

Є. О. Меренкова, Н. В. Пендальчук  
ДИFUЗІЙНА ЗДАТНІСТЬ ЛЕГЕНЬ ПРИ САРКОЇДОЗИ:  
КОРРЕЛЯЦІЯ З ПОКАЗНИКАМИ СПІРОМЕТРІЇ, ЗАГАЛЬНОЇ ЄМНОСТІ,  
ЗАЛИШКОВОГО ОБ'ЄМУ ЛЕГЕНЬ ТА КТ-СИМПТОМАМИ

ДУ «Національний науковий центр фтизіатрії, пульмонології та алергології  
імені Ф. Г. Яновського Національної академії медичних наук України»

ДИFUЗІЙНА ЗДАТНІСТЬ ЛЕГЕНЬ ПРИ САРКОЇДОЗИ:  
КОРРЕЛЯЦІЯ З ПОКАЗНИКАМИ СПІРОМЕТРІЇ,  
ЗАГАЛЬНОЇ ЄМНОСТІ, ЗАЛИШКОВОГО ОБ'ЄМУ ЛЕГЕНЬ ТА  
КТ-СИМПТОМАМИ

Є. О. Меренкова, Н. В. Пендальчук

Резюме

У порівнянні з показниками статичних та форсованих об'ємів та ємностей легень, дифузійна здатність легень (DLCO) є більш чутливим показником в оцінці порушень функціонального стану легень при саркоїдозі.

**Мета дослідження** — вивчити кореляцію між DLCO та показниками спірометрії, загальною ємністю, залишковим об'ємом легень, КТ-симптомами у пацієнтів із саркоїдозом легень.

**Матеріал та методи.** Досліджено 32 хворих (жінок — 12, чоловіків — 20; вік — від 22 до 66 років), з них 16 — з вперше діагностованим саркоїдозом легень II стадії та 16 — рецидивуючим в активній фазі рецидиву саркоїдозу II стадії. Всі пацієнти обстежені методом комп'ютерної томографії (КТ) на КТ-сканері Aquilion TSX-101A (Toshiba). Оцінку результатів комп'ютерної томографії проводили з використанням програми K-Pacs за допомогою критеріїв, описаних М. Veltkamp, J. C. Grutters (2014).

Функціональний стан легень оцінювали на основі даних спірометрії, дослідження загальної ємності, дифузійної здатності легень на діагностичному комплексі "Diffustic" (Geraterm Respiratory GmbH). Аналізували наступні показники спірометрії (% до належн.): життєву ємність легень (VC), форсовану життєву ємність легень (FVC), об'єм форсованого видиху за першу секунду ( $FEV_1$ ), показник  $FEV_1/FVC$  (%), ємність вдиху (IC). Аналізували показники загальної ємності легень (TLC), залишкового об'єму легень (RV). Дифузійна здатність легень оцінювалася за допомогою методу одиничного вдиху з розрахунком показника дифузії (DLCO). Для дослідження зв'язків між показниками використовували кореляційний аналіз, а саме ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена (Rho). Значущими вважали результати при  $p < 0,05$ .

**Результати.** Вивчення кореляції між DLCO та показниками спірометрії, загальної ємності, залишкового об'єму легень показало найбільш сильний (за шкалою Чеддока) прямий зв'язок з TLC, IC, тобто маркерами рестриктивних змін, та очевидний прямий зв'язок з  $FEV_1$ , VC, FVC, помірний прямий зв'язок з RV та  $FEV_1/FVC$ . Кореляція між DLCO і показниками форсованого видиху (насамперед FVC), на наш погляд, також може бути обумовлена зниженням статичних об'ємів та ємностей внаслідок переважно рестриктивних порушень, оскільки коефіцієнт Спірмена для головного показника бронхообструкції  $FEV_1/FVC$  був найменшим. Вивчення кореляції Спірмена між DLCO та ступенем вираженості КТ-симптомів не виявило статистично достовірних зв'язків, що з найбільшою ймовірністю обумовлено недосконалістю та впливом суб'єктивного фактора в кількісній оцінці КТ-симптомів.

