

## ВЕГЕТАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО РЕЗЕРВУ СЕРЦЯ ПІДЛІТКІВ РІЗНИХ МЕДИЧНИХ ГРУП

Андрій Сітовський<sup>1</sup>, Наталія Бєлікова<sup>1</sup>, Світлана Індика<sup>1</sup>, Олександр Радченко<sup>2</sup>,  
Віктор Романюк<sup>1</sup>, Ігор Савчук<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Волинський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна, andriy.sitovskiy@gmail.com;

<sup>2</sup> Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна;

<sup>3</sup> Академія рекреаційних технологій і права, Луцьк, Україна;

<https://doi.org/10.29038/2220-7481-2021-02-79-87>

### Анотація

**Актуальність.** Фізична працездатність підлітків різних медичних груп варіює в досить широких діапазонах. Розподіл учнів на медичні групи за показниками індексу Руф'є не відображає рівня фізичної працездатності школярів. **Мета дослідження** – розглянути взаємозв'язок вегетативного забезпечення серцевої діяльності, фізичної працездатності та функціонального резерву серця підлітків різних медичних груп. **Матеріал та методи дослідження.** Обстежено 140 школярів 7–8-х класів віком 12–14 років (середній вік – 12,9±0,65 років). Із них – 58 хлопців (середній вік – 12,9±0,7 років) та 82 дівчини (середній вік – 13,0±0,6 років). Вивчали фізичну працездатність (PWC<sub>170</sub>), функціонально-резервні можливості серцево-судинної системи (індекс Руф'є), варіабельність ритму серця (BPC). Статистичний аналіз здійснювали за допомогою пакета прикладних програм Statistica-v.10.0. **Результати.** Під час вивчення вегетативного забезпечення серцевої діяльності встановлено достовірні відмінності між основною й спеціальною медичними групами за такими показниками BPC у спокої: LF norm, n.u., HF norm, n.u., LF/HF, y.o., %LF. Середні показники К 30:15 між різними медичними групами не відрізнялися. А їхні середні значення перебували в діапазоні 1,0–1,25 y.o., що характеризує погіршення функціонального стану організму в усіх медичних групах. Баланс симпатичного й парасимпатичного відділів ВНС, за середніми даними приросту ЧСС в ортопробі, перебували в межах фізіологічної норми (18–27 %) і не відрізнявся між різними медичними групами. **Висновки.** У стані спокою простежено переважання активності симпатичної ланки регуляції в модуляції серцевого ритму підлітків спеціальної медичної групи, порівняно з основною. Однак за активної ортостатичної проби відсутні відмінності між показниками, що характеризують стан вегетативної регуляції серцевої діяльності й реактивність симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи.

**Ключові слова:** фізична працездатність, варіабельність серцевого ритму, проба Руф'є, спеціальна медична група.

Андрей Ситовский, Наталия Беликова Светлана Индика, Александр Радченко, Виктор Романюк, Игорь Савчук. Вегетативное обеспечение функционального резерва сердца подростков различных медицинских групп. **Актуальность.** Физическая работоспособность подростков различных медицинских групп варьирует в достаточно широких диапазонах. Распределение учащихся на медицинские группы по показателям индекса Руфье не отражает уровня физической работоспособности школьников. **Цель исследования** – исследовать взаимосвязь вегетативного обеспечения сердечной деятельности, физической работоспособности и функционального резерва сердца подростков различных медицинских групп. **Материал и методы исследования.** Обследовано 140 школьников 7–8-х классов в возрасте 12–14 лет (средний возраст – 12,9±0,65 лет). Из них – 58 мальчиков (средний возраст – 12,9±0,7 лет) и 82 девочки (средний возраст – 13,0±0,6 лет). Изучали физическую работоспособность (PWC<sub>170</sub>), функционально-резервные возможности сердечно-сосудистой системы (индекс Руфье), вариабельность ритма сердца (BPC). Статистический анализ осуществляли при помощи пакета прикладных программ Statistica-v.10.0. **Результаты.** При изучении вегетативного обеспечения сердечной деятельности установлены достоверные различия между основной и специальной медицинскими группами по таким показателям BPC в покое: LF norm, n.u., HF norm, n.u., LF / HF, y.e., % LF. Средние показатели К 30:15 между различными медицинскими группами не отличались. А их средние значения находились в диапазоне 1,0–1,25 y.e., что характеризует ухудшение функционального состояния организма во всех медицинских группах. Баланс симпатического и парасимпатического отделов ВНС, по средним данным прироста ЧСС в ортопробе, находился в пределах физиологической нормы (18–27 %) и не отличался между различными медицинскими группами. **Выводы.** В состоянии покоя отмечается преобладание активности симпатического звена регуляции в модуляции сердечного ритма подростков специальной медицинской группы, по сравнению с основной. Однако при активной ортостатической пробе отсутствуют различия между показателями, характеризующими состояние вегетативной регуляции сердечной деятельности и реактивность симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы.

**Ключевые слова:** физическая работоспособность, вариабельность сердечного ритма, проба Руфье, специальная медицинская группа.

