

Толерантність до фізичного навантаження в підлітків із ревматичними захворюваннями, враховуючи систолічну функцію серця

Т. О. Головко *1,2,A,B,D, Н. С. Шевченко 1,2,C,E, Л. Ф. Богмат 1,2,C,F, В. В. Ніконова 1,B

¹ДУ «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків НАМН України», м. Харків, ²Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Україна

A – концепція та дизайн дослідження; B – збір даних; C – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; E – редагування статті; F – остаточне затвердження статті

Ключові слова:
систолічна
функція міокарда,
ревматичні
захворювання,
толерантність
до фізичного
навантаження,
підлітки.

Патологія. 2022.
Т. 19, № 1(54).
С. 18-23

*E-mail:
golovko@karazin.ua

Мета роботи – визначити систолічну функцію серця та адаптивні можливості до фізичного навантаження в підлітків із ювенільним ідіопатичним артритом (ЮІА) і системним червоним вовчаком.

Матеріали та методи. Обстежили 72 підлітків із ревматичними захворюваннями (РЗ) віком 10–18 (13,11 ± 0,89) років; 58 дівчат і 14 хлопців. Група контролю – 46 здорових підлітків зівставного віку (14,73 ± 0,32 року); 29 дівчат і 17 хлопців. Усім хворим здійснили ультразвукове дослідження серця на апараті LOGIO V2 General Electric (США). Для визначення толерантності до мінімального фізичного навантаження виконали тест шестихвилинної ходьби (ТШХ). До тесту та після його завершення протягом першої хвилини відновлювального періоду підраховували частоту серцевих скорочень (ЧСС), виміряли артеріальний тиск, розраховували індекс Алговера (ІА). Пройдену дистанцію виміряли в метрах.

Результати. Встановили, що в підлітків із РЗ відбувається вірогідне зниження фракції викиду (ФВ) правого шлуночка (ПШ) на тлі істотного збільшення ударного об'єму (УО) та хвилинного об'єму кровообігу (ХОК) ПШ, що супроводжується вищими значеннями ЧСС. У пацієнтів з ЮІА визначили вірогідно меншу ФВ обох шлуночків серця на тлі достовірно вищих значень ЧСС, а також знижені УО лівого шлуночка (ЛШ) та ХОКлш; УОпш та ХОКпш були вірогідно вищими. Аналізуючи показники ТШХ, виявили: дистанція вірогідно менша в підлітків із РЗ, а відсоток приросту ЧСС після тесту – більший. Індекс Алговера вірогідно вищий до ТШХ, істотно підвищився після тесту. У підлітків із низькою ФВпш спостерігали достовірне зниження УОпш і ХОКпш на тлі вірогідно нижчої ЧСС, але ІА після ТШХ значущо вищий.

Висновки. У підлітків із РЗ на тлі збереження систолічної функції лівого шлуночка виявили зниження систолічної функції правого шлуночка серця, збільшення УОпш та ХОКпш на тлі підвищення ЧСС. Толерантність до фізичного навантаження зберігалася в межах нормальних значень внаслідок суттєвого підвищення активності систем регуляції. При зниженні систолічної функції правого шлуночка, що прогресує, виявили зниження його ударного та хвилинного об'ємів; це може вказувати на участь інших систем регуляції в адекватній підтримці системи кровообігу.

Key words:
myocardial
systolic function,
rheumatic diseases,
exercise tolerance,
adolescents.

Pathologia
2022; 19 (1), 18-23

Tolerance to exercise in adolescents with rheumatic diseases taking into account systolic heart function

T. O. Holovko, N. S. Shevchenko, L. F. Bohmat, V. V. Nikonova

Aim: to determine the systolic heart function and adaptive capabilities to physical activity in adolescents with juvenile idiopathic arthritis and systemic lupus erythematosus.

Materials and methods. We examined 72 adolescents with RD at the age of 10–18 (13.11 ± 0.89) years, 58 were girls and 14 were boys. The control group consisted of 46 healthy adolescents of the corresponding age (14.73 ± 0.32 years) and gender (29 girls and 17 boys). An ultrasound examination of the heart using a General Electric LOGIO V2 apparatus (USA) was performed for all patients. The six-minute walk test was performed to determine the tolerance to minimal physical activity. Before the test and after completion during the first minute of the recovery period, heart rate was calculated, blood pressure was measured and the Allgower's index was calculated. The 6 minute walking distance was measured in meters.

Results. It was found that adolescents with RD had a significant decrease in EFrv against the background of a significant increase in SVrv and MVCrv, which was accompanied by higher HR values. In patients with JIA, reliably lower EF of both ventricles of the heart was established against the background of significantly higher heart rate values and a decrease in SVlv and MVCrv, while SVrv and MVCrv were significantly higher. When analyzing 6MWT indicators, the distance was significantly shorter in adolescents with RD, and the percentage of increase in heart rate after the test was higher. Allgower's index was significantly higher before 6MWT and significantly increased after the test. In adolescents with low EFrv, there was a significant decrease in SVrv and MVCrv against the background of significantly low HR values, but the Allgower's index after 6MWT was significantly higher.

Conclusions. In adolescents with RD, while the systolic function of the left ventricle is preserved, there is a decrease in the systolic function of the right ventricle of the heart, an increase in SVrv and MVCrv on the background of an increase in heart rate. Tolerance to physical activity remains within normal limits due to a significant increase in the activity of regulatory systems. With a progressive decrease in the systolic function of the right ventricle, a decrease in its stroke and minute volumes was established, which may indicate the participation of other regulatory systems in adequate support of the circulatory system.

