

ВПЛИВ СИЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА РІВЕНЬ СТЕРОЇДНИХ ГОРМОНІВ У СПОРТСМЕНІВ ЗІ ЗМІШАНИХ ЄДИНОБОРСТВ (НА ПРИКЛАДІ ХОРТИНГУ)

Станіслав Федоров¹, Ольга Андрійчук¹, Світлана Індіка¹,
Ірина Сущенко², Карен Абрамов³, Олександр Кулаков¹

¹Волинський національний університет імені Лесі Українки, Україна;

²Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», Україна;

³Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Україна

<https://doi.org/10.29038/2220-7481-2023-04-53-61>

Анотація

Мета статті – дослідити характер зміни показників концентрації кортизолу та тестостерону крові спортсменів із хортингу під час використання різних за структурою моделей тренувальних занять із силової підготовки. **Методи.** У дослідженні взяли участь 60 спортсменів, із яких сформовано три дослідні групи. У процесі досліджень представники обстежених груп використовували експериментальні моделі занять із силової підготовки. На основі результатів лабораторного контролю визначали особливості зміни концентрації гормонів кортизолу та тестостерону в сироватці крові спортсменів у процесі досліджень. **Результати.** Виявлено, що лише в спортсменів третьої групи спостерігаємо тенденцію до підвищення концентрації кортизолу в крові на 3,5 % у відповідь на навантаження силового характеру. Порівняльний аналіз результатів на початку та в кінці досліджень виявив, що в спортсменів першої та другої груп базальний рівень концентрації кортизолу в крові зменшився на 9,4 % ($p < 0,05$), незважаючи на те, що представники цих груп використовували зовсім різні режими навантажень, комплекси вправ і види енергозабезпечення рухової активності. Однак у спортсменів третьої групи базальний рівень кортизолу підвищився на 17,5 % ($p < 0,05$) у порівнянні з вихідними даними в стані спокою. Результати оперативного контролю свідчать про зниження концентрації тестостерону в крові після тренувального заняття на 7,3 % ($p < 0,05$) у спортсменів другої групи. Порівняльний аналіз результатів лабораторного контролю виявлених на початку та в кінці досліджень у стані спокою свідчить про те, що в спортсменів першої групи базальний рівень концентрації тестостерону гормону в крові підвищився на 17,9 % ($p < 0,05$) у порівнянні з вихідними даними. У спортсменів другої й третьої груп базальний рівень досліджуваного стероїдного гормону після трьох місяців демонструє відсутність змін. **Висновки.** Визначено, що саме використання в процесі силової підготовки в хортингу моделі тренувальних занять з почерговою варіацією навантажень різної інтенсивності з дотриманням умов принципу «передчасної втоми» за рахунок попереднього виконання вправ ізолюючого характеру на певну м'язову групу, а потім базового характеру з показниками робочої ваги обтяження 70,0 % від 1 ПМ сприяє підвищенню концентрації кортизолу й тестостерону в крові у відповідь на стресовий подразник.

Ключові слова: змішані єдиноборства, гормони, моделі тренувальних занять, силова підготовка.

Stanislav Fedorov, Olga Andriychuk, Svitlana Indyka, Iryna Sushchenko, Karen Abramov, Oleksandr Kulakov. Influence of Training Load on the Level of Steroid Hormones in Mixed Martial Arts Athletes (on the Example of Horting). The Purpose of the Research is to study the nature of changes in the concentration of cortisol and testosterone in the horting athletes' during the use of different structured strength training load models. **The Methods of the Research.** 60 athletes took part in the study that have been divided into 3 research groups. Representatives of the examined groups used experimental strength training load models. Based on the results of laboratory control, the characteristics of changes in the concentration of cortisol and testosterone hormones in the blood serum of athletes during the research were determined. **The Research Results.** It was found that only the athletes of the 3rd group had an increasing of cortisol concentration in their blood by 3,5 % in response to the strength training load. A comparative analysis of the results at the beginning and at the end of the studies revealed that basal level of cortisol concentration in blood of the 1st and the 2nd groups of athletes decreased by 9,4 % ($p < 0,05$), despite the fact that the representatives of these groups used completely different training load regimes, sets of exercises and types of motor activity energy supply. However, the basal cortisol level of the 3rd group athletes, increased by 17,5 % ($p < 0,05$) in contrast to the initial data at rest. The results of operative control indicate a decrease the testosterone concentration in the 2nd group athletes' blood after training by 7,3 % ($p < 0,05$). A comparative analysis of laboratory control results of the initial and finished studies indicates that the basal level of the hormone testosterone concentration in the 1st group athletes' blood increased by 17,9 % ($p < 0,05$) compared to the initial data. The basal level of the studied steroid hormone of the 2nd and the 3rd groups of athletes after 3 months is being without any changes. **Findings.** It was determined that during the strength training load in horting, the use of a training model with alternating variations of

different load intensities in compliance with the principle of "premature fatigue" due to the preliminary trainings of an isolating nature for a certain muscle group, and then of a basic nature with indicators of working weight burden of 70,0 % of 1RM, facilitates increasing of the cortisol and testosterone concentration in the blood in response to a stressful stimulus.

