



COGNITIVE FUNCTIONS IN GENERAL HEAT INJURY (literature review) КОГНІТИВНІ ФУНКЦІЇ ПРИ ЗАГАЛЬНІЙ ТЕПЛОВІЙ ТРАВМІ (літературний огляд)

Kravets O.V. / Кравець О.В.

ORCID: 0000-0003-1340-3290

Mizjakina K.V. / Мізякіна К.В.

Yekhalov V.V. / Єхалов В.В.

ORCID: 0000-0001-5373-3820

Дніпровський державний медичний університет, м. Дніпро, Україна
Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine.

Анотація. У зв'язку з глобальним потеплінням клімату значно збільшилася кількість постраждалих внаслідок загального ненавмисного перегрівання організму. Серед клінічних ознак цього патологічного стану певне значення мають порушення когнітивних функцій, але у вітчизняних доступних спеціальних наукових джерелах цьому питанню майже не приділено уваги. На основі результатів зарубіжних досліджень та власного клінічного досвіду автори спробували висвітлити основні закономірності виникнення, перебігу та прогнозування розладів когнітивних функцій у постраждалих з тепловим стресом та тепловим ударом. Автори сподіваються що зібрана інформація стане в пригоді військовим лікарям, невропатологам, фахівцям інтенсивної терапії та співробітникам рятувних служб.

Ключові слова: тепловий стрес, тепловий удар, групи ризику, когнітивна дисфункція.

У спеку і думки рідкі.

Рей Бредбері (1953)

За результатами численних сучасних мультицентричних досліджень доведено, що середнє підвищення температури за останні 50 років склало приблизно 0,8 °С, за прогнозом до кінця цього сторіччя вона підвищиться ще на 3-4 °С [1,2]. За останній час теплові ураження зайняли одне з провідних місць серед десяти основних світових причин смертності внаслідок стихійних лих [3].

Нині близько 30% населення наражено на небезпеку перевищення припустимого температурного порогу тривалістю не менше 20 днів на рік [4].

Тепловий стрес (ТС) та тепловий удар (ТУ) є певною проблемою військової медицини та безпеки осіб, які мешкають та працюють у спекотному кліматі, працівників "гарячого" виробництва, пожежників, рятувальників, спортсменів, шахтарів, опалювачів, кухарів тощо [1,5,6].

Загальне перегрівання організму досить часто супроводжується порушеннями когнітивних функцій індивіда, але у вітчизняних доступних спеціальних наукових джерелах цьому питанню майже не приділено уваги. На основі результатів зарубіжних досліджень та власного клінічного досвіду автори спробували висвітлити основні закономірності виникнення, перебігу та прогнозування розладів когнітивних функцій у постраждалих з ТС та ТУ.

Порушення здатності розуміти, пізнавати, вивчати, усвідомлювати, сприймати і переробляти зовнішню інформацію, зниження концентрації уваги та погіршення пам'яті є найбільш частими неврологічними симптомами при ТС. При зниженні зазначених мнестико-інтелектуальних функцій (з урахуванням



початкового рівня) мова йде про когнітивні порушення, тобто про когнітивний дефіцит. Когнітивна функція в основному включає два загальні питання: як інформація обробляється в мозку і як контролюється поведінка. В останньому рухові гальмування є важливою навичкою для адаптованої поведінки, яка потребує рухового контролю. У процесі прийняття рішень виконавча та гальмівна функції координуються до функцій високого порядку. Один із потенційних механізмів, які клінічно змінюють церебральну гемодинаміку, пов'язаний зі зниженням когнітивних можливостей [7,8].

