

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ СКЛАДУ ТІЛА В БОДІБІЛДЕРІВ В УМОВАХ РІЗНИХ НАВАНТАЖЕНЬ, ВИКОРИСТОВУЮЧИ ВПРАВИ НА ТРЕНАЖЕРАХ ЧИ З ВІЛЬНОЮ ВАГОЮ ОБТЯЖЕННЯ

Чжао Цзе¹, Валентин Олешко¹

¹Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна.

<https://doi.org/10.29038/2220-7481-2023-01-109-118>

Анотація

Мета статті – виконати порівняльний аналіз особливостей впливу різних варіантів поєднання величини навантаження та комплексів тренувальних вправ на тренажерах чи з вільною вагою обтяження на динаміку показників складу тіла бодібілдерів. **Методи.** Із 64 спортсменів сформовано чотири дослідні групи по 16 осіб у кожній. Учасники протягом 12 тижнів використовували різні варіанти поєднання величини навантаження й комплексів вправ на тренажерах чи з вільною вагою обтяження. Показники складу тіла визначали методом біоімпедансометрії. Величину показників зовнішнього подразника визначали методом інтегральної оцінки навантаження. **Результати.** Використання короткочасних (до 15 с) навантажень високої інтенсивності ($R_a=0,70-0,72$) в поєднанні з вправами на тренажерах сприяє найбільшому підвищенню на 7,0 % активної маси тіла спортсменів третьої групи. Відповідні зміни майже вдвічі перевищують показники, виявлені під час застосування більш тривалих навантажень (45–60 с) із середньою інтенсивністю ($R_a=0,58-0,65$) в умовах використання вправ із вільною вагою обтяження (перша група). У спортсменів першої групи, які застосовували вправи з вільною вагою обтяження та навантаження середньої інтенсивності, рівень жирової маси зменшився на 4,2 % за період експерименту. У представників третьої та четвертої груп, які використовували навантаження високої інтенсивності, незалежно від комплексу тренувальних вправ – рівень жирової маси тіла не змінився. **Висновки.** Навантаження високої інтенсивності ($R_a=0,70-72$) в комбінації з комплексом вправ на тренажерах сприяє найбільшому зростанню показників активної, сухої клітинної й безжирової маси тіла. Застосування навантажень середньої інтенсивності ($R_a=0,65-67$) в комбінації з комплексом вправ із вільною вагою обтяження суттєво впливає на зниження рівня жирової маси.

Ключові слова: бодібілдинг, м'язова маса, вправи на тренажерах, вільна вага обтяження, жирова маса, навантаження.

Zhao Jie, Valentyn Oleshko. Comparative Analysis of Changes in Bodybuilders` Body Composition Indicators under the Conditions of Different Loads Using Exercise Machines or Free Weights Exercises. To carry out a comparative analysis of the influence of various combination of the load and sets of training using exercise machines or free weights exercises on the dynamics of bodybuilders` body composition indicators. **Methods.** 64 athletes who have been engaged in bodybuilding for the past 5,8±1,3 years were involved in order to solve the set goal. 4 research groups of 16 people each were formed. During 12 weeks, the participants of the experimental groups used the options offered to them for combining the amount of load and sets of trainings using exercise machines or free weights exercises. The level of change in the investigated parameters of body composition was determined at the beginning and every 4 weeks using the bioimpedance method. The value of the external stimulus indicator was determined using the control testing of the maximum force assessment and the integral assessment of the force load magnitude. **The Results.** The use of short-term (up to 15 seconds) strength loads of high intensity ($R_a=0,70-0,72$) in combination with gym machine workout contributes to the greatest increase of 7,0 % in the active body mass index of the 3rd group during the study. The corresponding changes are almost two times higher than the indicators that were found during the use of longer loads (45–60 seconds) with medium intensity ($R_a=0,58-0,65$) under the conditions of using free weights exercises (group 1). An almost identical difference between the results found in two groups was observed when monitoring the dynamics of indicators of lean body mass and dry cellular body mass during the 12 weeks of the study. At the same time, the level of fat mass decreased by 4,2 % during the experiment period in the athletes of group 1, who used exercises with free weights and medium-intensity loads. In representatives of groups 3 and 4, who used high-intensity loads, regardless of the complex of training exercises, the level of body fat did not change during the 12 weeks of the study. **Findings.** The use of high-intensity loads ($R_a=0,70-72$) in combination with a gym machine workout contributes to the greatest increase in indicators of active, dry cell and fat-free body mass, which indicates positive changes in the development of muscle mass. The use of medium-intensity loads ($R_a=0,65-67$) in combination with a set of free weights exercises has a significant effect on reducing the level of fat mass.

Key words: bodybuilding, muscle mass, gym machines workout, free weights exercises, fat mass, load.

Вступ. Оптимізації тренувального процесу на основі контролю за динамікою показників біоімпедансометрії, антропометрії, фізіологічних та біохімічних маркерів оцінки адаптаційних змін в організмі спортсменів дають змогу тренерам із бодібілдингу й науковцям створювати інтегральну концепцію вдосконалення системи підготовки в цьому виді спорту [1–3]. Пошук ефективних шляхів прискореного зростання м'язової маси тіла спортсменів, котрі займаються бодібілдингом, є одним із найбільш актуальних завдань цього виду спорту із самого початку його заснування [4–6]. Розробка інноваційних програм тренувальних занять, експериментальне використання різноманітних принципів і методів, поглиблене вивчення фізіологічних аспектів адаптаційних змін у бодібілдерів в умовах різних за обсягом, інтенсивністю та спрямованості навантажень – усе це спрямовано на збільшення обвідних розмірів тіла в найкоротший термін часу [7–9].

Результативність у змагальній діяльності спортсменів оцінюється не лише по показникам симетричного розвитку м'язової маси певних груп м'язів, але й від рівня їхньої жирової маси [10–12]. Саме спортсмени з низьким рівнем жирової маси тіла та симетрично розвиненими основними м'язовими групами мають найбільші шанси на перемогу під час змагань із бодібілдингу. Отже, одним із важливих та одночасно інформативних критеріїв оцінки ефективності тренувальної діяльності в бодібілдингу є контроль за показниками складу тіла [13–15]. Дослідження особливостей зміни показників складу тіла дає змогу фахівцям практичного напрямку й науковцям більш поглиблено вивчати взаємозв'язок між фізіологічними процесами в організмі та зовнішнім подразником (різними режимами навантаження) [16–18]. Однак у більшості випадків, використовуючи режими навантажень силової спрямованості, показники обсягу й інтенсивності яких спрямовані переважно на прискорене зростання м'язової маси тіла, позитивних змін стосовно максимального зниження жирової маси в спортсменів не спостерігаємо [19–21].

