

spheroids at all concentrations tested. Higher cell concentrations accelerated aggregation and resulted in larger spheroids. Viable spheroids showed 100% attachment, active migration, and differentiation into neuronal and glial cells, forming neural networks.

Pre-culturing neural cells is essential for successful spheroid formation via the hanging drop method. Optimal conditions include using pre-cultured cells at  $2 \times 10^3$  to  $8 \times 10^3$  cells per 20  $\mu$ l drop, with cultivation over 3-4 days. This approach yields stable, viable spheroids of 150-200  $\mu$ m, offering valuable models for studying nervous system physiology and pathology.

**Key words:** neural cells, spheroids, hanging drop method, pre-cultivation, 3D cultivation.

**ORCID and contributionship / ORCID автора та його внесок до статті:**

Vsevolodskaya S. O.: <https://orcid.org/0000-0003-0617-7694><sup>ABCD</sup>

**Corresponding author / Адреса для кореспонденції**

Vsevolodskaya Svitlana Oleksandrivna / Всеволодська Світлана Олександрівна  
Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine of the National Academy of Sciences of Ukraine /  
Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України  
Ukraine, 61016, Kharkiv, 23 Pereyaslavska str. / Адреса: Україна, 61016, м. Харків, вул. Переяславська 23  
Tel.: +380668443370 / Тел.: +380668443370  
E-mail: [vsevolodskaya1993@gmail.com](mailto:vsevolodskaya1993@gmail.com)

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article / A – концепція роботи та дизайн, B – збір та аналіз даних, C – відповідальність за статичний аналіз, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

Received 08.04.2025 / Стаття надійшла 08.04.2025 року  
Accepted 13.08.2025 / Стаття прийнята до друку 13.08.2025 року

DOI 10.29254/2077-4214-2025-3-178-106-112

UDC 616.711-007.55:612.766.1-053.6

<sup>1</sup>Dychko D. V., <sup>1</sup>Dychko O. A., <sup>1</sup>Kurylchenko I. Yu., <sup>1</sup>Dychko V. V., <sup>2</sup>Markova O. V., <sup>3</sup>Chernenko S. O.

## ANALYSIS OF THE RESULTS AND ASSESSMENT OF PHYSICAL PERFORMANCE OF ADOLESCENTS WITH SCOLIOSIS

<sup>1</sup>State Higher Educational Institution “Donbas State Pedagogical University”  
(Sloviansk / Dnipro, Ukraine)

<sup>2</sup>Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University (Kropyvnytskyi, Ukraine)

<sup>3</sup>Donbass State Engineering Academy (Kramatorsk, Ukraine)

[v.v.dichko@ukr.net](mailto:v.v.dichko@ukr.net)

*The aim of the study is to analyze the results of the assessment of physical performance of adolescents with scoliosis compared to practically healthy peers at the age range of 11 to 14 years. There are 43 examined adolescents: 19 with scoliosis and 24 healthy adolescents. To assess physical performance and adaptive capabilities of the body, the type of blood circulation, parameters of the cardiovascular and autonomic nervous systems, as well as maximum oxygen consumption in response to physical exertion are studied. It is found that adolescents with scoliosis have a predominant hypokinetic type of blood circulation (88.9% in boys and 90.0% in girls) and sympathicotonia (77.8% and 90.0%, respectively), while healthy peers have a predominant eukinetic type of blood circulation. Despite the compensatory increase in minute blood volume during exercise, the general working capacity and maximum oxygen consumption in children with scoliosis are significantly lower than in the control group. Thus, the identified functional changes indicate a decrease in the adaptive and compensatory capabilities of the body of adolescents with scoliosis, which emphasizes the need to develop specialized rehabilitation programs.*

**Key words:** scoliosis, adolescents, physical performance, cardiovascular system, autonomic nervous system, physical activity, rehabilitation.

### Connection of the publication with planned research works.

The study is a fragment of the research project “Study of adaptive reactions of the organism, formed under the influence of various factors of nature and society”, state registration number 0115U003314.

### Introduction.

A person’s ability to physically and socially adaptation is complex and diverse. It is determined by many factors, including somatic condition, ability to tolerate physical and psycho-emotional stress, level of fitness,

etc. In maintaining homeostasis and its regulation, the most important role belongs to the interactions of the cardiovascular, nervous, muscular, respiratory and immune systems, endocrine glands, sensory organs, as well as the hypothalamic-pituitary and limbic systems of the brain [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

One of the severe types of adaptation disorders that lead to social defects and social inadequacies is musculoskeletal disorders [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Taking into account the specifics of the development of children with scoliosis, as well as the causes of their pathol-

ogy, there is a problem of proper education of such a contingent of children/adolescents in order to prevent possible secondary deviations in the emotional and intellectual spheres, physical development, and early disability [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

**The aim of the study.**

To analyze the results of assessing the physical performance of children with scoliosis and practically healthy peers at the aged range from 11 to 14 years.

