

ЕНДОТЕЛІАЛЬНА ФУНКЦІЯ ТА АДАПТАЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ ЮНАКІВ-ПІДЛІТКІВ З АРТЕРІАЛЬНОЮ ГІПЕРТЕНЗІЄЮ

Штрах К. В.^{A,B,C,D}, Рак Л. І.^{A,C,D,E,F}, Кашіна-Ярмак В. Л.^{A,D,E,F}

A – концепція та дизайн дослідження, B – збір даних, C – аналіз та інтерпретація даних, D – написання статті, E – редагування статті, F – остаточне затвердження статті

Пошта для листування: shtrah@karazin.ua

Резюме. Стаття присвячена вивченню стану судинної реактивності, морфофункціональних параметрів серця й адаптаційних можливостей у підлітків із артеріальною гіпертензією.

Мета – дослідити стан ендотеліязалежної вазодилатації та визначити адаптаційні можливості юнаків, хворих на артеріальну гіпертензію без факторів метаболічного ризику, залежно від наявності ендотеліальної дисфункції.

Матеріали та методи. Обстежено 22 пацієнта віком 13–17 років, у 10 з них спостерігалася дисфункція ендотелію за пробою з реактивною гіперемією. Підліткам проведено аналіз клінічних ознак, антропометричні дослідження, електрокардіографію, ультразвукове дослідження серця, функціональні проби (Руф'є, кліноортостатична проба). Статистичний аналіз проводили за допомогою непараметричних методів із використанням програми SPSS.

Результати. У 58,4 % хлопчиків підліткового віку з АГ без метаболічного ризику реєструється ендотеліальна дисфункція, більшість цих пацієнтів характеризується зниженою толерантністю до фізичного навантаження та недостатньою фізичною активністю. У таких підлітків відзначається, порівняно з однолітками з АГ та нормальною функцією ендотелію, вищий зріст, висока частота доліхомелії, більш високі показники фракції викиду та тиску в лівому передсерді, що свідчить про посилення насосної функції лівого шлуночка. Наявність ендотеліальної дисфункції у підлітків із артеріальною гіпертензією істотно не корелює з типом вегетативного забезпечення, проте у 60,0 % вона розвивається на тлі недостатнього симпто-адреналового забезпечення – асимпатикотонічного та гіпердіастолічного варіантів кліноортостатичної проби.

Висновки. Наявність ендотеліальної дисфункції реєструється більш, ніж у половини підлітків із артеріальною гіпертензією. Більш високі показники фракції викиду лівого шлуночка та тиску в лівому передсерді під час систоли, які визначаються у пацієнтів із гіпертензією та недостатньою вазодилатацією, разом зі зниженням частоти серцевих скорочень, відбивають адаптивні зміни функціонування міокарда при погіршенні функції ендотелію.

Ключові слова: підлітки, адаптаційні можливості, ендотеліальна дисфункція, артеріальна гіпертензія

Для цитування: Штрах КВ, Рак ЛІ, Кашіна-Ярмак ВЛ. ЕНДОТЕЛІАЛЬНА ФУНКЦІЯ ТА АДАПТАЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ ЮНАКІВ-ПІДЛІТКІВ З АРТЕРІАЛЬНОЮ ГІПЕРТЕНЗІЄЮ. Актуальні проблеми сучасної медицини. 2021;8:110–118. DOI: 10.26565/2617-409X-2021-8-12.

Інформація про авторів

Штрах Катерина Василівна, асистент кафедри педіатрії № 2, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 6, Харків, Україна, 61022; аспірант відділення педіатрії і реабілітації, ДУ «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків НАМН», проспект Ювілейний, 52а, Харків, Україна, 61153

e-mail: shtrah@karazin.ua

<http://orcid.org/0000-0003-3563-0371>

Вступ

Вивчення ендотеліальної функції і стану судин при різних патологічних процесах є об'єктом багатьох наукових робіт в Україні та за кордоном. Патологічні зміни функції ендотелію вважаються

Рак Лариса Іванівна, д. мед. н., завідувач відділення педіатрії і реабілітації, ДУ «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків НАМН», проспект Ювілейний, 52а, Харків, Україна, 61153; професор кафедри педіатрії, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 6, Харків, Україна, 61022

e-mail: larisarakdoct@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0001-9955-2638>

Кашіна-Ярмак Вікторія Леонідівна, к. мед. н., доцент кафедри педіатрії, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 6, Харків, Україна, 61022; старший науковий співробітник відділення педіатрії і реабілітації, ДУ «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків НАМН», проспект Ювілейний, 52а, Харків, Україна, 61153

e-mail: otdel_pediatria@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0001-8559-2866>

незалежним предиктором несприятливого прогнозу деяких захворювань [3].

Ендотеліальна дисфункція – це порушення ендотеліязалежної вазодилатації, цілісності та гомеостазу ендотелію. Оцінка функції і прогнозування дисфункції ендотелію є

надзвичайно важливою для розуміння складного патогенезу серцево-судинних захворювань, у числі яких передує артеріальна гіпертензія (АГ) [1].

