

УДК: 612: 543.272.3–053.67

## ВПЛИВ СИСТЕМАТИЧНИХ ФІЗИЧНИХ ТРЕНУВАНЬ НА МЕТАБОЛІЗМ ОКСИДУ АЗОТУ В ОРГАНІЗМІ ДІВЧАТ 18–20 РОКІВ

Богдановська Н. В.

*Вплив систематичних фізичних тренувань на метаболізм оксиду азоту в організмі дівчат 18–20 років. — Н. В. Богдановська. — Обстежено 28 практично здорових нетренованих дівчат 18–20 років. Показано, що після систематичних, протягом восьми місяців, дозованих фізичних тренувань характерний більш високий рівень окислювального шляху утворення оксиду азоту з L-аргініну за участю кальційзалежної конститутивної NOS при відповідному зниженні активності індукційної NOS та збереженні на вихідному рівні інтенсивності реутилізаційного шляху утворення NO за участю нітратредуктази.*

**Ключові слова:** оксид азоту, фізичні навантаження, дівчата.

**Адреса:** Запорізький національний університет, кафедра фізичної реабілітації, вул. Жуковського 66, м. Запоріжжя, 69000 Україна; e-mail: nadezhdabg@rambler.ru

*Regular physical trainings effect on the nitrogen oxides metabolism of girls aged 18–20 years organism. — N. Bogdanovskaya. — 28 practically healthy untrained girls aged 18–20 years are investigated. After systemic (for eight months) dosed physical training is typical having a higher level of enhance the role of oxidative pathways of formation of nitric oxide from L-arginine with the participation of Ca-dependent constitutive NOS activity with a corresponding decrease in inducible NOS and maintaining at the same level of intensity reutilizational way of NO formation with the participation of nitrate reductase, is shown.*

**Key words:** nitric oxide, physical stress, girls.

**Address:** Zaporizhian National University, Zhukovskiy-66, UA – 69063 Zaporozhye, Ukraine; e-mail: nadezhdabg@rambler.ru

### Вступ

Вивченню ролі оксиду азоту в регуляції різних фізіологічних систем організму присвячено досить велику кількість досліджень. Експериментально доведена важлива роль оксиду азоту в регуляції імунної [7, 9], нервової [11], серцево-судинної систем, системи крові [1, 6], органів дихання [3], травлення [5], виділення [8], функціонуванні секреторних клітин [10], підтриманні гомеостазу [2, 4] і т.п.

Разом з тим, практично не вивченим є питання щодо особливостей зміни системи синтезу оксиду азоту при дії на організм різних зовнішніх факторів, зокрема, тривалих фізичних тренувань.

Крім цього, необхідно відзначити, що більшість досліджень, присвячених вивченню особливостей стану системи синтезу оксиду азоту та її впливу на рівень функціонування основних фізіологічних функцій організму було проведено або на тваринах, або на людях з певною формою патології [5, 6].

Актуальність представленої проблеми стала передумовою для проведення цього дослідження.

### Матеріал та методика досліджень

В експерименті взяли участь 28 практично здорових, нетренованих дівчат у віці від 18 до 20 років. Всі обстежувані протягом 8 місяців 2 рази на тиждень займалися в групах степ-аеробіки.

Для оцінки стану різних шляхів синтезу оксиду азоту у всіх дівчат до, через 4 та 8 місяців систематичних фізичних тренувань визначали наступні показники: вміст у плазмі крові нітрит ( $\text{NO}_2^-$ ) – і нітрат ( $\text{NO}_3^-$ -аніонів, сечовини, активність ферментів основних шляхів перетворення L-аргініну (аргінази, Ca-залежної конститутивної і Ca-незалежної індукційної) NO-синтази (cNOS і 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 активності iNOS у сумарній активності NOS ( $\Sigma\text{NOS}$ ) (iNOS, %), а також індекс оксигенації (IO, умовні одиниці) за формулою:  $\text{IO} = [\text{NO}_2^-] 1000 / [\text{NO}_3^-]$ .