Ревматичні захворювання – одна з найактуальніших, найважливіших медичних і соціально-економічних проблем. До основних причин зниження якості життя та смертності пацієнтів із ревматичними захворюваннями (РЗ) належить патологія серцево-судинної системи (ССС) із розвитком серцевої недостатності (СН) [1–3]. Відповідно до функціональної класифікації СН Нью-Йоркської асоціації серця (NYHA), основні діагностичні показники субклінічної СН – суб'єктивні відчуття пацієнта: задуха під час фізичного навантаження та неможливість виконувати щоденну фізичну роботу [4].

Для хворих підліткового віку та молодих дорослих такі скарги частіше за все не характерні, їх виявляють тільки під час активного опитування на прийомі в лікаря. Тому для діагностики ранніх порушень ССС у пацієнтів із РЗ у цьому віковому періоді важливого значення набуває оцінювання толерантності до мінімального фізичного навантаження за результатами різних навантажувальних проб [5].

Останнім часом для вирішення цих завдань широко використовують тест шестихвилинної ходьби (ТШХ). Він простий у виконанні, не потребує додаткового обладнання. За результатами цього тесту можна розрахувати кілька коефіцієнтів, що дають змогу оцінити не тільки толерантність організму до фізичного навантаження, але й адаптаційні можливості ССС [6,7].

Для оцінювання показників функції системи кровообігу використовують також індекс Алговера. В разі невідкладних станів його розраховують для визначення ступеня крововтрати та шоку, тому його називають ще шоківим індексом [8,9]. Підвищення цього показника при хронічних захворюваннях вказує на збільшення серцевого викиду внаслідок тахікардії, а негативне значення – на дефіцит кровообігу [10].

Доцільним вважаємо виявлення найбільш ранніх ознак порушень діяльності серцево-судинної системи у підлітків із РЗ.

Мета роботи

Визначити систолічну функцію серця й адаптивні можливості до фізичного навантаження у підлітків із ювенільним ідіопатичним артритом і системним червоним вовчаком.

Матеріали і методи дослідження

Обстежили 72 підлітків із РЗ: 51 хворий на ювенільний ідіопатичний артрит (ЮІА), 21 пацієнт із системним червоним вовчаком (СЧВ). Вік обстежених – 10–18 (13,11 ± 0,89) років, 58 (80,5 %) дівчат і 14 (19,5 %) хлопців. Група контролю – 46 здорових підлітків, зіставні за віком (14,73 ± 0,32 року); 29 (63,1 %) дівчат і 17 (36,9 %) хлопців.

Клінічні діагнози встановили на підставі критеріїв, наведених у нормативних документах: наказі Міністерства охорони здоров'я України № 676 «Про затвердження протоколів надання медичної допомоги за спеціальністю «Ревматологія» від 12.10.2006 року; наказі Міністерства охорони здоров'я України № 832 «Про затвердження уніфікованого клінічного протоколу медичної допомоги дітям, хворим на

ювенільний артрит» від 22.10.2012 року для встановлення діагнозу ЮІА. Користувалися діагностичними критеріями системного червоного вовчака (Systemic Lupus International Collaborating Clinics SLICC, 2012), рекомендаціями американської Колегії ревматологів (ACR) 1997 року.

Критерії залучення в дослідження – вік від 10 до 18 років; лікування базисними препаратами, тривалість якого становила не менше ніж 12 місяців; діагностований ідіопатичний артрит із суглобовою формою захворювання.

Критерії виключення – молодший вік, відсутність терапії або її тривалість менше ніж 1 рік, наявність інших захворювань суглобів (інфекційного, ендокринного чи деструктивного походження).

Усім хворим здійснили ультразвукове дослідження серця (ЕхоКГ) на апараті LOGIO V2 General Electric (США), датчиком 3Sc-RS в М- і В-режимах. ЕхоКГ виконували в стані спокою в горизонтальному положенні. Визначали фракцію викиду обох шлуночків (ФВпш, ФВлш), їхній ударний (УОпш, УОлш) і хвилинний (ХОКпш, ХОКлш) об'єми, частоту серцевих скорочень (ЧСС).

Для визначення толерантності до мінімального фізичного навантаження у підлітків із РЗ здійснили тест шестихвилинної ходьби; умови – в першій половині дня в коридорі стаціонарного відділення, довжина якого становила 58,6 метра. Для кожного пацієнта тест проводили один раз. Перед тестом діти були у стані спокою протягом 3 хвилин. Обмежень щодо харчування та шкідливих звичок (куріння, алкоголь, вживання наркотичних засобів) в обстежених не було. Тест відбувався в індивідуальному максимально швидкому темпі (унікаючи появи больових відчуттів, задишки, м'язової втоми або важкості в ногах, запаморочення, слабкості), що забезпечує проходження пацієнтом максимальної дистанції протягом 6 хвилин. Пройдену дистанцію вимірювали в метрах.

Відстежували динаміку клінічного стану пацієнта перед початком і після проби, реєструючи ЧСС, артеріальний тиск (АТ), а після завершення тесту розраховували відсоток приросту ЧСС при мінімальному фізичному навантаженні (% приросту ЧСС). ЧСС підраховували в положенні сидячи протягом 15 секунд, використовуючи секундомір. АТ також вимірювали в положенні сидячи з манжеткою на лівій верхній кінцівці за методом Короткова, застосували апарат Microlife AG1-20. Після проби підраховували ЧСС і вимірювали АТ протягом першої хвилини відновлювального періоду [6,7,11].

Індекс Алговера (ІА) розраховували до та після ТШХ за формулою: $IA = ЧСС / САТ$, де ЧСС – частота серцевих скорочень (кількість ударів за хвилину), САТ – систолічний артеріальний тиск (мм рт. ст.). ІА – головний прогностичний показник кровообігу, в нормі становить 0,5–0,7. Підвищення показника вказує на збільшення систолічного викиду, зниження – на виникнення дефіциту кровопостачання [8,10].

