

3. Сергієнко Л.П. Тестування рухових здібностей школярів / Л.П. Сергієнко. – К.: Олімпійська література, 2001. – 440 с.
4. Романенко В.А. Диагностика двигательных способностей / В.А. Романенко. – Донецк: ДонНУ, 2005. – 290 с.
5. Круцевич Т.Ю. Нормування результатів фізичної підготовленості дітей, підлітків та юнацтва методом індексів / Т.Ю. Круцевич // Спортивний вісник Придніпров'я. – 2005. – №2. – 100 с.

УДК 577.1 : 54 – 31] : 796. 015.1 – 055.2

ГЕНДЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ СИСТЕМЫ СИНТЕЗА ОКСИДА АЗОТА НА ФИЗИЧЕСКИЕ ТРЕНИРОВКИ У МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ

Страколист А.Н., к.б.н., ст. преподаватель, Богдановская Н.В., д.б.н., профессор

Запорожский национальный университет

Рассмотрена роль системы синтеза оксида азота в обеспечении высокого уровня физической работоспособности организма. В эксперименте приняли участие 57 практически здоровых юношей и девушек в возрасте 18-20 лет, систематически выполняющих физические нагрузки. Полученные результаты позволили констатировать объективное существование гендерных различий в уровне функционирования системы синтеза оксида азота у молодых людей данного возраста. Установлено, что у обследуемых лиц под влиянием физических тренировок наблюдается постепенный, естественный рост физической работоспособности и аэробной производительности, а также выраженное повышение интенсивности окислительного пути метаболизма L-аргинина при участии cNOS на фоне сохранения роли реутилизационного пути синтеза NO и существенном снижении активности iNOS. Полученные данные являются новым дополнением к имеющимся теоретическим сведениям относительно физиологических механизмов адаптации организма к мышечной работе.

Ключевые слова: система синтеза оксида азота, физическая работоспособность, физические нагрузки, молодые люди, гендерные особенности.

Страколист Г.М., Богдановська Н.В. ГЕНДЕРНІ ОСОБЛИВОСТІ РЕАКЦІЇ СИСТЕМИ СИНТЕЗУ ОКСИДУ АЗОТУ НА ФІЗИЧНЕ ТРЕНУВАННЯ В МОЛОДИХ ЛЮДЕЙ / Запорізький національний університет, Україна.

Розглянута роль системи синтезу оксиду азоту в забезпеченні високого рівня фізичної працездатності організму. У досліді взяли участь 57 практично здорових юнаків і дівчат віком 18-20 років, які систематично виконують фізичне навантаження. Отримані результати дозволили констатувати об'єктивне існування гендерних відмінностей у рівні функціонування системи синтезу оксиду азоту в молодих людей цього віку. Встановлено, що в обстежуваних осіб під впливом фізичного тренування спостерігається поступове, природне зростання фізичної працездатності та аеробної продуктивності, також виражене підвищення інтенсивності окисного шляху метаболізму L-аргініну за участю cNOS на тлі збереження ролі реутилізаційного шляху синтезу NO з суттєвим зниженням активності iNOS. Одержані дані є новим доповненням до наявних теоретичних відомостей щодо фізіологічних механізмів адаптації організму до м'язової роботи.

Ключові слова: система синтезу оксиду азоту, фізична працездатність, фізичні навантаження, молоді люди, гендерні особливості.

Strakolist A.N., Bogdanovskaya N.V. GENDER PECULIARITIES OF RESPONSE OF NITROGEN OXIDE SYNTHESIS SYSTEM TO PHYSICAL TRAINING OF YOUNG MEN / Zaporizhian National University, Ukraine.

The role of nitrogen oxide synthesis system in ensuring of high level physical working capacity of organism is considered. 57 practically healthy young men and women at the age of 18-20 regularly doing physical activity have participated in the experiment. Received results allowed ascertaining impartial existence of gender differences in functioning level of nitrogen oxide synthesis system of

young men of this age. It is ascertained that gradual, natural increasing of physical working capacity and aerobic efficiency is observed at examined men under the influence of physical training as well as frank increasing of oxidative metabolism of L-arginine intensity with cNOS participation at preservation of role of NO synthesis salvage way and significant decreasing iNOS activity. Findings are the new additions to up to date theoretical information concerning physiological mechanisms of organism adaptation to muscular work.