Фремінгемське дослідження показало, що частота кардіоваскулярних катастроф збільшується при розладах харчування незалежно від віку і корелює з ендотеліальною дисфункцією судин [7, 17]. Саме активація та проліферація ендотеліальних клітин, цитокінова реакція, утворення прозапальних медіаторів відіграють важливу роль у патогенезі серцево-судинної патології [4]. Відомо, що ендотелін дуже швидко утворюється під дією адреналіну, ангіотензину II, вазопресину, цитокінів, активації вільнорадикальних процесів, і сам також є важливим нейрогуморальним фактором у патогенезі АГ, найпотужнішим вазоконстриктором [7]. Погіршення функціонування ендотелію виникає внаслідок надмірного вивільнення ендотеліну та зниження синтезу головного вазодилатора оксиду азоту і призводить до зниження адаптаційних властивостей судинної системи. Ендотеліальна дисфункція є ранньою ознакою порушень функціонування серцево-судинної системи при таких захворюваннях, як цукровий діабет й ожиріння, про що свідчить арсенал світових досліджень [6].

Проба з реактивною гіперемією, як метод вивчення функціонального стану ендотелію, базується на принципі ультразвукової оцінки зміни діаметра плечової артерії у відповідь на відновлення в ній кровотоку після короточасного стиснення артерій манжеткою. Широке клінічне застосування отримала проба з реактивною гіперемією і в педіатричній практиці. Слід зазначити, що сучасні підлітки з АГ частіше мають надмірну вагу, нерідко й ожиріння або інші ендокринні розлади, тому переважна більшість досліджень була присвячена саме цим станам.

Підвищена жорсткість артерій – це добре відомий фактор ризику серцево-судинних захворювань, що не залежить від рівня артеріального тиску, але є підставою для розвитку серцево-судинних подій [8, 5].

Результати досліджень підтверджують більш традиційну та широко прийнятну точку зору, що АГ є причиною, а не наслідком ендотеліальної дисфункції. Різке підвищення артеріального тиску провокує розвиток ендотеліальної дисфункції, і численні контрольовані клінічні

дослідження підтвердили специфічну дисфункцію ендотелію у гіпертоніків, як у судинах мікроциркуляції, так і в судинах провідності [9, 14, 16]. Виходячи з вищесказаного, вдалося доцільним встановити, які зміни ендотеліальної функції супроводжують АГ у підлітків, які не мають метаболічних порушень.

Мета дослідження: дослідити стан ендотеліальної вазодилатації та визначити адаптаційні можливості юнаків, хворих на АГ без факторів метаболічного ризику, залежно від наявності ендотеліальної дисфункції.

Матеріали та методи дослідження

У дослідженні приймали участь 22 хлопчика 13–17 років, які проходили обстеження та лікування у відділеннях клініки ДУ «ІОЗДП НАМН» з приводу АГ I-II стадії, та 19 практично здорових юнаків того ж віку. Середній вік обстежених склав $15,6 \pm 1,3$ років. Діагноз АГ було встановлено відповідно до протоколу, що регламентує правильне встановлення діагнозу згідно Наказу Міністерства охорони здоров'я України № 384 від 24.05.2012 року. Підлітки з надмірною масою тіла, ожирінням і ендокринною патологією до дослідження не включалися. Пацієнти були розподілені на групи: першу групу склали 10 юнаків із АГ, що мали ендотеліальну дисфункцію (недостатню вазодилатацію плечової артерії у пробі з реактивною гіперемією), у другу групу ввійшли 12 пацієнтів із підвищеним артеріальним тиском (АТ) та задовільною ендотеліальною вазодилатацією.

Дослідження включало клінічне обстеження, антропометрію, ЕКГ, ЕХО-КГ, добуве моніторування артеріального тиску. Фізичний розвиток оцінювався за віковими номограмами, згідно з Наказом МЗ України № 254 від 27.04.2006 р., в редакції 03.02.2009 р. № 56. Для оцінки рівня фізичної активності виконували стандартне опитування підлітків і анкетування щодо фізичного навантаження для дітей старшого віку та підлітків МАОФА. Для оцінювання функції судинного ендотелію проводили пробу з реактивною гіперемією на плечовій артерії правої руки за методикою Celermajer et al., 1980 р. [10] за допомогою доплер-ехокардіографії. Оцінювали діаметр плечової артерії, систолічну (V_s) та діастолічну (V_d) швидкість кровотоку в ній, коефіцієнти R_i та R_{ratio} , що відображають індекс резистентності та систоло-діастолічне співвідношення. Адаптаційні можливості

серцево-судинної системи оцінювали за пробою Руф'є та кліноортостатичною пробою (КОП). Вивчення морфофункціональних параметрів серця проводилось за допомогою конвексного датчика частотою 2-5 МГц на апараті ультразвукової діагностики SA-8000 Live («Medison», Корея) за стандартною методикою, рекомендованою Асоціацією ультразвукової діагностики (США). Вимірювали діаметр кореня аорти (КА), діаметр лівого передсердя (ЛП), кінцево-діастолічний розмір лівого шлуночка (КДР), кінцево-систоличний розмір ЛШ (КСР), кінцево-діастолічний (КДО) та кінцево-систоличний об'єми ЛШ (КСО), відношув товщину міокарда задньої стінки ЛШ (ВТСЛШ), товщину міжшлуночкової перегородки (ТМШП). Масу міокарда лівого шлуночка (ММЛШ, г) розраховували за формулою Трой (1977), рекомендованою Американським товариством ехокардіографії (American Society of Echocardiography – ASE), та індекс маси міокарда ЛШ (ІММЛШ). Стан насосної і скорочувальної здатності ЛШ оцінювали за показником фракції викиду ЛШ (ФВЛШ), тип загальної гемодинаміки визначався за показниками ударного об'єму (УО), хвилинного об'єму крові (ХОК) та загального периферійного судинного опору (ЗПСО) [11, 13]. Також оцінювали рівень загального холестерину в сироватці крові натще, що визначався спектрофотометричним методом.