Статистично результати опрацювали за допомогою пакета прикладних програм SPSS17 (ліцензія № 4a180844250981ae3dae-s/nSPSS17). На першому етапі розраховували середню арифметичну величину

Таблиця 1. Показники систолічної функції серця та тесту шестихвилинної ходьби в пацієнтів із ревматичними захворюваннями порівняно з підлітками групи контролю, $M \pm m$, $Me (Q_{25}; Q_{75})$

Показник, одиниці вимірювання	Пацієнти з РЗ, n = 72	Підлітки групи контролю, n = 46
ФВлш, %	66,89 ± 0,61 65,92 (63,30; 68,92) ¹	69,02 ± 0,78 68,50 (64,40; 72,30)
УОлш, мл/хв	52,35 ± 1,76 52,23 (43,75; 63,60) ²	61,49 ± 2,41 59,32 (48,91; 72,50)
ХОКлш, л/хв	4,25 ± 0,32 3,86 (3,34; 4,62) ¹	3,92 ± 0,19 3,71 (3,06; 4,37)
ФВпш, %	43,34 ± 1,70 45,06 (35,20; 49,04) ²	58,51 ± 1,77 59,05 (53,35; 66,35)
УОпш, мл/хв	13,22 ± 1,31 14,21 (9,48; 17,44) ²	7,93 ± 0,47 7,67 (5,77; 9,50)
ХОКпш, л/хв	1,48 ± 0,10 1,05 (0,74; 1,34) ²	0,51 ± 0,03 0,48 (0,39; 0,63)
ЧСС, уд./хв	78,34 ± 1,49 80,00 (68,50; 86,50) ²	66,61 ± 1,65 65,00 (58,50; 73,00)
ІА до ТШХ	0,79 ± 0,02 0,77 (0,68; 0,87) ²	0,69 ± 0,02 0,65 (0,59; 0,80)
ІА після ТШХ	0,99 ± 0,02 0,97 (0,88; 1,85) ²	0,87 ± 0,03 0,85 (0,74; 0,97)
Відсоток приросту ЧСС, %	32,78 ± 2,52 30,00 (20,45; 37,93) ²	24,54 ± 2,02 25,49 (16,67; 32,14)
Дистанція, м	489,29 ± 7,52 485,83 (443,10; 524,70) ¹	516,61 ± 8,74 511,61 (480,00; 539,28)

¹: $p < 0,01$; ²: $p < 0,001$ – вірогідність відмінностей показників у підлітків із ревматичними захворюваннями та групи контролю.

Таблиця 2. Показники систолічної функції серця та тесту шестихвилинної ходьби у підлітків із системним червоним вовчаком і ювенільним ідіопатичним артритом, $M \pm m$, $Me(Q_{25}; Q_{75})$

Показник, одиниці вимірювання	Підлітки зі СЧВ, n = 21	Підлітки з ЮІА, n = 51	Підлітки групи контролю, n = 46
ФВлш, %	68,07 ± 1,42 67,00 (3,30; 69,50)	66,86 ± 0,74 66,02 (63,66; 68,80) ³	69,02 ± 0,78 68,50 (64,40; 72,30)
УОлш, мл/хв	51,97 ± 2,86 52,00 (43,39; 61,40)	51,07 ± 2,60 51,50 (38,40; 63,66) ¹	61,49 ± 2,41 59,33 (48,91; 72,50)
ХОКлш, л/хв	4,99 ± 1,05 3,98 (2,89; 4,76)	3,26 ± 0,17 3,17 (2,57; 3,67) ^{1,4}	3,92 ± 0,19 3,71 (3,06; 4,37)
ФВпш, %	47,52 ± 4,08 48,65 (41,60; 49,51) ¹	41,27 ± 2,42 42,61 (32,62; 49,13) ²	58,51 ± 1,77 59,05 (53,35; 66,35)
УОпш, мл/хв	11,98 ± 2,83 13,72 (11,36; 15,31) ²	10,92 ± 1,64 9,99 (7,91; 16,33) ²	7,93 ± 0,48 7,67 (5,77; 9,50)
ХОКпш, л/хв	1,02 ± 0,86 1,20 (0,86; 1,34) ²	0,89 ± 0,13 0,92 (0,67; 1,19) ²	0,51 ± 0,03 0,48 (0,39; 0,63)
ЧСС, уд./хв	81,29 ± 2,68 82,00 (74,00; 88,00) ²	77,58 ± 2,11 80,00 (68,00; 86,00) ²	66,61 ± 1,65 65,00 (58,50; 73,00)
ІА до ТШХ	0,76 ± 0,04 0,77 (0,64; 0,84) ³	0,80 ± 0,02 0,78 (0,70; 0,86) ²	0,69 ± 0,02 0,65 (0,59; 0,80)
ІА після ТШХ	0,99 ± 0,03 0,96 (0,89; 1,11) ¹	0,99 ± 0,03 0,99 (0,87; 1,08) ²	0,87 ± 0,03 0,85 (0,74; 0,97)
Відсоток приросту ЧСС, %	36,68 ± 4,02 33,30 (25,00; 47,00) ²	33,20 ± 3,34 28,25 (17,62; 41,17) ³	24,54 ± 2,02 25,49 (16,67; 32,14)
Дистанція, м	476,08 ± 11,56, 480,98 (422,68; 495,55) ¹	492,64 ± 8,79 485,83 (451,82; 524,70) ¹	516,61 ± 8,74 511,61 (480,98; 539,28)

¹: $p < 0,01$; ²: $p < 0,001$; ³: $p < 0,05$ – вірогідність відмінностей показників у підлітків із ревматичними захворюваннями та групи контролю; ⁴: $p < 0,01$ – вірогідність відмінностей показників у дітей із системним червоним вовчаком порівняно з пацієнтами з ювенільним ідіопатичним артритом.