**Object and research methods.**

The basis of the study was the Aleksiiovo-Druzhkivska comprehensive sanatorium school boarding school of I-III degrees No. 13 for children with scoliosis and a comprehensive school. As part of the research, we examined 43 adolescents at the age range of 11-14 years, of which 19 adolescents (9 boys and 10 girls) with scoliosis made up the study group and 24 conditionally healthy peers (12 boys and 12 girls) of the comprehensive school made up the control group.

In order to develop an adequate complex of adaptive physical activity, we conducted a study of physical performance, including dynamics, tolerance to physical activity, as well as individual parameters of the cardiovascular (CV) and autonomic nervous systems (ANS), maximum oxygen consumption (MOC) in children with scoliosis and practically healthy, age-identical ones, type of blood circulation (hypokinetic, hyperkinetic, eukinetic):

- Increase in stroke volume (SV), %.
- Increase in cardiac output (CVO), %.
- Activity of the autonomic nervous system (sympathicotonia, normotonia-sympathicotonia).
  - Assessment of general performance (relative).
  - Assessment of general MSC (relative).

The work is carried out in accordance with the provisions of the Council of Europe Convention "For the Protection of Human Rights and Dignity with regard to Biomedicine" (1997), "Ethical Principles of Medical Research Involving Human Subjects" adopted by the 52nd Assembly of the World Medical Association (2000), "Universal Declaration on Bioethics and Human Rights" adopted by resolution of the UNESCO General Conference (2005), the principles of the Declaration of Helsinki (1964) and in compliance with the current regulatory requirements of Ukraine. At the beginning of the study, the parents of all children gave informed written consent to the examination of their children and the use of the obtained data in scientific work.

Statistical processing of the obtained results is carried out using well-known methods of variable statistics with the determination of mean values (M) and standard error of the arithmetic mean ( $\pm m$ ), the reliability of the data for independent samples is calculated using the Student t-test. The difference was considered significant at  $p < 0.05$ .

**Research results and their discussion.**

When analyzing the results of the assessment of physical performance in children with scoliosis at the age range from 11 to 14 years, it is found that among practically healthy children, the hypokinetic type of blood circulation is observed only in 16.7% of girls, and the dominant type of blood circulation, as in the age group from 7 to 10 years, remains eukinetic (75.1% of boys and 83.3% of girls, **table**).

In contrast, in boys from 11 to 14 years old with scoliosis, the hypokinetic type of blood circulation was detected in 88.9%, while the eukinetic type was detected in 11.1% (**table**).

The predominance of the hypokinetic type of blood circulation is also found in girls with scoliotic disease (90%), the remaining 10% of girls has a hyperkinetic type of blood circulation (**table**).

When analyzing the activity of the autonomic nervous system, it is found that in practically healthy boys and girls aged from the age of 11 to 14, a balance is observed between the sympathetic and parasympathetic links of the autonomic nervous system.

In contrast, in children with scoliosis of both sexes, there is an absolute predominance of individuals with predominant activation of the sympathetic part of the autonomic nervous system (77.8% and 90% in boys and girls, respectively; **table**).

During physical activity, there is an increase in stroke volume. However, unlike the increase in stroke volume in children at the age range from 7 to 10 years old, in adolescents at the age range from 11 to 14 the highest increase is recorded in girls with scoliosis compared to girls in the control group ( $34.52 \pm 2.10$  versus  $19.67 \pm 1.11$ , respectively,  $p < 0.05$ ; **table**). No statistically significant difference in the distribution of the indicator among children with scoliosis is found (**table**).

The increase in minute blood volume in response to exercise occurred in both the experimental and control groups (**table**). At the same time, the increase in minute blood volume is more pronounced in girls ( $162.00 \pm 8.00$ ) and boys ( $130.16 \pm 8.92$ ) with scoliosis compared to the corresponding values in the control group ( $55.00 \pm 1.67$  and  $60.12 \pm 0.85$ ; **table**).

In general, there is a satisfactory response of the increase in minute blood volume in response to physical activity (**table**).

When assessing general performance, both girls and boys in the control group are characterized by excellent performance, while scoliotic disease is associated with low general performance.

Determination of maximum oxygen consumption allows to characterize the indicator as "high" in the control group, which indicates good adaptive and compensatory capabilities of the body of a practically healthy child aged 11-14 years (**table**). In contrast, the worst indicators of oxygen consumption are observed in girls aged 11-14 years with scoliosis, while the indicators are somewhat better in boys with scoliosis (**table**).

Thus, at the age from 11 to 14, the worst indicators of physical performance are recorded in girls with scoliosis, which can be explained by the puberty period of girls, the rapid growth of teenage girls and, accordingly, the progression of scoliosis.

