

1. БІОЛОГІЯ

УДК 612.172-048.38-055.1:796.015.6

DOI <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2025.1.1>

ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ПІСЛЯ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ У ЮНАКІВ РІЗНИХ МОРФОЛОГІЧНИХ ТИПІВ

Дуло Олена Анатоліївна,

кандидат медичних наук,
доцент кафедри хірургічної стоматології та клінічних дисциплін
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0000-0003-0473-5605
Scopus Author ID: 57223405519

Паллаг Олександра Володимирівна,

кандидат біологічних наук,
доцент кафедри медико-біологічних дисциплін
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ORCID ID: 0000-0003-3636-6621
Scopus AuthorID: 57215503874

Робота присвячена аналізу динаміки змін функціональних показників серцево-судинної системи в процесі виконання фізичної роботи у юнаків-мешканців низинних районів Закарпатської області різних морфологічних типів. Дослідження проводилися у 112 юнаків 17-21 річного віку постпубертатного періоду онтогенезу, мешканців районів, що розташовані на висоті до 400 м над рівнем моря, Закарпатської області. Спостереження, реєстрація та аналіз адаптаційних змін функціональних показників серцево-судинної системи здійснювалися під час велоергометрії після двох навантажень потужністю 1 Вт/кг і 2 Вт/кг з інтервалом 5 хвилин одразу після роботи і тричі по її завершенню (через 1, 2 і 3 хвилини). Соматотип визначали за методом Хім-Картера, шляхом каліперометрії. Шляхом біоімпедансометрії визначали відносний вміст жирового та м'язового компонентів маси тіла за критеріями McCarthy та D. Gallagher. Результати дослідження показали, що після двох навантажень на велоергометрії, які збільшували ЧСС до 130-140 уд/хв⁻¹, динаміка відновлення ЧСС була такою, що у досліджуваних юнаків початок достовірного зниження фіксувався через 30 секунд після припинення циклічної роботи. Після навантаження потужністю 2 Вт/кг маси тіла з підвищенням ЧСС до 180-190 уд/хв⁻¹ початок достовірного зниження ЧСС реєструвався через 120 секунд. Відмінності в артеріальній судинній відповіді на навантаження циклічного характеру спостерігалися у молодих чоловіків, мешканців низинних районів Закарпатської області, залежно від морфологічного типу та складу тіла. Під час фізичних навантажень з інтенсивністю 90% $\dot{V}O_{2max}$ лише у юнаків-ендомезоморфів та у юнаків зі збалансованим соматотипом спостерігалось підвищення ДАТ вище вихідного рівня. Натомість у юнаків з низьким відносним вмістом жирового компонента та дуже високим відносним вмістом скелетних м'язів підвищення ДАТ вище вихідного рівня було відсутнє. Таким чином, відносне переважання жирового компонента і відносне зниження м'язового компонента у морфологічному типі представників чоловічої статі, викликало негативну судинну реакцію з підвищенням ДАТ вище вихідного рівня.

Ключові слова: кардіоваскулярна реакція, біологічна антропологія, жир, скелетні м'язи.

Dulo Olena, Pallah Oleksandra. Physiological Characteristics of Cardiovascular System Recovery After Physical Exercise in Young Males of Different Morphological Types

The study focuses on analyzing the dynamics of changes in the functional parameters of the cardiovascular system during physical exercise in young males residing in the lowland areas of the Zakarpattia region, representing different morphological types. The research was conducted on 112 young males aged 17–21 years in the post-pubertal period of ontogenesis, residents of areas at altitudes of up to 400 meters above sea level in the Zakarpattia region. Observations, measurements, and analysis of adaptive changes in the functional parameters of the cardiovascular system were carried out during bicycle ergometry following two exercise loads of 1 W per 1 kg and 2 W per 1 kg, with a 5-minute interval, immediately after exercise, and three times post-exercise (at 1, 2, and 3 minutes). Somatotype was determined using the Heath-Carter method via caliperometry. The relative fat and muscle components of body mass were assessed through bioelectrical impedance analysis according to the criteria of McCarthy and D. Gallagher. The results demonstrated that after two workloads on the bicycle ergometer, which increased heart rate (HR) to 130–140 bpm, the recovery dynamics of HR exhibited a statistically significant decrease starting 30 seconds after the cessation of cyclic exercise. Following an exercise load of 2 W per 1 kg of body mass, which elevated HR to 180–190 bpm, the onset of a significant HR reduction was recorded after 120 seconds. Differences in arterial vascular responses to cyclic exercise were observed among young males from lowland areas of the Zakarpattia region, depending on their morphological type and body composition.