Підвищена температура мозку сама по собі сприяє зниженню когнітивної обробки. Гіпертермія знижує церебральний метаболізм у хвостатому тілі, оболонці, островці та задній частині поясної звивини, що може блокувати когнітивну нейронну мережу. Острівець має численні нейронні зв'язки, включаючи поясну кору, хвостату оболонку та таламус [9]. ТС різко знижує церебральну перфузію, коли центральна температура підвищується приблизно на 1,2 °C. Зниження церебральної перфузії, а також підвищена температура мозку можуть сприяти порушенням у нейронній мережі мозку та когнітивній обробці. У спекотному середовищі навмисне охолодження обличчя та/або голови є природною поведінкою для покращення теплового комфорту та зменшення збудження [9,10].

У пацієнтів із гострою гіпертермією досить часто мають місце ознаки неврологічних розладів, які швидко виникають і можуть виявлятися по-різному, включаючи когнітивну дисфункцію, збудження, судоми, дезеквілібрацію або порушення свідомості від летаргії до коми. Неврологічна дисфункція при тепловому ударі вперше документально описана військовим лікарем Діоном Кассієм ще за часів Римської імперії. Наявність когнітивної дисфункції входить до діагностичних критеріїв загального перегрівання організму [11,12].

Гіпертермія, навіть легка та короткочасна, може спричинити когнітивні порушення. Вона гостро впливає на увагу, пам'ять, аналіз та синтез інформації. Короткочасна обробка пам'яті може бути порушена більше, ніж процеси уваги [7,13]. У здорових добровольців пам'ять погіршувалась вже при внутрішній температурі 38,8 °C порівняно з нормотермією. Штучно індукована гіпертермія може спричинити такі порушення через 1-2 години після підвищення температури. Когнітивні зміни можуть виникати не саме під час гіпертермічного інсульту, а натомість розвиватися через короткий час (60–120 хвилин) після припинення дії теплового фактора [7,14].

Ділянки мозку, пов'язані з сигнальною мережею уваги, більше активувалися під час пасивної гіпертермії (премоторна кора, середня скронева доля та верхня тім'яна ділянка), але жодних змін у продуктивності не спостерігалось. Це може свідчити про те, що підвищена активація у цих зонах дозволяла зберігати увагу під час помірної пасивної гіпертермії [15].

При гіпертермії зв'язки навколо лімбічної системи збільшуються [13,16], що узгоджується зі змінами у пам'яті та здатності до навчання. Дорсолатеральна префронтальна кора (що бере участь у виконавчих функціях - пам'ять, пізнання та міркування) та внутрішньотім'яна борозна (що бере участь



в обробці інформації та пам'яті) також виявляють підвищену активність при гострій церебральній гіпертермії. І навпаки, зв'язки в інших частинах мозку, включаючи скроневі, лобні та потиличні ділянки, при гострій гіпертермії зменшуються [7,17].

Спричинені гіпертермією зміни формування короткочасної пам'яті також можна діагностувати за допомогою електроенцефалографії. Електрична відповідь мозку на певну когнітивну або сенсорну подію називається «подійним потенціалом» (ERP). Якщо мозок піддається ідентичному звуку, що повторюється, а потім вводиться альтернативний звук, ERP змінюється, що зветься «негативною невідповідністю» (MMN). MMN має значення у дослідженнях формування слухової пам'яті. У суб'єктів, які зазнавали гіпертермії протягом лише 1 години, спостерігається значне зниження MMN порівняно з контрольною групою, що узгоджується з клінічними спостереженнями зниження короткочасної пам'яті [7,18]. Гіпертермія з часом знижує й продуктивність робочої пам'яті [12].

