ISSN 2304-8336. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології = Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2025. Вип. 30.

**УДК 616.12-009.72:616.127:578.834.1**

**Д. О. Білий✉, О. М. Настіна, Г. В. Сидоренко, Н. В. Курсіна, О. Д. Базика, О. С. Ковальов, В. В. Білая, Д. А. Базика**

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

# СТАН СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ В УЧАСНИКІВ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АВАРІЇ ПІСЛЯ ПЕРЕНЕСЕНОГО COVID-19

**Мета:** на основі порівняльного аналізу клінічного та структурно-функціонального стану серцево-судинної системи в учасників ліквідації наслідків аварії (УЛНА) на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС) та аварійно неопромінених осіб визначити зміни стану серцево-судинної системи, які можна пов'язати з перенесеним COVID-19 або наслідками опромінення, але не з природним прогресуванням серцево-судинних захворювань (ССЗ).

**Матеріали та методи.** Дослідження проведено у 135 пацієнтів чоловічої статі, включаючи 46 УЛНА та 21 неопромінений пацієнт (група порівняння – ГП), які у 2020–2022 роках хворіли на COVID-19 (групи УЛНА-С+ і ГП-С+ відповідно), і 47 УЛНА та 21 неопромінену особу без COVID-19 в анамнезі (групи УЛНА-С- і ГП-С- відповідно). Всі УЛНА та особи ГП були під тривалим наглядом і проходили регулярне обстеження та лікування з приводу ССЗ у відділенні кардіології ННЦРМГО в до- та післяковідний період. Під час обстеження хворих використовували загальноклінічні, лабораторні, статистичні методи та ехокардіографію і добове моніторування електрокардіограми.

**Результати.** За зіставний проміжок часу між обстеженнями в до- та післяковідний період в УЛНА та неопромінених осіб, незалежно від того, хворіли вони на COVID-19 або ні, спостерігалося погіршення стану серцево-судинної системи, котре полягало в появі нових випадків захворювання на гіпертонічну хворобу, ішемічну хворобу серця, серцеву недостатність, порушень ритму та провідності. Ехокардіографічні показники, які характеризують структурно-функціональний стан лівого шлуночка, не мали статистично достовірних змін як в кожній групі між двома обстеженнями в до- та післяковідний період, так і між різними групами.

**Висновки.** Відсутність достовірної різниці клінічного перебігу ССЗ та структурно-функціонального стану міокарда у пацієнтів, які перенесли COVID-19 і не хворіли на нього, більше свідчить про природне прогресування патології серцево-судинної системи. Гіпотетично можна припустити, що в осіб похилого віку (60–75 років), хто тривало хворів на ССЗ, радіаційний вплив у минулому і захворювання на COVID-19 легкого та середньо-тяжкого перебігу суттєво не впливають на стан серцево-судинної системи.

**Ключові слова:** учасники ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС; гіпертонічна хвороба; ішемічна хвороба серця; серцева недостатність; COVID-19; післяковідний період; ехокардіографія.

*Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2025. Вип. 30. С. 334–351. doi: 10.33145/2304-8336-2025-30-334-351*

✉ Білий Давид Олександрович, *e-mail: dbelyi_2000@yahoo.com*

**D. O. Belyi✉, O. Nastina, G. Sydorenko, N. Kursina, O. D. Bazyka, O. S. Kovaliov, V. Bilaya, D. A. Bazyka**

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

# STATE OF CARDIOVASCULAR SYSTEM IN EMERGENCY WORKERS OF THE CHORNOBYL ACCIDENT AFTER SURVIVE FROM COVID-19

**Objective:** based on a comparative analysis of cardiovascular system clinical, structural, and functional state both in emergency workers (EW) of the accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP) and non-irradiated individuals, to identify changes of cardiovascular system status that can be associated with COVID-19 or the consequences of radiation, but not with the natural progression of cardiovascular diseases (CVD).

**Materials and methods.** The study included 46 EW and 21 unexposed patients (comparison group – CG) who survived COVID-19 in 2020–2022 (groups EW-C+ and CG-C+ respectively), and EW and 21 unexposed individuals without a history of COVID-19 (groups EW-C- and CG-C- respectively). All EW and CG individuals were male under long-term supervision, and underwent regular examination and treatment for cardiovascular diseases (CVD) in the cardiology department of the NRCRMHO in the pre- and post-COVID period. During the examination of patients, general clinical, laboratory, statistical methods, echocardiography, and daily electrocardiogram monitoring were used.

**Results.** During the comparable period of time between the pre- and post-COVID examinations in the EW and non-irradiated individuals, regardless of whether they had COVID-19 or not, a deterioration of cardiovascular system status was revealed, which consisted in the appearance of new cases of hypertensive heart disease, coronary heart disease, heart failure, rhythm and conduction disorders. Echocardiographic indicators, which characterize the structural and functional state of the left ventricle, did not have statistically significant difference both in each group between the two examinations in pre- and post-COVID period and between different groups.

**Conclusions.** The lack of the significant difference in clinical course of CVD and the structural and functional state of myocardium between patients, who were sick with COVID-19 or not, is more indicative of the natural progression of cardiovascular system pathology. Hypothetically, it can be assumed that in elderly people (60–75 years old) having CVD, past radiation exposure does not significantly affect cardiovascular system status in the present.

**Key words:** emergency workers at the Chernobyl Nuclear Power Plant; hypertensive heart disease; coronary heart disease; heart failure; COVID-19; post-covid period; echocardiography.

*Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2025;30:334-351. doi: 10.33145/2304-8336-2025-30-334-351*

## ВСТУП

Коронавірусне захворювання 2019 року, яке отримало назву COVID-19, виявилось справжньою пандемією для всього світу. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), на 31 серпня 2025 року відомо про більш ніж 778 млн випадків інфікування вірусом SARS-Cov-2 та 7,1 млн випадків смерті від цієї хвороби у світі [1]. Одні з перших опублікованих наукових статей [2, 3], оглядів та метааналізів [4–8] містили інформацію про те, що ризик тяжкого перебігу COVID-19 і смерті від нього вищі в осіб з різною коморбідною патологією та особливо з хворобами серцево-судинної системи.

Однак навіть після одужання від COVID-19 у багатьох хворих спостерігалися тривалі поліорганні симптоми та ускладнення, що виходили за рамки

## INTRODUCTION

The 2019 coronavirus disease, known as COVID-19, has emerged as a global pandemic. According to the World Health Organization (WHO), as of August 31, 2025 there have been more than 778 million cases of SARS-Cov-2 infection and 7.1 million deaths from the disease worldwide [1]. Some of the first published scientific articles [2, 3], reviews, and meta-analyses [4–8] reported that the risk of severe COVID-19 disease and death is higher in individuals with various comorbidities, especially cardiovascular disease.

However, even after recovery from COVID-19, many patients have had prolonged multiorgan symptoms and complications that go beyond the initial acute infection. This condition has been termed

✉ Davyd O. Belyi, *e-mail: dbelyi_2000@yahoo.com*

ISSN 2304-8336. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології = Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2025. Вип. 30.

початкового періоду гострої інфекції. Такий стан отримав назву «тривалий COVID», який автори [9–11] вважали більш правильним, ніж «після-COVID». В інших публікаціях висловлюється дещо відмінна думка [12]: 1) коли ознаки та симптоми COVID-19 зберігаються до 4 тижнів, це вважається гострою формою; 2) якщо симптоматика зберігається від 4 до 12 тижнів, це треба розцінювати як тривалу симптоматичну форму COVID-19; 3) наявність симптомів, які розвинулися в гострому періоді або після коронавірусної інфекції і які не можна пояснити альтернативним діагнозом, варто розцінювати як післяковідний синдром.

Попри наявність різних термінологічних уподобань, існує певна одностайність поглядів про те, що ураження серцево-судинної системи, яке мало місце в гострому періоді COVID-19 та зберігалося впродовж кількох місяців після негативного ПЛР-тесту (полімеразна ланцюгова реакція) на SARS-Cov-2 вірус, ставало неминучою складовою тривалого COVID-19 [13–17]. Враховуючи цей факт, доцільним було б провести порівняльний аналіз стану серцево-судинної системи у пацієнтів в до- та післяковідному періоді і визначити його можливий зв'язок з перенесеною інфекцією.

Три роки тому нами був наведений подібний аналіз у пацієнтів, які брали участь в аварійних роботах на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС) і зазнали радіаційного впливу та хворіли на серцево-судинні захворювання [18]. На той час основна група та група порівняння були малочисельні, не було можливості провести порівняння з неопроміненими людьми. В цій роботі ми аналізуємо стан серцево-судинної системи до та після COVID-19 в учасників ліквідації наслідків аварії (УЛНА) на ЧАЕС, як групи високого кардіального ризику, і в групах неопромінених осіб із та без COVID-19 в анамнезі.

**МЕТА**

На основі порівняльного аналізу клінічного та структурно-функціонального стану серцево-судинної системи в учасників ліквідації наслідків аварії (УЛНА) на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС) та аварійно неопромінених осіб, визначити зміни стану серцево-судинної системи, які можна пов'язати з перенесеним COVID-19 або наслідками опромінення, але не з природним прогресуванням серцево-судинних захворювань (ССЗ).

«prolonged COVID», which the authors [9–11] considered more appropriate than «post-COVID». Other publications have expressed a different opinion [12]: 1) when signs and symptoms of COVID-19 persist for up to 4 weeks, it is considered an acute form; 2) if symptoms persist for 4 to 12 weeks, it should be considered a prolonged symptomatic form of COVID-19; 3) the presence of symptoms that developed during the acute period or after coronavirus infection and that cannot be explained by an alternative diagnosis should be considered as post-COVID syndrome.

Despite different terminological preferences, there is a certain unanimity of views that cardiovascular damage, which occurred in the acute period of COVID-19 and persisted for several months after a negative PCR test (polymerase chain reaction) for the SARS-Cov-2 virus, became an inevitable component of prolonged COVID-19 [13–17]. Given this fact, it would be advisable to conduct a comparative analysis of cardiovascular system status in patients before and after COVID and determine its possible connection with the infection they underwent.

Three years later, we performed a similar analysis in patients who took part in emergency work at the Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP) and were exposed to radiation and had cardiovascular diseases [18]. At that time the main group and the comparison group were small, it was not possible to compare the main group with non-irradiated people. In this work, we analyze the status of cardiovascular system before and after COVID-19 in emergency workers (EW) of the accident at the ChNPP, as a group of high cardiac risk, and in groups of non-irradiated people with and without a history of COVID-19.

**OBJECTIVE**

Based on a comparative analysis of cardiovascular system clinical, structural, and functional state both in emergency workers (EW) of the accident at the ChNPP and non-irradiated individuals, to identify changes of cardiovascular system status that can be associated with COVID-19 or the consequences of radiation, but not with the natural progression of cardiovascular diseases (CVD).

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Дослідження проведено у 135 пацієнтів чоловічої статі, включаючи 46 УЛНА та 21 неопромінену особу (група порівняння – ГП), які у 2020–2022 роках хворіли на COVID-19 (групи УЛНА-С+ і ГП-С+ відповідно), і 47 УЛНА та 21 неопромінену особу без COVID-19 в анамнезі (групи УЛНА-С- і ГП-С- відповідно). Всі УЛНА та особи ГП були під тривалим наглядом та проходили регулярне обстеження і лікування з приводу ССЗ у відділенні кардіології ННЦРМГО в до- і після-ковідний період.

Групи порівняння, які не хворіли на COVID-19, відбирали із загальної кількості 678 УЛНА та 241 неопроміненого чоловіка, які тривалий період часу знаходились під постійним лікарським контролем у відділенні кардіології. Віковий діапазон груп порівняння повинен був відповідати такому ж у пацієнтів після перенесеного COVID-19. Другим критерієм відбору була відповідність першого та останнього обстеження у такі ж терміни, як і у пацієнтів після COVID-19, тобто між квітнем 2013 року та лютим 2025 року.