During physical exertion at 90% $\dot{V}O_{2max}$, an increase in diastolic blood pressure (DBP) above baseline was observed only in endomesomorphic young males and those with a balanced somatotype. In contrast, young males with a low relative fat content and a very high relative skeletal muscle mass did not exhibit an increase in DBP above baseline. Thus, a relative predominance of the fat component and a relative decrease in the muscle component in the morphological profile of males induced a negative vascular response, leading to an increase in DBP above baseline.

Key words: cardiovascular reaction, biological anthropology, fat, skeletal muscles.

Вступ. Динаміка змін функціонального стану серцево-судинної системи в процесі виконання фізичної роботи має важливе значення, адже є однією з показників адаптації організму до факторів оточуючого середовища, враховуючи вплив ендогенних та екзогенних чинників. Такими факторами є географічний чинник, метеорологічні чинники, спадковість, тип конституції та ін. [1; 2; 3; 4; 5]. Оскільки організм людини характеризується рядом морфологічних і фізіологічних особливостей, пов'язаних з їх конституцією, індивідуальні особливості тілобудови відіграють важливу роль у фізичній адаптації, яка, в свою чергу, характеризує рівень фізичного здоров'я [6; 7; 8; 9]. Цікавим для вивчення є рівень фізичного здоров'я мешканців певних територій, що різняться за своїм розташуванням відповідно до висоти над рівнем моря [10; 11; 12; 13]. Вивчення адаптаційних можливостей серцево-судинної системи мешканців низинних і гірських районів, які є складовими Закарпатської області, залежно від конституціональних особливостей організму здорового населення є актуальним і соціально значимим.

Матеріали та методи. Мета роботи – оцінити динаміку змін функціональних показників серцево-судинної системи в процесі виконання фізичної роботи у юнаків-мешканців низинних районів Закарпатської області різних морфологічних типів. Дослідження проводилися у 112 юнаків постпубертатного періоду онтогенезу, мешканців районів, що розташовані на висоті до 400 м над рівнем моря, Закарпатської області. Вік обстежених 17-21 рік. Для проведення констатувального експерименту, що виконувався на базі кафедри хірургічної стоматології та клінічних дисциплін ДВНЗ «УжНУ», був застосований моніторинг серцевого ритму з використанням нагрудного датчика пульсу TOPCOM HB 8M00 та сфігмоманометрія. Спостереження, реєстрація та аналіз адаптаційних змін функціональних показників серцево-судинної системи здійснювалися під час велоергометрії

після двох навантажень потужністю 1 Вт/кг і 2 Вт/кг з інтервалом 5 хвилин одразу після роботи і тричі по її завершенню (через 1, 2 і 3 хвилини) [14]. Морфологічний тип тілобудови визначали методом каліперометрії за методикою Хіт-Картера, додатково використовуючи металевий штангенциркуль [15]. Шляхом біоімпедансометрії визначали відносний вміст жирового та м'язового компонентів маси тіла за критеріями McCarthy та D. Gallagher [16; 17]. Статистичну обробку результатів дослідження здійснювали з використанням електронних таблиць Microsoft Excel 2010.

Результати дослідження. Показником, що вказує на функціональну готовність організму до фізичних навантажень, є швидкість відновлення частоти серцевих скорочень (ЧСС). З покращенням функціональної готовності швидкість відновлення ЧСС після припинення навантаження зростає. В процесі дослідження нами встановлено специфіку відновлення ЧСС у юнаків-мешканців низинних районів Закарпаття (рис. 1).

