УДК 355.23:796.83
doi: 10.15330/fcult.43.71-81

Олександр Корсак,
Ірина Султанова,
Ірина Іванишин

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ФУНКЦІОНАЛЬНИХ РЕЗЕРВІВ ОРГАНІЗМУ УЧНІВ ПРИКАРПАТСЬКОГО ВІЙСЬКОВО-СПОРТИВНОГО ЛІЦЕЮ З РІВНЕМ ЇХ ФІЗИЧНОГО РОЗВИТКУ

Анотація. *Мета* – з'ясувати стан функціональних резервів організму в учнів військово-спортивного ліцею з різним рівнем фізичного розвитку. *Матеріали і методи*: 1) контент-аналіз науково-методичної літератури, 2) біологічні (антропометрія, динамометрія, визначення індексів Робінсона, Руф'є, ЖЄЛ, ЖІ, проб Штанге та Генчі, рівня СЗ; PWC_{170} та МСК; 3) статистичні. В дослідженні взяли участь 359 учнів Прикарпатського військово-спортивного ліцею-інтернату віком 13–17 років. *Результати*. У групі з низьким рівнем ФР сприятливим періодом для розвитку дихальної системи є вік 13–15 (проба Штанге) та 15–16 (проба Генчі) років; для розвитку м'язової сили – 13–14 років. У групі з середнім рівнем ФР сприятливими періодами для розвитку фізичної працездатності та аеробної продуктивності є вік 16–17 років, для розвитку дихальної системи – 14–16 років (проба Генчі); приросту м'язової сили – 16–17 років. *Висновок*. Отримані дані свідчать про різні темпи підвищення функціонального стану організму в групах з різним рівнем ФР протягом 13–17-ти років, що зумовлює необхідність застосування диференційованих підходів при дозуванні фізичних навантажень різного спрямування з метою підвищення фізичного стану учнів ліцею з посиленою фізичною підготовкою.

Ключові слова: учні військово-спортивного ліцею, кадети, рівні фізичного розвитку, функціональні резерви організму

INTERRELATIONSHIP OF FUNCTIONAL RESERVES OF THE CARPATHIAN MILITARY SPORTS LYCEUM STUDENTS WITH THEIR PHYSICAL DEVELOPMENT LEVEL

Summary. The *goal* is to find out the functional reserves state in students of the military sports lyceum with different physical development levels. *Methods*: 1) content analysis of scientific and methodological literature, 2) biological (anthropometry, dynamometry (handgrip, deadlift), Robinson, Rufier indices, vital capacity of the lungs, vital index, Stange and Genchi tests, level of somatic health; physical performance (PWC_{170}) and the value of maximum oxygen consumption. (VO_{2max}); 3) statistical. The study involved 359 students of the Carpathian Military Sports Lyceum-School aged 13–17. *Results.* "Critical periods" were identified in the group with an average physical development level, which are characterized by a decrease in aerobic performance at 13–15 years; reserves of the respiratory system power (RSP) at 13–17 years; nerve center sensitivity to hypoxia (Stange test) at 15–16 years. Favorable periods for physical performance development (PWC_{170}/kg) and aerobic performance in the group with an average physical development level are the age of 16–17 years, for respiratory system development is the age of 14–16 years (Genchi test). In the group with low physical development level, the favorable period for respiratory system development is the age of 13–15 years (Stange test) and 15–16 years (Genchi test). The age of 13–15 years is characterized by moderate rates of muscle strength growth, after which a period of intensive muscle strength development begins in groups with average and high physical development levels. In the group with a low physical development level, the favorable period for the development of muscle strength is the age of 13–14 years. During the studied age period, a significant increase in the indicators of vital capacity, dynamometry, PWC_{170}, VO_{2max}, PWC_{170}/kg was noted in all groups of physical activity. An increase in aerobic productivity was identified only in the group with an average physical development level. *Conclusion*. The obtained data indicate the different rates of increase in the body functional state of participants in groups with different physical development levels during 13–17 years, that predetermine the necessity of differentiated approaches use in the dosage of physical loads of different directions in order to improve the physical state of lyceum students with enhanced physical preparedness.

Keywords: students of the military-sports lyceum, cadets, physical development levels, functional reserves.

Постановка проблеми й аналіз результатів останніх досліджень. Одним із пріоритетних напрямів в діяльності військово-спортивних ліцеїв на сучасному етапі є вдосконалення системи фізичної підготовки [1]. Організм учнів ліцею цього профілю змушений адаптуватися до інтенсивних навчальних та фізичних навантажень, що відбуваються в новому соціальному середовищі, а також до дії інших несприятливих чинників, серед яких пріоритетна роль належить тотальній інформатизації суспільства [2] та умовам військового стану [3,4]. У той же час організм ліцеїстів зазнає відчутних морфофункціональних змін, пов'язаних із процесами фізичного розвитку та статевого дозрівання, що викликає істотну напругу та дисбаланс регуляторних систем [5]. Високий рівень психоемоційної напруги, інтенсивні фізичні навантаження, дія інших стресових факторів можуть порушувати функціонування систем організму, знижувати фізичну та розумову працездатності та, як наслідок, впливати на стан здоров'я і професійну придатність. Відомо, що здатність протидіяти негативним факторам зовнішнього середовища визначається функціональними резервами організму [6,7]. За визначенням М.М. Амосова [8]: «… сума резервних можливостей основних функціональних систем організму є кількісною характеристикою здоров'я».

Наукові дослідження свідчать про наявність взаємозв'язку між рівнем розвитку фізичних якостей та темпами статевого дозрівання [9], соматотипом [10], темпами росту та фізичною підготовленістю [11]. Даних про стан функціональних резервів учнів ліцеїв з посиленою фізичною підготовкою з різним рівнем фізичного розвитку нами не виявлено, що свідчить про актуальність обраного напряму дослідження.

Мета дослідження – з'ясувати стан функціональних резервів організму учнів військово-спортивного ліцею з різним рівнем фізичного розвитку.

Методи та організація дослідження. Для реалізації поставленої мети були використані такі методи дослідження: 1) контент-аналіз науково-методичної літератури, 2) біологічні (антропометрія, визначення складу тіла, індексів Робінсона, Руф'є, життєвої ємності легенів (ЖЄЛ), життєвого індекса (ЖІ), проби Штанге та Генчі, динамометрія (кистьова, станова) з розрахунком силових індексів за співвідношенням показників кистьової ($СІ_к$) та станової динамометрії ($СІ_{ст}$) до маси тіла та до кількості м'язової маси ($ІСММ_к$, $ІСММ_{ст}$) [12]; фізичну працездатність (PWC_{170}) та величину максимального споживання кисню (МСК) організму визначали методом степ-ергометрії [12]; рівня соматичного здоров'я [13]. Рівень фізичного розвитку (ФР) визначали на підставі проведених антропометричних вимірів довжини тіла, згідно яких всіх учасників поділили на три групи: з високим, середнім та низьким рівнями ФР (рис. 1).

