

POMIAR REAKCJI STRESOWEJ W WARUNKACH LABORATORYJNYCH – PRZEGLĄD BADAŃ WYKORZYSTUJĄCYCH PROTOKOŁY WZBUDZANIA STRESU

MEASUREMENT OF STRESS RESPONSE IN LABORATORY SETTINGS –
A REVIEW OF STUDIES USING STRESS INDUCTION PROTOCOLS

Sylwia Sumińska

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy / Central Institute for Labour Protection – National Research Institute,
Warsaw, Poland
Zakład Ergonomii / Department of Ergonomics

STRESZCZENIE

Stres jest jedną z głównych przyczyn problemów ze zdrowiem psychofizycznym i prowadzi do spadku efektywności pracy. Odpowiednie metody diagnozowania poziomu stresu pozwalają na rzetelną weryfikację efektywności interwencji mających na celu jego redukcję, a także ocenę różnic indywidualnych w reaktywności na stres. Celem pracy było przeprowadzenie przeglądu dostępnych badań, w których wykorzystano najczęściej stosowane protokoły wzbudzenia stresu w warunkach laboratoryjnych i dokonano pomiarów stresu za pomocą parametrów fizjologicznych. Do przeglądu włączono badania wykorzystujące protokoły: MIST, MA, TSST, test Stroopa i PASAT, oraz uwzględniające pomiar aktywności mózgu i serca, stężenia kortyzolu oraz napięcia mięśniowego. Do analiz włączono prace dostępne w bazie PubMed i opublikowane w latach 2015–2021, w których badania przeprowadzono z udziałem zdrowych osób dorosłych. Analiza dostępnych badań ujawniła, że procedury wywołują zmiany aktywności autonomicznego układu nerwowego, układu sercowo-naczyniowego i mózgu. Ponadto TSST jest protokołem wykorzystywanym najczęściej do oceny poziomu stresu, różnic reaktywności na wzbudzony stres w zależności od różnic między osobami w poziomie natężenia cech osobowości bądź porównania konkretnych grup osób. W pomiarach wzbudzonego stresu zazwyczaj wykorzystuje się analizę stężenia kortyzolu w odpowiedzi na stres i zmiany w aktywności serca. Powszechnie stosowaną metodą w badaniach neuroobrazowych jest zadanie MIST. Analiza wyników badań ujawniła, że protokoły, oprócz wzbudzania typowej reakcji fizjologicznej, w przypadku niektórych osób łączą się z osłabieniem reakcji fizjologicznych na stres. *Med. Pr.* 2022;73(3):251–270

Słowa kluczowe: stres, aktywność mózgu, reakcje fizjologiczne, laboratoryjne protokoły stresu, wzbudzenie stresu, aktywność sercowo-naczyniowa

ABSTRACT

Stress is one of the main reasons for deterioration in mental and physical health, and it leads to a decrease in work efficiency. Providing appropriate methods of diagnosing the level of stress allows for making a reliable verification of the effectiveness of stress reduction interventions and for assessing individual differences in reactivity to stress. The aim of this study was to review the available studies that use the most common stress induction protocols in laboratory settings and measure psychophysiological reactions to stress. The review included research using the following protocols: MIST, MA, TSST, Stroop Test and PASAT, and measuring brain activity, heart activity, cortisol levels and muscle tones. The analyzes included papers available in the PubMed database, published in 2015–2021, in which studies were conducted on healthy adults. The analysis of the available studies revealed that the protocols induced changes in the activity of the autonomic nervous system, the cardiovascular system and brain activity. Moreover, TSST is a protocol that is most often used to assess the level of stress and differences in reactivity to induced stress depending on individual differences in personality traits, and to make the comparison of specific groups of people. Measurements of induced stress are usually done by analyzing the cortisol levels in response to stress and changes in heart activity. The MIST test is a commonly used method in neuroimaging studies. The analysis of the research results has revealed that the protocols, beside inducing a typical physiological response, are associated with blunting the physiological response to stress in some people. *Med Pr.* 2022;73(3):251–70

Key words: stress, brain activity, physiological responses, laboratory stress protocols, stress induction, cardiovascular activity

Autorka do korespondencji / Corresponding author: Sylwia Sumińska, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ergonomii, ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa, e-mail: sysum@ciop.pl
Nadesłano: 25 stycznia 2021, zatwierdzono: 15 marca 2022

WSTĘP

Stres jest traktowany jako jeden z powszechniejszych problemów. Przyczynia się do słabszych wyników zdrowotnych i subiektywnie postrzeganego stanu zdrowia. Stres związany z pracą powoduje wyczerpanie fizyczne i psychiczne, spadek wydajności, wzrost liczby błędów i wypadków oraz zmniejszenie efektywności pracy. Ponadto przyczynia się do wzrostu liczby zwolnień lekarskich i rezygnacji z pracy, a w konsekwencji zwiększa koszty ekonomiczne zarówno przedsiębiorstw, jak i państwa [1–3].

Stres wywołuje w organizmie wiele zmian fizjologicznych, takich jak przyspieszony rytm serca, szybszy oddech, zwiększona potliwość, wzrost napięcia mięśni oraz wyłączenie funkcji pochłaniających energię, np. trawienia. Na poziomie psychologicznym pojawia się pobudzenie emocjonalne, emocje, takie jak gniew, lęk i agresja, nastroj ulega pogorszeniu, a samoocena spada.

Przegląd dotyczący związku między stresem a sygnałami fizycznymi i fizjologicznymi wyróżnia kilka wskaźników wykorzystywanych w badaniach i dowodzących wzbudzonego stresu [4]. Czułym wskaźnikiem stresu jest częstość skurczów serca (*heart rate* – HR), która wzrasta wraz z jego poziomem. Wraz ze wzrostem odczuwanego stresu nasila się także reakcja skórno-galwaniczna (inaczej: przewodnictwo skórne lub aktywność elektrodermalna). Ponadto w warunkach stresu zmniejszony jest wskaźnik asymetrii fal alfa EEG.

Dowiedziano również, że stres ujawnia się w zmianach takich parametrów jak zmienność rytmu serca (*heart rate variability* – HRV) – wzrost wskaźnika LF/HF HRV [stosunek HRV o niskiej częstotliwości (*low frequency*) do HRV o wysokiej częstotliwości (*high frequency*)] oraz spadek SDNN HRV (odchylenie standardowe od średniej wartości wszystkich odstępów RR, tzn. odstępów między poszczególnymi uderzeniami serca), a także wzrostach ciśnień skurczowego i rozkurczowego, częstości oddechów, wysokości głosu, napięcia mięśniowego, potliwości i przepływu krwi z narządów wewnętrznych do mózgu i mięśni oraz w rozszerzeniu źrenic.

Zmienność rytmu serca jest parametrem, który pozwala na analizę długości odcinków między poszczególnymi uderzeniami serca. Analizuje się go w domenie czasu i częstotliwości, gdzie częstotliwość odnosi się do mocy widma. Zmienność rytmu serca jest odzwierciedleniem obu części autonomicznego układu nerwowego i dodatkowo jest modulowana przez aktywność baro- i chemo-receptorów oraz układu renina-angiotensyna-aldosteron.

Stosunek mocy gęstości widma niskich częstotliwości do wysokich (LF/HF HRV) jest wskaźnikiem osiągnięcia równowagi współczulno-przywspółczulnej, a jego obniżenie świadczy o wzroście roli układu współczulnego. Ponadto wykazano, że niższe wskaźniki HRV łączą się z występowaniem wielu chorób, a wyższe HRV oznaczają większe zdolności adaptacyjne organizmu i lepszy stan zdrowia [5].

Istnieje wiele wystandaryzowanych metod oceny stresu w warunkach kontrolowanych, które wywołują zmiany fizjologiczne w organizmie oraz powodują konsekwencje na poziomach poznawczym, emocjonalnym i behawioralnym [4]. W badaniach, w których wpływa się na samopoczucie w celu wzbudzenia pozytywnego lub negatywnego afektu, wykorzystuje się *International Affective Picture System* (IAPS) [6], czyli zdjęcia nacechowane emocjonalnie, które są prezentowane badanym na ekranie komputera. Jako stresor jest także traktowany test Stroopa [7], w którym należy wskazać kolor prezentowanego słowa, a którego wariant konfliktowy wynika z rozbieżności między kolorem czcionki a nazwą koloru, którą dane słowo oznacza, i konieczności hamowania automatycznej reakcji w celu udzielenia poprawnej odpowiedzi.

Do wzbudzania stresu wykorzystuje się także rozwiązywanie zadań arytmetycznych, np. *Mental Arithmetic Task* (MA), oraz test polegający na dodawaniu liczb *Paced Auditory Serial Addition Test* (PASAT) [8]. Oryginalny PASAT składa się z listy liczb prezentowanych kolejno z nagrania w odstępach o różnej długości. Zadaniem badanych jest dodanie usłyszanej liczby do tej, która pojawiła się przed chwilą, i podanie wyniku działania. Liczbę trzeba dodawać do poprzedniej, a nie do uzyskanego wyniku (np. drugą do pierwszej, a następnie trzecią do drugiej). Zadanie składa się z kilku serii liczb, między którymi są przerwy. W części treningowej zadania prezentowanych jest mniej liczb z odstępami wynoszącymi np. 2,4 s. Część główna składa się z 4 serii po 61 liczb każda (liczby od 1 do 9 są prezentowane w kolejności losowej). W wersji oryginalnej prezentowano liczby kolejno co 2,4 s, 2,0 s, 1,6 s i 1,2 s. Prezentacja jednej liczby trwa ok. 0,4 s.

Inne zadanie wzbudzające stres to *Montreal Imaging Stress Task* (MIST) [9]. Jest to komputerowy protokół wzbudzania stresu wykorzystywany w badaniach neuroobrazowych, który polega na rozwiązywaniu w pamięci zadań arytmetycznych pod presją czasu i wysokiej poprawności odpowiedzi wraz z informacją zwrotną o rezultatach działań. Test składa się z 2 części – kontrolnej i stresowej.

Podczas części kontrolnej badani rozwiązują zadania arytmetyczne, a w części stresowej dodatkowo otrzymują informację zwrotną o rezultatach własnych działań. W tej części po każdej odpowiedzi wyświetla się komunikat, czy zadanie zostało rozwiązane poprawnie („dobrze”), niepoprawnie („źle”) oraz czy badany zmieścił się w limicie czasu („czas minął”). Ponadto podczas wyświetlania zadań pojawia się linia postępu wskazująca na upływający czas. Limit czasu jest ustalony na podstawie części kontrolnej i dla każdego bloku skrócony o 10%. Badani otrzymują także informację dotyczącą odniesienia własnego wyniku do wyników innych osób. Ponadto są oni motywowani do osiągnięcia wysokiej poprawności odpowiedzi, a nad przebiegiem badania czuwa oceniający eksperymentator. W protokole trudność zadania i limit czasowy są tak ustalone, aby przekraczały możliwości poznawcze badanego.

Do protokołów wzbudzania stresu w warunkach laboratoryjnych należy także *Trier Social Stress Test* (TSST) [10], czyli test łączący konieczność przemawiania przed publicznością, po wcześniejszym kilkuminutowym przygotowaniu wypowiedzi, z ustnym rozwiązywaniem zadań arytmetycznych. Składa się on z 3 lub 4 części, którymi w wersji klasycznej są: przygotowanie mowy (10 min), wypowiedź (5 min), rozwiązywanie zadania arytmetycznego (5 min) i odpoczynek (*debriefing*) (5 min).

Podczas testu uczestnicy są wprowadzani do pokoju, w którym przy stole siedzi 3 asystentów badawczych ubranych w białe fartuchy. Badani przemawiają przed mikrofonem w pomieszczeniu, w którym jest zainstalowana kamera. Wcześniej przygotowują przemówienie, którego tematem jest np. uzasadnienie, dlaczego są idealnym kandydatem do swojej wymarzonej pracy. Po zakończeniu wypowiedzi muszą odejmować kolejno liczbę 13, rozpoczynając od 1022. Jeśli popełnią błąd, zaczynają odejmowanie od początku.

Asystenci badawczy są instruowani, żeby utrzymać neutralny afekt niezależnie od tego, co mówi lub robi uczestnik. Badani są informowani, że po zakończeniu ich wystąpienia zostanie ono ocenione pod względem głosu i zachowań niewerbalnych. Jeśli badany skończy wypowiedź przed czasem, jest proszony o jej kontynuowanie. Na zakończenie przekazuje się badanemu informację o celu testu i o tym, że żadna analiza nagrania nie będzie prowadzona. W warunkach kontrolnych tego zadania badani zazwyczaj czytają artykuł naukowy po cichu, a następnie wykonują zadanie matematyczne bez żadnej oceny społecznej [11].

W badaniach wykorzystuje się także *Cold Pressor Test* (CPT) [12], który polega na zanurzeniu ręki w zimnej wodzie do momentu pojawienia się bólu.

Z uwagi na rosnącą liczbę osób doświadczających stresu konieczne jest zapewnienie odpowiednich metod diagnozowania jego poziomu. Może być on oceniany za pomocą miar subiektywnych lub oceny reakcji fizjologicznych organizmu na stres w warunkach naturalnych bądź laboratoryjnych poprzez zastosowanie procedury jego indukowania.

