

Я.Р. Гречанін¹, Ю.М. Купріячук²

Метаболіти нейромедіаторів та клінічні прояви порушень нервово-психічного розвитку в дітей в умовах хронічного соціального стресу

¹Харківський національний медичний університет, Україна

²КНП Харківської обласної ради «Міжрегіональний спеціалізований медико-генетичний центр рідкісних (орфанних) захворювань», Україна

Modern Pediatrics. Ukraine. (2026). 2(154): 105-110; doi 10.15574/SP.2026.2(154).105110

For citation: Grechanin YaR, Kupriyukhuk YN. (2026). Neurotransmitter metabolites and clinical manifestations of neuropsychiatric developmental disorders in children under conditions of chronic social stress. Modern Pediatrics. Ukraine. 2(154): 105-110. doi: 10.15574/SP.2026.2(154).105110.

Хронічний соціальний стрес у дитячому віці може супроводжуватися порушеннями нервово-психічного розвитку, одним із механізмів яких є дисбаланс нейромедіаторного обміну. Визначення рівнів метаболітів нейромедіаторів дозволяє оцінити функціональний стан стрес-реалізуючих систем.

Мета – дослідити залежність між рівнями метаболітів нейромедіаторів та клінічними проявами порушень нервово-психічного розвитку у дітей в умовах хронічного соціального стресу.

Матеріали та методи. У дослідження включено 186 дітей віком 1–8 років. Основну групу становили 80 дітей, які постійно проживали в м. Харкові та Харківській області й перебували в умовах високої інтенсивності воєнного впливу та хронічного соціального стресу. До групи порівняння включили 65 дітей із регіонів із нижчою інтенсивністю воєнного впливу та відносно стабільним соціально-побутовим середовищем. Контрольну групу становила 41 дитина, яку обстежили у довоєнний період. Рівні ванілінмандальної кислоти (VMA), гомованілінової кислоти (HVA) та 5-гідроксиіндолоцтової кислоти (5-HIAA) у ранковій порції сечі визначали методом газової хроматографії – мас-спектрометрії.

Результати. У дітей основної групи встановлено підвищення частоти змін рівнів VMA, HVA та 5-HIAA порівняно з групами порівняння та контролю. Виявлені зміни асоціювалися із затримкою мовленнєвого розвитку, емоційною лабільністю, порушеннями сну, поведінковими особливостями та проявами вегетативної дисфункції.

Висновки. Зміни метаболітів нейромедіаторів у дітей в умовах хронічного соціального стресу відображають порушення нейрометаболічної адаптації та можуть розглядатися як потенційні лабораторні маркери порушень нервово-психічного розвитку. Визначення рівнів VMA, HVA та 5-HIAA у сечі є перспективним неінвазивним методом оцінки функціонального стану стрес-реалізуючих систем у дітей.

Дослідження виконано відповідно до принципів Гельсінської декларації. На проведення дослідження отримано інформовану згоду батьків дітей.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Ключові слова: хронічний соціальний стрес, діти, порушення нервово-психічного розвитку, метаболіти нейромедіаторів, ванілінмандальна кислота, гомованілінова кислота, 5-гідроксиіндолоцтова кислота.

Neurotransmitter metabolites and clinical manifestations of neuropsychiatric developmental disorders in children under conditions of chronic social stress

Ya.R. Grechanin¹, Y.N. Kupriyukhuk²

¹Kharkiv National Medical University, Ukraine

²MNPE of Kharkiv Regional Council «Interregional Specialized Medical and Genetic Center for Rare (Orphan) Diseases», Ukraine

Chronic social stress in childhood is associated with disruption of the body's adaptive mechanisms and the development of neuropsychiatric developmental disorders. Analysis of neurotransmitter metabolites enables assessment of the functional state of stress-response systems.

Aim – to investigate associations between neurotransmitter metabolite levels and clinical manifestations of neuropsychiatric developmental disorders in children under conditions of chronic social stress.

