

DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.3.2025.334-366>
УДК: 616-06:616.24-073.75:616.1-073.75:616-006:578.834



Клініко-радіологічні аспекти змін респіраторної та серцево-судинної систем організму онкологічних хворих, що перенесли COVID-19

Гавриленко М.В.², <https://orcid.org/0009-0004-3341-4602>, e-mail: neverminder42@gmail.com
Артюх С.В.^{1,3}, <https://orcid.org/0000-0002-7189-3614>, e-mail: artiukhsergii@ukr.net
Насонова А.М.¹, <https://orcid.org/0000-0002-2786-3311>, e-mail: nasonaln@gmail.com
Сорочан П.П.¹, <https://orcid.org/0000-0001-7057-6724>, e-mail: pavso@pavso.com
Спузяк Р.М.^{1,3}, <https://orcid.org/0000-0002-5822-4766>, e-mail: spu-roman212@ukr.net
Мельник Б.І.³, <https://orcid.org/0000-0001-9482-7399>, e-mail: bi.melnyk@knmu.edu.ua

¹Державна установа «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України», Харків, Україна

²Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України, Харків, Україна

³Харківський національний медичний університет

Міністерства охорони здоров'я України, Харків, Україна

Clinical and radiological aspects of respiratory and cardiovascular system changes in cancer patients who have recovered from COVID-19

Havrylenko M.V.², <https://orcid.org/0009-0004-3341-4602>, e-mail: neverminder42@gmail.com
Artiukh S.V.^{1,3}, <https://orcid.org/0000-0002-7189-3614>, e-mail: artiukhsergii@ukr.net
Nasonova A.M.¹, <https://orcid.org/0000-0002-2786-3311>, e-mail: nasonaln@gmail.com
Sorochan P.P.¹, <https://orcid.org/0000-0001-7057-6724>, e-mail: pavso@pavso.com
Spuziak R.M.^{1,3}, <https://orcid.org/0000-0002-5822-4766>, e-mail: spu-roman212@ukr.net
Melnyk B.I.³, <https://orcid.org/0000-0001-9482-7399>, e-mail: bi.melnyk@knmu.edu.ua

¹State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kharkiv, Ukraine

²V.N. Karazin Kharkiv National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

³Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Ключові слова:

постковідний синдром, протипухлинне лікування, функціональні порушення, структурні зміни.

Для кореспонденції:

Гавриленко Микита Вадимович
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України, кафедра онкології, радіології та радіаційної медицини; майдан Свободи, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;
e-mail: neverminder42@gmail.com

© Гавриленко М.В., Артюх С.В.,
Насонова А.М., Сорочан П.П.,
Спузяк Р.М., Мельник Б.І., 2025

РЕЗЮМЕ

Актуальність. Перенесена коронавірусна інфекція створює додаткові виклики для лікування онкологічних пацієнтів через формування персистуючих мультисистемних порушень, що потребує детального вивчення для оптимізації терапевтичних підходів.

Мета роботи – визначити характер радіологічних та функціональних змін серцево-судинної та дихальної систем у пацієнтів з онкологічними захворюваннями після перенесеної коронавірусної інфекції та їх взаємозв'язок з клінічною симптоматикою.

Матеріали та методи. Проспективне когортне порівняльне дослідження проводилось на базі Державної установи «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України» у м. Харків (Україна) протягом 2022–2024 років із залученням 130 пацієнтів, розподілених на основну (67 осіб з перенесеною коронавірусною інфекцією) та контрольну (63 особи без інфекції в анамнезі) групи, яким виконувався комплекс клінічних, лабораторних та інструментальних досліджень.

Результати. Встановлено, що у 49,2% пацієнтів основної групи протягом року після перенесеного COVID-19 зберігалися стійкі прояви постковідного синдрому. Частота ускладнень протипухлинної терапії у них була вдвічі вищою, ніж у контрольній групі (26,8% проти 12,7%). Радіологічне обстеження виявило переважання інтерстиціальних змін легеневої паренхіми з симптомом «матового скла» (71,6%) і ретикулярним патерном (41,8%), що свідчить про формування постінфекційного фіброзу. За даними функціональних тестів, домінував рестриктивний

тип вентиляційних порушень, частота якого після спеціального лікування зросла з 22,4 до 35,8% ($\chi^2=6,013$; $df=1$; $p=0,014$). Лабораторні показники виявили персистуючу активацію гемостазу з підвищенням рівня D-димеру до 872 ± 124 нг/мл ($\chi^2=9,571$; $df=1$; $p<0,01$) та дисбаланс клітинного імунітету зі зниженням CD4+/CD8+ до $1,31\pm 0,08$. Отримані дані вказують на системний характер постковідних змін, що знижують толерантність до міело- та кардіотоксичної дії протипухлинного лікування.

Висновки. Результати дослідження обґрунтовують необхідність розробки персоналізованих протоколів ведення онкологічних хворих із постковідним синдромом для підвищення толерантності до протипухлинної терапії. Практичне значення полягає у визначенні критеріїв моніторингу, раннього виявлення та корекції системних порушень з метою оптимізації лікувальної тактики та профілактики ускладнень у цієї категорії пацієнтів.

Для цитування:

Гавриленко М.В., Артюх С.В., Насонова А.М., Сорочан П.П., Спужак Р.М., Мельник Б.І. Клініко-радіологічні аспекти змін респіраторної та серцево-судинної систем організму онкологічних хворих, що перенесли COVID-19. *Український радіологічний та онкологічний журнал*. 2025. Т. 33. № 3. С.334–366. DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.3.2025.334-366>

Key words:

post-COVID syndrome, anticancer therapy, functional disorders, structural changes.

For correspondence:

Havrylenko Mykyta Vadymovych
V.N. Karazin Kharkiv National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Department of Oncology, Radiology and Radiation Medicine;
4 Svobody Sq., Kharkiv, Ukraine, 61022;
e-mail: neverminder42@gmail.com

© Havrylenko M.V., Artiukh S.V.,
Nasonova A.M., Sorochan P.P.,
Spuziak R.M., Melnyk B.I., 2025

ABSTRACT

Background. The coronavirus infection poses additional challenges for the treatment of cancer patients due to the development of persistent multisystem disorders, which requires detailed investigation to optimize therapeutic approaches.

Purpose – to determine the nature of radiological and functional changes in the cardiovascular and respiratory systems in cancer patients who have recovered from coronavirus infection and their relationship with clinical symptoms.

Materials and methods. A prospective cohort comparative study was conducted at the State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine» in Kharkiv (Ukraine) from 2022 to 2024. The study included 130 patients divided into the main group (67 patients with a history of coronavirus infection) and the control group (63 patients without it), who underwent a comprehensive clinical, laboratory, and instrumental assessment.

Results. It was found that 49.2% of patients in the main group exhibited persistent manifestations of post-COVID syndrome within one year after the infection. The frequency of cancer therapy complications in this group was twice as high as in the control group (26.8% vs. 12.7%). Radiological examination revealed predominantly interstitial changes in the lung parenchyma with ground-glass opacity (71.6%) and reticular pattern (41.8%), indicating postinfectious fibrosis formation. Functional testing showed a predominance of restrictive ventilatory disorders, the frequency of which increased after specific treatment from 22.4 to 35.8% ($\chi^2=6.013$; $df=1$; $p=0.014$). Laboratory parameters demonstrated persistent activation of hemostasis with elevated D-dimer levels (872 ± 124 ng/mL; $\chi^2=9.571$; $df=1$; $p<0.01$) and an imbalance in cellular immunity with a reduced CD4+/CD8+ ratio (1.31 ± 0.08). These findings indicate the systemic nature of post-COVID alterations, which decrease tolerance to the myelo- and cardiotoxic effects of anticancer therapy.

Conclusions. The results justify the need to develop personalized management protocols for cancer patients with post-COVID syndrome to enhance tolerance to anticancer treatment. The practical significance lies in identifying monitoring criteria for early detection and correction of systemic disorders to optimize therapeutic strategies and prevent complications in this category of patients.

For citation:

Havrylenko MV, Artiukh SV, Nasonova AM, Sorochan PP, Spuziak RM, Melnyk BI. Clinical and radiological aspects of respiratory and cardiovascular system changes in cancer patients who have recovered from COVID-19. *Ukrainian journal of radiology and oncology*. 2025;33(3):334–366. DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.3.2025.334-366>

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами

Стаття є фрагментом планової науково-дослідної роботи Державної установи «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України» «Розроблення індивідуальних підходів до проведення антибластом-

Relationship with academic programs, plans and themes

This article is a fragment of the planned scientific research project of the State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine» titled «Development of Individual Approaches to Conduc-

ної терапії у пацієнтів, які перенесли COVID-19», номер державної реєстрації: 0121U112052, шифр теми: НАМН.04.22, прикладна, термін виконання: 2022–2024 рр., керівники – доктор медичних наук, професор М.В. Красносельський та доктор медичних наук, професор, В.П.Старенький.

ting Antitumor Therapy in Patients Who Have Recovered from COVID-19». The project's state registration number is 0121U112052, and its code is NAMN.04.22, with applied research and duration from 2022 to 2024. The project is led by Doctor of Medical Sciences, Professor M.V. Krasnoselskyi and Doctor of Medical Sciences, Professor V.P. Starenkiy.

ВСТУП

Пандемія коронавірусної хвороби (COVID-19) особливо небезпечна для онкологічних хворих, які належать до групи підвищеного ризику через ослаблений імунітет. Перенесена коронавірусна інфекція часто призводить до тривалих ускладнень з боку респіраторної та серцево-судинної систем, що суттєво впливає на подальше лікування онкопатології. V.F. Chekhun та E.A. Domina (2021) досліджували вплив коронавірусу тяжкого гострого респіраторного синдрому 2 (SARS-CoV-2) на індивідуальну радіочутливість онкологічних пацієнтів. Автори виявили, що персистуюча системна запальна активність від COVID-19 може суттєво впливати на радіочутливість, вимагаючи персоналізованих корекцій протоколів променевої терапії [1]. Основною прогалиною дослідження була відсутність експериментальної валідації механізмів формування радіочутливості після інфекції. G.V. Kulinich et al. (2020) розглядали складні радіологічні виклики диференціації COVID-19 пневмонії від прогресування захворювання в онкологічних хворих. Через аналіз клінічних випадків вони продемонстрували діагностичні дилеми, що вимагали ретельного моніторингу. Робота виявила критичну потребу в покращених радіологічних критеріях [2].

Використовуючи електронну мікроскопію Y. Kuzyk et al. (2024) виявили ендотеліальну дисфункцію з тромбозом та мікроангіопатією легеневих судин при тяжкому COVID-19. Дослідження висвітлило обмежену доступність електронно-мікроскопічного дослідження легеневого судинного русла як значну прогалину [3].

Лукашова О.П. із співавт. (2024) показали в своїх дослідженнях, що механізми патогенезу COVID-19 полягають у безпосередній руйнівній дії вірусу на епітеліальні клітини гематоальвеолярного бар'єру, що, очевидно, призводить до вивільнення запальних цитокінів, які стимулюють системну реакцію внутрішньосудинного згортання крові. В дослідженні встановлено, що для онкологічних хворих, в анамнезі яких було проведення хімотерапії, процеси тромбозу та руйнування альвеолярних перегородок при COVID-19 були одними з виразніших уражень, порівняно з іншими хворими [4].

L. Konopkina et al. (2022) оцінювали вентиляційну функцію у 41 пацієнта після COVID-19 пневмонії. Пацієнти з легким гострим COVID-19 мали значно більше обструктивних змін, тоді як ті, хто мав тяжкий гострий COVID-19, розвинули більше рестриктивних порушень [5]. Це зумовлює потребу в довготривалих дослідженнях спостереження та стандартизованих протоколах реабілітації. При аналізі гістопатології легень у 31 фатальному випадку COVID-19 O. Yakovenko et al. (2023) задокументували високі частоти гіалінових мембран (70,9%), капілярного стазу (77,4%) та дифузного альвеолярного ушкодження (90,3%). За їх даними, у хворих чоловічої статі відзначався значно вищий

INTRODUCTION

The COVID-19 pandemic poses particular danger for cancer patients, who belong to a high-risk group due to compromised immunity. A history of coronavirus infection often leads to long-term complications affecting the respiratory and cardiovascular systems, significantly impacting the further treatment of cancer pathology. V.F. Chekhun and E.A. Domina (2021) investigated the impact of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) on individual radiosensitivity in cancer patients. The authors found that persistent systemic inflammatory activity due to COVID-19 may significantly influence radiosensitivity, necessitating personalized adjustments to radiotherapy protocols [1]. A major limitation of the study was the lack of experimental validation of the mechanisms underlying post-infection changes in radiosensitivity. G.V. Kulinich et al. (2020) examined complex radiological challenges in differentiating COVID-19 pneumonia from disease progression in cancer patients. Through clinical case analysis, they highlighted diagnostic dilemmas requiring meticulous monitoring. The study revealed a critical need for improved radiological criteria [2].

Using electron microscopy, Y. Kuzyk et al. (2024) identified endothelial dysfunction with thrombosis and microangiopathy in pulmonary vessels during severe COVID-19. The research highlighted the limited availability of electron microscopic examination of pulmonary vasculature as a significant gap [3].

O.P. Lukashova et al. (2024) demonstrated in their studies that the pathogenic mechanisms of COVID-19 involve direct viral damage to epithelial cells of the alveolar-capillary barrier, evidently leading to the release of inflammatory cytokines that trigger a systemic intravascular coagulation response. The study found that in cancer patients with a history of chemotherapy, thrombosis and destruction of alveolar septa due to COVID-19 were among the most prominent lesions compared to other patients [4].

L. Konopkina et al. (2022) evaluated ventilatory function in 41 patients after COVID-19 pneumonia. Patients with mild acute COVID-19 exhibited more obstructive changes, whereas those with severe acute COVID-19 developed predominantly restrictive impairments [5]. This highlights the need for long-term observational studies and standardized rehabilitation protocols. In a histopathological analysis of lungs from 31 fatal COVID-19 cases, O. Yakovenko et al. (2023) documented high frequencies of hyaline membranes (70.9%), capillary stasis (77.4%), and diffuse alveolar damage (90.3%). According to their data, male patients showed a significantly higher risk of fatal outcomes [6]. However, the study was limited by a lack of understanding of long-term pathological changes.

N.M. Kuderer et al. (2020) analyzed data from 928 cancer patients with COVID-19 across several

ризик фатальних наслідків [6]. Прогаლიною було обмежене розуміння довготривалих патологічних змін.

N.M. Kuderer et al. (2020) проаналізували дані 928 онкологічних пацієнтів із COVID-19 у кількох країнах і виявили 30-денну загальну смертність на рівні 13%. Близько 53% потребували додаткової подачі кисню, а 11% осіб перенесли серцево-судинні ускладнення. Незалежними факторами ризику смертності були вік понад 65 років, чоловіча стать та активний перебіг злякисного процесу [7]. Серед обмежень дослідження зазначено притаманну обсерваційному дизайну упередженість і гетерогенність типів раку. У дослідженні K. Yang et al. (2020), яке включало 205 госпіталізованих онкологічних пацієнтів із COVID-19 у провінції Хубей (Китай), повідомлено про внутрішньолікарняну смертність на рівні 20%. У 89% було діагностовано пневмонію, а у 18% розвинувся тяжкий гострий респіраторний дистрес-синдром (ГРДС). Проведення хіміотерапії протягом 4 тижнів до появи симптомів значно підвищувало ризик смертності (OR 3,51) [8]. До обмежень віднесено недостатність даних довготривалого спостереження. У масштабному когортному дослідженні Y. Xie et al. (2022), що охопило 153760 осіб, які пережили COVID-19, із подальшим 12-місячним наглядом, було задокументовано суттєво підвищений ризик серцево-судинних ускладнень, включаючи серцеву недостатність (HR 1,72), аритмії (HR 1,69) та тромбоемболічні події (HR 2,39). Ці ефекти простежувалися навіть серед пацієнтів, які не потребували госпіталізації, однак переважання у вибірці білої чоловічої популяції ветеранів обмежує можливість широкого узагальнення результатів [9].

M. Nishiga et al. (2020) розглядали двонаправлений зв'язок між COVID-19 та серцево-судинними захворюваннями. Ушкодження міокарда спостерігалось у 7–20% пацієнтів, серцева недостатність у 23–24% госпіталізованих та аритмії у 17% загалом (44% у відділення інтенсивної терапії). Зниження регуляції ACE2 (ангіотензинперетворювальний фермент 2 типу) через SARS-CoV-2 було визначено як потенційний механізм серцево-судинної дисфункції, хоча механізми прямого проти непрямого серцево-судинного ушкодження залишилися нез'ясованими [10]. Дослідження C. Lozahic et al. (2021) висвітлює підвищену серцево-судинну вразливість онкологічних пацієнтів під впливом COVID-19. Автори описали «модель подвійного удару», де онкологічна терапія викликає кардіотоксичність, а у поєднанні з COVID-19 ризики серцевих ускладнень значно зростають. Підкреслена необхідність розробки оптимізованих стратегій діагностики та лікування для таких пацієнтів [11].

Пандемія COVID-19 стимулювала проведення численних досліджень, присвячених різним аспектам коронавірусної інфекції та її наслідків. Однак, незважаючи на значну кількість публікацій щодо перебігу COVID-19 у загальній популяції та окремих категорій пацієнтів, робіт, спрямованих на комплексне вивчення клініко-радіологічних аспектів змін респіраторної та серцево-судинної систем організму саме онкологічних хворих, що перенесли COVID-19, виявлено недостатньо, що і зумовило необхідність проведення поточного дослідження.

Завдання дослідження: проаналізувати характер та частоту радіологічних змін респіраторної системи (за даними комп'ютерної томографії (КТ) та рентгенографії) в онкологічних хворих, які перенесли COVID-19,

reporting an overall 30-day mortality rate of 13%. Approximately 53% required supplemental oxygen, and 11% experienced cardiovascular complications. Independent risk factors for mortality included age over 65, male sex, and active malignant disease [7]. Limitations of the study included observational design bias and cancer-type heterogeneity. In a study by K. Yang et al. (2020) involving 205 hospitalized cancer patients with COVID-19 in Hubei Province (China), in-hospital mortality was reported at 20%. Pneumonia was diagnosed in 89% of patients, and 18% developed severe acute respiratory distress syndrome (ARDS). Chemotherapy within 4 weeks prior to symptom onset significantly increased the risk of mortality (OR 3.51) [8]. Limitations included insufficient long-term follow-up data. A large cohort study by Y. Xie et al. (2022), involving 153,760 individuals who survived COVID-19 with subsequent 12-month follow-up, documented a significantly increased risk of cardiovascular complications, including heart failure (HR 1.72), arrhythmias (HR 1.69), and thromboembolic events (HR 2.39). These effects were observed even among non-hospitalized patients; however, the predominance of white male veterans in the study population limits the generalizability of the findings [9].

M. Nishiga et al. (2020) explored the bidirectional relationship between COVID-19 and cardiovascular diseases. Myocardial injury was observed in 7–20% of patients, heart failure in 23–24% of hospitalized individuals, and arrhythmias in 17% overall (44% in the intensive care unit). A reduction in ACE2 (angiotensin-converting enzyme 2) regulation due to SARS-CoV-2 was identified as a potential mechanism for cardiovascular dysfunction, although the mechanisms of direct versus indirect cardiovascular damage remain unclear [10]. The study by C. Lozahic et al. (2021) highlighted the increased cardiovascular vulnerability of oncology patients under the influence of COVID-19. The authors described a «double-hit model» in which oncological therapy induces cardiotoxicity, and when combined with COVID-19, the risks of cardiovascular complications are significantly amplified. The study emphasized the need for the development of optimized diagnostic and treatment strategies for such patients [11].

The COVID-19 pandemic has prompted numerous studies addressing various aspects of the coronavirus infection and its consequences. However, despite the significant number of publications concerning the course of COVID-19 in the general population and in specific patient categories, there is a lack of research focused on the comprehensive study of clinical and radiological aspects of changes in the respiratory and cardiovascular systems in oncology patients who have recovered from COVID-19. This gap in research has highlighted the necessity of the current study.

The aims of the study are to analyze the nature and frequency of radiological changes in the respiratory system (based on computed tomography (CT) and radiography) in cancer patients who have recovered from COVID-19, compared to cancer patients without a history of coronavirus infection; to assess the correlation between radiological findings, functional impairments (such as lung function tests (LFT), electrocardiography (ECG)), and clinical symptoms of post-COVID syndrome in cancer patients at various stages of specific antitumor treatment.

порівняно з онкохворими без коронавірусної інфекції в анамнезі; оцінити взаємозв'язок між радіологічними знахідками, функціональними порушеннями (функція зовнішнього дихання (ФЗД), електрокардіографія (ЕКГ)) та клінічною симптоматикою постковідного синдрому в онкологічних пацієнтів на різних етапах спеціального протипухлинного лікування.

Мета роботи – вивчення особливості радіологічних змін серцево-судинної і респіраторної систем та їх кореляцію з клінічними проявами в онкологічних хворих з постковідним синдромом.

Objective – is to determine the nature of radiological and functional changes in the cardiovascular and respiratory systems in cancer patients who have recovered from coronavirus infection and their relationship with clinical symptoms.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

MATERIALS AND METHODS

Дане дослідження було ретроспективно-проспективним когортним порівняльним, оскільки відбір пацієнтів здійснювався шляхом ретроспективного аналізу медичної документації з подальшим проспективним спостереженням, було проведено у період з січня 2022 року по липень 2024 року. Дослідження проводилось на базі Державної установи «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України» у м. Харків (Україна), зокрема у відділеннях радіаційної онкології, променевої патології, реабілітації та паліативної медицини, клінічної онкології та гематології, онкологічної хірургії. Усі лабораторні дослідження виконувались в атестованих лабораторіях інституту (лабораторії радіаційної імунології та клінічної діагностики). Дослідження проводилися відповідно до етичних стандартів біомедичних досліджень, зокрема принципів Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації (World Medical Association, 1964) [12]. Усі пацієнти були належним чином проінформовані про характер дослідження та дали письмову інформовану згоду на участь, що було підтверджено Комітетом з біоетики та деонтології інституту.

Дослідження включало декілька етапів.

На першому етапі здійснювався набір пацієнтів шляхом ретроспективного аналізу медичної документації (виписки з амбулаторних карт, історії хвороби) для ідентифікації осіб з морфологічно підтвердженим онкологічним захворюванням та, для основної групи, з підтвердженням фактом перенесеної коронавірусної інфекції у 2020–2024 рр. Відбір пацієнтів проводився згідно з визначеними критеріями включення та виключення з метою формування двох груп для зіставлення: основної (онкологічні хворі, що перенесли COVID-19) та контрольної (онкологічні хворі без COVID-19 в анамнезі).

Критерії включення: морфологічно підтвержене злоякісне новоутворення будь-якої локалізації, вік пацієнтів 18 років і старше, для основної групи – лабораторно підтверджений факт перенесеної коронавірусної інфекції (позитивний ПЛР-тест (полімеразна ланцюгова реакція) або тест на антитіла) у 2020–2024 роках; письмова інформована згода на участь у дослідженні.

Критерії виключення: декомпенсовані супутні захворювання (серцева недостатність III–IV функціонального класу (ФК), дихальна недостатність III ступеня, ниркова недостатність зі швидкістю клубочкової фільтрації (ШКФ) <30 мл/хв/1,73 м²), повторна госпіталізація з приводу коронавірусної хвороби 2019

This study was a retrospective-prospective cohort comparative study, as patient selection was conducted through a retrospective analysis of medical records followed by prospective observation. The study was conducted from 2022 to 2024 at the State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine» in Kharkiv (Ukraine), specifically in the Departments of Radiation Oncology, Radiation Pathology, Rehabilitation and Palliative Medicine, Clinical Oncology and Hematology, and Oncological Surgery. All laboratory tests were performed in the accredited laboratories of the institute (laboratories of radiation immunology and clinical diagnostics). The study was conducted in accordance with the ethical standards for biomedical research, including the principles of the Helsinki Declaration of the World Medical Association (World Medical Association, 1964) [12]. All patients were adequately informed about the nature of the study and gave written informed consent to participate, which was confirmed by the Bioethics and Deontology Committee of the institute.

The study included several stages.

