

УДК 616.235-002:616-001.28

Л. І. Швайко✉, К. Д. Бази́ка, М. В. Шиле́нко, А. А. Савче́нко, Н. А. Ткачу́к

Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології Національної академії медичних наук України», вул. Ю. Ілленка, 53, Київ, 04050, Україна

ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗВИТКУ КЛІНІЧНИХ, ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОРУШЕНЬ СТАНУ БРОНХОЛЕГЕНЕВОЇ СИСТЕМИ У ПІСЛЯВАРІЙНОМУ ПЕРІОДІ В ОСІБ, ЯКІ ЗАЗНАЛИ ВПЛИВУ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Метою роботи було вивчити взаємозв'язок між клінічними симптомами та функціональним станом бронхолегеневої системи у хворих на хронічне обструктивне захворювання легень учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській атомній електростанції (УЛНА) у віддаленому післяаварійному періоді.

Матеріали та методи. Проведений ретроспективний аналіз 824 випадків ХОЗЛ особам чоловічої статі, які проходили стаціонарне лікування у відділенні радіаційної пульмонології з 2014 по 2024 рік. До груп спостереження увійшли 579 (70,3%) УЛНА (основна група) та 245 (29,7%) хворих на ХОЗЛ (нозологічний контроль), які були опромінені в межах природного фону. Для проспективного спостереження відібрано 100 хворих на ХОЗЛ УЛНА та 30 хворих на ХОЗЛ із групи НК. Проведено комплекс клінічних, функціональних досліджень

Результати. У хворих на хронічне обструктивне захворювання легень УЛНА на ЧАЕС у віддаленому післяаварійному періоді закономірностями ураження бронхолегеневої системи при дії іонізуючого випромінювання слід вважати зміну мінімальної клінічної симптоматики раннього періоду, швидкий розвиток фібротичних змін в легенях та слизовій оболонці бронхів, що супроводжується поглибленням порушень функціональних легеневих тестів, структурно-морфологічними змінами за результатами рентгенологічних методів дослідження.

Висновки. Потребує подальшого вивчення аналіз різних патернів та фенотипів ХОЗЛ з метою удосконалення ранньої діагностики та лікування захворювання, зокрема в осіб, які постраждали внаслідок впливу іонізуючого випромінювання.

Ключові слова: учасники ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС, функціональні легеневі тести.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2024. Вип. 29. С. 425–434. doi: 10.33145/2304-8336-2024-29-425-434

✉ Швайко Людмила Іванівна, e-mail: pulmoaid11@gmail.com

L. I. Shvaiko✉, K. D. Bazyka, M. V. Shilenko, A. A. Savchenko, N. A. Tkachuk

State Institution «National Research Center for Radiation Medicine, Hematology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», 53 Yurii Illienka Str., Kyiv, 04050, Ukraine

PATTERNS OF DEVELOPMENT OF CLINICAL AND FUNCTIONAL DISORDERS OF THE BRONCHOPULMONARY SYSTEM IN THE POST-ACCIDENT PERIOD IN PERSONS EXPOSED TO IONIZING RADIATION

The **objective** was to study the relationship between clinical symptoms and the functional state of the bronchopulmonary system of clean-up workers of the Chornobyl Nuclear Power Plant accident with chronic obstructive pulmonary disease in the remote post-accident period.

Materials and methods. A retrospective analysis of 824 cases of COPD in male patients who underwent inpatient treatment in the radiation pulmonology department from 2014 to 2024 was conducted. The observation groups included 579 (70.3%) of clean-up workers (main group) and 245 (29.7%) of COPD patients (nosological control) who were irradiated within the natural background. For prospective observation, 100 COPD clean-up workers and 30 COPD patients from the nosological control group were selected. A complex of clinical and functional tests was provided.

Results. In clean-up workers of Chornobyl NPP accident with COPD the regularities of damage to the bronchopulmonary system under the influence of ionizing radiation should be considered a change in the minimal clinical symptoms of the early period, the rapid development of fibrotic changes in the lungs and bronchial mucosa, which is accompanied by a deepening of violations of functional pulmonary tests, structural and morphological changes according to the results of radiological research methods.

Conclusions The analysis of various patterns and phenotypes of COPD requires further study in order to improve early diagnosis and treatment of the disease, in particular in people who have exposure to ionizing radiation.

Keywords: clean-up workers of Chornobyl NPP accident, pulmonary function tests.

Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2024;29:425-434. doi: 10.33145/2304-8336-2024-29-425-434

ВСТУП

Захворюваність на хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ) складає від 8 до 22 % серед дорослих у віці понад 40 років, а смертність від цієї хвороби займає 3-тє місце серед 10 провідних причин смерті у світі за даними ВООЗ, перемістившись з 6-го впродовж останніх років [1].