та її стандартну помилку, медіану; визначили верхній і нижній квартилі для всіх показників. Показники порівняли з відповідними даними підлітків групи контролю. На другому етапі розраховали показники для хворих на ЮІА і СЧВ окремо, порівняли з відповідними параметрами групи контролю, а також між групами хворих. На останньому етапі оцінили

параметри діяльності серця підлітків із РЗ, ФВпш яких знаходилась у межах нижнього квартиля. Розраховували середню арифметичну величину, стандартну помилку, медіану, мінімальне та максимальне значення кожного показника. Порівняли з відповідними параметрами підлітків із РЗ, ФВпш яких знаходилась у межах верхнього квартиля. Розбіжності між середніми при нормальному розподілі показників оцінювали параметричними (критерій t Стьюдента, кутового перетворення Фішера) методами; при відхиленні від закону нормального розподілу – непараметричними (Вілкоксона, Манна-Вітні) методами математичної статистики.

Результати

На першому етапі дослідження проаналізували основні показники серця (за даними УЗД) і результати ТШХ дітей із РЗ порівняно з показниками підлітків групи контролю (*табл. 1*).

За даними, що наведені в *таблиці 1*, у підлітків із РЗ відбувається вірогідне зниження ФВпш на тлі істотного підвищення УОпш та його ХОК, що супроводжується вищими значеннями ЧСС.

Більшість (89 %) пацієнтів ані перед тестом, ані після його завершення не мали скарг, 11 % осіб скаргилися на незначний біль у суглобах, але дали згоду на участь. Тест у повному обсязі пройшли всі підлітки. Після тесту в 11 % обстежених зберігалися болі в суглобах, 11 % пацієнтів скаргилися на задишку, 7,5 % – на втому.

Дистанція, що пройдена пацієнтами із РЗ під час ТШХ, вірогідно коротша; у цих хворих виявили вірогідно більший приріст ЧСС та індекс Алговера до та після тесту (*табл. 1*).

На другому етапі порівняли показники систолічної функції серця та результати ТШХ окремо хворих на СЧВ та ЮІА з показниками підлітків групи контролю (*табл. 2*).

У пацієнтів з ЮІА визначили вірогідно нижчу ФВ і лівого, і правого шлуночків. Це супроводжувалось вірогідно вищими значеннями ЧСС і зниженням УОлш, його ХОК; УО та ХОК правого шлуночка вірогідно вищі порівняно з групою контролю (*табл. 2*).

У хворих на СЧВ показники ФВлш, його УО та ХОК не відрізнялися від відповідних показників групи контролю. ФВпш у цих пацієнтів вірогідно нижча, а УОпш і ХОКпш вірогідно вищі (*табл. 2*).

За результатами ТШХ, дистанція була вірогідно меншою в підлітків як із СЧВ, так і з ЮІА порівняно з групою контролю, а відсоток приросту ЧСС після тесту був більшим (*табл. 2*). Індекс Алговера вірогідно вищий у хворих на ЮІА та СЧВ до ТШХ, істотно підвищувався після його завершення.

Порівнявши показники систолічної функції серця пацієнтів із ЮІА та хворих на СЧВ, виявили: вірогідно нижчим був лише рівень ХОКлш, інші показники не відрізнялися (*табл. 2*).

Дистанція, подолана за 6 хвилин, і приріст ЧСС у відповідь на навантаження у хворих на ЮІА також не відрізнялися від показників пацієнтів із СЧВ (*табл. 2*).

В 11 пацієнтів із РЗ показники ФВпш знаходилися в межах нижнього квартиля (Q_{25}). У цю групу ввійшли

4 хворих на СЧВ і 7 пацієнтів із ЮІА (10 дівчат і 1 хлопець). У групу порівняння включили 12 осіб: 5 хворих на СЧВ, 7 пацієнтів із ЮІА, ФВпш яких знаходилась у межах верхнього квартиля (табл. 3).

У підлітків із низькою ФВпш, крім вірогідно нижчого цього показника, встановили вірогідне зниження УОпш і його ХОК на тлі достовірно нижчої ЧСС, але ІА після ТШХ вірогідно вищий (табл. 3).

Обговорення

На рівень смертності в популяції хворих на РЗ суттєво впливає передусім патологія ССС. За даними наукової літератури, ризик розвитку хронічної серцевої недостатності в пацієнтів із РЗ в 1,7 раза вищий, ніж у загальній популяції [12–14]. Хронічне автоімунне запалення – один із провідних факторів ризику виникнення серцево-судинних порушень при РЗ, оскільки має прямий токсичний вплив на кардіоміоцити, мікросудинне русло, екстрацелюлярний матрикс, прискорює ремоделювання міокарда та спричиняє розвиток його ішемії. Застосування у цих хворих доволі агресивних методів лікування для досягнення неактивного стану (ремісії) позитивно впливає ССС і дає змогу запобігти розвитку ендотеліальної дисфункції та прогресуванню атеротромбозу [15–17].

Скринінговий метод оцінювання функціонального стану міокарда – ехокардіографія, під час якої вимірюють фракцію викиду, ударний і хвилинний об'єми крові. Найчастіше в рутинній практиці досліджують стан лівого шлуночка серця, а правий залишається не оціненим, хоча останнім часом підтверджена його важлива роль у прогнозуванні стабільного функціонування ССС [4,18,19]. У багатьох дослідженнях у дорослих із РЗ виявили зниження функції лівого шлуночка серця та розвиток субклінічної серцевої недостатності, особливо в пацієнтів із персистенцією навіть субклінічної активності запального процесу, або у хворих, які взагалі не отримували терапію [18,19].