Дослідження проводилось відповідно вимогам біоетики з дотриманням положень Гельсінської декларації. Статистичний аналіз проводили з використанням програми s/n SPSS 17 4a 180844250981. Результати дослідження представлено у вигляді середніх з похибкою ($M \pm m$) та серединних значень з інтерквартильним розмахом ($Me [LQ; UQ]$). Для оцінки статистичної значущості розбіжностей між групами використовували методи Фішера, Вілкоксона-Манна-Уїтні.

Результати дослідження та обговорення

Хлопчики з АГ мали скарги на підвищення АТ і головний біль у 82,3 % випадків, у 42,8 % визначалась загальна стомлюваність. 11,7 % хлопчиків скарг не мали, підвищення АТ в них визначалося при профілактичному огляді. Клінічні прояви АГ серед досліджуваних підлітків визначались за допомогою офісного вимірювання АТ із дотриманням правил вимірювання [12]. Середнє значення систолічного артеріального тиску в дітей із АГ склало $156,0 \pm 4,5$ мм. рт. ст., діастолічного – $90,0 \pm 4,4$ мм. рт. ст.

За показниками фізичного розвитку юнаки з АГ істотно не відрізнялися від групи практично здорових (табл.1).

Таблиця 1. Показники фізичного розвитку підлітків з АГ
Table 1. Indicators of physical development of adolescents with АН

Показники	Підлітки з АГ, n = 22	Групи порівняння, n = 19
Зріст, см	174,00 [171,25;176,75]	172,61 [167,00;180,00]
Маса тіла, кг	62,75 [57,25; 67,00]	62,00 [51,70; 69,00]
ІМТ, кг/м ²	20,70 [19,52; 21,84]	19,95 [18,09; 21,56]

Рівень загального холестерину у середньому в підлітків з АГ становив $4,5 \pm 0,4$ мкмоль/л, що не відрізнялося від показників у хлопців другої групи ($4,7 \pm 0,4$ мкмоль/л). Враховуючи відсутність надмірної ваги, ожиріння та гіперхолестеринемії, а також ендокринної патології, можна вважати, що підлітки не мали факторів метаболічного ризику.

Встановлено, що недостатня ендотеліязалежна вазодилатація, що становила менше 10 % від вихідного діаметру, спостерігалась у 58,4 %

хлопчиків з АГ. Практично здорові підлітки також часто, у 56,3 % випадків, демонстрували недостатній приріст діаметра артерії в пробі. Показники ендотеліальної функції дітей з АГ в стані спокою та після проби з оклюзією надано в таблиці 2. Діаметр плечової артерії, швидкісні характеристики кровотоку в ній та коефіцієнти R_i й $Ratio$ по групах обстежених істотно не відрізнялися. Проте приріст діаметру артерії після проби у хлопців із АГ був достовірно меншим, ніж у здорових ($p < 0,05$).

Таблиця 2. Показники ендотеліальної функції дітей із АГ без метаболічного ризику
Table 2. Indicators of endothelial function of children with AH without metabolic risk

Показник	Хлопчики з АГ, n = 22	Практично здорові хлопчики, n = 19
Діаметр артерії, см	0,37 [0,32;0,42]	0,37 [0,32;0,42]
Vs, см/с	22,7 [19,1;25,5]	18,0 [15,5;31,3]
Vd, см/с	7,9 [6,38;9,5]	7,4 [5,8;10,2]
Ri	0,60 [0,60;0,71]	0,63 [0,61;0,79]
Ratio	2,90 [2,52;3,50]	2,80 [2,30;3,24]
ЧСС, уд/хв	75,2 [68,0;85,0]	72,0 [68,0;87,0]
Після оклюзії		
Діаметр артерії, см	0,43 [0,42;0,45]	0,40 [0,37;0,47]
Vs, см/с	22,9 [17,0;28,6]	25,6 [20,3;35,6]
Vd, см/с	8,8 [5,3;11,8]	9,57 [7,9;13,8]
Ri	0,6 [0,56;0,71]	0,59 [0,53;0,64]
Ratio	2,9 [2,3;3,5]	2,43 [2,23;2,81]
ЧСС, уд/хв	79,0 [63,0;94,0]	76,0 [69,0;91,0]
ΔØ артерії, %	7,6 [7,6;12,0]*	15,62 [6,38;20,5]

Примітка: * p < 0,05 – різниця є статистично достовірною між групами

Note: * p < 0.05 – the difference is statistically reliable between groups

Проаналізовано антропометричні характеристики підлітків залежно від стану ендотеліальної функції. Виявлено, що пацієнти з недостатньою вазодилатацією мали вищий зріст ($175,42 \pm 2,25$ см проти $173,67 \pm 0,68$ см ($F = 0,054$, $p < 0,05$)). При цьому такі параметри, як маса тіла, ІМТ, окружність грудної клітки, ширина плечей, розмах рук, довжина кінцівок, обвід талії та стегон достовірно не відрізнялися. Слід зазначити, що 40,0 % юнаків з ендотеліальною

дисфункцією мали доліхомелію, про що свідчили співвідношення довжини тулуба до довжини ніг та розмаху рук до зросту.

