УДК 796.412-055.2

ВПЛИВ НАВАНТАЖЕНЬ СИЛОВОГО ФІТНЕСУ НА ОРГАНІЗМ ПІДЛІТКІВ ІЗ НАДМІРНОЮ ВАГОЮ РІЗНОГО ТИПУ РЕГУЛЯЦІЇ РИТМУ СЕРЦЯ

Олександр Дерлюк[1], Вадим Коваль[1], Юлія Кіричук[1], Інна Тхорева[1], Карен Абрамов[2], Едуард Вільчковський[4], Володимир Потоп[1, 3, 5]

[1] Приватний міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука, Рівне, Україна, vadim.jr.koval@gmail.com;
[2] Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, Україна, mailto:rfhty999@gmail.com;
[3] Національний університет науки і технологій «Політехніка Бухареста», Університетський центр у Пітешті, Пітешть, Румунія, vladimir_potop@yahoo.com;
[4] Волинський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна, Vilchkovskij.Eduard@vnu.edu.ua;
[5] Державний університет фізичного виховання і спорту, Кишинів, Молдова, vladimir_potop@yahoo.com

https://doi.org/10.29038/2220-7481-2025-02-24-32

Анотації

Актуальність. Складність реалізації проблем, пов'язаних із постійно прогресуючим збільшенням кількості населення з надмірною вагою, є одним із пріоритетних питань широкого спектра науковців та практиків із біології, медицини й фізичного виховання. ***Мета*** статті – вивчити особливості впливу гострих навантажень різної інтенсивності із силового фітнесу на організм підлітків із надмірною вагою різного типу регуляції ритму серця. ***Методи.*** Обстежено 58 підлітків (хлопців) 14–15 років із надмірною вагою. Показник відсотка жирової маси респондентів становив 40,7±1,8 %, що у 2,2 раза перевищує норму для цієї вікової групи. У якості тестових навантажень учасники почергово використовували розроблені три моделі занять із силового фітнесу (№ 1–3). За результатами спектрального аналізу варіабельності серцевого ритму (ВСР) учасників розділено на дві групи. До групи А входило 20 підлітків, показник вегетативного балансу (LF/HF=1,46) був найбільш наближеним до оптимальних значень категорії норматоніків серед хлопців цього віку з нормальною вагою. До групи Б увійшло 38 учасників, показник вегетативного балансу був суттєво зміщений у бік симпатичної регуляції (LF/HF=4,54). Контроль ВСР відбувався в стані спокою та у відповідь на гостре тестове навантаження, застосовуючи почергово кожну з розроблених моделей занять із силового фітнесу для зазначеного контингенту. ***Результати.*** У відповідь на тестові навантаження (модель № 1) серед підлітків-норматоніків відбувається зниження впливу автономної регуляції та підвищення симпатичного тонусу. У групі симпатотоніків спостерігаємо одночасне зниження симпатичного та парасимпатичного тонусу на тлі посилення центрального контуру регуляції синусового ритму. У підлітків-норматоніків після навантажень в умовах використання моделі занять № 2 простежуємо одночасно підвищення впливу автономної регуляції та посилення центрального контуру. Однак у групі симпатотоніків після заданого тестового подразника простежено послаблення центрального контуру й зміщення вегетативного балансу в бік симпатичних впливів. У відповідь на тестові навантаження під час застосування моделі занять № 3 в обох груп підвищується рівень напруження регуляції ритму серця та посилення центрального контуру. При цьому показники симпатичного й парасимпатичного тонусу демонструють зовсім протилежне співвідношення серед підлітків обстежених груп. ***Висновки.*** Виявлено, що для підлітків-норматоніків із надмірною вагою використання режиму навантажень високої інтенсивності (R_a=0,71) на тлі креатинфосфокіназного механізму енергозабезпечення в поєднанні з комплексом базових вправ на тренажерах є оптимальним стресовим подразником для реалізації процесів короткочасної адаптації. Для групи підлітків-симпатотоніків подібним оптимальним стресовим подразником у процесі подальшої довготривалої реадаптації буде застосування режиму навантажень середньої інтенсивності (R_a=0,65) й енергозабезпечення за рахунок анаеробного гліколізу в поєднанні з комплексом ізолюючих вправ на тренажерах зі зміною положення тіла для зменшення активності груп м'язів стабілізаторів.

***Ключові слова*:** підлітки, надмірна вага, силовий фітнес, типи регуляції ритму серця, процеси реадаптації, моделі занять.

Oleksandr Derliuk, Vadym Koval, Yuliia Kirychuk, Inna Tkhoreva, Karen Abramov, Vladimir Potop. The Influence of Strength Fitness Loads on the Body of Overweight Adolescents with Different Types of Heart Rate Regulation. ***Topicality.*** The complexity of implementing the problems associated with the constantly progressive increase in the number of overweight people is one of the priority issues for a wide range of scientists and practitioners in biology, medicine and physical education. ***The Purpose of the Research.*** To study the specifics of the impact of acute loads of different intensities from strength fitness on the body of overweight adolescents with different types of heart rhythm regulation. ***Methods***. 58 adolescents (boys) 14–15 years old with excess weight were examined. The