**Висновок.** Кореляційні зв'язки між DLCO та статичними об'ємами та ємностями легень не передбачають наявності прямих причинно-наслідкових відносин, однак можуть бути використані як маркери негативного впливу на газообмін у легенях і додаткові критерії оцінки ефективності та визначення термінів терапії.

**Ключові слова:** саркоїдоз легень, дифузійна здатність легень, спірометрія, загальна ємність та залишковий об'єм легень, КТ-симптоми, кореляція Спірмена.

DIFFUSING LUNG CAPACITY IN SARCOIDOSIS:  
A CORRELATION WITH SPIROMETRY DATA, TOTAL LUNG  
CAPACITY, RESIDUAL VOLUME  
AND CT SYMPTOMS

E. O. Merenkova, N. V. Pendalchuk

Abstract

In comparison with static and forced lung volumes and capacities, lung diffusing capacity (DLCO) is more sensitive indicator for an assessment of lung function in sarcoidosis.

**Aim** — to study a correlation between DLCO spirometry parameters, total lung capacity, residual volume and CT symptoms in patients with pulmonary sarcoidosis.

**Materials and methods.** We examined 32 patients with pulmonary sarcoidosis (12 women and 20 men, age 22–66 years): newly diagnosed stage 2 sarcoidosis — 16, relapsing stage 2 sarcoidosis in active phase — 16. All patients underwent chest CT-scan using Aquilion TSX-101A scanner (Toshiba). CT images were processed and interpreted using K-Pacs software using diagnostic criteria by M. Veltkamp, J. C. Grutters (2014).

Lung function was assessed using spirometry, diffusing lung capacity and total lung capacity tests, performed on Diffustic" (Geraterm Respiratory GmbH) diagnostic equipment. The following spirometry parameters were analyzed (% predicted): vital capacity (VC), forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in 1 sec ( $FEV_1$ ),  $FEV_1/FVC$  ratio (%), inspiratory capacity (IC). Total lung capacity (TLC) and residual volume (RV) were also analyzed. Diffusing lung capacity index was measured using single breath method. To reveal correlation between studied indices a Spearman's rank correlation coefficient was calculated (Rho). The results with  $p < 0,05$  were considered significant.

**Results.** A correlation study between DLCO and spirometry parameters, TLC, RV demonstrated a high (on the Chaddock scale) positive correlation between DLCO and TLC, IC (markers of restrictive disturbances) and an evident positive correlation between DLCO and  $FEV_1$ , VC, FVC. Evident positive correlation between DLCO and RV and  $FEV_1/FVC$  was also revealed. A correlation between DLCO and forced expiration parameters (FVC mainly), in our opinion, may possibly be determined by decreased static volumes and capacities due to restrictive ventilation disorders, as evidenced by a lowest Spearman's rank coefficient for the main indicator of bronchial obstruction  $FEV_1/FVC$ . No significant correlation was revealed between DLCO and lung CT symptoms, most likely due to imperfection and the influence of subjective judgement in quantitative assessment of CT symptoms.

**Conclusion.** Correlation between DLCO and static volumes and capacities may not be necessarily due to direct cause-and-effect relationship, but it could be used as the markers of the negative influence on lung gas exchange and as additional criteria for the effectiveness and the duration of the therapy.

**Key words:** pulmonary sarcoidosis, diffusing lung capacity, spirometry, total lung capacity, residual volume, CT symptoms, Spearman's correlation.

Меренкова Євгенія Олександрівна  
 Державна установа «Національний науковий центр фізіології,  
 пульмонології та алергології імені Ф. Г. Яновського НАМН України»  
 Відділення інтерстиціальних захворювань легень  
 Провідний науковий співробітник  
 Доктор медичних наук  
 10, вул. М. Амосова, 03038, м. Київ  
 Tel.: +380 67 507 65 29 merenkova1@gmail.com  
 https://orcid.org/0000-0003-1299-7058  
 https://orcid.org/0000-0003-1299-7058

