

Ю. І. Фещенко, М. О. Полянська
**МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІЇ ЗОВНІШНЬОГО ДИХАННЯ
В ДІАГНОСТИЦІ ТА МОНІТОРИНГУ ХРОНІЧНОГО
ОБСТРУКТИВНОГО ЗАХВОРЮВАННЯ ЛЕГЕНЬ (СПІРОМЕТРІЯ, БОДИПЛЕТИЗМОГРАФІЯ, DLCO)
З УРАХУВАННЯМ ЗМІН ДО GOLD-2024**

ДУ «Національний інститут фізіатрії і пульмонології ім. Ф. Г. Яновського НАМН України»

**МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІЇ ЗОВНІШНЬОГО ДИХАННЯ
В ДІАГНОСТИЦІ ТА МОНІТОРИНГУ ХРОНІЧНОГО
ОБСТРУКТИВНОГО ЗАХВОРЮВАННЯ ЛЕГЕНЬ
(СПІРОМЕТРІЯ, БОДИПЛЕТИЗМОГРАФІЯ, DLCO)
З УРАХУВАННЯМ ЗМІН ДО GOLD-2024**

Ю. І. Фещенко, М. О. Полянська

Резюме

Дослідження функції зовнішнього дихання (ФЗД) є невід'ємною складовою в діагностиці бронхообструктивних захворювань (БОЗ). Спірометрія є обов'язковим методом дослідження БОЗ, а хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ) — єдина нозологія, діагноз якої ґрунтується на зміні функціональних показників, які вимірюються саме за допомогою спірометрії.

За допомогою спірометрії можна чітко визначити лише обструктивний тип порушень ФЗД. Але запідозрити можна також рестриктивний та змішаний (наявність і рестрикції, і обструкції) патерни. Для діагностики цих порушень необхідний показник загальної ємності легень (ЗЄЛ), який при спірометрії визначити неможливо, оскільки він складається із життєвої ємності легень (ЖЄЛ) та залишкового об'єму легень (ЗОЛ), який також не визначається при спірометрії.

Визначити ці відсутні показники дозволяють більш складні та менш розповсюджені методи досліджень: бодиплетизмографія — це метод більш широкого дослідження легеневиx об'ємів та ємностей та дає можливість виміряти загальний та специфічний бронхіальний опір (R_{tot}, sRaw). Вона не є неодмінною умовою для підтвердження обструктивних порушень, але може бути корисною для виявлення підлягаючих захворювань та їх функціональних наслідків збільшення ЗЄЛ, ЗОЛ або ЗОЛ/ЗЄЛ вище за верхню межу нормальної варіабельності дозволяє запідозрити наявність емфіземи, важкої бронхіальної астми, а також оцінити вираженість гіперінфляції.

Інше важливе дослідження для більш повноцінної оцінки ФЗД — вимірювання дифузійної здатності легень для чадного газу (DLCO). Виконується після форсованої спірометрії (для нього потрібні показники ФЖЄЛ, ЖЄЛ) або бодиплетизмографії (ЖЄЛ) та визначення структури статичних об'ємів. Застосовується у хворих на рестриктивні та обструктивні захворювання, для діагностики емфіземи або легеневого фіброзу. За допомогою цього дослідження визначаються дифузійна здатність легень (DLCO) та альвеолярний об'єм (V_a).

В статті наведені результати досліджень, в яких застосовувались ці методи та приводяться обґрунтування щодо впровадження їх результатів.

Висновок. Різні дослідження ФЗД в клінічній практиці важливі та доповнюють один одного.

Ключові слова: хронічне обструктивне захворювання легень, діагностика, спірометрія, бодиплетизмографія, дифузійна здатність легень, Глобальна ініціатива хронічне обструктивне захворювання легень (GOLD).

Укр. пульмонол. журнал. 2024;32(1):24–31.

Фещенко Юрій Іванович
Директор ДУ «Національний інститут фізіатрії і пульмонології ім. Ф. Г. Яновського Національної академії медичних наук України»
Академік НАМН України, професор
10, вул. М. Амосова, 03680, Київ,
Тел.: 380 44 275-04-02, факс: 380 44 275-21-18, admin@ifp.kiev.ua

**METHODS OF PULMONARY FUNCTION TESTING
IN THE DIAGNOSIS AND MONITORING OF CHRONIC
OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE (SPIROMETRY,
BODYPLETHISMOGRAPHY, DLCO)
ACCORDING UPDATED GOLD-2024**

Yu. I. Feshchenko, M. O. Polianska

Abstract

Pulmonary function testing (PFT) is an integral component in the diagnosis of broncho-obstructive diseases. Spirometry is a mandatory method of pulmonary research, and chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is the only respiratory nosology, the diagnosis of which is based on a change in functional indicators, which are measured precisely with the help of spirometry.

With the help of spirometry, only the obstructive type of PFT violations can be clearly determined. But one can also suspect restrictive and mixed (presence of both restrictions and obstruction) types. To diagnose these disorders, an indicator of Total Lung Capacity (TLC) is required, which cannot be determined by spirometry, as it consists of TLC and Residual Lung Volume (RES), which is also not determined by spirometry.

More complex and less widespread methods of investigation can determine these missing indicators: bodyplethysmography — it is a method of a wider study of lung volumes and capacities and makes it possible to measure general and specific bronchial resistance (R_{tot}, sRaw). It is not an indispensable condition for confirming obstructive disorders, but it can be useful for identifying underlying diseases and their functional consequences — an increase in TLC, RV or RV/TLC above the upper limit of normal variability allows to suspect the presence of emphysema, severe bronchial asthma, and also to assess the severity hyperinflation.