В першу хвилину відновного періоду величина зменшення ЧСС майже не залежить від інтенсивності навантаження, однак, в подальшому простежується пряма залежність між інтенсивністю навантаження та ступенем зниження ЧСС. Так, у юнаків при ЧСС 130-140 уд./хв⁻¹ через 120 с вона зменшилась в середньому на $35,7 \pm 1,04$ уд./хв⁻¹, а при частоті 180-190 уд./хв⁻¹ на $56,8 \pm 1,28$ уд./хв⁻¹. Через 180 с відновного періоду при ЧСС 130-140 уд./хв⁻¹ її зниження становило в середньому $35,9 \pm 1,19$ уд./хв⁻¹, а при частоті 180-190 уд./хв⁻¹ – $57,3 \pm 1,19$ уд./хв⁻¹. Причому, зі 120 с до 180 с відновного періоду зниження ЧСС значно уповільнюється.

Відомо, що циклічні вправи викликають характерну реакцію судин, яка в нормі проявляється підвищенням систолічного та незмінністю або зниженням діастолічного артеріального тиску (ДАТ). Підвищення систолічного тиску головним чином пов'язано зі збільшенням сили серцевих скорочень, а зниження діастолічного тиску – з розширенням артерійол у м'язах, які працюють. Підвищення ДАТ розцінюється як негативна реакція судин на фізичне навантаження та свідчить про лабільну гіпертонію або гіпертонічну хворобу.

В процесі виконання фізичної роботи ми звертали увагу на тип змін ДАТ залежно від потужності навантаження, табл. 1. При виконанні навантаження 2 Вт/кг, кількість випадків зниження ДАТ нижче вихідного рівня була меншою 58,93%, ніж при виконанні навантаження 1 Вт/кг. Також при потужності навантаження 2 Вт/кг ми спостерігали «феномен нескінченного тону», коли числове значення ДАТ під час виконання циклічної роботи не підлягало реєстрації. «Феномен нескінченного тону» є фізіологічною ознакою. Як патологічне явище, «феномен нескінченного тону» розглядається лише тоді, коли він простежується протягом більше, ніж 2 хв після припинення фізичної роботи.

У ході дослідження нам вдалося встановити, що серед обстежених юнаків після завершення експерименту реєструвалася кількість осіб, у яких дозована фізична робота на велоергометрії викликала негативну реакцію судин (табл. 1).

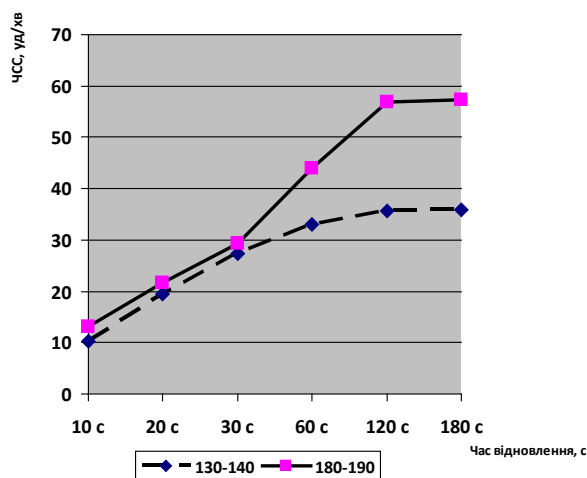


Рис. 1. Динаміка зменшення ЧСС (уд./хв⁻¹) після припинення фізичної роботи на велоергометрії, $M \pm m$

Кількість юнаків із підвищеним діастолічним тиском після виконання роботи потужністю 1 Вт на 1 кг маси тіла становила 6,25% осіб, а після виконання навантаження потужністю 2 Вт/кг маси тіла кількість таких осіб становила 1,79%. «Феномен нескінченного тону» спостерігався у юнаків лише після виконання роботи потужністю 2 Вт/кг маси тіла, кількість осіб становила 39,29%.

При аналізі динаміки змін ДАТ при дозованих фізичних навантаженнях у юнаків низинних районів залежно від соматотипу ми встановили, що найбільший відсоток осіб із підвищеним ДАТ після виконання навантаження потужністю 1 Вт/кг маси тіла становила у ендомезоморфів та у юнаків зі збалансованим соматотипом, а саме 7,14% та 9,09% осіб відповідно, табл. 2.

