

УДК: 616.12-009.72:616.127:578.834.1

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

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

АНАЛІЗ КЛІНІКО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ В УЧАСНИКІВ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АВАРІЇ ПІСЛЯ ПЕРЕНЕСЕНОГО COVID-19

Мета: визначити, які зміни клінічного та структурно-функціонального стану серцево-судинної системи можна пов'язати із перенесенням COVID-19, а не природним прогресуванням ішемічної хвороби серця (ІХС) в учасників ліквідації наслідків аварії (УЛНА) на Чорнобильській атомній електростанції.

Матеріали та методи. До дослідження увійшли 16 УЛНА чоловічої статі, які у 2020–2021 роках перехворіли на легкий та середньо-тяжкий COVID-19 (група УЛНА-К), якій був підтверджений ПЛР-тестом (полімеразна ланцюгова реакція). Всі ці пацієнти до зараження коронавірусом спостерігалися у відділенні кардіології ННЦРМ з приводу ІХС. Групу порівняння склали 32 УЛНА, які не хворіли на COVID-19, та їхній вік і строки обстежень відповідали УЛНА-К. При обстеженні хворих використовували загальноклінічні, лабораторні, статистичні методи та доплерехокардіографію.

Результати. У постковідному періоді в УЛНА-К спостерігалось погіршення клінічного перебігу ІХС, що полягало у збільшенні кількості пацієнтів зі стенокардією напруги тяжкого функціонального класу, з вентрикулярними і суправентрикулярними екстрасистолами, а також з більш тяжкою серцевою недостатністю (СН). Оскільки серед УЛНА, які не хворіли на COVID-19, виявлено аналогічні зміни стану серцево-судинної системи, то їх можна віднести за рахунок природного прогресування ІХС. В групі УЛНА-К відзначалося збільшення кількості пацієнтів з фібриляцією передсердь (ФП) у 4 рази (на 37,5%), тоді як в групі порівняння лише в 1,1 рази (на 3,1%). Прогресування ІХС та СН в обстежених пацієнтів супроводжувалося збільшенням кінцево-діастолічного та кінцево-систолічного об'ємів лівого шлуночка та маси міокарда, вираженість якого достовірно не відрізнялась у пацієнтів, які хворіли та не хворіли на COVID-19. Кількість постковідних пацієнтів зі зниженою фракцією викиду (ФВ) при обстеженні після COVID-19 зросла на 31,3%, а в групі УЛНА, які були обстежені в такі ж терміни, на 6,32%.

Висновки. Достовірно збільшення відносного числа пацієнтів з ФП та зниженою ФВ в УЛНА-К порівняно з УЛНА можна віднести до результатів впливу вірусу SARS-CoV-2 на серцево-судинну систему.

Ключові слова: учасники ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС, ішемічна хвороба серця, COVID-19, постковідний період, доплерехокардіографія.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2022. Вип. 27. С. 290–306. doi: 10.33145/2304-8336-2022-27-290-306

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

D. Belyi✉, O. Nastina, G. Sydorenko, N. Kursina, O. Bazyka, O. Kovaliov, D. Bazyka

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

ANALYSIS OF CLINICAL AND FUNCTIONAL INDICES OF CARDIOVASCULAR SYSTEM IN POST-COVID-19 EMERGENCY WORKERS OF THE CHORNOBYL ACCIDENT

Objective: to determine which changes of cardiovascular system clinical, and structural, and functional state in emergency workers (EW) of the accident at the Chornobyl nuclear power plant (CNNP) can be associated with COVID-19 they suffered from and not with the natural progression of coronary heart disease (CHD).

Materials and methods. The study included 16 male EW who fell ill with mild and medium-severe COVID-19 (EWC group) in 2020–2021, which was confirmed by a PCR test (polymerase chain reaction). All these patients were observed in the NRCRM cardiology department before infection with the coronavirus. The comparison group consisted of 32 EW who did not suffer from COVID-19 and their age and examination dates corresponded to EWC. General clinical, laboratory, statistical methods and Doppler echocardiography were used for patients examination.

Results. In the post-covid period, EW-C observed a worsening of CHD clinical course, which consisted in an increase in the number of patients with severe functional class angina pectoris, with ventricular and supraventricular extrasystoles, as well as with more severe heart failure (HF). Since similar changes in the state of the cardiovascular system were found among EW who did not suffer from COVID-19, they can be attributed to the natural progression of CHD. In the EW-C group, there was an increase in the number of patients with atrial fibrillation (AF) by 4 times (up 37.5 %), while in the comparison group EW only by 1.1 times (up 3.1 %). The progression of CHD and HF in the examined patients was accompanied by an increase in the end-diastolic and end-systolic volumes of the left ventricle and the mass of the myocardium, the severity of which was not significantly different in patients with and without COVID-19. The number of post-covid patients with reduced ejection fraction (EF) during examination after COVID-19 increased by 31.3 %, and in the group of EW, which were examined at the same time, by 6.32 %.

Conclusions. A significant increase in the number of patients with AF and a reduced EF in the EW-C compared with the EW can be attributed to the results of the SARS-CoV-2 virus influence on cardiovascular system.

Key words: emergency workers at the CNPP, coronary heart disease, COVID-19, post-covid period, Doppler echocardiography.

Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2022;27:290-306. doi: 10.33145/2304-8336-2022-27-290-306

ВСТУП

Спалах інфекції, викликаний β -коронавірусом, у 2020 р. був оголошений Всесвітньою організацією охорони здоров'я пандемією [1]. Однією з особливостей коронавірусної інфекції, що отримала назву COVID-19 (coronavirus disease, COVID-19), було ураження серцево-судинної системи. У пацієнтів з тяжким перебігом цього захворювання описані випадки розвитку гострого перикардиту та міокардиту, гострого інфаркту міокарда (ІМ), аритмій та венозної тромбоемболії [2–5], які зумовлюють високий ризик смерті. Однак, навіть після одужання від COVID-19 у багатьох пацієнтів без попередніх захворювань системи кровообігу виникають ознаки ураження міокарда, які зберігаються впродовж тижнів та місяців. Вони нарівні із залишковою пульмонологічною та

INTRODUCTION

An outbreak of infection caused by β -coronavirus was declared a pandemic by the World Health Organization in 2020 [1]. One of the coronavirus infection features, which was named COVID-19 (coronavirus disease, COVID-19), was cardiovascular system damage. Cases of acute pericarditis and myocarditis, acute myocardial infarction (MI), arrhythmias, and venous thromboembolism, which cause a high risk of death, have been described in patients with a severe course of this disease [2–5]. However, even after recovery from COVID-19, many patients with no previous disease of circulatory system develop signs of myocardial damage that persist for weeks or months. Along with residual pulmonary and neurological symptoms, they

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

неврологічною симптоматикою отримали назву «постковідного синдрому» або «тривалого ковіду».

Постковідний синдром може розвинути у будь-якого пацієнта незалежно від тяжкості COVID-19 та інтенсивності отриманого лікування [6]. Показано, що у пацієнтів, які лікувалися в лікарняних палатах і відділеннях реанімації та інтенсивної терапії, було мало відмінностей за частотою тривалості симптомів, пов'язаних з COVID-19 [7]. Більше того, навіть у спортсменів, жодному з яких не знадобилася госпіталізація або противірусна терапія, специфічна для COVID-19, було знайдено залишковий міокардит через довгий час після одужання [8].

Зважаючи на вищевикладене, певний інтерес викликає питання, наскільки COVID-19 впливає на перебіг постковідного періоду в осіб високого кардіального ризику, що є у пацієнтів, які брали участь у ліквідації наслідків (ЛНА) Чорнобильської аварії, та мають попередні хвороби системи кровообігу.

МЕТА

Визначити, які зміни клінічного та структурно-функціонального стану серцево-судинної системи можна пов'язати із перенесеним COVID-19, а не природним прогресуванням ішемічної хвороби серця (ІХС) в учасників ліквідації наслідків аварії (УЛНА) на Чорнобильській атомній електростанції.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

До дослідження увійшли 16 УЛНА чоловічої статі, які у 2020–2021 роках перехворіли на COVID-19 (група УЛНА-К). Всі ці пацієнти до зараження коронавірусом були під наглядом у відділенні кардіології ННЦРМ з приводу ІХС, тому була можливість порівняти клініко-функціональний стан серцево-судинної системи до та після перенесеної інфекції. У всіх 16 пацієнтів COVID-19 був підтверджений ПЛР-тестом (полімеразна ланцюгова реакція) та характерними симптомами: підвищенням температури, кашлем, стомлюваністю, втратою нюху та смакових відчуттів (останнє тільки у 10 осіб).

У 6 пацієнтів клінічний перебіг COVID-19 розцінювався як середньо-тяжкий, що потребує стаціонарного лікування у зв'язку з негоспітальною пневмонією. Інші 10 осіб лікувалися амбулаторно. Усі 16 пацієнтів при повторному надходженні демонстрували високий рівень IgG (від 5,6 до 9,2 індексу позитивності ІР, референсні значення 0–1,1).

Клінічна характеристика УЛНА-К на момент обстеження перед захворюванням на COVID-19 наведена в табл. 1.

have been called «post-covid syndrome» or «long-term covid».

The post-covid syndrome can develop in any patient regardless of the severity of COVID-19 and an intensity of the treatment [6]. It has been shown that in patients who were treated in medical wards and in resuscitation and intensive care, there were few differences for the symptoms duration associated with COVID-19 [7]. Moreover, in athletes, who did not need hospitalization or antiviral therapy, specific for COVID-19, was found to have residual myocarditis a long time after the recovery [8].

Considering the above, the question of how much COVID-19 affects the course of the post-covid period in persons with high cardiac risk, as in emergency workers (EW) of the Chernobyl accident, who have previous diseases of the circulatory system, is of some interest.

OBJECTIVE

Is to determine which changes of cardiovascular system clinical, and structural, and functional state in EW of the accident at the Chernobyl nuclear power plant (CNNP) can be associated with COVID-19 they suffered from and not with the natural progression of coronary heart disease (CHD).