Key words: nitrogen oxide synthesis system, physical working capacity, physical activity, young men, gender peculiarities.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Необходимо отметить, что большинство работ, посвященных изучению особенностей состояния системы синтеза оксида азота и ее влияния на уровень функционирования основных физиологических функций организма, было проведено либо на животных, либо на лицах с определенной формой патологии [1,3,4]. Изучению особенностей состояния системы синтеза оксида азота организма практически здоровых лиц различного пола, а также половых особенностей реакции данной системы на действие внешних факторов, в частности, физических нагрузок различного характера, в доступной нам литературе встретить не удалось [5,8]. Кроме этого, практически не изученным является вопрос относительно роли системы синтеза оксида азота в обеспечении высокого уровня физической работоспособности организма [2,6,7]. Поэтому целью данного исследования стало изучение гендерных особенностей реакции системы синтеза оксида азота молодых людей в возрасте 18-20 лет на систематические физические тренировки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследований было привлечено 57 юношей и девушек в возрасте 18-20 лет, систематически выполняющих физические нагрузки. У всех обследованных в плазме крови регистрировали следующие показатели: уровень нитритов (NO₂, нмоль/мг), нитратов (NO₃, нмоль/мг), мочевины, нмоль/мг, активность ферментов аргиназы, нмоль/мин/мг, конституциональной (cNOS, нмоль/мин/мг) и индуцибельной NO-синтазы (iNOS, нмоль/мин/мг), нитратредуктазы, нмоль/мин/мг. Помимо указанных биохимических показателей у обследуемых определяли величину общей физической работоспособности (oPWC₁₇₀, кгм/мин/кг) и аэробной производительности (aMПК, мл/мин/кг) их организма с использованием субмаксимального теста PWC₁₇₀.

Все полученные в ходе исследования экспериментальные материалы были обработаны стандартными методами математической статистики с использованием статистического пакета Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение особенностей изменения тех или иных физиологических функций организма под влиянием систематических физических нагрузок предполагает оценку исходных величин физической работоспособности и данных функций до начала воздействия этого внешнего фактора. В связи с этим на первом этапе нами был проведен сравнительный анализ уровня физической работоспособности и функционального состояния системы синтеза оксида азота у юношей и девушек 18-20 лет до начала физических тренировок.

Таблица 1 - Величины общей физической работоспособности и аэробной производительности у обследованных лиц до начала физических тренировок (M±m)

Показатели	Девушки	Юноши	%
aPWC ₁₇₀ , кгм/мин	735,65±32,93	1226,47±31,21***	66,72±1,38
oPWC ₁₇₀ , кгм/мин/кг	13,87±0,83	17,89±0,51***	28,92±1,18
aMПК, л/мин	2,49±0,056	3,32±0,053	33,50±1,38
oMПК, мл/мин/кг	46,87±1,94	48,49±1,00	3,45±1,13

Примечание: достоверность результатов для $\alpha=0,05$ (*); $\alpha=0,01$ (**); $\alpha=0,001$ (***) по сравнению с группой девушек; % - величина относительной разницы между абсолютными значениями показателей, зарегистрированных в группах юношей и девушек.

Как видно из результатов, представленных в таблице 1, на начальном этапе исследования, независимо от пола, для всех обследуемых были характерны «средние» значения их физической работоспособности и аэробных возможностей организма. Вместе с тем, в группе юношей регистрировались достоверно более высокие, чем у девушек, величины $aPWC_{170}$ (на $66,72 \pm 1,38\%$), $oPWC_{170}$ (на $28,92 \pm 1,18\%$), $aMПК$ (на $33,50 \pm 1,38\%$) и $oMПК$ (на $3,45 \pm 1,13\%$).

Экспериментальные данные, представленные в таблице 2, позволили констатировать объективное наличие половых особенностей в функциональном состоянии системы синтеза оксида азота среди практически здоровых юношей и девушек данного возраста.

