

УДК 57.024

DOI <https://doi.org/10.32782/forensic.science.2026.3.3>

Дмитро Асхабов

науковий співробітник,

Національний науковий центр «Інститут судових експертиз
ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса» Міністерства юстиції України
https://orcid.org/0009_0007_0940_6575



Олександр Наглов

кандидат біологічних наук, доцент, старший викладач,
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
<https://orcid.org/0000-0002-8658-2229>



Вікторія Булавіна

кандидат ветеринарних наук, доцент, завідувачка сектору
біологічних, ветеринарних та молекулярно-генетичних досліджень,
Національний науковий центр «Інститут судових експертиз
ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса» Міністерства юстиції України
https://orcid.org/0000_0001_8746_96793



Микита Скороходов

провідний науковий співробітник,
Національний науковий центр «Інститут судових експертиз
ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса» Міністерства юстиції України
<https://orcid.org/0000-0002-5107-5032>



НЕЙРОВІЗУАЛІЗАЦІЯ ЕМОЦІЙНОГО НАПРУЖЕННЯ ТА ЕМОЦІЙНОГО ВИГОРАННЯ СУДОВИХ ЕКСПЕРТІВ ПІД ЧАС ВІЙНИ

Були проведені електроенцефалографічні дослідження (ЕЕГ) співробітників ННЦ «ІСЕ ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса» під час військового стану. Електроенцефалографічні дослідження (ЕЕГ) з використанням апаратно-програмного комплексу «НейроКом» виявили ознаки емоційного вигорання. Виявлено асиметрію активізації півкуль.

Війна в Україні змушує людей боятися за своє життя і життя своїх близьких. Багато людей втратили своїх близьких, майно, багатьом довелося залишити свою країну. Усвідомлення небезпеки підвищує емоційну напругу. Втрата роботи, важкі умови праці, втрата друзів та родичів підвищують напругу ще більше. Спосіб реагування на важкі ситуації у житті, тобто сприйнятливості до стресових факторів, залежить від дитячої середовища, середовища матері ще до народження дитини, індивідуальної схильності, яка обумовлена особливостями нервової системи та спадковістю. Усі ці фактори взаємопов'язані між собою. Частіше хронічний стрес виникає, якщо стресові фактори діють у комбінації (наприклад, мала заробітна плата, стихійне лихо та хвороба близької людини).

Синдром вигорання - це прогредієнтна, специфічна відповідь на стрес, за якої швидко витрачаються біологічні ресурси людей. Вигорання виникає через тривалу емоційну напругу, незбалансоване навантаження та відсутність достатнього відновлення. Тому воно виникає у людей певних професій, людей, що навчаються (навчальне вигорання), батьків (відсутність підтримки, догляд за дітьми, депривація сну), волонтерів, активістів, людей, на яких чиниться високий соціальний тиск (критика, страх засудження, тривалий догляд за хворим родичем, безперервні вимоги чи конфлікти в сім'ї, вимушена міграція в іншу країну). Дослідження вигорання дає можливість виявити ранні ознаки його прояву, розробити відповідні заходи, спрямовані на запобігання розвитку емоційного вигорання ще до того, як воно стане вираженням. Тобто створення умов, за яких воно виникає набагато рідше або розвивається значно повільніше: зміни в робочому середовищі, профілактика міжособистісних конфліктів, поліпшення умов праці, раннє виявлення співробітників групи ризику, регулярний моніторинг (анонімне опитування) рівня стресу та вигорання, аналіз джерел стресу на роботі.

Ключові слова: ЕЕГ, військовий стан, емоційне вигорання, асиметрія активізації півкуль, НейроКом.

Постановка проблеми. Вигорання призводить до збільшення кількості помилок, зниження продуктивності та погіршення якості обслуговування, особливо в таких галузях, як охорона здоров'я, освіта, безпека, менеджмент, робота в соціальній сфері. Наукові дослідження виявляють закономірності впливу вигорання на поведінкові та когнітивні аспекти, включно з концентрацією уваги, швидкістю прийняття рішень та здатністю протистояти стресорам на роботі. Вигорання чинить економічний вплив на компанії та державні структури, що пов'язано з підвищенням кількості лікарняних листів, відтоком персоналу та витратами на підготовку нових працівників. Профілактика виникнення вигорання, а також своєчасне кваліфіковане надання допомоги людині з цим станом обходяться компаніям і державним структурам дешевше, ніж наявність співробітника з тяжкою формою цього синдрому.