Враховуючі провідну роль ендотеліальної дисфункції у так званому «кардіометаболічному континуумі», доцільно було визначити особливості морфофункціональних показників серця та виявити ознаки його ремоделювання в підлітків із АГ залежно від стану судинної реактивності (табл. 3).

Таблиця 3. Морфофункціональні показники серця хлопчиків із АГ залежно від стану ендотеліальної функції
Table 3. Morphofunctional parameters of the heart of boys with AH depending on the state of endothelial function

Показник	Хлопчики з АГ і ендотеліальною дисфункцією, n=10	Хлопчики з АГ із задовільною вазодилатацією, n = 12
КА, см	2,7 [2,6;2,9]	2,6 [2,6;2,7]
Діаметр ЛП, см	2,6 [2,4;2,7]	2,5 [2,4;2,7]
Діаметр ПШ, см	2,0 [1,7;2,2]	2,1 [2,1;2,2]
ТМ, см	0,7 [0,6;0,8]	0,6 [0,6;0,7]
ТМШП, см	0,8 [0,7;0,8]*	0,7 [0,7;0,7]
КДР, см	4,8 [4,6;5,0]	4,7 [4,5;5,0]
ІКДР, см/м ²	2,6 [2,5;2,8]	2,7 [2,6;2,8]
КДО ЛШ, см ³	109,9 [98,8;120,5]	104,1 [92,9;120,5]
ІКДО ЛШ, см ³ /м ²	58,1 [50,1;64,8]	60,8 [54,1;70,3]
КСО ЛШ, см ³	29,2 [21,4;34,7]	34,1 [24,1;41,6]
ФВ ЛШ, %	73,1 [71,1;77,7]*	66,2 [63,0;70,6]
ММЛШ, г	119,9 [94,6;125,5]*	106,3 [102,0;110,2]
ІММЛШ, г/м ²	59,3 [50,6;65,9]	62,9 [55,6;70,2]
УО, мл	79,9 [70,5;83,5]	70,0 [62,1;75,1]
ХОК, л/хв	4,7 [4,2;5,0]	5,0 [5,0;5,4]

ВТСЛШ	0,30 [0,28;0,32]	0,28 [0,27;0,29]
ЗПСО, Па×с/см ³	1486,5 [1304,6;1664,0]	1468,4 [1362,0;1535,4]
ЧСС, уд/хв	62,6 [55,0;69,0]*	76,5 [71,0;85,0]

Примітка: * $p < 0,05$ – різниця є статистично достовірною між групами
 Note: * $p < 0.05$ – the difference is statistically reliable between groups

Встановлено, що підлітки з АГ та ендотеліальною дисфункцією мали достовірно більшу ТМШП ($p < 0,05$) і ММЛШ ($p < 0,05$), проте відносні показники – ІММЛШ, ВТСЛШ – суттєво не відрізнялися. При цьому в цих хворих спостерігалися більші показники ФВЛШ, ніж у дітей з нормальною ендотеліальною вазодилатацією ($p < 0,05$), хоча і в межах нормальних значень, та менша ЧСС ($p < 0,05$). У цілому класичних ознак ремоделювання міокарда у підлітків з порушеною функцією судинного ендотелію не виявлено.

Показники діастолічної функції ЛШ в хлопців із АГ істотно не відрізнялися від даних практично здорових юнаків. Разом із тим, у підлітків з ендотеліальною дисфункцією зареєстровано вищі показники тиску в лівому передсерді, ніж у пацієнтів із АГ і нормальною функцією ендотелію ($0,89 \pm 0,17$ мм рт. ст. проти $0,81 \pm 0,05$ мм рт. ст. ($F = 13,03$; $p < 0,05$)).

Розглядаючи ендотеліальну дисфункцію як зниження адаптивних властивостей судин, цікавим було встановити, чи впливала вона на толерантність підлітків до фізичного навантаження. Виявлено, що діти з АГ і недостатньою ендотеліальною вазодилатацією у 58,7 % випадків демонстрували знижену толерантність до фізичного навантаження. На відміну від практично здорових однолітків, у підлітків із АГ в 1,1 рази частіше зареєстровано незадовільні та слабкі результати проби Руф'є та в 1,6 разів рідше – добрі. При співставленні результатів проби Руф'є та щотижневої фізичної активності підлітків встановлено, що майже дві третини (63,1 %) гіподинамічних пацієнтів із підвищеним АТ мали знижену толерантність до фізичного навантаження. Більшість підлітків з ендотеліальною дисфункцією (77,7 %) також характеризувалися низькою фізичною активністю.

Тип вегетативного забезпечення істотно не впливав на частоту дисфункції судинного ендотелію. Найчастіше в хлопців із АГ та ендотеліальною дисфункцією (60,0 %) відзначалися асимпатикотонічний та

гіпердіастолічний варіанти КОП, що свідчило про недостатню активацію симпатичного відділу вегетативної нервової системи.