Крім зазначених біохімічних показників у дівчат, що взяли участь в дослідженні, на основі субмаксимального тесту  $\text{PWC}_{170}$  визначали величину загальної фізичної працездатності ( $\text{vPWC}_{170}$ , кгм/хв/кг) і аеробної продуктивності ( $\text{vMCK}$ , мл/хв/кг) їх організму.

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

### Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз результатів, отриманих в ході дослідження показав, що певні позитивні зміни в стані системи синтезу оксиду азоту організму обстежених дівчат

були зареєстровані нами вже через 4 місяці систематичних фізичних тренувань.

Як видно з результатів, представлених в таблиці 1, до даного етапу дослідження у них відзнача-

лося достовірне зростання активності конститутивної і сумарної NOS (відповідно до  $28,96 \pm 1,85$  або на  $29,37 \pm 1,64\%$  і до  $45,87 \pm 1,45$  або на  $8,95 \pm 1,59\%$ ).

**Таблиця 1.** Величини біохімічних показників у дівчат до і через 4 місяці після початку фізичних тренувань ( $M \pm m$ )

**Table 1.** The values of biochemical parameters of the girls before and after 4 months after the start of physical trainings ( $M \pm m$ )

Показники	Вихідні дані	Через 4 місяці	D, %
Сечовина, нмоль/мг білка	$57,88 \pm 3,03$	$55,63 \pm 2,91$	$-3,89 \pm 1,39$
Сечова кислота,	$2,37 \pm 0,17$	$2,36 \pm 0,17$	$-0,41 \pm 1,41$
iNOS, пмоль /хв мг білка	$19,72 \pm 1,23$	$16,91 \pm 1,05$	$-14,23 \pm 1,32$
cNOS, пмоль /хв мг білка	$22,38 \pm 1,43$	$28,96 \pm 1,85^{**}$	$29,37 \pm 1,64$
Аргіназа, нмоль/хв мг білка	$0,82 \pm 0,14$	$0,85 \pm 0,14$	$3,59 \pm 1,44$
Нітратредуктаза, нмоль/хв мг білка	$3,49 \pm 0,12$	$3,52 \pm 0,12$	$0,93 \pm 1,42$
NO <sub>2</sub> , пмоль/мг білки	$158,2 \pm 14,64$	$176,25 \pm 16,32$	$11,41 \pm 1,5$
NO <sub>3</sub> , нмоль/мг білки	$9,97 \pm 0,7$	$9,3 \pm 0,66$	$-6,71 \pm 1,37$
ΣNOS, пмоль /хв мг білка	$42,1 \pm 1,17$	$45,87 \pm 1,45^*$	$8,95 \pm 1,59$

Примітка: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$  у порівнянні зі значеннями показників, зареєстрованих на початку дослідження; D % – величини відносної різниці між вихідними даними та даними, які були отримані через 4 місяці

Крім цього, спостерігалася тенденція до зниження активності індукцибельної NOS (на  $14,23 \pm 1,32\%$ ), вмісту в плазмі крові нітрат-аніонів (на  $6,71 \pm 1,37\%$ ) і, навпаки, тенденція до підвищення концентрації нітрит-аніонів (на  $11,41 \pm 1,5\%$ ) та активності нітратредуктази (на  $0,93 \pm 1,42\%$ ). Істотних змін інших по-

казників, у тому числі активності нітритредуктази і аргінази, зареєструвати не вдалося.

Суттєвим підтвердженням наведеними даними стали і результати аналізу змін величин розрахункових співвідношень між використаними в дослідженні біохімічними показниками (табл. 2).

