. The method enables identification of the “air trapping” phenomenon and lung hyperinflation, which are essential for patient phenotyping within the “treatable traits” concept. In the post-COVID period, body plethysmography is effective for assessing restrictive changes, the degree of hyperinflation, and recovery dynamics of lung function.

**Conclusions.** Body plethysmography is the “gold standard” of noninvasive lung function assessment, providing a comprehensive evaluation of lung volumes and airway resistance. The method is important for early diagnosis, personalized treatment approaches, and monitoring of patients with chronic respiratory diseases, including long-COVID.

**Modern medical technology. 2026;18(1): 63-68**

Захворювання органів дихання – одна з найскладніших медико-соціальних проблем сучасності. Глобальна поширеність хронічних респіраторних патологій становить більше ніж 7 % [1]. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, хронічні респіраторні захворювання, зокрема хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ), бронхіальна астма, емфізема та інтерстиціальні хвороби легень, входять до п'ятірки провідних причин інвалідизації та смертності у світі [2].

Сучасна клінічна практика потребує точних, стандартизованих і відтворюваних методів діагностики, які дадуть змогу виявляти патологічні зміни на ранніх стадіях, оцінювати динаміку захворювання й ефективність лікування.

Тестування легеневої функції (застарілий термін – вимірювання функції зовнішнього дихання) – важливий компонент комплексного обстеження хворих із респіраторною патологією. Дуже поширена в клінічній практиці класична спірометрія є базовим інструментом для первинного скринінгу, однак має певні обмеження. Вона не дає змоги повністю диференціювати різні варіанти порушення вентиляції. Зокрема, зниження життєвої ємності легень (VC) та форсованої життєвої ємності легень (FVC) можна пояснити не тільки рестриктивними змінами, але й емфіземою, феноменом air trapping і динамічною гіперінфляцією, а також комбінацією різних причин [3]. Крім того, спірометрія нечутлива до патології малих дихальних шляхів і ранніх змін: понад 75 % дрібних дихальних шляхів мають зазнати ураження, перш ніж це позначиться на значенні об'єму форсованого видиху за першу секунду (FEV1) [4].

Бодиплетизмографія, на відміну від спірометрії, дає змогу значно точніше оцінити функціональний стан легень, тому її використовують як оптимальний метод комплексного оцінювання легеневої функції, особливо у пацієнтів із комбінованими або складними порушеннями вентиляції. До безсумнівних переваг методики належать неінвазивність, швидкість виконання, відтворюваність, необов'язковість проведення форсованих маневрів, а також можливість визначити всі легеневі об'єми [5]. Цей метод дає змогу виміряти недоступні для спірометрії об'єми: загальну ємність легень (TLC), залишковий об'єм (RV), функціональну залишкову ємність (FRCpleth), а також опір дихальних шляхів. Нині бодиплетизмографія стає незамінним інструментом для раннього виявлення, диференційної діагностики, оцінювання ефективності терапевтичних заходів, контролю та прогнозування перебігу пульмонологічних захворювань [6].

Бодиплетизмографічні дослідження здійснюють на базі Навчально-наукового медичного центру «Університетська клініка ЗДМФУ», де метод використовують у клінічній практиці для діагностики та моніторингу респіраторних патологій.

У статті наведено відомості щодо методологічних аспектів і нормативних показників, що оцінюють під час бодиплетизмо-

графії, а також сучасні тенденції її використання у діагностиці патології органів дихання.

## Мета роботи

Систематизувати сучасні відомості про методологічні засади бодиплетизмографії, узагальнити дані щодо нормативних параметрів і проаналізувати актуальні напрями її застосування в діагностиці захворювань дихальної системи.

## Матеріали і методи дослідження

Пошук і добір наукових джерел здійснили у провідних міжнародних базах даних PubMed, Scopus, Web of Science, Embase, Cochrane Library, а також на вітчизняних ресурсах, зокрема Національній бібліотеці України імені В. І. Вернадського та Українському науково-медичному індексі (UMSI).