W niniejszej pracy dokonano przeglądu badań wykorzystujących najpopularniejsze protokoły wzbudzania stresu, które można stosować w warunkach laboratoryjnych i które są traktowane jako stresor psychospołeczny, oraz łączące się z presją czasu, presją osiągnięcia wysokiego poziomu wykonania zadania, oceną społeczną lub obecnością innych osób, a których celem nie jest wzbudzenie określonego afektu, jak w przypadku IAPS, ani wywołanie stresu poprzez powodowanie bólu, jak w przypadku CPT. Celem przeglądu była weryfikacja, w jakim celu są wykorzystywane konkretne protokoły, za pomocą jakich metod dokonywany jest pomiar stresu, jakie reakcje fizjologiczne pojawiają się po wzbudzeniu stresu konkretną procedurą oraz – jeśli autorzy podejmują ten temat – czy różnica w odpowiedzi na stres wynika z charakterystyki badanej grupy.

METODY PRZEGLĄDU

Dokonano przeglądu publikacji dostępnych w bazie PubMed i wybrano prace, które wykorzystują metody indukowania stresu oraz analizują jego wzbudzenie poprzez pomiar fizjologicznych reakcji organizmu (EEG, EKG, EMG, stężenie kortyzolu). Wybrano najpopularniejsze procedury: MIST, MA, test Stroopa, PASAT i TSST. Zastosowano kombinacje słów kluczowych: „EEG”, „EKG”, „HRV”, „EMG”, „cortisol”, „MIST”, „Stroop Task”, „PASAT”, „TSST”, „Montreal Imaging Stress Task”, „Trier Social Stress Test”, „Mental Arithmetic Task” i „psychophysiological response to stress”.

Do analiz włączono tylko prace aktualne, ograniczając lata publikacji do 2015–2021. Uwzględniono badania, które były prowadzone z udziałem osób dorosłych (19–64 r.ż.), zdrowych, bez chorób fizycznych i psychicznych, ale cechujących się nasileniem określonych cech bądź będących w grupie ryzyka zaburzeń psychicznych. Wykluczono doniesienia z badań pilotażowych i krótkich doniesień naukowych (*short communication*). Z uwagi na ograniczenia dostępu do niektórych publikacji przeanalizowano prace ogólnodostępne

i anglojęzyczne. Przegląd przeprowadzono w styczniu 2021 r.

Z analiz wyłączono prace, które dotyczyły wpływu stresu lub różnego rodzaju interwencji na sprawność poznawczą, a także oceny wybranych aspektów sprawności poznawczej bądź zmęczenia poznawczego. Nie uwzględniono prac, w których nie analizowano reakcji fizjologicznych na stres, badań przeprowadzonych w grupach chorych (np. na stwardnienie rozsiane, schizofrenię, zespół lęku uogólnionego, zaburzenia odżywiania, doświadczanie przewlekłego szumu w uszach lub zespół pęcherza nadreaktywnego) oraz prac, które dotyczyły zmiennych biologicznych wzbudzonego stresu, np. wpływu genów, białek, receptorów, peptydów lub neuromodulatorów, a także tych, w których autorzy wyróżniali pochodzenie etniczne badanych. Ponadto wyłączono z analiz prace opisujące badania nad rzetelnością procedury wzbudzania stresu i z wykorzystaniem metod klasyfikacji SVM (*support vector machine*). Uwzględniono badania, w których analizie poddano zmienne indywidualne w reaktywności na procedurę.

WYNIKI PRZEGLĄDU

Wyniki przeglądu uwzględniają prace z wykorzystaniem TSST (N = 32), MIST (N = 8), MA (N = 4) i PASAT (N = 3). Wszystkie prace, w których badani wykonywali test Stroopa, dotyczyły jedynie analizy sprawności poznawczej, a nie stresu, i dlatego wyłączono je z przeglądu. Zadanie PASAT często było wykorzystywane do oceny sprawności poznawczej u chorych na stwardnienie rozsiane i również te badania zostały wykluczone.

Paced Auditory Serial Addition Test (PASAT)

W 1 badaniu, w którym wykorzystano PASAT, podjęto próbę sprawdzenia, jaka długość odstępów między prezentowanymi liczbami wywołuje największy subiektywnie postrzegany stres i najbardziej nasilone zmiany w autonomicznym układzie nerwowym. Sprawdzone warunki z przerwami między liczbami wynoszącymi: 1,2 s, 1,6 s, 2,4 s, i 3,6 s, a zadaniem badanych było dodawać usłyszaną liczbę do zaprezentowanej przed chwilą. Wyniki te porównano do warunku kontrolnego, który polegał na powtórzeniu ostatniej usłyszanej liczby, a liczby te prezentowano z odstępami 2,4 s. Każda z części trwała 5 min, między którymi było 5 min przerwy na regenerację. Całość zajmowała 70 min.

Wyniki ujawniły, że poprawność odpowiedzi spadała wraz z wydłużeniem przerwy między prezentowanymi liczbami, ale najszybciej prezentowany ciąg liczb

wywoływał najwyższe subiektywnie postrzegane poziomy stresu, trudności i irytacji. Warunek kontrolny powodował natomiast niższe poziomy stresu, trudności i irytacji w porównaniu z odpowiadającym mu warunkowi stresu (odstęp 2,4 s). Jako nowe elementy procedury wprowadzono warunek z długimi przerwami, czyli 3,6 s, i warunek kontrolny. Badania te potwierdziły, że między odstępami 1,2 s, 1,6 s i 2,4 s nie było istotnych różnic w odpowiedzi autonomicznego układu nerwowego. Różnice wykazano natomiast między odstępem 2,4 s w warunkach kontrolnym i stresowym dla średnich odstępów RR w cyklu pracy serca, ciśnień skurczowego i rozkurczowego, pojemności minutowej serca (*cardiac output*) oraz częstości oddechów w odniesieniu do poziomu wyjściowego. Na tej podstawie stwierdzono, że warunek stresowy wywołuje większe reakcje fizjologiczne na wzbudzony stres niż warunek kontrolny. Ponadto badani jako najbardziej stresujące ocenili szybkie tempo prezentacji liczb [13].

W badaniu, w którym wykorzystano zarówno PASAT, jak i CPT, wykazano, że doświadczanie trudnych zdarzeń we wczesnym okresie życia, takich jak odseparowanie od rodziców, adopcja lub pobyt w instytucji opiekuńczej, było związane z osłabioną reaktywnością osi podwzgórze-przysadka-nadnercza (*hypothalamic-pituitary-adrenal axis* – HPA), czyli słabszym wydzielaniem kortyzolu, w porównaniu z grupą kontrolną, ale bez wpływu na reakcje sercowo-naczyniowe. Badani ci osiągnęli także niższą poprawność odpowiedzi. Obserwowany gorszy poziom wykonania zadania w tej grupie może być wynikiem doświadczeń z przeszłości. Badani jednocześnie wykonywali PASAT, w tym przypadku 64 liczby prezentowane z 2,5-sekundowym opóźnieniem, wraz z CPT, który polegał na zanurzeniu 2 stóp w misce z zimną wodą (temp. 2–3°C). Po 15 s od zanurzenia stóp uczestnicy wykonywali PASAT przez 160 s [14].

W innym badaniu, w którym także zastosowano PASAT i CPT, sprawdzano, jak mechanizm osłabienia reakcji fizjologicznych wyjaśnia wytrwałość w zadaniu oraz własne postrzeganie wytrwałości w tym zadaniu. Czas trwania PASAT wynosił 4 min. Podczas pierwszych 2 min liczby prezentowano z 2-sekundowym opóźnieniem, a następnie wprowadzono presję czasową i odstęp skrócono do 1 s. Przy badanym czuwał ubrany w biały fartuch eksperymentator, który oceniał poziom wykonania zadania. Każdy z badanych otrzymał 1000 pkt i tracił 5 pkt za każdą pomyłkę. Na koniec zadania badani słyszeli dźwięk, który – jak im powiedziano – był uzależniony od poziomu wykonania zadania. Ponadto wynik badanych był porównywany z wynikami innych

uczestników oraz badani byli poinformowani, że będą nagrywani, a ich mowa ciała zostanie oceniona przez niezależnych ekspertów, co jednak nie następowało.

Badani uczestniczyli także w CPT, który polegał na zanurzeniu ręki w zimnej wodzie przez 4 min. Procedura obejmowała: 10 min okresu adaptacyjnego, 10 min stanu spoczynkowego, 4 min PASAT, 4 min odpoczynku, 4 min CPT i wykonanie zadania polegającego na obrysowywaniu figur w kształcie puzzli. W badaniu wykazano, że mniejsza reaktywność ciśnień skurczowego i rozkurczowego w odpowiedzi na PASAT była powiązana z mniejszą liczbą prób rozwiązania trudnego zadania, traktowanych jako gorsza wytrzymałość, a niższe ciśnienie rozkurczowe krwi w odpowiedzi na PASAT było powiązane z krótszym czasem wytrwania w zadaniu. Osłabione reaktywności ciśnienia rozkurczowego i HR podczas PASAT okazały się związane z gorszą wytrzymałością w trzymania ręki w lodowatej wodzie. Nie wykazano związku między reaktywnością HR a wytrzymałością opisywaną przez samych badanych. Wyniki te potwierdzają, że mniejsza reaktywność, głównie HR i ciśnienia rozkurczowego, łączy się z mniejszą wytrzymałością w zadaniu [15].

W badaniach z zastosowaniem PASAT testowano hipotezę obniżonej reaktywności na stres w pewnych grupach osób. Wykazano, że obniżona reaktywność na stres, np. w postaci mniejszej zmienności ciśnienia tętniczego, jest powiązana z mniejszą wytrzymałością w zadaniu poznawczym i gorszą tolerancją stresu [15]. Ponadto zauważono osłabione wydzielanie kortyzolu w odpowiedzi na stres u osób, które w przeszłości doświadczyły trudnych zdarzeń, co łączyło się także z niższą poprawnością odpowiedzi w zadaniu, w którym badani byli oceniani [14].

Osłabienie reakcji fizjologicznych jest traktowane jako mechanizm nieadaptacyjny wpływający na sposób radzenia sobie ze stresem [14,15]. Osoby, u których obserwuje się ten mechanizm, nie podejmują się aktywnego radzenia sobie ze stresem, stres nie jest dla nich wyzwaniem, któremu mogą sprostać, szybciej się wycofują z rozwiązania oraz pozostają pasywni. Badania te pozwoliły uchwycić funkcjonowanie osób obarczonych trudnymi doświadczeniami i będących w grupie ryzyka problemów ze zdrowiem. Wykazano także, że szybkie tempo prezentacji liczb jest bardziej stresujące dla badanych niż tempo wolne [13]. Analizowane prace uwzględniały pomiary ciśnienia tętniczego, częstości skurczów serca i stężenia kortyzolu oraz wszystkie traktowały zadanie PASAT jako metodę do oceny reaktywności organizmu na stres.

Mental Arithmetic Task (MA)

W badaniach wykazano, że wykonywanie zadań arytmetycznych w pamięci, będące stresem poznawczym, wywołuje zmiany aktywności autonomicznego układu nerwowego. W badaniu po 10 min pomiaru stanu spoczynkowego uczestników instruowano, na czym będzie polegało zadanie, które następnie wykonywali przez 5 min. Ich zadaniem było kolejno odejmowanie liczby 7 od zaprezentowanej liczby 3-cyfrowej. Wyniki pokazały, że MA powoduje wzrosty HR, ciśnień skurczowego i rozkurczowego oraz pojemności minutowej serca. Ponadto wykazano, że HF HRV spada podczas MA, ale LF i wskaźnik LF/HF HRV dopiero w drugiej jego połowie. Wyniki te wskazują, że zadanie spowodowało u badanych mobilizację do działania oraz że podejmowali oni próbę aktywnego poradzenia sobie ze stresem, co stwierdzano na podstawie reakcji fizjologicznych organizmu [16].

Wykazano, że objawy depresyjne wiązały się z mniejszym ciśnieniem skurczowym i niższym HR w odpowiedzi na MA, a objawy lękowe – z mniejszym ciśnieniem skurczowym. Nie zaobserwowano natomiast, by niższa reaktywność HR podczas wykonywania zadania przemawiania i podczas CPT towarzyszyła objawom depresyjnym. W badaniu wzbudzano stres za pomocą 3 procedur.

Wykorzystano procedurę rozumianą jako stres aktywny, czyli MA, która polegała na odejmowaniu kolejno liczby 13, zaczynając od 1079, w obecności eksperymentatora, który czuwał nad przebiegiem wykonywania obliczeń, oraz zadanie przemawiania, podczas którego badani przygotowywali wypowiedź przez 2 min, a następnie prezentowali ją przez 3 min przed kamerą. Procedurą rozumianą jako stres bierny był CPT polegający na zanurzeniu ręki w wodzie o temp. 7°C oraz pozostawieniu jej tam tak długo, jak to możliwe, ale nie dłużej niż 2 min. Wykazano, że zadanie MA, które wymaga aktywnego radzenia sobie ze stresem, nie powoduje uruchomienia takiego mechanizmu u osób, które miały objawy depresyjne lub lękowe, u których zaobserwowano osłabioną reaktywność na ten rodzaj stresu [17].

