

Сучасні аспекти оцінки толерантності до фізичного навантаження у дітей з постковідним синдромом, пневмонією та ожирінням

Ю. В. Марушко¹, С. О. Крамарьов¹, О. В. Виговська¹, С. П. Кривоустов¹, М. В. Хайтович¹,
А. В. Чуриліна¹, Т. О. Крючко², А. О. Писарєв¹

¹Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ

²Полтавський державний медичний університет

На сьогодні стан здоров'я дітей та підлітків, які перенесли гострі респіраторні інфекції або страждають на хронічні захворювання, є важливою та маловивченою проблемою. Перенесений COVID-19 та постковідний синдром, пневмонія – складні патологічні стани, що значно впливають на функціональні можливості організму та якість життя дитини. Не менший вплив на стан здоров'я чинить і ожиріння, яке також є важливою медико-соціальною проблемою. Метою дослідження було узагальнення даних літератури щодо значення проб з фізичним навантаженням у дітей із постковідним синдромом після перенесеної пневмонії різної етіології та ожирінням; аналіз сучасних аспектів для оцінки толерантності до фізичного навантаження.

Слід зазначити, що на сьогодні велика роль відводиться скринінговим програмам обстеження стану здоров'я дітей, які мають на меті попередження та вчасне виявлення патологічних змін. Одним із таких методів діагностики, що дає можливість визначити та комплексно проаналізувати функціональні можливості організму, є оцінка толерантності до фізичного навантаження. Діагностичне значення аналізу рівня толерантності полягає в оцінюванні впливу різних патологічних станів на здоров'я та якість життя дитини. Отримані результати можуть бути використані для розроблення реабілітаційних заходів, спрямованих на ліквідацію симптомів перенесених гострих захворювань, покращення якості життя.

Для оцінки толерантності до фізичного навантаження використовують проби з дозованим фізичним навантаженням. «Золотим стандартом» методики є серцево-легеневе тестування з фізичним навантаженням. Однак світові настанови оцінки толерантності включають також використання інших видів проб зокрема офісних та польових тестів. «Золотим стандартом» оцінки толерантності є визначення максимального споживання кисню (VO_{2max}), що характеризує максимальну кількість кисню, яка поглинається та використовується організмом під час інтенсивних фізичних навантажень із залученням значної можливої частини м'язів. Також під час виконання навантажувальних проб проводиться моніторинг частоти серцевих скорочень, артеріального тиску, запис електрокардіограми, що створює значні можливості діагностичного пошуку для лікаря-педіатра.

Ключові слова: COVID-19, пост-COVID-19, пневмонія, ожиріння, толерантність до фізичного навантаження, якість життя, лабораторно-інструментальна діагностика, стан серцево-судинної системи.

Modern aspects of exercise tolerance assessment in children with post-covid syndrome, pneumonia, and obesity

Yu. V. Marushko, S. O. Kramarov, O. V. Vygovska, S. P. Kryvopustov, M. V. Khaitovych,
A. V. Churylina, T. O. Kryuchko, A. O. Pysariev

An important and understudied problem is the state of health of children and adolescents who have experienced acute respiratory diseases or suffer from chronic diseases. Suffering from COVID-19 and post-COVID-19 syndrome, pneumonia are complex pathological conditions that significantly affect the functional capabilities of the child's body and quality of life. Obesity, which is also an important medical and social problem, has no less impact on health.

The purpose of the work is to summarize the data from the literature about the value of exercise tests in children with post-covid syndrome, after pneumonia of various etiologies, and obesity; modern aspects for assessing exercise tolerance.

It is worth noting that nowadays screening programs for examining the health of children, aimed at prevention and early detection of pathological changes, play an important role. One of these methods of diagnosis, which makes it possible to determine and comprehensively analyze the body's functional capabilities, is the assessment of exercise tolerance. The diagnostic value of analyzing the tolerance level lies in assessing the impact of various pathological conditions on the child's health, and quality of life. The obtained results can be used to develop rehabilitation measures to eliminate the symptoms of acute diseases and improve the quality of life.

Tests with dosed physical exertion are used to assess exercise tolerance. The «gold standard» of the technique is cardiopulmonary exercise testing. However, world tolerance assessment guidelines include the use of other types of tests, such as office and field tests. The «gold standard» for assessing tolerance is the determination of the maximum oxygen consumption (VO_{2max}), which characterizes the maximum amount of oxygen that is absorbed and used by the body during intense physical exertion involving a large possible part of the muscles. Also, during exercise tests, heart rate, blood pressure, and electrocardiogram recording are monitored, which creates significant diagnostic search opportunities for the pediatrician.

Keywords: COVID-19, post-COVID-19, pneumonia, obesity, exercise tolerance, quality of life, laboratory-instrumental diagnostics, state of the cardiovascular system.

Реалії життя українців є непростими умовами для повноцінного росту і розвитку наших дітей – майбутнього української нації; саме збереження життя та здоров'я дітей є одним із найголовніших завдань галузі охорони здоров'я. Відомим є той факт, що більшість захворювань у дорослому віці родом із дитинства, і саме тому діти є особливо вразливими до різних патологічних станів, які дуже часто можуть призводити до розвитку віддалених та довгострокових наслідків [1].