У всіх 67 пацієнтів COVID-19 був підтверджений ПЛР-тестом і характерними симптомами: підвищенням температури, кашлем, загальною втомою, втратою нюху та смаку. У 7 УЛНА-С+ та 4 пацієнтів ГП-С+ клінічний перебіг COVID-19 розцінювався як середньо-тяжкий, що потребував стаціонарного лікування через виявлену негоспітальну пневмонію. Інші 56 осіб мали легкий перебіг COVID-19 та лікувалися амбулаторно.

За сучасними стандартами виконували клінічне обстеження, вимірювання артеріального тиску, електрокардіографію (ЕКГ), добове моніторування ЕКГ (ДМЕКГ), ехокардіографічне (ЕхоКГ) дослідження, статистичний аналіз.

Для ДМЕКГ використовували систему моніторингу ЕКГ «DiaCard-II», фірми «Сольвейг» (Україна) та холтерівську систему ЕКГ ЕС-3Н/АВР (Labtech Ltd., Угорщина).

Ультразвукове дослідження серця виконували за допомогою системи Diagnostic Ultrasound System DS-N3 (Mindray). Вимірювали: кінцевий діастолічний (КДР, мм) і кінцевий систолічний (КСР, мм) розміри лівого шлуночка (ЛШ), товщину міжшлуночкової перетинки (тМШП, мм) і задньої стінки ЛШ (тЗС, мм) в діастолу, розмір лівого передсердя в діастолу (ЛП, мм). Визначали кінцевий діастолічний (КДО, мл) і систолічний (КСО, мл) об'єми ЛШ серця, фракцію викиду (ФВ, %), масу

## MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in 135 male patients, including 46 EW and 21 non-irradiated individuals (comparison group – CG), who were sick with COVID-19 in 2020-2022 (groups EW-C+ and CG-C+, respectively), and 47 EW and 21 non-irradiated individuals without a history of COVID-19 (groups EW-C- and CG-C-, respectively). Everyone EW and GP individuals were under long-term follow-up and underwent regular examination and treatment for CVD in the cardiology department of the NRCRMHO in the pre- and post-COVID period.

The comparison groups, who did not have COVID-19, were selected from a total of 678 EW and 241 non-irradiated patients, who were under constant medical supervision in the cardiology department for a long period of time. The age range of the comparison groups had to correspond to the same age range as in patients after COVID-19. The second selection criterion was that the first and last examinations should be carried out in the same time frame as in patients after COVID-19, i.e. between April 2013 and February 2025.

In all 67 patients, COVID-19 was confirmed by PCR test and characteristic symptoms: fever, cough, general fatigue, loss of smell and taste. In 7 EW-C+ and 4 CG-C+ patients, the clinical course of COVID-19 was considered as moderate-severe, requiring inpatient treatment due to detected non-hospital pneumonia. The remaining 56 people had a mild course of COVID-19 and were treated on outpatient basis.

According to modern standards, clinical examination, blood pressure measurement, electrocardiography (ECG), 24-hour ECG monitoring, echocardiographic (EchoCG) examination, and statistical analysis were performed.

For 24-hour ECG monitoring we used the ECG monitoring system «DiaCard-II» from the company «Solveig» (Ukraine) and the ECG Holter system ES-3N/AVR (Labtech Ltd., Hungary).

Ultrasound examination of the heart was performed using the Diagnostic Ultrasound System DS-N3 (Mindray). The following measurements were made: end-diastolic (EDD, mm) and end-systolic (ESD, mm) dimensions of left ventricle (LV), interventricular septal thickness (IVS, mm) and LV posterior wall thickness (PWT, mm) in diastole. End-diastolic (EDV, ml) and systolic (ESV, ml) volumes of LV, ejection fraction (EF, %), and LV myocardial mass (MM, g) were determined. The

ISSN 2304-8336. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології = Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2025. Вип. 30.

**Таблиця 1**

**Вік пацієнтів під час 1-го та 2-го обстежень та час між цими обстеженнями, M ± SD (95% довірчий інтервал – ДІ під час 1-го (A) та 2-го (B) обстежень)**

**Table 1**

**Patients' age at the 1st and the 2nd examinations and the time between these examinations, M ± SD and 95% confidence interval – CI at the 1st (A) and the 2nd(B) examinations**

| Показники<br>Indices | УЛНА-С+<br>EW-C+<br>n = 46 | УЛНА-С-<br>EW-C-<br>n = 47 | ГП-С+<br>CG-C+<br>n = 21 | ГП-С-<br>CG-C-<br>n = 21 | U-тест Манн-Уітні<br>Mann-Whitney U test | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $p_{1-2}$ | $p_{3-4}$ | $p_{1-3}$ | $p_{2-4}$ |
| Вік на момент першого обстеження, роки<br>Mean age at a moment of the first examination, years | 67,6 ± 6,4<br>(65,7–69,5) | 68,3 ± 7,5<br>(66,1–70,5) | 65,6 ± 8,9<br>(61,4–69,5) | 66,8 ± 8,1<br>(63,1–70,5) | 0,458 | 0,529 | 0,369 | 0,437 |
| Вік на момент останнього обстеження, роки<br>Mean age at a moment of the last examination, years | 70,8 ± 6,4<br>(68,9–72,7) | 71,3 ± 7,6<br>(69,1–73,6) | 68,9 ± 8,4<br>(65,1–72,8) | 69,3 ± 8,0<br>(65,6–72,9) | 0,591 | 0,772 | 0,376 | 0,273 |
| Час між першим та другим обстеженням, роки<br>Time between first and second examination, years | 3,2 ± 1,4<br>(2,1–2,8) | 3,0 ± 1,7<br>(2,7–4,2) | 3,5 ± 1,6<br>(2,6–3,5) | 2,5 ± 0,8<br>(2,8–3,6) | 0,262 | 0,018 | 0,741 | 0,191 |

Примітки. $p_{1-2}$ – статистична помилка різниці між показниками в УЛНА-С+ та УЛНА-С-; $p_{3-4}$ – статистична помилка різниці між показниками в ГП-С+ та ГП-С-; $p_{1-3}$ – статистична помилка різниці між показниками в УЛНА-С+ та ГП-С+; $p_{2-4}$ – статистична помилка різниці між показниками в УЛНА-С- та ГП-С-
Notes. $p_{1-2}$ – statistical error of the difference between the indices in EW-C+ and EW-C-; $p_{3-4}$ – statistical error of the difference between the indices in CG-C+ and CG-C-; $p_{1-3}$ – statistical error of the difference between the indices in EW-C+ and CG-C+; $p_{2-4}$ – statistical error of the difference between the indices in EW-C- and CG-C-

міокарда ЛШ (ММ, г). Розраховували індекси КСО (ІКСО, мл/м$^2$), КДО (ІКДО, мл/м$^2$), маси міокарда (ІММ, г/м$^2$) як відношення показника до площі поверхні тіла. Кількісну ехокардіографічну оцінку порожнин серця здійснювали відповідно до Американських та Європейських рекомендацій [19].

В таблиці 1 наведено вік пацієнтів під час обстеження та тривалість періоду між 1-м та 2-м обстеженнями. Як видно з табл. 1, вік пацієнтів всіх чотирьох груп під час 1-го та 2-го обстеження відрізнявся незначно та без наявності статистичної достовірності за непараметричним критерієм Манн-Уітні, який використовували тому, що за досліджуваними показниками вибірки не відповідали закону нормального розподілу. Те ж саме стосувалося показника часу між 1-м та 2-м обстеженнями за винятком груп ГП-С+ і ГП-С-, хоча 95 % довірчий інтервал в цих групах відрізнявся незначно.

Отже, можна стверджувати, що в цілому групи були зіставні за віковими характеристиками, а також часовими параметрами обстеження.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Пацієнти всіх груп хворіли на ССЗ: поєднання гіпертонічної хвороби (ГХ) та ішемічної хвороби серця (ІХС) діагностовано у 42 УЛНА-С+, 43 УЛНА-С-, 19 осіб ГП-С+ та 20 осіб ГП-С-. Окремо ГХ та ІХС виявили у 4 УЛНА-С+, 4 УЛНА-С-, 2-х хворих ГП-С+ та 1-го ГП-С-.

Як видно з табл. 2, при порівнянні результатів 1-го та 2-го обстежень частота зустрічальності ГХ, ІХС, інфаркту міокарда (ІМ), серцевої недостатності

EDV, ESV and MM normalized by body surface area (IEDV and IESV, ml/m$^2$, IMM, g/m$^2$). Quantitative echocardiographic assessment of the heart chambers was performed according to American and European guidelines [19].

Table 1 shows the patients' age at the time of examination and the duration of the period between the 1st and 2nd examinations. As can be seen from Table 1, the age of patients in all four groups at the time of the 1st and 2nd examinations differed lightly and without statistical significance according to the non-parametric Mann-Whitney test, which was used because the samples did not correspond to the law of normal distribution. The same applied to the indices of time between the 1st and 2nd examinations, with the exception of the CG-C+ and CG-C- groups, although the 95 confidence interval in these groups differed insignificantly.

Therefore, it can be stated that in whole the groups were comparable in terms of age characteristics, as well as time parameters of the examination.

## RESULTS

Patients of all groups were sick with CVD: a combination of hypertensive heart disease (HHD) and coronary heart disease (CHD) was diagnosed in 42 EW-C+, 43 EW-C-, 19 people CG-C+ and 20 people CG-C-. Separately, HHD and CHD were detected in 4 EW-C+, 4 EW-C-, 2 patients CG-C+ and 1 CG-C-.

As can be seen from Table 2, when comparing the results of the 1st and 2nd examinations, the

