

**Богдановська Н.В., Голубенко А.В.**

## **Застосування антиоксидантів при виконанні навантажень високої інтенсивності**

*Богдановська Надія Василівна, доктор біологічних наук,  
завідувач кафедри здоров'я людини та фізичної реабілітації*

*Голубенко Анастасія Володимирівна, аспірант  
Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, Україна*

**Анотація.** Проведене вивчення показників антиоксидантної системи і фізичної працездатності спортсменок високої кваліфікації 18-20 років до і після прийому екдистерону на різних етапах змагального періоду. Найбільша оптимізація стану антиоксидантної системи екдистероном відзначалася в кінці змагального періоду, в умовах зниження їх фізичної працездатності.

**Ключові слова:** антиоксидантна система, оксид азоту, фізична працездатність, екдистерон

**Вступ.** Наразі відмічається підвищена увага фізіологів до вивчення фізіологічної ролі оксиду азоту (NO). Показана важлива роль системи синтезу оксиду азоту та її окремих компонентів в регуляції різноманітних фізіологічних функцій організму [3-7] та, зокрема, в забезпеченні необхідного рівня фізичної працездатності і, як наслідок, довготривалої адаптації до систематичних фізичних навантажень [1]. Доведено, що несприятливі зміни в стані системи синтезу оксиду азоту призводять до істотного погіршення загальної фізичної працездатності організму.

У зв'язку з цим досить актуальним є питання щодо пошуку факторів, які можуть сприяти оптимізації функціонального стану системи синтезу оксиду азоту і, тим самим, збереженню на належному рівні як фізичної працездатності організму, так і його загального функціонального стану. Особливо актуальним це питання є для спортсменів високого рівня у зв'язку з необхідністю підтримки високого рівня функціональної підготовленості на протязі досить тривалого часу.

Мета роботи полягає у дослідженні особливостей зміни стану системи синтезу оксиду азоту у тренуваних дівчат після прийому екдистерону на різних етапах змагального періоду

Останнім часом більшість дослідників привертають увагу до можливості застосування в процесі оптимізації стану системи синтезу оксиду азоту різних фітопрепаратів, які містять екдистерон [2]. Нажаль, експериментальних досліджень стосовно оцінки ефективності застосування екдистерону в підвищенні синтезу NO в організмі, на даний час практично не має.

Актуальність представленої проблеми стала передумовою для проведення цього дослідження.

**Матеріали і методи.** В експерименті взяли участь 14 тренуваних дівчат 18-20 років, зі стажем заняття спортом понад 10 років (волейбольна команда суперліги чемпіонату України " Орбіта-Університет "). На початку, в середині і в кінці змагального періоду всі особи, що прийняли участь у дослідженні, приймали екдистерон (з розрахунку 1 крапля на 10 кілограм ваги) 1 раз на добу на 100 мл соку протягом 20 днів кожного етапу змагального періоду.

Для оцінки стану різних шляхів синтезу оксиду азоту у всіх обстежуваних на вказаних етапах змагального періоду в збагаченій білокрівцями плазмі крові визначали біохімічні показники які характеризують інтенсивність обміну аргініну за двома альтернативними (неокисному аргіназному й окисному NO-синтазному) шляхами метаболізму. Інтенсивність

неокисного метаболізму оцінювали, визначаючи активність аргінази й вміст сечовини, що утворюється при роботі цього ферменту. Інтенсивність окисної деградації аргініну (за якої утворюється оксид азоту шляхом de novo синтезу) оцінювали за активністю різних ізоферментів NO-синтаз – кальційзалежної конститутивної (визначалася сумарна активність eNOS + nNOS = cNOS,) і кальційнезалежної індукційної (iNOS) синтази оксиду азоту, а також за рівнем циркулюючих стабільних метаболітів оксиду азоту – нітрит- (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) і нітрат- (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) аніонів. Оцінювали також інтенсивність неокисної реутилізації нітрат-аніонів для ресинтезу оксиду азоту, визначаючи НАДФ-залежну нітратредуктазну активність.

Крім зазначених показників у дівчат, що взяли участь в дослідженні за допомогою велоергометричного субмаксимального тесту PWC<sub>170</sub> визначали величину загальної фізичної працездатності (PWC<sub>170</sub>, кгм/хв/кг) і аеробної продуктивності (МСК, мл/хв/кг) їхнього організму.

Всі отримані під час дослідження експериментальні матеріали були оброблені стандартними методами математичної статистики з використанням статистичного пакету Microsoft Excel.