Materials and methods. The study included 186 children aged 1–8 years. The main group consisted of 80 children who permanently lived in the city of Kharkiv and the Kharkiv region and were exposed to a high intensity of military influence and chronic social stress. The comparison group included 65 children from regions with lower intensity of military influence and a relatively stable social and everyday environment. The control group consisted of 41 children examined in the pre-war period. The levels of vanillylmandelic acid (VMA), homovanillic acid (HVA), and 5-hydroxyindoleacetic acid (5-HIAA) in the morning urine samples were determined by gas chromatography-mass spectrometry.

Results. Children exposed to chronic social stress demonstrated a statistically significant increase in the frequency of altered VMA, HVA, and 5-HIAA levels compared to the comparison and control groups. These alterations were associated with speech development delay, emotional lability, sleep disturbances, behavioral abnormalities, and manifestations of autonomic dysfunction. The most pronounced changes were observed in the older age subgroup, correlating with longer duration of psychoemotional stress exposure.

Conclusions. Alterations in neurotransmitter metabolites in children under chronic social stress reflect impaired neurometabolic adaptation and may serve as potential laboratory biomarkers of neuropsychiatric developmental disorders. Urinary determination of VMA, HVA, and 5-HIAA represents a promising non-invasive approach for evaluating the functional status of stress-response systems in the pediatric population.

The study was conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki. The research protocol was approved by the Local Ethics Committee of the institution specified in the study. Informed parental consent was obtained for participation in the study.

The authors declare no conflict of interest.

Keywords: chronic social stress; children; neuropsychiatric developmental disorders; neurotransmitter metabolites; vanillylmandelic acid; homovanillic acid, 5-hydroxyindoleacetic acid.

Вступ

Хронічний соціальний стрес у дитячому віці є одним із чинників, що може впливати на процеси нейророзвитку, формування адаптаційних механізмів та функціональний стан регуляторних систем організму [1,2,11,20]. В умовах тривалого психоемоційного навантаження в дітей формуються зміни нейроендокринної, вегетативної та метаболічної регуляції, що супроводжуються емоційною нестабільністю, поведінковими особливостями, когнітивними труднощами та порушеннями адаптації [2,3,7,21].

Незавершене морфофункціональне дозрівання нервової та ендокринної систем зумовлює підвищену чутливість дитячого організму до тривалого психоемоційного навантаження [2,7,15]. Хронічна активація гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової осі та симпатoadреналової системи спричиняє зміни нейромедіаторного обміну та порушення регуляторних процесів організму [5,9,18,19].

Одним із ключових механізмів стресасоційованих змін є порушення обміну біогенних амінів. Дофамін, серотонін, адреналін та норадреналін беруть участь у регуляції емоційних реакцій, поведінки та когнітивних функцій [6,9,14,17,18]. Через короткий період напіврозпаду нейромедіаторів більш інформативним є визначення їхніх кінцевих метаболітів у сечі. Ванілінмигдальна кислота (VMA) відображає активність симпатoadреналової системи, гомованілінова кислота (HVA) – дофамінергічної ланки, а 5-гідроксиіндолацетова кислота (5-HIAA) – серотонінергічної системи [6,8,13,16].

Визначення рівнів метаболітів нейромедіаторів дозволяє оцінити функціональний стан стресреалізуючих систем та особливості нейрометаболічної адаптації в дітей, які перебувають в умовах хронічного соціального стресу [3,8,13]. Водночас взаємозв'язок між змінами метаболітів нейромедіаторів і клінічними проявами порушень нервово-психічного розвитку в дітей в умовах тривалого психоемоційного навантаження залишається недостатньо вивченим.

Мета дослідження – проаналізувати залежність між рівнями метаболітів нейромедіаторів та клінічними проявами порушень нервово-психічного розвитку в дітей, які перебувають в умовах хронічного соціального стресу.

