

ТЕРМОГРАФІЧНА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ КОНТУЗІЇ У ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ

Гурмак О. М.¹, Кузь О. П.², Дунаєвський В. І.³, Борковська Л. М.³
Котовський В. Й.², Назарчук С. С.²

¹КНП «Київська міська клінічна лікарня № 7»

²Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

³Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України
E-mail: kotovsk.kpi@gmail.com

Анотація. *Одне з найперших місць за частотою поранень займає мінно-вибухове ушкодження і становить 6,6–7,1 % від загальної структури бойових травм. Внаслідок дії вибухової хвилі відбувається позамежне гальмування центральної нервової системи, яке виникає у відповідь на надсильний струс мозку – контузію.*

Непролікований гострий період після контузії в майбутньому має найнебезпечніші наслідки. До одних із інструментальних методів виявлення та оцінки ступеню ураження від мінно-вибухових травм відноситься метод променевої діагностики – дистанційна інфрачервона термографія (ДІТ), яка надає можливість здійснювати комплексну діагностику стану здоров'я військовослужбовців та візуалізувати наявність ознак контузійного стану. Це один з методів променевої діагностики, що дозволяє комплексно обстежити значну кількість військовослужбовців за короткий період часу та виявити патологічні зміни, які потребують додаткового обстеження вузькопрофільними спеціалістами.

Ключові слова: *військовослужбовці, контузія, термографія, осцилографічний термометр.*

Вступ. Ведення бойових дій призводять до отримання військовослужбовцями різного роду травмувань, бойових поранень, каліцтв. Черепно-мозкова травма (ЧМТ) – одна з найпоширеніших форм нейрохірургічної та неврологічної патології в усьому світі, яка супроводжується високою летальністю й інвалідизацією, тяжкими наслідками зі стійкою тимчасовою втратою працездатності [1, 2].

Вплив на організм водяної, повітряної чи звукової хвилі призводить до ЧМТ та її наслідку – контузії, що є однією із найчастіших травм, які виникають під час війни. Її поширеність серед загальної кількості поранень становить 70 %, що в свою чергу призводить до зниження ефективності ведення бойових дій та боєготовності [3, 4].

Основою контузії є струс головного мозку від дії мінно-вибухової травми, який значно відрізняється від ударів, що виникають внаслідок удару, спортивних травм або дорожньо-транспортної пригоди. Це окремий травматичний вплив на головний мозок, до якого до-

дається ураження слухового та вестибулярного апаратів, аналогів якому не існує в клініці захворювань мирного часу. Повторювані травми голови мають серйозні довгострокові наслідки – розвиток хронічної травматичної енцефалопатії, хвороби Альцгеймера та постконтузійного синдрому (ПКС). ЧМТ супроводжується високою частотою ускладнень та важкими наслідками для здоров'я, зокрема когнітивними розладами, деменцією навіть при легкій формі [5, 6].

Для діагностики ЧМТ активно застосовуються сучасні методи нейровізуалізації, які відіграють важливу роль у результатах лікування та прогнозі після травми голови. Сучасні рекомендації регламентують застосовувати наступні методи нейровізуалізації: комп'ютерну томографію (КТ) головного мозку, спіральну КТ; магнітно-резонансну томографію (МРТ) та позитронно-емісійну КТ включно з іншими методами візуалізації білої речовини головного мозку [7]. До неінвазивних діагностичних методів сучасної радіології слід віднести комп'ютерну термодіагностику, яка базується на високочутливій спектральній фіксації інфрачервоного випромінювання ураженої анатомічної структури з можливістю подальшої цифрової обробки отриманої інформації теплових випромінень органів і тканин тіла людини [8].

Термографія дозволяє в найкоротші терміни верифікувати діагноз або визначити необхідність його перевірки за допомогою інших клінічних методів, а також протягом тривалого часу здійснювати моніторинг за перебігом захворювання й оцінювати ефективність лікувального процесу. Сучасні тепловізійні системи використовують багатоелементні матричні фотоприймачі в так званому режимі «миттєвого погляду». Формування теплового образу створюється проектуванням досліджуваної ділянки за допомогою об'єктива на матричний фотоприймач, електронним поелементним зчитуванням інформації з фотоприймальної матриці та представленням термограм на екрані дисплея ПК. Можливість візуалізації досліджуваних біологічних об'єктів (БО) з якісно новими характеристиками (температурна чутливість, контрастність зображення) дозволяє значно розширити сферу застосування ДІТ в медичній практиці [9, 10].

В умовах військових дій неможливо забезпечити проведення якісних діагностичних заходів для визначення стану здоров'я військовослужбовців, особливо тих, що отримали поранення та травми. В усіх обстежених методом ДІТ було виявлено зміни термографічної візуалізації голови та обличчя, а саме: наявність зон гіпертермії скроневих ділянок голови, обличчя та потиличної зони. Результати досліджень викладені нижче.

