

УДК 612.766.1-053.2:[616.98:578.834COVID-19]-036.8

**Ю.В. Марушко, Т.В. Гищак, О.А. Дмитришин**

## Стан толерантності до фізичного навантаження та характеристика міокардіальних резервів у дітей, які перенесли COVID-19

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

Modern Pediatrics. Ukraine. (2023). 6(134): 91-97. doi 10.15574/SP.2023.134.91

**For citation:** Marushko YuV, Hyshchak TV, Dmytryshyn OA. (2023). State of the tolerance to physical activity and characteristics of myocardial reserves in children after COVID-19. Modern Pediatrics. Ukraine. 6(134): 91-97. doi 10.15574/SP.2023.134.91.

Оцінювання стану толерантності до фізичного навантаження (ТФН) після перенесеного COVID-19 є необхідним для визначення віддалених наслідків коронавірусної хвороби.

**Мета** — оцінити стан ТФН і проаналізувати зміни показників міокардіальних резервів у дітей, які перенесли COVID-19 різного ступеня тяжкості.

**Матеріали та методи.** У дослідженні взяло участь 155 дітей шкільного віку. 120 дітей з підтвердженим діагнозом COVID-19 в анамнезі та терміном після COVID-19 понад 12 тижнів (основна група) та 35 здорових дітей, які на COVID-19 не хворіли (група контролю). До I групи (n=49) увійшли діти, які перехворіли на COVID-19 легкого ступеня; до II групи (n=40) — діти, які перенесли COVID-19 середнього ступеня тяжкості, до III групи (n=31) — діти, які перехворіли на COVID-19 із тяжким перебігом. Використано загальноклінічний, інструментальний (велоергометрія) і статистичні методи дослідження.

**Результати.** В основній групі середнє значення максимального споживання кисню ( $VO_{2max}$ ) становило  $26,86 \pm 6,69$  мл/кг/хв, у групі контролю —  $38,29 \pm 5,54$  мл/кг/хв ( $p < 0,001$ ). Аналіз цього показника в I, II і III групах показав, що перенесений COVID-19 впливав на рівень ТФН у хлопчиків незалежно від ступеня тяжкості COVID-19 ( $p < 0,01$ ). У дівчаток знижена ТФН визначалася в разі середнього і тяжкого перебігу COVID-19. Аналіз показників міокардіальних резервів показав, що серед дітей, які перехворіли на COVID-19, найгірші показники спостерігалися в II і III групах ( $p < 0,01$ ).

**Висновки.** Перенесений COVID-19 впливає на стан ТФН і показники міокардіальних резервів у дітей в періоді понад 12 тижнів після COVID-19. Рівень зміни стану ТФН, значень серцевого та судинного компонента забезпечення фізичного навантаження, міокардіальних резервів залежить від ступеня тяжкості перенесеного COVID-19, що підтверджується кореляційними зв'язками різної сили між цими показниками і ступенем тяжкості COVID-19.

Дослідження виконано згідно з принципами Гельсінської декларації. Протокол дослідження ухвалено Локальним етичним комітетом зазначеної в роботі установи. На проведення дослідження отримано інформовану згоду батьків дітей.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

**Ключові слова:** коронавірусна хвороба, COVID-19, коронавірусна інфекція, SARS-CoV-2, толерантність до фізичного навантаження, велоергометрія, міокардіальні резерви, діти.

### State of the tolerance to physical activity and characteristics of myocardial reserves in children after COVID-19

**Yu.V. Marushko, T.V. Hyshchak, O.A. Dmytryshyn**

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Assessment of the state of exercise tolerance (ET) after the transfer of COVID-19 is necessary to determine the long-term consequences of the coronavirus disease.

**Purpose** — to assess the state of ET and analyze changes in myocardial reserve indicators in children who have experienced COVID-19 of varying degrees of severity.

**Materials and methods.** 155 school-age children took part in the study. 120 children with a confirmed diagnosis of COVID-19 in the anamnesis and a period after COVID-19 of more than 12 weeks (main group) and 35 healthy children who did not suffer from COVID-19 (control group). The Group I (n=49) included children who contracted mild COVID-19; the Group II (n=40) — children who suffered from COVID-19 of moderate severity, the Group III (n=31) — children who contracted COVID-19 with a severe course. General clinical, instrumental (cycle ergometry), and statistical research methods were used.

