

25. Грек А.М. Вплив кріопротекторів на спектри флуоресценції альбуміну сироватки крові бика / А.М. Грек, В.И. Луговой, А.М. Белоус // Український біохімічний журнал. – 1974. – Т. 46, № 1. – С. 62 – 68.
26. Демченко А.П. Люминесценция и динамика структуры белков / А.П. Демченко – Киев: наук. думка, 1988. – 277 с.
27. Hellman K. The effect of freeze-drying on the quaternary structure of L-asparaginase from *Erwinia carotovora* / K. Hellman, D. S. Miller, K. A. Cammack // BIOCHIM BIOPHYS ACTA – 1983. – Vol. 12, № 749(2). – P. 133 – 42.

УДК 612.13-053.81:577.152

РОЛЬ ОКСИДУ АЗОТУ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ АДАПТИВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СИСТЕМИ КРОВООБІГУ ПРАКТИЧНО ЗДОРОВИХ ЮНАКІВ І ДІВЧАТ 18-20 РОКІВ

Богдановська Н.В., к.б.н., доцент

Запорізький національний університет

Робота присвячена вивченню ролі системи синтезу оксиду азоту в забезпеченні адаптивних можливостей серцево-судинної системи практично здорових хлопців і дівчат у віці 18-20 років (57 осіб). Встановлено, що, незалежно від статі, зниження адаптивних можливостей у цих осіб супроводжується зниженням активності конститутивної і сумарної NOS, аргінази, нітратредуктази, зростанням активності індукцйбельної NO-синтази, збільшенням її частки в загальному пулі NO-синтаз і вираженим зниженням вазодилатаційної реакції плечової артерії на штучно створену гіперемію. Показано, що основний внесок у загальний синтез NO в організмі осіб із високим рівнем адаптивних можливостей серцево-судинної системи вносить окислювальний кальційзалежний шлях утворення оксиду азоту за участю cNOS.

Ключові слова: оксид азоту, адаптивні можливості, серцево-судинна система, структурно-функціональна організація серця, функціональний взаємозв'язок, юнаки і дівчата, 18-20 років.

Богдановская Н.В. РОЛЬ ОКСИДА АЗОТА В ОБЕСПЕЧЕНИИ АДАПТИВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИ ЗДОРОВЫХ ЮНОШЕЙ И ДЕВУШЕК 18-20 ЛЕТ / Запорожский национальный университет, Украина.

Работа посвящена изучению роли системы синтеза оксида азота в обеспечении адаптивных возможностей сердечно-сосудистой системы практически здоровых юношей и девушек в возрасте 18-20 лет (57 человек). Установлено, что независимо от пола, снижение адаптивных возможностей у этих лиц сопровождается снижением активности конститутивной и суммарной NOS, аргиназы, нитратредуктазы, ростом активности индуцибельной NO-синтазы, увеличением ее доли в общем пуле NO-синтазы и выраженным снижением вазодилатационной реакции плечевой артерии на искусственно созданную гиперемию. Показано, что основной вклад в общий синтез NO в организме лиц с высоким уровнем адаптивных возможностей сердечно-сосудистой системы вносит окислительный кальцийзависимый путь образования оксида азота при участии cNOS.

Ключевые слова: оксид азота, адаптивные возможности, сердечно-сосудистая система, структурно-функциональная организация сердца, функциональная взаимосвязь, юноши и девушки, 18-20 лет.

Bogdanovskaya N.V. ROLE OF NITRIC OXIDE IN ENSURING ADAPTIVE ABILITIES OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM OF PRACTICALLY HEALTHY YOUTH AND GIRLS 18-20 YEARS OLD / Zaporizhzhya national university, Ukraine.

This paper studies the role of nitric oxide synthesis system in ensuring the adaptive capacity of the cardiovascular system of practically healthy youth and girls aged 18-20 years (57 persons). Regardless of sex, reducing the adaptive capacity of these individuals is accompanied by decreased activity of the constitutive and total NOS, arginase, nitrate reductase, increased activity of inducible NO-synthase, increased its share in the total pool of NO-synthase and a pronounced decrease in vasodilation reaction of brachial artery at an artificially created congestion is founded. The main contribution to the total synthesis of NO in the body of persons with high levels of adaptive capacity of the cardiovascular system makes the oxidation calcium dependent pathway of nitric oxide synthesis with the participation of cNOS is shown.

Key words: nitric oxide, adaptive capacity, cardio-vascular system, the structural and functional organization of the heart, the functional relationship, youth and girls, 18-20 years.

ВСТУП

Наразі однією з найбільш актуальних проблем біології залишається вивчення особливостей і фізіологічних механізмів адаптації організму до різних факторів зовнішнього середовища. Доведено, що значне зростання захворювань провідних фізіологічних систем організму (серцево-судинної, дихальної, нервової, імунної, систем крові, виділення та ін.) пов'язано з істотним зниженням загальних адаптивних можливостей організму, виявом ефекту дезадаптації, порушенням нормального функціонування фізіологічних механізмів, що забезпечують повноцінну форму адаптації до дії несприятливих впливів зовнішнього і внутрішнього середовища [11-14].

В останні роки значну увагу дослідників притягнуто до вивчення ролі оксиду азоту в забезпеченні оптимальної роботи цілісного організму. Експериментально доведена важлива роль оксиду азоту в регуляції різних систем організму [9, 10]. Показано також, що більшість хронічних захворювань прямо пов'язана з погіршенням функціонального стану систем і органів, відповідальних за синтез оксиду азоту в організмі (ендотелій кровоносних судин, клітини нервової та сполучної тканин – нейрони і макрофаги) [12].