## Таблиця 2

**Показники клінічного стану серцево-судинної системи пацієнтів під час 1-го (A) та 2-го (B) обстеження, абс. (%)**

## Table 2

**Clinical indices of cardiovascular system state in patients during 1st (A) and 2nd (B) examinations, persons (%)**

| Показники<br>Indices | УЛНА-С+ / EW-C+<br>n = 46 | | *p* | УЛНА-С- / EW-C-<br>n = 47 | | *p* | ГП-С+ / CG-C+<br>n = 21 | | *p* | ГП-С- / CG-C-<br>n = 21 | | *p* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | | A | B | | A | B | | A | B | |
| ГХ за стадіями / HHD by stages* | | | | | | | | | | | | |
| ➤ I | 2 (4,3) | 2 (4,3) | >0,05 | 1 (2,1) | 0 (0) | >0,05 | 0 (0) | 0 (0) | >0,05 | 1 (4,8) | 0 (0) | >0,05 |
| ➤ II | 27 (58,7) | 27 (58,7) | >0,05 | 22 (46,8) | 21 (44,7)✦ | >0,05 | 14 (66,7) | 12 (57,1) | >0,05 | 14 (66,7) | 15 (71,4)✦ | >0,05 |
| ➤ III | 15 (32,6) | 15 (32,6) | >0,05 | 21 (44,7) | 23 (48,9)✦ | >0,05 | 6 (28,6) | 8 (38,1) | >0,05 | 5 (23,8) | 5 (23,8)✦ | >0,05 |
| ІХС / CHD | | | | | | | | | | | | |
| ➤ стенокардія / angina pectoris | | | | | | | | | | | | |
| ➢ ФК / FC** I | 0 (0) | 0 (0) | >0,05 | 0 (0) | 0 (0) | >0,05 | 0 (0) | 0 (0) | >0,05 | 0 (0) | 0 (0) | >0,05 |
| ➢ ФК / FC II | 22 (47,8) | 17 (37,0)# | >0,05 | 28 (59,6) | 31 (66,0)#✦ | >0,05 | 8 (38,1) | 7 (33,3) | >0,05 | 8 (38,1) | 8 (38,1)✦ | >0,05 |
| ➢ ФК / FC III | 10 (21,7) | 16 (34,8) | >0,05 | 8 (17,0) | 10 (21,3) | >0,05 | 2 (9,5) | 5 (23,8) | >0,05 | 3 (14,3) | 4 (19,0) | >0,05 |
| стенокардія відсутня<br>no angina pectoris | 12 (26,1) | 13 (28,3) | >0,05 | 10 (21,3) | 6 (12,8) | >0,05 | 10 (47,6) | 9 (42,9) | >0,05 | 10 (47,6) | 9 (42,9) | >0,05 |
| ІМ в анамнезі<br>Acute MI in anamnesis | 16 (34,8) | 16 (34,8) | >0,05 | 16 (34,0) | 16 (34,0) | >0,05 | 4 (19,0) | 5 (23,8) | >0,05 | 3 (14,3) | 3 (14,3) | >0,05 |
| СН / HF | | | | | | | | | | | | |
| ➤ I / as NYHA*** I–II | 22 (47,8) | 16 (34,8)▼ | >0,05 | 26 (55,3) | 21 (44,7) | >0,05 | 13 (61,9) | 13 (61,9)▼ | >0,05 | 15 (71,4) | 14 (66,7) | >0,05 |
| ➤ IIA / as NYHA III | 23 (50,0) | 30 (65,2)▼ | >0,05 | 19 (40,4) | 26 (55,3) | >0,05 | 6 (28,6) | 8 (38,1)▼ | >0,05 | 5 (23,8) | 7 (33,3) | >0,05 |
| Аритмії / Arrhythmias | | | | | | | | | | | | |
| ➤ ФП / AF | 10 (21,7) | 15 (32,6) | >0,05 | 14 (29,8) | 16 (34,0) | | 9 (42,9) | 9 (42,9) | | 4 (19,0) | 4 (19,0) | |
| ➤ ШЕ / VE | 12 (26,1) | 12 (26,1) | >0,05 | 7 (14,9) | 8 (17,0) | | 2 (9,5) | 3 (14,3) | | 3 (14,3) | 3 (14,3) | |
| ➤ НШЕ / SVE | 7 (15,2)▼▼ | 9 (19,6)▼▼▼ | >0,05 | 4 (8,5) | 7 (14,9) | | 0 (0)▼▼ | 0 (0)▼▼▼ | | 1 (4,8) | 2 (9,5) | |
| Блокади ніжок пучка Гіса<br>His bundles branches block | 14 (30,4) | 14 (30,4) | >0,05 | 13 (27,7)✦✦ | 16 (34,0)✦✦✦ | >0,05 | 2 (9,5) | 3 (14,3) | >0,05 | 1 (4,8)✦✦ | 1 (4,8)✦✦✦ | >0,05 |
| АВ-блокади / AB-blockage | 6 (13,0)▼ | 6 (13,0) | >0,05 | 6 (12,8) | 8 (17,0) | >0,05 | 2 (9,5) | 2 (9,5) | >0,05 | 1 (4,8) | 2 (9,5) | >0,05 |

Примітки. *I стадія – органічних уражень органів-мішеней немає; II стадія – ознаки уражень органів-мішеней без симптомів дисфункції; III стадія – ознаки уражень органів-мішеней із симптомами дисфункції [20]. **Функціональний клас за класифікацією Канадської асоціації кардіологів [21]. ***Нью-Йоркська кардіологічна асоціація. #УЛНА-С+ та УЛНА-С-, $p < 0,01$. ▼,▼▼,▼▼▼УЛНА-С+ та ГП-С+, $p < 0,05$, $p < 0,01$, $p < 0,001$. ✦,✦✦,✦✦✦УЛНА-С- та ГП-С-, $p < 0,05$, $p < 0,01$, $p < 0,001$.

Notes. *I stage – signs of organic damage to target organs are absent; II stage – signs of target organ damage without symptoms or dysfunction; III stage – signs of target organ damage with symptoms and dysfunction [20]. **Grade according to Canadian Cardiovascular Society classification [21]. ***New-York Heart Association. #EW-C+ and EW-C-, $p < 0.01$. ▼,▼▼,▼▼▼EW-C+ and CG-C+, $p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.001$. ✦,✦✦,✦✦✦EW-C+ and CG-C+, $p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.001$.

ISSN 2304-8336. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології = Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2025. Вип. 30.

(СН), аритмії у вигляді фібриляції передсердь (ФП), шлуночкових (ШЕ) і надшлуночкових екстрасистол (НШЕ), блокад ніжок пучка Гіса та АВ-блокад достовірно не розрізнялась в жодній групі. В УЛНА-С+ не спостерігалось погіршення клінічного перебігу ГХ.

В УЛНА-С+ аналіз стану серцево-судинної системи проводили через (1,6 ± 0,8) років (95 % ДІ 1,3–1,8 року; мін. 0,3 – макс. 4,4 року). За цей час не спостерігалось ніякої динаміки відносної кількості осіб з ГХ взагалі та з розподілом за стадіями. В ГП-С+ оцінку наявності ССЗ здійснювали майже в той самий термін, як і в УЛНА-С+, тобто в середньому через (1,6 ± 0,7) років (95 % ДІ 1,3–1,9 року; мін. 0,6 – макс. 3,1 року). У хворих цієї групи також як і в УЛНА-С- та у пацієнтів ГП-С- не діагностовано нових випадків ГХ. У двох пацієнтів ГП-С+ було виявлено погіршення перебігу ГХ у вигляді переходу ГХ I стадії в ГХ II стадії. В УЛНА-С- в одного пацієнта ГХ I ст. прогресувала до ГХ II ст. і ще у двох осіб ГХ II ст. – до ГХ III стадії. В групі ГП-С- тільки у одного пацієнта буд перехід ГХ I ст. в ГХ II ст. (табл. 3).

Із двох УЛНА-С+, у яких до захворювання на COVID-19 не було ознак ІХС, під час 2-го обстеження встановлено діагноз «ІХС, кардіосклероз» у одного з АВ-блокадою та НШЕ, а у другого з ШЕ та НШЕ. У ГП-С+ новий випадок «ІХС,

incidence of HHD, CHD, myocardial infarction (MI), heart failure (HF), arrhythmias in the form of atrial fibrillation (AF), ventricular (VE) and supraventricular extrasystoles (SVE), bundle branch block and AV block did not differ significantly in any group. In EW-C+ group, no deterioration in the clinical course of HHD was observed.

In EW-C+ the analysis of cardiovascular system status was performed after (1.6 ± 0.8) years (95% CI 1.3–1.8 years; min. 0.3 – max. 4.4 years). During this time there was not observed any dynamics in the relative number of people with HHD in general and with the distribution by stages. In CG-C+, the assessment of CVD presence was carried out almost at the same time as in EW-C+, i.e. on average after (1.6 ± 0.7) years (95% CI 1.3-1.9 years; min. 0.6 – max. 3.1 years). In patients of this group, as well as in EW-C- and in CG-C- no new cases of HHD were diagnosed. In two CG-C+ patients, a worsening of the HHD course was detected in the form of transition of HHD stage I to HHD stage II. In EW-C-, in one patient, HHD stage I progressed to HHD stage II and in two more patients, HHD stage II progressed to HHD stage III. In the CG-C- group, only one patient had a transition of HHD stage I to HHD stage II (Table 3).

Of the two EW-C+ patients who had no signs of CHD before COVID-19, during the 2nd examination a diagnosis of «CHD, cardiosclerosis» was established in one with AV blockage and SVE, and in the second

**Таблиця 3**

**Нові випадки появи захворювань та змін функціонального стану серцево-судинної системи, абс.**

**Table 3**

**New cases of cardiovascular diseases and changes of cardiovascular system functional state, persons**

| Нові випадки / New cases | УЛНА-С+ / EW-C+ n = 46 | УЛНА-С- / EW-C- n = 47 | ГП-С+ / CG-C+ n = 21 | ГП-С- / CG-C- n = 21 |
|---|---|---|---|---|
| ГХ / HHD | – | – | – | – |
| ➤ II | – | 1 | – | 1 |
| ➤ III | – | 2 | 2 | - |
| ІХС, кадіосклероз / CHD, cardiosclerosis стенокардія | 2 | 1 | 1 | – |
| ➤ ФК II | – | 5 | – | 1 |
| ➤ ФК III | – | 3 | 4 | 1 |
| Гострий ІМ / Acute MI | – | – | 1 | – |
| СН / HF | | | | |
| ➤ I | 1 | 1 | 2 | 1 |
| ➤ IIA | 7 | 4 | 2 | 2 |
| ➤ ФП / AF | 5 | 2 | – | – |
| ➤ ШЕ / VE | 1 | 3 | 1 | 1 |
| ➤ НШЕ / SVE | 2 | – | – | 2 |
| Блокади ніжок пучка Гіса / His bundles branches block | – | 3 | 1 | – |
| АВ-блокади / AB-blockage | 1 | 2 | – | 1 |

кардіосклероз» виявлено в одного пацієнта, у двох хворих зі стенокардією змінився ФК[1] з II на III, а у двох пацієнтів з діагнозом «ІХС, кардіосклероз» вперше була діагностована тяжка стенокардія ФК III. Один пацієнт в післяковідному періоді переніс гострий ІМ. Блокада ніжок пучка Гіса виявлена в одного хворого, а ШЕ у іншого пацієнта.

Окремі показники появи нових випадків захворювання і патологічних змін серцево-судинної системи в групах тих, хто не хворів на COVID-19, не тільки відповідали даним в УЛНА-С+ та ГП-С+, але й перевершували їх. Це стосувалось ГХ, ІХС та блокад в УЛНА-С-, ШЕ і НШЕ в ГП-С-. Однак ні по жодному з наведених в табл. 3 показників не було отримано статистичної достовірності відмінностей між різними групами обстежених.

За окремими показниками відносна кількість хворих під час 1-го та 2-го обстежень мала достовірні розбіжності (табл. 2), проте це не мало системного або закономірного характеру.

Аналіз такого інтегрального показника функціонального стану серцево-судинної системи, як стадія СН, показав, що найбільш серйозна ситуація була в УЛНА-С+: найбільша відносна кількість хворих з СН IIA на 2-му етапі обстеження та більше нових випадків СН. За цим показником на другому місці були УЛНА-С-, потім ГП-С+ та ГП-С-, однак достовірною була тільки різниця відносної кількості хворих між УЛНА-С+ і ГП-С- (табл. 2).

Ехокардіологічні показники всіх груп за критеріями Колмогорова-Смирнова та Шапіро-Уілка відповідали закону нормального розподілу.

Всі кількісні показники, які характеризували структурно-функціональний стан міокарду ЛШ, коливались в межах нормативних величин і достовірно не відрізнялися між 1-м та 2-м обстеженнями (табл. 4).

Середні значення розмірів та об'єми ЛШ у пацієнтів всіх груп за винятком показника КСО в УЛНА-С+, УЛНА-С- та ГП-С+, не перевищували норми. Цей самий показник, який був розрахований з урахуванням маси та зросту пацієнта, тобто приведений до відношення його до площі поверхні тіла (ІКСО), практично мало відрізнявся від інших показників, які характеризували розміри та об'єми ЛШ. Перевищували норматив-

with VE and SVE. In CG-S+, a new case of «CHD, cardiosclerosis» was detected in one patient, in 2 patients with angina FC[1] was changed from II to III, and in two patients with a diagnosis of «CHD, cardiosclerosis» severe FC III angina was diagnosed for the first time. One patient suffered an acute MI in the post-COVID period. Blockade of His bundle branches was detected in one patient, and VE in another patient.

Individual indicators that characterized the onset of new cases of cardiovascular system diseases and pathological changes in the groups of those who did not have COVID-19 not only corresponded to the data in EW-C+ and CG-C+, but also exceeded them. This applied to HHD, CHD and blockades in EW-C-, VE and SVE in CG-C-. However, for none of the indices listed in Table 3 statistical significance was obtained between different groups of patients.