**Results.** In the main group, the average value of maximum oxygen consumption ( $VO_{2max}$ ) was  $26.86 \pm 6.69$  ml/kg/min, and in the control group —  $38.29 \pm 5.54$  ml/kg/min ( $p < 0.001$ ). The analysis of this indicator in the Groups I, II, and III showed that transferred COVID-19 affects the level of ET in boys regardless of the severity of COVID-19 ( $p < 0.01$ ). In girls, reduced ET was determined in the case of moderate and severe course of COVID-19. The analysis of myocardial reserves indicators showed that among children who fell ill with COVID-19, the worst indicators were observed in the Groups II and III ( $p < 0.01$ ).

**Conclusions.** Transmitted COVID-19 affects the state of ET and indicators of myocardial reserves in children in the period more than 12 weeks after COVID-19. The level of changes in the state of ET, values of the cardiac and vascular component of physical load support, and myocardial reserves depend on the degree of severity of the transferred COVID-19, which is confirmed by correlations of varying strength between these indicators and the degree of severity of COVID-19.

The research was carried out in accordance with the principles of the Helsinki Declaration. The study protocol was approved by the Local Ethics Committee of the participating institution. The informed consent of the patient was obtained for conducting the studies.

No conflict of interests was declared by the authors.

**Keywords:** coronavirus disease, COVID-19, coronavirus infection, SARS-CoV-2, exercise tolerance, bicycle ergometry, myocardial reserves, children.

Оцінювання стану здоров'я дітей після гострого епізоду COVID-19 є важливим аспектом реабілітаційного процесу та визначення віддалених наслідків коронавірусної хвороби. Саме з цією метою більшість учених формулюють рекомендацію щодо обов'язкового клінічного огляду дітей після COVID-19, щоб визначити, чи є в них стійкі симптоми постковідного стану, які впливають на повсякденне життя, чи відбулася нормалізація режиму дня, ритму фізичної активності після гострого епізоду COVID-19 [3].

У настанові «Post-Covid-19 conditions in children and adolescents» від 2022 року, авторами якої є лікарі та науковці Американської академії педіатрії (American Academy of Pediatrics, ARA), вказано важливість обстеження всіх дітей після перенесеного COVID-19. При цьому рекомендовано, щоб це обстеження відбулося або до відновлення занять спортом чи фізичної активності, або протягом 2–4 тижнів після позитивного результату тесту на SARS-CoV-2, залежно від того, що відбудеться раніше. І важливим моментом обстеження є оцінювання функціонального стану серцево-судинної системи (ССС), зокрема, визначення толерантності до фізичного навантаження (ТФН) [1].

Визначення ТФН — це один із методів клінічної діагностики стану здоров'я людини, що дає змогу оцінити та комплексно проаналізувати ступінь фізичної тренуваності пацієнта, його здатність переносити фізичне навантаження, адаптаційні можливості дихальної системи та ССС, адже саме від функціональної здатності цих систем залежить ступінь ТФН [16].

Рівень ТФН оцінюється за показником максимального споживання кисню ( $VO_{2max}$ ), що є «золотим стандартом» визначення ТФН під час виконання проб із дозованим фізичним навантаженням [2,11].

Одним із різновидів таких тестів є велоергометрія (ВЕМ) [9]. Під час виконання ВЕМ є можливість не тільки визначати  $VO_{2max}$ , але й фіксувати зміни частоти серцевих скорочень (ЧСС), артеріального тиску (АТ), проводити запис електрокардіограми (ЕКГ) під час фізичного навантаження та в періоді відновлення. Отримані значення роботи ССС можуть використовуватися для обчислення показників резервних можливостей міокарда та оцінювання раціональності їх використання [9,13].

Наприклад, можливе визначення показників, що характеризують гемодинамічне забез-

печення фізичного навантаження: хронотропний резерв (ХР) та індекс хронотропного резерву (ІХР); інотропний резерв (ІР) та індекс інотропного резерву (ІІР). ХР та ІХР відображають можливості серцевого компонента функціональних резервів, а ІР та ІІР — судинного [6,9,12].

Міокардіальні резерви дають змогу оцінити адаптаційні можливості організму. До них належать такі показники, як індекс енергетичних витрат міокарда (ІЕВ), коефіцієнт витрачання резервів міокарда (КВРМ). ІЕВ характеризує енергетичні витрати організму на досягнення порогового навантаження. Чим вище значення ІЕВ, тим більша потреба міокарда в кисні і менш економне використання його енергетичних резервів під час фізичного навантаження.

Коефіцієнт витрачання резервів міокарда — це один із міокардіальних резервів, високе значення якого свідчить про нераціональне використання хроноінотропного резерву міокарда, що зумовлено скоротливою недостатністю міокарда [6,9,12].