Ievgeniia O. Merenkova  
 SI "National scientific center of phthiisology, pulmonology, and allergology  
 named after F. G. Yanovsky  
 NAMS of Ukraine"  
 Department of interstitial lung diseases  
 Leading research associate  
 Doctor of medicine  
 10, M. Amosova str., Kyiv, 03038, Ukraine  
 Tel.: +380 67 507 65 29 merenkova1@gmail.com  
 https://orcid.org/0000-0003-1299-7058

## Вступ

Легенева вентиляція, дифузія та кровотік є трьома складовими процесу газообміну у легенях [1]. При цьому найточніше ефективність газообміну характеризують показники дифузійної здатності легень (DLCO), оскільки швидкість дифузії газів через альвеоло-капілярну мембрану є інтегральним показником легеневої вентиляції та кровотоку і значною мірою визначається факторами, які не залежать від вентиляції та кровотоку (товщина альвеоло-капілярної мембрани, площа дифузійної поверхні легень) [2–4].

Дифузія — це фізичний процес транспорту газу з області з більшою концентрацією в область з меншою концентрацією. Парціальний тиск кисню в альвеолах (100 мм рт. ст.) значно вищий, ніж його напруга у венозній крові, що надходить до капілярів легень (40 мм рт. ст.). Градієнт парціального тиску для вуглекислого газу спрямований у зворотний бік (46 мм рт. ст. на початку легеневої капілярів та 40 мм рт. ст. в альвеолах). Ці градієнти тисків є рушійною силою дифузії газів у легенях (рис. 1).

Кількісна сторона процесу описується першим законом Фіка (Fick A. E., 1829–1901), згідно з яким швидкість дифузійного потоку через шари тканини прямо пропорційна площі цього шару, різниці парціального тиску по обидві його сторони і обернено пропорційна товщині шару.

Для визначення справжньої дифузійної здатності легень (а не ефективності газообміну загалом) нині використовується окис вуглецю (CO) – чадний газ. Спорідненість CO до гемоглобіну в 220 разів перевищує

аналогічний показник для кисню. Проникаючи через альвеоло-капілярну мембрану, він швидко та у великому обсязі зв'язується з гемоглобіном практично без підвищення парціального тиску CO у плазмі крові [6]. Градієнт тиску між альвеолами і кров'ю капілярів залишається високим, при цьому швидкість кровотоку, об'єм крові в капілярах не позначаються на дифузії цього газу. Отже, кількість окису вуглецю, що перейшло з альвеол в кров легеневої капілярів, залежить тільки від властивостей дифузійного бар'єру, тобто перенесення обмежене лише дифузійною [1].

Зниження DLCO є високопрогностичним фактором порушень газообміну при фізичному навантаженні у пацієнтів з саркоїдозом, а DLCO і артеріальна десатурація при фізичному навантаженні вважаються найсильнішими функціональними параметрами, що корелюють з поширеністю і тяжкістю саркоїдозу, що оцінюються або за патологічними показниками, або за даними комп'ютерної томографії високої роздільної здатності (КТВРЗ). Крім того, це зниження корелює зі втратою дифузійної здатності альвеолярної мембрани, а не зі змінами об'єму крові в легеневої капілярах [7].

Дифузійна здатність для чадного газу (DLCO) < 60 %, а також форсована життєва ємність легень (FVC) < 70 % свідчать про клінічно значущу патологію саркоїдозу легень та потребують лікування [8]. Порогове значення DLCO менше 40 % від прогнозованого пов'язане з підвищеною смертністю у пацієнтів із саркоїдозом [9].

Дослідження функції легень з вимірами статичних та форсованих об'ємів та ємностей легень може показува-

