

Х. О. Молдавська

НЕЙРОФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ПРИ ПОСТТРАВМАТИЧНОМУ СТРЕСОВОМУ РОЗЛАДІ У ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ

Kh. O. Moldavska

NEUROPHYSIOLOGICAL FEATURES OF BRAIN ELECTRICAL ACTIVITY IN POST-TRAUMATIC STRESS DISORDER IN MILITARY PERSONNEL

Ключові слова: посттравматичний стресовий розлад, альфа-ритм, бета-ритм, коефіцієнт активації, терапія методом біологічного зворотного зв'язку

Keywords: Post-traumatic stress disorder, alpha rhythm, beta rhythm, activation coefficient, biofeedback therapy

Питання діагностики, профілактики та лікування посттравматичного стресового розладу (ПТСР), особливо у військовослужбовців, стали нині найактуальнішими для нашої країни. Метою роботи було дослідити зміни в електричній активності головного мозку у військовослужбовців із ПТСР та запропонувати метод їх корекції. Обстежено 55 хворих військовослужбовців — чоловіків із ПТСР віком від 20 до 60 років, для порівняння отриманих показників використано групу здорових чоловіків відповідного віку (50 осіб). Характеристики біоелектричної активності мозку у військовослужбовців із ПТСР у стані спокою суттєво відрізнялися від фонових показників здорових обстежених: амплітуда альфа-хвиль нижча більш ніж удвічі, бета-хвиль — у 1,5 раза, достовірно нижче альфа-індекс і вище — бета-індекс, значуще вище коефіцієнт активації. Реакція активації під час розплющування очей у військовослужбовців із ПТСР виражена надзвичайно слабо, коефіцієнт активації практично не змінюється. Для корекції обстежуваним пацієнтам може бути запропонований курс терапії методом біологічного зворотного зв'язку, а саме альфа-тренінг.

The issues of diagnosis, prevention, and treatment of post-traumatic stress disorder (PTSD), especially in military personnel, have now become the most relevant for our country. The aim of the study was to examine changes in brain electrical activity in military personnel with PTSD and to suggest a method for their correction. 55 male military patients with PTSD, aged 20 to 60, were examined, and for comparison, a group of healthy subjects of the same age (50 people) was used. The characteristics of brain bioelectrical activity in military personnel with PTSD at rest differed significantly from the baseline values of healthy subjects: the amplitude of alpha waves was reduced more than 2 times, beta waves by 1.5 times, the alpha index was significantly lower, and the beta index was higher, with a much higher activation coefficient. The activation response when opening the eyes in military personnel with PTSD was extremely weak, and the activation coefficient practically did not change. To correct the detected changes, the examined patients may be offered a course of biofeedback therapy, specifically alpha training.

Проблема збереження здоров'я та працездатності учасників бойових дій, які беруть участь у військових конфліктах, є основним завданням медико-психологічної реабілітації [1]. Навзаємін гібридній війні в Україні розпочались повномасштабні бойові дії, наслідки яких відчуває усе населення України, незалежно від місця перебування (на території України, окуповані та неокуповані території, або за її межами). Непрогнозований перебіг воєнних дій, постійне відчуття небезпеки, незахищеності від можливих обстрілів і ракетних ударів та потужна сучасна психологічна зброя призводять до масового негативного впливу на фізичний та психологічний стан як цивільного населення усіх вікових груп, так і військових.

Основною метою медико-психологічної реабілітації постраждалих внаслідок надзвичайних ситуацій та бойових дій є збереження їх психоемоційного та соматичного здоров'я, що можливо завдяки проведенню комплексу діагностичних, лікувальних, оздоровчо-профілактичних заходів [2]. Перспективним вважається максимальне використання природних лікувальних ресурсів, традиційних та нетрадиційних методів відновного лікування, набуття навичок подолання та роботи із психоемоційним стресом тощо.

Застосування психофізіологічних, психологічних та соціально-психологічних заходів базується на розумінні етапності: стабілізація (виявлення та ідентифікація негативних емоцій та почуттів, пов'язаних з травматичною ситуацією, зокрема через деталізацію та об'єктивізацію соматичних скарг та станів), розірвання умовно-рефлекторних зв'язків між травматичними спогадами і реакціями, опрацювання травматичного досвіду та набуття навичок впливу на власний психофізичний та психоемоційний стан, відновлення соціальної адаптації та поліпшення навичок міжособистісної комунікації, накопичення позитивних емоційних переживань, що сприяють ефективній реабілітації [3].