Мета статті. Мета цього дослідження - оцінити рівень емоційного напруження та виявити можливе емоційне вигорання у співробітників Національного наукового центру «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса, які працюють під час військового стану.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Герберт Фройденбергер описав «вигорання», досліджуючи співробітників медичних закладів у Нью-Йорку: співробітники ставали цинічними, виснаженими, неефективними після перевтоми, яка відбувалася протягом місяців [1]. Христина Маслах сформулювала тристороннє визначення: зниження професійної ефективності, цинізм (або деперсоналізація) та виснаження [2]. Концепція «робота - вимоги - ресурси» описує причини вигорання таким чином: надмірні вимоги на роботі запускають стан енергетичного виснаження, при цьому нестача ресурсів винагородження співробітників (мала фінансова винагорода,

відсутність допомоги у виконанні завдань, перерозподілу навантаження та допомоги у вирішенні проблем, невизнання успіхів співробітників та неадекватна, нечесна оцінка їх роботи) запускає мотиваційну відмову. У комплексі ці два фактори призводять до повноцінного вигорання [3]. Вчені декілька десятиліть досліджують вигорання, але досі не дійшли до єдиної думки про те, чи є вигорання окремою хворобою, чи це є просто проявом депресії. У МКБ-11 вигорання присвоєно термін «професійне явище» (QD83.0 - «Проблема, пов'язана з невідповідною роботою», QD83.1 - «Проблема, пов'язана з напруженим (стресовим) робочим графіком», QD83.Y - «Інша уточнена проблема з умовами праці» і QD83.Z - «Неуточнена проблема з умовами праці»), воно визначається як зниження професійної ефективності, цинізм, виснаження, що виникає виключно через хронічний стрес на робочому місці [4]. Аналіз літератури показав, що на цей час немає достатніх доказів нозологічної незалежності емоційного вигорання. Необхідним є уточнення цього стану для клінічного кодування та можливості страхування здоров'я. Дані дослідження ендокринної системи показують маленьку амплітуду коливань рівня кортизолу протягом дня, надмірну активацію симпатичної нервової системи, уповільнення пробудження [5]. ІФА-методами дослідження було виявлено підвищений рівень с-реактивного білка, ІЛ-12 та ІЛ-6, особливо в чоловіків, це вказує на наявність петлі «стрес - запалення», яка пов'язана з проблемами серцево-судинними системи (ендотеліальна дисфункція, атерогенез, тромбогенність, гіпертензія) [6].

Вигорання може призвести до таких проблем: безсоння [7], метаболічний синдром [8], ішемічна хвороба серця [8], рання смертність [8]. Емоційне вигорання впливає на якість життя та здоров'я. Багато симптомів вигорання дають можливість віднести цей стан до форми мозкової дисфункції. Тому цей стан повинен проявлятися певними змінами, які можна виявити методами нейровізуалізації, як-от електроенцефалографія (ЕЕГ) та функціональна магнітно-резонансна томографія. Також оцінити рівень стресу можна за показниками досліджень варіабельності серцевого ритму, електроміограми, рівня кортизолу, артеріального тиску тощо.

Аналіз нейрофізіологічних досліджень показав, що тривалий професійний стрес

пов'язаний із певними функціональними й анатомічними змінами у мозку [9, 10, 11, 12, 13, 14]. Було показано, що у людей із хронічним стресом виявлені функціональні зміни між префронтальною корою та мигдалиною, це вказує на порушення нисхідної регуляції - дії префронтальної кори на лімбічну систему. [11]. Виявлено зменшення об'єму хвостатого тіла, шкаралупи та сірої речовини [14]. Це пояснюється зменшенням кількості зв'язків між нейронами та зменшенням кількості нейронів, оскільки в разі стресу підвищується рівень кортикостероїдів, які, діючи на рецептори нервових клітин, запускають їх апоптоз. Встановлено низьку активність альфа- та бета-ритмів [15]. Асиметрія альфа-ритму в лобній зоні людей із вигоранням відмічається не завжди, вона більш характерна для людей із депресією [15, 16, 17, 18]. У випадку з депресією разом з асиметрією відмічається гіпоактивність лобної зони [19, 20, 21]. Зниження активності альфа-ритму може свідчити про компенсаторно підвищену активність кори головного мозку й підвищену когнітивну діяльність [22] або про втому, синдром дефіциту уваги та гіперактивності, легкі когнітивні порушення, деменцію [23, 24, 25, 26, 27, 28, 29]. У дослідженнях було показано низьку активність альфа-ритму для тім'яної та потиличної зон у людей із депресією [30], а також у людей з депресією відзначалася підвищена активність альфа-ритму для потиличних зон, бета-ритму для тім'яних і центральних зон [31]; підвищення активності альфа- і бета-ритму для центральних зон, зниження активності дельта-ритму для потиличної і тім'яних зон [32]; зменшення об'єму сірої речовини вентромедіальної префронтальної кори вказує на порушення контролю негативних емоцій у разі хронічного стресу на роботі [33, 34]; підвищення бета-ритму в Т3 і Т4 [35]; відмічалось підвищення альфа-ритму лівої півкулі у Fp1, F3, правої півкулі у Fp2, F4, підвищення бета-ритму лівої півкулі у Fp1, F3, правої півкулі - у Fp2 і F4 за стресової дії [36]; виявлено дисбаланс альфа-ритму в лобній та тім'яній зоні у людей із ПТСР, але він спостерігається не завжди, необхідні додаткові дослідження [37]; дослідження військовослужбовців із симптомами важкого стресу показало міжпівкульну відмінність - відмінність активності лівої та правої дорсолатеральної префронтальної кори [38].