Сучасними тенденціями розвитку європейської педіатрії є стандартизація медичної допомоги дітям на закладах доказової та персоналізованої медицини, заходи щодо запобігання інфекційних та неінфекційних хвороб, стримування антибіотикорезистентності, впровадження інновацій у педіатричну практику. Також значна роль відводиться профілактичній медицині та скринінговим програмам обстеження стану здоров'я дітей, які мають на меті попередження та вчасне виявлення патологічних змін [1].

Одним із методів клінічної діагностики стану здоров'я людини, що дає можливість визначити та комплексно проаналізувати ступінь функціональних і адаптаційних можливостей організму, зокрема серцево-судинної та дихальної систем, є оцінка толерантності до фізичного навантаження (ТФН). Діагностична цінність оцінки ТФН полягає в тому, що за її допомогою можна проаналізувати вплив різноманітних патогенетичних чинників захворювань на постморбідний стан здоров'я, якість життя дитини чи підлітка [2].

Метою дослідження було узагальнення даних літератури щодо сучасних аспектів для оцінки толерантності до фізичного навантаження значення проб з фізичним навантаженням у дітей з постковідним синдромом після перенесеної пневмонії різної етіології та ожирінням.

Аналіз структури поширеності патології дітей віком 0–17 років продемонстрував, що за останні більше ніж 20 років найчисленнішою групою захворювань стабільно залишаються хвороби органів дихання, переважно за рахунок гострих респіраторних захворювань та пневмоній із максимумом виявлення їх у дітей віком від 0 до 6 років [1].

Особливо це актуально в контексті пандемії COVID-19, що триває і досі. Статистичні дані свідчать, що в Україні з початку пандемії SARS Cov-2 виявлено більше 5 млн заражень, серед яких на долю вікової категорії від народження до 17 років припадає 7%. І хоча смертність серед дітей невелика, проте ця інфекція небезпечна своїми наслідками, вивчення яких зараз активно проводиться в різних країнах світу [3].

Незважаючи на те, що переважна більшість дітей не відчують жодних змін свого стану після гострого епізоду COVID-19, у певних оглядах та дослідженнях повідомлялося, що деякі діти не можуть відновити своє колишнє здоров'я після COVID-19, оскільки мають довготривалі симптоми, такі, як надмірна втома, постійний кашель, розлади концентрації уваги та втрата пам'яті, зміна смаку та/або нюху. Наукове співтовариство називає цю групу постійних симптомів «стан пост-COVID-19» [4].

Згідно з рекомендаціями NICE, постковідний синдром (post-COVID-19 syndrome) – це скарги та симптоми, які розвиваються під час або після COVID-19 і тривають довше 12 тиж і не є результатом іншого діагнозу. Найчастіше постковідний стан проявляється групами симптомів, які співпадають, можуть змінюватися з часом і здійснювати вплив на будь-яку систему організму [5].

Огляд мета-аналізу 2022 року, який вивчав структуру long-COVID у дітей, продемонстрував, що найбільш поширеними клінічними проявами були зміни настрою, наприклад, смуток, напруження, гнів, депресія та тривога (16,50%), втома (9,66%) та розлади сну, зокрема, безсоння, гіперсомнія та погана якість сну (8,42%). Спостерігали також інші симптоми, а саме: головний біль (7,84%), задишка (7,62%), виділення мокротиння або закладеність носа (7,53%), когнітивні розлади, наприклад, зниження концентрації уваги, труднощі з навчанням, сплутаність свідомості, погіршення або втрата пам'яті (6,27%), відсутність апетиту (6,07%), утруднене виконання фізичного навантаження (5,73%) та зміна нюху, наприклад, гіпосмія, аносмія, гіперосмія, паросмія та фантомний запах (5,60%). Усі інші симптоми становили менше 5% поширеності.

Також було встановлено, що порівняно з контрольною групою діти, інфіковані SARS-CoV-2, мали вищий ризик стійкої задишки (ВШ 2,69; 95% ДІ: 2,30–3,14), аносмії/агевзії (ВШ 10,68; 95% ДІ: 2,48–46,03) та/або лихоманки (ВШ 2,23; 95% ДІ: 1,22–4,07) [6].

Слід відзначити, що багато симптомів, пов'язаних із перенесеним COVID-19, такі, як зміни настрою, відчуття втоми, розлади сну, зниження концентрації уваги, сплутаність свідомості, втрата пам'яті, проблеми з рівновагою, непереносимість фізичних навантажень, гіпергідроз, затуманення зору, дисрегуляція температури тіла, дисфункція серця, варіабельність ритму та серцебиття, закріп або діарея та дисфагія зазвичай присутні при дизавтономії. Дизавтономія – це дисфункція симпатичної та/або парасимпатичної вегетативної нервової системи [7]. Однак залишається незрозумілим, чи може дизавтономія бути прямим результатом дії інфекції SARS-CoV-2 чи це результат імуноопосередкованих процесів, таких як гіперпродукція цитокінів, відомих медіаторів запальної відповіді [8].