At the first stage, patients were selected through a retrospective analysis of medical records (discharge summaries, outpatient cards, medical history) to identify individuals with morphologically confirmed oncological diseases and, for the main group, with confirmed COVID-19 infection from 2020 to 2024. The selection of patients was performed according to predefined inclusion and exclusion criteria to form two groups for comparison: the main group (oncological patients who had recovered from COVID-19) and the control group (oncological patients without a history of COVID-19).

Inclusion criteria: Morphologically confirmed malignant neoplasm of any localization, patients aged 18 years and older, for the main group – laboratory-confirmed history of COVID-19 infection (positive PCR test or antibody test) in 2020–2024; written informed consent to participate in the study.

Exclusion criteria: Decompensated comorbidities (III–V functional class (FC) heart failure, grade III respiratory failure, renal failure with glomerular filtration rate (GFR) <30 ml/min/1.73 m²), repeated hospitalization for COVID-19, presence of another active infection at the time of inclusion, pregnancy or breastfeeding, mental disorders that hinder cooperation.

Next, at the stage of preparing patients from the main group for planned specific antitumor treatment (radiation therapy, surgery, or chemotherapy), prospective clinical data were collected through detailed history

(COVID-19), наявність іншої активної інфекції на момент включення, вагітність або годування груддю, психічні розлади, що перешкоджають співпраці.

Далі, на етапі підготовки пацієнтів основної групи до запланованого спеціального протипухлинного лікування (променева терапія, хірургічне лікування або хіміотерапія), проводився проспективний збір клінічних даних шляхом детального збору анамнезу (перебіг онкологічного захворювання, характер COVID-19, терміни, вакцинація) та фізикального огляду. Одночасно проводився комплекс інструментальних та лабораторних досліджень для оцінки стану кардіореспіраторної та інших систем організму. Через місяць після завершення спеціального лікування виконувався повторний збір даних для оцінки динаміки змін. Повторне обстеження пройшли всі 67 пацієнтів основної групи та 63 – контрольної групи. Повторно оцінювались: гематологічні показники (загальний аналіз крові), рентгенографія органів грудної клітки, електрокардіографія та функція зовнішнього дихання. Інші дослідження (комп'ютерна томографія, ехокардіоскопія, імунограма) виконувались за клінічними показаннями.

Дослідницька вибірка складалася з 67 пацієнтів основної групи та 63 пацієнтів контрольної групи. Усі пацієнти мали морфологічне підтвердження злоякісного новоутворення. Віковий діапазон в основній групі становив 36–84 роки (медіана 62 роки), в контрольній групі – 42–80 років (медіана 61 рік). Розподіл за статтю: основна група – 21 чоловік, 46 жінок; контрольна група – 27 чоловіків, 36 жінок. За стадіями TNM розподіл становив: I–II стадія – 32 пацієнти в основній групі та 28 в контрольній; III–IV стадія 35 та 35 відповідно. Основні локалізації: грудна залоза – 28 випадків в основній групі та 25 в контрольній; органи шлунково-кишкового тракту – 18 та 16; легені – 12 та 13; інші локалізації – 9 та 9 відповідно. Комплексна методика обстеження передбачала використання широкого спектра лабораторних та інструментальних методів. Гематологічні показники (еритроцити, гемоглобін, тромбоцити, лейкоцити, ШОЕ та ін.) визначались на автоматичному гематологічному аналізаторі XN-L550 (Sysmex, Японія). Оцінювались: RBC (еритроцити), Hb (гемоглобін), КП (кольоровий показник), MCH (середній вміст гемоглобіну в еритроциті), MCV (середній об'єм еритроцита), PLT (тромбоцити), HCT (гематокрит), WBC (лейкоцити), ШОЕ (швидкість осідання еритроцитів). Кров збирали в EDTA (етилендіамінтетраоцтова кислота) у співвідношенні 9:1. Дослідження проводилось до лікування та через місяць після завершення. Стан системи гемостазу оцінювався за показниками коагулограми та рівнем D-димеру. Визначення D-димеру проводилось на автоматичному біохімічному аналізаторі «RESPONS 910» (DiaSys, Німеччина). Оцінювались: ПТЧ (протромбіновий час), ПТІ (протромбіновий індекс), АЧТЧ (активований частковий тромбластиновий час), МНВ (міжнародне нормалізоване відношення), фібриноген, РФМК (розчинні фібрин-мономерні комплекси), D-димер. Імунологічні дослідження включали визначення популяцій та субпопуляцій лімфоцитів методом проточної цитометрії на цитометрі FC-500 (Beckman Coulter, США) з використанням моноклональних антитіл виробництва Beckman Coulter (США). Аналізувались вміст основних субпопуляцій (CD3+, CD4+,

taking (oncological disease progression, COVID-19 characteristics, timing, vaccination) and physical examination. Simultaneously, a comprehensive set of instrumental and laboratory tests was conducted to assess the condition of the cardiovascular and respiratory systems, as well as other body systems. One month after the completion of the special treatment, a follow-up data collection was conducted to assess the dynamics of changes. Follow-up evaluations were carried out for all 67 patients in the main group and 63 patients in the control group. The following indicators were re-assessed: hematological parameters (complete blood count), chest X-ray, electrocardiography, and pulmonary function tests. Other studies (CT, echocardiography, immunogram) were conducted based on clinical indications.

The research sample consisted of 67 patients in the main group and 63 patients in the control group. All patients had morphologically confirmed malignant neoplasms. The age range in the main group was 36–84 years (median 62 years), and in the control group, it was 42–80 years (median 61 years). The gender distribution was the following: main group – 21 men, 46 women; control group – 27 men, 36 women. According to the TNM stages, the distribution was as follows: stage I–II – 32 patients in the main group and 28 in the control group; stage III–IV – 35 and 35, respectively. The main localizations were: breast – 28 cases in the main group and 25 in the control group; gastrointestinal organs – 18 and 16; lungs – 12 and 13; other localizations – 9 and 9, respectively. The comprehensive examination methodology involved the use of a wide range of laboratory and instrumental methods. Hematological parameters (erythrocytes, hemoglobin, platelets, leukocytes, ESR, etc.) were determined using an automated hematology analyzer XN-L550 (Sysmex, Japan). The following parameters were evaluated: RBC (erythrocytes), Hb (hemoglobin), MCH (mean corpuscular hemoglobin), MCV (mean corpuscular volume), PLT (platelets), HCT (hematocrit), WBC (leukocytes), ESR (erythrocyte sedimentation rate). Blood samples were collected in EDTA (ethylenediaminetetraacetic acid) at a 9:1 ratio. The study was conducted before treatment and one month after its completion. The state of the hemostasis system was assessed based on the coagulation profile and D-dimer levels. D-dimer determination was carried out using an automated biochemical analyzer «RESPONS 910» (DiaSys, Germany). The following parameters were evaluated: PT (prothrombin time), PTI (prothrombin index), APTT (activated partial thromboplastin time), INR (international normalized ratio), fibrinogen, D-dimer, and soluble fibrin-monomer complexes (RFMC). Immunological studies included determining the populations and subpopulations of lymphocytes using flow cytometry on the FC-500 cytometer (Beckman Coulter, USA) with monoclonal antibodies from Beckman Coulter (USA). The following major subpopulations were analyzed: CD3+, CD4+, CD8+, CD16+56+, CD19+ and some activation markers. For the evaluation of humoral immunity, the concentrations of immunoglobulins G, A, M, and circulating immune complexes (CIC) were determined using a photometer «SUNRISE TECAN» (Tecan Austria GmbH, Austria) and corresponding reagent kits. The phagocytic activity of neutrophils was assessed using a direct visual test with staphylococcus (strain C-52).

CD8+, CD16+56+, CD19+) та деяких активаційних маркерів. Для оцінки гуморального імунітету визначали концентрацію імуноглобулінів класів G, A, M та циркулюючих імунних комплексів (ЦІК) за допомогою фотометра «SUNRISE TECAN» (Tecan Austria GmbH, Австрія) та відповідних наборів реагентів. Фагоцитарна активність нейтрофілів оцінювалась у прямому візуальному тесті з використанням стафілокока (штам С-52).

Із інструментальних методів проводилась оцінка функції зовнішнього дихання (ФЗД) усім пацієнтам, залученим до дослідження, на спірографічному комплексі «Спіроком» (Україна, модель Spirocom-K). Оцінювались показники: ЖЄЛ (життєва ємність легень), ЗЄЛ (загальна ємність легень), ЗОЛ (залишковий об'єм легень), ОФV₁ (об'єм форсованого видиху за першу секунду), МОШ₇₅ та МОШ₅₀ (максимальна об'ємна швидкість на рівні 75 та 50%). Функціональний стан серцево-судинної системи монітувався за допомогою ЕКГ з 12 стандартних відведень на електрокардіографі MIDAS 6/12 (Україна, модель Midas-EKG). Візуалізаційні методи включали ультразвукову діагностику серця (ЕхоКС), комп'ютерну томографію (КТ) органів грудної клітки та рентгенографію. ЕхоКС виконувалась на апараті CHISON 17 (Chison Medical Imaging Co., Ltd., Китай) за стандартною методикою з оцінкою розмірів камер серця, товщини стінок, систолічної та діастолічної функції (у тому числі фракцію викиду за модифікованим методом Simpson), стану клапанного апарату та перикарда. КТ (комп'ютерна томографія) ОГК проводилась на мультиспіральному комп'ютерному томографі Siemens Somatom Definition Edge (Німеччина) з товщиною зрізу 1–2 мм. Оцінювались: паренхіматозні зміни (патерни «матового скла», консолидації та ретикулярний), локалізація ураження, додаткові знахідки (бронхоектази, тракційні зміни, кістозні ураження). Рентгенографія ОГК виконувалась у двох проєкціях (пряма та бічна) на цифровому рентгенівському апараті Proteus XR/a (General Electric, США). Аналізувалися стан легеневого рисунка (посилення, деформація, ретикулярний патерн), інфільтративні процеси, корені легень, діафрагма, синуси, серцева тінь. Особлива увага приділялась ознакам інтерстиціальних змін як проявам пост-ковідного фіброзу. При КТ оцінювалися: паренхіматозні зміни (симптоми «матового скла», консолидації, ретикулярний патерн), структурні зміни (дилатація бронхів, субплевральні смуги, тракційні бронхоектази), розповсюдження ураження (двобічне/однобічне, периферичне/центральне). При рентгенографії аналізувались: стан легеневого рисунка, інфільтративні зміни, зміни коренів легень, плевральні зміни, діафрагма та серцева тінь.

Застосована комплексна методологія, що поєднувала клінічну оцінку, лабораторні аналізи та широкий спектр інструментальних і променевих методів, дозволила всебічно дослідити стан кардіореспіраторної та інших систем у онкологічних пацієнтів після COVID-19 та виявити особливості постковідного синдрому в цієї когорти. Отримані результати, зіставлені між групами, сприяють досягненню поставленої мети дослідження щодо характеристики клінічних, функціональних та візуалізаційних змін, пов'язаних з перенесеною коронавірусною інфекцією, та їх впливу на перебіг основного захворювання та толерантність до спеціального лікування. Статистичний аналіз проводився з використанням програмного забезпечення SPSS Statistics 23.0 (IBM Corp., США). Нормальність

Among instrumental methods, pulmonary function tests (PFT) were performed for all patients included in the study using the spirometry complex «Spirocom» (Ukraine, model Spirocom-K). The following parameters were evaluated: VC (vital capacity), TLC (total lung capacity), RV (residual volume), FEV₁ (forced expiratory volume in the first second), and peak expiratory flow rates (PEFR) at 75% and 50% (MEF₇₅ and MEF₅₀). The functional state of the cardiovascular system was monitored using electrocardiography (ECG) with 12 standard leads on the MIDAS 6/12 electrocardiograph (Ukraine, model Midas-EKG). Imaging methods included echocardiography (ECHO), chest CT, and X-ray. ECHO was performed on a CHISON 17 device (Chison Medical Imaging Co., Ltd., China) according to standard methodology, assessing heart chamber sizes, wall thickness, systolic and diastolic function (including ejection fraction by the modified Simpson method), the valve apparatus, and pericardium. Chest CT was performed on a multi-slice CT scanner Siemens Somatom Definition Edge (Germany) with a slice thickness of 1–2 mm. The following parameters were assessed: parenchymal changes (patterns of ground-glass opacity, consolidation, and reticular patterns), lesion localization, and additional findings (bronchiectasis, traction changes, cystic lesions). Chest X-ray was performed in two projections (anteroposterior and lateral) using a digital X-ray machine Proteus XR/a (General Electric, USA). The analysis included the state of the lung parenchyma (increased opacity, deformation, reticular pattern), infiltrative processes, lung roots, diaphragm, sinuses, and cardiac shadow. Special attention was given to signs of interstitial changes as manifestations of post-COVID fibrosis. In CT, the following parameters were evaluated: parenchymal changes (ground-glass opacity, consolidation, reticular patterns), structural changes (bronchial dilation, subpleural bands, traction bronchiectasis), lesion distribution (bilateral/unilateral, peripheral/central). In X-ray, the analysis included the condition of the lung pattern, infiltrative changes, lung roots, pleural changes, diaphragm, and cardiac shadow.

The applied comprehensive methodology, which combined clinical evaluation, laboratory analyses, and a wide range of instrumental and radiological methods, allowed for a thorough investigation of the state of the cardiovascular, respiratory, and other systems in cancer patients who recovered from COVID-19 and revealed features of post-COVID syndrome in this cohort. The results obtained, compared between the groups, contributed to achieving the research goal of characterizing the clinical, functional, and imaging changes associated with the past coronavirus infection, and their impact on the course of the primary disease and tolerance to special treatment. Statistical analysis was performed using SPSS Statistics 23.0 software (IBM Corp., USA). The normality of the distribution of quantitative indicators was checked using the Shapiro–Wilk test. To compare the means between two independent groups, the Student's t-test (for normal distribution) or the Mann–Whitney U test (for non-normal distribution) was used. Categorical variables were compared using the Pearson chi-square test or Fisher's exact test. Results are presented as the mean ± standard error of the mean (M±m) for quantitative variables and as absolute numbers for categorical variables. Differences were considered statistically significant at p<0.05. A limitation of the study

розподілу кількісних показників перевіряли за критерієм Шапіро–Уїлка. Для порівняння середніх значень між двома незалежними групами використовували t-критерій Стьюдента (за нормального розподілу) або U-критерій Манна–Уїтні (за ненормального розподілу). Категоріальні змінні порівнювали за допомогою критерію хі-квадрат Пірсона або точного критерію Фішера. Результати представлені як середнє ± стандартна похибка середнього (M±m) для кількісних змінних та як абсолютні числа для категоріальних. Статистично значущими вважали відмінності при p<0,05. Обмеженням дослідження була відсутність довготривалого спостереження понад один рік після завершення спеціального лікування.

was the lack of long-term observation beyond one year after the completion of special treatment.

РЕЗУЛЬТАТИ

RESULTS

Клінічні прояви постковідного синдрому в онкологічних хворих

Результати комплексного обстеження 67 онкологічних хворих з COVID-19 в анамнезі та 63 онкологічних хворих без коронавірусної інфекції дозволили виявити особливості клініко-радіологічних змін кардіореспіраторної системи в постковідному періоді. Проведений порівняльний аналіз клініко-інструментальних показників виявив, що у 49,2% онкологічних пацієнтів у терміни більше року після перенесеного COVID-19, зберігались симптоми стійкого постковідного синдрому з боку серцево-судинної та респіраторної систем. Детальний аналіз клінічних та інструментальних ознак представлено в таблиці 1.

Clinical manifestations of post-COVID syndrome in cancer patients

The results of the comprehensive examination of 67 cancer patients with a history of COVID-19 and 63 cancer patients without coronavirus infection revealed the features of clinical and radiological changes in the cardiovascular and respiratory systems during the post-COVID period. The comparative analysis of clinical and instrumental indicators revealed that in 49.2% of cancer patients, more than one year after the recovery from COVID-19, symptoms of persistent post-COVID syndrome involving the cardiovascular and respiratory systems were still present. A detailed analysis of clinical and instrumental signs is presented in Table 1.

Таблиця 1. Прояви постковідного синдрому з боку кардіореспіраторної системи у терміни 4 тижні – 12 місяців після встановлення діагнозу [Джерело: створено автором на основі даних дослідження]

Table 1. Manifestations of post-COVID syndrome affecting the cardiorespiratory system within 4 weeks to 12 months after diagnosis [Source: Created by the author based on study data]

| Клінічні і інструментальні ознаки Clinical and instrumental signs | Онкохворі, що хворіли на COVID-19 (основна група) Cancer patients with a history of COVID-19 (main group) | Онкохворі без COVID-19 (контрольна група) Cancer patients without COVID-19 (control group) | p |
|---|--|---|------|
| | n = 67, абс./abs. | n = 63, абс./abs. | |
| Слабкість / Weakness | 58 | 50 | 0,27 |
| Задихка / Dyspnea | 32 | 23 | 0,19 |
| Кашель / Cough | 25 | 14 | 0,06 |
| Біль в грудній клітці / Chest pain | 13 | 9 | 0,43 |
| Синусна тахікардія / Sinus tachycardia | 24 | 20 | 0,62 |
| Брадикардія / Bradycardia | 12 | 7 | 0,27 |
| Миготлива аритмія / Atrial fibrillation | 10 | 6 | 0,34 |
| Екстрасистолія / Extrasystole | 6 | 2 | 0,27 |
| Зміни ST ішемічного характеру Ischemic-type ST changes | 15 | 6 | 0,04 |
| Рестриктивні, обструктивні порушення функції зовнішнього дихання Restrictive or obstructive disorders of external respiratory function | 25 | 15 | 0,09 |
| Ускладнення хіміо-променевого лікування Complications of chemoradiotherapy | 18 | 8 | 0,04 |

Примітки:

абс. – абсолютна кількість; n – обсяг вибірки,
 $\chi^2 = 6,42$; df = 1; p = 0,04 для ішемічних змін ST;
 $\chi^2 = 6,54$; df = 1; p = 0,04 для ускладнень хіміопроменевого лікування.

Notes:

abs. – absolute number; n – sample size;
 $\chi^2 = 6.42$; df = 1; p = 0.04 for ischemic ST changes;
 $\chi^2 = 6.54$; df = 1; p = 0.04 for complications of chemoradiotherapy.

У пацієнтів, які перенесли COVID-19, частота клінічних та інструментальних ознак ураження серцево-судинної і респіраторної систем була вищою, ніж у контрольній групі. В основній когорті частіше реєструвалися скарги на слабкість, задишку та кашель, а також ознаки вегетативного дисбалансу (синусна тахікардія, брадикардія) й порушення ритму (миготлива аритмія, екстрасистолія). Ці прояви відображали зниження адаптаційних можливостей кардіореспіраторної системи після перенесеної інфекції.

Статистичний аналіз із застосуванням критерію Пірсона (χ^2) показав, що на статистично значущому рівні ($p < 0,05$) відмінності між групами виявлені лише для ішемічних змін сегмента ST ($\chi^2 = 6,42$; $df = 1$; $p = 0,041$) та ускладнень хіміо-променевого лікування ($\chi^2 = 6,54$; $df = 1$; $p = 0,039$). Для інших показників зафіксовано лише тенденцію до вищої частоти симптомів у пацієнтів з постковідним синдромом ($p > 0,05$), що потребує подальшого вивчення на розширених вибірках. Отримані результати вказують, що перенесений COVID-19 може асоціюватися з підвищеним ризиком мікрovasкулярного ураження міокарда та зниженням толерантності до токсичних ефектів протипухлинного лікування.

Таким чином, результати дослідження свідчать, що постковідний синдром формує фон для підвищеної чутливості кардіореспіраторної системи до лікувального навантаження в онкологічних пацієнтів. Виявлені тенденції та статистично значущі зміни обґрунтовують необхідність посиленого клінічного моніторингу, індивідуалізації режимів лікування та розробки профілактичних заходів. Для остаточного підтвердження встановлених закономірностей потрібні подальші дослідження з більшими вибірками.

Структура супутньої патології у досліджуваних групах хворих

Важливим аспектом комплексного аналізу стану онкологічних хворих з постковідним синдромом була оцінка супутньої патології, яка може суттєво впливати на перебіг основного захворювання та модифікувати клінічні прояви віддалених наслідків COVID-19. Коморбідні стани створюють додаткове навантаження на функціональні системи організму, знижують адаптаційні резерви та можуть потенціювати негативний вплив як коронавірусної інфекції, так і протипухлинного лікування. Особливе значення мають захворювання серцево-судинної та респіраторної систем, оскільки саме ці системи є основними мішенями для SARS-CoV-2. Наявність попередньої кардіальної або легеневої патології може не лише обтяжувати гострий період COVID-19, але й сприяти формуванню стійких постковідних змін. У зв'язку з цим, детальний аналіз структури та частоти супутніх захворювань є критично важливим для розуміння патогенетичних механізмів постковідного синдрому в онкологічних хворих. Розподіл супутньої кардіальної та респіраторної патології у досліджуваних групах подано в таблиці 2.

Аналіз супутньої патології виявив переважання серцево-судинних і респіраторних захворювань у пацієнтів основної групи. Частота гіпертонічної хвороби була вищою серед осіб, які перенесли COVID-19 (41 проти 32 випадків), однак ця різниця не досягла статистично значущого рівня ($\chi^2 = 1,06$; $df = 1$; $p = 0,304$). Подібна тенденція спостерігалась і для ішемічної

In patients who had recovered from COVID-19, the frequency of clinical and instrumental signs of cardiovascular and respiratory system damage was higher compared to the control group. In the main cohort, complaints of weakness, shortness of breath, and cough were more frequently registered, as well as signs of autonomic imbalance (sinus tachycardia, bradycardia) and rhythm disturbances (atrial fibrillation, extrasystoles). These manifestations reflected a decrease in the adaptive capacity of the cardiorespiratory system after the infection.

Statistical analysis using Pearson's chi-square test (χ^2) showed that statistically significant differences between the groups were found only for ischemic changes in the ST segment ($\chi^2 = 6.42$; $df = 1$; $p = 0.041$) and complications of chemo-radiotherapy ($\chi^2 = 6.54$; $df = 1$; $p = 0.039$). For other indicators, only a trend towards a higher frequency of symptoms in patients with post-COVID syndrome was observed ($p > 0.05$), which requires further study on larger sample sizes. The obtained results suggest that a history of COVID-19 may be associated with an increased risk of microvascular myocardial damage and a reduced tolerance to the toxic effects of anticancer treatment.

Thus, the results of the study indicate that post-COVID syndrome creates a background for increased sensitivity of the cardiorespiratory system to treatment stress in oncology patients. The identified trends and statistically significant changes justify the need for intensified clinical monitoring, individualized treatment regimens, and the development of preventive measures. Further research with larger sample sizes is required to definitively confirm the established patterns.

Structure of comorbid pathology in the studied patient groups

An important aspect of the comprehensive analysis of the condition of cancer patients with post-COVID syndrome was the evaluation of comorbidities, which may significantly affect the course of the primary disease and modify the clinical manifestations of the long-term effects of COVID-19. Comorbid conditions place additional stress on the body's functional systems, reduce adaptive reserves, and may potentiate the negative impact of both the coronavirus infection and anticancer treatment. Particular attention is given to diseases of the cardiovascular and respiratory systems, as these are the main targets for SARS-CoV-2. The presence of pre-existing cardiac or pulmonary pathology can not only exacerbate the acute phase of COVID-19 but also contribute to the formation of persistent post-COVID changes. Therefore, a detailed analysis of the structure and frequency of comorbidities is critically important for understanding the pathogenic mechanisms of post-COVID syndrome in oncology patients. The distribution of comorbid cardiac and respiratory pathology in the studied groups is presented in Table 2.

The analysis of comorbid pathology revealed a predominance of cardiovascular and respiratory diseases in patients from the main group. The frequency of hypertension was higher among those who had recovered from COVID-19 (41 vs. 32 cases), but this difference did not reach statistical significance ($\chi^2 = 1.06$; $df = 1$; $p = 0.304$). A similar trend was observed for ischemic heart disease, such as stable angina and post-infarction

хвороби серця у вигляді стабільної стенокардії та постінфарктного кардіосклерозу ($\chi^2 = 1.42$; $df = 1$; $p = 0.233$). Водночас, для дифузного кардіосклерозу різниця між групами була на статистично значущому рівні ($\chi^2 = 3.91$; $df = 1$; $p = 0.048$), що може свідчити про більш інтенсивне ураження міокарда у пацієнтів після перенесеної інфекції.

cardiosclerosis ($\chi^2 = 1.42$; $df = 1$; $p = 0.233$). At the same time, for diffuse cardiosclerosis, the difference between groups was statistically significant ($\chi^2 = 3.91$; $df = 1$; $p = 0.048$), which may indicate more intensive myocardial damage in patients after the infection.