Ця стаття відкритого доступу на умовах CC BY-NC 4.0

percentage of fat mass of the examined was 41 %, which is 2,2 times higher than the norm for this age group. As test loads, the participants alternately used three developed models of strength fitness classes (No. 1–3). According to the results of spectral analysis of heart rate variability (HRV), the participants were divided into two groups. 20 adolescents were recommended to group A, the vegetative balance indicator (LF/HF=1,46) was the closest to the optimal values of the normotonic category, among boys of this age with normal weight. Group B included 38 participants, the vegetative balance indicator was significantly shifted towards sympathetic regulation (LF/HF=4,54). HRV control was performed at rest and in response to an acute test load using each of the developed models of strength fitness classes for this contingent in turn. ***The Results.*** In response to test loads (model No. 1) among normotonic adolescents, there is a decrease in the influence of autonomic regulation and an increase in sympathetic tone. In the sympathotonic group, we observe a simultaneous decrease in sympathetic and parasympathetic tone against the background of an increase in the central circuit of sinus rhythm regulation. In normotonic adolescents, after loads under the conditions of using the model of exercises No. 2, we observe a simultaneous increase in the influence of autonomic regulation and an increase in the central circuit. However, in the sympathotonic group, after a given test stimulus, we observe a weakening of the central circuit and a shift of the vegetative balance towards sympathetic influences. In response to test loads when using the model of exercises No. 3, in both groups, the level of tension in heart rhythm regulation and an increase in the central circuit increase. At the same time, the indicators of sympathetic and parasympathetic tone demonstrate a completely opposite relationship among adolescents of the examined groups. ***Conclusions.*** It was found that for normatotonic adolescents with excess weight, the use of a high-intensity load regime (R_a=0,71) against the background of the creatine phosphokinase mechanism of energy supply in combination with a set of basic exercises on simulators is the optimal stress stimulus for the implementation of short-term adaptation processes. For the group of sympathotonic adolescents, a similar optimal stress stimulus in the process of further long-term readaptation will be the use of a medium-intensity load regime (R_a=0,65) and energy supply due to anaerobic glycolysis in combination with a set of isolating exercises on simulators with a change in body position to reduce the activity of stabilizer muscle groups.

Key words: teenagers, overweight, strength fitness, types of heart rate regulation, readaptation processes, exercise models.

Вступ. Складність реалізації проблем, пов'язаних із постійно прогресуючим збільшенням кількості населення з надмірною вагою, є одним із пріоритетних питань широкого спектра науковців та практиків із біології, медицини й фізичного виховання [5; 7; 10]. Особливо катастрофічних проявів ця проблема набуває серед підлітків, що обґрунтовано низкою достатньо вагомих соціальних, побутових і психологічних факторів [1; 15]. Здебільшого прискорені темпи зростання кількості підлітків, які мають проблеми з надмірною вагою, пов'язані з низьким рівнем гіподинамії та її наслідків [3; 14]. Тривала відсутність необхідного з урахування вікових фізіологічних особливостей розвитку осіб зазначеної категорії призводить не лише до зниження рівня резистентності організму до стресового подразника, але й до виражених процесів дезадаптації [4; 21]. Одним із негативних факторів ускладнення такої ситуації є відсутність оптимальної системи оцінки стану їхнього організму з використанням інформативних фізіологічних і біохімічних маркерів [6; 19]. Проблема полягає в тому, адаптаційні резерви, параметри складу тіла, резистентність чи рівень напруження регуляції ритму серця здебільшого визначають у стані спокою без застосування відповідних за інтенсивністю та обсягом навантажень [5; 20]. Використання застарілих і водночас неінформативних методів оцінки функціональних можливостей організму підлітків (проби Руф'є та Штанге, індекс Робінсона, Баєвського, PWC_{170} і подібних їм) не дають змоги чітко визначити характерні ознаки процесів дезадаптації, реадаптації й різновидів адаптації (короткочасної та довготривалої).

Пошук оптимального взаємозв'язку між режимами навантаження, системою енергозабезпечення, комплексом вправ у процесі розробки ефективних моделей занять для підлітків із надмірною вагою для їх реадаптації, незважаючи на зростаючу кількість різноманітних оздоровчих фітнес-програм залишається однією з найбільш дискусійних і водночас нерозв'язаних проблем [3; 12]. Складність її реалізації полягає в необхідності поглибленого вивчення процесів реадаптації систем організму цієї категорії підлітків, визначення основних механізмів корекції основних параметрів навантажень, які впливають на загальні характеристики режимів, використовуваних у процесі моделювання занять [11; 16]. Водночас відкритими залишаються питання доцільності застосування відповідного спектра неінвазійних фізіологічних методів діагностики станів дезадаптації, реадаптації й оцінки особливостей адаптаційно-компенсаторних реакцій на подразник [17; 20].

Мета дослідження – вивчити особливості впливу гострих навантажень різної інтенсивності із силового фітнесу на організм підлітків із надмірною вагою різного типу регуляції ритму серця.

Методи. Обстежено 58 підлітків (хлопців) 14–15 років, які мали виражені зовнішні прояви надмірної ваги тіла. Середній зріст учасників становив 165±4,8 см. За попередніми результатами

біоімпедансометрії показник жирової маси (ЖМ, %) тіла обстежених підлітків становить 40,7±1,8 %, що щонайменше у 2,2 раза перевищує норму для цієї вікової групи. Дослідження проводили у 2024 р. на базі науково-дослідного центру сучасної кінезіології «KINEZUS» і його відділень (м. Рівне, Чернівці, Ужгород, Україна). Дизайн дослідження схвалено комітетом етики Волинського національного університету імені Лесі Українки, Україна. Після пояснення ризиків і переваг дослідження батьки учасників підписали форму інформованої згоди, підготовлену відповідно до етичних стандартів Гельсінської декларації.