**Таблиця 2.** Величини розрахункових значень різних співвідношень між вивченими біохімічними показниками у дівчат до і через 4 місяці після початку фізичних тренувань ( $M \pm m$ )

**Table 2.** The values of the calculated values of the various relationships between the studied biochemical indices of the girls before and after 4 months after the start of physical trainings ( $M \pm m$ )

Показники	Вихідні дані	Через 4 місяці	D, %
Частка iNOS, %	$47,03 \pm 2,87$	$37,84 \pm 2,72^*$	$-19,56 \pm 1,38$
Індекс оксигенації, ум.од.	$2,39 \pm 0,23$	$2,79 \pm 0,27$	$16,43 \pm 1,53$
Частка NO <sub>2</sub> , %	$15,03 \pm 1,92$	$17,25 \pm 2,1$	$14,77 \pm 1,48$
Аргіназа / ΣNOS, ум.од.	$18,8 \pm 2,9$	$17,61 \pm 2,65$	$-6,32 \pm 1,35$
Аргіназа / cNOS, ум.од.	$35,14 \pm 4,98$	$28,13 \pm 3,99$	$-19,93 \pm 1,28$
Аргіназа / iNOS, ум.од.	$49,54 \pm 9,5$	$59,83 \pm 11,48$	$20,78 \pm 1,57$
Нітратредуктаза / ΣNOS, ум.од.	$84,71 \pm 3,9$	$78,44 \pm 3,32$	$-7,4 \pm 1,31$
Нітратредуктаза / cNOS, ум.од.	$170,03 \pm 10,06$	$132,65 \pm 7,85^{**}$	$-21,98 \pm 1,27$
Нітратредуктаза / iNOS, ум.од.	$206,27 \pm 21,1$	$242,73 \pm 24,83$	$17,68 \pm 1,54$

Примітка: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$  у порівнянні зі значеннями показників, зареєстрованих на початку дослідження; D % – величини відносної різниці між вихідними даними та даними, які були отримані через 4 місяці

Вдалося встановити, що через 4 місяців фізичних тренувань для обстежених дівчат було характерно достовірне зниження величин співвідношення нітратредуктази/cNOS (до  $132,65 \pm 7,85$  або на  $21,98 \pm 1,27\%$ ), а також тенденція до зниження співвідношень активності аргінази з активністю конститутивного NOS (на  $19,93 \pm 1,28\%$ ) і сумарного NOS (на  $6,32 \pm 1,35\%$ ) і нітратредуктази з активністю теж сумарної NOS (на  $7,4 \pm 1,31\%$ ). Крім цього, досить показовим виглядало достовірне зниження частки індукцибельної NOS в загальному пулі ізоферментів (до  $37,84 \pm 2,72\%$  або на  $19,56 \pm 1,38\%$ ) і тенденція до підвищення частки нітрит-аніонів в загальному пулі метаболітів (на  $14,77 \pm 1,48\%$ ) та індексу оксигенації (на  $16,43 \pm 1,53\%$ ).

В цілому, результати обстеження дівчат 18–20 років, проведеного через 4 місяці їх систематичних фізичних тренувань, дозволили говорити про те, що під впливом даних тренувань у дівчат відзначається виражене підвищення активності системи синтезу оксиду азоту (головним чином, за рахунок інтенсифікації окислювального шляху утворення NO за участю конститутивної NOS).

Необхідно відзначити, що для дівчат через 4 місяці фізичних тренувань була характерна також тенденція до підвищення величин їх загальної фізичної працездатності (до  $14,94 \pm 0,89$  кгм/хв/кг за  $VPWC_{170}$  або на  $7,72 \pm 1,47\%$ ) і аеробних можливостей (до  $48,70 \pm 2,05$  мл або на  $3,88 \pm 1,45\%$ ),  $p < 0,05$  та  $p < -0,01$ .

Переконливим підтвердженням даних висновків послужили результати порівняльного аналізу характеру кореляційних взаємин між рівнем фізичної працездатності дівчат і вивченими біохімічними показниками їх організму до і після 4 місяців систематичних фізичних тренувань (табл. 3).

Вдалося встановити, що до даного етапу дослідження для обстежених дівчат було характерно збільшення коефіцієнтів кореляції  $r_{PWC_{170}}$  з величинами активності конститутивної NOS (з  $0,68 \pm 0,11$  до  $0,72 \pm 0,09$ ), аргінази (з  $-0,67 \pm 0,11$  до  $-0,73 \pm 0,09$ ), концентрації в плазмі крові нітрит-аніонів (з  $0,56 \pm 0,13$

до  $0,67 \pm 0,11$ ), а також наявність статистично достовірних коефіцієнтів кореляції зі значеннями активності індукцибельної NOS ( $-0,44 \pm 0,16$ ), нітратредуктази ( $0,46 \pm 0,15$ ), сумарної NOS ( $0,58 \pm 0,13$ ) та індексу оксигенації ( $0,54 \pm 0,14$ ).