Сукупність симптомів та тривалість персистенції пост-COVID-19 може відрізнятися у різних пацієнтів, коливаючись у частоті та тяжкості. Факторами ризику розвитку тривалих і виражених постковідних наслідків є жіноча стать, тяжкий перебіг COVID-19, надмірна маса тіла, ожиріння, наявність алергічних захворювань та інших тривалих супутніх захворювань [9]. Захисними факторами, що приводять до більш легкого перебігу та коротшої тривалості COVID-19, а також, можливо, меншого впливу перенесеного COVID-19 у дітей, є відсутність супутніх захворювань, сильні вроджені імунні відповіді, знижена експресія рецепторів ангіотензинперетворюючого фермента (АПФ-2) і активна функція тимуса, які сприяють збільшенню присутності та зменшенню виснаження Т-клітин. Додаткові фактори захисту включають вакцинальний статус, харчування, стан мікробіому кишечника [10].

Поширеність симптомів залежить від того, скільки часу пройшло після гострого захворювання на COVID-19. Час спостереження та виявлення постковідних наслідків у дітей, описаний у метааналізі 2022 року, коливався від 1 до 13 міс. Незважаючи на те, що більшість симптомів з часом зникають, дослідження, які проводилися у дорослих, продемонстрували, що деякі симптоми можуть зберігатися через рік і більше після епізоду COVID-19. Важливо розуміти, які саме симптоми фіксують у певні періоди, наприклад через 6 міс, 12 міс, 2 роки [11].

Також з огляду літератури відомо, що перенесений COVID-19 впливає на рівень ТФН. У 2021 році було проведено одноцентрове ретроспективне дослідження «випадок–контроль» з метою порівняння показників максимального $\dot{V}O_2$ і $\dot{V}O_2$ на анаеробному порозі між досліджуваними групами до та після COVID-19. Максимальний $\dot{V}O_2$ у групі після COVID-19 був значно нижчим, ніж у групі до COVID-19 (39,1 мл/кг за 1 хв проти 44,7 мл/кг за 1 хв; $p=0,031$). Показник $\dot{V}O_2$ на анаеробному порозі становив 24,6 мл/кг за 1 хв у пацієнтів до COVID-19 і 21,5 мл/кг за 1 хв після COVID-19 ($p=0,082$). Відсоток прогнозованого $\dot{V}O_2$ був значно нижчим у когорті пост-COVID (94,6% проти 105%; $p=0,042$) [12].

Отже, актуальним є питання вивчення впливу перенесеного COVID-19 на стан здоров'я дітей, враховуючи можливий розвиток довгострокових наслідків. Зміни функціонального стану дихальної, серцево-судинної, нервової систем після COVID-19 можуть призводити до розвитку різноманітних захворювань у подальшому.

Як зазначалося вище, ступінь прояву постковідного стану у дітей залежить від тяжкості гострого епізоду COVID-19, особливо якщо дитині було встановлено діагноз пневмонії. Вірус SARS-CoV-2 постійно мутує і відповідно спричинює все більш важкі за перебігом пневмонії [13].

Отже, на сьогодні пневмонія є актуальною проблемою практичної педіатрії, оскільки може супроводжуватися тяжкими ускладненнями і мати небезпечні для життя наслідки. Це захворювання рік за роком змінюється, переважно за рахунок етіологічної структури та пов'язаних з нею особливостей перебігу. Також пневмонії є захворюваннями, що можуть мати тривалий перебіг з наступним довгим відновним періодом, що обумовлює актуальність вивчення стану здоров'я дітей після пневмоній [14].

У 2021 році було проведено дослідження, в ході якого виявлено віддалені наслідки некротизуючої пневмонії у дітей. Зокрема через кілька років після епізоду пневмонії у пацієнтів спостерігалось помірне порушення функції легень. Було рекомендовано спостерігати за цими пацієнтами через можливі порушення функції легень у дорослому віці [15].

У 2023 році було проведено дослідження за участі 41 пацієнта, які перенесли пневмонію, асоційовану з COVID-19, серед яких було 3 пацієнта з тяжким перебігом захворювання. Діти були обстежені через 3 міс після одужання. Виявлено, що стійкі симптоми спостерігалися у 7 (17,1%) дітей. Найпоширенішими були зниження толерантності до фізичного навантаження (57,1%), задишка (42,9%) та кашель (42,9%) [16].

Безумовно, ступінь вираженості впливу пневмонії на стан здоров'я дитини пов'язаний з рівнем тяжкості самої пневмонії, що залежить від безлічі факторів, зокрема від рівня фізичного розвитку [17]. З огляду літератури відомо, що діти з надмірною масою тіла, хворі на пневмонію, входять до групи ризику щодо більш тривалого перебігу захворювання. Це обумовлено наявною коморбідністю пневмонії та ожиріння [18].