Показники електроенцефалографії (ЕЕГ), записані під час когнітивних завдань, які виконувалися в спекотних умовах, можуть дати чітке уявлення про цей процес. Більшість досліджень ЕЕГ були зосереджені на тета-коливаннях (3-8 Гц) і альфа-хвилях (8-12 Гц) діапазонів потужності, оскільки це дозволяє розрізняти завдання з різним робочим навантаженням. Зміни потужності альфа-каналу, що обернені у пропорційній когнітивній обробці, свідчать про зниження альфа-активності під час виконання завдання формування концепції. Декілька інших повідомлень також показали зниження альфа-активності у зв'язку зі збільшенням складності завдань і найвищими навантаженнями на робочу пам'ять під час деяких когнітивних завдань. І навпаки, збільшення сили тета-активності в порівнянні зі станом спокою було зареєстровано під час робочої пам'яті і завдань на концентрацію. Передбачається, що таке збільшення сили тета-активності у лобній долі вказує на збільшення робочого навантаження та потребу в робочій пам'яті. Середня тета-активність збільшується до кінця виконання складних завдань коли добровольці втомлюються, але намагаються зберігати пильність. Підвищена тета-активність обумовлена збільшенням концентрації та підвищеною увагою, вона тісно пов'язана не з обсягом інформації, що обробляється, а з рівнем розумових зусиль, що витрачаються на виконання завдання. Таким чином, тета-коливання можуть вважатися кращим індикатором розумового навантаження та когнітивної втоми [7,19].

Помірна дегідратація мало впливає на виконання простих завдань, але погіршує швидкість і точність зорово-моторного відстеження, короткочасну пам'ять, увагу та арифметична ефективність. Втрати маси тіла на 2,8% через фізичні вправи або пасивний вплив тепла збільшує рейтинг втоми та порушення розрізнення й короткочасної пам'яті [19].

Якщо суб'єкти з гіпертермією добре гідратуються, когнітивні порушення можуть бути мінімальними, що дозволяє припустити, що частково когнітивна дисфункція пов'язана зі зневодненням. У більшості випадків пацієнти повністю одужують від гострої когнітивної дисфункції. У деяких, однак, залишаються



стійкі зміни уваги, пам'яті чи особистості. Вони можуть бути легкими чи важкими, аж до важкої глобальної деменції. Про них повідомлялося після ТС, ТУ та медикаментозної гіпертермії [7,20,21,22].

Тепловий стрес на робочому місці може прямо чи опосередковано впливати на когнітивні функції та обмін речовин або температуру тіла, частоту серцевих скорочень та кров'яний тиск та спричиняти соматичні та психічні розлади. Це зменшує робочу пам'ять, здатність обробляти інформацію та збільшує кількість помилок у роботі, що в кінцевому підсумку призводить до виникнення нещасних випадків [23]. Збільшення експозиції до теплових стресів призводить до зниження когнітивних функцій, особливо в професіях, які мають певний ступінь когнітивного навантаження [24]. Також було помічено, що під час тяжкої оперативної діяльності, такої як гасіння пожежі у спекотному середовищі, когнітивні здібності та прийняття рішень погіршуються, а підвищення температури тіла може вплинути на працездатність людей. Через високу схильність робітників нафтохімічної промисловості до теплового стресу їх когнітивна дисфункція може бути дуже небезпечною з точки зору стратегії безпеки та контролю [25]. Тепловий стрес може призвести до деяких змін когнітивних функцій операторів через відсутність комфорту, когнітивну втому, порушення, втрати свідомості тощо [12]. Когнітивні функції більш чутливі до теплових розладів та теплих умов навколишнього середовища, ніж фізіологічні реакції у гравців у хокей на траві [19,26]. Жінки можуть мати більше зниження когнітивних функцій у спекотному середовищі, що пов'язане з більшими порушеннями їх сприйманого теплового комфорту. Вікова різниця динаміки когнітивного рівня незначна [7,26,27]. Вивчення впливу термозахисного одягу на когнітивні реакції призвело до висновку, що у спекотних умовах збільшується кількість людських помилок, а використання охолоджуючих жилетів при гасінні пожежі покращувало когнітивні функції [25].