Another important study for a more complete assessment of PFT — diffusion capacity of the lungs for carbon monoxide (DLCO); performed after forced spirometry (determination of FVC, VC) or bodyplethysmography (VC) and determination of the structure of static volumes. It is used in patients with restrictive and obstructive diseases, for the diagnosis of emphysema or pulmonary fibrosis. With the help of this study, the diffusion capacity of the lungs (DLCO) and the alveolar volume (V_a) are determined.

The article presents the results of research in which these methods were used and provides justification for their application.

Conclusion. Different methods of PFT are important and complement each other in clinical practice

Key words: chronic obstructive pulmonary disease, diagnosis, spirometry, bodyplethysmography, diffusion capacity of the lungs, Global initiative chronic obstructive pulmonary disease (GOLD).

Ukr. Pulmonol. J. 2024;32(1):24–31.

Yurii I. Feshchenko
Director of National Institute of phthysiology and pulmonology named after F. G. Yanovskii National Academy of medical sciences of Ukraine
Academician of NAMS of Ukraine, professor
03038, Kyiv, 10, M. Amosova str.
Tel.: 380 44 275 0402, fax: 380 44 275 2118, admin@ifp.kiev.ua

Дослідження функції зовнішнього дихання (ФЗД) є невід'ємною складовою в діагностиці бронхообструктивних захворювань (БОЗ) [1, 2, 3]. Спірометрія є обов'язковим методом дослідження БОЗ, а хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ) — єдина нозологія, діагноз якої ґрунтується на зміні функціональних показників, які вимірюються саме за допомогою спірометрії.

Два маневри в спірометрії дуже важливі для оцінки прохідності повітряпроводних шляхів: маневр спокійної спірометрії (маневр ЖЕЛ — визначення життєвої ємності легень), та маневр форсованої спірометрії (маневр ФЖЕЛ — визначення форсованої життєвої ємності легень).

Маневр ЖЕЛ виконується при спокійному диханні, без напруги. Основні показники, які визначаються при маневрі ЖЕЛ і якими оперують в клінічній практиці — це сама ЖЕЛ (кількість повітря, яку людина може максимально вдихнути після максимально глибокого видиху — $ЖЕЛ_{вдиху}$ або, навпаки, може максимально видихнути після максимально глибокого вдиху — $ЖЕЛ_{видиху}$ вони ідентичні, відрізняються лише послідовністю виконання маневру), ємність вдиху ($Є_{вдиху}$ — кількість повітря, яку людина може максимально вдихнути після звичайного видиху).

Маневр форсованої спірометрії потребує застосування максимальних зусиль — після максимально глибокого вдиху обстежуваний має швидко і потужно видихнути до рівня ЖЕЛ. При форсованій спірометрії визначаються безпосередньо ФЖЕЛ, об'єм форсованого видиху за першу секунду ($ОФВ_1$), співвідношення $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ (індекс Генслера), пікова об'ємна швидкість видиху ($ПОШ_{вид}$), миттєві об'ємні швидкості видиху на рівнях 25, 50, 75 % ФЖЕЛ, середня швидкість видиху ($СОШ_{25-75}$) (рис. 1).

На сьогодні, за визначенням GOLD [4], форсована спірометрія є найбільш відтворюваним і об'єктивним методом визначення обструкції дихальних шляхів.

Спірометрія при ХОЗЛ застосовується для:

- діагностики (співвідношення $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ на тлі максимальної бронходилатації (після прийому бронхолітика) 0,7 валідизує діагноз ХОЗЛ),
- оцінки тяжкості обструкції повітряпроводних шляхів (зменшення $ОФВ_1$) — дає змогу прогнозувати подальший перебіг захворювання);
- подальшого спостереження — допомагає визначитись з діагнозом (розглянути альтернативний діагноз, коли симптоми диспропорційні вираженості обструкції повітряпроводних шляхів) або терапевтичною тактикою при в окремих випадках (наприклад, при розбіжностях між показниками спірометрії та симптомами); допомагає при прийнятті рішень щодо нефармакологічних (інтервенційних) процедур;
- ідентифікації швидкого падіння ФЗД (маркер ХОЗЛ).

В 1977 році Charles Fletcher та Richard Peto опублікували результати проспективного епідеміологічного дослідження ранніх стадій розвитку хронічного обструктивного захворювання легень (на той час йшлося про хронічний обструктивний бронхіт (ХОБ) та емфізему легень) [5].

Було проаналізовані клінічні записи та дані обстежень 792 чоловіків, які займалися кваліфікованим ручним або канцелярський трудом. Отримані результати показали, що $ОФВ_1$ з часом поступово падає, але у більшості тих, хто не палить і у частки курців клінічно-значима бронхообструкція ніколи не розвивається. Однак у чутливих до куріння людей воно викликає незворотні обструктивні зміни. Якщо чутливий курець припиняє палити, функція легень в нього хоча і не відновиться, але подальші зміни $ОФВ_1$ будуть відбуватись у природньому темпі.

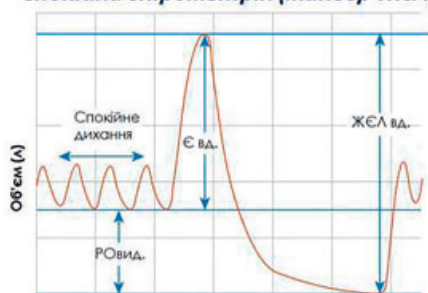
Тоді перше були побудовані прогностичні криві, що відображують, як поводитиметься функція легень (за $ОФВ_1$) з часом, починаючи з 25 річного віку в залежності від того, палить людина, чи ні, як будуть відбуватись зміни, якщо кинути палити, і тоді було визначено, що саме $ОФВ_1$ є чутливим індикатором швидкого падіння ФЗД взагалі, і у курців з ХОБ та емфіземою зокрема.