Таким чином, за результатами дослідження встановлено досить високий відсоток ендотеліальної дисфункції у підлітків-юнаків як з нормотензією, так і з підвищенням артеріального тиску. Цей факт співпадає з даними інших авторів стосовно частоти порушень судинної реактивності у дорослих пацієнтів без артеріальної гіпертензії, але з обтяженою спадковістю за гіпертензією, та наявності ендотеліальної дисфункції в осіб чоловічої статі, в яких в підлітковому віці спостерігалася артеріальна гіпертензія [2].

За наявності артеріальної гіпертензії абсолютні показники приросту діаметра артерії у пробі з реактивною гіперемією за середніми даними виявилися меншими, ніж у підлітків без підвищення артеріального тиску. Також для підлітків із гіпертензією та недостатньою судинною реактивністю характерними були такі антропометричні особливості, як більш високий зріст і високий відсоток доліхомелії. Можна припустити, що у юнаків без гіпертензії в розвитку ендотеліальної дисфункції більшу роль відіграє функціональний стан судинної стінки, а при наявності гіпертензії основний внесок має вплив саме гемодинамічних порушень, імовірно, на тлі структурних особливостей судин. Серед обстежених підлітків із АГ і ендотеліальною дисфункцією не виявлено суттєвих змін морфометричних показників серця порівняно із пацієнтами з гіпертензією на фоні задовільної вазодилатації, а більш високі показники фракції викиду лівого шлуночка, товщини міжшлуночкової перетинки та підвищення тиску у лівому передсерді можна розглядати скоріше як адаптивні.

Підтверджено значення недостатнього вегетативного забезпечення та рівня фізичної активності (можливо, пов'язані одне з одним, що має перспективу при подальших дослідженнях) при сполученні артеріальної гіпертензії та дисфункції ендотелію в підлітковому віці.

Сучасні дослідження прямо свідчать про те, що поєднання артеріальної гіпертензії й ендотеліальної дисфункції підтримує так званий ефект “порочного кола”. Виявлення дисфункції ендотелію як раннього (доклінічного) маркера судинного ушкодження є важливим у супроводі пацієнтів підліткового віку з різним рівнем артеріального тиску, так як корекція судинної дисфункції, можливо, дозволить на ранніх стадіях загальмувати прогресування патологічних процесів у стінках судин і в інших органах-мішенях [15].

Висновки

1. У 58,4 % хлопчиків з АГ без метаболічного ризику зареєстровано ендотеліальну дисфункцію, яка в більшості з них сполучається зі зниженням толерантності до фізичного навантаження та недостатньою фізичною активністю.

2. У підлітків із АГ та ендотеліальною дисфункцією спостерігаються більш високі показники ФВЛШ та тиску в ЛП під час систоли разом зі зниженням ЧСС, ніж у юнаків з нормальною ендотеліозалежною вазодилатацією, що, вірогідно, відбиває адаптивні зміни функціонування міокарда при погіршенні функції ендотелію.

3. У 60,0 % підлітків з АГ недостатню ендотеліозалежну вазодилатацію зареєстровано на тлі недостатнього симпато-адреналового забезпечення - асимпатикотонічного та гіпердіастолічного варіантів КОП.

Усі перераховані автори зробили значний, безпосередній та інтелектуальний внесок у роботу та схвалили її до друку.

Дослідження проводилось відповідно вимогам біоетики з дотриманням положень Гельсінської декларації.

Список літератури

1. A global brief on Hypertension. WHO, 2013:40. <https://www.who.int/publications/i/item/a-global-brief-on-hypertension-silent-killer-global-public-health-crisis-world-health-day-2013>.
2. Горшков АЮ, Федорович АА, Драпкина ОМ. Дисфункция эндотелия при артериальной гипертензии: причина или следствие? Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2019;18(6):62-68. DOI: 10.15829/1728-8800-2019-6-62-68.
3. Загородний МІ, Свінцицький ІА. Ендотеліальна дисфункція при артеріальній гіпертензії: сучасні погляди на причини й механізми розвитку, діагностику та корекцію. Практикуючий лікар, 2. 2013:17–27. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PraktLik_2013_2_6.