З психологічної точки зору є додаткові докази впливу сильної спеки як на поведінку, так і психічні стани. Існують наукові докази зв'язку сильної спеки та агресії. Одне стандартне відхилення підвищення температури може призвести до збільшення міжособистісного насильства на 4% та збільшення групової злочинності на 14%. Burke M. зі співавторами припускають, що до 2050 року підвищення температури на 2-10 °C через «міські острови тепла», спричинені асфальтовими й бетонними конструкціями та обмеженістю зелених насаджень, у порівнянні з сусідніми приміськими та сільськими населеними пунктами, може сприяти збільшенню літнього насильства у міських районах [28].

Частота самогубств (форма насильства, спрямована на власну особу), також зростає під час сильної спеки. Дослідження показують збільшення їх рівня на 0,7% у США та на 2,1% у Мексиці в періоди підвищення середньомісячної температури на 1°C. Прогнози, що ґрунтуються на глобальному потеплінні та передбачають відсутність скорочення викидів парникових газів, припускають, що до 2050 року в США та Мексиці може здійснитися від 9 000 до 40 000 доданих самогубств. Ці показники можна порівняти із впливом на кількість суїцидів через економічний колапс та безробіття [29].



Сон є важливою функцією для загального добробуту та здоров'я. Недосипання несприятливо впливає на настрій, депресію та когнітивні функції. Нормальний початок сну та його підтримка пов'язані зі зниженням внутрішньої температури тіла. Спека сприяє безсонню, особливо при підвищеній вологості повітря. Це має значення для мешканців районів, де тепло накопичується всередині приміщень, та для людей, які не мають доступу до кондиціонування повітря у житлових приміщеннях [30].

Зазвичай при ТС когнітивна оцінка фіксує мінімальні порушення уваги із діапазоном цифр шість уперед та чотири тому. Безпосередня пам'ять здебільшого буває порушеною (II ступінь – «два слова з трьох»). Мовні функції страждають рідко, за винятком порушень письма та уповільненої мови. Найменування, повторення та розуміння зазвичай збережені. Дезорієнтації вправо-вліво, апраксії та зорових порушень зазвичай не буває [31].

Відновлення після ТУ зазвичай є повним. У поодиноких випадках стійкий неврологічний дефіцит викликає переважно мозочкову дисфункцію, тоді як когнітивний дефіцит зустрічається дуже рідко. Тільки у 12,5% пацієнтів були зареєстровані стійкі порушення пам'яті у поєднанні з результатами МРТ: двостороннього ураження таламуса або гіпокампу [32]. Деякі неврологічні наслідки (мозочкова атаксія, дизартрія, когнітивні розлади та антероградна амнезія) можуть зберігатися від кількох тижнів до місяців [33]. Здебільшого це м'які когнітивні розлади - когнітивна дисфункція, що не відповідає критеріям будь-якого іншого захворювання. Важливою особливістю є те, що порушення в когнітивному функціонуванні підтверджується нейропсихологічним тестуванням [34,35].

Але довготривала гіпертермія може призвести до незворотних когнітивних наслідків, незважаючи на зникнення набряку та нормальні результати МРТ, що ставить під сумнів думку про сильну кореляцію між даними візуалізації та клінічною картиною. Це вказує на роль точного нейропсихологічного обстеження та функціональної нейровізуалізації як передової практики у лікуванні ТС [32].

Як правило, більшість уражених зазвичай не направляють на детальну когнітивну оцінку та подальше спостереження. Таким чином, тонкі тривалі когнітивні порушення можуть залишитись непоміченими. Ці недоліки, хоч і незначні, можуть впливати на рухові, а також на інтелектуальні функції, які мають вирішальне значення у стресових військових умовах. Невідповідність між повним фізичним відновленням та когнітивним дефектом наголошує на необхідності такого спостереження [31].

Сучасний стан вивчення порушень когнітивних функцій при критичних станах дає можливість сформулювати базові принципи профілактики когнітивних розладів і відновлення нормальної роботи когнітивних функцій, впровадження яких має покращити наслідки у хворих після ТС та ТУ та якість їх життя у віддаленому періоді [35].