Діагностична цінність проб із фізичним навантаженням, зокрема ВЕМ, для дітей після COVID-19 є значною. Вона полягає у вчасному оцінюванні фізичного стану здоров'я дітей після COVID-19, ранньому виявленні незадовільного рівня ТФН та погіршення показників міокардіальних резервів із метою попередження негативних наслідків у відповідь на повсякденне фізичне навантаження [15]. Також визначення ТФН є важливим для виявлення віддалених наслідків коронавірусної хвороби, формування рекомендацій щодо подальшої фізичної активності, повернення до занять спортом, визначення персоналізованої стратегії лікувально-реабілітаційних заходів, що допоможуть повернутися до звичного життя якнайшвидше [1].

**Мета** дослідження — оцінити стан ТФН і проаналізувати зміни показників міокардіальних резервів у дітей, які перенесли COVID-19 різного ступеня тяжкості.

### Матеріали та методи дослідження

До дослідження залучено 155 дітей шкільного віку (від 6 до 18 років). Серед них 120 дітей, які хворіли на COVID-19, становили основну групу (мали підтверджений діагноз COVID-19 за допомогою методу позитивної полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) зразка носоглотки

або за результатами швидкого тесту на антиген SARS-CoV-2 і термін після коронавірусної хвороби понад 12 тижнів). Також до дослідження залучено 35 соматично здорових дітей аналогічного віку, які на COVID-19 не хворіли (група контролю). Крім цього, дітей основної групи поділено на додаткові досліджувані групи залежно від ступеня тяжкості перенесеного COVID-19. Розподіл проведено з урахуванням даних медичної документації пацієнта та відповідності перебігу гострого епізоду COVID-19 критеріям тяжкості згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 02.04.2020 № 762 «Про затвердження протоколу «Надання медичної допомоги для лікування коронавірусної хвороби (COVID-19)» [14]. Отже, до I групи (n=49) залучено дітей, які перехворіли на COVID-19 легкого ступеня; до II групи (n=40) — дітей, які перенесли COVID-19 середнього ступеня тяжкості, до III групи (n=31) — дітей, які перехворіли на COVID-19 із тяжким перебігом. Статевий і віковий розподіл досліджуваних груп був рівномірним.

Велоергометрію виконано на велоергометричному комплексі «Кардіолаб Вело» із застосуванням велоергометра «Kettel». Напередодні здійснення проби діти перебували у звичному для них режимі фізичної активності та не отримували препаратів, що можуть впливати на ТФН. Під час ВЕМ використано протокол PWC170 [9]. У разі досягнення ЧСС 170 уд./хв, появи будь-яких скарг із боку пацієнта виконання проби припиняли [4].

На початку дослідження, під час фізичного навантаження та у фазі відпочинку проведено моніторинг ЧСС (постійно), АТ (у спокої, кожні 3 хвилини під час навантаження і щохвилини у фазі відновлення). Також виконано запис ЕКГ у спокої та безперервно під час навантаження з подальшим аналізом запису на предмет виявлення патологічних змін. Фіксовано значення  $VO_{2max}$  у л/хв, найвищу потужність, досягнуту під час випробування (P) у Вт, а також обсяг виконаної роботи (A) у кгм [9,10].

Показники гемодинамічного забезпечення фізичного навантаження та міокардіальних резервів обчислено за такими формулами:

1. Хронотропний резерв у пошт./хв:  $ХР = ЧСС_{макс} - ЧСС_0$  та індекс хронотропного резерву  $IXP = (ЧСС_{макс} - ЧСС_0) / ЧСС_0$ .

2. Інотропний резерв у мм рт. ст.:  $IP = САТ_{макс} - САТ_0$  та індекс інотропного резерву  $IPR = (САТ_{макс} - САТ_0) / САТ_0$ .

3. Індекс енергетичних витрат в у.о.:  $IEB = ПД \times 100 / A$ .

4. Коефіцієнт витрачання резервів міокарда в у.о. ( $KBPM = \text{приріст } ПД \times 100 / A$ ) [12].

Статистичну обробку результатів дослідження проведено за допомогою статистичних пакетів «MedStat v5.2» та EZR v. 1.54 (graphical user interface for R statistical software version 4.0.3, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) [7]. Розподіл даних на нормальність перевірено за допомогою критерію Шапіро–Уїлка, Д'Агостіно–Пірсона. Залежно від отриманих результатів для представлення даних використано медіану (Me) і квартилі ( $Q_I - Q_{III}$ , а також середнє значення ( $\bar{X}$ ) і стандартне відхилення ( $\pm SD$ ). Попарні порівняння проведено за критерієм Ст'юдента для незалежних вибірок. Для множинних порівнянь використано дисперсійний аналіз і метод множинних порівнянь Шеффе, ранговий однофакторний аналіз Краскела–Уолліса і критерій Данна. Для встановлення кореляційного зв'язку — показник рангової кореляції Спірмена. Критичний рівень значущості (p) під час порівняння досліджуваних груп прийнято  $p < 0,05$ .