Ступінь кореляційної залежності рівня фізичної працездатності з іншими вивченими показниками залишався і на даному етапі експерименту достатньо високим.

Збереглася позитивна динаміка в метаболізмі оксиду азоту у обстежених дівчат і по завершенню їх систематичних фізичних тренувань.

**Таблиця 3.** Величини коефіцієнтів кореляції величин рівня фізичної працездатності ( $r_{PWC_{170}}$ ) зі значеннями біохімічних показників у обстежених дівчат до і після 4 місяців систематичних фізичних тренувань ( $M \pm m$ )

**Table 3.** The values of correlation coefficients of the level of physical performance ( $r_{PWC_{170}}$ ) with the values of biochemical parameters of the investigated girls before and after 4 months of systematic physical training ( $M \pm m$ )

Показники	Вихідні дані	Через 4 місяці
Сечовина, нмоль/мг білка	$-0,53 \pm 0,14^*$	$-0,53 \pm 0,14^*$
iNOS, пмоль /хв мг білка	$-0,37 \pm 0,17$	$-0,44 \pm 0,16^*$
cNOS, пмоль /хв мг білка	$0,68 \pm 0,11^*$	$0,72 \pm 0,09^*$
Аргіназа, нмоль/хв мг білка	$-0,67 \pm 0,11^*$	$-0,73 \pm 0,09^*$
Нітратредуктаза, нмоль/хв мг білка	$0,33 \pm 0,17$	$0,46 \pm 0,15^*$
NO <sub>2</sub> , пмоль/мг білка	$0,56 \pm 0,13^*$	$0,67 \pm 0,11^*$
NO <sub>3</sub> , нмоль/мг білка	$0,54 \pm 0,14^*$	$0,53 \pm 0,14^*$
ΣNOS, пмоль /хв мг білка	$0,31 \pm 0,18$	$0,58 \pm 0,13^*$
Частка iNOS, %	$-0,68 \pm 0,11^*$	$-0,65 \pm 0,11^*$
Індекс оксигенації, ум.од.	$0,25 \pm 0,18$	$0,54 \pm 0,14^*$
Частка NO <sub>2</sub> , %	$0,1 \pm 0,19$	$-0,38 \pm 0,17^*$

Примітка: \* –  $p < 0,05$  у порівнянні зі значеннями показників, зареєстрованих на початку дослідження; D % – величини відносної різниці між вихідними даними та даними, які були отримані через 4 місяці

Як видно з результатів, наведених у таблиці 4, через 8 місяців фізичних тренувань у обстежених дівчат відзначалося достовірне підвищення активності конститутивної NOS (до  $34,73 \pm 2,16$  або на  $55,16 \pm 1,81\%$ ), сумарної NOS (до  $49,84 \pm 1,83$  або на  $18,38 \pm 1,85\%$ ), аналогічне зниження активності індукцибельної NOS

(до  $15,11 \pm 1,05$  або на  $23,36 \pm 1,32\%$ ), а також тенденція до незначного зростання активності нітратредуктази (на  $1,96 \pm 1,43\%$ ) і, навпаки, до істотного зниження концентрації в плазмі крові нітрат-аніонів (на  $15,24 \pm 1,36\%$ ). Зміни інших біохімічних показників були незначними.