Автори сподіваються що зібрана інформація стане в пригоді військовим лікарям, невропатологам, фахівцям інтенсивної терапії та співробітникам рятівних служб.



Література:

1. Johnson R.J., Sánchez-Lozada L.G., Newman L.S. Climate Change and the Kidney. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 2019; v. 74 (suppl 3). P. 38–44. doi: 10.1159/000500344
2. Fischer E.M., Knutti R. Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy precipitation and high temperature extremes. *Nature Climate Change*, 2015. v. 5(6). P. 560–564.
3. Morch S.S., Andersen J.D.H., Bestle M.H. Heat Stroke: A Medical Emergency Appearing in New Regions. *Case Reports in Critical Care*, 2017. P. 6219236. <https://doi.org/10.1155/2017/6219236>
4. Global risk of deadly heat/ Mora C., Dousset B., Caldwell I.R. et al. *Nature Climate Change*, 2017. v. 7. P. 501- 507. doi: 10.1038/nclimate3322
5. Goforth C.W., Kazman J.B. Exertional heat stroke in navy and marine personnel: a hot topic. *Critical Care Nurse*, 2015. v. 35. P. 52–59. doi:10.4037/ccn2015257.
6. Exertional heat illness among overweight U.S.Army recruits in basic training/ Bedno S.A., Li Y., Han W. et al. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 2010. v. 81(2). P. 107–11.
7. Walter E.J., Carraretto M. The neurological and cognitive consequences of hyperthermia. *Critical Care*, 2016. v. 20. n.a.199. P.1-8. doi: 10.1186/s13054-016-1376-4
8. Возрастные особенности когнитивных функций врачей-анестезиологов днепропетровского региона /Усенко Л.В., Клигуненко Е.Н., Ехалов В.В., Площенко Ю.А., Кравец О.В., Сединкин В.А., Куц Е.А. *Медицина неотложных состояний*, 2018. №6(93). С.93-98. doi: 10.22141/2224-0586.6.93.2018.147650
9. Suppression of cognitive function in hyperthermia; In terms of executive and inhibitory cognitive processing/Shibasaki M. et al . *Scientific Reports*, 2017. v. 7, a.n. 43528. P.1-8. doi: 10.1038/srep43528
10. Blood flow distribution during heat stress: cerebral and systemic blood flow/ Ogoh S., Sato K., Okazaki K. et al. *Journal of cerebral blood flow and metabolism: official journal of the International Society of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, 2013. v. 33. P. 1915–1920. doi: 10.1038/jcbfm.2013.149 (2013).
11. Jarcho S.A. Roman experience with heat stroke in 24BC. *Bulletin of the New York Academy of Medicine Abbreviation*, 1967. v. 43. P. 767–768.
12. Evaluating Effects of Heat Stress on Cognitive Function among Workers in a Hot Industry/Mazloumi A., Golbabaie F., Khani S.M. et al. *Health Promotion Perspectives*, 2014. v. 4(2). P. 240–246. doi: 10.5681/hpp.2014.031
13. Hyperthermia impairs the executive function using the Attention Network Test/ Sun G., Yang X., Jiang Q. et al. *International Journal of Hyperthermia*, 2012. v. 28(7). P. 621–626. doi: 10.3109/02656736.2012.705217.
14. Cognitive function following treadmill exercise in thermal protective clothing/ Morley J., Beauchamp G., Suyama J. et al. *European Journal of Applied Physiology*, 2012. v.112(5). P. 1733–1740. doi: 10.1007/s00421-011-2144-4.
15. Passive Heat Exposure Alters Perception and Executive Function/ Malcolm R.A., Cooper S., Folland J.P. et al. *Frontiers of Physiology*, 2018. V. 9. a.n. 585. P.1-



11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00585>

16. Hyperthermia impaired human visual short-term memory: an fMRI study/ Jiang Q., Yang X., Liu K. et al. *International Journal of Hyperthermia*, 2013. v. 29(3). P. 219–24. doi: 10.3109/02656736.2013.786141.