Дитяче ожиріння стало глобальною пандемією в розвинених країнах світу, що привело до збільшення частоти безлічі захворювань. Причини ожиріння в дитячому та підлітковому віці є складними та багатограними, що ставить перед дослідниками та клініцистами численні питання щодо його запобігання. Медичними ускладненнями,

спровокованими ожирінням, є гіпертонія, неалкогольна жирова дистрофія печінки, атеросклероз, ішемічна хвороба серця, депресія та інші. Прихований перебіг початку цих захворювань є надзвичайно небезпечним. Саме тому важливим є впровадження напрямів досліджень з акцентом на вчасне виявлення серцево-судинної патології асоційованої з надмірною масою тіла [19].

Визначення рівня ТФН у 155 дітей з надмірною масою тіла/ожирінням (середній ІМТ – $26,2 \pm 4,1$ кг/м²) продемонструвало, що лише у 28% дітей рівень толерантності був добрим, у 58% – задовільним, у 14% – низьким [20].

Це підтверджується і в інших наукових працях, де вказано, що діти з ожирінням мали гіршу переносимість фізичних навантажень та відповідно нижчий рівень ТФН [21, 22].

Отже, різні соматичні захворювання, що визначаються у дітей та підлітків, безумовно чинять згубний вплив на функціональні можливості організму, погіршують стан здоров'я та якість життя. Для оцінювання подібних змін слід проводити визначення толерантності до фізичного навантаження (ТФН) [23].

ТФН – це важлива характеристика сумарних фізіологічних можливостей організму, що відображає ступінь фізичної тренуваності пацієнта та його здатність переносити нав'язане фізичне навантаження. Оцінюючи рівень ТФН, можна сформулювати висновки про функціональну здатність серцево-судинної та дихальної систем. Це пояснюється тим, що фізичні вправи вимагають взаємодії фізіологічних механізмів, які дозволяють серцево-судинній і дихальній системам задовольняти енергетичні потреби м'язів, які скорочуються під час навантаження. Враховуючи, що обидві системи під час тренування піддаються навантаженню, їх здатність адекватно реагувати на цей стрес є мірою їх фізіологічної компетентності [24].

«Золотим стандартом» оцінки ТФН є визначення максимального споживання кисню ($\dot{V}O_{2max}$). Це показник, що характеризує рівень поглинання кисню, досягнуте під час максимальної інтенсивності фізичних вправ, і який не може більше підвищуватись, незважаючи на подальше нарастання робочого навантаження, таким чином визначаючи робочі «межі» серцево-судинної та дихальної систем, пік їх функціональних можливостей [25].

Сучасні настанови щодо визначення ТФН рекомендують для оцінювання цього показника використовувати різні варіації проб з дозованим фізичним навантаженням, так звані навантажувальні тести [26].

Протипоказаннями до проведення навантажувальних тестів є серцева недостатність Іб і ІІІ ступеня, обструкція вихідного тракту лівого шлуночка (гіпертрофічна кардіоміопатія, стеноз аорти), активні запальні процеси в серці (міокардит, перикардит), тахіотлива аритмія, напади пароксизмальної шлуночкової тахікардії і фібриляції шлуночків в анамнезі із синкопе або без них, повна атріовентрикулярна блокада, аневризма, артеріальна гіпертензія (АТ більше 180/100 мм рт. ст. для дітей віком старше 11 років, АТ більше 160/80 мм рт. ст. (для дітей молодших 11 років), лихоманка та реконвалесценція протягом 1 міс після гострих і загострення хронічних інфекційних захворювань [27].

Для оцінювання ТФН «золотим стандартом» є серцево-легенева проба/тестування з фізичним навантаженням (СЛПН), що рекомендовано Радою серцево-судинних захворювань молоді, Комітетом з атеросклерозу, гіпертонії

Таблиця 1

Нормативні показники VO_{2max} (мл/кг за 1 хв) у дітей віком 13–19 років залежно від статі

Оцінювання	Хлопчики	Дівчатка
Низький	<35,0	<25,0
Нижче посереднього	35,0–38,3	25,0–30,9
Посередній	38,4–45,1	31,0–34,9
Добрий	45,2–50,9	35,0–38,9
Відмінний	51,0–55,9	39,0–41,9
Найкращий	>55,9	>41,9

та ожиріння у молодих людей Американської асоціації серця (АНА) як спосіб визначення стану здоров'я, який має на меті оцінити продуктивність фізичних вправ і механізмів, що обмежують фізичні можливості окремої дитини або підлітка [28].

СЛПН – це виконання фізичного навантаження на тредмлі (біговій доріжці) або велоергометрі. Під час проби пацієнт дихає через спеціальну маску, під'єднану до газоаналізаторного обладнання, яке проводить аналіз видихуваної суміші газів з визначенням VO_{2max} , VCO_{2max} . Максимальне споживання кисню, зафіксоване таким чином, має назву « VO_{2max} , виміряний прямим методом». Також під час виконання фізичного навантаження проводиться моніторинг частоти серцевих скорочень (ЧСС), артеріального тиску (АТ); рівень насичення киснем крові, записується електрокардіограма (ЕКГ). Це дозволяє не лише визначити реакцію серцево-судинної системи на фізичне навантаження, ступінь ТФН а й виявити порушення ритму серця, пов'язані з фізичною активністю [28].