Таблица 2 - Величины изученных биохимических показателей у обследованных девушек и юношей до начала физических тренировок ($M \pm m$)

Показатели	Девушки (n=28)	Юноши (n=29)	%
Мочевина, нмоль · мг белка	57,89±3,03	50,47±2,86	-14,69±1,46
iNOS, пмоль /мин · мг белка	19,71±1,23	19,27±1,06	-2,29±1,53
c NOS, пмоль/мин · мг белка	22,38±1,43	33,48±1,86***	33,15±1,26
Аргиназа, пмоль/мин·мг белка	0,86±0,14	1,07±0,09	19,36±1,85
Нитратредуктаза, пмоль/мин·мг белка	3,49±0,12	3,60±0,09	3,12±1,74
NO ₂ , пмоль/мг белка	158,20±14,64	190,68±11,10	17,04±1,66
NO ₃ , нмоль/мг белка	9,97±0,70	12,52±0,70**	20,32±1,42
сум.NOS, пмоль/мин·мг белка	42,09±1,33	52,75±1,40***	20,20±1,38

Примечание: достоверность результатов для $\alpha=0,05$ (*); $\alpha=0,01$ (**); $\alpha=0,001$ (***)

Несмотря на отсутствие статистически значимых межгрупповых различий, для юношей были характерны также более высокие значения содержания аргиназы (на $19,36 \pm 1,85\%$) и нитритов (NO₂) (на $17,04 \pm 1,66\%$) и, напротив, меньшие величины содержания мочевины (на $14,69 \pm 1,46\%$). Существенных половых различий в содержании iNOS и нитрат-редуктазы обнаружить не удалось.

Приведенные данные позволили говорить о том, что для лиц с более высоким уровнем физической работоспособности (юноши 18-20 лет) характерно выраженное доминирование окислительного пути образования оксида азота из L-аргинина с участием cNOS при относительном равенстве индуцибельного и нитратредуктазного путей образования NO.

Также в группе юношей можно было констатировать и более интенсивный, чем у девушек, бескислородный путь деградации L-аргинина при участии аргиназы. Однако преимущество в использовании данного субстрата безусловно имела кальцийзависимая конституциональная NO-синтаза.

С целью изучения особенностей реакции системы синтеза оксида азота на физические тренировки молодых людей 18-20 лет, нами были проведены их обследования спустя 4 месяца систематических занятий физическими упражнениями.

Таблица 3 - Величины общей физической работоспособности и аэробной производительности у обследованных юношей через 4 месяца после начала физических тренировок ($M \pm m$)

Показатели	Начало	Через 4 месяца	%
aPWC ₁₇₀ , кгм/мин	1226,47±31,21	1343,96±34,2*	9,58±1,48
oPWC ₁₇₀ , кгм/мин/кг	17,89±0,51	19,6±0,56*	9,58±1,48
aMПК, мл/мин	3324,99±53,06	3524,73±58,14*	6,01±1,48
oMПК, мл/мин/кг	48,49±1,00	51,4±1,09*	6,01±1,47

Примечание: достоверность результатов для $\alpha=0,05$ (*); $\alpha=0,01$ (**); $\alpha=0,001$ (***) по сравнению с началом тренировок; % - величина относительной разницы между абсолютными значениями показателей, зарегистрированных в начале исследования.

Достаточно интересными оказались и изменения состояния системы синтеза оксида азота. Как видно из материалов, представленных в таблице 4, наиболее существенными оказались изменения кальцийзависимого кислородного пути метаболизма L-аргинина (повышение активности cNOS на 33,7±1,67%, а суммарной NOS на 18,01±1,71%).

Таблица 4 - Величины биохимических показателей у юношей до и через 4 месяца после начала физических тренировок ($M \pm m$).

