



ВПЛИВ ДОНАТОРІВ ОКСИДУ АЗОТУ
НА ПОКРАЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ
МОЖЛИВОСТЕЙ СЕРЦЕВО-
СУДИННОЇ СИСТЕМИ І СПЕЦІАЛЬНОЇ
ТРЕНОВАНОСТІ ПРЕДСТАВНИКІВ
СИЛОВИХ ВИДІВ СПОРТУ

Орлов Олександр¹, Гуніна Лариса², Авсієвич Віталій³,
Крупеня Світлана², Орлов Анатолій⁴

¹Казахський Національний жіночий педагогічний університет,
м. Алмати, Республіка Казахстан

²Державний податковий університет України,
м. Ірпінь, Україна

³Казахська Академія спорту і туризму,
м. Алмати, Республіка Казахстан

⁴Запорізький національний університет,
м. Запоріжжя, Україна

DOI:10.32540/2071-1476-2024-1-159

Abstract

Introduction. The analysis of the data available in the scientific and methodological literature supports the general opinion that nitric oxide makes the recovery process after intensive training more efficient, which helps prevent the growth of fatigue and the formation of overstrain processes in sports. At the same time, nitric oxide donors are considered to be excellent pre-workout means, and their use in any form – as pharmaceuticals or special dietary supplements for athletes – allows to significantly improve the quality of training and ensure an increase in the efficiency of the competitive period. However, these data mainly relate to athletes of cyclic sports events and train such a motor quality as endurance. Therefore, it seems relevant to investigate the impact of nitric oxide donors (antecedents or precursors) on the functional state of the heart in relation to special training status indices in strength sports events.

The objective of the study is to evaluate the safety and mediated effectiveness of using a pharmacological complex based on nitric oxide donors for the prevention and correction of cardiac dysfunction and special training status improvement in representatives of strength sports events.

Material, methods and organization of the study. The following complex methodology was applied, which included theoretical methods incorporating analysis and generalization of pedagogical and scientific-methodical literature, empirical methods, pedagogical experiment, mathematical and statistical methods envisaging calculations of significance of data differences between groups of athletes and correlation analysis of indices.

The preliminary evidence-based study of the safety of using a special dietary supplement «Arginine + Citrulline» (manufactured by Now Food, USA) was based on dynamic monitoring of the main laboratory indices of hematological and biochemical homeostasis, as well as changes in lactate content. At the next stage of the study, the level of cardiomarkers (cardiac troponins T and I) in the blood serum was determined, as well as indices of special training status in representatives of strength sports events (through the example of skilled weightlifters) were investigated by the method of V.M. Abalakov.

During the randomized, double-blind, placebo-controlled study, 24 skilled weightlifters were divided into the main (14 participants) and control (10 participants) groups by simple stratification method. Representatives of the

main group used a special sports dietary supplement «Arginine + Citrulline», in a daily dose of 2 capsules of 500 mg of active substance, whereas those of the control group – placebo (capsules with starch) for 30 days in the dynamics of the training process. Laboratory and pedagogical researches were carried out synchronously at the beginning and the end of the experiment which was conducted in dynamics of the general preparatory stage of the preparatory period. The same program of training was used by athletes of both groups..

Results of the study. The obtained data on the safety assessment of the use of a special dietary supplement proved the lack of changes in the values of standard laboratory hematological and biochemical parameters in the dynamics of the experiment. In addition, the results of the study indicate, firstly, the absence of the acid-base balance deterioration, for which changes in the lactate content towards accumulation are largely responsible, and, secondly, the absence of shifts in the trigger mechanism that «launches» the process of fatigue and is mediated by changes in the lactic acid content in the athlete's body.

The findings show that the baseline content values of both cardiac troponins – cTnT and cTnI – before the study did not practically differ from those of healthy donors, thus indicating the lack of cardiac lesions in athletes during the standard training process. At the end of the 30-day monitoring period during intense physical loads peculiar to strength sports events in general and weightlifting in particular, a significant increase in the content of both cardiac troponins was observed in the control group compared to the data of donors and the results observed before the study. This is indicative of the changes in the integrity of myocardial cells under the influence of various metabolic changes in the dynamics of physical loads of high volume and intensity. As concerns the data of the main group of weightlifters, the positive effect of using the special sports dietary supplement «Arginine + Citrulline», which provides increased coronary and improved heart tissue circulations, is quite evident. They are additionally protected by L-citrulline malate, which binds and removes toxic substances from myocardial cells that accumulate during regular weightlifting training sessions. Therefore, the data obtained prove conclusively the preventive effect of an ergogenic and restorative extra-training product.

Pedagogical testing of special physical training status indices in representatives of strength sports events. The data obtained indicate that the course use of a special dietary supplement simultaneously containing two nitric oxide donors has a positive effect on special training status parameters related to muscular and neuromuscular coordination. This is realized in such an index of weightlifters' functional fitness as explosive power.

The results of the correlation analysis confirmed the authors' assumption about a close relationship between the content of cardiac troponins and the results reflecting the special training status of weightlifters in terms of the height of the barbell lift in standing jump and snatch row and the time of these testing exercises performance. The improvement of special training status indices reflecting changes in explosive power has become a direct confirmation of the positive effect of the course application of a complex of nitric oxide donors and a detoxifier on the heart muscle structure. Thus, in the main group, the height of the barbell lift during the standing high jump and snatch row increased significantly by 31.43 % compared to the baseline data, and 12.89 %, respectively, along with a simultaneous decrease in the time of executing the control exercises by 18.87 % and 21.54 %, respectively.

Conclusions. Thus, the existence of significant correlations confirms our hypothesis that the improvement of the heart functional state during strength loads with the use of nitric oxide donors due to blood circulation acceleration, which is more typical of cyclic loads («endurance»), despite the predominantly anaerobic mechanism of energy supply of muscular activity of weightlifters, has a positive effect on the indices of their special training status. This substantiates the expediency and effectiveness of both the use of nitric oxide donors (precursors) in representatives of sports with a predominantly anaerobic character of energy supply of skeletal muscle contractile activity and the practicability of including developing aerobic microcycles in the training process in such cases.

Keywords: nitric oxide donors, L-arginine, strength loads, qualified weightlifters, special training, functional capabilities of the cardiovascular system, cardiac biomarkers, troponins.

Анотація

Вступ. Результати проведеного аналізу існуючих в науково-методичній літературі даних підтверджують консолідовану думку, що вплив оксиду азоту робить процес відновлення після інтенсивних тренувань більш ефективним, що, в свою чергу, допомагає запобігати зростанню проявів стомлення і формуванню процесів перенапруження у спортсменів. Водночас донатори оксиду азоту вважаються відмінними передтренувальними засобами, та їхній прийом в будь-якому вигляді – як фармакологічних препаратів або як спеціальних харчових добавок для спортсменів – дозволяє значно підвищити якість тренувань і забезпечити збільшення ефективності змагального періоду. Але ці дані переважно стосуються спортсменів, що є представниками циклічних видів спорту при вихованні такої рухової здібності, як витривалість. Тому представляється актуальним дослідження впливу донаторів (попередників, або прекурсорів) оксиду азоту

на функціональні можливості серцево-судинної системи у зв'язку з показниками спеціальної тренуваності у силових видах спорту.

Мета дослідження – оцінити безпеку та опосередковану ефективність застосування фармакологічного комплексу на основі донаторів оксиду азоту у профілактиці та корекції проявів дисфункції серця і поліпшенні спеціальної тренуваності представників силових видів спорту.

Матеріал, методи і організація досліджень. У процесі дослідження застосовано комплексну методику, що включала теоретичні методи, які містили аналіз та узагальнення педагогічної та науково-методичної літератури, емпіричні методи, педагогічний експеримент, математико-статистичні методи з підрахунками достовірності розбіжностей даних між групами спортсменів і кореляційний аналіз показників.

Попередньо проведене доказове дослідження безпеки застосування спеціальної харчової добавки «Аргінін + цитрулін» (виробництва «Now Food», США) базувалося на динамічному спостереженні за основними лабораторними показниками гематологічного й біохімічного гомеостазу, а також змінами вмісту лактату. На наступному етапі дослідження визначено рівень кардіомаркерів (серцеві тропоніни Т та І) у сироватці крові, а також показники спеціальної тренуваності, що вивчали за методом В.М. Абалакова у представників силових видів спорту (на прикладі кваліфікованих важкоатлетів).

Під час проведення рандомізованого подвійного сліпого плацебо-контрольованого дослідження (РПСПКД) 24 кваліфікованих важкоатлетів методом простої стратифікації було розподілено на основну (n=14) й контрольну (n=10) групи. Представники основної групи протягом 30 днів у динаміці тренувального процесу застосовували спеціальну спортивну харчову добавку «Аргінін + цитрулін», у добовій дозі 2 капсули по 500 мг активної речовини, а представники контрольної групи за такою самою технологією – плацебо (капсули з крохмалем). Лабораторні і педагогічні дослідження проводили синхронно на початку і по закінченні експерименту, який здійснювали у динаміці загально-підготовчого етапу підготовчого періоду. Слід зазначити, що основна й контрольна групи спортсменів тренувалися за однаковими програмами.

Результати дослідження. Отримані дані щодо оцінки безпеки застосування спеціальної харчової добавки довели, що немає змін у величинах параметрів стандартних лабораторних гематологічних і біохімічних показників у динаміці експерименту. Крім того, результати дослідження вказують, по-перше, на відсутність погіршення кислотно-лужного балансу, за який значним чином відповідають саме зміни вмісту лактату у бік накопичення, а, по-друге, на відсутність зрушень тригерного механізму, який запускає процес стомлення та опосередковується саме змінами вмісту молочної кислоти в організмі за фізичних навантажень.

Як свідчать отримані дані, вихідні на початковому етапі дослідження значення вмісту обох серцевих тропонінів – cTnT і cTnI практично не відрізняються від значень у здорових донорів, що вказує на відсутність уражень серця спортсменів при стандартному тренувальному процесі. По закінченні 30-денного періоду спостереження під час інтенсивних фізичних навантажень, властивих силовим видам спорту взагалі і важкій атлетичі, зокрема, в контрольній групі спостерігається достовірне зростання вмісту обох серцевих тропонінів порівняно з даними у донорів і результатами, що спостерігаються на початковому етапі дослідження. Це вказує на зміни цілісності клітин міокарду під дією різноманітних метаболічних змін у динаміці фізичних навантажень значного об'єму та інтенсивності. Що ж стосується даних у важкоатлетів основної групи, то вочевидь існує позитивний вплив спеціальної спортивної харчової добавки «Аргінін + цитрулін», якій властиві зростання коронарного кровообігу та покращення циркуляції крові у тканинах серця. Додатково їх захищає L-цитруліну малат, який зв'язує і виводить із клітин міокарду токсичні речовини, що накопичуються під час регулярних тренувальних занять важкоатлетів. Таким чином, отримані дані переконливо доводять профілактичну дію ергогенного й відновлювального позатренувального засобу.