СЛПН є методом обстеження, що входить до переліку діагностичних заходів, рекомендованих Європейським респіраторним товариством/ Американським торакальним товариством для пацієнтів, які перенесли гострий епізод COVID-19 [29].

Стандартна методика оцінки ТФН характеризується найвищою достовірністю отриманих результатів та їх найбільшою діагностичною цінністю. Проте високі експлуатаційні витрати та обов'язковість об'ємного, вартісного обладнання, зокрема газоаналізаторного, встановило певні обмеження щодо використання СЛПН [30].

У зв'язку з цим у 2020 році була опублікована наукова рекомендація Американської асоціації серця (АНА) «Кардіореспіраторний фітнес у молоді: важливий маркер здоров'я (Cardiorespiratory Fitness in Youth: An Important Marker of Health)», де зазначалась можливість та доцільність застосування інших видів навантажувальних тестів без аналізу видихуваної суміші газів, але з визначенням VO_{2max} , виміряного непрямим методом [31]. Водночас висновки низки досліджень встановили і підтвердили, що значення VO_{2max} , виміряного непрямим методом, корелює з показниками VO_{2max} , отриманого прямим методом, що свідчить про рівнозначність обох показників для оцінки стану ТФН [32, 33].

Використовують майже 20 видів тестів з непрямим визначенням VO_{2max} , які розподіляються на дві основні групи:

- 1) польові тести (Field-Based Tests) – тест «12-хвилинний біг» та човниковий біг на 20 м;
- 2) офісні тести (Office-Based Tests) [31].

Офісні тести розподіляють на дві підгрупи:

- без використання тренажерів (альтернативні проби – тест «6-хвилинної ходьби», степ-тест),
- з використанням велоергометра (протокол Астранда-Римінга, максимальний велосипедний тест Storer, тест субмаксимального циклу YMCA, Milfit-тест, PWC 170) чи бігової доріжки (одноступінчастий тест ходьби на біговій доріжці) [31].

Під час виконання цих видів навантажувальних проб визначення максимального споживання кисню (VO_{2max}) можливе або за допомогою математичних формул залежно від протоколу виконання проби з фізичним навантаженням, або апаратним методом [34]. Останній варіант

можливий, якщо лабораторне обладнання (велоергометр, бігова доріжка), що використовується для оцінки ТФН, має функцію вимірювання VO_{2max} на підставі фіксації гемодинамічних показників, таких як ЧСС, АТ на початку та в ході виконання проби [31].

Як зазначалося вище, інформативність та діагностична цінність зазначених методів визначення ТФН залежить від можливості постійного моніторингу за ЧСС, АТ, змінами на ЕКГ, фіксації рівня насичення крові киснем, визначення максимального VO_{2max} , отриманого прямим і непрямим методом [28].

Максимальне споживання кисню (VO_{2max}) дає можливість оцінити ТФН і загальну фізичну форму людини (табл. 1) [35].

Приріст ЧСС дає змогу оцінити рівень тренуваності ССС пацієнта. Швидке досягнення ЧСС до 150–170 уд. за 1 хв є однією з ознак низького рівня ТФН. Надмірно виражена тахікардія може свідчити про тяжке органічне ураження серця (дилатаційна кардіоміопатія, постміокардіотичний кардіосклероз), а брадикардія під час виконання фізичного навантаження або відсутність адекватного приросту ЧСС можуть бути пов'язані із синдромом слабкості синусового вузла (СССВ), вживанням бета-блокаторів, високим рівнем фізичної тренуваності [27].

Запис ЕКГ під час проведення навантажувальних тестів дає можливість провести точну оцінку ЧСС на піку фізичного навантаження, діагностику та оцінку аритмії, оцінку аномалій провідності, зміни інтервалу QT, сегмента ST і зубця T, що відповідають критеріям ішемії міокарда [28].

Таблиця 2

Типи реакцій АТ на фізичне навантаження

Тип реакції	Характеристика
Нормотонічна	Поступове збільшення АТ у відповідь на фізичне навантаження і поступове повернення до вихідних значень на 3–5-й хвилині відпочинку. Приріст САТ – 70–75 мм рт.ст., ДАТ знижується або не змінюється
Гіпотонічна	Зниження ДАТ більше ніж на 30 мм рт.ст., приріст САТ – менше 60 мм рт.ст.
Гіпертонічна	Ізольоване підвищення САТ більше 160–180 мм рт.ст., або підвищення і САТ, і ДАТ більше 160–180/80–100 мм рт.ст.;
Дистонічна	Велика різниця між САТ і ДАТ (пульсовий тиск), приріст САТ до 220–230 мм рт.ст. і значне зниження ДАТ нижче 40 мм рт.ст.