Виклад основного матеріалу. Об'єктами дослідження були співробітники Національного наукового центру «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса»: 4 наукові співробітники та 1 судовий експерт (об'єкти № 1-5).

Предметом дослідження стала активність ритмів головного мозку досліджуваних судових експертів на роботі.

Використовували ЕЕГ (електроенцефалографічний) метод. ЕЕГ - неінвазивний метод дослідження активності головного мозку [40, 41]. Один запис ЕЕГ тривав 1 хвилину, для запису використовували апаратно-програмний комплекс «НейроКом», наданий кафедрою фізіології людини та тварин Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. ЕЕГ записували у 5 співробітників у стані спокою під час робочого часу: перший раз вранці, другий - ввечері. Дослідження проводили протягом трьох тижнів у будні дні: перші два тижні дослідження відбувалось у вівторок і четвер, третій тиждень - у вівторок.

Об'єм роботи, який виконують співробітники під час війни, викликає стрес. Це проявляється на рівні локалізації домінуючої активності ритмів та на рівні співвідношення активності півкуль.

У всіх експертів була зареєстрована ЕЕГ з домінуючою дельта-активністю, яка мала різні зони локалізації в різні дні. Виявлена поліритмічна активність з домінуючою дельта-активністю.

Об'єкт № 1. Фонові проби вранці: домінувала активність швидких і повільних ритмів у передній лобній зоні, зареєстрована міжпівкульна асиметрія активності альфа-та бета-ритмів у даній зоні. Фонові проби ввечері: у різні дні домінуюча активність певних ритмів мала різну локалізацію, на другий, четвертий та п'ятий дні міжпівкульна асиметрія була відсутня.

Об'єкт № 2. Фонові проби вранці: домінувала активність швидких і повільних ритмів у передній лобній зоні, зареєстрована слабо виражена міжпівкульна асиметрія активності швидких і повільних ритмів на третій та п'ятий дні, на третій, четвертий та п'ятий дні домінувала бета-активність у передній лобній зоні. Фонові проби ввечері: на п'ятий день домінувала активність швидких і повільних ритмів у передній лобній зоні, в інші дні домі-

нуюча активність певних ритмів мала різну локалізацію, на шостий день була явно виражена міжпівкульна асиметрія швидких ритмів у передній лобній зоні.

Об'єкт № 3. Фонові проби вранці: домінувала активність швидких і повільних ритмів у передній лобній зоні, явно виражена міжпівкульна асиметрія активності швидких і повільних ритмів на перший і другий дні. Фонові проби ввечері: зберігається домінування швидких і повільних ритмів у передній лобній зоні, міжпівкульна асиметрія швидких і повільних ритмів відсутня, тобто симетричність збудження півкуль вирівнялася.

Об'єкт № 4. Фонові проби вранці: в різні дні домінуюча активність певних ритмів мала різну локалізацію, зареєстрована міжпівкульна асиметрія активності швидких і повільних ритмів в усі дні, крім другого. Фонові проби ввечері: домінувала бета-активність в центральній зоні на перший, другий та шостий дні, міжпівкульна асиметрія активності швидких і повільних ритмів зареєстрована в усі дні, явно виражена асиметрія активності швидких ритмів на шостий день у правій скроневій зоні, а на перший день - у центральній зоні.

Об'єкт № 5. Фонові проби вранці: домінувала активність швидких і повільних ритмів у передній лобній зоні, зареєстрована міжпівкульна асиметрія швидких і повільних ритмів тільки на третій день. Фонові проби ввечері: зберігається домінування швидких і повільних ритмів у передній лобній зоні, явно виражена міжпівкульна асиметрія швидких і повільних ритмів тільки на четвертий день.