**Таблиця 4.** Величини біохімічних показників у дівчат до і після 8 місяців фізичних тренувань ( $M \pm m$ )

**Table 4.** The values of biochemical parameters of the girls before and after 8 months of physical training ( $M \pm m$ )

Показники	Вихідні дані	Через 8 місяців	D, %
Сечовина, нмоль/мг білка	$57,88 \pm 3,03$	$51,52 \pm 2,7$	$-11,00 \pm 1,34$
Сечова кислота,	$2,37 \pm 0,17$	$2,35 \pm 0,17$	$-0,82 \pm 1,41$
iNOS, пмоль /хв мг білка	$19,72 \pm 1,23$	$15,11 \pm 1,05^{**}$	$-23,36 \pm 1,32$
cNOS, пмоль /хв мг білка	$22,38 \pm 1,43$	$34,73 \pm 2,16^{***}$	$55,16 \pm 1,81$
Аргіназа, нмоль/хв мг білка	$0,82 \pm 0,14$	$0,88 \pm 0,15$	$7,00 \pm 1,46$
Нітратредуктаза, нмоль/хв мг білка	$3,49 \pm 0,12$	$3,56 \pm 0,12$	$1,96 \pm 1,43$
NO <sub>2</sub> , пмоль/мг білки	$158,2 \pm 14,64$	$185,47 \pm 15,5$	$17,24 \pm 1,46$
NO <sub>3</sub> , нмоль/мг білки	$9,97 \pm 0,7$	$8,45 \pm 0,64$	$-15,24 \pm 1,36$
ΣNOS, пмоль /хв мг білка	$42,1 \pm 1,17$	$49,84 \pm 1,83^{***}$	$18,38 \pm 1,85$

Примітка: \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$  у порівнянні зі значеннями показників, зареєстрованих на початку дослідження; D % – величини відносної різниці між вихідними даними та даними, які були отримані через 4 місяці

Можна припустити, що проведення серед дівчат систематичних фізичних тренувань сприяло інтенсифікації, переважно, окислювального конститутивного шляху синтезу оксиду азоту, при збереженні активності реутилізаційного синтезу NO, та вираженого пригнічення кальційзалежного інду-

цибельного шляху утворення оксиду азоту за участю індукцибельної NOS.

Певною мірою підтвердили даний висновок результати аналізу характеру змін величин розрахункових значень між використаними в дослідженні біохімічними показниками (табл. 5).

Вдалося встановити, що, через 8 місяців систематичних фізичних тренувань, у обстежених дівчат спостерігалось достовірне зниження величин співвідношень аргіназного і конститутивного шляхів деградації L-аргініну (до  $24,63 \pm 3,60$  або  $29,90 \pm 1,23\%$ ), співвідношень нітратредуктазного і конститутивного і сумарного окисного шляхів синтезу NO (відповідно, до  $111,84 \pm 6,86$  або на  $34,22 \pm 1,21\%$  і до  $73,49 \pm 3,28$  або на  $13,25 \pm 1,31\%$ ), значень частки індукційної NOS в загальному пулі ізоферментів (до  $31,48 \pm 2,61$

або на  $33,07 \pm 1,35\%$ ) і, навпаки зростання величини співвідношення реутилізаційного і індукційного шляхів синтезу оксиду азоту (до  $281,27 \pm 29,58$  або на  $36,36 \pm 1,72\%$ ), частки нітрит-аніонів в загальному пулі стабільних метаболітів (до  $19,89 \pm 2,29$  або на  $32,32 \pm 1,56\%$ ) та індексу оксигенації (до  $3,19 \pm 0,29$  або на  $33,47 \pm 1,59\%$ ).

Не менш значимими виявилися зміни коефіцієнтів кореляції з PWC<sub>170</sub> з величинами вивчених біохімічних показників (табл. 6).

**Таблиця 5.** Величини розрахункових значень різних співвідношень між вивченими біохімічними показниками у дівчат до і через 8 місяців фізичних тренувань (M±m)

**Table 5.** The values of the calculated values of the various relationships between the studied biochemical indices of the girls before and after 8 months of physical training (M±m)