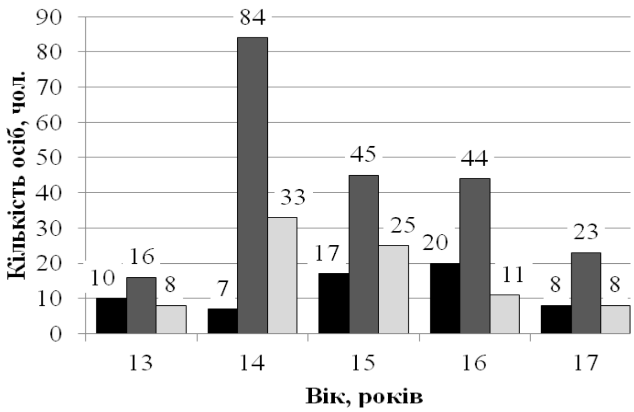


Рис. 1 Розподіл учасників дослідження за рівнем фізичного розвитку: ■ – низький, ■ – середній, □ – високий

Результати дослідження опрацьовані статистично з використанням методів варіаційної статистики та перевірки гіпотез [14].

У дослідженні взяли участь 359 учнів Прикарпатського військово-спортивного ліцею-інтернату віком 13–17 років. Дослідження проведене відповідно до основних біоетичних норм Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення науково-медичних досліджень, Універсальної декларації з біоетики та прав людини, Конвенції Ради Європи з прав людини та біомедицини [15]. Письмова інформована згода була отримана у батьків кожного учасника дослідження та були вжиті всі заходи для забезпечення анонімності досліджуваного контингенту.

Результати дослідження. Проведене дослідження показало, що в групі з середнім рівнем ФР значення індексу Робінсона відповідали середньому рівню (табл. 1). У групі з низьким рівнем ФР у 13, 14, 16 та 17 років його значення відповідало середньому рівню, а у 15 років – нижче середнього рівню. В групі з високим рівнем ФР у 13 та 16 років значення індексу Руф'є відповідало нижче середньому, у 14–15 років – середньому, а у 17 років – вище середнього рівням, що статистично значуще перевищувало відповідні значення цього показника групи з середнім рівнем ФР у 17 років. Одним з найбільш поширених та інформативних показників дослідження функціонального стану дихальної системи є визначення життєвої ємності легенів (ЖЄЛ), яка відображає резерви потужності дихальної системи (табл. 3).

Таблиця 1

Вікова динаміка індексу Робінсона в учнів з різним рівнем фізичного розвитку (M±m, ум. од.)

Вік, роки	Рівень фізичного розвитку		
	Низький	Середній	Високий
13	92,86±7,53	82,84±3,99	82,02±6,13
14	75,32±3,59	76,88±1,57	76,38±2,55
15	77,56±2,	80,36±1,53	82,33±3,36
16	81,76±3,14	84,54±2,08$^{\blacksquare}$	81,00±2,39
17	85,51±3,69	80,23±2,11	92,64±6,79

Примітка. ■ – статистично значущі відмінності (p<0,05) порівняно із показниками у 14 років

Динаміка індексу Руф'є показала, що в групі з середнім рівнем ФР протягом досліджуваного вікового періоду його значення відповідало нижче середнього рівню (табл. 2).

Таблиця 2

Вікова динаміка індексу Руф'є в учнів з різним рівнем фізичного розвитку (M±m, ум. од.)

Вік, роки	Рівень фізичного розвитку		
	Низький	Середній	Високий
13		11,63±0,69$^{\bullet}$	10,20±1,12
14	9,19±1,50	10,35±0,30	9,43±0,68
15	9,68±0,46	9,70±0,39$^{\blacktriangle}$	9,33±0,66
16	9,20±0,59	9,50±0,53$^{\blacktriangle}$	9,76±0,71
17	7,89±2,28	9,92±0,74	4,00±1,51$^{\#\blacktriangle\blacksquare*\blacklozenge}$

Примітки: 1) статистично значущі відмінності (p<0,05) позначено у порівнянні з показниками групи: ● – з низьким рівнем ФР; # – між показниками груп з високим та середнім рівнями ФР; 2) статистично значущі відмінності (p<0,05) позначено між показниками: ▲ – 13-15, 13-16, 13-17 років; ■ – 14-17 років; * – 15-17 років; ♦ – 16-17 років

Нами виявлено достовірно вищі значення цього показника в учнів з середнім та високим рівнями ФР порівняно із такими у групі з низьким рівнем ФР протягом досліджуваного вікового періоду.

Значення ЖЄЛ ліцеїстів з високим рівнем ФР було вищим за показники групи з середнім рівнем ФР у 13 років на 16,99% ($p < 0,01$), у 14 років – на 20,03% ($p < 0,001$), у 15 років на 19,84% ($p < 0,001$), у 17 років – на 16,60% ($p < 0,05$). У 16 років статистично значущих відмінностей не виявлено. Протягом 13–17-ти років приріст значень ЖЄЛ у групі з низьким рівнем ФР становив 26,73% ($p < 0,001$), у групі з середнім рівнем ФР – 31,85% ($p < 0,001$) і в групі з високим рівнем ФР – 31,46% ($p < 0,001$).

Таблиця 3

Вікова динаміка життєвої ємності легенів в учнів з різним рівнем фізичного розвитку (M±m, мл)

Вік, роки	Рівень фізичного розвитку		
	Низький	Середній	Високий
13	2031,82±92,02	2446,88±108,73$^{\bullet}$	2862,50±96,25$^{\bullet\#}$
14	2214,29±67,01	2585,29±52,09$^{\bullet}$	3103,03±78,63$^{\bullet\#}$
15	2264,71±84,43	2932,22±73,31$^{\bullet\blacktriangle\blacksquare}$	3514,00±96,76$^{\bullet\#\blacktriangle\blacksquare}$
16	2637,50±78,29$^{\blacktriangle\blacksquare*}$	3204,55±69,71$^{\bullet\blacktriangle\blacksquare*}$	3481,82±150,04$^{\bullet\#\blacktriangle}$
17	2575,00±97,74$^{\blacktriangle\blacksquare}$	3226,09±69,22$^{\bullet\blacktriangle\blacksquare*}$	2762,50±178,22$^{\bullet\#\blacktriangle\blacksquare}$

Примітки: 1) статистично значущі (p<0,05) позначено у порівнянні із показниками групи: ● – з низьким рівнем фізичного розвитку; # – між показниками груп з високим та середнім рівнями фізичного розвитку; 2) статистично значущі відмінності (p<0,05) позначено між показниками: ▲ – 13-15, 13-16, 13-17 років; ■ – 14-15, 14-16, 14-17 років; * – 15-16, 15-17 років

У школярів з низьким рівнем ФР статистично значущий приріст значень ЖЄЛ (16,46%; $p < 0,01$) спостерігався за період 15–16 років. У групі з середнім рівнем ФР відмічено збільшення значення ЖЄЛ у 15 років на 13,42% ($p < 0,001$) по відношенню до значення у 14 років і у 16 років – на 9,29% ($p < 0,01$) порівняно із такими у 15 років. У групі з високим рівнем ФР відмічено приріст значень ЖЄЛ у 15 років на 13,24% ($p < 0,01$) порівняно із значенням у 14 років.