Висновки. В об'єкта № 4 є ознаки емоційного вигорання: був значний коефіцієнт асиметрії активізації півкуль як зранку, так і ввечері, не відзначалася домінуюча активізація ритмів у лобній зоні. Також такі особливості активізації мозку обумовлені тим, що протягом усього періоду дослідження даний експерт готувався до іспитів, перебував у стані сильного емоційно-когнітивного навантаження. Бета-ритм є швидким і активізується у людей під час навчання. У об'єкта № 4 була домінуюча бета-активність у вечірніх пробах два дні, це пояснюється когнітивним навантаженням.

Високий рівень симетрії активізації півкуль показали об'єкти № 3, 5. Слід зазначити, що в цих співробітників у вечірніх пробах збері-

галася домінуюча активізація у лобній зоні. Це пояснює їх витривалість у розумовій роботі (можливість довго працювати протягом дня).

Для об'єкта № 1 характерна асиметрія активізації лобної зони вранці, але ввечері симетричність активізації півкуль вирівнюється, тобто цей експерт здатний працювати багато часу протягом дня.

Для об'єкта № 2 характерна незначна асиметрія активізації півкуль у деякі дні, але швидкі ритми домінують у передній лобній зоні ввечері. Це визначає великий рівень розумової працездатності цього експерта та здатність витримувати важкий графік роботи.

Для виявлення емоційного вигорання дані електроенцефалограми потрібно порівнювати з даними психологічних опитувальників, які підтверджують цей стан. Асиметричність активізації півкуль підтверджує наявність втоми у людини. Нейрофізіологічними маркерами, які показують успішність у роботі, можливість витримувати когнітивні навантаження, стійкість до стресу, наявність або відсутність емоційного вигорання, є рівень симетричності активізації півкуль, можливість зберігати домінування активізації швидких ритмів у лобній зоні та симетричність активізації цих швидких ритмів у лобній зоні протягом дня.

Список використаної літератури:

1. Freudenberger H. J. Staff burnout. *J. Soc. Issues*. 1974. Vol. 30. P. 59-65.
2. Maslach C., Leiter M. P. Understanding the burnout experience: Recent research and its implications for psychiatry. *World Psychiatry*. 2016. Vol. 15. P. 103-111.
3. Ungur A. P., Bârsan M., Socaciu A. I., Râjnoveanu A. G., Ionuț R., Goia L., Procopciuc L. M. A narrative review of burnout syndrome in medical personnel. *Diagnostics*. 2024. Vol. 14. P. 1971.
4. World Health Organization. Burn-out an occupational phenomenon: International classification of diseases. 2019.
5. Bayes A., Tavella G., Parker G. The biology of burnout: Causes and consequences. *World J. Biol. Psychiatry*. 2021. Vol. 22. P. 686-698.
6. Ciobanu A. M., Damian A. C., Neagu C. Association between burnout and immunological and endocrine alterations. *Rom. J. Morphol. Embryol.* 2021. Vol. 62. P. 13-18.
7. Membrive-Jiménez M. J., Gómez-Urquiza J. L., Suleiman-Martos N., Velando-Soriano A., Ariza T., De la Fuente-Solana E. I., Cañadas-De la Fuente G. A. Relation between burnout and sleep problems in nurses: A systematic review with meta-analysis. *Healthcare*. 2022. Vol. 10. P. 954.
8. Salvagioni D. A. J., Melanda F. N., Mesas A. E., González A. D., Gabani F. L., Andrade S. M. Physical, psychological and occupational consequences of job burnout: A systematic review of prospective studies. *PLoS ONE*. 2017. Vol. 12, e0185781.
9. Durning S. J., Costanzo M., Artino A. R., Dyrbye L. N., Beckman T. J., Schuwirth L., Holmboe E., Roy M. J., Wittich C. M., Lipner R. S., van der Vleuten C. Functional neuroimaging correlates of burnout among internal medicine residents and faculty members. *Front. Psychiatry*. 2013.
10. Golkar A., Johansson E., Kasahara M., Osika W., Perski A., Savic I. The influence of work-related chronic stress on the regulation of emotion and on functional connectivity in the brain. *PLoS ONE*. 2014. Vol. 9, no. 9.
11. Jovanovic H., Perski A., Berglund H., Savic I. Chronic stress is linked to 5-HT1A receptor changes and functional disintegration of the limbic networks. *NeuroImage*. 2011. Vol. 55, no. 1. P. 1178-1188.
12. Sandström A., Säll R., Peterson J., Salami A., Larsson A., Olsson T., Nyberg L. Brain activation patterns in major depressive disorder and work stress-related long-term sick leave among Swedish females. *Stress*. 2012. Vol. 15, no. 2. P. 503-513.
13. Savic I. Structural changes of the brain in relation to occupational stress. *Cereb. Cortex*. 2015. Vol. 25, no. 6. P. 1987-1999.
14. Blix E., Perski A., Berglund H., Savic I. Long-term occupational stress is associated with regional reductions in brain tissue volumes. *PLoS ONE*. 2013. Vol. 8, no. 6.
15. Van Luijckelaar G., Verbraak M., van den Bunt M., Keijsers G., Arns M. EEG findings in burnout patients. *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.* 2010. Vol. 22, no. 2. P. 208-217.
16. Thibodeau R., Jorgensen R. S., Kim S. Depression, anxiety, and resting frontal EEG asymmetry: A meta-analytic review. *J. Abnorm. Psychol.* 2006. Vol. 115, no. 4. P. 715-729.
17. Gold C., Fachner J., Erkkilä J. Validity and reliability of electroencephalographic frontal alpha asymmetry and frontal midline theta as biomarkers for depression. *Scand. J. Psychol.* 2013. Vol. 54, no. 2. P. 118-126.