При велоергометричному навантаженні інтенсивністю близько 90% VO_{2max} (у змішаному режимі енергозабезпечення) у юнаків зменшується кількість осіб

зі зниженням ДАТ за рахунок збільшення числа тих, у кого спостерігається «феномен нескінченного тону».

При цьому, лише у ендомезоморфів та у юнаків зі збалансованим соматотипом спостерігається 7,14% та 4,55% осіб відповідно, у яких рівень ДАТ вище вихідного рівня. У представників чоловічої статі інших морфологічних груп після виконання фізичної роботи потужністю 2 Вт/кг маси тіла відсутні юнаки з підвищеним ДАТ.

Згідно даних, наведених в табл. 3 зміни функціональних показників серцево-судинної системи за показником ДАТ залежали від відносного вмісту скелетних м'язів, а саме: найбільша кількість юнаків 13,33%, які мали рівень ДАТ вище вихідного рівня, становили представники з відносним нормальним вмістом скелетних м'язів, тоді як кількість юнаків з високим та дуже високим відносним вмістом скелет-

Таблиця 1

Відсоткове співвідношення типів змін діастолічного артеріального тиску при дозованій фізичній роботі у юнаків низинних районів, n=112

Потужність навантаження	Тип змін діастолічного артеріального тиску, М±m							
	Нижче вихідного рівня		Дорівнює вихідному рівню		«Феномен нескінченного тону»		Вище вихідного рівня	
	К-ть осіб, %	ДАТ, мм.рт.ст. М±m	К-ть осіб, %	ДАТ, мм.рт.ст. М±m	К-ть осіб, %	ДАТ, мм.рт.ст. М±m	К-ть осіб, %	ДАТ, мм.рт.ст. М±m
1 Вт · кг ⁻¹	67,86	63,68±0,96	25,89	79,66±0,93	-	-	6,25	83,57±3,78
2 Вт · кг ⁻¹	58,93	65,76±1,17	-	-	39,29	*	1,79	87,5±4,42

Примітка: * – числове значення не підлягає реєстрації.

Таблиця 2

Типи змін діастолічного артеріального тиску в процесі виконання циклічних навантажень у юнаків низинних районів залежно від соматотипу, n=112

Потужність навантаження	Тип змін діастолічного артеріального тиску, М±m							
	Нижче вихідного рівня		Дорівнює вихідному рівню		«Феномен нескінченного тону»		Вище вихідного рівня	
	К-ть осіб, %	ДАТ, мм.рт.ст. М±m	К-ть осіб, %	ДАТ, мм.рт.ст. М±m	К-ть осіб, %	ДАТ, мм.рт.ст. М±m	К-ть осіб, %	ДАТ, мм.рт.ст. М±m
Ендомезоморфи (n=14)								
1 Вт · кг ⁻¹	64,29	68,89±3,57	28,57	80,0±3,89	-	-	7,14	80,0
2 Вт · кг ⁻¹	57,14	71,88±2,55	-	-	35,71	*	7,14	90,0
Мезоморфи (n=55)								
1 Вт · кг ⁻¹	72,73	61,75±1,48	23,64	78,46±1,73	-	-	3,64	82,5±4,42
2 Вт · кг ⁻¹	58,18	60,78±3,47	-	-	41,82	*	-	-
Мезоекторморфи (n=14)								
1 Вт · кг ⁻¹	71,43	64,5±2,71	21,43	80,3±1,26	-	-	7,14	90,0
2 Вт · кг ⁻¹	64,29	67,2±2,98	-	-	35,71	*	-	-
Екторморфи (n=7)								
1 Вт · кг ⁻¹	57,14	58,75±5,61	28,57	79,0±1,77	-	-	14,29	80,0
2 Вт · кг ⁻¹	71,43	63,0±3,22	-	-	28,57	*	-	-
Збалансований соматотип (n=22)								
1 Вт · кг ⁻¹	59,09	66,9±2,6	31,82	81,4±3,0	-	-	9,09	90,0
2 Вт · кг ⁻¹	54,55	70,0±1,8	-	-	40,91	*	4,55	85,0

Примітка: * – числове значення не підлягає реєстрації.