According to individual indices, the relative number of patients during the 1st and 2nd examinations had significant differences (Table 2), but this was not systematic or regular.

Analysis of such an integral index of cardiovascular system functional state as the stage of HF showed that the most serious situation was in EW-C+: the largest relative number of patients with HF IIA at the 2nd stage of the examination and more new cases of HF. According to this index, the EW-C- were in second place, then the CG-C+ and CG-C-, however, only the difference in the relative number of patients between the EW-C+ and CGP-C- was significant (Table 2).

Echocardiological parameters of all groups according to the Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk criteria corresponded to the law of normal distribution.

All quantitative indices that characterized the structural and functional state of LV myocardium fluctuated within the normal range and did not significantly differ between the 1st and 2nd examinations (Table 4).

The average values of the dimensions and volumes of LV in patients of all groups, with the exception of ESV in EW-C+, EW-C- and CG-C+, did not exceed the normal value. This same index, which was calculated taking into account the weight and height of a patient, i.e. reduced to its ratio to the body surface area (IESV), practically did not differ much from other indices characterizing LV dimensions and volumes. Only the indices of PWT, IVS, MM and IMM exceeded the nor-

[1]Функціональний клас за класифікацією Канадської асоціації кардіологів

[1]Grade according to Canadian Cardiovascular Society classification

**Таблиця 4**

**Показники структурно-функціонального стану міокарда ЛШ у обстежених пацієнтів під час 1-го (А) та 2-го (В) обстеження, M ± SD**

**Table 4**

**Indices of LV myocardium structural and functional state in patients at 1st (A) and 2nd (B) examinations, M ± SD**

| Показники / Indices | УЛНА-С+ / EW-C+ n = 46 | | *p* | УЛНА-С- / EW-C- n = 47 | | *p* | ГП-С+ / CG-C+ n = 21 | | *p* | ГП-С- / CG-C- n = 21 | | *p* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | | A | B | | A | B | | A | B | |
| КДР, мм / EDD, mm | *54,3 ± 4,8* | *53,1 ± 5,4* | 0,173 | *54,9 ± 6,0* | *53,5 ± 6,3* | 0,074 | *54,4 ± 6,0* | *53,7 ± 6,6* | 0,566 | *52,4 ± 4,9* | *52,8 ± 3,9* | 0,712 |
| КСР, мм / ESD, mm | *37,0 ±5,8* | *36,4 ±6,9* | 0,534 | *38,1 ± 6,1* | *36,5 ± 6,4* | 0,038 | *37,6 ± 6,7* | *37,0 ± 6,5* | 0,538 | *35,6 ± 4,7* | *35,5 ± 4,6* | 0,938 |
| КДО, мл / EDV, ml | *144,5 ± 29,6* | *137,9 ± 33,7* | 0,204 | *149,0 ± 39,2* | *141,2 ± 40,6* | 0,098 | *146,2 ± 37,4* | *142,3 ± 40,7* | 0,600 | *133,4 ± 29,0* | *135,1 ± 23,9* | 0,787 |
| ІКДО, мл/м$^2$ / IEDV, ml/m$^2$ | *69,9 ± 13,9* | *66,8 ± 15,2* | 0,200 | *74,1 ± 17,3* | *70,8 ± 18,2* | 0,168 | *70,0 ± 15,0* | *68,6 ± 16,7* | 0,039 | *65,9 ± 13,7* | *67,5 ± 12,5* | 0,602 |
| КСО, мл / ESV, ml | *60,3 ± 23,3* | *58,5 ± 28,1* | 0,623 | 64,6 ± 25,5 | 58,8 ± 27,2 | 0,081 | 63,2 ± 27,7 | 60,7 ± 26,2 | 0,510 | *53,9 ± 16,9* | *53,8 ± 16,9* | 0,973 |
| ІКСО, мл/м$^2$ / IESV, ml/m$^2$ | *29,2 ± 10,7* | *29,6 ± 13,9* | 0,840 | 32,2 ± 12,2 | *29,5 ± 13,3* | 0,143 | 30,4 ± 11,5 | *29,1 ± 10,8* | 0,552 | *26,7 ± 8,3* | *26,8 ± 8,5* | 0,948 |
| ФВ, % / EF | *59,2 ± 9,1* | *58,9 ± 9,9* | 0,821 | *57,4 ± 9,3* | *59,2 ± 9,5* | 0,318 | *57,5 ± 10,6* | *58,2 ± 8,7* | 0,695 | *59,9 ± 7,5* | *60,9 ± 6,7* | 0,649 |
| тЗС, мм / PWT, mm | 11,3 ± 1,4 | 11,1 ± 1,4 | 0,499 | 11,0 ± 1,5 | 11,1 ± 1,7 | 0,638 | 11,3 ± 1,0 | 11,1 ± 1,4 | 0,679 | 11,1 ± 1,1 | 11,3 ± 1,4 | 0,419 |
| тМШП, мм / IVS, mm | 12,9 ± 2,0 | 12,8 ± 2,0 | 0,875 | 12,5 ± 2,1 | 12,3 ± 1,9 | 0,526 | 12,6 ± 1,2 | 12,3 ± 1,4 | 0,493 | 12,3 ± 2,0 | 12,7 ± 1,9 | 0,496 |
| ММ, г / MM, g | 273,4 ± 61,8 | 260,3 ± 66,5 | 0,215 | 267,4 ± 70,0 | 255,9 ± 73,7 | 0,216 | 269,7 ± 56,0 | 258,1 ± 67,8 | 0,401 | 244,9 ± 53,6 | 258,4 ± 56,6 | 0,273 |
| ІММ, г/м$^2$ / IMM, g/m$^2$ | 132,2 ± 31,2 | 126,2 ± 31,0 | 0,237 | 132,9 ± 31,8 | 127,9 ± 31,5 | 0,277 | 129,5 ± 23,2 | 124,6 ± 28,2 | 0,473 | 120,6 ± 24,5 | 128,8 ± 27,6 | 0,192 |

Примітка. Курсивом позначені клітки таблиці, середні значення яких перебувають у межах норми
Note. Cells whose average values are within the normal range are shown in Italics

ISSN 2304-8336. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2025. Вип. 30.

ні значення тільки показники тЗС, тМШП, ММ та ІММ і це було закономірно, оскільки переважна більшість хворих всіх груп хворіла на ГХ вже під час 1-го обстеження (табл. 2).

Під час 2-го обстеження вищеназвані чотири показники змінювались незначно та статистично недостовірно, але можна відзначити таку тенденцію: за винятком ГП-С- у решти груп середня величина ММ та ІММ була менша, ніж під час 1-го обстеження.

Попри нормальні середні значення показників, котрі характеризували об'єми ЛШ, у всіх групах була частка хворих, у яких ці показники перевищували норму, що свідчило про дилатацію ЛШ. На рис. 1 наведені дані про відносну кількість пацієнтів зі збільшенням ІКДО та ІКСО. Ці розрахункові показники, на наш погляд, точніше, ніж КДР і КСР, а також КДО і КСО, які обчислюються на основі попередніх, відображають ступінь дилатації ЛШ, оскільки залежать від площі поверхні тіла, тобто від маси тіла та зросту, що входять у формулу для визначення індексу об'ємів. Як видно з рис. 1, частка хворих з підвищенням ІКДО та ІКСО або зменшувалась незначно і статистично недостовірно (УЛНА-С+, УЛНА-С-, ГП-С+), або залишалась незмінною (ГП-С-).

Що стосується ФВ, то її зменшення вже під час 1-го обстеження спостерігалось у всіх групах (макс. ГП-С+, мін. ГП-С-, при $p < 0,05$). При 2-му обстеженні цей показник зростав в УЛНА-С+ та УЛНА-С-, зменшувався у ГП-С+ і ГП-С- (рис. 2).

mative values, and this was natural, since the vast majority of patients belong to every group already had HHD during the 1st examination (Table 2).

During the 2nd examination, the above-mentioned four indicators changed lightly and statistically insignificantly, but the following trend can be noted: with the exception of CG-C-, in the remaining groups the average value of MM and IMM was lower than during the 1st examination.

Despite the normal average values of the indices characterizing of LV volumes, in all groups there was a proportion of patients in whom these indices exceeded the norm, which indicated LV dilatation. Fig. 1 shows data on the relative number of patients with an increased IEDV and IESV. These calculated indices, in our opinion, are more accurate than EDD and ESD, as well as EDV and ESV, which are calculated on the basis of the previous ones, reflect the degree of LV dilatation, since they depend on the body surface area, i.e. on body weight and height, which are included in the formula for determining the volume index. As can be seen from Fig. 1, the proportion of patients with an increased IEDV and IESV either slightly and statistically insignificantly decreased (EW-C+, EW-C-, CG-C+) or remained unchanged (CG-C-).

As for the EF, its decrease was observed already during the 1st examination in all groups (max. CG-C+, min. CG-C-, at $p < 0.05$). At the 2nd examination, this indicator increased in the EW-C+ and EW-C- and decreased in CG-C+ and CG-C- (Fig. 2).

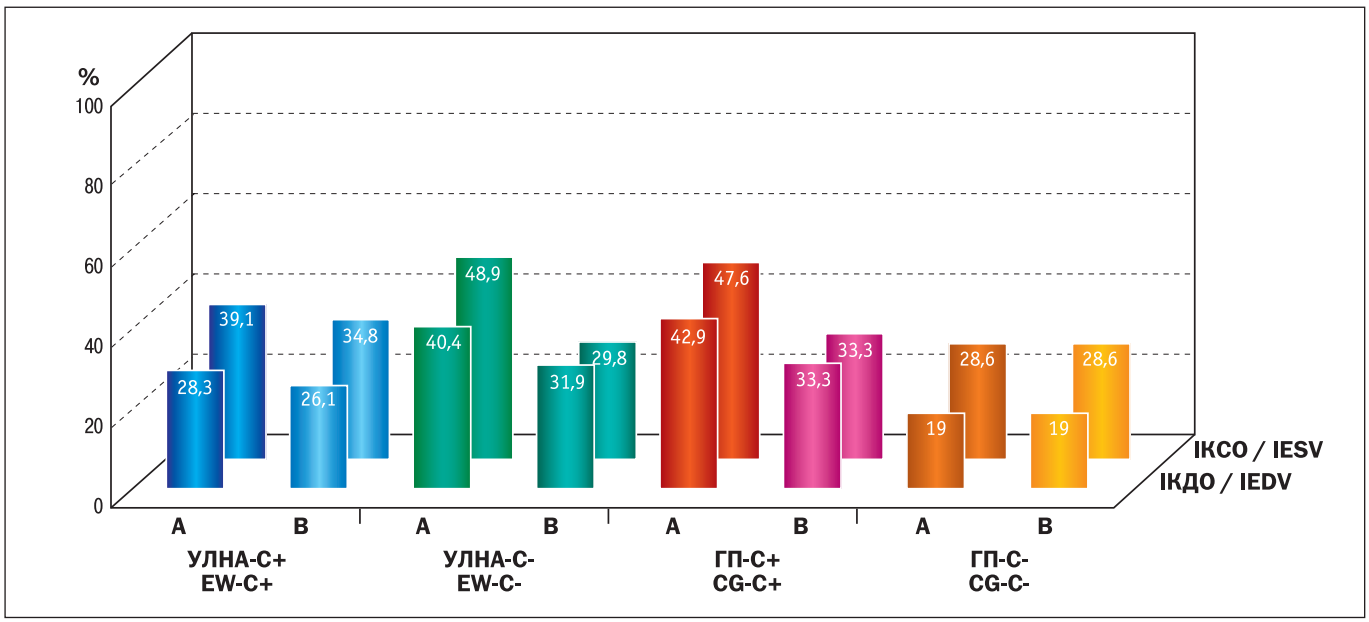


**Рисунок 1.** **Відносне число пацієнтів зі збільшенням ІКДО та ІКСО під час 1-го (А) та 2-го (В) обстеження**

**Figure 1.** **Proportion of patients with increased IEDV and IESV at the 1st (A) and 2nd (B) examination**

ISSN 2304-8336. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології = Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2025. Вип. 30.