Аналіз динаміки ЖІ показав його зниження з нижче середнього рівня у 13 років до низького рівня у 17 років у групах з низьким та середнім рівнями ФР (рис. 2).

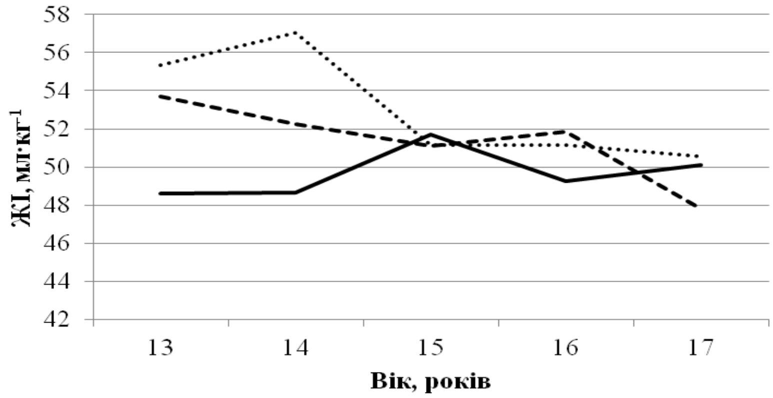


Рис. 2 Вікова динаміка життєвого індексу в учнів з різним рівнем фізичного розвитку: ▬▬ – високий, ▬ ▬ – середній, ... – низький

У групі з високим рівнем ФР значення ЖІ у 13, 14, 16 та 17 років відповідало низькому, а у 15 років – нижче середнього рівням.

У 14 років значення ЖІ в групі з високим рівнем ФР було на 14,66% ($p < 0,05$) і на 6,84% ($p < 0,05$) статистично значуще нижчим у порівнянні із значенням групи з низьким рівнем і середнім рівнями ФР відповідно.

Серед функціональних проб, що свідчать про стійкість організму до гіпоксії та гіперкапнії, високу інформативність мають проби Штанге та Генчі (табл. 4).

Таблиця 4

Вікова динаміка показників проби Штанге в учнів з різним рівнем фізичного розвитку, (M±m, c)

Вік, роки	Рівень фізичного розвитку		
	Низький	Середній	Високий
13	38,91±3,05	51,50±4,66$^{●}$	52,75±3,79$^{●}$
14	51,43±6,90	55,48±2,24	61,95±3,14
15	51,18±4,10$^{▲}$	63,66±3,50$^{●▲}$	65,62±5,08$^{●}$
16	52,48±3,79$^{▲}$	47,62±2,97$^{■*}$	58,55±5,62
17	44,38±5,49	55,78±4,22	61,75±9,81

Примітки: 1) ● – статистично значущі відмінності ($p<0,05$) позначено у порівнянні із показниками групи з низьким рівнем фізичного розвитку; 2) статистично значущі відмінності ($p<0,05$) позначено між показниками: ▲ – 13-15, 13-16 років; ■ – 14-16 років; * –15-16 років

Результати проби Штанге у 13 років були вищими в групі з середнім рівнем ФР на 32,36% ($p < 0,05$), а в групі з високим рівнем ФР на 35,57% ($p < 0,05$) порівняно із групою з низьким рівнем ФР. У 14 років у групі з середнім і високим рівнями ФР значення цього показника були на 24,38% ($p < 0,05$) та на 28,21% ($p < 0,05$) відповідно більшими, ніж в групі з низьким рівнем ФР. У 15 років час затримки дихання на вдиху збільшився в групі з низьким рівнем ФР на 31,53% ($p < 0,05$), а в групі з середнім рівнем ФР – на 23,61% ($p < 0,05$) порівняно з таким у 13 років.

Аналіз результатів проби Генчі виявив статистично значуще вищі її значення у 15 років у групі з середнім рівнем ФР на 28,35% ($p < 0,05$) та в групі із високим рівнем ФР – на 23,97% ($p < 0,05$) порівняно із значеннями в групі з низьким рівнем ФР (табл. 5).

Таблиця 5

Вікова динаміка показників проби Генчі в учнів з різним рівнем фізичного розвитку, (M±m, c)

Вік, роки	Рівень фізичного розвитку		
	Низький	Середній	Високий
13	23,27±2,14	26,94±3,26	31,75±4,11
14	21,43±2,61	24,68±1,22	28,12±1,71
15	21,94±1,76	28,16±1,85$^{●}$	27,20±1,85$^{●}$
16	31,35±2,31$^{▲■*}$	29,64±1,53$^{■}$	25,64±2,57
17	24,25±1,66$^{♦}$	30,83±1,30$^{●■}$	25,75±3,27

Примітки: 1) ● – статистично значущі відмінності ($p<0,05$) позначено у порівнянні із показниками групи з низьким рівнем фізичного розвитку; 2) статистично значущі відмінності ($p<0,05$) позначено між показниками: ▲ – 13-16 років; ■ – 14-16, 14-17 років; * – 15-16 років; ♦ – 16-17 років.

У 17 років час затримки дихання на видиху в учнів з середнім рівнем ФР перевищував значення групи з низьким рівнем ФР на 27,13% ($p < 0,01$).

У період 13–16 років виявлено статистично значуще вищі значення як кистьової, так і станової динамометрії в групі з високим рівнем ФР порівняно із результатами груп з середнім та низьким рівнями ФР (табл. 6). Також значення показника групи з середнім рівнем ФР протягом підліткового віку статистично значуще перевищували результати групи з низьким рівнем ФР. Середньорічний приріст показників станової динамометрії становив 16,88 кг у групі з низьким, 13,48 кг – у групі з середнім та 13,13 кг – у групі з високим рівнями ФР. У 14 років у групі з низьким рівнем ФР показник станової динамометрії збільшився на 47,25% ($p < 0,001$) порівняно із значенням у 13 років, що перевищувало величину середньорічного приросту на 81,93%.

У групі з середнім рівнем ФР приріст показників станової динамометрії у 15 років становив 21,04% ($p < 0,001$), а у 16 років – 13,5% ($p < 0,01$), що перевищувало середньорічний приріст на 61,20% та 25,59% відповідно.

