

**УДК 612.6.057-053.81 : 612.014.1**

## **СТАТЕВІ ВІДМІННОСТІ У СТАНІ СИСТЕМИ СИНТЕЗУ ОКСИДУ АЗОТУ У ЗДОРОВИХ МОЛОДИХ ЛЮДЕЙ ВІКОМ 18-20 РОКІВ**

*Богдановська Н.В.*

*Запорізький національний університет, Запоріжжя, Україна  
E-mail: nadezhdabg@rambler.ru*

Проведено біохімічне дослідження плазми крові практично здорових юнаків та дівчат 18-20 років до і після фізичних тренувань. Отримані матеріали дозволили констатувати об'єктивне існування статевих відмінностей у стані системи синтезу оксиду азоту. Для юнаків була характерна більш висока інтенсивність окисного шляху синтезу NO за участю конститутивної NO-синтази, а також домінування даного шляху синтезу оксиду азоту над відновлювальним ресинтезом NO і його синтезом за рахунок підвищення активності кальційнезалежної індукційної NO-синтази.

**Ключові слова:** оксид азоту, система синтезу, фізичні тренування, статеві відмінності, юнаки, дівчата

### **ВСТУП**

Вивченню статевих особливостей різних фізіологічних систем організму практично здорових осіб та осіб з певними відхиленнями у стані здоров'я, присвячена останнім часом досить велика кількість експериментальних досліджень [1, 2].

Зокрема, показано об'єктивний вплив статевої приналежності на рівень поточного функціонального стану серцево-судинної, дихальної, ендокринної, нервової та інших фізіологічних систем, а також на характер їх реакції при дії різних факторів зовнішнього середовища [3, 4].

Разом з тим, практично не вивченими є питання, що стосуються статевих особливостей системи синтезу оксиду азоту, що розглядається цілим рядом авторів як найважливіший регулятор різних фізіологічних функцій організму [5-8].

Актуальність представленої проблеми стала передумовою для проведення даного дослідження.

### **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ**

В експерименті взяли участь 57 практично здорових молодих людей віком 18-20 років (28 дівчат і 29 юнаків). Всі обстежувані протягом восьми місяців два рази на тиждень займалися в групах степ-аеробіки.

Для оцінки стану різних шляхів синтезу оксиду азоту у всіх юнаків і дівчат до, та через 4 і 8 місяців систематичних фізичних тренувань визначали наступні показники: вміст у плазмі крові нітрит ( $\text{NO}_2^{-2}$ ) і нітрат ( $\text{NO}_3^{-3}$ ) -аніонів, сечовини, активність ферментів основних шляхів перетворення L-аргініну (аргінази, Ca-залежної конститутивної і Ca-незалежної індукційної) NO-синтази (cNOS,

iNOS), активність NADH-залежної нітратредуктази. На підставі цих даних додатково розраховували частку нітрит-аніонів в загальній сумі стабільних метаболітів оксиду азоту ( $\text{NO}_2$ ,%), частку NOS (iNOS,%), а також Σактивності iNOS у сумарній активності NOS та індекс оксигенації (умовні одиниці) за формулою: індекс оксигенації =  $[\text{NO}_2^{-2}] \times 1000 / [\text{NO}_3^{-3}] + [\text{сечовина}]$  [9].

У юнаків та дівчат, які взяли участь в дослідженні, крім зазначених біохімічних показників на основі субмаксимального тесту  $\text{PWC}_{170}$  визначали величину загальної фізичної працездатності (в  $\text{PWC}_{170}$ , кгм/хв/кг) і аеробної продуктивності (в МСК, мл/хв/кг) їх організму [10].

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

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

У зв'язку з зазначеною цілим рядом авторів важливою роллю оксиду азоту в забезпеченні оптимального рівня функціонування комплексу фізіологічних систем організму досить цікавими виглядали результати порівняльного аналізу показників, що характеризують стан системи синтезу оксиду азоту в обстежених юнаків та дівчат до початку фізичних тренувань.

Експериментальні дані, представлені в Таблиці 1, дозволили констатувати об'єктивну наявність статевих особливостей у функціональному стані системи синтезу оксиду азоту серед практично здорових юнаків і дівчат у віці від 18 до 20 років.