Key words: mixed martial arts, hormones, models of training, strength training.

Вступ. Вивченню доцільності використання біохімічного контролю сироватки крові спортсменів у тренувальній та змагальній діяльності в змішаних єдиноборствах протягом останніх десятиліть приділялася пильна увага провідних науковців зі спортивної фізіології [1; 3; 7]. Характер зміни відповідних біохімічних показників крові спортсменів у процесі тренувальної діяльності дає змогу тренерам і науковцям чітко визначити перебіг адаптаційно-компенсаторних реакцій організму на фізичний подразник, а також спрогнозувати необхідні дії, пов'язані з корекцією тренувального процесу [2; 5; 9; 11].

Спірним та одночасно актуальним напрямом медико-біологічного контролю, є визначення оптимальних параметрів обсягу та інтенсивності тренувальних навантажень, які є найбільш адекватними з погляду безпечності й ефективності функціональним можливостям організму. Цей напрям має досить важливе значення, особливо на етапі спеціалізованої базової підготовки в хортингу та в інших видах змішаних єдиноборств [4; 7]. Ураховуючи завдання, які ставляться перед спортсменами й тренерами на цьому етапі підготовки, використання біохімічних показників концентрації стероїдних гормонів та активності певних ферментів у сироватці крові є невід'ємною частиною процесу оптимізації тренувальних навантажень для спортсменів [2; 3; 8].

Особливу увагу науковці [6; 11] приділяють проблемі ефективності використання в якості інформативних біохімічних маркерів оцінки адекватності величини тренувальних і змагальних навантажень адаптаційним резервам організму, показників концентрації кортизолу та тестостерону в крові. Вивчення особливостей зміни концентрації цих стероїдних гормонів в умовах різних режимів силового навантаження дає змогу чітко визначити адаптаційно-компенсаторні реакції на відповідний стресовий подразник [3; 4; 9].

Мета дослідження – дослідити характер зміни показників концентрації кортизолу та тестостерону крові спортсменів із хортингу під час використання різних за структурою моделей тренувальних занять із силової підготовки.

Методи. У дослідженні взяли участь 60 спортсменів. Для виконання основних завдань дослідження сформовано три дослідні групи по 20 спортсменів у кожній. На початку дослідження представники всіх трьох груп мали практично ідентичний розвиток силових можливостей, рівень спеціальної ударної підготовки й адаптаційні резерви організму.

Спортсмени першої групи використовували в процесі трьох місяців дослідження першу експериментальну модель занять із силової підготовки, в основі якої застосовується комплекс вправ на тренажерах в умовах анаеробно-гліколітичному режиму енергозабезпечення з показником робочої маси снаряду 70,0 % від 1ПМ. Представники другої групи використовували другу експериментальну модель із силової підготовки, тренувальні навантаження в якій виконуються в анаеробно-алактатному режимі енергозабезпечення з комплексом вправ зі штангою й гантелями, а показник робочої маси снаряду становить 85,0 % від 1ПМ. Учасники третьої групи використовували третю експериментальну модель занять із застосуванням принципу «передчасного стомлення», варіативністю виконання вправ в анаеробно-гліколітичному й анаеробно-алактатному режимах енергозабезпечення та робочою масою снаряду в 75,0 % від 1ПМ, а також із використанням комплексу вправ на тренажерах.

У процесі дослідження концентрацію стероїдного гормону тестостерону та кортизолу в сироватці крові визначали методом імуноферментного аналізу, із використанням набору реагентів СтероїдІФА-тестостерон на обладнанні фірми «Алкор Біо» [11]. Процедура забору крові в учасників обстежених груп відбувалась із дотриманням загальних вимог до проведення медико-біологічних досліджень [10]. Забір крові в спортсменів відбувався в стані спокою з вени до та після тренувального заняття.

Статистичний аналіз результатів дослідження виконували з використанням пакета програм IBM *SPSS*Statistics 26 (StatSoftInc., США). Для визначення найменшого розміру вибірки для дослідження (розрахунок статистичної потужності) застосовували програму G-Power 3.1.96 (Німеччина). Використовуючи критерій Колмогорова-Смирнова, визначали нормальний розподіл, за його відсутності застосовували непараметричні методи дослідження. Визначали median, interquartile range

(IQR). Використовували непараметричний критерій Н-Краскела-Уолліса для порівняння вихідних параметрів між трьома групами обстежених.

Результати дослідження. На рис. 1 представлено результати зміни концентрації кортизолу в сироватці крові учасників усіх трьох дослідних груп на початку (А) та в кінці (Б) дослідження в умовах використання запропонованих моделей тренувальних занять. Аналіз результатів, отриманих до початку дослідження, свідчить про те, що вихідні параметри концентрації базального рівня кортизолу в сироватці крові в обстежених учасників не виходять за межі фізіологічної норми.