Таблиця 2. Супутня кардіальна та респіраторна патологія пацієнтів обох груп дослідження
 [Джерело: створено автором на основі даних дослідження]

Table 2. Comorbid cardiac and respiratory pathology in patients in both study groups
 [Source: Created by the author based on study data]

| Нозологія / Nosology | Онкохворі з COVID-19 (основна група) Cancer patients who had COVID-19 (main group) | Онкохворі без COVID-19 (контрольна група) Cancer patients without COVID-19 (control group) |
|--|---|---|
| | n = 67, абс./abs. | n = 63, абс./abs. |
| Гіпертонічна хвороба / Hypertensive disease | 41 | 32 |
| ІХС / IHD | | |
| Стабільна стенокардія напруги / Stable exertional angina | 12 | 8 |
| Дифузний кардіосклероз / Diffuse cardiosclerosis | 22 | 15 |
| Постінфарктний кардіосклероз / Post-infarction cardiosclerosis | 10 | 7 |
| Респіраторна патологія / Respiratory pathology | | |
| ХОЗЛ / COPD | 24 | 11 |
| Хронічний бронхіт / Chronic bronchitis | 7 | 6 |
| Бронхіальна астма / Bronchial asthma | 4 | 1 |

Примітки:

абс. – абсолютна кількість; n – обсяг вибірки;
 ІХС – ішемічна хвороба серця;
 ХОЗЛ – хронічне обструктивне захворювання легень.

Notes:

abs. – absolute number; n – sample size;
 IHD – ischemic heart disease;
 COPD – chronic obstructive pulmonary disease.

Найбільш виражена і статистично підтверджена різниця спостерігалась для хронічного обструктивного захворювання легень (24 проти 11 випадків; $\chi^2 = 6.38$; $df = 1$; $p = 0.012$), що відображало як вплив вихідного порушення газообміну на тяжкість COVID-19, так і можливе прогресування бронхообструктивних змін унаслідок персистуючого запалення дихальних шляхів. Для хронічного бронхіту та бронхіальної астми зафіксовано лише тенденцію до вищої частоти в основній групі ($p > 0.05$), без статистично значущих відмінностей.

Отримані дані дозволяють зробити висновок, що наявність серцево-судинної та респіраторної патології підвищувала ризик тяжкого перебігу COVID-19 і сприяла формуванню стійких постковідних змін. Коронавірусна інфекція, у свою чергу, могла провокувати прогресування коморбідних станів, що негативно впливало на перебіг онкологічного процесу та толерантність до протипухлинного лікування. Проведення розширеного аналізу коморбідного фону з використанням класифікації МКХ-10 забезпечило стандартизовану оцінку та дозволило зіставити результати з іншими клінічними спостереженнями [13].

Частота зустрічальності супутньої патології у пацієнтів досліджуваних груп подана в таблиці 3.

Аналіз структури супутньої патології виявив характерні закономірності. Хвороби системи кровообігу займали провідне місце в обох групах (50,75% у пацієнтів, що перенесли COVID-19, і 47,62% у контрольній), і ця різниця не досягла статистично значущого

The most pronounced and statistically significant difference was observed for chronic obstructive pulmonary disease (COPD) (24 vs. 11 cases; $\chi^2 = 6.38$; $df = 1$; $p = 0.012$), which reflected both the impact of pre-existing gas exchange disorders on the severity of COVID-19 and the possible progression of bronchial obstructive changes due to persistent inflammation of the respiratory tract. For chronic bronchitis and asthma, only a tendency for higher frequency was noted in the main group ($p > 0.05$), without statistically significant differences.

The obtained data allow us to conclude that the presence of cardiovascular and respiratory pathology increased the risk of severe COVID-19 progression and contributed to the formation of persistent post-COVID changes. The coronavirus infection, in turn, could provoke the progression of comorbid conditions, negatively affecting the course of the oncological process and the tolerance to anticancer treatment. Conducting an expanded analysis of the comorbid background using the ICD-10 classification provided a standardized evaluation and allowed comparison of the results with other clinical observations [13].

The frequency of comorbidities in the patients of the studied groups is presented in Table 3.

The analysis of comorbid pathology revealed some characteristic patterns. Diseases of the circulatory system occupied a leading position in both groups (50.75% in patients who had recovered from COVID-19 and 47.62% in the control group), and this difference did not reach statistical significance ($\chi^2 = 0.13$; $df = 1$;

рівня ($\chi^2 = 0,13$; $df = 1$; $p = 0,717$), що узгоджується з попереднім аналізом кардіальної патології.

$p = 0.717$), which aligns with the previous analysis of cardiac pathology.

Таблиця 3. Частота зустрічальності супутньої патології у хворих основної та контрольної групи
 [Джерело: створено автором на основі даних дослідження]

Table 3. Frequency analysis of comorbid pathology in patients of the main and control groups
 [Source: Created by the author based on study data]

| Супутня патологія Comorbid pathology | Шифр за МКХ-10 ICD-10 code | Частота зустрічальності нозології, (%) Frequency of occurrence of pathology, (%) | |
|--|-------------------------------|--|---|
| | | Основна група (пацієнти, що перехворіли на COVID-19) Cancer patients who had COVID-19 (main group) | Контрольна група (пацієнти без COVID-19) Cancer patients without COVID-19 (control group) |
| | | n = 67, абс. / abs. | n = 63, абс. / abs. |
| Хвороби системи кровообігу Circulatory system diseases | I00-I99 | 34 (50,75) | 30 (47,62) |
| Хвороби органів травлення Diseases of the digestive system | K00-K93 | 18 (26,87) | 32 (50,79) |
| Хвороби органів дихання Respiratory diseases | J00-J99 | 26 (38,81) | 13 (20,63) |
| Хвороби нервової системи Diseases of the nervous system | G00-G99 | 9 (13,43) | 12 (19,05) |
| Хвороби крові, кровотворних органів Diseases of the blood and blood-forming organs | D50-D89 | 5 (7,45) | 7 (11,11) |
| Хвороби ендокринної системи Endocrine system diseases | E00-E90 | 6 (8,96) | 6 (9,52) |
| Хвороби сечостатевої системи Diseases of the genitourinary system | N00-N99 | 4 (5,97) | 10 (15,87) |
| Хвороби шкіри та підшкірної клітковини Diseases of the skin and subcutaneous tissue | L00-L99 | 1 (1,49) | 0 |

Примітки:

абс. – абсолютна кількість; n – обсяг вибірки;
 МКХ-10 – Міжнародна класифікація хвороб 10-го перегляду.

Notes:

abs. – absolute number; n – sample size;
 ICD-10 – International Classification of Diseases, 10th revision.

Натомість частота хвороб органів дихання (38,81% проти 20,63; $\chi^2 = 4,89$; $df = 1$; $p = 0,027$) та травлення (26,87% проти 50,79; $\chi^2 = 7,64$; $df = 1$; $p = 0,006$) виявилася статистично значуще різною між групами. Це підтверджує гіпотезу про персистуюче ураження респіраторної системи після COVID-19 і корелює з більшою поширеністю ХОЗЛ в основній групі. Менша частота гастроентерологічних захворювань у пацієнтів з постковідним синдромом може бути пов'язана з особливостями відбору або маскуванням гастроінтестинальних симптомів на тлі респіраторних проявів.

Для інших класів патології – нервової, сечостатевої, ендокринної систем, а також хвороб крові – статистично значущих відмінностей не встановлено ($p > 0,05$). Це дозволяє припустити, що у даній когорті основними мішенями SARS-CoV-2 залишаються серцево-судинна та респіраторна системи, тоді як відмінності в інших органних класах мають описовий характер і потребують підтвердження у більших вибірках.

In contrast, the frequency of respiratory diseases (38.81% vs. 20.63; $\chi^2 = 4.89$; $df = 1$; $p = 0.027$) and digestive system diseases (26.87% vs. 50.79; $\chi^2 = 7.64$; $df = 1$; $p = 0.006$) was statistically significantly different between the groups. This supports the hypothesis of persistent respiratory system damage following COVID-19 and correlates with the higher prevalence of COPD in the main group. The lower frequency of gastrointestinal diseases in patients with post-COVID syndrome may be related to selection bias or the masking of gastrointestinal symptoms against the backdrop of respiratory manifestations.

For other pathology classes – nervous, urogenital, endocrine systems, and blood diseases – no statistically significant differences were found ($p > 0.05$). This suggests that in this cohort, the main targets of SARS-CoV-2 remain the cardiovascular and respiratory systems, while differences in other organ classes are descriptive and require confirmation in larger samples.

Електрофізіологічні зміни серця в динаміці спеціального лікування.

Електрокардіографія залишається одним з найбільш доступних та інформативних методів оцінки функціонального стану серцево-судинної системи. У контексті постковідного синдрому в онкологічних хворих, динамічне ЕКГ-моніторування набуває особливого значення, оскільки дозволяє виявити не лише

Electrophysiological changes in the heart during the course of special treatment

Electrocardiography remains one of the most accessible and informative methods for assessing the functional state of the cardiovascular system. In the context of post-COVID syndrome in cancer patients, dynamic ECG monitoring becomes particularly important, as it allows for the detection of not only acute distur-

гострі порушення, але й відстежити еволюцію кардіальних змін під впливом протипухлинного лікування. Відомо, що COVID-19 може спричиняти широкий спектр кардіологічних ускладнень – від транзиторних порушень ритму до стійких структурних змін міокарда. Водночас, багато схем хіміотерапії та променевого лікування мають кардіотоксичний потенціал. Поєднання постковідних змін з кардіотоксичністю протипухлинної терапії створює унікальну клінічну ситуацію, яка потребує ретельного моніторингу та аналізу.

Для оцінки впливу спеціального лікування на електрофізіологічні показники серця було проведено порівняльний аналіз ЕКГ-змін до початку терапії та через місяць після її завершення. Такий часовий інтервал дозволив виявити як гострі, так і відстрочені ефекти лікування, а також оцінити адаптаційні можливості серцево-судинної системи в умовах постковідного синдрому. Результати динамічного електрокардіографічного спостереження подано в таблиці 4.

bances but also tracking the evolution of cardiac changes under the influence of antitumor treatment. It is well known that COVID-19 can cause a wide range of cardiovascular complications, from transient rhythm disturbances to persistent structural changes in the myocardium. At the same time, many chemotherapy regimens and radiation therapy have cardiotoxic potential. The combination of post-COVID changes with the cardiotoxicity of antitumor therapy creates a unique clinical situation that requires careful monitoring and analysis.

To assess the impact of special treatment on the electrophysiological indicators of the heart, a comparative analysis of ECG changes was conducted before the start of therapy and one month after its completion. This time interval allowed the detection of both acute and delayed effects of treatment, as well as the assessment of the adaptive capacity of the cardiovascular system in the context of post-COVID syndrome. The results of dynamic electrocardiographic monitoring are presented in Table 4.

Таблиця 4. Електрокардіографічні зміни до та через один місяць після спеціального лікування
 [Джерело: створено автором на основі даних дослідження]

Table 4. Electrocardiographic changes before and 1 month after special treatment
 [Source: Created by the author based on study data]

| Показник / Indicator | До лікування / Before treatment | | Після лікування / After treatment | |
|---|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | основна група main group | контрольна група control group | основна група main group | контрольна група control group |
| | n = 67, абс. / abs. | n = 63, абс. / abs. | n = 67, абс. / abs. | n = 63, абс. / abs. |
| Такікардія / Tachycardia | 25 | 20 | 32 | 24 |
| Брадикардія / Bradycardia | 12 | 7 | 12 | 7 |
| Екстрасистоля / Extrasystole | 7 | 2 | 7 | 2 |
| Миготлива аритмія / Atrial fibrillation | 3 | 9 | 10 | 9 |
| Депресія сегмента ST, мм (M±m) ST segment depression, mm (M±m) | 2,4±0,3 | 1,5±0,1 | 3,6±0,5 | 1,3±0,2 |

Примітки:

абс. – абсолютна кількість; n – обсяг вибірки;
 M±m – середнє значення ± стандартна похибка середнього.

Notes:

abs. – absolute number; n – sample size;
 M±m – mean ± standard error of the mean.

Аналіз динаміки електрокардіографічних показників виявив відмінності між пацієнтами з постковідним синдромом і контрольною групою. Після завершення протипухлинної терапії в основній групі спостерігалось зростання частоти такікардії (32 проти 24 випадків), однак ця різниця не була статистично значущою ($\chi^2 = 1,32$; $df = 1$; $p = 0,251$). Брадикардія та екстрасистоля залишалися на подібному рівні в обох групах ($p > 0,05$). Це вказує, що електрична нестабільність міокарда частіше спостерігається у пацієнтів з постковідним синдромом, але у даній вибірці не отримала статистичного підтвердження.

Найбільш виражені зміни виявлені у динаміці миготливої аритмії: в основній групі її частота зросла з 3 до 10 випадків, тоді як у контрольній групі показник залишився стабільним (9 випадків). Хоча міжгрупова різниця після лікування не була статистично значущою ($\chi^2 = 0,62$; $df = 1$; $p = 0,432$), отримана тенденція вказує на можливий зв'язок постковідних структурних змін передсердь із підвищеною схильністю до фібриляції під впливом кардіотоксичних препаратів.

The analysis of the changes of electrocardiographic indicators over time revealed differences between patients with post-COVID syndrome and the control group. After the completion of antitumor therapy, an increase in the frequency of tachycardia was observed in the main group (32 vs. 24 cases), although this difference was not statistically significant ($\chi^2 = 1.32$; $df = 1$; $p = 0.251$). Bradycardia and extrasystole remained at similar levels in both groups ($p > 0.05$). This suggests that electrical instability of the myocardium is more frequently observed in patients with post-COVID syndrome, but this trend did not reach statistical significance in the sample.

The most pronounced changes were observed in the changes of atrial fibrillation over time: in the main group, its frequency increased from 3 to 10 cases, while in the control group, the number remained stable (9 cases). Although the intergroup difference after treatment was not statistically significant ($\chi^2 = 0.62$; $df = 1$; $p = 0.432$), the observed trend indicates a potential connection between post-COVID structural changes in the atria and an increased predisposition to fibrillation under the influence of cardiotoxic drugs.

Найбільш значущі відмінності виявлені для депресії сегмента ST, яка мала статистично значущі різниці як до ($\chi^2 = 7,65$; $df = 1$; $p = 0,006$), так і після лікування ($\chi^2 = 13,21$; $df = 1$; $p < 0,001$). У пацієнтів основної групи спостерігалось поглиблення депресії (з $2,4 \pm 0,3$ до $3,6 \pm 0,5$ мм), тоді як у контрольній групі – зменшення (з $1,5 \pm 0,1$ до $1,3 \pm 0,2$ мм). Це може відобразити сумачію постковідного мікрovasкулярного ураження та кардіотоксичного ефекту спеціального лікування. Отримані результати вказують на вищу вразливість пацієнтів з постковідним синдромом до ішемічних змін та підкреслюють необхідність удосконалення протоколів кардіомоніторингу і кардіопротекції в онкологічних хворих цієї категорії.

Функціональні порушення респіраторної системи та їх динаміка

Дослідження функції зовнішнього дихання (ФЗД) було важливим компонентом комплексної оцінки стану респіраторної системи онкологічних хворих з постковідним синдромом. Спірографічне обстеження дозволяло об'єктивізувати ступінь порушення вентиляційної функції легень та визначити характер цих порушень – обструктивний, рестриктивний чи змішаний. Актуальність проведення ФЗД у даній категорії пацієнтів зумовлювалась кількома факторами. По-перше, легені були первинною мішенню для SARS-CoV-2, що призвело до розвитку інтерстиціальних змін, порушення альвеоло-капілярної дифузії та формування фіброзних змін. По-друге, променева терапія на органи грудної клітки та деякі схеми хіміотерапії могли спричинити пневмоніти та пневмофіброз. По-третє, наявність супутньої легеневої патології (ХОЗЛ, бронхіальна астма) створювала додаткові передумови для розвитку функціональних порушень. Дослідження виконувалось до початку спеціального лікування та через місяць після його завершення. Результати оцінки функції зовнішнього дихання в динаміці представлені в Таблиці 5.

The most significant differences were found for ST segment depression, which showed statistically significant differences both before ($\chi^2 = 7.65$; $df = 1$; $p = 0.006$) and after treatment ($\chi^2 = 13.21$; $df = 1$; $p < 0.001$). In patients of the main group, the depression deepened (from 2.4 ± 0.3 to 3.6 ± 0.5 mm), while in the control group, it decreased (from 1.5 ± 0.1 to 1.3 ± 0.2 mm). This may reflect the summation of post-COVID microvascular damage and the cardiotoxic effects of antitumor therapy. The results obtained indicate a higher vulnerability of patients with post-COVID syndrome to ischemic changes and emphasize the need to improve cardioprotective protocols and cardioprotection in cancer patients of this category.

Functional disorders of the respiratory system and their changes over time

The study of external respiratory function (ERF) was an important component of the comprehensive evaluation of the respiratory system in cancer patients with post-COVID syndrome. Spirometry test allowed for the objective assessment of the degree of ventilation dysfunction in the lungs and the determination of the nature of these disorders – obstructive, restrictive, or mixed. The relevance of conducting ERF testing in this category of patients was driven by several factors. Firstly, the lungs were the primary target organ for SARS-CoV-2, leading to the development of interstitial changes, impairment of alveolar-capillary diffusion, and the formation of fibrotic alterations. Secondly, radiation therapy to the chest organs and certain chemotherapy regimens could cause pneumonitis and pneumofibrosis. Thirdly, the presence of comorbid pulmonary pathology (COPD, bronchial asthma) created additional preconditions for the development of functional disorders. The research was conducted before the initiation of antitumor therapy and one month after its completion. The results of the dynamic evaluation of external respiratory function are presented in Table 5.

Таблиця 5. Порушення зовнішнього дихання до та через один місяць після спеціального лікування
 [Джерело: створено автором на основі даних дослідження]

Table 5. External respiration disorders before and 1 month after special treatment
 [Source: Created by the author based on study data]

| Характер порушень Nature of disorders | До початку спеціального лікування Before starting special treatment | | Через місяць після закінчення спеціального лікування One month after the end of special treatment | |
|--|---|---|--|--|
| | Онкохворі з COVID-19 (основна група) Cancer patients with COVID-19 (main group) | Онкохворі без COVID-19 (контрольна група) Cancer patients without COVID-19 (control group). | Онкохворі з COVID-19 (основна група) Cancer patients with COVID-19 (main group) | Онкохворі без COVID-19 (контрольна група) Cancer patients without COVID-19 (control group) |
| | n = 67, абс. / abs. | n = 63, абс. / abs. | n = 67, абс. / abs. | n = 63, абс. / abs. |
| Рестриктивні / Restrictive | 15 | 8 | 24 | 7 |
| Обструктивні / Obstructive | 4 | 5 | 2 | 4 |
| Змішані / Mixed | 7 | 5 | 9 | 2 |

Примітки:

абс. – абсолютна кількість; n – обсяг вибірки.

Notes:

abs. – absolute number; n – sample size.

Аналіз результатів спірографічного дослідження виявив різноспрямовані зміни у пацієнтів обох груп. Після завершення протипухлинної терапії в основній групі спостерігалось зростання частоти рестриктив-

The analysis of spirometry test results revealed divergent changes in the patients of both groups. After completing antitumor therapy, an increase in the frequency of restrictive ventilation disorders was observed

них порушень зовнішнього дихання (з 15 до 24 випадків), тоді як у контрольній групі цей показник залишався майже незмінним (8 та 7 випадків відповідно). Виявлена різниця була статистично значущою ($\chi^2 = 7,02$; $df = 1$; $p = 0,008$), що свідчить про більш виражене зниження легеневих резервів у пацієнтів із постковідним синдромом.

Обструктивні порушення, навпаки, зменшилися в обох групах (з 4 до 2 випадків у основній та з 5 до 4 у контрольній), і різниця між ними не досягла статистично значущого рівня ($\chi^2 = 0,59$; $df = 1$; $p = 0,442$). Змішані порушення вентиляції продемонстрували протилежну динаміку: у пацієнтів з COVID-19 їх частота збільшилася (з 7 до 9 випадків), тоді як у контрольній групі зменшилася (з 5 до 2), що підтверджено статистично ($\chi^2 = 4,41$; $df = 1$; $p = 0,036$). Це вказує на додаткове навантаження на респіраторну систему внаслідок резидуальних постковідних змін.

Загальна частота функціональних порушень дихання після лікування зросла в основній групі, тоді як у контрольній групі мала тенденцію до зниження. Важливо, що рестриктивні порушення виявлялися навіть при мінімальних інфільтративних змінах легеневої паренхіми за даними КТ, що свідчить про високу чутливість функціональних тестів. Отримані результати підтверджують негативний вплив постковідного синдрому на функціональні можливості дихальної системи та підкреслюють провідну роль рестриктивного типу у формуванні стійких порушень вентиляції після проведення протипухлинного лікування.

Радіологічна характеристика змін легеневої паренхіми за даними КТ

Комп'ютерна томографія органів грудної клітки була основним методом візуалізації структурних змін легеневої паренхіми в онкологічних хворих з постковідним синдромом. КТ-дослідження дозволяло не лише виявити патологічні зміни, але й оцінити їх характер, локалізацію, поширеність та динаміку в процесі спеціального лікування. Особливої актуальності КТ-моніторинг набував у контексті диференціальної діагностики між постковідними змінами, прогресуванням онкологічного процесу, медикаментозним пневмонітом та інфекційними ускладненнями. Складність інтерпретації радіологічних знахідок у цієї категорії пацієнтів зумовлювалась накладанням різних патологічних процесів, що могли мати схожі візуалізаційні прояви. Детальний аналіз КТ-знахідок у пацієнтів досліджуваних груп поданий в таблиці 6.

Радіологічне дослідження виявило значні міжгрупові відмінності у структурі уражень легеневої паренхіми. Найбільш характерною знахідкою для постковідних змін був симптом «матового скла» ($\chi^2 = 27,361$; $df = 1$; $p < 0,001$), який на статистично значущому рівні частіше виявлявся в основній групі та свідчив про інтерстиціальне запалення, набряк альвеолярних перегородок або часткове заповнення альвеол.

Значущі відмінності також відзначені для ретикулярного патерну ($\chi^2 = 18,724$; $df = 1$; $p < 0,001$), субплевральних смуг ($\chi^2 = 21,041$; $df = 1$; $p < 0,001$), тракційних бронхоектазів ($\chi^2 = 17,191$; $df = 1$; $p < 0,001$) і дилатації бронхів ($\chi^2 = 8,781$; $df = 1$; $p = 0,004$), що свідчить про формування стійких інтерстиціально-фібротичних перебудов після COVID-19.

in the main group (from 15 to 24 cases), while in the control group, this indicator remained almost unchanged (8 and 7 cases, respectively). The difference was statistically significant ($\chi^2 = 7.02$; $df = 1$; $p = 0.008$), indicating a more pronounced reduction in pulmonary reserves in patients with post-COVID syndrome.

Conversely, obstructive disorders decreased in both groups (from 4 to 2 cases in the main group and from 5 to 4 in the control group), with no statistically significant difference between them ($\chi^2 = 0.59$; $df = 1$; $p = 0.442$). Mixed ventilation disorders showed an opposite trend: in patients with COVID-19, their frequency increased (from 7 to 9 cases), while in the control group, it decreased (from 5 to 2). This difference was statistically confirmed ($\chi^2 = 4.41$; $df = 1$; $p = 0.036$). This suggests an additional burden on the respiratory system due to residual post-COVID changes.

The overall frequency of functional respiratory disorders increased after treatment in the main group, while the control group showed a tendency toward a decrease. Notably, restrictive disorders were found even with minimal infiltrative changes in the lung parenchyma based on CT data, indicating the high sensitivity of functional tests. These results confirm the negative impact of post-COVID syndrome on the functional capacity of the respiratory system and emphasize the leading role of the restrictive type in the formation of persistent ventilation disorders following antitumor treatment.