Пошукову стратегію сформовано із застосуванням контрольованих термінів і словосполучень українською та англійською мовами. Використано такі ключові слова: бодиплетизмографія, тестування легеневої функції, опір дихальних шляхів, захворювання органів дихання, гіперінфляція, рестриктивні порушення, – а також англійські відповідники (body plethysmography, airway resistance, lung function, small airways, respiratory diseases, hyperinflation, restrictive disorders).

До аналізу залучено праці, які опубліковані переважно впродовж останніх п'яти років (2020–2025 рр.) та містять результати оригінальних досліджень, систематичних оглядів, метааналізів, клінічних рекомендацій і позиційних документів професійних товариств (European Respiratory Society (ERS), American Thoracic Society (ATS), Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD)).

До дослідження включено наукові публікації, що відповідали вимогам щодо тематики, повного змісту та сучасності матеріалу. Статті, які не мали повного тексту або містили недостатньо релевантну інформацію, виключено з аналізу.

Зібрані дані узагальнили, критично проаналізували та систематизували для створення цілісної наукової картини щодо місця бодиплетизмографії в сучасній діагностичній практиці.

## Результати

**Принцип методики та інтерпретація результатів.** Метод заснований на законі Бойля–Маріотта, який описує обернену залежність між тиском і об'ємом газу при сталій температурі ( $P \times V = \text{const}$ ). Пацієнта розміщують у герметичній камері (плетизмографічній кабіні), об'єм якої відомий. Під час спокійного дихання через мундштук, що з'єднаний із вимірювальною системою, одночасно фіксують зміни тиску в камері ( $\Delta P_{\text{box}}$ ),

Таблиця 1. Класифікація порушень вентиляції залежно від легеневих об'ємів [3]

Назва	TLC	FRC	RV	FRC/TLC	RV/TLC	Коментар
Великі легені	↑	↑	↑	Норма	Норма	Варіант норми
Обструкція з гіперінфляцією та/або air trapping («повітряними пастками»)	Норма/↑	Норма/↑	↑	Норма/↑	↑	Гіперінфляція, якщо FRC/TLC ↑ і RV/TLC ↑, «air trapping», якщо тільки RV/TLC ↑
Проста рестрикція	↓	↓	↓	Норма	Норма	Як правило, інтерстиційні захворювання легень
Складна (комплексна) рестрикція	↓	↓	Норма/↑	Норма	↑	Якщо нормальний FEV <sub>1</sub> /FVC – диспропорційне зменшення FVC щодо TLC (зокрема при патології малих дихальних шляхів із феноменом air trapping)
Змішані порушення	↓	Норма/↓	Норма/↑	Норма/↑	Норма/↑	Як правило, FEV <sub>1</sub> /FVC знижений (наприклад, поєднання ХОЗЛ та інтерстиційного захворювання)
М'язова слабкість	↓	Норма/↓	↑	↑	↑	Слабкість діафрагми (↓TLC) да допоміжних м'язів (↑RV)
Субоптимальна спроба	↓	Норма	↑	↑	↑	Недотримання інструкцій
Ожиріння	Норма/↓	↓	Норма/↑	Норма/↓	Норма/↑	Низький ERV, знижений TLC при високому IMT (>40 кг/м <sup>2</sup> )

зміни тиску в роті ( $\Delta P_m$ ), потік повітря ( $V$ ). Під час короткочасного закриття дихального клапана пацієнт здійснює рухи вдиху та видиху з частотою 0,5–1,0 Гц. Зареєстровані коливання тиску дають змогу розрахувати об'єм газу в грудній клітці (Thoracic Gas Volume, TGV), який дорівнює значенню FRCpleth. Після визначення внутрішньогрудного об'єму здійснюють спірометричний маневр. RV визначають як різницю FRCpleth і резервного об'єму видиху (ERV), а TLC – як суму RV та VC [6]. За співвідношенням тиску та потоку визначають опір дихальних шляхів (Raw), а через добуток Raw × TGV – питомий опір (sRaw) та питому провідність дихальних шляхів (sGaw = 1/sRaw) [7].