Ще однією важливою характеристикою оцінювання роботи ССС при фізичному навантаженні є зміна АТ, яка включає різні види реакцій (табл. 2) [27].

Оцінювання рівня насичення киснем крові проводиться з метою визначення розвитку гіпоксемії під час фізичного навантаження. Рівень сатурації менше 90% вважається патологічною реакцією на виконання проби і є показанням до миттєвого припинення тестування [28].

ВИСНОВКИ

Важливою та маловивченою проблемою є стан здоров'я дітей та підлітків, які перенесли гострі респіраторні інфекції або страждають на хронічні захворювання. Перенесений COVID-19 та постковідний синдром і пневмонії є складними патологічними станами, що значно

впливають на функціональний стан організму дитини. Не менший вплив на стан здоров'я дитини чинить і ожиріння, яке також є важливою медико-соціальною проблемою.

Для оцінювання віддалених та довгострокових наслідків соматичної патології доцільно проводити визначення ТФН. «Золотим стандартом» оцінки ТФН – є серцево-легеневе тестування з фізичним навантаженням та визначенням прямого VO_{2max} . Проте можливе використання й інших, більш доступних методик з вимірюванням непрямого VO_{2max} , що описано у статті. Під час виконання проб з фізичним навантаженням доцільно проводити моніторинг частоти серцевих скорочень, артеріального тиску, запис електрокардіограми, інтерпретація результатів яких створює значні можливості діагностичного пошуку для лікаря-педіатра.

Відомості про авторів

Марушко Юрій Володимирович – д-р мед. наук, професор, завідувач, кафедра педіатрії післядипломної освіти, Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ. *E-mail: iurii.marushko@gmail.com*
ORCID: 0000-0001-8066-9369

Крамарьов Сергій Олександрович – д-р мед. наук, професор, завідувач, кафедра дитячих інфекційних хвороб, Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ, м. Київ. *E-mail: skramarev@ukr.net*
ORCID: 0000-0003-2919-6644

Виговська Оксана Валентинівна – д-р мед. наук, професор, кафедра дитячих інфекційних хвороб, декан, медичний факультету № 3, Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ. *E-mail: ovvigovskaya@gmail.com*
ORCID: 0000-0003-1978-9817

Кривоустов Сергій Петрович – д-р мед. наук, професор, кафедра педіатрії № 2, Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ. *E-mail: sergii.kryvopustov@gmail.com*
ORCID: 0000-0001-8561-0710

Хайтович Микола Валентинович – д-р мед. наук, професор, завідувач, кафедра клінічної фармакології та клінічної фармації, Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ. *E-mail: nik3061@gmail.com*
ORCID: 0000-0001-6412-3243

Чуриліна Аліна Василівна – д-р мед. наук, професор, кафедра педіатрії № 4, Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ. *E-mail: alina7887k@gmail.com*
ORCID: 0000-0003-3130-2178

Крючко Тетяна Олександрівна – д-р мед. наук, професор, завідувач, кафедра педіатрії № 2, Полтавський державний медичний університет. *E-mail: drkryuchko@gmail.com*
ORCID: 0000-0002-5034-4181

Писарев Андрій Олександрович – д-р мед. наук, професор, кафедра педіатрії післядипломної освіти, Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ. *E-mail: andypysariev@gmail.com*
ORCID: 0000-0002-9978-8031

Information about authors

Marushko Yuri V. – MD, PhD, Professor, Head of the Department of Pediatrics of postgraduate education, Bogomolets National Medical University, Kyiv. *E-mail: iurii.marushko@gmail.com*
ORCID: 0000-0001-8066-9369

Kramarov Sergiy O. – MD, PhD, Professor, Head of the Department of Pediatric Infectious Diseases, Bogomolets National Medical University, Kyiv. *E-mail: skramarev@ukr.net*
ORCID: 0000-0003-2919-6644

Vygovska Oksana V. – MD, PhD, Professor of the Department of Pediatric Infectious Diseases, Dean of the medical faculty №3, Bogomolets National Medical University, Kyiv. *E-mail: ovvigovskaya@gmail.com*
ORCID: 0000-0003-1978-9817

Kryvopustov Sergii P. – MD, PhD, Professor of the Department of pediatrics 2, Bogomolets National Medical University, Kyiv. *E-mail: sergii.kryvopustov@gmail.com*
ORCID: 0000-0001-8561-0710

Khaitovych Mykola V. – MD, PhD, Professor, Head of the Department of Clinical Pharmacology and Clinical Pharmacy, Bogomolets National Medical University, Kyiv. *E-mail: nik3061@gmail.com*
ORCID: 0000-0001-6412-3243

Churylina Alina V. – MD, PhD, Professor of the Department of Pediatrics №4, Bogomolets National Medical University, Kyiv. *E-mail: alina7887k@gmail.com*
ORCID: 0000-0003-3130-2178

Kryuchko Tetyana O. – MD, PhD, Professor, Head of the Department of Pediatrics 2, Poltava State Medical University, Poltava. *E-mail: drkryuchko@gmail.com*
ORCID: 0000-0002-5034-4181