ХОЗЛ в учасників ліквідації наслідків аварії (УЛНА) на ЧАЕС має модифікований перебіг [2–4], та супроводжується поєднанням із захворюваннями серцево-судинної системи, шлунково-кишкового тракту, хворобами ендокринної системи. Дослідження легеневої функції у осіб, які постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС проводились впродовж перших двадцяти післяаварійних років і ґрунтувались, переважно, на спірометричних показниках, а застосування бодіплетизмографії та дослідження дифузійної здатності легень у ряді робіт пульмонологів мало підпорядковану спрямованість [5, 6]. Незважаючи на великий обсяг досліджень питання щодо клінічних, функціональних паттернів ураження

INTRODUCTION

The incidence of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is from 8 to 22 % among adults over the age of 40, and is the 3rd cause of mortality from this disease among the 10 leading causes of death in the world according to WHO, moving from the 6th place for the last years [1].

COPD in clean-up workers of Chornobyl nuclear power plant (ChNPP) accident has modified course [2–4], and is accompanied by a concomitant cardiovascular, gastrointestinal endocrine diseases. Studies of pulmonary function in people affected by the Chornobyl accident were conducted during the first twenty years after the accident and were based mainly on spirometric indicators, and the use of body plethysmography and studies of the diffusion function of the lungs in a number of works by pulmonologists had a subordinate focus [5, 6]. Despite a large amount of research, the question of clinical and functional patterns of damage to the bronchopulmonary sys-

✉ Liudmyla I. Shvaiko, e-mail: pulmoaid11@gmail.com

бронхолегеневої системи при впливі іонізуючого випромінювання залишається нез'ясованим.

МЕТА

Метою роботи було вивчити взаємозв'язок між клінічними симптомами та функціональним станом бронхолегеневої системи у хворих на хронічне обструктивне захворювання легень учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській атомній електростанції у віддаленому післяаварійному періоді.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Проведений ретроспективно-проспективний аналіз клінічних та функціональних показників хворих на ХОЗЛ УЛНА та осіб нозологічного контролю. Всі обстежені були чоловічої статі.

Критерії включення: вік ≥ 40 років, ≤ 80 років, діагноз ХОЗЛ встановлений згідно з рекомендаціями GOLD, участь у ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС у 1986–1988 роках. Критерії виключення: потреба в тривалій терапії киснем, загострення ХОЗЛ впродовж 4 тижнів до обстеження, інші захворювання органів дихання.

Функціональний стан бронхолегеневої системи оцінювали на основі спірометрії, бодіплетизмографії, дослідження дифузійної здатності легень на респіраторному комплексі «МастерСкрин Боді/Діффюжн» (Егер (Німеччина)) з відповідними модулями, вранці натще. Встановлення діагнозу ХОЗЛ здійснювали згідно з рекомендаціями GOLD [1, 6, 7].

Статистичний аналіз даних здійснювали за допомогою програми Statistica 6 з визначенням параметричних і непараметричних критеріїв, за допомогою середніх значень $M \pm SD$, при достовірних значеннях $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ

Проведений ретроспективний аналіз 824 випадків ХОЗЛ особам чоловічої статі, які проходили стаціонарне лікування у відділенні радіаційної пульмонології з 2014 по 2024 рік. До груп спостереження увійшли 579 (70,3 %) УЛНА (основна група) та 245 (29,7 %) хворих на ХОЗЛ (нозологічний контроль), які були опромінені в межах природного фону. Для проспективного спостереження відібрано 100 хворих на ХОЗЛ УЛНА та 30 хворих на ХОЗЛ із групи НК.

Основні клінічні та функціональні характеристики груп обстеження наведені в таблиці 1.

tem due to exposure to ionizing radiation remains unclear.

OBJECTIVE

The objective was to study the relationship between clinical symptoms and the functional state of the bronchopulmonary system of clean-up workers of the ChNPP accident with chronic obstructive pulmonary disease in the remote post-accident period.

MATERIALS AND METHODS

A retrospective-prospective analysis of clinical and functional indicators of COPD clean-up workers and nosological control subjects was conducted. All of them were male.

The inclusion criteria were age ≥ 40 years, ≤ 80 ; diagnosis of COPD by GOLD guidelines, participation in clean up works of the consequences at the ChNPP accident in 1986–1988. The exclusion criteria were: need in home oxygen therapy; acute exacerbation of COPD in the preceding 4 weeks before examination; other lung diseases.

Respiratory function was assessed by analyzing the flow–volume curve of forced expiratory, bodyplethysmography, lung diffusion function by complex «MasterScreen Body/Diffusion» (Egger (Germany)) with corresponding modules in the morning on an empty stomach. In assessing the main spirometric parameters with predicted values according to the sex, age, height and body weight of the patients. The diagnosis of COPD was performed according to the recommendations of GOLD [1, 6, 7].

Statistical analysis of data was carried out using the Statistica 6 software with the definition of parametric and nonparametric criteria, using mean values of $M \pm SD$, with significant values of $p < 0.05$.

RESULTS

A retrospective analysis of 824 cases of COPD in male patients who underwent inpatient treatment in the radiation pulmonology department from 2014 to 2024 was conducted. The observation groups included 579 (70.3 %) of clean-up workers (main group) and 245 (29.7 %) of COPD patients (nosological control) who were irradiated within the natural background. For prospective observation, 100 COPD patients from clean-up workers and 30 COPD patients from the NC group were selected.