**Andrii Sitovskiy, Natalia Bielikova, Svitlana Indyka, Oleksandr Radchenko, Viktor Romaniuk, Ihor Savchuk. Vegetative Provision of the Heart Functional Reserve of Adolescents of Different Medical Groups. Topicality.** Physical performance of adolescents of different medical groups varies in wide range. The division of pupils into medical groups according to the Ruffier's index does not reflect the level of their physical performance. **The Aim of the Study** is to investigate the relationship between autonomic support of cardiac activity, physical performance and functional heart reserve of adolescents of different medical groups. **Material and Methods of Research.** 140 schoolchildren of 7–8th grades aged 12–14 years were examined (average age  $12,9 \pm 0,65$  years). Among them 58 boys (mean age  $12,9 \pm 0,7$  years) and 82 girls (mean age  $13,0 \pm 0,6$  years). Physical performance ( $PWC_{170}$ ), cardiovascular function (Ruffier index), heart rate variability (HRV) were studied. Statistical analysis was performed using the application package Statistica-v.10.0. **Results.** In the study of autonomic support of cardiac activity, significant differences were found between the main and special medical groups on the following indicators of HRV at rest: LF norm, n.u., HF norm, n.u., LF/HF, USD, % LF. The mean values 30:15 ratio did not differ between different medical groups. And their average values were in the range of 1,0–1,25 USD, which characterizes the deterioration of the functional state of the body in all medical groups. The balance of sympathetic and parasympathetic divisions of the ANS, according to the average data of heart rate increase in orthoprobe, was within the physiological norm (18–27 %) and did not differ between different medical groups. **Conclusions.** At rest, there is a predominance of activity of the sympathetic link in the modulation of heart rate of adolescents of a special medical group in comparison with the main. However, in active orthostatic testing there are no differences between the indicators that characterize the state of autonomic regulation of cardiac activity and the reactivity of the sympathetic and parasympathetic divisions of the autonomic nervous system.

**Key words:** physical performance, heart rate variability, Ruffier's index, special medical group.

**Вступ.** Найбільш поширеними індикаторами оцінки ефективності здоров'язберігальних технологій є показники діяльності серцево-судинної системи підлітків. На сьогодні відомостей кількісного обґрунтування інформативності, прогностичної й діагностичної значимості таких показників у процесі корекції функціонально-резервних можливостей серцево-судинної системи підлітків недостатньо.

Необхідною й обов'язковою умовою розподілу учнів на медичні групи є визначення функціонально-резервних можливостей серцево-судинної системи за пробою Руф'є [13].

У численних дослідженнях указується, що за показниками індексу Руф'є більшість школярів відносять до спеціальної медичної групи. Зведені статистичні дані аналізу 14 досліджень різних авторів за останні 10 років із вибіркою у понад 6800 школярів 7–17 років, де проводили розподіл учнів на медичні групи за результатами проби Руф'є та методикою, рекомендованою наказом Міністерства охорони здоров'я України й Міністерства освіти і науки України від 20.07.2009 р. № 518/674 [13], встановлено, що до спеціальної медичної групи належать 66,8 % учнів, до підготовчої – 23,4 % і до основної – лише 9,8 % школярів [22]. Це також підтверджується й нашими попередніми дослідженнями. Установлено, що за показниками індексу Руф'є до основної медичної групи увійшло 13,5 % підлітків, до підготовчої – 35,4 %, до спеціальної медичної – 51,1 % школярів, тобто більше ніж половина учнів [22].

Установлені вікові й статеві відмінності функціонального резерву серця школярів та вегетативного забезпечення серцевої діяльності визначають необхідність розробки диференційованих підходів до оцінки індексу Руф'є. Установлено, що фізична працездатність у різних медичних групах варіює у досить широких діапазонах. Розподіл учнів на медичні групи за показниками індексу Руф'є не відображає рівня фізичної працездатності школярів та, отже, їхніх реальних адаптивних можливостей [22].

Крім того, складність і неоднозначність результатів різних досліджень саме в підлітковому віці, що, очевидно, визначається індивідуальними темпами біологічного розвитку школярів у період статевого дозрівання [14–15] та періодом навчального року (зростанням втомленості учнів протягом навчального року) [8–9; 14], що також потрібно враховувати під час планування подальших досліджень інформативності оцінки функціонального резерву серця за результатами проби Руф'є.

Деякі науковці пропонують математичну модель класифікації школярів, яка дає змогу віднести дітей до основної чи підготовчої медичної групи. Як незалежні змінні для побудови моделі достатньо використовувати серцевий індекс і частоту серцевих скорочень [11].

Дослідження, котрі б характеризували вегетативне забезпечення серцевої діяльності школярів різних медичних груп практично відсутні. Указане підтверджує необхідність подальшого вивчення асоціації функціонального резерву серця й вегетативного забезпечення серцевої діяльності підлітків різних медичних груп.

**Мета дослідження** – дослідити взаємозв'язок вегетативного забезпечення серцевої діяльності та функціонального резерву серця підлітків різних медичних груп.

**Матеріал і методи дослідження.** Обстежено 140 школярів 7–8-х класів віком 12–14 років (середній вік –  $12,9 \pm 0,65$  років). Із них – 58 хлопців (середній вік –  $12,9 \pm 0,7$  років) та 82 дівчини (се-

редній вік – 13,0±0,6 років). Зазначимо, що до загальної вибірки не включали школярів, які додатково займалися у спортивних секціях.

Дослідження проводили на початку навчального року. Усі учні добровільно взяли участь у цьому експерименті, а також отримано письмову згоду їхніх батьків. Дослідження виконано з дотриманням основних положень «Правил етичних принципів проведення наукових медичних досліджень за участю людини», затверджених Гельсінською декларацією (1964–2013 рр.), ICH GCP (1996 р.), Директиви ЄЕС № 609 (від 24.11.1986 р.), наказів МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р., № 944 від 14.12.2009 р., № 616 від 03.08.2012 р.