Матеріали та методи дослідження

У дослідження включили 186 дітей віком від 1 до 8 років, які проходили клінічне обстеження на базі Комунального некомерційного підприємства Харківської обласної ради «Міжрегіональний спеціалізований медико-генетичний центр рідкісних (орфанних) захворювань» у 2022–2025 роках у межах науково-практичної співпраці з Харківським національним медичним університетом.

Критеріями включення були:

- вік від 1 до 7 років 11 місяців 29 днів;
- гестаційний вік при народженні ≥ 37 тижнів;
- відсутність тяжкої хронічної соматичної патології;
- інформована згода батьків або законних представників на участь дитини у дослідженні.

Критеріями виключення були:

- встановлена спадкова або уроджена патологія;
- органічні ураження центральної нервової системи;
- хронічна соматична патологія, що могла впливати на процеси нейророзвитку;
- відмова батьків від участі дитини у дослідженні.

Формування груп здійснювалося з огляду на вік дітей, регіон постійного проживання та інтенсивність психоемоційного навантаження, пов'язаного з воєнними подіями.

До основної групи включили 80 дітей, які постійно проживали в м. Харкові та Харківській області й зазнавали високої інтенсивності воєнного впливу, регулярних повітряних тривог і тривалого психоемоційного навантаження. Групу поділили на підгрупи: 1а – 40 дітей віком 1–3 роки та 1б – 40 дітей віком 4–8 років.

До групи порівняння включили 65 дітей із регіонів із нижчою інтенсивністю воєнного впливу та відносно стабільним соціально-побутовим середовищем. Переважну частину групи становили діти Хмельницької та Львівської областей. Групу поділили на підгрупи: 2а – 25 дітей віком 1–3 роки та 2б – 40 дітей віком 4–8 років.

Контрольну групу сформуvalи ретроспективно на підставі аналізу медичної документації 41 дитини. Клінічне обстеження учасників цієї групи проводили в довоєнний період (2018–2021 роки) із використанням співставних клініко-діагностичних підходів. Контрольна група включала підгрупу 3а – 21 дитину віком 1–3 роки та 3б – 20 дітей віком 4–8 років.

Таблиця 1

Рівень VMA в сечі у дітей досліджуваних груп

Група	Всього, абс.	Норма, абс. (%)	Підвищений рівень, абс. (%)	Знижений рівень, абс. (%)	VMA (мкмоль/ммоль креатиніну), $M \pm SD$
1a	40	22 (55,0)	11 (27,5)	7 (17,5)	653,1 $\pm$ 292,0
2a	25	20 (80,0)	4 (16,0)	1 (4,0)	520,6 $\pm$ 180,0
3a	21	21 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	425,7 $\pm$ 51,7
1б	40	23 (57,5)	11 (27,5)	6 (15,0)	670,4 $\pm$ 300,0
2б	40	36 (90,0)	2 (5,0)	2 (5,0)	513,2 $\pm$ 160,0
3б	20	20 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	415,6 $\pm$ 55,0

Примітка: статистично значущі відмінності встановлено між групами 1a та 2a ($p=0,041$), 1a та 3a ($p<0,001$), 1б та 2б ($p=0,006$), 1б та 3б ($p<0,001$).

Клінічне обстеження включало оцінку поведінкових, когнітивних та неврологічних проявів, зокрема гіперактивності, емоційної лабільності, порушень сну, затримки мовленнєвого та моторного розвитку, проявів регресу навичок і судомного синдрому. Оцінку фізичного розвитку здійснювали відповідно до Наказу МОЗ України від 13.10.2024 р. №1590 «Про затвердження критеріїв оцінювання фізичного розвитку дітей віком до 18 років». Для структурованої оцінки адаптивного функціонування використовували Vineland Adaptive Behavior Scales.

У межах дослідження визначали рівні VMA, HVA, 5-HIAA методом газової хроматографії – мас-спектрометрії. Зазначені показники розглядали як метаболіти катехоламінів і серотоніну, що відображають функціональний стан нейромедіаторних систем та активність стрес-реалізуючих механізмів організму.