Таким чином, оксид азоту може розглядатися як один із найважливіших регуляторів загальних адаптивних можливостей організму, що забезпечує його оптимальну адаптацію до зовнішніх впливів різного характеру і, як наслідок, підтримку необхідного рівня здоров'я в загалі.

У попередніх роботах нами були наведені експериментальні дані щодо особливостей функціонального стану системи синтезу оксиду азоту та її окремих ланок в тренованих осіб окремої статі на різних етапах адаптації до фізичних навантажень [3-5]. Природно, що не менш важливим уявляється питання відносно вивчення статевих відмінностей в характері організації цієї системи в практично здорових нетренованих осіб.

Актуальність і безсумнівне практичне значення зазначеної проблеми послужили передумовами для цього дослідження, метою якого стало вивчення ролі системи синтезу оксиду азоту в забезпеченні адаптивних можливостей серцево-судинної системи практично здорових осіб різної статі віком 18-20 років.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

У межах цього дослідження було проведено обстеження 57 практично здорових юнаків ($n=29$) і дівчат ($n=28$) віком 18-20 років. Обстеження проводилось у два етапи: на першому етапі вивчалися особливості використаних у роботі показників в об'єднаних групах юнаків і дівчат; на другому етапі групи юнаків і дівчат були розділені на окремі підгрупи залежно від рівня адаптивних можливостей серцево-судинної системи їхнього організму – Д-3 і Ю-3 (дівчата та юнаки з низькими адаптивними можливостями; значення адаптаційного потенціалу системи кровообігу (АПссс) “низькі” та “нижче від середнього”; Д-2 і Ю-2 (дівчата та юнаки з середніми адаптивними можливостями; “середні” значення АПссс); Д-1 і Ю-1 (дівчата та юнаки з високими адаптивними можливостями; значення АПссс “високі” та “вище від середнього”).

На обох етапах дослідження у всіх осіб, які взяли участь в експерименті, реєстрували такі показники: параметри варіаційної (моду – M_o , с; амплітуду моди – AM_o , %; варіаційний розмах – ΔX , с; індекс вегетативної рівноваги – ІВР, умовні одиниці, у.о.; індекс напруги регуляторних механізмів системи кровообігу – ІНссс, у.о.) і амплітудної (моду – M_{oh} , мВ; амплітуду моди – AM_{oh} , %; варіаційний розмах – ΔX_h , мВ; показник ефективності роботи серця – ПЕРС, у.о.) пульсометрії – на основі аналізу електрокардіограми (ЕКГ) відповідно за методиками Р.М. Баєвського і М.В. Малікова [2, 6, 7]. Величину адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи (АПссс, у.о.) розраховували за формулою, запропонованою М.В. Маліковим: $АПссс = ПЕРС / ІНссс$, де ПЕРС – показник ефективності роботи серця, у.о.; ІНссс – індекс напруги регуляторних механізмів системи кровообігу, у.о. [8].

Оцінку стану системи центральної гемодинаміки і структурно-функціональної організації серця проводили на основі даних ехокардіографії з використанням ультразвукового сканера фірми Siemens. Визначали: частоту серцевих скорочень (ЧСС, уд/хв), ударний (УО, мл) і хвилинний (ХОК, л/хв) об'єми крові, загальний периферичний опір судин (ЗПОС, $\text{дин}2 \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-5}$), серцевий індекс (СІ, $\text{л} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$), кінцево-діастолічний діаметр правого (КДДпш, см) і лівого (КДДлш, см) шлуночків серця, кінцево-систолічний діаметр правого (КСДпш, см) і лівого (КСДлш, см) шлуночків, кінцево-систолічний (КСО, мл) і кінцево-діастолічний (КДО, мл) об'єми, об'єми лівого шлуночка в систолу ($V_{лш-с}$, мл) і в діастолу ($V_{лш-д}$, мл), товщину задньої стінки лівого шлуночка в діастолу ($TЗСлш$, см), масу міокарда (Мм, г), індекс маси міокарда (ІМм, у.о.), величину фракції викиду крові (ФВ, %), індекс провідності серця (DS, %), швидкості швидкого (Е, мл/с) і повільного (А, мл/с) наповнення правого (Еп і Ап) і лівого (Ел і Ал) шлуночків серця, а також величини співвідношень Еп/Ап (у.о.) і Ел/Ал (у.о.) [9].

Оцінку функціонального стану судинного ендотелію проводили на основі визначення ступеню виразності вазодилатаційної реакції плечової артерії (ВДР) у пробі з реактивною гіперемією за методом

D.S. Celermajer із використанням апарату для ультразвукового дослідження “Ультіма Pro-30” і визначали: вихідні величини діаметра плечової артерії (Di, мм), лінійної (Vл.в., см/с) і об’ємної (Vоб.в., мл/с) швидкостей кровотоку, величини даних показників після проби з реактивною гіперемією (відповідно Dг, мм; Vл.г, см / с; Vоб.г, мл/с) і значення приросту зазначених параметрів після проведеної проби (відповідно ΔD ,%; ΔV л,%; ΔV об, %) [15].