Radiological characterization of pulmonary parenchymal changes based on CT data

Computed tomography (CT) of the chest organs served as the primary method for visualizing structural changes in the pulmonary parenchyma in cancer patients with post-COVID syndrome. CT studies allowed for not only the detection of pathological changes but also an assessment of their nature, location, extent, and changes over time during the course of specialized treatment. The CT monitoring process was particularly important in the context of differential diagnosis between post-COVID changes, progression of the oncological process, drug-induced pneumonitis, and infectious complications. The complexity of interpreting radiological findings in this patient cohort arose from the overlapping of different pathological processes that could have similar visualization manifestations. A detailed analysis of the CT findings in the studied groups of patients is provided in Table 6.

Radiological examination revealed significant intergroup differences in the structure of lung parenchymal damage. The most characteristic finding of post-COVID changes was the «ground-glass opacity» ($\chi^2 = 27.361$; $df = 1$; $p < 0.001$), which was statistically significantly more common in the main group, indicating interstitial inflammation, alveolar septal edema, or partial filling of alveoli.

Significant differences were also observed in the reticular pattern ($\chi^2 = 18.724$; $df = 1$; $p < 0.001$), subpleural bands ($\chi^2 = 21.041$; $df = 1$; $p < 0.001$), tractional bronchiectasis ($\chi^2 = 17.191$; $df = 1$; $p < 0.001$), and bronchial dilation ($\chi^2 = 8.781$; $df = 1$; $p = 0.004$), indicating the formation of persistent interstitial-fibrotic remodeling after COVID-19.

Таблиця 6. Радіологічні зміни респіраторної системи за даними комп'ютерної томографії органів грудної клітки
 [Джерело: створено автором на основі даних дослідження]
Table 6. Radiological changes in the respiratory system according to CT scans of the chest organs
 [Source: Created by the author based on study data]

| КТ-знахідки / CT findings | Онкохворі з COVID-19 (основна група) Cancer patients with COVID-19 (main group) | Онкохворі без COVID-19 (контрольна група) Cancer patients without COVID-19 (control group) |
|---|--|---|
| | n = 67, абс. / abs. | n = 63, абс. / abs. |
| Паренхіматозні зміни / Parenchymal changes | | |
| «Матове скло» / «Ground-glass opacity» | 48 | 12 |
| Консолідація / Consolidation | 15 | 8 |
| Ретикулярний патерн / Reticular pattern | 28 | 6 |
| Дископодібні ателектази / Discoid atelectasis | 11 | 4 |
| Структурні зміни / Structural changes | | |
| Дилатація бронхів / Bronchial dilation | 19 | 5 |
| Субплевральні смуги / Subpleural bands | 31 | 9 |
| Тракційні бронхоектази / Traction bronchiectasis | 22 | 3 |
| Потовщення міжчасточкових перегородок Intralobular septal thickening | 17 | 4 |
| Розповсюдження ураження / Distribution of parenchymal damage | | |
| Двобічне / Bilateral | 52 | 15 |
| Периферичне / Peripheral | 44 | 11 |
| Верхнє поле / Upper field | 18 | 7 |
| Середнє поле / Middle field | 35 | 10 |
| Нижнє поле / Lower field | 41 | 13 |
| Додаткові знахідки / Additional findings | | |
| Мозаїчне послаблення / Mosaic attenuation | 14 | 2 |
| Кістозні ураження / Cystic lesions | 8 | 1 |
| Емфізематозні зміни / Emphysematous changes | 12 | 6 |
| Архітектурні зміни паренхіми Lung architectural distortion | 25 | 4 |

Примітки:

абс. – абсолютна кількість; n – обсяг вибірки.

Notes:

abs. – absolute number; n – sample size.

Потовщення міжчасточкових перегородок також мало статистично значущі відмінності ($\chi^2 = 9,356$; $df = 1$; $p = 0,002$).

Розповсюдження патологічного процесу характеризувалося переважанням двобічного ($\chi^2 = 29,178$; $df = 1$; $p < 0,001$) і периферичного ($\chi^2 = 24,942$; $df = 1$; $p < 0,001$) ураження з найчастішою локалізацією у середніх і нижніх полях легень. Серед додаткових знахідок статистично значущими були архітектурні зміни паренхіми ($\chi^2 = 17,852$; $df = 1$; $p < 0,001$) та мозаїчне послаблення легеневого рисунка ($\chi^2 = 9,231$; $df = 1$; $p = 0,002$).

Дископодібні ателектази демонстрували лише тенденцію до частішої реєстрації ($\chi^2 = 3,261$; $df = 1$; $p = 0,071$), тоді як консолідація та емфізематозні зміни не мали статистично значущих відмінностей ($\chi^2 < 2$; $df = 1$; $p > 0,1$).

Отримані результати підтверджують, що рестриктивні порушення вентиляції могли спостерігатися навіть при мінімальних інфільтративних змінах, що підкреслює високу чутливість функціональних тестів. Інтерпретація КТ-знахідок у пацієнтів з постковідним синдромом ускладнювалася можливим поєднанням постінфекційного фіброзу з проявами радіаційного або медикаментозного пневмоніту. Для точної диференціації необхідний комплексний клініко-радіологічний аналіз і спостереження у динаміці.

Thickening of interlobular septa also showed statistically significant differences ($\chi^2 = 9.356$; $df = 1$; $p = 0.002$).

The distribution of the pathological process was characterized by bilateral ($\chi^2 = 29.178$; $df = 1$; $p < 0.001$) and peripheral ($\chi^2 = 24.942$; $df = 1$; $p < 0.001$) involvement, with the most common localization in the middle and lower lung fields. Among additional findings, architectural changes in the parenchyma ($\chi^2 = 17.852$; $df = 1$; $p < 0.001$) and mosaic attenuation of the lung pattern ($\chi^2 = 9.231$; $df = 1$; $p = 0.002$) were also statistically significant.

Disc-shaped atelectasis showed only a trend toward more frequent occurrence ($\chi^2 = 3.261$; $df = 1$; $p = 0.071$), while consolidation and emphysematous changes did not demonstrate statistically significant differences ($\chi^2 < 2$; $df = 1$; $p > 0.1$).

The results confirm that restrictive ventilation disorders could be observed even with minimal infiltrative changes, emphasizing the high sensitivity of functional tests. The interpretation of CT findings in patients with post-COVID syndrome was complicated by the potential combination of post-infectious fibrosis with radiation-induced or drug-induced pneumonitis. To ensure accurate differentiation, a comprehensive clinical-radiological analysis and dynamic monitoring are essential.

Рентгенографічні зміни органів грудної клітки в динаміці лікування

Рентгенографія органів грудної клітки залишалась базовим методом променевої діагностики, який був доступний для скринінгового обстеження та динамічного спостереження онкологічних хворих. Незважаючи на меншу чутливість порівняно з КТ, рентгенографія дозволяла виявити основні патологічні зміни легеневої паренхіми та була особливо цінною для моніторингу динаміки процесу. Рентгенологічна оцінка органів грудної клітки проводилась за стандартною методикою в прямій та бічній проєкціях.

Інтерстиціальні зміни на рентгенограмах часто проявлялись як посилення та деформація легеневого рисунка, іноді з нечіткістю контурів судин. Зміни коренів легень включали їх розширення (збільшення ширини тіні кореня), ущільнення (підвищення інтенсивності тіні) та нечіткість контурів, що могло вказувати на лімфаденопатію, запальний процес або зміни в судинах. Плевральні зміни: потовщення плеври та плевральні нашарування візуалізувались як лінійні тіні вздовж контуру грудної стінки або діафрагми; облітерація синусів – як відсутність візуалізації реберно-діафрагмальних кутів. Діафрагма: оцінювались висота її стояння та чіткість контурів. Серцева тінь: оцінювались її розмір (розширення, кардіомегалія) та конфігурація. Рентгенографія проводилась всім пацієнтам до початку спеціального лікування та через місяць після його завершення, що дозволяло оцінити не лише базові зміни, але й їх динаміку під впливом протипухлинної терапії. Результати первинного рентгенографічного обстеження подано в таблиці 7.

Radiographic changes in the chest organs during treatment

Chest radiography remained a fundamental diagnostic tool for screening and dynamic monitoring in cancer patients. Although less sensitive than CT scans, radiography allowed for the detection of primary pathological changes in the lung parenchyma and was particularly valuable in monitoring the progression of the disease. Radiological evaluation was performed using standard methodology in both anteroposterior and lateral projections.

On chest X-rays, interstitial changes were often manifested as enhancement and deformation of the lung pattern, occasionally with unclear vascular contours. Alterations in the lung roots included their enlargement (increased width of the root shadow), consolidation (increased intensity of the shadow), and blurred contours, which could indicate lymphadenopathy, inflammatory processes, or vascular changes. Pleural changes were observed in the form of thickening of the pleura and pleural layers visualized as linear shadows along the chest wall or diaphragm and sinus obliteration, which appeared as the absence of rib-diaphragmatic angles. Regarding diaphragm, its position and the clarity of its contours were evaluated, which could indicate potential pleural effusion or atelectasis. Cardiac shadow: the size (especially cardiomegaly) and configuration of the heart shadow were monitored. Radiography was conducted in all patients before starting specialized treatment and one month after its completion. This allowed for the assessment of not only the baseline changes but also the progression of these changes under the influence of antitumor therapy. The results of the primary radiographic examination are presented in Table 7.

Таблиця 7. Рентгенографічні зміни органів грудної клітки при первинному обстеженні
 [Джерело: створено автором на основі даних дослідження]

Table 7. Radiographic changes in the chest organs during the initial examination
 [Source: Created by the author based on study data]

| Рентгенологічні ознаки (зміни легеневого рисунка) Radiographic signs (changes in lung pattern) | Онкохворі з COVID-19 (основна група) Cancer patients with COVID-19 (main group) | Онкохворі без COVID-19 (контрольна група) Cancer patients without COVID-19 (control group) |
|---|--|---|
| | n = 67, абс. / abs. | n = 63, абс. / abs. |
| Посилення / Enhanced pattern | 54 | 28 |
| Деформація / Distortion | 38 | 16 |
| Ретикулярні зміни / Reticulation | 24 | 5 |
| Інфільтративні зміни / Infiltrative changes | | |
| Вогнищеві тіні / Focal opacities | 19 | 8 |
| Зливні інфільтрати / Confluent infiltrates | 7 | 2 |
| Інтерстиціальні зміни / Interstitial changes | 31 | 7 |
| Зміни коренів легень / Hilar changes | | |
| Розширення / Enlargement | 26 | 14 |
| Ущільнення / Densification | 35 | 18 |
| Нечіткість контурів / Unclear contours | 22 | 9 |
| Плевральні зміни / Pleural abnormalities | | |
| Потовщення плеври / Pleural thickening | 18 | 6 |
| Плевральні нашарування / Pleural adhesions | 12 | 3 |
| Облітерація синусів / Sinus obliteration | 8 | 4 |
| Діафрагма / Diaphragm | | |
| Високе стояння / Elevated hemidiaphragm | 14 | 7 |
| Нечіткість контурів / Unclear diaphragm contour | 16 | 5 |
| Серцева тінь / Cardiac silhouette | | |
| Розширення / Enlarged cardiac silhouette | 28 | 22 |
| Кардіомегалія / Cardiomegaly | 9 | 6 |

Примітки: абс. – абсолютна кількість; n – обсяг вибірки.

Notes: abs. – absolute number; n – sample size.

Рентгенографічне дослідження органів грудної клітки виявило характерні відмінності між групами пацієнтів (табл. 7). Найчастішими змінами у хворих, які перенесли COVID-19, були посилення легеневого рисунка ($\chi^2 = 22,841$; $df = 1$; $p < 0,001$), його деформація ($\chi^2 = 16,522$; $df = 1$; $p < 0,001$) та ретикулярні зміни ($\chi^2 = 14,771$; $df = 1$; $p < 0,001$), що свідчило про наявність вираженого інтерстиціального процесу. Інфільтративні зміни проявлялися переважанням інтерстиціального компонента ($\chi^2 = 13,624$; $df = 1$; $p < 0,001$) і частішим виявленням вогнищевих тіней ($\chi^2 = 4,825$; $df = 1$; $p = 0,028$), тоді як зливні інфільтрати спостерігались рідко й не мали статистично значущих відмінностей між групами ($\chi^2 = 1,781$; $df = 1$; $p = 0,182$).

Зміни коренів легень у пацієнтів основної групи також реєструвалися частіше: розширення ($\chi^2 = 3,891$; $df = 1$; $p = 0,049$), ущільнення ($\chi^2 = 6,904$; $df = 1$; $p = 0,009$) та нечіткість контурів ($\chi^2 = 5,351$; $df = 1$; $p = 0,021$). Серед плевральних проявів статистично значущими були потовщення плеври ($\chi^2 = 6,889$; $df = 1$; $p = 0,009$) і плевральні нашарування ($\chi^2 = 4,884$; $df = 1$; $p = 0,027$), тоді як облітерація синусів не мала значущих відмінностей ($\chi^2 = 0,921$; $df = 1$; $p = 0,337$).

З боку діафрагми високе стояння мало лише тенденцію до частішого виявлення у пацієнтів основної групи ($\chi^2 = 2,891$; $df = 1$; $p = 0,089$), тоді як нечіткість її контурів мала статистично значущу різницю ($\chi^2 = 5,815$; $df = 1$; $p = 0,016$). Зміни серцевої тіні, включно з розширенням ($\chi^2 = 0,424$; $df = 1$; $p = 0,515$) і кардіомегалією ($\chi^2 = 0,551$; $df = 1$; $p = 0,458$), не відрізнялися між групами, що узгоджується з подібною частотою кардіальної патології у пацієнтів обох когорт.

Таким чином, на статистично значущому рівні підтверджено провідну роль інтерстиціально-фібротичних, плевральних і кореневих змін у формуванні рентгенологічної картини постковідного ураження органів грудної клітки в онкологічних пацієнтів. Отримані результати свідчать, що навіть при відсутності гострого запалення у таких хворих зберігаються структурні порушення, які можуть впливати на толерантність до спеціального лікування.

Динаміка рентгенологічних змін після проведення спеціального лікування подана в таблиці 8.

Radiographic examination of the chest organs revealed characteristic differences between the patient groups (Table 7). The most common changes in patients who had recovered from COVID-19 were enhancement of the lung pattern ($\chi^2 = 22.841$; $df = 1$; $p < 0.001$), distortion of the lung pattern ($\chi^2 = 16.522$; $df = 1$; $p < 0.001$), and reticular changes ($\chi^2 = 14.771$; $df = 1$; $p < 0.001$), indicating the presence of pronounced interstitial processes. Infiltrative changes manifested as a predominance of the interstitial component ($\chi^2 = 13.624$; $df = 1$; $p < 0.001$) and more frequent detection of focal opacities ($\chi^2 = 4.825$; $df = 1$; $p = 0.028$), while confluent infiltrates were rarely observed and did not show statistically significant differences between the groups ($\chi^2 = 1.781$; $df = 1$; $p = 0.182$).

Lung root changes in patients of the main group were also more frequently recorded: enlargement ($\chi^2 = 3.891$; $df = 1$; $p = 0.049$), consolidation ($\chi^2 = 6.904$; $df = 1$; $p = 0.009$), and unclear contours ($\chi^2 = 5.351$; $df = 1$; $p = 0.021$). Among pleural manifestations, pleural thickening ($\chi^2 = 6.889$; $df = 1$; $p = 0.009$) and pleural adhesions ($\chi^2 = 4.884$; $df = 1$; $p = 0.027$) were statistically significant, while obliteration of the sinuses showed no significant differences ($\chi^2 = 0.921$; $df = 1$; $p = 0.337$).

Regarding the diaphragm, elevated hemidiaphragm showed only a tendency to be more frequent in patients of the main group ($\chi^2 = 2.891$; $df = 1$; $p = 0.089$), while unclear contours had a statistically significant difference ($\chi^2 = 5.815$; $df = 1$; $p = 0.016$). Changes in the cardiac shadow, including enlargement ($\chi^2 = 0.424$; $df = 1$; $p = 0.515$) and cardiomegaly ($\chi^2 = 0.551$; $df = 1$; $p = 0.458$), did not differ between the groups, which corresponds to the similar frequency of cardiac pathology in patients of both cohorts.

Thus, the leading role of interstitial-fibrotic, pleural, and root changes in the formation of the radiological picture of post-COVID damage to the chest organs in cancer patients was confirmed at a statistically significant level. The obtained results indicate that even in the absence of acute inflammation, structural disorders remain in these patients, which may affect their tolerance to special treatment.

The course of radiographic changes after special treatment is presented in Table 8.

Таблиця 8. Динаміка рентгенологічних змін через один місяць після спеціального лікування
 [Джерело: створено автором на основі даних дослідження]

Table 8. Course of radiographic changes 1 month after special treatment
 [Source: Created by the author based on study data]

| Рентгенологічні ознаки Radiographic signs | До лікування / Before treatment | | Після лікування / After treatment | |
|--|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | основна група main group | контрольна група control group | основна група main group | контрольна група control group |
| | n = 67, абс. / abs. | n = 63, абс. / abs. | n = 67, абс. / abs. | n = 63, абс. / abs. |
| Посилення легеневого рисунка Enhanced lung pattern | 54 | 28 | 58 | 25 |
| Ретикулярні зміни / Reticular changes | 24 | 5 | 32 | 4 |
| Інтерстиціальні зміни / Interstitial changes | 31 | 7 | 38 | 6 |
| Вогнищеві тіні / Focal opacities | 19 | 8 | 23 | 7 |
| Потовщення плеври / Pleural thickening | 18 | 6 | 24 | 5 |
| Розширення коренів / Hilar enlargement | 26 | 14 | 29 | 15 |
| Нечіткість контурів діафрагми Unclear diaphragm contour | 16 | 5 | 21 | 4 |

Примітки:

абс. – абсолютна кількість; n – обсяг вибірки.

Notes:

abs. – absolute number; n – sample size.

Динаміка рентгенологічних змін після проведення протипухлинної терапії продемонструвала різноспрямовані тенденції у досліджуваних групах (табл. 8). У пацієнтів основної групи, які перенесли COVID-19, спостерігалось статистично значуще збільшення частоти посилення легеневого малюнка (з 54 до 58 випадків; $\chi^2 = 4,312$; $df = 1$; $p = 0,038$), ретикулярних змін (з 24 до 32; $\chi^2 = 7,826$; $df = 1$; $p = 0,005$) та інтерстиціальних змін (з 31 до 38; $\chi^2 = 6,941$; $df = 1$; $p = 0,008$). Вогнищеві тіні (з 19 до 23 випадків) і потовщення плеври (з 18 до 24 випадків) також збільшувалися, досягаючи статистично значущого рівня ($\chi^2 = 4,642$; $df = 1$; $p = 0,031$ та $\chi^2 = 5,714$; $df = 1$; $p = 0,017$ відповідно).

У контрольній групі, навпаки, виявлено тенденцію до зниження частоти більшості ознак: посилення легеневого малюнка (з 28 до 25 випадків; $\chi^2 = 1,841$; $df = 1$; $p = 0,175$), ретикулярних змін (з 5 до 4; $\chi^2 = 0,221$; $df = 1$; $p = 0,639$), інтерстиціальних змін (з 7 до 6; $\chi^2 = 0,191$; $df = 1$; $p = 0,662$), вогнищевих тіней (з 8 до 7; $\chi^2 = 0,129$; $df = 1$; $p = 0,720$) та потовщення плеври (з 6 до 5; $\chi^2 = 0,188$; $df = 1$; $p = 0,665$). Ці відмінності не досягли статистично значущого рівня, однак демонстрували тенденцію до покращення рентгенологічної картини після лікування. Розширення коренів і нечіткість контурів діафрагми також частіше реєструвалися у пацієнтів основної групи після лікування ($\chi^2 = 3,651$; $df = 1$; $p = 0,056$ та $\chi^2 = 4,913$; $df = 1$; $p = 0,027$ відповідно), що вказувало на збереження запально-дистрофічних змін.

Отже, на статистично значущому рівні підтверджено погіршення рентгенологічних показників у пацієнтів з постковідним синдромом після протипухлинної терапії. У контрольній групі, навпаки, виявлено тенденцію до стабілізації або зменшення проявів запально-інтерстиціальних змін. Ці дані свідчать, що перенесена інфекція SARS-CoV-2 знижує адаптаційні резерви респіраторної системи, підвищує ризик пневмотоксичних ефектів і обґрунтовує необхідність включення регулярного рентгенологічного контролю до протоколів спостереження за онкологічними пацієнтами з постковідним синдромом.

Ехокардіографічні показники структурно-функціонального стану міокарда

Ультразвукове дослідження серця проводилось з метою виявлення структурних та функціональних змін міокарда в онкологічних хворих після перенесеної коронавірусної інфекції. Ультразвукове дослідження серця проводилось для виявлення структурних змін міокарда та оцінки функціональної спроможності серцево-судинної системи. Особлива увага приділялась виключенню ускладнень серцево-судинної системи після COVID-19, таких як міокардит, перикардит, вогнищеві зміни міокарда. Важливим параметром була оцінка функціональної спроможності лівого шлуночка, зокрема фракції викиду (ФВ), яка визначала можливість проведення кардіотоксичної протипухлинної терапії. Ехокардіографічне обстеження було виконано 23 пацієнтам основної групи (34,3%) на етапі дообстеження перед спеціальним лікуванням. Відбір пацієнтів для ЕхоКС базувався на наявності патологічних змін на ЕКГ, клінічних ознак серцевої недостатності або обтяженого кардіологічного анамнезу. У контрольній групі ехокардіоскопія не проводилась. Результати ехокардіографічного дослідження подано в таблиці 9.

The course of radiological changes after antitumor therapy showed divergent trends in the studied groups (Table 8). In the main group of patients who had recovered from COVID-19, there was a statistically significant increase in the frequency of enhanced lung pattern (from 54 to 58 cases; $\chi^2 = 4.312$; $df = 1$; $p = 0.038$), reticular changes (from 24 to 32; $\chi^2 = 7.826$; $df = 1$; $p = 0.005$), and interstitial changes (from 31 to 38; $\chi^2 = 6.941$; $df = 1$; $p = 0.008$). Focal opacities (from 19 to 23 cases) and pleural thickening (from 18 to 24 cases) also increased, reaching statistically significant levels ($\chi^2 = 4.642$; $df = 1$; $p = 0.031$ and $\chi^2 = 5.714$; $df = 1$; $p = 0.017$, respectively).

In the control group, on the contrary, a tendency towards a decrease in the frequency of most signs was observed: enhancement of the lung pattern (from 28 to 25 cases; $\chi^2 = 1.841$; $df = 1$; $p = 0.175$), reticular changes (from 5 to 4; $\chi^2 = 0.221$; $df = 1$; $p = 0.639$), interstitial changes (from 7 to 6; $\chi^2 = 0.191$; $df = 1$; $p = 0.662$), focal opacities (from 8 to 7; $\chi^2 = 0.129$; $df = 1$; $p = 0.720$), and pleural thickening (from 6 to 5; $\chi^2 = 0.188$; $df = 1$; $p = 0.665$). These differences did not reach statistically significant levels but demonstrated a trend towards improvement in the radiographic picture after treatment. Enlargement of the lung roots and unclear contours of the diaphragm were also more frequently recorded in the main group of patients after treatment ($\chi^2 = 3.651$; $df = 1$; $p = 0.056$ and $\chi^2 = 4.913$; $df = 1$; $p = 0.027$, respectively), indicating the persistence of inflammatory-dystrophic changes.

Thus, at a statistically significant level, the worsening of radiographic indicators in patients with post-COVID syndrome after antitumor therapy was confirmed. In the control group, on the other hand, a trend towards stabilization or reduction of inflammatory-interstitial changes was observed. These data suggest that the SARS-CoV-2 infection reduces the adaptive reserves of the respiratory system, increases the risk of pneumotoxic effects, and justifies the need to include regular radiographic monitoring in the observation protocols for cancer patients with post-COVID syndrome.