17. Hyperthermia-induced disruption of functional connectivity in the human brain network/ Sun G., Qian S., Jiang Q. et al. *PLOS ONE*, 2013. v. 8(4). e61157. doi: 10.1371/journal.pone.0061157.

18. Sun G., Li L., Li M., Jiang Q. Hyperthermia impaired pre-attentive processing: an auditory MMN study. *Neuroscience Letters*, 2011. v. 502(2). P. 94–8. doi: 10.1016/j.neulet.2011.07.029.

19. Gaoua N. Cognitive function in hot environments: a question of methodology. Review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2010. v. 20 (Suppl.3). P. 60–70. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01210.x

20. Cognitive and perceptual responses during passive heat stress in younger and older adults/ Schlader Z.J., Gagnon D., Adams A. et al. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 2015. v. 308(10). P. R847–54. doi: 10.1152/ajpregu.00010.2015.

21. Laxe S., Zuniga-Inestroza L., Bernabeu-Guitart M. Neurological manifestations and their functional impact in subjects who have suffered heatstroke. *Manifestaciones neurológicas y su impacto funcional en sujetos que han padecido un golpe de calor. Revue Neurologique*, 2013. v. 56(1). P. 19–24.

22. Heat stress presenting with encephalopathy and MRI findings of diffuse cerebral injury and haemorrhage/ Guerrero W.R., Varghese S., Savitz S., Wu T.C. *BMC Neurology*, 2013. v.13. P. 63. doi: 10.1186/1471-2377-13-63.

23. Investigating the Association between Heat Stress and its Psychological Response to Determine the Optimal Index of Heat Strain/ Negahban S.A.R., Aliabadi M., Mesdaraghiet Y.B. et al. *Journal of Occupational Hygiene Engineering*, 2014. v. 1. №1. P. 1-4.

24. A review on the effect of heat stresses on cognitive functions/ Abbasi M., Pourhossein M., Mohammadi H., Golbabaie F. *Journal of Health and Safety at Work*, 2020 v. 10(3). P. 251-262. <http://jhs.w.tums.ac.ir/article-1-6372-en.html>

25. Evaluating the effect of heat stress on cognitive performance of petrochemical workers: A field study/ Rastegar Z., Ravandi M.R.G., Zare S. et al. *Heliyon*, 2022. v. 8. e08698. P.1-7. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08698>

26. Effects of heat stress and dehydration on cognitive function in elite female field hockey players/ MacLeod H., Cooper S., Bandelow S. et al. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 2018. v. 10. № 12. P.1-12. <https://doi.org/10.1186/s13102-018-0101-9>.

27. Effects of passive heat stress and recovery on human cognitive function: An ERP study/ Nakata H., Kakigi R., Shibasaki M. *PLOS ONE*, 2021. v. 16(7): e0254769. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254769>

28. Burke M., Hsiang S.M., Miguel E. Climate and Conflict. *Annual Review of Economics*, 2015. v. 7. P. 577-617. doi: 10.1146/annurev-economics-080614-115430

29. Higher temperatures increase suicide rates in the United States and Mexico/ Burke M., González F., Baylis P. et al. *Nature Climate Change*, 2018. v. 8. P. 723–



729. <https://doi.org/10.1038/s4158-018-0222-x>

30. Nighttime temperature and human sleep loss in a changing climate/ Obradovich N., Migliorini R., Mednick S.C. et al. *Science Advances*, 2017. v.3. № 5. doi: 10.1126/sciadv.1601555

31. Unique Persistent Neurological Sequelae of Heat Stroke/Rav-Acha M., Shuvy M., Hagag S. et al. *Military Medicine*, 2007. v. 172, № 6. P. 603–606. <https://doi.org/10.7205/MILMED.172.6.603>

32. Ruggieri M., Rosini P. Permanent memory deficit on normal MRI after heat stroke after physical activity and sauna visits. *Internet Journal of Neurology and Neurotherapy*, 2016. V.3. №3. a.n. 050. doi:10.23937/2378-3001/3/3/1050

33. Epstein Y., Yanovich R. Heat stroke. *New England Journal of Medicine*, 2019. v. 380. P. 2449-2459. doi:10.1056/NEJMra1810762

34. Rasmussen L.S. Defining postoperative cognitive dysfunction. *European Journal of Anaesthesiology*, 1998. v. 15. № 6. P. 761-764.