Дослідження виконано відповідно до принципів Гельсінської декларації і Якісної клінічної практики (GCP) стосовно медичного дослідження, що проводиться на людях. Протокол дослідження, а також текст інформованої згоди на участь у дослідженні для батьків/опікунів і дітей затверджено на засіданні Комісії з питань біоетичної експертизи при Національному медичному університеті імені О.О. Богомольця. На проведення дослідження отримано інформовану згоду батьків дітей.

## Результати дослідження та їх обговорення

В основній групі середнє значення  $VO_{2max}$  становило  $26,86 \pm 6,69$  мл/кг/хв, у групі контролю —  $38,29 \pm 5,54$  мл/кг/хв ( $p < 0,001$  за критерієм Ст'юдента для двох незалежних вибірок). Аналіз середнього значення  $VO_{2max}$  окремо в хлопців і дівчат у групах наведено в таблиці 1.

За даними таблиці 1, як серед хлопчиків, так і серед дівчаток, які перенесли COVID-19, найгірші результати середнього значення  $VO_{2max}$  відмічалися в III групі. При цьому в хлопчиків усіх трьох груп показники  $VO_{2max}$  були достовірно гіршими порівняно з групою контролю ( $p < 0,01$ ). А в дівчаток II і III груп дані  $VO_{2max}$  були гіршими, ніж у групі контролю, у групі I достовірно не відрізнялися від групи

Таблиця 1

**Значення показників середнього  $VO_{2max}$  у хлопців і дівчат у проаналізованих групах ( $\bar{X} \pm SD$ , мл/кг/хв)**

Показник	I група	II група	III група	Група контролю
Середнє значення $VO_{2max}$ у хлопців	31,79±4,85 <sup>2,3,4</sup>	26,04±3,03 <sup>1,3,4</sup>	19,19±2,86 <sup>1,2,4</sup>	40,42±3,44 <sup>1,2,3</sup>
Середнє значення $VO_{2max}$ у дівчат	33,71±4,73 <sup>2,3</sup>	25,59±3,56 <sup>1,3,4</sup>	18,98±2,37 <sup>1,2,4</sup>	36,04±6,49 <sup>2,3</sup>

Примітки: 1 — відмінність від I групи,  $p < 0,01$ ; 2 — відмінність від II групи,  $p < 0,01$ ; 3 — відмінність від III групи,  $p < 0,01$ ; 4 — відмінність від групи контролю,  $p < 0,01$  (за методом множинних порівнянь Шеффе).

Таблиця 2

**Показники серцевого компонента забезпечення фізичного навантаження в пацієнтів в обстежуваних групах ( $\bar{X} \pm SD$ )**

Показник	I група	II група	III група	Група контролю
ХР у хлопців, пошт./хв	63,3±15,31 <sup>3</sup>	58,24±13,45 <sup>4</sup>	44,87±15,49 <sup>1,4</sup>	72,83±12,79 <sup>2,3</sup>
ХР у дівчат, пошт./хв	70±12,04 <sup>3</sup>	57,59±19,6	49,38±13,72 <sup>1,4</sup>	70,59±14,29 <sup>3</sup>
ІХР у хлопців, у.о.	0,67±0,19 <sup>3,4</sup>	0,62±0,16 <sup>4</sup>	0,44±0,15 <sup>1,4</sup>	0,86±0,25 <sup>1,2,3</sup>
ІХР у дівчат, у.о.	0,74±0,19 <sup>3</sup>	0,59±0,23 <sup>4</sup>	0,48±0,18 <sup>1,4</sup>	0,83±0,23 <sup>2,3</sup>

Примітки: 1 — відмінність від I групи,  $p < 0,01$ ; 2 — відмінність від II групи,  $p < 0,01$ ; 3 — відмінність від III групи,  $p < 0,01$ ; 4 — відмінність від групи контролю,  $p < 0,01$  (за методом множинних порівнянь Шеффе).