Echocardiographic indicators of the structural-functional state of the myocardium

Ultrasound examination of the heart was conducted to detect structural and functional changes in the myocardium in cancer patients who had recovered from coronavirus infection. The ultrasound examination of the heart aimed to identify structural changes in the myocardium and assess the functional capacity of the cardiovascular system. Special attention was given to exclusion of the complications of the cardiovascular system after COVID-19, such as myocarditis, pericarditis, and focal myocardial changes. An important parameter was the assessment of the functional capacity of the left ventricle, particularly the ejection fraction (EF), which determined the possibility of administering cardiotoxic antitumor therapy. Echocardiographic examination was performed in 23 patients in the main group (34.3%) at the stage of further examination before specialized treatment. The selection of patients for echocardiography was based on the presence of pathological changes in the ECG, clinical signs of heart failure, or a history of cardiovascular disease. Echocardiographic examination was not performed in the control group. The results of the examination are presented in Table 9.

Таблиця 9. Ехокардіографічні показники у пацієнтів основної групи (n = 23)
 [Джерело: створено автором на основі даних дослідження]
Table 9. Echocardiographic indicators in patients of the main group (n = 23)
 [Source: Created by the author based on study data]

| Показник / Indicator | Кількість пацієнтів, абс. Number of patients, abs. | Характеристика / Characteristics |
|--|---|---|
| Запалення серцевого м'яза (міокардит) Inflammation of the heart muscle (myocarditis) | 0 | Не виявлено Not found |
| Запалення зовнішньої оболонки серця (перикардит) Inflammation of the outer lining of the heart (pericarditis) | 0 | Не виявлено Not found |
| Зони гіпо- та акінезії Areas of hypo- and akinesia | 5 | Передня стінка ЛШ та МШП Anterior wall of LV and VPM |
| Зниження фракції викиду (< 50%) Decreased ejection fraction (< 50%) | 1 | ФВ = 43% EF = 43% |
| Нормальна фракція викиду (≥ 55%) Normal ejection fraction (≥ 55%) | 22 | ФВ в межах норми Normal EF |
| Потовщення стінки ЛШ (13–17 мм) Thickening of the LV wall (13–17 mm) | 24 | Гіпертрофія ЛШ LV hypertrophy |
| Порушення ритму Arrhythmia | 10 | Відповідали даним ЕКГ Consistent with ECG findings |

Примітки:

абс. – абсолютна кількість; n – обсяг вибірки;
 ЛШ – лівий шлуночок; МШП – міжшлуночкова перегородка;
 ФВ – фракція викиду;
 ЕКГ – електрокардіографія

Notes:

abs. – absolute number; n – sample size;
 LV – left ventricle; IVS – interventricular septum;
 EF – ejection fraction;
 ECG – electrocardiography

Ехокардіографічне дослідження пацієнтів основної групи (n = 23) не виявило ознак запального ураження серця: міокардит і перикардит не були зафіксовані жодного разу (0%), що свідчило про відсутність гострих постковідних запальних ускладнень серця у віддалений період. У п'яти пацієнтів (21,7%) спостерігалися зони гіпо- та акінезії передньої стінки лівого шлуночка (ЛШ) та міжшлуночкової перегородки (МШП), які відповідали рубцевим змінам після інфаркту міокарда. За результатами статистичного аналізу відмінність між частотою таких змін та іншими ехоструктурними показниками не досягла статистично значущого рівня ($\chi^2 = 1,242$; $df = 1$; $p = 0,265$), що вказує на ймовірно неасоційований із COVID-19 характер виявлених аномалій.

Зниження фракції викиду (ФВ < 50%) було виявлено лише в одного пацієнта (4,3%), тоді як у 22 з 23 (95,7%) осіб ФВ залишалася в межах норми (≥ 55%). Різниця між нормальною та патологічною ФВ виявилася статистично значущою ($\chi^2 = 19,326$; $df = 1$; $p < 0,001$), що свідчить про збережену систолічну функцію у більшості пацієнтів. Гіпертрофія стінки лівого шлуночка (13–17 мм) спостерігалася у 24 випадках, що перевищує чисельність вибірки через поєднання кількох ехокардіографічних ознак у частини пацієнтів. Частота гіпертрофії не мала статистично значущої асоціації з перенесеним COVID-19 ($\chi^2 = 0,382$; $df = 1$; $p = 0,536$), однак розглядалася як фактор ризику погіршення адаптаційних можливостей серця під час протипухлинного лікування.

Порушення ритму серцевих скорочень, переважно у вигляді надшлуночкових або шлуночкових екstrasистолій, були виявлені у 10 пацієнтів (43,5%) і повністю збігалися з результатами електрокардіографії. Ці дані свідчать про відсутність специфічних пост-

Echocardiographic examination of patients in the main group (n = 23) did not reveal signs of inflammatory heart damage: myocarditis and pericarditis were not recorded at all (0%), indicating the absence of acute post-COVID inflammatory heart complications in the long term. In five patients (21.7%), areas of hypo- and akinesia of the anterior wall of the left ventricle (LV) and the interventricular septum (IVS) were observed, which corresponded to scar changes after a myocardial infarction. According to statistical analysis, the difference in the frequency of such changes and other echostuctural parameters did not reach statistical significance ($\chi^2 = 1.242$; $df = 1$; $p = 0.265$), indicating that the detected anomalies were likely not associated with COVID-19.

A reduction in the ejection fraction (EF < 50%) was found in only one patient (4.3%), while in 22 out of 23 patients (95.7%), EF remained within the normal range (≥ 55%). The difference between normal and pathological EF was statistically significant ($\chi^2 = 19.326$; $df = 1$; $p < 0.001$), indicating preserved systolic function in the majority of patients. Left ventricular wall hypertrophy (13–17 mm) was observed in 24 cases, which exceeds the sample size due to the combination of several echocardiographic features in some patients. The frequency of hypertrophy showed no statistically significant association with the history of COVID-19 ($\chi^2 = 0.382$; $df = 1$; $p = 0.536$), but was considered a risk factor for worsening cardiac adaptation during antitumor treatment.

Heart rhythm disturbances, primarily in the form of supraventricular or ventricular extrasystoles, were found in 10 patients (43.5%) and completely coincided with the results of electrocardiography. These data suggest the absence of specific post-COVID structural

ковідних структурних змін міокарда та загалом стабільну систолічну функцію серця у більшості пацієнтів. З огляду на малу вибірку, отримані результати слід розглядати як опис серії випадків, що підтверджує необхідність подальших досліджень з розширенням групи спостереження для уточнення впливу постковідних факторів на ехокардіографічні показники онкологічних пацієнтів.

changes in the myocardium and generally stable systolic heart function in most patients. Given the small sample size, the results should be viewed as a case series, confirming the need for further studies with an expanded observation group to clarify the impact of post-COVID factors on echocardiographic parameters in cancer patients.

Порушення системи гемостазу у віддалений постковідний період

Дослідження системи згортання крові було важливим компонентом комплексної оцінки стану онкологічних хворих з постковідним синдромом. Відомо, що COVID-19 асоціювався з підвищеним ризиком тромботичних ускладнень як у гострому періоді, так і у віддалені терміни після одужання. Онкологічне захворювання само по собі було фактором гіперкоагуляції, а поєднання з постковідним синдромом могло потенціювати порушення гемостазу. Результати дослідження основних показників системи гемостазу подано в таблиці 10.

Disruption of the hemostatic system in the distant post-COVID period

The study of the blood clotting system was an important component of the comprehensive assessment of the condition of cancer patients with post-COVID syndrome. It is known that COVID-19 was associated with an increased risk of thrombotic complications both in the acute phase and in the distant periods after recovery. Cancer itself was a factor for hypercoagulation, and its combination with post-COVID syndrome could potentiate hemostatic disorders. The results of the study of the main indicators of the hemostatic system are presented in Table 10.

Таблиця 10. Показники системи гемостазу у досліджуваних групах
 [Джерело: створено автором на основі даних дослідження]
Table 10. Indicators of the hemostatic system in the study groups
 [Source: Created by the author based on study data]

| Показник / Indicator | Онкохворі з COVID-19 (основна група) Cancer patients with COVID-19 (main group) | Онкохворі без COVID-19 (контрольна група) Cancer patients without COVID-19 (control group) | Референтні значення Reference values |
|-----------------------------------|--|---|---|
| | n = 67, M ± m | n = 63, M ± m | |
| ПТЧ, с / PT, s | 14,8 ± 0,4 | 13,9 ± 0,3 | 11–15 |
| ПТІ, % / PTI, % | 89,7 ± 2,3 | 94,2 ± 1,8 | 85–110 |
| АЧТЧ, с / APTT, s | 32,4 ± 1,2 | 29,8 ± 0,9 | 25–35 |
| МНВ, ум. од. / INR, arb. units | 1,18 ± 0,05 | 1,06 ± 0,03 | 0,85–1,15 |
| Фібриноген, г/л / Fibrinogen, g/L | 4,2 ± 0,3 | 3,4 ± 0,2 | 2,0–4,0 |
| РФМК, мг/дл / SFMC, mg/dL | 12,8 ± 1,4 | 7,3 ± 0,8 | 3,0–4,0 |
| D-димер, нг/мл / D-dimer, ng/mL | 872 ± 124 | 386 ± 68 | < 500 |

Примітки:

- n – обсяг вибірки;
- M ± m – середнє значення ± стандартна похибка середнього;
- ПТЧ – протромбіновий час; ПТІ – протромбіновий індекс;
- АЧТЧ – активований частковий тромбопластиновий час;
- МНВ – міжнародне нормалізоване відношення;
- РФМК – розчинні фібрин-мономерні комплекси.

Notes:

- n – sample size;
- M ± m – mean value ± standard error of the mean;
- PT – prothrombin time; PTI – prothrombin index;
- APTT – activated partial thromboplastin time;
- INR – international normalized ratio;
- RFMC – soluble fibrin monomer complexes.

Оцінка показників системи гемостазу виявила характерні зміни у пацієнтів з постковідним синдромом порівняно з контрольною групою. У хворих, які перенесли COVID-19, відзначалося подовження активованого часткового тромбопластинового часу (АЧТЧ) – 32,4 ± 1,2 с проти 29,8 ± 0,9 (χ² = 2,891; df = 1; p = 0,089) та тенденція до збільшення протромбінового часу (ПТЧ) – 14,8 ± 0,4 с проти 13,9 ± 0,3 (χ² = 3,214; df = 1; p = 0,075). Ці показники не досягли статистично значущого рівня, проте демонструють схильність до порушення внутрішнього шляху згортання крові.

The assessment of the indicators of the hemostatic system revealed characteristic changes in patients with post-COVID syndrome compared to the control group. In patients who had recovered from COVID-19, there was a prolongation of activated partial thromboplastin time (APTT) – 32.4 ± 1.2 s compared to 29.8 ± 0.9 (χ² = 2.891; df = 1; p = 0.089) and a tendency towards an increase in prothrombin time (PT) – 14.8 ± 0.4 s compared to 13.9 ± 0.3 (χ² = 3.214; df = 1; p = 0.075). These indicators did not reach statistical significance but showed a tendency towards disruption of the intrinsic blood clotting pathway.

На статистично значущому рівні відрізнявся показник міжнародного нормалізованого відношення (МНВ): $1,18 \pm 0,05$ в основній групі проти $1,06 \pm 0,03$ у контрольній ($\chi^2 = 4,182$; $df = 1$; $p = 0,042$), що свідчить про дисбаланс у системі коагуляції та підвищену схильність до гіпокоагуляційних реакцій на фоні активації коагуляційного каскаду.

Підвищення рівня фібриногену понад верхню межу норми ($4,2 \pm 0,3$ г/л проти $3,4 \pm 0,2$) також відбулося на статистично значущому рівні ($\chi^2 = 5,061$; $df = 1$; $p = 0,028$), що відображало активацію гострофазової відповіді та формування прокоагулянтного стану.

Концентрації розчинних фібрин-мономерних комплексів (РФМК = $12,8 \pm 1,4$ мг/дл проти $7,3 \pm 0,8$) та D-димеру (872 ± 124 нг/мл проти 386 ± 68) були підвищеними, однак через обмежений обсяг вибірки це розцінюється як опис серії випадків, без застосування критерію χ^2 .

Узагальнюючи, у пацієнтів з постковідним синдромом відзначається підвищення МНВ та фібриногену на статистично значущому рівні, а також тенденція до подовження ПТЧ та АЧТЧ. Отримані результати вказують на формування гіперкоагуляційного стану з компенсаторною активацією фібринолізу, що потенційно підвищує ризик тромботичних ускладнень під час проведення протипухлинного лікування.

Імунологічні зміни в онкологічних хворих з постковідним синдромом

Дослідження імунного статусу проводилось з метою оцінки стану клітинної та гуморальної ланок імунітету в онкологічних хворих після перенесеної коронавірусної інфекції. Відомо, що COVID-19 спричиняв тривалі порушення імунної відповіді, які могли впливати на перебіг онкологічного захворювання та ефективність протипухлинного лікування. Імунофенотипування лімфоцитів проводилось за допомогою проточної цитометрії на приладі FC-500 (Beckman Coulter, США) із застосуванням відповідних моноклональних антитіл. Результати імунологічного дослідження представлені в таблиці 11.

Імунологічне дослідження продемонструвало характерні зміни у пацієнтів з постковідним синдромом порівняно з контрольною групою. У клітинній ланці імунітету виявлено зниження загальної кількості Т-лімфоцитів CD3+ ($58,4 \pm 2,1\%$ проти $64,7 \pm 1,8\%$; $\chi^2 = 5,117$; $df = 1$; $p = 0,024$) та Т-хелперів CD3+CD4+ ($32,6 \pm 1,7\%$ проти $38,2 \pm 1,4$; $\chi^2 = 6,363$; $df = 1$; $p = 0,012$), тоді як частка цитотоксичних Т-лімфоцитів CD3+CD8+ не відрізнялася статистично ($\chi^2 = 1,742$; $df = 1$; $p = 0,187$). Це призвело до зниження імунорегуляторного індексу CD4+/CD8+ до $1,31 \pm 0,08$ у порівнянні з $1,73 \pm 0,06$ у контрольній групі ($\chi^2 = 11,628$; $df = 1$; $p < 0,01$). Одночасно зафіксовано збільшення кількості природних кілерів CD3–CD16+56+ ($18,2 \pm 1,2\%$ проти $14,3 \pm 0,9$; $\chi^2 = 6,722$; $df = 1$; $p = 0,010$), що, ймовірно, відображає компенсаторну реакцію на зниження Т-хелперної активності.

У гуморальній ланці імунітету визначено підвищення концентрації IgG ($14,8 \pm 0,9$ г/л проти $12,3 \pm 0,7$; $\chi^2 = 4,654$; $df = 1$; $p = 0,031$) та IgA ($2,9 \pm 0,3$ г/л проти $2,2 \pm 0,2$; $\chi^2 = 3,923$; $df = 1$; $p = 0,048$), тоді як рівень IgM залишався у межах референтних значень ($\chi^2 = 1,829$; $df = 1$; $p = 0,176$). Концентрація циркулюючих імунних комплексів (ЦІК) була підвищеною у пацієнтів

At a statistically significant level, the international normalized ratio (INR) was different: 1.18 ± 0.05 in the main group compared to 1.06 ± 0.03 in the control group ($\chi^2 = 4.182$; $df = 1$; $p = 0.042$), indicating an imbalance in the coagulation system and an increased susceptibility to hypocoagulant reactions due to the activation of the coagulation cascade.

The increase in fibrinogen levels above the upper normal limit (4.2 ± 0.3 compared to 3.4 ± 0.2 g/L) was also statistically significant ($\chi^2 = 5.061$; $df = 1$; $p = 0.028$), reflecting activation of the acute phase response and the formation of a procoagulant state.

The concentrations of soluble fibrin-monomer complexes (SFMC = 12.8 ± 1.4 compared to 7.3 ± 0.8 mg/dL) and D-dimer (872 ± 124 compared to 386 ± 68 ng/mL) were elevated, but due to the limited sample size, this is considered a case series description without applying the χ^2 criterion.

In summary, patients with post-COVID syndrome showed statistically significant increases in INR and fibrinogen, as well as a tendency toward prolonged PT and APTT. The obtained results indicate the formation of a hypercoagulable state with compensatory activation of fibrinolysis, which potentially increases the risk of thrombotic complications during antitumor treatment.

Immunological changes in cancer patients with post-COVID syndrome

The study of immune status was conducted to assess the state of cellular and humoral immunity in cancer patients after recovering from COVID-19. It is known that COVID-19 caused prolonged disturbances in immune response, which could affect the course of cancer and the effectiveness of antitumor treatment. Lymphocyte immunophenotyping was performed using flow cytometry on an FC-500 instrument (Beckman Coulter, USA) with the use of appropriate monoclonal antibodies. The results of the immunological study are presented in Table 11.

The immunological study demonstrated characteristic changes in patients with post-COVID syndrome compared to the control group. In the cellular immunity component, a decrease was observed in the overall number of T-lymphocytes CD3+ ($58.4 \pm 2.1\%$ vs. 64.7 ± 1.8 ; $\chi^2 = 5.117$; $df = 1$; $p = 0.024$) and T-helper cells CD3+CD4+ ($32.6 \pm 1.7\%$ vs. 38.2 ± 1.4 ; $\chi^2 = 6.363$; $df = 1$; $p = 0.012$), while the proportion of cytotoxic T-lymphocytes CD3+CD8+ did not show a statistically significant difference ($\chi^2 = 1.742$; $df = 1$; $p = 0.187$). This led to a reduction in the immunoregulatory index CD4+/CD8+ to 1.31 ± 0.08 compared to 1.73 ± 0.06 in the control group ($\chi^2 = 11.628$; $df = 1$; $p < 0.01$). At the same time, an increase in the number of natural killer cells CD3–CD16+56+ ($18.2 \pm 1.2\%$ vs. 14.3 ± 0.9 ; $\chi^2 = 6.722$; $df = 1$; $p = 0.010$) was recorded, likely reflecting a compensatory response to the decrease in T-helper cell activity.

In the humoral immunity component, an increase in the concentration of IgG (14.8 ± 0.9 g/L vs. 12.3 ± 0.7 ; $\chi^2 = 4.654$; $df = 1$; $p = 0.031$) and IgA (2.9 ± 0.3 g/L vs. 2.2 ± 0.2 ; $\chi^2 = 3.923$; $df = 1$; $p = 0.048$) was observed, while the level of IgM remained within reference values ($\chi^2 = 1.829$; $df = 1$; $p = 0.176$). The concentration of circulating immune complexes (CIC) was elevated in patients with a history of COVID-19 – 124 ± 11 vs. 86 ± 8

з COVID-19 в анамнезі – 124 ± 11 проти 86 ± 8 ум. од. ($\chi^2 = 7,529$; $df = 1$; $p = 0,006$), що свідчить про персистоючу активацію гуморальної відповіді.

units ($\chi^2 = 7.529$; $df = 1$; $p = 0.006$), indicating persistent activation of the humoral response.

Таблиця 11. Показники клітинного та гуморального імунітету у досліджуваних групах
 [Джерело: створено автором на основі даних дослідження]

Table 11. Indicators of cellular and humoral immunity in the study groups
 [Source: Created by the author based on study data]

| Показник / Indicator | Онкохворі з COVID-19 (основна група) Cancer patients with COVID-19 (main group) | Онкохворі без COVID-19 (контрольна група) Cancer patients without COVID-19 (control group) | Референтні значення Reference values |
|--|--|---|---|
| | n = 67, M ± m | n = 63, M ± m | |
| Клітинний імунітет / Cellular immunity | | | |
| CD3+, % | 58,4 ± 2,1 | 64,7 ± 1,8 | 60–80 |
| CD3+CD4+, % | 32,6 ± 1,7 | 38,2 ± 1,4 | 35–50 |
| CD3+CD8+, % | 24,8 ± 1,3 | 22,1 ± 1,1 | 20–35 |
| CD4+/CD8+ | 1,31 ± 0,08 | 1,73 ± 0,06 | 1,2–2,0 |
| CD3-CD16+56+, % | 18,2 ± 1,2 | 14,3 ± 0,9 | 10–20 |
| CD3-CD19+, % | 9,7 ± 0,8 | 12,4 ± 0,7 | 10–20 |
| Гуморальний імунітет / Humoral immunity | | | |
| IgG, г/л IgG, g/L | 14,8 ± 0,9 | 12,3 ± 0,7 | 8,0–16,0 |
| IgA, г/л IgA, g/L | 2,9 ± 0,3 | 2,2 ± 0,2 | 1,0–4,0 |
| IgM, г/л IgM, g/L | 1,1 ± 0,1 | 1,3 ± 0,1 | 0,5–2,0 |
| ЦІК, ум. од. CIC, arb. units | 124 ± 11 | 86 ± 8 | 30–90 |
| Фагоцитоз / Phagocytosis | | | |
| ФН / PN, % | 52,3 ± 2,4 | 61,2 ± 2,1 | 60–80 |
| ФЧ / PI | 4,2 ± 0,3 | 5,8 ± 0,4 | 4–9 |

Примітки:

- n – обсяг вибірки;
- M ± m – середнє значення ± стандартна похибка середнього;
- ЦІК – циркулюючі імунні комплекси;
- ФН – фагоцитуючі нейтрофіли;
- ФЧ – фагоцитарне число.

Notes:

- n – sample size;
- M ± m – mean value ± standard error of the mean;
- CIC – circulating immune complexes;
- PN – phagocytic neutrophils;
- PI – phagocytic index.

Показники фагоцитарної активності нейтрофілів також продемонстрували відмінності. Частка фагоцитуючих нейтрофілів (ФН) у пацієнтів з постковідним синдромом становила $52,3 \pm 2,4\%$ проти $61,2 \pm 2,1$ у контрольній групі ($\chi^2 = 5,575$; $df = 1$; $p = 0,018$), тоді як фагоцитарне число (ФЧ) знизилося з $5,8 \pm 0,4$ до $4,2 \pm 0,3$ ($\chi^2 = 8,389$; $df = 1$; $p = 0,004$).

Таким чином, у пацієнтів з постковідним синдромом формується дисбаланс клітинної та гуморальної ланок імунітету, що проявляється зниженням Т-хелперної активності, компенсаторним підвищенням рівня НК-клітин, гіперактивацією гуморальної відповіді та зниженням фагоцитарної функції. Отримані результати підтверджують наявність вторинного імунodefіциту змішаного типу у цієї категорії хворих, що може зумовлювати знижену толерантність до протипухлинної терапії.

Phagocytic activity indicators of neutrophils also showed differences. The percentage of phagocytosing neutrophils (PN) in patients with post-COVID syndrome was $52.3 \pm 2.4\%$ vs. 61.2 ± 2.1 in the control group ($\chi^2 = 5.575$; $df = 1$; $p = 0.018$), while the phagocytic number (PN) decreased from 5.8 ± 0.4 to 4.2 ± 0.3 ($\chi^2 = 8.389$; $df = 1$; $p = 0.004$).

Thus, in patients with post-COVID syndrome, a disbalance of cellular and humoral immunity components is formed, manifested by a decrease in T-helper cell activity, compensatory increase in NK cell levels, hyperactivation of the humoral response, and a reduction in phagocytic function. The obtained results confirm the presence of a secondary mixed-type immunodeficiency in this category of patients, which may lead to reduced tolerance to antitumor therapy.

Гематологічні показники та їх динаміка після протипухлинної терапії

Загальноклінічний аналіз крові був базовим методом лабораторної діагностики, який дозволяв оцінити стан кровотворної системи та виявити можливі порушення, пов'язані з постковідним синдромом та онкологічним захворюванням. Дослідження проводилося на автоматичному гематологічному аналізаторі XN-L550 з використанням кондуктометричного методу. Результати дослідження основних гематологічних показників подано в таблиці 12.

Hematological parameters and their changes over time after antitumor therapy

The general clinical blood test was the basic method of laboratory diagnostics, which allowed us to evaluate the status of the hematopoietic system and detect possible disorders related to post-COVID syndrome and the cancer disease. The test was conducted using the automatic hematological analyzer XN-L550 with the use of the conductometric method. The results of the study of the main hematological parameters are presented in Table 12.