18. Van der Vinne N., Vollebregt M. A., van Putten M. J. A. M., Arns M. Frontal alpha asymmetry as a diagnostic marker in depression: Fact or fiction? A meta-analysis. *NeuroImage Clin.* 2017. Vol. 16. P. 79-87.
19. Debener S., Beauducel A., Nessler D., Brocke B., Heilemann H., Kayser J. Is resting anterior EEG alpha asymmetry a trait marker for depression? *Neuropsychobiology.* 2000. Vol. 41, no. 1. P. 31-37.
20. Gollan J. K., Hoxha D., Chihade D., Pflieger M. E., Rosebrock L., Cacioppo J. Frontal alpha EEG asymmetry before and after behavioral activation treatment for depression. *Biol. Psychol.* 2014. Vol. 99, no. 1. P. 198-208.
21. Gotlib I. H. EEG alpha asymmetry, depression, and cognitive functioning. *Cogn. Emot.* 1998. Vol. 12, no. 3. P. 449-478.
22. Golonka K., Mojsa-Kaja J., Gawlowska M., Popiel K. Cognitive impairments in occupational burnout: Error processing and its indices of reactive and proactive control. *Front. Psychol.* 2017. Vol. 8. P. 676.
23. Basharpour S., Heidari F., Molavi P. EEG coherence in theta, alpha, and beta bands in frontal regions and executive functions. *Appl. Neuropsychol. Adult.* 2021. Vol. 28. P. 310-317.
24. Fischer M. H. F., Zibrandtsen I. C., Høgh P., Musaeus C. S. Systematic review of EEG coherence in Alzheimer's disease. *J. Alzheimers Dis.* 2023. Vol. 91. P. 1261-1272.
25. Gurja J. P., Muthukrishnan S. P., Tripathi M., Sharma R. Reduced resting-state cortical alpha connectivity reflects distinct functional brain dysconnectivity in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Brain Connect.* 2022. Vol. 12. P. 134-145.
26. Kim M. S., Park S., Park U., Kang S. W., Kang S. Y. Fatigue in Parkinson's disease is due to decreased efficiency of the frontal network: Quantitative EEG analysis. *J. Mov. Disord.* 2024. Vol. 17. P. 304-312.
27. Lejko N., Larabi D. I., Herrmann C. S., Aleman A., Čurčić-Blake B. Alpha power and functional connectivity in cognitive decline: A systematic review and meta-analysis. *J. Alzheimers Dis.* 2020. Vol. 78. P. 1047-1088.
28. Murias M., Swanson J. M., Srinivasan R. Functional connectivity of frontal cortex in healthy and ADHD children reflected in EEG coherence. *Cereb. Cortex.* 2007. Vol. 17. P. 1788-1799.
29. Xu P., Xiong X. C., Xue Q., Tian Y., Peng Y., Zhang R. Recognizing mild cognitive impairment based on network connectivity analysis of resting EEG with zero reference. *Physiol. Meas.* 2014. Vol. 35. P. 1279-1298.
30. Miljevic A., Bailey N. W., Murphy O. W., Perera M. P. N., Fitzgerald P. B. Alterations in EEG functional connectivity in individuals with depression: A systematic review. *J. Affect. Disord.* 2023. Vol. 328. P. 287-302.
31. Duan L., Duan H., Qiao Y., Sha S., Qi S., Zhang X. Machine learning approaches for MDD detection and emotion decoding using EEG signals. *Front. Hum. Neurosci.* 2020. Vol. 14. P. 284.
32. Markovska-Simoska S., Pop-Jordanova N., Pop-Jordanov J. Inter- and intra-hemispheric EEG coherence study in adults with neuropsychiatric disorders. *Contrib. Maced. Acad. Sci. Arts.* 2018. Vol. 39. P. 5-19.
33. Abe K., Tei S., Takahashi H., Fujino J. Structural brain correlates of burnout severity in medical professionals: A voxel-based morphometric study. *Neurosci. Lett.* 2022.
34. Savic I., Perski A., Osika W. MRI shows that exhaustion syndrome due to chronic occupational stress is associated with partially reversible cerebral changes. *Cereb. Cortex.* 2018. Vol. 28. P. 894-906.
35. Ribas V. R., Ribas R. G., Nobrega J. A. Pattern of anxiety, insecurity, fear, panic and/or phobia observed by quantitative electroencephalography (QEEG). *Dement. Neuropsychol.* 2018. Vol. 12. P. 264-271.
36. Attar E. T., Balasubramanian V., Subasi E., Kaya M. Stress analysis based on simultaneous heart rate variability and EEG monitoring. *IEEE J. Transl. Eng. Health Med.* 2021. Vol. 9, 2700607.
37. Yoder R. Evidence-based diagnosis of posttraumatic stress disorder using quantitative electroencephalography. *Walden Dissertations and Doctoral Studies.* 2020.
38. Moran J. K., Crombach A., Elbert A. The individual contribution of DSM-5 symptom clusters of PTSD, life events, and childhood adversity to frontal oscillatory brain asymmetry in a large sample of active combatants. *Biol. Psychol.* 2017. Vol. 129. P. 305-313.
39. Shcherba N. Emotional burnout of secondary school teachers: Interpretation of a screening study in the context of inclusive education. *Professional Pedagogics.* 2024. Vol. 2 (29). P. 163-170.
40. Duffy F. H., Iyer V. G., Surwillo W. W. Clinical electroencephalography and topographic brain mapping. New York: Springer-Verlag. 1989. P. 238-242.
41. Schomer D. L., Lopes da Silva F. Niedermeyer's electroencephalography: Basic principles, clinical applications, and related fields. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2010. 1296 p.