Фізичну працездатність досліджували за показниками велоергометричної проби PWC<sub>170</sub>. Одномоментний тест ступінчасто зростаючої потужності тривалістю не менше ніж 9 хв [18].

Розподіл учнів на медичні групи проводили за показниками рівня функціонально-резервних можливостей серцево-судинної системи за індексом Руф'є (IP) [13].

Вегетативне забезпечення серцевої діяльності вивчали за даними варіабельності ритму серця (BPC). Аналізували такі часові показники BPC: RRNN, мс; SDNN, мс; RMSSD, мс; pNN50, %; та CV, %; спектральні: TP мс<sup>2</sup>/Гц, VLF мс<sup>2</sup>/Гц, LF мс<sup>2</sup>/Гц, HF мс<sup>2</sup>/Гц, LF norm, п.у., HF norm, п.у., LF/HF і показники структури спектральної потужності: %VLF, %LF, %HF. Реактивність симпатичного й парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи (ВНС) вивчали за активної ортостатичної проби за показниками К 30:15, й приростом ЧСС в ортопробі [12].

Статистичний аналіз здійснювали за допомогою пакета прикладних програм Statistica-v.10.0. Нормальність розподілу перевіряли за критерієм Колмогорова-Смирнова. Практично всі досліджувані показники BPC не мають нормального розподілу, у цьому дослідженні вони описані медіаною (Me) і 25, 75 перцентилями. Решта результатів подано як середнє значення й стандартне відхилення (M±σ). Взаємозв'язки досліджуваних показників аналізували за коефіцієнтами рангової кореляції Спірмена. Для визначення достовірності відмінностей даних застосовували критерій Краскела Уоліса. Різницю між показниками вважали вірогідною при p<0,05 [2].

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Це дослідження виконано в рамках теми «Розробка моделей реабілітаційних впливів у фізичній терапії і ерготерапії та оцінка їх ефективності з позицій доказової медицини» (№ д. р.: 0119U001190).

**Результати дослідження.** Під час розподілу медичним працівником навчального закладу на початку навчального року учнів на медичні групи для занять фізичною культурою встановлено, що за показниками індексу Руф'є до основної медичної групи ввійшло лише 8,6 % підлітків, до підготовчої – 35,0 %, до спеціальної медичної – 56,4 % школярів. Також виявлено статеві відмінності: до спеціальної медичної групи віднесено більше дівчат, ніж хлопців (65,9 і 43,1 %, відповідно  $\chi^2=7,15$ ; p=0,01) (табл. 1).

Таблиця 1

**Розподіл школярів 12–14 років на медичні групи за даними індексу Руф'є, к-ть (%)**

Медична група	Загальна вибірка (n=140)	Хлопці (n=58)	Дівчата (n=82)
Основна група	12 (8,6)	5 (8,6)	7 (8,5)
Підготовча група	49 (35,0)	28 (48,3)	21 (25,6)
Спеціальна група	79 (56,4)	25 (43,1)	54 (65,9)

Під час подальшого обстеження нами учнів шляхом запису електрокардіограми (ЕКГ) не виявлено школярів із клінічно вираженими відхиленнями на ЕКГ, що дало нам підстави для визначення фізичної працездатності шляхом проведення проби PWC<sub>170</sub> [18] під контролем ЕКГ. Інших протипоказів до проведення велоергометрії також не виявлено. Трьом учням, які віднесені до підготовчої й спеціальної медичних груп за іншими критеріями, ніж функціонально-резервні можливості серцево-судинної системи, пробу не проводили.

Потрібно зазначити, що між різними медичними групами не було статистичних відмінностей у показниках індексу маси тіла, життєвої ємності легень, життєвого індексу, ЧСС й артеріального тиску, що характеризує їх відносну однорідність (табл. 2).

Під час вивчення вегетативного забезпечення серцевої діяльності встановлені достовірні відмінності між основною та спеціальною медичними групами за такими показниками фонового запису BPC, як LF norm, п.у., HF norm, п.у., LF/HF, у.о., %LF (табл. 3).

Таблиця 2

Порівняльна характеристика школярів 12–14 років різних медичних груп, Me (Q<sub>1</sub>–Q<sub>3</sub>)

Показник	Основна група (n=12)	Підготовча група (n=49)	Спеціальна група (n=79)
Вік, років	12,8±0,5	12,9±0,7	13,0±0,7
Індекс маси тіла, кг/м <sup>2</sup>	17,2 (16,3–20,0)	18,5 (16,2–19,8)	18,9 (17,4–20,9)
ЖСЛ, л	2,38 (2,16–2,44)	2,59 (2,22–2,99)	2,47 (2,14–2,94)
ЖІ, мл/кг	57,7 (53,7–60,5)	58,8 (51,1–63,7)	52,3 (45,2–61,1)
ЧСС, уд/хв	83,1 (77,7–88,7)	85,0 (77,6–92,9)	88,7 (82,6–97,6)
АТ сист, мм рт. ст.	114,0 (103,0–121,0)	113,0 (101,0–122,0)	116,0 (110,0–126,0)
АТ діаст, мм рт. ст.	71,0 (64,0–81,5)	70,0 (64,0–76,0)	72,0 (65,0–79,0)