Для інтерпретації статичних легеневих об'ємів і параметрів опору дихальних шляхів використовують останні референсні рівняння Global Lung Function Initiative (GLI) за рекомендаціями ERS/ATS [3]. Норму визначено як z-score між -1,64 та +1,64 (що відповідає 5–95 перцентилу). Значення, нижчі за 5 перцентиль, оцінюють як зменшені, а вищі за 95 – підвищені [8]. Класифікацію порушень вентиляції залежно від легеневих об'ємів, виміряних за допомогою бодиплетизмографії, наведено у таблиці 1.

**Бронхіальна провідність і резистентність.** Підвищена бронхіальна резистентність є прямою ознакою обструкції дихальних шляхів. Обернений до неї показник – бронхіальна провідність. У багатьох клінічних ситуаціях вони більш чутливі, ніж аналогічні за суттю спірометричні показники (FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>1</sub>/FVC, PEF).

У дослідженні, яке здійснили J. Schulze et al., встановлено ознаки бронхоконстрикції після фізичного навантаження. Виявлено, що зміни sReff після фізичного навантаження виникають раніше, ніж FEV<sub>1</sub>; максимальні зміни в sReff визначали через 12,2 ± 8,8 хвилини, а для FEV<sub>1</sub> – через 15,2 ± 9,3 хвилини. Автори дійшли висновку, що зміни sReff були чутливішими та краще вказували на порушення функції легень, ніж зміни FEV<sub>1</sub>, які недооцінювали ступінь гіперінфляції [9].

У фаховій літературі наведено дані щодо вищої чутливості бронхіальної резистентності у відповідь на медикаментозну провокацію. Так, у дослідженні, що здійснили S. A. van Nederveen-Bendien et al., показано: у 34 % пацієнтів з астмою виявлено значне підвищення sRaw без зниження FEV<sub>1</sub> під час бронхопровокаційного тесту. Отже, sRaw може виявляти гіперреактивність дихальних шляхів, коли FEV<sub>1</sub> залишається у межах норми [10]. Karamarkovic Lazarusic N. et al. порівняли бронходилатативний тест, класичний метахоліновий провокаційний тест із вимірюванням FEV<sub>1</sub> і метахоліновий тест із визначенням sGaw у пацієнтів із кашльовим варіантом астми. Встановлено, що показник sGaw мав найбільшу чутливість, виявивши гіперреактивність у 88 % випадків, а спірометрія – лише у 64 % при зіставній специфічності [11].

Отримано дані, що свідчать про підвищену чутливість бронхіальної резистентності до терапевтичного втручання та реабілітаційних заходів. Втім, ці спостереження потребують верифікації на більшій вибірці пацієнтів [12,13].

**Оцінювання реакції на бронходилататори.** Оцінювання бронходилатативної відповіді на основі показника приросту FEV<sub>1</sub> ( $\Delta\text{ФВ}_1$ ) є загальноприйнятим підходом [3,14]. Однак відомо, що ця методика має досить низьку чутливість і негативну прогностичну цінність [15,16]. Бодиплетизмографія має переваги під час тестів на зворотність бронхіальної обструкції. Згідно з результатами дослідження, до якого залучено 843 пацієнтів із ХОЗЛ, астмою та астма-ХОЗЛ оверлап-синдромом, такі параметри бодиплетизмографії, як ефективна питома провідність дихальних шляхів ( $sG_{\text{eff}}$ ), функціональна залишкова ємність (FRCpleth) і питома аеродинамічна робота дихання (sWOB), виявляють реакцію на бронходилататори значно частіше, ніж FEV<sub>1</sub>. Так, комбінація  $\Delta sG_{\text{eff}}$  та  $\Delta\text{FRCpleth}$  зареєструвала позитивну відповідь у 62,2 % обстежених,  $\Delta sG_{\text{eff}}$  – у 53,4 %,  $\Delta s\text{WOB}$  – у 49,4 %, а  $\Delta\text{FEV}_1$  – лише у 10,6 % пацієнтів. Таку різницю можна пояснити тим, що бронходилататори

татори впливають не лише на великі та середні бронхи, потік повітря через які вимірюють за допомогою традиційної спірометрії, але й сприяють покращенню вентиляції через малі дихальні шляхи, зменшенню затримки повітря (air trapping) та динамічної гіперінфляції [17].