**Результати та їх обговорення.** Експериментальні дані, отримані в ході цього дослідження показали наступне. Початок змагального періоду характеризувався найбільш високим рівнем фізичної працездатності тренуваних дівчат 18-20 років, який за даними субмаксимального тесту PWC<sub>170</sub> становив 1405,32±49,19 кгм•хв<sup>-1</sup> і відповідав рівню "вище середнього".

Нам вдалося встановити (табл. 1), що навіть на етапі максимальних значень фізичної працездатності прийом екдистерону сприяв певній оптимізації функціонального стану системи синтезу оксиду азоту тренуваних дівчат: відзначалася виражена тенденція до підвищення інтенсивності конститутивного і нітратредуктазного шляхів утворення NO (відповідно на 11,92±1,50 % і на 7,52±1,47 % у порівнянні з величинами цих показників без прийому препарату), загальної NOS (на 8,58±1,47 %) і, навпаки, до зниження інтенсивності індукційного й аргіназного шляхів метаболізму L-аргініну (відповідно на 10,18±1,34 % і на 7,21±1,36 %). Крім цього, відмічалася зниження в плазмі крові концентрації нітрат-аніонів (на 8,03±1,38 %) при підвищенні змісту нітрит-аніонів і сечовини (відповідно на 4,29±1,44 % і на 5,71±1,46 %).

Разом з тим, зазначимо лише тенденційний характер представлених змін, відсутність статистично достовірних змін вивчених показників, що, на нашу думку, можна пояснити, по-перше, досить високим ступенем функціональної залежності між рівнем фізичної працездатності і станом системи синтезу оксиду азоту, а, по-друге, спочатку високим рівнем фізичної працездатності тренуваних дівчат на даному етапі дослідження.

У середині змагального періоду у тренуваних дівчат відзначалося зниження рівня фізичної працездатності (до  $1147,57 \pm 65,77$  кгм•хв<sup>-1</sup> або на 18 %), який продовжував відповідати значенням "вище середнього" і, на нашу думку, це забезпечувалося, в першу чергу, за рахунок суттєвого (на 30 %) підвищення інтенсивності окисного кальційзалежного конститутивного шляху утворення оксиду азоту і істотного зниження інтенсивності всіх інших шляхів метаболізму L-аргініну.

**Таблиця 1.** Величини вивчених біохімічних показників у тренуваних дівчат 18-20 років на початку змагального періоду (M±m)

| Показники                        | Без прийому екдистерону | Після прийому екдистерону | Δ%          |
|----------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------|
| Сечовина, нмоль/мг білка         | 71,98±7,56              | 76,09±7,99                | 5,71±1,46   |
| iNOS, пмоль/хв мг білка          | 8,54±1,47               | 7,67±1,32                 | -10,18±1,34 |
| cNOS, пмоль/хв мг білка          | 48,01±4,5               | 53,73±5,04                | 11,92±1,50  |
| Аргіназа, нмоль/хв мг білка      | 2,69±0,32               | 2,50±0,30                 | -7,21±1,36  |
| Н-редуктаза, нмоль/хв мг білка   | 4,62±0,25               | 4,97±0,27                 | 7,52±1,47   |
| NO <sub>2</sub> , пмоль/мг білка | 284,67±34,73            | 296,87±36,22              | 4,29±1,44   |
| NO <sub>3</sub> , нмоль/мг білка | 1,48±0,15               | 1,36±0,14                 | -8,03±1,38  |
| заг. NOS, пмоль/хв мг білка      | 56,55±5,42              | 61,4±5,84                 | 8,58±1,47   |

Примітка: Δ% – величина відносної різниці (у %) між абсолютними значеннями показників з та без прийому екдистерону.

Було встановлено, що підвищене значення активності cNOS могло бути одним з факторів, що лімітує подальше підвищення активності даного ферменту і після прийому екдистерону, аналогічно тому, що істотне зниження інтенсивності аргіназного і індукційного шляхів деградації L-аргініну не припускало подальшого їх падіння після використання екдистерону.

Як видно з даних, представлених у таблиці 2, після прийому екдистерону у обстежених дівчат відзначалося лише достовірне зниження концентрації в плазмі крові нітрат-аніонів (на  $-15,87 \pm 1,51$  %), що могло свідчити про деяке підвищення інтенсивності нітрат-редуктазного реутилізаційного шляху синтезу NO.