Таблиця 3

Вегетативне забезпечення серцевої діяльності школярів 12–14 років різних медичних груп, Me (Q<sub>1</sub>–Q<sub>3</sub>)

Показники ВРС	Основна група (n=12)		Підготовча група (n=46)		Спеціальна група (n=78)	
	фоновий запис	ортостатична проба	фоновий запис	ортостатична проба	фоновий запис	ортостатична проба
RRNN, мс	724,0 (679,0–775,0)	565,0 (550,0–661,5)	708,0 (654,0–776,0)	573,0 (536,0–609,0)	680,00 (622,0–728,0)	557,0 (523,0–607,0)
SDNN, мс	46,5 (37,5–60,0)	36,0 (24,5–50,0)	45,0 (38,0–56,0)	33,0 (26,0–44,0)	39,00 (31,0–51,0)	34,0 (28,0–42,0)
RMSSD, мс	42,0 (34,5–60,5)	16,0 (12,5–25,0)	41,0 (30,0–58,0)	18,0 (13,0–24,0)	31,50 (23,0–47,0)	18,0 (14,0–27,0)
pNN50, %	22,2 (13,6–42,1)	1,0 (0,3–4,1)	20,75 (7,88–41,07)	1,28 (0,34–4,0)	9,46 (3,22–27,4)	1,78 (0,38–5,66)
CV, %	6,3 (5,1–7,7)	5,8 (4,7–7,6)	6,38 (5,42–7,23)	5,86 (4,86–7,53)	5,50 (4,71–7,11)	6,07 (5,25–7,46)
TP, мс <sup>2</sup> /Гц	2691,8 (1640,8–4216,4)	1412,4 (823,3–3593,9)	2528,02 (1907,47–3692,49)	1613,20 (1098,0–2455,3)	1923,04 (1313,3–3398,99)	1842,17 (1194,09–2681,65)
VLF, мс <sup>2</sup> /Гц	728,7 (438,7–1884,5)	689,5 (382,8–1617,3)	730,63 (432,53–1284,42)	660,68 (431,10–838,36)	616,49 (452,16–1019,12)	557,89 (400,65–814,96)
LF, мс <sup>2</sup> /Гц	691,2 (372,6–857,9)	510,4 (307,1–988,6)	643,93 (453,48–1041,15)	692,5 (435,16–1015,77)	605,86 (375,24–1018,0)	850,84 (497,70–1250,32)
HF, мс <sup>2</sup> /Гц	1159,4 (588,8–2005,3)	261,2 (173,7–654,3)	745,28 (516,00–1536,46)	277,72 (152,35–490,15)	616,75 (297,45–1193,37)	382,20 (212,65–576,85)
LF norm, п.и.	37,9* (29,9–47,9)	61,7 (57,7–70,8)	46,6 (34,14–57,40)	71,92 (63,92–76,76)	49,40 <sup>#</sup> (39,18–63,66)	68,81 (61,36–76,25)
HF norm, п.и.	62,1* (52,1–70,1)	38,3 (29,2–42,3)	53,4 (42,6–65,86)	28,08 (23,24–36,08)	50,60 <sup>#</sup> (36,34–60,82)	31,19 (23,75–38,64)
LF/HF, у.о.	0,6* (0,4–0,9)	1,6 (1,4–2,4)	0,87 (0,52–1,35)	2,56 (1,77–3,3)	0,98 <sup>#</sup> (0,64–1,75)	2,21 (1,59–3,21)
% VLF	40,1 (22,2–46,2)	39,1 (31,1–58,0)	33,08 (20,85–43,56)	36,71 (31,3–47,65)	33,68 (27,04–45,61)	33,72 (27,34–42,5)
% LF	23,1* (17,1–29,4)	38,5 (28,4–42,0)	27,94 (24,13–36,33)	41,84 (32,69–47,32)	32,21 <sup>#</sup> (25,02–37,61)	43,56 (36,30–49,36)
% HF	40,8 (27,3–51,1)	17,9 (13,6–24,0)	35,8 (23,50–48,05)	17,25 (12,24–23,41)	33,02 (21,30–44,14)	20,26 (14,95–26,44)

<sup>#</sup> – p<0,05, порівняно з основною групою; \* – p<0,05, порівняно з підготовчою групою; \* – p<0,05, порівняно зі спеціальною медичною групою.

Зокрема, потужність у діапазоні високих частот, виражена в нормалізованих одиницях (HFnu), що характеризує рівень активності парасимпатичної ланки вегетативної регуляції, вища в підлітків основної медичної групи, порівняно зі спеціальною ( $p < 0,05$ ) (див. табл. 3).

А потужність у діапазоні низьких частот, виражена в нормалізованих одиницях (LFnu), що характеризує стан симпатичного відділу вегетативної нервової системи, вища в підлітків спеціальної медичної групи, порівняно з основною ( $p < 0,05$ ) (див. табл. 3).

Баланс симпатичних і парасимпатичних впливів, що характеризує відносну активність підкіркового симпатичного нервового центру (LF/HF), також вищий у підлітків спеціальної медичної групи, порівняно з основною ( $p < 0,05$ ) (див. табл. 3).