Наступний етап нашого дослідження базувався на педагогічному тестуванні показників спеціальної тренуваності у представників силових видів спорту. Отримані дані свідчать, що курсове застосування спеціальної харчової добавки, яка водночас вміщує два донатори оксиду азоту, позитивно позначається на параметрах спеціальної тренуваності, які пов'язані із м'язовою й нервово-м'язовою координацією. Це реалізується у такому показнику функціональної підготовленості важкоатлетів, як вибухова сила.

Результати проведеного кореляційного аналізу підтвердили припущення авторів про тісний зв'язок між вмістом серцевих тропонінів та результатами, що відображають спеціальну тренуваність важкоатлетів за показниками висоти підйому штанги у стрибку з місця та у ривковій тязі й часом виконання цих тестувальних вправ. Прямим підтвердженням позитивного впливу курсового застосування комплексу донаторів оксиду азоту і детоксиканту на структуру серцевого м'язу стало покращання показників спеціальної тренуваності, які віддзеркалюють зміни вибухової сили. Так, достовірно зросла в основній групі на 31,43 % проти вихідних даних висота підйому штанги у стрибку в висоту з місця, на 12,89 % – у ривковій тязі, при одночасному зменшенні часу виконання ці контрольних цих вправ на 18,87 % і 21,54 % відповідно.

Висновки. Таким чином, наявність значущих кореляційних зв'язків підтримує нашу гіпотезу щодо поліпшення функціональних можливостей серцево-судинної системи стосовно силових навантажень при застосуванні донаторів оксиду азоту за рахунок прискорення кровообігу, що більш властиво навантаженням циклічного характеру («на витривалість»), незважаючи на переважно анаеробний механізм енергозабезпечення м'язової діяльності важкоатлетів, справляє позитивний вплив на показники їхньої спеціальної тренуваності. Це обґрунтовує доцільність й ефективність як застосування донаторів (прекурсорів) оксиду азоту в представників видів спорту з переважно анаеробним характером енергозабезпечення скоротливої діяльності скелетних м'язів, так і доцільність включення розвиваючих аеробних мікроциклів до тренувального процесу в подібних випадках.

Ключові слова: донатори оксиду азоту, L-аргінін, силові навантаження, важка атлетика, кваліфіковані спортсмени, спеціальна тренуваність, функціональні можливості серцево-судинної системи, серцеві біомаркери, тропоніни.

Вступ. Фізичні навантаження є невід'ємною частиною активного способу життя і не тільки сприяють зростанню загального рівня фізичного здоров'я, але й мають значний вплив на роботу серцево-судинної системи. Сьогодні, коли фізична активність – взагалі та професійний спорт, зокрема, набувають все більшого значення, питання напрямків покращення функції серця стало предметом поглиблених наукових досліджень з активного пошуку нових маркерів і на цій основі змін алгоритму тренувальних дій та застосування позатренувальних ергогенних засобів. Одним з найбільш перспективних шляхів оптимізації функціональних можливостей серцево-судинної системи під час фізичних навантажень є використання донаторів оксиду азоту.

У цьому контексті оксид азоту визначають як регулятор судинного тону, в першу чергу, коронарних артерій, що активується метаболічними змінами при фізичних навантаженнях [18]. Оксид азоту відіграє важливу роль у підтримці функції ендотелію, сприяючи розслабленню гладеньких м'язів судин і подальшій судинній дилатації, що може позитивно впливати на швидкість кровообігу і покращувати механізми, які активують скоротливу функцію не тільки серцевого м'язу [19], але й скелетних м'язів, їхню гіпертрофію та розвиток, відповідно, силових характеристик спортсменів [14].

Сучасна наука досліджує складні механізми взаємодії між фізичною активністю та насосною функцією серця, що має велике значення для розуміння принципів збереження здоров'я й оптимізації стимуляції загальної й спеціальної фізичної працездатності при фізичних навантаженнях. Вивчення цієї взаємодії має на меті з'ясування ролі оксиду азоту в регуляції діяльності серцево-судинної системи через зміни функціонального стану клітин міокарда (міокардіоцитів).

Зниження вмісту оксиду азоту в тканинах серця підвищує тиск коронарних судин і зменшує швидкість коронарного кровообігу. У той же час, збільшення вмісту оксиду азоту за рахунок додавання його донаторів або прекурсорів має протилежний вплив на коронарний кровообіг, збільшуючи серцевий викид у відповідь на підвищення кінцево-діастолічного тиску [25].

Більшість препаратів, що відносяться до донаторів, містять умовно незамінну амінокислоту L-аргінін, яка є попередником (прекурсором) оксиду азоту [17]. Кількість L-аргініну, що споживається з їжею, вочевидь, недостатня для задоволення потреб організмів, які займаються безперервними тренуваннями силового характеру [26]. Оксид азоту підвищує продуктивність м'язів і сприяє зростанню показників м'язової сили і витривалості [20]. Він стимулює тканинний метаболізм і

впливає на спалювання підшкірного жиру. Він також позитивно впливає на мозкову активність, стабілізує емоційну та психічну рівновагу, значно зменшує втому та покращує настрій [29].

Особливо слід наголосити на тому, що у спортсменів силових видів спорту донатори азоту покращують результати пампінгу та прискорюють транспортування поживних речовин до м'язових клітин [31]. Помічено навіть, що під впливом оксиду азоту прискорюється регенерація пошкоджених тканин, в тому числі, й м'язових [28], включаючи участь у відновленні міоцитів при синдромі відстроченої м'язової хворобливості [30]. Ще одним позитивним ефектом цієї біологічно активної речовини є стимуляція імунної системи [32], стан якої є дуже важливим для спорту вищих досягнень у перед безпосередньої підготовки до змагань [1].

Англійські вчені під керівництвом професора Девіда Маггеріджа з Единбурзького університету Шотландії проводили тривалі й масштабні дослідження фізіологічної активності цієї речовини, і на прикладі спортсменів, які займаються видами спорту з переважним розвитком витривалості, було доведено ефективність оксиду азоту (у вигляді соку червоного буряка) та доцільність його застосування для покращення спортивних результатів. Згідно з даними дослідження, – під впливом цієї сполуки кровоносні судини роз-

ширюються, забезпечуючи скелетним м'язам і серцевому м'язу більш адекватне постачання кисню і поживних речовин [24].

В результаті проведених досліджень зроблено припущення про те, що оксид азоту робить процес відновлення після інтенсивних тренувань більш ефективним і сприяє запобіганню зростання проявів стомлення і формуванню процесів перенапруження у спорті. Водночас донатори оксиду азоту вважаються відмінними передтренувальними засобами (preworkout), та їхній прийом в будь-якому вигляді – як фармакологічних препаратів або як спеціальних харчових добавок для спортсменів – дозволяє значно підвищити якість тренувань і забезпечити зростання ефективності змагального періоду [6].

Наукометричні бази даних містять достатню кількість доказових досліджень щодо механізмів впливу покращання змін у м'язовій системі під впливом як самого оксиду азоту, так і його основного прекурсора – L-аргініну, особливо у сполученні із застосуванням іншої непротеїногенної кислоти L-цитруліну [12] під час тренувань на розвиток такої фізичної здібності як витривалість, при одночасному зростанні інтенсивності силових навантажень [14]. Але кількість рандомізованих подвійних сліпих плацебо-контрольованих досліджень, в яких було б доведено, яким чином зміни функціональних можливостей стану серцево-судинної системи позитивно впливають на спеціальну фізичну працездатність представників силових видів спорту, зокрема – на прояви вибухової сили (швидкісно-силової здібності), дуже важливої для важкої атлетики, в літературі поодинокі, що й обумовлює *актуальність* даної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Ця комплексна дослідницька робота виконана згідно тематичного

плану наукових досліджень Державного податкового університету на 2021-2026 рр. за НДР «Підвищення фізичної працездатності різних груп населення у процесі занять із фізичної культури і спорту» (номер державної реєстрації 0121U113261) і спільної грантової теми МОН РК на 2022-2024 рр. «Пошук нових методів поліпшення результатів змагальної діяльності в олімпійських видах спорту, які культивуються у Республіці Казахстан», яка виконується у Казахському Національному жіночому педагогічному університеті й Казахській академії спорту і туризму (номер державної реєстрації AP09027487).

Гіпотеза дослідження передбачає, що наукове обґрунтування, формування дослідницького алгоритму, розробка та впровадження у тренувальний процес кваліфікованих спортсменів лабораторного контролю функціонального стану серцево-судинної системи і оцінки параметрів спеціальної тренуваності при застосуванні незаборонених WADA і безпечних для організму біологічно активних речовин дасть можливість запобігати розвитку стомлення та перенапруження серця, що опосередковано вплине на фізичну працездатність спортсменів протягом річного макроциклу підготовки в цілому та на окремих його етапах.

Мета роботи: оцінити безпеку та опосередковану ефективність застосування фармакологічного комплексу на основі донаторів оксиду азоту у профілактиці та корекції проявів дисфункції серця і поліпшенні спеціальної тренуваності представників силових видів спорту.

Методи дослідження. Основна ідея роботи, формування етапів експерименту, вибір методики дослідження спеціальної тренуваності важкоатлетів належали кандидату педагогічних наук Заслуженому тренеру України О.І. Орлову. Аналітично-синтетичні дослідження дже-

рел методологічної спрямованості дали змогу сформувати комплексний алгоритм обстеження важкоатлетів у динаміці підготовки та при застосуванні спеціальної спортивної харчової добавки на основі донаторів оксиду азоту, що включав педагогічні і медико-біологічні методи. Дослідження проводили у послідовних і взаємозалежних етапах, які забезпечили логічність й наступність у плануванні, отриманні, обробці, інтерпретації і формуванні загальних висновків теоретичного й експериментального матеріалу.