Для оцінки стану системи синтезу оксиду азоту в плазмі крові визначали величини біохімічних показників, що характеризують інтенсивність обміну L-аргініну за двома альтернативними (неокисному аргіназному і окисному NO-синтазному) шляхами метаболізму. Інтенсивність неокисного метаболізму оцінювали, визначаючи сумарну (аргіназа 1 + аргіназа 2) активність аргінази (Arg, нмоль/хв мг білка) і вміст сечовини (нмоль/мг білка), що утворюється при участі даного ферменту. Інтенсивність окисної деградації аргініну, при якій утворюється оксид азоту *de novo* оцінювали за активністю різних ізоферментів NO-синтази – кальційзалежної конститутивної (визначалася сумарна активність eNOS + nNOS = cNOS, пмоль/хв мг білка) і кальційнезалежної індукційної (iNOS, пмоль/хв мг білка), а також за рівнем окислених метаболітів оксиду азоту – нітрит (NO₂-, пмоль/мг білка) і нітрат (NO₃-, нмоль/мг білка) -аніонів. Оцінювали також інтенсивність реутилізації нітрат-аніонів для відновного ресинтезу оксиду азоту, визначаючи НАДФ-залежну нітратредуктазну активність (Red, нмоль/хв мг білка).

Крім перерахованих показників, у плазмі крові визначали вміст заліза (Fe, нмоль/мг білка), гемоглобіну (Hb, нмоль/мг білка), білірубину (Br, нмоль/мг білка) та неорганічних фосфатів (Pi, нмоль/мг білка).

Використовуючи первинні експериментальні дані, розраховували також величини деяких співвідношень біохімічних показників:

- величину індексу оксигенації (IO, умовні одиниці, у.о.) за формулою: $IO = [NO_2^-] \cdot 1000 / [NO_3^-] \cdot [\text{сечовина}]$;
- частку вмісту нітрит-аніону (%NO₂, %) в сумарному пулі метаболітів оксиду азоту за формулою: $\%NO_2 = [NO_2^-] \cdot 100 / ([NO_3^-] + [NO_2^-])$;
- частку активності iNOS (% iNOS, %) у сумарній активності NO-синтаз (iNOS + cNOS = Σ NOS) за формулою: $\%iNOS = \text{активність } iNOS / \text{активність } \Sigma NOS$;
- величину співвідношення активностей неокисного (аргіназного) і різних шляхів окисного (NO-синтазного) метаболізму аргініну через величину співвідношення активностей аргінази і різних ізоферментів NOS (активність аргінази / активність Σ NOS, у.о., активність аргінази / активність iNOS, у.о. та активність аргінази / активність cNOS, у.о.);
- величину співвідношення різних шляхів (кальційнезалежного індукційного та кальційзалежного конститутивного) окисного *de novo* і неокисного (відновного) реутилізаційного шляхів синтезу оксиду азоту, визначаючи величину співвідношення активностей ферментів цих різних шляхів (активність нітратредуктази / активність Σ NOS, у.о., активність нітратредуктази / активність iNOS, у.о. і активність нітратредуктази / активність cNOS, у.о. [10].

Усі отримані в ході дослідження експериментальні матеріали були оброблені з використанням статистичного пакету Microsoft Exell.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати проведеного дослідження дозволили встановити, що для обстежених юнаків 18-20 років був характерний достовірно вищий, ніж для дівчат цього ж віку, рівень адаптивних можливостей серцево-судинної системи їхнього організму (величини АПссс становили відповідно $0,96 \pm 0,07$ у.о. і $0,68 \pm 0,05$ у.о., $p < 0,05$) та більш високі значення показника ефективності роботи серця (ПЕРС $110,38 \pm 6,55$ у.о. і $83,03 \pm 6,93$ у.о.; $p < 0,01$). Разом із тим не вдалося зареєструвати вірогідних ($p > 0,05$) статевих відмінностей у значеннях показників, що відображають стан системи центральної гемодинаміки (УО, ХОК, СІ) та ступінь функціональної напруги регуляторних механізмів системи кровообігу (ІНссс і ІВР) (табл. 1).

Підтвердили перевагу юнаків у рівні адаптивних можливостей системи кровообігу і результати їх внутрішньогрупового розподілу за величиною адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи (АПссс).

Серед юнаків більша, ніж серед дівчат, їх кількість характеризувалася “середніми” (відповідно 34,49% і 28,57%), “вищими від середнього” (10,34% і 7,14%) і “високими” (20,69% і 17,86%) адаптивними можливостями системи кровообігу і менша – “нижчими від середнього” (10,34% і 14,29%) і “низькими” (24,14% і 32,14%) значеннями адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи.

Порівняльний аналіз величин показників, які характеризують особливості структурно-функціональної організації серця, показав відсутність статистично значущих статевих відмінностей стосовно більшості даних параметрів ($p > 0,05$) (табл. 2).

Таблиця 1 – Показники центральної гемодинаміки, стану регуляторних механізмів та адаптивних можливостей системи кровообігу в практично здорових дівчат та юнаків 18-20 років ($\bar{X} \pm \int x$).

Показники	Дівчата (n=28)	Юнаки (n=29)
ІНссс, у.о.	154,84±10,91	145,53±10,65
ІВР, у.о.	201,35±11,78	234,72±15,20
ПЕРС, у.о.	83,03±6,93	110,38±6,55**
АПссс, у.о.	0,68±0,05	0,96±0,07*
УО, мл	84,47±2,51	91,25±2,33
ХОК, л/хв	5,92±0,21	6,05±0,17
СІ, л·хв ⁻¹ ·м ⁻²	3,31±0,51	3,41±0,53

Примітка: тут і далі * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$ у порівнянні з величинами показників, зареєстрованих у групі дівчат.

Тільки значення фракції викиду крові (ФВ), індексу провідності (DS), а також швидкостей швидкого (Е) і повільного (А) наповнення правого шлуночка серця були достовірно вище ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$) у групі практично здорових юнаків 18-20 років.