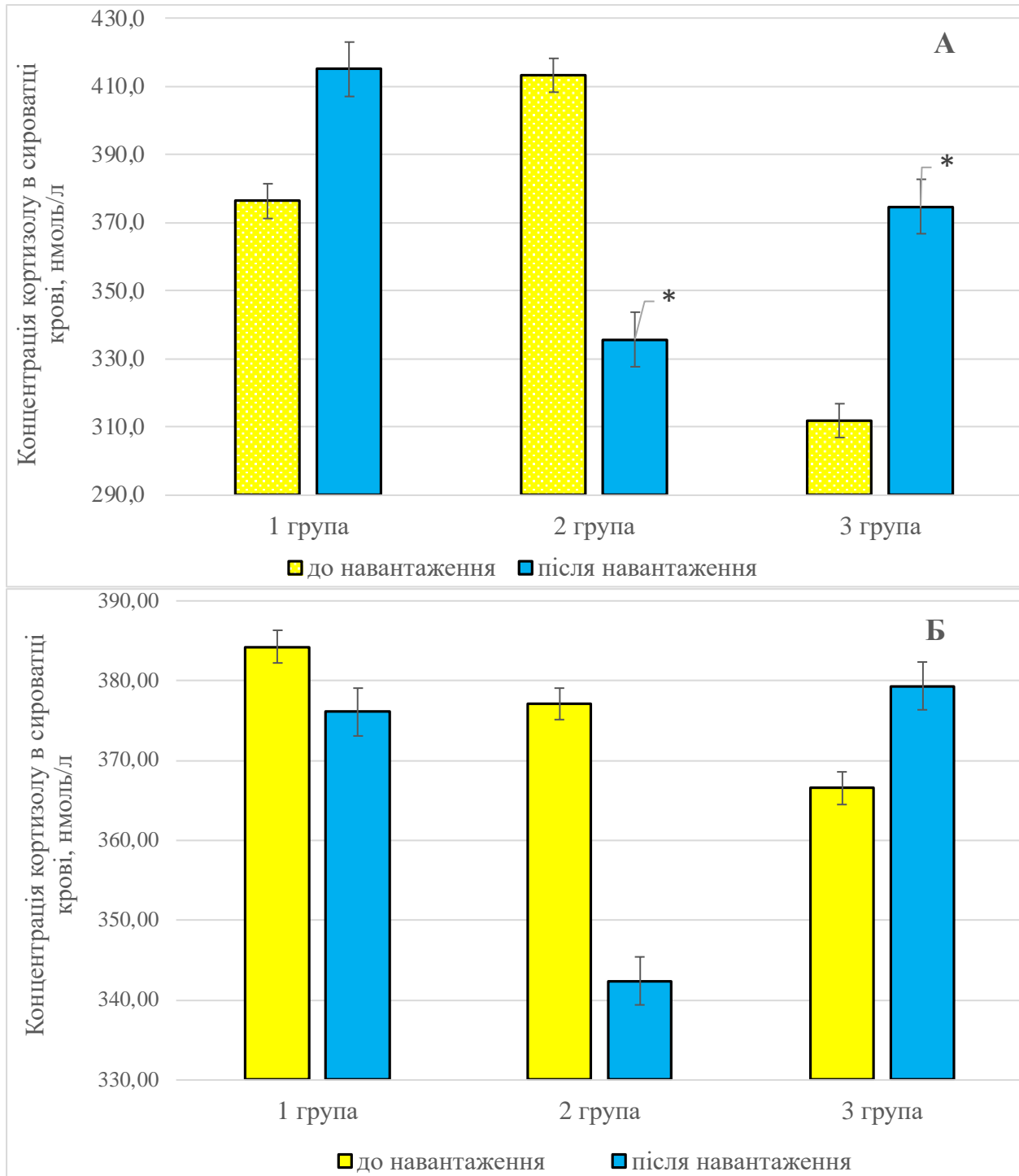


Рис. 1. Результати зміни концентрації кортизолу в сироватці крові спортсменів усіх обстежених груп в умовах використання запропонованих моделей тренувальних занять на початку (А) та в кінці (Б) дослідження, $n=60$

Примітка. * – $p < 0,05$ у порівнянні з показниками до навантаження.

Отримані на початку дослідження результати після навантаження свідчать, що найбільше підвищення концентрації досліджуваного стероїдного гормону кори наднирників на 20,1 % ($p < 0,05$) у порівнянні зі станом спокою виявлено в спортсменів третьої групи, які використовували варіативну комбінацію вправ та режимів навантаження в умовах принципу «передчасного стомлення» насамперед м'язів-агоністів. Позитивну тенденцію до підвищення концентрації кортизолу в крові після тренувального навантаження виявлено також у спортсменів першої групи, але ці результати майже вдвічі поступаються показникам, зафіксованим серед спортсменів третьої групи. Цей факт свідчить, що моделі тренувальних занять із силової підготовки, які використовували спортсмени першої та третьої груп, є лише позитивними стресовими подразниками й не виходять за межі фізіологічної норми.