Для досягнення мети дослідження було застосовано наступну комплексну методологію, що включала: теоретичні методи, які містили аналіз та узагальнення педагогічної та науково-методичної вітчизняної та зарубіжної літератури з медико-біологічних аспектів спортивної науки: систематизацію наукових даних; узагальнення досвіду практики, порівняння різних точок зору досліджуваному питанню; аналіз змісту з метою співвідношення попередніх та подальших припущень; отримання нової інформації стосовно теми дослідження; емпіричні, які будувалися на комплексній лабораторній оцінці безпеки застосування донаторів оксиду азоту у тренувальному процесі важкоатлетів; експериментальні, які включали педагогічний експеримент щодо вивчення механізму впливу коронарогенного ефекту донаторів оксиду азоту на показники спеціальної тренуваності у силових видах спорту; математико-статистичні методи, які включали опрацювання отриманих даних, оцінку репрезентативності відмінностей між групами обстежених спортсменів, а також кореляційний аналіз.

Проведені дослідження із визначення рівня вибухової сили м'язів нижніх кінцівок спортсменів здійснювалося за загальноживаною методикою В.М. Абалакова. Пристрій В.М. Абалакова

дозволяв за планом досліджень перед тренувальними заняттями у динаміці процесу підготовки реєструвати висоту (см) та час (с) виконання контрольних стрибків спортсменів у висоту з місця й підняття штанги у ривковій тязі. Дослідження розвитку вибухової сили основних м'язових груп нижніх кінцівок важкоатлетів було проведено за методикою, описаною в роботах [3, 21]. У ході дослідження, яке здійснювалось протягом 30 днів у динаміці загально-підготовчого етапу підготовчого періоду річного макроциклу у стандартних умовах, спортсмени виконували по три спроби стрибка з місця вгору й по три спроби – у ривковій тязі (записувався кращий результат) до початку і по завершенні експерименту. Для подальшого аналізу даних використовували середні значення отриманих результатів вимірювання. Також контролювали зміни частоти серцевих скорочень наприкінці дослідження в основній і контрольній групах після виконання тестуючого навантаження у динаміці відновлення.

Лабораторний контроль функціонального стану організму – в цілому й серцево-судинної системи важкоатлетів – зокрема був тісно пов'язаний із педагогічними методами дослідження, що й визначало організацію комплексного підходу для отримання доказових результатів. Слід додати, що лабораторний моніторинг ставив за мету не лише дослідження ефективності впливу донаторів оксиду азоту, але й оцінку безпеки ХДАЦ для спортсменів у ході силових тренувань. До початку та наприкінці спостереження з метою оцінки безпеки обраного комплексу донаторів оксиду азоту було вивчено зміни параметрів біохімічного й гематологічного гомеостазу як результуючих реакцій багатьох функціональних систем організму, а також вмісту лактату як показового тригера настання стомлення у спортсменів.

Для лабораторних досліджень у спортсменів у стані відносного м'язового спокою до початку навантажень з периферичної (ліктьової) вени брали (у день дослідження зранку натщесерце) кров в кількості 5 мл.; для гематологічних досліджень застосовували оброблені завчасно для попередження згортання етилендіамінтетраацетатом (ЕДТА) спеціальні пробірки, в які набирали 0,2 мл крові. Для стандартних біохімічних досліджень у спортсменів після відбору цільної крові для подальшого прискорення отримання сироватки застосовували поліпропіленові пробірки Eppendorf з гранулами та активатором згортання. Сироватку крові отримували після центрифугування зразків венозної крові (загальний об'єм 5 мл) в настільній лабораторній центрифугі протягом 30 хв при 1,5 об·хв⁻¹. Біохімічна стандартна панель показників включала визначення на напівавтоматичному біохімічному аналізаторі «Mindray BS-230» (Mindray, Китай) показників вмісту загального білка, білірубину та глюкози, параметрів, що характеризують функціональний стан нирок, печінкового, пігментного та білкового обміну в м'язах (сечовина, креатинін), показників концентрації електролітів (Na⁺, K⁺), а також функціонального стану підшлункової залози та печінки (α -амілаза, аланін-амінотрансфераза, аспартат-амінотрансфераза, γ -глутамілтрансфераза). Внутрішньолабораторний контроль якості проводили із використанням аутентичного контрольного матеріалу.

Для гематологічного дослідження використовували аліквоту венозної крові в об'ємі 0,2 мл. Аналіз, що включав визначення вмісту лейкоцитів (WBC), еритроцитів (RBC), гематокриту (Ht), еритроцитарних характеристик (або еритроцитарних індексів) – абсолютного вмісту внутрішньо-еритроцитарного гемоглобіну (MCH – від англ. *Mean Corpuscular*

Hemoglobin, пг), середнього об'єму еритроцитів (MCV – від англ. *Mean Corpuscular Volume*, фемтолітр, фл, або 10⁻¹⁵·л⁻¹) – проводили до початку та по закінченні обраного мезоциклу в спортсменів основних та контрольних груп. Вимірювання вищезазначених показників проводили за допомогою автоматичного гематологічного аналізатора «Mindray BC-760» (Mindray, Китай) при використанні аутентичних витратних матеріалів. Результати, отримані у вигляді роздруківки безпосередньо з дисплея гематологічного аналізатора, переводили у табличний режим для наступної обробки та аналізу.

Моніторинг вмісту лактату у спорті широко використовується для оцінки адаптації до пропонуваного тренувального навантаження [16]. Надмірне накопичення лактату під час тренувальної та змагальної діяльності – один із найважливіших факторів, які лімітують підвищення працездатності та результативності спортивних досягнень. Вміст накопиченого лактату (молочної кислоти) вивчали у капілярній крові спортсменів з використанням портативного аналізатора «Accutrend Plus» (Roche Diagnostics GmbH, Швейцарія) і контрольного розчину для тест-смужок «BM-Lactate» та виражали у ммоль·л⁻¹. Вимірювання вмісту лактату (сіль молочної кислоти, або часто термінологічно в спорті власне сама молочна кислота) у спортсменів здійснюється шляхом фотометричного аналізу світла, відображуваного від тест-смужок. Пристрій призначений як для професійного використання в лікувальних установах, так і для самоконтролю в домашніх умовах, а також під час занять спортом. Концентрація лактату відображає ступінь ішемії / гіпоксії тканин й порушення їхнього функціонального стану (серця, м'язів, мозку) [1].

Підвищення активності міокардіальних маркерів слід вва-

жати патобіохімічним критерієм, що безумовно підтверджує наявність перенапруження серця, а, можливо, й є прогнозом подальшого прогресування патології серцево-судинної системи у спортсменів. Особливо значущим у подібних випадках є збільшення рівня кардіоспецифічних ферментів (креатинфосфокіназа-МВ), білків (тропоніни Т та І) і кінцевих натрійуретичних пептидів [9].

Визначення вмісту тропоніну Т (сTnT) і тропоніну І (сTnI) належить до групи лабораторних методів (імуноферментний аналіз), що потребують високої аналітичної точності. Тест-система «ELECSYS» (Roche Diagnostics GmbH, Швейцарія), що найчастіше використовується у практиці роботи міжнародних мережевих референсних лабораторій для визначення сTnT і сTnI, є чутливою та специфічною аналітичною системою визначення кардіоспецифічної ізоформи тропонінового комплексу. Нами для оцінки функціонального стану серцево-судинної системи як інформативні маркери порушень функціонального стану міокардіоцитів було обрано зміни вмісту обох серцевих тропонінів – Т та І – у сироватці крові важкоатлетів.

Усі лабораторні дослідження було виконано на базі лабораторії клініки «Столиця» (м. Ірпінь) у рамках Меморандуму про співпрацю між цією клінікою і Державним податковим універ-

ситетом. Кров для досліджень доставлялася в лабораторію з місця проведення педагогічного експерименту в холодильній сумці.

Під час статистичної обробки даних вираховували середне арифметичне значення (\bar{x}), середнє квадратичне відхилення (S), помилку репрезентативності (m). Для оцінки достовірності розбіжностей використовували параметричний критерій Стюдента (t), коли значення вибірки відповідали закону нормального розподілу Гауса за значенням тесту Шапіро-Уїлкі, або непараметричний критерій Вілкоксона-Манна-Уїтні – у випадку невідповідності нормальному розподілу. Вираховували також коефіцієнти кореляції для висновків щодо існування зв'язків між лабораторними показниками стану серця і параметрами спеціальної тренуваності, які визнавали за значущі при $r \geq 0,7$. Рівень надійності під час статистичної обробки одержаних результатів задавали $P=95\%$ (імовірність помилки 5% , тобто, рівень значущості $p=0,05$) [2]. Опрацювання експериментального матеріалу виконували за допомогою комп'ютерних інтегрованих статистичних і графічних пакетів «Statistica 6.0», «Microsoft Excel XP» і ліцензійної програми «GraphPadInStat».

Матеріал й організація дослідження. Педагогічні дослідження у членів національної збірної України з важкої атлетики було

проведено на тренувальній базі «Конча-Заспа» за сприяння головного лікаря команди І.М. Захарченко; консультування при здійсненні педагогічних досліджень здійснював кандидат наук з фізичного виховання і спорту Заслужений тренер України А.О. Орлов. З обстежених 24 спортсменів (усі чоловіки, віком від 18 до 24 років, першорозрядники і кандидати у майстри спорту з важкої атлетики) було сформовано основну (ОГ, $n=14$) та контрольну (КГ, $n=10$) групи. Учасники обох груп мали подібні антропометричні характеристики й стаж занять спортом. Рівноцінність обох груп спортсменів після рандомізації підтверджується даними таблиці 1.

При підборі спортсменів у контрольну й основну групи входили з наступних обов'язкових умов, прийнятих у спортивній фармакології для проведення досліджень ефективності біологічно-активних речовин у практиці спортивної підготовки: кількість обстежуваних має складати не менше шести осіб у кожній групі; стать – чоловіча; рівень кваліфікації – не нижчий за І розряд; контрольна група за складом має бути ідентична дослідній; проведення досліджень у ході уніфікованого процесу [10].

В обох групах проведено констатуючий експеримент з метою оцінки наявних вихідних значень педагогічних і медико-біологіч-

Таблиця 1.