Показатели	Начало	Через 4 месяца	%
Мочевина, нмоль · мг белка	50,47±2,86	47,97±2,72	-4,97±1,38
iNOS, пмоль /мин · мг белка	19,27±1,06	17,49±0,96	-9,25±1,35
cNOS, пмоль /мин · мг белка	33,48±1,86	44,76±2,48***	33,7±1,67
Аргиназа, пмоль /мин · мг белка	1,07±0,09	0,95±0,08	-11,47±1,34
Нитратредуктаза, пмоль /мин · мг белка	3,6±0,09	3,71±0,09	2,88±1,43
NO ₂ , пмоль / мг белка	190,68±11,1	199,85±11,63	4,81±1,45
NO ₃ , нмоль / мг белка	12,52±0,7	11,82±0,66	-5,59±1,38
сум.NOS, пмоль /мин · мг белка	52,75±1,46	62,25±2,03***	18,01±1,71

Примечание: достоверность результатов для $\alpha=0,05$ (*); $\alpha=0,01$ (**); $\alpha=0,001$ (***)

Статистически достоверных остальных биохимических показателей зарегистрировано не было. Вместе с тем, отметим тенденцию к снижению активности аргиназы (на 11,47±1,34%), iNOS (на 9,25±1,35%), мочевины (на 4,97±1,38%) и, напротив, к повышению содержания в плазме крови железа (на 3,72±1,44%), гемоглобина (на 3,72±1,44%), нитритов (на 4,81±1,45%) и активности нитратредуктазы (на 2,88±1,43%).

Полученные данные позволили говорить о том, что под влиянием физических тренировок у юношей наблюдается выраженное повышение активности окислительного пути образования NO из L-аргинина при участии cNOS при сохранении активности реутилизационного пути ресинтеза NO. Значительная активность первого пути образования NO свидетельствует о его доминирующем значении в приспособлении организма к данным нагрузкам.

В таблице 5 представлены результаты изменения уровня общей физической работоспособности и аэробной производительности организма обследованных девушек через 4 месяца систематических физических тренировок.

Таблица 5 - Величины общей физической работоспособности и аэробной производительности у обследованных девушек через 4 месяца после начала физических тренировок ($M \pm m$)

Показатели	Начало	Через 4 месяца	%
aPWC ₁₇₀ , кгм/мин	735,65±32,93	792,44±35,47	7,72±1,47
oPWC ₁₇₀ , кгм/мин/кг	13,87±0,83	14,94±0,89	7,72±1,47
aМПК, мл/мин	2,49±0,056	2,59±0,06	3,88±1,47
oМПК, мл/мин/кг	46,87±1,94	48,7±2,05	3,88±1,45

Несмотря на отсутствие статистически значимых изменений, для девушек к 4 месяцу физических тренировок была характерна тенденция к росту величин общей физической работоспособности на 7,72±1,47%) и аэробных возможностей (на 3,88±1,45%).

Как видно из результатов, представленных в таблице 6, уже через 4 месяца систематических физических тренировок у обследованных девушек отмечался достоверный рост активности конститутивной и суммарной NOS (соответственно на 29,37±1,64% и на 8,95±1,59%). Кроме этого, наблюдалась тенденция к снижению активности iNOS (на 14,23±1,32%), содержания в плазме крови нитрат-анионов (на 6,71±1,37%) и, напротив, тенденция к повышению концентрации нитрит-анионов (на 11,41±1,5%) и активности нитратредуктазы (на 0,93±1,42%). Существенных изменений остальных показателей, в том числе активности нитратредуктазы и аргиназы, зарегистрировать не удалось.

Таким образом, под влиянием физических тренировок у девушек отмечается выраженное повышение активности системы синтеза оксида азота (главным образом, за счет интенсификации окислительного пути образования NO при участии cNOS).

Таблица 6 - Величины биохимических показателей у девушек до и через 4 месяца после начала физических тренировок ($M \pm m$).

Показатели	Начало	Через 4 месяца	%
Мочевина, нмоль·мг белка	57,88±3,03	55,63±2,91	-3,89±1,39
iNOS, пмоль/ мин·мг белка	19,72±1,23	16,91±1,05	-14,23±1,32
c NOS, пмоль/ мин·мг белка	22,38±1,43	28,96±1,85**	29,37±1,64
Аргиназа, пмоль/ мин·мг белка	0,82±0,14	0,85±0,14	3,59±1,44
Нитратредуктаза, пмоль/ мин·мг белка	3,49±0,12	3,52±0,12	0,93±1,42
NO ₂ , пмоль/ мг белка	158,2±14,64	176,25±16,32	11,41±1,5
NO ₃ , пмоль/ мг белка	9,97±0,7	9,3±0,66	-6,71±1,37
Сум.NOS, пмоль/ мин·мг белка	42,1±1,17	45,87±1,45*	8,95±1,59