Таблиця 6

Вікова динаміка показників динамометрії в учнів з різним рівнем фізичного розвитку, (M±m, кг)

Вік, роки	Рівень фізичного розвитку		
	Низький	Середній	Високий
Кистьова динамометрія			
13	19,73±1,19	27,88±0,62$^{\bullet}$	33,25±1,19$^{\bullet\#}$
14	26,29±0,89$^{\blacktriangle}$	30,39±0,55$^{\bullet\blacktriangle}$	36,67±0,83$^{\bullet\#}$
15	30,06±1,17$^{\blacktriangle\blacksquare}$	38,16±0,86$^{\bullet\blacktriangle\blacksquare}$	43,40±1,21$^{\bullet\#\blacktriangle\blacksquare}$
16	35,15±1,41$^{\blacktriangle\blacksquare *}$	42,02±0,96$^{\bullet\blacktriangle\blacksquare *}$	48,55±2,24$^{\bullet\#\blacktriangle\blacksquare}$
17	37,88±3,67$^{\blacktriangle\blacksquare}$	45,65±1,48$^{\blacktriangle\blacksquare *}$	50,50±2,50$^{\bullet\blacktriangle\blacksquare *}$
Станова динамометрія			
13	65,00±5,27	100,00±5,70$^{\bullet}$	108,13±6,68$^{\bullet}$
14	95,71±2,02$^{\blacktriangle}$	103,27±2,71$^{\bullet}$	126,52±3,59$^{\bullet\#}$
15	104,41±4,98$^{\blacktriangle}$	125,00±3,27$^{\bullet\blacktriangle\blacksquare}$	143,20±4,53$^{\bullet\#\blacktriangle\blacksquare}$
16	122,75±6,42$^{\blacktriangle\blacksquare *}$	141,93±3,94$^{\bullet\blacktriangle\blacksquare *}$	160,46±5,93$^{\bullet\#\blacktriangle\blacksquare *}$
17	132,50±9,54$^{\blacktriangle\blacksquare}$	153,91±7,28$^{\blacktriangle\blacksquare *}$	160,63±10,41$^{\blacktriangle\blacksquare}$

Примітки: 1) статистично значущі відмінності ($p<0,05$) позначено у порівнянні із показниками групи: ● – з низьким рівнем ФР; # – між показниками груп з високим та середнім рівнями ФР; 2) статистично значущі відмінності ($p<0,05$) позначено між показниками: ▲ – 13-14, 13-15, 13-16, 13-17 років; ■ – 14-15, 14-16, 14-17 років;* – 15-16, 15-17 років

У групі з високим рівнем ФР встановлено збільшення результатів станової динамометрії у 15 років на 13,18% ($p < 0,01$), у 16 років – на 12,05% ($p < 0,05$) порівняно із величиною попереднього року, що перевищувало середньорічний приріст на 40,06%, 27,04% та 31,45% відповідно.

Вивчення динаміки $СІ_к$ показало, що сприятливим періодом для збільшення м'язової сили в групі з низьким рівнем ФР є період 13–14 років, а в групах з середнім та високим рівнями ФР – 14–15 років (рис. 3 а, б).

У групі з низьким рівнем ФР у 14 років значення $СІ_{ст}$ зросло на 37,73% ($p < 0,01$) у порівнянні із значеннями 13-річних ліцеїстів.

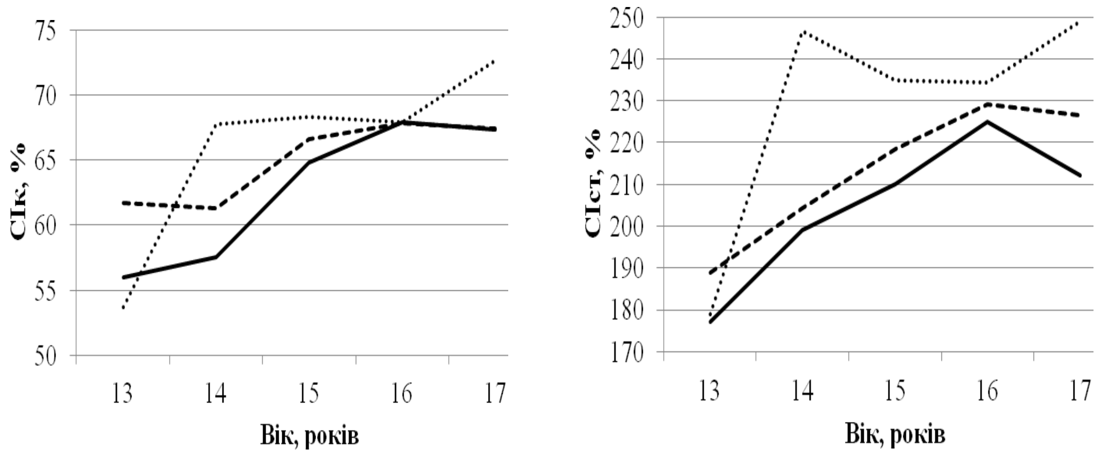
У групі з середнім рівнем ФР у 15 років значення $СІ_{ст}$ на 15,62% ($p < 0,01$) перевищило такі у 13 років та у 16 років – на 12,12% ($p < 0,001$) показники у 14-річних ліцеїстів. У групі з високим рівнем ФР у 15 років показники $СІ_{ст}$ на 18,58% ($p < 0,05$) були вищими, ніж у 13 років та у 16 років перевищували результати 14-річних підлітків на 12,90% ($p < 0,05$).

Так, приріст $ІСММ_к$ протягом 13–15-ти років у групі з середнім рівнем ФР склав 19,27% ($p < 0,01$), а в групі з високим рівнем ФР –15,88% ($p < 0,05$). У 16 років у групі з середнім рівнем ФР значення $ІСММ_к$ зросло на 17,07% ($p < 0,001$), а в групі з високим рівнем ФР – на 23,39% ($p < 0,05$) порівняно із показниками у 15 років.

Вивчення динаміки співвідношення показника станової динамометрії до м'язової маси показало приріст результатів протягом досліджуваного вікового періоду в групі з середнім рівнем ФР на 24,51% ($p < 0,05$), у групі з високим рівнем ФР – на 19,53% ($p > 0,05$) і в групі з низьким рівнем ФР – на 14,50% ($p < 0,05$).

У групі з середнім рівнем ФР відмічено збільшення значень $ІСММ_{ст}$ у 16 років на 24,01% ($p < 0,05$) порівняно із значеннями у 14 років та на 17,07% ($p < 0,05$) порівняно із такими у 15 років. У групі з високим рівнем ФР значення $ІСММ_{ст}$ перевищувало результати 13-річних учнів на 17,83% ($p < 0,05$) у 15 років та на 45,74% ($p < 0,05$) у 16 років. У 16 років в групі з високим рівнем ФР значення цього показника було більшим на 23,39% ($p < 0,05$) у порівнянні зі значенням у 15 років.

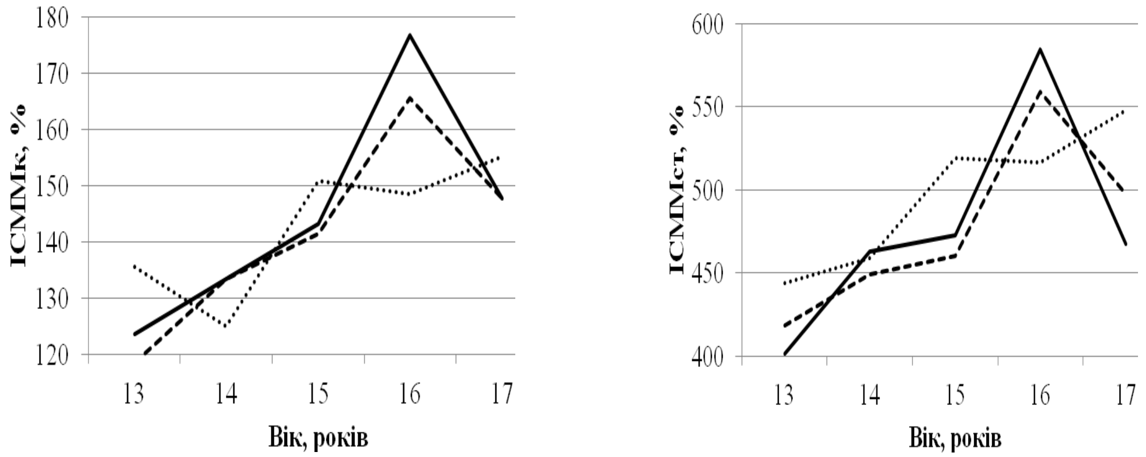
Проведені дослідження показали, що у 13 років у групах з низьким та середнім рівнями ФР соматичне здоров’я було на низькому рівні (рис. 5).