Таблиця 2 – Показники структурно-функціональної організації серця в практично здорових дівчат та юнаків 18-20 років ($\bar{X} \pm \int x$).

Показники	Дівчата (n=28)	Юнаки (n=29)
КДДлш, см	5,22±0,05	5,27±0,04
КСДлш, см	4,18±0,08	3,97±0,07
КДДпш, см	4,09±0,05	4,15±0,04
КСДпш, см	2,13±0,05	2,18±0,03
КДО, мл	135,37±1,88	142,64±1,59**
КСО, мл	50,90±1,78	51,39±1,19
ТЗСлш, см	1,12±0,02	1,19±0,02*
ФВ, %	46,99±1,40	57,05±1,16***
DS, %	19,75±1,78	24,55±1,40*
Елш, мл·с ⁻¹	60,72±1,56	60,95±1,61
Алш, мл·с ⁻¹	38,57±0,89	39,76±1,75
Е/А лш, у.о.	1,6±0,06	1,62±0,08
Епш, мл·с ⁻¹	64,06±1,35	70,53±2,24*
Апш, мл·с ⁻¹	33,26±1,01	45,63±1,49***
Е/А пш, у.о.	1,97±0,07	1,6±0,08***

Крім цього, результати кореляційного аналізу дозволили констатувати, що, незалежно від статі, висока кореляційна залежність адаптивних можливостей системи кровообігу відзначалася тільки з величинами фракції викиду крові (ФВ) ($r=0,57$ у групі дівчат і $r=0,85$ у групі юнаків) та індексу провідності (відповідно $r=0,69$ і $r=0,81$). Статистично значущих коефіцієнтів кореляції з іншими показниками структурно-функціональної організації серця зареєструвати не вдалося (рис. 1).

На нашу думку, представлені результати можуть свідчити про те, що характер структурно-функціональної організації роботи серця та функціонального стану системи центральної гемодинаміки неповною мірою характеризують поточний рівень загальних адаптивних можливостей серцево-судинної системи організму.

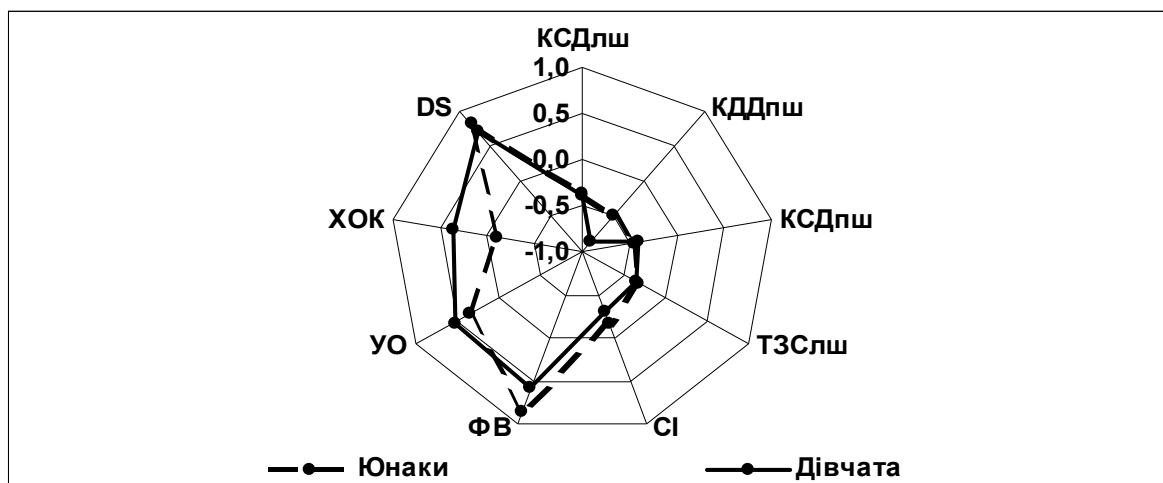


Рис. 1. Кореляційні зв'язки значень АПсс із показниками структурно-функціональної організації серця в практично здорових юнаків і дівчат 18-20 років.

Примітки: КСДлш – кінцево-систолический діаметр лівого шлуночка; КДДпш – кінцево-діастолічний діаметр правого шлуночка; КСДпш – кінцево-систолический діаметр правого шлуночка; ТЗСлш – товщина задньої стінки лівого шлуночка; CI – серцевий індекс; ФВ – фракція викиду крові; УО – ударний об'єм крові; ХОК – хвилинний об'єм крові; DS – індекс провідності серця.

У зв'язку із зазначеною цілим рядом авторів важливою роллю оксиду азоту в забезпеченні оптимального рівня функціонування комплексу фізіологічних систем організму, в тому числі і серцево-судинної, нами було висунуто припущення про його істотну роль і в забезпеченні поточних адаптивних можливостей апарату кровообігу.

Отримані експериментальні дані дозволили констатувати не тільки наявність статевих відмінностей у стані системи синтезу оксиду азоту серед практично здорових юнаків і дівчат у віці від 18-20 років, але й більш оптимальні величини основних параметрів даної системи в групі юнаків, що характеризувалися більш високими адаптивними можливостями системи кровообігу (табл. 3).

Таблиця 3 – Показники системи синтезу оксиду азоту та вазодилатаційної реакції плечової артерії після проби з реактивною гіперемією у практично здорових дівчат та юнаків 18-20 років ($\bar{X} \pm \int x$).