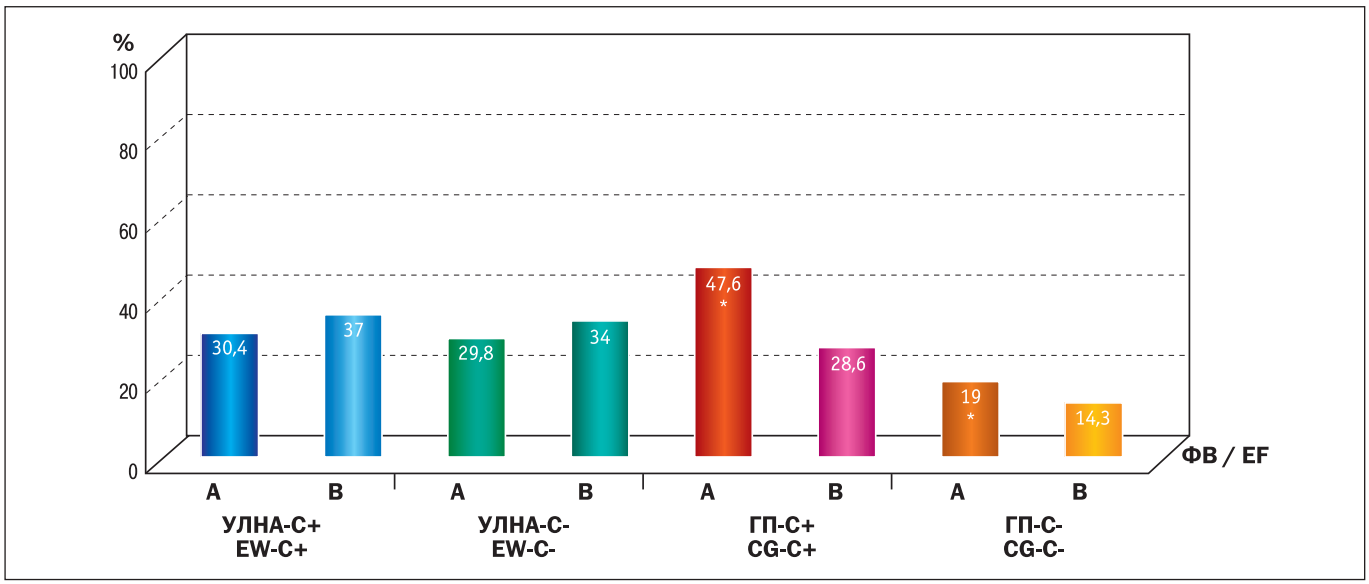


**Рисунок 2.** **Відносне число пацієнтів зі зменшенням ФВ під час 1-го (А) та 2-го (В) обстеження**
*Статистична помилка між ГПС-С+ та ГП-С-, $p<0,05$

**Figure 2.** **Proportion of patients with decreased EF at the 1st (A) and 2nd (B) examination**
*Statistical error of the difference between the indices in CG-C+ and CG-C-, $p<0,05$

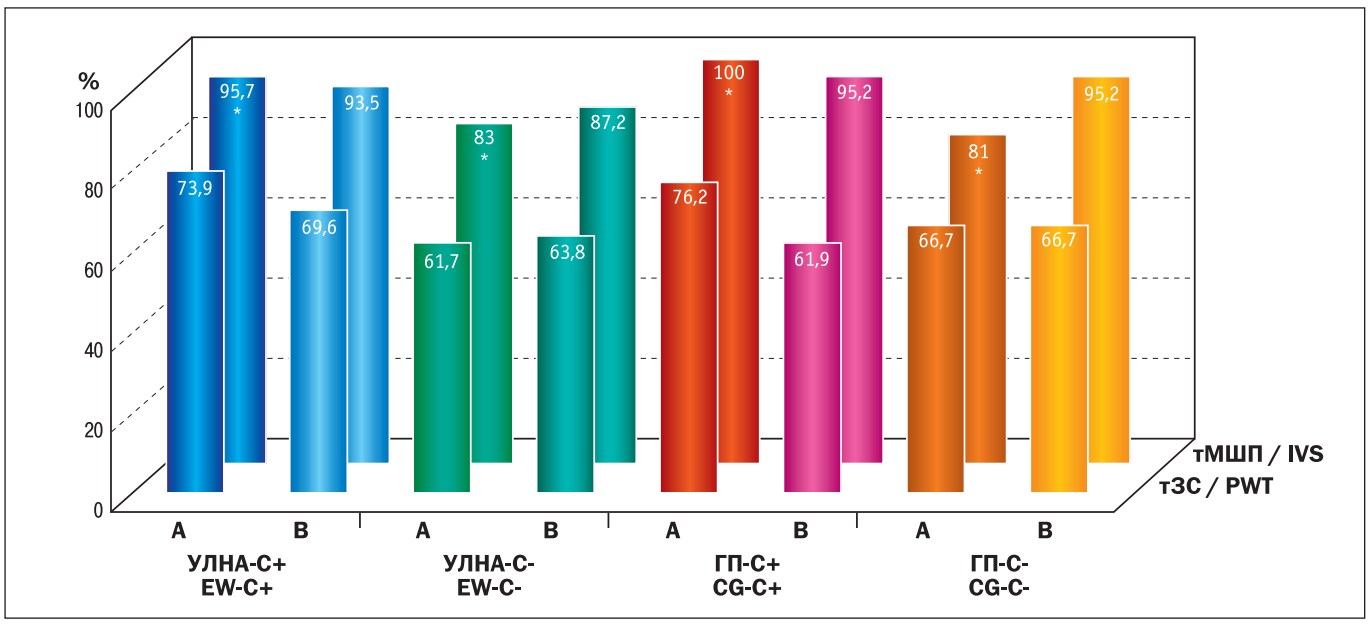


**Рисунок 3.** **Відносне число пацієнтів зі збільшенням тЗС та тМШП під час 1-го (А) та 2-го (В) обстеження**
*Статистична помилка між УЛНА-С+ і УЛНА-С– та ГПС-С+ і ГП-С-, $p<0,05$

**Figure 3.** **Proportion of patients with increased IEDVand IESV at the 1st (A) and 2nd (B) examination**
*Statistical error of the difference between the indices in EW-C+ and EW-C-, CG-C+ and CG-C-, $p<0,05$

Коливання відносної кількості пацієнтів зі збільшеними показниками тЗС і тМШП не мало міжгрупової та міжетапної статистичної достовірності, крім показника збільшеної тМШП в УЛНА-С+ і УЛНА-С- та ГП-С+ і ГП-С- під час 1-го обстеження (рис. 3). Така сама закономірність виявлена по відношенню до показників ММ та ІММ: під час 2-го обстеження частка УЛНА-С+ була достовірно більша, ніж УЛНА-С-.

Fluctuations in the relative number of patients with increased PWT and IVS did not have intergroup and interstage statistical significance, except for the increased IVS in EW-C+ and EW-C- and CG-C+ and CG-C- during the 1st examination (Fig. 3). The same pattern was found in MM and IMM indices: during the 2nd examination the proportion of EW-C+ was significantly higher than that of EW-C-.

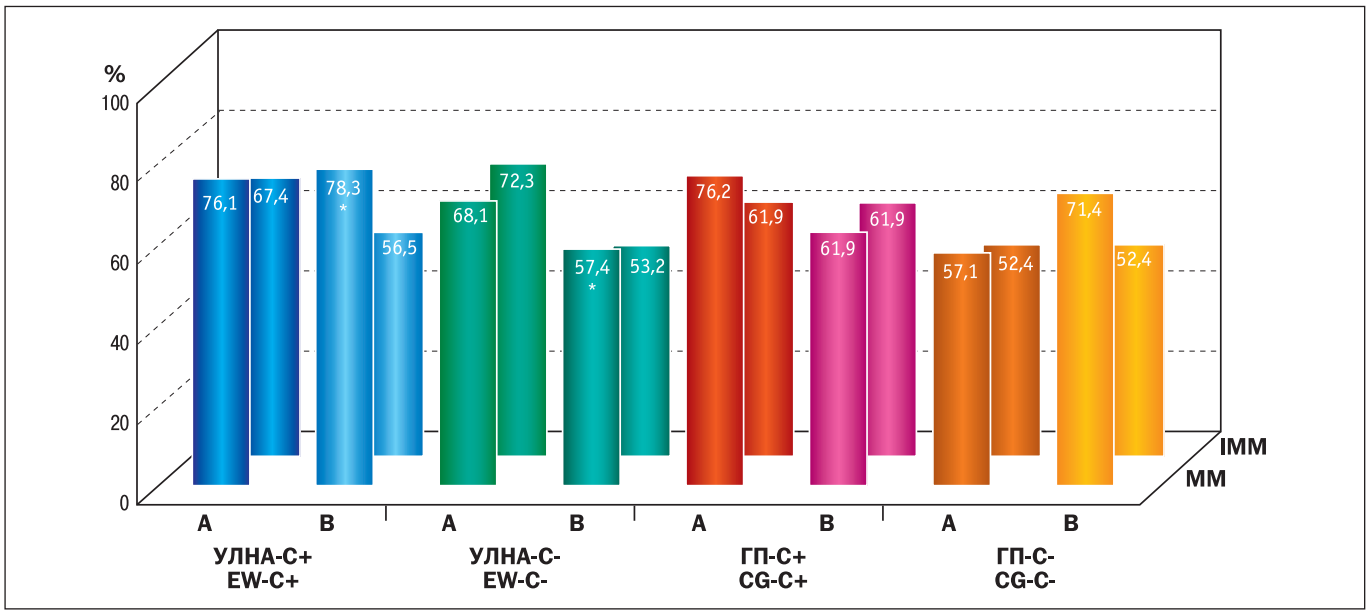


**Рисунок 4. Відносне число пацієнтів зі збільшенням ММ та ІММ під час 1-го (А) та 2-го (В) обстеження**
*Статистична помилка між УЛНА-С+ і УЛНА-С-, $p<0,05$

**Figure 4. Proportion of patients with increased MM and IMM at the 1st (A) and 2nd (B) examination**
*Statistical error of the difference between the indices in EW-C+ and EW-C-, $p<0,05$

Отже, порівняльний аналіз клінічного та структурно-функціонального стану серцево-судинної системи в УЛНА на ЧАЕС і неопромінених осіб показав, що не виявлено суттєвих і статистично достовірних змін за кількістю осіб з ГХ, ІХС і СН, порушеннями ритму та провідності, а також змін показників ехокардіографії, які можна було б пов'язати із впливом COVID-19 або радіаційним впливом.

Thus, a comparative analysis of clinical, structural and functional state of cardiovascular system in the ChNPP clean-up workers and non-irradiated individuals showed that no regular and statistically significant changes were found in the number of individuals with HHD, CHD, and HF, rhythm and conduction disturbances, as well as changes in echocardiography parameters that could be associated with the impact of COVID-19 or radiation exposure.

## ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Наукові дослідження, спрямовані на вивчення впливу COVID-19 на організм людини, показали, що це захворювання призводить до ураження міокарда і судин за рахунок прямої кардіотоксичності та викликаного системного запалення [22–24]. У хворих на COVID-19 в гострому періоді розвивався міокардит, перикардит, ішемія міокарда, аритмії, тромбоемболічні ускладнення [24, 25]. Якщо пацієнт захворював на COVID-19 при наявності у нього кардіальної патології, то це підвищувало ризик більш тяжкого перебігу та смерті [2, 22, 26].