W innym badaniu sprawdzono, jak stres wpływa na apetyt u zdrowych, nieotyłych mężczyzn podczas okresu niejedzenia. Uczestnicy wzięli udział w 2 pomiarach, w warunkach stresowym i kontrolnym, z około tygodniową przerwą między sesjami. Stres stanowiło zadanie mówienia i dokonywania obliczeń matematycznych (*speech-and-mental-arithmetic task*), które było wykonywane po obejrzeniu zdjęć przedstawiających jedzenie. W trakcie oglądania zdjęć dokonywano pomiaru za

pomocą magnetoencefalografii (MEG). Warunek kontrolny polegał na przemawianiu i dokonywaniu obliczeń arytmetycznych, natomiast w warunku stresowanym badanym powiedziano, że po obejrzeniu serii zdjęć zostaną jeszcze raz poproszeni o wzięcie udziału w badaniu, ponieważ ich wyniki były za niskie. Część ta jednak nie następowała. Zadanie polegało na przemawianiu przez 3 min, a następnie odejmowaniu kolejno liczby 13 lub 14 od liczby 4-cyfrowej także przez 3 min. Badani byli poinformowani, że ich wypowiedź i wykonanie zadań arytmetycznych będą oceniane przez eksperymentatora. Na koniec odbywała się 15-minutowa część spoczynkowa.

Wykazano, że subiektywny poziom stresu był wyższy po zadaniu przemawiania niż przed nim w obu warunkach, zarówno kontrolnym, jak i stresowym, natomiast w warunku stresowym wykazywał tendencję do wzrostu także po pomiarze za pomocą MEG, gdzie prezentowano zdjęcia. Aktywność układu współczulnego oceniana jako LF/HF podczas pomiaru MEG była zwiększona w stanie stresu w porównaniu z warunkiem kontrolnym, natomiast subiektywny poziom apetytu mierzony przed sesją MEG stopniowo wzrastał w porównaniu z pomiarem przed przemową i był wyższy także po sesji MEG w warunku kontrolnym. Zmniejszenie mocy w paśmie alfa EEG w obszarach czołowych, spowodowane oglądaniem obrazów żywności, było większe podczas stresu niż w warunku kontrolnym. Wzrost apetytu obserwowany tylko w warunkach kontrolnych może sugerować, że stres tłumi odczuwanie apetytu, gdy badani są głodni [18].

W kolejnym badaniu przeprowadzono analizę oddychania podczas wzbudzonego stresu. Protokół eksperymentalny obejmował odpoczynek na plecach trwający 15 min, podniesienie głowy i utrzymywanie jej w pozycji pochylonej pod kątem 45° przez 8 min, by wywołać umiarkowany stres ortostatyczny, odpoczynek na plecach przez 10 min, MA przez 6 min i kolejny odpoczynek przez 10 min. Zadanie MA polegało na sumowaniu wszystkich liczb odpowiadających cyfram w liczbach 3-cyfrowych aż do osiągnięcia wyniku 1-cyfrowego, a następnie ocenieniu, czy uzyskana liczba jest parzysta czy nieparzysta.

Okazało się, że podczas podniesienia głowy objętość oddechowa wzrastała, a częstość oddechów zmniejszała się, a podczas MA częstotliwość oddechu i objętość oddechowa wzrastały. Reakcja oddechowa na stres psychiczny była większa u mężczyzn w porównaniu z kobietami, mimo istotnie wyższego subiektywnie odczuwanego poziomu stresu u kobiet. Ponadto pod

wpływem zarówno stresu ortostatycznego, jak i MA większość miar HRV w dziedzinie czasu i częstotliwości obniżyła się, z wyjątkiem LF HRV, który jedynie obniżył się pod wpływem stresu ortostatycznego. Wskaźnik zmian w aktywności serca powiązany z oddechem (*respiratory sinus arrhythmia*) obniżył się pod wpływem zarówno stresu ortostatycznego, jak i MA. Badacze porównywali 2 rodzaje stresu – mentalny oraz ortostatyczny – i wykazali, że oba powodowały spadek aktywności układu przywspółczulnego [19].

Przeprowadzony przegląd badań uwzględnia 4 prace z wykorzystaniem MA. Badacze traktują wykonywanie zadań arytmetycznych jako źródło stresu, które wywołuje wiele zmian w aktywności sercowo-naczyniowej [16,17] i częstotliwości oddechu [19] oraz powoduje, że moc w paśmie alfa EEG, które to fale są odpowiedzialne za pojawienie się stanu odprężenia, zmniejsza się [18]. Wyniki te potwierdzają, że MA nasila reakcje fizjologiczne w odpowiedzi na stres i wzmacnia mobilizację organizmu [16]. Mechanizm ten ulega jednak osłabieniu u osób, które chorują na depresję, co było obserwowane w słabszej reaktywności ciśnienia tętniczego w odpowiedzi na MA [17]. Wyniki te są spójne z wynikami dotyczącymi PASAT, gdzie także zaobserwowano osłabienie reakcji fizjologicznych w niektórych grupach osób [14,15].

Montreal Imaging Stress Task (MIST)

Analiza dostępnych prac wskazuje, że MIST jest najczęściej stosowany do oceny czynnościowej aktywności mózgu [20–24]. Wykorzystuje się także pomiar reakcji skórno-galwanicznej [20,22] i miary subiektywne [21]. Badania w grupie osób z otyłością, a także powiązanie alkoholu z doświadczaniem stresu uwzględniają zmiany sercowo-naczyniowe [24,25].

W jednym z badań z wykorzystaniem MIST uczestnicy wykonywali zmodyfikowaną wersję tego zadania. Skanowanie mózgu za pomocą czynnościowego rezonansu magnetycznego (fMRI) odbywało się podczas warunków kontrolnego i stresowego. Każda część trwała ok. 8 min i składała się z 54 zadań arytmetycznych. Przed badaniem wykonywano zadania próbne, by pozwolić uczestnikom zapoznać się z poziomem trudności zadań. Każde zadanie było wyświetlane przez 6 s, natomiast na początku każdej serii zadanie i możliwe odpowiedzi mieszczące się w przedziale 1–9 były prezentowane przez 0,5–5 s. Po wyborze odpowiedzi wyświetlał się punkt fiksacji przez 0,5–5 s, a następnie informacja zwrotna o wyniku działania, czyli komunikat „dobrze”, „źle” lub „czas minął”. Między zadaniami

było 1–3 s przerwy. Poziom trudności był taki sam w obu warunkach zadania.

W części kontrolnej badani zostali poinformowani, że nie muszą wykonać wszystkich zadań poprawnie, mieli 5 s na udzielenie odpowiedzi i zawsze otrzymywali informację zwrotną o tym, że zadanie zostało wykonane poprawnie. W części stresowej informacja była odwrotna i badani słyszeli, że muszą wykonać wszystkie zadania poprawnie, ponieważ w innym przypadku ich dane z badania nie będą mogły być wykorzystane. Po każdej odpowiedzi otrzymywali wcześniej nagraną negatywną informację zwrotną. Ponadto manipulowano czasem przeznaczonym na udzielenie odpowiedzi, by tylko ok. 50% zadań mogło zostać wykonanych poprawnie.

Wykazano, że w obszarach mózgu odpowiedzialnych za regulację emocji i przetwarzanie emocjonalne pojawia się wyższa aktywność podczas rozwiązywania części stresowej MIST. Ujawniono, że aktywność w brzuszo-przyśrodkowej i grzbietowo-bocznej korze przedczołowej była większa u osób, które zgłosiły wyższe poczucie stresu podczas części stresowej MIST, niż w grupie kontrolnej oraz że aktywność w grzbietowo-bocznej i grzbietowo-przyśrodkowej korze przedczołowej była większa u osób z silniejszą reakcją skórno-galwaniczną. Ponadto wykazano, że wraz ze wzrostem reakcji skórno-galwanicznej wzrasta aktywność w ciele migdałowatym. Reakcja skórno-galwaniczna, HR i subiektywnie postrzegany poziom stresu były wyższe w warunku stresowym niż kontrolnym [20].

W innym badaniu sprawdzano, czy wzbudzenie stresu za pomocą MIST będzie odmiennie wpływać na osoby palące papierosy regularnie, ale poproszone o niepalenie przez 24 godz. przed badaniem, oraz osoby, które mogły palić przez ten czas. W tym badaniu MIST składał się z części kontrolnej i stresowej. Elementami części stresowej były informacje zwrotne o wynikach działań oraz o własnym i średnim poziomie wykonania zadania. Po zakończeniu testu wszyscy uczestnicy zostali poinformowani, że zadanie zostało tak zaprojektowane, żeby było trudne do wykonania, a negatywna informacja zwrotna nie była związana z ich rzeczywistymi wynikami i została uwzględniona tylko w celu zwiększenia poziomu stresu.

Wykazano, że subiektywne miary stresu wzrastają po MIST w porównaniu z poziomem wyjściowym w obu grupach. Aktywność mózgu zwiększała się pod wpływem MIST w 4 rejonach mózgu: zakręcie czołowym dolnym, korze zakrętu obręczy, przedklinku i zakręcie nadbrzeżnym w grupie z deprivacją nikotyny,

co wskazuje, że te obszary mózgu są najwrażliwsze na jej deprivację i aktywują się w stresie. Wyższą aktywność zaobserwowano u osób poddanych deprivacji nikotyny, ale nie było związku między odpowiedzią mózgu a subiektywnym poziomem stresu [26].

Wykazano także, że stres wzbudzony za pomocą zadania MIST, którego przebieg został opisany przez badaczy [20], i oceniany za pomocą pomiaru stężenia kortyzolu, był powiązany ze spadkiem efektywności przepływu informacji przez mózg u osób, u których wzbudzono stres, w porównaniu z grupą kontrolną. Osoby, których reakcja na stres była największa, cechowały się najmniej wydajną pracą sieci mózgowych. Podczas zadania MIST ujawniono spadek centralności rejonów mózgu, czyli spadek skoordynowanej aktywności w danym obszarze mózgu, jego połączenia z innymi obszarami w sieci mózgowej, które są powiązane z procesem regulacji emocji, czyli hipokamperem, brzuszną korą przedczołową i korą obręczy. Centralność ciała migdałowatego okazała się dodatkowo skorelowana z wydzielaniem kortyzolu. Wyniki te wskazują, że mózg pod wpływem stresu jest mniej efektywny [21].

W innym badaniu sprawdzano różnice międzypłciowe w stosowaniu strategii radzenia sobie ze stresem u osób, które doświadczają stresu przewlekłego. Analizowano poziom otyłości i tendencję do jedzenia jako sposób radzenia sobie ze stresem, traktowane jako uwarunkowane ewolucyjne. Zadanie MIST trwało 10 min i zawierało standardowe elementy tej procedury [9]. Wykazano, że kobiety, które są narażone na przewlekły stres, cechowały się niższym poziomem otyłości, nasiloną odpowiedzią sercowo-naczyniową na stres i lepszą wydajnością poznawczą, odwrotnie niż mężczyźni, u których poziom otyłości i odpowiedź sercowo-naczyniowa na stres mierzony MIST były mniejsze. Stwierdzono także, że MIST wywołał istotny wzrost stężenia kortyzolu, zwiększenie HR i ciśnienia tętniczego, przy czym ciśnienie tętnicze rosło bardziej w grupie mężczyzn. Ponadto wyższe wyniki na skali stresu były powiązane z wyższym poziomem wskaźników fizjologicznych, np. HR, w grupie kobiet. Badanie to wskazuje, że mężczyźni żyjący w przewlekłym stresie cechują się większą tendencją do regulowania emocji za pomocą jedzenia. Ponadto ich reakcje na stres są mniejsze niż u kobiet, ale proces regeneracji po stresie trwa u nich dłużej [25].

W kolejnym badaniu podjęto próbę sprawdzenia, jak stres wpływa na funkcjonowanie emocjonalne, a dokładniej warunkowanie strachu, czyli uczenie się

skojarzenia bodźca wcześniej neutralnego jako wywołującego uczucie strachu. Badani wykonywali zadanie MIST [20], a następnie – po 25 min przerwy – zadanie wykorzystujące warunkowanie pawłowskie, podczas którego dokonywano skanowania mózgu za pomocą fMRI. Grupy zostały podzielone na podstawie wyników kwestionariusza na nisko, średnio i wysoko reaktywne. Zadanie na warunkowanie polegało na prezentowaniu 2 dźwięków o różnej częstotliwości, w tym 1 nieprzyjemny (bodźce warunkowe), a jednemu z nich towarzyszył dźwięk bezwarunkowy w postaci szumu trwającego 0,5 s. Dźwięk bezwarunkowy występował także samodzielnie. Badanym prezentowano 72 próby, po 36 dla każdego warunku, które trwały po 15 min każda.