MATERIALS AND METHODS

The study included 16 male EW who fell ill of COVID-19 in 2020–2021 (EWC group). All these patients were under the follow-up of the NRCRM cardiology department before infection with the coronavirus, so it was possible to compare cardiovascular system clinical and functional state before and after the infection. In all 16 patients, COVID-19 was confirmed by the PCR test (polymerase chain reaction) and distinctive symptoms: fever, cough, fatigue, loss of smell and taste (the latter was only in 10 persons).

In 6 patients, the clinical course of COVID-19 was considered medium-severe, requiring inpatient treatment due to community-acquired pneumonia. The other 10 people were treated on an outpatient basis. All 16 patients at re-admission showed a high level of IgG (from 5.6 to 9.2 IR positivity index, reference values 0–1.1).

The clinical characteristics of EWC at the time of examination before the COVID-19 are given in the table 1.

Таблиця 1

Вікова та клінічна характеристика пацієнтів при 1-му обстеженні, М ± SD та абс. / (%)

Table 1

Clinical and age characteristics of examined patients during 1st examination, M ± SD and persons / (%)

Показники / Indices	УЛНА-К / EWC n=16	УЛНА / EW n=32	U-тест Манн-Уїтні, p Mann-Whitney U test, p	p відношень p for ratio
Вік на момент першого обстеження, роки Mean age at a moment of the first examination, years	66,0 ± 7,1	68,9 ± 6,0	0,092	
Вік на момент останнього обстеження, роки Mean age at a moment of the last examination, years	67,8 ± 7,0	70,8 ± 6,0	0,065	
Маса тіла, кг / Body mass, kg	98,1 ± 13,0	93,2 ± 15,8	0,200	
Час між першим та другим обстеженням, дні Time between first and second examination, days	587,9 ± 490,8	698,1 ± 303,6	0,069	
ГХ загалом та за стадіями / NHD in general and by stages	15 (93,8)	32 (100,0)		> 0,05
> I	0 (0)	1 (3,1)		> 0,05
> II	6 (37,5)	18 (56,3)		> 0,05
> III	9 (56,3)	13 (40,6)		> 0,05
ІХС, в тому числі стенокардія / CHD including angina pectoris	6 (100)	32 (100)		> 0,05
> стенокардія відсутня / no angina pectoris	4 (25,0)	7 (21,9)		> 0,05
> ФК ¹ I / FC I	0	0		> 0,05
> ФК II / FC II	7 (43,8)	20 (62,5)		> 0,05
> ФК III / FC III	5 (31,2)	5 (15,6)		> 0,05
ІМ в анамнезі / Acute MI in anamnesis	10 (62,5)	10 (31,3)		< 0,05
Серцева недостатність, в тому числі / Heart failure, including	16 (100)	32 (100)		> 0,05
> I (as NYHA ² I–II)	6 (37,5)	16 (50,0)		> 0,05
> IIA (as NYHA III)	10 (62,5)	16 (50,0)		> 0,05
Порушення ритму серця / Arrhythmias				
> ФП (AF)	2 (12,5)	7 (21,9)		> 0,05
> ВЕ (VE)	2 (12,5)	6 (18,8)		> 0,05
> СВЕ (SVE)	1 (6,3)	4 (12,5)		> 0,05
Блокади ніжок пучка Гіса, His bundles branches block, в тому числі повні /including complete block	6 (37,5) 4 (25,0)	10 (31,1) 8 (25,0)		> 0,05 > 0,05
АВ-блокади / AV-blockage	0 (0)	2 (6,3)		> 0,05
Ожиріння / Obesity	12 (75)	19 (59,4)		> 0,05
Супутній ЦД, тип 2 / Concurrent DM	6 (37,5)	11 (34,4)		> 0,05

Примітки. ¹Функціональний клас за класифікацією Канадської асоціації кардіологів; функціональна класифікація ХСН Нью-Йоркської кардіологічної асоціації.
Notes. ¹Grade according to Canadian Cardiovascular Society classification [9]; ²New-York Heart Association.

Групу порівняння створювали з 350 УЛНА чоловічої статі з ІХС, які не були інфіковані коронавірусом. Критеріями виключення були невідповідність віковому діапазону УЛНА-К (50–83,1 року) і відсутність попереднього обстеження, як мінімум двічі, між датами 04.04.2016 та 20.11.2020, як це було серед УЛНА-К. Таким чином, група порівняння складалась із 32 пацієнтів. Строки першого обстеження у них відповідали строкам обстеження в УЛНА-К до захворювання на COVID-19. Строки другого обстеження в УЛНА відповідали таким в УЛНА-К після перенесеної інфекції.

Як видно з табл. 1, за основними клінічними параметрами групи УЛНА-К та УЛНА достовірно не розрізнялися за непараметричним критерієм Манн-Уїтні, який використовували, тому що досліджувані

The comparison group was created from 350 male EW with CHD who were not infected with the coronavirus. Exclusion criteria were non-compliance with the age range of EWC (50–83.1 years) and the absence of a previous examination, at least twice, between the dates 04.04.2016 and 11.20.2020, as was the case among EWC. Thus, the comparison group consisted of 32 patients. The terms of their first examination corresponded to the examination terms EWC before COVID-19. The terms of the second examination in EW corresponded to those in EWC after the COVID-19 convalescence.

As can be seen from the Table 1, for the main clinical parameters EWC and EW groups did not significantly differ according to the non-parametric Mann-Whitney test, which was used because

вибірки не відповідали закону нормального розподілу.

Частота зустрічальності в обох групах гіпертонічної хвороби (ГХ) різних стадій, ІХС зі стенокардією напруги різних функціональних класів, серцевої недостатності (СН), ожиріння та супутнього цукрового діабету (ЦД) достовірно не відрізнялася. Не відмічено статистичних відмінностей частки осіб з порушеннями ритму у вигляді фібриляції передсердь (ФП), вентрикулярних (ВЕ) та суправентрикулярних (СВЕ) екстрасистол, блокад ніжок пучка Гіса та АВ-блокад.

Винятком стало достовірно більше відносне число пацієнтів з перенесеним ІМ в УЛНА-К. Всі пацієнти обох груп перенесли ІМ до 1 обстеження, давність його складала в групі УЛНА-К від 7,1 до 30,2 року, серед УЛНА – від 2,1 до 28 років.

Таким чином, можна стверджувати, що групи були зіставними за віковими та клінічними показниками, а також часовими параметрами обстеження.

Ультразвукове дослідження серця виконували за допомогою системи Diagnostic Ultrasound System DS-N3 (Mindray) згідно з рекомендованою методикою [10] у М-та В-режимі. Основними вимірювальними параметрами були кінцевий діастолічний (КДР, мм) і кінцевий систолічний (КСР, мм) розміри лівого шлуночка (ЛШ), товщина міжшлуночкової перетинки (тМШП, мм) і задньої стінки ЛШ (тЗС, мм) в діастолу, за якими розраховували кінцевий діастолічний (КДО, мл), систолічний (КСО, мл) об'єми ЛШ серця, фракцію викиду (ФВ, %), масу міокарда ЛШ (ММ, г). До розрахункових параметрів за формулою Тейхольця (Teichloz) також відносились індекси КСО (ІКСО, мл/м²), КДО (ІКДО, мл/м²), маси міокарда (ІММ, г/м²) як відношення відповідного показника до площі поверхні тіла. Кількісну ехокардіографічну оцінку порожнин серця здійснювали відповідно до рекомендацій Американського товариства з ехокардіографії та Європейської асоціації серцево-судинної візуалізації (American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging) [11].

За результатами доплерехокардіографічного дослідження визначали ознаки діастолічних порушень за рекомендаціями Американського товариства з ехокардіографії та Європейської асоціації серцево-судинної візуалізації (American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging) [12].

Статистична обробка всіх результатів досліджень проведена за допомогою комп'ютерної програми SPSS 26 (ознайомлювальна версія).

the studied samples did not conform to the law of normal distribution.

The frequency of occurrence in both groups of hypertensive heart disease (HHD) of different stages, CHD with angina pectoris of various functional classes (FC), heart failure (HF), obesity, and concomitant diabetes mellitus (DM) did not differ significantly. No statistical differences were found in the proportion of people with rhythm disturbances in the form of atrial fibrillation (AF), ventricular (VE) and supraventricular (SVE) extrasystoles, bundle branch block, and AV block.

The exception was the significantly larger relative number of patients with MI in EWC. All patients of both groups underwent MI before the 1st examination, its duration in the EWC group was from 7.1 to 30.2 years, among EW – from 2.1 to 28 years.

Thus, it can be stated that the groups were comparable in terms of age and clinical parameters, as well as time parameters of the examination.

Ultrasound examination of the heart was performed using the Diagnostic Ultrasound System DS-N3 (Mindray) according to the recommended method [10] in the M- and B-mode. The main measurement parameters were the end-diastolic (EDD, mm) and end-systolic (ESD, mm) dimensions of the left ventricle (LV), the thickness of the interventricular septum (IVS, mm) and the LV posterior wall (PWT, mm) in diastole, which were used to calculate the LV end diastolic (EDV, ml), end systolic (ESV, ml) volumes, ejection fraction (EF, %), LV myocardial mass (MM, g). The calculation parameters according to the Teichloz formula also included the indexes of ESV (IESV, ml/m²), EDV (IEDV, ml/m²), myocardial mass (IMM, g/m²) as the ratio of the corresponding indicator to the body surface area. Quantitative echocardiographic evaluation of heart cavities was performed in accordance with the recommendations of the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging [11].

According to the results of the Doppler echocardiographic study, signs of diastolic disorders were determined according to the recommendations of the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging [12].

Statistical processing of all research results was carried out using the computer program SPSS 26 (trial version).