Було встановлено, що в групі юнаків реєструвалися вищі, ніж у дівчат, значення конститутивної кальційзалежної NO-синтази (cNOS) (відповідно  $33,48 \pm 1,86$  пмоль/хв мг білка та  $22,38 \pm 1,43$  пмоль/хв мг білка або на  $33,15 \pm 1,26$  %) і сумарної NOS (відповідно  $52,75 \pm 1,40$  пмоль/хв мг білка та  $42,09 \pm 1,33$  пмоль/хв мг білка або на  $20,20 \pm 1,38$  %), а також концентрації нітратів ( $\text{NO}_3$ ) ( $12,52 \pm 0,70$  нмоль/мг білка і  $9,97 \pm 0,70$  нмоль/мг білка або на  $20,32 \pm 1,42$  %).

Незважаючи на відсутність статистично значущих міжгрупових відмінностей для юнаків були характерні також більш високі значення змісту аргінази (на  $19,36 \pm 1,85$  %) і нітритів ( $\text{NO}_2$ ) (на  $17,04 \pm 1,66$  %) і, навпаки, менші величини вмісту сечовини (на  $14,69 \pm 1,46$  %). Істотних статевих відмінностей у вмісті індукцйбельної, кальційнезалежної NO-синтази (iNOS) і нітрат-редуктази виявити під час дослідження не вдалося.

Наведені дані дозволили зробити висновок, що для осіб з більш високим рівнем фізичної працездатності (юнаки 18-20 років) характерно виражене домінування окисного шляху утворення оксиду азоту з L-аргініну за участю кальційзалежної конститутивної NO-синтази при відносному рівні індукцйбельного і нітратредуктазного шляхів утворення оксиду азоту.

Також у групі юнаків можна було констатувати і більш інтенсивний, ніж у дівчат, безкисневий шлях деградації L-аргініну за участю аргінази. Проте, перевагу у використанні даного субстрату безумовно мала кальційзалежна конститутивна NO-синтаза (співвідношення величин відносної переваги юнаків над дівчатами у значеннях cNOS і аргінази виглядало відповідно як  $33,15 \pm 1,26$  % і  $19,36 \pm 1,85$  %).

Таблиця 1.

Величини вивчених біохімічних показників у обстежених дівчат та юнаків до початку фізичних тренувань ( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ )

Показники	Дівчата (n=28)	Юнаки (n=29)	%
Сечовина, нмоль/мг білка	57,89±3,03	50,47±2,86	-14,69±1,46
Сечова кислота, нмоль/мг білка	2,37±0,17	3,38±0,24***	29,91±1,22
iNOS, пмоль /хв мг білка	19,71±1,23	19,27±1,06	-2,29±1,53
cNOS, пмоль /хв мг білка	22,38±1,43	33,48±1,86***	33,15±1,26
Аргіназа, нмоль/хв мг білка	0,86±0,14	1,07±0,09	19,36±1,85
Нітратредуктаза, нмоль/хв мг білка	3,49±0,12	3,60±0,09	3,12±1,74
NO <sub>2</sub> , пмоль/мг білка	158,20±14,64	190,68±11,10	17,04±1,66
NO <sub>3</sub> , нмоль/мг білка	9,97±0,70	12,52±0,70**	20,32±1,42
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , пмоль· мг білка	4,10±0,23	3,04±0,20***	-34,96±1,53
ΣNOS, пмоль /хв мг білка	42,09±1,33	52,75±1,40***	20,20±1,38

Примітка: \*\* – p <0,01; \*\*\* – p <0,001 – у порівнянні з величинами показників, зареєстрованих у групі дівчат, % - процент відносної різниці між показниками.

На користь більш оптимального функціонального стану системи синтезу оксиду азоту в осіб з більш високим рівнем фізичної працездатності свідчили також результати порівняльного аналізу розрахункових величин співвідношень між вивченими біохімічними показниками (табл. 2).

Як видно з наведених даних, для обстежених юнаків були характерні статистично достовірно більш низькі, ніж у групі дівчат, значення частки індукцибельної NOS в загальному пулі NO-синтази (відповідно 37,31±2,30 % проти 47,03±2,79 % або на 26,05±1,57 %) і більш низькі значення у співвідношеннях нітратредуктаза-ΣNOS (відповідно 69,66±2,54 ум.од. і 85,30±4,14 ум.од. або на 22,46±1,91 %) і нітратредуктаза-cNOS (відповідно 116,43±6,65 ум.од. і 170,62±10,96 ум.од. або на 46,55±1,83 %). Істотних статевих відмінностей щодо інших розрахункових біохімічних показників зареєстровано не було.

Таблиця 2.