Показники	Дівчата (n=28)	Юнаки (n=29)
iNOS, пмоль/хв мг білка	19,71±1,23	19,27±1,06
cNOS, пмоль/хв мг білка	22,38±1,43	33,48±1,86***
Arg, нмоль/хв мг білка	0,86±0,14	1,07±0,09
Red, нмоль/хв мг білка	3,49±0,12	3,60±0,09
NO ₂ ⁻ , пмоль/мг білка	158,20±14,64	190,68±11,10
NO ₃ ⁻ , нмоль/мг білка	9,97±0,70	12,52±0,70**
ΣNOS, пмоль/хв мг білка	42,09±1,33	52,75±1,40***
% iNOS, %	47,03±2,79	37,31±2,30**
Arg/cNOS, y.o.	36,03±4,88	33,59±3,32
Red/cNOS, y.o.	170,62±10,96	116,43±6,65**
ΔD, %	15,33±0,88	18,80±0,94**
ΔVоб., %	130,17±5,64	147,75±5,87*

Примітка: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$ у порівнянні з величинами показників, зареєстрованих у групі дівчат.

Серед юнаків реєструвалися вірогідно більш високі ($p < 0,01$; $p < 0,001$), ніж у дівчат, величини активності конститутивної кальційзалежної NO-синтази (cNOS) і сумарної NOS, вмісту нітратів (NO₃⁻) у плазмі

крові і, навпаки, більш низькі значення частки індукційної NOS в загальному пулі ізоферментів та співвідношення активностей нітратредуктази та cNOS.

Крім цього, ймовірно, основна роль у забезпеченні організму необхідним рівнем оксиду азоту належала ендотеліальній ізоформі конститутивної NO-синтази (eNOS) у зв'язку з достовірно більш високим ($p<0,05$; $p<0,01$) ступенем виразності, в групі юнаків, вазодилатаційної реакції плечової артерії в пробі з реактивною гіперемією. Приріст діаметра плечової артерії та об'ємної швидкості кровотоку склав у групі юнаків відповідно $18,80\pm0,94\%$ і $147,75\pm5,87\%$, тоді як у групі дівчат $15,33\pm0,88\%$ і $130,17\pm5,64\%$.

Підтвердили суттєву роль оксиду азоту в забезпеченні адаптивних можливостей системи кровообігу і результати кореляційного аналізу. Як видно з рисунку 2, для всіх обстежених осіб, незалежно від статі, був характерний високий кореляційний зв'язок значень АПссс із величинами практично всіх параметрів, що відображають стан системи синтезу оксиду азоту.

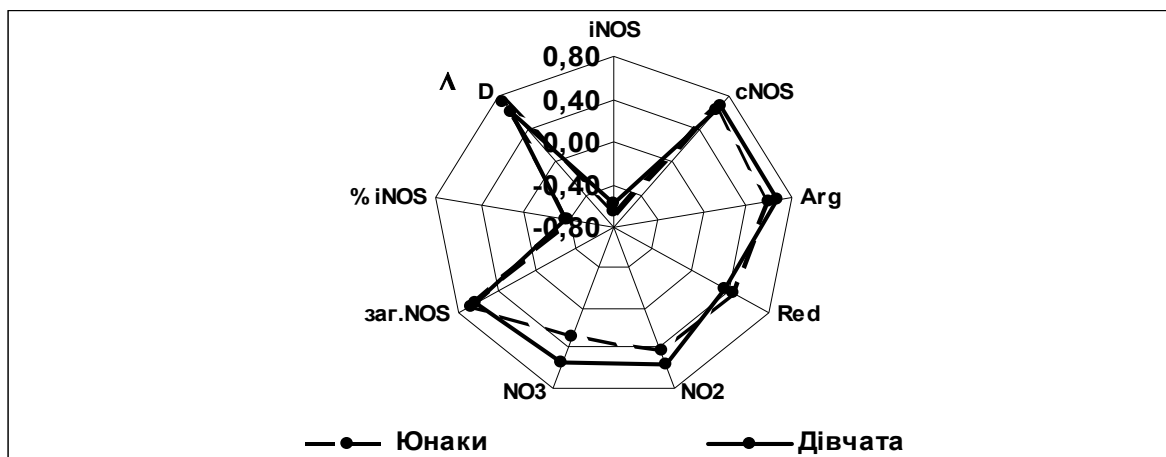


Рис. 2. Кореляційні зв'язки значень адаптаційного потенціалу системи кровообігу (АПссс) з показниками системи синтезу оксиду азоту в практично здорових юнаків і дівчат 18-20 років.

Примітки: iNOS – активність індукційної NO-синтази; cNOS – активність конститутивної NO-синтази; Arg – активність аргінази; Red – активність редуктази; NO₂ – вміст нітритів; NO₃ – вміст нітратів; заг. NOS – сумарна активність NO-синтаз; % iNOS – частка індукційної NO-синтази в загальному пулі ізоферментів; ΔD – приріст діаметра плечової артерії після проби з реактивною гіперемією.

Величини коефіцієнтів кореляції значень АПссс зі значеннями активності cNOS становили 0,63 в групі юнаків і 0,68 в групі дівчат, сумарної NOS відповідно 0,68 і 0,61, аргінази – 0,62 і 0,67, iNOS відповідно – 0,65 і -0,57, частки iNOS у загальному пулі ізоферментів -0,69 і -0,80, нітратредуктази 0,72 та 0,61.

Суттєвим доповненням стосовно наведених даних послужили результати аналізу особливостей зміни стану системи синтезу оксиду азоту при зміні адаптивних можливостей системи кровообігу. Відповідно до даних, представлених на рисунку 3, незалежно від статі обстежених осіб зниження адаптивних можливостей системи кровообігу супроводжувалося достовірним зниженням активності конститутивної NOS, сумарної NOS, аргінази, нітратредуктази, експресією активності індукційної NO-синтази, підвищенням її частки в загальному пулі ізоферментів і падінням виразності вазодилатаційної реакції плечової артерії в пробі з реактивною гіперемією.

