



Co się dzieje z mózgiem pod wpływem stresu?

Stres staje się coraz powszechniejszym problemem. Większość z nas w swoim życiu doświadcza negatywnych konsekwencji stresu, a u niektórych osób stanowi on przyczynę chorób. Ogólnopolski raport z 2020 r. pt. „Sytuacja zdrowotna ludności Polski i jej uwarunkowania” ujawnia, że w kontekście zdrowia psychicznego to właśnie zaburzenia nerwicowe związane ze stresem są najczęściej rozpoznawane i to z ich powodu największy odsetek osób objęty jest leczeniem w ramach psychiatrycznej opieki ambulatoryjnej.

W artykule wyjaśniono, jak stres wpływa na funkcjonowanie ludzkiego organizmu. Odniesiono się do aktualnego stanu wiedzy i wyników badań nad funkcjonowaniem mózgu w warunkach stresu – uwzględniono zarówno zmiany strukturalne, jak i zmiany w aktywności elektrofizjologicznej.

Negatywne konsekwencje stresu

Stres, zwłaszcza długotrwały, może wyrządzić w ludzkim organizmie wiele szkód. Prowadzi do pogorszenia stanu zdrowia, m.in. do wystąpienia: problemów psychosomatycznych, chorób sercowo-naczyniowych, chorób mięśniowo-szkieletowych, częstszych infekcji górnych dróg oddechowych, infekcji wirusowych, astmy, opryszczki, chorób autoimmunologicznych i wielu innych. Pod wpływem stresu nasza podatność na zachorowania się zwiększa, a gojenie się ran przebiega znacznie wolniej. Przewlekły stres stanowi jedną z przyczyn rozwoju depresji i zaburzeń lękowych, a ponadto jest związany z wieloma przedklinicznymi markerami chorób, w tym m.in. chorób układu odpornościowego oraz układu sercowo-naczyniowego. Stres odpowiada za 75% przypadków chorób serca i naczyń krwionośnych^{1,2,3}.

Zdolność poznawcza i efektywność pracy

Doświadczenie stresu w miejscu pracy powoduje, że koszty ponosi nie tylko jednostka, lecz także całe społeczeństwo. Pod wpływem stresu spada

efektywność pracy, pojawia się więcej błędów i wypadków, spada jakość relacji interpersonalnych. Stres chroniczny prowadzi do spadku zdolności poznawczej i do poczucia pogorszenia stanu zdrowia. Długotrwałe podwyższenie poziomu kortyzolu, który jest hormonem stresu, przyczynia się do stopniowego zmniejszenia objętości hipokampu. Hipokamp jest strukturą mózgu, która odpowiada za procesy pamięciowe. Utrata objętości hipokampu łączy się z występowaniem kłopotów z pamięcią – ze zdolnością do zapamiętywania i przypominania sobie informacji.

Obserwowany jest także spadek wydajności pamięci roboczej, odpowiedzialnej za bieżące przetwarzanie i utrzymywanie informacji w pamięci. Koszty doświadczanego stresu i spadku efektywności pracy wynikają także z tego, że stres sprzyja ruminacji, czyli tendencji do ciągłego myślenia o danej sprawie. Pojawia się więcej negatywnych emocji. Badania ujawniają, że wzrost poziomu stresu pracowniczego w miejscu pracy zmniejsza ogólną wydajność firmy, co z kolei może prowadzić do ekonomicznego obciążenia całego społeczeństwa. Silny stres obniża zdolności poznawcze, przyczynia się do kłopotów z koncentracją, obniża zdolność uczenia się i rozwiązywania problemów, a także powoduje spadek sprawności pamięci krótko- i długoterminowej^{4,5,6}.

Zmiany strukturalne mózgu

Doświadczenie stresu znajduje odzwierciedlenie nie tylko w pogorszeniu się stanu zdrowia i spadku zdolności poznawczej – pod jego wpływem obserwowane są także zmiany na poziomie mózgowym. Wspomniana już struktura mózgu, jaką jest hipokamp, zmniejsza swoją objętość pod wpływem stresu. Hipokamp pełni istotną rolę w tworzeniu pamięci jawnej, w zapamiętywaniu zdarzeń. Za osłabianie się połączeń synaptycznych w hipokampie, hamowanie powstawania nowych połączeń, zanikanie wypustek synaptycznych i śmiertelność neuronów odpowiedzialne są kortyzol i inne glikokortykoidy. Zahamowanie powstawania nowych neuronów powoduje, że nie tworzą się nowe ślady pamięciowe, nowe wspomnienia.

Drugą strukturą mózgu podatną na stres jest ciało migdałowate. Ciało migdałowate jest związane z naszym funkcjonowaniem emocjonalnym.

¹ M. Kivimäki, S.T. Nyberg, G.D. Batty, E.I. Fransson, K. Heikkilä, L. Alfredsson i in. Job strain as a risk factor for coronary heart disease: a collaborative meta-analysis of individual participant data. *Lancet*. 2012, 380(9852): 1491-1497.