The main clinical and functional characteristics of the examination groups are given in the table 1.

Таблиця 1

Клінічна та функціональна характеристика хворих на ХОЗЛ (M ± SD)

Table 1

Clinical and functional characteristics of COPD patients, (M ± SD)

Показник Characteristics	ХОЗЛ УЛНА COPD clean-up workers n = 100	ХОЗЛ НК COPD nosological control n = 30	Вірогідність Probability p
Вік, роки (M ± SD) / Age, years	64,95 ± 9,6	61,07 ± 11,8	>0,05
Куріння, % / Smoking, %	71,4	83,8	>0,05
Індекс куріння (пачка років) / Smoking index (package year)	26,9 ± 15,8	34,2 ± 11,8	< 0,05
ІМТ, кг/м ² / BMI, kg/m ²	29,6 ± 6,6	26,9 ± 4,8	< 0,05
Доза опромінення, мЗв / External Irradiation dose, mSv	17,3 ± 11,3	–	
Наявність ≥ 1 загострення за рік, % / Exacerbation history ≥ 1 per year, %	47	30	>0,05
Кашель, % / Cough, %	30	36,6	>0,05
Мокротиння, % / Sputum production, %	33	43,3	>0,05
Хрипи, % / Wheezing, %	26	30	>0,05
CAT, бали / CAT, score	19,2 ± 4,4	17,2 ± 3,9	< 0,05
mMRC, бали / mMRC, score	2,3 ± 0,7	1,9 ± 0,8	< 0,05
ФЖЄЛ, % належних / FVC, % pred	76,7 ± 16,8	85,7 ± 17,9	< 0,05
ОФВ ₁ , % належних / FEV ₁ , % pred	53,9 ± 17,9	53,4 ± 18,6	>0,05
ДЗЛ, % належних / DLCO, % pred	62,51 ± 19,4	68,83 ± 20,2	>0,05
Євд, % належних / IC, % pred	86,4 ± 18,3	88,5 ± 21,1	>0,05
ВГТ, % належних / ITGV, % pred	148,7 ± 29,5	131,1 ± 36,5	< 0,05
ЗОЛ, % належних / RV, % pred	162,3 ± 39,4	154,2 ± 34,1	>0,05
ЗЄЛ, % належних / TLC, % pred	109,1 ± 18,6	105,9 ± 16,1	>0,05

Примітки: p – вірогідність між групами хворих на ХОЗЛ, p<0,05; ХОЗЛ – хронічне обструктивне захворювання легень; ІМТ – індекс маси тіла; ОФВ₁ % належних – об'єм форсованого видиху за 1 секунду у відсотках від належних значень; ФЖЄЛ % належних – форсована життєва ємність легень у відсотках від належних значень; ДЗЛ – дифузійна функція легень; Євд – ємність вдиху; ВГТ – внутрішньогрудний тиск повітря; ЗОЛ – залишковий об'єм легень; ЗЄЛ – загальна ємність легень; mMRC – модифікована шкала задихи; CAT – тест оцінки ХОЗЛ

Notes: p – difference among COPD groups, p<0.05; COPD – chronic obstructive pulmonary disease; BMI – body mass index; FEV₁ % pred – percentage of predicted forced expiratory volume in 1 second; FVC % pred – percentage of predicted forced vital capacity ratio; DLCO – Diffusion lung capacity; IC, % pred – percentage inspiratory capacity ratio; ITGV, % pred – percentage intrathoracic gas volume ratio; RV, % pred – percentage residual volume ratio; TLC, % pred – percentage total lung capacity ratio; mMRC – Modified Medical Research Council; CAT – COPD assessment test

У групі УЛНА симптоми ХОЗЛ були достовірно більше вираженими у порівнянні із групою нозологічного контролю. Аналіз оцінки клінічних показників за шкалами MMRS – (2,3 ± 0,7) % та (1,9 ± 0,8) % відповідно, p < 0,05, та CAT – (19,2 ± 4,4) % та (17,2 ± 3,9) % відповідно, p<0,05.

Індекс маси тіла був достовірно вищим у групі УЛНА, які хворіють на ХОЗЛ, ніж у групі нозологічного контролю. Аналіз коморбідної патології осіб з ХОЗЛ, які постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС виявив достовірно вищу частоту виявлення ІХС, АГ, незлоякісних захворювань щитоподібної залози, захворювань шлунково-кишкового тракту та нервової системи, у порівнянні із групою нозологічного контролю.

Аналіз змін за результатами спірографії у пацієнтів, хворих на ХОЗЛ, ЛНА на ЧАЕС, та осіб групи нозологічного контролю показав зменшення всіх показників в обох групах, причому у групі УЛНА показник функціональної життєвої ємності легень був достовірно нижчим, ніж у групі порівняння. Відмічалась достовірна різниця у по-

In the clean-up workers group, COPD symptoms were significantly more pronounced compared to the nosological control group. Analysis of clinical indicators using the MMRS scales – (2.25 ± 0.7) % and (1.9 ± 0.8) %, accordingly, p < 0.05, and CAT – (19.17 ± 4.36) % and (17.24 ± 3.96) %, accordingly, p< 0.05.