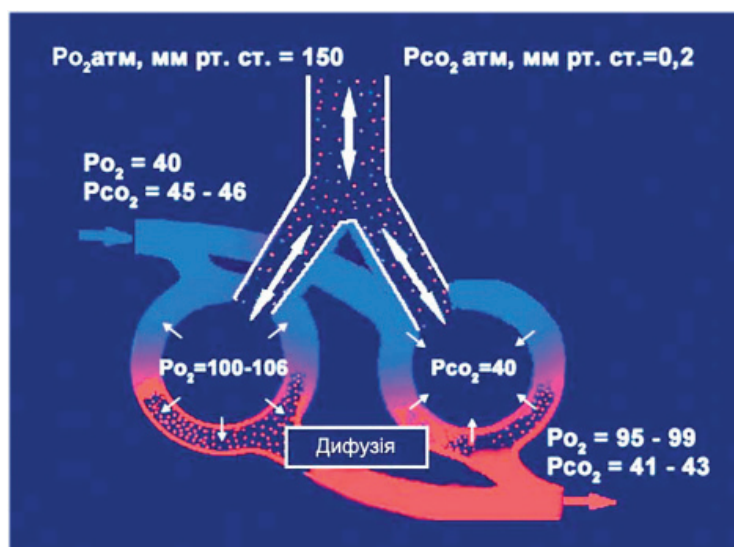


Рис. 1. Градієнти тиску O<sub>2</sub> та CO<sub>2</sub> як рухова сила дифузії [5]

ти нормальні результати, навіть якщо анатомічні зміни, задокументовані радіологічними дослідженнями, є серйозними [10]. В дослідженні Calaras D. та співавт. [11] лише 14,6 % вперше діагностованих пацієнтів із саркоїдозом мали рестриктивні зміни або змішані — рестрикцію та обструкцію. Обструкцію спостерігали у 9,7 % пацієнтів. Ця легка обструкція була поширеною з ранніх стадій захворювання з тенденцією до співіснування з рестрикцією у міру прогресування захворювання. Набагато частіше спостерігалось зниження DLCO — у 69,4 % пацієнтів. Тобто DLCO виявив себе як більш чутливий показник в оцінці порушень функціонального стану легень при саркоїдозі.

Зміни форсованої життєвої ємності легень (FVC) з часом лише частково корелюють з результатами КТВРЗ, тому комбінований аналіз з DLCO є більш точним для оцінки розвитку захворювання [12].

*Мета дослідження* — вивчити кореляцію між DLCO та показниками спірометрії, загальною ємністю, залишковим об'ємом легень, КТ-симптомами у пацієнтів із саркоїдозом легень.

### Матеріали та методи

Роботу виконано під керівництвом член-кор. НАМН України, професора [В. К. Гаврисюка](#) у відділенні інтерстиційних захворювань легень Державної установи "Національний науковий центр фізичної реабілітації, пульмонології та алергології імені Ф. Г. Яновського НАМН України"

До дослідження було включено 32 хворих (жінок — 12, чоловіків — 20; вік — від 22 до 66 років), з них 16 (жінок — 4, чоловіків — 12; середній вік —  $(35,0 \pm 2,1)$  років) — з вперше діагностованим саркоїдозом легень II стадії та 16 (жінок — 8, чоловіків — 8; середній вік —  $(47,0 \pm 2,7)$  років) — рецидивуючим в активній фазі рецидиву саркоїдозу II стадії. Всі хворі були ознайомлені з переліком процедур та підписали інформовану згоду на участь в дослідженні.

Поряд з клінічним обстеженням всі пацієнти обстежені методом КТВРЗ на КТ-сканері Aquilion TSX-101A (Toshiba). Оцінку результатів комп'ютерної томографії проводили за допомогою критеріїв, описаних M. Veltkamp, J. C. Grutters [13].

Оцінку даних КТ здійснювали з використанням програми K-Rads.

Для проведення статистичної обробки КТ-ознак застосували бальну оцінку: 0 балів — відсутність, 1 бал — незначна ступінь вираженості, 2 бали — помірна та 3 бали — різко виражена. Аналізували наступні КТ-ознаки:

- 1) двостороння симетрична прикоренева лімфаденопатія (ДПЛ), ступінь збільшення вузлів (рис. 2);
- 2) мікровузликкове скупчення гранульом (МСГ) у паренхімі з перилімфатичним розподілом, наявність, ступінь поширеності та щільності (рис. 3);
- 3) консолидації (Конс), наявність та ступінь вираженості (рис. 4);
- 4) ознаки інтерстиційного фіброзу (Фіб), наявність та ступінь вираженості (рис. 5, 6);