**Бодиплетизмографія та патологія дрібних бронхів.** У патогенезі багатьох хвороб дихальної системи, зокрема ХОЗЛ, астми, інтерстиційних захворювань, важливу роль відіграє ураження дрібних бронхів [18, 19, 20, 21]. Воно призводить до феномену «пастки повітря» (air trapping) – неповного видиху внаслідок підвищеного опору дрібних бронхів, яке спричиняє збільшення залишкового об'єму (RV) та розвиток гіперінфляції легень [22]. Патологічні зміни у дрібних дихальних шляхах передують розвитку обструкції, яку можна виявити за допомогою традиційної спірометрії (так звана німа, або мовчазна зона легень) [23].

FEV<sub>1</sub> та FEV<sub>1</sub>/FVC – стандарти для діагностики ХОЗЛ, але часто вони не є достатньо чутливими для виявлення ранніх стадій захворювання. Так, застосування рекомендованого в керівництвах критерію FEV<sub>1</sub>/FVC <0,7 на практиці призводить до гіпердіагностики у пацієнтів старшого віку та недостатньої діагностики у молодших осіб, і при цьому показник FEV<sub>1</sub> має низьку чутливість щодо виявлення ранніх патологічних змін [24]. Бодиплетизмографія дає змогу визначити опір дихальних шляхів, залишковий об'єм, співвідношення RV/TLC і, відповідно, ступінь гіперінфляції, що визначені як непрямі критерії ураження дрібних дихальних шляхів і ранні маркери обструктивних змін; це має важливе значення для виявлення феномену пастки повітря [25, 26].

Незважаючи на високу достовірність показників гіперінфляції, що отримані за допомогою бодиплетизмографії, оцінювання бронхіальної резистентності цим методом має певні обмеження. Незважаючи на її корисність, важливо розуміти, що Raw і sRaw характеризують загальний опір дихальних шляхів і не є специфічними для дрібних дихальних шляхів. Це пов'язано з тим, що дрібні дихальні шляхи у здорових осіб роблять незначний внесок у загальний опір. Тому для більш прямого та чутливого оцінювання дрібних дихальних шляхів часто віддають перевагу імпульсній осцилометрії та методам розведення газу [27].

Часто бодиплетизмографію використовують у поєднанні з іншими тестами для комплексного і повного оцінювання дрібних дихальних шляхів [28]. Наприклад, у дослідженні ATLANTIS, під час якого визначали функцію дрібних дихальних шляхів при астмі, бодиплетизмографію використовували разом зі спірометрією, імпульсною осцилометрією та тестом розведення азоту з кількома вдихами [19].

**Бодиплетизмографія і концепція treatable traits.** Treatable traits – це сучасна стратегія стратифікації пацієнтів із респіраторними захворюваннями (передусім ХОЗЛ, астмою, інтерстиційними захворюваннями) за наявністю конкретних фенотипових або біологічних характеристик. Персоналізований підхід, спрямований на ці ознаки, може бути ефективним для досягнення кращого контролю над цими гетерогенними захворюваннями [29, 30]. У цьому контексті бодиплетизмографія дає змогу ідентифікувати легеневу гіперінфляцію, яку визначають як окремих treatable trait [31].

**Бодиплетизмографія і long-COVID.** Відомо, що перенесений COVID-19 може спричиняти тривале порушення функцій різних органів та систем (так званий long-COVID) [32, 33]. Ураження легень у постковідному періоді виявляють за персистентним зниженням показників легеневої вентиляції. RV, RV/TLC, Raw, sRaw, sGaw є підтвердженими маркерами гіперінфляції та дисфункції дрібних дихальних шляхів. Встановлено, що ці показники можуть корелювати із такими симптомами, як задишка та втома у пацієнтів із long-COVID [34]. За іншими даними, гіперінфляція не є характерною рисою перенесеного COVID-19. Так, у пацієнтів, які перенесли тяжкий COVID-19 з необхідністю екстракорпоральної мембранної оксигенації, через 6 місяців зафіксовано зниження функціональної залишкової ємності легень [35].