Величини розрахункових значень різних співвідношень між вивченими біохімічними показниками у обстежених дівчат та юнаків ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )

Показники	Дівчата (n=28)	Юнаки (n=29)	%
Частка iNOS, %	47,03±2,79	37,31±2,30**	-26,05±1,57
Індекс оксигенації, ум.од.	1,96±0,40	1,50±0,13	-30,16±3,32
Частка NO <sub>2</sub> , %	15,70±2,28	13,96±1,05	-12,48±2,39
Аргіназа/ΣNOS, ум.од.	19,23±2,72	20,21±1,67	4,85±1,91
Аргіназа/cNOS, ум.од.	36,03±4,88	33,59±3,32	-7,26±1,78
Аргіназа/iNOS, ум.од.	49,24±8,74	60,03±5,85	17,98±1,80
Нітратредуктаза/ΣNOS, ум.од.	85,30±4,14	69,66±2,54**	-22,46±1,91
Нітратредуктаза/cNOS, ум.од.	170,62±10,96	116,43±6,65**	-46,55±1,83
Нітратредуктаза/iNOS, ум.од.	207,21±21,29	205,27±14,00	-0,94±1,82

Примітка: \*\* –  $p < 0,01$  у порівнянні з величинами показників, зареєстрованих у групі дівчат, % - процент відносної різниці між показниками.

В цілому результати проведеного аналізу дозволили констатувати об'єктивне існування певних статевих відмінностей у стані системи синтезу оксиду азоту. Для практично здорових юнаків 18-20 років, які мали більш високий, ніж їх однолітки, рівень фізичної працездатності та аеробної продуктивності, була характерна більш висока ступінь вираженості окисного шляху утворення оксиду азоту з L-аргініну за участю кальційзалежної конститутивної NO-синтази і більш оптимальний стан серцево-судинної системи їхнього організму.

Повністю підтвердили перевагу юнаків у рівні функціонального стану системи синтезу оксиду азоту дані порівняльного аналізу величин коефіцієнтів кореляції рівня фізичної працездатності обстежених осіб за значеннями вивчених біохімічних показників (табл. 3).

Вдалося встановити, що для юнаків та дівчат 18-20 років у більшості випадків був характерним статистично достовірний кореляційний зв'язок рівня їх загальної фізичної працездатності з величинами вивчених біохімічних показників.

Таблиця 3.

Величини коефіцієнтів кореляції величин рівня фізичної працездатності (вРWC<sub>170</sub>, кгм/хв/кг) зі значеннями біохімічних показників у дівчат та юнаків 18-20 років ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )

Показники	Дівчата (n=28)	Юнаки (n=29)
Сечовина, нмоль/мг білка	-0,53±0,14*	-0,54±0,13*
iNOS, пмоль /хв мг білка	-0,37±0,17	-0,55±0,13*
cNOS, пмоль /хв мг білка	0,63±0,11*	0,68±0,11*
Аргіназа, нмоль/хв мг білка	-0,62±0,12*	-0,67±0,11*
Нітратредуктаза, нмоль/хв мг білка	0,33±0,17	0,53±0,14*
NO <sub>2</sub> , пмоль/мг білка	0,56±0,13*	0,53±0,14*
NO <sub>3</sub> , нмоль/мг білка	0,54±0,14*	0,58±0,13*
ΣNOS, пмоль /хв мг білка	0,31±0,18	0,68±0,1*
Частка iNOS, %	-0,63±0,11*	-0,69±0,10*
Індекс оксигенації, ум.од.	0,25±0,18	0,41±0,16*
Частка NO <sub>2</sub> , %	0,1±0,19	0,17±0,18

Однак, в юнаків, які мали більш високі, ніж дівчата, величини вРWC<sub>170</sub> реєструвалися і більш високі значення коефіцієнтів кореляції з активністю конститутивної NOS (відповідно 0,68±0,11 і 0,63±0,11), аргінази (-0,67±0,11 і -0,62±0,12), вмісту нітрат-аніонів у плазмі крові (0,58±0,13 і 0,54±0,14), частку індукцибельної NOS в загальному пулі ізоферментів (-0,69±0,10 і -0,63±0,11).

Крім цього, тільки для юнаків були характерні статистично достовірні величини коефіцієнтів кореляції вРWC<sub>170</sub> з активністю індукцибельної NOS (-0,55±0,13), нітратредуктази (0,53±0,14), сумарної NOS (0,68±0,10) та індексом оксигенації (0,41±0,16).