Таблиця 12. Гематологічні показники у досліджуваних групах до початку лікування [Джерело: створено автором на основі даних дослідження]

Table 12. Hematological indicators in the study groups before treatment [Source: Created by the author based on study data]

| Показник / Indicator | Онкохворі з COVID-19 (основна група) Cancer patients with COVID-19 (main group) | Онкохворі без COVID-19 (контрольна група) Cancer patients without COVID-19 (control group) | Референтні значення Reference values |
|--|--|---|---|
| | n = 67, M ± m | n = 63, M ± m | |
| RBC, × 10 ¹² /л RBC, × 10 ¹² /L | 4,12 ± 0,14 | 4,38 ± 0,12 | 4,0–5,0 (ж/ф); 4,5–5,5 (ч/м) |
| Hb, г/л Hb, g/L | 118 ± 4,2 | 126 ± 3,8 | 120–140 (ж/ф); 130–160 (ч/м) |
| КП / CI | 0,86 ± 0,02 | 0,88 ± 0,02 | 0,85–1,05 |
| МСН, пг / pg | 28,6 ± 0,8 | 28,8 ± 0,7 | 27–33 |
| МСV, фл / fL | 84,2 ± 2,1 | 85,7 ± 1,9 | 80–100 |
| PLT, × 10 ⁹ /л PLT, × 10 ⁹ /L | 186 ± 12 | 224 ± 14 | 180–320 |
| НСТ, % | 35,4 ± 1,3 | 37,8 ± 1,1 | 36–42 (ж/ф); 40–48 (ч/м) |
| WBC, × 10 ⁹ /л WBC, × 10 ⁹ /L | 7,8 ± 0,6 | 6,4 ± 0,5 | 4,0–9,0 |
| ШОЕ, мм/год ESR, mm/h | 28 ± 2,4 | 22 ± 1,8 | 2–15 (ж/ф); 2–10 (ч/м) |

Примітки:

n – обсяг вибірки;
 M ± m – середнє значення ± стандартна похибка середнього;
 RBC – еритроцити;
 Hb – гемоглобін;
 КП – кольоровий показник;
 МСН – середній вміст гемоглобіну в еритроциті;
 МСV – середній об'єм еритроцита;
 PLT – тромбоцити;
 НСТ – гематокрит;
 WBC – лейкоцити;
 ШОЕ – швидкість осідання еритроцитів;
 пг – пікограми;
 фл – фемтолітри;
 ж – жінки; ч – чоловіки.

Notes:

n – sample size;
 M ± m – mean value ± standard error of the mean (SEM);
 RBC – red blood cells;
 Hb – hemoglobin;
 CI – color index;
 MCH – mean corpuscular hemoglobin;
 MCV – mean corpuscular volume;
 PLT – platelets;
 HCT – hematocrit;
 WBC – white blood cells;
 ESR – erythrocyte sedimentation rate;
 pg – picograms;
 fL – femtoliters;
 f – females; m – males.

Гематологічні показники до початку лікування демонстрували певні особливості у пацієнтів з постковідним синдромом порівняно з контрольною групою. Еритроцитарні індекси (RBC, Hb, КП, МСН, МСV, НСТ) у пацієнтів основної групи були дещо нижчими, однак статистично значущої різниці не встановлено ($\chi^2 = 1,724$; $df = 1$; $p = 0,189$), що відповідало картині нормохромної нормоцитарної анемії легкого ступеня. Такі зміни можна розцінювати як результат хронічного запалення або метаболічних порушень після перенесеної коронавірусної інфекції.

Водночас у пацієнтів з COVID-19 в анамнезі спостерігалось на статистично значущому рівні зниження кількості тромбоцитів (186 ± 12 проти 224 ± 14 × 10⁹/л; $\chi^2 = 5,590$; $df = 1$; $p = 0,018$). Хоча цей показник

Hematological parameters before the start of treatment showed certain features in patients with post-COVID syndrome compared to the control group. Erythrocyte indices (RBC, Hb, MCH, MCV, HCT) in the patients of the main group were somewhat lower, although no statistically significant difference was found ($\chi^2 = 1.724$; $df = 1$; $p = 0.189$), which corresponds to the picture of normochromic normocytic anemia of mild degree. Such changes can be interpreted as a result of chronic inflammation or metabolic disorders after the coronavirus infection.

At the same time, in patients with a history of COVID-19, there was a statistically significant decrease in the platelet count (186 ± 12 vs. 224 ± 14 × 10⁹/L; $\chi^2 = 5.590$; $df = 1$; $p = 0.018$). Although this indicator remained within the reference values, the obtained results

залишався у межах референтних значень, отримані результати свідчать про можливий вплив перенесеної інфекції на мегакаріоцитарний ріст кровотворення та схильність до зниження тромбоцитарної ланки у відповідь на стрес або терапевтичне навантаження.

Крім того, рівень ШОЕ був на статистично значущому рівні підвищений у пацієнтів з постковідним синдромом ($28 \pm 2,4$ мм/год проти $22 \pm 1,8$; $\chi^2 = 4,178$; $df = 1$; $p = 0,041$), що свідчило про збережену запальну активність і ймовірне формування хронічного запального фону. Інші показники, зокрема кількість лейкоцитів (WBC), не продемонстрували суттєвих міжгрупових відмінностей ($\chi^2 = 2,284$; $df = 1$; $p = 0,131$), хоча спостерігалась тенденція до вищих значень у пацієнтів основної групи.

Таким чином, у хворих з COVID-19 в анамнезі виявлено помірні, але клінічно значущі порушення гематологічних параметрів, серед яких статистично підтвердженими залишалися зниження рівня тромбоцитів ($\chi^2 = 5,590$; $df = 1$; $p = 0,018$) та підвищення ШОЕ ($\chi^2 = 4,178$; $df = 1$; $p = 0,041$). Виявлені зміни можуть свідчити про неповне відновлення системи кровотворення після перенесеної інфекції та обґрунтовують необхідність ретельного гематологічного моніторингу перед початком мієлосупресивної протипухлинної терапії.

Динаміка основних гематологічних показників після завершення протипухлинної терапії представлена в таблиці 13.

suggest a possible effect of the infection on the megakaryocytic stem cell of hematopoiesis and a tendency for platelet reduction as a response to stress or therapeutic load.

Additionally, the ESR level was statistically significantly increased in patients with post-COVID syndrome (28 ± 2.4 mm/h vs. 22 ± 1.8 ; $\chi^2 = 4.178$; $df = 1$; $p = 0.041$), which indicated preserved inflammatory activity and likely the formation of a chronic inflammatory background. Other indicators, such as the white blood cell count (WBC), did not show significant differences between groups ($\chi^2 = 2.284$; $df = 1$; $p = 0.131$), although there was a trend toward higher values in the patients of the main group.

Thus, in patients with a history of COVID-19, moderate but clinically significant hematological disturbances were found. The statistically significant findings were a decrease in platelet levels ($\chi^2 = 5.590$; $df = 1$; $p = 0.018$) and an increase in ESR ($\chi^2 = 4.178$; $df = 1$; $p = 0.041$). These changes may indicate incomplete recovery of the hematopoietic system after the infection, and justify the need for careful hematological monitoring before the start of myelosuppressive antitumor therapy.

The changes of the main hematological parameters over time after the completion of antitumor therapy are presented in Table 13.

Таблиця 13. Гематологічні показники через один місяць після завершення спеціального лікування

[Джерело: створено автором на основі даних дослідження]

Table 13. Hematological indicators 1 month after completion of special treatment

[Source: Created by the author based on study data]

| Показник / Indicator | Онкохворі з COVID-19 (основна група) Cancer patients with COVID-19 (main group) | Онкохворі без COVID-19 (контрольна група) Cancer patients without COVID-19 (control group) | Референтні значення Reference values |
|--|--|---|---|
| | n = 67, M ± m | n = 63, M ± m | |
| RBC, × 10 ¹² /л RBC, × 10 ¹² /L | 3,84 ± 0,16 | 4,12 ± 0,14 | 4,0–5,0 (ж/ф); 4,5–5,5 (ч/м) |
| Hb, г/л Hb, g/L | 108 ± 4,8 | 118 ± 4,2 | 120–140 (ж/ф); 130–160 (ч/м) |
| КП / CI | 0,84 ± 0,02 | 0,86 ± 0,02 | 0,85–1,05 |
| МСН, пг / pg | 28,1 ± 0,9 | 28,6 ± 0,8 | 27–33 |
| МСV, фл / fL | 83,8 ± 2,3 | 84,9 ± 2,0 | 80–100 |
| PLT, × 10 ⁹ /л PLT, × 10 ⁹ /L | 152 ± 14 | 198 ± 16 | 180–320 |
| НСТ, % | 32,6 ± 1,4 | 35,4 ± 1,2 | 36–42 (ж/ф); 40–48 (ч/м) |
| WBC, × 10 ⁹ /л WBC, × 10 ⁹ /L | 4,2 ± 0,4 | 5,6 ± 0,5 | 4,0–9,0 |
| ШОЕ, мм/год ESR, mm/h | 34 ± 2,8 | 26 ± 2,1 | 2–15 (ж/ф); 2–10 (ч/м) |

Примітки:

n – обсяг вибірки;
 M ± m – середнє значення ± стандартна похибка середнього;
 RBC – еритроцити;
 Hb – гемоглобін;
 КП – кольоровий показник;
 МСН – середній вміст гемоглобіну в еритроциті;
 МСV – середній об'єм еритроцита;
 PLT – тромбоцити;
 НСТ – гематокрит;
 WBC – лейкоцити;
 ШОЕ – швидкість осідання еритроцитів;
 пг – пікограми;
 фл – фемтолітри;
 ж – жінки; ч – чоловіки;

Notes:

n – sample size;
 M ± m – mean value ± standard error of the mean (SEM);
 RBC – red blood cells;
 Hb – hemoglobin;
 CI – color index;
 МСН – mean corpuscular hemoglobin;
 МСV – mean corpuscular volume;
 PLT – platelets;
 НСТ – hematocrit;
 WBC – white blood cells;
 ESR – erythrocyte sedimentation rate;
 pg – picograms;
 fL – femtoliters;
 f – females; m – males.

Динаміка гематологічних показників через місяць після завершення протипухлинної терапії свідчила про більш виражене пригнічення кровотворення у пацієнтів основної групи. Еритроцитарні індекси (RBC, Hb) знизилися в обох когорт, однак у пацієнтів з COVID-19 в анамнезі це зниження відбулося на статистично значущому рівні (RBC: $\chi^2 = 4,028$; $df = 1$; $p = 0,045$; Hb: $\chi^2 = 4,315$; $df = 1$; $p = 0,038$). Незважаючи на збереження нормохромного нормоцитарного типу анемії, отримані результати свідчать про зниження резервів еритропоезу через залишкові наслідки перенесеної інфекції.

Найбільш виражені зміни спостерігалися у тромбоцитарній та лейкоцитарній ланках. Кількість тромбоцитів в основній групі була нижчою (152 ± 14 проти $198 \pm 16 \times 10^9/\text{л}$), що підтверджено на статистично значущому рівні ($\chi^2 = 6,215$; $df = 1$; $p = 0,013$). Аналогічно, рівень лейкоцитів (WBC) також виявився нижчим у пацієнтів з постковідним синдромом ($4,2 \pm 0,4$ проти $5,6 \pm 0,5 \times 10^9/\text{л}$; $\chi^2 = 5,871$; $df = 1$; $p = 0,015$), що свідчить про більш виражений міелосупресивний ефект лікування. Ці дані узгоджуються з припущенням про неповне відновлення кісткового мозку після COVID-19, що може підвищувати ризик цитопенічних ускладнень під час протипухлинної терапії.

Швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ) залишалася підвищеною в обох групах, проте у пацієнтів з постковідним синдромом вона була значно вищою ($34 \pm 2,8$ проти $26 \pm 2,1$ мм/год; $\chi^2 = 4,263$; $df = 1$; $p = 0,040$). Це відображало збережену запальну активність і посилення анемічного синдрому після лікування. Отримані результати свідчать, що у пацієнтів, які перенесли COVID-19, спеціальне лікування супроводжується на статистично значущому рівні більш вираженим пригніченням усіх паростків кровотворення. Такий ефект потребує врахування при плануванні режимів хіміо- та променевої терапії та обґрунтовує необхідність регулярного гематологічного моніторингу.

The changes of the hematological parameters one month after the completion of antitumor therapy indicated more pronounced suppression of hematopoiesis in patients from the main group. Erythrocyte indices (RBC, Hb) decreased in both cohorts, but in patients with a history of COVID-19, this decrease occurred at a statistically significant level (RBC: $\chi^2 = 4.028$; $df = 1$; $p = 0.045$; Hb: $\chi^2 = 4.315$; $df = 1$; $p = 0.038$). Despite maintaining the normochromic normocytic type of anemia, the obtained results indicate a reduction in erythropoietic reserves due to the residual effects of the infection.

The most pronounced changes were observed in the platelet and leukocyte components. The platelet count in the main group was lower (152 ± 14 vs. $198 \pm 16 \times 10^9/\text{L}$), which was confirmed at a statistically significant level ($\chi^2 = 6.215$; $df = 1$; $p = 0.013$). Similarly, the leukocyte count (WBC) was also lower in patients with post-COVID syndrome (4.2 ± 0.4 vs. $5.6 \pm 0.5 \times 10^9/\text{L}$; $\chi^2 = 5.871$; $df = 1$; $p = 0.015$), indicating a more pronounced myelosuppressive effect of the treatment. These data are consistent with the assumption of incomplete recovery of the bone marrow after COVID-19, which may increase the risk of cytopenic complications during antitumor therapy.

The erythrocyte sedimentation rate (ESR) remained elevated in both groups, but in patients with post-COVID syndrome, it was significantly higher (34 ± 2.8 vs. 26 ± 2.1 mm/h; $\chi^2 = 4.263$; $df = 1$; $p = 0.040$). This reflected preserved inflammatory activity and an exacerbation of the anemic syndrome after treatment. The obtained results indicate that in patients who had COVID-19, special treatment is accompanied by statistically significant suppression of all blood cell lines. This effect needs to be considered when planning chemotherapy and radiotherapy regimens and justifies the need for regular hematological monitoring.

ОБГОВОРЕННЯ

Проведене дослідження виявило високу частоту постковідного синдрому серед онкологічних пацієнтів, що становила 49,2% через рік після перенесеної інфекції. Ця знахідка узгоджується з даними D. J. Pinato et al. (2021), які повідомляли про тривалі симптоми COVID у близько 50% онкологічних хворих, з переважанням серед жінок. Така висока поширеність персистуючих симптомів підкреслює особливу вразливість онкологічних пацієнтів до віддалених наслідків коронавірусної інфекції та необхідність розробки спеціалізованих підходів до їх ведення [14].

Водночас, дослідження в загальній популяції демонстрували значно нижчі показники. A. V. Raveendran et al. (2021) та M. S. Petersen et al. (2021) вказували на пролонговану симптоматику лише у 20% пацієнтів загальної популяції. Така суттєва різниця може бути пояснена підвищеною вразливістю онкологічних хворих через імуносупресію та системний вплив злоякісного процесу [15]. Проте метааналіз L. Xu et al. (2025), який охопив 13 досліджень з 6653 онкологічними пацієнтами, виявив суттєво нижчу частоту постковідного синдрому. За їхніми даними, поширеність становила лише 12,54% через 12 місяців (95% ДІ: 6,38-23,18%), що майже в чотири рази менше, ніж у поточному

DISCUSSION

The study revealed a high frequency of post-COVID syndrome among oncological patients, which was 49.2% one year after the infection. This finding aligns with the data from D.J. Pinato et al. (2021), who reported prolonged COVID symptoms in about 50% of oncological patients, with a predominance in women. Such a high prevalence of persistent symptoms highlights the particular vulnerability of cancer patients to the long-term consequences of COVID-19 and the need for specialized approaches to their management [14].

At the same time, studies in the general population have shown significantly lower rates. A.V. Raveendran et al. (2021) and M. S. Petersen et al. (2021) indicated prolonged symptoms in only 20% of the general population. This significant difference may be explained by the increased vulnerability of cancer patients due to immunosuppression and the systemic impact of malignancy [15]. However, the meta-analysis by L. Xu et al. (2025), which included 13 studies with 6653 cancer patients, found a significantly lower frequency of post-COVID syndrome. According to their data, the prevalence was only 12.54% after 12 months (95% CI: 6.38-23.18%), which is almost four times lower than in the current study. The authors also demonstrated a clear trend towards a reduction

дослідженні. Автори також продемонстрували чітку тенденцію до зниження симптомів з часом – від 20,51% через 3 місяці до 12,54% через рік. Така розбіжність може пояснюватися різними критеріями діагностики постковідного синдрому, відмінностями у вибірках пацієнтів або регіональними особливостями ведення онкологічних хворих під час пандемії [16].

Респіраторні прояви постковідного синдрому в поточному дослідженні характеризувалися високою частотою задишки та кашлю порівняно з контрольною групою. Ці результати корелюють з даними E. Garrigues et al. (2020), які виявили задишку у 40–60% пацієнтів та біль у грудях у 22% випадків [17]. D. T. Arnold et al. (2021) також підтвердили, що респіраторні симптоми були найпоширенішими проявами тривалого COVID, виявляючи задишку у 39–74% обстежених [18]. Персистування респіраторної симптоматики може бути зумовлене залишковими фіброзними змінами легеневої паренхіми та порушенням дифузійної здатності альвеолокапілярної мембрани.

Функціональні порушення дихання виявлені у значної частини пацієнтів основної групи, що узгоджується з метааналізом K. M. Antoniou et al. (2022), які повідомляли про порушення вентиляційної функції легень у 39–83% випадків [19]. J. H. Lee et al. (2022) виявили рестриктивні порушення у 15% та обструктивні у 7% пацієнтів через 6–12 місяців після COVID-19. Переважання рестриктивного типу порушень у поточному дослідженні може бути пов'язане з більш вираженими фіброзними змінами в онкологічних хворих. Особливо важливим є виявлене дворазове збільшення частоти ускладнень хіміопроменевого лікування [20]. Це узгоджується з даними D. J. Pinato et al. (2021), які вказували на негативний вплив постковідного синдрому на толерантність до протипухлинної терапії. Механізми підвищеної чутливості можуть включати зниження функціональних резервів організму, порушення репаративних процесів та системне запалення [14].

Метааналіз C. Chen et al. (2022), який включив 102 дослідження госпіталізованих пацієнтів, показав нижчу поширеність респіраторних симптомів. Задишка спостерігалась приблизно у 26% пацієнтів, що майже вдвічі менше, ніж у поточному дослідженні. Ця розбіжність може пояснюватися кількома факторами. По-перше, онкологічні пацієнти часто мають супутню легеневу патологію або метастатичне ураження легень, що може посилювати респіраторні симптоми. По-друге, променева терапія на органи грудної клітки та пневмотоксичні хіміопрепарати можуть додатково пошкоджувати легеневу тканину, створюючи синергічний ефект з постковідними змінами [21].

Кардіологічні порушення у досліджуваній когорті проявлялись підвищеною частотою миготливої аритмії та ішемічних змін сегмента ST. Y. Szekely et al. (2020) у систематичному ехокардіографічному дослідженні виявили серцево-судинні ускладнення у 71,6–95% пацієнтів залежно від тяжкості COVID-19 [22]. За даними X. W. He et al. (2020) та Z. Y. Wei & H. Y. Qian (2020), міокардіальне ураження спостерігалось у 3–26% випадків [23]. Вищі показники в онкологічних хворих можуть свідчити про синергічний ефект коронавірусної інфекції та кардіотоксичності протипухлинної терапії.

Однак дослідження J. Jee et al. (2020) представило принципово інші результати. Аналіз 309 онкологічних

in symptoms over time – from 20.51% at 3 months to 12.54% at 12 months. This discrepancy may be explained by different diagnostic criteria for post-COVID syndrome, differences in patient cohorts, or regional differences in the management of cancer patients during the pandemic [16].

Respiratory manifestations of post-COVID syndrome in this study were characterized by a high frequency of dyspnea and cough compared to the control group. These results correlate with the findings of E. Garrigues et al. (2020), who observed dyspnea in 40–60% of patients and chest pain in 22% of cases [17]. D. T. Arnold et al. (2021) also confirmed that respiratory symptoms were the most common manifestations of prolonged COVID, with dyspnea found in 39–74% of the examined patients [18]. The persistence of respiratory symptoms may be due to residual fibrotic changes in the lung parenchyma and impaired diffusion capacity of the alveolocapillary membrane.

Functional respiratory impairments were identified in a significant portion of patients in the main group, which aligns with the meta-analysis by K. M. Antoniou et al. (2022), who reported ventilation dysfunction in 39–83% of cases [19]. J. H. Lee et al. (2022) observed restrictive pulmonary dysfunction in 15% and obstructive dysfunction in 7% of patients 6–12 months after COVID-19. The predominance of restrictive disorders in the current study may be related to more pronounced fibrotic changes in cancer patients. Particularly important is the observed two-fold increase in the frequency of complications from chemoradiation therapy [20]. This finding aligns with data from D. J. Pinato et al. (2021), who pointed out the negative impact of post-COVID syndrome on tolerance to anti-tumor therapy. Mechanisms for increased sensitivity may include reduced functional reserves of the body, impaired reparative processes, and systemic inflammation [14].

A meta-analysis by C. Chen et al. (2022), which included 102 examinations of hospitalized patients, showed a lower prevalence of respiratory symptoms. Dyspnea was observed in about 26% of patients, nearly half the rate observed in the current study. This discrepancy could be explained by several factors. Firstly, cancer patients often have comorbid pulmonary pathology or metastatic lung involvement, which may exacerbate respiratory symptoms. Secondly, radiation therapy to the thoracic organs and pneumotoxic chemotherapy agents can further damage lung tissue, creating a synergistic effect with post-COVID changes [21].

Cardiological disorders in the studied cohort were manifested by a higher frequency of atrial fibrillation and ischemic changes in the ST segment. Y. Szekely et al. (2020) in a systematic echocardiographic study found cardiovascular complications in 71.6–95% of patients, depending on the severity of COVID-19 [22]. According to X. W. He et al. (2020) and Z. Y. Wei & H. Y. Qian (2020), myocardial injury was observed in 3–26% of cases [23]. The higher rates in cancer patients may indicate a synergistic effect between the coronavirus infection and the cardiotoxicity of antitumor therapy.

However, the study by J. Jee et al. (2020) presented fundamentally different results. An analysis of 309 cancer patients with COVID-19 showed that cytotoxic chemotherapy over 35 days was not associated with a significant increase in the risk of severe complications (HR 1.10; 95% CI 0.73–1.60) [24]. This directly contradicts the doubling of complications observed in the current

пацієнтів з COVID-19 показав, що цитотоксична хіміотерапія протягом 35 днів не асоціювалась зі значущим підвищенням ризику тяжких ускладнень (HR 1,10; 95% ДІ 0,73-1,60) [24]. Це прямо суперечить виявленому подвоєнню ускладнень і свідчить про безпечність продовження хіміотерапії. Розбіжність може бути зумовлена різними термінами спостереження – дослідження J. Jee et al. оцінювало гострі ускладнення, тоді як поточне дослідження фокусувалось на віддалених наслідках.

Подібні висновки отримані в масштабному дослідженні L. Lee et al. (2020), яке проаналізувало дані 800 онкологічних пацієнтів з COVID-19 у 55 центрах Великої Британії. Автори не виявили значущого впливу хіміотерапії протягом 4 тижнів на смертність (OR 1,18; 95% ДІ 0,81-1,72; $p=0,380$) [25]. Ці дані вказують на можливість безпечного продовження протипухлинного лікування навіть у гострий період COVID-19. Відмінності з поточним дослідженням можуть пояснюватися різними кінцевими точками оцінки – смертність проти всіх ускладнень, а також можливим впливом еволюції вірусу та покращення протоколів ведення пацієнтів з часом. Виявлене значне підвищення D-димеру перевищувало норму в 1,7 разу. F. A. Klok et al. (2020) та N. Tang et al. (2020) також повідомляли про персистуючі порушення гемостазу після COVID-19, асоціюючи високі рівні D-димеру з несприятливим прогнозом [26, 27].

Проте дослідження L. Townsend et al. (2021) продемонструвало значно нижчі показники та швидшу нормалізацію D-димеру. У когорті зі 150 пацієнтів, які одужали від COVID-19, медіана D-димеру становила лише 327 нг/мл через 80 днів після діагнозу, причому 74,7% мали нормальні рівні [28]. Ця суттєва різниця вказує на те, що у більшості пацієнтів відбувається природна нормалізація показників гемостазу протягом перших місяців після інфекції. Розбіжність з поточним дослідженням може пояснюватись впливом онкологічного процесу на систему згортання крові, оскільки рак сам по собі є фактором гіперкоагуляції, що може пролонгувати порушення гемостазу після COVID-19.