Тестові навантаження. У ролі тестових навантажень для досягнення мети дослідження використовували розроблені нами з урахуванням вікових фізіологічних особливостей підлітків із надмірною вагою та типів регуляції ритму серця, найбільш ефективні й безпечні (стосовно рівня травматизму) в силовому фітнесі моделі занять (рис. 1). Основні показники режимів навантажень (R_a, m, Wn) для кожної моделі занять розрахували за допомогою інтегрального методу кількісної оцінки навантажень для фітнесу, бодібілдингу [2]. Тривалість тестового навантаження (заняття) становить 27–30 хв.

Основною характеристикою моделі занять № 1 є використання режиму навантажень високої інтенсивності та малого обсягу (R_a=0,71) [3; 4]. Цей режим силового навантаження поєднано з креатинфосфокіназним механізмом ресинтезу АТФ, що призводить до вираженої втоми активних м'язових груп за рахунок виснаження енергоресурсів за 20 с. У процесі занять перевага надається застосуванню вправ на тренажерах, які дають змогу одночасно залучити до роботи максимальну кількість груп м'язів-агоністів, синергістів і стабілізаторів. У таких умовах показник робочої маси обтяження (m) становить 74–79 % від 1 ПМ.

Характерною особливістю моделі занять № 2 є збалансоване поєднання режиму навантажень середнього обсягу й інтенсивності (R_a=0,65) із механізмом анаеробного гліколізу енергозабезпечення м'язової діяльності. Оптимальним комплексом засобів для цієї моделі є використання ізолюючих вправ переважно на тренажерах із можливістю фіксувати положення тіла під різними кутами. Такий підхід до практичної реалізації подібних силових вправ на тренажерах дає змогу вибірково навантажувати групи м'язів-агоністів та синергістів. Спроможність зміни положення тіла або його частин під час виконання ізольованих вправ уможливлює зменшення активності м'язів-стабілізаторів та вповільнення швидкості виснаження енергоресурсів, особливо за умов низького рівня адаптаційних резервів. У цих умовах показник робочої маси обтяження (m) становить 66–73 % від 1 ПМ.

У моделі занять із силового фітнесу № 3 застосовується режим навантажень низької інтенсивності й великого обсягу (R_a=0,58) у поєднанні з комбінованим енергозабезпеченням за рахунок анаеробного та аеробного гліколізу. Переважно використовуються ізолюючі вправи з власною вагою тіла зі зміною кінематичних характеристик техніки виконання, але в умовах низького рівня адаптаційних резервів організму – вправи з подібною біомеханікою на тренажерах. Такий характер техніки виконання сприяє передчасній втомі за необхідний проміжок часу груп м'язів-стабілізаторів і синергістів. У цих умовах показник робочої маси обтяження (m) становить 59–65 % від 1 ПМ.

Варіабельність серцевого ритму (ВСР). Застосовуючи монітор серцевого ритму Polar V800 (Finland), вимірювали RR-інтервали. Для реєстрації показників ЧСС і необроблених RR-інтервалів застосовували встановлений на нагрудному ремені (H10, Finland) спеціальний датчик (Polar). Отримані дані завантажували через вебсервіс Polar Flow на ноутбук. Використовуючи програмне забезпечення Kubios HRV Standard 3.5.0., проводили розрахунки параметрів ВСР у частотній (спектральній) області. Під час аналізу спектральних характеристик потужності ВСР виділяли такі діапазони: низькочастотний (LF, %), високочастотний (HF, %). Визначали співвідношення LF/HF як показник міри вегетативного балансу. Реєстрація сигналів інтервалів RR в обстежених відбувалась у положенні сидячи в стані спокою до та після гострого заданого тестового навантаження. Для стандартизації досліджень ВСР під час коротких записів обрано оптимальну тривалість запису 5 хв [11].

Організація досліджень. Дослідження проводили в декілька етапів протягом 2024 р. (рис. 1).

На першому етапі дослідження на основі контролю вихідних (до проведення тестового навантаження) показників спектрального аналізу обстежених підлітків із надмірною вагою розділено на дві групи за типом регуляції ритму серця. У процесі розподілу учасників на групи основну увагу приділяли величні показника індексу вегетативного балансу (LF/HF). До групи А рекомендовано 20 підлітків із надмірною вагою, у яких показник вегетативного балансу (LF/HF=1,46) був найбільш наближеним до оптимальних значень категорії норматоніків серед хлопців цього віку з нормальною вагою. Відповідні дії пов'язані з відсутністю у фундаментальних роботах із цього наукового напряму чіткої градації поділу підлітків із надмірною вагою за відповідними параметрами показника LF/HF на

типи регуляції ритму серця. До групи Б увійшло 38 учасників, у яких показник вегетативного балансу був суттєво зміщений у бік симпатичної регуляції (LF/HF=4,54). Серед загальної кількості обстежених хлопців цієї категорії під час проведення попередніх відбірних досліджень осіб, у яких показник вегетативного балансу був зміщений у бік парасимпатичної регуляції (LF/HF <1.0 у.о.), не виявлено.