Посттравматичний стресовий розлад (ПТСР) — це серйозний психічний розлад, який може розвинути у людей, які пережили або стали свідками травматичної події. Симптоми ПТСР можуть бути виснажливими та суттєво впливати на якість життя людини.

Найбільш доступним і широко використовуваним показником процесів, що відбуваються у центральній нервовій системі людини, є електрична активність різних структур мозку. Вивчення впливу травматичного стресу на характеристики біоелектричної активності мозку хворих на ПТСР за допомогою сучасних

нейрофізіологічних методів обстежування дає змогу визначити зміни, що виникають у хворих. Встановлення певних закономірностей електроенцефалографічних змін у пацієнтів з ПТСР важливе не лише з погляду питань розкриття механізмів формування ПТСР та розуміння нейрофізіологічних процесів, що визначають характер розвитку та тяжкості захворювання, але й для вирішення практичних завдань, пов'язаних із розробленням способів лікування та проведенням профілактичних заходів.

У попередніх дослідженнях ми показали, що в механізмі розвитку ПТСР безпосередню участь беруть стани, схожі з пароксизмальними, які включають афективні порушення, що підтверджує доцільність досліджування відповідних змін біоелектричної активності головного мозку та [4]. Оскільки клініко-психопатологічні зміни часто корелюють із змінами біоелектричної активності головного мозку, то їх можна розглядати як клінічні прояви, що відображають зміни, що виникли.

Дані про подібні механізми формування пароксизмальної активності головного мозку та ПТСР підтверджують актуальність дослідження змін біоелектричної активності у таких хворих. Згідно з наявними даними, посилення депресії та тривоги, мікропароксизми, безсудомні прояви та флешбеки є єдиним ланцюжком пароксизмального розвитку ПТСР.

Мета дослідження: дослідити зміни в електричній активності головного мозку у військовослужбовців із ПТСР та запропонувати метод їх корекції.

Обстежено 55 хворих на ПТСР військовослужбовців — чоловіків віком від 20 до 60 років, що проходили лікування на клінічній базі кафедри психіатрії, наркології, медичної психології та психотерапії Одеського національного медичного університету в КНП «Одеський обласний медичний центр психічного здоров'я».

З урахуванням завдань та мети як інструментарій досліджування застосовували метод функціональної діагностики (комп'ютерна електроенцефалографія) та статистичний. Вивчення впливу розвиненого ПТСР на характеристики біоелектричної активності мозку у таких хворих можливе лише в процесі порівняння з показниками біоелектричної активності мозку здорових осіб, тому для порівняння обстежували групу здорових чоловіків відповідного віку (50 осіб).

Нейрофізіологічні аспекти зміни функціонального стану мозку, що виникають у пацієнтів з ПТСР, вивчали з використанням апаратно-програмного комплексу «Нейроком» (комплекс діагностичний «Спектр+»).

Аналізували такі характеристики комп'ютерної електроенцефалограми (ЕЕГ): 1) індекс альфа- і бета-частотних діапазонів поканально (в %); 2) амплітуда хвиль альфа- і бета-частотних діапазонів поканально (в мкВ). Як відношення бета-індексу до альфа-індексу обчислювали коефіцієнт активації.

Проведено цифровий аналіз ЕЕГ, записано: 1) у стані розслабленої свідомості з заплющеними очима; 2) у стані розслабленої свідомості після розплющення очей.

Реакція на розплющення очей описується як реакція десинхронізації, що супроводжується зменшенням альфа-ритму та появою височастотної, низькоамплітудної, нерегулярної за частотою електричної активності, зокрема бета-ритму, що спостерігалось і в нашому обстеженні 50 здорових чоловіків. Середня амплітуда альфа-хвиль ($54,4 \pm 0,2$ мкВ до $36,0 \pm 0,2$ мкВ — 66,2 % від фону) та бета-хвиль ($42,8 \pm 0,2$ мкВ до $36,6 \pm 0,2$ мкВ — 85,5 % від фону) зменшувалася; усереднений альфа-індекс також зменшився ($33,8 \pm 0,2$ % до $25,8 \pm 0,2$ % — 76,3 % від фону), тоді як усереднений бета-індекс практично не змінився ($27,6 \pm 0,2$ % до розплющення очей і $27,4 \pm 0,2$ % після розплющення — 99,3 % від фону). Коефіцієнт активації підвищувався з $0,82 \pm 0,02$ до $1,06 \pm 0,02$ (129,3 % від фону) (табл. 1). Тобто спостерігалася виражена реакція десинхронізації з підвищенням рівня біоелектричної активності мозку.