За показниками структури спектральної потужності відзначається деяке переважання активності парасимпатичної ланки регуляції серцевого ритму (%HF) у підлітків основної медичної групи, порівняно зі спеціальною ( $p > 0,05$ ). Потужність спектра низькочастотного компонента варіабельності серцевого ритму (%LF), що характеризує відносний рівень активності вазомоторного центра, вища в підлітків спеціальної медичної групи, порівняно з основною ( $p < 0,05$ ). Відносний рівень активності симпатичної ланки регуляції (%VLF) дещо вищий у підлітків основної медичної групи, порівняно зі спеціальною ( $p > 0,05$ ) (див. табл. 3).

Із метою оцінки реактивності парасимпатичного й симпатичного відділів ВНС проводили активну ортостатичну пробу. Такий параметр, як відношення мінімального інтервалу R-R, зазвичай у районі 15 удару від початку переходу у вертикальне положення (R-R 15), до найдовшого інтервалу R-R, зазвичай близько 30 удару (R-R 30), так званий коефіцієнт 30:15 (К 30:15). К 30:15 характеризує реактивність парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи та не залежить від швидкості переходу у вертикальне положення й віку. Низький К 30:15 указує на недостатність функції вагусу. Реакції на ортостатичну пробу з урахуванням коефіцієнта 30:15 можна розділити на нормальні (1,25–1,75 у.о.), знижені (1,0–1,25 у.о.), високі, або надмірні (більше 1,75 у.о.) та парадоксальні (менше 1,0 у.о.) [11].

У нашому дослідженні середні показники К 30:15 між різними медичними групами не відрізнялися. А їхні середні значення перебували в діапазоні 1,0–1,25 у.о., що характеризує погіршення функціонального стану організму в усіх медичних групах (табл. 4).

Таблиця 4

**Вегетативна реактивність та фізична працездатність школярів 12–14 років різних медичних груп, Me (Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub>)**

Показник	Основна група (n=12)	Підготовча група (n=46)	Спеціальна група (n=78)
К 30/15, у.о.	1,2 (1,1–1,2)	1,18 (1,10–1,31)	1,16 (1,08–1,25)
Приріст ЧСС в ортопробі, %	21,5 (17,6–30,0)	23,73 (19,04–30,18)	20,48 (13,44–27,45)
PWC <sub>170</sub> , кг×м/хв	526,9 (468,0–536,7)	526,7 (446,4–642,0)	456,3 (385,6–550,0)
PWC <sub>170</sub> , кг×м×хв/кг	12,5 (12,3–13,4)	12,0* (10,1–14,4)	9,4* (8,4–11,0)

# –  $p < 0,05$ , порівняно з основною групою; \* –  $p < 0,05$ , порівняно з підготовчою групою; \* –  $p < 0,05$ , порівняно зі спеціальною медичною групою.

Баланс симпатичного й парасимпатичного відділів ВНС, за середніми даними приросту ЧСС в ортопробі, перебував у межах фізіологічної норми (18–27 %) і не відрізнявся між різними медичними групами (див. табл. 4)

За активної ортостатичної проби відсутні відмінності між досліджуваними показниками ВРС фонового запису, зокрема й між показниками LF norm, n.u., HF norm, n.u., LF/HF, у.о., %LF, між якими простежено достовірні відмінності в стані спокою.

Отже, значимих відмінностей у показниках ВРС під час виконання активної ортостатичної проби між різними медичними групами не виявлено.

За результатами тесту PWC<sub>170</sub> встановлено гірші абсолютні ( $p > 0,05$ ) та відносні ( $p < 0,05$ ) показники фізичної працездатності в школярів спеціальної медичної групи, порівняно з основною й

підготовчою (див. табл. 4). Нижчі відносні показники  $PWC_{170}$  школярів спеціальної медичної групи пояснюються більшою їх масою тіла, порівняно з основною ( $Z=2,05$ ;  $p=0,11$ ) та підготовчою ( $Z=2,47$ ;  $p=0,03$ ) групами.

**Дискусія.** У наших попередніх дослідженнях встановлено, що нормативні значення показника  $PWC_{170}$  у межах 25–75 перцентиля становлять 8,3–13,3  $кг \times м \times хв / кг$  для підлітків 12–14 років ( $n=1299$ ) [14–15; 22]. Потрібно зазначити, що отримані в цьому дослідженні показники фізичної працездатності в межах 25–75 перцентиля перебувають у межах вікової норми в усіх медичних групах (див. табл. 4). Це свідчить про те, що в спеціальній медичній групі є школярі як із середнім, так і з високим рівнем працездатності. Так само як і в основній групі підлітки з низькою фізичною працездатністю.

І. П. Заневський [5] узагалі піддає сумніву коректність застосування проби Руф'є для дітей шкільного віку. Наші дослідження також підтверджують неадекватність розподілу школярів на медичні групи за індексом Руф'є. Оскільки представники різних медичних груп практично не відрізняються за показниками вегетативного забезпечення серцевої діяльності, фізичною працездатністю та реактивністю вегетативної нервової системи, це може вказувати на однакові адаптаційно-резервні можливості й передумови до фізичного навантаження на уроках фізичної культури.

Л. О. Вакуленко [1] під час проведення оцінки проби Руф'є школярів 4–11 класів за методами, запропонованими в «Наказі» вказує на низку застережень. Передусім, це відсутність градації за віковим цензом і статевими ознаками. Отримавши достовірну позитивну кореляцію між результатами проби та віком суб'єктів, деякі науковці рекомендують застосовувати поправки з урахуванням віку під час визначення індексу Руф'є [3; 5; 16].