Проблема пошуку оптимального співвідношення між показниками навантаження в певних умовах енергозабезпечення м'язової діяльності, а також дослідження особливостей фізіологічних процесів адаптації довгий час є одними з найбільш дискусійних питань фахівців із бодібілдингу [22–24]. Особливо гостро постає ця проблема в умовах застосування спортсменами комплексів вправ на тренажерах чи лише з вільною вагою обтяження в умовах різних режимів навантаження [2; 3; 25]. Насамперед це пов'язано з тим, що в умовах використання вправ із вільною вагою обтяження задіяна велика кількість м'язів-стабілізаторів, які в процесі виконання вправи залишаються в статичному напруженні та фіксують тіло в певному положенні [4; 7; 12]. Унаслідок таких дій організм потребує набагато більших ресурсів для енергозабезпечення м'язової діяльності, що впливатиме на рівень адаптаційних змін у період відновлення. Отже, можемо припустити, що динаміка морфометричних показників тіла спортсменів в умовах використання різних режимів навантаження, систем енергозабезпечення під час застосування вправ на тренажерах чи з вільною вагою обтяження буде зовсім різною.

Мета дослідження – вивчити особливості впливу різних варіантів поєднання величини навантаження й комплексів тренувальних вправ на тренажерах чи з вільною вагою обтяження на динаміку показників складу тіла бодібілдерів.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети залучено 64 спортсмени, які протягом останніх $5,8 \pm 1,3$ років займаються бодібілдингом. Сформовано чотири дослідні групи по 16 осіб у кожній. Учасники дослідних груп протягом 12 тижнів використовували запропоновані їм варіанти поєднання величини обсягу та інтенсивності силового навантаження й комплексів тренувальних вправ на тренажерах чи з вільною вагою обтяження. Так, спортсмени першої та третьої груп у процесі тренувань застосовували комплекс вправ із вільною вагою обтяження. Спортсмени другої й четвертої груп у процесі дослідження використовували комплекс вправ на тренажерах. При цьому учасники першої та другої груп застосовували режим навантаження із середньою інтенсивністю ($R_a=0,58-0,65$), а тривалість окремої серії становила 45–60 с в умовах режиму анаеробного гліколізу енергозабезпечення м'язової діяльності. Спортсмени третьої й четвертої груп застосовували режим навантаження високої інтенсивності ($R_a=0,70-0,72$), а тривалість окремої серії становила до 15 с в умовах кретинфосфокіназного режиму енергозабезпечення м'язової діяльності.

Алгоритм, структура та методи дослідження схвалені етичними комітетом для біомедичних досліджень Волинського національного університету імені Лесі Українки відповідно до етичних стандартів Гельсінської декларації. Учасники дали письмову згоду на проведення досліджень згідно з рекомендаціями комітетів з етики біомедичних досліджень (Всесвітня організація охорони здоров'я, 2000).

Застосовуючи неінвазійний метод біоімпедансометрії, на початку та через кожних чотири тижні тренувань проводили контроль за динамікою показників складу тіла учасників усіх обстежуваних груп. У процесі дослідження визначали такі показники складу тіла: активну клітинну масу тіла (АКМ, кг й АКМ, %); безжирову масу тіла (БЖМ, кг); жирову масу тіла (ЖМ, кг і ЖМ, %); суху клітинну масу тіла (СКМ, кг). Для визначення досліджуваних показників складу тіла застосовували діагностичний комп'ютеризований апаратно-програмний комплекс КМ-АР-01 комплектації «Діамант – АСТ» (ВЮСК. 941118.001 РЕ).

Використовуючи метод контрольного тестування розвитку максимальної сили та інтегральний метод оцінки величини силового навантаження [4], протягом дослідження контролювали динаміку показників робочої маси снаряду й обсягу навантаження в окремому сеті. Рівень зміни досліджуваних показників навантаження визначали на початку та через кожні 30 діб.

Організація дослідження. Дослідження відбувались у декілька етапів.

Розробка двох комплексів тренувальних засобів, використовуючи загальновідомі в силових видах спорту вправи на тренажерах і з вільною вагою обтяження, була одним із завдань першого етапу. Також на першому етапі, застосовуючи інтегральний метод оцінки величини силового навантаження [4], визначали параметри показників робочої маси снаряду й обсягу навантаження в окремому сеті. На основі отриманих даних розроблено чотири варіанти тренувальних занять: 1) виконання комплексу вправ із вільною вагою обтяження в умовах режиму навантажень середньої інтенсивності ($R_a=0,58-0,65$); 2) виконання комплексу вправ на тренажерах в умовах режиму навантажень середньої інтенсивності ($R_a=0,58-0,65$); 3) виконання комплексу вправ із вільною вагою обтяження в умовах режиму навантажень високої інтенсивності ($R_a=0,70-0,72$); 4) виконання комплексу вправ на тренажерах в умовах режиму навантажень високої інтенсивності ($R_a=0,70-0,72$);

Контроль за динамікою зміни досліджуваних показників складу тіла спортсменів обстежуваних груп і величини параметрів навантаження (робочої маси снаряду та обсягу навантаження в окремому сеті) був основним завданням другого етапу. На цьому етапі порівнювали результати динаміки досліджуваних показників для визначення найбільш ефективної комбінації тренувальних вправ на тренажерах та з вільною вагою обтяження на тлі різних за інтенсивністю режимів навантаження.

Статистичний аналіз результатів дослідження виконували із застосуванням пакету програм IBM *SPSS*Statistics 26 (StatSoftInc., США). Визначали median, interquartile range (IQR). Для розрахунку статистичної потужності використовували програму G-Power 3.1.96 (визначення найменшого розміру вибірки для дослідження). Застосовували непараметричний критерій Н-Краскела-Уолліса, двохфакторний ранговий дисперсійний аналіз Фрідмана, W-Кендалла (коефіцієнт конкордації Кендала). Критерій Колмогорова-Смірнова використовували для визначення нормального розподілу.

Результати дослідження. Графічно представлені на рис. 1 результати відображають особливості динаміки показників робочої маси снаряду й обсягу навантажень в окремому сеті в спортсменів усіх чотирьох обстежених груп протягом дослідження в заданих умовах тренувальної діяльності.