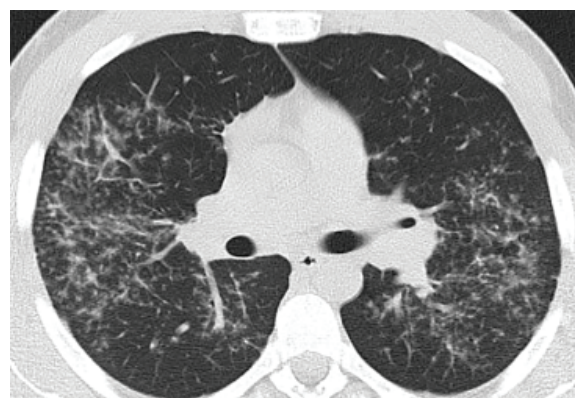


Рис. 3. Пацієнт М., 23 років. КТ ОГП, аксіальний зріз: різко виражене поширене скупчення гранульом (3 бали)

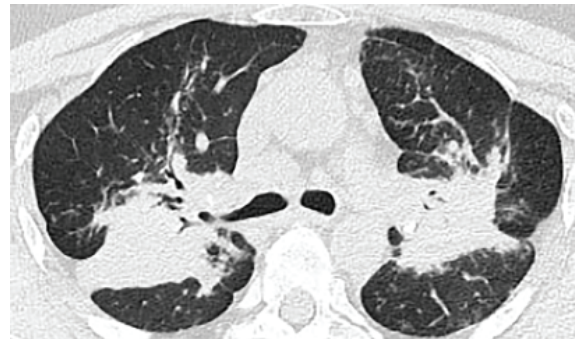


Рис. 4. Пацієнтка М., 56 років, КТ ОГП, аксіальний зріз: масивні консолидації у прикорених зонах (3 бали)

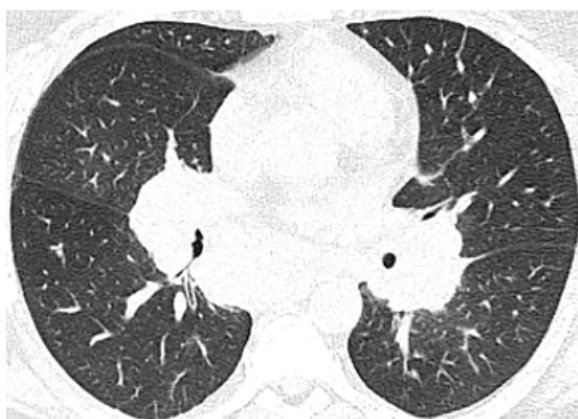


Рис. 2. Пацієнт Б., 39 років. КТ ОГП, аксіальний зріз: різко виражена ДПЛ (3 бали)



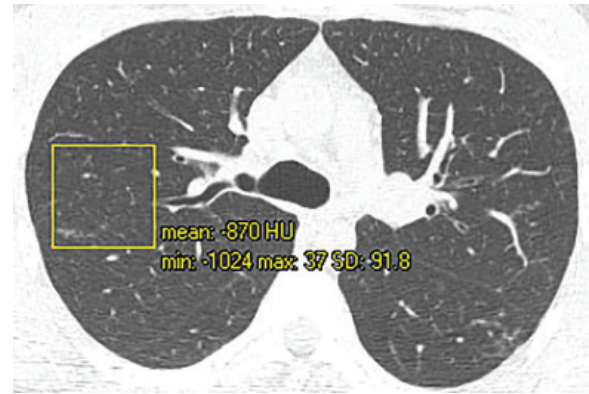
Рис. 5. Пацієнтка М., 48 років, КТ ОГП, аксіальний зріз: ознаки поширеного помірного інтерстиційного фіброзу легень (2 бали)



**Рис. 6.** Пацієнтка Г. 53 років, КТ ОГП, аксіальний зріз: ознаки поширеного значно вираженого інтерстиційного фіброзу легень (3 бали)

Проводили також комп'ютерну денситометрію (ДМ) паренхіми у прикореневій ділянці (в одиницях Хаунсфілда — HU) по можливості поза скупченням гранульом (рис. 7).