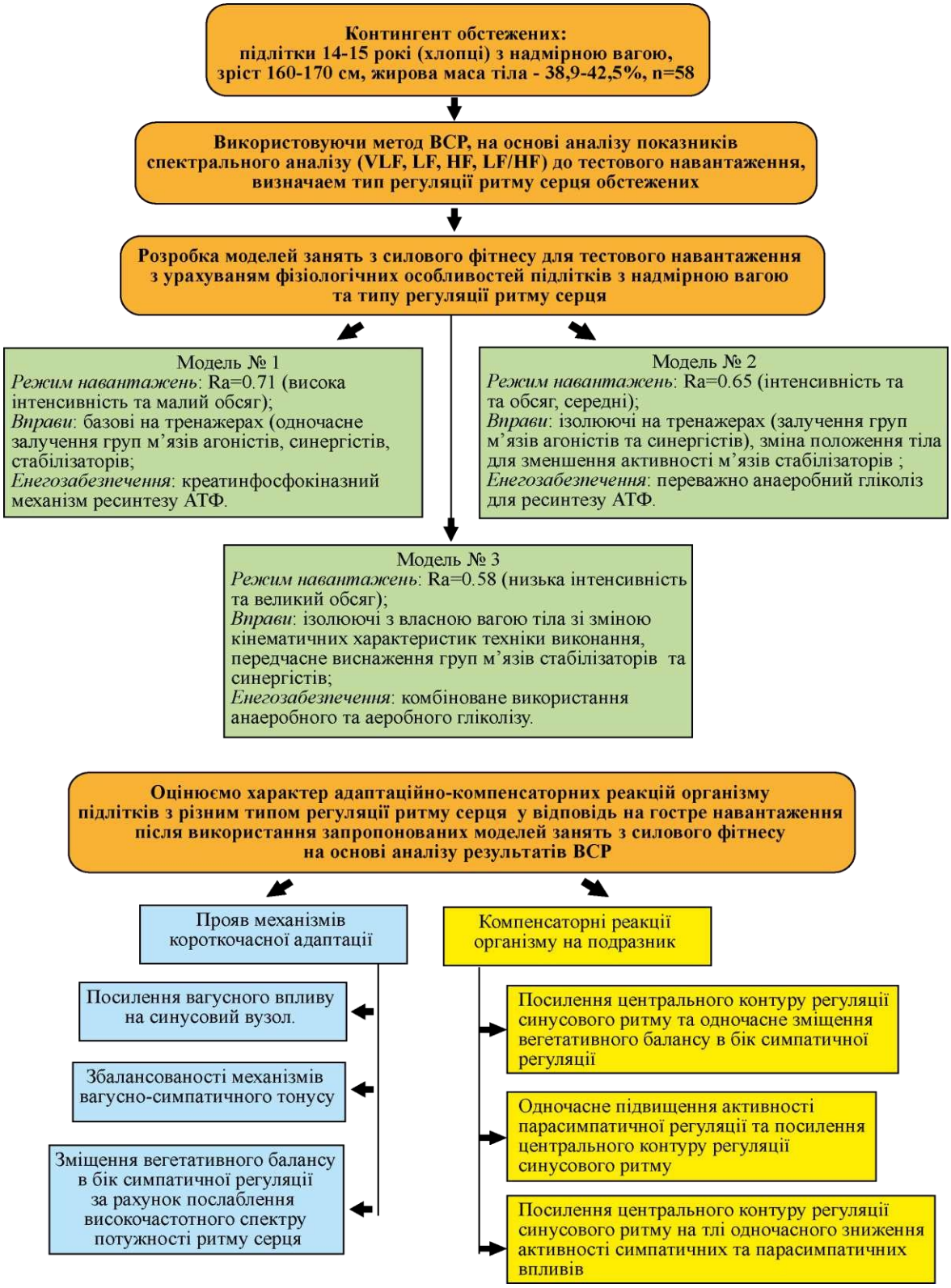

Рис. 1. *Алгоритм проведення досліджень щодо визначення впливу навантажень силового фітнесу на організм підлітків із надмірною вагою різного типу регуляції ритму серця*

На другому етапі проводили визначення показників розвитку м'язової сили (4 ПМ) під час виконання кожної з базових чи ізолюючих вправ для розробки відповідного режиму навантаження (R_a=0,58-0,71) і розрахунку показників робочої маси обтяження *(m)*, обсягу навантаження в окремому сеті *(Wn)* [2]. На основі отриманих результатів, залежно від особливостей використовуваних механізмів енергозабезпечення й відповідних комплексів силових вправ, розробляли моделі занять із силового фітнесу (тестові навантаження) для підлітків із надмірною вагою з урахуванням їх типу регуляції ритму серця (норматоніки чи симпатотоніки).

На третьому етапі визначали особливості зміни досліджуваних показників ВСР у підлітків із надмірною вагою (норматоніків та симпатотоніків) у відповідь на гостре тестове навантаження, використовуючи запропоновані моделі занять із силового фітнесу (№ 1–3). Контроль відбувався в стані спокою й у відповідь на стресовий подразник, із застосуванням почергово представниками обох груп кожної з розроблених моделей занять із силового фітнесу. Проводили порівняльний аналіз отриманих даних. Відбувалась обробка отриманих результатів.

Статистичний аналіз. Використовуючи пакет програм IBM SPSS Statistics 27 (StatSoftInc., США), виконували статистичний аналіз результатів дослідження. Програма G-Power 3.1.96 дає змогу визначити найменший розмір вибірки для дослідження (розрахунок статистичної потужності). Застосовували непараметричні методи статистичного аналізу, визначали медіану (Me) і міжквартильний діапазон (IQR). Критерій U-критерій Манна-Уітні використовували для порівняння вихідних параметрів між двома групами на початку дослідження. Т-критерій Вілкоксона застосовували для порівняння двох залежних вибірок між собою (вихідні дані та після тестового навантаження).

Результати дослідження. Представлені в табл. 1–3 результати відображають особливості зміни показників спектрального аналізу ритму серця обстежених підлітків із надмірною вагою у відповідь на гостре тестове навантаження. Проводили порівняльний аналіз між вихідними параметрами ВСР та результатами, фіксованими після навантаження з використанням окремо всіх трьох запропонованих моделей занять із силового фітнесу.