References:

- Freudenberger, H. J. (1974). Staff burnout. *J. Soc. Issues*, 30, 59-65.
- Maslach, C., Leiter, M. P. (2016). Understanding the burnout experience: Recent research and its implications for psychiatry. *World Psychiatry*, 15, 103-111.
- Ungur, A. P., Bârsan, M., Socaciu, A. I., Râjnoveanu, A. G., Ionuț, R., Goia, L., Procopciuc, L. M. (2024). A narrative review of burnout syndrome in medical personnel. *Diagnostics*, 14, 1971.
- World Health Organization (2019). Burn-out an occupational phenomenon: International classification of diseases.
- Bayes, A., Tavella, G., Parker, G. (2021). The biology of burnout: Causes and consequences. *World J. Biol. Psychiatry*, 22, 686-698.
- Ciobanu, A. M., Damian, A. C., Neagu, C. (2021). Association between burnout and immunological and endocrine alterations. *Rom. J. Morphol. Embryol*, 62, 13-18.
- Membrive-Jiménez, M. J., Gómez-Urquiza, J. L., Suleiman-Martos, N., Velando-Soriano, A., Ariza, T., De la Fuente-Solana, E. I., Cañadas-De la Fuente, G. A. (2022). Relation between burnout and sleep problems in nurses: A systematic review with meta-analysis. *Healthcare*, 10, 954.
- Salvagioni, D. A. J., Melanda, F. N., Mesas, A. E., González, A. D., Gabani, F. L., Andrade, S. M. (2017). Physical, psychological and occupational consequences of job burnout: A systematic review of prospective studies. *PLoS ONE*, 12, e0185781.
- Durning, S. J., Costanzo, M., Artino, A. R., Dyrbye, L. N., Beckman, T. J., Schuwirth, L., Holmboe, E., Roy, M. J., Wittich, C. M., Lipner, R. S., van der Vleuten, C. (2013). Functional neuroimaging correlates of burnout among internal medicine residents and faculty members. *Front. Psychiatry*.
- Golkar, A., Johansson, E., Kasahara, M., Osika, W., Perski, A., Savic, I. (2014). The influence of work-related chronic stress on the regulation of emotion and on functional connectivity in the brain. *PLoS ONE*, 9 (9).
- Jovanovic, H., Perski, A., Berglund, H., Savic, I. (2011). Chronic stress is linked to 5-HT1A receptor changes and functional disintegration of the limbic networks. *NeuroImage*, 55 (1), 1178-1188.
- Sandström, A., Säll, R., Peterson, J., Salami, A., Larsson, A., Olsson, T., Nyberg, L. (2012). Brain activation patterns in major depressive disorder and work stress-related long-term sick leave among Swedish females. *Stress*, 15 (2), 503-513.
- Savic, I. (2015). Structural changes of the brain in relation to occupational stress. *Cereb. Cortex*, 25 (6), 1987-1999.
- Blix, E., Perski, A., Berglund, H., Savic, I. (2013). Long-term occupational stress is associated with regional reductions in brain tissue volumes. *PLoS ONE*, 8 (6).
- Van Luijckelaar, G., Verbraak, M., van den Bunt, M., Keijsers, G., Arns, M. (2010). EEG findings in burnout patients. *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.*, 22 (2), 208-217.
- Thibodeau, R., Jorgensen, R. S., Kim, S. (2006). Depression, anxiety, and resting frontal EEG asymmetry: A meta-analytic review. *J. Abnorm. Psychol.*, 115 (4), 715-729.
- Gold, C., Fachner, J., Erkkilä, J. (2013). Validity and reliability of electroencephalographic frontal alpha asymmetry and frontal midline theta as biomarkers for depression. *Scand. J. Psychol.*, 54 (2), 118-126.
- Van der Vinne, N., Vollebregt, M. A., van Putten, M. J. A. M., Arns, M. (2017). Frontal alpha asymmetry as a diagnostic marker in depression: Fact or fiction? A meta-analysis. *NeuroImage Clin.*, 16, 79-87.
- Debener, S., Beauducel, A., Nessler, D., Brocke, B., Heilemann, H., Kayser, J. (2000). Is resting anterior EEG alpha asymmetry a trait marker for depression? *Neuropsychobiology*, 41 (1), 31-37.
- Gollan, J. K., Hoxha, D., Chihade, D., Pflieger, M. E., Rosebrock, L., Cacioppo, J. (2014). Frontal alpha EEG asymmetry before and after behavioral activation treatment for depression. *Biol. Psychol.*, 99 (1), 198-208.
- Gotlib, I. H. (1998). EEG alpha asymmetry, depression, and cognitive functioning. *Cogn. Emot.*, 12 (3), 449-478.
- Golonka, K., Mojsa-Kaja, J., Gawłowska, M., Popiel, K. (2017). Cognitive impairments in occupational burnout: Error processing and its indices of reactive and proactive control. *Front. Psychol.*, 8, 676.
- Basharpour, S., Heidari, F., Molavi, P. (2021). EEG coherence in theta, alpha, and beta bands in frontal regions and executive functions. *Appl. Neuropsychol. Adult.*, 28, 310-317.
- Fischer, M. H. F., Zibrandtsen, I. C., Høgh, P., Musaeus, C. S. (2023). Systematic review of EEG coherence in Alzheimer's disease. *J. Alzheimers Dis.*, 91, 1261-1272.