У групі юнаків із високими адаптивними можливостями системи кровообігу активність конститутивної NOS була на $36,31\pm1,74\%$, $p<0,001$ вище в порівнянні з їх однолітками з низькими адаптивними можливостями, а в групі дівчат на $44,51\pm1,88\%$, $p<0,001$. Аналогічні співвідношення у величинах активності сумарної NOS склали відповідно $5,52\pm1,66\%$, $p<0,05$ і $3,53\pm2,52\%$, $p<0,05$, аргінази – $29,49\pm1,43\%$, $p<0,05$ і $40,09\pm1,80\%$, $p<0,05$, нітратредуктази – $6,48\pm1,50\%$, $p<0,001$ та $17,57\pm2,00\%$, $p<0,001$. Навпаки, у представників з низькими адаптивними можливостями реєструвалися більш високі величини активності індукційної NOS (на $78,01\pm1,58\%$, $p<0,001$ серед юнаків та на $89,63\pm2,33\%$, $p<0,001$ серед дівчат), підвищенні значення її частки в загальному пулі ізоферментів (відповідно на $87,63\pm1,47\%$, $p<0,001$ та $92,06\pm1,48\%$, $p<0,001$) та більш низький ступень виразності вазодилатаційної реакції плечової артерії (на $44,29\pm2,13\%$, $p<0,001$ і $46,50\pm3,03\%$, $p<0,05$).

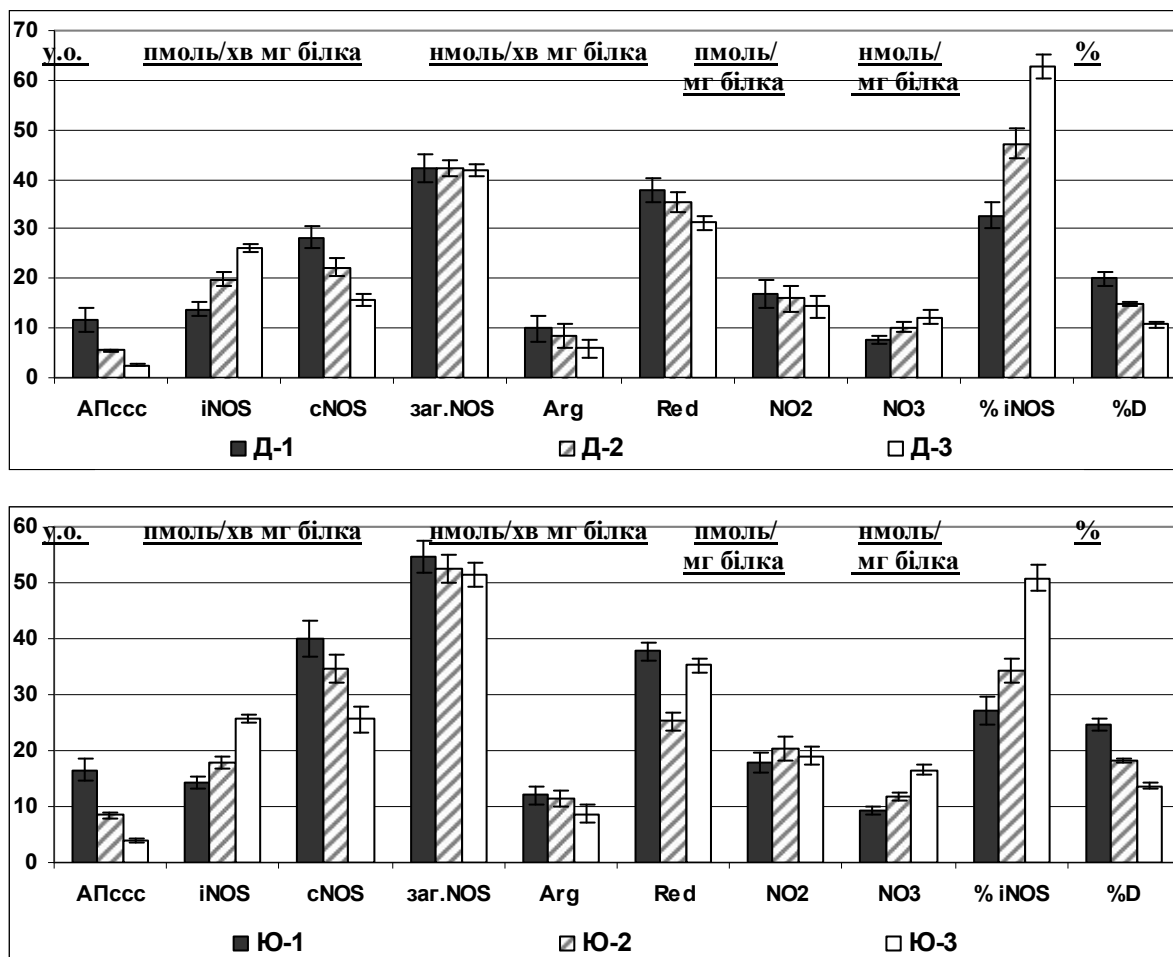


Рис. 3. Показники системи синтезу оксиду азоту і адаптивних можливостей системи кровообігу в практично здорових дівчат та юнаків 18-20 років з високими (Д-1, Ю-1), середніми (Д-2, Ю-2) і низькими (Д-3, Ю-3) значеннями адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи організму.