Найпоширеніший тип вентиляційних порушень у пацієнтів після перенесеного COVID-19 – рестриктивний. За результатами спостережень, у 15–25 % хворих визначено зниження загальної ємності легень (TLC) через 2–3 місяці після виписки, і цей показник часто корелює з тяжкістю гострого ураження легеневої тканини [36]. У проспективному дослідженні, що здійснене в 2023 році для оцінювання динаміки відновлення функції легень протягом 12 місяців після гострої фази COVID-19, встановлено: майже 35 % пацієнтів через 3 місяці після виписки мали знижену TLC, що свідчить про наявність рестриктивних змін. RV і RV/TLC у середньому залишалися в межах норми, хоча поодинокі випадки помірного air trapping фіксували в пацієнтів із залишковими симптомами. Автори зауважили, що гіперінфляція не є типовою рисою пост-COVID-стану, на відміну від рестрикції та порушення дифузії. Через рік після інфекції у понад 80 % пацієнтів визначено майже повне відновлення легневих об'ємів, але до 15–20 % осіб мали залишкові рестриктивні зміни. Ці дані підтверджують доцільність тривалого моніторингу легеневої функції після перенесеного COVID-19, зокрема за допомогою бодиплетизмографії [37].

## Висновки

1. Бодиплетизмографія – високоточний, стандартизований і відтворюваний метод оцінювання функції зовнішнього дихання, що дає змогу виміряти усі легеневі об'єми й параметри опору дихальних шляхів, а також ідентифікувати усі види порушень легеневої вентиляції.
2. Параметри бронхіальної резистентності та провідності (Raw, sRaw, sGaw), отримані за допомогою бодиплетизмографії, характеризуються вищою чутливістю порівняно зі спірометричними показниками щодо виявлення бронхообструкції, бронхіальної гіперреактивності та під час оцінювання відповіді на бронходилататори.
3. Бодиплетизмографія має високу інформативність при ураженнях дрібних дихальних шляхів, оскільки дає змогу виявити ранні ознаки гіперінфляції та феномен air trapping, що залишаються недіагностованими під час стандартної спірометрії.
4. Метод відіграє важливу роль у розвитку персоналізованої пульмонології, зокрема в межах концепції treatable traits, оскільки оцінювання показників легеневої гіперінфляції,

рестрикції або підвищеного опору дихальних шляхів дає змогу ідентифікувати фенотипові особливості пацієнтів і прогнозувати індивідуальну відповідь на терапію.

5. У постковідному періоді бодиплетизмографія дає змогу об'єктивно оцінювати рестриктивні зміни, ступінь залишкової гіперінфляції та функціональне відновлення легень, що має значення для моніторингу пацієнтів із синдромом long-COVID.

**Перспективи подальших досліджень** полягають у впровадженні алгоритмів штучного інтелекту і машинного навчання під час бодиплетизмографії, зокрема для автоматичної інтерпретації даних, фенотипування пацієнтів за treatable traits, інтеграції інших методів дослідження і показників, створення прогностичних моделей щодо відповіді на лікування, перебігу захворювання тощо.

#### Фінансування

Дослідження здійснено без фінансової підтримки.

#### Відомості про автора:

Михайловський Я. М., PhD, асистент каф. терапії та кардіології, Навчально-науковий інститут післядипломної освіти, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна.  
ORCID ID: 0000-0002-1310-8585

#### Information about the author:

Mykhailovskyi Ya. M., MD, PhD, Assistant of the Department of Therapy and Cardiology, Educational and Scientific Institute of Postgraduate Education, Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Ukraine.