Серцева недостатність на ранніх етапах не має виразних клінічних проявів, тому її найчастіше не діагностують. Для СН характерне зниження толерантності до мінімального фізичного навантаження. Тому для ранньої діагностики широко використовують тест шестихвилинної ходьби, який дає змогу оцінити толерантність організму до мінімального фізичного навантаження [4,7].

Для оцінювання функціонального стану системи кровообігу застосовують також індекс Алговера. Вперше його використали в медицині екстремальних станів для визначення ступеня шоку [8]. Пізніше цей індекс почали застосовувати під час оцінювання адаптаційних можливостей ССС у спортсменів і людей похилого віку з ортопедичною патологією [11]. Його підвищення свідчить про збільшення серцевого викиду в спортсменів та адекватну реакцію на фізичне навантаження. У людей із хронічними захворюваннями підвищення цього індексу вказує на активацію систем нейрогуморальної регуляції в підтримці функціонування системи кровообігу. В разі прогресування СН індекс Алговера поступово знижується, а якщо є клінічні ознаки, набуває негативного значення [10,11].

Таблиця 3. Показники систолічної функції серця та тесту шестихвилинної ходьби у підлітків із ревматичними захворюваннями та фракцією викиду правого шлуночка в межах нижнього квартиля порівняно з хворими з фракцією викиду правого шлуночка в межах верхнього квартиля, $M \pm m$, Me (min; max)

Показник, одиниці вимірювання	Підлітки з РЗ і ФВпш у межах нижнього квартиля, n = 11	Підлітки з РЗ і ФВпш у межах верхнього квартиля, n = 12
ФВлш, %	66,19 ± 1,25 66,46 (59,40; 71,62)	64,05 ± 0,78 63,85 (60,20; 68,40)
УОпш, мл/хв	55,42 ± 4,14 52,60 (28,30; 78,91)	52,97 ± 2,90 52,75 (30,02; 72,30)
ХОКпш, л/хв	4,31 ± 0,95 4,08 (2,86; 5,76)	4,22 ± 0,35 4,27 (2,48; 7,37)
ФВпш, %	30,46 ± 0,95 30,15 (25,18; 35,2) ¹	54,72 ± 1,96 52,75 (49,04; 73,08)
УОпш, мл/хв	9,45 ± 2,29 9,70 (4,56; 16,97) ²	15,63 ± 1,97 14,80 (7,91; 30,39)
ХОКпш, л/хв	0,73 ± 0,17 0,75 (0,36; 1,34) ²	1,34 ± 0,20 1,25 (0,67; 3,10)
ЧСС, уд./хв	78,09 ± 2,87 78,00 (62,00; 101,00) ²	84,17 ± 2,55 83,00 (68,00; 102,00)
ІА до ТШХ	0,82 ± 0,04 0,79 (0,68; 1,16)	1,34 ± 0,06 0,77 (0,54; 1,08)
ІА після ТШХ	1,13 ± 0,09 1,12 (0,75; 1,53) ²	1,01 ± 0,05 1,05 (0,77; 1,19)
Відсоток приросту ЧСС, %	42,90 ± 9,18 32,00 (13,89; 104,55)	45,79 ± 9,07 32,14 (10,00; 93,75)
Дистанція, м	489,00 ± 22,85 485,83 (408,10; 626,74)	489,45 ± 17,91 480,98 (422,68; 597,58)

¹; p < 0,001; ²; p < 0,05 – вірогідність відмінностей показників у пацієнтів із низькою ФВпш порівняно з хворими на ревматичні захворювання з нормальною ФВпш.

У нашому дослідженні встановили: в дітей із РЗ відбувається передусім зниження ФВпш при збереженні ФВлш, особливо виражені ці зміни в пацієнтів з ЮІА. При зниженні ФВпш його УО та ХОК залишаються доволі високими на тлі підвищення ЧСС внаслідок активації нейрогуморальних систем (симпато-адреналової, ренін-ангіотензин-альдостеронової).

Підлітки із СЧВ, за результатами ТШХ, порівняно з контрольною групою подолали найменшу дистанцію, але приріст ЧСС у відповідь на фізичне навантаження у них вірогідно вищий. Це свідчить про істотне напруження систем регуляції в забезпеченні адекватності кровообігу (ЦНС, гормональна регуляція).

У результаті детального аналізу групи хворих із суттєвим зниженням ФВпш (Me = 30,15 %) встановили найнижчі значення УОпш та ХОКпш, відсутність тахікардії; це може вказувати на зовсім інший рівень функціонування ССС і систем регуляції кровообігу. Про це свідчить дистанція, що пройдена під час ТШХ і приріст ЧСС, які вірогідно не відрізнялися від відповідних показників пацієнтів групи порівняння; індекс Алговера після тесту був найвищим (Me = 1,12, p < 0,05 проти Me = 1,05 групи порівняння).

Отже, в дітей із РЗ на тлі збереженої систолічної функції лівого шлуночка спостерігали істотне зниження систолічної функції правого шлуночка з підвищенням його ударного та хвилинного об'ємів, особливо в пацієнтів з ЮІА. Адаптивні можливості серцево-судинної системи цих підлітків залишаються майже на рівні контрольної групи внаслідок напруження систем регуляції. У разі зниження фракції викиду правого шлуночка, що прогресує, його ударний і хвилинний об'єми також вірогідно знижуються та не супроводжуються тахікардією,

а це свідчить про інші шляхи компенсації системи кровообігу в цих пацієнтів.