Отримані на початку дослідження результати ВСР (вихідні дані показників спектрального аналізу) дали змогу розподілити учасників за типом регуляції ритму серця на норматоніків (група А) й симпатотоніків (група Б). Установлено, що показник вегетативного балансу (LF/HF) в обстежених групи Б, який зміщений у бік симпатичної регуляції, у три рази вищий у порівнянні з результатами, фіксованими в підлітків групи А. Цей факт свідчить про те, що в обстежених групи Б спостерігаємо більший рівень напруження регуляції ритму серця в порівнянні з представниками іншої групи. Виявлено, що параметри показника VLF, які відображають центральний контур регуляції синусового ритму, удвічі вищі саме в підлітків-симпатотоніків (група Б) у порівнянні з опонентами.

Таблиця 1

Результати спектрального аналізу ритму серця обстежених груп підлітків із надмірною вагою у відповідь на гостре силове навантаження високої інтенсивності (модель занять № 1) (Me, IQR), n=58

Обстежені підлітки з різним типом регуляції ритму серця	Показники спектрального аналізу ритму серця			
	VLF, %	**LF, %**	**HF, %**	**LF/HF**
Вихідні параметри до тестового навантаження				
Група А (норматоніки), n=20	7,04 (1,49)	55,16 (3,03)	37,80 (2,84)	1,46 (0,13)
Група Б (симпатотоніки), n=38	13,96 (1,71)	70,53 (2,69)	15,51 (1,73)	4,54 (0,28)
Результати після тестового навантаження (R_a=0,71; креатинфосфокіназний режим енергозабезпечення; базові силові вправи на тренажерах; показник робочої маси обтяження (m) = 74–79 % від 1 ПМ)				
Група А (норматоніки), n=20	8,02 (1,37)	64,47 (3,19)*	27,51 (1,65)*	2,34 (0,25)*
Група Б (симпатотоніки), n=38	35,63 (1,59)*	56,11 (2,94)*	8,26 (0,88)*	6,79 (1,02)*

Примітка: ** $p<0,05$ – порівнюючи з вихідними результатами до тестового навантаження*

Результати спектрального аналізу ритму серця, виявлені в представників обстежених груп після тестового навантаження під час застосування моделі занять № 1, свідчать про таке. У відповідь на

гостре силове навантаження високої інтенсивності в умовах креатинфосфокіназного механізму енергозабезпечення в поєднані з комплексом базових вправ на тренажерах відбувається посилення симпатичного тонусу (LF +9,3 %) в групі А на тлі зниження парасимпатичної активності (HF -10,3 %). При цьому простежено підвищення показника вегетативного балансу (LF/HF) на 60,3 %. Однак серед підлітків групи Б у відповідь на це тестове силове навантаження виявлено одночасне зниження параметрів LF (-14,4 %) та HF (-7,2 %). Спостерігаємо підвищення вегетативного балансу на 49,5 % і посилення центрального контуру регуляції синусового ритму у 2,5 раза.

Представлені в табл. 2 результати зміни показників спектрального аналізу серед обстежених підлітків із надмірною вагою з різним типом регуляції ритму серця у відповідь на навантаження під час застосування моделі занять № 2 суттєво відрізняються від даних, відображених у табл. 1.

Таблиця 2

Результати спектрального аналізу ритму серця обстежених груп підлітків із надмірною вагою у відповідь на гостре силове навантаження середньої інтенсивності (модель занять № 2) (Me, IQR), n=58

Обстежені підлітки з різним типом регуляції ритму серця	Показники спектрального аналізу ритму серця			
	VLF, %	LF, %	HF, %	LF/HF
Вихідні параметри до тестового навантаження				
Група А (норматоніки), n=20	7,04 (1,49)	55,16 (3,03)	37,80 (2,84)	1,46 (0,13)
Група Б (симпатотоніки), n=38	13,96 (1,71)	70,53 (2,69)	15,51 (1,73)	4,54 (0,28)
Результати після тестового навантаження (R_a=0.65; енергозабезпечення переважно за рахунок анаеробного гліколізу; ізолюючі вправи на тренажерах зі зміною положення тіла для зменшення активності груп м'язів-стабілізаторів; показник робочої маси обтяження (m) = 66–73 % від 1 ПМ)				
Група А (норматоніки), n=20	15,87 (1,37)	44,26 (3,11)*	39,87 (3,14)*	1,11 (0,08)*
Група Б (симпатотоніки), n=38	8,22 (1,38)*	77,65 (2,75)*	14,13 (1,43)	5,49 (0,32)*

Примітка: * *p<0,05 – порівнюючи з вихідними результатами до тестового навантаження.*

Виявлено, що у відповідь на тестове навантаження в режимі середнього обсягу та інтенсивності з енергозабезпеченням м'язової діяльності під час виконання ізолюючих вправ на тренажерах за рахунок анаеробного гліколізу, відбувається підвищення впливу автономної регуляції (HF +2,1 %; LF -10,9 %) в обстежених групи А. У таких умовах у підлітків групи норматоніків спостерігаємо зниження вегетативного балансу (LF/HF) на 23,9 %, а одночасно фіксуємо посилення центрального контуру регуляції синусового ритму (VLF +8,8%).