а) б)

Рис. 3 Вікова динаміка силового індексу, визначеного за показниками кистьової динамометрії, в учнів з різним рівнем фізичного розвитку: ▬▬ – високий, ▬ ▬ – середній, …… – низький

Також виявлено достовірний приріст відносних силових індексів (рис. 4а, б).



а) б)

Рис. 4 Вікова динаміка силового індексу, визначеного на підставі співвідношення показників станової динамометрії до кількості м’язової маси, в учнів з різним рівнем фізичного розвитку: ▬▬ – високий, ▬ ▬ – середній, …… – низький

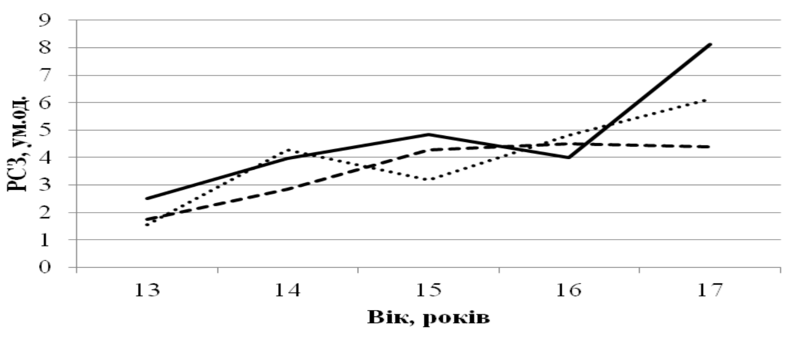
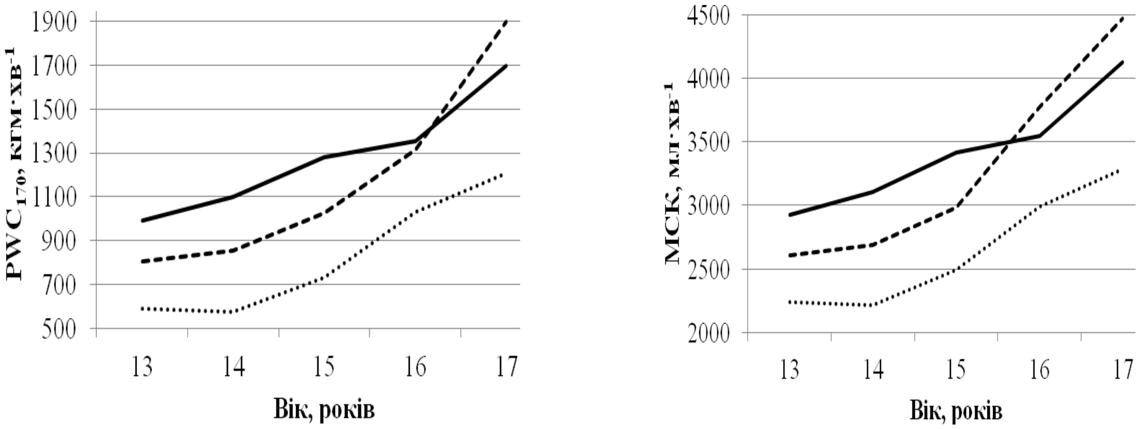


Рис. 5 Вікова динаміка показників соматичного здоров’я учнів з різним рівнем фізичного розвитку: ▬▬ – високий, ▬ ▬ – середній, …… – низький

Аналіз динаміки функціональних резервів КРС показав достовірний приріст показників PWC_{170}, МСК, $PWC_{170/кг}$ протягом досліджуваного вікового періоду в усіх групах ФР. Виявлено, що в групі з низьким рівнем ФР статистично значущий приріст значень показників PWC_{170} та МСК відбувався в 14 та 15 років, у групі з середнім рівнем – у 15, 16 та 17 років, у групі з високим рівнем ФР – у 15 років (рис. 6а, б).



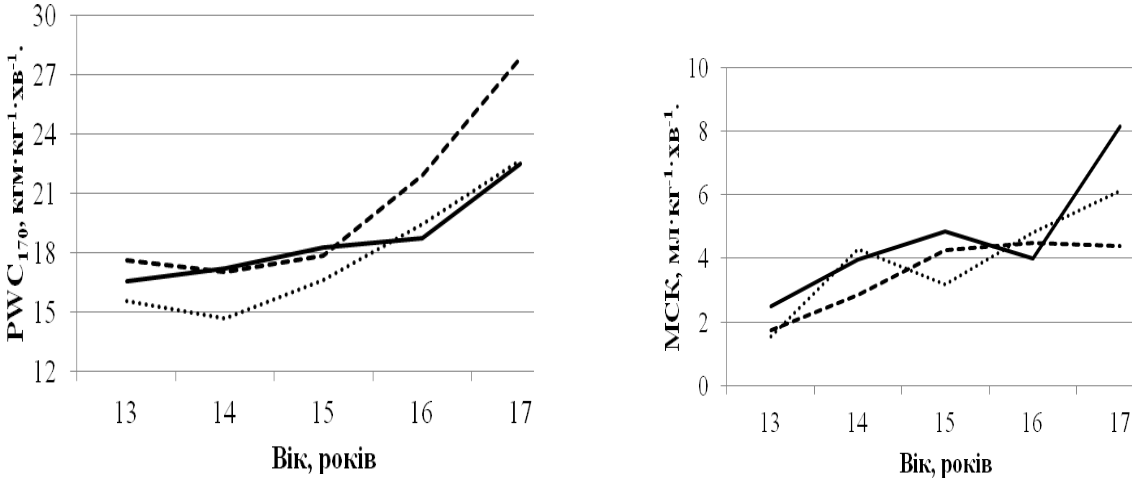
а) б)

Рис. 6 Вікова динаміка показників фізичної працездатності PWC_{170} (а) та МСК (б) в учнів з різним рівнем фізичного розвитку: ▬▬ – високий, ▬ ▬ – середній, …… – низький

Слід зазначити, що в період 13–15 років виявлено статистично значуще вищі значення PWC_{170} та МСК в групі з високим рівнем ФР порівняно із відповідними значеннями інших груп.

У 16 років зазначені показники груп з середнім та високим рівнями ФР перевищували результати групи з низьким рівнем ФР. У 17 років виявлено більше значення вказаних показників в групі з середнім рівнем ФР порівняно із групою з низьким рівнем ФР.