Таблиця 1. Характеристики біоелектричної активності мозку здорових обстежених ($n = 50$) під час функціональної проби з розплющенням очей

Досліджувані параметри	Етап дослідження		Достовірність (p)
	фон	розплющення очей	
Амплітуда альфа-хвиль, мкВ	$54,4 \pm 0,2$	$36,0 \pm 0,2$	$< 0,05$
Амплітуда бета-хвиль, мкВ	$42,8 \pm 0,2$	$36,6 \pm 0,2$	$< 0,05$
Альфа-індекс, %	$33,8 \pm 0,2$	$25,8 \pm 0,2$	$< 0,05$
Бета-індекс, %	$27,6 \pm 0,2$	$27,4 \pm 0,2$	$> 0,05$
Коефіцієнт активації	$0,82 \pm 0,02$	$1,06 \pm 0,02$	$< 0,05$

Характеристики біоелектричної активності мозку у обстежених чоловіків-військовослужбовців із ПТСР у стані спокою суттєво відрізнялися від фонових показників здорових обстежених (табл. 2).

Таблиця 2. Порівняльна характеристика фонові біоелектричної активності мозку здорових обстежених та хворих на ПТСР

Досліджувані параметри	Фонові значення		p
	здорові ($n = 50$)	хворі на ПТСР ($n = 55$)	
Амплітуда альфа-хвиль, мкВ	$54,4 \pm 0,2$	$24,6 \pm 0,2$	$< 0,01$
Амплітуда бета-хвиль, мкВ	$42,8 \pm 0,2$	$28,2 \pm 0,2$	$< 0,01$
Альфа-індекс, %	$33,8 \pm 0,2$	$27,6 \pm 0,2$	$< 0,01$
Бета-індекс, %	$27,6 \pm 0,2$	$32,8 \pm 0,2$	$< 0,01$
Коефіцієнт активації	$0,82 \pm 0,02$	$1,19 \pm 0,02$	$< 0,01$

У пацієнтів із ПТСР амплітуда альфа-хвиль нижча більш ніж удвічі ($24,6 \pm 0,2$ мкВ проти $54,4 \pm 0,2$ мкВ у здорових), бета-хвиль — у 1,5 раза ($28,2 \pm 0,2$ мкВ проти $42,8 \pm 0,2$ % у здорових), достовірно нижче альфа-індекс ($27,6 \pm 0,2$ % проти $33,8 \pm 0,2$ % у здорових) і вище — бета-індекс ($32,8 \pm 0,2$ % проти $27,6 \pm 0,2$ % у здорових). Також у хворих на ПТСР значуще вище коефіцієнт активації ($1,19 \pm 0,02$ проти $0,82 \pm 0,02$ у здорових обстежених).

Слід зазначити, що виявлені у обстежуваних пацієнтів із ПТСР середні значення амплітуди альфа- та бета-хвиль свідчать про суттєве зниження цих показників, що проявлялося згладжуванням електроенцефалографічної кривої. Переважання бета-індексу над альфа-індексом свідчить про підвищений рівень біоелектричної активності мозку, що проявлялося зникненням домінантних ритмів, порушенням їх зонального розподілу і було наслідком активності висхідної ретикулярної формації та подразнення (збудження) мозкових структур.

Тобто у хворих на ПТСР спостерігається підвищений рівень активності мозку, що характеризується підвищеною представленістю та зниженою амплітудою бета-хвиль і зменшеною кількістю та амплітудою альфа-хвиль, що описується як десинхронізація ЕЕГ.

Виявлені на ЕЕГ зміни підтверджують теорію про те, що у хворих на ПТСР підвищується рівень дофаміну, що супроводжується підвищенням спектральної щільності сили бета-діапазону, а мезолімбічні структури, чутливі до дофаміну, стають гіперактивними, що проявляється посиленням бета-активності.

У процесі подальшого обстеження виявлено, що наявність ПТСР відображається і в реакції пацієнтів на активуючий вплив під час проведення функціональної проби з розпльощенням очей (табл. 3).