Результати ВСР, виявлені в учасників групи Б у відповідь стресовий подразник у процесі застосування моделі занять № 2, зовсім відрізняються від характеру змін показників спектрального аналізу, які отримано в обстежених групи А. Відбувається підвищення значень низькочастотного спектра (LF) на 22,5 %. При цьому параметри високочастотного спектра (HF) кардіоінтервалів ритму серця учасників груп Б демонструють лише недостовірну тенденцію до зниження. Однак у цій групі спостерігаємо послаблення центрального контуру регуляції синусового ритму (VLF -5,7 %) у відповідь на задане тестове навантаження. Спостерігаємо зміщення вегетативного балансу в бік симпатичних впливів (LF/HF +20,9 %), що свідчить про підвищення рівня напруження регуляції ритму серця на гостре навантаження в умовах використання моделі № 2 саме в підлітків групи Б.

У табл. 3 представлено результати зміни показників спектрального аналізу обстежених підлітків обох груп у відповідь на гостре тестове навантаження в умовах застосування запропонованої моделі занять № 3. Установлено, що у відповідь на силові навантаження низької інтенсивності та великого обсягу в умовах комбінованого механізму енергозабезпечення (анаеробний і аеробний гліколіз) у поєднанні з комплексом ізолюючих вправ із власною вагою тіла зі зміною кінематичних характеристик техніки виконання серед груп учасників виявили різний характер змін досліджуваних показників ВСР.

Установлено, що в підлітків групи А у відповідь на гостре навантаження, використовуючи модель занять № 3, відбувається посилення симпатичного тонусу (LF +8,1 %) і суттєве зниження

впливу автономної регуляції (HF -27,5 %). Однак в обстежених групи Б, навпаки, відбувається посилення впливу автономної регуляції (HF +19,1 %) та суттєве зниження активності симпатичного тонусу (LF) в 4,2. При цьому у відповідь на стресовий подразник спостерігаємо підвищення вегетативного балансу серед представників обох груп (нормотоніки – у 4,2 раза; симпатотоніки – на 20,9 %). Одночасно виявлено практично ідентичне серед учасників дослідження посилення центрального контуру регуляції синусового ритму (група А – у 3,7 раза; група Б – у 3,5 раза) в умовах застосування цієї моделі занять із силового фітнесу.

Таблиця 3

Результати спектрального аналізу ритму серця обстежених груп підлітків із надмірною вагою у відповідь на гостре силове навантаження низької інтенсивності (модель занять № 3) (Me, IQR), n=58

Обстежені підлітки з різним типом регуляції ритму серця	**Показники спектрального аналізу ритму серця**			
	VLF, %	**LF, %**	**HF, %**	**LF/HF**
Вихідні параметри до тестового навантаження				
Група А (нормотоніки), n=20	7,04 (1,49)	55,16 (3,03)	37,80 (2,84)	1,46 (0,13)
Група Б (симпатотоніки), n=38	13,96 (1,71)	70,53 (2,69)	15,51 (1,73)	4,54 (0,28)
Результати після тестового навантаження (R_a=0,58; енергозабезпечення за рахунок комбінованого використання анаеробного та аеробного гліколізу; ізолюючі вправи з власною вагою тіла зі зміною кінематичних характеристик техніки виконання; показник робочої маси обтяження (m) = 59–65 % від 1 ПМ)				
Група А (нормотоніки), n=20	26,41 (2,17)*	63,26 (2,81)*	10,33 (0,21)*	6,12 (0,45)*
Група Б (симпатотоніки), n=38	48,76 (2,43)*	16,61 (1,38)*	34,63 (2,22)*	5,49 (0,32)*

Примітка: ** $p<0,05$ – порівнюючи з вихідними результатами до тестового навантаження.*

Дискусія. У цій роботі представлено результати, які демонструють один із варіантів розв'язання наукової проблеми, пов'язаної з пошуком ефективних шляхів підвищення функціональних можливостей (процес реадаптації) підлітків із надмірною вагою, використовуючи різноманітні моделі занять із силового фітнесу [5; 7]. Відбулася спроба пошуку найбільш інформативних неінвазійних маркерів оцінки рівня резистентності організму підлітків цієї категорії до навантажень різної інтенсивності, застосовуючи метод варіабельності серцевого ритму [4; 8; 11]. Визначали вихідний рівень напруження регуляції ритму серця учасників досліджень на основі результатів спектрального аналізу, що дали змогу провести розподіл за типом регуляції ритму серця. Вивчали особливості проявів короткочасної адаптації та компенсаторних реакцій організму підлітків із різним типом регуляції ритму серця на гострі силові навантаження в умовах заданих моделей занять. У процесі розробки моделей занять із силового фітнесу для підлітків із надмірною вагою використовували найбільш безпечні, з урахуванням їх рівня адаптаційних резервів і резистентності до стресових подразників, варіанти поєднання режимів навантажень, механізмів енергозабезпечення та комплексів вправ [2; 16; 20]. Результати досліджень свідчать, що серед загальної кількості обстеженого контингенту лише 34,4 % підлітків із надмірною вагою за типом регуляції ритму серця належать до нормотоніків, а 65,6 % хлопців – до симпатотоніків. Представників, у яких на початку дослідження (у стані спокою) можна було б спостерігати зміщення показника вегетативного балансу в бік парасимпатичної регуляції (LF/HF <1.0 у.о.) та віднести за типом регуляції ритму серця до парасимпатотоніків (ваготоніки), не виявлено. Можливо, що така особливість пов'язана з віковими фізіологічними процесами розвитку організму підлітків цієї категорії [9; 13]. Виявлено, що у відповідь на гострі силові навантаження, використовуючи ідентичні моделі занять із силового фітнесу, у групах нормотоніків та симпатотоніків, досліджувані показники ВСР засвідчують зовсім протилежний характер змін. Отримані результати позитивно вплинуть на вирішення одного з найбільш суперечливих питань серед науковців [2; 4; 15], пов'язаного з пошуком оптимального поєднання відповідних параметрів навантажень з комплексами базових, ізольованих вправ із силового фітнесу для осіб із надмірною вагою. Результати сприятимуть удосконаленню системи діагностики

процесів реадаптації функціональних можливостей цього контингенту, використовуючи широкий спектр неінвазійних фізіологічних методів дослідження.