Що стосується динаміки $PWC_{170/кг}$ та МСК/кг, то статистично значущий приріст значень цих показників виявлено в групі з середнім рівнем ФР у 16 та 17 років (рис. 7 а, б).



а) б)

Рис. 7 Вікова динаміка показників фізичної працездатності $PWC_{170/кг}$ (а) та МСК/кг (б) в учнів з різним рівнем фізичного розвитку: ▬▬ – високий, ▬ ▬ – середній, …… – низький

Так, приріст значень $PWC_{170/кг}$ становив 22,82% ($p < 0,01$) у 16 років та 27,16% ($p < 0,001$) у 17 років. Статистично значуще збільшення значення аеробної продуктивності встановлено у 16 років на 7,91% ($p < 0,01$) та на 17,03% ($p < 0,001$) у 17 років.

У 14 років результати тестування $PWC_{170/кг}$ перевищували значення показників групи з низьким рівнем ФР в групі з середнім рівнем ФР на 16,16% ($p < 0,05$) і в групі з високим рівнем ФР – на 17,11% ($p < 0,05$).

Значення МСК/кг в групі з високим рівнем ФР були статистично значуще нижчими у порівнянні із результатами груп з низьким та середнім рівнями у 13, 14 та 16 років. У 15 років значення цього показника у групі з високим рівнем ФР було нижчим за значення групи з низьким рівнем ФР на 10,76% ($p < 0,05$); у 17 років – на 16,77% ($p < 0,05$) за результати групи з середнім рівнем ФР.

Дискусія. Характерною особливістю онтогенетичного розвитку є його хвилеподібність, нерівномірність та гетерохронність [16,17]. Одностайна думка вчених свідчить, що у зв'язку із інтенсифікацією процесів статевого дозрівання настає критичний період розвитку організму, який зумовлює істотне зниження його адаптаційних можливостей [18]. Підвищення продукції андрогенів є біологічною передумовою збільшення м'язової сили [20], що підтвержено в наших дослідженнях як зростанням показників кистьової і станової динамометрії, так і силових індексів. Однак темпи приросту в досліджуваних нами групах фізичного розвитку були різними.

Цей віковий проміжок також характеризується наявністю пубертатного стрибка росту, час якого визначається індивідуальними особливостями організму, що детерміновані генетичними, соціально-економічними та екологічними факторами, а також станом здоров'я [22]. Інтенсивний приріст довжини тіла зазвичай супроводжується зниженням функціональних можливостей організму, зокрема погіршенням киснево-транспортної функції під час виконання фізичних навантажень [23]. Дещо пізніше починається збільшення темпів росту грудної клітки, серця, легенів, яке супроводжується збільшенням ЖЄЛ, систолічного об’єму серця, об’ємної швидкості кровотоку, що створює умови для належного забезпечення киснем тканин організму при фізичних навантаженнях [24]. Наші дослідження показали вірогідне збільшення значень ЖЄЛ, PWC_{170} та МСК протягом досліджуваного вікового періоду. Водночас значення ЖІ в групі з середнім рівнем ФР було нижчим, ніж у 13 років, а в групах з низьким та високим рівнями ФР істотно не відрізнялося від показників 13-річних підлітків.

Вважають, що до початку юнацького віку зростає надійність функціонування систем організму, що підвищує фізичну працездатність [25]. Наші дослідження показали достовірне збільшення $PWC_{170/кг}$ в групах з середнім та низьким рівнями ФР, та підвищення аеробної продуктивності в групі з середнім рівнем ФР. Різні темпи біологічного дозрівання провідних функціональних систем організму протягом 13–17-ти років обумовлюють різну толерантність до фізичних навантажень у процесі фізичної підготовки.

Висновки. Отримані дані свідчать про різні темпи підвищення функціонального стану організму в групах з різним рівнем ФР протягом 13–17-ти років, що зумовлює необхідність застосування диференційованих підходів при дозуванні фізичних навантажень різного спрямування з метою підвищення фізичного стану учнів ліцею з посиленою фізичною підготовкою.

Перспективи подальших досліджень полягають на нашу думку у розробці та впровадженні у практику програми, спрямованої на підвищення функціональних резервів та фізичної підготовленості учнів військово-спортивного ліцею з урахуванням виявлених особливостей стану ростучого організму з різним рівнем фізичного розвитку.

Список використаних джерел

1. Марченко О, Бричук М, Симоненко Н, Колінько І. Вплив спеціальної фізичної підготовки на рівень розвитку рухових якостей юнаків – учнів ліцею з військово-професійною спрямованістю навчання. Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія. 2024;(2):122–7. Доступно на: https://doi.org/10.32652/spmed.2024.2.122-127.
2. Бондарчук НБ, Гордійчук СВ, Шатило ВЙ, Горай ОВ, Поплавська СД. Цифрові медіа та їх вплив на дітей підліткового віку. Вісн. соц. гігієни та орг. охорони здоров я України. 9 черв. 2023;(1):53–8. Доступно на: https://doi.org/10.11603/1681-2786.2023.1.13860.
3. Бишевець Н, Андрєєва О. Вплив стресогенних чинників на здоров’я та поведінкові розлади студентської молоді. Спорт. медицина фіз. терапія та ерготерапія. 11 черв. 2024;(1):113–22. Доступно на: https://doi.org/10.32652/spmed.2024.1.113-122
4. Яцина О. Вплив війни на психічне здоров’я: ознаки травматизації психіки дітей та підлітків. Наук. перспективи (Naukovì perspektivi) [Інтернет]. 1 серп. 2022 [цитовано 24 лют. 2025];(7(25)). Доступно на: https://doi.org/10.52058/2708-7530-2022-7(25)-554-567.
5. Skyba O. Pathogenic specifics of development of vegetative dysfunction in adolescents in relation to their morphological status. Regul Mech Biosyst. 2017; 8(1): 46–50. Available from: https://doi.org/10.15421/021709.
6. Маракушин ДІ, Чернобай ЛВ, Ісаєва ІМ, Кармазіна ІС, Ващук МА, Алексеєнко РВ, Булиніна ОД, та ін. Функціональні резерви організму як показник ефективності регуляторних процесів, що забезпечують адаптацію організму до дії факторів навколишнього середовища. Український журнал медицини, біології та спорту. 2020; 5.1(23):21–8. doi: 10.26693/jmbs05.01.021.
7. Apanasenko HL. How to stop the epidemic of chronic noninfectious disease. Environ Amp Health. Берез. 2017;1 (81):19–22. Available from: https://doi.org/10.32402/dovkil2017.01.019.
8. Амосов М. Здоров'я: ДСГ; 2005. 120 с.