Типи змін діастолічного артеріального тиску в процесі виконання циклічних навантажень у юнаків низинних районів залежно від м'язового компоненту маси тіла, n=112

Потужність навантаження	Тип змін діастолічного артеріального тиску, M±m							
	Нижче вихідного рівня		Дорівнює вихідному рівню		«Феномен нескінченного тону»		Вище вихідного рівня	
	К-ть осіб, %	ДАТ, мм.рт.ст. M±m	К-ть осіб, %	ДАТ, мм.рт.ст. M±m	К-ть осіб, %	ДАТ, мм.рт.ст. M±m	К-ть осіб, %	ДАТ, мм.рт.ст. M±m
Нормальний вміст скелетних м'язів (33,3 – 39,3 %), n=15								
1 Вт · кг ⁻¹	53,33	64,4±3,98	33,33	82,0±2,15	-	-	13,33	87,0±1,77
2 Вт · кг ⁻¹	73,33	63,8±2,0	-	-	20,0	*	6,67	85,0
Високий вміст скелетних м'язів (39,4 – 44,0 %), n=45								
1 Вт · кг ⁻¹	68,89	64,2±1,55	24,44	80,0±2,0	-	-	6,67	85,0±10,46
2 Вт · кг ⁻¹	51,11	67,4±2,49	-	-	46,67	*	2,22	90,0
Дуже високий вміст скелетних м'язів (> 44,0 %), n=52								
1 Вт · кг ⁻¹	71,15	63,1±1,56	25,0	78,5±1,73	-	-	3,84	85,0±8,85
2 Вт · кг ⁻¹	61,54	64,5±1,30	-	-	38,46	*	-	-

Примітка: * – числове значення не підлягає реєстрації.

них м'язів, була меншою, 6,67% і 3,84% відповідно. Серед осіб з дуже високим відносним вмістом скелетних м'язів не зареєстровано осіб, у яких дозовані навантаження на велоергометрі потужністю 2 Вт/кг маси тіла викликала підвищення ДАТ. «Феномен нескінченного тону» спостерігався лише у юнаків, які виконували роботу при велоергометричному навантаженні інтенсивністю близько 90% VO_{2max} (у змішаному режимі енергозабезпечення).

Аналізуючи адаптаційні зміни функціонального стану серцево-судинної системи за показником ДАТ в процесі виконання роботи циклічного характеру, ми спостерігали залежність пристосувальних реакцій з боку артеріальних судин від відносного вмісту жирового компоненту. У юнаків, які мали низький відносний вміст жирового компоненту, виконуючи навантаження потужністю 2 Вт/кг, не реєструвалося підвищення ДАТ вище вихідного рівня, що є негативною реакцією судин на дозовану фізичну роботу. Натомість у представни-

ків чоловічої статі з нормальним та високим відносним вмістом жирового компоненту, спостерігалось підвищення рівня ДАТ вище вихідного рівня, як при навантаженні потужністю 1 Вт/кг у 6,67 % осіб, так і при потужності навантаження 2 Вт/кг у 1,22% та у 6,67% осіб відповідно. «Феномен нескінченного тону» спостерігався лише у юнаків, які виконували роботу при велоергометричному навантаженні інтенсивністю близько 90% VO_{2max} (у змішаному режимі енергозабезпечення), найбільша кількість таких осіб 41,46% спостерігалась серед представників низинних районів з нормальним відносним вмістом жиру (табл. 4).