### ВИСНОВКИ

1. В цілому, наведені матеріали дозволили констатувати об'єктивне існування статевої відмінностей у стані системи синтезу оксиду азоту в практично

- здорових молодих людей віком 18-20 років. Для юнаків була характерна більш висока інтенсивність окисного шляху синтезу NO за участю конститутивної NO-синтази, а також домінування даного шляху синтезу оксиду азоту над відновлювальним ресинтезом NO і його синтезом за рахунок підвищення активності кальційнезалежної індукцибельної NO-синтази.
2. Важливо відзначити також, що більш високий рівень фізичної працездатності організму характеризувався зниженням активності безокисного шляху деградації L-аргініну за участю аргінази або зниженням ролі даного ферменту в боротьбі за даний субстрат з конститутивними формами NO-синтази.
  3. Отримані дані послужили також передумовою для проведення більш детального дослідження ступеня функціональної залежності між рівнем фізичної працездатності, з одного боку, і станом систем кровообігу і синтезу оксиду азоту, з іншого, в процесі фізичних тренувань.

### Список літератури

1. Богдановська Н.В. Особливості функціонального стану судинного ендотелію при систематичних фізичних навантаженнях / Н.В. Богдановська, М.В. Маликов // Фізіологічний журнал. – 2008. – Т.54. - №4. – С.44–46.
2. Синтез оксиду азоту у період довгострокової адаптації до інтенсивної м'язової роботи у спортсменок / Н.В. Богдановська, Г.М. Святодух, А.В. Коцюрuba [та ін.] // Фізіологічний журнал. – 2009. – Т.55, №3. – С. 94–99.
3. Богдановская Н.В. Оценка роли сосудистого эндотелия в обеспечении физической подготовленности девушек-волейболисток на этапе интенсивной соревновательной деятельности / Н.В. Богдановская, Н.В. Маликов, А.Н. Святодух // Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки. – 2008. - №1. – С. 40–43.
4. Пригнічення відкриття мітохондріальної пори екдистероном у серці старих щурів / В.Ф. Сагач, Ю.П. Коркач, А.В. Коцюрuba [та ін.] // Фізіологічний журнал. – 2008. – Т.54, №4. – С. 3–11.
5. Exercise training enhances endothelial function in young men / P. Clarkson, H.E. Montgomery, M.J.Mullen [et al.] // J Am Coll Cardiol. – 1999. – Vol. 33. – P. 1379–1385.
6. Маликов М.В. Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті / Маликов М.В., Богдановська Н.В., Сват'єв А.В. – Запоріжжя : ЗНУ, 2006. – 195 с
7. Nitric oxide modulates fracture healing / A.D. Diwan, M.X. Wang, D. Jang [et al.] // J. Bone Miner Res. – 2000. – 15, №2. – P. 342–351.
8. Defron D.T. Role of nitric oxide in wound healing / D.T. Defron, D. Most, A. Barbul // Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care. – 2000. – 3, №3. – P. 197–204.
9. Ziche M. Nitric oxide synthase lies downstream from vascular endothelial growth factor-induced but not basic fibroblast growth factor-induced angiogenesis / M. Ziche, L. Morbidelli // J. Clin. Invest. – 1997. – 99, № 11. – P. 2625–2634.
10. Kingwell B.A. Nitric oxide-mediated metabolic regulation during exercise: effects of training in health and cardiovascular disease / B.A. Kingwell // FASEB Journal. – 2000. – 14. - P. 1685–1690.

**Богдановская Н.В. Половые различия в состоянии системы синтеза оксида азота у здоровых молодых людей в возрасте 18-20 лет / Н.В. Богдановская // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 25-31.**

Проведено біохімічне дослідження плазми крові практично здорових юнаків і дівчаток 18-20 років до і після фізичних тренувань. Отримані матеріали дозволили констатувати об'єктивне існування статевих відмінностей в стані системи синтезу оксиду азоту. Для

юношей была характерна более высокая интенсивность окисного пути синтеза NO при участии конститутивной NO-синтазы, а также доминирование данного пути синтеза оксида азота над восстановительным ресинтезом NO и его синтезом за счет повышения активности кальцийнезависимых индуцибельных NO-синтаз.

**Ключевые слова:** оксид азота, система синтеза, физические тренировки, половые различия, юноши, девушки.

**Bogdanovskaya N.V. Sex differences in the nitric oxide synthesis system state of healthy young people aged 18-20 years / N.V. Bogdanovskaya // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 25-31.**

Biochemical research of blood plasma of youth and girls aged 18-20 years before and after prolonged physical trainings is conducted. The objective existence of sex differences of the nitric oxide synthesis system state these materials shows. Higher intensity of the oxide way of NO synthesis with the constitutive NO-synthase involvement, as well as the dominance of this way of synthesis of nitric oxide over the recovery resynthesis of NO and its synthesis by increasing the activity calcium independent inducible NO-synthase was characterized for youth.

**Keywords:** nitric oxide, synthesis system, physical training, sex differences, youth, girls.

*Поступила в редакцию 10.04.2010 г.*