U osób wysoko reaktywnych wykazano większe pobudzenie autonomiczne obserwowane jako silniejsza reakcja skórno-galwaniczna w zadaniu MIST w obu warunkach zadania, zarówno z warunkowaniem pawłowskim, jak i bez warunkowania, w porównaniu z osobami nisko i średnio reaktywnymi. Stwierdzono także, że wyższe doświadczenie stresu (grupa wysoko reaktywna) ułatwia proces warunkowania, wzmacnia pobudzenie autonomiczne i osłabia regulację emocji, a zmiany funkcji emocjonalnych są mediowane przez korę przedczołową. Grupa wysoko reaktywna miała problemy z regulacją emocji po pojawieniu się bodźca wywołującego strach, co łączyło się z niewystępowaniem różnic w odpowiedzi skórnej między warunkami. Osoby wysoko reaktywne oceniały zadanie jako najbardziej stresujące, a proces warunkowania zachodził u nich najszybciej. Badanie to ujawniło, że MIST wywołuje stres obserwowany jako wzrost reakcji skórno-galwanicznej, a poziom stresu jest najwyższy w grupie osób wysoko reaktywnych [22].

Ponadto wykazano, że abstynencja od nikotyny (24-godz. przerwa) wiązała się ze znacznie zwiększoną aktywacją lewego zakrętu czołowego dolnego, regionu mózgu powiązanego z kontrolą hamowania, a zmiany te korelowały z subiektywnym poziomem stresu. Stres został wzbudzony za pomocą MIST składającego się z 2 5-minutowych części – kontrolnej i stresowej. Badani słyszeli komunikaty, że ich wynik nie jest taki, jakiego się od nich oczekuje [23]. Wyniki te są spójne z obserwacjami z innych badań, które także potwierdziły istotność zakrętu czołowego dolnego w mechanizmie abstynencji [26].

W innym badaniu podjęto próbę sprawdzenia, jakie mechanizmy odpowiadają za nałogowe picie alkoholu. Osoby o tendencji do poszukiwania wrażeń oraz osoby o wysokiej reaktywności lękowej, które są w grupie

ryzyka nałogowego picia alkoholu, podzielono na 2 grupy: jednej podano alkohol przed badaniem, a drugiej go nie podano. Badani brali udział w 2 zadaniach – rozpoznawania emocji na twarzach i MIST [9]. Czas trwania skanowania mózgu za pomocą fMRI wynosił 55 min. Wykazano, że wykonywanie MIST powodowało wzrost aktywacji w ciele migdałowatym, przyśrodkowej korze oczodołowo-czołowej, przedkolankowej przedniej części zakrętu obręczy i jądrze półleżącym, a odpowiedź ta była jeszcze większa pod wpływem alkoholu, ale tylko w grupie o wysokiej reaktywności lękowej. Ponadto alkohol przyczyniał się do zmniejszenia aktywności przyśrodkowej kory oczodołowo-czołowej u osób z tendencją do poszukiwania wrażeń, zwłaszcza u mężczyzn. Stwierdzono także, że alkohol podany w grupie z tendencją do poszukiwania wrażeń nasilał mylenie twarzy o ekspresji negatywnej z tymi o ekspresji neutralnej. Okazało się więc, że osoby o wysokiej reaktywności lękowej poddane działaniu alkoholu wykazują odmienne reakcje emocjonalne i zmiany neurobiologiczne pod wpływem stresu [24].

Badania z zastosowaniem MIST wykazały, że procedura ta wzmaga aktywność w obszarach powiązanych z emocjami i regulacją emocji, czyli częściach kory przedczołowej oraz ciele migdałowatym poprzez wykorzystanie elementu oceny społecznej [20], a także korze oczodołowo-czołowej, przedniej części zakrętu obręczy i jądrze półleżącym [24]. Wyniki badań ujawniły także, że przepływ informacji przez mózg jest mniej efektywny pod wpływem stresu [21]. Ponadto MIST powodował wzrosty wydzielania kortyzolu, HR i ciśnienia tętniczego [25]. Wykazano także, że alkohol wzmacniał odpowiedź mózgu podczas stresu, a zwłaszcza u osób z tendencją do reagowania lękiem [24]. Badania potwierdziły istnienie neuronalnego mechanizmu regulacji emocjonalnej w stanie abstynencji, a spójne wyniki dotyczyły aktywacji w zakręcie czołowym dolnym [23,26]. Ponadto osoby wysoko reaktywne doświadczały największego poziomu stresu podczas MIST w porównaniu z osobami nisko i średnio reaktywnymi, a także najszybciej przebiegał u nich proces warunkowania [22].

Trier Social Stress Test (TSST)

Badania z wykorzystaniem TSST są najczęstsze. Test ten można przeprowadzić w różnych warunkach, a zadanie nie wymaga pozostawania bez ruchu, co jest konieczne w przypadku badań neuroobrazowych. Wykorzystywano go do oceny reakcji stresowej w grupie osób doświadczonych w medytacji [27], z unikającym zaburzeniem osobowości [28], o różnym chronotypie [29,30],

różniących się pod względem postrzegania ryzyka społecznego [31], różnym postrzeganiem własnego ciała i poczuciem wstydu [32], z deprywacją snu [33], z grupy ryzyka rozwoju zaburzeń psychicznych [34], a także wśród kobiet w ciąży [35,36] lub osób mających trudne doświadczenia [37,38], z nadwagą [39,40], doświadczających wypalenia zawodowego [41], po próbach samobójczych [42] i uzależnionych od internetu lub hazardu [43,44].

Badania przeprowadzono w grupach osób z różnymi cechami osobowości w celu oceny wpływu tych cech na reaktywność organizmu na stresu wywołany procedurą TSST. Były to osoby z cechami osobowości unikającej [28], z różną tendencją do ruminacji [45] oraz o różnym natężeniu neurotyczności [46] i poziomie lęku [47].

W badaniach z wykorzystaniem TSST najczęściej wykorzystywano ocenę stężenia kortyzolu [27–42,44,46,48,49] i zmiany sercowo-naczyniowe [28,31,33,41,43,44,46,50–57]. Wykorzystywano także reakcję skórno-galwaniczną [43,50], analizę rozszerzania się źrenicy [49], aktywność elektryczną mózgu [52] oraz aktywność czynnościową mózgu mierzoną za pomocą fMRI po sytuacji stresu [34,58], a także miary subiektywne [27,28,33,41,42,46,49,54–56].

Porównanie warunku kontrolnego i stresowego TSST ujawniło, że warunek stresowy łączy się z wyższym HR i bardziej nasiloną reakcją skórą oraz negatywnym afektem, a także dokonywaniem mniej korzystnych wyborów. Warunek kontrolny polegał na czytaniu artykułu informacyjnego na temat niezwiązany z badaniem przez ok. 13 min, a warunek stresowy – na przygotowaniu przez 3 min 5-minutowej wypowiedzi na rozmowę kwalifikacyjną o pracę. Badani byli poinformowani, że 2-osobowy panel ekspertów będzie oceniał ich wypowiedź. W odróżnieniu od klasycznej wersji TSST badani siedzieli przed komisją zamiast stać, aby różnice między wariantami były jak najmniejsze. Po zakończeniu tej części badani brali udział w zadaniu arytmetycznym. Uzyskane wyniki wskazują, że TSST powoduje wzrost reakcji fizjologicznych wywołanych stresem i nasilenie doświadczania negatywnych emocji [50].

W innym badaniu procedura obejmowała 30 min oczekiwania na zadanie, 20 min TSST i 60 min odpoczynku. Zadanie TSST było wykonywane w obecności 2 eksperymentatorów. Wykazano, że podczas TSST średni odstęp RR i SDNN skróciły się w porównaniu z odpoczynkiem przed TSST i po nim, co wskazuje na wzbudzony stres. Stres spowodował niestabilne zmiany w odcinkach RR w cyklu pracy serca, co według

badaczy wynika ze zmieniających się wymagań podczas wykonywania TSST i ze zmiennej częstotliwości oddechów [51].

Ujawniono także, że obserwowanie krajobrazów wpływa na regenerację po stresie wzbudzonym za pomocą TSST, przeprowadzonego klasyczną procedurą, z wyjątkiem czasu przemowy i wykonywania działań arytmetycznych, które wynosiły 3 min i obecności 2 (zamiast 3) eksperymentatorów. Okazało się, że odstępy RR znacznie się wydłużyły podczas oglądania drzew po wykonaniu TSST. Moc w paśmie zarówno alfa, jak i beta EEG była znacznie wyższa podczas oglądania niektórych krajobrazów. Wynika z tego, że oglądanie zdjęć przyrody ma walor relaksacyjny, na co wskazuje analiza reakcji fizjologicznych w okresie odpoczynku [52].

W innym badaniu TSST spowodował statystycznie istotne zmiany w niektórych parametrach HRV, np. wzrost SDNN, spadek AVNN (*average of normal-to-normal intervals*), co łączy się ze wzrostem HR i niższymi wartościami HRV oraz LF/HF HRV, a także wpłynęło na subiektywne miary stresu u kontrolerów ruchu lotniczego. W badaniu przeprowadzono TSST zgodnie z klasyczną procedurą z wyjątkiem skrócenia czasu przewidzianego na zadania arytmetyczne do 2 min. Przed TSST i po nim badani brali udział w zadaniu na czas reakcji z wyborem na 4 rodzaje bodźców. Zaobserwowano krótszy czas odpowiadania i niższy poziom wykonania zadania pod wpływem stresu [53].

W kolejnym badaniu TSST [10] zwiększył subiektywny poziom stresu – zwiększyło się nasilenie lęku i negatywnych emocji oraz wzrosły HR i ciśnienia skurczowe i rozkurczowe w porównaniu z warunkiem kontrolnym polegającym na czytaniu tekstu po cichu i we własnym tempie przez 20 min. Ponadto zaobserwowano, że podanie oksytocyny przed badaniem osobom, które używają konopi indyjskich, wzmacnia doświadczanie emocji negatywnych i obniża – pozytywnych pod wpływem TSST w grupie kobiet [54]. Wyniki tych badań wskazują, że TSST powoduje wzrost HR [50,53,54] i ciśnienia tętniczego [54], nasila reakcje skórno-galwaniczne [50] oraz łączy się z mniejszą zmiennością rytmu serca [51,53].

W następnym badaniu wykorzystano procedurę TSST, by zmierzyć za pomocą fNIRS odpowiedź mózgu u osób z tendencją do ruminacji i bez takiej tendencji. Procedura badania obejmowała 7-minutowy pomiar spoczynkowy za pomocą fNIRS, udział w 2 zadaniach kontrolnych, czyli zadaniu polegającym na czytaniu liczb, z których pierwsza była liczbą 1023, a kolejne

były mniejsze o 13, oraz zadaniu arytmetycznym polegającym na odejmowaniu kolejno liczby 13 od 4-cyfrowej liczby mieszczącej się w przedziale 1014–1026, wykonywane bez wzbudzenia stresu społecznego i instrukcji osiągnięcia wysokiej poprawności odpowiedzi. Zadania te składały się z 6 bloków obejmujących 40 s zadania i 20 s przerwy.

Po tych zadaniach badani wykonywali TSST. Dwóch eksperymentatorów wchodziło do pokoju i siadało przed uczestnikiem. Badani przygotowywali mowę przez 5 min, a następnie ją wygłaszali przez kolejne 5 min, stojąc przed komisją i będąc nagrywanymi. Po tej części następowało 6 min zadań arytmetycznych polegających na odejmowaniu kolejno liczby 13 od 4-cyfrowej liczby mieszczącej się w przedziale 1014–1026. W razie pomyłki uczestnikom przerywano i proszono o odliczanie od początku. Na koniec następował kolejny pomiar spoczynkowy za pomocą fNIRS.

U badanych wykazano wzrost aktywności kory mózgowej pod wpływem TSST w sieci kontroli poznawczej i grzbietowej sieci uwagowej, grzbietowo-bocznej korze przedczołowej, zakręcie czołowym dolnym i górnej korze ciemieniowej. Podczas stresu osoby z tendencjami do ruminacji cechowały się osłabioną aktywnością korową w prawym zakręcie czołowym dolnym i intensywniejszym negatywnym afektem [58]. Obserwacje te są spójne z wynikami otrzymanymi z zastosowaniem procedury MIST, które wskazują, że pod wpływem stresu wzrasta aktywność w obszarach mózgu odpowiedzialnych za regulację emocji, czyli korze przedczołowej i ciele migdałowatym [20], oraz korze oczodołowo-czołowej, przedniej części zakrętu obręczy i jądrze półleżącym [24].

W następnym badaniu sprawdzano sposoby radzenia sobie ze stresem poprzez wykorzystanie omawiania jego pozytywnych i negatywnych aspektów. W zależności od warunku badani oglądali przez 5 min nagranie, na którym aktorzy omawiali pozytywne aspekty stresu, negatywne aspekty stresu lub oba te aspekty łącznie, a następnie byli losowo przydzielani do procedury stresu, którą był albo TSST, albo test CO₂. Test CO₂ polegał na wdychaniu powietrza i wstrzymywaniu oddechu przez 4 s. Zadanie TSST zostało skrócone do 5 min, by czas trwania zadania był taki sam jak testu CO₂.