Висновки. Результати дослідження показали, що після двох навантажень на велоергометрі, які збільшували ЧСС до 130-140 уд/хв⁻¹, динаміка відновлення ЧСС була такою, що у досліджуваних юнаків початок достовірного зниження фіксувався через 30 секунд після припинення циклічної роботи. Після навантаження потужністю 2 Вт/кг маси тіла з підвищенням

Таблиця 4

Типи змін діастолічного артеріального тиску в процесі виконання циклічних навантажень у юнаків низинних районів залежно від жирового компоненту маси тіла, n=112

Потужність навантаження	Тип змін діастолічного артеріального тиску, M±m							
	Нижче вихідного рівня		Дорівнює вихідному рівню		«Феномен нескінченного тону»		Вище вихідного рівня	
	К-ть осіб, %	ДАТ, мм.рт.ст. M±m	К-ть осіб, %	ДАТ, мм.рт.ст. M±m	К-ть осіб, %	ДАТ, мм.рт.ст. M±m	К-ть осіб, %	ДАТ, мм.рт.ст. M±m
Низький вміст жиру (< 8,0 %), n=15								
1 Вт · кг ⁻¹	73,33	64,1±2,5	20,0	80,0±1,7	-	-	6,67	90,0
2 Вт · кг ⁻¹	66,67	66,0±2,7	-	-	33,33	*	-	-
Нормальний вміст жиру (8,0 – 19,9 %), n=82								
1 Вт · кг ⁻¹	68,29	62,8±1,18	25,61	80,0±1,18	-	-	6,10	83,0±5,36
2 Вт · кг ⁻¹	57,32	64,8±1,49	-	-	41,46	*	1,22	85,0
Високий вміст жиру (19,9 – 24,9 %), n=15								
1 Вт · кг ⁻¹	66,67	68,9±3,57	26,67	78,0±4,29	-	-	6,67	80,0
2 Вт · кг ⁻¹	60,0	70,6±2,38	-	-	33,33	*	6,67	90,0

Примітка: * – числове значення не підлягає реєстрації.

ЧСС до 180-190 уд/хв⁻¹ початок достовірного зниження ЧСС реєструвався через 120 секунд.

Відмінності в артеріальній судинній відповіді на навантаження циклічного характеру спостерігалися у молодих чоловіків, мешканців низинних районів Закарпатської області, залежно від морфологічного типу та складу тіла. Під час фізичних навантажень з інтенсивністю 90% VO_{2max} лише у юнаків-ендомезоморфів та у юнаків зі збалансованим соматотипом спостеріга-

лося підвищення ДАТ вище вихідного рівня. Натомість у юнаків з низьким відносним вмістом жирового компонента та дуже високим відносним вмістом скелетних м'язів підвищення ДАТ вище вихідного рівня було відсутнє. Таким чином, відносно переважання жирового компонента і відносно зниження м'язового компонента у морфологічному типі представників чоловічої статі, викликало негативну судинну реакцію з підвищенням ДАТ вище вихідного рівня.

Література:

1. Analysis of Environmental and Person-Oriented Factors Influence on Dental Caries Intensity among Children Population of Transcarpathia / M.O. Fera, O.V. Fera, V.M. Kryvanych, L.M. Bilyschuk, S.B. Kostenko, A.V. Kryvanych, Y. Yavuz, M.Y. Goncharuk-Khomyn. *J. Int Dent Med Res*. 2020. 13(4). P. 1326-1333.
2. Enhancement of physical health in girls of 17-19 years by adoption of physical loads taking their somatotype into account / V. Miroshnichenko, S. Salnykova, V. Bohuslavskaya, M. Pityn, Y. Furman, V. Iakovliv, Z. Semeryak. *Journal of Physical Education and Sport*. 2019. Vol. 19. P. 387–392. <https://doi.org/10.7752/jpes.2019.s2058>
3. Improvement of adolescents' adaptation to the adverse meteorological situation by means of physical education / I. Gorshova, V. Bohuslavskaya, Y. Furman, Y. Galan, I. Nakonechnyi, M. Pityn. *Journal of Physical Education and Sport*. 2017. № 17(2). P. 892-898. DOI: <https://doi.org/10.7752/jpes.2017.02136>
4. Gaul C.A. Differences in anaerobic performance between boys and men / C.A. Gaul, D. Docherty, R. Cicchini. *Int. J. Obes Relat. Metab. Disord*. 2000. Vol.24. P. 7841-7848.
5. Gender Differences and the Influence of Body Composition on Land and Pool-Based Assessments of Anaerobic Power and Capacity / J. Zera, E. Nagle, E. Connell, E. Curtin W. Marget, A. Simonson, T. Nagai, J. Abt, S. Lephart. *Int J. Environ Res Public Health*. 2022. 19(13). 7902. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19137902>
6. Квашина Л. В. Поняття адаптації і адаптованість як інтегральний показник здоров'я. *Перинатологія та неонатологія*. 2000. № 1. С. 33–36.
7. Karstoft K. Pedersen B. K. Skeletal muscle as a gene regulatory endocrine organ. Current opinion in clinical nutrition and metabolic care. 2016. 19(4). P. 270-275.
8. Overweight and obesity among Chinese college students: an exploration of gender as related to external environmental influences / S. Jiang, S. Peng, T. Yang, R.R. Cottrell, L. Am. Li. *Journal of Men's Health*. 2018. 12. P. 926–934. DOI: <https://doi.org/10.1177/1557988317750990>
9. Ryan-Stewart H., Faulkner J., Jobson S. The influence of somatotype on anaerobic performance. *PLoS One*. 2018. 13(5):e0197761. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197761>
10. Boiko M. O. Features of aerobic productivity of athletes of 17-21 years of different sports specialization. *Modern Scientific Researches*. 2020. 12(2). P. 68-77. DOI: <https://doi.org/10.30889/2523-4692.2020-12-02-046204>
11. Del Rosso S., Nakamura F.Y., Boulosa D.A. Heart rate recovery after aerobic and anaerobic tests: is there an influence of anaerobic speed reserve? *Journal of Sports Sciences*. 2017. № 35(9). P. 820–827. DOI: <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1166391>
12. Kenney L. W., Wilmore J.H., Costill D. L. Physiology of Sport and Exercise. Human Kinetics, 2019. 648 p.
13. Physical Health of Females from the Lowland Districts of Zakarpattia According to the Metabolic Level of Aerobic and Anaerobic Energy Supply Depending on the Component Body Composition / O. Dulo, Yu. Furman, O. Maltseva, S. Samoilenko. *Wiadomości Lekarskie*. 2023. 76(3). P. 568-574. DOI: <https://doi.org/10.36740/wlek202303116>
14. Фурман Ю.М., Мірошніченко В.М., Драчук С.П. Перспективні моделі фізкультурно-оздоровчих технологій у фізичному вихованні студентів вищих навчальних закладів. Київ: Олімпійська література, 2013. 175 с.
15. Carter J. The Heath-Carter anthropometric somatotype. Instruction manual. Department of Exercise and Nutritional Sciences San Diego State University. CA. U.S.A., 2003. 26 p.
16. Berral-Aguilar A.J. Body Composition, Somatotype and Raw Bioelectrical Impedance Parameters of Adolescent Elite Tennis Players: Age and Sex Differences / A.J. Berral-Aguilar, S. Schröder-Vilar, D. Rojano-Ortega, F. Berral-de la Rosa. *J. Int J Environ Res Public Health*. 2022. 19(24). 17045.
17. Dahlmann N., Demond V. A new anthropometric model for body composition estimation: Comparison with a bioelectrical impedance consumer device. *PLoS One*. 2022. 17(9): e0271880.

References:

1. Fera, M.O., Fera, O.V., Kryvanych, V.M., Bilyschuk, L.M., Kostenko, S.B., kryvanych, A.V., Yavuz, Y., Goncharuk-Khomyn, M.Y. (2020). Analysis of environmental and person-oriented factors influence on dental caries intensity among children population of Transcarpathia. *J. Int Dent Med Res*, 13(4):1326-1333.
2. Miroshnichenko, V., Salnykova, S., Bohuslavskaya, V., Pityn, M., Furman, Y., Yakovlev, V., Seminyak, Z. (2019). Enhancement of physical health in girls of 17-19 years by adoption of physical loads taking their somatotype into account. *Journal of Physical Education and Sport*, Vol. 19:387–392. DOI: <https://doi.org/10.7752/jpes.2019.s2058>
3. Gorshova, I., Bohuslavskaya, V., Furman, Y., Galan, Y., Nakonechnyi, I., Pityn, M. (2017). Improvement of adolescents' adaptation to the adverse meteorological situation by means of physical education. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(2):892-898. DOI: <https://doi.org/10.7752/jpes.2017.02136>