Таблиця 3

**Показники судинного забезпечення фізичного навантаження в пацієнтів в обстежуваних групах (Me [QI; QIII])**

Показник	I група	II група	III група	Група контролю
ІР у хлопців, мм рт. ст.	40 [30; 50] <sup>3</sup>	30 [25; 40] <sup>4</sup>	28 [20; 30] <sup>1,4</sup>	45 [40; 50] <sup>2,3</sup>
ІР у дівчат, мм рт. ст.	40 [30; 45] <sup>3</sup>	30 [20; 40] <sup>4</sup>	25 [20; 30] <sup>1,4</sup>	40 [40; 45] <sup>2,3</sup>
ІІР у хлопців, у.о.	0,37 [0,28; 0,5] <sup>3</sup>	0,3 [0,25; 0,4]	0,23 [0,2; 0,25] <sup>1,4</sup>	0,42 [0,33; 0,45] <sup>3</sup>
ІІР у дівчат, у.о.	0,39 [0,25; 0,45] <sup>3</sup>	0,25 [0,17; 0,4]	0,20 [0,19; 0,25] <sup>1,4</sup>	0,37 [0,33; 0,43] <sup>3</sup>

Примітки: 1 — відмінність від I групи,  $p < 0,05$ ; 2 — відмінність від II групи,  $p < 0,05$ ; 3 — відмінність від III групи,  $p < 0,05$ ; 4 — відмінність від групи контролю,  $p < 0,01$  (за методом множинних порівнянь за критерієм Данна).

контролю ( $p=0,47$ ). Також як у хлопчиків, так і в дівчаток показники  $VO_{2max}$  поступово зменшувалися від I до III групи ( $p < 0,01$ ).

Отже, аналіз середнього значення  $VO_{2max}$  у групах дітей, які перехворіли на COVID-19 різного ступеня тяжкості та класифіковані за статтю, показав, що перенесений гострий епізод COVID-19 впливав на рівень ТФН у хлопчиків незалежно від ступеня тяжкості перенесеної SARS-CoV-2 інфекції ( $p < 0,01$ ). У дівчаток коронавірусна хвороба залишала по собі наслідки у вигляді зниженої ТФН переважно в разі середнього і важкого перебігу COVID-19.

Отримані результати збігаються з нашими попередніми результатами та з даними інших дослідників, що також вивчали вплив COVID-19 на рівень ТФН [6,10]. Зокрема, результати дослідження, проведеного в Іспанії у 2021 р. серед підлітків, показали різницю зменшення  $VO_{2max}$  від 0,5 мл/кг/хв до 1,5 мл/кг/хв у дівчат ( $p < 0,05$ ) та від 0,4 мл/кг/хв до 1,2 мл/кг/хв у хлопців ( $p < 0,05$ ) після коронавірусної хвороби порівняно з результатами до COVID-19 [8].

Результати іншого ретроспективного дослідження, під час якого також проведено порівняння показників  $VO_{2max}$  між досліджуваними групами до та після COVID-19, показали подібну тенденцію.  $VO_{2max}$  у групі після COVID-19 було значно нижчим, ніж у групі до COVID-19

(39,1 мл/кг/хв проти 44,7 мл/кг/хв,  $p=0,031$ ) [5].

У цьому дослідженні також проаналізовано показники інших функціональних параметрів, зокрема, гемодинамічного забезпечення фізичного навантаження. Проаналізовано ХР та ІХР, що є характеристиками серцевого компонента функціональних резервів. Результати наведено в таблиці 2.

Щодо показників серцевого компонента забезпечення фізичного навантаження нами виявлено схожі з  $VO_{2max}$  тенденції змін залежно від тяжкості перенесеного COVID-19. Зокрема, у хлопчиків порівняно з дівчатками відмічалися низькі показники ХР та ІХР незалежно від ступеня тяжкості перенесеного COVID-19. У дівчаток низькі значення ХР та ІХР спостерігалися у II і III групах, тобто в дівчат, які перенесли COVID-19 середнього або важкого ступеня.

Для аналізу характеристик судинного компонента гемодинамічного забезпечення фізичного навантаження обчислено ІР та ІІР. Результати аналізу наведено в таблиці 3.

Аналіз результатів, наведених у таблиці 3, виявив, що зміни ІР та ІІР як у хлопчиків, так і в дівчаток досліджуваних груп характеризувалися зниженням показників судинного резерву забезпечення фізичного навантажен-

Таблиця 4

**Показники міокардіальних резервів пацієнтів в обстежуваних групах (Me [QI; QIII], у.о.)**

Показник	I група	II група	III група	Група контролю
IEB у хлопців, у.о.	6,35 [5,25; 8,66] <sup>3,4</sup>	6,76 [6,34; 8,96] <sup>4</sup>	12,34 [7,48; 14,70] <sup>1,4</sup>	4,49 [3,50; 5,63] <sup>1,2,3</sup>
IEB у дівчат, у.о.	6,47 [5,38; 7,38] <sup>2,3</sup>	8,57 [7,7; 10,55] <sup>1,4</sup>	13,69 [11,00; 18,52] <sup>1,4</sup>	5,06 [4,18; 5,61] <sup>2,3</sup>
KBPM у хлопців, у.о.	3,46 [2,91; 4,79]	3,76 [2,49; 4,78]	5,49 [3,02; 6,95] <sup>4</sup>	2,84 [2,19; 3,29] <sup>3</sup>
KBPM у дівчат, у.о.	3,49 [3,07; 4,35] <sup>3</sup>	4,48 [3,54; 6,54] <sup>4</sup>	5,89 [4,55; 8,13] <sup>1,4</sup>	3,04 [2,67; 3,38] <sup>2,3</sup>