Статистичну обробку результатів проводили із використанням програм Microsoft Excel, IBM SPSS Statistics та Statistica. Для оцінки характеру розподілу кількісних показників застосовували критерій Шапіро–Вілکا. При нормальному розподілі дані представляли у вигляді середнього арифметичного значення та стандартного відхилення ($M \pm SD$), при розподілі, відмінному від нормального, – у вигляді медіани та інтерквартильного інтервалу ($Me (Q_{25}; Q_{75})$). Для порівняння кількісних показників використовували t-критерій Стюдента, критерій Манна–Вітні та критерій Краскела–Волліса. Аналіз якісних показників проводили із використанням критерію χ^2 Пірсона та точного критерію Фішера. Для оцінки взаємозв'язків між клінічними та лабораторними показниками використовували коефіцієнт рангової кореляції Спірмена. Статистично значущими вважали відмінності при $p<0,05$.

Дослідження проводилося згідно до принципів World Medical Association Declaration of Helsinki, International Council for Harmonisation Good Clinical Practice (ICH GCP, 2016) та вимог чинного законодавства України. Перед включенням у дослідження батьки або законні представники дітей підписували інформовану добровільну згоду. Персональні дані учасників використовувалися в узагальненому вигляді з дотриманням принципів конфіденційності.

Результати дослідження та їх обговорення

VMA є кінцевим метаболітом адреналіну та норадреналіну та відображає активність симпатoadреналової системи.

При аналізі рівня VMA в дітей раннього віку встановлено, що відхилення показника визначалися у 45,0% ($n=18$) дітей групи 1a, що було статистично значуще вище порівняно з групою 2a – 20,0% ($n=5$; $p=0,041$). У контрольній групі 3a відхилення рівня VMA не реєстрували ($p<0,001$).

У дітей віком 4–8 років відхилення рівня VMA визначалися у 42,5% ($n=17$) дітей групи 1б, тоді як у групі 2б – у 10,0% ($n=4$; $p=0,006$). У контрольній групі 3б подібні зміни не виявляли ($p<0,001$).

У дітей основної групи виявляли як підвищені, так і знижені значення VMA, що свідчило про варіабельність функціонального стану симпатoadреналової системи. Більш виражені зміни реєстрували в дітей старшої вікової групи.

Розподіл значень VMA в дітей досліджуваних груп представлено на рис. 1.

HVA є основним кінцевим метаболітом дофаміну та відображає функціональний стан дофамінергічної ланки нейромедіаторного обміну.

При аналізі рівня HVA в дітей раннього віку встановлено, що відхилення показника визначалися у 40,0% ($n=16$) дітей групи 1a, що було ста-