Це дослідження визначило вектор для подальшого вивчення траєкторії $ОФВ_1$ протягом життя і надихнуло на подальші пошуки в цьому напрямку.

В 2008 році були опубліковані результати великого міжнародного дослідження ECLIPSE (Evaluation of COPD Longitudinally to Identify Predictive Surrogate Endpoints) [6].

Це було велике обсерваційне дослідження за участю 2163 пацієнтів із різним ступенем тяжкості ХОЗЛ, які спостерігалися протягом 3 років. Дослідження виявило більш складну природу прогресування ХОЗЛ (зниження $ОФВ_1$ від вихідного рівня), ніж вважалося раніше. Протягом 3х річного періоду спостереження середня швидкість зниження $ОФВ_1$ становила (33 ± 2) мл·рік⁻¹ і не була значно більшою, ніж у здорових некурців, стандартне відхилення між пацієнтами становило 59 мл·рік⁻¹. Лише 38 % когорти мали значне зниження на 40 мл·рік⁻¹, 31 % мали від 21 до 40 мл·рік⁻¹, а 8 % мали збільшення на 20 мл·рік⁻¹. Але було визначено, що до зменшення $ОФВ_1$ додаткові мл на рік додають поточне куріння — +21 мл

Спокійна спірометрія (маневр ЖЕЛ)



Форсована спірометрія (маневр ФЖЕЛ)

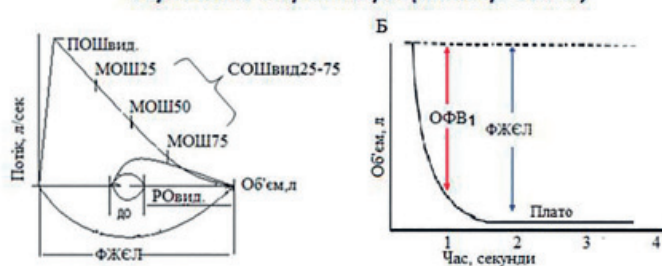


Рис.1. Основні показники, які визначаються при маневрах спокійної та форсованої спірометрії

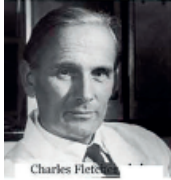
BRITISH
MEDICAL
JOURNAL

25 жовтня 1977 Л. 1645-1648

Occasional Review

The natural history of chronic airflow obstruction

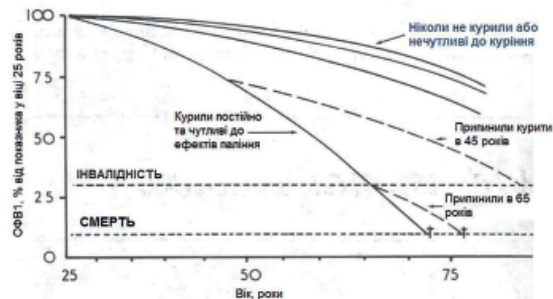
CHARLES FLETCHER, RICHARD PETO



З 1961 року 792 чоловіків у віці 30-59 років спостерігались протягом 8 років кожні 6 місяців

1977 рік

Проспективне епідеміологічне дослідження раних стадій розвитку хронічного обструктивного захворювання легень



Адаптовано із British Medical Journal, 1977, 1, 1645-1648

ОФВ₁ — чутливий індикатор швидкого падіння легеневої функції

Рис. 2. ОФВ₁ — чутливий індикатор швидкого падіння легеневої функції

рік⁻¹, підтверджена на КТ емфізема — +13 мл·рік⁻¹, значна зворотність ОФВ₁ в пробі з бронхолітиком — +17 мл·рік⁻¹, застосування же комбінації інгаляційних кортикостероїдів та тривалої дії бета₂-агоністів уповільнювало падіння ОФВ₁ [7].

В 2015 році було опубліковано дослідження Peter Lange та співавт. [8]. Учасники дослідження були розділені на три незалежні когорти (Framingham Offspring Cohort, Copenhagen City Heart Study та Lovelace Smokers Cohort) виходячи із ОФВ₁ ($\geq 80\%$ або $< 80\%$ від належних) на початку дослідження. Середній вік пацієнтів становив приблизно 40 років і відслідковувались наявність або відсутність ХОЗЛ під час останнього відвідування. Визначались швидкість зниження ОФВ₁ з часом відповідно до вихідного ОФВ₁ учасників та статусу ХОЗЛ у них наприкінці дослідження. Було отримано, що серед 657 осіб, які мали вихідний ОФВ₁ менше 80% від належних у віці до 40 років, через 22 роки спостереження мали ХОЗЛ 26%, а із 2207 осіб, які мали вихідний ОФВ₁ $\geq 80\%$ від належних, через 22 роки ХОЗЛ мали 7% ($p < 0,001$). Із 332 осіб із ХОЗЛ, які мали вихідний ОФВ₁ в межах норми, у майже половини на наприкінці періоду спостереження спостерігалось прискорене падіння ОФВ₁ із середнім (\pm SD) зниженням на (53 ± 21) мл на рік. У тих, хто мав низький ОФВ₁ у ранньому дорослому віці, спостерігалось подальше середнє зниження показника на (27 ± 18) мл на рік ($p < 0,001$), незважаючи на однаковий вплив куріння. Автори дослідження прийшли до висновків, що класична траєкторія прискореного зниження ОФВ₁ від нормального рівня не є обов'язковою ознакою ХОЗЛ, але значна частина осіб, у яких розвивається ХОЗЛ, мають низький рівень ОФВ₁ у ранньому дорослому віці.