**Таблиця 2.** Величини вивчених біохімічних показників у тренуваних дівчат 18-20 років у середині змагального періоду (M±m)

| Показники                        | Без прийому екдистерону | Після прийому екдистерону | Δ%           |
|----------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------|
| Сечовина, нмоль/мг білка         | 77,60±5,17              | 77,66±5,17                | 0,08±1,41    |
| iNOS, пмоль/хв мг білка          | 7,90±1,55               | 7,37±1,44                 | -6,71±1,40   |
| cNOS, пмоль/хв мг білка          | 56,45±3,05              | 60,12±3,25                | 6,51±1,46    |
| Аргіназа, нмоль/хв мг білка      | 1,38±0,19               | 1,32±0,19                 | -4,22±1,40   |
| Н-редуктаза, нмоль/хв мг білка   | 3,47±0,18               | 3,82±0,20                 | 10,10±1,49   |
| NO <sub>2</sub> , пмоль/мг білка | 348,94±27,33            | 381,69±25,20              | 9,38±1,36    |
| NO <sub>3</sub> , нмоль/мг білка | 1,76±0,07               | 1,48±0,08*                | -15,87±1,51* |
| заг. NOS, пмоль/хв мг білка      | 64,35±4,21              | 67,49±4,31                | 4,89±1,43    |

Примітка: \* – p < 0,05 у порівнянні з величинами показників, зареєстрованих без прийому екдистерону; Δ% – величина відносної різниці (у %) між абсолютними значеннями показників з та без прийому екдистерону.

Певним підтвердженням цьому стала позитивна тенденція до зростання вмісту в плазмі крові нітрит-аніонів (на  $9,38 \pm 1,36$  %) та активності нітратредуктази (на  $10,10 \pm 1,49$  %). Зміни ж всіх інших біохімічних показників були статистично недостовірними і незначними. Досить зазначити, що підвищення активності конститутивний NOS склало тільки  $6,51 \pm 1,46$ %, загальної NOS –  $4,89 \pm 1,40$  %, а зниження активності індукційної NOS та аргінази відповідно  $6,71 \pm 1,40$  % і  $4,22 \pm 1,40$  %. Підсумком зазначених перетворень у системі синтезу оксиду азоту організму тренуваних дівчат стало незначне (на  $7,64 \pm 1,38$  %) підвищення

рівня їх фізичної працездатності після прийому екдистерону. Найбільш ж істотним виявилось вплив екдистерону на стан системи синтезу оксиду азоту тренуваних дівчат в кінці змагального періоду, який характеризувався істотним зниженням рівня їхньої фізичної працездатності (до  $845,18 \pm 41,13$  кгм•хв<sup>-1</sup> або на 30 %) і значним підвищенням інтенсивності індукційного шляху метаболізму L-аргініну на фоні також істотного зниження інтенсивності всіх інших шляхів його деградації.

**Таблиця 3.** Величини вивчених біохімічних показників у нетренованих дівчат 18-20 років наприкінці змагального періоду (M±m)

| Показники                        | Без прийому екдистерону | Після прийому екдистерону | Δ%          |
|----------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------|
| Сечовина, нмоль/мг білка         | 70,37±2,99              | 74,23±3,16                | 5,49±1,45   |
| iNOS, пмоль/хв мг білка          | 15,96±1,50              | 11,62±1,09**              | -27,20±1,24 |
| cNOS, пмоль/хв мг білка          | 31,82±1,91              | 46,81±2,8***              | 47,10±1,78  |
| Аргіназа, нмоль/хв мг білка      | 1,32±0,08               | 1,06±0,06**               | -20,20±1,28 |
| Н-редуктаза, нмоль/хв мг білка   | 3,90±0,36               | 4,62±0,43                 | 18,40±1,55  |
| NO <sub>2</sub> , пмоль/мг білка | 340,74±20,56            | 421,89±16,35**            | 23,82±1,28  |
| NO <sub>3</sub> , нмоль/мг білка | 3,61±0,68               | 3,10±0,81                 | -14,15±1,56 |
| заг. NOS, пмоль/хв мг білка      | 47,78±2,57              | 58,43±3,13**              | 22,28±1,58  |

Примітка: \*\* – p < 0,01; \*\*\* – p < 0,001 у порівнянні з величинами показників, зареєстрованих без прийому екдистерону; Δ% – величина відносної різниці (у %) між абсолютними значеннями показників.

Прийом екдистерону в кінці змагального періоду, на фоні погіршення стану системи синтезу оксиду азоту і вираженого падіння фізичної працездатності тренуваних дівчат, сприяв суттєвої оптимізації даних параметрів (табл. 3).

Після прийому екдистерону відзначалось істотне, статистично достовірне зростання інтенсивності конститутивного шляху синтезу оксиду азоту (підвищення активності cNOS і заг. NOS відповідно на 47,10±1,78 % і на 22,28±1,58 %), нітратредуктазного шляху утворення NO (тенденція до зростання активності нітратредуктази на 18,40±1,55 % і до зниження концентрації нітрат-аніонів на 14,15±1,56 %, а також достовірне зростання змісту в плазмі крові нітрит-аніонів на 23,82±1,28 %) і, навпаки, достовірне падіння інтенсивності індукційного і аргіназного шляхів метаболізму L-аргініну (зниження активності iNOS на 27,20±1,24 %, а аргінази на 20,20±1,28 %).