² P. Eddy, R. Heckenberg, E.H. Wertheim, S. Kent, B.J. Wright. A systematic review and meta-analysis of the effort-reward imbalance model of workplace stress with indicators of immune function. *Journal of Psychosomatic Research*. 2016, 91.

³ P. Eddy, E.H. Wertheim, M. Kingsley, B.J. Wright. Associations between the effort reward imbalance model of workplace stress and indices of cardiovascular health: a systematic review and meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2017, 83: 252-266.

⁴ S. Stansfeld, B. Candy. Psychosocial work environment and mental health – a meta-analytic review. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 2006, 32(6): 443-462.

⁵ A.I. Turner, N. Smyth, S.J. Hall, S. J. Torres, M. Hussein, S.U. Jayasinghe, K. Ball, A.J. Clow. Psychological stress reactivity and future health and disease outcomes: A systematic review of prospective evidence. *Psychoneuroendocrinology*. 2020, 114: 104599.

⁶ S. Pinheiro, J. Silva, C. Mota, J. Vaz-Silva, A. Veloso, V. Pinto i in. Tau mislocation in glucocorticoid-triggered hippocampal pathology. *Molecular Neurobiology*. 2015: 1-9.

Gdy często doświadczamy stresu, ciało migdałowe staje się bardziej reaktywne na to, co się nam przydarza. Coraz częściej doświadczamy lęku w związku ze zdarzeniami dla nas trudnymi. Ciało migdałowe, podobnie jak hipokamp, uczestniczy w tworzeniu śladów pamięciowych. Pomaga w budowaniu pamięci jawnej, zabarwiając wspomnienia emocjami. Jego nadaktywność w związku ze stresem często przyczynia się do pojawiania się negatywnych emocji i lęku, skojarzonych z różnymi sytuacjami. Lęk potrafi się utrzymywać przez długi czas, już niezależnie od występujących zdarzeń. Nieprzyjemne emocje – takie jak smutek, poczucie winy czy wstyd – ulegają wzmocnieniu. Wszystko to sprawia, że porażki i straty są wyolbrzymiane, a sukcesy i własne zdolności – niedoceniane. Nadwrażliwość ciała migdałowego i jednocześnie osłabienie hipokampu powodują, że wspomnienia – zniekształcone przez negatywne emocje – rejestrują się w pamięci niejawniej i wpływają na nasze funkcjonowanie. W konsekwencji pojawiają się reakcje emocjonalne bez uświadomienia sobie ich powodów i bez obiektywnej przyczyny^{7,8}.

Zmiany w aktywności elektrycznej mózgu

Objawy stresu obserwowane są także w aktywności elektrycznej mózgu mierzonej za pomocą elektroencefalografu (EEG). EEG wykorzystuje się często w badaniach fizjologicznych, by ocenić aktywność mózgu podczas pojawiania się reakcji stresowej, zwiększonego pobudzenia lub stanów emocjonalnych. Procesy emocjonalne znajdują odzwierciedlenie w spontanicznej aktywności EEG. Stan emocjonalny jest powiązany z występowaniem asymetrii w aktywności płatów czołowych. Wykazano, że silniejsza aktywacja przedniej prawej półkuli mózgu jest związana z negatywnymi emocjami i tendencjami do unikania, podczas gdy silniejsza aktywność lewej półkuli – z pozytywnymi emocjami i motywacją do zbliżania się^{9,10,11}.

Podczas stresu obserwowana jest większa aktywność w paśmie alfa EEG w półkuli prawej w stosunku do lewej. Dowiedziono tego w wielu warunkach eksperymentalnych – po wystawieniu na stresujące bodźce, takie jak smutne i radosne¹² oraz przerażające filmy¹³, także w przypadku chronicznego stresu oraz u studentów będących w trakcie sesji egzaminacyjnej¹⁴. Prawa półkula jest związana z negatywnymi emocjami, a lewa – z pozytywnymi.

⁷ J. Alfonso, A.C. Frasch, G. Flugge. Chronic stress, depression and antidepressants: effects on gene transcription in the hippocampus. *Reviews in the Neurosciences*. 2005, 16(1): 43-56.

⁸ E.J. Kim, B. Pellman, J.J. Kim. Stress effects on the hippocampus: a critical review. *Learning & Memory*. 2015, 22(9): 411-6.

⁹ S.J. Reznik, J.J.B. Allen. Frontal asymmetry as a mediator and moderator of emotion: An updated review. *Psychophysiology*. 2018, 55.

¹⁰ J.A. Coan, J.J.B. Allen. Frontal EEG asymmetry as a moderator and mediator of emotion. *Biological Psychology*. 2004, 67(12): 7-49.

¹¹ R.J. Davidson. What does the prefrontal cortex "do" in affect: perspectives on frontal EEG asymmetry research. *Biological Psychology*. 2004, 67: 219-33.