Так, на початку дослідження виявлено, що застосування представниками обстежених груп різних за інтенсивністю режимів навантажень і комплексів тренувальних вправ суттєво впливає на вихідні параметри показників робочої маси снаряду та обсягу навантажень в окремому сеті. Установлено, що величина показника робочої маси снаряду, котру використовували спортсмени першої групи під час тренувань, з урахування особливостей заданого режиму навантажень на 24,0 % менша в порівнянні з даними, фіксованими в осіб четвертої групи. Однак показник обсягу навантаження в окремому сеті простежено в спортсменів першої групи. Він, навпаки, на 81,0 % перевищує результати, виявлені серед учасників четвертої групи. Практично ідентичну різницю спостерігаємо під час порівняння параметрів контрольованих показників між групами спортсменів другої й третьої.

Протягом 12 місяців дослідження простежуємо позитивну тенденцію до збільшення параметрів обох контрольованих показників навантаження, що свідчить про зростання максимальної м'язової сили. При цьому виявлено, що протягом усього періоду експерименту різниця у величині досліджуваних показників навантаження, яка виявлено на початку дослідження, продовжує зберігатися на всіх етапах контролю.

У табл. 1–4 представлено результати зміни показників складу тіла учасників обстежених груп залежно від особливостей режимів навантаження та комплексів тренувальних вправ із застосуванням тренажерів чи з вільною вагою обтяження протягом 12 тижнів дослідження.

Представлені в табл. 1 результати біоімпедансометрії засвідчують особливості зміни показників активності маси тіла спортсменів обстежених груп у двох одиницях виміру (% і кг). Аналіз отриманих

результатів підтверджує те, що найбільш виражені зміни показника АКМ (k_2) щодо зростання на 7,0 % за весь період дослідження виявлено в спортсменів четвертої групи.

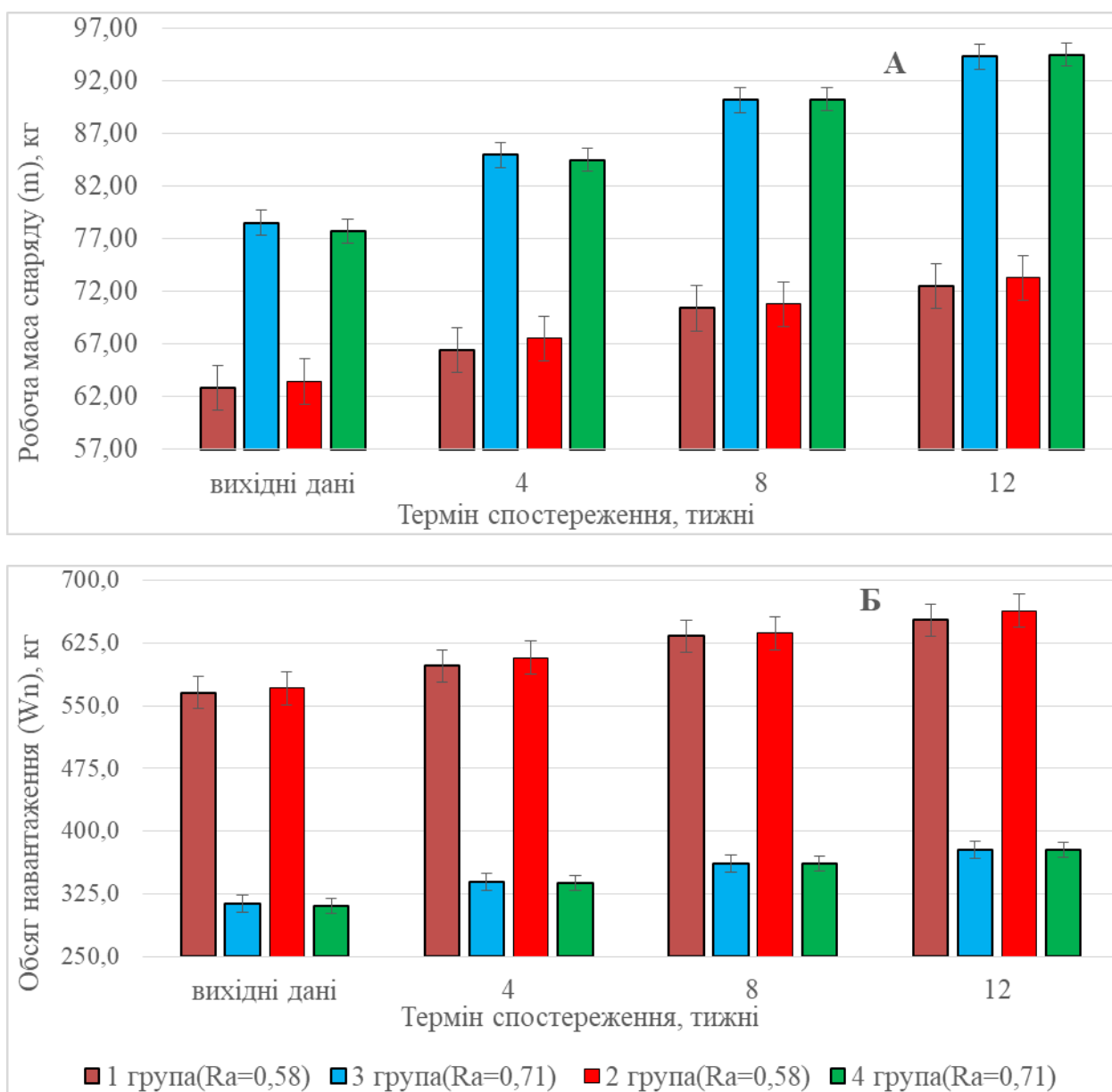


Рис. 1. Результати зміни показників робочої маси снаряду (А) та обсягу навантажень в окремому сеті (Б) у спортсменів усіх 4 груп протягом 12 тижнів дослідження, n=64

Таблиця 1

Результати зміни показників активної клітинної маси тіла бодіблдерів обстежених груп протягом дослідження (медіана, IQR), n=64