Wykazano, że warunek, w którym poruszano zarówno pozytywne, jak i negatywne aspekty stresu, powodował istotnie większy spadek HR i ciśnienia rozkurczowego niż koncentracja na pozytywnych aspektach stresu i koncentracja na negatywnych aspektach stresu podczas okresu odpoczynku po stresie. Wyniki te

sugerują, że koncentracja na obu aspektach stresu, bycie w pełni poinformowanym i możliwość spojrzenia na sytuację w szerszym kontekście stanowią najlepszą strategię radzenia sobie ze stresem i powodują, że najłatwiej zregenerować organizm po doświadczonym stresie (największa odporność). Ponadto badania ujawniły niską skuteczność wzbudzenia stresu za pomocą testu CO₂ [55].

W innym badaniu sprawdzano związek między unikającym zaburzeniem osobowości a odpowiedzią na stres. Uczestnicy wzięli udział w 2 ocenach w odstępie tygodnia, podczas których wykonywali TSST i byli poddawani stymulacji elektrycznej prądem, którego dawkę stopniowo zwiększano aż do osiągnięcia progu wytrzymałości badanego. Każda z pojedynczej stymulacji trwała 40 s. Badani byli poinformowani, że stymulacja prądem będzie bolesna, ale nie spowoduje uszkodzenia ciała. Procedura TSST obejmowała 3 min przygotowania, 5 min dyskusji na temat własnych cech osobowości i 5 min zadań arytmetycznych. Zadanie były wykonywane przed komisją. Nie wykazano różnic między osobami z unikającym zaburzeniem osobowości a grupą kontrolną w aktywności α -amylazy w ślinie ani w stężeniu uwalnianego kortyzolu w odpowiedzi na TSST.

Wyższa reaktywność układu współczulnego u kobiet z unikającym zaburzeniem osobowości była powiązana z osłabionym wydzielaniem kortyzolu w odpowiedzi na stymulację elektryczną, czego nie zaobserwowano u mężczyzn z tym zaburzeniem. W przypadku TSST nie zaobserwowano różnic w stężeniu kortyzolu między grupami mężczyzn i kobiet. Stwierdzono jednak różnice w miarach subiektywnych – większe pogorszenie nastroju i wzrost objawów depresyjnych u osób z unikającym zaburzeniem osobowości w porównaniu z grupą kontrolną, oraz we wskaźnikach aktywności serca – większy wzrost LF HRV. Wyniki te pokazują różnice w odpowiedzi na różny rodzaj stresu między grupą osób z unikającym zaburzeniem osobowości a grupą osób bez zaburzenia osobowości [28].

W kolejnych badaniach wykazano także, że wyższe nasilenie ruminacji było powiązane z osłabioną reaktywnością kortyzolu na stres w TSST w porównaniu z grupą kontrolną. Badani wykonywali TSST, podczas którego uzasadniali, dlaczego powinni zostać wybrani na stanowisko kierownicze, a eksperymetatorzy dawali im pozawerbalną negatywną informację zwrotną na temat ich wystąpienia (np. unoszenie brwi, udawanie zmęczenia i kierowanie do innych

eksperymentatorów spojrzeń sugerujących niezadowolone). Badani byli informowani, że ich mowa i zachowanie będą oceniane. Osoby z grupy kontrolnej wypowiadały się na neutralny temat, nie były oceniane ani nie wypowiadały się w obecności komisji. Procedura TSST trwała 20 min, po których następowało 20 min badania pamięci roboczej. Wykazano, że tendencja do ruminacji jest powiązana z większymi trudnościami w ignorowaniu nieistotnych informacji podczas badania pamięci roboczej w grupie kontrolnej oraz przewiduje większą reaktywność na wzbudzenie wstydu [45].

Wykazano także, że wyższy poziom neurotyczności był powiązany z niższym wzrostem HR, niższym stężeniem kortyzolu, większym spadkiem pozytywnego afektu i niższym poczuciem kontroli w odpowiedzi na stres. Osoby osiągające wysokie wyniki na skali ekstrawersji cechowało mniejsze natężenie wydzielania kortyzolu i niższy wzrost negatywnego afektu. Wyższa otwartość na doświadczenie była związana z mniejszym stężeniem uwalnianego kortyzolu. Nie udało się wykazać związku między reakcją na stres a ugodowością ani sumiennością. Cała procedura badania trwała 110 min i obejmowała pomiary przed wzbudzeniem stresu i po nim, a każda z części TSST trwała 5 min. Badani musieli przygotować obronę, ponieważ zostali oskarżeni o kradzież w sklepie i przedstawiali ją przed 3 eksperymentatorami. Wyniki te ujawniły, że neurotyczność łączy się z osłabieniem reakcji na wzbudzony stres i niższym poczuciem kontroli podczas stresu [46].

W innym badaniu wykazano, że niższy poziom lęku łączył się z wyższym wskaźnikiem w zakresie aktywnego radzenia sobie ze stresem w porównaniu z osobami skoncentrowanymi na emocjach, o wysokim poziomie lęku. Badanie potwierdziło, że pod wpływem procedury wzrasta poziom lęku i pogłębia się negatywny nastrój, a także następuje wzrost stężenia kortyzolu. Ponadto stwierdzono, że u kobiet pojawia się wyższy poziom lęku niż u mężczyzn. Badani brali udział w 2 sesjach – stresowej i kontrolnej, z przerwą między nimi wynoszącą 10 dni w przypadku mężczyzn i 2–3 dni w przypadku kobiet, co miało umożliwić realizację badania w tej samej fazie cyklu menstruacyjnego u każdej kobiety. Każda z sesji trwała ok. 1 godz. Część stresowa TSST obejmowała standardową procedurę [10]. Badacze zadbali o to, żeby członkowie komisji byli przeciwnej płci do uczestnika badania. Część kontrolna była pozbawiona elementu nieprzewidywalności oraz zagrożenia i obejmowała czytanie tekstu bez obecności komisji [47].

W kolejnym badaniu podjęto próbę sprawdzenia, jak motywacja do pomagania innym i współczucie wobec innych mediuje odpowiedź neuroendokrynologiczną na stres. Badani zostali przydzieleni do kilku wariantów TSST. Jedna z grup została poinformowana o szczegółach zadania, a 2 grupy interwencji poznać nie otrzymały takich instrukcji, by ograniczyć ich możliwość przygotowania się do zadania. Wszystkie grupy uczestniczyły jednak w 5-minutowym szkoleniu na temat tego, jak sobie radzić z wystąpieniem publicznym. Następnie badani przez godzinę oczekiwali na kolejną część zadania i w tym czasie byli zachęcani do wykonywania mało angażującej czynności, np. czytania.

Zadanie TSST miało 4 warianty:

- klasyczny, ale z przekazaną informacją, że uczestnicy w momencie zapalenia się lampki mogą poprosić o zaprzestanie ich obserwowania (lampka pozostawała zawsze wyłączona);
- taki, w którym badani mieli możliwość ochrony przed obserwacją, co dawało im poczucie kontroli;
- interwencyjny, w którym badani otrzymali informacje, jak radzić sobie ze stresującą sytuacją, oraz na temat reakcji organizmu, które mogą się pojawić podczas badania, by TSST nie było dla nich zagrażające;
- interwencyjny, który miał wzbudzić chęć pomocy innym przez poproszenie badanych, aby w trakcie wypowiedzi podkreślali, jak można tak wykorzystać stanowisko pracy, żeby coś zmienić dla innych ludzi.

Wykazano, że osoby, które traktowały TSST jako zagrożenie, cechowały się wcześniej wyższym stężeniem kortyzolu, a tym samym mieli mniej skrajne reakcje podczas TSST. Badacze ujawnili, że interwencja, która wzmagala zachowania altruistyczne, zredukowała reakcję na wzbudzony stres. Doświadczenie wsparcia społecznego i poczucie kontroli nie stanowiły mediatora reakcji na stres. Odczuwanie współczucia i zorientowanie moralne powodowały słabsze wydzielanie kortyzolu na stresor społeczny. Wyniki te sugerują, że interwencje, których celem jest poprawa radzenia sobie ze stresem, powinny być oparte na wzbudzeniu zachowań prospołecznych [31].

W następnym badaniu stwierdzono, że wydzielanie kortyzolu w odpowiedzi na TSST różni się w zależności od pory dnia (rano lub wieczorem) u zdrowych, młodych osób i jest wyższe rano. Badani byli losowo przydzieleni do grup, które wykonywały TSST rano lub wieczorem. Badani przed TSST odpoczywali przez 30 min, następnie przechodzili do pokoju, w którym było 3 eksperymentatorów

oraz kamera, i odpowiadali na pytania dotyczące sytuacji osobistej. Później byli informowani, że otrzymają zadanie, które będzie trwało 5 min (okres oczekiwania). Przez kolejne 5 min przemawiali, a następnie wykonywali zadania arytmetyczne również przez 5 min. Czas na odpoczynek wynosił 30 min [29].

Wykazano także, że tendencja do wieczorności była związana z wyższym wskaźnikiem masy ciała (*body mass index* – BMI), podwyższonym stężeniem białka C-reaktywnego w osoczu i silniejszym wydzielaniem kortyzolu w reakcji na stres wzbudzony za pomocą TSST [30]. W badaniu wykorzystywano standardową procedurę TSST [10].

Badania w grupie osób z deprivacją snu wykazały u nich większe stężenie kortyzolu, wyższy subiektywnie doświadczany stres i niższe HRV niż u osób wypoczątych przed badaniem. Nie stwierdzono jednak różnic między grupami w reaktywności na procedurę ani w powrocie do równowagi po sytuacji stresu. Wyniki wskazują na zwiększony poziom stresu po deprivacji snu, ale nie potwierdzają, że brak snu przez 1 noc zwiększa wrażliwość na wyzwanie psychospołeczne.

Procedura składała się z 4 wariantów: klasyczny TSST z 2 eksperymentatorami – kobietą i mężczyzną; w grupie osób po nieprzespanej nocy oraz w grupie osób wypoczątych, jak również pozorowany TSST: w grupie osób po nieprzespanej nocy oraz w grupie osób wypoczątych. Badani byli proszeni, aby przed badaniem spali regularnie oraz nosili aktygrafy do oceny codziennej aktywności i jakości snu. Badani w grupie z deprivacją snu przybyli do laboratorium o godz. 22 dnia poprzedniego, byli pozbawieni snu przez całą noc i spędzili czas na lekkiej aktywności. Badanie wykonywano o godz. 16. Pozorowany TSST polegał na wypowiedzaniu się na tematy neutralne bez elementu oceny społecznej oraz udziale w zadaniu arytmetycznym, w którym uczestnicy musieli dodawać liczbę 5. Zadania były wykonywane na stojąco [33].

Nie zaobserwowano istotnej różnicy w wydzielaniu kortyzolu w odpowiedzi na stres psychospołeczny wywołany za pomocą TSST [10] u kobiet w ciąży obciążonych ryzykiem rozwoju depresji poporodowej w porównaniu z kobietami niebędącymi w grupie ryzyka. Wykazano także, co było spójne z innymi badaniami, że u ciężarnych często nie występuje wydzielanie kortyzolu w odpowiedzi na TSST [35].

Badacze sprawdzali również, czy wsparcie społeczne i wsparcie otrzymywane od ojca dziecka oraz poziom natężenia neurotyzmu mogą moderować efekt stresu u ciężarnych. Procedura TSST obejmowała: 2 min

przekazywania informacji o zadaniu, 3 min przygotowania do wypowiedzi, 5 min przemówienia na symulowanej rozmowie kwalifikacyjnej do pracy i 5 min zadania arytmetycznego w obecności 2 eksperymentatorów. Okazało się, że niskie postrzegane wsparcie ze strony ojca dziecka, zmniejszone wydzielanie kortyzolu w odpowiedzi na TSST i wysoka neurotyczność matki były związane z wysokimi wynikami w zakresie objawów depresyjnych [36].

Procedurę TSST wykorzystano także, by sprawdzić, czy kobiety, które stosują doustne środki antykoncepcyjne, cechują się osłabioną odpowiedzią kortyzolu na stres. Badane były losowo przydzielane do grup, w których pomiar następował w czasie przyjmowania tabletki aktywnej i nieaktywnej, a ich wyniki porównano z kobietami, które nie stosowały doustnej antykoncepcji hormonalnej. Badanie odbywało się podczas 2 sesji, które dzielił 1 dzień. Na pierwszej sesji badane uczyły się par słów emocjonalnych i były proszone o ich zapamiętanie, a na drugiej sesji (24–28 godz. później) sprawdzano zapamiętanie tych słów, po czym przeprowadzano TSST [10]. Przed częścią stresową następowała 20-minutowa część kontrolna, która polegała na odpowiadaniu na neutralne pytania.

Stwierdzono słabsze wydzielanie kortyzolu u kobiet stosujących doustne środki antykoncepcyjne w porównaniu z kobietami, których cykl menstruacyjny przebiegał naturalnie, ale bez różnic dla fazy działania leku. Przypominanie słów nie różnicowało kobiet w zależności od fazy działania leku. Wynika z tego, że kobiety, które stosują doustne środki antykoncepcyjne, cechują się wyższym bazowym stężeniem kortyzolu, co może wpływać na mniejszy wzrost jego stężenia pod wpływem stresu i brak istotnych różnic międzygrupowych [48].