Результати біохімічного контролю оцінки особливостей зміни концентрації кортизолу в сироватці крові спортсменів другої групи на початку дослідження у відповідь на силові навантаження високої інтенсивності в умовах використання комплексу вправ із вільною вагою обтяження (штанги, гантелі) в анаеробно-алактатному режимі енергозабезпечення свідчать про те, що рівень цього гормону суттєво знижується на 23,1 % ($p < 0,05$) після тренувального навантаження в порівнянні зі станом спокою. Отримані результати вказують на те, що запропонована спортсменам другої групи модель тренувальних занять із певними показниками обсягу та інтенсивності навантаження призвела до енергетичного виснаження адаптаційних резервів організму за рахунок великої кількості м'язів-синергістів і стабілізаторів, які задіяні під час використання вправ із вільною вагою обтяження. Унаслідок використання відповідних тренувальних навантажень, як стверджує ряд науковців із напрямку біохімії рухової активності та ендокринології в спорті [128], активізувався процес глюконеогенезу, реалізація якого вимагає значних запасів гормону кортизолу, що й призвело до його зниження.

Установлено, що результати біохімічного контролю, виявлені після трьох місяців досліджень у заданих умовах тренувальної діяльності, демонструють менш виражену зміну концентрації кортизолу в крові спортсменів у порівнянні з даними, фіксованими на початку проведення обстеження. Так, на цьому етапі виявлено, що лише в спортсменів третьої групи спостерігаємо тенденцію до підвищення концентрації цього глюкокортикостероїдного гормону в крові на 3,5 % у відповідь на навантаження силового характеру.

У процесі досліджень виявлено, що в представників першої та другої груп, незалежно від того, що запропоновані їх моделі тренувальних занять із силової підготовки суттєво відрізняються один від одного за показниками енергозабезпечення м'язової діяльності, режимами навантаження та комплексами силових вправ – показник концентрації кортизолу в сироватці крові демонструє тенденцію до зниження.

Так, у спортсменів другої групи після трьох місяців дослідження, контрольований біохімічний показник крові демонструє зниження концентрації на 10,2 % у відповідь на навантаження високої інтенсивності в умовах анаеробно-алактатного режиму енергозабезпечення й вправ із вільною вагою обтяження. При цьому в спортсменів першої групи, які використовували тренувальні навантаження середньої інтенсивності під час виконання вправ на тренажерах в анаеробно-гліколітичному режимі енергозабезпечення, виявлено тенденцію до зниження концентрації гормону кортизолу в крові після тренувального навантаження майже в п'ять разів менша в порівнянні з результатами, фіксованими в чоловіків другої групи.

На основі аналізу представлених графічно на рис. 1 результатів зміни базального рівня концентрації кортизолу в сироватці крові учасників дослідження можемо зробити певні висновки. Так, порівняльний аналіз результатів на початку й у кінці досліджень виявив, що в спортсменів першої групи базальний рівень концентрації досліджуваного гормону в крові зменшився на 9,4 % ($p < 0,05$) після трьох місяців використання запропонованої учасникам моделі тренувальних занять. Практично ідентичну динаміку до зниження рівня концентрації кортизолу в крові спостерігаємо й у спортсменів другої групи, незважаючи на те, що представники цих груп використовували зовсім різні режими навантажень, комплекси вправ і види енергозабезпечення рухової активності. Однак у спортсменів третьої групи базальний рівень досліджуваного стероїдного гормону після трьох місяців використання запропонованої моделі тренувальних занять із силової підготовки підвищився на 17,5 % ($p < 0,05$) у порівнянні з вихідними показниками в стані спокою.

Отже, отримані після трьох місяців використання спортсменами кожної з груп моделей тренувальних занять із силової підготовки в хортингу, результати лабораторного контролю свідчать про різнонаправлений характер зміни концентрації кортизолу в крові. Саме в умовах використання

принципу «передчасної втоми» працюючих м'язових груп із варіативною почерговою варіацією різних видів енергозабезпечення та комплексів вправ, у спортсменів третьої групи спостерігаємо виражені адаптаційні зміни в організмі. Виявлене в кінці дослідження зниження концентрації кортизолу в крові в спортсменів інших двох груп свідчить про підвищення активності компенсаторних реакцій організму на стресовий подразник і необхідність у найкоротший термін провести корекцію моделей тренувальних занять задля запобігання проявів процесу зриву адаптації.

На рис. 2 представлено результати зміни концентрації тестостерону в сироватці крові учасників усіх трьох дослідних груп на початку (А) та в кінці (Б) дослідження в умовах використання запропонованих моделей тренувальних занять.