Характеристика спортсменів основної та контрольної груп за антропометричними параметрами

Показники	Групи досліджених важкоатлетів	
	контрольна (n=10)	основна (n=14)
	значення показників ($\bar{X} \pm S$) *	
Вік, роки	23,5±2,5	22,8±0,4
Вага, кг	88,4±2,3	89,6±2,8
Зріст, см	177,7±4,3	172,6±5,9
Частота серцевих скорочень у спокої, уд·хв ⁻¹	62,6±2,5	60,3±2,8
Частота серцевих скорочень через 2 хв після навантаження, уд·хв ⁻¹	132,6±4,3	139,3±4,1

Примітка. * – різниця між показниками в основній й контрольній групах спортсменів статистично незначуща ($p > 0,05$)

них показників, а згодом – формуючий експеримент із застосуванням аналогічної методики дослідження при застосуванні донаторів оксиду азоту. Критерієм ефективності зростання фізичної працездатності при застосуванні обраного нами комплексу на основі двох прекурсорів оксиду азоту були показники приросту рухових якостей (параметрів спеціальної тренуваності) спортсменів.

Тренувальний процес під час дослідження був однаково побудований в обох групах, учасники яких додатково жодних фармакологічних і нутриціологічних ергогенних засобів протягом 30 днів обраного мезоциклу не застосовували. Дослідження проводили протягом загально-підготовчого етапу підготовчого періоду у динаміці тренувального процесу, тривалість експерименту складала 30 днів. Дослідження, яке проводили до початку обраного мезоциклу та одразу по його закінченні при стандартних умовах з однорідними групами досліджуваних, за дизайном було побудовано як рандомізоване, подвійне сліпе, плацебо-контрольоване.

Дослідження були проведені із застосуванням комплексної харчової добавки на основі L-аргініну, який володіє потужними властивостями донатору оксиду азоту, та L-цитруліну малату, що, крім приналежності до прекурсо-

рів оксиду азоту, є яскраво вираженим детоксикантом [15]. Як засіб для донатції оксиду азоту нами було обрано комплексну харчову добавку «Аргінін + цитрулін» (ХДАЦ) виробництва фірми «NOW Foods, лінія Sports (США) у вигляді рослинних капсул. Поєднання двох біологічно активних субстанцій у капсульовану вигляді є зручним для використання у практиці підготовки спортсменів. Перевагами даного нутриціологічного продукту є наявність в його складі двох амінокислот, які прискорюють синтез білка і білкового обміну, та, водночас, прекурсорів оксиду азоту [27]. Зазначимо, що ХДАЦ підходить також для спортсменів, які дотримуються кетодієти і вегетаріанського режиму харчування, та виготовляється згідно з високими вимогами технології виробництва медикаментозних засобів (лікарських препаратів), які відповідають стандартам GMP (скор. від англ. *Good Medical Practice* – належна медична практика).

Добова доза ХДАЦ складала 2 капсули, які або розподіляються на 2 рази, якщо у спортсмена було 2 тренувальних заняття у день, або приймалися обидві разом, якщо заняття протягом доби було одноразове. Цей продукт був призначений для учасників ОГ. У КГ з 10 учасників було застосовано плацебо (капсули з крохмалем),

які приймали за технологією, аналогічною для ОГ спортсменів – в ідентичному дозуванні, кратності й тривалості застосування. У процесі проведення дослідження його учасники не застосовували будь-які нейрометаболичні, ноотропні, адаптогенні, анаболічні та кардіопротекторні препарати.

Результати дослідження та їх обговорення.

1. Оцінка безпеки застосування ХДАЦ у представників силових видів спорту. З метою оцінки безпеки застосування спеціальної харчової добавки «Аргінін + цитрулін» був проведений аналіз показників гематологічного гомеостазу у спортсменів у динаміці 30-денного дослідження (табл. 2). Оскільки кров – це рідина, що омиває усі органи й тканини організму, її відповідь на будь-який подразник зовнішнього (екзогенний) або внутрішнього (ендогенний) характеру слід вважати системною відповіддю.

Результати, наведені в таблиці 2, свідчать що обрана нами для дослідження спеціальна харчова добавка з функцією донатції оксиду азоту негативного впливу на показники гематологічного гомеостазу не має. Усі досліджені параметри лейкоцитарної та еритроцитарної ланки крові знаходяться у межах референтних (порівняльних) значень, властивих здоровим донорам, які схожі зі

Таблиця 2

Динаміка гематологічних показників у спортсменів ОГ під впливом курсового застосування ХДАЦ

Показник, що досліджувався	Отримані значення у спортсменів ($\bar{X} \pm S$)		Референтні значення у донорів
	до застосування ХДАЦ	після застосування ХДАЦ	
Лейкоцити, $10^9 \cdot \text{л}^{-1}$	6,0±0,2	5,8±0,4*	4,0–6,6
Еритроцити, $10^{12} \cdot \text{л}^{-1}$	4,56±0,16	4,61±0,17*	3,86–5,03
Лімфоцити, $10^9 \cdot \text{л}^{-1}$	2,5±0,3	2,4±0,4*	2,0–4,5
Гемоглобін, г·л ⁻¹	141,0±14,8	146,8±11,2	124,8–167,13
Гематокрит, %	36,3±2,4	37,4±1,8	38–50
Середній об'єм еритроцитів, фл	79,6±3,1	81,9±2,1*	79,2–88,6
Абсолютний вміст гемоглобіну в еритроциті, пг	28,7±2,1	29,0±1,6	27,13– 31,18

Примітка. * – різниця між показниками до початку і по закінченні дослідження незначуща ($p > 0.05$)

спортсменами за віком і статтю, і це вказує на відсутність системної відповіді організму при застосуванні ХДАЦ.

Другою за важливістю групою показників, які у спортсменів носять системоутворюючий характер, є показники біохімічного гомеостазу (табл. 3). Вони відображають функціональний стан органів, що відповідають за перебіг основних обмінних процесів в організмі спортсмена.

Мова йде про білковий, ліпідний, вуглеводний типи обміну речовин і характеристики функціонального стану органів природної детоксикації – печінки та нирок. Результати попередніх досліджень у спортсменів ОГ довели, що курсове застосування ХДАЦ у динаміці тренувального процесу представників силових видів спорту не справляє негативного впливу також й на означені параметри біохімічного гомеостазу.

Заключним етапом оцінки безпеки застосування обраної нами ХДАЦ є дослідження вмісту лактату (молочної кислоти). Наслідки нашого спостереження за

важкоатлетами ОГ, які протягом місяця приймали ХДАЦ у добовій дозі 2 капсули по 500 мг, наведені у таблиці 4 і вказують, по-перше, на відсутність погіршення кислотно-лужного балансу, за який значним чином відповідають саме зміни вмісту лактату у бік накопичення, а, по-друге, – на відсутність зрушень тригерного механізму, який запускає процес стомлення та опосередковується саме змінами вмісту молочної кислоти в організмі спортсмена [23].

Мова йде про білковий, ліпідний, вуглеводний типи обміну речовин і характеристики функціонального стану органів природної детоксикації – печінки та нирок. Результати попередніх досліджень у спортсменів ОГ довели, що курсове застосування ХДАЦ у динаміці тренувального процесу представників силових видів спорту не справляє негативного впливу також й на означені параметри біохімічного гомеостазу.

Слід зауважити, що вихідні і кінцеві показники вмісту лактату в крові спортсменів набагато вищі, ніж у здорових донорів аналогіч-

ної статі й віку (див. табл. 4). Це пов'язано з переважно анаеробним типом енергозабезпечення, при якому відбувається значне накопичення молочної кислоти, і м'язової роботи, яку протягом тренувального процесу виконують важкоатлети [3, 21]. Накопичення лактату суттєво перевищує за силових навантажень межу порогу аеробного обміну (ПАНО), але патологічною ознакою в даному випадку не є, а є лише відображенням реакції організму спортсменів на специфіку тренувального процесу.

Таким чином, спеціальна харчова добавка, що вміщує дві біологічно активні речовини – донатор оксиду азоту L-аргінін та прекурсор оксиду азоту й водночас детоксикант L-цитруліну малат, може бути використана протягом, як мінімум, місяця, без побоювань, що вона може погіршити стан організму спортсменів.

2. Оцінка ефективності застосування комплексу донаторів оксиду азоту у вигляді ХДАЦ. Рівень серцевих тропонінів Т і І, як кардіоспецифічних маркерів, може підвищуватися при пошкодженні

Таблиця 3

Динаміка біохімічних показників у спортсменів ОГ під впливом курсового застосування ХДАЦ

Показник, що досліджувався	Отримані значення у спортсменів ($\bar{X} \pm S$)		Референтні значення у донорів
	до застосування ХДАЦ	після застосування ХДАЦ	
Загальний білок, г·л ⁻¹	70,3±2,5	69,4±3,1*	66.0–87.0
Глюкоза, ммоль·л ⁻¹	5,4±0.6	5,3±0,5*	до 6.6
Білірубін загальний, мкмоль·л ⁻¹	11,4±2,6	10,8±2,9*	5.0–21.0
Білірубін прямий, мкмоль·л ⁻¹	3,5±0.4	3,9±0,3*	< 5,0
Білірубін непрямої, мкмоль·л ⁻¹	11,2±0,6	10,8±1,3*	до 14.0
Сечовина, ммоль·л ⁻¹	5,6±0,4	5,8±0,7*	2.0–8.3
Креатинін, мкмоль·л ⁻¹	74,2±5,1	69,8±4,2*	62–110
Калій (K ⁺), ммоль/л	4,1±0,3	4,2±0,3*	3.5–5.3
Натрій (Na ⁺), ммоль/л	140±2,1	139,3,0*	135–148
Аланінамінотрансфераза, mU/l	27,6±3,3	29,4±2,8*	до 50.0
Аспаратамінотрансфераза, mU/l	32,6±4,1	35,7±4,6*	до 50.0
γ-глутамілтрансфераза, mU/l	23,6±3,3	35,8±3,9*	10.0–55.0
α-амілаза, mU/l	54,8±4,9	57,4±4,1**	28–100
Холестерин загальний, ммоль·л ⁻¹	4.68±0,47	5,01±0,62*	3.0–6.2

Примітка. * – різниця між показниками до початку і по закінченні дослідження незначуща (p > 0.05)

кардіоміоцитів, що спостерігається переважно при інфаркті міокарду, ішемічної хвороби серця з вираженою клінічною симптоматикою, кардіоміопатії хронічного фізичного перенапруження та ін. Однак активність і вміст вищезгаданих кардіомаркерів у сироватці крові спортсменів збільшується і при формуванні звичайної перетоми [11, 22].