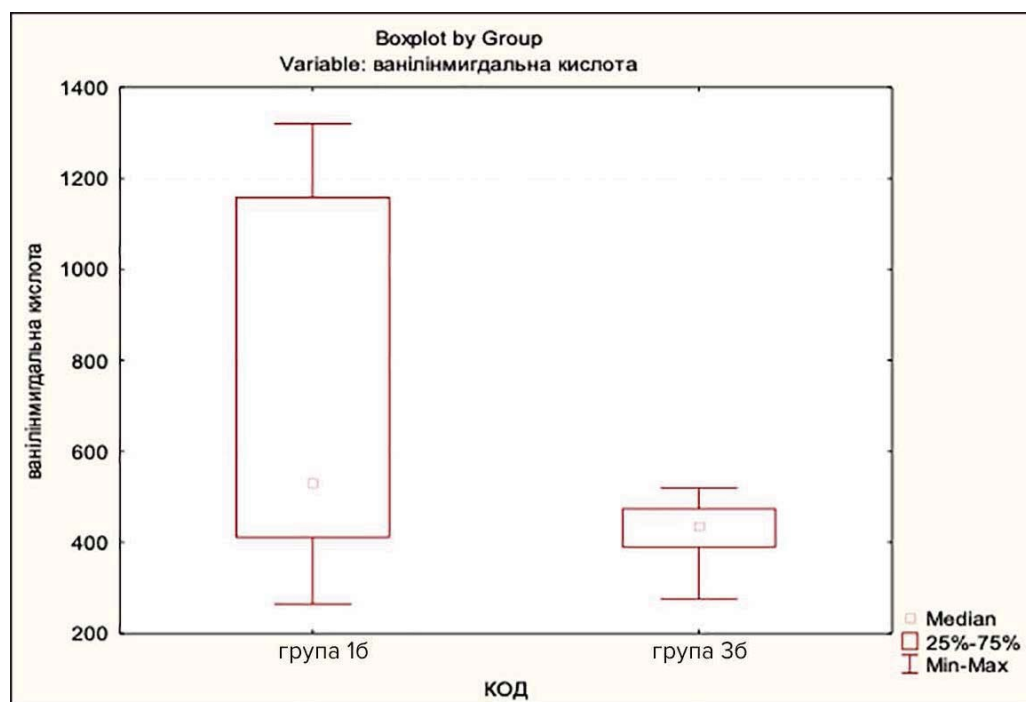


Рис. 1. Розподіл рівня ванілінмигдальної кислоти у дітей досліджуваних груп (boxplot)

тистично значуще вище порівняно з групою 2а – 16,0% ($n=4$; $p=0,048$). У контрольній групі 3а подібні зміни не реєстрували ($p<0,01$).

У дітей віком 4–8 років відхилення рівня НВА визначалися у 37,5% ($n=15$) дітей групи 1б, тоді як у групі 2б – у 10,0% ($n=4$; $p=0,012$). У контрольній групі 3б відхилення рівня НВА не виявляли ($p<0,01$).

У дітей основної групи частота змін рівня НВА була статистично значуще вищою порівняно з групами порівняння та контролю.

5-НІАА є основним кінцевим метаболітом серотоніну та відображає функціональний стан серотонінергічної ланки нейромедіаторного обміну.

При аналізі рівня 5-НІАА в дітей раннього віку встановлено, що відхилення показника визначалися у 30,0% ($n=12$) дітей групи 1а, що було ста-

тистично значуще вище порівняно з групою 2а – 12,0% ($n=3$; $p=0,047$). У контрольній групі 3а подібні зміни не реєстрували ($p<0,01$).

У дітей віком 4–8 років відхилення рівня 5-НІАА визначалися у 32,5% ($n=13$) дітей групи 1б, тоді як у групі 2б – у 12,5% ($n=5$; $p=0,028$). У контрольній групі 3б зміни рівня 5-НІАА не виявляли ($p<0,01$).

У дітей основної групи частота змін 5-НІАА була статистично значуще вищою порівняно з групами порівняння та контролю. Більш виражені зміни визначали в дітей старшої вікової групи.

Розподіл значень 5-НІАА в дітей досліджуваних груп представлено на рис. 2.

Загалом у дітей, які перебували в умовах хронічного соціального стресу, встановлено статистично значуще підвищення частоти змін

Таблиця 2

Рівень НВА в сечі у дітей досліджуваних груп

Група	Всього, абс.	Норма, абс. (%)	Підвищений рівень, абс. (%)	Знижений рівень, абс. (%)	НВА (мкмоль/ммоль креатиніну), $M\pm SD$
1а	40	24 (60,0)	10 (25,0)	6 (15,0)	$296,0\pm 162,0$
2а	25	21 (84,0)	3 (12,0)	1 (4,0)	$259,4\pm 95,0$
3а	21	21 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	$247,2\pm 71,0$
1б	40	25 (62,5)	9 (22,5)	6 (15,0)	$289,2\pm 153,0$
2б	40	36 (90,0)	3 (7,5)	1 (2,5)	$272,3\pm 89,0$
3б	20	20 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	$238,2\pm 71,0$

Примітка: статистично значущі відмінності встановлено між групами 1а та 2а ($p=0,048$), 1а та 3а ($p<0,01$), 1б та 2б ($p=0,012$), 1б та 3б ($p<0,01$).