35. Кріштафор А.А. Базові принципи профілактики когнітивних розладів та відновлення когнітивних функцій при критичних станах. *Медицина невідкладних станів*, 2018. № 5(92). С. 150-155. doi: 10.22141/2224-0586.5.92.2018.143251

References:

1. Johnson, R.J., Sánchez-Lozada, L.G. & Newman, L.S. (2019). Climate Change and the Kidney. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 74(suppl 3). 38–44.

2. Fischer, E.M., Knutti, R. (2015). Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy precipitation and high temperature extremes. *Nature Climate Change*, 5(6). 560–564.

3. Morch, S.S., Andersen, J.D.H. & Bestle, M.H. (2017). Heat Stroke: A Medical Emergency Appearing in New Regions. *Case Reports in Critical Care*, 6219236.

4. Mora, C., Dousset, B. & Caldwell, I.R. (2017). Global risk of deadly heat. *Nature Climate Change*, 7.501- 507.

5. Goforth, C.W., Kazman, J.B. (2015). Exertional heat stroke in navy and marine personnel: a hot topic. *Critical Care Nurse*, 35. 52–59.

6. Bedno, S.A., Li Y. & Han, W. (2010). Exertional heat illness among overweight U.S. Army recruits in basic training. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 81(2). 107–11.

7. Walter, E.J., Carraretto, M. (2016). The neurological and cognitive consequences of hyperthermia. *Critical Care*, 20. 199.1-8.

8. Shibasaki, M. & Namba, M. (2017). Suppression of cognitive function in hyperthermia; In terms of executive and inhibitory cognitive processing. *Scientific Reports*, 7, 43528. 1-8.

9. Ogoh, S., Sato, K. & Okazaki, K. (2013). Blood flow distribution during heat stress: cerebral and systemic blood flow. *Journal of cerebral blood flow and metabolism: official journal of the International Society of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, 33. 1915–1920.

10. Jarcho, S.A. (1967). Roman experience with heat stroke in 24BC. *Bulletin of the New York Academy of Medicine Abbreviation*, 43. 767–768.

11. Mazloumi, A., Golbabaei, F. & Khani, S.M. (2014). Evaluating Effects of Heat Stress on Cognitive Function among Workers in a Hot Industry. *Health Promotion Perspectives*, 4(2). 240–246.

12. Sun, G., Yang, X., Jiang, Q. (2012). Hyperthermia impairs the executive function using the Attention Network Test. *International Journal of Hyperthermia*, 28(7). 621–626.

13. Morley, J., Beauchamp, G. & Suyama, J. (2012). Cognitive function following treadmill exercise in thermal protective clothing. *European Journal of Applied Physiology*, 112(5). 1733–1740.