25. Gurja, J. P., Muthukrishnan, S. P., Tripathi, M., Sharma, R. (2022). Reduced resting-state cortical alpha connectivity reflects distinct functional brain dysconnectivity in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Brain Connect.*, 12, 134-145.
26. Kim, M. S., Park, S., Park, U., Kang, S. W., Kang, S. Y. (2024). Fatigue in Parkinson's disease is due to decreased efficiency of the frontal network: Quantitative EEG analysis. *J. Mov. Disord.*, 17, 304-312.
27. Lejko, N., Larabi, D. I., Herrmann, C. S., Aleman, A., Ćurčić-Blake, B. (2020). Alpha power and functional connectivity in cognitive decline: A systematic review and meta-analysis. *J. Alzheimers Dis.*, 78, 1047-1088.
28. Murias, M., Swanson, J. M., Srinivasan, R. (2007). Functional connectivity of frontal cortex in healthy and ADHD children reflected in EEG coherence. *Cereb. Cortex.*, 17, 1788-1799.
29. Xu, P., Xiong, X. C., Xue, Q., Tian, Y., Peng, Y., Zhang, R. (2014). Recognizing mild cognitive impairment based on network connectivity analysis of resting EEG with zero reference. *Physiol. Meas.*, 35, 1279-1298.
30. Miljevic, A., Bailey, N. W., Murphy, O. W., Perera, M. P. N., Fitzgerald P. B. (2023). Alterations in EEG functional connectivity in individuals with depression: A systematic review. *J. Affect. Disord.*, 328, 287-302.
31. Duan, L., Duan, H., Qiao, Y., Sha, S., Qi, S., Zhang, X. (2020). Machine learning approaches for MDD detection and emotion decoding using EEG signals. *Front. Hum. Neurosci.*, 14, 284.
32. Markovska-Simoska, S., Pop-Jordanova, N., Pop-Jordanov, J. (2018). Inter- and intra-hemispheric EEG coherence study in adults with neuropsychiatric disorders. *Contrib. Maced. Acad. Sci. Arts.*, 39, 5-19.
33. Abe, K., Tei, S., Takahashi, H., Fujino, J. (2022). Structural brain correlates of burnout severity in medical professionals: A voxel-based morphometric study. *Neurosci. Lett.*
34. Savic, I., Perski, A., Osika, W. (2018). MRI shows that exhaustion syndrome due to chronic occupational stress is associated with partially reversible cerebral changes. *Cereb. Cortex.*, 28, 894-906.
35. Ribas, V. R., Ribas, R. G., Nobrega, J. A. (2018). Pattern of anxiety, insecurity, fear, panic and/or phobia observed by quantitative electroencephalography (QEEG). *Dement. Neuropsychol.*, 12, 264-271.
36. Attar, E. T., Balasubramanian, V., Subasi, E., Kaya, M. (2021). Stress analysis based on simultaneous heart rate variability and EEG monitoring. *IEEE J. Transl. Eng. Health Med.*, 9, 2700607.
37. Yoder, R. (2020). Evidence-based diagnosis of posttraumatic stress disorder using quantitative electroencephalography. *Walden Dissertations and Doctoral Studies.*
38. Moran, J. K., Crombach, A., Elbert, A. (2017). The individual contribution of DSM-5 symptom clusters of PTSD, life events, and childhood adversity to frontal oscillatory brain asymmetry in a large sample of active combatants. *Biol. Psychol.*, 129, 305-313.
39. Shcherba, N. (2024). Emotional burnout of secondary school teachers: Interpretation of a screening study in the context of inclusive education. *Professional Pedagogics*, 2 (29), 163-170.