Примітки: 1 — відмінність від I групи,  $p < 0,05$ ; 2 — відмінність від II групи,  $p < 0,05$ ; 3 — відмінність від III групи,  $p < 0,05$ ; 4 — відмінність від групи контролю,  $p < 0,05$  (за методом множинних порівнянь за критерієм Данна).

Таблиця 5

**Таблиця показників рангової кореляції Спірмена значень  $VO_{2max}$ , показників гемодинамічного забезпечення фізичного навантаження, міокардіальних резервів та ступеня тяжкості перенесеного COVID-19 у проаналізованих групах (r)**

Показник	Значення рангової кореляції Спірмена, r	Рівень значущості відмінності, p
$VO_{2max}$	-0,842	$p < 0,001$
XP	-0,455	$p < 0,001$
IXP	-0,454	$p < 0,001$
IP	-0,455	$p < 0,001$
IIP	-0,472	$p < 0,001$
IEB	0,515	$p < 0,001$
KBPM	0,331	$p < 0,005$

ня переважно в дітей II і III груп. Значення IP та IIP у хлопчиків і дівчаток I групи не відрізнялися від групи контролю, що свідчить про відсутність впливу перенесеної коронавірусної хвороби з легким перебігом на ці параметри.

Отже, результати комплексного аналізу показників серцевого та судинного компонентів гемодинамічного забезпечення фізичного навантаження дають змогу зробити висновок про наявність негативного впливу та погіршення описаних характеристик унаслідок перенесеного, особливо з тяжким перебігом, COVID-19.

З метою оцінювання ефективності використання серцево-судинних резервів під час фізичного навантаження та адаптаційних можливостей організму проаналізовано показники міокардіальних резервів, зокрема IEB та KBPM. Дані міокардіальні резерви відображають ступінь залученості резервних можливостей ССС до виконання фізичного навантаження. Чим вище значення цих показників, тим більш значним є витрачання резервів ССС, що є несприятливою ознакою адаптаційних можливостей організму дитини. Результати аналізу наведено в таблиці 4.

Аналіз значень IEB та KBPM показав, що серед дітей, які перехворіли на коронавірусну інфекцію, найгірші показники спостерігалися у II і III групах із достовірно значущою відмінністю від групи контролю ( $p < 0,01$ ). Як у хлопців, так і в дівчат I групи визначалися нижчі значення IEB та KBPM, ніж у II і III групах, проте достовірна різниця медіан за результатами

порівняння з групою контролю спостерігалася лише в показника IEB у хлопців.

Отримані дані свідчать про найменш економне використання резервів міокарда в дітей, які перенесли COVID-19 середньої тяжкості і з тяжким перебігом. Отже, перенесений гострий епізод COVID-19 має негативний вплив на показники IEB та KBPM, зміни яких залежать від ступеня тяжкості перенесеного COVID-19.

З метою підтвердження впливу перенесеного COVID-19 на стан ТФН, показники серцевого та судинного компонентів гемодинамічного забезпечення фізичного навантаження, міокардіальні резерви дітей проведено кореляційний аналіз зв'язку цих показників зі ступенем тяжкості COVID-19 (табл. 5).

За даними таблиці 5, зміни ТФН залежали від ступеня тяжкості перенесеного COVID-19, що підтверджувалося негативним ранговим сильним кореляційним зв'язком і свідчило про те, що для більш вираженого ступеня тяжкості перенесеного COVID-19 характерні більш значні зміни ТФН, за рахунок зменшення показника  $VO_{2max}$ . Зміни показників серцевого та судинного компонентів гемодинамічного забезпечення фізичного навантаження, а також IEB залежали від ступеня тяжкості перенесеної коронавірусної хвороби, що підтверджувалося ранговим кореляційним зв'язком середньої сили. Спостерігався слабкий позитивний кореляційний зв'язок між KBPM і ступенем тяжкості COVID-19, що свідчить про вплив коро-

навірусної хвороби різного ступеня тяжкості на цей показник певною мірою.