The obtained data indicate significant disorders of the functioning of the cardiovascular and autonomic nervous systems in adolescents with scoliosis. The predominant activation of the sympathetic branch of the autonomic nervous system and the hypokinetic type of blood circulation indicate an increase in the tension of regulatory mechanisms, which may be a response to the constant adaptive load associated with spinal deformation. This condition leads to a decrease in physical performance and a deterioration in the adaptive and compensatory capabilities of the body as a whole. The

**Table – Analysis of results and assessment of physical performance in children with scoliosis at the age from 11 to 14 years**

Indicators, units of measurement		Practically healthy children			Children with scoliosis				
		Boys (n=12)	Girls (n=12)	P	Boys (n=9)	Girls (n=10)	P	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>
Type of blood circulation, n (%)	hypokinetic	–	2 (16.7%)	–	8 (88.9%)	9 (90.0%)	>0.05	–	<0.05
	hyperkinetic	3 (24.9%)	–	–	–	–	–	–	–
	eukinetic	9 (75.1%)	10 (83.3%)	<0.05	1 (11.1%)	1 (10.0%)	>0.05	<0.05	<0.05
Autonomic nervous system activity, n (%)	sympathicotonia predominates	–	–	–	7 (77.8%)	9 (90.0%)	>0.05	–	–
	normotonia-sympathicotonia	12 (100.0%)	12 (100.0%)	>0.05	2 (22.2%)	1 (10.0%)	<0.05	<0.05	<0.05
	normotonia-parasympathicotonia	–	–	–	–	–	–	–	–
	assessment	–	–	–	–	–	–	–	–
Increase in stroke volume, %	load	25.16±1.69	19.67±1.11	<0.05	33.47±2.33	34.52±2.10	>0.05	<0.05	<0.01
	restoration	98.24±5.04	103.33±5.06	>0.05	141.51±11.45	124.48±8.10	>0.05	<0.01	<0.05
	assessment	satisfactorily	satisfactorily	–	satisfactorily	satisfactorily	–	–	–
Increase in cardiac output, %	load	60.12±0.85	55.00±1.67	<0.05	130.16±8.92	162.00±8.00	<0.05	<0.01	<0.01
	restoration	162.50±0.42	167.00±3.33	>0.05	87.00±2.22	85.12±4.02	>0.05	<0.01	<0.01
	assessment	satisfactorily	satisfactorily	–	satisfactorily	satisfactorily	–	–	–
Assessment of general working capacity (relative)	assessment	excellent	excellent	–	low	low	–	–	–
Overall assessment of BMD (relative)	assessment	high	high	–	above average	below average	–	–	–

**Notes:** P – significant difference between practically healthy and scoliosis boys and girls, P<sub>1</sub> – significant difference between practically healthy and scoliosis boys, P<sub>2</sub> – significant difference between practically healthy and scoliosis girls.

increase in systolic and minute blood volumes in children with scoliosis is a compensatory reaction of the body to physical activity, but their overall performance and maximum oxygen consumption remain lower than in healthy peers. This emphasizes the need to develop specialized physical rehabilitation programs aimed at correcting not only the musculoskeletal system, but also at improving the functional state of the cardiorespiratory system. The results of our study are consistent with the data of other scientific works, which also confirm the negative impact of scoliosis on cardiorespiratory function and physical activity, especially during puberty [11, 12, 13].

**Conclusions.**

Thus, adolescents at the age range from 11 to 14 years with scoliosis have significant functional disorders of the cardiovascular and autonomic nervous systems, which is manifested by the dominance of the hypokinetic type of blood circulation and the predominant activation of the sympathetic branch of the autonomic nervous system. These functional changes lead to a significant decrease in physical performance and adaptive and compensatory capabilities of the body compared to healthy peers. Low rates of maximal oxygen consumption (MOC) in children with scoliosis, especially in girls, indicate the depletion of their functional reserves in response to physical activity, which emphasizes the chronic adaptive stress associated with the disease.

Low rates of maximal oxygen consumption (MOC) in children with scoliosis, especially in girls, indicate the depletion of their functional reserves in response to physical activity, which emphasizes the chronic adaptive stress associated with the disease.

**Prospects for further research.**

The main scientific provisions obtained in this article are the basis for the next stage of research aimed at studying the assessment of the dynamics of indicators of physical performance and the functional state of the cardiorespiratory system in adolescents with scoliosis under the influence of targeted physical rehabilitation programs, studying the relationship between the severity of scoliosis and the severity of functional changes in the cardiovascular and autonomic nervous systems, developing new, non-invasive methods for assessing the functional reserves of the body in children with musculoskeletal disorders.

DOI 10.29254/2077-4214-2025-3-178-106-112

УДК 616.711-007.55:612.766.1-053.6

<sup>1</sup>Дичко Д. В., <sup>1</sup>Дичко О. А., <sup>1</sup>Курильченко І. Ю., <sup>1</sup>Дичко В. В., <sup>2</sup>Маркова О. В., <sup>3</sup>Черненко С. О.

**АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ОЦІНКА ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ПІДЛІТКІВ ЗІ СКОЛІОЗОМ**

<sup>1</sup>Державний вищий навчальний заклад «Донбаський державний педагогічний університет» (м. Слов'янськ - м. Дніпро, Україна)

<sup>2</sup>Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка (м. Кропивницький, Україна)

<sup>3</sup>Донбаська державна машинобудівна академія (м. Краматорськ, Україна)

[v.v.dichko@ukr.net](mailto:v.v.dichko@ukr.net)

*Мета дослідження полягала в аналізі результатів оцінки фізичної працездатності підлітків із сколіозом порівняно з практично здоровими однолітками віком 11-14 років. Було обстежено 43 підлітка: 19 зі сколіозом та 24 умовно здорових. Для оцінки фізичної працездатності та адаптаційних можливостей організму вивчалися тип кровообігу, параметри серцево-судинної та вегетативної нервової систем,*

а також максимальне споживання кисню у відповідь на фізичне навантаження. Встановлено, що у підлітків зі сколіозом переважає гіпокінетичний тип кровообігу (88,9% у хлопчиків і 90,0% у дівчаток) та симпатикотонія (77,8% і 90,0% відповідно), тоді як у здорових однолітків домінує еукінетичний тип кровообігу. Попри компенсаторне зростання хвилинного об'єму крові при навантаженні, загальна працездатність та максимальне споживання кисню у дітей зі сколіозом виявилися значно нижчими, ніж у контрольній групі. Таким чином, виявлені функціональні зміни свідчать про зниження адаптаційних та компенсаторних можливостей організму підлітків зі сколіозом, що підкреслює необхідність розробки спеціалізованих програм реабілітації.

**Ключові слова:** сколіоз, підлітки, фізична працездатність, серцево-судинна система, вегетативна нервова система, фізичне навантаження, реабілітація.

### Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Дослідження є фрагментом НДР «Вивчення адаптаційних реакцій організму, що формуються під впливом різноманітних факторів природи та суспільства», номер державної реєстрації 0115U003314.

#### Вступ.

Здатність людини до фізичної та соціальної адаптації складна й різноманітна. Вона визначається багатьма факторами, в тому числі соматичним станом, здатністю переносити фізичні і психоемоційні навантаження, ступенем тренуваності тощо. У підтримці гомеостазу та його регуляції найважливіша роль належить взаємодіям серцево-судинної, нервової, м'язової, дихальної та імунної систем, залоз внутрішньої секреції, органам відчуттів, а також гіпоталамогіпофізарної і лімбічної систем мозку [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

Одним з важких видів порушення адаптації, що призводять до соціального дефекту, соціальної недостатності, є захворювання ОРА (опорно-рухового апарату) [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. З урахуванням особливостей розвитку дітей зі сколіозом, а також беручи до уваги причини їх патології, виникає проблема правильного навчання такого контингенту дітей / підлітків з метою запобігання можливих вторинних відхилень в емоційній та інтелектуальній сферах, фізичному розвитку, а також ранньої інвалідизації [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

#### Мета дослідження.

Аналіз результатів оцінки фізичної працездатності дітей із сколіозом та практично здорових одноліток віком 11-14 років

#### Об'єкт і методи дослідження.

Базою дослідження виступила Олексійово-Дружківська загальноосвітня санаторна школа інтернат I-III ступенів № 13 для дітей зі сколіозом та загальноосвітня школа. В рамках роботи нами були обстежені 43 підлітка віком 11-14 років, з них 19 підлітків (9 хлопчиків та 10 дівчаток) зі сколіозом склали досліджувану групу та 24 умовно здорових однолітка (по 12 хлопчиків та 12 дівчаток) загальноосвітньої школи які склали контрольну групу.

З метою розробки адекватного комплексу адаптивних фізичних навантажень нами проведено дослідження фізичної працездатності в т.ч. і в динаміці, толерантності до фізичних навантажень, а також окремих параметрів серцево-судинної (ССС) і вегетативної нервової систем (ВНС), максимального споживання кисню (МСК) у дітей зі сколіозом і практично здорових, ідентичних за віком дітей. Тип кровообігу (гіпокінетичний, гіперкінетичний, еукінетичний).

Показники, що визначалися:

- Зростання систолічного об'єму (СО), %.
- Зростання хвилинного об'єму крові (ХОК), %.
- Активність вегетативної нервової системи (симпатикотонія, нормотонія-симпатикотонія).
- Оцінка загальної працездатності (відносної).
- Оцінка загальної МСК (відносної).

Роботу виконували згідно з положеннями Конвенції Ради Європи «Про захист прав та гідності людини в аспекті біомедицини» (1997), «Етичних принципів медичних наукових досліджень із залученням людських суб'єктів» прийнятих 52-ю Асамблеєю Всесвітньої медичної Асоціації (2000), «Загальної декларації про біоетику та права людини», прийнятої резолюцією Генеральної конференції ЮНЕСКО (2005), принципами Гельсінської декларації (1964) та з дотриманням чинних нормативних вимог України. На початку дослідження батьки всіх дітей дали інформовану письмову згоду на проведення обстеження їх дітей і використання одержаних даних в науковій роботі.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за загальновідомими методами варіабельної статистики з визначенням середніх величин (M) і стандартної помилки середньої арифметичної величини ( $\pm m$ ), достовірність даних для незалежних вибірок розраховували за t-критерієм Student. Пізницю вважали достовірною за  $p < 0,05$ .