40. Duffy, F. H., Iyer, V. G., Surwillo, W. W. (1989). *Clinical electroencephalography and topographic brain mapping*. New York: Springer-Verlag.
41. Schomer, D. L., Lopes da Silva, F. (2010). *Niedermeyer's electroencephalography: Basic principles, clinical applications, and related fields*. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Dmyrto Askhabov, Oleksandr Nahlov, Victoria Bulavina, Mykyta Skorokhodov. Neurovisualization of emotional stress and emotional burnout of forensic experts during the war

Electroencephalographic (EEG) studies were conducted on employees of National Scientific Center "Hon. Prof. M.S. Bokarius Forensic Science Institute" during martial law. Electroencephalographic (EEG) studies using the NeuroCom hardware and software system revealed emotional burnout characteristics. Hemispheric activation asymmetry was also detected.

The war in Ukraine is forcing people to fear for their lives and the close people's lives. Lots of people have lost close people and property, and lots of them have been forced to flee their country. The awareness of danger increases emotional stress. Job loss, difficult working conditions, and the loss of friends and family increase the tension. The way how people respond to difficult life situations, that is, their susceptibility to stressors, depends on their childhood environment, the mother's prenatal environment, and individual predispositions shaped by their nervous system and heredity. All these factors are interconnected. Chronic stress more often occurs when stressors act in combination, for example: low wages, a natural disaster, and the illness of close people.

Burnout syndrome is a progressive, specific response to stress that rapidly depletes a person's biological resources. Burnout occurs due to prolonged emotional stress, an unbalanced workload, and a lack of adequate recovery. Thus, it occurs in people in certain professions, students (academic burnout), parents (lack of support, childcare, sleep deprivation), volunteers, activists, and those under high social pressure (criticism, fear of judgment, prolonged caregiving for a sick relative, constant demands or family conflict, migration to another country).

Burnout research allows us to identify early characteristics of its onset and develop appropriate measures aimed at preventing burnout before it becomes severe. This includes creating conditions in which burnout occurs much less frequently or progresses much more slowly: changes in the work environment, prevention of interpersonal conflicts, improvement of working conditions, early identification of at-risk employees, regular monitoring (anonymous surveys) of stress and burnout levels, and analysis of sources of stress at work.

Keywords: EEG, martial law, burnout, hemispheric activation asymmetry, NeuroCom.

Дата першого надходження статті до видання: 01.06.2026.

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.06.2026.

Дата публікації (оприлюднення) статті: 05.08.2026.



Стаття поширюється на умовах ліцензії
відкритого доступу (CC BY 4.0)