Група	Термін спостереження, тижнів				χ^2 , p df=3
	вихідні дані	4	8	12	
1	2	3	4	5	6
<i>Активна клітинна маси тіла, %</i>					
1	61,93 (4,66) N=1,74; p=0,62	62,68 (4,74) 0,7 % ^{1*}	63,21 (4,79) 0,5 % [*]	63,35 (4,74) 0,1 % ¹ ; 1,4 % ^{2*}	$\chi^2=48,00^{***}$ W=1,00 ^{***}
3	63,13 (0,97) N=1,74; p=0,62	63,77 (1,03) 0,6 % ¹	64,01 (1,16) 0,2 % ¹	64,27 (1,17) 0,2 % ¹ ; 1,1 % ^{2*}	$\chi^2=39,71^*$ W=0,82 [*]

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5	6
2	62,93 (3,82) H=1,74; p=0,62	62,74 (4,79) -0,2 % ¹	63,18 (4,91) 0,4 % ¹	63,43 (4,67) 0,2 % ¹ ; 0,5 % ²	$\chi^2=39,85^*$ W=0,83 [*]
4	62,50 (3,00) H=1,74; p=0,62	62,90 (2,84) 0,4 % ¹	63,34 (2,43) 0,4 % ¹	63,83 (1,96) 0,5 % ¹ ; 1,3 % ^{2*}	$\chi^2=38,02^*$ W=0,79 [*]
<i>Активна клітинна маса тіла, кг</i>					
1	46,06 (4,18) H=1,05; p=0,78	46,18 (4,50) 0,3 % ¹	47,29 (4,48) 2,4 % ^{1*}	47,56 (4,08) 0,6 % ¹ ; 3,2 % ^{2*}	$\chi^2=44,40^{***}$ W=0,92 ^{***}
3	45,08 (4,89) H=1,05; p=0,78	46,70 (4,87) 3,6 % ^{1*}	47,50 (4,56) 1,7 % ^{1*}	47,74 (5,05) 0,5 % ¹ ; 5,9 % ^{2*}	$\chi^2=46,87^{***}$ W=0,97 ^{***}
2	44,97 (5,46) H=1,05; p=0,78	45,81 (5,52) 1,8 % ^{1*}	46,62 (6,85) 1,7 % ^{1*}	47,68 (6,90) 2,3 % ^{1*} ; 6,0 % ^{2*}	$\chi^2=31,49^{***}$ W=0,65 ^{***}
4	46,22 (6,67) H=1,05; p=0,78	47,36 (5,85) 2,5 % ^{1*}	48,85 (5,86) 3,1 % ^{1*}	49,48 (6,15) 1,3 % ¹ ; 7,0 % ^{2*}	$\chi^2=45,07^{***}$ W=0,93 ^{***}

Примітки. ¹ – різниця (%) у порівнянні з попередніми результатами; ² – різниця (%) у порівнянні з вихідними значеннями; *df* – число ступенів свободи; *H* – критерій Краскела Уолліса; χ^2 – критерій Фрідмана; *W* – коефіцієнт Кендалла; * – $p < 0,05$; *** – $p < 0,001$.

Найменшу динаміку до зростання досліджуваного показника на 3,2 % за аналогічний період часу виявлено в спортсменів першої групи. При цьому результати зміни показника АКМ (%), фіксовані протягом усього періоду дослідження, у представників першої та четвертої груп майже не відрізняються, що свідчить про можливу різницю між даними жирової маси тіла (%).

У табл. 2 представлено результати зміни показників безжирової маси тіла (БЖМ, кг) спортсменів обстежених груп протягом дослідження.

Таблиця 2

**Результати зміни показників безжирової маси тіла
бодіблдерів обстежених груп протягом дослідження (медіана, IQR), n=64**

Група	Термін спостереження, тижнів				χ^2, p df=3
	вихідні дані	4	8	12	
1	72,43 (5,86) H=1,78; p=0,61	73,65 (9,52) 1,7 % ^{1*}	74,11 (8,30) 0,6 % ¹	74,93 (8,41) 1,1 % ¹ ; 3,4 % ^{2*}	$\chi^2=28,58^{***}$ W=0,59 ^{***}
3	71,10 (6,88) H=1,78; p=0,61	73,20 (7,39) 2,9 % ^{1*}	73,70 (6,86) 0,7 % ¹	73,83 (7,01) 0,2 % ¹ ; 3,8 % ^{2*}	$\chi^2=38,77^{***}$ W=0,81 ^{***}
2	71,14 (7,63) H=1,78; p=0,61	71,42 (7,41) 0,4 % ¹	72,59 (8,51) 1,6 % ^{1*}	73,39 (7,86) 1,1 % ¹ ; 3,1 % ^{2*}	$\chi^2=29,10^{***}$ W=0,60 ^{***}
4	73,08 (10,51) H=1,78; p=0,61	75,23 (9,74) 2,9 % ^{1*}	76,67 (9,00) 1,9 % ^{1*}	77,29 (8,05) 0,8 % ¹ ; 5,7 % ^{2*}	$\chi^2=45,04^{***}$ W=0,93 ^{***}

Примітки. ¹ – різниця (%) у порівнянні з попередніми результатами; ² – різниця (%) у порівнянні з вихідними значеннями; *df* – число ступенів свободи; *H* – критерій Краскела Уолліса; χ^2 – критерій Фрідмана; *W* – коефіцієнт Кендалла; * – $p < 0,05$; *** – $p < 0,001$.

Аналіз результатів свідчить, що найбільше зростання показника БЖМ на 5,7 %, виявлене після 12 тижнів тренувань, у порівнянні з вихідними даними, спостерігаємо в спортсменів четвертої групи, які застосовували комплекс тренувальних вправ лише на тренажерах в умовах навантажень високої інтенсивності ($R_a=0,70-0,72$). В інших дослідних групах спортсменів контрольований показник за цей період часу продемонстрував в 1,5 раза меншу тенденцію до підвищення параметрів.

У табл. 3 представлено результати контролю за зміною показників жирової маси тіла спортсменів обстежених груп у двох одиницях виміру (% і кг), що дає змогу виявити метод біоімпедансометрії.

У процесі аналізу результатів дослідження простежено, що саме в спортсменів першої та третьої груп, які під час тренувань використовували навантаження середньої інтенсивності ($R_a=0,58-0,65$) і, незалежно від комплексів вправ (на тренажерах чи з вільною вагою обтяження), показник жирової маси тіла (ЖМ, %) майже в 5,7 раза зменшився протягом усього періоду експерименту в порівнянні з даними, виявленими в представників другої й четвертої груп. Аналізуючи результати зміни рівня жирової маси тіла в інших одиницях (ЖМ, кг), також спостерігаємо подібну різницю в динаміці досліджуваного показниками в групах залежно від умов м'язової діяльності, навантажень і тренувальних засобів.