9. Корсак О, Лемак О, Султанова І, Іванишин І. Функціональний стан і фізична підготовленість учнів ліцею з посиленою фізичною підготовкою з різним рівнем біологічного розвитку. Вісн. Прикарпат. ун-ту Серія Фізична культ. 22 січ. 2021;(36):26–38. Доступно на: https://doi.org/10.15330/fcult.36.26-38.
10. Арламовський РВ. Удосконалення фізичної підготовленості підлітків з різним соматотипом [автореферат]. Івано-Франківськ: ПНУ імені Василя Стефаника; 2016. 20 с.
11. Корсак О, Султанова І, Іванишин І. Взаємозв'язок фізичної підготовленості ліцеїстів військово-спортивного ліцею з їх рівнем фізичного розвитку. Вісн. Прикарпат. ун-ту Серія Фізична культ. 3 січ. 2020;(33):171–82. Доступно на: https://doi.org/10.15330/fcult.33.171-182
12. Сергієнко Л.П. Тестування рухових здібностей школярів. Київ: Олімпійська література; 2001. 440 с.
13. Апанасенко ГЛ, Волгіна ЛН, Бушуєв ЮВ. Експрес-скринінг рівня соматичного здоров'я дітей та підлітків: метод. рекомендації. Київ; 2002. 12 с.
14. Руденко ВМ. Математична статистика: навч. посіб. К.: Центр учбової літератури; 2012. 304 с.
15. Запорожан ВМ, Аряєв МЛ. Біоетика та біобезпека: Підручник. К.: Здоров'я; 2013. 456 с.
16. Fühner T, Kliegl R, Arntz F, Kriemler S, Granacher U. An Update on Secular Trends in Physical Fitness of Children and Adolescents from 1972 to 2015: A Systematic Review Sports Med. 2021 Feb; 51(2): 303–20. Available from: https://doi.org/10.1007/s40279-020-01373-x.
17. Єдинак ГА, Зубаль МВ, Мисів М. Соматотипи і розвиток фізичних якостей дітей: монографія. ПП Видавництво: Оіюм; 2011. 280 с.
18. Shevchuk T, Romaniuk A, Aponchuk L, Romaniuk V, Bila B. Adaptation potential of the cardiovascular system in schoolchildren of pubertal age. Notes in Current Biology. 2023; 1(5): 76–81. Available from: https://doi.org/10.29038/NCBio.23.1-11
19. Волошин ОС, Гуменюк ГБ, Волошин МВ, Сморщок ЮС, Зіньковська НГ. Особливості функціонального стану організму осіб юнацького віку з різним резервом працездатності серця. ЗКЕМ [інтернет]. 17, Серпень 2020 [cited 24, Листопад 2024];(2):70–6. Доступно на: https://ojs.tdmu.edu.ua/index.php/zdobutky-eks-med/article/view/11009.
20. Xu Y, Wen Z, Deng K, Li R, Yu Q, Xiao SM. Relationships of sex hormones with muscle mass and muscle strength in male adolescents at different stages of puberty. PLoS One. 2021 Dec; 2;16(12):e0260521. Available from: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260521.
21. Sanders JO, Qiu X, Lu X, Duren DL, Liu RW, Dang D, Menendez ME, et al. The Uniform Pattern of Growth and Skeletal Maturation during the Human Adolescent Growth Spurt. Sci Rep [Інтернет]. Груд. 2017 [цитовано 04 лют. 2024];7(1). Available from: https://doi.org/10.1038/s41598-017-16996-w.
22. Huppertz C, Bartels M, de Zeeuw EL, van Beijsterveldt CEM, Hudziak JJ, Willemsen G, et al. Individual differences in exercise behavior: stability and change in genetic and environmental determinants from age 7 to 18. Behav Genet. 2016;46(5):665–79.
23. Mahmoud O, Granell R, Tilling K, Minelli C, Garcia-Aymerich J, Holloway JW, Custovic A, Jarvis D, Sterne J, Henderson J. Association of Height Growth in Puberty with Lung Function. A Longitudinal Study. Am J Respir Crit Care Med. 2018 Dec 15;198(12):1539–48. doi: 10.1164/rccm.201802-0274OC.
24. Rexhepi AM, Brestovci B, Krasniqi A. Physical characteristics at different ages. Int. J. Morphol. 2011; 29(1):105–11.
25. Bland J, Pfeiffer K, Eisenmann JC. The PWC170: comparison of different stage lengths in 11-16 year olds. Eur J Appl Physiol. 2012 May;112(5):1955–61. doi: 10.1007/s00421-011-2157-z.

References

1. Marchenko, O., Brychuk, M., Symonenko, N., & Kolin'ko, I. (2024), Vplyv spetsial'noi fizychnoi pidhotovky na riven' rozvytku rukhovykh iakostej iunakiv – uchniv litseiu z vijs'kovo-profesijnoiu spriamovanistiu navchannia [Influence of special physical training on the level of development of motor skills in young men – students of a lyceum with military professional oriented education], *Sportyvna medytsyna, fizychna terapiia ta erhoterapiia [Sports medicine, physical therapy and occupational therapy]*, no. 2, pp. 122–127. Available from: https://doi.org/10.32652/spmed.2024.2.122-127.
2. Bondarchuk, N.B., Hordijchuk, S.V., Shatylo, V.J., Horaj, O.V., & Poplavs'ka, S.D. (2023), Tsyfrovi media ta ikh vplyv na ditej pidlitkovoho viku [Digital media and their impact on adolescents]. *Visnyk sotsial'noi hihiieny ta orhanizatsii okhorony zdorov'ia Ukrainy [Bulletin of social hygiene and health care organizations of Ukraine]*, no. 1, pp. 53–58. doi:10.11603/1681-2786.2023.1.13860
3. Byshevets', N., & Andrieieva, O. (2024), Vplyv stresohennykh chynnykiv na zdorov'ia ta povedinkovi rozlady students'koi molodi [The impact of stress factors on the health and behavioral disorders of young students]. *Sportyvna medytsyna, fizychna terapiia ta erhoterapiia [Sports medicine, physical therapy and occupational therapy]*, no. 1, pp. 113–122. doi: 10.32652/spmed.2024.1.113-122
4. Yatsyna, O.F. (2022), Vplyv vijny na psykhichne zdorov'ia: oznaky travmatyzatsii psykhiky ditej ta pidlitkiv [The impact of war on mental health: signs of traumatization of the psyche of children and adolescents].