Отримані результати свідчать, що у відповідь на тестові навантаження в умовах реалізації моделі занять № 1 серед підлітків-норматоніків із надмірною вагою відбувається зниження впливу автономної регуляції та підвищення симпатичного тонусу. Такі зміни вказують на адекватну реакцію організму на стресовий подразник високої інтенсивності, яку навіть можна спостерігати серед фізично здорових, нетренованих підлітків із нормальною вагою [4]. В іншій групі підлітків-симпатотоніків у відповідь на це гостре тестове навантаження спостерігаємо одночасне зниження симпатичного та парасимпатичного тонусу на тлі посилення центрального контуру регуляції синусового ритму. Подібний характер змін показників спектрального аналізу на навантаження свідчить про можливі прояви компенсаторних реакцій унаслідок низького рівня адаптаційних резервів [8; 10; 19].

Установлено, що в підлітків-норматоніків із надмірною вагою після навантажень в умовах використання моделі занять № 2 спостерігаємо одночасно підвищення впливу автономної регуляції та посилення центрального контуру регуляції синусового ритму. Відповідні зміни вказують на низький рівень резистентності організму до навантажень і про можливу необхідність залучення додаткових резервів енергозабезпечення м'язової діяльності [3; 14; 21]. Однак у групі підлітків-симпатотоніків після заданого тестового подразника спостерігаємо послаблення центрального контуру регуляції синусового ритму й зміщення вегетативного балансу в бік симпатичних впливів. Отримані дані чітко демонструють практичну реалізацію процесів короткочасної адаптації на стресовий подразник [18; 19].

Результати спектрального аналізу, виявлені у відповідь на тестові навантаження під час використання моделі занять № 3, свідчать, що представників обох груп підвищується рівень напруження регуляції ритму серця та посилення центрального контуру регуляції синусового ритму. При цьому показники симпатичного й парасимпатичного тонусу демонструють зовсім протилежне співвідношення серед підлітків обстежених груп із надмірною вагою. Виявлені особливості зміни досліджуваних показників ВСР відображають характерні ознаки проявів компенсаторних реакції організму зазначеного контингенту з різним типом регуляції ритму серця, залежно від їх індивідуального рівня адаптаційних резервів [4; 6; 8].

Висновки

1. Досліджено, що серед загальної кількості обстежених підлітків із надмірною вагою лише 34,4 % за типом регуляції ритму серця належать до норматоніків, 65,6 % – до симпатотоніків. Осіб, у яких показник вегетативного балансу зміщений у бік парасимпатичної регуляції (LF/HF <1,0), можна включити за типом регуляції ритму серця до парасимпатотоніків (ваготоніки); серед обстеженого контингенту таких не виявлено.

2. Простежено, що для підлітків-норматоніків із надмірною вагою використання режиму навантажень високої інтенсивності (R_a=0,71) на тлі креатинфосфокіназного механізму енергозабезпечення в поєднанні з комплексом базових вправ на тренажерах є оптимальним стресовим подразником для реалізації процесів короткочасної адаптації. Для групи підлітків-симпатотоніків подібним оптимальним стресовим подразником у процесі подальшої довготривалої реадаптації буде застосування режиму навантажень середньої інтенсивності (R_a=0,65) й енергозабезпечення за рахунок анаеробного гліколізу в поєднанні з комплексом ізолюючих вправ на тренажерах зі зміною положення тіла для зменшення активності груп м'язів-стабілізаторів.

3. Установлено, що використання запропонованої нами моделі занять № 3, яка за своєю структурою та параметрами навантаження схожа з найбільш популярними серед фахівців із фітнесу програмами для зниження жирової маси, викликає серед учасників дослідження прояв компенсаторних реакцій. Підвищується рівень напруження регуляції ритму серця та посилення центрального контуру регуляції синусового ритму у відповідь на це тестове навантаження. Повторних характер змін показників спектрального аналізу ВСР у відповідь на навантаження після кожного заняття в умовах довготривалого використання моделі № 3 призведе до ускладнення процесів дезадаптації.

Перспективи подальших досліджень. Проведення фундаментальних досліджень щодо вивчення особливостей процесів реадаптації організму підлітків із надмірною вагою в умовах тривалого використання різних за структурою, параметрами навантажень, режимами енергозабезпечення та комплексами вправ, моделей занять із силового фітнесу.