У нашому дослідженні переважна більшість пацієнтів страждали на ГХ в поєднанні з ІХС або, в одиничних випадках, на наявність одного з цих захворювань. Проте тільки у 16,4 % пацієнтів перебіг COVID-19 розцінювався як середньо-тяжкий, а у решти – легкий. Порівняльний аналіз між цими хворими в після-

## DISCUSSION

Scientific studies aimed at studying the impact of COVID-19 on the human body have shown that this disease leads to damage to the myocardium and blood vessels due to direct cardiotoxicity and induced systemic inflammation [22-24]. Patients with COVID-19 in the acute period developed myocarditis, pericarditis, myocardial ischemia, arrhythmias, and thromboembolic complications (24, 25). If a patient with cardiac pathology contracted COVID-19 this increased the risk of a more severe course and death [2, 22, 26].

In our study, the vast majority of patients suffered from HHD in combination with CHD or, in isolated cases, the presence of one of these diseases. However, only in 16.4% of patients the course of COVID 19 was considered moderate to severe, and in the rest as mild. Comparative analysis between these patients in the post-COVID period did not reveal a significant difference in the clinical course of CVD and LV myocardi-

ISSN 2304-8336. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології = Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2025. Вип. 30.

ковідному періоді не виявив достовірної різниці у клінічному перебігу ССЗ та структурно-функціональному стані міокарда ЛШ. Подібна клінічна картина суперечить даним [22, 27], що у пацієнтів із ССЗ COVID-19 проходить в більш тяжкій формі, і навпаки, перебіг існуючих захворювань серцево-судинної системи погіршиться при інфекції SARS-CoV-2 внаслідок її підвищеного тромботичного навантаження та розвитку ендотеліальної дисфункції [28].

Нами був проведений аналіз тяжкості перенесеного COVID-19 у 59 УЛНА та 15 неопромінених пацієнтів, які не увійшли в дослідження через те, що вперше потрапили в клініку і під медичний нагляд вже після одужання від COVID-19. Він також показав, що частка хворих з попередньою ГХ та ІХС та середньо-тяжким перебігом інфекції складала 20,3 %.

Про нові випадки ССЗ після перенесеного COVID-19 повідомлялось у багатьох роботах. U. Kamilova зі співавт. [29], серед 220 пацієнтів через 6 місяців післяковідного періоду у 11 осіб вперше виявили ГХ (5 %), у 2 – ІХС (0,9 %) та в одного ФП (0,45 %).

За даними метааналізу, який був виконаний M. Zuin зі співавт. [30], із 19 293 346 пацієнтів (середній вік 54,6 року, 54,6 % чоловіки), стан здоров'я оцінювали у 758 698 осіб, що вижили після COVID-19. Впродовж середнього періоду спостереження тривалістю 6,8 місяця у 1,27% пацієнтів була вперше виявлена артеріальна гіпертензія (АГ), а підвищений ризик її виникнення зберігався впродовж семи місяців (відношення ризиків 1,70; 95% ДІ 1,46–1,97, $p < 0{,}0001$, $I^2 = 78{,}9$ %). На цей ризик напряму впливали вік ($p = 0{,}001$), жіноча стать ($p = 0{,}03$) та наявність онкологічних захворювань ($p < 0{,}0001$).

В іншому дослідженні було показано, що частота серцево-судинних подій, які включали ІХС, СН та аритмії, суттєво збільшувалась впродовж року після COVID-19 навіть у тих пацієнтів, хто знаходився на амбулаторному лікуванні [31].

За нашими даними, в УЛНА, які одужали після COVID-19, не виявлено жодного нового випадку ГХ, але вперше було діагностовано ІХС у 2 осіб (4,3 %) та СН в одного пацієнта (2,2 %). В УЛНА, які не хворіли на COVID-19, також не спостерігалось нових випадків ГХ, один випадок ІХС (2,1 %) і нова СН у двох осіб (4,3 %). У групі неопромінених осіб після одужання від COVID-19 було виявлено по одному випадку нової ГХ, ІХС та СН (по 4,8 %). У неопромінених осіб без захворювання на COVID-19 тільки в одного пацієнта діагностована СН. За кількісним складом наші групи були менші, ніж в дослідженнях [29, 31], um structural and functional state. Such a clinical picture contradicts the data [22, 27] that in patients with CVD COVID 19 is more severe, and vice versa, the course of existing cardiovascular diseases will worsen during SARS-CoV-2 infection due to its increased thrombotic load and the development of endothelial dysfunction [28].

We analyzed the severity of COVID-19 in 59 EW and 15 non-irradiated patients who were not included in the study because they first entered the clinic and follow-up after recovering from COVID-19. It also showed that the proportion of patients with previous HHD and CHD and moderate-severe infection was 20.3%.

New cases of CVD after COVID-19 have been reported in many studies. U. Kamilova et al. [29], among 220 patients after 6 months of the post-COVID period, 11 people were first diagnosed with HHD (5%), 2 with CHD (0.9%), and 1 with AF (0.45%).

According to a meta-analysis by M. Zuin et al. [30], out of 19,293,346 patients (mean age 54.6 years, 54.6% men), the health status of 758,698 COVID-19 survivors was assessed. During a mean follow-up period of 6.8 months, 1.27% of patients developed hypertension for the first time, and the increased risk persisted for seven months (hazard ratio 1.70; 95% CI 1.46–1.97, $p < 0.0001$, $I^2 = 78.9\%$). This risk was directly influenced by age ($p = 0.001$), female gender ($p = 0.03$), and the presence of cancer ($p < 0.0001$).

Another study showed that the incidence of cardiovascular events, which included CHD, HF, and arrhythmias, increased significantly within a year after COVID-19, even in those patients who were receiving outpatient treatment [31].

According to our data, in EW who recovered from COVID-19, no new cases of HHD were detected, but CHD was diagnosed for the first time in 2 people (4.3%) and HF in one patient (2.2%). In EW who did not have COVID-19, no new cases of HHD were observed, one case of CHD (2.1%) and new HF in two people (4.3%). In the group of non-irradiated persons after recovery from COVID-19, one case of new HHD, CHD and HF (4.8% each) was detected. In non-irradiated persons without COVID-19, only one patient was diagnosed with HF. In terms of quantitative composition, our groups were smaller than in studies [29, 31], but comparable to them in percentage terms. It is noteworthy that the relative number of patients

але зіставні з ними у відсотковому співвідношенні. Привертає увагу факт, що відносне число хворих з новими діагнозами ГХ, ІХС та СН достовірно не відрізнялось від числа осіб, які не перенесли COVID-19.

Про наявність аритмій в гострому і післяковідному періодах повідомлялось в низці робіт. Одним з найчастіших ускладнень ІХС та СН була ФП [32–34]. За даними О. Сичова та О. Стасишеної (2023), із 116 осіб, які хворіли на COVID-19 та надійшли у відділення клінічної аритмології та електрофізіології, у 36 пацієнтів (31 %) ФП була вперше виявлена у післяковідному періоді [33]. У нашому дослідженні після одужання від COVID-19 ФП вперше виникла у 5 УЛНА, що складало 10,9 % від усієї чисельності групи. В УЛНА, які не були інфіковані SARS-Cov-2, ФП з'явилась тільки у 2 пацієнтів ($p > 0,05$). В обох групах порівняння не спостерігалось жодного нового випадку ФП.

За даними ехокардіографії, зміни структурно-функціональних показників ЛШ у всіх групах обстежених не мали статистичної достовірності. Як виняток, не маючи закономірного характеру, вважали достовірною різницю між окремими групами частки хворих з підвішеними рівнями тМШП та ММ. Відмічена тенденція до зниження більшості показників у всіх групах в післяковідному періоді. Пояснити цей факт, на нашу думку, можна наступним припущенням: це є ефект лікування ССЗ зі зворотним ремоделюванням ЛШ, хоча не можна відкинути методичну похибку, яка пов'язана із самим способом вимірювання [35].

За даними огляду літератури, зробленого B. Raman та співавт. [36], систолічна дисфункція ЛШ зустрічається порівняно рідко, навіть у пацієнтів з тяжкою гострою інфекцією або підвищеним рівнем тропоніну, не більш ніж у 9–11 % пацієнтів. В іншому дослідженні не було виявлено достовірних відмінностей ІКДО, ІКСО, ММ та ФВ до та після COVID-19, а також у порівнянні зі здоровими людьми [37].

Згідно з нашими попередніми дослідженнями [38], в осіб, які брали участь в аварійних роботах в умовах дії радіації, ГХ та ІХС відрізнялись не тяжчим перебігом, а розвитком у більш ранньому віці порівняно з неопроміненими пацієнтами відповідної статі та віку. По досягненню 75–80 років відмінності у захворюваності на ці хвороби практично нівелювалися.

with new diagnoses of HHD, CHD, and HF did not significantly differ from those who did not have COVID-19.

The presence of arrhythmias in the acute and post-COVID periods has been reported in a number of studies. One of the most common complications of CHD and HF was AF [32-34]. According to O. Sychov and O. Stasyshena (2023), out of 116 people who had COVID-19 and were admitted to the department of clinical arrhythmology and electrophysiology, in 36 patients (31%) AF was first detected in the post-COVID period [33]. In our study, after recovery from COVID-19, AF first appeared in 5 EW, which was 10.9% of the total group. In EW who were not infected with SARS-Cov-2, AF appeared in only 2 patients ($p > 0.05$). No new cases of AF were observed in both comparison groups.

According to echocardiography, changes in structural and functional parameters of the LV in all groups of the examined subjects were not statistically significant. As an exception, not having a systemic nature, the reliability of the difference between individual groups of the proportion of patients with suspended levels of IVS and MM was considered. A tendency to decrease in most parameters in all groups in the post-COVID period was noted. This fact, in our opinion, can be explained by the following assumption: the effect of CVD treatment with reverse LV remodeling, although the methodological error associated with the measurement method itself cannot be ruled out [35].

According to a review of the literature by B. Raman et al. [36], LV systolic dysfunction is relatively rare, even in patients with severe acute infection or elevated troponin levels, occurring in no more than 9–11% of patients. Another study found no significant differences in IEDV, IESV, MM, and EF before and after COVID-19, as well as in comparison with healthy subjects [37].

According to our previous studies [38], in persons who participated in emergency work under conditions of radiation exposure, HHD and CHD did not differ in a more severe course, but in development at an earlier age compared to non-irradiated patients of the corresponding gender and age. Upon reaching 75–80 years of age, the difference in the incidence of these diseases was practically leveled.

ISSN 2304-8336. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології = Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2025. Вип. 30.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз клінічного та структурно-функціонального стану сердечно-судинної системи групи УЛНА та аварійно неопромінених осіб, які в свою чергу були поділені на тих, хто хворів на COVID-19 або ні, дозволив зрозуміти пов'язаність змін із впливом наслідків опромінення, перенесеною інфекцією або природним прогресуванням хвороб.

2. За зіставний проміжок часу між обстеженнями в до- та післяковідному періоді в УЛНА та неопромінених осіб, незалежно від того, хворіли вони на COVID-19 або ні, спостерігалося погіршення стану серцево-судинної системи, котре полягало в появі нових випадків захворювання на ГХ, ІХС, СН, порушень ритму та провідності.

3. Ехокардіографічні показники, які характеризують структурно-функціональний стан ЛШ, не мали статистично достовірних і закономірних відмінностей як у кожній групі між двома обстеженнями, так і між різними групами.

4. Відсутність достовірної різниці клінічного перебігу ССЗ та структурно-функціонального стану міокарда між пацієнтами, які перенесли COVID-19 і не хворіли на нього, більше свідчить про природне прогресування патології серцево-судинної системи. Гіпотетично можна припустити, що в осіб похилого віку (60–75 років), хто хворів на ССЗ, радіаційний вплив у минулому вже суттєво не впливає на стан серцево-судинної системи у сьогоденні.