У перспективі планується дослідити зміни в антиоксидантній системі у високотренованих юнаків під час навчально-тренувального та змагального періодів при несприятливому впливі зовнішніх факторів.

**Висновки.** Таким чином, результати оцінки особливостей зміни антиоксидантної системи у тренуваних дівчат після прийому екдистерону на різних ета-

пах змагального періоду дозволили зробити наступні висновки:

1. Використання екдистерону серед тренуваних дівчат сприяло в цілому оптимізації стану системи синтезу оксиду азоту на різних етапах змагального періоду.

2. Найбільш істотний позитивний ефект від використання екдистерону відзначався в кінці змагального періоду, в умовах максимального зниження їх фізичної працездатності.

3. Наявність порогових значень падіння рівня фізичної працездатності тренуваних осіб призводить до суттєвого підвищення відповідної реакції в системі синтезу оксиду азоту під впливом екдистерону (при зниженні рівня фізичної працездатності на 20 % та більше).

4. Підвищення відповідної реакції системи синтезу оксиду азоту на дію екдистерону при досягненні порогу падіння фізичної працездатності, її зростання, як результат даної реакції, служать додатковим переконливим підтвердженням важливої ролі системи синтезу оксиду азоту в забезпеченні рівня фізичної працездатності організму та довгострокової адаптації до систематичних фізичних навантажень значного об'єму та інтенсивності.

#### ЛІТЕРАТУРА (REFERENCES TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Богдановська Н.В. Синтез оксиду азоту у період довгострокової адаптації до інтенсивної м'язової роботи у спортсменок / Богдановська Н.В., Маліков М.В., Коцюруба А.В. [та ін.] // Фізіологічний журнал. – 2009. – Т.55. – № 3. – С. 95-99.
2. Сагач В.Ф. Пригнічення відкриття мітохондріальної пори екдистероном у серці старих щурів / Сагач В.Ф., Коркач Ю.П., Коцюруба А.В. [та ін.] // Фізіологічний журнал – 2008. – 54, №4. – С. 3-10.
3. Haram P.M. Time-course of endothelial adaptation following acute and regular exercise / Haram P.M., Adams V., Kemi O.J. [et al.] // Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. – 2006. – Aug. 13(4). – P. 585-591.
4. Haram P.M. Adaptation of endothelium to exercise training: insights from experimental studies / P.M. Haram, O.J. Kemi, U. Wisloff // Front Biosci. – 2008. – Jan 1;13. – P. 336-346.
5. Laufs Ulrich. Physical Inactivity Increases Oxidative Stress, Endothelial Dysfunction, and Atherosclerosis / L. Ulrich; S. Wassmann; Th. Czech // Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology. – 2005. – №25. – P. 809-814.
6. Meng-Wei Sun. Intensity Voluntary Running Lowers Blood Pressure with Simultaneous Improvement in Endothelium-Dependent Vasodilatation and Insulin Sensitivity in Aged Spontaneously Hypertensive Rats / Meng-Wei Sun, Feng-Lei Qian, Jian Wang [et al.] // Hypertens Res. – 2008. – Vol. 31, № 3. – P. 533-552.
7. Rassaf T. Nitric oxide synthase-derived plasma nitrite predicts exercise capacity / Rassaf T., Lauer T., Heiss C. [et al.] // Br. J. Sports Med. – October 1, 2007. – №41 (10). – P. 669-673.

**Bogdanovska N.V., Golubenko A.V. Application of antioxidants during performing high-intensity loads**

**Abstract.** Is studied the antioxidant system state and physical performance of sportsmen temple qualification 18-20 years old before and after taking of ecdysterone in various stages of competition period. The greatest optimize of the antioxidant system state by ecdysterone marked at the end of competition period, when the maximum reduction in their physical capacity.

**Keywords:** *Antioxidant system, nitric oxide, synthesis system, physical performance, ecdysterone*

**Богдановская Н.В., Голубенко А.В. Применение антиоксидантов при выполнении нагрузок высокой интенсивности**

**Аннотация.** Проведено изучение состояния антиоксидантной системы и физической работоспособности спортсменок высокой квалификации 18-20 лет до и после приёма экдистерона на различных этапах соревновательного периода. Наибольшая оптимизация состояния антиоксидантной системы экдистероном отмечалась в конце соревновательного периода, в условиях снижения их физической работоспособности.

**Ключевые слова:** *антиоксидантная система, оксид азота, система синтеза, физическая работоспособность, экдистерон*