4. Кашкалда Д. Особливості змін стрес-регулюючих систем у підлітків із серцево-судинною патологією при ендотеліальної дисфункції. Сучасна педіатрія. 2020;(5(109)): 8-14. DOI: 10.15574/SP.2020.109.8.
5. Квашніна ЛВ, Ігнатова ТБ. Профілактика порушень ендотеліальної функції у дітей у період переходу від здоров'я до синдрому вегетативної дисфункції. Современная педиатрия. 2016;(5):16-24. DOI: 10.15574/SP.2016.77.16.
6. Ніконова ВВ. Стан ендотеліальної функції у підлітків із артеріальною гіпертензією. Здоров'є ребенка. 2012;2(37):31—34.
7. Свіщенко ЄП, Міщенко ЛА. Нова концепція оцінки серцево-судинного ризику за фремінгемськими критеріями – визначення віку судин. Перший досвід використання в українській популяції хворих на артеріальну гіпертензію. Український кардіологічний журнал. 2015;5:95–103. ISSN 1608-635X.
8. Agbaje AO, Naapala EA, Lintu N, Viitasalo A, Väistö J, Khan S, Veijalainen A, Tompuri T, Laitinen T, & Lakka TA. Associations of Cardiorespiratory Fitness and Adiposity With Arterial Stiffness and Arterial Dilatation Capacity in Response to a Bout of Exercise in Children. Pediatric Exercise Science, 2019;31(2):238–247. DOI: 10.1111/sms.12523.
9. Bell CS, Samuel JP, Samuels JA. Prevalence of Hypertension in Children. Hypertension. 2019;73(1):148–152. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.118.11673.
10. Celermajer DS, Sorensen KE, Gooch VM, Spiegelhalter DJ, et al. Non-invasive detection of endothelial dysfunction in children and adults at risk of atherosclerosis. Lancet. 1992;340:882—888. DOI: 10.1016/0140-6736(92)93147-f.
11. Chengode S. Left ventricular global systolic function assessment by echocardiography. Ann Card Anaesth. 2016;19. Suppl. S1.:26–34. DOI: 10.4103/0971-9784.192617.
12. Flynn JT, Kaelber DC, Baker-Smith CM, et al. Subcommittee on Screening and Management of High Blood Pressure in Children. Clinical practice guideline for screening and management of high blood pressure in children and adolescents. Pediatrics. 2017;140:e20171904. DOI: 10.1542/peds.2017-1904.
13. Hattle LK, Angelsen B. Doppler ultrasound in cardiology: physical principles and clinical application. Philadelphia. 1985:780–890. DOI: 10.1002/jcu.1870120418.
14. Ramis TR., Muller C., Boeno FP., Teixeira BC., Rech A., Pompermayer MG., Medeiros N, Oliveira AR., Pinto RS., & Ribeiro JL. (2020). Effects of Traditional and Vascular Restricted Strength Training Program With Equalized Volume on Isometric and Dynamic Strength, Muscle Thickness, Electromyographic Activity, and Endothelial Function Adaptations in Young Adults. Journal of strength and conditioning research, 34(3):689–698. doi: 10.1519/JSC.0000000000002717.
15. Urbina EM., Lande MB., Hooper SR., Daniels SR. [2018]. Target organ abnormalities in pediatric hypertension. The Journal of pediatrics, 202, 14-22. DOI: 10.1016/j.jpeds.2018.07.026

16. Tremblay JC, Pyke, KE. [2018]. Flow-mediated dilation stimulated by sustained increases in shear stress: a useful tool for assessing endothelial function in humans?. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 314[3], 508- 520. DOI: 10.1152/ajpheart.00534.2017
17. Vasan RS, Larson MG, Leip EP, Kannel WB, Levy D. Assessment of frequency of progression to hypertension in 705 non-hypertensive participants in the Framingham Heart Study: a cohort study. *Lancet*, 2001; 358: 1682-1686. DOI: 10.1016/S0140-6736(01)06710-1
18. Williams B, Mancia G, Spiering W, et al. 2018 Practice Guidelines for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension and the European Society of Cardiology: ESH/ESC Task Force for the Management of Arterial Hypertension. *J Hypertens* 2018; 36: 2284-2309. DOI: 10.1097/HJH.0000000000001961
- Associations of Cardiorespiratory Fitness and Adiposity With Arterial Stiffness and Arterial Dilatation Capacity in Response to a Bout of Exercise in Children. *Pediatric Exercise Science*, 2019;31(2):238–247. DOI: 10.1111/sms.12523.
9. Bell CS, Samuel JP, & Samuels JA. Prevalence of Hypertension in Children. *Hypertension*, 2019;73(1):148–152. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.118.11673.
10. Celermajer DS, Sorensen KE, Gooch VM, Spiegelhalter DJ et al. Non-invasive detection of endothelial dysfunction in children and adults at risk of atherosclerosis. *Lancet*. 1992;340:882—888. DOI: 10.1016/0140-6736(92)93147-f.
11. Chengode S. Left ventricular global systolic function assessment by echocardiography. *Ann Card Anaesth*. 2016;19Suppl. S1.:26–34. DOI: 10.4103/0971-9784.192617.
12. Flynn JT, Kaelber DC, Baker-Smith CM, et al. Subcommittee on Screening and Management of High Blood Pressure in Children. Clinical practice guideline for screening and management of high blood pressure in children and adolescents. *Pediatrics*;140:e20171904. DOI: 10.1542/peds.2017-1904.
13. Hattle LK, Angelsen B. Doppler ultrasound in cardiology: physical principles and clinical application. Philadelphia. 1985;780–890. DOI: 10.1002/jcu.1870120418
14. Ramis TR, Muller C, Boeno FP, Teixeira BC, Rech A, Pompermayer MG, Medeiros N, Oliveira ÁR, Pinto RS, & Ribeiro JL. Effects of Traditional and Vascular Restricted Strength Training Program With Equalized Volume on Isometric and Dynamic Strength, Muscle Thickness, Electromyographic Activity, and Endothelial Function Adaptations in Young Adults. *Journal of strength and conditioning research*. 2020;34(3):689–698. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002717.
15. Urbina EM, Lande MB, Hooper SR, & Daniels SR. Target organ abnormalities in pediatric hypertension. *The Journal of paediatrics*. 2018;202:14-22. DOI: 10.1016/j.jpeds.2018.07.026.
16. Tremblay JC, & Pyke KE. Flow-mediated dilation stimulated by sustained increases in shear stress: a useful tool for assessing endothelial function in humans?. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 2018;314(3):508- 520. DOI: 10.1152/ajpheart.00534.2017.
17. Vasan RS, Larson MG, Leip EP, Kannel WB, Levy D. Assessment of frequency of progression to hypertension in 705 non-hypertensive participants in the Framingham Heart Study: a cohort study. *Lancet* 2001; 358:1682-1686. DOI: 10.1016/S0140-6736(01)06710-1.
18. Williams B, Mancia G, Spiering W, et al. 2018 Practice Guidelines for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension and the European Society of Cardiology: ESH/ESC Task Force for the Management of Arterial Hypertension. *J Hypertens* 2018; 36: 2284-2309. DOI: 10.1097/HJH.0000000000001961.