Osoby, które doświadczyły większej liczby zdarzeń stresowych w życiu, charakteryzowały się osłabionym wydzielaniem kortyzolu w odpowiedzi na TSST, ale cechowały się wysokim stężeniem hormonu DHEA. W celu wzbudzenia stresu wykorzystano wariant grupy TSST. Badanych kierowano do osobnych kabin, w których otrzymywali instrukcje o przebiegu dalszej części eksperymentu i musieli przygotować przemowę, co trwało 10 min. Następnie wygłaszali 3-minutową przemowę przed kabiną w obecności 3 eksperymentatorów, a ich wypowiedź była rejestrowana kamerą. Badani przemawiali tak, że inni uczestnicy ich nie widzieli. Po zakończeniu przemowy jednego uczestnika, z kabiny wychodził kolejny, którego zadanie było takie samo. Następnie badani kolejno wykonywali zadania arytmetyczne przez 3 min [37]. Uzyskane wyniki okazały się

spójne z rezultatami innych badań, w których stwierdzono, że osłabiona reaktywność na TSST [37] i PASAT [14,15] pojawia się u osób, które doświadczyły trudnych wydarzeń w przeszłości, osób neurotycznych [46], a także u osób chorujących na depresję w przypadku wykonywania MA [17].

W badaniach w grupie kobiet, które miały trudne doświadczenia w dzieciństwie, stwierdzono, że TSST nie wpływał istotnie na różnice w wydzielaniu kortyzolu ani α -amylazy. Kobiety z trudnymi doświadczeniami cechowały się większą reaktywnością kortyzolu podczas protokołu TSST [10] w porównaniu z kobietami, które nie miały takich doświadczeń, oraz szybszym spadkiem stężenia kortyzolu i łatwiejszym procesem regeneracji po stresie. Kobiety bez trudnych doświadczeń w dzieciństwie wykazywały początkowe spadki aktywności α -amylazy, a następnie szybki jej wzrost podczas protokołu TSST, podczas gdy u kobiet z takimi doświadczeniami nie zaobserwowano zmian aktywności α -amylazy podczas protokołu TSST [38]. Wyniki te są odmienne od uzyskanych w innych omawianych badaniach [15,37].

Badania wśród osób z nadwagą wykazały u nich niższe stężenie kortyzolu zarówno przed TSST, jak i po nim [10] w porównaniu z osobami z prawidłową masą ciała, bez różnic w percepcji stresu między grupami. Z badań wynika, że otyłość zmienia czynność osi HPA i wydzielanie kortyzolu [39].

Ponadto badani, którzy oceniali siebie jako osoby z nadwagą lub którzy mieli nadwagę ocenioną na podstawie BMI, cechowali się osłabionym wydzielaniem kortyzolu w odpowiedzi na sytuację, w której masa ciała była stygmatyzowana, podczas gdy u osób z prawidłową masą ciała występował typowy wzrost stężenia kortyzolu, który zazwyczaj pojawia się w TSST. Potwierdza to, że masa ciała zarówno obiektywna, jak i postrzegana subiektywnie ma moderujący związek z odpowiedzią na stres.

Badani wykonywali zmodyfikowany TSST w warunkach kontrolnym oraz takich, podczas których wysoka masa ciała była stygmatyzowana. Uczestnicy przed badaniem obejrzeni prezentację o firmie, która prowadziła te badania. W wariancie ze stygmatyzacją masy ciała prezentacja dotyczyła tego, że firma ustanowiła wyższe stawki ubezpieczenia dla osób z nadwagą z powodu występującego u nich większego ryzyka chorób, a w wariancie kontrolnym prezentowano ogólne informacje na temat finansów osobistych. Następnie badani przygotowywali przez 5 min wypowiedź, dla czego są idealnym kandydatem do pracy, prezentowali

ją przez kolejne 5 min i brali udział w zadaniu arytmetycznym. Badani w wariancie stresowym wygłaszali mowę przed kamerą, a w wariancie kontrolnym – tylko przed mikrofonem. W wariancie stresowym nagranie miało być oceniane po jego zakończeniu, co oprócz sugestii, że firma stygmatyzuje pod względem masy ciała, wskazywało, że na nagraniu będzie oceniany także wygląd [40].

W innych badaniach wykazano, że gorsza ocena własnego ciała pozwalała przewidzieć silniejsze wydzielanie kortyzolu na stres wzbudzony za pomocą TSST [10] oraz była powiązana z poczuciem wstydu. Chwilowe uczucie wstydu (stan) nie było powiązane z wydzielaniem kortyzolu ani z oceną ciała, natomiast stała tendencja do odczuwania wstydu (cecha) była powiązana z negatywną oceną ciała [32].

W innym badaniu sprawdzano odpowiedź mózgu na zdjęcia nacechowane emocjonalnie prezentowane za pomocą IAPS [6] 33 min po wzbudzeniu stresu procedurą TSST oraz po wariancie kontrolnym TSST. Od klasycznej procedury TSST odróżniał się skróceniem czasu na zadania arytmetyczne do 3 min. Część kontrolna obejmowała 5 min swobodnej rozmowy, 3 min prostych zadań arytmetycznych bez obecności komisji ani elementu oceny. Badanie przeprowadzono w grupie osób obciążonych ryzykiem zaburzeń psychicznych oraz w grupie kontrolnej. Wykazano, że osoby z grupy ryzyka zaburzeń psychicznych, ale bez ich diagnozy, cechują się większą aktywnością w kilku obszarach mózgu po sytuacji stresowej: w kluczowych obszarach sieci stanu spoczynkowego (*default mode network*), (tj. tylnym zakręcie obręczy, przedklinku, środkowej korze przedczołowej) oraz przedniej wyspie, lewym zakręcie skroniowym górnym, środkowym zakręcie skroniowym, środkowym zakręcie obręczy, brzuszno-bocznej korze przedczołowej, zakręcie przedśrodkowym i robaku w mózdzku w porównaniu z grupą kontrolną, co sugeruje nieprawidłową aktywność czynnościową mózgu po stresie u osób w grupie ryzyka. Nie wykazano istotnych różnic w stężeniu kortyzolu, aktywności α -amylazy ani subiektywnym poczuciu stresu [34].

Procedurę TSST wykorzystywano także w badaniach, w których uwzględniono oksytocynę jako zmienną wpływającą na doświadczany stres. Wykazano, że jej podanie uczestnikom spowodowało spadek HRV podczas TSST u uczestników otrzymujących wsparcie społeczne, co prawdopodobnie wskazuje, że poprawia ona funkcjonowanie uwagowe podczas przygotowywania do zadania w obecności bliskiej osoby. Stwierdzono

także, że w obecności przyjaciela oksytocyna redukuje poziom lęku i stężenie kortyzolu przed TSST i po nim, zwłaszcza u kobiet, które miały trudne doświadczenia w dzieciństwie. Obserwacja ta jest sprzeczna z wynikami innych badań, w których stwierdzono osłabione działanie oksytocyny u osób, które miały trudne doświadczenia z dzieciństwa.

Kobiety brały udział w wirtualnej wersji TSST i zostały losowo przydzielone do 4 grup, w których badanym podano:

- oksytocynę i zapewniono wsparcie społeczne od przyjaciółki;
- oksytocynę, ale nie zapewniono wsparcia społecznego;
- placebo i zapewniono wsparcie społeczne;
- placebo i nie zapewniono wsparcia społecznego.

U kobiet kontrolowano fazę cyklu menstruacyjnego. Procedura TSST polegała na przemawianiu i rozwiązywaniu zadań arytmetycznych, ale w warunkach rzeczywistości wirtualnej. Całość procedury trwała 15–20 min. Badanym w grupach, które otrzymywały wsparcie, w czasie przygotowań do przemawiania towarzyszyła bliska osoba, której zadaniem było pomaganie i udzielanie wsparcia emocjonalnego, a na zakończenie przemawiania dołączenie na 2 min i porozmawianie z przyjaciółką [56]. Inne wyniki sugerują, że podawanie oksytocyny może prowadzić do większej reaktywności na stres oraz wyższej percepcji stresu u kobiet, które rekreacyjnie używają konopi indyjskich [54].

Ponadto wykazano, że doświadczanie wypalenia zawodowego było związane z podwyższoną percepcją stresu niezależnie od tego, czy dotyczyło części kontrolnej czy eksperymentalnej zadania. Stężenie kortyzolu we włosach nie było związane z żadną subiektywną miarą stresu. Na poziomie fizjologicznym objawy wypalenia i depresji oraz stężenie kortyzolu we włosach wiązały się z obniżoną reaktywnością sercowo-naczyniową. Dla osób doświadczających wypalenia zawodowego zadanie stresowe było trudne do wykonania, pojawiło się u nich nastawienie pasywne i wzrost aktywności nerwu błędnego. Zaobserwowano obniżone *vmHRV* (*vegally-mediated HRV*) w grupie kontrolnej w okresie przygotowawczym do zadania. Badani o różnym natężeniu wypalenia zawodowego zostali losowo przydzieleni do grupy kontrolnej i grupy stresowej. Obie grupy otrzymywały 6 min na przygotowanie. W wariancie stresowym przemawiano i rozwiązywano zadania arytmetyczne, a w kontrolnym czytano tekst po cichu, a następnie – także po cichu – rozwiązywano zadania arytmetyczne. W obu warunkach badani musieli wystąpić

przed 2 osobami w grupach po 6 uczestników, ale byli oceniani tylko w wariancie stresowym [41].

Badania, w którym wzięły udział osoby mające doświadczenie próby samobójczej w przeszłości, wykazały, że osoby te nie różniły się pod względem stężenia kortyzolu od osób, które nie podejmowały prób samobójczych. Uczestnicy zostali podzieleni na grupy na podstawie wyników na skali agresji i impulsywności. Badani wykonywali TSST, podczas którego musieli przez 5 min opowiadać o sobie, a następnie przez 9 min wykonywali zadanie arytmetyczne w obecności oceniającej komisji. Okazało się, że reakcja na stres różniła się w zależności od poziomu impulsywności lub agresji u osób próbujących popełnić samobójstwo oraz w porównaniu z osobami, które nie podejmowały prób samobójczych. W szczególności osoby usiłujące popełnić samobójstwo o wysokiej impulsywności wykazywały wyraźniejsze wydzielanie kortyzolu w porównaniu z innymi grupami, co sugeruje większe trudności w regulacji emocji w tej grupie osób [42].

Wykazano także, że osoby problematycznie używające internetu cechują się istotnie wyższym SDNN HRV podczas pomiaru spoczynkowego, ale nie w trakcie stresującego zadania i po nim, niż osoby, które nie przejawiają takich zachowań. Ponadto tylko w grupie osób problematycznie używających internetu pojawiła się istotna korelacja ujemna między SDNN podczas regeneracji po stresie a pragnieniem korzystania z internetu. Nie stwierdzono różnic między grupami w reakcji skórno-galwanicznej. Jak konkludują badacze, niezgodny z oczekiwaniami brak istotnych różnic między grupami w reakcji na wzbudzony stres może wynikać z mało stresującego wariantu TSST.

Badani brali udział w zmodyfikowanej wersji TSST. Na początku byli kierowani do pokoju, w którym siedzieli w ciszy przez 3 min, przez kolejne 3 min przygotowywali wypowiedź na temat tego, jakie mają cechy pasujące do swojego wymarzonego stanowiska pracy. W kolejnej części musieli przemawiać przed kamerą przez 5 min i byli informowani, że kamera jest połączona z monitorem w innym pokoju, w którym komisja ocenia ich wystąpienie. Po zakończeniu tej części i odpoczynku przez 6 min badani wykonywali zadanie arytmetyczne polegające na odejmowaniu kolejno liczby 13, zaczynając od 2011, a w razie pomyłki musieli zaczynać od nowa. Na zakończenie odpoczywali przez 3 min [43].

Badanie w grupie patologicznych hazardzistów nie wykazało różnic między nimi a grupą kontrolną we wzroście stężenia kortyzolu i zwiększeniu aktywności

serca. Obie grupy wykazywały znaczny wzrost stężenia kortyzolu w ślinie i wydłużenie odstępu RR w cyklu pracy serca w TSST. Wykazano natomiast, że na aktywność serca podczas TSST wpływał poziom impulsywności badanych. Badani wykonywali TSST w obecności 3 członków komisji i przed kamerą. Po przygotowaniu wystąpienia na temat tego, dlaczego są idealnymi kandydatami do swojej wymarzonej pracy, na co otrzymali 10 min, musieli je wygłaszać przez 5 min oraz byli informowani o tym, że nagranie zostanie ocenione pod względem zachowania badanych i ich głosu. Badani wygłaszali mowę przed lustrem weneckim i mieli świadomość tego, że po drugiej stronie są oceniający eksperci. Na koniec wykonywali zadania arytmetyczne [44].

W innym badaniu sprawdzano wpływ stresu na strategię regulacji emocji u kobiet i mężczyzn. Badani wzięli udział w wariacie kontrolnym lub stresowym TSST oraz zadaniu na regulację emocji. Procedura TSST obejmowała 2 min przygotowania, 5 min występowania przed 2 eksperymentatorami oraz 3 min zadań arytmetycznych, a wariant kontrolny polegał na wypowiedzaniu się na neutralne tematy oraz dokonywaniu prostych obliczeń bez bycia obserwowanym. Zadanie emocjonalne polegało na regulowaniu emocji, które pojawią się w odpowiedzi na zdjęcia nacechowane emocjonalnie za pomocą zmiany interpretacji postrzeganej sytuacji negatywnej na przyjemną, odcinania się od sytuacji poprzez wyobrażenie sobie innej sytuacji niezwiązanej z tą prezentowaną na zdjęciu oraz strategię przeciwną polegającą na zintensyfikowaniu emocji poprzez wyobrażenie sobie, że jest się w sytuacji osoby na zdjęciu.