Ярослав Михайловський (Yaroslav Mykhailovskyi)  
yarikzgm@gmail.com

#### References

- GBD Chronic Respiratory Disease Collaborators. Prevalence and attributable health burden of chronic respiratory diseases, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet Respir Med.* 2020;8(6):585-96. doi: [10.1016/S2213-2600\(20\)30105-3](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30105-3)
- World Health Organization. The top 10 causes of death [Internet]. Who.int; 2024 Aug 7 [cited 2025 Dec 2]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR, Thompson B, Aliverti A, Barjaktarevic I, et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur Respir J.* 2022;60(1):2101499. doi: [10.1183/13993003.01499-2021](https://doi.org/10.1183/13993003.01499-2021)
- Cottini M, Lombardi C, Passalacqua G, Bagnasco D, Berti A, Comberiat P, et al. Small Airways: The "Silent Zone" of 2021 GINA Report? *Front Med (Lausanne).* 2022;9:884679. doi: [10.3389/fmed.2022.884679](https://doi.org/10.3389/fmed.2022.884679)
- Bhakta NR, McGowan A, Ramsey KA, Borg B, Kivastik J, Knight SL, et al. European Respiratory Society/American Thoracic Society technical statement: standardisation of the measurement of lung volumes, 2023 update. *Eur Respir J.* 2023;62(4):2201519. doi: [10.1183/13993003.01519-2022](https://doi.org/10.1183/13993003.01519-2022)
- Sharma P, Sankari A. Body Plethysmography. [Updated 2025 Jun 2]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK615301/>
- Dean J, Singh D. Investigation of the Methodology of Specific Airway Resistance Measurements in COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2023;18:2555-63. doi: [10.2147/COPD.S424696](https://doi.org/10.2147/COPD.S424696)
- Ong-Salvador R, Laveneziana P, de Jongh F. ERS/ATS Global Lung Function Initiative normal values and classifying severity based on z-scores instead of per cent predicted. *Breathe (Sheff).* 2024;20(3):230227. doi: [10.1183/20734735.0227-2023](https://doi.org/10.1183/20734735.0227-2023)
- Schulze J, Smith HJ, Eichhorn C, Salzmann-Manrique E, Dreßler M, Zielen S. Correlation of spirometry and body plethysmography during exercise-induced bronchial obstruction. *Respir Med.* 2019;148:54-59. doi: [10.1016/j.rmed.2019.01.011](https://doi.org/10.1016/j.rmed.2019.01.011)
- van Nederveen-Bendien SA, Vahl J, Heijerman HGM. Specific airway resistance is a better outcome parameter in bronchial provocation testing compared to FEV<sub>1</sub> in patients with bronchial asthma. *J Asthma.* 2018;55(12):1338-42. doi: [10.1080/02770903.2017.1414238](https://doi.org/10.1080/02770903.2017.1414238)
- Karamarkovic Lazarusic N, Popovic-Grie S, Tolic E, Stajduhar A, Bozinovic R, et al. The Value of Body Plethysmography (sGaw) in the Assessment of Airway Hyperreactivity in Cough Variant Asthma. *J Clin Med.* 2024;14(1):74. doi: [10.3390/jcm14010074](https://doi.org/10.3390/jcm14010074)
- Kiliç L, Tural Önür S, Gorek Dilektaşlı A, Ulubay G, Balci A. Understanding the Impact of Pulmonary Rehabilitation on Airway Resistance in Patients with Severe COPD: A Single-Center Retrospective Study. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2023;18:1-10. doi: [10.2147/COPD.S384127](https://doi.org/10.2147/COPD.S384127)
- Langton D, Bennets K, Noble P, Plummer V, Thien F. Bronchial thermoplasty reduces airway resistance. *Respir Res.* 2020;21(1):76. doi: [10.1186/s12931-020-1330-5](https://doi.org/10.1186/s12931-020-1330-5)
- Melnyk VP, Panasjuk OV, Sadomova-Andrianova HV, Molchanova MS, Scorzyk VV. [Bronchodilator reversibility test for broncho-obstructive syndrome detection and differential diagnosis of bronchial asthma and chronic obstructive pulmonary disease]. *Zaporozhye Medical Journal.* 2019;21(2):193-8. Ukrainian. doi: [10.14739/2310-1210.2019.2.161387](https://doi.org/10.14739/2310-1210.2019.2.161387)