Таблиця 3

Результати зміни показників жирової маси тіла бодібілдерів обстежених груп протягом дослідження, (медіана, IQR), n=64

Група	Термін спостереження, тижнів				χ^2, p df=3
	вихідні дані	4	8	12	
<i>Жирової маси тіла, %</i>					
1	15,43 (3,91) N=1,71; p=0,63	13,11 (3,07) -2,3 % ^{1*}	12,02 (1,65) -1,1 % ¹	11,39 (1,42) -0,6 % ¹ ; -4,0 % ^{2*}	$\chi^2=45,90^{***}$ W=0,95 ^{***}
3	14,45 (1,78) N=1,71; p=0,63	14,34 (1,46) -0,1 % ¹	14,38 (1,48) 0,04 % ¹	14,34 (1,52) -0,04 % ¹ ; -0,1 % ²	$\chi^2=14,38^*$ W=0,30 [*]
2	15,98 (3,33) N=1,71; p=0,63	13,46 (1,60) -2,5 % ^{1*}	12,60 (1,67) -0,8 % ¹	12,33 (1,74) -0,3 % ¹ ; -3,6 % ^{2*}	$\chi^2=41,18^{***}$ W=0,85 ^{***}
4	15,32 (3,55) N=1,71; p=0,63	14,51 (2,28) -0,8 % ¹	14,43 (1,75) -0,1 % ¹	14,65 (1,67) 0,2 % ¹ ; -0,7 % ²	$\chi^2=4,72$ W=0,09
<i>Жирової маси тіла, кг</i>					
1	13,27 (3,93) N=2,43; p=0,48	10,94 (3,65) -17,5 % ^{1*}	9,92 (2,43) -9,3 % ^{1*}	9,66 (2,18) -2,6 % ^{1*} ; -27,2 % ^{2*}	$\chi^2=43,60^{***}$ W=0,90 ^{***}
3	11,88 (1,71) N=2,43; p=0,48	11,94 (1,55) 0,5 % ¹	12,21 (1,78) 2,3 % ^{1*}	12,31 (1,88) 0,8 % ¹ ; 3,6 % ^{2*}	$\chi^2=27,52^{***}$ W=0,57 ^{***}
2	13,29 (4,17) N=2,43; p=0,48	11,45 (2,69) -13,8 % ^{1*}	10,22 (2,43) -10,7 % ^{1*}	10,31 (2,03) 0,9 % ¹ ; -22,4 % ^{2*}	$\chi^2=38,81^{***}$ W=0,80 ^{***}
4	13,60 (3,05) N=2,43; p=0,48	13,11 (1,82) -3,6 % ¹	13,16 (1,71) 0,4 % ¹	13,34 (1,72) 1,4 % ¹ ; -1,9 % ²	$\chi^2=6,82$ W=0,14

Примітки. ¹ – різниця (%) у порівнянні з попередніми результатами; ² – різниця (%) у порівнянні з вихідними значеннями; df – число ступенів свободи; N – критерій Краскела Уолліса; χ^2 – критерій Фрідмана; W – коефіцієнт Кендалла; * – $p < 0,05$; *** – $p < 0,001$.

У табл. 4 представлено результати зміни показників сухої клітинної маси тіла (СКМ, кг) спортсменів обстежених груп протягом дослідження.

Таблиця 4

Результати зміни показників сухої клітинної маси тіла бодібілдерів обстежених груп протягом дослідження, (медіана, IQR), n=64

Група	Термін спостереження, тижнів				χ^2, p df=3
	вихідні дані	4	8	12	
1	11,81 (1,08) N=1,35; p=0,71	11,83 (1,16) 0,1 % ¹	12,12 (1,14) 2,4 % ^{1*}	12,18 (1,05) 0,5 % ¹ ; 3,1 % ^{2*}	$\chi^2=44,40^{***}$ W=0,92 ^{***}
3	11,55 (1,36) N=1,35; p=0,71	11,95 (1,34) 3,4 % ^{1*}	12,06 (1,17) 0,9 % ¹	12,23 (1,30) 1,4 % ¹ ; 5,9 % ^{2***}	$\chi^2=46,87^{***}$ W=0,97 ^{***}
2	11,45 (1,40) N=1,35; p=0,71	11,61 (0,93) 1,4 % ¹	11,86 (1,68) 2,1 % ^{1*}	12,22 (1,78) 3,0 % ^{1*} ; 6,7 % ^{2***}	$\chi^2=32,43^{***}$ W=0,67 ^{***}
4	11,84 (1,71) N=1,35; p=0,71	12,13 (1,50) 2,4 % ^{1*}	12,50 (1,50) 3,0 % ^{1*}	12,68 (1,58) 1,4 % ¹ ; 7,1 % ^{2***}	$\chi^2=45,75^{***}$ W=0,95 ^{***}

Примітки. ¹ – різниця (%) у порівнянні з попередніми результатами; ² – різниця (%) у порівнянні з вихідними значеннями; df – число ступенів свободи; N – критерій Краскела Уолліса; χ^2 – критерій Фрідмана; W – коефіцієнт Кендалла; * – $p < 0,05$; *** – $p < 0,001$.

Результати, представлені в табл. 3, свідчать про те, що саме в спортсменів четвертої групи спостерігаємо максимальне, у порівнянні з даними, виявленими в представників інших груп, зростання показника СКМ на 7,1 % за 12 тижнів дослідження. Найменшу тенденцію до змін контрольованого показника за аналогічний проміжок часу (на 3,1 %) простежено в учасників першої групи. При цьому різниця між результатами спортсменів другої та третьої груп після трьох місяців тренувань у різних умовах становлять лише 0,8 %.

Дискусія. У цій роботі досліджували особливості динаміки показників складу тіла бодібілдерів в умовах застосування різних комбінацій поєднання режимів силового навантаження й найбільш популярних тренувальних комплексів вправ на тренажерах та окремо з вільною вагою обтяження (штанги, гантелі тощо). Ця робота пов'язана із серією досліджень у бодібілдингу, які стосуються вивчення механізмів оптимізації показників обсягу та інтенсивності тренувальних навантажень з урахуванням індивідуальних функціональних можливостей спортсменів, процесами адаптації до навантажень (Cintineo H., et al., 2018; Sun, M., & Wang, L., 2022; Coratella G., et al., 2023). Результати дослідження, які представлені в цій роботі, більш детально розкривають взаємозв'язки між величною зовнішнього подразника, рівнем резистентності організму спортсменів до різних навантажень, величиною адаптаційних резервів і врахуванням усіх цих факторів у процесі вдосконалення системи підготовки в бодібілдингу на певному етапі (Benavente C., et al., 2021; Aerenhouts D, & D'Hondt E., 2020; Becker L., et al., 2021).