#### Результати дослідження та їх обговорення.

При аналізі результатів оцінки фізичної працездатності у дітей із сколіозом віком 11-14 років встановлено, що серед практично здорових дітей гіпокінетичний тип кровообігу спостерігався тільки у 16,7% дівчат, а домінуючим типом кровообігу, як і віковій групі 7-10 років, залишається еукінетичний (75,1% хлопчиків і 83,3% дівчат, **табл.**).

Натомість у хлопчиків 11-14 років зі сколіозом гіпокінетичний тип кровообігу виявлений у 88,9%, в той час як еукінетичний – в 11,1% (**табл.**).

Переважає гіпокінетичного типу кровообігу виявлено і у дівчат з сколіотичною хворобою (90%), решта 10% дівчаток мали гіперкінетичний тип кровообігу (**табл.**).

При аналізі активності вегетативної нервової системи встановили, що у практично здорових хлопчиків і дівчат 11-14 років спостерігався баланс між симпатичною і парасимпатичною ланками вегетативної нервової системи.

Натомість у дітей зі сколіозом обох статей відмічене абсолютне переважання осіб з переважною активацією симпатичної частини вегетативної нервової системи (77,8% і 90% у хлопчиків і дівчаток відповідно; **табл.**).

При фізичному навантаженні відбувається зростання систолічного об'єму. Але на відміну від зро-

Таблиця – Аналіз результатів і оцінка фізичної працездатності у дітей зі сколіозом у віці 11-14 років

Показники, одиниці виміру		Практично здорові діти			Діти зі сколіозом				
		Хлопчики (n=12)	Дівчатка (n=12)	P	Хлопчики (n=9)	Дівчатка (n=10)	P	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>
Тип кровообігу, n (%)	гіпокінетичний	–	2 (16.7%)	–	8 (88.9%)	9 (90.0%)	>0.05	–	<0.05
	гіперкінетичний	3 (24.9%)	–	–	–	–	–	–	–
	еукінетичний	9 (75.1%)	10 (83.3%)	<0.05	1 (11.1%)	1 (10.0%)	>0.05	<0.05	<0.05
Активність вегетативної нервової системи, n (%)	переважає симпатикотонія	–	–	–	7 (77.8%)	9 (90.0%)	>0.05	–	–
	нормотонія-симпатикотонія	12 (100.0%)	12 (100.0%)	>0.05	2 (22.2%)	1 (10.0%)	<0.05	<0.05	<0.05
	нормотонія-расимпатикотонія	–	–	–	–	–	–	–	–
Зростання систолічного обсягу,%	навантаження	25.16±1.69	19.67±1.11	<0.05	33.47±2.33	34.52±2.10	>0.05	<0.05	<0.01
	відновлення	98.24±5.04	103.33±5.06	>0.05	141.51±11.45	124.48±8.10	>0.05	<0.01	<0.05
	оцінка	satisfactorily	satisfactorily	–	satisfactorily	satisfactorily	–	–	–
Зростання хвилинного об'єму крові,%	навантаження	60.12±0.85	55.00±1.67	<0.05	130.16±8.92	162.00±8.00	<0.05	<0.01	<0.01
	відновлення	162.50±0.42	167.00±3.33	>0.05	87.00±2.22	85.12±4.02	>0.05	<0.01	<0.01
	оцінка	satisfactorily	satisfactorily	–	satisfactorily	satisfactorily	–	–	–
Оцінка загальної працездатності (відносної)	оцінка	excellent	excellent	–	low	low	–	–	–
Оцінка загальної МПК (відносної)	оцінка	high	high	–	above average	below average	–	–	–

Примітки: P – різниця достовірна між практично здоровими і зі сколіозом хлопчиками і дівчатками, P<sub>1</sub> – різниця достовірна між практично здоровими і зі сколіозом хлопчиками, P<sub>2</sub> – різниця достовірна між практично здоровими і зі сколіозом дівчатками.

стання систолічного об'єму у дітей 7-10 років, у підлітків 11-14 років найвище зростання зафіксоване у дівчат зі сколіозом в порівнянні з дівчатами контрольної групи (34,52±2,10 проти 19,67±1,11 відповідно, p<0,05; **табл.**). Статистично значимої різниці в розподілі показника серед дітей з сколіозом не встановлено (**табл.**).

Зростання хвилинного об'єму крові у відповідь на навантаження відбувалося як в дослідній, так і в контрольній групі (**табл.**). В той же час зростання хвилинного об'єму крові переважало у дівчат (162,00±8,00) і хлопчиків (130,16±8,92) зі сколіозом в порівнянні з відповідними значеннями контрольної групи (55,00±1,67 і 60,12±0,85; **табл.**).

Загалом відбувалася задовільна реакція зростання хвилинного об'єму крові у відповідь на фізичне навантаження (**табл.**).

При оцінці загальної працездатності як дівчатка, так і хлопчики контрольної групи характеризувалися відмінною працездатністю, в то час як сколіотична хвороба асоціювала із низькою загальною працездатністю.

Визначення максимального споживання кисню дозволило характеризувати показник як «високий» в контрольній групі, що свідчить про гарні адаптаційні і компенсаторні можливості організму практично здорової дитини 11-14 років (**табл.**). Натомість найгірші показники споживання кисню відмічені у дівчат 11-14 років зі сколіозом, дещо кращими виявилися показники у хлопчиків зі сколіозом (**табл.**).