Радіологічні знахідки в поточному дослідженні вказували на стійкі структурні зміни легеневої тканини, які зберігались понад рік після перенесеної інфекції. Однак дослідження K. Martini et al. (2022) показало значно кращу динаміку радіологічної картини. За даними 12-місячного спостереження, 76% пацієнтів мали повне розрешення змін на КТ до кінця року, причому у 48% нормалізація відбулась вже через 6 місяців [29]. Це суперечить виявленій високій частоті персистуючих змін і демонструє здатність легеневої тканини до відновлення. Можлива причина розбіжностей – вплив променевої терапії на органи грудної клітки та хіміотерапії з пневмотоксичним потенціалом, які могли перешкоджати нормальній репарації легеневої паренхіми в онкологічних пацієнтів. F. Lv et al. (2021) оцінювали радіологічні зміни у пацієнтів через 6 місяців після COVID-19. Повне відновлення спостерігалось лише у 55% пацієнтів із тяжким перебігом хвороби. У решти виявляли фіброзоподібні ураження та порушення дифузійної здатності легень [30]. Результати повністю підтверджують дані поточного дослідження. Незначні відмінності можуть бути пов'язані з відсутністю у F. Lv et al. фокусування

study and suggests that continuing chemotherapy is safe. The discrepancy may be due to the different follow-up periods – the study by J. Jee et al. assessed acute complications, while the current study focused on long-term effects.

Similar conclusions were obtained in the large-scale study by L. Lee et al. (2020), which analyzed data from 800 cancer patients with COVID-19 in 55 centers across the UK. The authors found no significant impact of chemotherapy within 4 weeks on mortality (OR 1.18; 95% CI 0.81-1.72; $p = 0.380$) [25]. These data suggest the possibility of safely continuing anticancer treatment even during the acute phase of COVID-19. Differences with the current study may be explained by different endpoints – mortality versus all complications – as well as the potential influence of the evolution of the virus and the improvement of patient management protocols over time. A significant increase in D-dimer levels was observed, exceeding the normal range by 1.7 times. F.A. Klok et al. (2020) and N. Tang et al. (2020) also reported persistent hemostatic disturbances after COVID-19, associating high D-dimer levels with an unfavorable prognosis [26, 27].

However, the study by L. Townsend et al. (2021) demonstrated significantly lower levels and faster normalization of D-dimer. In a cohort of 150 patients who had recovered from COVID-19, the median D-dimer was only 327 ng/ml after 80 days from diagnosis, with 74.7% having normal levels [28]. This substantial difference suggests that in most patients, natural normalization of hemostatic parameters occurs within the first few months after infection. The discrepancy with the current study may be explained by the impact of the cancer process on the coagulation system, as cancer itself is a factor of hypercoagulation, which can prolong hemostatic disturbances after COVID-19.

Radiological findings in the current study indicated persistent structural changes in lung tissue, which remained over a year after the infection. However, the study by K. Martini et al. (2022) showed significantly better changes of radiographic findings over time. According to a 12-month follow-up, 76% of patients had complete resolution of changes on CT by the end of the year, with 48% normalizing after just 6 months [29]. This contradicts the high frequency of persistent changes observed in the current study and demonstrates the lung tissue's ability to recover. A possible reason for the discrepancies is the influence of radiation therapy on the thoracic organs and chemotherapy with pneumotoxic potential, which may hinder the normal repair of lung parenchyma in cancer patients. F. Lv et al. (2021) assessed radiographic changes in patients 6 months after COVID-19. Complete recovery was observed in only 55% of patients with a severe course of the disease. In the rest, fibrotic lesions and impaired diffusion capacity were observed [30]. These results fully confirm the data of the current study. Minor differences may be due to the absence of a focus on cancer patients in F. Lv et al.'s study, whereas this was the main cohort in the current study.

For a better understanding of the features of post-COVID syndrome in cancer patients, it is important to compare the data with the general population. A study by C.E. Hastie et al. (2023), which included 198096 adults (98666 COVID-positive and 99430 con-

виключно на онкопациєнтах, тоді як у поточному дослідженні це була основна когорта.

Для кращого розуміння особливостей постковідного синдрому в онкологічних хворих важливо порівняти дані з загальною популяцією. Дослідження С. Е. Hastie et al. (2023), яке охопило 198096 дорослих (98666 COVID-позитивних та 99430 контролів) у Шотландії, показало скоригований показник поширеності постковідного синдрому лише 6,6–10,4% у загальній популяції [31]. Це в 5–7 разів менше, ніж у онкологічних пацієнтів поточного дослідження. Хоча очікувано, що онкологічні пацієнти матимуть вищі показники через імуносупресію та загальну вразливість, така велика різниця викликає питання щодо можливої переоцінки симптомів або впливу методології дослідження. Дослідження F. Yang et al. (2020) вивчало клінічні характеристики 52 онкопациєнтів з COVID-19. Було виявлено, що 79% пацієнтів мали пневмонію, а у понад половини розвинулись ускладнення з боку серця, печінки або нирок [32]. Рівень смертності становив 21,2%. А. Manzano et al. (2020) аналізували клінічні характеристики онкопациєнтів з COVID-19. У 71% виявляли радіологічні ураження легень, а у 43% – сатурація кисню була нижче 95%. Найвищий ризик смерті спостерігався при супутній серцево-судинній патології [33].

М. Chua et al. (2021) вивчали ситуацію у пацієнтів з пухлинами голови та шиї під час пандемії COVID-19. Було підтверджено, що такі пацієнти особливо вразливі до тяжкого перебігу інфекції через поєднання онкопатології, віку, шкідливих звичок (особливо куріння) та наявності хронічних серцево-легеневих хвороб [34]. S. Rabadia et al. (2020) розглянули довготривалий вплив COVID-19 на кардіоонкологічних пацієнтів. Автори відзначили збільшення ризику розвитку фіброзу, гіперліпідемії та запалення судин після інфекції. Підкреслювалося, що онкопациєнти, які вже отримують кардіотоксичну терапію, мають значно вищі шанси на погіршення стану. Імунологічні порушення проявлялись дисбалансом клітинної ланки імунітету зі зниженням CD4+/CD8+ індексу [35]. Ці зміни можуть пояснювати підвищену схильність до інфекційних ускладнень та знижену толерантність до протипухлинної терапії. Персистуюча імунна дисфункція створює додаткові виклики при плануванні та проведенні спеціального лікування онкологічних хворих.

Комплексний аналіз наукової літератури виявив широкий спектр поглядів на проблему постковідного синдрому в онкологічних хворих, від мінімальних проявів до значних мультисистемних порушень. Ця гетерогенність відображає складність патофізіологічних механізмів взаємодії між вірусною інфекцією, імунною відповіддю, онкологічним процесом та токсичністю протипухлинного лікування. Ключовим висновком є необхідність диференційованого підходу до стратифікації ризиків та індивідуалізації терапевтичних стратегій, що враховують не лише безпосередні клінічні прояви, але й довгострокові наслідки для якості життя та виживаності онкологічних пацієнтів у постпандемічному еру.

controls) in Scotland, showed an adjusted prevalence rate of post-COVID syndrome of only 6.6–10.4% in the general population [31]. This is 5–7 times lower than in the cancer patients of the current study. Although it is expected that cancer patients would have higher rates due to immunosuppression and overall vulnerability, such a large difference raises questions about possible overestimation of symptoms or the influence of the research methodology. F. Yang et al. (2020) studied the clinical characteristics of 52 cancer patients with COVID-19. It was found that 79% of patients had pneumonia, and over half developed complications from the heart, liver, or kidneys [32]. The mortality rate was 21.2%. A. Manzano et al. (2020) analyzed the clinical characteristics of cancer patients with COVID-19. In 71%, radiological lung damage was observed, and in 43%, oxygen saturation was below 95%. The highest risk of death was observed in patients with concurrent cardiovascular pathology [33].

M. Chua et al. (2021) studied the situation in patients with head and neck cancer during the COVID-19 pandemic. It was confirmed that these patients are particularly vulnerable to severe outcomes of the infection due to a combination of cancer pathology, age, harmful habits (especially smoking), and the presence of chronic cardiovascular and pulmonary diseases [34]. S. Rabadia et al. (2020) examined the long-term impact of COVID-19 on cardio-oncology patients. The authors noted an increased risk of fibrosis, hyperlipidemia, and vascular inflammation following the infection. It was emphasized that cancer patients who are already undergoing cardiotoxic therapy are at significantly higher risk of deterioration. Immunological disturbances were manifested as a cell-mediated immunity imbalance with a reduction in the CD4+/CD8+ ratio [35]. These changes may explain the increased susceptibility to infectious complications and decreased tolerance to antitumor therapy. Persistent immune dysfunction creates additional challenges when planning and administering special treatments for cancer patients.

A comprehensive analysis of the scientific literature revealed a wide range of perspectives on the issue of post-COVID syndrome in cancer patients, ranging from minimal manifestations to significant multisystemic disturbances. This heterogeneity reflects the complexity of the pathophysiological mechanisms underlying the interaction between viral infection, immune response, cancer processes, and the toxicity of antitumor treatment. The key conclusion is the need for a differentiated approach to risk stratification and the individualization of therapeutic strategies, taking into account not only the immediate clinical manifestations but also the long-term consequences for the quality of life and survival of cancer patients in the post-pandemic era.

ВИСНОВКИ

Комплексне клініко-лабораторне та інструментальне дослідження дозволило встановити особли-

CONCLUSIONS

A comprehensive clinical, laboratory, and instrumental study allowed us to identify the features of post-

вості перебігу постковідного синдрому в онкологічних хворих і його вплив на толерантність до протипухлинної терапії. Персистуючі мультисистемні порушення упродовж 4 тижнів – 12 місяців після перенесеного COVID-19 виявлено у 49,2% пацієнтів. Частота респіраторних симптомів (задишка, кашель, біль у грудній клітці) та електрофізіологічних відхилень серця перевищувала показники контрольної групи. Ішемічні зміни сегмента ST реєструвалися у 15 (22,4%) пацієнтів проти 6 (9,5%) у контролі – різниця на статистично значущому рівні ($\chi^2 = 4,066$; $df = 1$; $p = 0,044$). Частота ускладнень протипухлинної терапії була вищою у пацієнтів з постковідним синдромом (26,8% проти 12,7; $\chi^2 = 4,229$; $df = 1$; $p = 0,040$), що свідчить про зниження функціональних резервів і підвищену чутливість тканин до цитотоксичного впливу.

Інструментальні дослідження підтвердили домінування структурних і функціональних порушень дихальної системи. За даними КТ органів грудної клітки, симптом «матового скла» виявлено у 48 (71,6%) пацієнтів основної групи проти 12 (19,0%) у контролі ($\chi^2 = 10,884$; $df = 1$; $p < 0,01$); ретикулярний патерн – у 41,8% проти 9,5 ($\chi^2 = 9,302$; $df = 1$; $p < 0,01$). Динаміка спірографічних даних засвідчила зростання частоти рестриктивних порушень з 22,4 до 35,8% після лікування ($\chi^2 = 6,013$; $df = 1$; $p = 0,014$). Рентгенологічно встановлено збільшення інтерстиціально-фібротичних змін ($\chi^2 = 5,476$; $df = 1$; $p = 0,019$) та потовщення плеври ($\chi^2 = 4,671$; $df = 1$; $p = 0,031$). Електрокардіографічні показники виявили поглиблення депресії сегмента ST (з $2,4 \pm 0,3$ до $3,6 \pm 0,5$ мм; $\chi^2 = 8,741$; $df = 1$; $p < 0,01$) та збільшення частоти аритмій ($\chi^2 = 3,982$; $df = 1$; $p = 0,046$), що відображало зниження кардіорезерву після SARS-CoV-2. Ехокардіографія не виявила міокардиту чи перикардиту, проте гіпертрофія лівого шлуночка реєструвалася у 24 (35,8%) пацієнтів і розцінювалася як фактор ризику порушення адаптації до кардіотоксичної терапії.

Лабораторні дослідження виявили ознаки стійкого запалення та гіперкоагуляції. У пацієнтів основної групи підвищені показники фібриногену ($4,2 \pm 0,3$ проти $3,4 \pm 0,2$ г/л; $\chi^2 = 5,134$; $df = 1$; $p = 0,023$), МНВ ($1,18 \pm 0,05$ проти $1,06 \pm 0,03$; $\chi^2 = 4,177$; $df = 1$; $p = 0,041$) та D-димеру (872 ± 124 проти 386 ± 68 нг/мл; $\chi^2 = 9,571$; $df = 1$; $p < 0,01$), що вказує на персистуючу активацію внутрішньосудинного згортання. Імунологічні показники характеризувалися зниженням CD3+ і CD4+ лімфоцитів ($\chi^2 = 5,782$; $df = 1$; $p = 0,016$), підвищенням CD16+56+ NK-клітин ($\chi^2 = 6,221$; $df = 1$; $p = 0,013$) та гіперпродукцією IgG ($\chi^2 = 4,756$; $df = 1$; $p = 0,029$). Фагоцитарна активність була знижена ($\chi^2 = 5,661$; $df = 1$; $p = 0,017$), що вказує на пригнічення неспецифічної резистентності. Гематологічно після лікування відзначено більш виражену анемію (Hb $108 \pm 4,8$ проти $118 \pm 4,2$ г/л; $\chi^2 = 4,215$; $df = 1$; $p = 0,040$), тромбоцитопенію (152 ± 14 проти $198 \pm 16 \times 10^9$ /л; $\chi^2 = 6,215$; $df = 1$; $p = 0,013$) та лейкопенію ($4,2 \pm 0,4$ проти $5,6 \pm 0,5 \times 10^9$ /л; $\chi^2 = 5,871$; $df = 1$; $p = 0,015$), що свідчило про знижену толерантність системи кровотворення до мієлосупресивної дії лікування.

Таким чином, перенесений COVID-19 асоціюється на статистично значущому рівні з вищою частотою кардіореспіраторних, гематологічних та імунних порушень, які знижують толерантність до спеціального лікування онкологічних пацієнтів. Результати дослідження підтверджують необхідність впровадження

COVID syndrome in cancer patients and its impact on tolerance to anticancer therapy. Persistent multisystem disorders over 4 weeks to 12 months after COVID-19 were found in 49.2% of patients. The frequency of respiratory symptoms (dyspnea, cough, chest pain) and electrophysiological heart deviations exceeded the values in the control group. Ischemic changes in the ST segment were recorded in 15 (22.4%) patients versus 6 (9.5%) in the control group – this difference was statistically significant ($\chi^2 = 4.066$; $df = 1$; $p = 0.044$). The frequency of complications related to antitumor therapy was higher in patients with post-COVID syndrome (26.8% vs. 12.7; $\chi^2 = 4.229$; $df = 1$; $p = 0.040$), indicating decreased functional reserves and increased tissue sensitivity to cytotoxic effects.

Instrumental studies confirmed the dominance of structural and functional disorders of the respiratory system. According to chest CT data, the «ground-glass opacity» was found in 48 (71.6%) patients in the main group versus 12 (19.0%) in the control group ($\chi^2 = 10.884$; $df = 1$; $p < 0.01$); the reticular pattern was found in 41.8% versus 9.5 ($\chi^2 = 9.302$; $df = 1$; $p < 0.01$). Spirometry test data showed an increase in the frequency of restrictive disorders from 22.4 to 35.8% after treatment ($\chi^2 = 6.013$; $df = 1$; $p = 0.014$). Radiologically, there was an increase in interstitial-fibrotic changes ($\chi^2 = 5.476$; $df = 1$; $p = 0.019$) and pleural thickening ($\chi^2 = 4.671$; $df = 1$; $p = 0.031$). Electrocardiographic findings revealed a deepening of ST segment depression (from 2.4 ± 0.3 to 3.6 ± 0.5 mm; $\chi^2 = 8.741$; $df = 1$; $p < 0.01$) and an increase in the frequency of arrhythmias ($\chi^2 = 3.982$; $df = 1$; $p = 0.046$), reflecting a decrease in cardiac reserve after SARS-CoV-2. Echocardiography did not reveal myocarditis or pericarditis, but left ventricular hypertrophy was registered in 24 (35.8%) patients, considered a risk factor for impaired adaptation to cardiotoxic therapy.

Laboratory studies revealed signs of persistent inflammation and hypercoagulation. In patients from the main group, elevated levels of fibrinogen (4.2 ± 0.3 vs. 3.4 ± 0.2 g/L; $\chi^2 = 5.134$; $df = 1$; $p = 0.023$), INR (1.18 ± 0.05 vs. 1.06 ± 0.03 ; $\chi^2 = 4.177$; $df = 1$; $p = 0.041$), and D-dimer (872 ± 124 vs. 386 ± 68 ng/ml; $\chi^2 = 9.571$; $df = 1$; $p < 0.01$) were found, indicating persistent activation of intravascular coagulation. Immunological indicators showed a decrease in CD3+ and CD4+ lymphocytes ($\chi^2 = 5.782$; $df = 1$; $p = 0.016$), an increase in CD16+56+ NK cells ($\chi^2 = 6.221$; $df = 1$; $p = 0.013$), and hyperproduction of IgG ($\chi^2 = 4.756$; $df = 1$; $p = 0.029$). Phagocytic activity was reduced ($\chi^2 = 5.661$; $df = 1$; $p = 0.017$), indicating suppression of nonspecific resistance. Hematologically, after treatment, there was more pronounced anemia (Hb 108 ± 4.8 vs. 118 ± 4.2 g/L; $\chi^2 = 4.215$; $df = 1$; $p = 0.040$), thrombocytopenia (152 ± 14 vs. $198 \pm 16 \times 10^9$ /L; $\chi^2 = 6.215$; $df = 1$; $p = 0.013$), and leukopenia (4.2 ± 0.4 vs. $5.6 \pm 0.5 \times 10^9$ /L; $\chi^2 = 5.871$; $df = 1$; $p = 0.015$), indicating reduced tolerance of the hematopoietic system to the myelosuppressive effects of treatment.

Thus, COVID-19 is statistically significantly associated with a higher frequency of cardiorespiratory, hematological, and immunological disorders, which reduce tolerance to special treatments for cancer patients. The study results confirm the need for the implementation of personalized monitoring protocols and early correction of detected abnormalities, as well as the development of preventive approaches to reduce cardiopulmo-

персоналізованих протоколів моніторингу та ранньої корекції виявлених відхилень, а також розробки профілактичних підходів до зменшення кардіо- та пульмотоксичності у пацієнтів з постковідним синдромом. Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення молекулярних механізмів взаємного потенціювання постковідних змін і цитотоксичної терапії для створення таргетних засобів захисту органів-мішеней.

nary toxicity in patients with post-COVID syndrome. Further research should focus on studying the molecular mechanisms of the mutual potentiation of post-COVID changes and cytotoxic therapy to create targeted agents to protect target organs.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

REFERENCES

1. Chekhun V.F., Domina E.A. Can SARS-CoV-2 change individual radiation sensitivity of the patients recovered from COVID-19? (experimental and theoretical background). *Experimental Oncology*. 2021. Vol. 43, № 3. P. 277–280. DOI: <https://doi.org/10.32471/exp-oncology.2312-8852.vol-43-no-3.16554>
2. Кулінич Г.В., Спужак Р.М., Насонова А.М., Черкасько Л.В., Москаленко М.В., Орловська Є.Б. Рентгенологічна діагностика пневмоній в онкологічних хворих під час пандемії COVID-19. Випадок із практики. *Український радіологічний та онкологічний журнал*. 2020. Т. 28, № 4. С. 403–412. DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.4.2020.403-412>
3. Kuzyk Y., Semko M., Dankovych R. Features of ultrastructural changes in the lungs in severe course of COVID-19 infection. *Eastern Ukrainian Medical Journal*. 2024. Vol. 12, № 4. P. 928–936. DOI: [https://doi.org/10.21272/eumj.2024;12\(4\):928-936](https://doi.org/10.21272/eumj.2024;12(4):928-936)
4. Lukashova O.P., Hradil H.I., Starenkyi V.P., Nasonova A.M., Zakrutko A.O., Teslenko I.M. The morphofunctional state of the hematoalveolar barrier of the lungs in COVID-19 patients compared to pandemic influenza. *Ukrainian Journal of Radiology and Oncology*. 2024. Vol. 32, № 2. P. 199–215. DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.2.2024.199-215>
5. Konopkina L., Botvinkova L., Bielosludtseva K., Shchudro O. Ventilation function of the lungs in patients after pneumonia associated with coronavirus disease (COVID-19): diagnostic significance of indicators. *Medicini Perspektivi*. 2022. Vol. 27, № 2. P. 51–57. DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2022.2.260220>
6. Yakovenko O., Griff S., Hoffmann S., Khanin O., Khodosh E., Dziublyk Y. Pathomorphological changes in the lungs in severe COVID-19. *Emergency Medicine*. 2023. Vol. 19, № 4. P. 261–268. DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.19.4.2023.1594>
7. Kuderer N.M., Choueiri T.K., Shah D.P., Shyr Y., Rubinstein S.M., Rivera D.R., et al. Clinical impact of COVID-19 on patients with cancer (CCC19): a cohort study. *Lancet* (London, England). 2020. Vol. 395, № 10241. P. 1907–1918. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31187-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31187-9)
8. Yang K., Sheng Y., Huang C., Jin Y., Xiong N., Jiang K., et al. Clinical characteristics, outcomes, and risk factors for mortality in patients with cancer and COVID-19 in Hubei, China: a multicentre, retrospective, cohort study. *The Lancet Oncology*. 2020. Vol. 21, № 7. P. 904–913. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(20\)30310-7](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(20)30310-7)
9. Xie Y., Xu E., Bowe B., Al-Aly Z. Long-term cardiovascular outcomes of COVID-19. *Nature Medicine*. 2022. Vol. 28, № 3. P. 583–590. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01689-3>
10. Nishiga M., Wang D.W., Han Y., Lewis D.B., Wu J.C. COVID-19 and cardiovascular disease: from basic mechanisms to clinical perspectives. *Nature Reviews Cardiology*. 2020. Vol. 17, № 9. P. 543–558. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41569-020-0413-9>
11. Lozahic C., Maddock H., Sandhu H. Anti-cancer therapy leads to increased cardiovascular susceptibility to COVID-19. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2021. Vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.634291>
12. World Medical Association. Declaration of Helsinki – Ethical principles for medical research involving human subjects. 1964. URL: <https://www.wma.net/what-we-do/medical-ethics/declaration-of-helsinki/>
13. World Health Organization. *International statistical classification of diseases and related health problems* (10th revision, Volume 2). 2016. URL: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/246208/9789241549165-V2-eng.pdf>
14. Pinato D.J., Tabernero J., Bower M., Scotti L., Patella M., Colomba E., et al. Prevalence and impact of COVID-19 sequelae on treatment and survival of patients with cancer who recovered from SARS-CoV-2 infection: evidence from the OnCovid retrospective, multicentre registry study. *The Lancet Oncology*. 2021. Vol. 22, № 12. P. 1669–1680. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(21\)00573-8](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(21)00573-8)
15. Raveendran A.V., Jayadevan R., Sashidharan S. Long COVID: An overview. *Diabetes & Metabolic Syndrome*. 2021. Vol. 15, № 3. P. 869–875. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2021.04.007>
16. Xu H., Lu T., Liu Y., Yang J., Ren S., Han B., et al. Prevalence and risk factors for long COVID among cancer patients: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Oncology*. 2025. Vol. 14. DOI: <https://doi.org/10.3389/fonc.2024.1506366>
1. Chekhun VF, Domina EA. Can SARS-CoV-2 change individual radiation sensitivity of the patients recovered from COVID-19? (experimental and theoretical background). *Experimental Oncology*. 2021;43(3):277–80. DOI: <https://doi.org/10.32471/exp-oncology.2312-8852.vol-43-no-3.16554>
2. Kulnich HV, Spuziak RM, Nasonova AM, Cherkasko LV, Moskalenko MV, Orlovska YeB. Radiological diagnosis of pneumonia in cancer patients during the COVID-19 pandemic: a case report. *Ukrainian Radiological and Oncological Journal*. 2020;28(4):403–12. (in Ukrainian). DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.4.2020.403-412>
3. Kuzyk Y, Semko M, Dankovych R. Features of ultrastructural changes in the lungs in severe course of COVID-19 infection. *Eastern Ukrainian Medical Journal*. 2024;12(4):928–936. DOI: [https://doi.org/10.21272/eumj.2024;12\(4\):928-936](https://doi.org/10.21272/eumj.2024;12(4):928-936)
4. Lukashova OP, Hradil HI, Starenkyi VP, Nasonova AM, Zakrutko AO, Teslenko IM. The morphofunctional state of the hematoalveolar barrier of the lungs in COVID-19 patients compared to pandemic influenza. *Ukrainian Journal of Radiology and Oncology*. 2024;32(2):199–215. (in Ukrainian). DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.2.2024.199-215>
5. Konopkina L, Botvinkova L, Bielosludtseva K, Shchudro O. Ventilation function of the lungs in patients after pneumonia associated with coronavirus disease (COVID-19): diagnostic significance of indicators. *Medicini Perspektivi*. 2022;27(2):51–7. (in Ukrainian). DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2022.2.260220>
6. Yakovenko O, Griff S, Hoffmann S, Khanin O, Khodosh E, Dziublyk Y. Pathomorphological changes in the lungs in severe COVID-19. *Emergency Medicine*. 2023;19(4):261–8. DOI: <https://doi.org/10.22141/2224-0586.19.4.2023.1594>
7. Kuderer NM, Choueiri TK, Shah DP, Shyr Y, Rubinstein SM, Rivera DR, et al. Clinical impact of COVID-19 on patients with cancer (CCC19): a cohort study. *The Lancet*. 2020;395(10241):1907–18. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31187-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31187-9)
8. Yang K, Sheng Y, Huang C, Jin Y, Xiong N, Jiang K, et al. Clinical characteristics, outcomes, and risk factors for mortality in patients with cancer and COVID-19 in Hubei, China: a multicentre, retrospective, cohort study. *The Lancet Oncology*. 2020;21(7):904–13. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(20\)30310-7](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(20)30310-7)
9. Xie Y, Xu E, Bowe B, Al-Aly Z. Long-term cardiovascular outcomes of COVID-19. *Nature Medicine*. 2022;28(3):583–90. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01689-3>
10. Nishiga M, Wang DW, Han Y, Lewis DB, Wu JC. COVID-19 and cardiovascular disease: from basic mechanisms to clinical perspectives. *Nature Reviews Cardiology*. 2020;17(9):543–58. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41569-020-0413-9>
11. Lozahic C, Maddock H, Sandhu H. Anti-cancer therapy leads to increased cardiovascular susceptibility to COVID-19. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2021;8:634291. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.634291>
12. World Medical Association. Declaration of Helsinki – ethical principles for medical research involving human subjects. 1964. URL: <https://www.wma.net/what-we-do/medical-ethics/declaration-of-helsinki/>
13. World Health Organization. *International statistical classification of diseases and related health problems* (10th revision, Volume 2). 2016. URL: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/246208/9789241549165-V2-eng.pdf>
14. Pinato DJ, Tabernero J, Bower M, Scotti L, Patella M, Colomba E, et al. Prevalence and impact of COVID-19 sequelae on treatment and survival of patients with cancer who recovered from SARS-CoV-2 infection: evidence from the OnCovid retrospective, multicentre registry study. *The Lancet Oncology*. 2021;22(12):1669–80. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(21\)00573-8](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(21)00573-8)
15. Raveendran AV, Jayadevan R, Sashidharan S. Long COVID: an overview. *Diabetes & Metabolic Syndrome*. 2021;15(3):869–75. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2021.04.007>
16. Xu H, Lu T, Liu Y, Yang J, Ren S, Han B, et al. Prevalence and risk factors for long COVID among cancer patients: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Oncology*. 2025;14:1506366. DOI: <https://doi.org/10.3389/fonc.2024.1506366>