Отже, за результатами нашого дослідження, визначалося зниження рівня ТФН у дітей у періоді понад 12 тижнів після коронавірусної хвороби порівняно з дітьми, які на COVID-19 не хворіли. Також виявлено, що в дітей після COVID-19 показники гемодинамічного забезпечення фізичного навантаження та міокардіальних резервів були гіршими порівняно зі здоровими дітьми. Отримані результати засвідчили вплив гострого COVID-19 на функціональний стан ССС та адаптаційні можливості організму дітей. При цьому встановлено, що ступінь змін залежав від тяжкості перенесеного COVID-19. Наші дані доцільно враховувати в призначенні лікувально-реабілітаційних методів корекції стану ТФН дітям, які перехворіли на COVID-19.

### Висновки

Перенесений гострий COVID-19 впливає на стан ТФН і показники міокардіальних резервів у дітей, що визначено в періоді понад 12 тиж-

нів після коронавірусної хвороби. Виявлено нижчі показники  $VO_{2max}$  у дітей, які хворіли на COVID-19, порівняно з дітьми, які не мали коронавірусної хвороби. Середнє значення  $VO_{2max}$  у дітей, які перенесли COVID-19, становить  $26,86 \pm 6,69$  мл/кг/хв, у групі контролю –  $38,29 \pm 5,54$  мл/кг/хв ( $p < 0,001$ ).

У дітей, які перенесли COVID-19 із тяжким перебігом, спостерігаються найбільш виражені зміни стану ТФН, найгірші значення  $VO_{2max}$ , серцевого та судинного компонентів гемодинамічного забезпечення фізичного навантаження, міокардіальних резервів, що достовірно відрізняються від значень групи контролю.

Рівні зміни стану ТФН, значень серцевого та судинного компонента забезпечення фізичного навантаження, міокардіальних резервів залежать від ступеня тяжкості перенесеного COVID-19, що підтверджується кореляційними зв'язками різної сили між цими показниками і ступенем тяжкості коронавірусної хвороби.

*Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.*

### REFERENCES/ЛІТЕРАТУРА

- American Academy of Pediatrics. (2022). Post-COVID-19 conditions in children and adolescents. URL: <https://www.aap.org/en/pages/2019-novel-coronavirus-covid-19-infections/clinical-guidance/post-covid-19-conditions-in-children-and-adolescents/>.
- Baechle TR, Earle RW (Eds.). (2008). Essentials of strength training and conditioning. Human kinetics: 641.
- Buonsenso D, Gennaro LD, Rose CD, Morello R, D'Ilario F, Zampino G et al. (2022). Long-term outcomes of pediatric infections: from traditional infectious diseases to long Covid. Future microbiology. 17 (7): 551–571.
- Buttar KK, Saboo N, Kacker S. (2019). A review: Maximal oxygen uptake ( $VO_{2max}$ ) and its estimation methods. JPESH. 6: 24–32.
- Dayton JD, Ford K, Carroll SJ, Flynn PA, Kourtidou S, Holzer RJ. (2021). The deconditioning effect of the COVID-19 pandemic on unaffected healthy children. Pediatric cardiology. 42 (3): 554–559.
- Hyshchak TV, Marushko YuV, Dmytryshyn OA, Kostynska NG, Dmytryshyn BYa. (2022). Tolerance to physical activity and its changes in children after COVID-19 (literature review, own data). Modern Pediatrics. Ukraine. 5 (125): 108–116. [Гишчак ТВ, Марушко ЮВ, Дмитришин ОА, Костинська НГ, Дмитришин БЯ. (2022). Толерантність до фізичного навантаження та її зміни у дітей, які перенесли COVID-19 (огляд літератури, власні дані). Сучасна педіатрія. Україна. 5 (125): 108–116]. doi: 10.15574/SP.2022.125.108.
- Kanda Y. (2013). Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZ' for medical statistics. Bone Marrow Transplant. 48: 452–458.
- López-Bueno R, Calatayud J, Andersen LL, Casaña J, Ezzatvar Y, Casajús JA et al. (2021). Cardiorespiratory fitness in adolescents before and after the COVID-19 confinement: a prospective cohort study. European journal of pediatrics. 180 (7): 2287–2293. <https://doi.org/10.1007/s00431-021-04029-8>.
- Marushko Y, Dmytryshyn O, Hyshchak T, Iovitsa T, Bovkun O. (2023). Peculiarities of the methodology, diagnostic value, and global recommendations for assessing exercise tolerance in children (literature review, own research). Child's health. 17 (8): 401–410. [Марушко ЮВ, Дмитришин ОА, Гишчак ТВ, Іовіца ТВ, Бовкун ОА. (2022). Особливості методики проведення, діагностична цінність та світові рекомендації з оцінки толерантності до фізичного навантаження у дітей (огляд літератури, власні дослідження). Здоров'я дитини. 17 (8): 401–410]. <https://doi.org/10.22141/2224-0551.17.8.2022.1547>.
- Marushko YuV, Dmytryshyn OA. (2023). Evaluation of the effectiveness of the magnesium-potassium complex in correcting the health status of children who have suffered from COVID-19. Modern Pediatrics. Ukraine. 4 (132): 7–15. [Марушко ЮВ, Дмитришин ОА. (2023). Оцінка ефективності магній-калієвого комплексу в корекції стану здоров'я дітей, які перенесли COVID-19. Сучасна педіатрія. Україна. 4 (132): 7–15]. doi: 10.15574/SP.2023.132.7.
- Marushko YuV, Hyshchak TV, Kostynska NG, Dmytryshyn OA. (2023). Determination of tolerance to physical exertion body reserves in school-age children with obesity and arterial hypertension. Modern Pediatrics. Ukraine. 3 (131): 37–45. [Марушко ЮВ, Костинська НГ, Гишчак ТВ, Дмитришин ОА. (2023). Визначення толерантності до фізичного навантаження і резервів організму в дітей шкільного віку з ожирінням та артеріальною гіпертензією. Сучасна педіатрія. Україна. 3 (131): 37–45]. doi: 10.15574/SP.2023.131.37.
- Marushko YuV, Hyshchak TV. (2014). Systemni mekhanizmy adaptatsii. Stres u ditei. Monohrafiya. Kyiv: 138. [Марушко ЮВ, Гишчак ТВ. (2014). Системні механізми адаптації. Стрес у дітей. Монографія. Київ: 138].
- Marushko YuV, Hyshchak TV. (2017). Osoblyvosti funktsionalnykh rezervivsertsevo-sudynnoisystemy zarezultatamyveloerhometrii u ditei z pervynnoiu arterialnoiu hipertenzieiu i defitsytom