Примітки: АПссс – адаптаційний потенціал серцево-судинної системи; iNOS – активність індукційної NO-синтази; cNOS – активність конститутивної NO-синтази; NO2 – вміст нітриту; NO3 – вміст нітрату; заг. NOS – сумарна активність NO-синтаз; %iNOS – частка індукційної NO-синтази в загальному пулі ізоферментів; ΔD – приріст діаметра плечової артерії після проби з реактивною гіперемією.

Не менш показовими виявилися результати аналізу особливостей зміни співвідношень різних шляхів до загального синтезу оксиду азоту в організмі (рис. 4).

Відповідно до отриманих даних у юнаків та дівчат із високими адаптивними можливостями системи кровообігу основний внесок у загальний синтез оксиду азоту в організмі здійснює окислювальний кальційзалежний шлях утворення оксиду азоту за участю cNOS (відповідно 69% і 62%), далі в цій своєрідній градації йде окислювальний кальційнезалежний шлях метаболізму L-аргініну за участю iNOS (відповідно 25% і 30%) і, нарешті, реутилізаційний синтез оксиду азоту за участю нітратредуктази (відповідно 6% і 8%).

Погіршення адаптивних можливостей системи кровообігу супроводжувалося істотним зниженням вкладу cNOS до загального синтезу оксиду азоту (до 47% у групі юнаків і до 35% у групі дівчат) і, навпаки, зростанням значущості активності індукційної NO-синтази (відповідно до 47% і 58%).

Таким чином, результати проведеного дослідження дозволили констатувати важливу роль оксиду азоту в забезпеченні поточних адаптивних можливостей серцево-судинної системи організму практично здорових юнаків та дівчат 18-20 років. У зв'язку з цим нами було висунуто припущення про можливі фізіологічні механізми впливу оксиду азоту на стан адаптивних можливостей системи кровообігу.

Виходячи з думки провідних фахівців у сфері загальної теорії адаптації (А.А. Айдаралієв, 1990; Р.М. Баєвський, 1993; В.П. Казначеев, 2001; М.В. Маліков, 2004) щодо того, що найбільш оптимальний рівень адаптивних можливостей апарату кровообігу забезпечується у разі високої ефективності роботи серця і серцево-судинної системи загалом і, навпаки, низького рівня напруги регуляторних механізмів

можна припустити, що позитивний вплив оксиду азоту на рівень адаптивних можливостей системи кровообігу забезпечується, ймовірно, за рахунок ефектів “постсинаптичної потенціації” (активізація симпатичного відділу вегетативної нервової системи), гальмівного впливу гаммааміномасляної кислоти як одного з продуктів синтезу NO (активізація парасимпатичного відділу) і підвищення діастолічної функції серця (збільшення ефективності роботи серцево-судинної системи).