Висновки

1. У підлітків із ревматичними захворюваннями (ювенільний ідіопатичний артрит і системний червоний вовчак) на тлі збереження систолічної функції лівого шлуночка спостерігають зниження систолічної функції правого шлуночка серця, збільшення УОпш і ХОКпш на тлі підвищення частоти серцевих скорочень.

2. Толерантність до фізичного навантаження у підлітків із ревматичними захворюваннями зберігається в межах нормальних значень внаслідок суттєвого підвищення активності систем регуляції. Це підтверджено тестом шестихвилинної ходьби і високими значеннями індексу Алговера після навантаження.

3. При зниженні систолічної функції правого шлуночка, що прогресує, виявили зниження його ударного та хвилинного об'ємів; це може вказувати на участь інших систем регуляції в адекватній підтримці системи кровообігу.

Перспективи подальших досліджень: дослідження пацієнтів в динаміці для визначення рівня толерантності до мінімального фізичного навантаження залежно від тривалості терапії.

Фінансування

Робота виконана в рамках НДР ДУ «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків Національної академії медичних наук України»: «Прогнозування розвитку стійких пошкоджень систем і органів дітей із ревматичними захворюваннями (системний червоний вовчак і ювенільний ревматоїдний артрит)», № держреєстрації 0119U100061.

Конфлікт інтересів: відсутній.

Conflicts of interest: authors have no conflict of interest to declare.

Надійшла до редакції / Received: 04.11.2021

Після доопрацювання / Revised: 14.12.2021

Прийнято до друку / Accepted: 13.01.2022

Відомості про авторів:

Головко Т. О., канд. мед. наук, доцент каф. педіатрії № 2, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна; старший науковий співробітник відділу ревматології та коморбідних станів, ДУ «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків НАМН України», м. Харків.
ORCID ID: [0000-0003-3815-7874](https://orcid.org/0000-0003-3815-7874)

Шевченко Н. С., д-р мед. наук, зав. каф. педіатрії № 2, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна; провідний науковий співробітник відділу ревматології та коморбідних станів, ДУ «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків НАМН України», м. Харків.
ORCID ID: [0000-0003-4407-6050](https://orcid.org/0000-0003-4407-6050)

Богмат Л. Ф., д-р мед. наук, професор, зав. відділу ревматології та коморбідних станів, ДУ «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків НАМН України», м. Харків; професор каф. педіатрії № 2, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Україна.
ORCID ID: [0000-0001-5144-3686](https://orcid.org/0000-0001-5144-3686)

Ніконова В. В., канд. мед. наук, старший науковий співробітник відділу ревматології та коморбідних станів, ДУ «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків НАМН України», м. Харків.
ORCID ID: [0000-0001-8269-6176](https://orcid.org/0000-0001-8269-6176)

Information about authors:

Holovko T. O., MD, PhD, Associate Professor of the Department of Pediatrics No. 2, V. N. Karazin Kharkiv National University; Senior Researcher of the Department of Rheumatology and Comorbid Conditions, State Institution "Institute for Children and Adolescents Health Care of the NAMS of Ukraine", Kharkiv.
Shevchenko N. S., MD, PhD, DSc, Head of the Department of Pediatrics No. 2, V. N. Karazin Kharkiv National University; Leading Researcher of the Department of Rheumatology and Comorbid Conditions, State Institution "Institute for Children and Adolescents Health Care of the NAMS of Ukraine", Kharkiv.
Bohmat L. F., MD, PhD, DSc, Professor, Head of the Department of Rheumatology and Comorbid Conditions, State Institution "Institute for Children and Adolescents Health Care of the NAMS of Ukraine", Kharkiv, Professor of the Department of Pediatrics No. 2, V. N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine.
Nikonova V. V., MD, PhD, Senior Researcher of the Department of Rheumatology and Comorbid Conditions, State Institution "Institute for Children and Adolescents Health Care of the NAMS of Ukraine", Kharkiv.