- Başa Akdoğan B, Koca Kalkan I, Köycü Buhari G, Özdedeoglu Ö, Ateş H, Aksu K, et al. What is the Best Way to Diagnose Possible Asthma Patients with Negative Bronchodilator Reversibility Tests? *J Asthma Allergy.* 2024;17:113-22. doi: [10.2147/JAA.S437756](https://doi.org/10.2147/JAA.S437756)
- Tan DJ, Lodge CJ, Lowe AJ, Bui DS, Bowatte G, Johns DP, et al. Bronchodilator reversibility as a diagnostic test for adult asthma: findings from the population-based Tasmanian Longitudinal Health Study. *ERJ Open Res.* 2021;7(1):00042-2020. doi: [10.1183/23120541.00042-2020](https://doi.org/10.1183/23120541.00042-2020)
- Kraemer R, Smith HJ, Gardin F, Barandun J, Minder S, Kern L, et al. Bronchodilator Response in Patients with COPD, Asthma-COPD-Overlap (ACO) and Asthma, Evaluated by Plethysmographic and Spirometric z-Score Target Parameters. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2021;16:2487-500. doi: [10.2147/COPD.S319220](https://doi.org/10.2147/COPD.S319220)
- Li L, Gong Y, Hou D, Song Y, Bi J, Li M, et al. Contribution of small airway inflammation to the development of COPD. *BMC Pulm Med.* 2024;24(1):116. doi: [10.1186/s12890-024-02911-3](https://doi.org/10.1186/s12890-024-02911-3)
- Kraft M, Richardson M, Hallmark B, Billheimer D, Van den Berge M, Fabbri LM, et al. The role of small airway dysfunction in asthma control and exacerbations: a longitudinal, observational analysis using data from the ATLANTIS study. *Lancet Respir Med.* 2022;10(7):661-8. doi: [10.1016/S2213-2600\(21\)00536-1](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(21)00536-1)
- Panagopoulos PK, Goules AV, Georgakopoulou VE, Kallianos A, Chatzini-kita E, Pezoulas VC, et al. Small airways dysfunction in patients with systemic sclerosis and interstitial lung disease. *Front Med (Lausanne).* 2022;9:1016898. doi: [10.3389/fmed.2022.1016898](https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1016898)
- Yin C, Xie H, He X, Zhang Y, Zhang A, Li H. Small airway dysfunction in idiopathic pulmonary fibrosis. *Front Pharmacol.* 2022;13:1025814. doi: [10.3389/fphar.2022.1025814](https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1025814)
- Kim Y, Kim SH, Rhee CK, Lee JS, Lee CY, Kim DK, et al. Air Trapping and the Risk of COPD Exacerbation: Analysis From Prospective KOCSS Cohort. *Front Med (Lausanne).* 2022;9:835069. doi: [10.3389/fmed.2022.835069](https://doi.org/10.3389/fmed.2022.835069)
- Bhatt SP, Soler X, Wang X, Murray S, Anzueto AR, Beaty TH, et al. Association between Functional Small Airway Disease and FEV1 Decline in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 2016;194(2):178-84. doi: [10.1164/rccm.201511-2219OC](https://doi.org/10.1164/rccm.201511-2219OC)
- Kakavas S, Kotsiou OS, Perlikos F, Mermiri M, Mavrovounis G, Gourgoulianis K, et al. Pulmonary function testing in COPD: looking beyond the curtain of FEV1. *NPJ Prim Care Respir Med.* 2021;31(1):23. doi: [10.1038/s41533-021-00236-w](https://doi.org/10.1038/s41533-021-00236-w)
- Menzella F, Cottini M, Lombardi C, Senna G, Chan R, Bosi A, et al. A real-world study on tezepelumab effectiveness in severe asthma focusing on small airway dysfunction. *Respir Med.* 2025;241:108054. doi: [10.1016/j.rmed.2025.108054](https://doi.org/10.1016/j.rmed.2025.108054)
- Budin EC, Vladimir I, Răjnovceanu RM, Huțanu D, Vultur MA, Mărginean C, et al. Correlation Between Body Plethysmography and Impulse Oscillometry Across Obstructive and Restrictive Lung Diseases: Evidence from an Adult Pilot Study Cohort. *Diagnostics (Basel).* 2025;15(23):3055. doi: [10.3390/diagnostics15233055](https://doi.org/10.3390/diagnostics15233055)