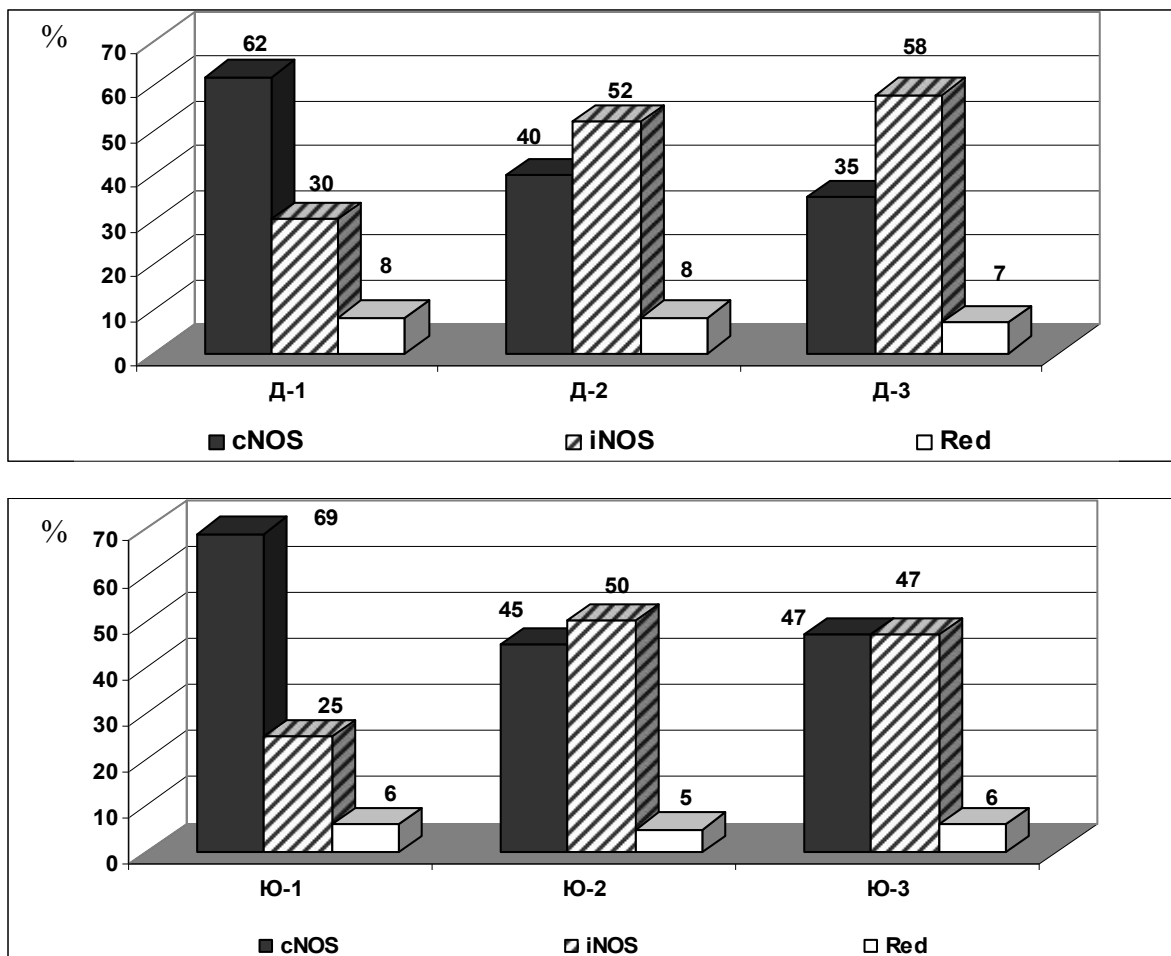


Рис. 4. Відносний внесок різних шляхів синтезу оксиду азоту в практично здорових дівчат та юнаків 18-20 років із високими (Д-1, Ю-1), середніми (Д-2, Ю-2) і низькими (Д-3, Ю-3) значеннями адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи організму (у % від загальної активності ферментів).

Представлені матеріали цього дослідження є, на нашу думку, певним доповненням до наявних теоретичних відомостей щодо фізіологічної ролі оксиду азоту в організмі, зокрема, практично здорових осіб у віці 18-20 років.

ВИСНОВКИ

1. Матеріали проведеного дослідження дозволили констатувати важливу роль оксиду азоту в забезпеченні поточних адаптивних можливостей серцево-судинної системи практично здорових молодих осіб у віці 18-20 років.
2. Показано, що найбільш оптимальний рівень даних можливостей реєструється в разі вираженої експресії активності окисного (за участю конститутивної NOS) і нітритредуктазного реутилізаційного шляхів синтезу NO при одночасному зниженні активності індукцйбельної NO-синтази.
3. Встановлено, що основна роль у забезпеченні поточних адаптивних можливостей серцево-судинної системи організму належить, ймовірно, ендотеліальній ізоформі NOS у зв'язку з вірогідно більш високою виразністю вазодилатаційної реакції плечової артерії після проби з реактивною гіперемією в осіб з більш високими адаптивними можливостями системи кровообігу.
4. Висунуто припущення, що можливими фізіологічними механізмами впливу оксиду азоту на рівень адаптивних можливостей системи кровообігу є ефекти “постсинаптичної потенціації”, гальмівний вплив гаммааміномасляної кислоти як одного з продуктів синтезу NO і підвищення діастолічної функції серця.

ЛІТЕРАТУРА

1. Айдаралиев А.А. Комплексная оценка функциональных резервов организма / А.А. Айдаралиев, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева [и др.]. – Фрунзе: Илим, 1988. – 196 с.
2. Баевский Р.М. Донозологическая диагностика в оценке состояния здоровья / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева // Валеология: диагностика, средства и практика обеспечения здоровья. – СПб.: Наука, 1993. – С. 33-48.
3. Богдановська Н.В. Особливості функціонального стану судинного ендотелію при систематичних фізичних навантаженнях / Н.В. Богдановська, М.В. Маліков // Фізіологічний журнал. – 2008. – Т. 54. – № 4. – С.44-46.
4. Богдановська Н.В. Синтез оксиду азоту у період довгострокової адаптації до інтенсивної м'язової роботи у спортсменок / Н.В. Богдановська, Г.М. Святодух, А.В. Коцюруба [та ін.] // Фізіологічний журнал. – 2009. – Т. 55, № 3. – С. 94-99.
5. 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.
6. Казначеев В.П. Донозологическая диагностика в практике массовых обследований населения / Казначеев В.П., Баевский Р.М., Берсенева А.П. – Л.: Медицина, 1980. – 208 с.
7. Маліков М.В. Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті / Маліков М.В., Богдановська Н.В., Сватъєв А.В. – Запоріжжя : ЗНУ, 2006. – 195 с.
8. Маликов Н.В. Современные проблемы адаптации / Н.В. Маликов, Н.В. Богдановская. – Запорожье: ЗНУ, 2007. – 257 с.
9. Митьков В.В. Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике / В.В. Митьков, В.А. Сандрикова. – М.: Видар, 1998. – 360 с.
10. Сагач В.Ф. Пригнічення відкривання мітохондріальної пори екдистероном у серці старих щурів / В.Ф. Сагач, Ю.П. Коркач, А.В. Коцюруба [та ін.] // Фізіологічний журнал. – 2008. – Т.54, №4. – С. 3-11.
11. 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.
12. Clarkson P. 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.
13. 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.
14. 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.

УДК 612.13:564.41/47.22 і 599.323.4

СТАН В-ІНСУЛОЦИТІВ І КЛІТИН ПАНЕТА МИШЕЙ ПРИ ГОЛОДУВАННІ, ВВЕДЕННІ ГЛЮКОЗИ ТА АЛОКСАНУ

Григорова Н.В., к.б.н., доцент

Запорізький національний університет

Вміст цинку та секреторного матеріалу в клітинах Панета мишей залежить від функціонального стану інсулярного апарату. Кількість цього металу та інсуліну в В-клітинах острівців, а також цинку та секрету в панетовських клітинах були збільшені, а глікемія знижена при голодуванні, яке гальмує секреторну активність цих клітин. Зворотні результати спостерігалися при введенні глюкози, специфічного стимулятора секреції інсуліну клітинами В, а також при алоксановому діабеті, при