Wykazano, że doświadczanie stresu poprawia efektywność regulacji emocji u mężczyzn powiązanej ze zmianą interpretacji sytuacji, ale nie dotyczy to kobiet. Zestresowani mężczyźni cechowali się znaczącym rozszerzeniem źrenic w warunkach, w których musieli dokonać zmiany interpretacji sytuacji, tak aby zmniejszyć intensywność reakcji emocjonalnych, co sugeruje zwiększone poznawcze zaangażowanie w regulację emocji i lepsze radzenie sobie w tym zakresie. Zaobserwowano związek między wydzielaniem kortyzolu a subiektywną oceną własnej skuteczności stosowania strategii zmiany sytuacji stresowej, co może wskazywać na to, że ocena ta zależy od mechanizmu działania kortyzolu [49].

Stwierdzono także, że mężczyźni homoseksualni/biseksualni wykazywali wyższe HR niż mężczyźni heteroseksualni w tym samym wieku, a kobiety homoseksualne/biseksualne wykazywały nieznacznie wyższe

średnie ciśnienie tętnicze w odpowiedzi na stres wzbudzony za pomocą TSST w porównaniu z kobietami heteroseksualnymi w tym samym wieku. W badaniu wykorzystano zmodyfikowaną wersję TSST. Badani przez 10 min przygotowywali wypowiedź, aby ją wygłosić przez następne 5 min, po czym następowało 5 min zadania arytmetycznego. Zadanie odbywało się przed lustrem weneckim, a badani byli poinformowani, że po drugiej stronie jest komisja, która będzie oceniała ich wystąpienie. Całość była rejestrowana za pomocą kamery [57].

W badaniach wykazano, że doświadczeni medytujący cechują się niższym stężeniem kortyzolu w odpowiedzi na TSST [10], w którym skrócono czas na przygotowanie do 3 min, a także wyższymi poziomami subiektywnie odczuwanego stresu, dobrostanu psychicznego i odporności psychicznej oraz mniej nasiloną neurogenną odpowiedzią zapalną (*neurogenic inflammatory response*) w porównaniu z grupą kontrolną, co wskazuje na lepsze radzenie sobie w sytuacji stresu i skuteczniejszą regulację emocji [27].

Badania z zastosowaniem TSST ujawniły różnice indywidualne w reaktywności na stres. Podobnie jak przy wykorzystaniu PASAT stwierdzono zahamowanie reakcji fizjologicznych w niektórych grupach osób, które nie podejmują się aktywnego radzenia sobie z zadaniem. Na przykład osoby, które mają tendencję do ruminacji, wykazywały osłabioną aktywność korową w prawym zakręcie czołowym dolnym [58] i osłabioną reaktywność kortyzolu na stres [45]. Słabsze wydzielanie kortyzolu w odpowiedzi na TSST pojawiło się także u osób, które traktowały go jako stres lub zagrożenie społeczne [31], doświadczały większej liczby zdarzeń stresowych w życiu [37] oraz cechowały się wysokim poziomem neurotyczności [46]. Problemy z aktywnym radzeniem sobie ze stresem łączyły się także z wysokim poziomem lęku [47]. Ponadto cecha, jaką jest impulsywność, powodowała silniejsze wydzielanie kortyzolu [42] i wzrost aktywności serca [44].

W wielu badaniach wykazano jednak, że TSST skutecznie wzbudza stres oraz powoduje zmiany na poziomie mózgowym [52,58], w aktywności serca i reakcji skórno-galwanicznej [50–54].

WNIOSKI

Istnieje kilka najczęściej stosowanych metod wzbudzania stresu. Metodami wykorzystywanymi są te łączące się z wysiłkiem poznawczym, oceną społeczną, presją czasu i presją społeczną. Analiza dostępnych badań

ujawniła, że TSST jest najczęściej wykorzystywanym protokołem do oceny poziomu stresu, reaktywności na wzbudzony stres w zależności od różnic między osobami w poziomie natężenia cech osobowości bądź porównania konkretnych grup osób. Pomiar wzbudzonego stresu zazwyczaj następuje poprzez analizę stężenia kortyzolu w odpowiedzi na stres oraz zmiany aktywności serca. Z uwagi na konieczność mówienia i pozostawania w pozycji stojącej protokół ten nie jest wykorzystywany w badaniach neuroobrazowych.

Powszechnie stosowaną metodą w badaniach neuroobrazowych jest także zadanie MIST. Do oceny poziomu stresu wykorzystuje się zazwyczaj fMRI mózgu, a nie EEG mierzącą aktywność elektryczną mózgu. Omawiane procedury wywołują zmiany aktywności autonomicznego układu nerwowego. Zarówno MA, jak i MIST są traktowane jako źródło stresu, które wywołuje wiele zmian w aktywności serca i częstotliwości oddechu oraz powoduje spadek odczuwanego relaksu.

Analiza wyników badań wskazuje, że metody te wzbudzają stres, co jest obserwowane jako wzrost HR, silniejszą reakcją skórno-galwaniczną oraz zmianę aktywności niektórych obszarów mózgu. Warte odnotowania jest to, że wielu badaczy donosi o zjawisku osłabienia reakcji fizjologicznych w odpowiedzi na stres u niektórych osób. Obniżona reaktywność na stres wzbudzony za pomocą PASAT, MA i TSST dotyczy stężenia kortyzolu oraz aktywności serca. Wykazano, że trudności w aktywnym radzeniu sobie ze stresem występują u osób obarczonych trudnymi doświadczeniami i będących w grupie ryzyka problemów ze zdrowiem, a także osób z tendencją do ruminacji, oceniających sytuację stresową jako zagrożenie oraz z wysokimi poziomami neurotyczności i lęku.

Wyniki większości badań można wyjaśniać z perspektywy teorii Obrista [59], która wprowadza koncepcję aktywnego i pasywnego radzenia sobie ze stresem. Zgodnie z tą teorią aktywny sposób radzenia sobie ze stresem powoduje mobilizację energii w celu sprostania zadaniu. Objawia się to zwiększeniem aktywności układu współczulnego, czyli np. wzrostem częstości skurczów serca i ciśnienia tętniczego oraz silniejszą reakcją skórno-galwaniczną. Pasywne podejście do stresu oznacza, że jednostka – oceniając swoje możliwości jako niewystarczające, by poradzić sobie z zadaniem – odczuwa brak kontroli nad sytuacją, co powoduje wzrost aktywności nerwu błędnego.

Prowadzenie badań obejmujących indukcję stresu wymaga, żeby były one realizowane zgodnie z zasadami

etyki. Kodeks etyki Amerykańskiego Towarzystwa Psychologicznego [60] wskazuje, że prowadzenie badań z udziałem ludzi wymaga zgody odpowiedniej instytucji. Zadaniem badaczy jest zagwarantowanie uczestnikom prawa do wyrażenia świadomej i wolnej od nacisków zgody na udział w badaniu. Uczestnicy muszą być poinformowani o celu badania, prawie do wycofania się bez żadnych konsekwencji, ryzyku związanym z badaniem i ewentualnym dyskomfortem, a także o poufności danych. Szczególnej ostrożności wymaga prowadzenie badań wywołujących stres obarczonych dylematami etycznymi dotyczącymi kwestii naruszenia autonomii uczestnika badania poprzez wywołanie poczucia dyskomfortu, lęku czy stresu.

Zasady kodeksu etycznego zobowiązują badacza do niedopuszczenia do wystąpienia negatywnych skutków udziału w badaniu lub do ich zminimalizowania. Prowadzenie badań z indukcją stresu często wymaga użycia instrukcji maskowania. Zasady mówią jasno, że wprowadzenie w błąd stosuje się tylko, gdy bez instrukcji maskowania przeprowadzenie badania nie byłoby możliwe. Wymaga to jednak zachowania innych środków ostrożności, ochrony dóbr osobistych badanych, przedstawienia im pełnego opisu procedury badawczej oraz zapewnienia o anonimowości i poufności danych. Na zakończenie wyjaśnia się powody wprowadzania w błąd i odpowiada na wątpliwości badanych, aby ich samopoczucie po zakończeniu badania nie było gorsze niż przed jego rozpoczęciem.

Warto zaznaczyć, że wszystkie omawiane badania odbywały się zgodnie z zasadami etyki. Badacze uzyskiwali zgodę komisji etycznych na prowadzenie badań w wykorzystaniem danych procedur oraz otrzymywali zgodę od uczestników na udział w badaniu. Tylko w kilku badaniach autorzy nie odnieśli się wprost do informacji o zgodzie komisji etycznej na przeprowadzenie badania, ale zamieścili informację, że otrzymali zgodę uczestników na udział w badaniu [36,45,50], natomiast w 1 przypadku raportowana praca była częścią dużego projektu [36]. Uczestnicy byli informowani o przebiegu badania, związanym z nim potencjalnym ryzyku, a w przypadku zastosowania instrukcji maskowania, aby nie ujawniać, że zadanie ma wywołać stres, na zakończenie badania przekazywano im pełną informację o celu badania oraz umożliwiano regenerację po stresie. Żadna z procedur nie wywoływała trwałych szkód ani stresu o dużym natężeniu.

Kolejne badania z wykorzystaniem indukcji stresu powinny uwzględniać kompleksowy pomiar parametrów fizjologicznych w odpowiedzi na stres, co

pozwoлиłyby na bardziej szczegółową diagnozę i uchwycenie niewielkich zmian w funkcjonowaniu organizmu. Ponadto protokoły można wykorzystywać do badania kolejnych grup osób w celu porównania ich funkcjonowania przed interwencjami służącymi redukcji stresu lub nabywaniu kompetencji w zakresie radzenia sobie ze stresem i po nich. Wybór protokołu wzbudzania stresu powinien być podyktowany planowanym sposobem pomiaru reakcji stresowej. Dokładna diagnoza reakcji stresowej określonych grup osób pozwoli na opracowanie rekomendacji, jakie cechy indywidualne przyczyniają się w największym stopniu do wysokiej bądź obniżonej reaktywności na stres. Odpowiednia diagnoza reakcji na stres jest istotna także z perspektywy stresu w pracy i może przyczynić się do poszerzenia wiedzy na temat mechanizmów fizjologicznych pojawiających się u pracowników go doświadczających, a tym samym do opracowania zaleceń dotyczących poprawy efektywności pracy.

PIŚMIENNICTWO

1. Eddy P, Heckenberg R, Wertheim EH, Kent S, Wright BJ. A systematic review and meta-analysis of the effort-reward imbalance model of workplace stress with indicators of immune function. *J Psychosom Res.* 2016;91:1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2016.10.003>.
2. Eddy P, Wertheim EH, Kingsley M, Wright BJ. Associations between the effort reward imbalance model of workplace stress and indices of cardiovascular health: a systematic review and meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev.* 2017;83:252–266. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.10.025>.
3. Kivimäki M, Nyberg ST, Batty GD, Fransson EI, Heikkilä K, Alfredsson L, et al. Job strain as a risk factor for coronary heart disease: a collaborative meta-analysis of individual participant data. *Lancet.* 2012;380(9852):1491–1497. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60994-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60994-5).
4. Giannakakis G, Grigoriadis D, Giannakaki K, Simantiraki O, Roniotis A, Tsiknakis M. Review on psychological stress detection using biosignals. *IEEE Trans Affect Comput.* 2019;PP(99):1–1. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2019.2927337>.
5. Przybysz-Zdunek B, Głowczyńska R. Zmienność rytmu serca w ujęciu praktycznym – doceniany czy zapomniany parametr oceny holterowskiej? *Folia Cardiologica.* 2017;12(6):617–624. <https://doi.org/10.5603/FC.2017.0117>.
6. Lang PJ, Bradley MM, Cuthbert BN. International Affective Picture System (IAPS): Instruction manual and affective ratings, Technical Report A-8. Gainesville: The Center for Research in Psychophysiology. Florida 2008.
7. Stroop JR. Studies of interference in serial verbal reactions. *J Exp Psychol.* 1935;18:643.
8. Gronwall D. Paced auditory serial-addition task: a measure of recovery from concussion. *Percept Mot Skills.* 1977;44:367–373. <https://doi.org/10.2466/pms.1977.44.2.367>.
9. Dedovic K, Renwick R, Mahani NK, Engert V. The Montreal Imaging Stress Task: using functional imaging to investigate the effects of perceiving and processing psychosocial stress in the human brain. *J Psychiatry Neurosci.* 2005;30:319.
10. Kirschbaum C, Pirke KM, Hellhammer DH. The ‘Trier Social Stress Test’-a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting. *Neuropsychobiology.* 1993;28(1–2):76–81. <https://doi.org/10.1159/000119004>.
11. Shields GS, Lam JC, Trainor BC, Yonelinas AP. Exposure to acute stress enhances decision-making competence: Evidence for the role of DHEA. *Psychoneuroendocrinology.* 2016;67:51–60. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.01.031>.
12. Lovallo W. The cold pressor test and autonomic function: a review and integration. *Psychophysiology.* 1975;12:268–282. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1975.tb01289.x>.
13. Tanosoto T, Bendixen KH, Arima T, Hansen J, Terkelsen AJ, Svensson P. Effects of the Paced Auditory Serial Addition Task (PASAT) with different rates on autonomic nervous system responses and self-reported levels of stress. *J Oral Rehabil.* 2015;42(5):378–85. <https://doi.org/10.1111/joor.12257>.
14. Hengesch X, Elwenspoek MMC, Schaan VK, Larra MF, Finke JB, Zhang X, et al. Blunted endocrine response to a combined physical-cognitive stressor in adults with early life adversity. *Child Abuse Negl.* 2018;85:137–144. <https://doi.org/10.1016/j.chiabu.2018.04.002>.
15. Chantry AJ, Williams SE, Whittaker AC. Blunted cardiovascular responses to acute psychological stress predict low behavioral but not self-reported perseverance. *Psychophysiology.* 2019;56(11):e13449. <https://doi.org/10.1111/psyp.13449>.
16. Wang X, Liu B, Xie L, Yu X, Li M, Zhang J. Cerebral and neural regulation of cardiovascular activity during mental stress. *Biomed. Eng. Online.* 2016;15(Suppl.2):160. <https://doi.org/10.1186/s12938-016-0255-1>.
17. Yuenyongchaiwat K, Baker IS, Sheffield D. Symptoms of anxiety and depression are related to cardiovascular responses to active, but not passive, coping tasks. *Braz J Psychiatry.* 2017;39(2):110–117. <https://doi.org/10.1590/1516-4446-2016-1935>.