27. Botta A, Ratti CP, Chiei Gallo A, Bono E, Cavara M, Botta P, et al. Small airway dysfunction in asthma: concordance and discordance between spirometry and oscillometry in real-life. *Eur Ann Allergy Clin Immunol.* 2025 Oct 30. doi: [10.23822/EurAnnACI.1764-1489.419](https://doi.org/10.23822/EurAnnACI.1764-1489.419)
28. Song JH, Kim Y. Beyond the Spirometry: New Diagnostic Modalities in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Tuberc Respir Dis (Seoul).* 2025;88(1):1-13. doi: [10.4046/trd.2024.0040](https://doi.org/10.4046/trd.2024.0040)
29. Agustí A, Rapsomaniki E, Beasley R, Hughes R, Müllerová H, Papi A, et al. Treatable traits in the NOVELTY study. *Respirology.* 2022;27(11):929-40. doi: [10.1111/resp.14325](https://doi.org/10.1111/resp.14325)
30. Dijk L, Gerritsma YH, Van der Molen T, Pavord I, Meijer RJ, Kerstjens H, et al. Treatable Traits in Patients with Obstructive Lung Diseases in a Well-Established Asthma/COPD Service for Primary Care. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2025;20:1189-1201. doi: [10.2147/COPD.S508281](https://doi.org/10.2147/COPD.S508281)
31. Da Costa C, Olímpio Júnior H, Da Silva Pinto P, Da Silva MA, Pessoa LF, Da Silva LL, et al. Contribution of small airway disease to dynamic hyperinflation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Monaldi Arch Chest Dis.* 2025 May 15. doi: [10.4081/monaldi.2025.3402](https://doi.org/10.4081/monaldi.2025.3402)
32. Joseph G, Margalit I, Weiss-Ottolenghi Y, Rubin C, Murad H, Gardner RC, et al. Persistence of Long COVID Symptoms Two Years After SARS-CoV-2 Infection: A Prospective Longitudinal Cohort Study. *Viruses.* 2024;16(12):1955. doi: [10.3390/v16121955](https://doi.org/10.3390/v16121955)
33. Manuilov SM, Mykhailovska NS. [Structural and functional changes of the heart in patients with coronary heart disease who have had coronavirus disease COVID-19]. *Modern Medical Technology.* 2024;16(2):86-92. Ukrainian. doi: [10.14739/mmt.2024.2.301678](https://doi.org/10.14739/mmt.2024.2.301678)
34. Vontetsianos A, Chynkiamis N, Anagnostopoulou C, Lekka C, Zaneli S, Anagnostopoulos N, et al. Small Airways Dysfunction and Lung Hyperinflation in Long COVID-19 Patients as Potential Mechanisms of Persistent Dyspnoea. *Adv Respir Med.* 2024;92(5):329-37. doi: [10.3390/arm92050031](https://doi.org/10.3390/arm92050031)
35. Pálfí A, Balogh ÁL, Polónyi G, Schulcz D, Zöllei É, Bari G, et al. Post-COVID changes in lung function 6 months after veno-venous extracorporeal membrane oxygenation: a prospective observational clinical trial. *Front Med (Lausanne).* 2023;10:1288679. doi: [10.3389/fmed.2023.1288679](https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1288679)
36. Georgakopoulou VE, Makrodimitri S, Gkoufa A, Apostolidi E, Provas S, Papalexis P, et al. Lung function at three months after hospitalization due to COVID19 pneumonia: Comparison of alpha, delta and omicron variant predominance periods. *Exp Ther Med.* 2024;27(2):83. doi: [10.3892/etm.2024.12372](https://doi.org/10.3892/etm.2024.12372)
37. Suppini N, Fira-Mladinescu O, Traila D, Motofelea AC, Marc MS, Manolescu D, et al. Longitudinal Analysis of Pulmonary Function Impairment One Year Post-COVID-19: A Single-Center Study. *J Pers Med.* 2023;13(8):1190. doi: [10.3390/jpm13081190](https://doi.org/10.3390/jpm13081190)