Крім того, у хлопців, порівняно з дівчатами, відзначається вищий рівень добової рухової активності [23], а підвищена рухова активність характеризується більшою вагусною активністю [21]. Низький рівень здоров'я [17] та низька рухова активність [19] характеризуються зниженою вагусною активністю. Пубертатне дозрівання хлопчиків, що пов'язане з підвищенням рівня андрогенів, може змінити відносне домінування вагусної активності в підлітковому віці на її зниження, порівняно з дівчатами, у дорослому віці [20]. Це також підтверджується нашими попередніми дослідженнями, де встановлені (інколи значні) відмінності в розподілі учнів на медичні групи з урахуванням віку й статі [22], що, очевидно, свідчить про наявність вікових і статевих особливостей функціонального резерву серця в різні періоди онтогенезу. Наші дані узгоджуються з цими положеннями, оскільки до спеціальної медичної групи віднесено майже вдвічі більше дівчат, ніж хлопців.

Потрібно зазначити, що практично відсутні дані функціонального резерву серця, за показниками індексу Руф'є, у конкретні вікові періоди та з урахуванням статі учнів. У цьому аспекті звертають на себе увагу дослідження й рекомендації І. П. Заневського [5–7; 24] що до диференційованої оцінки індексу Руф'є відповідно до віку школярів. А отримані нами й іншими авторами [8; 10] статеві відмінності індексу Руф'є актуалізують питання диференційованої оцінки індексу Руф'є відповідно до статі школярів.

За даними І. В. Єрмакової та співавторів [4], у дітей 12–14 років у відповідь на ортостатичне навантаження спостерігаємо значне збільшення низькочастотного компонента спектра ВРС (в абсолютних, відносних і нормалізованих одиницях і відсотках) та зниження високочастотної складової частини спектра. При ортостатичному навантаженні в дітей 10–15 років, незалежно від статі, значно змінюється симпатично-парасимпатичний баланс (LF/HF): підвищується активність симпатичних впливів на серцевий ритм. Ці дані узгоджуються з отриманими нами даними (див. табл. 3), що свідчить про адекватну реакцію ВНС на ортостатичне навантаження та активне включення вазомоторного центру в процес регуляції судинного тонуусу [22].

**Висновки.** У стані спокою відзначається переважання активності симпатичної ланки регуляції в модуляції серцевого ритму підлітків спеціальної медичної групи, порівняно з основною.

За активної ортостатичної проби відсутні відмінності між показниками, що характеризують стан вегетативної регуляції серцевої діяльності, а також між даними, що характеризують реактивність симпатичного й парасимпатичного відділів ВНС (К 30:15), напруження центральних регуляторних механізмів, за індексом напруги регуляторних систем і приростом ЧСС в ортопробі.

**Перспективи подальших досліджень.** Потрібні подальші модифікації проби Руф'є задля розподілу школярів на медичні групи. У подальшому буде проведено оцінку функціонального резерву серця під час розподілу учнів на медичні групи за рекомендаціями І. П. Заневського, що до

врахування віку при оцінці індексу Руф'є та вивчення на цій основі фізичної працездатності й вегетативного забезпечення адаптивних можливостей школярів 12–14 років різних медичних груп.