Мета-аналіз систематичного огляду 16-ти проспективних когортних досліджень нормальних вікових змін функції легень у дорослих без відомого захворювання легень показав, що у всіх дослідженнях з віком визнача-

лось зниження ОФВ₁, ФЖЕЛ та ПОШ_{видиху}. У дослідженнях із більш тривалим спостереженням (> 10 років) швидкість зниження ОФВ₁ коливалася від 17,7 до 46,4 мл/рік (в середньому 22,4 мл/рік) [9].

Щодо швидкості зниження ОФВ₁ у хворих на ХОЗЛ — за даними популяційного дослідження Good Aging in Skåne середнє зниження становило в середньому 66,3 мл/рік (95% ДІ [56,4; 76,3]), а у учасників без ХОЗЛ — 43,3 мл/рік (1,7%/рік, 95% ДІ [41,2; 45,5] [10].

Таким чином, було отримано підтвердження, що ОФВ₁ є об'єктивним параметром, який має оцінюватись та монітуватись у хворих на ХОЗЛ.

Згідно класифікації GOLD у пацієнтів з ХОЗЛ при наявності зменшення співвідношення ОФВ₁/ФЖЕЛ після прийому бронхолітика менше 0,7 виділяють наступні ступіні тяжкості (градації до GOLD) бронхообструкції [4]:

GOLD	Ступінь тяжкості обструкції повітряпровідних шляхів	ОФВ ₁ , % від належного
GOLD 1	Легка	ОФВ ₁ $\geq 80\%$
GOLD 2	Помірна	50% \leq ОФВ ₁ $< 80\%$
GOLD 3	Тяжка	30% \leq ОФВ ₁ $< 50\%$
GOLD 4	Дуже тяжка	ОФВ ₁ $< 30\%$

В GOLD перегляду 2023 року із подальшим розвитком в перегляді 2024 року було запропоновано для розгляду поняття PRISm (Preserved Ratio Impaired Spirometry) — це стан, при якому збережене співвідношення ОФВ₁/ФЖЕЛ ($\geq 0,7$ після прийому бронхолітика), але ОФВ₁ знижений ($< 80\%$ від належних) [4].

Розповсюдженість цього стану становить 7,1–11% та 10,4–11,3% в окремих популяціях, більше у тих, хто курить, колишніх курців; не залежить від індексу маси тіла, але корелює з жіночою статтю, ожирінням та мультиморбідністю

Асоціюється із збільшенням ризику:

- захворювань серцево-судинної системи,
- смертністю від всіх причин та від серцево-судинних захворювань,
- госпіталізаціями,
- збільшенням ризику розвитку обструкції повітря-провідних шляхів.

З часом обструктивні зміни на спірограмі розвиваються не у всіх, а у приблизно 20–30 % суб'єктів з PRISm. Найважливіші предиктори переходу від PRISm до ХОЗЛ:

- старший вік,
- поточне куріння,
- жіноча стать,
- збільшення часу видиху при повторному спіометричному дослідженні.

За допомогою спірометрії можна чітко визначити лише обструктивний тип порушень ФЗД. Але запідозрити можна також рестриктивний та змішаний (наявність і рестрикції, і обструкції) патерни.

Для діагностики цих порушень необхідний показник загальної ємності легень (ЗЄЛ). Це сума ЖЄЛ та залишкового об'єму легень (ЗОЛ). ЗОЛ — це об'єм повітря, який залишається в легенях після максимально глибокого видиху, його при спірометрії визначити неможливо.

Тяжкість рестриктивних порушень визначається згідно рекомендаціям ATS за ЗЄЛ наступним чином [11]:

ЗЄЛ, % від належних	Ступінь тяжкості порушень
70–80	Легка
60–70	Помірна
50–60	Помірно-тяжка
< 50	Тяжка

Для діагностики змішаного патерну необхідні спірометрія та дослідження легеневиx об'ємів (ЗЄЛ) (рис. 4).

Визначити ЗОЛ та ЗЄЛ дозволяють більш складні та менш розповсюджені методи досліджень.

Бодиплетизмографія. Це метод дозволяє більш повно дослідити легеневі об'єми та ємності та дає можливість виміряти загальний та специфічний бронхіальний опір (R_{tot} , $sRaw$). Вона не є неодмінною умовою для підтвердження обструктивних порушень, але може бути корисною для виявлення підлягаючих захворювань та їх функціональних наслідків — збільшення ЗЄЛ, ЗОЛ або ЗОЛ/ЗЄЛ вище за верхню межу нормальної варіабельності дозволяє запідозрити наявність емфіземи, важкої бронхіальної астми, а також оцінити вираженість гіперінфляції.

Бодиплетизмографія може бути в пригоді в діагностиці варіантів обструктивного синдрому — бронхогенний та/або обструкція на тлі емфіземи легень, її можна застосовувати як допоміжний засіб в диференційній діагностиці бронхіальних та позабронхіальних механізмів погіршення прохідності дихальних шляхів:

- деструкції еластичних структур паренхіми легень та/або стінок периферичних бронхів,
 - пневмофіброзу, зменшення об'єму паренхіми легень,
 - порушення кровообігу в малому колі, тощо;
 - при підозрі на ураження дихальних м'язів (виснаження внаслідок хронічного перенавантаження, центральні або периферичні паралічі),
 - для діагностики зміни еластичності грудної клітки,
 - загальний та специфічний бронхіальний опір (R_{tot} , $sRaw$)
- більшою мірою відображає звуження позаторакальних або великих дихальних шляхів, ніж периферичних дрібних бронхів,
- може бути інформативним у пацієнтів, які не можуть виконати повноцінний маневр форсованого видиху.