Показники	Вихідні дані	Через 8 місяців	D, %
Частка iNOS, %	$47,03 \pm 2,87$	$31,48 \pm 2,61^{***}$	$-33,07 \pm 1,35$
Індекс оксигенації, ум.од.	$2,39 \pm 0,23$	$3,19 \pm 0,29^*$	$33,47 \pm 1,59$
Частка NO <sub>2</sub> , %	$15,03 \pm 1,92$	$19,89 \pm 2,29^*$	$32,32 \pm 1,56$
Аргіназа / ΣNOS, ум.од.	$18,8 \pm 2,9$	$16,65 \pm 2,45$	$-11,45 \pm 1,31$
Аргіназа / cNOS, ум.од.	$35,14 \pm 4,98$	$24,63 \pm 3,6^*$	$-29,9 \pm 1,23$
Аргіназа / iNOS, ум.од.	$49,54 \pm 9,5$	$66,08 \pm 11,6$	$33,39 \pm 1,58$
Нітратредуктаза / ΣNOS, ум.од.	$84,71 \pm 3,9$	$73,49 \pm 3,28^*$	$-13,25 \pm 1,31$
Нітратредуктаза / cNOS, ум.од.	$170,03 \pm 10,06$	$111,84 \pm 6,86^{***}$	$-34,22 \pm 1,21$
Нітратредуктаза / iNOS, ум.од.	$206,27 \pm 21,1$	$281,27 \pm 29,58^*$	$36,36 \pm 1,72$

Примітка: \* –  $p < 0,05$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$  у порівнянні зі значеннями показників, зареєстрованих на початку дослідження; D % – величини відносної різниці між вихідними даними та даними, які були отримані через 4 місяці

**Таблиця 6.** Величини коефіцієнтів кореляції величин рівня фізичної працездатності (в PWC<sub>170</sub>) зі значеннями біохімічних показників у обстежених дівчат до і через 8 місяців систематичних фізичних тренувань (M±m)

**Table 6.** The values of correlation coefficients values of the level of physical performance (vPWC<sub>170</sub>) with the values of biochemical parameters of the investigated girls before and after 8 months of systematic physical training (M±m)

Показники	Вихідні дані	Через 8 місяців	% приросту
Сечовина, нмоль/мг білка	$-0,53 \pm 0,14^*$	$-0,76 \pm 0,08^*$	$43,40 \pm 1,16$
iNOS, пмоль /хв мг білка	$-0,37 \pm 0,17$	$-0,48 \pm 0,15^*$	$29,73 \pm 1,34$
cNOS, пмоль /хв мг білка	$0,68 \pm 0,11^*$	$0,92 \pm 0,03^*$	$35,29 \pm 1,04$
Аргіназа, нмоль/хв мг білка	$-0,67 \pm 0,11^*$	$-0,68 \pm 0,11^*$	$1,49 \pm 1,40$
Нітратредуктаза, нмоль/хв мг білка	$0,33 \pm 0,17$	$0,51 \pm 0,15^*$	$54,55 \pm 1,30$
NO <sub>2</sub> , пмоль/мг білка	$0,56 \pm 0,13^*$	$0,59 \pm 0,13^*$	$5,36 \pm 1,38$
NO <sub>3</sub> , нмоль/мг білка	$0,54 \pm 0,14^*$	$0,55 \pm 0,14^*$	$1,85 \pm 1,40$
ΣNOS, пмоль /хв мг білка	$0,31 \pm 0,18$	$0,62 \pm 0,12^*$	$100,00 \pm 1,21$
Частка iNOS, %	$-0,68 \pm 0,11^*$	$-0,74 \pm 0,09^*$	$8,82 \pm 1,31$
Індекс оксигенації, ум.од.	$0,25 \pm 0,18$	$0,59 \pm 0,13^*$	$136,00 \pm 1,22$
Частка NO <sub>2</sub> , %	$0,1 \pm 0,19$	$0,18 \pm 0,19$	$80,00 \pm 1,40$

Примітка: \* –  $p < 0,05$  у порівнянні зі значеннями показників, зареєстрованих на початку дослідження; D % – величини відносної різниці між вихідними даними та даними, які були отримані через 4 місяці

Наприкінці дослідження для обстежених дівчат було характерне посилення кореляційної залежності величин в PWC<sub>170</sub> зі значеннями сумарної активності і конститутивної NOS (відповідно на  $100,00 \pm 1,21\%$  і  $35,29 \pm 1,04\%$ ), нітратредуктази (на  $54,55 \pm 1,30\%$ ), індукційної NOS (на  $29,73 \pm 1,34\%$ ), частки нітрит-аніонів в загальному пулі метаболітів і частки індукційної NOS в загальному пулі ізоферментів (відповідно на  $80,00 \pm 1,40\%$  і  $8,82 \pm 1,31\%$ ), індексу оксигенації (на  $136,00 \pm 1,22\%$ ).