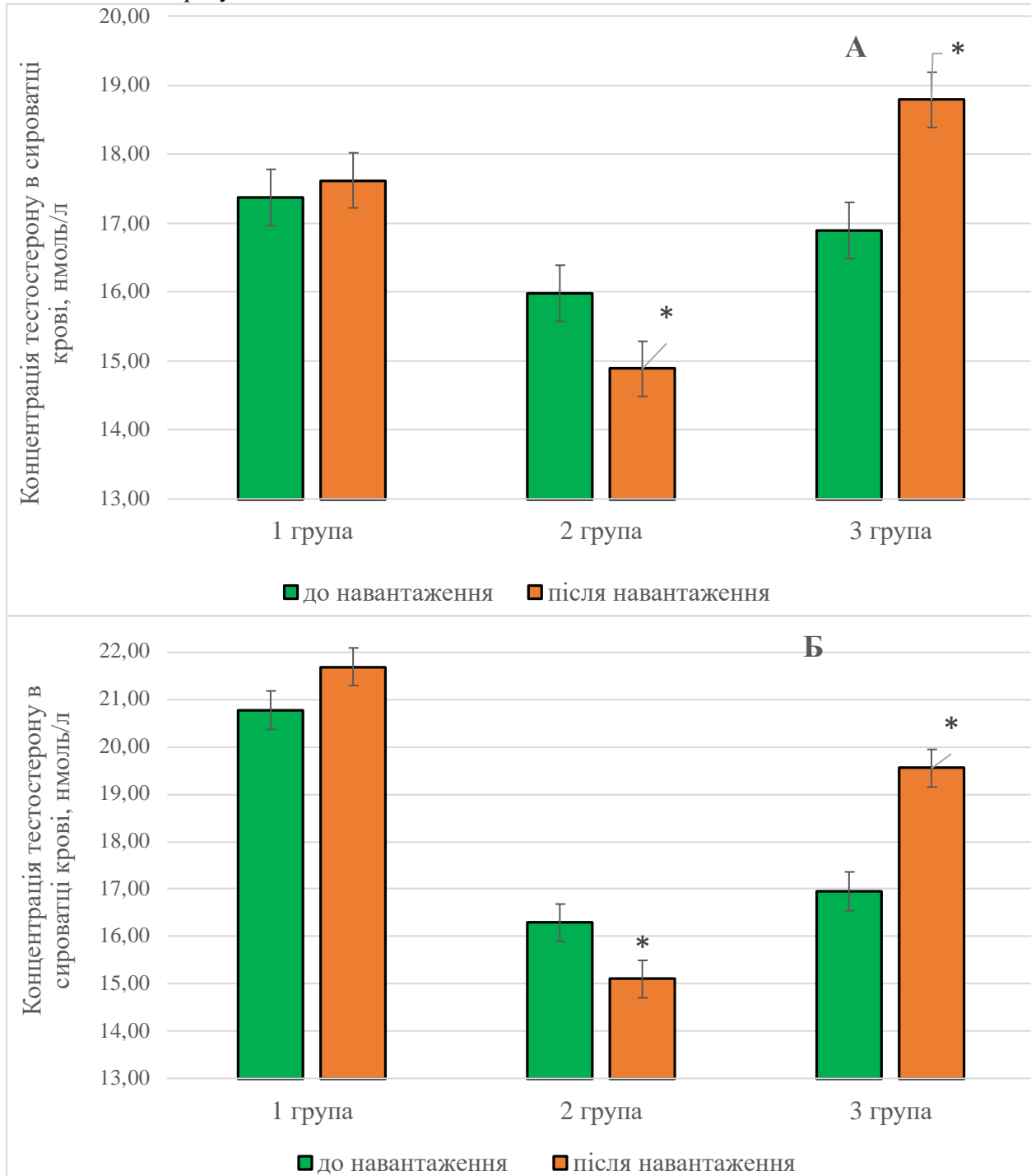


Рис. 2. Результати зміни концентрації тестостерону в сироватці крові спортсменів усіх обстежених груп в умовах використання запропонованих моделей тренувальних занять на початку (А) та в кінці (Б) дослідження, $n=60$

Примітка. * – $p < 0,05$ у порівнянні з показниками до навантаження.

На основі аналізу результатів, зафіксованих до початку дослідження, встановлено, що вихідні параметри концентрації базального рівня тестостерону в сироватці крові спортсменів усіх трьох груп відповідають фізіологічній нормі. Результати оперативного контролю, отримані у відповідь на запропоновані навантаження, свідчать, що найбільш виражене підвищення концентрації досліджуваного статевого гормону на 11,2 % ($p < 0,05$), у порівнянні зі станом спокою, виявлено в спортсменів третьої групи, які використовували варіативну комбінацію вправ і режимів навантаження в умовах принципу «передчасного стомлення м'язів».

Досліджуваний на початку дослідження біохімічний показник крові у спортсменів 1 групи, які використовували комплекс вправ на тренажерах та режим середньої інтенсивності, у відповідь на стресовий подразник не змінився. Однак застосування силових навантажень високої інтенсивності та комплексу вправ із вільною вагою обтяження, сприяло зниженню концентрації тестостерону в крові після тренувального заняття на 7,3 % ($p < 0,05$) у спортсменів другої групи.

Отже, отримані результати на початку дослідження свідчать про те, що лише модель тренувальних занять із силової підготовки в хортингу, яку використовували спортсмени третьої групи, є найбільш оптимальною й позитивно впливає на підвищення концентрації тестостерону в сироватці крові.

Установлено, що представлені графічно результати динаміки досліджуваного біохімічного показника крові, виявлені після трьох місяців застосування розроблених моделей тренувальних занять, демонструють практично аналогічний напрям змін концентрації тестостерону в спортсменів обстежених груп, який зафіксовано на початку дослідження у відповідь на стресовий подразник.