Отримані результати, представлені в цьому дослідженні, демонструють певну закономірність зміни показників складу тіла від певної варіативності поєднання компонентів навантаження й відповідних комплексів тренувальних вправ на тренажерах та з вільною вагою обтяження. Так, виражене підвищення показників БЖМ, АКМ і СКМ спостерігаємо саме в умовах навантажень високої інтенсивності ($R_a=0,70-0,72$) в поєднанні з комплексом тренувальних вправ на тренажерах. Відповідні зміни пов'язані з певними механізмами енергозабезпечення й адаптаційними змінами, особливості яких чітко представлені в роботах ряду науковців (Weakley J., et al., 2017; Ramos-Campo D., et al., 2021; Trindade T., et al., 2022) і підтверджують наші припущення.

Виявлене прискорене зниження показнику жирової маси тіла спортсменів під час навантажень середньої інтенсивності ($R_a=0,58-0,65$) та тривалістю виконання вправ із вільною вагою в окремій серії в межах 45–60 с указує на повторну активацію компенсаторних механізмів і значні енергозатрати в таких умовах м'язової діяльності (Johnen B., & Schott N., 2018; Gala K., et al., 2020; Miller R., et al., 2020). Подібна тенденція до зміни рівня жирової маси тіла спортсменів під час занять бодібілдингом спостерігали під час аналізу досліджень ряду провідних науковців із цього виду спорту (Alves R., et al., 2020; Coratella G., et al., 2021; Mihăiță E., et al., 2022). Однак указані автори не акцентували у своїх дослідженнях на порівняльному аналізі між режимами силових навантажень і комплексами вправ на тренажерах чи з вільною вагою обтяження.

Висновок. Використання навантажень високої інтенсивності ($R_a=0,70-72$) в комбінації з комплексом вправ на тренажерах сприяє найбільшому зростанню показників активної, сухої клітинної й безжирової маси тіла, що свідчить про позитивні зміни в розвитку м'язової маси тіла. Застосування навантажень середньої інтенсивності ($R_a=0,65-67$) в комбінації з комплексом вправ із вільною вагою обтяження суттєво впливає на зниження рівня жирової маси.

Результати дослідження більш детально розкривають взаємозв'язки між величною зовнішнього подразника, рівнем резистентності організму спортсменів до різних навантажень, величиною адаптаційних резервів і врахуванням усіх цих факторів у процесі вдосконалення системи підготовки в бодібілдингу на етапі спеціалізовано-базової підготовки.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому планується проведення досліджень із використанням комплексу фізіологічних та біохімічних методів діагностики систем організму для визначення особливостей перебігу процесів адаптації бодібілдерів під час тренувань, застосовуючи вправи з вільною вагою обтяження чи на тренажерах на тлі різних за інтенсивністю режимів навантажень.

Джерела та література

1. Cintineo H., Freidenreich D., Blaine C., Cardaci T., Pellegrino J., Arent S. Acute Physiological Responses to an Intensity-And Time-Under-Tension-Equated Singlevs. Multiple-Set Resistance Training Bout in Trained Men. *J Strength Cond Res.* 2018. № 32(12). P. 3310–3318. <https://doi/10.1519/JSC.0000000000002872>.

2. Benavente C., León J., Feriche B., Schoenfeld B., Bonitch-Góngora J., Almeida F., Pérez-Regalado S., Padial P. Hormonal and Inflammatory Responses to Hypertrophy-Oriented Resistance Training at Acute Moderate Altitude. *Int J Environ Res Public Health*. 2021. № 18(8). P. 4233. <https://doi/10.3390/ijerph18084233>.
3. Sun M., & Wang L. Effect of Bodybuilding and Fitness Exercise on Physical Fitness Based on Deep Learning. *Emerg Med Int*. 2022. 3891109. <https://doi/10.1155/2022/3891109>.
4. Chernozub A., Titova A., Dubachinskiy O., Bodnar A., Abramov K., et al. 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*. 2018. № 18(1). P. 217–221. <https://doi/10.7752/jpes.2018.01028>.
5. Johnen B. & Schott N. (2018). Feasibility of a machine vs free weight strength training program and its effects on physical performance in nursing home residents: a pilot study. *Aging Clin Exp Res*. 2018. № 30(7). P. 819–828. <https://doi/10.1007/s40520-017-0830-8>.
6. Zhao Jie., & Oleshko V. Peculiarities of the Influence of Loads with the Use of Exercises on Simulators and with Free Weight Load on the Development of Maximum Muscle Strength in Bodybuilders. *Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sports*. 2022. № 5(39). P. 278–283. <https://doi/10.26693/jmbs07.05.348>
7. Aerenhouts D., & D'Hondt E. Using Machines or Free Weights for Resistance Training in Novice Males? A Randomized Parallel Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. № 17(21). P. 7848. <https://doi/10.3390/ijerph17217848>.
8. Alves R., Prestes J., Enes A., Moraes W., Trindade T., Salles B., Aragon A., Souza-Junior T. Training Programs Designed for Muscle Hypertrophy in Bodybuilders: A Narrative Review. *Sports (Basel)*. 2020. № 8(11). P. 149. <https://doi/10.3390/sports8110149>.
9. Miller R., Freitas E., Heishman A., Koziol K., Galletti B., Kaur J., Bemben M. Test-Retest Reliability Between Free Weight and Machine-Based Movement Velocities. *J Strength Cond Res*. 2020. № 34(2). P. 440–444. <https://doi/10.1519/JSC.0000000000002817>.
10. Coratella G., Tornatore G., Longo S., Esposito F., Cè E. Front vs Back and Barbell vs Machine Overhead Press: An Electromyographic Analysis and Implications For Resistance Training. *Front Physiol*. 2022. № 13. P. 825–880. <https://doi/10.3389/fphys.2022.825880>.
11. Shibata K., Takizawa K., Tomabechi N., Nosaka K., Mizuno M. Comparison Between Two Volume-Matched Squat Exercises With and Without Momentary Failure for Changes in Hormones, Maximal Voluntary Isometric Contraction Strength, and Perceived Muscle Soreness. *J Strength Cond Res*. 2021. № 35(11). P. 3063–3068. <https://doi/10.1519/JSC.0000000000003279>.
12. Chernozub A., Manolachi V., Tsos A., Potop V., Korobeynikov G., Manolachi, V., Sherstiuk, L., Zhao, J., Mihaila, I. Adaptive changes in bodybuilders in conditions of different energy supply modes and intensity of training load regimes using machine and free weight exercises. *PeerJ*. 2023. № 11. e14878. <http://doi.org/10.7717/peerj.14878>.
13. Weakley J., Till K., Read D., Roe G., Darrall-Jones J., Phibbs P., Jones B. The effects of traditional, superset, and tri-set resistance training structures on perceived intensity and physiological responses. *Eur J Appl Physiol*. 2017. № 117(9). P. 1877–1889. <https://doi/10.1007/s00421-017-3680-3>.
14. Coratella G., Tornatore G., Caccavale F., Longo S., Esposito F., Cè, E. The Activation of Gluteal, Thigh, and Lower Back Muscles in Different Squat Variations Performed by Competitive Bodybuilders: Implications for Resistance Training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. № 18(2). P. 772. <https://doi/10.3390/ijerph18020772>.
15. Mitsuya H., Nakazato K., Hakkaku T., Okada T. Hip flexion angle affects longitudinal muscle activity of the rectus femoris in leg extension exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2023. <https://doi/10.1007/s00421-023-05156-w>.
16. Coratella G., Tornatore G., Longo S., Esposito F., Cè, E. Bilateral Biceps Curl Shows Distinct Biceps Brachii and Anterior Deltoid Excitation Comparing Straight vs. EZ Barbell Coupled with Arms Flexion/No-Flexion. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2023. № 8(1). P. 13. <https://doi/10.3390/jfmk8010013>.
17. Barnes M., Miller A., Reeve D., Stewart R. Acute Neuromuscular and Endocrine Responses to Two Different Compound Exercises: Squat vs. Deadlift. *J Strength Cond Res*. 2019. № 33(9). P. 2381–2387. <https://doi/10.1519/JSC.0000000000002140>.
18. Becker, L., Semmlinger, L., & Rohleder, N. Resistance training as an acute stressor in healthy young men: associations with heart rate variability, alpha-amylase, and cortisol levels. *Stress*. 2021. № 24(3). P. 318–330. <https://doi/10.1080/10253890.2020.1799193>.
19. Martorelli A., De Lima F., Vieira A., Tufano J., Ernesto C., Boulosa D., Bottaro D. The interplay between internal and external load parameters during different strength training sessions in resistance-trained men. *Eur J Sport Sci*. 2021. № 21(1). P. 16–25. <https://doi/10.1080/17461391.2020.1725646>.
20. Gala K., Desai V., Liu N., Omer E., McClave S. How to Increase Muscle Mass in Critically Ill Patients: Lessons Learned from Athletes and Bodybuilders. *Curr Nutr Rep*. 2020. № 9(4). P. 369–380. <https://doi/10.1007/s13668-020-00334-0>.