18. Nakamura C, Ishii A, Matsuo T, Ishida R, Yamaguchi T, Takada K, Uji M, Yoshikawa T. Neural effects of acute stress on appetite: A magnetoencephalography study. *PLoS One*. 2020;15(1):e0228039. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228039>.
19. Javorka M, El-Hamad F, Czipelova B, Turianikova Z, Krohova J, Lazarova Z, et al. Role of respiration in the cardiovascular response to orthostatic and mental stress. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2018;314:R761–R769. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00430.2017>.
20. Orem TR, Wheelock MD, Goodman AM, Harnett NG, Wood KH, Gossett EW, et al. Amygdala and prefrontal cortex activity varies with individual differences in the emotional response to psychosocial stress. *Behav Neurosci*. 2019;133(2):203–211. <https://doi.org/10.1037/bne0000305>.
21. Wheelock MD, Rangaprakash D, Harnett NG, Wood KH, Orem TR, Mrug S, et al. Psychosocial stress reactivity is associated with decreased whole-brain network efficiency and increased amygdala centrality. *Behav Neurosci*. 2018;132(6):561–572. <https://doi.org/10.1037/bne0000276>.
22. Goodman AM, Harnett NG, Wheelock MD, Hurst DR, Orem TR, Gossett EW. Anticipatory prefrontal cortex activity underlies stress-induced changes in Pavlovian fear conditioning. *Neuroimage*. 2018;174:237–247. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.03.030>.
23. Allenby C, Falcone M, Ashare RL, Cao W, Bernardo L, Wileyto EP, et al. Brain Marker Links Stress and Nicotine Abstinence. *Nicotine Tob Res*. 2020;22(6):885–891. <https://doi.org/10.1093/ntr/ntz077>.
24. Shakra MA, Leyton M, Moghnieh H, Pruessner J, Dagher A, Pihl R. Neurobiological Correlates and Predictors of Two Distinct Personality Trait Pathways to Escalated Alcohol Use. *EBioMedicine*. 2018;27:86–93. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2017.11.025>.
25. Jones A, Pruessner JC, McMillan MR, Jones RW, Kowalik GT, Steeden JA, et al. Physiological adaptations to chronic stress in healthy humans – why might the sexes have evolved different energy utilisation strategies? *J Physiol*. 2016;594(15):4297–307. <https://doi.org/10.1113/JP272021>.
26. Ashare RL, Lerman C, Wen C, Falcone M, Bernardo L, Ruparel K, et al. Nicotine withdrawal alters neural responses to psychosocial stress. *Psychopharmacology (Berl)*. 2016;233(13):2459–67. <https://doi.org/10.1007/s00213-016-4299-5>.
27. Rosenkranz MA, Lutz A, Perlman DM, Bachhuber DR, Schuyler BS, MacCoon DG, Davidson RJ. Reduced stress and inflammatory responsiveness in experienced meditators compared to a matched healthy control group. *Psychoneuroendocrinology*. 2016;68:117–25. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.02.013>.
28. Tanaka Y, Ishitobi Y, Inoue A, Oshita H, Okamoto K, Kawashima C. Sex determines cortisol and alpha-amylase responses to acute physical and psychosocial stress in patients with avoidant personality disorder. *Brain Behav*. 2016;6(8):e00506. <https://doi.org/10.1002/brb3.506>.
29. Yamanaka Y, Motoshima H, Uchida K. Hypothalamic-pituitary-adrenal axis differentially responses to morning and evening psychological stress in healthy subjects. *Neuropsychopharmacol Rep*. 2019;39(1):41–47. <https://doi.org/10.1002/npr2.12042>.
30. De Punder K, Heim C, Entringer S. Association between chronotype and body mass index: The role of C-reactive protein and the cortisol response to stress. *Psychoneuroendocrinology*. 2019;108:104388. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2019.104388>.
31. Erickson TM, Mayer SE, Lopez-Duran NL, Scarsella GM, McGuire AP, et al. Mediators of compassionate goal intervention effects on human neuroendocrine responses to the Trier Social Stress Test. *Stress*. 2017;20(6):533–540. <https://doi.org/10.1080/10253890.2017.1368489>.
32. Lupis SB, Sabik NJ, Wolf JM. Role of shame and body esteem in cortisol stress responses. *J Behav Med*. 2016;39(2):262–275. <https://doi.org/10.1007/s10865-015-9695-5>.
33. Schwarz J, Gerhardsson A, van Leeuwen W, Lekander M, Ericson M, Fischer H, et al. Does sleep deprivation increase the vulnerability to acute psychosocial stress in young and older adults? *Psychoneuroendocrinology*. 2018;96:155–165. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2018.06.003>.
34. Van Leeuwen J, Vink M, Fernández G, Hermans EJ, Joëls M, Kahn RS, et al. At-risk individuals display altered brain activity following stress. *Neuropsychopharmacology*. 2018;43(9):1954–1960. <https://doi.org/10.1038/s41386-018-0026-8>.
35. Deligiannidis KM, Kroll-Desrosiers AR, Svenson A, Jaitly N, Barton BA, Hall JE, et al. Cortisol response to the Trier Social Stress Test in pregnant women at risk for postpartum depression. *Arch Womens Ment Health*. 2016;19(5):789–97. <https://doi.org/10.1007/s00737-016-0615-7>.
36. Kofman YB, Eng ZE, Busse D, Godkin S, Campos B, Sandman CA, et al. Cortisol reactivity and depressive symptoms in pregnancy: The moderating role of perceived social support and neuroticism. *Biol Psychol*. 2019;147:107656. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2019.01.016>.
37. Lam JCW, Shields GS, Trainor BC, Slavich GM, Yonellinas AP. Greater lifetime stress exposure predicts blunted cortisol but heightened DHEA responses to acute stress.

- Stress Health. 2019;35(1):15–26. <https://doi.org/10.1002/smi.2835>.
38. Mielock AS, Morris MC, Rao U. Patterns of cortisol and alpha-amylase reactivity to psychosocial stress in maltreated women. *J Affect Disord.* 2017;209:46–52. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2016.11.009>.
39. Herhaus B, Petrowski K. Cortisol Stress Reactivity to the Trier Social Stress Test in Obese Adults. *Obes Facts.* 2018;11(6):491–500. <https://doi.org/10.1159/000493533>.
40. McCleary-Gaddy AT, Miller CT, Grover KW, Hodge JJ, Major B. Weight Stigma and Hypothalamic-Pituitary-Adrenocortical Axis Reactivity in Individuals Who Are Overweight. *Ann Behav Med.* 2019;53(4):392–398. <https://doi.org/10.1093/abm/kay042>.
41. Wekenborg MK, von Dawans B, Hill LK, Thayer JF, Penz M, Kirschbaum C. Examining reactivity patterns in burnout and other indicators of chronic stress. *Psychoneuroendocrinology.* 2019;106:195–205. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2019.04.002>
42. Stanley B, Michel CA, Galfalvy HC, Keilp JG, Rizk MM, Richardson-Vejlgaard R, et al. Suicidal subtypes, stress responsivity and impulsive aggression. *Psychiatry Res.* 2019;280:112486. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2019.112486>.
43. Moretta T, Buodo G. Autonomic stress reactivity and craving in individuals with problematic Internet use. *PLoS One.* 2018;13(1):e0190951. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190951>.
44. Maniaci G, Goudriaan AE, Cannizzaro C, van Holst RJ. Impulsivity and Stress Response in Pathological Gamblers During the Trier Social Stress Test. *J Gambl Stud.* 2018;34(1):147–160. <https://doi.org/10.1007/s10899-017-9685-3>.
45. Vrshek-Schallhorn S, Velkoff EA, Zinbarg RE. Trait rumination and response to negative evaluative lab-induced stress: neuroendocrine, affective, and cognitive outcomes. *Cogn Emot.* 2019;33(3):466–479. <https://doi.org/10.1080/02699931.2018.1459486>
46. Xin Y, Wu J, Yao Z, Guan Q, Aleman A, Luo Y. The relationship between personality and the response to acute psychological stress. *Sci Rep.* 2017;7(1):16906. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17053-2>.
47. Villada C, Hidalgo V, Almela M, Salvador A. Individual Differences in the Psychobiological Response to Psychosocial Stress (Trier Social Stress Test): The Relevance of Trait Anxiety and Coping Styles. *Stress Health.* 2016;32(2):90–9. <https://doi.org/10.1002/smi.2582>.
48. Mordecai KL, Rubin LH, Eatough E, Sundermann E, Drogos L, Savarese A, et al. Cortisol reactivity and emotional memory after psychosocial stress in oral contraceptive users. *J Neurosci Res.* 2017;95(1–2):126–135. <https://doi.org/10.1002/jnr.23904>.
49. Langer K, Hagedorn B, Stock LM, Otto T, Wolf OT, Jentsch VL. Acute stress improves the effectivity of cognitive emotion regulation in men. *Sci Rep.* 2020;10:11571. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68137-5>.
50. Wemm SE, Wulfert E. Effects of Acute Stress on Decision Making. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2017;42(1):1–12. <https://doi.org/10.1007/s10484-016-9347-8>.
51. Spellenberg C, Heusser P, Büssing A, Savelsbergh A, Cysarz D. Binary symbolic dynamics analysis to detect stress-associated changes of nonstationary heart rate variability. *Sci Rep.* 2020;10(1):15440. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72034-2>.
52. Guo LN, Zhao RL, Ren AH, Niu LX, Zhang YL. Stress Recovery of Campus Street Trees as Visual Stimuli on Graduate Students in Autumn. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;17(1):148. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010148>.
53. Rodrigues S, Paiva JS, Dias D, Aleixo M, Filipe RM, Cunha JPS. Cognitive Impact and Psychophysiological Effects of Stress Using a Biomonitoring Platform. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(6):1080. <https://doi.org/10.3390/ijerph15061080>.
54. Reed SC, Haney M, Manubay J, Campagna BR, Reed B, Foltin RW, et al. Sex differences in stress reactivity after intranasal oxytocin in recreational cannabis users. *Pharmacol Biochem Behav.* 2019;176:72–82. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2018.11.008>.
55. Liu JJW, Vickers K, Reed M, Hadad M. Re-conceptualizing stress: Shifting views on the consequences of stress and its effects on stress reactivity. *PLoS One.* 2017;12(3):e0173188. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173188>.
56. Riem MME, Kunst LE, Bekker MHJ, Fallon M, Kupper N. Intranasal oxytocin enhances stress-protective effects of social support in women with negative childhood experiences during a virtual Trier Social Stress Test. *Psychoneuroendocrinology.* 2020;111:104482. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2019.104482>.
57. Juster RP, Doyle DM, Hatzenbuehler ML, Everett BG, Dubois LZ, McGrath JJ. Sexual orientation, disclosure, and cardiovascular stress reactivity. *Stress.* 2019;22(3):321–331. <https://doi.org/10.1080/10253890.2019.1579793>.
58. Rosenbaum D, Thomas M, Hilsendegen P, Metzger FG, Haeussinger FB, Nuerk HC, et al. Stress-related dysfunction of the right inferior frontal cortex in high ruminators: An fNIRS study. *Neuroimage Clin.* 2018;18:510–517. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2018.02.022>.

-
59. Obrist PA. The cardiovascular-behavioral interaction – as it appears today. *Psychophysiology*. 1976;13(2):95–107. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1976.tb00081.x>.
60. American Psychological Association: Ethical Principles of Psychologists and Code of Conduct. *Am Psychol*. 2002; 57(12):1060–1073. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.57.12.1060>.