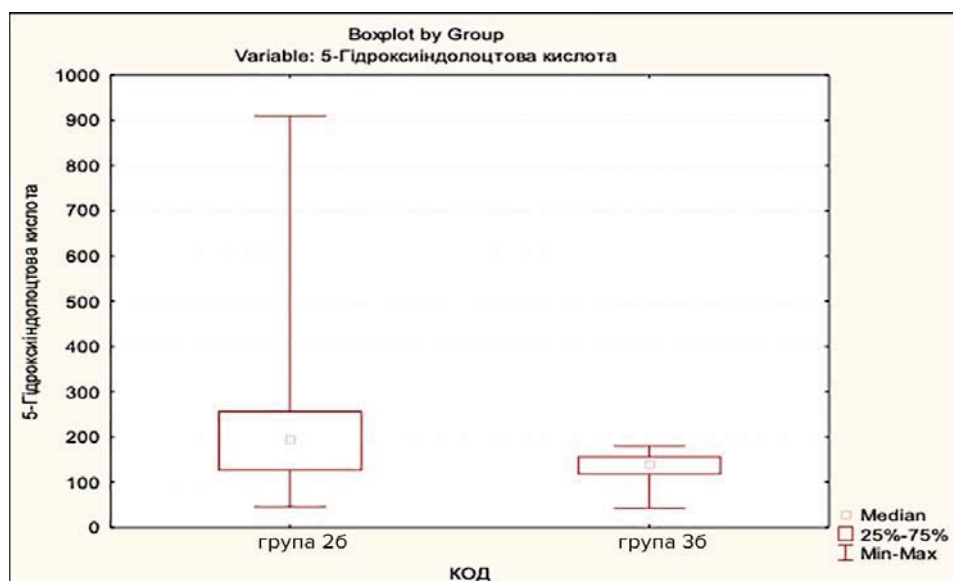


Рис. 2. Розподіл рівня 5-гідроксіндолоцтової кислоти у дітей досліджуваних груп (boxplot)

метаболітів катехоламінів та серотоніну порівняно з групами порівняння та контролю. Отримані результати свідчать про залучення нейро-медіаторних систем до процесів адаптації в умовах тривалого психоемоційного навантаження.

Проведене дослідження показує, що в дітей, які перебувають в умовах хронічного соціального стресу, частота змін рівнів VMA, HVA та 5-HIAA є статистично значуще вищою порівняно з дітьми групи порівняння та контрольної групи. Найбільш виражені відхилення встановлено в дітей старшої вікової групи, що може свідчити про накопичувальний вплив тривалого психоемоційного навантаження на функціональний стан нейро-медіаторних систем.

Ці дані узгоджуються з результатами сучасних досліджень, які демонструють, що тривалий вплив стресових чинників у дитячому віці супроводжується порушенням регуляції симпатoadре-

налової системи, змінами дофамінергічної та серотонінергічної нейромедіаторних систем, а також формуванням емоційних, поведінкових і когнітивних порушень [2,7,13,18].

Виявлений у нашому дослідженні зв'язок між змінами рівнів метаболітів нейромедіаторів та клінічними проявами порушень нервово-психічного розвитку підтверджує участь нейро-медіаторних систем у процесах адаптації до тривалого психоемоційного навантаження. Більш виражені зміни у дітей старшої вікової групи можуть бути пов'язані з більшою тривалістю впливу хронічного соціального стресу та поступовим виснаженням адаптаційних механізмів організму.