Reference

1. A global brief on Hypertension. WHO, 2013: 40. <https://www.who.int/publications/i/item/a-global-brief-on-hypertension-silent-killer-global-public-health-crisis-world-health-day-2013>.
2. Gorshkov AYu, Fedorovich AA, Drapkina OM. Endothelial dysfunction in hypertension: cause or effect? *Cardiovascular Therapy and Prevention*.2019;18(6):62-68. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2019-6-62-68> [Russian].
3. Zahorodnyi MI, Svintsitskyi IA. Endotelialna dysfunktsiia pry arterialnii hipertenzii: suchasni pohliady na prychyny y mekhanizmy rozvytku, diahnozyky ta korektsiui. *Praktykuiuchy likar*. №2. S. 17–27. [Ukrainian]. http://nbuv.gov.ua/UJRN/PraktLik_2013_2_6
4. Kashkald D. Osoblyvosti zmin stres-rehuliuuchykh system u pidlitkiv iz sertsevo-sudynnoi patolohiiei pry endotelialnoi dysfunktsii. *Suchasna pediatria*. 2020;5(109):8-14. [Ukrainian]. DOI: 10.15574/SP.2020.109.8.
5. Kvashnina LV, & Ihnatova TB. Profilaktyka porushen endotelialnoi funktsii u ditei u period perekhodu vid zdorovia do syndromu vehetatyvnoi dysfunktsii. *Sovremennaia pedyatryia*. 2016;(5):16-24. [Ukrainian]. DOI: 10.15574/SP.2016.77.16.
6. Nikonova VV. Stan endotelialnoi funktsii u pidlitkiv iz arterialnoi hipertenzii. *Zdorove rebenka*. 2012;2(37):31—34. [Ukrainian].
7. Svishchenko YeP, Mishchenko LA. Nova kontsepsiia otsinky sertsevo-sudynnoho ryzyku za freminhenskymy kryteriiamy – vyznachennia viku sudyn. *Pershyi dosvid vykorystannia v ukrainskii populiatsii khvorykh na arterialnu hipertenziiu*. *Ukrainskyi kardiologichnyi zhurnal*. 2015;(5):95–103. [Ukrainian]. ISSN 1608-635X.
8. Agbaje AO, Haapala EA, Lintu N, Viitasalo A, Väistö J, Khan S, Veijalainen A, Tompuri T, Laitinen T, & Lakka TA.

ENDOTHELIAL FUNCTION AND ADAPTIVE CAPABILITIES OF ADOLESCENT ADOLESCENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION

Shtrakh Kateryna, Rak Larisa, Kashina-Yarmak Victoria

Mail for correspondence: shtrah@karazin.ua

Summary. *The article is devoted to the study of the state of vascular reactivity, morphofunctional parameters of the heart and adaptive capabilities in adolescents with arterial hypertension. The goal is to study the the state of*

endothelium-dependent vasodilation and determine the adaptive capabilities of boys with arterial hypertension without metabolic risk factors, depending on the presence of endothelial dysfunction.

The study included 22 boys with arterial hypertension aged 13-17 years, 10 of them had endothelial dysfunction on a sample with reactive hyperemia. The study included clinical examination, anthropometry, ECG, EchoCG, functional tests (Ruffier, klinoorthotest). Serum total cholesterol levels were also assessed. Statistical analysis was performed using the program s / n SPSS 17 4a 180844250981.

Results. It was found that 58.4% of boys with arterial hypertension had endothelial dysfunction without metabolic risk, which in most cases combined with reduced exercise tolerance and insufficient physical activity. In such adolescents, in comparison with peers with hypertension and normal endothelial function, higher growth, a high frequency of dolichomelia, an increase in the ejection fraction and pressure in the left atrium are noted, indicating an increase in the pumping function of the left ventricle. The frequency of registration of endothelial dysfunction was not substantially correlated with the type of vegetative support for activities in children with arterial hypertension. However, in 60% it was registered against insufficient sympathoadrenal supply - asympathicotonic and hyperdiastolic variants of the klinoorthotest.

The presence of endothelial dysfunction is recorded in more than half of adolescents with arterial hypertension. Higher ejection fraction and pressure in the left atrium during systole, which are determined in patients with arterial hypertension and insufficient vasodilation with a decrease in heart rate reflect adaptive changes in the functioning of the myocardium with a deterioration in endothelial function.