Pysariev Andrii O. – MD, PhD, Professor of the Department of Pediatrics of postgraduate education, Bogomolets National Medical University, Kyiv. *E-mail: andypysariev@gmail.com*
ORCID: 0000-0002-9978-8031

ПОСИЛАННЯ

1. Antipkin YG, Volosovets OP, Maidannik VG, Berezenko VS, Moiseenko RO, Vygovska OV, et al. Status of child population health – the future of the country (part 1). *Childs Health*. 2018;13(1):1-11. doi: 10.22141/2224-0551.13.1.2018.127059.
2. Shevchenko N, Holovko T, Aghogh A, Margret M, Bernard O-F. Level of the exercise tolerance in healthy adolescents. *Actual Probl Mod Med*. 2021;(7):82-8. doi: 10.26565/2617-409x-2021-7-09.
3. Center of Public Health of Ukraine. COVID-19 [Internet]. Available from: <https://covid19.phc.org.ua/>.
4. Izquierdo-Pujol J, Moron-Lopez S, Dalmau J, Gonzalez-Aumatell A, Carreras-Abad C, Mendez M, et al. Post COVID-19 Condition in Children and Adolescents: An Emerging Problem. *Front Pediatr*. 2022;10:894204. doi: 10.3389/fped.2022.894204.
5. COVID-19 rapid guideline: managing the long-term effects of COVID-19 [Internet]. London: National Institute for Health and Care Excellence (NICE); 2020. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK567261/>.
6. Lopez-Leon S, Wegman-Ostrosky T, Ayuzo Del Valle NC, Perelman C, Sepulveda R, Rebolledo PA, et al. Long-COVID in children and adolescents: a systematic review and meta-analyses. *Sci Rep*. 2022;12(1):9950. doi: 10.1038/s41598-022-13495-5.
7. Dotan A, David P, Arnheim D, Shoenfeld Y. The autonomic aspects of the post-COVID19 syndrome. *Autoimmun Rev*. 2022;21(5):103071. doi: 10.1016/j.autrev.2022.103071.
8. Caronna E, Pozzo-Rosich P. Headache during COVID-19: Lessons for all, implications for the International Classification of Headache Disorders. *Headache*. 2021;61(2):385-6. doi: 10.1111/head.14059.
9. Sharif K, Watad A, Bragazzi NL, Lichtbroun M, Martini M, Perricone C, et al. On chronic fatigue syndrome and nosological categories. *Clin Rheumatol*. 2018;37(5):1161-70. doi: 10.1007/s10067-018-4009-2.
10. Molteni E, Sudre CH, Canas LS, Bhopal SS, Hughes RC, Antonelli M, et al. Illness duration and symptom profile in symptomatic UK school-aged children tested for SARS-CoV-2. *Lancet Child Adolesc Health*. 2021;5(10):708-18. doi: 10.1016/S2352-4642(21)00198-X.
11. Fumagalli C, Zocchi C, Tasseti L, Silveri MV, Amato C, Livi L, et al. Factors associated with persistence of symptoms 1 year after COVID-19: A longitudinal, prospective phone-based interview follow-up cohort study. *Eur J Intern Med*. 2022;97:36-41. doi: 10.1016/j.ejim.2021.11.018.
12. Dayton JD, Ford K, Carroll SJ, Flynn PA, Kourtidou S, Holzer RJ. The Deconditioning Effect of the COVID-19 Pandemic on Unaffected Healthy Children. *Pediatr Cardiol*. 2021;42(3):554-9. doi: 10.1007/s00246-020-02513-w.
13. Foust AM, McAdam AJ, Chu WC, Garcia-Peña P, Phillips GS, Plut D, et al. Practical guide for pediatric pulmonologists on imaging management of pediatric patients with COVID-19. *Pediatr Pulmonol*. 2020;55(9):2213-24. doi: 10.1002/ppul.24870.
14. Dean P, Florin TA. Factors Associated With Pneumonia Severity in Children: A Systematic Review. *J Pediatric Infect Dis Soc*. 2018;7(4):323-34. doi: 10.1093/jpids/piy046.
15. Bover-Bauza C, Osona B, Gil JA, Peña-Zarza JA, Figuerola J. Long-term outcomes of necrotizing pneumonia. *An Pediatr (Engl Ed)*. 2021;95(5):298-306. doi: 10.1016/j.anpede.2020.10.002.
16. Boguslawski S, Strzelak A, Gajko K, Peradzyska J, Popielska J, Marczyńska M, et al. The outcomes of COVID-19 pneumonia in children-clinical, radiographic, and pulmonary function assessment. *Pediatr Pulmonol*. 2023;58(4):1042-50. doi: 10.1002/ppul.26291.
17. Florin TA, Ambroggio L, Brokamp C, Zhang Y, Rattan M, Crotty E, et al. Biomarkers and Disease Severity in Children With Community-Acquired Pneumonia. *Pediatrics*. 2020;145(6):e20193728. doi: 10.1542/peds.2019-3728.
18. Frolova TV, Borodina OS, Tereshchenkova II, Stenkova NF, Sinyayeva IR. The course of non-hospital uncomplicated pneumonia in children with different levels of physical development. *Health Care Children Adolescents*. 2019;1:88-91.