Body mass index was significantly higher in clean-up workers COPD patients group, than in nosological control group. Analysis of comorbid pathology in persons with COPD affected by the Chernobyl accident revealed a significantly higher frequency of coronary artery disease, hypertension, benign thyroid diseases, diseases of the gastrointestinal tract and nervous system, compared with the group nosological control.

Analysis of changes according to the results of spirometry in patients with COPD, clean-up workers of the Chernobyl NPP, and individuals in the nosological control group showed a significant decrease in the functional vital capacity in clean-up workers group comparatively to nosological control group. A significant difference was noted in the indicators of

казниках легневих об'ємів, зокрема, залишкового об'єму легень, ємності видиху, що свідчить про більше виражену легеневу гіперінфляцію у групі хворих на ХОЗЛ основної групи. За результатами ретроспективно-проспективного аналізу функціональних легневих тестів у хворих на ХОЗЛ, УЛНА, порівняно із нозологічним контролем, достовірно більше виражене порушення співвідношення легневих об'ємів, а саме: збільшення ВГТ – $(148,7 \pm 29,5) \%$ та $(131,1 \pm 36,5) \%$ відповідно, $p > 0,05$. Значне порушення співвідношення легневих об'ємів свідчило про більш виражені респіраторні порушення в основній групі хворих внаслідок легеневої гіперінфляції та емфіземи легень.

Показник дифузійної функції легень в ЛНА на ЧАЕС, які страждають на ХОЗЛ, виявився дещо нижчим, ніж у групі нозологічного контролю, що у поєднанні із більше вираженими рентгенологічними ознаками пневмосклерозу свідчать про інтерстиціальні зміни у легенях осіб основної групи.

Характер динамічних змін – вказує на більшу втрату толерантності до фізичного навантаження, у групі постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС, в комплексі з швидким зниженням показників легневих об'ємів, підвищенням резервних об'ємів легень та зниженням дифузійної здатності легень, що свідчить про виражене прогресування емфізематозних, фібротичних та склеротичних змін у хворих на ХОЗЛ обох груп.

При аналізі результатів рентгенологічного обстеження виявлено, що переважна більшість хворих на хронічні неспецифічні захворювання бронхолегеневої системи основної групи (94 %) та осіб контролю (86 %) мали рентгенологічні ознаки хронічного бронхіту у вигляді посилення легеневого малюнка, ущільнення коренів легень. Наявність пневмофіброзу чи емфіземи легень спостерігалась у приблизно рівній частоті випадків, тоді як, поєднання пневмофіброзу та емфіземи частіше спостерігалось у хворих на хронічні неспецифічні захворювання бронхолегеневої системи основної групи. Встановлена закономірність збігається з раніше отриманими даними стосовно темпів приросту «рентген-симптоматики» у осіб, які постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС. Перебіг ХОЗЛ у хворих основної групи, відповідно до даних рентгенологічного дослідження органів грудної клітки характеризується більш частими ознаками прогресування, такими як емфізема легень і пневмоскле-

lung volumes, in particular, residual lung volume, expiratory capacity, which indicates a more pronounced pulmonary hyperinflation in the group of patients with COPD of the main group. According to the results of a retrospective-prospective analysis of functional pulmonary tests in patients with COPD, clean-up workers of the consequences of the Chernobyl accident, compared to nosological control, there is significantly more pronounced violation of the ratio of lung volumes, namely: an increase in ITGV – $(148.7 \pm 29.5) \%$ and $(131.1 \pm 36.5) \%$, respectively, $p > 0.05$. A significant violation of the ratio of lung volumes indicated more pronounced respiratory disorders in the main group of patients due to pulmonary hyperinflation and pulmonary emphysema.

The indicator of the diffusion function of the lungs in the clean-up workers of the Chernobyl NPP, suffering from COPD, was slightly lower than in the nosological control group, which, in combination with more pronounced radiological signs of pneumosclerosis, indicates interstitial changes in the lungs of the main group.

The nature of dynamic changes – indicates a greater loss of tolerance to physical exertion in the group of clean-up workers of the Chernobyl NPP accident, in combination with a rapid decrease in lung volume indicators, an increase in lung reserve volumes and a decrease in lung diffusion function, which indicates a pronounced progression of emphysematous, fibrotic and sclerotic changes in patients with COPD of both groups.

When analyzing the results of the X-ray examination, it was found that the vast majority of patients with chronic nonspecific diseases of the bronchopulmonary system of the main group (94 %) and control subjects (86 %) had X-ray signs of chronic bronchitis in the form of increased pulmonary pattern, compaction of the roots of the lungs. The presence of pneumofibrosis or emphysema of the lungs was observed in approximately equal frequency of cases, while the combination of pneumofibrosis and emphysema was more often observed in patients with chronic nonspecific diseases of the bronchopulmonary system of the main group. The established pattern coincides with previously obtained data on the growth rates of «X-ray symptoms» in people who suffered as a result of the Chernobyl accident. The course of COPD in patients of the main group, according to the data of the chest X-ray examination, is characterized by more frequent signs of progression, such as pulmonary emphysema and

роз, у осіб, які постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС.