У сучасній спортивній практиці широко використовуються різноманітні фармакологічні препарати та дієтичні добавки, що мають на меті покращити фізичну працездатність, підтримати процес відновлення, запобігти прогресуванню втоми та виснаження в організмі спортсмена. Згідно з одним із положень, використання за фізичних навантажень фармакологічних препаратів і спеціальних харчових добавок повинно ґрунтуватися на чіткому науковому розумінні мети, з якою вони застосовуються, основних механізмів їхньої дії і, виходячи з цього, – характеру їхнього впливу на ефективність тренувального процесу [10]. Це положення передбачає використання лише тих позатренувальних засобів, які не порушують динаміку адаптаційних процесів, не поглиблюють рівень втоми та мають чітке наукове обґрунтування впливу на метаболічні процеси та функції організму спортсмена у певний період річного тренувального циклу.

Діагностична цінність біомаркерів гіпоксичного / ішемічного пошкодження міокарду головним чином визначається співвідношенням двох характеристик –

чутливості та специфічності. Для таких цілей використовується визначення біохімічних кардіоспецифічних маркерів – ізоформ тропоніну. При пошкодженні міокардіоцитів тропоніни надходять у периферичний кровообіг як у вільному вигляді, так й у зв'язаному з іншими компонентами тропонінового комплексу. Існує дві специфічні для міокарду ізоформи: тропонін Т та тропонін І. У цитоплазмі міститься 6–8 % тропоніну Т і 2,8–4,1 % – тропоніну І, отже, концентрація тропоніну Т у крові підвищується швидше, ніж тропоніну І. Порівняно з іншими біомаркерами перевага інформативності тропонінів полягає в їхній здатності відображати малі пошкодження міокарду, що робить цей тест придатним для застосування у спортивній лабораторній діагностиці

Вищезгадані кардіомаркери можуть бути надійними предикторами погіршення функціонального стану міокарду (перенапруження, коронарний експес) при інтенсивному навантаженні, але не описані в літературі як фактори, що відображають рівень фізичної та функціональної тренуваності спортсменів. Саме з урахуванням цих положень нами було проведено РПСПКД вмісту серцевих тропонінів в рандомізованих групах спортсменів, як це прийнято у клінічній медицині. Результати дослідження довели, що застосування ХДАЦ у динаміці тренувального процесу на фоні безпеки має високу ефективність в аспекті покращення функціонального стану серця важкоатлетів (табл. 5).

Як свідчать одержані дані, вихідні, до початку дослідження значення вмісту обох серцевих тропонінів – сТnТ і сТnI, практично не відрізняються від значень у здорових донорів, що вказує на відсутність виникнення дисфункції серця спортсменів у випадку відсутності інтенсифікації стандартного тренувального процесу.

Але по закінченні 30-денного періоду спостереження під час інтенсивних фізичних навантажень, властивих силовим видам спорту взагалі і важкій атлетиці, зокрема, в контрольній групі, порівняно з даними у донорів та результатами, що спостерігаються до початку дослідження, відбувається достовірне зростання вмісту обох серцевих тропонінів. Це вказує на зміни цілісності клітин міокарду під дією різноманітних метаболічних змін у динаміці фізичних навантажень значного об'єму та інтенсивності. Що ж стосується даних у важкоатлетів основної групи, то ясно прослідковується позитивний вплив застосування ХДАЦ, якому властиві зростання коронарного кровообігу та покращення циркуляції крові у тканинах серця. Додатково міокардіоцити захищає L-цитруліну малат, який зв'язує і виводить з клітин міокарду токсичні речовини, що накопичується під час регулярних тренувальних занять важкоатлетів. Таким чином, одержані дані переконливо доводять профілактичну дію ергогенного й відновлювального позатренувального засобу ХДАЦ, застосування якої попереджує розвиток негативних змін (ремоделювання) серця спортсменів у динаміці тренуваль-

Таблиця 4

Динаміка вмісту лактату в спортсменів ОГ під впливом курсового застосування ХДАЦ

Показник, що досліджувався	Отримані значення у спортсменів ($\bar{X} \pm S$)		Референтні значення у донорів
	до застосування ХДАЦ	після застосування ХДАЦ	
Вміст лактату, ммоль·л ⁻¹	10,4,0±0,8	11,2±1,0*	0.5-2.2**

Примітки: 1.* – різниця між показниками до початку і по закінченні дослідження незначуща ($p > 0.05$), 2.** – різниця між даними у спортсменів і донорів достовірна ($p < 0.01$).

ного процесу, що підтверджується результатами вимірювання ЧСС.

При аналізі отриманих результатів динаміки змін значень кривої ЧСС важкоатлетів ОГ, які застосовували донатори оксиду азоту, порівняно з даними у КГ (плацебо-контроль), було виявлено достовірну різницю середніх значень ЧСС у точках вимірювання на 3-й і 5-й хвилині відновлення ($p < 0,05$) наприкінці дослідження (табл. 6). Як тестувальну вправу використали нахили (чотири підходи по шість повторень в кожному) зі штангою на плечах із загальною інтенсивністю 50 %.

Причому, при співставленні даних ЧСС до початку виконан-

ня вправ і значення ЧСС на 5-й хвилині відновлення у важкоатлетів на обох етапах – початковому і кінцевому – дослідження, стає очевидним, що в ОГ при використанні донаторів оксиду азоту кількість серцевих скорочень практично відновлюється до вихідного рівня на відміну від спортсменів КГ, в яких навіть після 5-ої хвилини відпочинку частота серцевого ритму реєструється на позначці $120,0 \pm 2,9$ уд·хв⁻¹, що є вищим за початковий рівень фіксації.

Паралельно з оцінкою ефективності впливу ХДАЦ на функціональний стан кардіоміоцитів нами у рамках формуючого експерименту тривалістю 30 днів у

динаміці загально-підготовчого етапу підготовчого періоду було проведено педагогічне дослідження показників спеціальної фізичної тренуваності у представників силових видів спорту (табл. 6).

Одержані дані свідчать, що курсове застосування спеціальної спортивної ХДАЦ, яка вміщує прекурсори оксиду азоту, позитивно позначається на параметрах спеціальної тренуваності, які пов'язані із м'язовою й нервово-м'язовою координацією що реалізується у такому показнику функціональної підготовленості, як вибухова сила [3]. З даних таблиці 7 і рисунку 1 чітко видно, що при використанні ХДАЦ

Таблиця 5

Зміни вмісту тропоніну в сироватці крові важкоатлетів у динаміці тренувального процесу під впливом донаторів оксиду азоту

Показник, що досліджувався	Отримані значення у спортсменів ($\bar{X} \pm S$)		Референтні значення показників у донорів, нг·мл ⁻¹	
	до початку дослідження	наприкінці дослідження		
КГ важкоатлетів (n=10)				
Тропонін Т (сTnT), нг·мл ⁻¹	0,079±0,005	1,872±0,007 ^{#**}	Тропонін Т – 0,070±0,003 Тропонін І – 2,33±0,02	
Тропонін І (сTnI), нг·мл ⁻¹	3,246±0,011 [#]	5,826±0,021 ^{**}		
ОГ важкоатлетів (n=14)				
Тропонін Т (сTnT), нг·мл ⁻¹	0,080±0,006	0,082±0,004 [*]		
Тропонін І (сTnI), нг·мл ⁻¹	3,422±0,021 [#]	3,504±0,012 ^{*#}		

Примітки: 1.* – різниця між відповідними показниками основної та контрольної групи достовірна ($p < 0,05$); 2.** – різниця між показниками до початку і наприкінці дослідження достовірна ($p < 0,05$); 3.# – різниця між даними у спортсменів і донорів достовірна ($p < 0,05$); статистична оцінка значущості розбіжностей здійснена за допомогою непараметричного критерію.

Таблиця 6

Показники частоти серцевих скорочень при застосуванні донаторів оксиду азоту впродовж обраного мезоциклу дослідження

Контрольна точка вимірювання ЧСС (30 день)	Середнє значення ЧСС у групах важкоатлетів, уд·хв ⁻¹	
	основна група (n=14)	контрольна група (n=10)
	($\bar{X} \pm S$)	($\bar{X} \pm S$)
На початку дослідження (1 день)		
До початку виконання вправи	121,45±2,1	124,31±1,8
Після виконання вправи	182,71±3,4	179,92±2,1
На 3-й хвилині відновлення	136,18±2,6	141,24±2,3
На 5-й хвилині відновлення	127,35±1,9	125,52±1,8
Наприкінці дослідження (30 день)		
До початку виконання вправи	110,9±2,2 [*]	116,3±2,3
Після виконання вправи	172,8±1,7	173,2±2,8
На 3-й хвилині відновлення	124,4±2,2 [*]	132,3±2,6
На 5-й хвилині відновлення	111,6±2,3 [*]	121,0±2,9

Примітка. * – різниця достовірна ($p < 0,05$) відносно показників важкоатлетів контрольної групи (статистична обробка із застосуванням непараметричного критерію)

зростає висота стрибка з місця у висоту і висота ривкової тяги, а водночас достовірно зменшується час виконання вправ, поступово знижуючись від вихідних даних до даних у представників КГ, а потім – у представників ОГ. Ці методи визначення показників вибухової сили як параметра спеціальної працездатності є широко відомими і загальнозживаними. Крім того, вони мають високу інформативність стосовно визначення рівня спеціальної підготовленості спортсмена, й, разом з тим, за своєю структурою виконання є низько енергозатратними і широкодоступними, саме тому, й використовуються в практиці підготовки важкоатлетів як тести розвитку рухових якостей.

Заключним етапом роботи стало проведення кореляційного аналізу між показниками у сироватці крові вмісту серцевих тропонінів, які відражають функціональний стан серця спортсменів, й показниками їхньої спеціальної тренуваності.

Так, між вмістом тропоніну Т і висотою підйому штанги у стрибку з місця (h1) на початку дослідження коефіцієнт кореляції $r_1 = -0,69$ ($p < 0,05$), а наприкінці дослідження корелятивний зв'язок лише підсилюється – $r_2 = -0,81$ ($p < 0,05$). Між вмістом тропоніну Т і часом виконання вправи t1 спостерігається зворотна залежність: на початку дослідження коефіцієнт кореляції $r_3 = +0,74$

($p < 0,05$), досягаючи наприкінці дослідження значення $r_4 = +0,88$ ($p < 0,05$). Що стосується кореляції між вмістом тропоніну Т й величиною підйому штанги h2, то на початку дослідження $r_5 = -0,71$ ($p < 0,05$), а на момент закінчення експерименту $r_6 = -0,86$ ($p < 0,05$). Так само, як й у попередньому випадку, між параметрами часу виконання вправ та вмістом сТпТ існують позитивні зв'язки: чим нижчим є вміст даного кардіомаркери, тим швидше спортсмени виконують вправу, а саме: на початку дослідження $r_7 = +0,73$ ($p < 0,05$), а наприкінці спостереження корелятивний зв'язок посилюється і складає $r_8 = +0,84$ ($p < 0,05$).