#### Джерела та література

1. Вакуленко Л. О., Вакуленко Д. В., Барладин О. Р., Храбра С. З., Бобеляк Н. П. Інформативне значення функціональної проби Руф'є у формуванні гармонійно розвиненої молоді. *Олімпійський рух на теренах Західної України – минуле та сьогодні*. 2015. С. 19–21.
2. Гланц С. Медико-біологіческая статистика. Москва, 1998. 459 с.
3. Гусева А. А. Методические подходы к оценке пробы Руффье у юных спортсменов. *Физкультура в профилактике, лечении и реабилитации*. 2006. № 1 (16). С. 44–46.
4. Ермакова И. В., Догадкина С. Б., Рублева Л. В., Кмить Г. В., Безобразова В. Н., Шарапов А. Н. Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы, автономной нервной регуляции сердечного ритма и эндокринной системы к нагрузкам разного характера у школьников 10–15 лет. *Science for Education Today*. 2019. № 9(5). С. 176–204. <https://doi.org/10.15293/2658-6762.1905.11>
5. Заневський І. П. Проба Руф'є як метод діагностики функціонального стану серцево-судинної системи дітей шкільного віку. *Спортивна наука України*. 2011. № 3. С. 71–92.
6. Заневський І., Саноцька Н. Проба Руф'є і норма частоти серцевих скорочень у стані спокою. *Спортивна наука України*. 2014. № 59. С. 43–50.
7. Заневський І. П., Заневська Л. Г. Модель проби Руф'є з урахуванням віку пацієнта. *Теорія та методика фізичного виховання*. 2013. № 2. С. 17–27. <http://dx.doi.org/10.17309/tmfv.2013.2.1013>
8. Круцевич Т., Нападій А., Імас Т., Трачук С. Динаміка адаптаційно-резервних можливостей школярів віком 13–14 років протягом навчального року. *Спортивний вісник Придніпров'я*. 2016. № 1. С. 182–186.
9. Куртова Г. Ю., Ляпин В. П., Бабарика Ю. Р., Гришко Л. Г. Моніторинг стану здоров'я школярів 14–15 років в умовах навчально-педагогічного процесу. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт*. 2015. № 129 (3). С. 191–194.
10. Левандовська Л. Вплив індивідуалізації процесу фізичного виховання на працездатність дітей шкільного віку. *Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві*. 2015. № 4 (32). С. 94–98.
11. Лях Ю. С., Шевчук Т. Я., Усова, О. В. Модель класифікації розподілу школярів на медичні групи з фізичного виховання. *Фізичне виховання, спорт та культура здоров'я в сучасному суспільстві*. Луцьк. 2014. № 4 (28). С. 70–74.
12. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода. Иваново, 2002. 290 с.
13. Про забезпечення медико-педагогічного контролю за фізичним вихованням учнів у загальноосвітніх навчальних закладах: наказ Міністерства охорони здоров'я України та Міністерства освіти і науки України N 518/674 від 20.07.2009 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0773-09>.
14. Сітовський А. Диференційована фізична підготовка учнів 7-их класів з урахуванням темпів їх біологічного розвитку. *Молода спортивна наука України*. Львів. 2006. № 1(10). С. 113–118.
15. Сітовський А. Фізична працездатність підлітків в умовах диференційованого фізичного виховання з урахуванням темпів їх біологічного дозрівання. *Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві*. Луцьк, 2009. № 1 (5). С. 61–65.
16. Шахназарян К. Э., Владова В. С. Значимость возрастных показателей пульса для учета результатов пробы Руффье у учащихся. *Спортивна медицина, лікувальна фізкультура та валеологія*. 2012. С. 113–115.
17. Cayres S. U., Vanderlei L. C. M., Rodrigues A. M., et al. Sports practice is related to parasympathetic activity in adolescents. *Revista Paulista de Pediatria*. 2015. № 33(2). P. 174–180. <https://doi.org/10.1016/j.rped.2014.09.002>.
18. Council of Europe. Committee for the Development of Sport. Committee of Experts on Sports Research. EUROFIT. *Handbook for the EUROFIT tests of Physical Fitness*. Rome; Strasbourg. 1987. 59 s.
19. Harriss D. J., MacSween A., Atkinson G. Ethical Standards in Sport and Exercise Science Research: 2020 Update. *International Journal of Sports Medicine*. 2019. № 40(13). P. 813–817. <https://doi.org/10.1055/a-1015-3123>.
20. Kemp A. H., Quintana D. S. The relationship between mental and physical health: insights from the study of heart rate variability. *International journal of psychophysiology: official journal of the International Organization of Psychophysiology*. 2013. № 89 (3). P. 288–296. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.06.018>
21. Koenig J., Rash J.A., Campbell T. S., et al. A meta-analysis on sex differences in resting-state vagal activity in children and adolescents. *Frontiers in Physiology*. 2017. № 8. P. 582. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00582>.
22. Sitovskiy A. M., Andriychuk O. Y., Usova O. V., Yakobson O. O. Ulianytska N. Ya., Tsjupak T. E. Relationship between the functional reserve of the heart and the physical facility of adolescents of the special medical group. *Medical Science of Ukraine*. 2021. № 17(1). P. 83–92. <https://doi.org/10.32345/2664-4738.1.2021.11>

23. Teisala T., Mutikainen S., Tolvanen A., et al. Associations of physical activity, fitness, and body composition with heart rate variability-based indicators of stress and recovery on workdays: a cross-sectional study. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*. 2014. № 9 (1). P. 16. <https://doi.org/10.1186/1745-6673-9-16>.
24. Zanevskyy I., Janiszewska R., Zanevska L. Validity of Ruffier test in evaluation of resistance to the physical effort. *Journal of Testing and Evaluation*. 2017. № 45(6). P. 2193–2199. <https://doi.org/10.1520/JTE20160380>