4. Gaul, C.A., Docherty, D., Cicchini, R. (2020). Differences in anaerobic performance between boys and men. *Int. J. Obes Relat. Metab. Disord*, 24:7841-7848.
5. Zera, J., Nagle, E., Connell, E., Curtin, W. Marget, A. Simonson, T. Nagai, J. Abt, S. Lephart. (2022). Gender Differences and the Influence of Body Composition on Land and Pool-Based Assessments of Anaerobic Power and Capacity. *Int J. Environ Res Public Health*, 19(13):7902. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19137902>
6. Kvashnina, L. V. (2000). Ponyattya adaptatsiyi i adaptovanist' yak intehral'nyy pokaznyk zdorov'ya [Concept of adaptation and adaptability as integral health indicator]. *Perynatolohiya ta pediatriya*, 1: 33-36. [in Ukrainian]
7. Karstoft, K., Pedersen, B. K. (2016). Skeletal muscle as a gene regulatory endocrine organ. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 19(4):270-275.
8. Jiang, S., Peng, S., Yang, T., Cottrell, R.R., Am. Li., L. (2018). Overweight and obesity among Chinese college students: an exploration of gender as related to external environmental influences. *Journal of Men's Health*, 12:926–934. DOI: <https://doi.org/10.1177/1557988317750990>
9. Ryan-Stewart, H., Faulkner, J., Jobson, S. (2018). The influence of somatotype on anaerobic performance. *PLoS One*, 13(5): e0197761. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197761>
10. Boiko, M. O. (2020). Features of aerobic productivity of athletes of 17-21 years of different sports specialization. *Modern Scientific Researches*, 12(2):68-77. DOI: <https://doi.org/10.30889/2523-4692.2020-12-02-046204>
11. Del Rosso, S., Nakamura, F.Y., Boullosa, D.A. (2017). Heart rate recovery after aerobic and anaerobic tests: is there an influence of anaerobic speed reserve? *Journal of Sports Sciences*, 35(9):820–827. DOI: <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1166391>
12. Larry Kenney, W., Wilmore, J.H., Costill, D.L. (2019). *Physiology of Sport and Exercise*. Human Kinetics. 648 p.
13. Dulo, O. Hema-Bahyna, N., Akhmetov, R., Goncharuk-Khomyn, M., Lokota, Ye., Onishchuk, V., Lokota, Yu. (2023). Physical Health of Males Residents from the Lowland Districts of Ukrainian Transcarpathia During the Post-Pubertal Period Depending on the Component Body Composition. *Journal of International Dental and Medical Research*, 16(4):1632-1637. DOI: http://www.jidmr.com/journal/wp-content/uploads/2023/12/37-D23_2949_Myroslov_Goncharuk_Khomyn_Ukraine.pdf
14. Furman, Yu.M., Miroshnichenko, V.M., Drachuk, S.P. (2013). Perspektyvni modeli fizkul'turno-ozdorovchykh tekhnolohiy u fizychnomu vykhovanni studentiv vyshchych navchal'nykh zakladiv [Promising models of physical culture and health technologies in physical education of students of higher educational institutions]. Kyiv : Olympic literature, 175 p. [In Ukrainian].
15. Carter, J. (2003). The Heath-Carter anthropometric somatotype. Instruction manual. Department of Exercise and Nutritional Sciences San Diego State University. CA. U.S.A., 26 p.
16. Berral-Aguilar, A.J., Schröder-Vilar, S., Rojano-Ortega, D., Berral-De La Rosa, F. (2022). Body Composition, Somatotype and Raw Bioelectrical Impedance Parameters of Adolescent Elite Tennis Players: Age and Sex Differences. *J. Int J Environ Res Public Health*, 19(24):17045.
17. Dahlmann, N., Demond, V. (2022). A new anthropometric model for body composition estimation: Comparison with a bioelectrical impedance consumer device. *PLoS One*, 17(9): e0271880.