Функціональний стан легень оцінювали на основі даних спірометрії, дослідження структури загальної ємності, дифузійної здатності легень на діагностичному комплексі "Diffustic" (Geraterm Respiratory GmbH). Аналізували наступні показники спірометрії: життєву ємність легень (VC, % до належн.), форсовану життєву ємність легень (FVC, % до належн.), об'єм форсованого видиху за першу секунду (FEV<sub>1</sub>, % до належн.), показник FEV<sub>1</sub>/FVC (%), ємність вдиху (IC, % до належн.). Аналізували також показники загальної ємності легень (TLC, % до належн.), залишкового об'єму легень (RV, % до належн.).



**Рис. 7.** Визначення щільності паренхіми легень у прикореневій ділянці

Дифузійна здатність легень оцінювалася за допомогою методу одиничного вдиху з розрахунком показника дифузії (DLCO, % до належн.).

#### Статистичні методи

Для дослідження зв'язків між показниками використовували кореляційний аналіз, а саме ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена (Rho). Для розрахунків застосовували програму StatPlus (StatPlus, AnalystSoft Inc. — програма статистичного аналізу, версія 7, ліцензія #21735752). Значущими вважали результати при  $p < 0,05$ .

#### Результати

У таблиці 1 представлені результати вивчення кореляційних зв'язків між DLCO та показниками спірометрії, структури загальної ємності легень, залишкового об'єму легень.

Таблиця 1

**Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена між DLCO та показниками спірометрії, загальної ємності, залишкового об'єму легень**

Показники	n	Rho	Характер зв'язку	Сила зв'язку	p
DLCO vs TLC	32	0,726	прямий	висока	< 0,05
DLCO vs IC	32	0,635	прямий	очевидна	< 0,05
DLCO vs FEV <sub>1</sub>	32	0,614	прямий	очевидна	< 0,05
DLCO vs VC	32	0,565	прямий	очевидна	< 0,05
DLCO vs FVC	32	0,557	прямий	очевидна	< 0,05
DLCO vs RV	32	0,461	прямий	помірна	< 0,05
DLCO vs FEV <sub>1</sub> /FVC	32	0,333	прямий	помірна	> 0,05

Таблиця 2

**Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена між DLCO та ступенем вираженості КТ-симптомів**

Показники	n	Rho	Характер зв'язку	Сила зв'язку	p
DLCO vs Фіб	32	-0,322	зворотній	помірна	> 0,05
DLCO vs ДМ	32	-0,269	зворотній	слабка	> 0,05
DLCO vs МСГ	32	-0,090	зворотній	слабка	> 0,05
DLCO vs ДПЛ	32	-0,045	зворотній	слабка	> 0,05
DLCO vs Конс	32	-0,037	зворотній	слабка	> 0,05

Виявлено високий прямий кореляційний зв'язок між показником DLCO і загальною ємністю легень TLC —  $Rho = 0,726$ ,  $p < 0,05$ , та прямий очевидний зв'язок з IC —  $Rho = 0,636$ ,  $p < 0,05$ , зі  $FEV_1$  —  $Rho = 0,614$ ,  $p < 0,05$ , зі VC —  $Rho = 0,565$ ,  $p < 0,05$ , зі FVC —  $Rho = 0,557$ ,  $p < 0,05$ , а також помірний прямий зв'язок з RV —  $Rho = 0,461$ ,  $p < 0,05$ , не достовірний помірний прямий зв'язок зі  $FEV_1/FVC$  —  $Rho = 0,333$ ,  $p > 0,05$ .

У таблиці 2 представлені коефіцієнти кореляції між DLCO та наявністю та ступенем вираженості КТ-симптомів.

Дані таблиці 2 демонструють помірний зворотній кореляційний зв'язок між DLCO і Фіб ( $Rho = -0,322$ ) та слабкий зворотній зв'язок між DLCO та ДМ ( $Rho = -0,269$ ), МСГ ( $Rho = -0,090$ ), ДПЛ ( $Rho = -0,045$ ), Конс ( $Rho = -0,037$ ). При цьому всі кореляційні зв'язки між DLCO та ступенем вираженості КТ-симптомів були статистично не достовірними ( $p > 0,05$ ).