References

1. Brasil, I., Monteiro, W., Lima, T. [et al.] (2020). Effects of judo training upon body composition, autonomic function, and cardiorespiratory fitness in overweight or obese children aged 8- to 13 years. *J Sports Sci*, 38(21), 2508–2516. https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1792189.
2. Chernozub A., Titova A., Dubachinskiy O. [et al.] (2018). Integral method of quantitative estimation of load capacity in power fitness depending on the conditions of muscular activity and level of training. *Journal of Physical Education and Sport*, 18(1), 217–221. https://doi.org/10.7752/jpes.2018.01028
3. Chernozub A., Manolachi V., Potop V. [et al.] (2023). Kinesiological models of the neuromuscular system readaptation in mature women after prolonged hypokinesia. *Health, Sport, Rehabilitation*, 9(1), 78–92. https://doi.org/10.34142/HSR.2023.09.01.07
4. Chernozub, A., Koval, V., Derliuk, O. (2025). Adaptive-compensatory reactions of the organism of untrained adolescents with different types of heart rate regulation to power fitness load. *Rehabilitation and Recreation*, 19(1), 117–126. https://doi.org/10.32782/2522-1795.2025.19.1.11
5. Dias, R., Moraes, Í., Dantas, M. [et al.] (2021). Influence of Chronic Exposure to Exercise on Heart Rate Variability in Children and Adolescents Affected by Obesity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*, 18(21), 11065. https://doi.org/10.3390/ijerph182111065.
6. Estévez-González, A., Pérez-Ruiz, M., Cobo-Vicente, F. [et al.] (2022). Effects of Physical Training on Heart Rate Variability in Children and Adolescents with Chronic Diseases: A Systematic Review and Meta-analysis. *Int J Sports Med*, 43(8), 679–686. https://doi.org/10.1055/a-1524-2421.
7. González-Gálvez, N., Soler-Marín, A., Abelleira-Lamela, T. [et al.] (2024). Eight weeks of high-intensity interval vs. sprint interval training effects on overweight and obese adolescents carried out during the cool-down period of physical education classes: randomized controlled trial. *Front Public Health*, 12, 1394328. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1394328.
8. Farah, B., Andrade-Lima, A., Germano-Soares, A. [et al.] (2018). Physical Activity and Heart Rate Variability in Adolescents with Abdominal Obesity. *Pediatr Cardiol*, 3, 466–472. https://doi.org/10.1007/s00246-017-1775-6.
9. Farah, B., Christofaro, D., Cavalcante, B. [et al.] (2018). Cutoffs of Short-Term Heart Rate Variability Parameters in Brazilian Adolescents Male. *Pediatr Cardiol*, 39(7), 1397–1403. https://doi.org/10.1007/s00246-018-1909-5
10. Feng, Z., Mao, Z., Liu, F., Ou, X. (2023). Time course efficiency of MICE and HIIE on inhibitory control and HRV in adolescents with obesity and different cardiorespiratory fitness. *Front Psychol*, 14, 1242190. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1242190.
11. Korobeinikova L., Raab M., Korobeynikov G. [et al.] (2024). Comparative analysis of psychophysiological state among in physical active and sedentary persons. *Journal of Physical Education and Sport*, 24(2), 382–389. https://doi.org/10.7752/jpes.2024.02046
12. Koval V., Tsos A., Olkhovyi O. [et al.] (2025). Overtraining syndrome in bodybuilding and the difficulty of searching for informative biomarkers for disadaptation diagnostics. *Physical Rehabilitation and Recreational Health Technologies*, 10(2), 108–119. https://doi.org/10.15391/prrht.2025-10(2).06
13. Leite, N., Tadiotto, M., Menezes-Junior, F. [et al.] (2024). Reduction in blood pressure and metabolic profile in overweight hypertensive boys participating in a 12-week aerobic exercise program. *Eur J Pediatr*, 183(11), 4659–4670. https://doi.org/10.1007/s00431-024-05734-w.
14. Liao, T., Zheng, C., Xue, J., Wang, Y. (2024). Effects of aquatic and land high-intensity interval trainings on selected bio- and physiological variables among obese adolescents. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 15, 1381925. https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1381925.
15. Papadopoulos, G., Balomenou, F., Sakellariou, X. [et al.] (2024). Autonomic Function in Obese Children and Adolescents: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med*, 13(7), 1854. https://doi.org/10.3390/ jcm13071854.
16. Potop, V., Manolachi, V., Chernozub, A. [et al.] (2023). Changes in circumference sizes of bodybuilders using machine and free weight exercises in combination with different load regimes. *Health, Sport, Rehabilitation*, 9(2), 74–85. https://doi.org/10.34142/HSR.2023.09.02.06
17. Potop V., Mihailescu L., Mahaila I. [et al.] (2024). Applied biomechanics within the Kinesiology discipline in higher education. *Physical Education of Students*, 28(2), 106–19. https://doi.org/10.15561/20755279.2024.0208
18. Redón, P., Grassi, G., Redon, J. [et al.] (2020). Identifying poor cardiorespiratory fitness in overweight and obese children and adolescents by using heart rate variability analysis under resting conditions. *Blood Press*, 29(1), 13–20. https://doi.org/10.1080/08037051.2019.1700777.
19. Santana, M., Kliszczewicz, B., Vanderlei, F. [et al.] (2019). Autonomic responses induced by aerobic sub-maximal exercise in obese and overweight adolescents. *Cardiol Young*, 29(2), 169–173. https://doi.org/10.1017/S1047951118002007.
20. Su, Z., Yu, W., Yan, Z. [et al.] (2024). Comparison of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on cardiopulmonary function, cardiac autonomic function and vascular function in adolescent boys with obesity: A randomized controlled trial. *Eur J Sport Sci*, 24(12), 1871–1882. https://doi.org/10.1002/ejsc.12207.
21. Subramanian, S., Sharma, V., Rajendran, R. (2018). Assessment of heart rate variability for different somatotype category among adolescents. *J Basic Clin Physiol Pharmacol*, 30(3). https://doi.org/10.1515/jbcpp-2018-0104.

Стаття надійшла до редакції 20.05.2025 р.