Таким чином, дослідження респіраторних порушень у хворих на хронічні неспецифічні захворювання БЛС за допомогою бодіплетизмографії та дифузійної здатності легень методом одиночного вдиху, дозволило значно доповнити дані спірометрії та виявити суттєві відмінності у виразності ураження легень в осіб, які постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС, відносно групи нозологічного контролю.

ОБГОВОРЕННЯ

В 2023 році дослідники з Китаю провели велике когортне дослідження прогресування слабкості при ХОЗЛ [8]. Середній період спостереження становив 9,5 років для аналізу результатів поєднання PRISm і ХОЗЛ із прогресуванням слабкості та 5,8 років для переходів результатів PRISm із прогресуванням слабкості. У порівнянні з учасниками з виявленням нормальної спірометрії у пацієнтів із результатами PRISm і ХОЗЛ спостерігалось прискорене прогресування індексу слабкості з додатковим річним збільшенням на 0,301 (95% ДІ, 0,211–0,392; $p < 0,001$) і 0,172 (95% ДІ, 0,102–0,242; $p < 0,001$) відповідно. Пацієнти, які перейшли від результатів нормальної спірометрії до результатів PRISm, також продемонстрували прискорене прогресування індексу слабкості порівняно з пацієнтами зі стабільними результатами нормальної спірометрії ($\beta = 0,242$; 95% ДІ, 0,008–0,476; $p = 0,042$). Проте не було виявлено прискореного прогресування індексу слабкості у пацієнтів із результатами PRISm, які перейшли до результатів нормальної спірометрії ($\beta = 0,119$; 95% ДІ, від -0,181 до 0,418; $p = 0,438$). Їх результати показують, що дані PRISm і ХОЗЛ пов'язані з прискореним прогресуванням слабкості. Потрібні подальші дослідження, щоб з'ясувати причинно-наслідковий зв'язок результатів PRISm і ХОЗЛ зі слабкістю.

Інші дослідники з США визначили сім траєкторій змін легеневої функції: супранормальну, еталонну та п'ять траєкторій із підвищеним ризиком смертності та загострень. Три траєкторії ризику характеризуються різним ступенем супутніх порушень ОФВ₁ і ФЖЕЛ і демонструють структуру ХОЗЛ з переважанням дихальних шляхів, як оцінено за допомогою кількісної КТ. Ці траєкторії мають нижчі значення співвідношення а/І і підвищений ризик смертності та ХОЗЛ порівняно з контрольною траєкторією. Дві траєкторії ризику характеризуються різними рівнями порушення ОФВ₁ і ФЖЕЛ і демонструють зміша-

pneumosclerosis, in persons affected by the Chernobyl accident.

Thus, the study of respiratory disorders in patients with chronic nonspecific diseases of the respiratory system using bodyplethysmography and lung diffusion function using the single-breath method allowed us to significantly supplement spirometry data and identify significant differences in the severity of lung damage in people affected by the Chernobyl accident, relative to the nosological control group.

DISCUSSION

In 2023, researchers from China conducted a large cohort study of COPD frailty progression [8]. The median follow-up was 9.5 years for the combined PRISm and COPD frailty progression analysis and 5.8 years for the PRISm frailty progression analysis. Compared with participants with normal spirometry, patients with both PRISm and COPD had an accelerated progression of frailty index with an additional annual increase of 0.301 (95% CI, 0.211–0.392; $p < 0.001$) and 0.172 (95% CI, 0.102–0.242; $p < 0.001$), respectively. Patients who switched from normal spirometry to PRISm also demonstrated accelerated progression of the frailty index compared with patients with stable normal spirometry ($\beta = 0.242$; 95% CI, 0.008–0.476; $p = 0.042$). However, no accelerated progression of the frailty index was found in patients with PRISm who switched to normal spirometry ($\beta = 0.119$; 95% CI, -0.181 to 0.418; $p = 0.438$). Their results suggest that PRISm and COPD are associated with accelerated progression of frailty. Further studies are needed to clarify the causal relationship between PRISm and COPD and frailty.

Other US investigators have identified seven trajectories of lung function change: supranormal, reference, and five trajectories with increased risk of mortality and exacerbations. Three risk trajectories are characterized by varying degrees of concomitant FEV₁ and FVC impairment and demonstrate an airway-dominant pattern of COPD as assessed by quantitative CT. These trajectories have lower a/I ratios and increased risk of mortality and COPD compared with the control trajectory. Two risk trajectories are characterized by varying degrees of FEV₁ and FVC impairment and demonstrate a mixed airway and emphysema pattern of COPD on quan-