CONCLUSIONS

1. Analysis of cardiovascular system clinical, structural and functional status in irradiated and non-irradiated individuals, who were sick with COVID-19 or not, allowed us to more correctly understand the relationship between the revealed changes and radiation impact, the survived infection, or the natural progression of diseases.

2. During the comparable period of time between the pre- and post-COVID examinations in the EW and non-irradiated individuals, regardless of whether they had COVID-19 or not, a deterioration of cardiovascular system status was revealed, which consisted in the appearance of new cases of HHD, CHD, HF, rhythm and conduction disorders.

3. Echocardiographic indices, which characterize the structural and functional state of left ventricle, did not have statistically significant and regular difference both in each group between the two examinations and between different groups.

4. The lack of the significant difference in clinical course of CVD and the structural and functional state of myocardium between patients, who were sick with COVID-19 or not, is more indicative of the natural progression of cardiovascular system pathology. Hypothetically, it can be assumed that in elderly people (60–75 years old) having CVD, past radiation exposure does not significantly affect cardiovascular system status in the present.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ


1. WHO. WHO COVID-19 dashboard. URL: https://data.who.int/dashboards/covid19/cases?n = c
2. Clinical characteristics of 113 deceased patients with coronavirus disease 2019: retrospective study / T. Chen, D. Wu, H. Chen et al. *BMJ*. 2020. Vol. 368. m1091. doi: 10.1136/bmj.m1091.
3. Cardiovascular implications of fatal outcomes of patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19) / T. Guo, Y. Fan, M. Chen et al. *JAMA Cardiol*. 2020. Vol. 5(7). P. 811-818. doi: 10.1001/jamacardio.2020.1017.
4. Kurz D. J., Eberli F. R. Cardiovascular aspects of COVID-19. *Swiss Med. Wkly*. 2020. Vol. 150. P. w20417. doi:10.4414/smw.2020.20417
5. Cardiac involvement in COVID-19 patients: Risk factors, predictors, and complications: A review / G. Aghagoli, B. G. Marin, L. B. Soliman, F. W. Sellke. *J. Card. Surg.* 2020. Vol. 35, no. 6. P. 1302-1305. doi: 10.1111/jocs.14538.
6. Prevalence of comorbidities and its effects in patients infected with SARS-CoV-2: a systematic review and meta-analysis / J. Yang, Y. Zheng, X. Gou et al. *Int. J. Infect. Dis.* 2020. Vol. 94. P. 91-95. doi: 10.1016/j.ijid.2020.03.017.


## REFERENCES


1. WHO COVID-19 dashboard. WHO. URL: https://data.who.int/dashboards/covid19/cases?n=c
2. Chen T, Wu D, Chen H, Yan W, Yang D, Chen G, et al. Clinical characteristics of 113 deceased patients with coronavirus disease 2019: retrospective study. *BMJ.* 2020;368:m1091. doi: 10.1136/bmj.m1091.
3. Guo T, Fan Y, Chen M, Wu X, Zhang L, He T, et al. Cardiovascular implications of fatal outcomes of patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19). *JAMA Cardiol*. 2020;5(7):811-818. doi: 10.1001/jamacardio.2020.1017.
4. Kurz DJ, Eberli FR. Cardiovascular aspects of COVID-19. *Swiss Med Wkly*. 2020;150:w20417. doi:10.4414/smw.2020.20417.
5. Aghagoli G, Marin BG, Soliman LB, Sellke FW. Cardiac involvement in COVID-19 patients: Risk factors, predictors, and complications: A review. *J Card Surg.* 2020;35(6):1302-1305. doi: 10.1111/jocs.14538.
6. Yang J, Zheng Y, Gou X, Pu K, Chen Z, Guo Q, et al. Prevalence of comorbidities and its effects in patients infected with SARS-CoV-2: a systematic review and meta-analysis. *Int J Infect Dis.* 2020; 94:91-95. doi:10.1016/j.ijid.2020.03.017.

7. Grover A., Oberoi M. A systematic review and meta-analysis to evaluate the clinical outcomes in COVID-19 patients on angiotensin-converting enzyme inhibitors or angiotensin receptor blockers. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Pharmacother.* 2021. Vol. 7. P. 148-157. doi: 10.1093/ehjcvp/pvaa064.
8. Long covid-mechanisms, risk factors, and management / H. Crook, S. Raza, J. Nowell et al. *BMJ*. 2021. Vol 374. P. n1648. doi: 10.1136/bmj.n1648.
9. Why we need to keep using the patient made term «Long Covid» / E. Perego, F. Callard, L. Stras et al. URL: https://blogs.bmj.com/bmj/2020/10/01/why-we-need-to-keep-using-the-patient-made-term-long-covid
10. Long COVID: let patients help define long-lasting COVID symptoms. *Nature*. 2020. Vol. 586, Iss. 7828. P. 170. doi: 10.1038/d41586-020-02796-2
11. Venkatesan P. NICE guideline on long COVID. *Lancet Respir. Med.* 2021. Vol. 9(2). P.129. doi: 10.1016/S2213-2600(21)00031-X
12. COVID-19 rapid guideline: Managing the long-term effects of COVID-19, in: National Institute for Health and Care Excellence: Clinical Guidelines, National Institute for Health and Care Excellence (NICE). London, 2020. URL: http://www.ncbi. nlm.nih.gov/books/NBK567261/
13. Myocardial fibrosis detected by cardiovascular magnetic resonance in absence of myocardial oedema in a patient recovered from COVID-19 / P. Jagia, V. Ojha, N. Naik, S. Sharma. *BMJ Case Rep.* 2020. Vol. 13, no. 12. P. e240193. doi: 10.1136/bcr-2020-240193.
14. Possible association between myocardial infarction with nonobstructed coronary arteries and SARS-CoV-2 infection / S. Agarwal, H. Al Hashimi, S. K. Agarwal, U. Albastaki et al. *CMAJ*. 2020. Vol. 192, no. 48. P. E1633-E1636. doi: 10.1503/cmaj.202106.
15. Patterns of myocardial injury in recovered troponin-positive COVID-19 patients assessed by cardiovascular magnetic resonance / T. Kotecha, D. S. Knight, Y. Razvi et al. *Eur. Heart J.* 2021. Vol. 42, no. 19. P. 1866-1878. doi: 10.1093/eurheartj/ehab075
16. COVID-19-associated cardiovascular complications / C. C. E. Lee, K. Ali, D. Connell et al. *Diseases*. 2021. Vol. 9. P. 47. doi: 10.3390/diseases9030047.
17. Cardiovascular magnetic resonance findings in competitive athletes recovering from COVID-19 infection / S. Rajpal, M. S. Tong, J. Borchers et al. *JAMA Cardiol.* 2021. Vol. 6, no. 1. P. 116-118. doi: 10.1001/jamacardio.2020.4916.
18. Аналіз клініко-функціональних показників серцево-судинної системи в учасників ліквідації наслідків Чорнобильської аварії після перенесеного COVID-19 / Д. О. Білий, О. М. Настіна, Г. В. Сидоренко та ін. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології.* 2022. Вип. 27. С. 290-306. doi: 10.33145/2304-8336-2022-27-290-306.
19. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging /

7. Grover A, Oberoi M. A systematic review and meta-analysis to evaluate the clinical outcomes in COVID-19 patients on angiotensin-converting enzyme inhibitors or angiotensin receptor blockers. *Eur Heart J Cardiovasc Pharmacother.* 2021;7:148-157. doi:10.1093/ehjcvp/pvaa064.
8. Crook H, Raza S, Nowell J, Young M, Edison P. Long covid-mechanisms, risk factors, and management. *BMJ*. 2021;374:n1648. doi: 10.1136/bmj.n1648.
9. Perego E, Callard F, Stras L, Melville-Johannesson B, Pope R, Alwan N. Why we need to keep using the patient made term «Long Covid». URL: https://blogs.bmj.com/bmj/2020/10/01/why-we-need-to-keep-using-the-patient-made-term-long-covid
10. Long COVID: let patients help define long-lasting COVID symptoms. *Nature*. 2020;586(7828):170. doi: 10.1038/d41586-020-02796-2
11. Venkatesan P. NICE guideline on long COVID. *Lancet Respir Med.* 2021;9(2):129 (doi: 10.1016/S2213-2600(21)00031-X).
12. COVID-19 rapid guideline: Managing the long-term effects of COVID-19, in: National Institute for Health and Care Excellence: Clinical Guidelines, National Institute for Health and Care Excellence (NICE), London, 2020. http://www.ncbi. nlm.nih.gov/books/NBK567261/
13. Jagia P, Ojha V, Naik N, Sharma S. Myocardial fibrosis detected by cardiovascular magnetic resonance in absence of myocardial oedema in a patient recovered from COVID-19. *BMJ Case Rep.* 2020;13(12):e240193. doi:10.1136/bcr-2020-240193.
14. Agarwal S, Al Hashimi H, Agarwal SK, Albastaki U. Possible association between myocardial infarction with nonobstructed coronary arteries and SARS-CoV-2 infection. *CMAJ*. 2020;192(48):E1633-E1636. doi: 10.1503/cmaj.202106.
15. Kotecha T, Knight DS, Razvi Y, Kumar K, Vimalesvaran K, Thornton G, et al. Patterns of myocardial injury in recovered troponin-positive COVID-19 patients assessed by cardiovascular magnetic resonance. *Eur Heart J.* 2021;42(19):1866-1878. doi: 10.1093/eurheartj/ehab075
16. Lee CCE, Ali K, Connell D, Mordi IR, George J, Lang EM, et al. COVID-19-associated cardiovascular complications. *Diseases*. 2021;9:47. doi: 10.3390/diseases9030047.
17. Rajpal S, Tong MS, Borchers J, Zareba KM, Obarski TP, Simonetti OP, et al. Cardiovascular magnetic resonance findings in competitive athletes recovering from COVID-19 infection. *JAMA Cardiol.* 2021;6(1):116-118. doi: 10.1001/jamacardio.2020.4916.
18. Belyi D, Nastina O, Sydorenko G, Kursina N, Bazyka O, Kovaliov O, Bazyka D. Analysis of clinical and functional indices of cardiovascular system in post-covid-19 emergency workers of the Chornobyl accident. *Probl Radiac Med Radiobiol.* 2022;27:290-306. doi: 10.33145/2304-8336-2022-27-290-306.
19. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardio-

ISSN 2304-8336. Проблеми радіаційної медицини та радіобіології = Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2025. Вип. 30.

R. M. Lang, L. P. Badano, V. Mor-Avi et al. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2015. Vol. 16. P. 233-271. doi:10.1093/ ehjci/jev014.