¹² S. Qin, E.J. Hermans, H.J. van Marle, L. Luo i in. Acute psychological stress reduces working memory-related activity in the dorsolateral prefrontal cortex. *Biological Psychiatry*. 2009, 66: 25-32.

¹³ A.J. Tomarken, R.J. Davidson, J.B. Henriques. Resting frontal brain asymmetry predicts affective responses to films. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1990, 59: 791.

¹⁴ R.S. Lewis, N.Y. Weekes, T.H. Wang. The effect of a naturalistic stressor on frontal EEG asymmetry, stress, and health. *Biological Psychology*. 2007, 75: 239-247.

Stan emocjonalny o pozytywnym zabarwieniu ujawnia większą aktywność alfa EEG w lewej półkuli. Objawy depresyjne są związane z przewagą aktywności w prawej półkuli mózgu w stosunku do lewej, co oznacza, że w lewej półkuli obserwowana jest większa moc w paśmie alfa niż w półkuli prawej. Asymetria czołowa występuje także w zaburzeniach lękowych i dotyczy aktywności w paśmie beta EEG. Zwiększona moc beta obserwowana jest w prawym płacie czołowym w stosunku do lewego. Zaburzenia lękowe to także zwiększona moc beta w odprowadzeniach ciemieniowych oraz centralnych, co z kolei łączy się z tendencją do ruminacji, z czynnościami obsesyjnymi i bezsennością. Dominacja rytmu beta w zakresie wysokich częstotliwości wskazuje na pobudzenie emocjonalne, doświadczanie stresu i lęku¹⁵.

Przewagę rytmu alfa obserwuje się podczas relaksu albo w warunkach o minimalnych wymaganiach poznawczych lub minimalnym napięciu emocjonalnym. Niektóre warunki, takie jak brak snu lub wykonanie zadania poznawczego, może wpływać na aktywność w paśmie alfa. Wzrost mocy w paśmie alfa obserwowany na obszarach potylicznych łączy się z uczuciem relaksu. Stan zwiększonej świadomości, np. pod wpływem medytacji, oznacza wyższą aktywność alfa w prawej półkuli mózgu. Moc alfa w zakresie niskich częstotliwości występuje w niektórych typach medytacji i powiązana jest ze zorientowaniem do wewnątrz. Moc w paśmie alfa wzrasta także podczas braku motywacji i zniechęcenia. Przewaga mocy w tym paśmie w lewej okolicy czołowej łączy się z depresyjnością, podobnie jak zmniejszona ilość fal beta. Zwiększenie mocy w paśmie beta poprawia przebieg procesów poznawczych. Inne pasmo – beta w zakresie wysokich częstotliwości – występuje z dużym natężeniem w mózgu zestresowanym. Dominuje w zachowaniach lękowych, w stanie wysokiego pobudzenia nerwowego, impulsywności, ekscytacji, nadmiernego stresu, napięcia emocjonalnego^{16,17,18}.

Podsumowanie

Doświadczanie stresu jest niejako wpisane w funkcjonowanie naszego organizmu. Nowoczesne metody pomiaru reakcji fizjologicznych, jak również neuroobrazowania mózgu, pozwalają na obserwowanie stanu organizmu w czasie rzeczywistym. Dane dostępne z tych pomiarów umożliwiają obiektywną ocenę, jak dana osoba doświadcza stresu, jakie pojawiają się u niej reakcje fizjologiczne i jakie to może mieć dla niej konsekwencje. Neuroobrazowanie mózgu pozwoliło na zrozumienie, co dzieje się z ludzkim organizmem na poziomie mózgowym, gdy człowiek zaczyna się stresować lub gdy doświadcza chronicznego stresu.

mgr Sylwia Sumińska (ORCID: 0000-0003-1335-3385)

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Kontakt: sysum@ciop.pl

Opracowano i wydano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2020-2022 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (projekt nr IV.PB.06. pt. „Identyfikacja czynników wpływających na efektywność treningu redukcji stresu opartego o mindfulness (MBSR) poprzez monitorowanie fizjologicznych parametrów reakcji stresowej”). Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

¹⁵ U.R. Acharya, S.V. Sree, P.C.A. Ang, R. Yanti, J.S. Suri. Application of non-linear and wavelet based features for the automated identification of epileptic EEG signals. *International Journal of Neural Systems*. 2012, 22.

¹⁶ J. Alonso, S. Romero, M. Ballester, R. Antonijoan i in. Stress assessment based on EEG univariate features and functional connectivity measures. *Physiological Measurement*. 2015, 36: 1351.

¹⁷ S. Seo, Y. Gil, J. Lee. The relation between affective style of stressor on EEG asymmetry and stress scale during multimodal task, in *Convergence and Hybrid Information Technology*. ICCIT'08. Third International Conference on. 2008: 461-466.

¹⁸ S.H. Seo, J.T. Lee. *Stress and EEG*: INTECH Open Access Publisher. 2010.