РЕЗУЛЬТАТИ

Під час другого обстеження із всіх пацієнтів, котрі перенесли COVID-19, 14 осіб (87,5 %) пред'являли скарги на м'язову слабкість і знижену витривалість фізичних навантажень через втому і задишку, які швидко наростають, у 15 осіб (93,8 %) зазначалося підвищення цифр артеріального тиску (АТ) вище 139/89 мм рт. ст. (межа високого нормального тиску), незважаючи на постійний прийом гіпотензивних препаратів, 9 осіб (60 %) відчували перебої серцевого ритму, причому у 6 (37,5 %) вони були постійними, у 6 (37,5 %) у терміни від 1 до 2 місяців після перенесеного COVID-19 був характерний для стенокардії біль в ділянці серця і за грудниною, що призвело до збільшення дози антиангінальних препаратів.

Під час хвороби COVID-19 та у постковідному періоді схудли 9 осіб (56,3 %) на 2–9 кг, у одного маса тіла залишилася незмінною, а 6 осіб (37,5 %) додали у масі тіла від 1 до 15 кг, однак, незважаючи на таку динаміку, загальна кількість осіб з ожирінням (індекс маси тіла 30 і більше kg/m^2) склала 13 (81,3 %) пацієнтів, середні показники маси тіла ($98,1 \pm 14,8$) кг.

У групі УЛНА до 2-го обстеження маса тіла зменшилася у 14 пацієнтів (43,8 %), залишилася незмінною у 8 осіб (25 %) та зросла у 10 (31,3 %), середні значення практично не змінилися – ($94,4 \pm 15,9$) кг (табл. 1). Число осіб з ожирінням у цій групі залишалося незмінним і становило 59,4 % без достовірної різниці з групою УЛНА-К.

За даними клініко-лабораторного обстеження УЛНА-К в постковідному періоді частка осіб з ГХ різних стадій не змінилася. У одного пацієнта взагалі були відсутні ознаки ГХ (рис. 1). В групі УЛНА у двох пацієнтів спостерігалось прогресування ГХ, в результаті якого в одного хворого стадія ГХ зросла з I до II, а в іншого – з II до III. У групі осіб, які не хворіли на COVID-19, за результатами другого обстеження у 28 осіб (87,5 %) відзначали зростання АТ вище високого нормального тиску, 14 пацієнтів (43,8 %) скаржилися на постійне чи періодичне відчуття перебоїв серцевого ритму, у 10 осіб (31,3 %) знизився поріг больової чутливості стенокардії напруги. Відмінності між групами не мали статистичної достовірності.

У одного пацієнта (6,3 %) з ІХС, кардіосклерозом, порушеннями ритму та провідності, після перенесеного COVID-19 вперше виникла стенокардія, яку при обстеженні в терміни, що переви-

RESULTS

During the second examination, of all patients who suffered from COVID-19, 14 persons (87.5 %) complained of muscle weakness and reduced endurance of physical exertion in connection with fatigue and shortness of breath, which rapidly increased. An elevated blood pressure (BP) above 139/89 mm Hg (the limit of high normal pressure) was registered in 15 patients (93.8 %) despite the constant use of hypotensive drugs. Nine patients (60 %) experienced the irregular heart rhythm, and in 6 ones of them (37.5 %) it was the constant. Six EWC (37.5 %) in terms of 1 up to 2 months after the recovery from COVID-19 had the pain in the heart area and behind the sternum that was diagnosed as angina pectoris and led to an increase of anti-anginal drugs dose.

During the COVID-19 disease and in the post-covid period 9 patients (56.3 %) lost their weight by 2–9 kg, one person's body weight remained unchanged, and 6 people (37.5 %) gained weight from 1 to 15 kg, however, despite such dynamics, the total number of obese persons (body mass index of 30 and more kg/m^2) was 13 (81.3 %) patients, the average weight was (98.1 ± 14.8) kg.

In the ULNA group, before the 2nd examination, body weight decreased in 14 patients (43.8 %), remained unchanged in 8 patients (25 %) and increased in 10 (31.3 %), the average values practically did not change – 94.4 ± 15.9 kg (Table 1). The number of obese persons in this group remained unchanged and amounted to 59.4 %, with no significant difference from the EWC group.

According to the clinical and laboratory examination of EWC in the post-covid period, the proportion of people with HHD of various stages did not change. One patient had no signs of HHD at all (Fig. 1). In the EW group, progression of HHD was observed in 2 patients, as a result of which the HHD stage increased from I to II in one patient, and from II to III in the other. According to the results of the second examination in the group of people who did not suffer from COVID-19, 28 persons (87.5 %) had an increased BP above high normal pressure, 14 patients (43.8 %) complained of a constant or periodic feeling of heart rhythm irregularity, 10 patients (31.3 %) pointed out a decrease of angina sensitivity threshold. Differences between groups did not have statistical significance.

One patient (6.3 %) with diagnosed CHD as cardiosclerosis with rhythm and conduction disorders without angina, after COVID-19 recovery demonstrated the angina occurrence for the first time, which

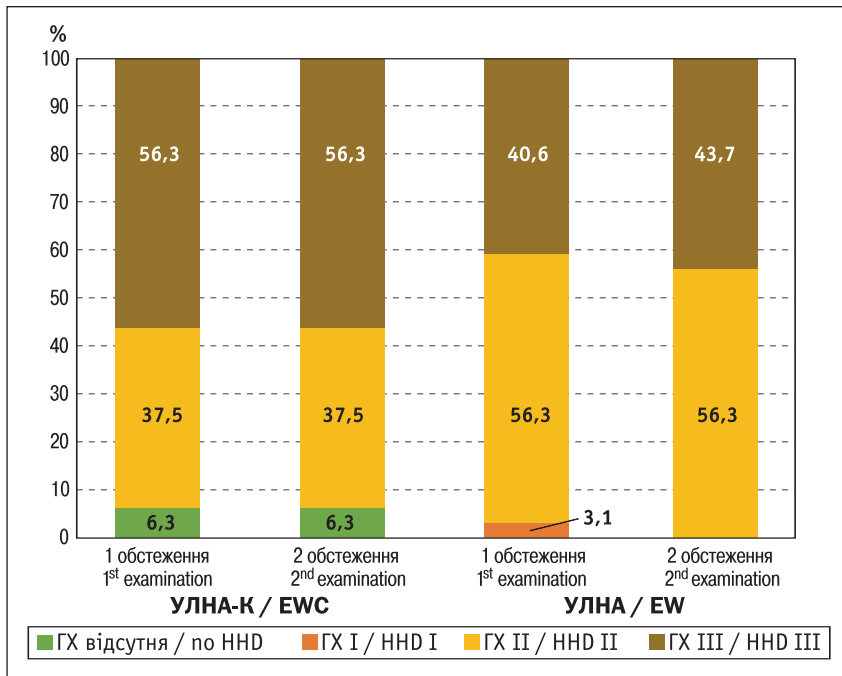


Рисунок 1. Частота ГХ різних стадій в УЛНА-К та УЛНА при 1-му та 2-му обстеженнях

Figure 1. HHD of different stage frequency rate in EWC and EW at the 1st and 2nd examinations

щують 28 днів, розцінювали як стенокардію напруги ФК III (рис. 2). Ще в одного пацієнта зміна характеру ангінозного болю свідчила, що ФК стенокардії з II зріс до III. Із двох пацієнтів (6,3 %) УЛНА з діагнозом «ІХС, кардіосклероз» при 2-му обстеженні в одного було діагностовано стенокардію ФК I, а в іншого – ФК II. У 4 пацієнтів (12,5 %) тяжкий перебіг стенокардії призвів до зростання ФК з II до III. З цих даних випливає, що погіршення перебігу коронарного атеросклерозу було практично рівним у групі УЛНА та УЛНА-К (18,8 % проти 12,5 %, $p > 0,05$), незважаючи на дещо більше число УЛНА-К з ФК III (43,8 % проти 31,3 %, $p > 0,05$).

Друге обстеження показало, що у 2 пацієнтів (12,5 %) з'явилися ВЕ та ще у 2 СВЕ, яких не було до COVID-19, а ФП зафіксована ще у 6 осіб (37,5 %): із них у 3 пароксизмальна та у 3 постійна форма (рис. 3). Таким чином, кількість УЛНА-К із ФП зросло в чотири рази.

У групі УЛНА під час 2-го обстеження порушення ритму, яких не фіксували при 1-му обстеженні, виявили у 5 пацієнтів (15,6 %): у 2 – ВЕ, у 2 – СВЕ та у 1-го пароксизми ФП. Частота екстрасистолічної аритмії, яка вперше виявлена при 2-му обстеженні, достовірно не розрізнялась між УЛНА-К (25 %) та УЛНА (12,5 %), тоді як частота ФП у перших значно перевищувала таку в групі УЛНА (37,5 % проти 3,1 % $p < 0,01$).

Частка пацієнтів із блокадами ніжок пучка Гіса та АВ-блокадами була однаковою при 1-му та 2-му обстеженнях в обох групах.

was considered as exertional stenocardia of FC III 28 days later (Fig. 2). In another patient, a change in the nature of anginal pain indicated that the stenocardia FC increased from II to III. Among two EW patients (6.3 %) with a diagnosis of «CHD, cardiosclerosis» at the 2nd examination, one was diagnosed with stenocardia FC I, and the other with stenocardia FC II. In 4 patients (12.5 %), the severe course of angina led to an increase in FC from II to III. It follows from these data that the deterioration of the course of coronary atherosclerosis was almost equal in the EW and EWC groups (18.8 % vs. 12.5 %, $p > 0.05$), despite a slightly higher number of EWC with FC III (43.8 % vs. 31.3 %, $p > 0.05$).

The second examination showed that VE were revealed in 2 EWC (12.5 %) and SVE in 2 ones more, which were not present before COVID-19. AF was recorded in 6 more people (37.5 %): 3 of them have a paroxysmal form and 3 have a permanent form (Fig. 3). Thus, the number of EWC with AF increased fourfold.

During the 2nd examination in the EW group, rhythm disturbances, which were not recorded during the 1st examination, were detected in 5 patients (15.6 %): in 2 patients VE, in 2 SVE, and in one patient paroxysms of AF. The frequency of extrasystolic arrhythmia, which was first detected at the 2nd examination, did not reliably differ between EWC (25 %) and EW (12.5 %), while the frequency of AF in EWC was significantly higher than in EW (37.5 % vs. 3.1 %; $p < 0.01$).