21. Ramos-Campo D., Martínez-Aranda L., AndreuCaravaca L., Ávila-Gandía V., Rubio-Arias J. Effects of resistance training intensity on sleep quality and strength recovery in trained men: a randomized cross-over study. *Biol Sport*. 2021. № 38(1). P. 81–88. <https://doi/10.5114/biolSport.2020.97677>.
22. Jurasz M., Boraczyński M., Wójcik Z., Gronek P. Neuromuscular Fatigue Responses of Endurance- and Strength-Trained Athletes during Incremental Cycling Exercise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. № 19(14). P. 8839. <https://doi/10.3390/ijerph19148839>.
23. Mihăiță E., Badau D., Stoica M., Mitrache G., Stănescu M., Hidi I., Badau A., Damian C., Damian M. Identification of Perception Differences in Personality Factors and Autonomy by Sporting Age Category in Competitive Bodybuilders. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. № 20(1). P. 167. <https://doi/10.3390/ijerph20010167>.
24. Trindade T., Alves R., Castro B., Medeiros M., Medeiros J., Dantas P., Prestes J. Pre-exhaustion Training, a Narrative Review of the Acute Responses and Chronic Adaptations. *Int J Exerc Sci*. 2022. № 15(3). P. 507–525.
25. Bauer P., Majisik A., Mitter B., Csapo R., Tschan H., Hume P., Martínez-Rodríguez A., Makivic B. Body Composition of Competitive Bodybuilders: A Systematic Review of Published Data and Recommendations for Future Work. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2023. № 37(3). P. 726–732. <https://doi/10.1519/JSC.0000000000004155>.