ну картину дихальних шляхів та емфіземи ХОЗЛ на кількісному КТ-зображенні. Ці траєкторії мають помітно нижчі значення співвідношення а/л порівняно як з контрольною траєкторією, так і з траєкторіями з переважанням дихальних шляхів, і мають більший ризик смертності та ХОЗЛ порівняно з траєкторіями з переважанням дихальних шляхів. Ці висновки також спостерігалися серед учасників, які мали лише базові дані. Ступінь дизанапсії висуває закономірності прогресування, що призводить до ХОЗЛ. Розподіл осіб, у тому числі без спірометричної обструкції, за різними траєкторіями можливий у клінічних умовах і може вплинути на стратегії лікування. Стратегії, які поєднують дизанапсію, оцінену за допомогою КТ, разом із спірометричними вимірюваннями функції легенів та оцінкою впливу диму, ймовірно, ще більше підвищать точність призначення траєкторії, тим самим покращуючи раннє виявлення тих, хто піддається найбільшому ризику несприятливих результатів [9]. В іншому дослідженні виявлено більш ефективний напрямок проти-запального лікування шляхом аналізу природи запалення та молекулярного механізму виникнення та розвитку захворювання у пацієнтів із ХОЗЛ, а також намагалися надати нові ідеї щодо лікування пацієнтів із ХОЗЛ. Захворювання в основі якого лежить хронічне запалення, яке пов'язане з початком і прогресуванням ХОЗЛ, але протизапальна терапія не є лікуванням першої лінії. Запалення має кілька проявів і фенотипів, і ця гетерогенність виявляє різні моделі запалення, що ускладнює лікування [10]. Кетрін Кахнерт разом з колегами у 2023 провели найбільше в Німеччині обсерваційне дослідження ХОЗЛ COSYCONET, що мало на меті дослідити взаємодію між захворюваннями легень, системним запаленням і супутніми захворюваннями. У цьому дослідженні було виявлено, що від 30 % до 40 % пацієнтів із ХОЗЛ і змінами на ехокардіографії не мали встановленого медичного діагнозу серцево-судинних захворювань. Це підкреслює необхідність широкомасштабного диференційного діагностичного дослідження задишки як симптому. Також важливо, щоб будь-які супутні захворювання були включені в діагностичне обстеження, а також приймали до уваги при лікуванні пацієнта. Покращення функції лівого шлуночка має першочергове клінічне значення, оскільки серцева недостатність спостерігається у 32,8% пацієнтів, госпіталізованих із загостренням ХОЗЛ.

Збільшення використання КТ для фенотипування ХОЗЛ і, навпаки, його можливе використання в

titative CT imaging. These trajectories have significantly lower a/l ratios compared with both the control and airway-dominant trajectories, and are associated with a higher risk of mortality and COPD compared with airway-dominant trajectories. These findings were also observed among participants who had only baseline data. The degree of dysanapsy predicts patterns of progression leading to COPD. Allocation of individuals, including those without spirometric obstruction, to different trajectories is feasible in the clinical setting and may influence treatment strategies. Strategies that combine CT-assessed dysanapsy with spirometric lung function measurements and smoke exposure assessment are likely to further improve the accuracy of trajectory assignment, thereby improving early identification of those at greatest risk of adverse outcomes [9]. Another study identified a more effective direction for anti-inflammatory treatment by analyzing the nature of inflammation and the molecular mechanism of the onset and progression of the disease in patients with COPD, and also tried to provide new ideas for the treatment of patients with COPD. The disease is based on chronic inflammation, which is associated with the onset and progression of COPD, but anti-inflammatory therapy is not a first-line treatment. Inflammation has several manifestations and phenotypes, and this heterogeneity reveals different patterns of inflammation, which complicates treatment [10]. Kathrin Kahnert and colleagues conducted the largest observational COPD study in Germany, COSYCONET, in 2023, which aimed to investigate the interaction between lung disease, systemic inflammation and comorbidities. This study found that 30 % to 40 % of patients with COPD and echocardiographic changes did not have an established medical diagnosis of cardiovascular disease. This highlights the need for a comprehensive differential diagnostic workup for dyspnea as a symptom. It is also important that any comorbidities are included in the diagnostic workup and taken into account in the patient's treatment. Improvement in left ventricular function is of primary clinical importance, as heart failure is seen in 32.8% of patients hospitalized with COPD exacerbations.

The increasing use of CT for COPD phenotyping and, conversely, its possible future use for lung cancer screening in smokers and former smokers

майбутньому для скринінгу раку легень у курців і колишніх курців відкриває перспективу раннього виявлення обох цих захворювань. Тривожні розлади, депресія та синдроми деменції є одними з поширених супутніх захворювань, які спостерігаються при ХОЗЛ. При прогресуючому ХОЗЛ загальна поширеність цих трьох розладів може становити від 20 % до 25 % і зростає з тяжкістю ХОЗЛ. Поширеність цукрового діабету у пацієнтів зі стабільним перебігом ХОЗЛ становить приблизно 15–17 %. Окрім побічних ефектів препаратів для лікування бронхолегеневої патології також виявлено вплив системного запалення при ХОЗЛ на прогресування цукрового діабету [11].

ВИСНОВКИ

Закономірностями ураження бронхолегеневої системи при дії іонізуючого випромінювання слід вважати зміну мінімальної клінічної симптоматики раннього періоду, швидкий розвиток фібротичних змін в легенях та слизовій оболонці бронхів, що супроводжується поглибленням порушень функціональних легеневих тестів, структурно-морфологічними змінами за результатами рентгенологічних методів дослідження.