Рестриктивні порушення



ДО (TV) – дихальний об'єм, РОВд. (IRV) – резервний об'єм вдиху, РОВид. (ERV) – резервний об'єм видиху, Євд. (IC) – ємність вдиху, ЖЄЛ (VC) – життєва ємність легень, ФЗЄЛ (FRC) – функціональна залишкова ємність легень, ЗОЛ (RV) – залишковий об'єм легень, ЗЄЛ (TLC) – загальна ємність легень

- **За допомогою спірометрії може лише припустити рестриктивний патерн;** для його підтвердження необхідні більш детальні дослідження легеневиx об'ємів (**бодиплетизмографія, DLCO**).
- Можна запідозрити, якщо ОФВ1/ФЖЄЛ в нормі, ($\geq 0,70$), ФЖЄЛ \downarrow ($< 80\%$), а крива потік-об'єм має випуклу форму.
- **Золотим стандартом для діагностики рестриктивних порушень є визначення ЗЄЛ (\downarrow ЗЄЛ $>$ ніж на 5% або 80% від повинних)**

Рис. 3. Рестриктивний патерн порушень ФЗД

Змішані (обструктивно-рестриктивні) порушення



Рис. 4. Змішаний патерн порушень ФЗД

На рис. 5 представлені клінічні приклади нормального опору дихальних шляхів, при стабільному рівні функціональної залишкової ємності легень. Петлі опору рівні, без деформацій, кут їх нахилу невеликий.

По іншому виглядають криві при підвищеному бронхіальному опорі (рис. 6): петля деформується, утворюються характерні «животики», змінюється нахил петлі (вона мов лягає):

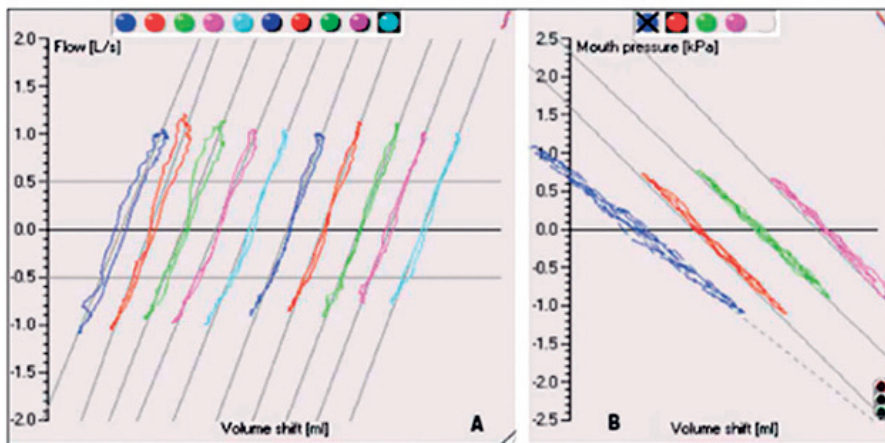


Рис. 5. Клінічний приклад нормальної петлі Rtot, стабільної ФЗЄЛ

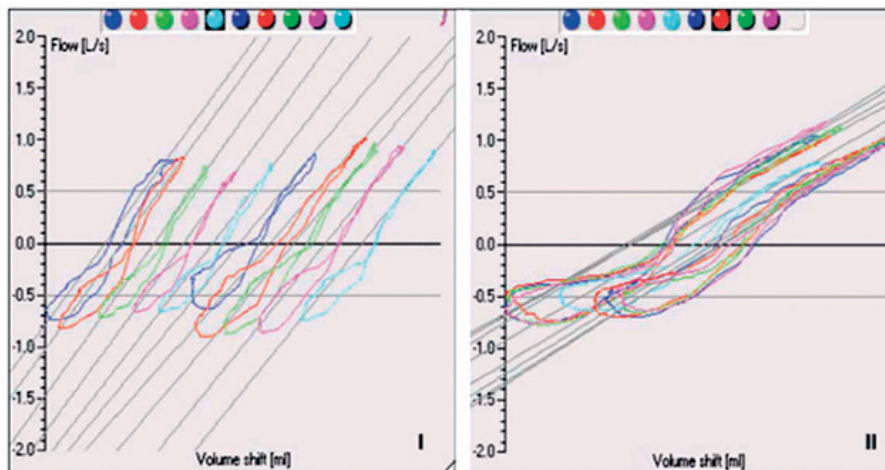
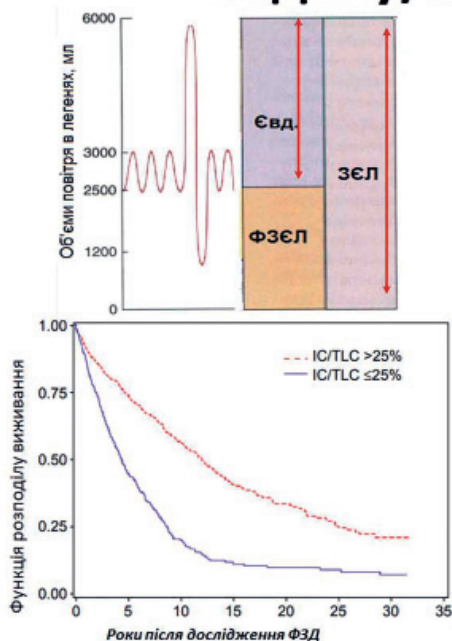


Рис. 6. Клінічний приклад: криві опору при підвищеному бронхіальному опорі

Євдиху/ЗЄЛ (ІС/ТЛС)



French A, Balfe D, Mirocha JM, Falk JA, Mosenifar Z. *International Journal of COPD* 2015;10 1305–1312

Рис. 7. $\epsilon_{\text{вдиху}}/\text{ЗЄЛ (ІС/ТЛС)} \leq 25\%$ - сильний асоціативний зв'язок з підвищенням ризику смерті у пацієнтів з емфізематозним фенотипом ХОЗЛ

В науковій літературі часто зустрічається показник $\epsilon_{\text{вдиху}}/\text{ЗЄЛ}$ (співвідношення ємності вдиху та загальної ємності легень (рис. 7))