### Обговорення

DLCO є найточнішим показником газообміну в легенях, оскільки швидкість дифузії газів через альвеоло-капілярну мембрану є інтегральним показником легеневої вентиляції та кровотоку і значною мірою визначається факторами, які не залежать від вентиляції та кровотоку (товщина альвеоло-капілярної мембрани, площа дифузійної поверхні легень) [2–4].

Вентиляційна функція легень як перша складова процесу газообміну у легенях спрямована на забезпечення процесу дифузії  $O_2$  у кров та виведення  $CO_2$  у альвеолярний простір [1]. Вона може бути обмежена не тільки обструктивними та рестриктивними змінами, але й екстрапульмональними факторами (наприклад, порушеннями функціонального стану дихальних м'язів, втому, рівнем комплаєнсу та ін.) що може зменшити об'єктивність показників легеневої вентиляції щодо оцінки впливу хвороби на процес газообміну.

У порівнянні з показниками статичних та форсованих об'ємів та ємностей легень, DLCO є більш чутливим показником в оцінці порушень функціонального стану легень при саркоїдозі [11, 12].

Зниження DLCO є високопрогностичним фактором порушень газообміну у пацієнтів з саркоїдозом: DLCO  $< 60\%$  свідчить про клінічно значущу патологію саркоїдозу легень та потребує лікування [8], а значення DLCO  $< 40\%$  від прогнозованого пов'язане з підвищеною смертністю у пацієнтів із саркоїдозом [9].

Проведене нами вивчення кореляції між DLCO та показниками спірометрії, загальної ємності, залишкового об'єму легень показало найбільш сильний прямий зв'язок з TLC, IC, тобто маркерами рестриктивних змін, та очевидний прямий зв'язок з  $FEV_1$ , VC, FVC, помірний прямий зв'язок з RV та  $FEV_1/FVC$ . Кореляція між DLCO і показниками форсованого видиху (насамперед FVC), на наш погляд, також може бути обумовлена зниженням статичних об'ємів та ємностей внаслідок переважно рестриктивних порушень, оскільки коефіцієнт Спірмена для головного показника бронхообструкції  $FEV_1/FVC$  був найменшим.

Вивчення кореляції Спірмена між DLCO та ступенем вираженості КТ-симптомів не виявило статистично достовірних зв'язків, що з найбільшою ймовірністю обумовлено недосконалістю та впливом суб'єктивного фактора в кількісній оцінці КТ-симптомів.

### Висновок

Кореляційні зв'язки між DLCO та статичними об'ємами та ємностями легень не передбачають наявності прямих причинно-наслідкових відносин, однак можуть бути використані як маркери негативного впливу на газообмін у легенях і додаткові критерії оцінки ефективності та визначення термінів терапії.

### ЛІТЕРАТУРА

- West JB, Luks AM. Pulmonary pathophysiology: the essentials. Philadelphia: Wolters Kluwer. 2012;370 p.
- Rissmiller RW. Pulmonary function testing and sarcoidosis: A review. Lung Breath J. 2018; 2(1):1–5. DOI: 10.15761/LBJ.1000121
- Crapo RO, Forster RE 2nd. Carbon monoxide diffusing capacity. Clin Chest Med. 1989;10:187–198.
- Ranu H, Wilde M, Madden B. Pulmonary function tests. Ulster Med J. 2011;80:84–90.
- Яковенко ОК, Грицюк АМ, Яковенко ТЛ. Респіраторна недостатність: механізми патогенезу, способи оцінки. Укр. пульмонолог. журн. 2024;32(4):48–58. DOI: 10.31215/2306-4927-2024-32-4-48-58
- Littner MR. Getting the most from your pulmonary function lab. J Respir Dis. 1993;14:1043–1061.
- Lamberto C, Nunes H, LeToumelin P, et al. Membrane and Capillary Blood Components of Diffusion Capacity of the Lung for Carbon Monoxide in Pulmonary Sarcoidosis: Relation to Exercise Gas Exchange. Chest. 2004;125:2061–2068.
- Qian Yao, Qiuliang Ji, Ying Zhou. Pulmonary Function in Pulmonary Sarcoidosis. J. Clin. Med. 2023;12:6701. DOI:10.3390/jcm12216701
- Kirkil G, Lower EE, Baughman RP. Predictors of Mortality in Pulmonary Sarcoidosis. Diffuse Lung Disease. 2018;153(1):105–113.
- Polychronopoulos VS, Prakash UBS. Airway involvement in sarcoidosis. Chest. 2009;136:1371–1380.
- Calaras D, Munteanu O, Scaletchi V, et al. Ventilatory disturbances in patients with intrathoracic sarcoidosis – a study from a functional and histological perspective. Sarcoidosis Vasculitis and Diffuse Lung Diseases. 2017;34:58–67.
- Gafà G1, Sverzellati N, Bonati E, et al. Follow-up in pulmonary sarcoidosis: comparison between HRCT and pulmonary function tests. Radiol Med. 2012;117:968.