Потребує подальшого вивчення різних патернів та фенотипів ХОЗЛ з метою удосконалення ранньої діагностики та лікування захворювання, зокрема в осіб, які постраждали внаслідок впливу іонізуючого випромінювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global initiative for chronic obstructive lung disease global strategy for the diagnosis, management and prevention of COPD. Revised 2023 [Internet]. Available from: <https://goldcopd.org/2024-gold-report/>
2. Хронічне обструктивне захворювання легень в учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС у віддаленому післяаварійному періоді (клінічне дослідження) / Л. І. Швайко, К. Д. Бази́ка, В. О. Сушко, С. В. Масюк. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології*. 2018. Вип. 23. С. 490-499. DOI:10.33145/2304-8336-2018-23-490-498.
3. Бронхолегенева система / В. О. Сушко, С. Ю. Нечаєв, Л. І. Швайко та ін. В кн.: *Медичні наслідки Чорнобильської катастрофи: 1986–2011* / за ред. А. М. Сердюка, В. Г. Бебешка, Д. А. Бази́ки. Тернопіль : ТДМУ, 2011. С. 460-506.
4. Результати тридцятирічного дослідження стану бронхолегеневої системи в учасників ліквідації наслідків чорнобильської катастрофи / В. О. Сушко, Л. І. Швайко, К. Д. Бази́ка, та ін. *Журнал НАМН України*. 2016. № 2. С. 193-197.

holds the promise of early detection of both diseases. Anxiety disorders, depression, and dementia syndromes are among the common comorbidities seen in COPD. In advanced COPD, the overall prevalence of these three disorders may be 20% to 25% and increases with the severity of COPD. The prevalence of diabetes mellitus in patients with stable COPD is approximately 15–17 %. In addition to the side effects of drugs for the treatment of bronchopulmonary pathology, the impact of systemic inflammation in COPD on the progression of diabetes mellitus has also been identified [11].

CONCLUSION

The regularities of damage to the bronchopulmonary system under the influence of ionizing radiation should be considered a change in the minimal clinical symptoms of the early period, the rapid development of fibrotic changes in the lungs and bronchial mucosa, which is accompanied by a deepening of violations of functional pulmonary tests, structural and morphological changes according to the results of radiological research methods.

The analysis of various patterns and phenotypes of COPD requires further study in order to improve early diagnosis and treatment of the disease, in particular in people who have suffered as a result of exposure to ionizing radiation.

REFERENCES

1. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global initiative for chronic obstructive lung disease global strategy for the diagnosis, management and prevention of COPD. Revised 2023 [Internet]. Available from: <https://goldcopd.org/2024-gold-report/>.
2. Shvaiko LI, Bazyka KD, Sushko VO, Masyuk SV. Chronic obstructive pulmonary disease in the clean-up workers of chornobyl npp accident in a remote post-accident period (clinical study). *Probl Radiac Med Radiobiol*. 2018;23:490-498. doi: 10.33145/2304-8336-2018-23-490-498.
3. Sushko VA, Nechaev S, Shvayko LI, et al. [Bronchopulmonary system]. In: Serdiuk AM, Bebeshko VG, Bazyka DA, editors. *Medical consequences of the Chornobyl catastrophe: 1986–2011*. Ternopil: TDMU, Ukrmedknyha; 2011. p. 460-506. Ukrainian.
4. Sushko V, Shvaiko L, Bazyka K, et al. [The state of respiratory system in clean-up workers of the Chornobyl accident: results of thirty year study]. *Journal of the NAMS of Ukraine*. 2016;(2):193-197. Ukrainian.