Так, у спортсменів третьої групи середньогрупові показники концентрації тестостерону в сироватці крові підвищилися на 15,3 % ($p < 0,05$) у порівнянні зі станом спокою. Виявлено, що в спортсменів першої групи, які використовують навантаження лише середньої інтенсивності та анаеробно-гліколітичний вид енергозабезпечення під час виконання силових вправ на тренажерах із 70,0 % робочої маси снаряду від 1 ПМ, концентрація тестостерону підвищується у відповідь на такий подразник, але в 3,5 раза меншою прогресією у порівнянні з результатами, фіксованими в чоловіків третьої групи.

Аналіз результатів дослідження, виявлених після трьох місяців досліджень, свідчить про те, що в спортсменів другої групи у відповідь на навантаження високої інтенсивності в умовах анаеробно-алактатного режиму енергозабезпечення, використовуючи комплекс вправ із вільною вагою обтяження, рівень концентрації тестостерону знижується на 7,2 % ($p < 0,05$) у порівнянні зі станом спокою. Отримані дані повністю збігаються з результатами, виявленими на початку дослідження, що вказує на відсутність на цьому етапі досліджень механізму резистентності організму спортсменів, або можливий прояв компенсаторних реакцій до подібних силових навантажень у заданих умовах запропонованої моделі тренувальних занять у хортингу.

Порівняльний аналіз результатів зміни базального рівня концентрації тестостерону (у стані спокою до навантажень) у сироватці крові учасників дослідження демонструє прояв процесів адаптації, особливо в спортсменів першої групи. Так, порівняльний аналіз результатів лабораторного контролю, виявлених на початку та в кінці досліджень у стані спокою, свідчить про те, що в спортсменів першої групи базальний рівень концентрації тестостерону гормону в крові підвищився на 17,9 % ($p < 0,05$) у порівнянні з вихідними даними. При цьому досліджуваний біохімічний показник крові в спортсменів другої групи протягом усього періоду досліджень практично не змінився, лише продемонстрував позитивну тенденцію до зміни на 1,1 %. У спортсменів третьої групи базальний рівень досліджуваного стероїдного гормону після трьох місяців використання запропонованої моделі тренувальних занять із силової підготовки демонструє відсутність змін.

Дискусія. Вивченню механізмів реалізації в хортингу основних напрямів фізіологічного, біохімічного контролю адаптаційно-компенсаторних реакцій спортсменів в умовах тренувальної діяльності та під час поєдинків протягом останніх десятиліть приділяли пильну увагу провідні науковці зі спортивної фізіології (Chernozub et al., (2020) [2], Korobeynikov et al., (2017) [7], Matthews & Nicholas, (2017) [9]). Характер зміни параметрів біохімічних показників крові спортсменів у процесі тренувальної діяльності в умовах гострого навантаження (під час поєдинку) та в процесі довготривалої адаптації дає змогу тренерам і науковцям чітко визначити перебіг компенсаторних реакцій організму на фізичний подразник, а також спрогнозувати необхідні дії, пов'язані з корекцією тренувального процесу (Crewther, Obmiński & Cook, (2018) [4], Kılıc et al. (2019) [6]). Цей напрям має досить важливе значення особливо на етапі спеціалізованої базової підготовки в хортингу та в інших

видах змішаних єдиноборств. Ураховуючи завдання, які ставляться перед спортсменами й тренерами на цьому етапі підготовки, використання біохімічних показників концентрації стероїдних гормонів та активності певних ферментів у сироватці крові є невід'ємною частиною процесу оптимізації тренувальних навантажень для спортсменів (Papassotiřiou & Nifli, (2018) [11], Philippou et al., (2017) [12], Tota & Wiecha (2022) [19]).

У процесі експериментальних досліджень встановлено, що застосування під час тренувань на етапі спеціалізованої базової підготовки з хортингу моделі занять, в основу якої покладено вправи з вільною вагою обтяження (штанги, гантелі) на тлі анаеробно-алактатного виду енергозабезпечення м'язової діяльності та за умов навантажень високої інтенсивності з параметрами показника робочої ваги обтяження 85,0 % від 1 ПМ, відбуваються зниження концентрації кортикостероїдного гормону кортизолу в крові у відповідь на цей стресовий подразник на всіх етапах дослідження. Виявлені біохімічні реакції вказують на виражену компенсаторну реакцію організму у відповідь на силові навантаження в таких умовах тренувальної діяльності та активацію процесу гліюконеогенезу, викликану зниженням рівня енергозабезпечення (Shaner et al., (2014) [14], Spada et al. (2018) [16]). Установлено, що застосування подібної моделі занять із силової підготовки в хортингу викликає зниження концентрації тестостерону в крові спортсменів цієї групи у відповідь на подразник, що пов'язано з прискореним розвитком м'язової втоми внаслідок зниження адаптаційних резервів і проявом компенсаторних реакцій (Walker et al., (2017) [20], Wochyński & Sobiech (2017) [21]).