19. Smith JD, Fu E, Kobayashi MA. Prevention and Management of Childhood Obesity and Its Psychological and Health Comorbidities. *Annu Rev Clin Psychol*. 2020;16:351-78. doi: 10.1146/annurev-clinpsy-100219-060201.
20. Gupta P, Kumar B, Banothu KK, Jain V. Assessment of Cardiorespiratory Fitness in 8-to-15-Year-Old Children with Overweight/Obesity by Three-Minute Step Test: Association with Degree of Obesity, Blood Pressure, and Insulin Resistance. *Indian J Pediatr*. 2022. doi: 10.1007/s12098-022-04311-z.
21. Cooper DM, Leu SY, Taylor-Lucas C, Lu K, Galassetti P, Radom-Aizik S. Cardiopulmonary Exercise Testing in Children and Adolescents with High Body Mass Index. *Pediatr Exerc Sci*. 2016;28(1):98-108. doi: 10.1123/pes.2015-0107.
22. Kalski L, Wannack M, Wiegand S, Wolfarth B. Comparison of two methods of cardiopulmonary exercise testing for assessing physical fitness in children and adolescents with extreme obesity. *Eur J Pediatr*. 2022;181(6):2389-97. doi: 10.1007/s00431-022-04434-7.
23. West SL, Banks L, Schneiderman JE, Caterini JE, Stephens S, White G, et al. Physical activity for children with chronic disease; a narrative review and practical applications. *BMC Pediatr*. 2019;19(1):12. doi: 10.1186/s12887-018-1377-3.
24. Zhang Z, Wang T, Kuang J, Herold F, Ludyga S, Li J, et al. The roles of exercise tolerance and resilience in the effect of physical activity on emotional states among college students. *Int J Clin Health Psychol*. 2022;22(3):100312. doi: 10.1016/j.ijchp.2022.100312.
25. Gibala MJ, MacInnis MJ. Physiological basis of brief, intense interval training to enhance maximal oxygen uptake: a mini-review. *Am J Physiol Cell Physiol*. 2022;323(5):C1410-6. doi: 10.1152/ajpcell.00143.2022.
26. Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, Bittner VA, et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2013;128(8):873-934. doi: 10.1161/CIR.0b013e31829b5b44.
27. Health of Ukraine. Information for healthcare professionals [Internet]. Bicycle ergometry in practical medicine [Internet]. Available from: <https://healthua.com/article/61895-veloergometrya-upraktichnj-meditsin>.
28. Paridon SM, Alpert BS, Boas SR, Cabrera ME, Calderera LL, Daniels SR, et al. Clinical stress testing in the pediatric age group: a statement from the American Heart Association Council on Cardiovascular Disease in the Young, Committee on Atherosclerosis, Hypertension, and Obesity in Youth. *Circulation*. 2006;113(15):1905-20. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.174375.
29. Rinaldo RF, Mondoni M, Parazzini EM, Pitari F, Brambilla E, Luraschi S, et al. Deconditioning as main mechanism of impaired exercise response in COVID-19 survivors. *Eur Respir J*. 2021;58(2):2100870. doi: 10.1183/13993003.00870-2021.
30. Marushko Y, Dmytryshyn O, Hyshchak T, Iovitsa T, Bovkun O. Peculiarities of the methodology, diagnostic value, and global recommendations for assessing exercise tolerance in children (literature review, own research). 2023;17(8):401-10.
31. Raghuvveer G, Hartz J, Lubans DR, Takken T, Wiltz JL, Miettus-Snyder M, et al. Cardiorespiratory Fitness in Youth: An Important Marker of Health: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2020;142(7):e101-18. doi: 10.1161/CIR.0000000000000866.
32. Rocha Neto AM, Herdy AH, Souza P. Comparative Analysis of Direct and Indirect Methods for the Determination of Maximal Oxygen Uptake in Sedentary Young Adults. *Int J Cardiovasc Sci*. 2019;32(4):362-7.
33. Lima AM, Silva DV, Souza AO. Correlação entre as medidas direta e indireta do VO₂max em atletas de futsal. *Rev Bras Medicina Esporte*. 2005;11(3):164-6. doi: 10.1590/s1517-86922005000300002.
34. Hyshchak TV, Marushko YV, Dmytryshyn OA, Kostynska NG, Dmytryshyn BY. Tolerance to physical activity and its changes in children after COVID-19 (literature review, own data). *Mod Pediatr Ukr*. 2022;(5(125)):108-16. doi: 10.15574/sp.2022.125.108.
35. National Strength & Conditioning Association (U.S.), editors. *Essentials of strength training and conditioning*. 3 Vol. Champaign, IL: Human Kinetics; 2008. 752 p.

Стаття надійшла до редакції 24.03.2023. – Дата першого рішення 30.03.2023. – Стаття подана до друку 27.04.2023