The proportion of patients with bundle branch blocks and AV blocks was the same at the 1st and 2nd examinations in both groups.

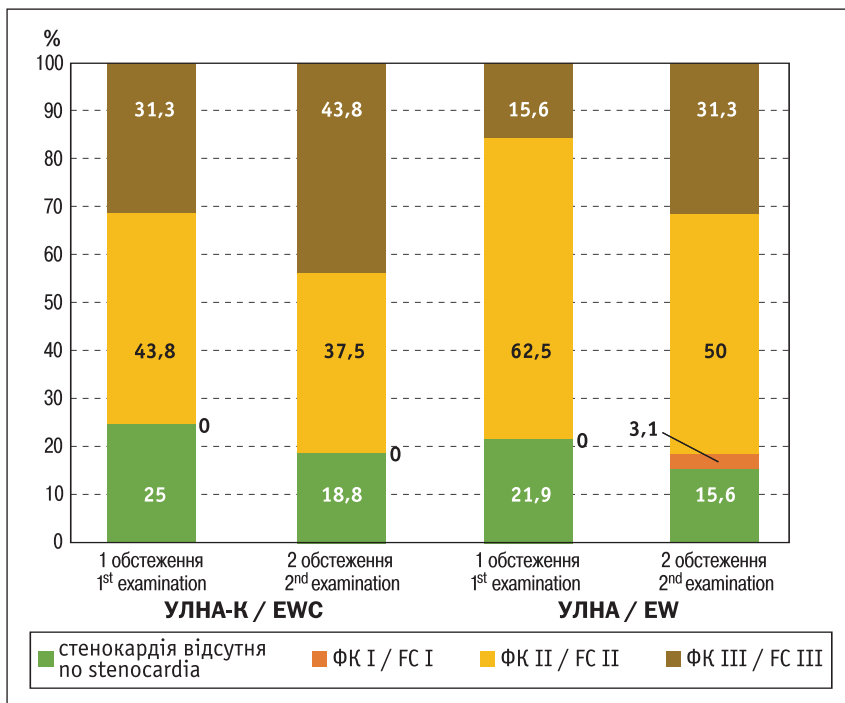


Рисунок 2. Частота ІХС зі стенокардією різного ФК в УЛНА-К та УЛНА при 1-му та 2-му обстеженнях

Figure 2. CHD with angina pectoris frequency rate in EWC and EW at the 1st and 2nd examinations

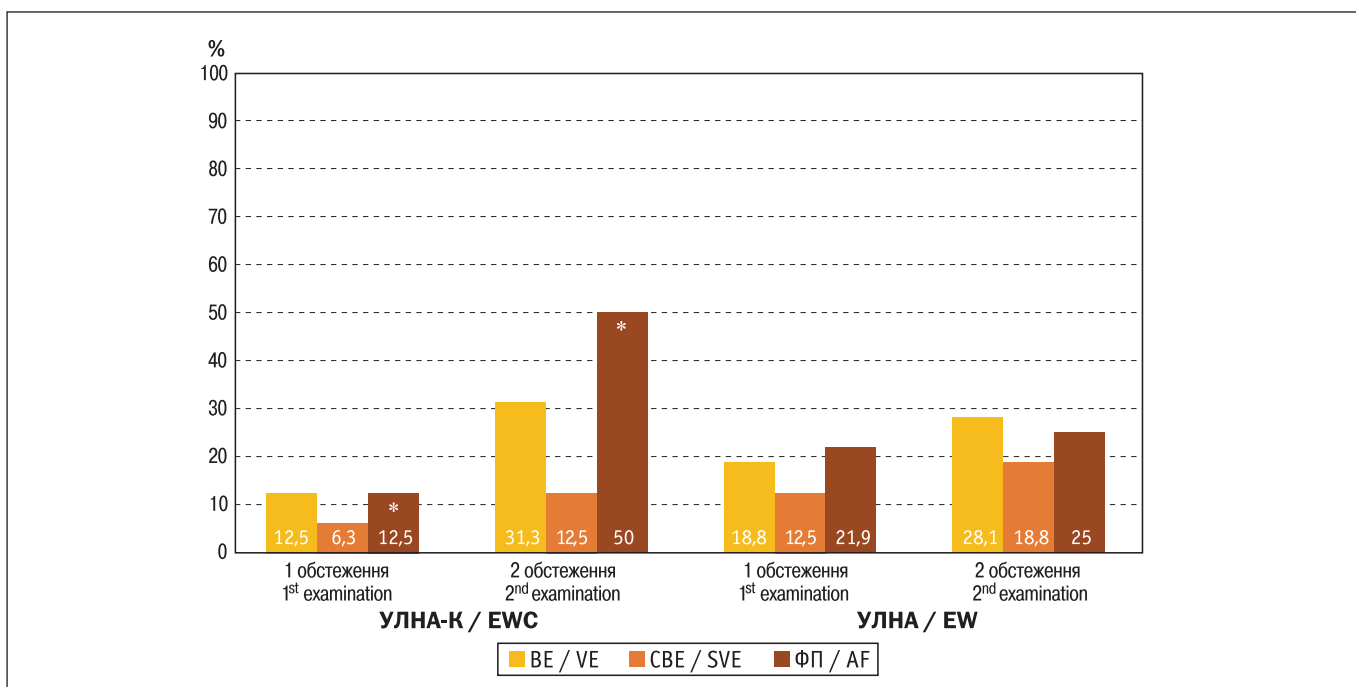


Рисунок 3. Частота різних порушень ритму в УЛНА-К та УЛНА при 1-му та 2-му обстеженнях

Статистична помилка між 1 та 2 обстеженням, * $p < 0,05$

Figure 3. Frequency rate of different rhythm disturbances in EWC and EW at the 1st and 2nd examinations

* $p < 0.05$

У 2 пацієнтів (12,5 %) УЛНА-К та одного УЛНА (3,1 %) при 2-му обстеженні діагностували СН ІІА, що було викликано погіршенням перебігу ІХС, оскільки при 1-му обстеженні симптоматика СН відповідала І стадії (рис. 4). Хоча частка пацієнтів УЛНА-К із СН ІІА була вищою, ніж у УЛНА, статистичної достовірності відмінностей не було.

Таким чином проведений аналіз показав, що між 1-м і 2-м обстеженнями в обох групах погіршився

In 2 EWC (12.5 %) and one EW (3.1 %) at the 2nd examination, HF ІІА was diagnosed, which was caused by the deterioration of CHD course, since at the 1st examination the symptoms of HF corresponded to the HF І (Fig. 4). Although the proportion of EWC patients with HF ІІА was higher than in EW the differences were not statistically significant.

The analysis carried out in this way showed that between the 1st and 2nd examinations in both

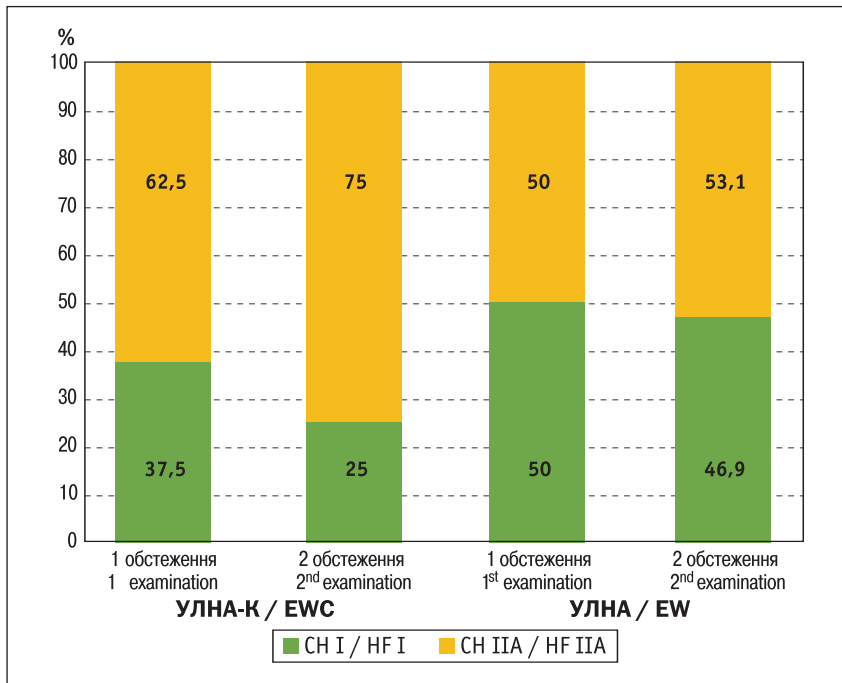


Рисунок 4. Частота СН в УЛНА-К та УЛНА при 1-му та 2-му обстеженнях

Figure 4. CHF frequency rate in EWC and EW at the 1st and 2nd examinations

клінічний перебіг ІХС, що полягало у збільшенні відносної кількості осіб зі стенокардією тяжкого ФК, з ВЕ та СВЕ, ФП, а також з більш тяжкою СН, що в цілому можна віднести на рахунок природного прогресування основного захворювання. Однак, привертає увагу той факт, що після перенесеного COVID-19 число осіб із ФП збільшилося в 4 рази, тоді як у групі УЛНА в 1,1 рази. Аналіз таблиць спряженості показав, що співвідношення шансів розвитку ФП в групі УЛНА-К було 18,6 (95 % довірчий інтервал: 2,0–173,6; χ^2 Пірсона = 10,118 при $p = 0,001$, з точним критерієм Фішера $p = 0,004$).

Для аналізу структурно-функціонального стану міокарда ЛШ застосовували непараметричний критерій Манн-Уїтні для двох незалежних вибірок, порівнюючи результати між УЛНА-К та УЛНА на кожному етапі обстеження, та критерій Вілкоксона для двох зв'язаних вибірок, коли в кожній із груп зіставляли результати, отримані при 1-му та 2-му обстеженні.