Key words: adolescents, adaptive capabilities, endothelial dysfunction, arterial hypertension

For citation: Shtrakh K, Rak L, Kashina-Yarmak V. ENDOTHELIAL FUNCTION AND ADAPTIVE CAPABILITIES OF ADOLESCENT ADOLESCENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION. Actual problems of modern medicine. 2021;8:110–118. DOI: 10.26565/2617-409X-2021-8-12.

Information about author

Kateryna Shtrakh, assistant of the department of pediatric No 2, V.N.Karazin Kharkiv National University, 6, Svobody sq., Kharkiv, Ukraine, 61022

e-mail: shtrah@karazin.ua

<http://orcid.org/0000-0003-3563-0371>

Larysa Rak, MD, PhD, Senior Researcher, Department of Pediatrics and Rehabilitation of the SI "Institute for Children and Adolescents Health Care of

the National Academy of Medical Science", 52a, Yuvileinyi Avenue, Kharkiv, Ukraine, 61153; professor of the pediatric department, V.N.Karazin Kharkiv National University, 6, Svobody sq. Kharkiv, Ukraine, 61022

e-mail: larisarakdoct@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0001-9955-2638>

Kashina-Yarmak Victoria, Associate Professor of the Department of Pediatrics,

V.N. Karazin Kharkiv National University, Svobody sq., 6, Kharkiv, Ukraine, 61022

Senior Researcher, Department of Pediatrics and Rehabilitation of the SI "Institute for Children and Adolescents Health Care of the National Academy of Medical Science", 52a Yuvileyny Avenue, Kharkiv, Ukraine, 61153

e-mail: otdel_pediatria@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0001-8559-2866>

ЭНДОТЕЛИАЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ И АДАПТАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЮНОШЕЙ-ПОДРОСТКОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ

Штрах К. В., Рак Л. И., Кашина-Ярмак В. Л.

Почта для переписки: shtrah@karazin.ua

Резюме. Статья посвящена изучению состояния сосудистой реактивности, морфофункциональных параметров сердца и адаптационных возможностей у подростков с артериальной гипертензией.

Цель – исследовать состояние эндотелий-зависимой вазодилатации и определить адаптационные возможности юношей, больных артериальной гипертензией без факторов метаболического риска, в зависимости от наличия эндотелиальной дисфункции.

Материалы и методы. Обследовано 22 пациента в возрасте 13-17 лет, у 10 из них наблюдалась дисфункция эндотелия в пробе с реактивной гиперемией. Подросткам проведен анализ клинических признаков, антропометрические исследования, электрокардиография, ультразвуковое исследование сердца, функциональные пробы (Руфье, клиноортостатическая проба). Статистический анализ проводили с помощью непараметрических методов с использованием программы SPSS.

Результаты. У 58,4 % мальчиков подросткового возраста с артериальной гипертензией без метаболического риска регистрируется эндотелиальная дисфункция, большинство пациентов характеризуется сниженной толерантностью к физической нагрузке и недостаточной физической активностью. У таких подростков отмечается, в сравнении со сверстниками с АГ и нормальной функцией эндотелия, более высокий рост, высокая частота долихомелии, более высокие показатели фракции выброса и давления в левом предсердии, что свидетельствует об усилении насосной функции

левого желудочка. Наличие эндотелиальной дисфункции у подростков с артериальной гипертензией существенно не коррелирует с типом вегетативного обеспечения, однако у 60 % она развивается на фоне недостаточного симпатно-адреналового обеспечения – асимпатикотонического и гипердиастолического вариантов клиноортостатической пробы.

Выводы. Наличие эндотелиальной дисфункции регистрируется более, чем у половины подростков с артериальной гипертензией. Более высокие показатели фракции выброса и давления в левом предсердии во время систолы, которые определяются у пациентов с гипертензией и недостаточной вазодилатацией, вместе со снижением частоты сердечных сокращений отражают адаптивные изменения функционирования миокарда при ухудшении функции эндотелия.

Ключевые слова: подростки, адаптационные возможности, эндотелиальная дисфункция, артериальная гипертензия

Информация об авторах

Катерина Штрах, ассистент кафедры педиатрии No 2, Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, пл. Свободи,6, Харків, Україна, 610227

e-mail: shtrah@karazin.ua

<http://orcid.org/0000-0003-3563-0371>

Лариса Рак, заведующая отделом педиатрии и реабилитации ГУ «Институт охраны здоровья детей и

подростков НАМН Украины», проспект Юбилейный, 52а, Харьков, Украина, 61153; профессор кафедры педиатрии Харьковского национального университета имени В.Н.Каразіна, пл. Свободы, 6, Харьков, Украина, 61022

e-mail: larisarakdoct@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0001-9955-2638>

Кашина-Ярмак Виктория, доцент кафедры педиатрии Харьковского национального университета имени

В. Н. Каразіна, пл. Свободы, 6, Харьков, Украина, 61022, старший научный сотрудник отделения педиатрии и реабилитации ГУ «Институт здравоохранения детей и подростков НАМН», проспект Юбилейный, 52а, Харьков, Украина, 61153

e-mail: otdel_pediatria@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0001-8559-2866>

Отримано: 10.11.2021 року

Прийнято до друку: 22.11.2021 року

Received: 10.11.2021

Accepted : 22.1.2021

Conflicts of interest: author has no conflict of interest to declare.

Конфлікт інтересів: відсутній.

Конфликт интересов: отсутствует.