#### References

1. Vakulenko, L. O., Vakulenko, D. V., Barladyn, O. R., Khrabra, S. Z., Bobeliak N. P. (2015). Informatyvne znachennia funktsionalnoi proby Rufie u formuvanni harmoniino rozvynenoi molodi. *Olimpiyskiy rukh na terenakh Zakhidnoi Ukrainy – mynule ta sohodennia*. 19–21.
2. Hlants, S. (1998). Medyko-byolohycheskaia statystyka. Moskva. 459.
3. Huseva, A. A. (2006). Metodycheskiye podkhody k otsenke proby Ruffe u yunyykh sportsmenov. *Fyzkultura v profylaktyke, lechenyy u reabylytatsyy*, 1 (16), 44–46.
4. Ermakova, Y. V., Dohadkyna S. B., Rubleva L. V., Kmyt H. V., Bezobrazova V. N., Sharapov A. N. (2019). Osobennosti adaptatsyy serdechno-sosudystoi systemy, avtonomnoi nervnoi rehuliyatsyy serdechnoho rytmu y endokrynnoi systemy k nahruzkam raznoho kharaktera u shkolnykov 10–15 let. *Science for Education Today*, 9(5), 176–204. <https://doi.org/10.15293/2658-6762.1905.11>
5. Zanevskyy, I. P. (2011). Proba Rufie yak metod diahnozyky funktsionalnogo stanu sertsevo-sudynnoi systemy ditei shkilnogo viku. *Sportyvna nauka Ukrainy*, 3, 71–92.
6. Zanevskyy, I., Sanotska, N. (2014). Proba Rufie i norma chastyty sertseyvkh skorochen u stani spokoiu. *Sportyvna nauka Ukrainy*, 59, 43–50.
7. Zanevskyy, I. P., Zanevska, L. H. (2013). Model proby Rufie z urakhuvanniam viku patsiienta. *Teoriia ta metodyka fizychnoho vykhovannia*, 2, 17–27. <http://dx.doi.org/10.17309/tmfv.2013.2.1013>
8. Krutsevych, T., Napadii, A., Imas, T., Trachuk, S. (2016). Dynamika adaptatsiino-rezervnykh mozhlyvostei shkoliariv vikom 13–14 rokiv protiahom navchalnogo roku. *Sportyvnyi visnyk Prydniprovia*, 1, 182–186.
9. Kurtova, H. Yu., Liapyn, V. P., Babaryka, Yu. R., Hryshko, L. H. (2015). Monitorynh stanu zdorovia shkoliariv 14–15 rokiv v umovakh navchalno-pedahohichnogo protsesu. Visnyk Chernihivskoho natsionalnogo pedahohichnogo universytetu. Seriya: Pedahohichni nauky. *Fizychno vykhovannia ta sport*, 129 (3), 191–194.
10. Levandovska, L. (2015). Vplyv individualizatsii protsesu fizychnoho vykhovannia na pratsezdannist ditei shkilnogo viku. *Fizychno vykhovannia, sport i kultura zdorovia u suchasnomu suspilstvi*, 4 (32), 94–98.
11. Liakh, Yu. Ye., Shevchuk, T. Ya., Usova, O. V. (2014). Model klasyfikatsii rozpodilu shkoliariv na medychni hrupy z fizychnoho vykhovannia. *Fizychno vykhovannia, sport ta kultura zdorovia v suchasnomu suspilstvi*. Lutsk, 4 (28), 70–74.
12. Mykhailov, V. M. (2002). Varyabelnost rytmu serdtsa: opyt praktycheskogo prymereneniya metoda. Yvanovo. 290.
13. Pro zabezpechennia medyko-pedahohichnogo kontroliu za fizychnym vykhovanniam uchniv u zahalno-osvitnikh navchalnykh zakladakh: nakaz Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy ta Ministerstva osvity i nauky Ukrainy N 518/674 vid 20.07.2009 r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0773-09>.
14. Sitovskyy, A. (2006). Dyferentsiiovana fizychna pidhotovka uchniv 7-ykh klasiv z urakhuvanniam tempiv yikh biolohichnogo rozvytku. *Moloda sportyvna nauka Ukrainy*. Lviv, 1(10), 113–118.
15. Sitovskyy, A. (2009). Fizychna pratsezdannist pidlitkiv v umovakh dyferentsiiovanoho fizychnoho vykhovannia z urakhuvanniam tempiv yikh biolohichnogo dozrivannia. *Fizychno vykhovannia, sport i kultura zdorovia u suchasnomu suspilstvi*. Lutsk, 1 (5), 61–65.
16. Shakhnazarian, K. Э., Vladova, V. S. (2012). Znachymost vozrastnykh pokazatelei pulsa dlia ucheta rezultatov proby Rufe u uchashchykh. *Sportyvna medytsyna, likuvalna fizkultura ta valeolohiia*, 113–115.
17. Cayres, S. U., Vanderlei, L. C. M., Rodrigues, A. M., et al. (2015). Sports practice is related to parasympathetic activity in adolescents. *Revista Paulista de Pediatria*, 33(2), 174–180. <https://doi.org/10.1016/j.rpped.2014.09.002>.
18. Council of Europe (1987). Committee for the Development of Sport. Committee of Experts on Sports Research. EUROFIT. Handbook for the EUROFIT tests of Physical Fitness. Rome, Strasbourg, 59 s.
19. Harriss, D. J., MacSween, A., Atkinson, G. (2019). Ethical Standards in Sport and Exercise Science Research: 2020 Update. *International Journal of Sports Medicine*, 40(13), 813–817. <https://doi.org/10.1055/a-1015-3123>.
20. Kemp, A. H., Quintana, D. S. (2013). The relationship between mental and physical health: insights from the study of heart rate variability. *International journal of psychophysiology: official journal of the International Organization of Psychophysiology*, 89 (3), 288–296. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.06.018>
21. Koenig, J., Rash, J. A., Campbell, T. S., et al. (2017). A meta-analysis on sex differences in resting-state vagal activity in children and adolescents. *Frontiers in Physiology*, 8, 582. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00582>.
22. Sitovskyy, A. M., Andriychuk, O. Y., Usova, O. V., Yakobson, O. O., Ulianytska, N. Ya., Tsjupak, T. E. (2021). Relationship between the functional reserve of the heart and the physical facility of adolescents of the



- special medical group. *Medical Science of Ukraine*, 17(1), 83–92. <https://doi.org/10.32345/2664-4738.1.2021.11>
23. Teisala, T., Mutikainen, S., Tolvanen, A., et al. (2014). Associations of physical activity, fitness, and body composition with heart rate variability–based indicators of stress and recovery on workdays: a cross-sectional study. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 9 (1), 16. <https://doi.org/10.1186/1745-6673-9-16>.
24. Zanevskyy, I., Janiszewska, R., Zanevska, L. (2017). Validity of Ruffier test in evaluation of resistance to the physical effort. *Journal of Testing and Evaluation*, 45(6), 2193–2199. <https://doi.org/10.1520/JTE20160380>

Стаття надійшла до редакції 25.05.2021 р.