Naukovì perspektivi [Scientific Perspectives], vol. 7, no. 25, pp. 554–567. Available at: https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/43260
5. Skyba O. (2017), Pathogenic specifics of development of vegetative dysfunction in adolescents in relation to their morphological status. *Regul Mech Biosyst*, no 8(1), pp. 46–50. Available at: doi: https://doi.org/10.15421/021709.
6. Marakushyn, D.I., Chernobaj, L.V., Isaieva, I.M., Karmazina, I.S., Vaschuk, M.A., Alekseienko, R.V., Bulynina, O.D., & Zelens'ka, H.M. (2020), Funktsional'ni rezervy orhanizmu iak pokaznyk efektyvnosti rehuliatornykh protsesiv, scho zabezpechuiut' adaptatsiiu orhanizmu do dii faktoriv navkolyshn'oho seredovyscha [Functional Body Reserves as an Indicator of the Regulatory Processes Effectiveness ensuring the Body Adaptation to the Environmental Factors]. *Ukrains'kyj zhurnal medytsyny, biolohii ta sportu [Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sports]*, vol. 5, no. 1 (23), pp. 21–28. doi:10.26693/jmbs05.01.021.
7. Apanasenko, H.L. (2017), How to stop the epidemic of chronic noninfectious disease. *Environment & Health*, vol. 1, no. 81, pp. 19–23. Available at: https://doi.org/10.32402/dovkil2017.01.019.
8. Amosov, M. (2005), Zdorov'ia [Health]: DSH Publ, 2005. 120 p.
9. Korsak, O., Lemak, O., Sultanova, I., & Ivanyshyn, I. (2020), Morfo-funktsional'nyj stan pidlitkiv z riznym rivnem biolohichnoho rozvytku [Morpho-functional state of adolescents with different levels of biological development]. *Visnyk Prykarpats'koho universytetu. Seriia: Fizychna kul'tura [Newsletter of Precarpathian University. Physical culture]*, vol. 36, pp. 26–38. Available at: https://doi.org/10.15330/fcult.36.26-38.
10. Arlamovs'kyj, R.V. (2016), *Udoskonalennia fizychnoi pidhotovlenosti pidlitkiv z riznym somatotypom [Improving the physical preparation of children with different somatotypes]*, Abstract of the PhD diss. (phys.edu. and sport), Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, 20 p.
11. Korsak, O.M., Sultanova, I.D., & Ivanyshyn, I.M. (2019), Vzaiemozv'iazok fizychnoi pidhotovlenosti litseistiv vijs'kovo-sportyvnoho litseiu z ikh rivnem fizychnoho rozvytku [The relationship between the physical fitness of lyceum students of a military sports lyceum and their level of physical development]. *Visnyk Prykarpats'koho universytetu. Seriia: Fizychna kul'tura [Newsletter of Precarpathian University. Physical culture]*, vol. 33, pp. 171–182. Available at: https://doi.org/10.15330/fcult.33.171-182.
12. Serhiienko, L.P. (2001), *Testuvannia rukhovykh zdibnostej shkoliariv [Testing motor abilities of schoolchildren]*. Kyiv: Olimpijs'ka literatura Publ, 440 p.
13. Apanasenko, H.L., Volhina, L.N., & Bushuiev, Yu.V. (2002), *Express screening of the level of somatic health of children and adolescents: method. recommendations*. Kiiv, 12 p.
14. Rudenko, V.M. (2012), *Matematychna statystyka [Mathematical statistics]*, Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury Publ, 304 p.
15. Zaporozhan, V.M., & Ariaiev, M.L. (2013), *Bioetyka ta biobezpeka: Pidruchnyk [Bioethics and biosafety]*, K.: Zdorovia, 456 p.
16. Fühner, T., Kliegl, R., Arntz, F., Kriemler, S., & Granacher, U. (2021), An Update on Secular Trends in Physical Fitness of Children and Adolescents from 1972 to 2015: A Systematic Review, *Sports Med*, vol. 51, no. 2, pp.303–320. Available at: https://doi.org/10.1007/s40279-020-01373-x.
17. Yedynak, H.A., Zubal', M.V., Mysiv, M. (2011), *Somatotypy i rozvytok fizychnykh iakostej ditej [Somatotypes and the development of children's physical qualities]*, Oiium Publ. 280 p.
18. Shevchuk, T., Romaniuk, A., Aponchuk, L., Romaniuk, V., & Bila, B. (2023), Adaptation potential of the cardiovascular system in schoolchildren of pubertal age, *Notes in Current Biology*, vol. 1, no. 5, pp. 76–81. Available at: https://doi.org/10.29038/NCBio.23.1-11
19. Voloshyn, O.S., Gumenjuk, G.B., Voloshyn, M.V., Smorshchok, Yu.S., & Zinkovska, N.H. (2020), Osoblyvosti funkcional'nogo stanu organizmu osib junac'kogo viku z riznym rezervom pracezdatnosti sercja [Features of the functional state of the organism of young people with different heart function reserve]. *Zdobutky klinichnoi' i eksperymental'noi' medycyny [Achievements of Clinical and Experimental Medicine]*, no. 2, pp. 70–76. Available at: https://ojs.tdmu.edu.ua/index.php/zdobutky-eks-med/article/view/11009.
20. Xu, Y., Wen, Z., Deng, K., Li, R., Yu, Q., & Xiao, S.M. (2021), Relationships of sex hormones with muscle mass and muscle strength in male adolescents at different stages of puberty. *PLoS One*, vol. 2, no. 16(12), pp. e0260521. Available at: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260521.
21. Sanders, J.O., Qiu, X., Lu, X., Duren, D.L., Liu, R.W., Dang, D., Menendez, M.E., et al. (2017), The Uniform Pattern of Growth and Skeletal Maturation during the Human Adolescent Growth Spurt. *Sci Rep*, vol. 7, no. 1. Available at: https://doi.org/10.1038/s41598-017-16996-w.
22. Huppertz, C., Bartels, M., de Zeeuw, E.L., van Beijsterveldt, C.E.M., Hudziak, J.J., Willemsen, G., et al. (2016), Individual differences in exercise behavior: stability and change in genetic and environmental determinants from age 7 to 18. *Behav Genet*, vol. 46, no. 5, pp. 665–679.
23. Mahmoud, O., Granell, R., Tilling, K., Minelli, C., Garcia-Aymerich, J., Holloway, J.W., Custovic, A., Jarvis, D., Sterne, J., & Henderson, J. (2018), Association of Height Growth in Puberty with Lung Function. A

Longitudinal Study. Am J Respir Crit Care Med, vol. 198, no. 12, pp. 1539–1548. doi: 10.1164/rccm.201802-0274OC.
24. Rexhepi, A.M., Brestovci, B., & Krasniqi, A. (2011), Physical characteristics at different ages. *Int J Morphol*, vol. 29, no. 1, pp. 105–111.
25. Bland, J., Pfeiffer, K., & Eisenmann, J.C. (2012), The PWC170: comparison of different stage lengths in 11-16 year olds. *Eur J Appl Physiol*, vol. 112, no. 5, pp. 1955–1961. doi: 10.1007/s00421-011-2157-z.

Цитування на цю статтю:

Корсак ОМ, Султанова ІД, Іванишин ІМ. Взаємозв’язок функціональних резервів організму учнів прикарпатського військово-спортивного ліцею з рівнем їх фізичного розвитку. Серія: Фізична культура. 2024 Листопад 11; 43: 71-81

Корсак (Чудесенко) Олександр Михайлович – аспірант, директор ВПГО «Українська федерація тхеквондо (ВТФ)» у Івано-Франківській області (Івано-Франківськ, Україна)
https://orcid.org/0000-0003-1787-0267

Султанова Ірина Дмитрівна – кандидат біологічних наук, доцент, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника (Івано-Франківськ, Україна)
iryna.sultanova@pnu.edu.ua
http://orcid.org/0000-0003-2298-359X

Іванишин Ірина Мирославівна – кандидат хімічних наук, доцент, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника (Івано-Франківськ, Україна)
iryna.ivanyshyn@pnu.edu.ua
http://orcid.org/0000-0003-1765-8311