Важливо відзначити також, що тривале виконання фізичних навантажень, сприяло статис-

тично достовірному підвищенню загальної фізичної працездатності обстежених дівчат (до  $839,97 \pm 37,60$  кгм/хв або на  $14,18 \pm 1,52\%$  – за в PWC<sub>170</sub>) і аеробних можливостей їх організму (до  $2,67 \pm 0,064$  л/хв або на  $7,12 \pm 1,52\%$  – за в MCK).

## Висновки

Отримані дані дозволили говорити про те, що систематичні фізичні тренування сприяють суттєвим позитивним змінам метаболізму оксиду азоту в організмі дівчат 18–20 років, зокрема, підвищення ролі окислювального шляху утворення оксиду азоту

з L-аргініну за участю кальцій залежної конститутивної NOS при відповідному зниженні активності індуцибельної NOS та збереженні на вихідному

рівні інтенсивності реутилізаційного шляху утворення NO за участю нітратредуктази.

1. *Абакумов М. М.* Оксид азота и свертывающая система крови в клинике / М.М. Абакумов, П.П. Голиков // Вестник Российской АМН. – № 10. – 2005. – С. 53 – 56.
2. *Богдановська Н. В.* Синтез оксиду азоту у період довгострокової адаптації до інтенсивної м'язової роботи у спортсменок / Богдановська Н. В., Святодух Г. М., Коцюрба А. В., Коркач Ю. П., Маліков М. В. // Фізіологічний журнал. – Київ, 2009. – т.55. – №3. – С. 94 – 99.
3. *Братусь В. В.* Оксид азота как регулятор защитных и гомеостатических реакций организма / В. В. Братусь // Український ревматологічний журнал. – № 4 (14). – 2003. – С. 3 – 11.
4. *Бродчкая Т. А.* Дисфункция эндотелия и болезни органов дыхания / Бродчкая Т. А., Незорова В. А., Гельцер Б. И., Моткина Е. В // Терапевтический архив. – 2007. – № 3. – С. 76 – 84.
5. *Журавлева И. А.* Роль окиси азота в кардиологии и гастроэнтерологии / Журавлева И. А., Мелентьев И. А., Виноградов Н. А. // Клин.мед. – 1997. – Т. 75. – № 4. – С. 18 – 21.
6. *Марков Х. М.* Оксид азота и сердечно-сосудистая система / Х. М. Марков // Успехи физиологических наук. – 2001. – Т 32. – № 3. – С. 49 – 65.
7. *Deedwania P. C.* Endothelin? The bed actor in the play: a marker or cardiovascular disease. J Am. Coll Cardiol 1999; 33: 939 – 942.
8. *Gerdel D., Cederbaum A. J.* Inhibition of the catalytic activity of alcoholdehydrogenase by NO is associated with S-nitrosylation and the release of zinc // Biochemistry. – 1996. – 35, № 50, p.16186 – 16194.
9. *Jenkira D. C., Chartes I. C., Thomsen L. L. et al.* Roles of nitric oxide in tumor growth // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1995. – 92, № 10. – P. 4392 – 4396.
10. *Miles A. M., Bohle D. S., Glassbrenner P. A. et al.* Modulation of superoxide-dependent oxidation and hydroxylation reaction by nitric oxide // J. Biol. Chem. – 1996. – 271, № 1. – P. 40 – 47.
11. *Moncada S., Higgs A.* The L-arginine - nitric oxide pathway // New Engl. J. Med. – 1993. – 329, № 27. – P. 2002 – 2012.

Отримано: 10 січня 2010 р.

Прийнято до друку: 4 лютого 2010 р.