Список літератури

- [1] Development of heart failure in patients with rheumatoid arthritis: A Danish population-based study / B. B. Logstrup, T. Ellingsen, A. B. Pedersen et al. *European journal of clinical investigation*. 2018. Vol. 48, Iss. 5. e12915. <https://doi.org/10.1111/eci.12915>
- [2] Anti-TNF modulation reduces myocardial inflammation and improves cardiovascular function in systemic rheumatic diseases / N. Ntusi, J. M. Francis, E. Sever et al. *International journal of cardiology*. 2018. Vol. 270. P. 253-259. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.06.099>
- [3] Biologics and cardiovascular events in inflammatory arthritis: a prospective national cohort study / J. L. Lee, P. Sinnathurai, R. Buchbinder et al. *Arthritis research & therapy*. 2018. Vol. 20, Iss. 1. P. 171. <https://doi.org/10.1186/s13075-018-1669-x>
- [4] 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure / T. A. McDonagh, M. Metra, M. Adamo et al. *European heart journal*. 2021. Vol. 42, Iss. 36. P. 3599-3726. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab368>
- [5] Del Castillo S., Shaddy R. E., Kantor P. F. Update on pediatric heart failure. *Current opinion in pediatrics*. 2019. Vol. 31, Iss. 5. P. 598-603. <https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000807>
- [6] The historical evolution of the six-minute walk test as a measure of functional exercise capacity: a narrative review / P. O. Ubuane, B. A. Animasahun, O. A. Ajiboye et al. *Journal of Xiangya Medicine*. 2018. Vol. 3. <https://doi.org/10.21037/jxym.2018.11.01>
- [7] Kasović M., Štefan L., Petrić V. Normative data for the 6-min walk test in 11–14 year-olds: a population-based study. *BMC pulmonary medicine*. 2021. Vol. 21, Iss. 1. P. 297-303. <https://doi.org/10.1186/s12890-021-01666-5>
- [8] Derivation and Validation of Shock Index as a parameter for Predicting Long-term Prognosis in Patients with Acute Coronary Syndrome / T. Yu, C. Tian, J. Song et al. *Scientific reports*. 2017. Vol. 7, Iss. 1. P. 1-7. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12180-2>
- [9] Shock index in the emergency department: utility and limitations / E. Koch, S. Lovett, T. Nghiem et al. *Open access emergency medicine : OAEM*. 2019. Vol. 11. P. 179-199. <https://doi.org/10.2147/OAEM.S178358>
- [10] Адаптаційні можливості серцево-судинної системи в дітей із ревматичними захворюваннями та коморбідними станами / Н. С. Шевченко, Л. Ф. Богмат, Т. О. Головко, М. В. Дем'яненко. *Патологія*. 2019. Т. 16, № 1. С. 99-105. <https://doi.org/10.14739/2310-1237.2019.1.166395>
- [11] Six-Minute Walk Test: Recommendations and procedure / L. Gochicoa-Rangel, U. Mora-Romero, S. Guerrero-Zúñiga et al. *Neumología y cirugía de torax*. 2019. Vol. 78, Iss. 2. P. 164-172. <https://doi.org/10.35366/NTS192J>
- [12] Heart Failure Risk Associated With Rheumatoid Arthritis–Related Chronic Inflammation / M. J. Ahlers, B. D. Lowery, E. Farber-Eger et al. *Journal of the American Heart Association*. 2020. Vol. 9, Iss. 10. e014661. <https://doi.org/10.1161/JAHA.119.014661>
- [13] Kotyla P. J. Bimodal Function of Anti-TNF Treatment: Shall We Be Concerned about Anti-TNF Treatment in Patients with Rheumatoid Arthritis and Heart Failure? *International journal of molecular sciences*. 2018. Vol. 19, Iss. 6. P. 1739. <https://doi.org/10.3390/ijms19061739>
- [14] Prevalence and pattern of comorbidities in chronic rheumatic and musculoskeletal diseases: the COMORD study / N. Ziade, B. El Khoury, M. Zoghbi et al. *Scientific reports*. 2020. Vol. 10, Iss. 1. P. 7683. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64732-8>

- [15] Cardiovascular effects of biological versus conventional synthetic disease-modifying antirheumatic drug therapy in treatment-naïve, early rheumatoid arthritis / S. Plein, B. Erhayiem, G. Fent et al. *Annals of the rheumatic diseases*. 2020. Vol. 79, Iss. 11. P. 1414-1422. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2020-217653>
- [16] Liu Yu., Kaplan M. J. Cardiovascular disease in systemic lupus erythematosus: an update. *Current opinion in rheumatology*. 2018. Vol. 30, Iss. 5. P. 441-448. <https://doi.org/10.1097/bor.0000000000000528>
- [17] Comparative Risks of Cardiovascular Disease in Patients With Systemic Lupus Erythematosus, Diabetes Mellitus, and in General Medicaid Recipients / M. Barbhaiya, C. H. Feldman, S. K. Chen et al. *Arthritis care & research*. 2020. Vol. 72, Iss. 10. P. 1431-1439. <https://doi.org/10.1002/acr.24328>
- [18] Cardiovascular magnetic resonance imaging pattern at the time of diagnosis of treatment naïve patients with connective tissue diseases / S. Mavrogeni, G. Markousis-Mavrogenis, L. Koutsogeorgopoulou et al. *International journal of cardiology*. 2017. Vol. 236. P. 151-156. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.01.104>
- [19] Left ventricular function at two-year follow-up in treatment-naive rheumatoid arthritis patients is associated with anti-cyclic citrullinated peptide antibody status: a cohort study / B. B. Logstrup, D. Masic, T. B. Laubjerg et al. *Scandinavian journal of rheumatology*. 2017. Vol. 46, Iss. 6. P. 432-440. <https://doi.org/10.1080/03009742.2016.1249941>