Як видно з табл. 2, при 1-му обстеженні практично всі величини об'ємів ЛШ, ММ та ІММ були помітно вищими в УЛНА-К порівняно з УЛНА, за фактичної рівності показників тЗС і тМШП в обох групах. При 2-му обстеженні зберігалася та ж тенденція великих значень середніх об'ємів ЛШ в УЛНА-К, тоді як величина ММ та ІММ, тЗС та тМШП були такі ж, як в УЛНА. Однак відмінності жодного з наведених показників не мали статистичної достовірності згідно з U-критерієм Манн-Уїтні. Крім того, середні значення деяких показників не виходили за межі верхньої норми (в табл. 2 вони надруковані курсивом).

groups, the clinical course of CHD worsened, which consisted in an increased portion of patients with stenocardia of severe FC, with VE and SVE, AF and severe HF, which in general can be attributed to CHD natural progression. However, the fact that after recovery from COVID-19 the number of people with AF increased by 4 times, while in the EW group by 1.1 times, attracts attention. The analysis of contingency tables showed that the odds ratio for AF developing in EWC was 18.6 (95 % confidence interval: 2.0–173.6; Pearson's $\chi^2 = 10.118$ at $p = 0.001$, with Fisher's exact test $p = 0.004$).

To analyze the structural and functional state of the LV myocardium, the non-parametric Mann-Whitney test was used for two independent samples, comparing the results between EWC and EW at each stage of the examination, and the Wilcoxon test for two connected samples, when the results obtained during the 1st and 2nd examination were compared in each group.

As can be seen from the table 2, during the 1st examination, almost all values LV volumes LV, MM and IMM were significantly higher in EWC compared to EW, given the actual equality of PWT and IVS in both groups. At the 2nd examination, the same trend of large average values for LV volumes in EWC was maintained, while the value of MM and IMM, PWT and IVS were the same as in EW. However, the differences in none of the above indices had statistical significance according to the Mann-Whitney U-test. In addition, the average values of some indices did not go beyond the upper limit (in Table 2, they are printed in italics).

Таблиця 2

Показники структурно-функціонального стану міокарду ЛШ в УЛНА-К та УЛНА при 1-му і 2-му обстеженнях, М ± SD

Table 2

Indices of LV myocardium structural and functional state in EWC and EW at 1st and 2nd examinations

Показники / Indices	1-ше обстеження 1 st examination		2-ге обстеження 2 nd examination		U-тест Манн-Уїтні, <i>p</i> Mann-Whitney U test, <i>p</i>		Вілкоксона тест, <i>p</i> Wilcoxon test, <i>p</i>	
	УЛНА-К / EWC n=16	УЛНА / EW n=32	УЛНА-К / EWC n=16	УЛНА / EW n=32	<i>p</i> ₁	<i>p</i> ₂	<i>p</i> ₃	<i>p</i> ₄
	КДО, мл / EDV, ml	151,6 ± 34,1	143,2 ± 29,7	171,6 ± 53,9	155,8 ± 34,1	0,575	0,405	0,132
ІКДО, мл·м ⁻² / IEDV, ml·m ⁻²	72,2 ± 17,6	69,5 ± 15,0	81,8 ± 25,7	75,0 ± 14,7	0,718	0,582	0,112	0,055
КСО, мл / ESV, ml	70,8 ± 23,1	60,7 ± 23,8	89,6 ± 42,6	65,2 ± 23,4	0,133	0,074	0,045	0,060
ІКСО, мл·м ⁻² / IESV, ml·m ⁻²	33,7 ± 11,0	29,6 ± 12,4	42,7 ± 20,4	31,5 ± 10,9	0,136	0,080	0,041	0,081
ФВ, % / EF, %	53,6 ± 7,3	58,5 ± 10,7	49,8 ± 8,6	58,8 ± 8,8	0,038	0,003	0,038	0,136
ТЗС, мм / PWT, mm	11,3 ± 1,7	11,1 ± 1,3	11,1 ± 1,1	11,5 ± 1,8	0,438	0,575	0,583	0,395
ТМШП, мм / ST, mm	12,6 ± 1,7	12,7 ± 2,0	12,3 ± 1,5	12,9 ± 2,2	0,902	0,429	0,605	0,614
ММ, г / LVM, g	284,3 ± 66,1	271,1 ± 60,4	295,3 ± 62,3	294,8 ± 73,6	0,547	0,796	0,629	0,031
ІММ, г·м ⁻² / ILVM, g·m ⁻²	135,7 ± 34,1	131,1 ± 27,8	140,3 ± 27,0	141,7 ± 32,8	0,678	0,920	0,000	0,045

Примітки. *p*₁ – статистичні помилка різниці між УЛНА-К та УЛНА при 1-му обстеженні; *p*₂ – статистичні помилка різниці між УЛНА-К та УЛНА при 2-му обстеженні;

*p*₃ – статистичні помилка різниці між УЛНА-К при 1-му та 2-му обстеженнях; *p*₄ – статистичні помилка різниці між УЛНА при 1-му та 2-му обстеженнях.

Notes. *p*₁ – statistical error of EWC and EW difference at the 1st examination; *p*₂ – statistical error of EWC and EW difference at the 2nd examination; *p*₃ – statistical error of the difference between EWC at the 1st and 2nd examinations; *p*₄ – statistical error of the difference between EW at the 1st and 2nd examinations.

В обох групах, УЛНА-К та УЛНА, всі наведені в табл. 2 середні значення показників об'ємів, ММ та ІММ при 2-му обстеженні були вищими, ніж при першому, при достовірності відмінностей КСО, іКСО та ІММ в УЛНА-К та КДО, ММ та ІММ в УЛНА.

Зростання середніх величин показників структурно-функціонального стану міокарда ЛШ при 2-му обстеженні закономірно супроводжувалося підвищенням відносної кількості осіб в обох групах, у яких ці показники перевищували верхню межу норми (рис. 5), але без статистичної достовірності відмінностей як між групами, так і всередині кожної з груп.

ФВ, як показник систолічної функції ЛШ, була достовірно нижчою в УЛНА-К при 1-му та 2-му обстеженнях порівняно з УЛНА (табл. 2). До захворювання на COVID-19 у половини пацієнтів групи УЛНА-К була знижена ФВ (рис. 5), тоді як у групі УЛНА лише у 31,3 % (*p* > 0,05). Після перенесеного COVID-19 кількість осіб із систолічною дисфункцією достовірно зросла до 81,3 % (в 1,63 раза). В групі УЛНА цей показник підвищився лише на 6,3 %. Відмінності в частоті зниженої ФВ між УЛНА-К і УЛНА склали 46,9 % (*p* < 0,001).

Для перевірки положення про можливу залежність величини ФВ від часу, який минув від дати захворювання на COVID-19 до 2-го обстеження, був проведений кореляційний аналіз. Він показав, що зв'язку між цими двома величинами фактично

In both groups, EWC and EW, all average values of volume indices, MM and IMM at the 2nd examination that are listed in the table 2 were higher than at the 1st examination with the reliability of differences of ESV, IESV and IMM in EWC and EDV, MM and IMM in EW.

The increase of average values for LV structural and functional state indices during the 2nd examination was naturally accompanied by an increase of proportion of both groups patients in whom these indicators exceeded the upper limit of the norm (Fig. 5), but without statistical significance of differences both between groups and within each of the groups.

EF, as the indicator of LV systolic function, was significantly lower in EWC at the 1st and 2nd examinations compared to EW (Table 2). Before the disease of COVID-19, half of the patients in the EWC group had reduced EF (Fig. 5), while in the EW group only 31.3 % (*p* > 0.05). After COVID-19, the number of people with systolic dysfunction significantly increased to 81.3 % (1.63 times). In the EW group, this index increased by only 6.3 %. Differences in the frequency of reduced EF between EWC and EW amounted to 46.9 % (*p* < 0.001).

A correlation analysis was conducted to verify the statement about the possible dependence of the EF value on the time elapsed from the date of the COVID-19 disease to the 2nd examination. It showed that the relationship between these two values actu-

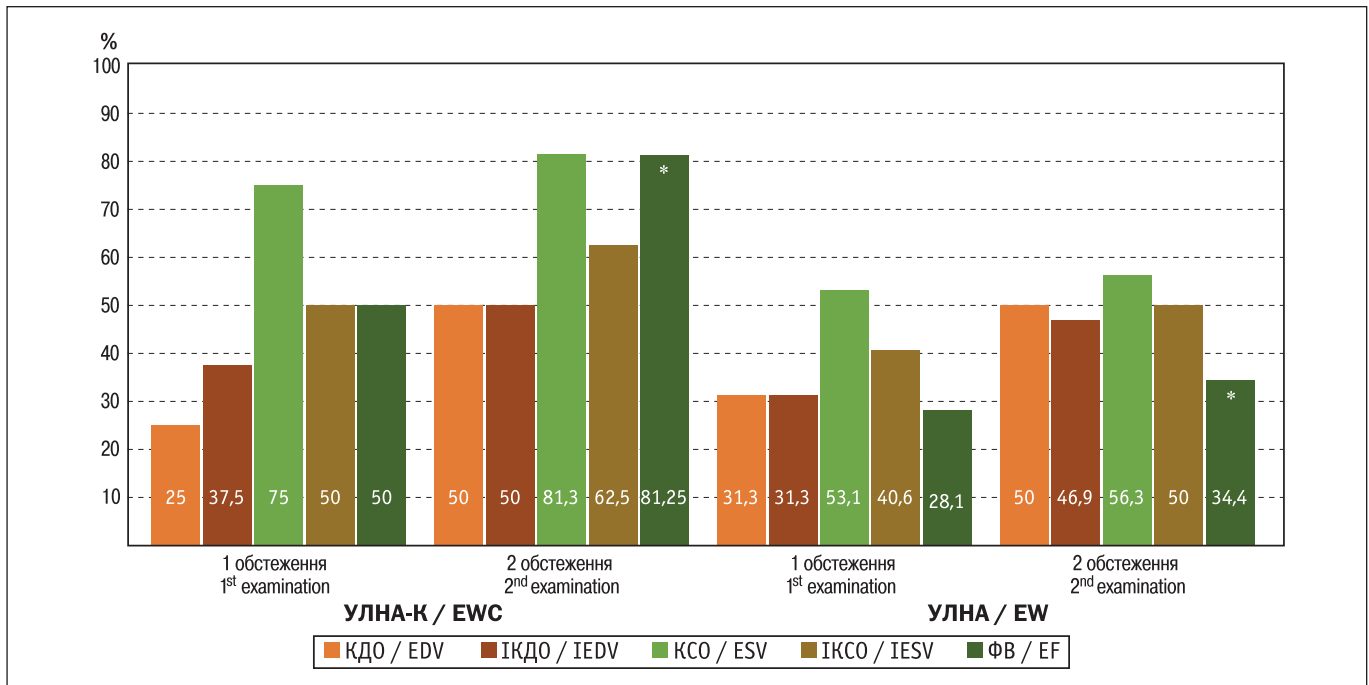


Рисунок 5. Відносне число пацієнтів зі збільшенням КДО, ІКДО, КСО, ІКСО та зі зниженою ФВ в УЛНА-К та УЛНА при 1-му та 2-му обстеженнях