Відповідно вмісту тропоніну І та показників спеціальної тренуваності важкоатлетів спостерігаються такі самі корелятивні залежності, хоча й виражені трохи меншою мірою. Так, між вмістом у сироватці крові тропоніну І та висотою підйому штанги у стрибку з місця (h1) на початку дослідження $r_9 = -0,64$ ($p < 0,05$), а наприкінці дослідження цей корелятивний зв'язок, як і у попередньому випадку, підсилюється – $r_{10} = -0,77$ ($p < 0,05$). Між вмістом тропоніну І і часом виконання вправи t1 спостерігається зворотна залежність: на початку дослідження коефіцієнт кореляції $r_{11} = +0,70$ ($p < 0,05$), наприкінці дослідження він сягає до величини $r_{12} = +0,82$ ($p < 0,05$). Стосовно кореляційних зв'язків між вмістом тропоніну І й зна-

ченням висоти підйому штанги у ривковій тязі h2, то на початку дослідження $r_{13} = -0,72$ ($p < 0,05$), а на момент його закінчення $r_{14} = -0,83$ ($p < 0,05$). Так само, як й у попередньому випадку, між вмістом сТпІ та параметрами часу виконання вправ t1 і t2 спостерігаються позитивні зв'язки: на початку дослідження $r_{15} = +0,70$ ($p < 0,05$), а наприкінці спостереження значення корелятивного зв'язку складає вже $r_8 = +0,86$ ($p < 0,05$).

Таким чином, наявність значущих кореляційних зв'язків підтримує нашу гіпотезу, що поліпшення функціонального стану серця за силових навантажень при застосуванні донаторів оксиду азоту за рахунок прискорення кровообігу, що більш властиво навантаженням циклічного характеру («на витривалість»), незважаючи на переважно анаеробний механізм енергозабезпечення м'язової діяльності важкоатлетів, справляє позитивний вплив на показники їхньої спеціальної тренуваності. Це обґрунтовує ефективність як застосування донаторів (прекурсорів) оксиду азоту в представників видів спорту з переважно анаеробним характером енергозабезпечення скоротливої діяльності скелетних м'язів, так і доцільність включення розвиваючих аеробних мікроциклів до тренувального процесу в подібних випадках.

Дискусія. Знайдені у науковій літературі результати мета-аналізу даних дослідження, проведено-

Таблиця 7

Вплив донаторів оксиду на показники спеціальної тренуваності важкоатлетів у динаміці дослідження

Групи атлетів і термін досліджень	Показники спеціальної тренуваності ($\bar{X} \pm S$)			
	стрибок з місця у висоту		ривкова тяга	
	висота (h1), см	час (t1), мс	висота (h2), см	час (t2), мс
До початку мезоциклу (n=20)	54,18±2,14	0,53±0,04	76,12±2,85	0,65±0,03
Контрольна по закінченні мезоциклу (n=9)	65,23±2,01 [#]	0,49±0,06*	82,68±1,73 [#]	0,63±0,04 [#]
Основна по закінченні мезоциклу (n=10)	71,21±2,16 ^{**}	0,43±0,04*	85,91±1,16 ^{**}	0,51±0,04 ^{**}

Примітки: 1.* – зміни статистично значущі ($p < 0,05$) порівняно з даними в контрольній групі на відповідному етапі дослідження; 2.[#] – зміни статистично значущі ($p < 0,05$) порівняно з даними до початку дослідження; статистична оцінка значущості розбіжностей здійснена за допомогою непараметричного критерію.

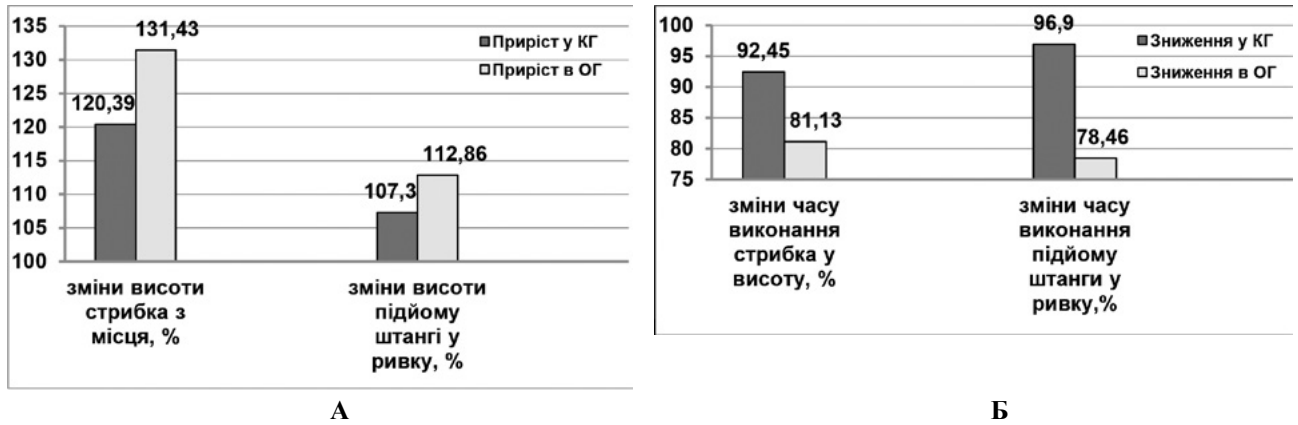


Рис. 1. Вплив ХДАЦ на процентні зміни показників спеціальної тренованості важкоатлетів (А – висота підйому штанги; Б – час виконання вправ)

го у значного масиву спортсменів, причому здебільшого тих, що тренують витривалість [6], у майже половині випадків виявили перевищення референтних значень вмісту тропоніну Т внаслідок надмірних навантажень [22]. При цьому частка спортсменів з підвищеним рівнем серцевого тропоніну серед представників силових видів спорту складала не більше чверті, максимум третини [8]. Виходячи з цього, нами було вирішено провести власну оцінку впливу донаторів оксиду азоту на зміни вмісту цих кардіомаркерів. Під час дослідження було доведено, що під впливом комплексного використання донаторів оксиду азоту та детоксиканту L-цитруліну малату концентрації кардіомаркерів, а саме серцевих тропонінів I та T, в основній групі важкоатлетів достовірно зменшилися в усіх обстежених нами спортсменів, а в контрольній групі, навпаки, було зареєстровано зростання цих показників, що свідчить про можливість профілактики пошкодження міокарду при такому комплексному фармакологічному захисті.

Прямим підтвердженням позитивного впливу курсового застосування комплексу донаторів оксиду азоту і детоксиканту на структуру серцевого м'язу стало покращення показників спеціальної тренованості, які віддзеркалюють зміни вибухової сили. Підтвердженням нашого припущення, що засто-

сування донаторів оксиду азоту може фундаментально покращувати скорочувальні властивості міокарду і скелетних м'язів, стали факти, наведені у роботі, опублікованої в журналі з багатозначною назвою «Медичні гіпотези» [4]. Автори даної статті стверджують, що у спортивній медицині ферменти та інші кардіомаркери у крові часто використовуються як індикатори пошкодження клітин міокарду. Зазвичай припускають, що механічний вплив ексцентричних навантажень, а силові навантаження належать саме до них руйнує плазматичну мембрану міокардіоцитів до такого ступеня, що дозволяє великим молекулам, таким як ферменти і тропоніни, просочуватися в позаклітинний простір. Крім цього, механічно спричиненого пошкодження мембрани, автори статті, що цитується, припускають, що за критичних метаболічних умов (понадінтенсивних навантажень) біомаркери пошкоджень тканин серця, такі як ферменти (в першу чергу, креатинфосфокіназа та її ізоформи), кінцеві натрійуретичні пептиди, тропоніни тощо, примусово викидаються клітинами, щоб запобігти їхньої загибелі (непрограмованого апоптозу). Пошкодження цитоскелету клітин міокарду, спричинене активними формами кисню (АФК) або сери новими протеазами, активованими іонами кальцію, разом із під-

вищенням внутрішньоклітинного тиску, як вважають автори статті [4], провокує цей тип мембранної реакції, що узгоджується із сучасними даними й інших авторів [13].

Тому ця гіпотеза має повне право на життя, а наше поточне розуміння тропонінів як маркерів пошкодження клітин насичених кров'ю м'язів (міокардіоцити) може бути фундаментально змінено у бік необхідності насичення їх киснем не ззовні в акті дихання, а за рахунок зростання припливу крові й, відповідно, кисню, по коронарних судинах шляхом збільшення їхнього посвіту і пришвидшення кровообігу під впливом донаторів оксиду азоту, які є одними з найпотужніших стимуляторів покращення процесів руху крові по судинах.

Висновки.

1. Проведена у динаміці дослідження оцінка безпеки застосування спеціальної харчової добавки на основі L-аргініну + L-цитруліну (комплекс донаторів оксиду та детоксиканту) показала, що даний позатренувальний ергогенний засіб не впливає на зміни стандартних показників гематологічного та біохімічного гомеостазу. Вміст лактату в сироватці крові важкоатлетів також не зростає при застосуванні цього комплексного засобу, що дає підґрунтя вважати його безпечним при кур-

- совому використанні під час підготовки спортсменів
- Показано, що під впливом використання донаторів оксиду азоту в представників силових видів спорту кількісні значення вмісту серцевих тропонінів I та T в основній групі достовірно зменшуються у 100 % спортсменів, а в контрольній групі, навпаки, зростають.
 - В основній групі спортсменів проти вихідних даних достовірно зростає висота підйому штанги у стрибку в висоту з місця на 31,43 %, у ривковій тязі – на 12,89 % при одночасному зменшенні часу виконання цих тестувальних вправ на 18,87 %

і 21,54 % відповідно. Отримані результати переконливо свідчать про високу ефективність застосування донаторів оксиду азоту в представників видів спорту з переважно анаеробним характером енергозабезпечення скоротливої діяльності скелетних м'язів.

- Наявність значущих кореляційних зв'язків між показниками спеціальної тренуваності та функціонального стану міокарда за силових навантажень безпосередньо вказує на те, що застосування донаторів оксиду азоту за рахунок прискорення коронарного кровообігу справляє позитивний вплив на ефективність трену-

вального процесу кваліфікованих важкоатлетів.