Контузія візуалізується у вигляді гіпертермії скроневої частини (рис. 1, *а, в*). Градієнт температури в зоні гіпертермії (стрілка 1) має максимальне значення $+3,03\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $+2,96\text{ }^{\circ}\text{C}$ (стрілка 3 – інтактна зона).

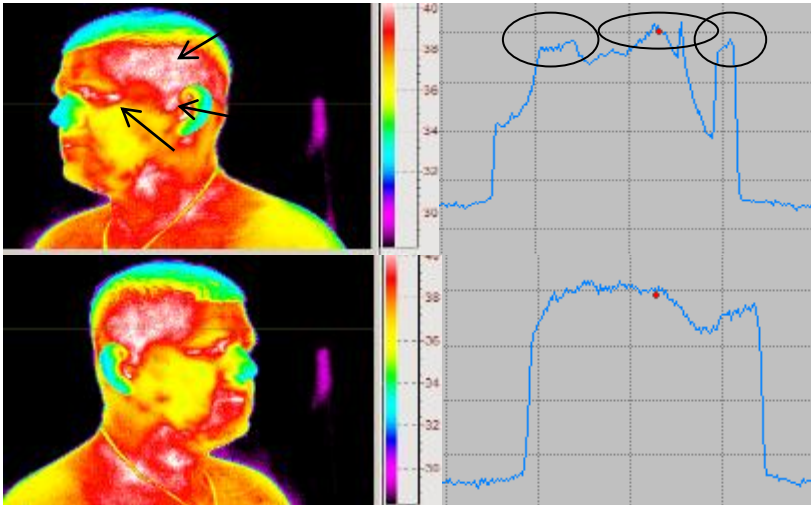


Рис. 1. Гіпертермія скроневих частин (*а, в*) внаслідок контузії (стрілка 2 – місце кульового поранення); осцилографічний розподіл температури (*б, г*) відносно ліній

Військовослужбовець отримав кульове поранення в ділянці, показаній стрілкою 2 на рис. 1, *а*. Осцилограма розподілу температури (*б*) виконана відносно лінії (*а*), зони кульового поранення, на якій спостерігається поява окремих зон з максимумами температури (виділені зони 1, 2 на рис. 1, *б*). Після спаду температури спостерігаємо різко виражену зону (3) з максимальною температурою, що відповідає ділянці кульового поранення; показано також термограма скроневої частини праворуч з осцилографічним розподілом температури (*в, г* – відповідно).

На рис. 2 продемонстровано гіпертермію скроневих зон (*а, б*) та обличчя (*в*). В анамнезі: контузія, головний біль більше праворуч, підвищений очний тиск. Спостерігається гіпертермія обличчя та посилення судинного малюнку праворуч; температура скроневої ділянки праворуч – $38,27\text{ }^{\circ}\text{C}$ (інтактна зона – $36,05\text{ }^{\circ}\text{C}$); ліворуч – ($37,2\text{--}37,8$) $^{\circ}\text{C}$ (інтактна зона – $35,53\text{ }^{\circ}\text{C}$).

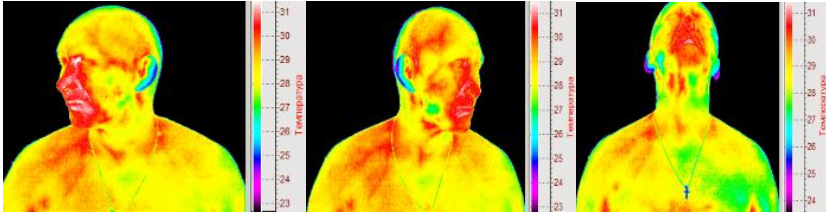


Рис. 2. Термографічна асиметрія скроневих зон (а, б) та обличчя (в) внаслідок контузії

Контузія може проявлятися у вигляді зон гіпертермії як в скроневих (а, б), так і в потиличній (в) зонах, що продемонстровано на рис. 3. Температура скроневих ділянок: ліворуч – 36,43 °С; праворуч – 36,9 °С (інтактна зона – 34,96 °С); потилична зона – (36,73–37,14) °С.