При ХОЗЛ емфізематозні зміни в легенях є вторинними по відношенню до руйнування еластичної тканини в легеневій паренхімі. По мірі втрати паренхімою її еластичності, зменшується віддача легень, що призводить до компенсаторного підвищення функціональної залишкової ємності легень; зі збільшенням ФЗЄЛ зменшується $\epsilon_{\text{вдиху}}$. Тому у хворих на ХОЗЛ $\epsilon_{\text{вдиху}}/\text{ЗЄЛ}$ поступово знижуються по мірі зростання статичної гіперінфляції. Співвідношення $\epsilon_{\text{вдиху}}/\text{ЗЄЛ}$ сильно корелює з ризиком смерті. Повідомлялося, що на додаток до ризику смерті статична гіперінфляція легень корелює з фізичною здатністю та серцевою діяльністю у пацієнтів із ХОЗЛ, таким чином додаючи аргументів до клінічного використання співвідношення $\epsilon_{\text{вдиху}}/\text{ЗЄЛ}$ [12].

Інше важливе дослідження для більш повноцінної оцінки ФЗД — *вимірювання дифузійної здатності легень для чадного газу (DLCO)*.

Воно виконується після проведення форсованої спірометрії або бодиплетизмографії (потрібні показники ФЖЄЛ, ЖЄЛ та структура статичних об'ємів); застосовується у хворих на рестриктивні та обструктивні захворювання, для діагностики емфіземи або легеневого фіброзу.

За допомогою цього дослідження визначаються дифузійна здатність легень (DLCO) та альвеолярний об'єм (V_a).

Це дослідження важливе як допоміжне при емфіземі: при емфіземі DLCO та DLCO/V_a зменшуються внаслідок деструкції альвеолярно-капілярної мембрани, що зменшує ефективну площу газообміну; для діагностики емфіземи дослідження DLCO більш інформативне, ніж визна-

- Ретроспективний аналіз бази даних ФЗД (39 050 записів 1978-2009 рр)
- Емфізематозний тип ХОЗЛ (\downarrow ОФВ1/ФЖЄЛ, \uparrow ЗЄЛ, \downarrow дифузійна здатність (DLCO))



- Зменшення $\epsilon_{\text{вдиху}}/\text{ЗЄЛ (ІС/ТЛС)}$
 - відображує статичну гіперінфляцію (яка сильно пов'язана з динамічною гіперінфляцією у відповідь на фізичні навантаження)
 - а також із переносимістю фізичних навантажень)
- **$\epsilon_{\text{вдиху}}/\text{ЗЄЛ (ІС/ТЛС)} \leq 25\%$** - сильний асоціативний зв'язок з підвищенням ризику смерті у пацієнтів з емфізематозним фенотипом ХОЗЛ

чення легеневої розтяжності, а за здатністю до реєстрації початкових патологічних змін легеневої паренхіми цей метод можна порівняти за чутливістю з КТ.

DLCO коригується з поправкою на гемоглобін, може знадобитися скоригувати для кількох інших факторів, таких як карбоксигемоглобін, FiO.

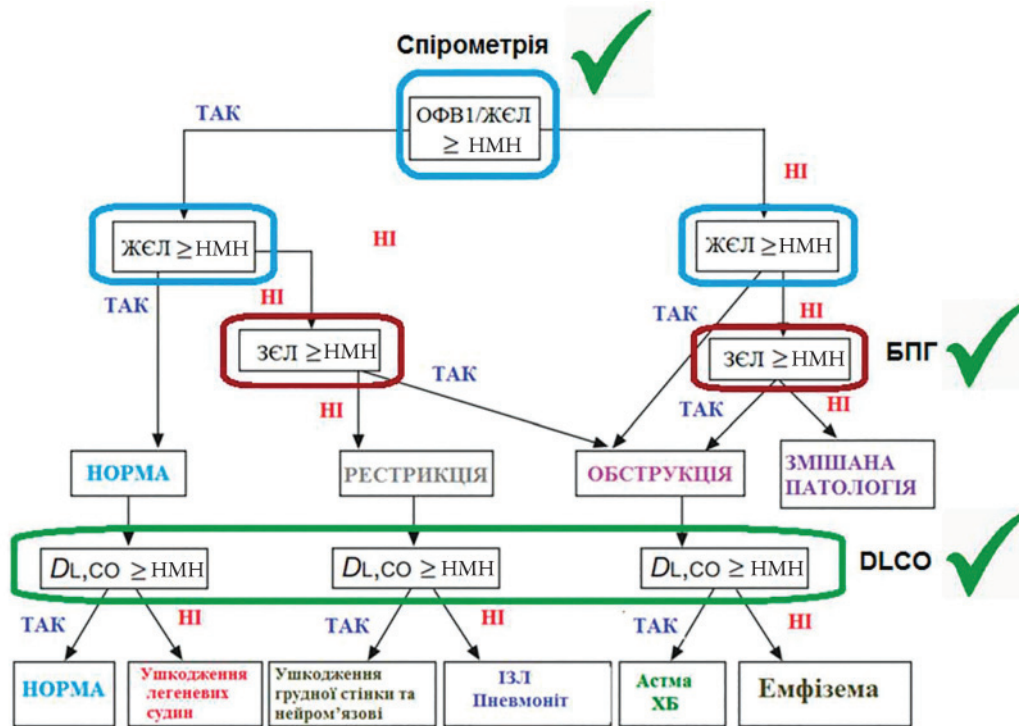
За ступенем тяжкості порушення DLCO розділяються [13]:

- Нормальна DLCO: $>75-140\%$ від належних
- Легкі порушення: $75-60\%$ від нижньої межі або норми
- Помірні порушення: $40-60\%$
- Тяжкі порушення: $<40\%$

DLCO можна представити як добуток альвеолярного об'єму (V_a) та коефіцієнту переносу CO (KCO, вказує на ефективність переносу CO в альвеоли). DLCO може бути знижена внаслідок зменшення V_a , KCO, або обох.