Перспективи подальших досліджень полягають у пошуку нових шляхів впливу на функціональний стан клітин міокарду з метою збереження насосної функції серця у взаємозв'язку з можливістю зростання показників загальної і спеціальної тренуваності представників силових видів спорту, а також дослідженні тонких механізмів впливу кардіопротекторних засобів, які не заборонені WADA, на покращання результатів тренувальної й змагальної діяльності спортсменів.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів

Література

- Гуніна Л.М., Атаман Ю.О., Беленічев І.Ф., Войтенко В.Л., Носач О.В. Лабораторний моніторинг і нутритивно-метаболична підтримка процесу підготовки спортсменів: монографія; за заг. ред. Л.М. Гуніної, Ю.О. Атамана. Суми, Видавництво СумДУ, 2023. 661 с.
- Москаленко В.Ф., Гульчій О.П., Голубчиков М.В., Ледошук Б.О. Біостатистика. Київ, Книга Плюс, 2009. 184 с.
- Олешко В.Г. Моделювання процесу підготовки та відбір спортсменів у силових видах спорту. Київ, ДМП «Полімед», 2005. 251 с.
- Behringer M., Montag J., Franz A., McCourt M.L., Mester J., Nosaka K.K. (2014). Exhaustive exercise--a near death experience for skeletal muscle cells? *Med. Hypotheses*, 83(6), 758-765. doi: 10.1016/j.mehy.2014.10.005.
- Bernat-Adell M.D., Collado-Boira E.J., Moles-Julio P., Panizo-González N., Martínez-Navarro I., Hernandez-Fuster B. (2021). Recovery of Inflammation, Cardiac, and Muscle Damage Biomarkers After Running a Marathon *J. Strength Cond. Res.*, 35(3), 626-632. doi: 10.1519/JSC.0000000000003167.
- Bloomer R.J., Farney T.M., Trepanowski J.F., McCarthy C.G., Canale R.E., Schilling B.K. (2010). Comparison of pre-workout nitric oxide stimulating dietary supplements on skeletal muscle oxygen saturation, blood nitrate/nitrite, lipid peroxidation, and upper body exercise performance in resistance trained men. *J. Int. Soc. Sports Nutr.*, 7, 16. doi: 10.1186/1550-2783-7-16.
- Brooks G.A., Osmond A.D., Arevalo J.A., Duong J.J., Curl C.C., Moreno-Santillan D.D., Leija R.G.

References

- Gunina L.M., Ataman Yu.O., Belenichev I.F., Voitenko V.L., Nosach O.V. *Laboratory monitoring and nutritional support of the training process of athletes: monograph; General ed. in L.M. Gunina, Yu.O. Ataman*. Sumy, Vydavnytstvo Sumskoho derzhavnoho universytetu, 2023. 661 c. (in Ukrainian).
- Moskalenko V.F., Gulchii O.P., Golubchikov M.V., Ledoshchuk B.O. *Biostatystyka [Biostatistics]*. Kyiv, Knyha Plus, 2009. 184 c. (in Ukrainian).
- Oleshko V.G. *Modeliuvannia protsesu pidhotovky ta vidbir sportsmeniv u sylovykh vydakh sportu. [Modeling the training process and selection of athletes in power sports]*. Kyiv, DMP «Polimed», 2005. 251 c. (in Ukrainian).
- Behringer M., Montag J., Franz A., McCourt M.L., Mester J., Nosaka K.K. (2014). Exhaustive exercise--a near death experience for skeletal muscle cells? *Med. Hypotheses*, 83(6), 758-765. doi: 10.1016/j.mehy.2014.10.005.
- Bernat-Adell M.D., Collado-Boira E.J., Moles-Julio P., Panizo-González N., Martínez-Navarro I., Hernandez-Fuster B. (2021). Recovery of Inflammation, Cardiac, and Muscle Damage Biomarkers After Running a Marathon *J. Strength Cond. Res.*, 35(3), 626–632. doi: 10.1519/JSC.0000000000003167.
- Bloomer R.J., Farney T.M., Trepanowski J.F., McCarthy C.G., Canale R.E., Schilling B.K. (2010). Comparison of pre-workout nitric oxide stimulating dietary supplements on skeletal muscle oxygen saturation, blood nitrate/nitrite, lipid peroxidation,

- (2023). Lactate as a myokine and exerkine: drivers and signals of physiology and metabolism. *J Appl Physiol (1985)*, 134(3), 529-548. doi: 10.1152/jappphysiol.00497.2022.
8. Bukvić F., Ivković A., Čičak H., Dukić L., Šimunđić A.M, Marijančević D., Pašalić D. (2023). The Association of Serum Calprotectin with Fitness Indicators and Biochemical Markers in High-Level Athletes: A Continuous Dynamic Monitoring during One Competitive Season. *Sports (Basel)*. 11(12), 243. doi: 10.3390/sports11120243.
 9. Castiglione V., Aimo A., Vergaro G., Saccaro L., Passino C., Emdin M. (2022). Biomarkers for the diagnosis and management of heart failure. *Heart Fail. Rev.*, 27(2). 625-643. doi: 10.1007/s10741-021-10105-w.
 10. Collins J., Maughan R.J., Gleeson M., Bilborough J., Jeukendrup A. [et al.]. (2021). UEFA expert group statement on nutrition in elite football. Current evidence to inform practical recommendations and guide future research. *Br. J. Sports Med.*, 55(8), 416. doi: 10.1136/bjsports-2019-101961.
 11. Costache A.D., Leon-Constantin M.M., Roca M., Maștaleru A., Anghel R.C. [et al.]. (2022). Cardiac Biomarkers in Sports Cardiology. *J. Cardiovasc. Dev. Dis.*, 9(12), 453. doi: 10.3390/jcdd9120453.
 12. d'Unienville N.M.A., Blake H.T., Coates A.M., Hill A.M., Nelson M.J., Buckley J.D. (2021). Effect of food sources of nitrate, polyphenols, L-arginine and L-citrulline on endurance exercise performance: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *J. Int. Soc. Sports Nutr.*, 18(1), 76. doi: 10.1186/s12970-021-00472-y.
 13. Gianazza E., Brioschi M., Martinez Fernandez A., Casalnuovo F., Altomare A., Aldini G., Banfi C. (2021). Lipid Peroxidation in Atherosclerotic Cardiovascular Diseases. *Antioxid. Redox Signal.*, 34(1), 49-98. doi: 10.1089/ars.2019.7955.
 14. Gonzalez A.M., Townsend J.R., Pinzone A.G., Hoffman J.R. (2023). Supplementation with Nitric Oxide Precursors for Strength Performance: A Review of the Current Literature. *Nutrients*, 15(3), 660. doi: 10.3390/nu15030660.
 15. Gough L.A., Sparks S.A., McNaughton L.R., Higgins M.F., Newbury J.W., Trexler E, et al. (2021). A critical review of citrulline malate supplementation and exercise performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 121(12), 3283–3295. doi: 10.1007/s00421-021-04774-6.
 16. Gunina Larisa, Orlovas Aleksandras, Kazys Milašius (2023). Laboratorinių parametų panaudojimas diagnozuojant pervargimo sindromą sporte. *Sporto Mokslas*, 2(104), 58-68. <https://doi.org/10.15823/sm.2023.104.6>.
 17. Hazut N., Rapps K., Kristt D.A., Susswein A.J., Weller A. (2019). Nitric oxide and L-arginine and upper body exercise performance in resistance trained men. *J. Int. Soc. Sports Nutr.*, 7, 16. doi: 10.1186/1550-2783-7-16.
 7. Brooks G.A., Osmond A.D., Arevalo J.A., Duong J.J., Curl C.C., Moreno-Santillan D.D., Leija R.G. (2023). Lactate as a myokine and exerkine: drivers and signals of physiology and metabolism. *J Appl Physiol (1985)*, 134(3), 529-548. doi: 10.1152/jappphysiol.00497.2022.
 8. Bukvić F., Ivković A., Čičak H., Dukić L., Šimunđić A.M, Marijančević D., Pašalić D. (2023). The Association of Serum Calprotectin with Fitness Indicators and Biochemical Markers in High-Level Athletes: A Continuous Dynamic Monitoring during One Competitive Season. *Sports (Basel)*. 11(12), 243. doi: 10.3390/sports11120243.
 9. Castiglione V., Aimo A., Vergaro G., Saccaro L., Passino C., Emdin M. (2022). Biomarkers for the diagnosis and management of heart failure. *Heart Fail. Rev.*, 27(2). 625-643. doi: 10.1007/s10741-021-10105-w.
 10. Collins J., Maughan R.J., Gleeson M., Bilborough J., Jeukendrup A. [et al.]. (2021). UEFA expert group statement on nutrition in elite football. Current evidence to inform practical recommendations and guide future research. *Br. J. Sports Med.*, 55(8), 416. doi: 10.1136/bjsports-2019-101961.
 11. Costache A.D., Leon-Constantin M.M., Roca M., Maștaleru A., Anghel R.C. [et al.]. (2022). Cardiac Biomarkers in Sports Cardiology. *J. Cardiovasc. Dev. Dis.*, 9(12), 453. doi: 10.3390/jcdd9120453.
 12. d'Unienville N.M.A., Blake H.T., Coates A.M., Hill A.M., Nelson M.J., Buckley J.D. (2021). Effect of food sources of nitrate, polyphenols, L-arginine and L-citrulline on endurance exercise performance: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *J. Int. Soc. Sports Nutr.*, 18(1), 76. doi: 10.1186/s12970-021-00472-y.
 13. Gianazza E., Brioschi M., Martinez Fernandez A., Casalnuovo F., Altomare A., Aldini G., Banfi C. (2021). Lipid Peroxidation in Atherosclerotic Cardiovascular Diseases. *Antioxid. Redox Signal.*, 34(1), 49-98. doi: 10.1089/ars.2019.7955.
 14. Gonzalez A.M., Townsend J.R., Pinzone A.G., Hoffman J.R. (2023). Supplementation with Nitric Oxide Precursors for Strength Performance: A Review of the Current Literature. *Nutrients*, 15(3), 660. doi: 10.3390/nu15030660.
 15. Gough L.A., Sparks S.A., McNaughton L.R., Higgins M.F., Newbury J.W., Trexler E, et al. (2021). A critical review of citrulline malate supplementation and exercise performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 121(12), 3283–3295. doi: 10.1007/s00421-021-04774-6.
 16. Gunina Larisa, Orlovas Aleksandras, Kazys Milašius (2023). Laboratorinių parametų panaudojimas diagnozuojant pervargimo sindromą sporte. *Sporto Mokslas*, 2(104), 58-68. <https://doi.org/10.15823/sm.2023.104.6>.