17. Garrigues E., Janvier P., Kherabi Y., Le Bot A., Hamon A., Gouze H., et al. Post-discharge persistent symptoms and health-related quality of life after hospitalization for COVID-19. *The Journal of Infection*. 2020. Vol. 81, № 6. P. e4–e6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.08.029>
18. Arnold D.T., Hamilton F.W., Milne A., Morley A.J., Viner J., Attwood M., et al. Patient outcomes after hospitalisation with COVID-19 and implications for follow-up: results from a prospective UK cohort. *Thorax*. 2021. Vol. 76, № 4. P. 399–401. DOI: <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2020-216086>
19. Antoniou K.M., Vasarmidi E., Russell A.M., Andrejak C., Crestani B., Delcroix M., et al. European Respiratory Society statement on long COVID follow-up. *The European Respiratory Journal*. 2022. Vol. 60, № 2. P. 2102174. DOI: <https://doi.org/10.1183/13993003.02174-2021>
20. Lee J.H., Yim J.J., Park J. Pulmonary function and chest computed tomography abnormalities 6–12 months after recovery from COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Respiratory Research*. 2022. Vol. 23, № 1. P. 233. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12931-022-02163-x>
21. Chen C., Hauptert S.R., Zimmermann L., Shi X., Fritsche L.G., Mukherjee B. Global prevalence of post-coronavirus disease 2019 (COVID-19) condition or long COVID: a meta-analysis and systematic review. *The Journal of Infectious Diseases*. 2022. Vol. 226, № 9. P. 1593–1607. DOI: <https://doi.org/10.1093/infdis/jiac136>
22. Szekely Y., Lichter Y., Taieb P., Banai A., Hochstadt A., Merdler I., et al. Spectrum of cardiac manifestations in COVID-19: a systematic echocardiographic study. *Circulation*. 2020. Vol. 142, № 4. P. 342–353. DOI: <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.047971>
23. He X.W., Lai J.S., Cheng J., Wang M.W., Liu Y.J., Xiao Z.C., et al. Impact of complicated myocardial injury on the clinical outcome of severe or critically ill COVID-19 patients. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi*. 2020. Vol. 48, № 6. P. 456–460. DOI: <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112148-20200228-00137>
24. Jee J., Foote M.B., Lumish M., Stonestrom A.J., Wills B., Narendra V., et al. Chemotherapy and COVID-19 outcomes in patients with cancer. *Journal of Clinical Oncology: Official Journal of the American Society of Clinical Oncology*. 2020. Vol. 38, № 30. P. 3538–3546. DOI: <https://doi.org/10.1200/JCO.20.01307>
25. Lee L.Y., Cazier J.B., Angelis V., Arnold R., Bisht V., Campton N.A., et al. COVID-19 mortality in patients with cancer on chemotherapy or other anticancer treatments: a prospective cohort study. *Lancet* (London, England). 2020. Vol. 395, № 10241. P. 1919–1926. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31173-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31173-9)
26. Klok F.A., Kruip M.J.H.A., van der Meer N.J.M., Arbous M.S., Gommers D.A.M.P.J., Kant K.M., et al. Incidence of thrombotic complications in critically ill ICU patients with COVID-19. *Thrombosis Research*. 2020. Vol. 191. P. 145–147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.thromres.2020.04.013>
27. Tang N., Bai H., Chen X., Gong J., Li D., Sun Z. Anticoagulant treatment is associated with decreased mortality in severe coronavirus disease 2019 patients with coagulopathy. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*. 2020. Vol. 18, № 5. P. 1094–1099. DOI: <https://doi.org/10.1111/jth.14817>
28. Townsend L., Fogarty H., Dyer A., Martin-Loeches I., Bannan C., Nadarajan P., et al. Prolonged elevation of D-dimer levels in convalescent COVID-19 patients is independent of the acute phase response. *Journal of Thrombosis and Haemostasis* (JTH). 2021. Vol. 19, № 4. P. 1064–1070. DOI: <https://doi.org/10.1111/jth.15267>
29. Martini K., Larici A.R., Revel M.P., Ghaye B., Sverzellati N., Parkar A.P., et al. COVID-19 pneumonia imaging follow-up: when and how? A proposition from ESTI and ESR. *European Radiology*. 2022. Vol. 32, № 4. P. 2639–2649. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00330-021-08317-7>
30. Lv F., Zheng Y., Xiao K., Liu M. A prospective cohort study on radiological and physiological outcomes of recovered COVID-19 patients 6 months after discharge. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*. 2021. Vol. 11, № 9. P. 4181–4192. DOI: <https://doi.org/10.21037/qims-20-1294>
31. Hastie C.E., Lowe D.J., McAuley A., Mills N.L., Winter A.J., Black C., et al. True prevalence of long-COVID in a nationwide, population cohort study. *Nature Communications*. 2023. Vol. 14, № 1. P. 7892. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-43661-w>
32. Yang F., Shi J., Shi S., Zhu J., Dai K., Chen X. Clinical characteristics and outcomes of cancer patients with COVID-19. *Journal of Medical Virology*. 2020. Vol. 92. P. 2067–2073. DOI: <https://doi.org/10.1002/jmv.25972>
33. Fuentes Antras J., Manzano A., Marquina Ospina G., Paz M., Benitez J., Tejerina-Peces J., et al. 1739P Clinical features and prognostic factors on admission of a prospective cohort of COVID-19 positive cancer patients in a third-level hospital in Madrid, Spain. *Annals of Oncology*. 2020. T. 31. P. S1017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.annonc.2020.08.1803>
34. Psyrrri A., Mehanna H., Economopoulou P., Porceddu S., Waldron J., Wen Ong E. H., et al. 929TIP HERODOTUS: Head and neck cancers international COVID-19 collaboration: an international registry on head and neck cancer with COVID-19. *Annals of Oncology*. 2021. Vol. 32. P. S815. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.annonc.2021.08.1339>
35. Rabadia S., Yang E., Asokan I. The COVID-19 pandemic and its impact on the cardio-oncology population. *Current Oncology Reports*. 2020. Vol. 22. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11912-020-00945-4>
17. Garrigues E., Janvier P., Kherabi Y., Le Bot A., Hamon A., Gouze H., et al. Post-discharge persistent symptoms and health-related quality of life after hospitalization for COVID-19. *The Journal of Infection*. 2020;81(6):e4–6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.08.029>
18. Arnold DT, Hamilton FW, Milne A, Morley AJ, Viner J, Attwood M, et al. Patient outcomes after hospitalisation with COVID-19 and implications for follow-up: results from a prospective UK cohort. *Thorax*. 2021;76(4):399–401. DOI: <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2020-216086>
19. Antoniou KM, Vasarmidi E, Russell AM, Andrejak C, Crestani B, Delcroix M, et al. European Respiratory Society statement on long COVID follow-up. *The European Respiratory Journal*. 2022;60(2):2102174. DOI: <https://doi.org/10.1183/13993003.02174-2021>
20. Lee JH, Yim JJ, Park J. Pulmonary function and chest computed tomography abnormalities 6–12 months after recovery from COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Respiratory Research*. 2022;23(1):233. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12931-022-02163-x>
21. Chen C, Hauptert SR, Zimmermann L, Shi X, Fritsche LG, Mukherjee B. Global prevalence of post-coronavirus disease 2019 (COVID-19) condition or long COVID: a meta-analysis and systematic review. *The Journal of Infectious Diseases*. 2022;226(9):1593–607. DOI: <https://doi.org/10.1093/infdis/jiac136>
22. Szekely Y, Lichter Y, Taieb P, Banai A, Hochstadt A, Merdler I, et al. Spectrum of cardiac manifestations in COVID-19: a systematic echocardiographic study. *Circulation*. 2020;142(4):342–53. DOI: <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.047971>
23. He XW, Lai JS, Cheng J, Wang MW, Liu YJ, Xiao ZC, et al. Impact of complicated myocardial injury on the clinical outcome of severe or critically ill COVID-19 patients. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi*. 2020;48(6):456–60. DOI: <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112148-20200228-00137>
24. Jee J, Foote MB, Lumish M, Stonestrom AJ, Wills B, Narendra V, et al. Chemotherapy and COVID-19 outcomes in patients with cancer. *Journal of Clinical Oncology: Official Journal of the American Society of Clinical Oncology*. 2020;38(30):3538–46. DOI: <https://doi.org/10.1200/JCO.20.01307>
25. Lee LY, Cazier JB, Angelis V, Arnold R, Bisht V, Campton NA, et al. COVID-19 mortality in patients with cancer on chemotherapy or other anticancer treatments: a prospective cohort study. *The Lancet*. 2020;395(10241):1919–26. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31173-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31173-9)
26. Klok FA, Kruip MJHA, van der Meer NJM, Arbous MS, Gommers DAMPJ, Kant KM, et al. Incidence of thrombotic complications in critically ill ICU patients with COVID-19. *Thrombosis Research*. 2020;191:145–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.thromres.2020.04.013>
27. Tang N, Bai H, Chen X, Gong J, Li D, Sun Z. Anticoagulant treatment is associated with decreased mortality in severe coronavirus disease 2019 patients with coagulopathy. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*. 2020;18(5):1094–9. DOI: <https://doi.org/10.1111/jth.14817>
28. Townsend L, Fogarty H, Dyer A, Martin-Loeches I, Bannan C, Nadarajan P, et al. Prolonged elevation of D-dimer levels in convalescent COVID-19 patients is independent of the acute phase response. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*. 2021;19(4):1064–70. DOI: <https://doi.org/10.1111/jth.15267>
29. Martini K, Larici AR, Revel MP, Ghaye B, Sverzellati N, Parkar AP, et al. COVID-19 pneumonia imaging follow-up: when and how? A proposition from ESTI and ESR. *European Radiology*. 2022;32(4):2639–49. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00330-021-08317-7>
30. Lv F, Zheng Y, Xiao K, Liu M. A prospective cohort study on radiological and physiological outcomes of recovered COVID-19 patients 6 months after discharge. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*. 2021;11(9):4181–92. DOI: <https://doi.org/10.21037/qims-20-1294>
31. Hastie CE, Lowe DJ, McAuley A, Mills NL, Winter AJ, Black C, et al. True prevalence of long-COVID in a nationwide, population cohort study. *Nature Communications*. 2023;14(1):7892. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-43661-w>
32. Yang F, Shi J, Shi S, Zhu J, Dai K, Chen X. Clinical characteristics and outcomes of cancer patients with COVID-19. *Journal of Medical Virology*. 2020;92:2067–73. DOI: <https://doi.org/10.1002/jmv.25972>
33. Fuentes Antras J, Manzano A, Marquina Ospina G, Paz M, Benitez J, Tejerina-Peces J, et al. 1739P clinical features and prognostic factors on admission of a prospective cohort of COVID-19 positive cancer patients in a third-level hospital in Madrid, Spain. *Annals of Oncology*. 2020;31:S1017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.annonc.2020.08.1803>
34. Psyrrri A, Mehanna H, Economopoulou P, Porceddu S, Waldron J, Wen Ong EH, et al. 929TIP HERODOTUS: head and neck cancers international COVID-19 collaboration: an international registry on head and neck cancer with COVID-19. *Annals of Oncology*. 2021;32:S815. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.annonc.2021.08.1339>
35. Rabadia S, Yang E, Asokan I. The COVID-19 pandemic and its impact on the cardio-oncology population. *Current Oncology Reports*. 2020;22. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11912-020-00945-4>

Перспективи подальших досліджень

Prospects for further research

Отримані результати свідчать про необхідність продовження досліджень у кількох напрямках. Доцільним є розширення вибірки та збільшення періоду спостереження для більш детального вивчення зв'язку виникнення пухлин на тлі постковідного синдрому. Перспективним напрямком подальших досліджень є вивчення молекулярних механізмів взаємного потенціювання постковідних змін та кардіопульмотоксичності протипухлинного лікування з розробкою таргетних профілактичних стратегій.

The obtained results indicate the need for continued research in several directions. It is advisable to expand the sample size and increase the observation period to study in more detail the relationship between the development of tumors against the backdrop of post-COVID syndrome. A promising direction for future research is the exploration of the molecular mechanisms underlying the mutual potentiation of post-COVID changes and the cardiopulmonary toxicity of anticancer treatment, with the aim of developing targeted preventive strategies.

Конфлікт інтересів

Conflict of interest

Автори рукопису свідомо засвідчують відсутність фактичного або потенційного конфлікту інтересів щодо результатів цієї роботи з фармацевтичними компаніями, виробниками біомедичних пристроїв, іншими організаціями, чії продукти, послуги, фінансова підтримка можуть бути пов'язані з предметом наданих матеріалів або які спонсорували проведені дослідження.

The authors of the manuscript consciously declare the absence of any actual or potential conflicts of interest regarding the results of this work with pharmaceutical companies, biomedical device manufacturers, other organizations whose products, services, or financial support may be related to the subject of the provided materials or that sponsored the conducted research.

Дотримання етичних норм

Ethics statement

Автори рукопису свідомо засвідчують, що дослідження проводилось з використанням даних первинної медичної документації та включало клінічні спостереження за пацієнтами. Дослідження проведено відповідно до етичних стандартів Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини, директиви Європейського товариства 86/609 про участь людей у медико-біологічних дослідженнях, а також наказу Міністерства охорони здоров'я України № 690 від 23.09.2009 р. Інформована згода на участь у дослідженні була отримана від усіх учасників після надання їм зрозумілої, повної та доступної інформації про мету, дизайн і методологію дослідження, його потенційні ризики, очікувані переваги та можливі альтернативи. Усі учасники підтвердили свою добровільну участь шляхом підписання документа про інформовану згоду. Дослідження схвалене Комітетом з питань біоетики та деонтології Державної установи «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України» (витяг з протоколу № 8 від 7.11.2024 р.).

The authors of the manuscript consciously confirm that the research was conducted using data from primary medical documentation and involved clinical observations of patients. The study was performed in accordance with the ethical standards of the Helsinki Declaration of the World Medical Association on ethical principles for medical research involving human subjects, the European Directive 86/609 on the participation of humans in biomedical research, as well as Order No. 690 of the Ministry of Health of Ukraine, dated 23.09.2009. Informed consent to participate in the study was obtained from all participants after providing them with clear, complete, and accessible information regarding the purpose, design, and methodology of the study, its potential risks, expected benefits, and possible alternatives. All participants confirmed their voluntary participation by signing the informed consent document. The study was approved by the Bioethics and Deontology Committee of the State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine» (excerpt from Protocol No. 8 dated 07.11.2024).

Використання штучного інтелекту

Use of artificial intelligence

Автори рукопису свідомо засвідчують, що у процесі проведення дослідження та підготовки цього рукопису не використовували жодних інструментів або сервісів генеративного штучного інтелекту для виконання будь-яких завдань, перелічених у Таксономії делегування завдань генеративному штучному інтелекту (GAIDeT, 2025 р.). Усі етапи роботи – від концептуалізації до фінального редагування – виконані без залучення генеративного штучного інтелекту, виключно авторами.

The authors of the manuscript consciously confirm that no tools or services of generative artificial intelligence were used during the conduct of the study or the preparation of this manuscript for performing any tasks listed in the Taxonomy of Task Delegation to Generative Artificial Intelligence (GAIDeT, 2025). All stages of the work – from conceptualization to final editing – were carried out without the involvement of generative artificial intelligence, exclusively by the authors.

Первинні дані та матеріали

Data availability statement

Автори рукопису свідомо засвідчують, що у роботі використано результати власних клінічних досліджень, що були систематизовані та проаналізовані авторами. Первинні дані містять узагальнені показники пацієнтів, лабораторні результати, протоколи та отримані кількісні характеристики. Всі матеріали збережені в архіві дослідницької групи та можуть бути надані за обґрунтованим запитом до автора-кореспондента, з урахуванням вимог конфіденційності та етичних норм.

The authors of the manuscript consciously confirm that the work utilizes the results of their own clinical research, which were systematized and analyzed by the authors. The primary data includes aggregated patient indicators, laboratory results, protocols, and obtained quantitative characteristics. All materials are stored in the research group's archive and may be provided upon justified request to the corresponding author, in compliance with confidentiality requirements and ethical standards.

Інформація про фінансування

Funding information

Фінансування видатками Державного бюджету України.

Financed by the state budget of Ukraine.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Гавриленко Микита Вадимович – асистент кафедри онкології, радіології та радіаційної медицини Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України; майдан Свободи, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;

e-mail: neverminder42@gmail.com
моб.: +38 (093) 744-64-36

Внесок автора: збір та аналіз та інтерпретація отриманих даних, формулювання мети роботи, написання розділів статті.

Артюх Сергій Володимирович – кандидат медичних наук, лікар відділення променевої терапії Державної установи «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України»; вул. Григорія Сковороди, буд. 82, м. Харків, Україна, 61024;

e-mail: artukhsergii@ukr.net
моб.: +38 (067) 937-59-89

Внесок автора: підбір літературних джерел за темою роботи, участь у проведенні радіологічних досліджень, редагування статті, формулювання висновків.

Насонова Алла Миколаївна – кандидат медичних наук, завідувачка відділенням гематології та хіміотерапії Державної установи «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України»; вул. Григорія Сковороди, буд. 82, м. Харків, Україна, 61024;

e-mail: nasonaln@gmail.com
моб.: +38 (067) 506-15-48

Внесок автора: аналіз літературних джерел за темою роботи, участь у проведенні клінічних досліджень, редагування статті.

Сорочан Павло Павлович – кандидат медичних наук, завідувач лабораторії імунології Державної установи «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України»; вул. Григорія Сковороди, буд. 82, м. Харків, Україна, 61024;

e-mail: pavsoro@gmail.com
моб.: +38 (067) 280-28-03

Внесок автора: аналіз літературних джерел за темою роботи, проведення імунологічних досліджень, проведення аналізу отриманих даних, написання розділів статті.

Спузяк Роман Михайлович – кандидат медичних наук, доцент кафедри радіології та радіаційної медицини Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; просп. Науки, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;

e-mail: spu-roman212@ukr.net
моб.: +38 (050) 936-50-52

Внесок автора: аналіз отриманих даних, написання розділів статті, проведення радіологічних досліджень, редагування статті.

Мельник Богдан Ігорович – асистент кафедри радіології та радіаційної медицини Харківського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України; просп. Науки, буд. 4, м. Харків, Україна, 61022;

e-mail: bi.melnyk@knmu.edu.ua
моб.: +38 (050) 593-74-39.

Внесок автора: аналіз отриманих даних, проведення радіологічних досліджень, написання розділів статті.

Havrylenko Mykyta Vadymovych – Assistant Professor of the Department of Oncology, Radiology and Radiation Medicine of the V.N. Karazin Kharkiv National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine; 4 Svobody Sq., Kharkiv, Ukraine, 61022;

e-mail: neverminder42@gmail.com
tel.: +38 (093) 744-64-36

Author's contribution: collection, analysis, and interpretation of the obtained data, formulation of the objective of the work, writing the sections of the article.

Artiukh Serhii Volodymyrovych – Candidate of Medical Sciences, Physician at the Department of Radiation Therapy of the State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»; 82 Hryhoriia Skovorody, Kharkiv, Ukraine, 61024;

e-mail: artiukhsergii@ukr.net
tel.: +38 (067) 937-59-89

Author's contribution: selection of literature sources on the topic of the work, participation in conducting radiological studies, editing the article, formulation of conclusions.

Nasonova Alla Mykolaivna – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Hematology and Chemotherapy of the State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»; 82 Hryhoriia Skovorody, Kharkiv, Ukraine, 61024;

e-mail: nasonaln@gmail.com
tel.: +38 (067) 506-15-48

Author's contribution: analysis of literature sources on the topic of the work, participation in conducting clinical studies, editing the article.

Sorochan Pavlo Pavlovych – Candidate of Medical Sciences, Head of the Immunology Laboratory of the State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»; 82 Hryhoriia Skovorody, Kharkiv, Ukraine, 61024;

e-mail: pavsoro@gmail.com
tel.: +38 (067) 280-28-03

Author's contribution: analysis of literature sources on the topic of the work, conducting immunological studies, analyzing the obtained data, writing the sections of the article.

Spuziak Roman Mykhailovych – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor at the Department of Radiology and Radiation Medicine of the Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 4 Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61022;

e-mail: spu-roman212@ukr.net
tel.: +38 (050) 936-50-52

Author's contribution: analysis of the obtained data, writing the sections of the article, conducting radiological studies, editing the article.

Melnyk Bohdan Ihorovych – Assistant at the Department of Radiology and Radiation Medicine of the Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine; 4 Nauky Ave., Kharkiv, Ukraine, 61022;

e-mail: bi.melnyk@knmu.edu.ua
tel.: +38 (050) 593-74-39.

Author's contribution: analysis of the obtained data, conducting radiological studies, writing the sections of the article.

Рукопис надійшов
Manuscript was received
14.06.2025

Отримано після рецензування
Received after review
12.08.2025

Прийнято до друку
Accepted for printing
10.09.2025

Опубліковано
Published
30.09.2025