Інтерпретація результатів дослідження DLCO [13]:

- Низька DLCO та низький KCO: у хворих з емфіземой внаслідок деструкції альвеол (при хронічному бронхіті зазвичай в нормі) з обструктивним патерном ФЗД; при інтерстиціальних захворюваннях легень (ІЗЛ), легеневого фіброзі за рахунок потовщення альвеолярно-капілярної мембрани з рестриктивним патерном ФЗД,
- зменшення DLCO може викликати куріння,
- зменшена DLCO на тлі нормальних показників спірометрії при задишці невідомої етіології — вірогідність патології судин легень, може бути і при інших станах (ІЗЛ або ранніх стадій емфіземи),
- зменшена DLCO на тлі обструкції — можлива емфізема,
- зменшена DLCO при збережених або зменшених легневих об'ємах — можливо при саркоїдозі, ІЗЛ,



ОФВ₁ – об'єм форсованого видиху за першу секунду, **ЖЄЛ** – життєва ємність легень, **ЗЄЛ** – загальна ємність легень, **DLCO** – дифузійна здатність для чадного газу, **НМН** – нижня межа норми

Eur Respir J 2005; 26: 948–968

Рис. 8. Алгоритм оцінки ФЗД в клінічній практиці (адаптовано з Eur Respir J 2005; 26: 956); НМН — нижня межа норми

пнеумофіброзі, хронічній емболії легень, первинній легеневій гіпертензії, інших захворюваннях судин легень; під питанням лімфогранулематоз.

- Нормальна DLCO на тлі рестриктивних порушень — можлива патологія стінки грудної клітки.
- Висока DLCO - можливо при астмі, ожирінні, внутрішньолегеневій кровотечі.
- КСО може бути підвищеним — при станах, що супроводжуються профузними легеневиими кровотечами (синдром Гудпасчура, системний червоний вовчак з поліангіїтом) (пов'язано з поглинанням СО вільними еритроцитами, що вистилають альвеоли, коли гемоглобін руйнується, рівень КСО падає до норми).

Дослідження DLCO у хворих ХОЗЛ дає цікаві результати, які можуть бути використані в клінічній практиці [14].

Мета-аналіз 43 досліджень, опублікованих до кінця 2019 року, в який вивчалась DLCO у хворих ХОЗЛ різних ступенів тяжкості згідно різних класифікацій (стадії GOLD, групи GOLD 2011 та GOLD 2017) показав, що більш низька DLCO, % від належних була у хворих ХОЗЛ:

- із зниженим ОФВ₁ (% від повинних) — стадії III–IV,
- із високим ризиком загострень (групи C–D) (незалежно GOLD 2011 або 2017),
- аналіз смертей показав значне зниження % DLCO у тих, хто не вижив.

Автори піднімають питання: DLCO (%) може бути предиктором ризику загострень незалежно від ОФВ₁? DLCO (%) може бути предиктором смерті від ХОЗЛ?

У хворих на емфізему легень: більш низька DLCO (%) визначалась у пацієнтів з емфізематозним типом ХОЗЛ, порівняно з хворими із не емфізематозним типом ХОЗЛ.

Кореляція DLCO та легеневої перфузії: знижена DLCO (%) супроводжувалась гіршою якістю життя, у таких хворих було більше тяжких загострень, більша захворюваність незалежно від ОФВ₁ та % площі поверхні легень, охоплених емфіземою за даними КТ.

Кореляція DLCO та легеневої гіпертензії (ЛГ): DLCO (%) достовірно нижче у пацієнтів з ХОЗЛ+ЛГ, ніж у пацієнтів з ХОЗЛ без ЛГ; підгрупа пацієнтів з ХОЗЛ+ЛГ вважається «васкулярним фенотипом» — пацієнти з ХОЗЛ із мінімальною бронхообструкцією, але тяжкими гемодинамічними розладами — у них більш низький DLCO та більша смертність, ніж у пацієнтів з ХОЗЛ без ЛГ. DLCO (%) — незалежний предиктор виживаємості пацієнтів з ХОЗЛ+ЛГ.

Роль та можливості кожного із вищезазначених методів дослідження ФЗД представлені в алгоритмі, пропонуваному ERS (рис. 8) [15].

Починати дослідження ФЗД рекомендується із спірометрії, яка дозволяє визначити співвідношення ОФВ₁/ФЖЄЛ, далі його можна доповнити бодиплетизмографією (визначити ЗЄЛ), ці два показника вже визначають патерн наявних порушень ФЗД (норма, обструкція, рестрикція, змішані порушення). А наступне дослідження дифузійної здатності легень вже дозволяє деталізувати наявні порушення.