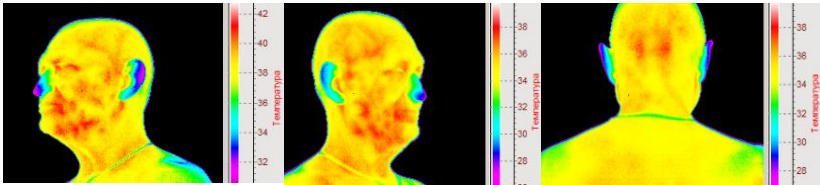


Рис. 3. Термографічна візуалізація скроневих (а, б) та потиличної зони (в) внаслідок контузії

Під час дії мінно-вибухового ушкодження відбувається первинне ураження, що є безпосереднім наслідком церебральної катастрофи. Досліджено [1], що у момент травми нейрони, гліальні клітини, кровоносні судини зазнають впливу сил зсуву внаслідок обертального прискорення, стискання й розтягування, спричинених прискоренням і гальмуванням, а також контактом з кістковими виступами основи черепа. Залежно від агресивності пошкоджувального чинника з'являється той чи інший об'єм первинного ураження речовини головного мозку. До первинних травматичних пошкоджень головного мозку належать дифузне аксональне пошкодження, вогнища забою та розміжчення головного мозку, внутрішньочерепні крововиливи, розрив стовбура мозку тощо.

Внаслідок комплексної дії вищезазначених чинників термографічно візуалізуються зони термоасиметрії обличчя, скроневих та потиличних зон, поява ділянок з максимумами температури на осцилографічних термометрах.

Висновки. Дистанційна інфрачервона термографія є єдиним діагностичним та інформативним методом первинної діагностики в польових умовах.

вих умовах. Предметом подальших досліджень повинно бути знаходження взаємозв'язку церебральної катастрофи з термографічною візуалізацією судин голови та обличчя. Застосування методу осцилографічних термозрізів дозволяє отримати пошарові розподіли температури, що надає можливість створити об'ємне уявлення температурного розподілу в досліджуваних ділянках.

Список використаних джерел

1. Селюк О. В., Яковлева Н. В., Уварова О. С., Вовченко Н. В., та ін. Сучасні методи лікування пацієнтів із ЧМТ. Клінічний досвід лікарів України – застосування патогенетичної схеми Brainy. УМЧ. 2023. № 2 (154)-III/IV. С. 77–83.
2. Фітькало О. С. Особливості діагностики ПТСР у пацієнтів з контузією, ускладненого адиктивною та іншою коморбідною психопатологією. Міжнародний неврологічний журнал. 2024. Т. 20. № 6. С. 280–283. URL: <https://doi.org/10.22141/2224-0713.20.6.2024.1102>
3. Ордеров А., Романчук С., Матвейко О. Вплив контузій та їх наслідків на функціональний стан військовослужбовців. PHYSICAL ACTIVITY, HEALTH AND SPORTS. 2024. № 2 (36). С. 22–31.
4. Mortimer, D. S. (2024). Military Traumatic Brain Injury. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 35 (3) : 559–571. Epub 2024 Mar 21. PMID: 38945651. URL: <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2024.02.008>.
5. Галушко О. А. Едаравон у лікуванні контузії та постконтузійного синдрому. INFUSION & CHEMOTHERAPY. 2023. № 1. С. 32–37. URL: <https://doi.org/10.32902/2663-0338-2023-1-32-37>
6. Галушка А. М., Подолян Ю. В., Швець А. В., Горшков О. О. Особливості бойового травмування, що супроводжувалося акубаротравмою у військовослужбовців – учасників бойових дій. Військова медицина України. 2019. Т. 19. № 3. С. 56–66.
7. Поліщук М. Є., Король С.О., Камінський А.А., Береговий О. В. Прогностичні фактори несприятливого перебігу бойової черепно-мозкової травми у військовослужбовців: одноцентрове дослідження. Український журнал військової медицини. 2025. Т. 6. № 3. С. 109–113. URL: [https://doi.org/10.46847/ujmm.2025.3\(6\)-109](https://doi.org/10.46847/ujmm.2025.3(6)-109)
8. Kostrub, O., Shukalo, O., Dunaevsky, V., Kotovsky, V., Tymofeiev, V., & Nazarchuk, S. (2025). Remote infrared thermography in the system of comprehensive diagnostics of the health of military personnel before surgical intervention. *ORTHOPAEDICS TRAUMATOLOGY and PROSTHETICS*, (1), 5–12. URL: <https://doi.org/10.15674/0030-5987202515-12>
9. Kesztyus, D., Brucher, S., Wilson, C., & Kesztyus, T. (2023). Use of infrared thermography in medical diagnosis, screening, and disease

monitoring: A scoping review. *Medicina*, 59(12), 2139. URL: <https://doi.org/10.3390/medicina59122139>

10. Requena-Bueno, L., Priego-Quesada, J. I., Jimenez-Perez, I., Gil-Calvo, M., & Pérez-Soriano, P. (2020). Validation of ThermoHuman automatic thermographic software for assessing foot temperature before and after running. *Journal of Thermal Biology*, 92, 102639.