14. Malcolm, R.A., Cooper, S.& Folland, J.P. (2018). Passive Heat Exposure Alters Perception and Executive Function. *Frontiers of Physiology*, 9. 585.1-11.
15. Jiang, Q., Yang, X.& Liu, K. (2013). Hyperthermia impaired human visual short-term memory: an fMRI study. *International Journal of Hyperthermia*, 29(3).219–24.
16. Sun, G., Qian, S.& Jiang, Q. (2013). Hyperthermia-induced disruption of functional connectivity in the human brain network. *PLOS ONE*, 8(4). e61157.
17. Sun, G., Li, L.& Li, M. (2011). Hyperthermia impaired pre-attentive processing: an auditory MMN study. *Neuroscience Letters*, 502(2).94–8.
18. Gaoua, N. (2010). Cognitive function in hot environments: a question of methodology. Review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20 (Suppl.3).60–70.
19. Schlader, Z.J., Gagnon, D.& Adams, A. (2015). Cognitive and perceptual responses during passive heat stress in younger and older adults. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 308(10).R847–54.
20. Laxe, S., Zuniga-Inestroza, L. & Bernabeu-Guitart, M. (2013). Neurological manifestations and their functional impact in subjects who have suffered heatstroke. Manifestaciones neurologicas y su impacto funcional en sujetos que han padecido un golpe de calor. *Revue Neurologique*, 56(1).19–24.
21. Guerrero, W.R., Varghese, S.& Wu, T.C. (2013). Heat stress presenting with encephalopathy and MRI findings of diffuse cerebral injury and haemorrhage/ *BMC Neurology*, 13.63.
22. Negahban, S.A.R., Aliabadi, M. & Mesdaraghiet, Y.B. (2014). Investigating the Association between Heat Stress and its Psychological Response to Determine the Optimal Index of Heat Strain. *Journal of Occupational Hygiene Engineering*, 1. 1.1-4.
23. Abbasi, M., Pourhossein, M.& Mohammadi, H. (2020). A review on the effect of heat stresses on cognitive functions. *Journal of Health and Safety oar Work*, 10(3). 251-262.
24. Rastegar, Z., Ravandi, M.R.G.& Zare, S. (2022). Evaluating the effect of heat stress on cognitive performance of petrochemical workers: A field study. *Heliyon*, 8. e08698. 1-7.
25. MacLeod, H., Cooper, S.& Bandelow, S. (2018). Effects of heat stress and dehydration on cognitive function in elite female field hockey players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 10.12. 1-12.
26. Nakata, H., Kakigi, R.& Shibasaki, M. (2021). Effects of passive heat stress and recovery on human cognitive function: An ERP study. *PLOS ONE*, 16(7). e0254769.
27. Burke, M., Hsiang, S.M.& Miguel, E. (2015). Climate and Conflict. *Annual Review of Economics*, 7. 577-617.
28. Burke, M., González, F.& Baylis, P. (2018). Higher temperatures increase suicide rates in the United States and Mexico. *Nature Climate Change*, 8.723–729.
29. Obradovich, N., Migliorini, R.& Mednick, S.C. (2017). Nighttime temperature and human sleep loss in a changing climate. *Science Advances*, 3. 5.
30. Rav-Acha, M., Shuvy, M.& Hagag, S. (2007). Unique Persistent Neurological Sequelae of Heat Stroke. *Military Medicine*, 172. 6. 603-606.
31. Ruggieri, M., Rosini, P. (2016). Permanent memory deficit on normal MRI after heat stroke after physical activity and sauna visits. *Internet Journal of Neurology and Neurotherapy*, 3. 3.050.
32. Epstein, Y., Yanovich, R. (2019). Heat stroke. *New England Journal of Medicine*, 380. 2449-2459.
33. Krishtafor, A.A. (2018). Bazivi printsipi profolaktiki kognitivnikh rozladiv ta vidnovlennja kognitivnikh funkciy pri kritichnikh stanakh. *Meditsina nevidkladnikh staniv*, 5(92).150-155.

Resume. In connection with the global warming of the climate, the number of victims due to general unintentional overheating of the body has increased significantly. Among the clinical signs of this pathological condition, disorders of cognitive functions are of some importance, but in



domestic available special scientific sources this issue is almost not paid attention to. Based on the results of foreign research and their own clinical experience, the authors were able to highlight the main patterns of occurrence, course and prognosis of disorders of cognitive functions in victims of heat stress and heat stroke. The authors hope that the collected information will be useful to military doctors, neurologists, specialists in intensive care and emergency services.

Key words: *heat stress, heat stroke, risk groups, cognitive dysfunction.*