Висновок: в клінічній практиці різні дослідження ФЗД важливі та доповнюють один одного.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фещенко ЮІ, Яшина ЛА, Полянська МА. Основи спірометрії і її особливості при ХОЗЛ. Астма та алергія. 2012;(2):22–27.
2. Полянська МА. Спірометрія в питаннях і відповідях [Текст] / Полянська М. А. // Медична газета «Здоров'я України». 2009;(2/1):38–39.
3. Полянська МА. Проведення спірометрії в клінічній практиці. Функціональні проявлення бронхообструктивних захворювань (клінічні приклади). Астма та алергія. 2013;(4):40–48.
4. Global strategy for prevention, diagnosis and management of COPD: 2024 Report. Available at: <https://goldcopd.org/2024-gold-report/>
5. Fletcher C, Peto R. The natural history of chronic airflow obstruction. *Br Med J*. 1977;1(6077):1645–1648. doi: 10.1136/bmj.1.6077.1645. PMID: 871704; PMCID: PMC1607732.
6. Vestbo J, Anderson W, Coxson HO, et al. Evaluation of COPD Longitudinally to Identify Predictive Surrogate End-points (ECLIPSE). *European Respiratory Journal*. 2008;31:869–873; DOI: 10.1183/09031936.00111707
7. Kirkby J, Nenna R, McGowan A. Changes in FEV1 over time in COPD and the importance of spirometry reference ranges: the devil is in the detail. *Breathe*. 2019;15(4):337–339; DOI: 10.1183/20734735.0252-2019.
8. Lange P, et al. Lung-Function Trajectories Leading to Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *N Engl J Med*. 2015;373:111–122. DOI: 10.1056/NEJMoa1411532.
9. Thomas ET, Guppy M, Straus SE, et al. Rate of normal lung function decline in ageing adults: A systematic review of prospective cohort studies. *BMJ Open*. 2019;9(6):e028150. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-028150>
10. Rosso A, Egervall K, Elmståhl S. Annual decline rate in FEV1s in community-dwelling older adults diagnosed with mild to moderate COPD. *npj Prim. Care Respir. Med*. 2022;32:30. <https://doi.org/10.1038/s41533-022-00292-w>.
11. Martinez-Pitre PJ, Sabbula BR, Cascella M. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
12. French A, Balfe D, Mirocha JM, et al. The inspiratory capacity/total lung capacity ratio as a predictor of survival in an emphysematous phenotype of chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2015;;10:1305–1312. doi: 10.2147/COPD.S76739. PMID: 26203237; PMCID: PMC4506024.
13. Modi P, Cascella M. Diffusing Capacity Of The Lungs For Carbon Monoxide. [Updated 2023 Mar 13]. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK556149/>
14. Ni Y, Yu Y, Dai R, et al. Diffusing capacity in chronic obstructive pulmonary disease assessment: A meta-analysis. *Chron Respir Dis*. 2021;18:14799731211056340. doi: 10.1177/14799731211056340. PMID: 34855516; PMCID: PMC8649441.
15. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, et al. Interpretative strategies for lung function tests *European Respiratory Journal*. 2005;26(5):948–968; DOI: 10.1183/09031936.05.00035205.

REFERENCES

1. Feshchenko Yul, Yashina LA, Polyanskaya MA. *Osnovy spirometrii i yeye osobennosti pri KHOZL* (Basics of spirometry and its features in COPD). *Astma ta alergiya*. 2012;(2):22–27.
2. Polyanskaya MA. *Spirometriya v voprosakh i otvetakh* (Spirometry in questions and answers). *Medychna gazeta «Zdorovya Ukrainy»*. 2009;(2/1):38–39.
3. Polyanskaya MA. *Provedeniye spirometrii v klinicheskoy praktike. Funktsional'nyye proyavleniya bronkhoobstruktivnykh zabolevaniy (klinicheskoye primery)* (Conducting spirometry in clinical practice. Functional manifestations of broncho-obstructive diseases (clinical examples)). *Astma ta alergiya*. 2013;(4):40–48.
4. Global strategy for prevention, diagnosis and management of COPD: 2024 Report. Available at: <https://goldcopd.org/2024-gold-report/>
5. Fletcher C, Peto R. The natural history of chronic airflow obstruction. *Br Med J*. 1977;1(6077):1645–1648. doi: 10.1136/bmj.1.6077.1645. PMID: 871704; PMCID: PMC1607732.
6. Vestbo J, Anderson W, Coxson HO, et al. Evaluation of COPD Longitudinally to Identify Predictive Surrogate End-points (ECLIPSE). *European Respiratory Journal*. 2008;31:869–873; DOI: 10.1183/09031936.00111707
7. Kirkby J, Nenna R, McGowan A. Changes in FEV1 over time in COPD and the importance of spirometry reference ranges: the devil is in the detail. *Breathe*. 2019;15(4):337–339; DOI: 10.1183/20734735.0252-2019.
8. Lange P, et al. Lung-Function Trajectories Leading to Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *N Engl J Med*. 2015;373:111–122. DOI: 10.1056/NEJMoa1411532.
9. Thomas ET, Guppy M, Straus SE, et al. Rate of normal lung function decline in ageing adults: A systematic review of prospective cohort studies. *BMJ Open*. 2019;9(6):e028150. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-028150>
10. Rosso A, Egervall K, Elmståhl S. Annual decline rate in FEV1s in community-dwelling older adults diagnosed with mild to moderate COPD. *npj Prim. Care Respir. Med*. 2022;32:30. <https://doi.org/10.1038/s41533-022-00292-w>.
11. Martinez-Pitre PJ, Sabbula BR, Cascella M. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
12. French A, Balfe D, Mirocha JM, et al. The inspiratory capacity/total lung capacity ratio as a predictor of survival in an emphysematous phenotype of chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2015;;10:1305–1312. doi: 10.2147/COPD.S76739. PMID: 26203237; PMCID: PMC4506024.
13. Modi P, Cascella M. Diffusing Capacity Of The Lungs For Carbon Monoxide. [Updated 2023 Mar 13]. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK556149/>
14. Ni Y, Yu Y, Dai R, et al. Diffusing capacity in chronic obstructive pulmonary disease assessment: A meta-analysis. *Chron Respir Dis*. 2021;18:14799731211056340. doi: 10.1177/14799731211056340. PMID: 34855516; PMCID: PMC8649441.
15. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, et al. Interpretative strategies for lung function tests *European Respiratory Journal*. 2005;26(5):948–968; DOI: 10.1183/09031936.05.00035205.