Таким чином, у віці 11-14 років найгірші показники фізичної працездатності зафіксовані у дівчат зі сколіозом, що можна пояснити пубертатним періодом дівчат, стрімким ростом дівчинки-підлітка і, відповідно, прогресуванням сколіозу.

Отримані дані свідчать про значні порушення функціонування серцево-судинної та вегетативної нервової систем у підлітків зі сколіозом. Переважна активація симпатичної ланки вегетативної нервової системи та гіпокінетичний тип кровообігу вказують на зростання напруги регуляторних механізмів,

що може бути відповіддю на постійне адаптаційне навантаження, пов'язане з деформацією хребта. Цей стан призводить до зниження фізичної працездатності та погіршення адаптаційно-компенсаторних можливостей організму в цілому. Зростання систолічного та хвилинного об'ємів крові у дітей зі сколіозом є компенсаторною реакцією організму на фізичне навантаження, але при цьому їхня загальна працездатність та максимальне споживання кисню залишаються нижчими, ніж у здорових однолітків. Це підкреслює необхідність розробки спеціалізованих програм фізичної реабілітації, спрямованих на корекцію не лише опорно-рухового апарату, а й на покращення функціонального стану кардіореспіраторної системи. Результати нашого дослідження узгоджуються з даними інших наукових робіт, які також підтверджують негативний вплив сколіозу на кардіореспіраторну функцію та фізичну активність, особливо в період статевого дозрівання [11, 12, 13].

**Висновки.**

Таким чином, у підлітків 11-14 років зі сколіозом спостерігаються значні функціональні порушення серцево-судинної та вегетативної нервової систем, що проявляється домінуванням гіпокінетичного типу кровообігу та переважною активацією симпатичної ланки вегетативної нервової системи. Ці функціональні зміни призводять до істотного зниження фізичної працездатності та адаптаційно-компенсаторних можливостей організму порівняно зі здоровими однолітками. Низькі показники максимального споживання кисню (МСК) у дітей зі сколіозом, особливо у дівчат, свідчать про виснаження їх функціональних резервів у відповідь на фізичне навантаження, що підкреслює хронічний адаптаційний стрес, пов'язаний із захворюванням.

**Перспективи подальших досліджень.**

Основні наукові положення, отримані в цій статті, є основою для наступного етапу дослідження, спрямованих на вивчення оцінки динаміки показників фізичної працездатності та функціонального стану кардіореспіраторної системи у підлітків зі сколіозом

під впливом цілеспрямованих програм фізичної реабілітації, вивчення взаємозв'язку між ступенем тяжкості сколіозу та вираженістю функціональних змін серцево-судинної та вегетативної нервової систем,

розробка нових, неінвазивних методів оцінки функціональних резервів організму у дітей із порушеннями опорно-рухового апарату.

### References / Література

- Dychko DV, Dychko OA, Bobyrev VE, Dychko VV, Shaida OG, Mukhina VV. Effectiveness of the influence of complex of physical exercises on the dynamics of work of the cardiovascular system according to performance tests in children with scoliosis. Journal of the polish balneology and physical medicine association. 2024;67(3):189-194. DOI: <https://doi.org/10.36740/ABAL202403106>.
- Dychko OA, Dychko DV, Klymenko OA, Melnyk IM, Burov YuV, Radzievsky VP, et al. The dynamics of cardiovascular system work according to the physical performance tests in children with scoliosis. Bulletin of problems of biology and medicine. 2021;4(162):302-305. DOI: <http://dx.doi.org/10.29254/2077-4214-2021-4-162-302-305>.
- Dychko OA. Vyvchennya dynamiki okremykh pokaznykiv funktsiyi vegetativnoyi nervovoyi i kardioresperatornoyi sistem ditey vikom 11-14 rokiv iz skoliozom. Visnyk problem biologiyi i medytsyny. 2019;4.1(153):355-358. [in Ukrainian].
- Dychko D, Dychko E, Nekhanevych O, Dychko V, Klimenko Y, Shaida N, et al. Reactive response of peripheral blood neutrophils of school-age adolescents with scoliosis. Retos. 2024;51:102-108.
- Lacroix M, Khalifé M, Ferrero E, Clément O, Nguyen C, Feydy A. Scoliosis. Seminars in musculoskeletal radiology. 2023;27(5):529-544. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0043-1772168>.
- Kalabuhova AS. Deyaki parametry sertsevo-sudynnoyi systemy u ditey molodshogo shkilnogo viku. Visnyk problem biologiyi i medytsini. 2019;4.1(153):363-366. [in Ukrainian].
- Kvashnina LV, Polka NS, Kalinichenko IO, Makovkina YuA. Otsinka adaptatsiy i funktsionalno-rezervnykh mozhlyvostey organizmu ditey shkilnogo viku. Kyiv; 2010. 15 s. [in Ukrainian].
- Kaspruk NA, Sidorchuk LI, Mikhaiko AYU, Sidorchuk AS, Dovbush NM, Iftodiy OA, et al. Cellular reactivity, level of adaptive stress, reactive response of peripheral blood neutrophils and immunological reactivity of the body of patients with community-acquired pneumonia. Zahalna patolohiya ta patolohichna fiziolohiya. 2012;7(4):129-137.
- Sydorchuk IY, Levytska SA. Klitynna reaktivnist ta riven adaptatsiynoho napruzhenia orhanizmu khvorykh na hostryi bronkhit. Bukovynskyi medychnyi visnyk. 2015;13.1(73):150-153. [in Ukrainian].
- Sydorchuk AR, Sydorchuk LP, Gutnitska AF, Dzhuryak VS, Kryvetska II, Sydorchuk RI, et al. Endothelium function regulation markers and carotid intima-media thickness in arterial hypertension depending on NOS3 (rs2070744) and GNB3 (rs5443) genes polymorphism: a prospective case-control study. Endocrine Regulations 2022;56(2):104-114. DOI: [10.2478/enr-2022-0012](https://doi.org/10.2478/enr-2022-0012).
- Mellman J, Pinter R, Rys M. The effect of a core-strengthening program on cardiopulmonary function in adolescents with scoliosis. J Sports Med Phys Fitness. 2023;63(4):460-466. DOI: [10.23736/S0022-4707.23.14668-3](https://doi.org/10.23736/S0022-4707.23.14668-3).
- Zhong Y, Zhang Z, Zhu X. Protective and risk physical activities for adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review identifying one-hour daily activity threshold and Chinese school-based prevention framework. Front Sports Act Living. 2024;6:1464314. DOI: [10.3389/fspor.2024.1464314](https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1464314).
- Dunn G, Jones D, Smith A. The long-term effects of adolescent idiopathic scoliosis on cardiorespiratory function and quality of life. J Adolesc Health. 2024;74(2):224-230. DOI: [10.1016/j.jadohealth.2023.09.022](https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2023.09.022).

### АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ОЦІНКА ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ПІДЛІТКІВ ЗІ СКОЛІОЗОМ

**Дичко Д. В., Дичко О. А., Курильченко І. Ю., Дичко В. В., Маркова О. В., Черненко С. О.**

**Резюме.** Здатність людини до фізичної та соціальної адаптації складна й різноманітна. Вона визначається багатьма факторами, в тому числі соматичним станом, здатністю переносити фізичні і психоемоційні навантаження, ступенем тренуваності тощо. У підтримці гомеостазу та його регуляції найважливіша роль належить взаємодіям серцево-судинної, нервової, м'язової, дихальної та імунної систем, залоз внутрішньої секреції, органам відчуттів, а також гіпоталамогіпофізарної і лімбічної систем мозку

*Мета нашого дослідження* полягала у аналізі результатів оцінки фізичної працездатності дітей зі сколіозом та практично здорових однолітків віком 11-14 років.

*Об'єкт і методи дослідження.* В рамках роботи нами були обстежені 43 підлітка віком 11-14 років, з них 19 підлітків (9 хлопчиків та 10 дівчаток) зі сколіозом склали досліджувану групу та 24 умовно здорових однолітка (по 12 хлопчиків та 12 дівчаток) загальноосвітньої школи які склали контрольну групу. З метою розробки адекватного комплексу адаптивних фізичних навантажень нами проведено дослідження фізичної працездатності в т.ч. і в динаміці, толерантності до фізичних навантажень, а також окремих параметрів серцево-судинної (ССС) і вегетативної нервової систем (ВНС), максимального споживання кисню (МСК) у дітей зі сколіозом і практично здорових, ідентичних за віком дітей.

*Результати дослідження та їх обговорення.* При аналізі результатів оцінки фізичної працездатності у дітей зі сколіозом встановлено, що серед практично здорових дітей гіпокінетичний тип кровообігу спостерігався тільки у 16,7% дівчат, а домінуючим типом кровообігу, залишається еукінетичний (75,1% хлопчиків і 83,3% дівчат). Переважання гіпокінетичного типу кровообігу виявлено і у дівчат з сколіотичною хворобою (90%), решта 10% дівчаток мали гіперкінетичний тип кровообігу. Спостерігався баланс між симпатичною і парасимпатичною ланками вегетативної нервової системи. Натомість у дітей зі сколіозом обох статей відмічене абсолютне переважання осіб з переважною активацією симпатичної частини вегетативної нервової системи (77,8% і 90% у хлопчиків і дівчаток відповідно). Зростання хвилинного об'єму крові у відповідь на навантаження відбувалося як в дослідній, так і в контрольній групі. В той же час зростання хвилинного об'єму крові переважало у дівчат (162,00±8,00) і хлопчиків (130,16±8,92) зі сколіозом в порівняно з відповідними значеннями контрольної групи. Визначення максимального споживання кисню дозволило характеризувати показник як «високий» в контрольній групі, що свідчить про гарні адаптаційні і компенсаторні можливості організму практично здорової дитини. Натомість найгірші показники споживання кисню відмічені у дівчат 11-14 років зі сколіозом, дещо кращими виявилися показники у хлопчиків зі сколіозом.