Таблиця 3. Характеристики біоелектричної активності мозку здорових обстежених та хворих на ПТСР під час проведення функціональної проби з розпльощенням очей

Досліджувані параметри	Реакція на розпльощення очей (% від фонових значень)		p
	здорові (n = 50)	хворі на ПТСР (n = 55)	
Амплітуда альфа-хвиль, мкВ	66,2 ± 6,8	96,9 ± 2,4	< 0,05
Амплітуда бета-хвиль, мкВ	85,5 ± 5,0	97,9 ± 2,4	< 0,05
Альфа-індекс, %	76,3 ± 6,2	92,1 ± 2,4	< 0,05
Бета-індекс, %	99,3 ± 1,2	94,1 ± 2,4	< 0,05
Коефіцієнт активації	129,3 ± 6,9	102,2 ± 5,8	< 0,05

Реакція активації під час розпльощування очей у військовослужбовців із ПТСР виражена надзвичайно слабо, коефіцієнт активації практично не змінюється і залишається на початкових значеннях, що свідчить про порушення механізмів підтримки гомеостазу.

Отже, проведене дослідження дало змогу дійти таких висновків.

Виявлені закономірності електроенцефалографічних змін у військовослужбовців із посттравматичним стресовим розладом важливі для розкриття механізмів формування і розуміння нейрофізіологічних процесів розвитку, тяжкості захворювання, потрібні для розроблення способів лікування і профілактичних заходів.

Порівняння даних клініко-психопатологічного обстеження з даними, отриманими під час проведення електроенцефалографічного обстеження, може дати можливість визначити наявність кореляційного

зв'язку між зміною представленості цих ритмів на ЕЕГ та емоційним станом пацієнта.

Інноваційні технології, як-от нейрокомп'ютерні інтерфейси, серед яких — комп'ютеризовані тренажери з біологічним зворотним зв'язком, активно впроваджуються у провідних центрах Європи та Північної Америки та можуть покращити нейропластичність мозку, стимулювати відновлення рухових та когнітивних функцій, знижувати прояви тривоги, депресії, ПТСР [5].

З огляду на потребу корекції змін електрофізіологічної активності головного мозку, що виникають у хворих на ПТСР, а також комплексного впливу на психопатологічні стани, обстежуваним пацієнтам можна запропонувати курс терапії методом біологічного зворотного зв'язку, а саме альфа-тренінг.

Список літератури / References

1. Markova MV, Aliieva TA, Markov AR, et al. Disorders of adaptation of combatants and their medical and psychological rehabilitation at the sanatorium stage of treatment. *Wiadomosci lekarskie*. 2022;75(2):444-450. PMID: 35307674.
2. Hryniovskyi AM, Bielai SV, Kernickyi AM, et al. Medical, social and psychological aspects of assisting the families of the military personnel of Ukraine who performed combat tasks in extreme conditions. *Wiadomosci lekarskie*. 2022;75(1 pt 2):310-317. PMID: 35182141.
3. Молдавська Х. О., Опрія Є. В., Єрмуракі П. П. Нейрореабілітація в умовах сучасних викликів: глобальні виклики та перспективи розвитку в Україні // Одеський медичний журнал. 2025. № 1 (192). С. 63—68. Moldavska Kh. O., Oprya Ye. V., Yermuraki P. P. Neurorehabilitation in the face of modern challenges: global practices and development prospects in Ukraine. *The Odesa Medical Journal*. 2025. No. 1 (192). P. 63-68. DOI: 10.32782/2226-2008-2025-1-12. (In Ukrainian).
4. Молдавська Х. О., Опрія Є. В. Особливості клінічного профілю військовослужбовців із посттравматичним стресовим розладом // Український вісник психоневрології. Т. 32, вип. 3 (120). С. 62—65. Moldavska Kh. O., Oprya Ye. V. Features of the clinical profile of combatants with post-traumatic stress disorder. *Ukrain's'kij visnik psihonevrologii [Ukrainian bulletin of psychoneurology]*. 2024. Vol. 32, issue 3 (120). P. 62-65. DOI: 10.36927/2079-0325-V32-is3-2024-10. (In Ukrainian).
5. Sulzer J, Papageorgiou TD, Goebel R, Hendler T. Neurofeedback: new territories and neurocognitive mechanisms of endogenous neuromodulation. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2024 Dec 2;379(1915):20230081. DOI: 10.1098/rstb.2023.0081

Надійшла до редакції 10.08.2026

Ухвалена до друку 11.08.2026

МОЛДАВСЬКА Христіна Олегівна, аспірант кафедри психіатрії, наркології, медичної психології та психотерапії Одеського національного медичного університету, Одеса, Україна; <https://orcid.org/0009-0005-5163-0875>; e-mail: moldavskaakristina@gmail.com

МОЛДАВСЬКА Христіна, Postgraduate Student of the Department of Psychiatry, Narcology, Medical Psychology and Psychotherapy of the Odesa National Medical University, Odesa, Ukraine; <https://orcid.org/0009-0005-5163-0875>; e-mail: moldavskaakristina@gmail.com