- regulate feeding in satiated rats. *Appetite*, 132, 44-54. doi: 10.1016/j.appet.2018.09.023.
18. Heaps C.L., Mattox M.L., Kelly K.A., Meininger C.J., Parker J.L. (2006). Exercise training increases basal tone in arterioles distal to chronic coronary occlusion. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.*, 290(3), H 1128-135. doi: 10.1152/ajpheart.00973.2005
 19. Juguilon C., Wang Z., Wang Y., Enrick M., Jamaiyar A. et al. (2022). Mechanism of the switch from NO to H₂O₂ in endothelium-dependent vasodilation in diabetes. *Basic. Res. Cardiol.*, 117(1), 2. doi: 10.1007/s00395-022-00910-1.
 20. Kim K.H., Jia Z., Snyder M., Chen J., Qiu J., Oprescu S.N., et al. (2023). PRMT5 links lipid metabolism to contractile function of skeletal muscles. *EMBO Rep.*, 24(8), e57306. doi: 10.15252/embr.202357306.
 21. Kozina Zh.L., Sobko I.N., Vilvickitsi V.A., Xiaofei Wang, Borovsky S.V., Timko E.N., et al. (2018). Method of integral development of speed-power qualities and accuracy of throws at young basketball players 12-13 years. *Health, sport, rehabilitation*, 2, 39-51. doi: http://doi.org/10.5281/zenodo.1342457.
 22. Le Goff C., Farré Segura J., Dufour P., Kaux J.F., Cavalier E. (2020). Intense sport practices and cardiac biomarkers. *Clin. Biochem.*, 79, 1-8. doi:10.1016/j.clinbiochem.2020.02.008.
 23. Lee S., Choi Y., Jeong E., Park J., Kim J., Tanaka M., Choi J. (2023). Physiological significance of elevated levels of lactate by exercise training in the brain and body. *J. Biosci. Bioeng.*, 135(3), 167-175. doi: 10.1016/j.jbiosc.2022.12.001.
 24. Muggeridge D.J., Howe C.C., Spendiff O., Pedlar C., James P.E., Easton C. (2014). A single dose of beetroot juice enhances cycling performance in simulated altitude. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 46(1), 143-150. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182a1dc51.
 25. Natori S., Hasebe N., Jin Y.T., Matsusaka T., Ido A., et al. (2003). Inhaled nitric oxide modifies left ventricular diastolic stress in the presence of vasoactive agents in heart failure. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 167(6), 895-901. doi: 10.1164/rccm.200201-057.
 26. Papadopoulou S.K. (2023). Increasing Muscle Mass in Elders through Diet and Exercise: A Literature Review of Recent RCTs. *Foods*, 12(6), 1218. doi: 10.3390/foods12061218.
 27. Park H.Y., Kim S.W., Seo J., Jung Y.P., Kim H., Kim A.J. (2023). Dietary Arginine and Citrulline Supplements for Cardiovascular Health and Athletic Performance: A Narrative Review. *Nutrients*, 15(5), 1268. doi: 10.3390/nu15051268.
 28. Radak Z., Naito H., Taylor A.W., Goto S. (2012). Nitric oxide: is it the cause of muscle soreness? *Nitric Oxide*. 15, 26(2), 89-94. doi: 10.1016/j.niox.2011.12.005.
 17. Hazut N., Rapps K., Kristt D.A., Susswein A.J., Weller A. (2019). Nitric oxide and L-arginine regulate feeding in satiated rats. *Appetite*, 132, 44-54. doi: 10.1016/j.appet.2018.09.023.
 18. Heaps C.L., Mattox M.L., Kelly K.A., Meininger C.J., Parker J.L. (2006). Exercise training increases basal tone in arterioles distal to chronic coronary occlusion. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.*, 290(3), H1128-135. doi: 10.1152/ajpheart.00973.2005
 19. Juguilon C., Wang Z., Wang Y., Enrick M., Jamaiyar A. et al. (2022). Mechanism of the switch from NO to H₂O₂ in endothelium-dependent vasodilation in diabetes. *Basic. Res. Cardiol.*, 117(1), 2. doi: 10.1007/s00395-022-00910-1.
 20. Kim K.H., Jia Z., Snyder M., Chen J., Qiu J., Oprescu S.N., et al. (2023). PRMT5 links lipid metabolism to contractile function of skeletal muscles. *EMBO Rep.*, 24(8), e57306. doi: 10.15252/embr.202357306.
 21. Kozina Zh.L., Sobko I.N., Vilvickitsi V.A., Xiaofei Wang, Borovsky S.V., Timko E.N., et al. (2018). Method of integral development of speed-power qualities and accuracy of throws at young basketball players 12-13 years. *Health, sport, rehabilitation*, 2, 39-51. doi: http://doi.org/10.5281/zenodo.1342457.
 22. Le Goff C., Farré Segura J., Dufour P., Kaux J.F., Cavalier E. (2020). Intense sport practices and cardiac biomarkers. *Clin. Biochem.*, 79, 1-8. doi:10.1016/j.clinbiochem.2020.02.008.
 23. Lee S., Choi Y., Jeong E., Park J., Kim J., Tanaka M., Choi J. (2023). Physiological significance of elevated levels of lactate by exercise training in the brain and body. *J. Biosci. Bioeng.*, 135(3), 167-175. doi: 10.1016/j.jbiosc.2022.12.001.
 24. Muggeridge D.J., Howe C.C., Spendiff O., Pedlar C., James P.E., Easton C. (2014). A single dose of beetroot juice enhances cycling performance in simulated altitude. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 46(1), 143-150. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182a1dc51.
 25. Natori S., Hasebe N., Jin Y.T., Matsusaka T., Ido A., et al. (2003). Inhaled nitric oxide modifies left ventricular diastolic stress in the presence of vasoactive agents in heart failure. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 167(6), 895-901. doi: 10.1164/rccm.200201-057OC.
 26. Papadopoulou S.K. (2023). Increasing Muscle Mass in Elders through Diet and Exercise: A Literature Review of Recent RCTs. *Foods*, 12(6), 1218. doi: 10.3390/foods12061218.
 27. Park H.Y., Kim S.W., Seo J., Jung Y.P., Kim H., Kim A.J. (2023). Dietary Arginine and Citrulline Supplements for Cardiovascular Health and Athletic Performance: A Narrative Review. *Nutrients*, 15(5), 1268. doi: 10.3390/nu15051268.
 28. Radak Z., Naito H., Taylor A.W., Goto S. (2012). Nitric oxide: is it the cause of muscle soreness? *Nitric Oxide*. 15, 26(2), 89-94. doi: 10.1016/j.niox.2011.12.005.

29. Solanki K., Rajpoot S., Bezsonov E.E., Orekhov A.N., Saluja R., Wary A., et al. (2022). The expanding roles of neuronal nitric oxide synthase (NOS1). *Peer J.*, 10, e13651. doi: 10.7717/peerj.13651.
30. Sonkodi B., Berkes I., Koltai E. (2020). Have We Looked in the Wrong Direction for More Than 100 Years? Delayed Onset Muscle Soreness Is, in Fact, Neural Microdamage Rather Than Muscle Damage. *Antioxidants (Basel)*, 9(3), 212. doi: 10.3390/antiox9030212.
31. Toyota E., Goto M., Nakamoto H., Ebata J., Tachibana H., Hiramatsu O., et al. (1999). Endothelium-derived nitric oxide enhances the effect of intraaortic balloon pumping on diastolic coronary flow. *Ann. Thorac. Surg.*, 67(5), 1254-1261. doi: 10.1016/s0003-4975(99)00156-3.
32. Uehara E.U., Shida Bde S., de Brito C.A. (2015). Role of nitric oxide in immune responses against viruses: beyond microbicidal activity. *Inflamm. Res.*, 64(11), 845–852. doi: 10.1007/s00011-015-0857-2.
29. Solanki K., Rajpoot S., Bezsonov E.E., Orekhov A.N., Saluja R., Wary A., et al. (2022). The expanding roles of neuronal nitric oxide synthase (NOS1). *Peer J.*, 10, e13651. doi: 10.7717/peerj.13651.
30. Sonkodi B., Berkes I., Koltai E. (2020). Have We Looked in the Wrong Direction for More Than 100 Years? Delayed Onset Muscle Soreness Is, in Fact, Neural Microdamage Rather Than Muscle Damage. *Antioxidants (Basel)*, 9(3), 212. doi: 10.3390/antiox9030212.
31. Toyota E., Goto M., Nakamoto H., Ebata J., Tachibana H., Hiramatsu O., et al. (1999). Endothelium-derived nitric oxide enhances the effect of intraaortic balloon pumping on diastolic coronary flow. *Ann. Thorac. Surg.*, 67(5), 1254-1261. doi: 10.1016/s0003-4975(99)00156-3.
32. Uehara E.U., Shida Bde S., de Brito C.A. (2015). Role of nitric oxide in immune responses against viruses: beyond microbicidal activity. *Inflamm. Res.*, 64(11), 845–852. doi: 10.1007/s00011-015-0857-2.

Орлов Олександр

Казахський Національний жіночий університет
м. Алмати, вул. Гоголя, 114, корп. 1, A05C9Y7 (050000), Республіка Казахстан.
e-mail: alexalians007@gmail.com
тел. 7(747) 5602985
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3965-2620>

Гуніна Лариса

Державний податковий університет
м. Ірпінь, Київська обл., вул. Університетська, 31, 08200, Україна
e-mail: gunina.sport@gmail.com
тел. +38(099) 6065251
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6207-1117>

Авсієвич Віталій

Казахська Академія спорту і туризму
м. Алмати, просп. Абая, 85, 050022, Республіка Казахстан
e-mail: qwer75tyu@mail.ru
тел. +7(747) 6984262
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6790-726X>

Крупеня Світлана

Державний податковий університет
м. Ірпінь, Київська обл., вул. Університетська, 31, 08200, Україна
e-mail: svetboock@ukr.net
тел. +38(050) 8157791
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7888-1133>

Орлов Анатолій

Запорізький національний університет
м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66, 69600, Україна
e-mail: orlov105@ukr.net
тел. +38(050) 8157791
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1044-7191>