- mahniiu ta vyjavlenykh porushen. *Sovremennaia pedyatriia*. 1 (81): 92–98. [Марушко ЮВ, Гишак ТВ. (2017). Особливості функціональних резервів серцево-судинної системи за результатами велоергометрії у дітей з первинною артеріальною гіпертензією і дефіцитом магнію та виявлених порушень. *Современная педиатрия*. 1 (81): 92–98].
14. MOZ Ukrainy. (2020). Pro zatverdzhennia protokolu "Nadannia medychnoi dopomohy dlia likuvannia koronavirusnoi khvoroby (COVID-19)". Ofitsiyni vebportal parlamentu Ukrainy. [МОЗ України. (2020). Про затвердження протоколу "Надання медичної допомоги для лікування коронавірусної хвороби (COVID-19)" Офіційний вебпортал парламенту України]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0762282-20#Text>.
15. Senatorova HS, Honchar MA, Sanina IO, Onikiienko OL, Strashok OI. (2014). Funktsionalni proby sertsevo-sudynnoi systemy v dytiachii kardiologii. *Kharkiv: KhNMU: 32*. [Сенаторова ГС, Гончарь МА, Саніна ІО, Онікієнко ОЛ, Страшок ОІ. (2014). Функціональні проби серцево-судинної системи в дитячій кардіології. Харків: ХНМУ: 32].
16. Shevchenko N, Holovko T, Aghogho A, Margret M, Bernard OF. (2021). Riven' tolerantnosti do fizichnogo navantazhennia u zdorovykh pidlitkiv. Aktualni problemy sучасnoi medycynи: 7. [Шевченко Н, Головка Т, Агхогхо А, Маргрет М, Бернард О. (2021). Рівень толерантності до фізичного навантаження у здорових підлітків. Актуальні проблеми сучасної медицини: 7].

**Відомості про авторів:**

**Марушко Юрій Володимирович** — д.мед.н, проф., зав. каф. педіатрії післядипломної освіти НМУ імені О.О. Богомольця. Адреса: м. Київ, бульвар Т. Шевченка, 13. <https://orcid.org/0000-0001-8066-9369>.

**Гишак Тетяна Віталіївна** — д.мед.н, проф. каф. педіатрії післядипломної освіти НМУ імені О.О. Богомольця. Адреса: м. Київ, бульвар Т. Шевченка, 13. 01601. <https://orcid.org/0000-0002-7920-7914>.

**Дмитришин Ольга Андріївна** — асистент каф. педіатрії післядипломної освіти НМУ імені О.О. Богомольця. Адреса: м. Київ, бульвар Т. Шевченка, 13. <https://orcid.org/0000-0002-5550-7234>.

Стаття надійшла до редакції 01.07.2023 р., прийнята до друку 10.10.2023 р.