References

- [1] Løgstrup, B. B., Ellingsen, T., Pedersen, A. B., Kjaersgaard, A., Bøtcher, H. E., & Maeng, M. (2018). Development of heart failure in patients with rheumatoid arthritis: A Danish population-based study. *European journal of clinical investigation*, 48(5), e12915. <https://doi.org/10.1111/eci.12915>
- [2] Ntusi, N., Francis, J. M., Sever, E., Liu, A., Piechnik, S. K., Ferreira, V. M., Matthews, P. M., Robson, M. D., Wordsworth, P. B., Neubauer, S., & Karamitsos, T. D. (2018). Anti-TNF modulation reduces myocardial inflammation and improves cardiovascular function in systemic rheumatic diseases. *International journal of cardiology*, 270, 253-259. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.06.099>
- [3] Lee, J. L., Sinnathurai, P., Buchbinder, R., Hill, C., Lassere, M., & March, L. (2018). Biologics and cardiovascular events in inflammatory arthritis: a prospective national cohort study. *Arthritis research & therapy*, 20(1), 171. <https://doi.org/10.1186/s13075-018-1669-x>
- [4] McDonagh, T. A., Metra, M., Adamo, M., Gardner, R. S., Baumhach, A., Böhm, M., Burri, H., Butler, J., Čelutkienė, J., Chioncel, O., Cleland, J., Coats, A., Crespo-Leiro, M. G., Farmakis, D., Gilard, M., Heymans, S., Hoes, A. W., Jaarsma, T., Jankowska, E. A., Lainscak, M., ... ESC Scientific Document Group (2021). 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *European heart journal*, 42(36), 3599-3726. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab368>
- [5] Del Castillo, S., Shaddy, R. E., & Kantor, P. F. (2019). Update on pediatric heart failure. *Current opinion in pediatrics*, 31(5), 598-603. <https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000807>
- [6] Ubuane, P. O., Animasahun, B. A., Ajiboye, O. A., Kayode-Awe, M. O., Ajayi, O. A., & Njokanma, F. O. (2018). The historical evolution of the six-minute walk test as a measure of functional exercise capacity: a narrative review. *Journal of Xiangya Medicine*, 3(0). <https://doi.org/10.21037/jxym.2018.11.01>
- [7] Kasović, M., Štefan, L., & Petrić, V. (2021). Normative data for the 6-min walk test in 11-14 year-olds: a population-based study. *BMC pulmonary medicine*, 21(1), 297. <https://doi.org/10.1186/s12890-021-01666-5>
- [8] Yu, T., Tian, C., Song, J., He, D., Sun, Z., & Sun, Z. (2017). Derivation and Validation of Shock Index as a parameter for Predicting Long-term Prognosis in Patients with Acute Coronary Syndrome. *Scientific reports*, 7(1), 11929. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12180-2>
- [9] Koch, E., Lovett, S., Nghiem, T., Riggs, R. A., & Rech, M. A. (2019). Shock index in the emergency department: utility and limitations. *Open access emergency medicine : OAEM*, 11, 179-199. <https://doi.org/10.2147/OAEM.S178358>
- [10] Shevchenko, N. S., Bohmat L. F., Holovko T. O., & Demianenko M. V. (2019). Adaptatsionnye vozmozhnosti serdechno-sosudistoi sistemy u detei s revmaticheskimi zabojevanijami i komorbidnymi sostoyanijami [Adaptive capabilities of the cardiovascular system in children with rheumatic diseases and comorbid conditions]. *Pathologia*, 16(1), 99-105. [in Russian]. <https://doi.org/10.14739/2310-1237.2019.1.166395>
- [11] Gochicoa-Rangel, L., Mora-Romero, U., Guerrero-Zúñiga, S., Silva-Cerón, M., Cid-Juárez, S., Velázquez-Uncal, M., Durán-Cuéllar, A., Salas-Escamilla, I., Mejía-Alfaro, R., & Torre-Bouscoulet, L. (2019). Six-Minute Walk Test: Recommendations and procedure. *Neumología y cirugía de tórax*, 78(2), 164-172. <https://doi.org/10.35366/NTS192J>
- [12] Ahlers, M. J., Lowery, B. D., Farber-Eger, E., Wang, T. J., Bradham, W., Ormseth, M. J., Chung, C. P., Stein, C. M., & Gupta, D. K. (2020). Heart Failure Risk Associated With Rheumatoid Arthritis-Related Chronic Inflammation. *Journal of the American Heart Association*, 9(10), e014661. <https://doi.org/10.1161/JAHA.119.014661>
- [13] Kotyla P. J. (2018). Bimodal Function of Anti-TNF Treatment: Shall We Be Concerned about Anti-TNF Treatment in Patients with Rheumatoid Arthritis and Heart Failure?. *International journal of molecular sciences*, 19(6), 1739. <https://doi.org/10.3390/ijms19061739>
- [14] Ziade, N., El Khoury, B., Zoghbi, M., Merheb, G., Abi Karam, G., Mroue, K., & Messaykeh, J. (2020). Prevalence and pattern of comorbidities in chronic rheumatic and musculoskeletal diseases: the COMORD study. *Scientific reports*, 10(1), 7683. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64732-8>
- [15] Plein, S., Erhayiem, B., Fent, G., Horton, S., Dumitru, R. B., Andrews, J., Greenwood, J. P., Emery, P., Hensor, E. M., Baxter, P., Pavitt, S., & Buch, M. H. (2020). Cardiovascular effects of biological versus conventional synthetic disease-modifying antirheumatic drug therapy in treatment-naïve, early rheumatoid arthritis. *Annals of the rheumatic diseases*, 79(11), 1414-1422. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2020-217653>
- [16] Liu, Y., & Kaplan, M. J. (2018). Cardiovascular disease in systemic lupus erythematosus: an update. *Current opinion in rheumatology*, 30(5), 441-448. <https://doi.org/10.1097/BOR.0000000000000528>
- [17] Barbhaiya, M., Feldman, C. H., Chen, S. K., Guan, H., Fischer, M. A., Everett, B. M., & Costenbader, K. H. (2020). Comparative Risks of Cardiovascular Disease in Patients With Systemic Lupus Erythematosus, Diabetes Mellitus, and in General Medicaid Recipients. *Arthritis care & research*, 72(10), 1431-1439. <https://doi.org/10.1002/acr.24328>
- [18] Mavrogeni, S., Markousis-Mavrogenis, G., Koutsogeorgopoulou, L., Dimitroulas, T., Bratis, K., Kitas, G. D., Sfrikakis, P., Tektonidou, M., Karabela, G., Stavropoulos, E., Katsifis, G., Boki, K. A., Kitsiou, A., Filaditaki, V., Gialafos, E., Plastiras, S., Vartela, V., & Kolovou, G. (2017). Cardiovascular magnetic resonance imaging pattern at the time of diagnosis of treatment naïve patients with connective tissue diseases. *International journal of cardiology*, 236, 151-156. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.01.104>
- [19] Løgstrup, B. B., Masic, D., Laubjerg, T. B., Blegvad, J., Herly, M., Kristensen, L. D., Urbonaviciene, G., Hedemann-Nielsen, A., & Ellingsen, T. (2017). Left ventricular function at two-year follow-up in treatment-naive rheumatoid arthritis patients is associated with anti-cyclic citrullinated peptide antibody status: a cohort study. *Scandinavian journal of rheumatology*, 46(6), 432-440. <https://doi.org/10.1080/03009742.2016.1249941>