Результати роботи вказують на перспективність визначення рівнів VMA, HVA та 5-HIAA як додаткових лабораторних показників комплексної оцінки дітей, які перебувають в умовах хронічного соціального стресу. Подальші дослі-

Таблиця 3

Рівень 5-HIAA в сечі у дітей досліджуваних груп

Група	Всього, абс.	Норма, абс. (%)	Підвищений рівень, абс. (%)	Знижений рівень, абс. (%)	5-HIAA (мкмоль/ммоль креатиніну), M±SD
1a	40	28 (70,0)	7 (17,5)	5 (12,5)	310,0±280,0
2a	25	22 (88,0)	2 (8,0)	1 (4,0)	165,0±120,0
3a	21	21 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	140,0±32,0
1б	40	27 (67,5)	8 (20,0)	5 (12,5)	330,0±290
2б	40	35 (87,5)	3 (7,5)	2 (5,0)	245,0±180,0
3б	20	20 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	135,0±30,0

Примітка: статистично значущі відмінності встановлено між групами 1a та 2a (p=0,047), 1a та 3a (p<0,01), 1б та 2б (p=0,028), 1б та 3б (p<0,01).

дження із залученням більшої кількості пацієнтів та тривалим динамічним спостереженням дозволять уточнити прогностичне значення цих показників для раннього виявлення порушень нервово-психічного розвитку.

Висновки

У дітей, які перебувають в умовах хронічного соціального стресу, встановлено статистично значуще підвищення частоти змін рівнів VMA, HVA та 5-HIAA порівняно з групами порівняння та контрольною групою ($p < 0,05$).

Зміни рівнів метаболітів нейромедіаторів асоціювалися із затримкою мовленнєвого розвитку, емоційно-поведінковими порушеннями, трудно-

щами адаптації, порушеннями сну та проявами вегетативної дисфункції.

Найбільш виражені зміни показників нейромедіаторного обміну виявлялися в дітей старшої вікової групи, що асоціювалося з тривалишим психоемоційним навантаженням.

Визначення рівнів VMA, HVA та 5-HIAA в сечі є перспективним неінвазивним методом оцінки функціонального стану стрес-реалізуючих систем та може бути використане як додатковий лабораторний інструмент комплексної оцінки дітей, які перебувають в умовах хронічного соціального стресу.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