Отримані результати доповнюють наукові дані щодо особливостей адаптаційно-компенсаторних реакцій організму спортсменів на етапі спеціалізованої базової підготовки в умовах використання тренувальних принципів силової спрямованості. Так, виявлено, що застосування в процесі силової підготовки в хортингу моделі тренувальних занять із почерговою варіацією навантажень різної інтенсивності з дотриманням умов принципу «передчасної втоми» за рахунок попереднього виконання вправ ізольованого характеру на певну м'язову групу, а потім базового характеру й сприяє підвищенню концентрації кортизолу в крові у відповідь на стресовий подразник. Відповідні зміни свідчать про активацію механізмів короточасної адаптації спортсменів в умовах варіативного використання навантажень різного обсягу та інтенсивності на тлі різних видів анаеробного енергозабезпечення м'язової діяльності (Sarin et al., (2019) [13], Tota & Wiecha (2022) [19]). Це підтверджено результатами контролю зміни концентрації тестостерону в сироватці крові у відповідь на тренувальні навантаження, які виявлено в спортсменів третьої групи на початку й у кінці дослідження. Так, підвищення концентрації тестостерону в сироватці крові спортсменів після тренувального навантаження вказує на активацію процесів анаболізму в організмі, які сприятимуть механізмам довготривалої адаптації та підвищення функціональних можливостей загалом.

Висновки

Установлено, що використання в процесі силової підготовки з хортингу моделі тренувальних занять, структура якої складається із вправ із вільною вагою обтяження (штанги, гантелі) в умовах анаеробно-алактатного режиму енергозабезпечення й навантажень високої інтенсивності, де показник робочої ваги становить 85,0 % від 1 ПМ, сприяє зниженню концентрації гормону кортизолу в крові у відповідь на фізичний подразник протягом усіх трьох місяців дослідження. Такі зміни свідчать про виражену компенсаторну реакцію організму на стресовий подразник й активацію процесу гліюконеогенезу, викликану зниженням рівня енергозабезпечення в цих умовах м'язової діяльності. Зниження концентрації тестостерону в крові спортсменів цієї групи у відповідь на подібні навантаження, можливо, пов'язано з прискореним розвитком м'язової втоми внаслідок зниження адаптаційних резервів і проявом компенсаторних реакцій;

Виявлено, що використання в процесі силової підготовки в хортингу моделі тренувальних занять із почерговою варіацією навантажень різної інтенсивності з дотриманням умов принципу «передчасної втоми» з м'язів-агоністів за рахунок попереднього виконання вправ ізольованого характеру на певну м'язову групу, а потім базового характеру з показниками робочої ваги обтяження 70,0 % від 1 ПМ, сприяє підвищенню концентрації кортизолу в крові у відповідь на стресовий подразник. Цей факт свідчить про реалізацію механізму короточасної адаптації спортсменів третьої групи в умовах застосування заданого режиму навантажень, а також адекватність показників інтенсивності, обсягу навантажень функціональним можливостям організму обстеженого контингенту. Це підтверджено результатами контролю зміни концентрації тестостерону в сироватці крові у відповідь на тренувальні

навантаження, які виявлено в спортсменів третьої групи на початку та в кінці дослідження. Так, підвищення концентрації тестостерону в сироватці крові спортсменів після тренувального навантаження вказує на активацію процесів анаболізму в організмі, які сприятимуть механізмам довготривалої адаптації й підвищення функціональних можливостей загалом

Перспективи подальших досліджень. У подальшому планується проведення досліджень для визначення процесів довготривалої адаптації спортсменів із хортингу в заданих умовах силових навантажень, використовуючи комплекс фізіологічних методів діагностики систем організму.