Статистична помилка при 2-му обстеженні між УЛНА-К та УЛНА, * – $p < 0,0015$

Figure 5. Proportion of patients with increased EDV, IEDV, ESV, IESV and decreased EF in EWC and EW at the 1st and 2nd examinations

Statistical error on 2nd examination between EWC and EW, * – $p < 0.001$

не існує: $r = 0,236$ при $p = 0,379$. Не виявлено кореляції між часом, який минув після COVID-19, та іншими ехокардіографічними показниками.

Застосування доплерехокардіографії дозволило визначити в обох групах наявність і характер діастолічної дисфункції (ДДФ). Виняток становили особи з ФП, у яких було неможливо визначити діастолічну функцію ЛШ: по 2 пацієнти серед УЛНА-К та УЛНА. Якщо при 1-му обстеженні в групі УЛНА-К був один пацієнт з нормальною діастолічною функцією ЛШ і один з III типом ДДФ (рис. 6), то при 2-му обстеженні діастолічна функція у них не визначалася через ФП, що виникла, те ж саме стосувалося і 2 пацієнтів з I типом ДДФ. При 2-му обстеженні у 8 хворих на УЛНА-К зберігався I тип ДДФ, а у 2 пацієнтів ДДФ прогресувала до II типу. В групі УЛНА при 1-му обстеженні у 2 пацієнтів була ФП, а при 2-му – вже у чотирьох. Порівняно з УЛНА-К у цій групі було достовірно менше осіб з I типом ДДФ і більше з II типом. При 2-му обстеженні відносно число УЛНА з I і II типами ДДФ збільшувалося без достовірності відмінностей з УЛНА-К.

При аналізі клінічних показників і показників структурно-функціонального стану міокарда ЛШ у постковідному періоді не виявлено будь-яких

ally does not exist: $r = 0.236$ at $p = 0.379$. No correlation was found between the time elapsed after COVID-19 and other echocardiographic parameters.

The use of Doppler echocardiography made it possible to determine the presence and nature of diastolic dysfunction (DDF) in both groups. The exception was individuals with AF in whom it was impossible to determine LV diastolic function: 2 patients each among EWC and EW. If at the 1st examination in the EWC group there was one patient with normal LV diastolic function and one with III type of DDF (Fig. 6), then at the 2nd examination their diastolic function was not determined due to the AF that occurred, then the same was true for 2 patients with type I DDF. At the 2nd examination, 8 patients with EWC retained I type of DDF, and in 2 patients, DDF progressed to type II. In the EW group, 2 patients had AF at the 1st examination, and 4 at the 2nd examination. Compared to EWC, this group had significantly fewer people with type I DDF and more people with type II. At the 2nd examination, the relative number of EW with types I and II DDF increased without the statistical significance of differences with EWC.

When analyzing clinical indices and indicators of LV myocardium structural and functional state in the post-covid period, no significant and regular changes

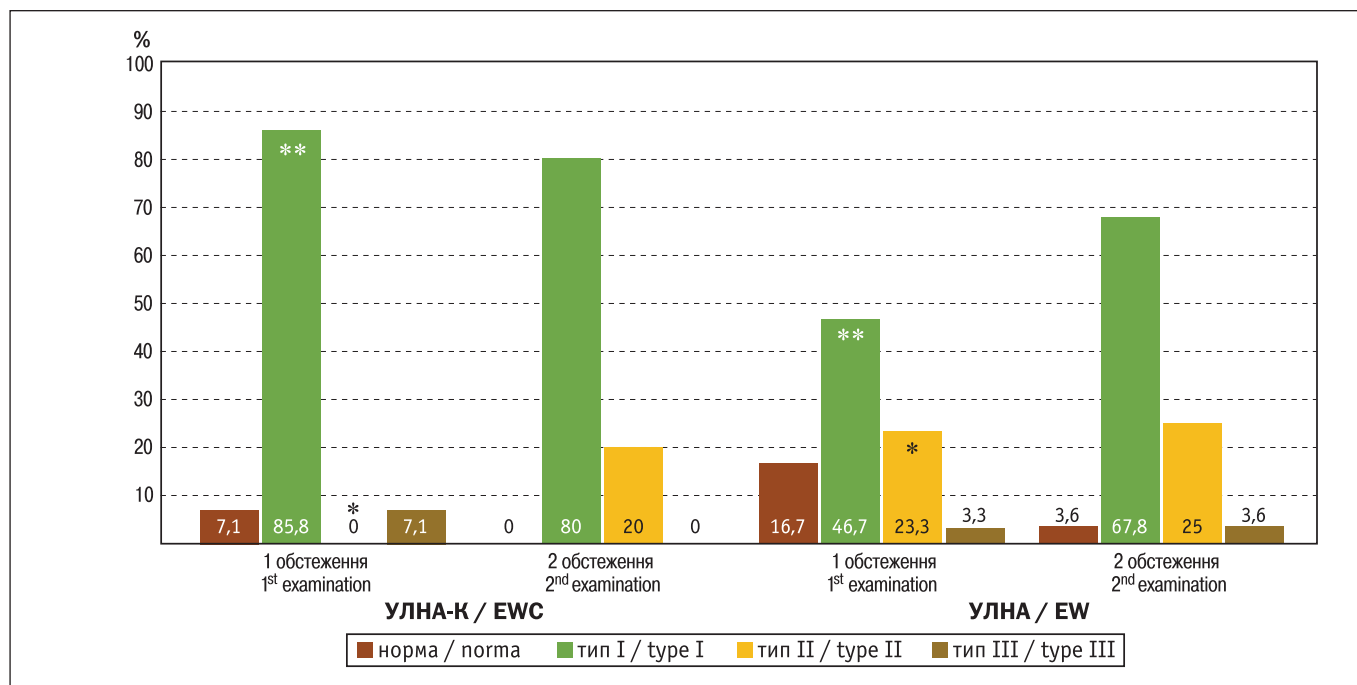


Рисунок 6. Відносне число пацієнтів з ДДФ в УЛНА-К та УЛНА при 1-му та 2-му обстеженнях
Статистична помилка при 1-му обстеженні між УЛНА-К та УЛНА, * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$

Figure 6. Proportion of patients with diastolic dysfunction in EWC and EW at the 1st and 2nd examinations
Statistical error on 1st examination between EWC and EW, * – $p < 0.05$, ** – $p < 0.01$

достовірних та закономірних змін в УЛНА-К із середньо-тяжким перебігом COVID-19 порівняно з тими, хто лікувався амбулаторно.

ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз наукової літератури про COVID-19 показує, що переважна більшість робіт присвячена перебігу гострого періоду захворювання, його наслідкам і лікуванню пацієнтів, менше – стану хворих у постковідному періоді.

Відомо, що вірус SARS-CoV-2, що викликає COVID-19, проникає в клітини людини, зв'язуючись з ангіотензинперетворюючим ферментом 2 (АПФ2), який діє як основний трансмембранний рецептор вірусу [13, 14]. АПФ2 широко експресується в кровоносній системі. Гладенькі м'язи судин, точно так само, як артеріальні і венозні ендотеліальні клітини, характеризуються високим рівнем експресії рецептора АПФ2 [15, 16]. Ще однією мішенню для інфекції SARS-CoV-2 є періцити – відросткові клітини сполучної тканини, які входять до складу стінок дрібних кровоносних судин, у тому числі капілярів. Вони також експресують АПФ2 і тому можуть відігравати вирішальну роль у мікросудинній дисфункції і коагулопатії при COVID-19 [17].

Патогенез пошкодження міокарда при COVID-19 є комплексним. Обговорюють кілька механізмів: пряме пошкодження міокарда, пошкодження серцевого

were found in EWC with a moderate-severe course of COVID-19 compared to those who were treated on an outpatient basis.

DISCUSSION

The analysis of the scientific literature on COVID-19 shows that the vast majority of works are devoted to the course of the disease acute period, its consequences and treatment of patients, less – the condition of patients in the post-covid period.

It is known that the SARS-CoV-2 virus, which causes COVID-19, penetrates human cells by binding to angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2), which acts as the main transmembrane receptor of the virus [13, 14]. ACE2 is widely expressed in the circulatory system. Vascular smooth muscles, just like arterial and venous endothelial cells, are characterized by a high level of expression of the ACE2 receptor [15, 16]. Another target for SARS-CoV-2 infection is pericytes as the process cells of connective tissue cells, which are part of the walls of small blood vessels, including capillaries. They also express ACE2 and therefore can play a crucial role in microvascular dysfunction and coagulopathy in COVID-19 [17].