References

1. Cintineo, H., Freidenreich, D., Blaine, C., Cardaci, T., Pellegrino, J., Arent, S. (2018). Acute Physiological Responses to an Intensity-And Time-Under-Tension-Equated Singlevs. Multiple-Set Resistance Training Bout in Trained Men. *J Strength Cond Res*, 32(12), 3310–3318. <https://doi/10.1519/JSC.0000000000002872> (in English).
2. Benavente, C., León, J., Feriche, B., Schoenfeld, B., Bonitch-Góngora, J., Almeida, F., Pérez-Regalado, S., Padial, P. (2021). Hormonal and Inflammatory Responses to Hypertrophy-Oriented Resistance Training at Acute Moderate Altitude. *Int J Environ Res Public Health*, 18(8), 4233. <https://doi/10.3390/ijerph18084233> (in English).
3. Sun, M., & Wang, L. (2022). Effect of Bodybuilding and Fitness Exercise on Physical Fitness Based on Deep Learning. *Emerg Med Int*, 3891109. <https://doi/10.1155/2022/3891109> (in English).
4. Chernozub, A., Titova, A., Dubachinskiy, O., Bodnar, A., Abramov, K., 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/10.7752/jpes.2018.01028> (in English).
5. Johnen, B., & Schott, N. (2018). Feasibility of a machine vs free weight strength training program and its effects on physical performance in nursing home residents: a pilot study. *Aging Clin Exp Res*, 30(7), 819–828. <https://doi/10.1007/s40520-017-0830-8> (in English).
6. Zhao, Jie, & Oleshko, V. (2022). Peculiarities of the Influence of Loads with the Use of Exercises on Simulators and with Free Weight Load on the Development of Maximum Muscle Strength in Bodybuilders. *Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sports*, 5(39), 278–283 <https://doi/10.26693/jmbs07.05.348> (in English).
7. Aerenhouts, D., & D`Hondt, E. (2020). Using Machines or Free Weights for Resistance Training in Novice Males? A Randomized Parallel Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 7848. <https://doi/10.3390/ijerph17217848> (in English).
8. Alves, R., Prestes, J., Enes, A., Moraes, W., Trindade, T., Salles, B., Aragon, A., Souza-Junior, T. (2020). Training Programs Designed for Muscle Hypertrophy in Bodybuilders: A Narrative Review. *Sports (Basel)*, 8(11), 149. <https://doi/10.3390/sports8110149> (in English).
9. Miller, R., Freitas, E., Heishman, A., Koziol, K., Galletti, B., Kaur, J., Bembem, M. (2020). Test-Retest Reliability Between Free Weight and Machine-Based Movement Velocities. *J Strength Cond Res*, 34(2), 440–444. <https://doi/10.1519/JSC.0000000000002817> (in English).
10. Coratella, G., Tornatore, G., Longo, S., Esposito, F., Cè, E. (2022). Front vs Back and Barbell vs Machine Overhead Press: An Electromyographic Analysis and Implications for Resistance Training. *Front Physiol*, 13, 825–880. <https://doi/10.3389/fphys.2022.825880> (in English).
11. Shibata, K., Takizawa, K., Tomabechei, N., Nosaka, K., Mizuno, M. (2021). Comparison Between Two Volume-Matched Squat Exercises With and Without Momentary Failure for Changes in Hormones, Maximal Voluntary Isometric Contraction Strength, and Perceived Muscle Soreness. *J Strength Cond Res*, 35(11), 3063–3068. <https://doi/10.1519/JSC.0000000000003279> (in English).
12. Chernozub, A., Manolachi, V., Tsos, A., Potop, V., Korobeynikov, G., Manolachi, V., Sherstiuk, L., Zhao, J., Mihaila, I. (2023). Adaptive changes in bodybuilders in conditions of different energy supply modes and intensity of training load regimes using machine and free weight exercises. *PeerJ*, 11, e14878 <http://doi.org/10.7717/peerj.14878> (in English).

13. Weakley, J., Till, K., Read, D., Roe, G., Darrall-Jones, J., Phibbs, P., Jones, B. (2017). The effects of traditional, superset, and tri-set resistance training structures on perceived intensity and physiological responses. *Eur J Appl Physiol*, 117(9), 1877–1889. <https://doi/10.1007/s00421-017-3680-3> (in English).
14. Coratella, G., Tornatore, G., Caccavale, F., Longo, S., Esposito, F., Cè, E. (2021). The Activation of Gluteal, Thigh, and Lower Back Muscles in Different Squat Variations Performed by Competitive Bodybuilders: Implications for Resistance Training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 772 <https://doi/10.3390/ijerph18020772> (in English).
15. Mitsuya, H., Nakazato, K., Hakkaku, T., Okada, T. (2023). Hip flexion angle affects longitudinal muscle activity of the rectus femoris in leg extension exercise. *Eur J Appl Physiol*, <https://doi/10.1007/s00421-023-05156-w> (in English).
16. Coratella, G., Tornatore, G., Longo, S., Esposito, F., Cè, E. (2023). Bilateral Biceps Curl Shows Distinct Biceps Brachii and Anterior Deltoid Excitation Comparing Straight vs. EZ Barbell Coupled with Arms Flexion/No-Flexion. *J Funct Morphol Kinesiol*, 8(1), 13 <https://doi/10.3390/jfmk8010013> (in English).
17. Barnes, M., Miller, A., Reeve, D., Stewart, R. (2019). Acute Neuromuscular and Endocrine Responses to Two Different Compound Exercises: Squat vs. Deadlift. *J Strength Cond Res*, 33(9), 2381–2387. <https://doi/10.1519/JSC.0000000000002140> (in English).
18. Becker, L., Semmlinger, L., & Rohleder, N. (2021). Resistance training as an acute stressor in healthy young men: associations with heart rate variability, alpha-amylase, and cortisol levels. *Stress*, 24(3), 318–330. <https://doi/10.1080/10253890.2020.1799193> (in English).
19. Martorelli, A., De Lima, F., Vieira, A., Tufano, J., Ernesto, C., Boulosa, D., Bottaro, D. (2021). The interplay between internal and external load parameters during different strength training sessions in resistance-trained men. *Eur J Sport Sci*. 21(1), 16–25. <https://doi/10.1080/17461391.2020.1725646> (in English).
20. Gala, K., Desai, V., Liu, N., Omer, E., McClave, S. (2020). How to Increase Muscle Mass in Critically Ill Patients: Lessons Learned from Athletes and Bodybuilders. *Curr Nutr Rep*, 9(4), 369–380. <https://doi/10.1007/s13668-020-00334-0> (in English).
21. Ramos-Campo, D., Martínez-Aranda, L., AndreuCaravaca, L., Ávila-Gandía, V., Rubio-Arias, J. (2021). Effects of resistance training intensity on sleep quality and strength recovery in trained men: a randomized cross-over study. *Biol Sport*, 38(1), 81–88. <https://doi/10.5114/biolsport.2020.97677> (in English).
22. Jurasz, M., Boraczyński, M., Wójcik, Z., Gronek, P. (2022). Neuromuscular Fatigue Responses of Endurance- and Strength-Trained Athletes during Incremental Cycling Exercise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14), 8839. <https://doi/10.3390/ijerph19148839> (in English).
23. Mihăiță, E., Badau, D., Stoica, M., Mitrache, G., Stănescu, M., Hidi, I., Badau, A., Damian, C., Damian, M. (2022). Identification of Perception Differences in Personality Factors and Autonomy by Sporting Age Category in Competitive Bodybuilders. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 167 <https://doi/10.3390/ijerph20010167> (in English).
24. Trindade, T., Alves, R., Castro, B., Medeiros, M., Medeiros, J., Dantas, P., Prestes, J. (2022). Pre-exhaustion Training, a Narrative Review of the Acute Responses and Chronic Adaptations. *Int J Exerc Sci*, 15(3), 507–525 (in English).
25. Bauer, P., Majisik, A., Mitter, B., Csapo, R., Tschan, H., Hume, P., Martínez-Rodríguez, A., Makivic, B. (2023). Body Composition of Competitive Bodybuilders: A Systematic Review of Published Data and Recommendations for Future Work. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 37(3), 726–732. <https://doi/10.1519/JSC.0000000000004155> (in English).

Стаття надійшла до редакції 20.02.2023 р.