REFERENCES/ЛІТЕРАТУРА

1. Abudayya A, Bruaset GTF, Nyhus HB et al. (2023). Consequences of war-related traumatic stress among Palestinian young people in the Gaza Strip: a scoping review. *Mental Health & Prevention*. 32: 1-12. doi: 10.1016/j.mhp.2023.200295.
2. Agorastos A, Pervanidou P, Chrousos GP, Baker DG. (2019). Developmental trajectories of early life stress and trauma: A narrative review on neurobiological aspects beyond stress system dysregulation. *Front Psychiatry*. 10: 118. doi: 10.3389/fpsy.2019.00118. eCollection 2019.
3. Condon EM. (2018). Chronic stress in children and adolescents: A review of biomarkers for use in pediatric research. *Biol Res Nurs*. 20(5): 473-496. doi: 10.1177/1099800418762914.
4. Davis SL, Latimer M, Rice M. (2023). Biomarkers of stress and inflammation in children. *Biol Res Nurs*. 25(4): 559-570. doi: 10.1177/10998004231160890.
5. Kuhlman KR, Geiss EG, Vargas I, Lopez-Duran N. (2018). HPA-axis activation as a key moderator of childhood trauma exposure and adolescent mental health. *J Abnorm Child Psychol*. 46(1): 149-157. doi: 10.1007/s10802-017-0282-9.
6. Li D, Yu S, Long Y et al. (2022). Tryptophan metabolism: mechanism-oriented therapy for neurological and psychiatric disorders. *Front Immunol*. 13: 985378. doi: 10.3389/fimmu.2022.985378.
7. Makris G, Eleftheriades A, Pervanidou P. (2023). Early life stress, hormones, and neurodevelopmental disorders. *Horm Res Paediatr*. 96(1): 17-24. doi: 10.1159/000523942.
8. Mellon SH, Gautam A, Hammamieh R, Jett M, Wolkowitz OM. (2018). Metabolism, metabolomics, and inflammation in posttraumatic stress disorder. *Biol Psychiatry*. 83(10): 866-875. doi: 10.1016/j.biopsych.2018.02.007.
9. Menke A. (2023). The HPA axis as target for depression. *Curr Neuropharmacol*. 22(5): 904-915. doi: 10.2174/1570159X2166623081141557.
10. Nela A. (2024). Psychological effects of armed conflicts on children. *The Global Psychotherapist*. 4(1): 132-138. doi: 10.52982/lkj227.
11. Niu L, Gao Q, Xie M et al. (2025). Association of childhood adversity with HPA axis activity in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev*. 172: 106124. doi: 10.1016/j.neubiorev.2025.106124.
12. Oh DL, Jerman P, Silvério Marques S et al. (2018). Systematic review of pediatric health outcomes associated with childhood adversity. *BMC Pediatr*. 18(1): 83. doi: 10.1186/s12887-018-1037-7.
13. Pan X, Kamminga AC, Wen SW, Liu A. (2018). Catecholamines in post-traumatic stress disorder: a systematic review and meta-analysis. *Front Mol Neurosci*. 11: 450. doi: 10.3389/fnmol.2018.00450.
14. Paraniak-Gieszczyk B, Ogłodek EA. (2025). Neurobiological and existential profiles in posttraumatic stress disorder: the role of serotonin, cortisol, noradrenaline, and IL-12 across chronicity and age. *Int J Mol Sci*. 26(19): 9636. doi: 10.3390/ijms26199636.
15. Rozenblat S, Nitzan T, Matz Vaisman T et al. (2024). Autistic children and their parents in the context of war: preliminary findings. *Stress Health*. 40(5): e3442. doi: 10.1002/smi.3442.
16. Samara M, Hammuda S, Vostanis P, El-Khodary B, Al-Dewik N. (2020). Children's prolonged exposure to the toxic stress of war trauma in the Middle East. *BMJ*. 371: m3155. doi: 10.1136/bmj.m3155.
17. Samsonov A, Urlacher SS. (2025). Oxidative stress in children and adolescents: insights into human biology. *Am J Hum Biol*. 37(1): e24200. doi: 10.1002/ajhb.24200.
18. Sheppard M, Rasgado-Toledo J, Duncan N et al. (2024). Noradrenergic alterations associated with early life stress. *Neurosci Biobehav Rev*. 164: 105832. doi: 10.1016/j.neubiorev.2024.105832.
19. Sparrow SS, Cicchetti DV, Saulnier CA. (2016). Vineland Adaptive Behavior Scales: Comprehensive Parent/Caregiver Form Report. San Antonio, TX: Pearson.
20. Stein AD, Adair LS, Donati G et al. (2023). Early-life stature, preschool cognitive development, schooling attainment, and cognitive functioning in adulthood: a prospective study in four birth cohorts. *Lancet Glob Health*. 11(1): e95-e104. doi: 10.1016/S2214-109X(22)00448-X.
21. Sugama S, Kakinuma Y. (2021). Noradrenaline as a key neurotransmitter in modulating microglial activation in stress response. *Neurochem Int*. 143: 104943. doi: 10.1016/j.neuint.2020.104943 /

Відомості про авторів:

Гречанин Ярослав Русланович – аспірант каф. пропедевтики педіатрії ХНМУ. Адреса: м. Харків, просп. Науки, 4. <https://orcid.org/0000-0002-5987-2765>.

Купріяничук Юлія Миколаївна – лікар-генетик-педіатр Харківського спеціалізованого медико-генетичного центру. Адреса: м. Харків, просп. Незалежності, 13. <https://orcid.org/0009-0003-7937-2893>.

Стаття надійшла до редакції 07.12.2025 р., прийнята до друку 16.03.2026 р.