Примечание: достоверность результатов для $\alpha=0,05$ (*); $\alpha=0,01$ (**); $\alpha=0,001$ (***)

Полученные данные свидетельствуют, что систематические физические нагрузки способствуют повышению роли окислительного пути образования NO из L-аргинина при участии конститутивной кальцийзависимой NO-синтазы (cNOS) при соответствующем снижении активности индуцибельной кальцийнезависимой NO-синтазы (iNOS) и сохранении на прежнем уровне интенсивности реутилизационного пути образования NO при участии нитратредуктазы.

В целом, результаты обследования позволили констатировать важную роль оксида азота в обеспечении текущего уровня физической работоспособности и аэробных возможностей организма. Показано, что оптимальный уровень данных параметров сопровождается повышением активности окислительного (сNOS) пути метаболизма L-аргинина при одновременном ингибировании образования оксида азота за счет повышения активности iNOS. Необходимо отметить при этом объективное существование определенной иерархии в системе синтеза физиологических количеств оксида азота: преимущество в использовании в качестве субстрата L-аргинина практически во всех случаях имели конститутивные формы NOS, далее в этой своеобразной иерархической организации следовали нитратредуктазные пути синтеза оксида азота из его стабильных метаболитов. Вместе с тем, чрезвычайно важным представляется дальнейшее изучение половых особенностей реакции системы синтеза оксида азота и физиологических механизмов, обеспечивающих адаптацию организма к систематическим физическим нагрузкам.

ВЫВОДЫ

Полученные в ходе нашего исследования экспериментальные материалы позволили констатировать объективное существование половых различий в уровне функционирования системы синтеза оксида азота у практически здоровых молодых людей в возрасте 18-20 лет. Зарегистрировано наличие гендерных особенностей реакции системы синтеза оксида азота молодых людей в возрасте 18-20 лет на систематические физические тренировки. Отмечена важная роль системы синтеза оксида азота в обеспечении высокого уровня физической работоспособности организма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Роль оксида азота в механизмах формирования рефлекторных вазомоторных реакций / А.А. Мойбенко, В.Б. Павлюченко, В.В. Даценко, В.А. Майский // Успехи физиол. наук. – 2005.– № 4. – С. 3–14.
2. Сагач В.Ф. Роль оксида азота в регуляции кровообращения / В.Ф. Сагач // Пурины и монооксид азота. – 2003.– С. 110–113.
3. Effect of physical exercise on coronary endothelial function in coronary artery disease / R. Hambrecht, A. Wolf, S. Gielen, A. Linke et al // N.Engl J Med. – 2000. – Vol. 342. – P. 454–460.
4. Endothelial dysfunction in patients with chronic heart failure: systemic effects of lower-limb exercise training / A. Linke, N. Schoene, S. Gielen et al // J. Am. Coll. Cardiol. – 2001. – Vol. 37. – P.392–397.
5. Титов В.Н. Диагностическое значение эндотелийзависимой вазодилатации. Функциональное единение эндотелина, оксида азота и становление функции в филогенезе / В.Н. Титов // Клиническая лабораторная диагностика. – № 2. – 2009. – С 3–16.
6. Вплив малих доз радіації на судинну реактивність та окисний метаболізм кисню і азоту в серцево-судинній системі / М.М. Ткаченко, В.Ф. Сагач, А.В. Коцюруба, О.В. Базілюк // Журн. АМН України. – 2007. – №1.– С. 20–32.
7. Colombo M.G. Endothelial nitric oxide synthase gene polymorphisms and risk of coronary artery disease / M.G. Colombo // Clin. Chem. – 2003. – Vol. 49. – P. 389–395.
8. Laufs U. Physical training increases endothelial progenitor cells, inhibits neointima formation, and enhances angiogenesis / U. Laufs // Circulation. – 2004. – Vol. 109. – P. 220–226.