References

1. Chernozub [et al.] (2019). Chernozub, A., Danylchenko, S., Imas, Y., Kochina, M., Ieremenko, N., Korobeinikov, H., Korobeinikova L., Potop, V., Tsynarskii, W. J., Horashchenko, A. (2019). Peculiarities of correcting load parameters in power training of mixed martial arts athletes. *Journal of Physical Education and Sport*, 19 (Suppl. 2), 481–488. <http://dx.doi.org/10.7752/jpes.2019.s2070> (in English).
2. Chernozub [et al.] (2020). Chernozub, A., Potop, V., Korobeinikov, H., Timnea, O. C., Dubachinskii, O., Ikkert, O., Briskin, Y., Boretsky, Y., Korobeinikova, L. Creatinine is a biochemical marker for assessing how untrained people adapt to fitness training loads. *Peer J*. 2020 May 22, 8, e9137. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.9137>. eCollection 2020 (in English).
3. Costa, et al. (2019) Costa, R. R., Buttelli, A. C. K., Vieira, A. F., Coconcelli, L., et al. Effect of Strength Training on Lipid and Inflammatory Outcomes: Systematic Review With Meta-Analysis and Meta-Regression. *J Phys Act Health*, 16(6), 477–491 (in English).
4. Crewther, Obmiński & Cook (2018), Crewther, B. T., Obmiński, Z., Cook, C. J. (2018). Serum cortisol as a moderator of the relationship between serum testosterone and Olympic weightlifting performance in real and simulated competitions. *Biol Sport*, 35(3), 215–221 (in English).
5. James, et al. (2016). James, L. P., Beckman, E. M., Kelly, V. G., Haff, G. G. The Neuromuscular Qualities of Higher- and Lower-Level Mixed-Martial-Arts Competitors. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12, 5, 612–620. <http://dx.doi.org/10.1123/ijsp.2016-0373> (in English).
6. Kılıc, et al. (2019). Kılıc, Y., Cetin, H. N., Sumlu, E., Pektas, M. B., Koca, H. B., Akar, F. Effects of boxing matches on metabolic, hormonal, and inflammatory parameters in male elite boxers. *Medicina*, 55(6), 288. <http://dx.doi.org/10.3390/medicina55060288> (in English).
7. Korobeinikov, et al. (2017) Korobeinikov, H., Korobeinikova, L., Mytskan, B., Chernozub, A., Tsynarskii, W. J. Information processing and emotional response in elite athletes, Ido movement for culture. *Journal of Martial Arts Anthropology*, 17, 2, 41–50. <http://dx.doi.org/10.14589/ido.17.2.5> (in English).
8. Marques, et al. (2017). Marques, L., Franchini, E., Drago, G., Aoki, M., Moreira, A. Physiological and performance changes in national and international judo athletes during block periodization training. *Biology of Sport*, Dec, 34(4), 371–378. <http://dx.doi.org/10.5114/biolSport.2017.69825> (in English).
9. Matthews & Nicholas (2017). Matthews, J. J., Nicholas, C. Extreme Rapid Weight Loss and Rapid Weight Gain Observed in UK Mixed Martial Arts Athletes Preparing for Competition. *Int Journal Sport Nutr Exerc Metab*, 27, 2, 122–129. <http://dx.doi.org/10.1123/ijns.2016-0174> (in English).
10. Nasledov, (2013). Nasledov, A. D. IBM SPSS statistics 20 and AMOS: professional statistical data analysis. St. Petersburg (in English).
11. Papassotiropoulos, I., Nifli, A. P. (2018). Assessing performance in pre-season wrestling athletes using biomarkers. *Biochemia Medica*, 28(2), 020706. <http://dx.doi.org/10.11613/BM.2018.020706> (in English).
12. Philippou et al. (2017) Philippou, A. I., Maridaki, M., Tenta, R., Koutsilieris, M. Hormonal responses following eccentric exercise in humans. *Hormones*, 16, 4, 405–413. <http://dx.doi.org/10.14310/horm.2002.1761> (in English).
13. Sarin et al. (2019) Sarin, H. V., Ahtiainen, J. P., Hulmi, J. J., Ihalainen, J. K. Resistance Training Induces Antiatherogenic Effects on Metabolomic Pathways. *Med Sci Sports Exerc*, 51(9), 1866–1875 (in English).
14. Shaner, et al. (2014). Shaner, A. A., Vingren, J. L., Hatfield, D. L., Budnar, R. H., Duplanty, A. A., Hill, D. W. The acute hormonal response to free weight and machine weight resistance exercise, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28, 4, 1032–1040. <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0000000000000317> (in English).
15. Slimani et al. (2017) Slimani, M., Davis, P., Franchini E, Moalla, W. Rating of Perceived Exertion for Quantification of Training and Combat Loads During Combat Sport-Specific Activities: A Short Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31, 10, 2889–2902. <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0000000000002047> (in English).
16. Spada, T. C., Silva, J. M., Francisco, L. S., Marçal, L. J., Antonangelo, L., Zanetta, D. M., Yu, L., Burdman, E. A. (2018). High intensity resistance training causes muscle damage and increases biomarkers of acute kidney injury in healthy individuals. *PLOS ONE*, 13(11):e0205791. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0205791> (in English).

17. Stajer, V., Vranes, M., Ostojic, S. M. (2018). Correlation between biomarkers of creatine metabolism and serum indicators of peripheral muscle fatigue during exhaustive exercise in active men. *Research in Sports Medicine*, 20, 1–8. <http://dx.doi.org/i: 10.1080/15438627.2018.1502185> (in English).
18. Tietz, N. W. (1995). WB Saunders; Philadelphia. Clinical guide to laboratory test, 3rd edition (in English).
19. Tota, Ł. M., Wiecha, S. S. (2022). Biochemical profile in mixed martial arts athletes. *PeerJ*, Jan 11, 10:e12708. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.12708>. eCollection 2022 (in English).
20. Walker, S., Häkkinen, K., Haff, G. G., Blazevich, A. J. (2017). Acute elevations in serum hormones are attenuated after chronic training with traditional isoinertial but not accentuated eccentric loads in strength-trained men. *Physiological Reports*, 5(7), e13241 (in English).
21. Wochyński Z., Sobiech K. (2017). Impact of special aviation gymnastics instruments training on selected hormones in cadets' blood serum and plasma. *International Journal Occupation Medicine and Environmental Health*, 30, 4, 655–664. <http://dx.doi.org/10.13075/ijomeh.1896.00904> (in English).

Стаття надійшла до редакції 24.11.2023 р.