### REFERENCES

- West JB, Luks AM. Pulmonary pathophysiology: the essentials. Philadelphia: Wolters Kluwer. 2012;370 p.
- Rissmiller RW. Pulmonary function testing and sarcoidosis: A review. Lung Breath J. 2018; 2(1):1–5. DOI: 10.15761/LBJ.1000121
- Crapo RO, Forster RE 2nd. Carbon monoxide diffusing capacity. Clin Chest Med. 1989;10:187–198.
- Ranu H, Wilde M, Madden B. Pulmonary function tests. Ulster Med J. 2011;80:84–90.
- Yakovenko OK, Hrytsyuk AM, Yakovenko TL. *Respiratorna nedostatnist: mekhanizmy patohenezu, sposoby otsinky* (Respiratory failure: mechanisms of pathogenesis, methods of assessment). Ukr. pulmonol. zhurn. 2024;32(4):48–58. DOI: 10.31215/2306-4927-2024-32-4-48-58
- Littner MR. Getting the most from your pulmonary function lab. J Respir Dis. 1993;14:1043–1061.
- Lamberto C, Nunes H, LeToumelin P, et al. Membrane and Capillary Blood Components of Diffusion Capacity of the Lung for Carbon Monoxide in Pulmonary Sarcoidosis: Relation to Exercise Gas Exchange. Chest. 2004;125:2061–2068.
- Qian Yao, Qiuliang Ji, Ying Zhou. Pulmonary Function in Pulmonary Sarcoidosis. J. Clin. Med. 2023;12:6701. DOI:10.3390/jcm12216701
- Kirkil G, Lower EE, Baughman RP. Predictors of Mortality in Pulmonary Sarcoidosis. Diffuse Lung Disease. 2018;153(1):105–113.
- Polychronopoulos VS, Prakash UBS. Airway involvement in sarcoidosis. Chest. 2009;136:1371–1380.
- Calaras D, Munteanu O, Scaletchi V, et al. Ventilatory disturbances in patients with intrathoracic sarcoidosis – a study from a functional and histological perspective. Sarcoidosis Vasculitis and Diffuse Lung Diseases. 2017;34:58–67.
- Gafà G1, Sverzellati N, Bonati E, et al. Follow-up in pulmonary sarcoidosis: comparison between HRCT and pulmonary function tests. Radiol Med. 2012;117:968.

13. Judson MA, Veltkamp M, Grutters JC. The pulmonary manifestations of sarcoidosis. Pulmonary sarcoidosis: A Guide for the practicing clinician. Humana Press, brand of Springer. 2014:19–40. Available at: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4614-8927-6>
13. Judson MA, Veltkamp M, Grutters JC. The pulmonary manifestations of sarcoidosis. Pulmonary sarcoidosis: A Guide for the practicing clinician. Humana Press, brand of Springer. 2014:19–40. Available at: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4614-8927-6>

---

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

**Джерела фінансування.** Робота виконувалась без зовнішньої фінансової підтримки.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

**Funding:** This research received no external funding.

---

Надійшла до редакції / Received: : 21.11.2025 р.

Після доопрацювання / Revised: 13.02.2026 р.

Прийнято до друку / Accepted: 25.02.2026 р.

---

---