The pathogenesis of myocardial damage in COVID-19 is complex. Several mechanisms are discussed: direct damage to the myocardium,

м'яза цитокінами та іншими прозапальними факторами, порушення мікроциркуляції та ендотеліальна дисфункція в коронарному руслі, нарешті, зміни кардіоміоцитів внаслідок гіпоксії [2–5, 18].

Пошкодження серцево-судинної системи під час COVID-19 є патогенетичною основою симптомокомплексу постковідного синдрому. Симптоми тривалого COVID-19 включають стомлюваність, задишку, артралгії, біль у грудній клітці, головний біль та інші [6, 19, 20]. У пацієнтів також виявляють аритмії, гіпотензію, венозні тромбоемболічні захворювання, міокардит і гостру серцеву недостатність [21]. Інші автори знаходили у постковідний період гіпертрофію міокарда та осередковий фіброз міокарда [22].

Високою ефективністю в оцінці ураження серцево-судинної системи після COVID-19 відрізнялася магнітно-резонансна томографія (МРТ) серця та ехокардіографія. Так, при обстеженні 100 німецьких пацієнтів у середньому через 71 день (64–92 дні) після діагностики COVID-19 МРТ виявила ураження серця у 78 осіб і триваюче запалення міокарда у 60 осіб, незалежно від раніше існуючої коморбідної патології, тяжкості і загального перебігу інфекції та часу від початкового діагнозу [23].

За результатами мета-аналізу [24], присвяченого вивченню ремоделюванню шлуночків серця, у гострому періоді COVID-19 у 46 % пацієнтів з 79 ехокардіографічна картина була нормальною, у 32 осіб спостерігалось ремоделювання правого шлуночка (ПШ), у 5 –ЛШ і у 6 – обох шлуночків. Повторне дослідження через три місяці після вихідного не виявило змін вже у 56 осіб, ремоделювання ПШ зустрічалось у 16 пацієнтів, ЛШ у 5 і обох шлуночків у 2 осіб. Автори роблять висновок, що систолічна дисфункція ЛШ явище більш рідкісне, ніж ПШ.

Як показав аналіз даних літератури про COVID-19, наше дослідження меншою мірою відповідає результатам інших авторів. По-перше, у нашій роботі дослідження виконані на УЛНА, котрі мали в анамнезі факт радіаційного впливу, який за даними наших попередніх робіт можна розглядати як ризик-фактор кардіальної патології. По-друге, всі пацієнти до зараження вірусом SARS-CoV-2 вже були хворі на ІХС, як і пацієнти групи порівняння, які не хворіли на COVID-19. По-третє, середній вік пацієнтів обох груп був старшим, ніж у осіб, дані про яких представлені в метааналізах. По-четверте, більшість авторів вивчали перебіг постковідного синдрому в строки до 3 місяців після зараження,

damage of the heart muscle by cytokines and other pro-inflammatory factors, disruption of microcirculation and endothelial dysfunction in the coronary channel, finally, changes in cardiomyocytes due to hypoxia [2–5, 18].

Damage of the cardiovascular system during COVID-19 is the pathogenetic basis of the post-covid syndrome. Symptoms of prolonged COVID-19 include fatigue, shortness of breath, arthralgias, chest pain, headache, and others [6, 19, 20]. Arrhythmias, hypotension, venous thromboembolic diseases, myocarditis and acute heart failure are also found in patients [21]. Other authors found myocardial hypertrophy and focal myocardial fibrosis in the post-covid period [22].

Magnetic resonance imaging (MRI) of the heart and echocardiography were highly effective in assessing damage to the cardiovascular system after COVID-19. Thus, during an examination of 100 German patients, an average of 71 days (64–92 days) after the diagnosis of COVID-19, MRI revealed heart damage in 78 people and ongoing inflammation of the myocardium in 60 people, regardless of the previously existing comorbid pathology, severity and general course of the infection and time since initial diagnosis [23].

According to the results of a meta-analysis [24] devoted to the study of heart ventricles remodeling in the COVID-19 acute period, 46 % of 79 patients had a normal echocardiographic picture, 32 people had remodeling of the right ventricle (RV), 5 LV, and 6 both ventricles. Re-examination after three months revealed no changes in 56 people, RV remodeling occurred in 16 patients, LV in 5 and both ventricles in 2 people. The authors conclude that LV systolic dysfunction is a rarer phenomenon than RV.

As the literature analysis of COVID-19 showed, our study corresponds to a lesser extent to the results of other authors. First, in our work, the studies were performed on EW, which had a history of radiation exposure, which, according to our previous works, can be considered as a risk factor for cardiac pathology. Second, all patients were already sick with CHD before being infected with the SARS-CoV-2 virus, as were the patients of the comparison group who did not suffer from COVID-19. Third, the mean age of patients in both groups was older than that of individuals reported in meta-analyses. Fourth, most authors studied the course of the post-covid syndrome up to 3 months after infection, that is, in the

тобто найближчими тижнями після клінічного одужання, тоді як у нашій роботі пацієнти були обстежені в середньому через 134,9 днів (25 перцентилей – 56,25, 50 перцентилей – 107,5 та 75 перцентилей – 193,25 дня). Головною метою нашого дослідження була відповідь на питання, які зміни клінічного і структурно-функціонального стану серцево-судинної системи можна пов'язати з перенесеним COVID-19, а не з природним прогресуванням ІХС. Вважаємо, що це завдання виконано не в повному обсязі, і роботу у цьому напрямі треба продовжувати, збільшуючи чисельність групи пацієнтів, котрі перенесли COVID-19, задля досягнення більшої статистичної потужності дослідження.

ВИСНОВКИ

1. В осіб, які брали участь в ЛНА на ЧАЕС та перехворіли у 2020–2021 рр. на середньо-тяжкий і легкий COVID-19, у постковідному періоді спостерігалось погіршення клінічного перебігу ІХС, що полягало у збільшенні відносної кількості пацієнтів зі стенокардією напруги тяжкого ФК, з ВЕ та СВЕ, а також з більш тяжкою СН. Оскільки серед УЛНА, які не хворіли на COVID-19, виявлено аналогічні зміни стану серцево-судинної системи, то в обох групах їх можна віднести за рахунок природного прогресування ІХС.
2. Прогресування ІХС та СН в обстежених пацієнтів супроводжувалося збільшенням КДО, КСО, ММ ЛШ та індексів цих показників, вираженість якого достовірно не відрізнялась у пацієнтів, які хворіли та не хворіли на COVID-19, що можна віднести на рахунок природного перебігу ІХС.
3. В групі УЛНА, які перенесли COVID-19, відзначалося збільшення кількості пацієнтів з ФП у 4 рази (на 37,5 %), тоді як в групі порівняння лише в 1,1 рази (на 3,1 %). Цей факт дозволяє передбачати розвиток ФП як результат перенесеної інфекції.
4. Враховуючи, що у постковідному періоді кількість пацієнтів зі зниженою ФВ при повторному обстеженні зросла на 31,3 %, а в групі без COVID-19 на 6,32 %, можна припустити, що систолічна дисфункція є результатом не лише природного прогресування ІХС, а й впливу коронавірусної інфекції на міокард.
5. Отримані результати слід розглядати як попередні, що потребують подальшого підтвердження зі збільшенням статистичної потужності дослідження за рахунок розширення об'єму вибірки.

next few weeks after clinical recovery, while in our work, patients were examined after an average of 134.9 days (25 percentiles – 56.25, 50 percentile – 107.5 and 75 percentile – 193.25 days).

The main goal of our study was to answer the question of which changes in the clinical and structural-functional state of cardiovascular system can be associated with the induced COVID-19, and not with the natural progression of CHD. We believe that this task has not been fully completed, and work in this direction should be continued, increasing the number of patients who have undergone COVID-19, in order to achieve greater statistical power of the study.

CONCLUSION

1. There was a worsening of CHD clinical course in the persons who clean-up at the Chornobyl NPP and fell ill in 2020–2021 with medium-severe and mild COVID-19. It consisted in an increased proportion of patients having severe stenocardia with VE and SVE, as well as severe HF in the post-covid period. Since similar changes of cardiovascular system were found among EW who did not suffer from COVID-19, then in both groups they can be attributed to the natural progression of CHD.
2. The progression of CHD and HF in the examined patients was accompanied by an increase in EDV, ESV, LV MM as well as their values indexed by body surface area, the severity of which was not significantly different in patients with and without COVID-19, which can be attributed to the natural course of CHD.
3. The number of patients with AF who survived COVID-19 increased by 4 times (by 37.5 %), while in EW group only by 1.1 times (by 3.1 %). This fact makes it possible to predict the development of AF as a result of a SARS-CoV-2 infection.
4. Taking into account that in the post-covid period, the number of patients with reduced EF during re-examination increased by 31.3 %, and in the group without COVID-19 by 6.32 %, it can be assumed that systolic dysfunction is not only a result of the natural progression of CHD, and also coronavirus infection impact on the myocardium.
5. The obtained results should be considered as preliminary, requiring further confirmation by an increase the statistical power of the study due to expansion of the sample size.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 – 11 March 2020. URL: <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>.
2. 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.
3. 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.
4. Cardiac and arrhythmic complications in patients with COVID-19 / A. N. Kochi, A. P. Tagliari, G. B. Forleo et al. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2020. Vol. 31, no. 5. P. 1003–1008.
5. Cardiovascular complications in COVID-19 / B. Long, W. J. Brady, A. Koyfman, M. Gottlieb. *Am. J. Emerg. Med.* 2020. Vol. 38, no. 7. P. 1504–1507.
6. Long COVID-mechanisms, risk factors, and management / H. Crook, S. Raza, J. Nowell et al. *BMJ.* 2021. Vol. 374. n1648.
7. Postdischarge symptoms and rehabilitation needs in survivors of COVID-19 infection: a cross-sectional evaluation / S. J. Halpin, C. Mclvor, G. Whyatt et al. *J. Med. Virol.* 2021. Vol. 93. P. 1013–1022.
8. 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.
9. Campeau L. Letter: grading of angina pectoris. *Circulation.* 1976. Vol. 54, no 3. P. 522–523.
10. Шиллер Н. Б., Осипов М. А. Клиническая эхокардиография. М. : МЕДпресс-информ, 2018. 344 с.
11. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging / R. M. Lang, L. P. Badano, V. Mor-Avi et al. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging.* 2015. Vol. 16. P. 233–271.
12. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging / S. F. Nagueh, O. A. Smiseth, C. P. Appleton et al. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2016. Vol. 17, no. 12. P. 1321–1360.
13. A crucial role of angiotensin converting enzyme 2 (ACE2) in SARS coronavirus-induced lung injury / K. Kuba, Y. Imai, S. Rao et al. *Nat Med.* 2005. Vol. 11, no. 8. P. 875–879.
14. SARS-CoV-2 cell entry depends on ACE2 and TMPRSS2 and is blocked by a clinically proven protease inhibitor / M. Hoffmann, H. Kleine-Weber, S. Schroeder et al. *Cell.* 2020. Vol. 181, no. 2. P. 271–280.