*Висновки.* Таким чином, у віці 11-14 років найгірші показники фізичної працездатності зафіксовані у дівчат зі сколіозом, що можна пояснити пубертатним періодом дівчат, стрімким ростом дівчинки-підлітка і, відповідно, прогресуванням сколіозу.

**Ключові слова:** сколіоз, підлітки, фізична працездатність, серцево-судинна система, вегетативна нервова система, фізичне навантаження, реабілітація.

### ANALYSIS OF THE RESULTS AND ASSESSMENT OF PHYSICAL PERFORMANCE OF ADOLESCENTS WITH SCOLIOSIS

**Dychko D. V., Dychko O. A., Kurylchenko I. Yu., Dychko V. V., Markova O. V., Chernenko S. O.**

**Abstract.** A person's ability to physically and socially adaptation is a multicomponent and multilevel characteristic, which is determined by a number of factors, including somatic condition, level of endurance to physical and psycho-emotional stress, degree of fitness, etc. The leading role in maintaining homeostasis and regulating adaptation processes is played by the interaction of the cardiovascular, nervous, muscular, respiratory, immune systems, endocrine glands, sensory organs, as well as the hypothalamic-pituitary and limbic complexes of the brain.

*The aim of the study* is to analyze the results of assessing the physical performance of adolescents with scoliosis and their practically healthy peers at the age range of 11–14 years.

*Object and research methods.* The study involves 43 students at the age from 11 to 14, including 19 adolescents (9 boys and 10 girls) with scoliosis who form the experimental group, and 24 healthy peers (12 boys and 12 girls) who form the control group. To determine the optimal set of adaptive physical activity, an assessment of physical performance (including dynamics), tolerance to physical activity, parameters of the functioning of the cardiovascular (CV) and autonomic nervous system (ANS), as well as maximum oxygen consumption (MOC) in the subjects is conducted.

*Results and discussion.* Analysis of the obtained data shows that among practically healthy adolescents, the hypokinetic type of blood circulation is detected only in 16.7% of girls, while the eukinetic type remains dominant (75.1% of boys and 83.3% of girls). In girls with scoliotic disease, the hypokinetic type of blood circulation prevails (90%), while 10% had hyperkinetic. In healthy children, a balance is observed between the sympathetic and parasympathetic parts of the ANS, while in adolescents with scoliosis of both sexes, activation of the sympathetic part prevailed (77.8% of boys and 90% of girls). During physical activity, an increase in stroke volume is recorded in both groups, but the highest values are observed in girls with scoliosis compared to control peers. Minute blood volume increased in both the experimental and control groups, but its increase is greater in girls (162.00±8.00) and boys (130.16±8.92) with scoliosis. Determining the maximum oxygen consumption allowed us to characterize the indicator as "high" in the control group, which indicates good adaptive and compensatory abilities of the body of a practically healthy child. In contrast, the worst oxygen consumption indicators were observed in girls aged 11-14 with scoliosis, while the indicators for boys with scoliosis were slightly better.

*Conclusions.* At the age of 11-14 years, the lowest indicators of physical performance are recorded in girls with scoliosis, which is probably due to the peculiarities of the puberty period, intensive growth and progression of spinal deformity.

**Key words:** scoliosis, adolescents, physical performance, cardiovascular system, autonomic nervous system, physical activity, rehabilitation.

#### ORCID and contributionship / ORCID кожного автора та їх внесок до статті:

Dychko D. V.: <https://orcid.org/0000-0003-0905-8228> <sup>ABDF</sup>

Dychko O. A.: <https://orcid.org/0000-0002-5300-6591> <sup>ACDE</sup>

Kurilchenko I. Y.: <https://orcid.org/0000-0002-9602-5365> <sup>AB</sup>

Dychko V. V.: <https://orcid.org/0000-0003-3350-0602> <sup>ACEF</sup>

Markova O. V.: <https://orcid.org/0000-0002-8416-3442> <sup>AB</sup>

Chernenko S. O.: <https://orcid.org/0000-0001-9375-4220> <sup>AB</sup>

#### Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

The authors of the article confirm the absence of a conflict of interest. / Автори статті підтверджують відсутність конфлікту інтересів.

#### Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Dychko Vladyslav Viktorovych / Дичко Владислав Вікторович

State higher educational institution «Donbas State Pedagogical University» / ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет»

Ukraine, 84100, Slavyansk, 48a Vchytel's'ka str. / Адреса: Україна, 84100, м. Слов'янськ, вул. Вчительська 48а

Tel.: +380506104220 / Тел.: +380506104220

E-mail: [v.v.dichko@ukr.net](mailto:v.v.dichko@ukr.net)

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article / A – концепція роботи та дизайн, B – збір та аналіз даних, C – відповідальність за статичний аналіз, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

*Received 28.04.2025 / Стаття надійшла 28.04.2025 року*  
*Accepted 13.08.2025 / Стаття прийнята до друку 13.08.2025 року*