20. Серцево-судинні захворювання. Класифікація, стандарти діагностики та лікування / за ред. В. М. Коваленка, М. І. Лутая, Ю. М. Сиренка, О. С. Сичова. К. : МОРІОН, 2021. 320 с.
21. Campeau L. Letter: grading of angina pectoris. *Circulation*. 1976. Vol. 54, no 3. P. 522-523.
22. Пандемия COVID-19 и сердечно-сосудистые заболевания / В. Н. Коваленко, Е. Г. Несукай, Т. М. Корниенко, Н. С. Титова. *Український кардіологічний журнал*. 2020. Т. 27, № 2. С. 10-17. (doi.org/10.31928/1608-635X-2020.2.1017).
23. Risk factors for COVID-19 / J. Rashedi, B. M. Poor, V. Asgharzadeh, M. Pourostadi et al. *Le Infezioni in Medicina.* 2020. Vol. 4. P. 469-474.
24. COVID-19 and the heart: a systematic review of cardiac autopsies / A. Roshdy, S. Zaher, H. Fayed, J. G. Coghlan. *Front. Cardiovasc. Med*. 2021. Vol. 7. Art. 626975. doi: 10.3389/fcvm.2020.626975.
25. The science underlying COVID-19: implications for the cardiovascular system / P. P. Liu, A. Blet, D. Smyth, H. Li. *Circulation*. 2020. Vol. 142. P. 68-78. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.120.047549.
26. Cardiovascular considerations for patients, health care workers, and health systems during the COVID-19 pandemic / E. Driggin, M. V. Madhavan, B. Bikdeli et al. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2020. Vol. 75, no. 18. P. 2352-2371. doi: 10.1016/j.jacc.2020.03.031.
27. COVID-19 and the cardiovascular system / Y.-Y. Zheng, Y.-T. Ma, J.-Y. Zhang, X. Xie. *Nat. Rev. Cardio.* 2020. Vol. 17, no. 5. P. 259-260. doi: 10.1038/s41569-020-0360-5.
28. SARS-CoV-2 and pre-existing vascular diseases: guilt by association? / G. Voulalas, J. Tsui, L. Candilio, D. Baker. *Clinical Medicine Insights: Cardiology*. 2021. Vol. 15. P. 1-10. doi: 10.1177/11795468211010705.
29. Occurrence of comorbid diseases in patients after COVID-19 / U. Kamilova, A. Ermekbaeva, N. Nuritdinov et al. *J. Med. Life.* 2023. Vol. 16, no. 3. P. 447-450. doi: 10.25122/jml-2022-0168.
30. Risk of incident new-onset arterial hypertension after COVID-19 recovery: a systematic review and meta-analysis / M. Zuin, G. Rigatelli, C. Bilato et al. *High Blood Press Cardiovasc. Prev.* 2023. Vol. 30, no. 3. P. 227-233. doi: 10.1007/s40292-023-00574-5.
31. Long-term cardiovascular outcomes of COVID-19 / Y. Xie, E. Xu, B. Bowe, Z. Al-Alyal. *Nat Med.* 2022. Vol. 28, no. 3. P. 583-590. doi.org/10.1038/s41591-022-01689-3.
32. Arrhythmias and COVID-19 / P. Dherange, J. Lang, P. Qian et al. *J. Am. Coll. Cardiol. EP.* 2020. Vol. 6. P. 1193-1204. (doi.org/10.1016/j.jacep.2020.08.002).
33. Сичов О. С., Стасишена О. В. Вплив перенесеної інфекції COVID-19 на розвиток фібриляції передсердь та зміни її перебігу залежно від клініко-анамнестичних даних. *Український кардіологічний журнал.* 2023. Т. 30, № 5-6. С. 31-39. doi: 10.31928/2664_4479_2023.5_6.3139.
34. Cardiac arrhythmias in post-covid syndrome: prevalence, pathology, diagnosis, and treatment / A. Huseynov, I. Akin, D. Duerschvascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2015;16: 233-271. doi:10.1093/ehjci/jev014.
20. Kovalenko VM, Lutay MI, Syrenko YuM, Sychov OS, editors. [Cardiovascular diseases. Classification, standards of diagnosis and treatment]. Kyiv: MORION; 2021. 320 p. Ukrainian.
21. Campeau L. Letter: grading of angina pectoris. *Circulation*. 1976; 54(3):522-523.
22. Kovalenko VM, Nesukay EG, Kornienko TM, Titova NS. [COVID-19 pandemic and cardiovascular disease]. *Ukrainian Journal of Cardiology*. 2020;27(2):10-17. Russian. (doi.org/10.31928/1608-635X-2020.2.1017)
23. Rashedi J, Poor BM, Asgharzadeh V, Pourostadi M, Kafil HS, Vegari A, et al. Risk factors for COVID-19. *Le Infezioni in Medicina.* 2020;4: 469-474.
24. Roshdy A, Zaher S, Fayed H, Coghlan JG. COVID-19 and the heart: a systematic review of cardiac autopsies. *Front Cardiovasc Med.* 2021;7:626975. doi: 10.3389/fcvm.2020.626975.
25. Liu PP, Blet A, Smyth D, Li H. The science underlying COVID-19: implications for the cardiovascular system. *Circulation*. 2020;142: 68-78. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.120.047549.
26. Driggin E, Madhavan MV, Bikdeli B, Chuich T, Laracy J, Biondi-Zoccai G, et al. Cardiovascular considerations for patients, health care workers, and health systems during the COVID-19 pandemic. *J Am Coll Cardiol.* 2020;75(18):2352-2371. doi: 10.1016/j.jacc.2020.03.031.
27. Zheng Y-Y, Ma Y-T, Zhang J-Y, Xie X. COVID-19 and the cardiovascular system. *Nat Rev Cardio.* 2020;17(5):259-260. doi: 10.1038/s41569-020-0360-5.
28. Voulalas G, Tsui J, Candilio L, Baker D. SARS-CoV-2 and pre-existing vascular diseases: guilt by association? *Clinical Medicine Insights: Cardiology.* 2021;15:1-10. doi: 10.1177/11795468211010705.
29. Kamilova U, Ermekbaeva A, Nuritdinov N, Khamraev A, Zakirova G. Occurrence of comorbid diseases in patients after COVID-19. *J Med Life.* 2023;16(3):447-450. doi: 10.25122/jml-2022-0168.
30. Zuin M, Rigatelli G, Bilato C, Pasquetto G, Mazza A. Risk of incident new-onset arterial hypertension after COVID-19 recovery: a systematic review and meta-analysis. *High Blood Press Cardiovasc Prev.* 2023;30(3):227-233. doi: 10.1007/s40292-023-00574-5.
31. Xie Y, Xu E, Bowe B, Al-Alyal Z. Long-term cardiovascular outcomes of COVID-19. *Nat Med.* 2022;28(3):583-590. doi: doi.org/10.1038/s41591-022-01689-3.
32. Dherange P, Lang J, Qian P, Oberfeld B, Sauer WH, Koplan B, Tedrow U. Arrhythmias and COVID-19. *J Am Coll Cardiol EP.* 2020. Vol. 6. P. 1193-1204. doi: doi.org/10.1016/j.jacep.2020.08.002.
33. Sychov OS, Stasyshena OV. [The influence of a transferred infection of COVID-19 on the development of atrial fibrillation and changes in its course depending on clinical and anamnestic data]. *Ukrainian Journal of Cardiology*. 2023;30(5-6):31-39. Ukrainian. doi: doi.org/10.31928/2664_4479_2023.5_6.3139.
34. Huseynov A, Akin I, Duerschmied D, Scharf RE. Cardiac arrhythmias in post-covid syndrome: prevalence, pathology, diagnosis, and

mied, R. E. Scharf. *Viruses*. 2023. Vol. 15. P. 389. doi: https://doi. org/10.3390/v15020389.

35. Фридман А. Э. Основы метрологии. Современный курс. С.-Пб : НПО «Профессионал», 2008. 284 с.
36. Long COVID: post-acute sequelae of COVID-19 with a cardiovascular focus / B. Raman, D. A. Bluemke, T. F. Luscher, S. Neubauer. *Eur. Heart J.* 2022. Vol. 43, no. 11. P. 1157-1172. doi: 10. 1093/eurheartj/ehac031.
37. Myocardial dysfunction and risk of long COVID in patients recovered from mild and moderate COVID-19 / B. Zhou, Y. Zhang, S. Han et al. *Echocardiography*. 2025. Vol. 42, no. 3. P. e70120. doi: 10.1111/echo.70120.
38. Особливості розвитку хвороб системи кровообігу в учасників ліквідації наслідків Чорнобильської аварії / О. М. Настіна, Г. В. Сидоренко, Н. В. Курсіна та ін. *Журнал АМН України*. 2016. Т. 22(2). С. 179-186.

treatment. *Viruses* 2023;15:389. https://doi.org/10.3390/v15020389.

35. Friedman AE. [Fundamentals of metrology. Modern course]. St. Petersburg: Research and Production Association «Professional», 2008. 284 p. Russian.
36. Raman B, Bluemke DA, Luscher TF, Neubauer S. Long COVID: post-acute sequelae of COVID-19 with a cardiovascular focus. *Eur Heart J.* 2022;43(11):1157-1172. doi: 10.1093/eurheartj/ehac031.
37. Zhou B, Zhang Y, Han S, Zhang J, Song L, Wang H. Myocardial dysfunction and risk of long COVID in patients recovered from mild and moderate COVID-19. *Echocardiography*. 2025;42(3):e70120. doi: 10.1111/echo.70120.
38. Nastina OM, Sidorenko GV, Kursina NV, Bazyka OD, Makarevitch EM, Kruglova VO, et al. [Peculiarities of circulatory system diseases development in clean-up workers of the Chernobyl accident]. *J Acad Medi Sci Ukraine*. 2016;22(2):179-186 Ukrainian.

## ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

**Білий Давид Олександрович**, доктор медичних наук, старшій науковий співробітник, завідувач відділенням кардіології відділу терапії радіаційних наслідків Інституту клінічної радіології ННЦРМГО
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-2416-2800

**Настіна Олена Михайлівна**, кандидат медичних наук, провідний науковий співробітник відділення кардіології відділу терапії радіаційних наслідків Інституту клінічної радіології ННЦРМГО

**Сидоренко Геннадій Васильович**, кандидат медичних наук, старший науковий співробітник відділення кардіології відділу терапії радіаційних наслідків Інституту клінічної радіології ННЦРМ

**Курсіна Наталія Вікторівна**, кандидат медичних наук, старший науковий співробітник відділення кардіології відділу терапії радіаційних наслідків Інституту клінічної радіології ННЦРМГО

**Базика Олександр Дмитрович**, кандидат медичних наук, старший науковий співробітник відділення кардіології відділу терапії радіаційних наслідків Інституту клінічної радіології ННЦРМГО

**Ковальов Олександр Сергійович**, кандидат медичних наук, завідувач відділенням радіаційної кардіології клініки Інституту клінічної радіології ННЦРМГО

**Білая Вікторія Вікторівна**, лікар вищої категорії з «терапії», завідувач відділення радіаційно-індукованої соматичної патології клініки ННЦРМГО

**Базика Димитрій Анатолійович**, академік НАМН України, доктор медичних наук, професор, завідувач лабораторії імуноцитології відділу клінічної імунології Інституту клінічної радіології ННЦРМГО
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-9982-5990

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

**David A. Belyi**, MD, Doctor of Medical Sciences, PhD, the Head of Cardiology Department attached to Department for Treatment of Radiation Consequences, Institute of Clinical Radiology, NRCRMHO, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-2416-2800

**Olena M. Nastina**, MD, PhD, Leading Researcher of Cardiology Department attached to Department for Treatment of Radiation Consequences, Institute of Clinical Radiology, NRCRMHO, Kyiv, Ukraine

**Gennagyi V. Sydorenko**, MD, PhD, Senior Researcher of Cardiology Department attached to Department for Treatment of Radiation Consequences, Institute of Clinical Radiology, NRCRMHO, Kyiv, Ukraine

**Nataly V. Kursina**, MD, PhD, Senior Researcher of Cardiology Department attached to Department for Treatment of Radiation Consequences, Institute of Clinical Radiology, NRCRMHO, Kyiv, Ukraine

**Olexander D. Bazyka**, MD, PhD, Researcher of Cardiology Department attached to Department for Treatment of Radiation Consequences, Institute of Clinical Radiology, NRCRMHO, Kyiv, Ukraine

**Olexander S. Kovaliov**, MD, PhD, the Head of Radiation Cardiology Department, Hospital of NRCRMHO, Kyiv, Ukraine

**Victoria V. Bilaya**, MD, the Head of Radiation Induced Somatic Pathology Department, Hospital of NRCRMHO, Kyiv, Ukraine

**Dimitry A. Bazyka**, MD, Doctor of Medical Sciences, PhD, Academician of Ukrainian National Academy of Medical Sciences, Professor, the Head of Laboratory for Immunocytology attached to Clinical Immunology Department, Institute of Clinical Radiology NRCRMHO, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-9982-5990

*Стаття надійшла до редакції 13.10.2025* *Received: 13.10.2025*