REFERENCES

1. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 – 11 March 2020. URL: <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>.
2. 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.
3. 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.
4. Kochi AN, Tagliari AP, Forleo GB, Fassini GM, Tondo C. Cardiac and arrhythmic complications in patients with COVID-19. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2020;31(5)1003-1008.
5. Long B, Brady WJ, Koyfman A, Gottlieb M. Cardiovascular complications in COVID-19. *Am J Emerg Med.* 2020;38(7):1504-1507.
6. Crook H, Raza S, Nowell J, Young M, Edison P. Long COVID-mechanisms, risk factors, and management. *BMJ.* 2021;374:n1648.
7. Halpin SJ, Mclvor C, Whyatt G, Adams A, Harvey O, McLean L, et al. Postdischarge symptoms and rehabilitation needs in survivors of COVID-19 infection: a cross-sectional evaluation. *J Med Virol.* 2021; 93:1013-1022.
8. Rajpal S, Tong MS, Borchers J, Zareba KM, Obarski TP, Simonetti OP, Daniels CJ. Cardiovascular magnetic resonance findings in competitive athletes recovering from COVID-19 infection. *JAMA Cardiol.* 2021;6(1):116-118.
9. Campeau L. Letter: grading of angina pectoris. *Circulation.* 1976; 54(3):522-523.
10. Shiller NB, Osipov MA. [Clinical echocardiography]. М.: MEDpress-inform; 2018. 344 p. Russian.
11. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afalalo 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 Cardiovascular Imaging. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging.* 2015;16:233-271.
12. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, Byrd BF 3rd, Dokainish H, Edvardsen T, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2016; 17(12):1321-1360.
13. Kuba K, Imai Y, Rao S, Gao H, Guo F, Guan B, et al. A crucial role of angiotensin converting enzyme 2 (ACE2) in SARS coronavirus-induced lung injury. *Nat Med.* 2005;11(8):875-879.
14. Hoffmann M, Kleine-Weber H, Schroeder S, Kruger N, Herrler T, Erichsen S, et al. SARS-CoV-2 cell entry depends on ACE2 and TMPRSS2 and is blocked by a clinically proven protease inhibitor. *Cell.* 2020;181(2):271-280.
15. Hamming I, Cooper ME, Haagmans BL, Hooper NM, Korstanje R, Osterhaus ADME, et al. The emerging role of ACE2 in physiology and disease. *J Pathol.* 2007;212(1):1-11.

15. The emerging role of ACE2 in physiology and disease / I. Hamming, M. E. Cooper, B. L. Haagmans et al. *J Pathol.* 2007. Vol. 212, no. 1. P. 1–11.
16. Liu P. P., Blet A., Smyth D., Li H. The science underlying COVID-19: implications for the cardiovascular system. *Circulation.* 2020. Vol. 142. P. 68–78.
17. Endothelial dysfunction in COVID-19: a position paper of the ESC Working Group for Atherosclerosis and Vascular Biology, and the ESC Council of Basic Cardiovascular Science / P. C. Evans, G. Ed. Rainger, J. C. Mason et al. *Cardiovasc Res.* 2020. Vol. 116, no. 14. P. 2177–2184.
18. 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, no. 7. P. 811–818.
19. Long COVID, a comprehensive systematic scoping review / H. Akbarialiabad, M. H. Taghvir, A. Abdollahi et al. *Infection.* 2021. Vol. 49, no. 6. P. 1163–1186.
20. Carfi A., Bernabei R., Landi F., for the Gemelli against COVID-19 Post-Acute Care Study Group. Persistent symptoms in patients after acute COVID-19. *JAMA.* 2020. Vol. 324, no. 6. P. 603–605.
21. Post-COVID-19 syndrome: involvement and interactions between respiratory, cardiovascular and nervous systems / V. Visco, C. Vitale, A. Rispoli et al. *J Clin Med.* 2022. Vol. 11, no. 3. P. 524.
22. Long-COVID and post-COVID health complications: an up-to-date review on clinical conditions and their possible molecular mechanisms / B. S. Andrade, S. Siqueira, W. R. de Assis Soares et al. *Viruses.* 2021. Vol. 13, no. 4. P. 700.
23. Outcomes of cardiovascular magnetic resonance imaging in patients recently recovered from coronavirus disease 2019 (COVID-19) / V. O. Puntmann, M. L. Carerj, I. Wieters et al. *JAMA Cardiol.* 2020. Vol. 5, no. 11. P. 1265–1273.
24. Persisting adverse ventricular remodeling in COVID-19 survivors: a longitudinal echocardiographic study / W. E. Moody, B. Liu, H. M. Mahmoud-Elsayed et al. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2021. Vol. 34, no. 5. P. 562–566.
16. Liu PP, Blet A, Smyth D, Li H. The science underlying COVID-19: implications for the cardiovascular system. *Circulation.* 2020;142:68-78.
17. Evans PC, Rainger GEd, Mason JC, Guzik TJ, Osto E, Stamataki Z, et al. Endothelial dysfunction in COVID-19: a position paper of the ESC Working Group for Atherosclerosis and Vascular Biology, and the ESC Council of Basic Cardiovascular Science. *Cardiovasc Res.* 2020;116(14):2177-2184.
18. 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.
19. Akbarialiabad H, Taghvir MH, Abdollahi A, Ghahramani N, Kumar M, Paydar S, et al. Long COVID, a comprehensive systematic scoping review. *Infection.* 2021;49(6):1163-1186.
20. Carfi A, Bernabei R, Landi F; for the Gemelli against COVID-19 Post-Acute Care Study Group. Persistent symptoms in patients after acute COVID-19. *JAMA.* 2020;324(6):603-605.
21. Visco V, Vitale C, Rispoli A, Izzo C, Virtuoso N, Ferruzzi GJ, et al. Post-COVID-19 syndrome: involvement and interactions between respiratory, cardiovascular and nervous systems. *J Clin Med.* 2022;11(3):524.
22. Andrade BS, Siqueira S, de Assis Soares WR, de Souza Rangel F, Santos NO, Dos Santos Freitas A, et al. Long-COVID and post-COVID health complications: an up-to-date review on clinical conditions and their possible molecular mechanisms. *Viruses.* 2021;13(4):700.
23. Puntmann VO, Carerj ML, Wieters I, Fahim M, Arendt C, Hoffmann J, et al. Outcomes of cardiovascular magnetic resonance imaging in patients recently recovered from coronavirus disease 2019 (COVID-19). *JAMA Cardiol.* 2020;5(11):1265-1273.
24. Moody WE, Liu B, Mahmoud-Elsayed HM, Senior J, Lalla SS, Khan-Kheil AM, et al. Persisting adverse ventricular remodeling in COVID-19 survivors: a longitudinal echocardiographic study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2021;34(5):562-566.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Білий Давид Олександрович – доктор медичних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділенням кардіології відділу терапії радіаційних наслідків Інституту клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ, Україна, ORCID: 0000-0002-2416-2800

Настіна Олена Михайлівна – кандидат медичних наук, провідний науковий співробітник відділення кардіології відділу терапії радіаційних наслідків Інституту клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ, Україна

Сидоренко Геннадій Васильович – кандидат медичних наук, старший науковий співробітник відділення кардіології відділу терапії радіаційних наслідків Інституту клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ, Україна

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, NRCRM, Kyiv, Ukraine, ORCID: 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, NRCRM, Kyiv, Ukraine

Gennagiy V. Sydorenko – MD, PhD, Senior Researcher of Cardiology Department attached to Department for Treatment of Radiation Consequences, Institute of Clinical Radiology, NRCRM, Kyiv, Ukraine

Курсіна Наталія Вікторівна – кандидат медичних наук, старший науковий співробітник відділення кардіології відділу терапії радіаційних наслідків Інституту клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ, Україна

Базика Олександр Дмитрович – кандидат медичних наук, науковий співробітник відділення кардіології відділу терапії радіаційних наслідків Інституту клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ, Україна

Ковальов Олександр Сергійович – кандидат медичних наук, завідувач відділенням радіаційної кардіології клініки Інституту клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ, Україна

Базика Дмитрій Анатолійович – академік НАМН України, доктор медичних наук, професор, завідувач відділу клінічної імунології Інституту клінічної радіології ННЦРМ, генеральний директор ННЦРМ, м. Київ, Україна, ORCID: 0000-0001-9982-5990

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

Olexander A. Bazyka – MD, PhD, Researcher of Cardiology Department attached to Department for Treatment of Radiation Consequences, Institute of Clinical Radiology, NRCRM, Kyiv, Ukraine

Olexander S. Kovaliov – MD, PhD, the Head of Radiation Cardiology Department, Hospital of Institute of Clinical Radiology, NRCRM, Kyiv, Ukraine

Dymytriy A. Bazyka – MD, Doctor of Medical Sciences, Phd, Academician of Ukrainian National Academy of Medical Sciences, professor, the Head of Clinical Immunology Department, Director General of NRCRM, Kyiv, Ukraine, ORCID: 0000-0001-9982-5990

Стаття надійшла до редакції 2.08.2022

Received: 2.08.2022