5. Швайко Л. І. Поєднання хронічних захворювань органів дихання із синдромом обструктивного апное/гіпноє сну в осіб, які постраждали внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС / Л. І. Швайко, К.Д. Базика, М.В. Шиленко, П.В. Оліфер, Н.А. Ткачук // *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології*. 2023. Вип. 28. С. 444-453 ISSN 2304-8336.
6. Celli BR, MacNee W; ATS/ERS Task Force. Standards for the diagnosis and treatment of patients with COPD: a summary of the ATS/ERS position paper. *Eur Respir J*. 2004. Vol. 23, no. 66. P. 932-946. doi: 10.1183/09031936.04.00014304.
7. Brian L. Graham, et al; Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2019. Vol. 200, no. 8. P. e70-88. <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST>.
8. Brusasco V., Crapo R., Viegi G. Interpretative strategies for lung function tests. Series «ATS/ERS task force: standardization of lung functional testing». Number 5 in this series. *Eur. Respir. J*. 2005. Vol. 26, Iss. 5. P. 948-968. doi: 10.1183/09031936.05.00035205.
9. He D, Yan M, Zhou Y, Ge H, Zhang X, Xu Y, Liu C, Ying K, Zhu Y. Preserved Ratio Impaired Spirometry and COPD Accelerate Frailty Progression: Evidence From a Prospective Cohort Study. *Chest*. 2024. Vol. 165, no. 3. P. 573-582. doi: 10.1016/j.chest.2023.07.020. Epub 2023 Jul 26. PMID: 37499976.
10. Ross JC, San Jose Estepar R, Ash S, Pistenmaa C, Han M, Bhatt SP, Bodduluri S, Sparrow D, Charbonnier JP, Washko GR, Diaz AA. Dysanapsis is differentially related to lung function trajectories with distinct structural and functional patterns in COPD and variable risk for adverse outcomes. *EClinicalMedicine*. 2024. Vol. 68. P. 102408. doi: 10.1016/j.eclinm.2023.102408. PMID: 38273887; PMCID: PMC10809101.
11. Xu J, Zeng Q, Li S, Su Q, Fan H. Inflammation mechanism and research progress of COPD. *Front Immunol*. 2024. Vol. 15. P. 1404615. doi: 10.3389/fimmu.2024.1404615. PMID: 39185405; PMCID: PMC11341368.
5. Shvaiko LI, Bazyka KD, Sushko VO, et. al. The combination of chronic respiratory diseases with obstructive sleep apnoea syndrome in cleanup workers of Chernobyl NPP accident. *Probl Radiac Med Radiobiol*. 2023;28:444-453. doi: 10.33145/23048336202328444453.
6. Celli BR, MacNee W; ATS/ERS Task Force. Standards for the diagnosis and treatment of patients with COPD: a summary of the ATS/ERS position paper. *Eur Respir J*. 2004;23(6):932-946. doi: 10.1183/09031936.04.00014304.
7. Brian L. Graham, et al; Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2019;200(8):e70-88. <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST>.
8. Brusasco V., Crapo R., Viegi G. Interpretative strategies for lung function tests. Series «ATS/ERS task force: standardization of lung functional testing». Number 5 in this series. *Eur Respir J*. 2005. Vol. 26, Iss. 5. P. 948-968. doi: 10.1183/09031936.05.00035205.
9. He D, Yan M, Zhou Y, Ge H, Zhang X, Xu Y, Liu C, Ying K, Zhu Y. Preserved Ratio Impaired Spirometry and COPD Accelerate Frailty Progression: Evidence From a Prospective Cohort Study. *Chest*. 2024;165(3):573-582. doi: 10.1016/j.chest.2023.07.020. Epub 2023 Jul 26. PMID: 37499976.
10. Ross JC, San Jose Estepar R, Ash S, Pistenmaa C, Han M, Bhatt SP, Bodduluri S, Sparrow D, Charbonnier JP, Washko GR, Diaz AA. Dysanapsis is differentially related to lung function trajectories with distinct structural and functional patterns in COPD and variable risk for adverse outcomes. *EClinicalMedicine*. 2024;68:102408. doi: 10.1016/j.eclinm.2023.102408. PMID: 38273887; PMCID: PMC10809101.
11. Xu J, Zeng Q, Li S, Su Q, Fan H. Inflammation mechanism and research progress of COPD. *Front Immunol*. 2024;15:1404615. doi: 10.3389/fimmu.2024.1404615. PMID: 39185405; PMCID: PMC11341368.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Швайко Людмила Іванівна, доктор медичних наук, професор, заступник генерального директора з науково-клінічної роботи ННЦРМГО, м. Київ, Україна
ORCID: 0000-0001-7751-3849

Базика Костянтин Дмитрович, кандидат медичних наук, провідний науковий співробітник відділення пульмонології відділу терапії радіаційних наслідків Інституту клінічної радіології ННЦРМГО, м. Київ, Україна

Шиленко Марія Вікторівна, молодший науковий співробітник відділення пульмонології відділу терапії радіаційних наслідків Інституту клінічної радіології ННЦРМГО, м. Київ, Україна

Савченко Аліса Аркадіївна, молодший науковий співробітник відділення пульмонології відділу терапії радіацій-

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Liudmyla I. Shvaiko, MD, Prof., Doctor of Medical Sciences, Deputy General Director for Scientific and Clinical Work NRCRMHO, Kyiv, Ukraine
ORCID: 0000-0001-7751-3849

Kostiantyn D. Bazyka, MD, PhD, Head of the Department of Pulmonology of Radiation Consequences Treatment Division, Institute of Clinical Radiology, NRCRMHO, Kyiv, Ukraine

Maria V. Shilenko, MD, Researcher of the Department of Pulmonology of Radiation Consequences Treatment Division, Institute of Clinical Radiology, NRCRMHO, Kyiv, Ukraine

Alisa A. Savchenko, MD, Researcher of the department of pulmonology of radiation consequences treatment divi-

них наслідків Інституту клінічної радіології ННЦРМГО, м. Київ, Україна

Ткачук Наталія Анатоліївна, лікар відділення радіаційної пульмонології відділу терапії радіаційних наслідків Клініки ННЦРМ, м. Київ, Україна

sion, Institute of Clinical Radiology, NRCRMO, Kyiv, Ukraine

Natalia A. Tkachuk, pulmonologist of the Radiation Pulmonology Department, Clinic of the NRCRMO, Kyiv, Ukraine

Стаття надійшла до редакції 03.09.2024

Received: 03.09.2024